



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

# La proporcionalidad corporal del hombre del siglo XXI: Modelos antropométricos utilizados en biomecánica deportiva y en la ergonomía de los asientos de los aviones

Gonzalo Saco Ledo

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

**LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL HOMBRE DEL  
SIGLO XXI: MODELOS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZADOS EN  
BIOMECÁNICA DEPORTIVA Y EN LA ERGONOMÍA DE LOS  
ASIENTOS DE LOS AVIONES**



**UNIVERSIDAD DE BARCELONA**

Departamento de Educación



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

**LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL HOMBRE  
DEL SIGLO XXI: MODELOS ANTROPOMÉTRICOS  
UTILIZADOS EN BIOMECÁNICA DEPORTIVA Y EN LA  
ERGONOMÍA DE LOS ASIENTOS DE LOS AVIONES**

**INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN FÍSICA DE CATALUÑA**

Centro de Barcelona



**Programa de Doctorado EEES**

Actividad Física, Educación Física y Deportes

Tesis doctoral presentada por:

**Gonzalo Saco Ledo**

Dirigida por: **Dr. Jordi Porta Manzanido**

Tutorizada por: **Dr. Gerard Moras Feliu**

**Para optar al título de Doctor por la Universidad de Barcelona**

Barcelona 2016



“I have always believed that exercise  
is not only to physical health  
but to peace of mind”.

(Nelson Mandela, 1993)



## **DEDICATORIAS**

- A mi madre, Marisa Ledo López, por el cariño en todo momento.
- A mi padre, Manuel Saco Mirón, por aconsejarme y apoyarme en todo momento.
- A mis abuelos y abuelas, Felisa Mirón, Santiago Saco, Pepe Ledo y Virginia López.
- A todas las personas que forman mi familia y a todas mis amistades.





## **AGRADECIMIENTOS**

### **A las personas que colaboraron en el proyecto:**

- Al Prof. Dr. Jordi Porta Manzañido del INEFC en Barcelona (UB), director de esta tesis doctoral. Muchas gracias por ser colega y amigo al mismo tiempo.
- Al tutor Dr. Gerard Moras, profesor del INEFC en Barcelona (UB).
- A todas y todos los participantes en el proyecto.
- A los y las estudiantes del INEFG en A Coruña (UDC) y del INEFC en Barcelona (UB).
- A Maribel Pérez Ballano, responsable administrativa de investigación del INEFC en Barcelona (UB).
- Xabier Sánchez Parent, técnico de investigación del INEFC en Barcelona (UB).
- Al Dr. Joan Aureli Cadefau, profesor y subdirector del INEFC en Barcelona (UB).
- Al Dr. Josep María Padullés, profesor del INEFC en Barcelona (UB).
- Al Dr. Alfredo Iurtia, profesor del INEFC en Barcelona (UB) y director de la Escuela Catalana de Cineantropometría (ECC).
- Al Dr. Michel Marina, profesor del INEFC en Barcelona (UB).
- A Toni Solà, miembro de la Escuela Catalana de Cineantropometría (ECC).
- Al Dr. José Luis López del Amo, profesor del INEFC en Barcelona (UB).
- Al Dr. Carles Ventura, profesor del INEFC de Barcelona (UB).
- Al Sr. Josep Viladot, director del Holmes Places de Les Corts en Barcelona.
- Al Sr. Dídac Martínez, director de las Piscinas Bernat Picornell.
- A la Sra. Jeniffer Asensio, responsable de las instalaciones de las Piscinas Bernat Picornell.
- A la Dra. Neus Agell, vicedecana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona (UB).

- A la Dra. Victoria Pons, médica del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de San Cugat.
- Al Dr. Franchek Drobnic, médico del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de San Cugat.
- A la Dra. Alicia Sofía Canda, jefa del Departamento de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) en Madrid.
- Al Dr. Carlos Agrasar, profesor la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física en A Coruña (UDC).
- Al Dr. Alberto Oro, profesor de la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física en A Coruña (UDC).
- Al Dr. Miguel Saavedra, profesor de la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física en A Coruña (UDC).
- A la Dra. Lola Cabañas, profesora de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- A la Dra. Elena Sánchez González, profesora de la Universidad del País Vasco (UPV). Nos permitió reproducir la figura de la tendencia secular de crecimiento de los españoles.
- A Julio y David, dueños del Método Sport Club en Oleiros y en A Coruña.
- A Fabricio Angulo, doctorando del INEFC en Barcelona (UB).
- A Ruby Jayaseelan, bailarina de Singapur.
- A Núria Sancho, filóloga de Tarragona.
- A Toni Torres, estudiante del Grado Superior de Actividad Física y Deportes en Barcelona.
- A Oriol García, estudiante de Grado en Nutrición Humana y Dietética (UB).
- A Margarida Cortadella, responsable de la biblioteca del Museo Picasso de Barcelona.
- Al artista John Gurche por permitirnos reproducir el dibujo de la evolución humana (human, chimp, Australopithecus afarensis) para la portada de la tesis doctoral.
- Al Prof. Dr. Ferran Rodríguez, director de grupo de investigación INEFC-Barcelona Sport Sciences Research Group (UB).

- Al Prof. Emeritus Dr. William Ross de Simon Fraser University (SFU).
- Al Prof. Emeritus Dr. Lindsay Carter de San Diego State University (SDSU).

**A las siguientes instituciones:**

- Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña en Barcelona.
- Escuela Catalana de Cineantropometría en Barcelona.
- INEFC-Barcelona Sport Sciences Research Group.
- Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona.
- Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física en A Coruña.
- Piscinas Bernat Picornell en Barcelona.
- Centro de Alto Rendimiento de San Cugat.
- Consejo Superior de Deportes.
- Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte.
- Holmes Places de Les Corts en Barcelona.
- Instalaciones Método Sport Club en Oleiros y en A Coruña.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XX



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>GENERAL ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Cineantropometría: génesis histórica moderna.....	3
1.2. Cineantropometría y proporcionalidad.....	22
1.2.1. Cánones de proporcionalidad estéticos .....	23
1.2.2. La Divina Proporción y el Número de Oro .....	27
1.2.3. La Divina Proporción como referencia estética universal.....	29
1.3. Modelos de análisis de la proporcionalidad .....	34
1.3.1. El Phantom .....	34
1.3.2. El método O'Scale.....	36
1.3.3. El método OzScale .....	36
1.3.4. El método combinado.....	38
1.3.5. El método escalable. ....	38
1.3.6. El método ontogénico.....	38
1.4. Índices de proporcionalidad corporal. ....	38
1.4.1. Índices epidemiológicos o constitucionalistas.....	39
1.4.2. Índices corporales .....	43
1.4.2.1. Tronco.....	43
1.4.2.2. Extremidades .....	44
<b>JUSTIFICACIÓN GENERAL.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 1: EL TAMAÑO Y LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL ADULTO ESPAÑOL DEL SIGLO XXI.....</b>	<b>49</b>
• <b>RESUMEN.....</b>	<b>51</b>
• <b>ABSTRACT .....</b>	<b>52</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>53</b>
1.1.1 Revisión de la literatura de la tendencia secular de crecimiento.....	53
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>59</b>
1.2.1. Justificación del estudio.....	59
1.2.2. Objetivos.....	59
<b>1.3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>60</b>
1.3.1. Diseño del estudio .....	60
1.3.2. Participantes .....	60



1.3.3. Material.....	60
1.3.4. Protocolo evaluación antropométrica .....	61
1.3.5. Error técnico intra-evaluador e inter-evaluador.....	62
1.3.6. Análisis estadístico .....	63
<b>1.4. RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>1.5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>69</b>
<b>1.6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>1.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES: PERSPECTIVAS DE FUTURO .....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO 2: NUEVOS MODELOS ANTROPOMÉTRICOS EN BIOMECÁNICA DEPORTIVA .....</b>	<b>83</b>
• RESUMEN.....	85
• ABSTRACT .....	86
<b>2.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>87</b>
2.1.1. Cuerpo y deporte .....	87
2.1.2. Revisión de la literatura sobre modelos de proporcionalidad corporal deportivos .....	89
<b>2.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>96</b>
2.2.1. Justificación del estudio.....	96
2.2.2. Objetivos.....	96
<b>2.3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>97</b>
2.3.1. Diseño del estudio .....	97
2.3.2. Participantes .....	97
2.3.3. Material.....	97
2.3.4. Protocolo evaluación antropométrica .....	98
2.3.5. Análisis estadístico .....	104
<b>2.4. RESULTADOS .....</b>	<b>105</b>
<b>2.5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>156</b>
<b>2.6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>174</b>
<b>2.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES: PERSPECTIVAS DE FUTURO .....</b>	<b>175</b>
<b>CAPÍTULO 3: LA ERGONOMÍA DE LOS ASIENTOS EN LOS AVIONES: LA PROBLEMÁTICA DE LA CLASE ECONÓMICA .....</b>	<b>177</b>
• RESUMEN.....	179
• ABSTRACT .....	180

<b>3.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	181
3.1.1. Ergonomía .....	181
3.1.2. La ergonomía del transporte aéreo de pasajeros .....	183
3.1.3. Normativas para el transporte aéreo de pasajeros .....	186
3.1.4. Revisión de la literatura relacionada con el confort, la salud y la seguridad del viajero aéreo .....	192
3.1.4.1. El confort y seguridad del pasajero aéreo .....	193
3.1.4.2. El “Síndrome de la clase turista” .....	196
<b>3.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	199
3.2.1. Justificación del estudio .....	199
3.2.2. Objetivos .....	200
<b>3.3. METODOLOGÍA</b> .....	201
3.3.1. Diseño del estudio .....	201
3.3.2. Participantes .....	201
3.3.3. Material .....	201
3.3.4. Protocolo evaluación antropométrica .....	202
3.3.5. Error técnico intra-evaluador e inter-evaluador .....	205
3.3.6. Análisis estadístico .....	206
<b>3.4. RESULTADOS</b> .....	207
<b>3.5. DISCUSIÓN</b> .....	213
<b>3.6. CONCLUSIONES</b> .....	220
<b>3.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES:     PERSPECTIVAS DE FUTURO</b> .....	221
<b>4. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	223
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	225
<b>6. ANEXOS</b> .....	241
<b>6.1. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA</b> .....	241
<b>6.2. CONSENTIMIENTO INFORMADO</b> .....	242
<b>6.3. IMÁGENES DEL PROTOCOLO PITCH SALUD</b> .....	243
<b>6.4. PROFORMAS</b> .....	244
6.4.1. Proforma de las 13 medidas antropométricas .....	244
6.4.2. Proforma Full profile .....	245
<b>6.5. MODELO PHANTOM</b> .....	246
<b>6.6. CARTELES DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO         PITCH SALUD</b> .....	247

6.6.1. Cartel de divulgación nacional .....	247
6.6.2. Cartel de divulgación internacional.....	248

## **ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS**

INEFC = Instituto Nacional Educación Física de Cataluña

ECC = Escuela Catalana de Cineantropometría

GRCE = Grup de Recerca en Ciències del Esport

ISAK = International Society for the Advancement of Kinanthropometry

IAAS = International Anthropometric Accreditation System

GREC = Grupo Español de Cineantropometría

IMC = Índice Masa Corporal

IC = Índice Córnico

IM = Índice de Manouvrier

IER = Índice Envergadura Relativa

IU = Índice Umbilical

LPR = Longitud Pierna Relativa

DP = Divina Proporción

NO = Número de Oro

PA = Proporción Áurea

IDGC = Índice Distribución Grasa Corporal

ICC = Índice Cintura-Cadera

IREI = Índice Relativo Extremidad Inferior

IAI = Índice Acromioilíaco

IB = Índice Braquial

ICE = Índice Cintura-Estatura

IDSU = Índice Diámetro Sagital Umbilical

IPC = Índice Perímetro de Cintura

IP = Índice de Pignet

IB = Índice de Bouchard

IR = Índice de Röher

IL= Índice de Livi

IC = Índice Conicidad

IC = Índice Crural

LRMI = Longitud Relativa Miembros Inferiores

LRMS = Longitud Relativa Miembros Superiores

MG = Masa Grasa

MLG = Masa Libre Grasa

FRCV = Factores de Riesgo Cardiovasculares

CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase

UB = Universidad de Barcelona

KASP = Kinanthropometric Aquatic Sport Project

CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat

CSD = Consejo Superior de Deportes

I = Índice

D = Diámetro

L = Longitud

F = Femenino

M = Masculino

A = Anterior

P = Posterior

Trv = Transversal

Fig = Figura

Sig = Significación

K-S = Kolmogórov-Smirnov

S-W = Shapiro-Wilk

EA = Espacio entre Asientos

ER = Espacio entre Reposabrazos

ENR = Espacio Nalga-Rodilla

AEE = Asociación Española de Ergonomía

IEA = International Ergonomics Association

P = Percentil

PP = Percentiles

AENOR = Asociación Española para la Normalización y Certificación

WHO = World Health Organization

EE.UU. = Estados Unidos

IATA = International Air Transport Association

OACI = Organización de Aviación Civil Internacional

SP = Seat Pitch

SW = Seat Width

LR = Leg Room

CAA = Civil Aviation Authority

AN = Airworthiness Notice

FAA = Federal Aviation Administration

NY = Nueva York

RAE = Real Academia Española

NASA = National Aeronautics and Space Administration

UK = United Kingdom

JAA = Joint Aviation Authorities

TVP = Trombosis Venosa Profunda

EP = Embolismo Pulmonar

TEP = Trombo Embolismo Pulmonar

SFU = Simon Fraser University

IWKG = International Working Group in Kinanthropometry

SEEDO = Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad

SEMED = Sociedad Española de Medicina del Deporte

ICSSPE = International Council of Sport and Physical Education

SGDS = Saskatchewan Growth and Development Study

PBMAS = Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study

## ÍNDICE DE TABLAS

### • Marco teórico

Tabla 1. Peso ideal y tipos de obesidad según el IMC .....	40
--	----

### • Capítulo 1

Tabla 1.1. Error intra-evaluador de cada antropometrista .....	62
--	----

Tabla 1.2. Error inter-evaluador de cada antropometrista .....	62
--	----

Tabla 1.3. Diferencias de la muestra según el género .....	64
--	----

### • Capítulo 2

Tabla 2.1. Características de grupos del género masculino del CAR.....	105
--	-----

Tabla 2.2. Características de grupos del género masculino del CSD .....	105
---	-----

Tabla 2.3. Índices corporales del género masculino de los grupos del CAR .....	106
--	-----

Tabla 2.4. Índices corporales del género masculino de los grupos del CSD.....	107
---	-----

Tabla 2.5. Características de grupos del género femenino del CAR.....	108
---	-----

Tabla 2.6. Características de grupos del género femenino del CSD .....	108
--	-----

Tabla 2.7. Índices corporales del género femenino de los grupos del CAR.....	109
--	-----

Tabla 2.8. Índices corporales del género femenino de los grupos del CSD .....	110
---	-----

Tabla 2.9. Diámetros de deportistas género masculino del CAR 2010.....	111
--	-----

Tabla 2.10. Diámetros de deportistas de género femenino del CAR 2010 .....	111
--	-----

Tabla 2.11. Comparación de los grupos masculinos del CAR .....	112
--	-----

Tabla 2.12. Post hoc para Kruskal Wallis en los grupos masculinos del CAR.....	114
--	-----

Tabla 2.13. Post hoc de Scheffe entre grupos masculinos del CAR .....	115
---	-----

Tabla 2.14. Comparación de los índices en grupos masculinos del CAR.....	116
--	-----

Tabla 2.15. Post hoc para Kruskal Wallis en índices de grupos masculinos del CAR...	118
---	-----

Tabla 2.16. Post hoc de Scheffe en índices de grupos masculinos del CAR.....	119
--	-----



Tabla 2.17. Comparación del género femenino de los grupos del CAR .....	120
Tabla 2.18. Post hoc para Kruskal Wallis entre grupos femeninos del CAR.....	121
Tabla 2.19. Post hoc de Scheffe entre grupos femeninos del CAR.....	122
Tabla 2.20. Comparación de los índices del género femenino del CAR.....	123
Tabla 2.21. Post hoc para Kruskal Wallis en índices de grupos femeninos del CAR....	124
Tabla 2.22. Post hoc de Scheffe en índices de grupos femeninos del CAR.....	125
Tabla 2.23. Comparación grupos masculinos de 160,0-169,9 cm.....	126
Tabla 2.24. Comparación grupos masculinos de 170,0-179,9 cm.....	126
Tabla 2.25. Comparación grupos masculinos de 180,0-189,9 cm.....	127
Tabla 2.26. Comparación grupos masculinos de 190,0-199,9 cm.....	127
Tabla 2.27. Comparación grupos masculinos de 200,0-209,9 cm.....	128
Tabla 2.28. Porcentajes delta entre grupos masculinos del CAR y CSD .....	129
Tabla 2.29. Comparación índices grupos masculinos 160,0-169,9 cm .....	131
Tabla 2.30. Comparación índices grupos masculinos 170,0-179,9 cm .....	131
Tabla 2.31. Comparación índices grupos masculinos 180,0-189,9 cm .....	132
Tabla 2.32. Comparación índices grupos masculinos 190,0-199,9 cm .....	133
Tabla 2.33. Comparación índices grupos masculinos 200,0-200,9 cm .....	134
Tabla 2.34. Porcentajes delta de índices entre género masculino del CAR y CSD.....	135
Tabla. 2.35. Comparación de grupos femeninos 150,0-159,9 cm .....	136
Tabla 2.36. Comparación grupos femeninos 160,0-169,9 cm.....	136
Tabla 2.37. Comparación grupos femeninos 170,0-179,9 cm.....	137
Tabla 2.38. Porcentajes delta entre grupos femeninos del CAR y CSD.....	137
Tabla 2.39. Comparación de los índices en grupos femeninos de 150,0-159,9 cm .....	139
Tabla 2.40. Comparación de los índices en grupos femeninos de 160,0-169,9 cm .....	140

Tabla 2.41. Comparación de los índices en grupos femeninos de 170,0-179,9 cm .....	140
Tabla 2.42. Porcentajes delta de índices entre género femenino del CAR y CSD .....	141
Tabla 2.43. Comparación grupos masculinos del CAR 2010.....	142
Tabla 2.44. Post hoc para Kruskal-Wallis grupos masculinos del CAR 2010 .....	144
Tabla 2.45. Comparación grupos femeninos del CAR 2010.....	145
Tabla 2.46. Post hoc para Kruskal-Wallis grupos femeninos del CAR 2010 .....	147
Tabla 2.47. Comparación entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR.....	149
Tabla 2.48. Comparación de los índices entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR.....	150
Tabla 2.49. Comparación entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR.....	151
Tabla 2.50. Comparación de índices entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR.....	152
Tabla 2.51. Comparación entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR 2010.....	153
Tabla 2.52. Comparación entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR 2010.....	154
Tabla 2.53. Comparación entre géneros 180,0-189,9 cm del CAR 2010.....	155

### • Capítulo 3

Tabla 3.1. El espacio entre asientos y sus reposabrazos en vuelos de corta duración....	191
Tabla 3.2. El espacio entre asientos y sus reposabrazos en vuelos de larga duración....	191
Tabla 3.3. Error intra-evaluador de cada antropometrista .....	205
Tabla 3.4. Error inter-evaluador de los antropometristas del estudio.....	205
Tabla 3.5. Características de la muestra del estudio según el género.....	207
Tabla 3.6. Pruebas estadísticas de las variables descriptivas según el género .....	208
Tabla 3.7. Percentiles 95 y 99 de las variables del estudio según el género .....	209
Tabla 3.8. Variables de hombres de diferentes países en el percentil 95 .....	209
Tabla 3.9. Variables de hombres de diferentes países en el percentil 99 .....	210

## ÍNDICE DE FIGURAS

### • Marco teórico

Fig. 1. El INEFC de Barcelona construido en 1988-1991 .....	4
Fig. 2. Johan Sigismund Elsholtz (1623-88) .....	5
Fig. 3. Paul Topinard (1830-1911) .....	5
Fig. 4. Philibert Gueneau de Montbeillard (1720-1785) .....	6
Fig. 5. Lambert A. J. Quetelet (1796-1874) .....	6
Fig. 6. Adolphe Quetelet, c. 1870 “Echelle De La Croissance De L’Homme” .....	7
Fig. 7. Karl Pearson (1857-1936) .....	8
Fig. 8. La Escuela Francesa, fundada por Noël de Halle (1859-1947), Claude Sigaud (1862-1921) y Léon Mac Aulife .....	9
Fig. 9. La Escuela Alemana, fundada por Ernest Kretschmer (1888-1964).....	9
Fig. 10. Achille De Giovanni (1833-1916).....	10
Fig. 11. La técnica fotoscópica, del Berkeley Growth Study .....	11
Fig. 12. W.H. Sheldon (1898-1977) .....	12
Fig. 13. Barbara Honeyman (1910-98) y Joh Lindsay Carter (1932- ) .....	13
Fig. 14. El profesor J.M. Tanner (1920 - 2010).....	14
Fig. 15. El estudio de la relación entre la forma y la función humana en el ámbito deportivo, tuvo su origen en los JJ. OO. de París de 1900 .....	15
Fig. 16. Jindrich Matiegka (1861-1932).....	16
Fig. 17. Albert R. Behnke (1919-1990).....	16
Fig. 18. Macro-estudios realizados en los JJ.OO .....	18
Fig. 19. Ross, W. D., Hebbelinck, M., et al. (1972) .....	19
Fig. 20. El relieve de madera Hiseré y figuras de piedra caliza del faraón Shepsi y su esposa Nikauhathor .....	24
Fig. 21. El canon de proporcionalidad del arte griego.....	25

Fig. 22. Modulado de el Doriforo de Policeto (siglo V a.C.) y “modulado” del Hermes y el niño Dioniso de Praxiteles (siglo IV a.C.) .....	26
Fig. 23. El autor de la “Venus de Milo” y el “David” .....	27
Fig. 24. La Divina Proporción (DP) .....	29
Fig. 25. Dibujo de: <i>DAS SKIZZEN-BUCH VON ALBRECHT DÜRER</i> . Dibujo del Atlas Anatómico de Crisóstomo.....	30
Fig. 26. Estudios de proporcionalidad corporal de diferentes biotipos .....	31
Fig. 27. La Divina Proporción (DP) o Sección Áurea según Zeising .....	32
Fig. 28. La influencia de las formas geométricas basadas en la Espiral de Dürer y la PA.....	32
Fig. 29. Desarrollo de las PA del “Modulor” .....	33
Fig. 30. Henry S. Dreyfuss (1904-1972) .....	34
Fig. 31. El método O’Scale .....	37
Fig. 32. Escalas de proporcionalidad.....	37
Fig. 33. La interpretación de los valores del IMC .....	41
Fig. 34. El índice de conicidad .....	43
Fig. 35. Niña de 10,0 años, Campeona de España de Natación Sincronizada .....	44
<b>• Justificación general</b>	
Fig. 36. La cineantropometría, una ciencia indispensable en cualquier ámbito .....	48
<b>• Capítulo 1</b>	
Fig. 1.1. Evolución de la estatura adulta en España desde 1858-2004.....	58
Fig. 1.2.. Tendencia de crecimiento de los hombres españoles en el siglo XXI.....	65
Fig. 1.3. Tendencia de crecimiento de las mujeres españolas en el siglo XXI.....	66
Fig. 1.4. La estatura de mujeres adultas de diferentes países en el siglo XXI.....	67
Fig. 1.5. La estatura de hombres adultos de diferentes países en el siglo XXI.....	68

## • Capítulo 2

Fig. 2.1. Los cuerpos de los campeones se diferenciaron de la proporción áurea.....	87
Fig. 2.2. Mark Spítz y Michael Phelps y su Proporción áurea .....	88
Fig. 2.3. La metamorfosis del tamaño de los cuerpos de los jugadores .....	88
Fig. 2.4. El libro Academy of the Sword.....	89
Fig. 2.5. Cronofotografía de E. J. Marey .....	89
Fig. 2.6. El método/escala Hull score .....	91

## • Capítulo 3

Fig. 3.1. Las longitudes para el estudio ergonómico de los asientos.....	183
Fig. 3.2. El 1 <sup>er</sup> vuelo para transportar un viajero en Florida.....	183
Fig. 3.3. El Boeing 240 (1933) y el Boeing 707 Stratoliner (1957) .....	184
Fig. 3.4. El Airbus A380, con una capacidad de 853 asientos en clase económica .....	185
Fig. 3.5. Cotas ergonómicas en los asientos de los aviones .....	187
Fig. 3.6. Diseño de asientos para avión “Silla de montar” de Airbus .....	189
Fig. 3.7. Asientos más delgados posibilitan un mayor confort .....	190
Fig. 3.8. Boeing 777-330, puede configurarse con 10 o 9 asientos por fila .....	190
Fig. 3.9. Distancia “A”= 66,0 cm, de la Normativa AN64.....	194
Fig. 3.10. Las alternativas ambientales de muchas aerolíneas .....	198
Fig. 3.11. Espacios donde se realizaron los protocolos antropométricos .....	202
Fig. 3.12. Protocolo antropométrico de las 13 medidas .....	204
Fig. 3.13. Estatura del percentil 95 en personas de diferentes países.....	210
Fig. 3.14. Talla sentada del percentil 95 en diferentes países .....	211
Fig. 3.15. Longitud nalga-rodilla del percentil 95 en diferentes países .....	211
Fig. 3.16. Diámetro bideltóideo del percentil 95 en diferentes países.....	212
Fig. 3.17. Diámetro glúteo máximo del percentil 95 en diferentes países .....	212

## RESUMEN GENERAL

**Introducción:** La tendencia secular del aumento del tamaño (masa corporal y estatura) de la población española en las últimas décadas hace necesario desarrollar nuevos modelos antropométricos para su aplicación en los diferentes ámbitos científicos biomédicos, deportivos y tecnológicos del siglo XXI.

**Objetivos:** 1) Analizar el tamaño y proporciones corporales de personas españolas actuales en relación a su tendencia secular de crecimiento, comparándolas a otros países. 2) Desarrollar modelos antropométricos de deportistas de elite según sus estaturas, para su utilización en biomecánica deportiva. 3) Estudiar la ergonomía de los asientos de la clase económica de los aviones.

**Metodología:** Estudio transversal con una muestra de 3797 personas adultas españolas distribuidas en tres capítulos. El primero compara las proporciones corporales entre géneros y analiza la evolución de la estatura con otros estudios realizados en el siglo XXI. En el segundo, se analizan las diferencias antropométricas entre deportistas de elite del CAR de San Cugat, Barcelona y del CSD de Madrid, clasificados por grupos de estatura. En el tercer capítulo, se calculan los espacios necesarios para los asientos de clase económica en los aviones, según los percentiles 95 y 99 de las dimensiones corporales de personas adultas españolas.

**Resultados:** El tamaño medio de las mujeres españolas fue de  $164,7 \pm 5,6$  cm y  $59,1 \pm 7,3$  kg (IMC =  $21,7 \pm 2,4$  kg/m<sup>2</sup>) y el de los hombres de  $178,4 \pm 6,7$  cm y  $75,3 \pm 8,6$  kg (IMC =  $23,6 \pm 2,2$  kg/m<sup>2</sup>). Desde comienzos del siglo XXI, la estatura aumentó 0,8 cm en las mujeres españolas y 1,1 cm en los hombres españoles. Los valores de los índices de proporcionalidad fueron: IC (mujeres =  $53,2 \pm 1,2$ ; hombres =  $52,5 \pm 1,3$ ), IM (m =  $87,8 \pm 4,4$ ; h =  $89,9 \pm 4,7$ ), IER (m =  $100,2 \pm 2,3$ ; h =  $101,8 \pm 2,2$ ), IU (m =  $1,66 \pm 0,0$ ; h =  $1,68 \pm 0,0$ ) y LPR (m =  $22,5 \pm 0,8$ ; h =  $22,6 \pm 0,8$ ). Las mayores diferencias significativas de los parámetros antropométricos evaluados en los deportistas de elite de género femenino y masculino fueron: talla sentada (p<0,001), longitud del brazo (p<0,001), longitud del antebrazo (p<0,001), longitud de la mano (p<0,001), longitud del muslo (p<0,001), longitud de la tibia (p<0,001), longitud del pie (p<0,001), diámetro biacromial (p<0,001), diámetro biiliocrestal (p<0,001), diámetro transversal del tórax (p<0,001), diámetro biestiloideo (p<0,001), diámetro bitrocantéreo (p<0,001), diámetro bicondíleo (p<0,001) y diámetro bimaleolar (p<0,001). Los valores de los parámetros más importantes para optimizar los espacios de los asientos de los aviones en el percentil 95 fueron: diámetro bideltoideo = 50,2 cm, diámetro glúteo = 42,4 cm y longitud nalga-rodilla = 65,6 cm.

**Conclusión:** La tendencia secular de crecimiento de las personas españolas hace necesario planificar programas de medición cineantropométricos sistemáticos para adecuar los cambios antropométricos a los diferentes ámbitos científicos, biomédicos, deportivos y ergonómicos.

**Palabras clave:** antropometría, proporcionalidad corporal, estatura, deportistas elite, biomecánica, ergonomía, asientos, clase económica, aviones.

## **GENERAL ABSTRACT: BODY PROPORTIONALITY OF 21<sup>ST</sup> CENTURY MAN: ANTHROPOMETRIC MODELS USED IN SPORTS BIOMECHANICS AND ERGONOMICS OF AIRPLANE SEATS**

**Introduction:** Due to secular trend of increasing size (body mass and stature) of the Spanish population in recent decades, it is necessary to develop new anthropometric models for application in the scientific fields of biomedicine, sports and industrial design in the 21<sup>st</sup> century.

**Objectives:** 1) Analyze the current body size and proportions of Spanish people in relation to their secular growth trend and compared to other countries. 2) Develop anthropometric reference models for elite athletes according to their stature. 3) Study the ergonomics of the economy class airplane seats.

**Methodology:** Cross-sectional study with a sample of 3797 Spanish adults divided into three chapters. The first, compares the body proportions between genders and analyzes the evolution of stature with other studies performed in the 21<sup>st</sup> century. In the second, anthropometric parameters of elite athletes from the CAR in San Cugat, Barcelona and the CSD, Madrid are analyzed according their stature. In the third chapter, the necessary sizes for economy class airplane seats are calculated according to the 95<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles of the Spanish people's body dimensions.

**Results:** The average size of Spanish women was  $164.7 \pm 5.6$  cm, and  $59.1 \pm 7.3$  kg (IMC =  $21.7 \pm 2.4$  kg/m<sup>2</sup>) and for Spanish men:  $178.4 \pm 6.7$  cm and  $75.3 \pm 8.6$  kg (IMC =  $23.6 \pm 2.2$  kg/m<sup>2</sup>). Since the beginning of the 21<sup>st</sup> century, stature has increased 0.8 cm among Spanish women and 1.1 cm in men. Females and males had the following values in the proportionality ratios: CI (females =  $53.2 \pm 1.2$ ; males =  $52.6 \pm 1.3$ ), MI (f =  $87.8 \pm 4.4$ ; m =  $89.9 \pm 4.7$ ), RAS (f =  $100.2 \pm 2.3$ ; m =  $101.8 \pm 2.2$ ), UI (f =  $1.66 \pm 0.0$ ; m =  $1.68 \pm 0.0$ ), RLL (f =  $22.5 \pm 0.8$ ; m =  $22.6 \pm 0.8$ ). The most significant differences in the anthropometric parameters in elite females and males athletes were: sitting height (p<0.001), arm length (p<0.001), forearm length (p<0.001), hand length (p<0.001), thigh length (p<0.001), tibia length (p<0.001), foot length (p<0.001), biacromial breadth (p<0.001), biiliocrystal breadth (p<0.001), transversal chest breadth (p<0.001), bistyloid breadth (p<0.001), bitrochanteric breadth (p<0.001), bicondylar femur breadth (p<0.001) and bimaleolar breadth (p<0.001). The values of the most important parameters to optimize sizes of airplane seats in the 95<sup>th</sup> percentile were: bideltoid diameter = 50.2 cm, gluteal diameter = 42.4 cm; buttock-knee length = 65.6 cm.

**Conclusion:** Due to the secular growth trend of the Spanish people, it is necessary to plan systematic kinanthropometric measurement programs to adapt the anthropometric changes to the different scientific, biomedical, sports and technological fields.

**Keywords:** anthropometry, body proportionality, stature, sports, biomechanics, ergonomics, economy class, seats, airplanes.

## **1. MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Cineantropometría: génesis histórica moderna**

Derivada etimológicamente del griego Κίνησις (Kinésis o movimiento), Ανθρωπος (Antropos o Hombre) y Μέτρου (Métron o Medida), el término cineantropometria se utilizó por primera vez en un artículo de la revista belga Kinanthropologie publicado en 1972 (Ross, W.D.; Hebbelinck, M.; Gheluwe, B. Van y Lemmers, M.L.); y en 1978 fue declarada como una ciencia por la UNESCO.

Pero, aunque varios autores han revisado su historia (Carter, 1982, 84; Beunen y Borms, 1990; Porta, 1999; Esparza, 2009; Cabañas y Porta, 2011), ya sea por su raíz etimológica o por su definición implícita derivada de la primera vez que el vocablo apareció en el artículo citado de la revista Kinanthropologie (1972): “interrelación cuantitativa entre la estructura humana y su función”, su conceptualización y contextualización pueden conllevar cierta confusión al compararla con otras ciencias o técnicas afines como son, la antropometría, antropología, auxología y biometría.

Los contenidos de esta tesis son un buen ejemplo de lo antedicho, porque nos permiten constatar hasta qué punto, y en la práctica, el estudio de la estructura (tamaño, forma, proporción y composición) del cuerpo humano es consustancial en muchos ámbitos socioculturales, artísticos y científico tecnológicos.

Atendiendo a su raíz etimológica, es lógico admitir que la cineantropometría tiene unos antecedentes tan viejos como la misma historia del hombre; pero la mayoría de ellos son empíricos y están relacionados con el ámbito artístico (Porta, 1999). Un ejemplo de ello, que analizaremos en detalle más adelante, son los cánones estéticos de proporcionalidad corporal que, como modelos o ideales de belleza, se han ido sucediendo a lo largo de la historia del hombre. Modelos “antropométricos” muy determinados por la subjetividad del pintor o escultor en cuestión, muy influenciado, a su vez, por factores socioculturales propios de la época en que vivía.

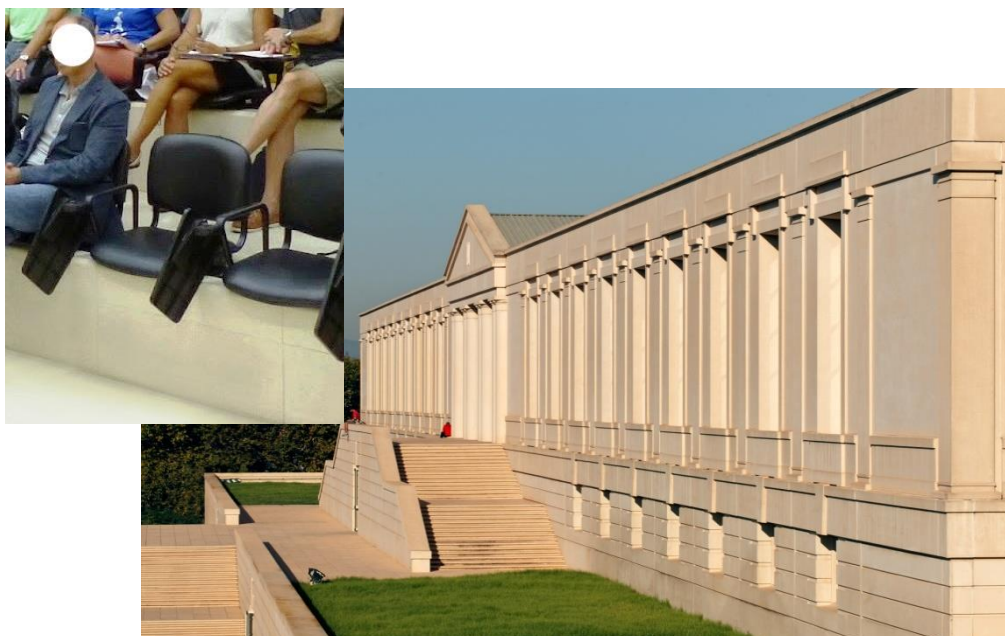
La excepción que justifica la norma, y que aportó cierto rigor científico a la medida del hombre, fueron los estudios del arquitecto e ingeniero romano Marco Vitrubio Polión (I a.C.- I d.C.). En su obra, *Los X Libros de Arquitectura* (facsimil traducido al castellano), dice que: “los edificios y máquinas deben hacerse a la medida del hombre que los utiliza”. Su canon de proporcionalidad humana, que fue “copiado” y popularizado por Leonardo



Da Vinci (1452-1519), sigue vigente en la actualidad en muchos ámbitos artísticos y tecnológicos (ver la sección 2).

Si damos un salto de 2.000 años para trasladarnos a la historia actual, un ejemplo muy concreto, el de “nuestro” INEFC de Barcelona, puede ayudarnos a racionalizar y justificar una revisión del término cineantropometría basada en el contexto histórico y científico en el que se ha desarrollado (Fig. 1).

Resulta evidente que, su estilo arquitectónico neoclásico está fundamentado en los cánones geométricos y humanos propuestos por los pintores, escultores y arquitectos greco-latinos; unos cánones que, a tenor de la evolución humana, deberían ser revisados sistemáticamente para la optimización ergonómica de los edificios y utensilios empleados por el hombre (Porta, 2011). Al respecto, si nos fijamos en el diseño de los asientos de un aula magna, es lógico pensar que sus cotas ergonómicas (tamaño, altura al suelo, etc.) deberían adaptarse al percentil P. 5 de las mujeres (las personas de menor estatura) y al P. 95 de los hombres (personas de mayor estatura); pero la pregunta que nos atañe es: ¿el autor o autores de dicho estudio deben considerarse antropometristas, biometristas, cineantropometristas, ergonomistas o ingenieros?



**Fig. 1.** El INEFC de Barcelona, construido en 1988-1991 por el arquitecto Ricard Bofill como sede de los JJ.OO. de 1992, tiene un estilo neoclásico inconfundible basado en los cánones de proporcionalidad geométrica y humana greco-romanos. En el recuadro pequeño, se puede observar el diseño de los asientos de un aula magna. Foto pequeña del autor. Foto grande: Copyright © INEFC.

En el contexto científico de la historia moderna y contemporánea, parece evidente que la cineantropometría tiene su precedente conceptual y práctico en la antropometría; término utilizado por 1ª vez por el naturalista y médico alemán Johan Sigismund Elsholtz (1623-1688) en su tesis doctoral de la Universidad de Padua (1654), titulada *Anthropometria*, en la que analizaba la relación entre las proporciones del cuerpo humano y sus enfermedades (Fig. 2), (Boyd 1980).



**Fig. 2.** Johan Sigismund Elsholtz (1623-88), fue el primero en utilizar el término antropometría.

Aunque en la actualidad la definición más popular de antropometría quizá sea la del antropólogo checoslovaco-

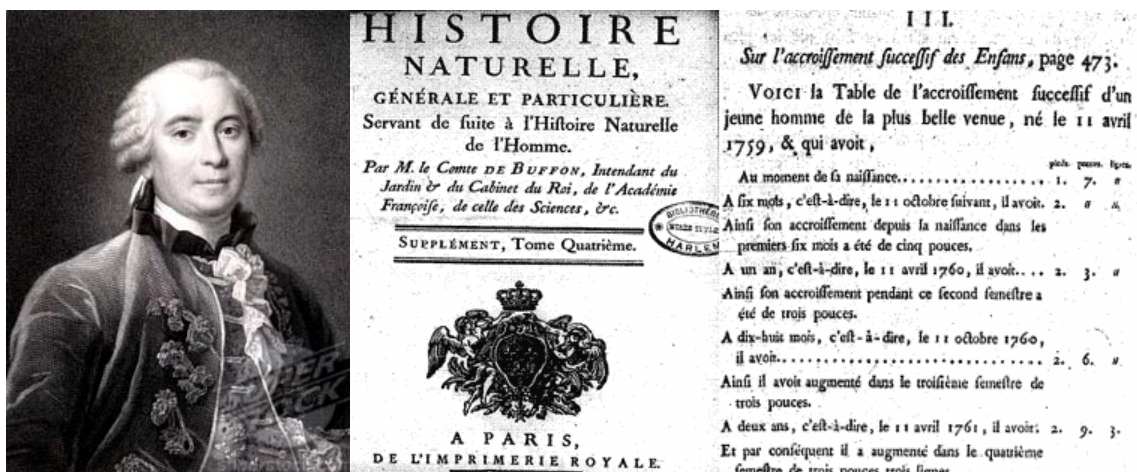
americano Ales Hrdlicka (1869-

1943): “la técnica de medir el cuerpo humano y sus partes” (Hrdlicka, 1947, p. 7); la primera definición que hemos encontrado del término antropometría es la de Paul Topinard (1830-1911), profesor de antropología de la *Societè d'Anthropologie de Paris*, quien, en su libro *Eléments d'Anthropologie générale*, publicado en 1881, la define como: “la medida del cuerpo humano (vivo o diseccionado) con el objetivo de determinar las proporciones de sus partes” (Fig. 3), (Albrizio, 2007).



**Fig. 3.** Paul Topinard (1830-1911). Musée de l'Homme, París.

Si, hasta la primera mitad del siglo XVIII, la antropometría era utilizada casi exclusivamente en el ámbito artístico por pintores, escultores y arquitectos en la búsqueda de los cánones estéticos de proporcionalidad; a partir de 1750, la antropometría empezó a mostrarse como una herramienta indispensable para los naturalistas, antropólogos y anatomistas. Interés que tiene una referencia histórica incuestionable en la obra del enciclopedista francés Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788): *HISTORIE NATURELLE GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE*, un tratado de 36 volúmenes que estudiaba todos los ámbitos científicos de la época y en el que, en el suplemento de su volumen 4, se describe el que debe considerarse el primer estudio longitudinal sobre el crecimiento humano realizado por uno de sus colaboradores, Philibert Gueneau de Montbeillard (1720-1785), que midió sistemáticamente, cada seis meses, a su hijo desde su nacimiento en 1759 hasta la edad de 18 años (Fig. 4).



**Fig. 4.** En el Capítulo III del Tomo 4 de la *HISTOIRE NATURELLE GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE* de Buffon, Philibert Gueneau de Montbeillard (1720-1785), uno de sus colaboradores, midió sistemáticamente a su hijo desde su nacimiento (1759) hasta los 18 años de edad (1777).

A pesar del ejemplo de Montbeillard, hasta principios del siglo XIX, la antropometría fue utilizada solo en el ámbito de la antropología física con el objetivo de estudiar las diferentes etnias humanas y el origen del hombre especialmente después de la publicación en 1859 de una de las obras fundamentales en la historia del hombre: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* de Charles R. Darwin (1809-1882). Ámbito que también tiene una figura prominente en la persona de Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796-1874), cuyos estudios sobre el tamaño (masa corporal y estatura) del hombre, también han sido de referencia histórica para la cineantropometría moderna (Fig. 5).

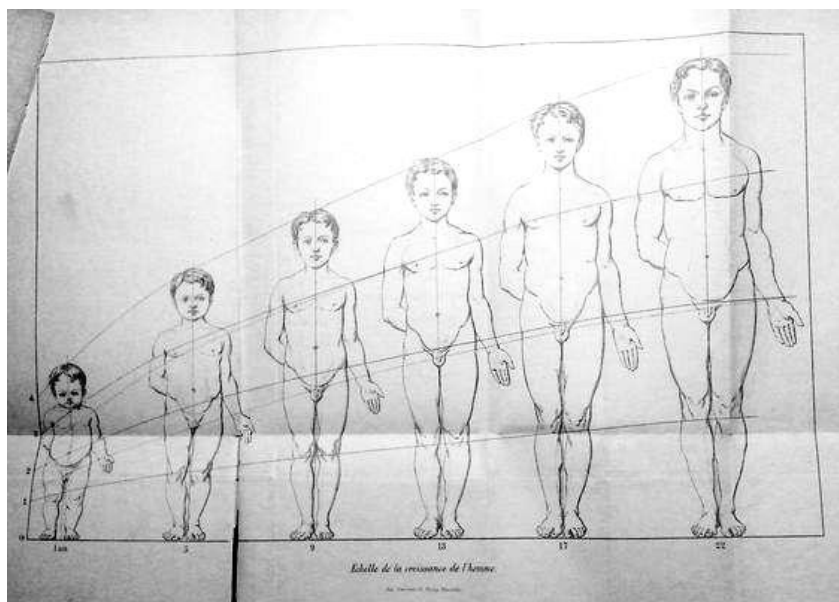
Quetelet era un astrónomo y matemático belga que aplicó los conceptos estadísticos de los errores en las distribuciones de los datos obtenidos en las observaciones astronómicas mediante la curva de Gauss a las medidas antropométricas de diferentes grupos de población de soldados escoceses y franceses y en estudios demográficos realizados en los Países Bajos.



**Fig. 5.** Lambert A. J. Quetelet (1796-1874).

A pesar de su controvertido Índice de Quetelet, conocido popularmente por el Índice de Masa Corporal (IMC):  $IQ = \text{masa (kg)} / \text{estatura}^2 (m)$ , constató que la masa corporal de cualquier hombre a cualquier edad no es proporcional al cubo de su estatura;

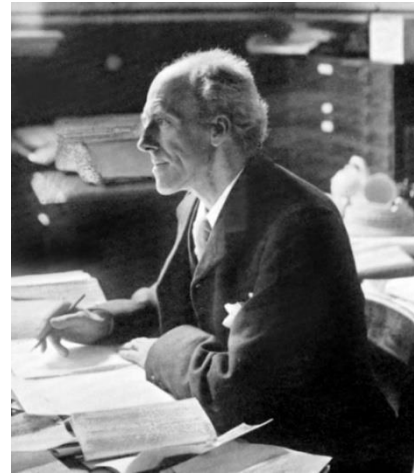
demostrando empíricamente con ello la ley del *Cubo-Cuadrado* de Galileo (1564-1642): “si en una estructura la forma y la composición permanecen constantes, su volumen y masa aumentarán en un valor correspondiente al cubo de sus dimensiones lineales; pero su fuerza o resistencia, lo hará solamente al cuadrado”. Constatación que, junto a la ecuación fundamental que rige los procesos alométricos desarrollada por Huxley entre 1924-32:  $Y = ax^b$ , es determinante para la comprensión y cuantificación de los cambios de los diferentes tejidos de las especies animales en su evolución biológica; y en nuestro caso, en el ámbito de la cineantropometría moderna, debido especialmente a la actividad y ejercicio físico, entrenamiento deportivo y nutrición (Fig. 6).



**Fig. 6.** Adolphe Quetelet, c. 1870. “Echelle De La Croissance De L’Homme”. *Sur l’homme et le développement de ses facultés ou essai de physique sociale*. Plate. Fuente: New York Academy of Medicine Library.

A mediados del siglo XIX, se crearon las primeras escuelas antropológicas: en 1856, la *Société d’Anthropologie de Paris* liderada por Paul Broca; en 1864, las de Londres y Moscú, fundadas respectivamente por Francis Galton y Anatolij P. Bogdanov; en 1867, la de Madrid por Cesare Lombroso; y en 1869, se creó la primera cátedra de antropología en la Universidad de Florencia, asignada a Paolo Mantegazza.

Es curioso y pertinente constatar que Galton definía a la antropometría como: “El arte de medir las facultades físicas y mentales del ser humano”; y que, coincidiendo con la publicación en 1901 de la revista *Biometrika* y la fundación en 1902 de la *Biometric Society*, en Cambridge UK, por su discípulo y biógrafo, el matemático especialista en estadística, Karl Pearson (1857-1936), pusieron de moda el término *biometría* (Albrizio, 2007), (Fig. 7).



**Fig. 7.** Karl Pearson (1857-1936) hizo realidad su lema: “Whenever you can, count”: siempre que puedas, cuantifica.

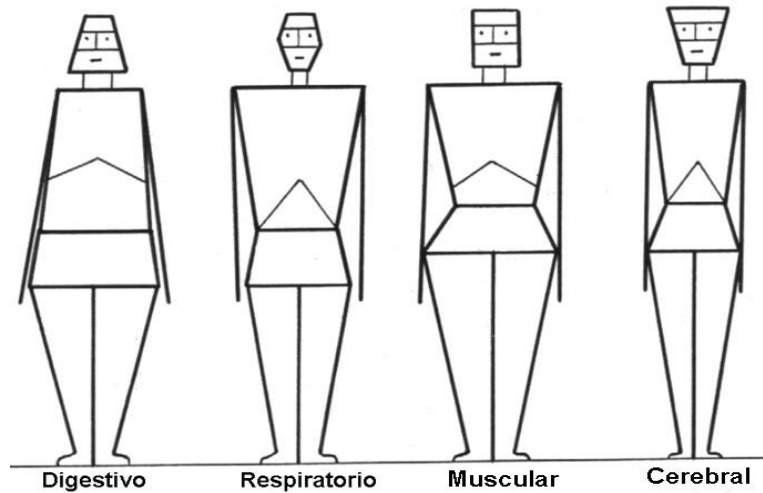
Aunque Pearson definió la biometría como: “Ciencia de la medida y la comparación cuantitativa de la variación biológica”, de la lectura de sus escritos (Pearson, 1924, p. 333) deducimos que consideraba a la biometría como un sinónimo de la antropometría y que fue gracias a ella que, según sus propias palabras: “Galton pudo dar a la antropología el *status* y la dignidad de una ciencia real”.

No obstante, y tal como suele ocurrir en todas las ciencias en vías de desarrollo, los problemas de estandarización relacionados con los protocolos antropométricos y el material utilizado afectaron en gran manera a la validez y consecuente posibilidad de generalización de los estudios que se estaban realizando. Razón por la que, en 1912, se celebró en Ginebra el primer *Congreso Internacional para el consenso y estandarización de las medidas antropométricas a realizar en el hombre vivo*.

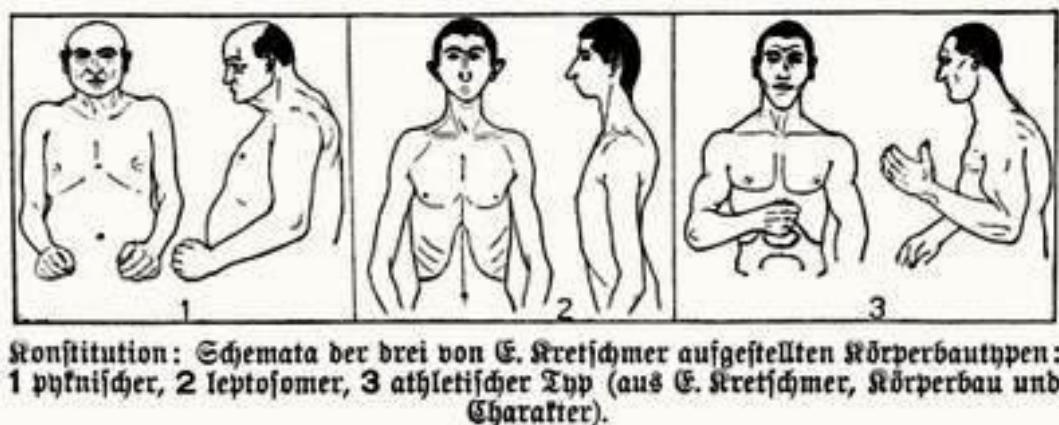
Paralelamente a la antropología física y auxológica, desde el último cuarto del siglo XIX, la antropometría fue, en mayor o menor medida, protagonista en la fundación y desarrollo de las llamadas *Escuelas Biotipológicas*, cuya finalidad era establecer una relación entre forma, capacidades o facultades psicofísicas y potenciales patologías. Objetivos que comportaron la división de la antropología en especialidades como la antropología criminal y eugenésica (del gr. *eugonikei*, buen origen), con unos claros antecedentes históricos antiguos en la obra *Physiognomonía* de Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) y en la obra *Tusculanas IV*, 37, 80 de Cicerón (106 a.C. -43 a.C.) donde relata el encuentro de Zopiro, un sátrapa persa que se jactaba de conocer a los hombres por sus rasgos fisonómicos, con Sócrates; y otro más moderno representado por la *Fisiognomía I y II* de Giovan Battista Della Porta (1535-1615), publicada en 1586. Un arte,

o pseudociencia, cuya raíz etimológica (del gr. *physis*, naturaleza y *gnomon*, juzgar o interpretar) describe su finalidad: analizar la relación entre los rasgos y la forma del rostro de un individuo y su conducta.

De entre todas las Escuelas Biotipológicas de finales del siglo XIX y principios del siglo XX: Francesa, Alemana, Italiana y Americana (Figs. 8-14), la antropometría tuvo un protagonismo fundamental en la Escuela Italiana y Americana.



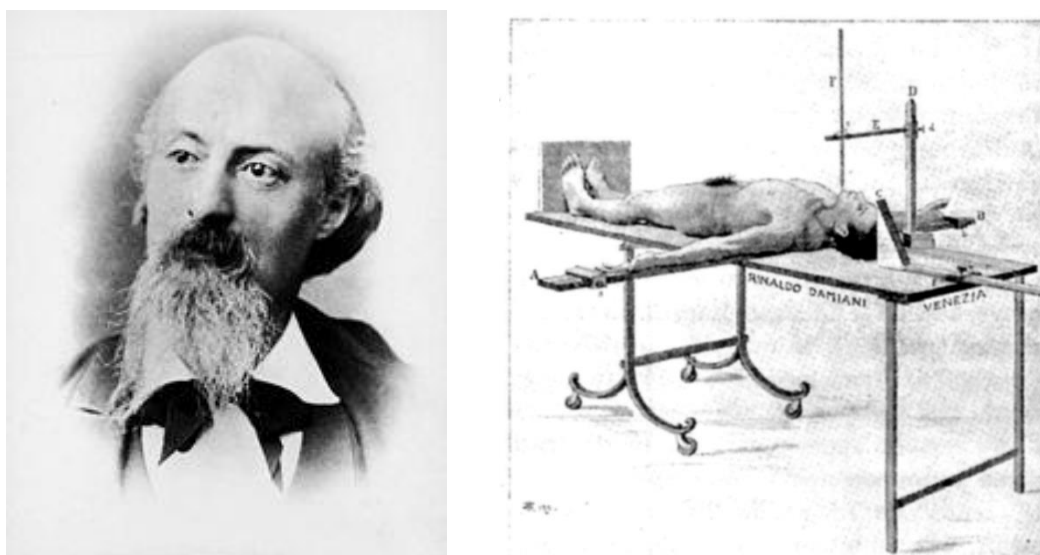
**Fig. 8.** La Escuela Francesa, fundada por Noël de Halle (1859-1947), Claude Sigaud (1862-1921) y Léon Mac Aulife, consideraba que el biotipo es una consecuencia del genotipo y también del entorno o factores exógenos. Así, es normal encontrar el tipo “Respiratorio” entre los nómadas que viven en el desierto, “Digestivo” entre ciertas clases sociales muy opulentas, “Muscular” entre trabajadores o deportistas y “Cerebral” entre los intelectuales.



**Fig. 9.** Para la Escuela Alemana, fundada por el psiquiatra Ernest Kretschmer (1888-1964), la constitución humana o biotipo está determinada fundamentalmente por factores genotípicos o endógenos, con una relación muy clara entre el biotipo y la conducta o temperamento. Así, los Pícnicos (obesos) están más predispuestos a psicosis maníaco-depresivas, mientras que los Asténicos (delgados) tienen tendencias esquizofrénicas.

La escuela Italiana también llamada Constitucionalista, fundada por Achile De Giovanni (1833-1916) y sus alumnos Jacinto Viola de Bologna (1870-1943) y Nicola Pende (1880-1970), era una escuela biométrica que realizaba sus clasificaciones a partir de mediciones antropométricas que eran analizadas por métodos estadísticos estableciendo unas normas o referencias de modelos antropométricos basados en la media o mediana de los grupos de población analizados.

Con De Giovanni, considerado el padre de la medicina constitucionalista en Italia, la antropometría se hizo relevante por primera vez en el ámbito clínico; no solamente en su vertiente descriptiva, sino también como soporte científico de la medicina preventiva y terapéutica. De Giovanni también destacó por el diseño de nuevos equipos para las mediciones antropométricas (Fig. 10), (Albrizio, 2007).

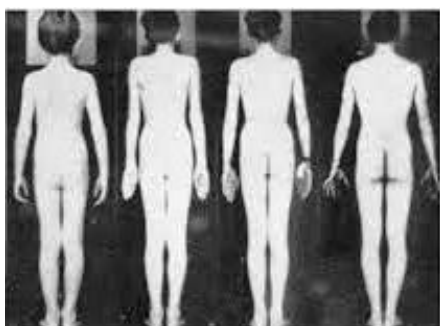


**Fig. 10.** Con Achille De Giovanni (1833-1916), el método y los materiales antropométricos posibilitaron que la medicina clínica, tanto descriptiva como preventiva y terapéutica, fuera una ciencia más exacta.

Por otra parte, Viola con su clasificación morfológica del individuo en tres tipos: *macroesplácnico* (gran tamaño y extremidades cortas), *microesplácnico* (tronco pequeño en relación a sus extremidades) y *normoesplácnico* (con una variación intermedia -sic-); tuvo una gran influencia en la Escuela Americana caracterizada por la valoración del somatotipo. Especialmente, con el método de Sheldon.

A partir del siglo XX, la antropometría empezó a utilizarse sistemáticamente en los estudios transversales que los diferentes cuerpos de los ejércitos de los EE.UU., realizaron y siguen realizando, con el objetivo de establecer bases de datos de referencia para seleccionar a sus soldados, e incluso longitudinales para estudiar los efectos de sus métodos de entrenamiento (Gordon y Friedl, 1994).

En el ámbito de la auxología (del griego *auxein*, crecimiento y *logos*, ciencia), destacaron los estudios: *Harvard Growth Study* (1922), *Yale Growth Study* (1927), *Berkeley Growth Study* (1928), *Center for Research in Child Health and Development Study* (1930) y los *Brush Foundation Studies* (1930). Estudios, todos ellos, que implicaban un seguimiento mínimo de 10 años por los mismos autores del estudio y una revisión de los protocolos con un control de los errores en las medidas antropométricas más exhaustivo que en la antropología física (Cameron, 1986).



**Fig. 11.** La técnica fotoscópica del Berkeley Growth Study era ya utilizada en las escuelas de educación física de los EE.UU.

De los estudios citados, el *Berkeley Growth Study* (1928) es, para todos los profesionales del ámbito de las ciencias de la actividad física y el deporte, un motivo de satisfacción, ya que sus autores Harold Jones y Harold Stoltz, fueron los primeros en emplear la técnica fotoscópica en un estudio de crecimiento. Una técnica que era muy utilizada en las escuelas de educación física de la época y con la que fotografiaron de frente, perfil y de espalda a 300 niños y niñas cada 6 meses entre los 11-18 años de edad y, un 65% de ellos, también al cumplir 33 años (Fig. 11).

La Escuela Biotipológica Americana se caracterizó por su interés en la valoración del *somatotipo*. Término cuya raíz etimológica (del gr. soma o cuerpo y typos o molde) facilita su conceptualización, relacionándola con el desarrollo de una taxonomía morfológica y constitucional del ser humano. Sus protagonistas más importantes fueron: Sheldon, Stevens, Tucker, Hooton, Dupertius, Parnell y, especialmente, Heath y Carter.

El pionero en intentar describir y cuantificar sistemáticamente la forma del cuerpo humano fue el psicólogo y médico William Herbert Sheldon (1898-1977), influenciado por la Escuela Constitucionalista Italiana y por Ernst Krestchmer de la Escuela Alemana.



El título de su tesis doctoral (1925): *Morphologie types and Mental Abilities*, era una muestra clara de sus intenciones e hipótesis de trabajo (Fig. 12).



**Fig. 12.** W. H. Sheldon (1898-1977), pionero de la valoración somatotípica.

En su libro *The varieties of Human Physique* (1940), escrito en colaboración con S. S. Stevens y W. B. Tucker, y cuyo objetivo era proporcionar un sistema tridimensional para la descripción del cuerpo humano con medidas realizadas directamente sobre fotografías (*Anthroscopic somatotyping*). Definió al somatotipo como:

“la cuantificación de los tres componente primarios: *endomorfia*, *mesomorfia* y *ectomorfia*, del cuerpo humano”. Valoración que se completaba con un análisis bastante subjetivo de los componentes secundarios: *displasia*, *ginandromorfismo*, *textura* (*harmonia*, *simetría*, *belleza*) e *hirsutismo*. La escala de puntuación era de 0-7 para cada uno de los componentes con una puntuación máxima global de 9-12. Posteriormente, en 1942, Sheldon publicó *The Varieties of temperament* y, en 1954, *Atlas of Men*.

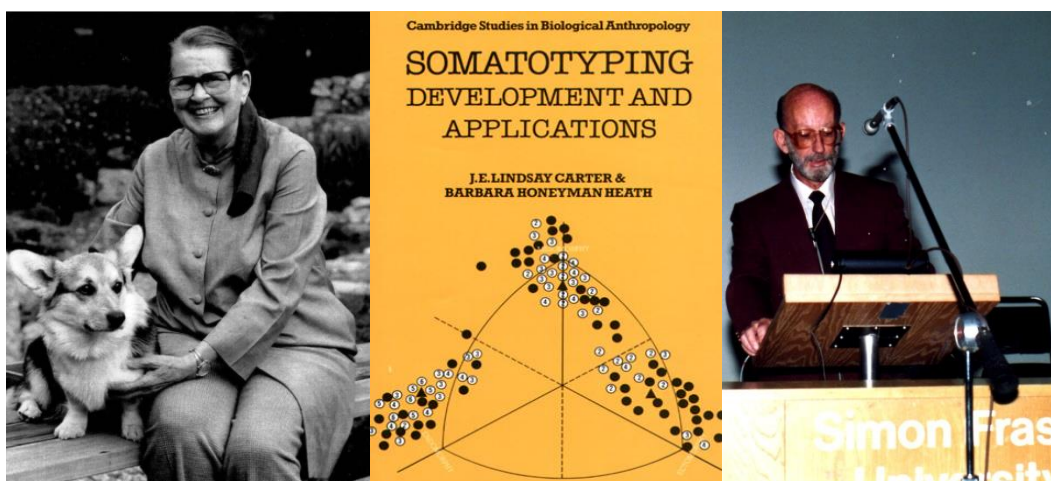
Pero, a pesar de las reconocidas y valiosas aportaciones de Sheldon al ámbito de la valoración del somatotipo, algunos de sus conceptos teóricos y prácticos fueron criticados por la comunidad científica internacional. Fue una de sus colaboradoras, Barbara Honeyman Heath Roll (1910-1998), la primera en plantearle la falta de consistencia biológica en su teoría de la invariabilidad del somatotipo a lo largo de los años o por el cambio de la masa corporal; y también la escala cerrada para cada componente primario hasta el número 7, con la suma de los tres limitada al valor 12 (Carter y Heath, 1990).

La colaboración de Heath y John Edward Lindsay Carter (1931-), iniciada en 1964, se puso de manifiesto con la publicación de dos artículos: “A comparison of Somatotype methods” (1966) y “A modified somatotype method” (1967), que empezaron a generar un gran interés hacia sus propuestas. La publicación en 1972 del manual *The Heath-Carter Somatotype Method*, reeditado en 1975 y 1980, supuso el reconocimiento científico y la popularización internacional de su método.

Heath y Carter, definieron al somatotipo como: “la descripción cuantitativa de la composición y forma actual del cuerpo humano”. En esencia, y conceptualmente, su método se expresa, al igual que el original de Sheldon, mediante los tres componentes

primarios: *endomorfia* (obesidad relativa), *mesomorfia* (robustez músculo esquelética en relación a la altura) y *ectomorfia* (linealidad relativa); pero, a diferencia de aquel, quedan reflejados los cambios del somatotipo según la edad y cambios en el peso del sujeto.

Para la valoración de cada uno de los tres componentes, modificaron la *M4 Deviation Card* de Parnell, que incluía la medida de diferentes parámetros antropométricos, para adaptarla a la valoración de sujetos extremos de diferentes etnias (Nilotes del Sudán y Manus de Papua, Nueva Guinea) o deportistas de especialidades como baloncesto o culturismo que, lógicamente, tenían un biotipo muy diferente del que tenían las personas que estudiaron Sheldon et al. En la práctica, la escala original de 0-7 para cada uno de sus componentes se mostró obsoleta, al igual que la suma total. Al respecto, Carter constató valores de 0,5 a 16 para la *endomorfia*, 0,5-12 para la *mesomorfia* y 0,5-10 para la *ectomorfia* (Carter, 1982, 84).



**Fig. 13.** Barbara Honeyman Hirsch (1910-98) y John Edward Lindsay Carter (1932-) desarrollaron, a partir de 1964, el método de valoración del somatotipo más utilizado en todo el mundo. Su obra: *SOMATOTYPING: DEVELOPMENT AND APLICACIONES* (1990), es de obligada referencia en todos aquellos ámbitos científicos donde se estudia la relación de la forma y composición corporal del ser humano con su capacidad funcional. Foto de BHHR, cortesía de L. Carter. Foto portada libro y L. Carter del autor.

Para su valoración matemática-antropométrica solo se necesitan medir 10 parámetros: 2 medidas fundamentales (estatura y masa corporal), 4 pliegues cutáneos (triceps, subescapular, supraespinal y pierna medial), 2 perímetros (brazo en flexión y contracción y pierna máximo) y 2 diámetros óseos (humeral y femoral). Un protocolo muy funcional que, sin duda alguna, ha sido uno de los factores más importantes para la difusión internacional del método Heath-Carter. La publicación en 1990 de su opera prima,

*SOMATOTYPING: DEVELOPMENT AND APLICATIONS*, también contribuyó en gran medida a la popularización de la cineantropometría (Fig. 13).

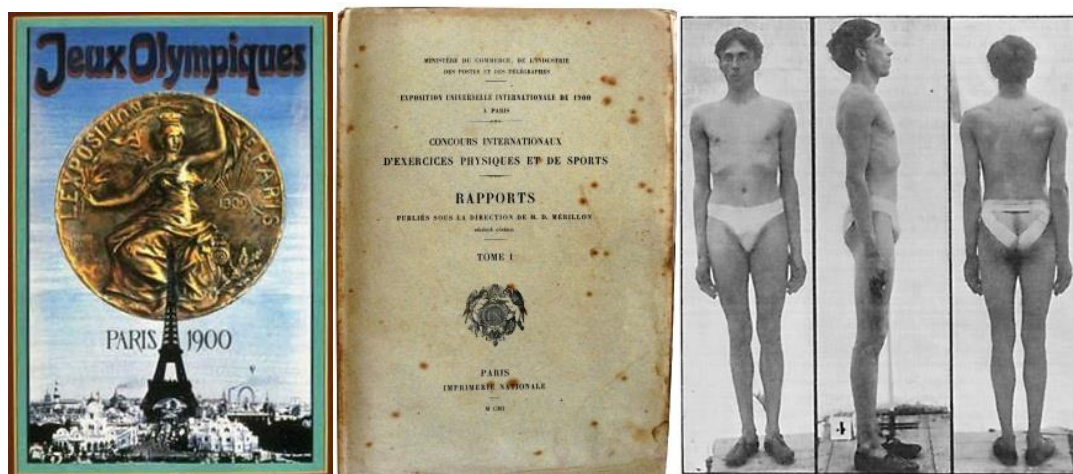
La técnica fotoscópica o somatoscópica, que a partir de los años 50 popularizó la Escuela Biotipológica Americana, también fue utilizada ampliamente por el *Harpenden Growth Study*, iniciado en 1949 por el Profesor James Mourylian Tanner (1920-2010) y por R. H. Whitehouse, del *London University Institute of Child Health* (ICH); proyecto en el que se recolectaron datos durante más de 25 años y que sirvió para rediseñar equipos de medición que aún siguen utilizándose y del que han surgido innumerables estudios relacionados con el crecimiento y maduración de niños y adolescentes (Fig. 14).



**Fig. 14.** El profesor J. M. Tanner (1920-2010), del London University Institute of Child Health la primera referencia mundial de los estudios de crecimiento.

El interés por el estudio de la relación entre la forma y la función humana en los albores del siglo XX se manifestó también en el ámbito deportivo paralelamente al renacimiento del olimpismo; y aunque, sorprendentemente, no sea un estudio muy citado en la bibliografía relacionada con la antropometría, creemos importante y relevante analizar, aunque sea de forma muy resumida, el que creemos debe considerarse el primer estudio de referencia en el ámbito de la antropometría deportiva. Nos referimos al realizado en ocasión de los JJ. OO. de París en 1900 (Fig. 15).

Étienne-Jules Marey (1830-1904), fisiólogo e inventor de la *cronofotografía* como método de análisis biomecánico, dirigió la llamada Comisión de higiene y de fisiología, creada para estudiar los concursos internacionales de ejercicios físicos y deportivos en el marco de *L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DES JEUX OLYMPIQUES DE PARIS, 1900*. Proyecto para el que se creó un laboratorio especial al que llamaron *Station physiologique* y en el que colaboraron prestigiosos científicos de la época (Manouvrier, Richer et al.) para estudiar junto a los registros cronofotográficos de diversas pruebas realizados por el mismo Marey, diversos factores antropométricos y fisiológicos con el objetivo de analizar la relación entre la forma y proporciones del cuerpo humano con el éxito deportivo (Fig. 15).



**Fig. 15.** El estudio de la relación entre la forma y la función humana en el ámbito deportivo tuvo su origen en los JJ. OO. de París de 1900. En la figura central, la portada del informe oficial, donde, en el Vol. 2, pp. 384-410, se analiza el estudio realizado. En la fig. de la dcha., el vencedor de las pruebas de salto de altura y pértiga Irwing Baxter (EE.UU.).

En el informe de dicho estudio, que se puede leer en los *RAPPORTS* (Vol. 2), queda reflejado el limitado número de deportistas analizados (50) y cierto empirismo metodológico, pero su valor histórico es indudable. Así, en la p. 386, se puede leer:

“Les mensurations et les photographies anthropométriques nous ont également fourni les éléments d'une statistique qui prendra toute sa valeur quand ces documents seront en plus grand nombre. Il résulte déjà d'un examen sommaire que l'aptitude au saut se traduit surtout par la grande longueur des rayons des membres inférieurs et particulièrement par celle du pied...”

(Las medidas y fotografías antropométricas nos han dado igualmente los elementos de un análisis estadístico que demostrará todo su valor cuando se pueda aumentar el número de deportistas estudiados. De un examen previo, se constata que la aptitud para el salto viene determinada en gran manera por la longitud de los miembros inferiores; especialmente por la del pie...)

Tuvieron que transcurrir 28 años para que el antropólogo holandés Frederik Jakobus Johannes Buytendijk (1887-1947) organizara los proyectos antropométricos que se realizaron en los II JJ. OO. de Invierno de 1928 de St. Moritz y los IX de verano de 1928 en Ámsterdam; y 20 años más para que Cureton pudiera reiniciar dichos tipos de estudios en los XII JJ. OO. de 1948 de Londres (Carter, 1984; Hawes y Sovak, 1994).

En la primera mitad del siglo XX, los nombres de Jindrich Matiegka y Albert R. Behnke tienen un especial significado para todos los profesionales del ámbito de la salud y el deporte interesados en el estudio de la relación entre la forma y la función del ser humano (Figs. 16 y 17).



**Fig. 16.** Jindrich Matiegka (1861-1932).

Jindrich Matiegka (1861-1932), director del Instituto Antropológico de la Universidad de Praga, propuso en su trabajo: *The testing of physical efficiency* (1921) las primeras fórmulas para la valoración de la composición corporal según el modelo de 4 componentes: *masa grasa, muscular, ósea y residual*. Modelo fraccionado que estaba basado en medidas antropométricas cuya relación con los tejidos objeto de valoración se obtuvo utilizando datos, bastante limitados, procedentes de los trabajos de disección anatómica de Vierordt de 1906 (Boyd, 1980).

Albert R. Behnke (1919-1990), médico de la Marina de los EE.UU., fue el investigador principal del equipo que en los años 40 desarrolló el método *Densimétrico* para el cálculo de la densidad corporal ( $D_c$ ) total según el modelo de dos componentes: masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG) (Behnke, Feen y Welham, 1942). Método que, pese a sus limitaciones, fue considerado el “gold standard” para la validación de otros. En el año 1945, Rathbun y Pace publicaron la primera ecuación para la predicción de la MG a partir del cálculo de la  $D_c$ ; y en 1951, Brozek y Keys fueron los primeros en calcular la  $D_c$  y la MG utilizando los pliegues cutáneos.



**Fig. 17.** Albert R. Behnke (1919-1990).

Fue a partir de 1950, y coincidiendo con la popularización del deporte y la práctica de la actividad física, cuando, tanto en el ámbito de la antropología, biología, medicina clínica, pediatría y epidemiología, los estudios sobre la relación entre la forma, proporción y composición con la capacidad funcional y la salud del individuo, tuvieron un desarrollo inusitado. La monografía de más de 1000 páginas que, con el título *Body composition*, publicó la Academia de las Ciencias de Nueva York en 1963 y cuyo editor fue Josef Brozek, es un buen ejemplo de ello. Compendio que bien podría considerarse como la Biblia de la valoración de la composición corporal.

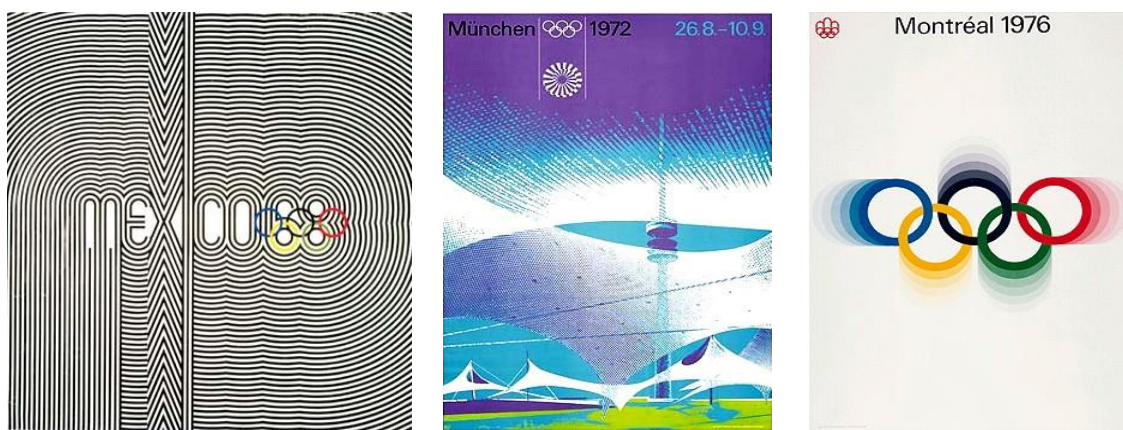
En Checoslovaquia, y siguiendo la tradición de Jindrich Matiegka, Jiri Stepnicka y Jana Parísková, destacaron por sus estudios sobre la relación entre el desarrollo humano y su “forma y función”. Al respecto, el título de la obra de Parísková de 1977, *Body fat and physical Fitness*, es muy significativo. Pero fue en los Países Bajos donde se desarrollaron más estudios de este tipo con las aportaciones de: Gaston Beunen, Jan Borms, Marcel Hebbeling, Christian Heyters, H. C. G. Kemper, J. Simons y R. Verschuur (Beunen y Borms, 1990).

Pero, y al igual que ocurrió con la especialización de las ciencias biológicas y más en concreto con la antropología que se dividió en física, auxológica, forense etc., la gran eclosión e incidencia socioeconómica de la actividad física y el deporte, propició el desarrollo de una antropometría o biometría más específica y aplicada a las necesidades del ejercicio físico y rendimiento deportivo, como se demostró en los proyectos antropométricos que se realizaron en los XV JJ. OO. de 1952 de Helsinki, donde Jockl et al. (1956) estudiaron las características demográficas de los participantes; los XVII JJ. OO. de 1960 en Roma y los XVIII JJ. OO. de Tokio.

Sin lugar a dudas los acontecimientos más determinantes para el nacimiento y desarrollo en la segunda mitad del siglo XX de una nueva y necesaria antropometría a la que solo cabía ponerle el prefijo etimológico Κίνησις (Kinésis o movimiento), para, tanto conceptual como prácticamente, adaptarla a las necesidades específicas de todos los profesionales del ámbito de la salud y del deporte fueron: A/. Los macro-proyectos antropológicos y antropométricos de los XIX JJ. OO. de 1968 de México DF, los XX JJ. OO. de 1972 de Múnich y los XXI JJ. OO. de 1976 de Montreal (Fig. 18). B/. El desarrollo y popularización del método para la valoración del Somatotipo de Heath-Carter. C/ El fenómeno del *fitness* como freno a la creciente epidemia de obesidad que, a partir de la década de 1960, empezó a extenderse por todos los países desarrollados.

Los XIX JJ. OO. de 1968 en México constituyeron un hito de los macro-estudios de deportistas olímpicos ya que, en el proyecto dirigido por Garay et al., no solamente se analizaron sus características antropométricas, sino también las antropogénicas. De un total de 6084 participantes, se midieron 1265 deportistas (1117 hombres y 148 mujeres) pertenecientes a diversas etnias y practicantes de 13 deportes. Además, se estudió un grupo control o de referencia compuesto por 267 hombres y 96 mujeres mejicanos no deportistas (Borms y Hebbelink, en Carter, 1982, 84).

En los XX JJ. OO. de 1972 en Múnich, trabajaron dos grupos de investigadores de forma interdependiente. Tanner et al. midieron 15 parámetros antropométricos de 449 deportistas masculinos y femeninos para compararlos con los datos obtenidos con los deportistas estudiados en los JJ. OO de 1960 en Roma. Por su parte, Novak et al. realizaron pruebas de composición corporal y ergométricas a 80 deportistas masculinos y 20 femeninas (Carter, 1982, 84). Por otra parte, es de destacar que entre el equipo de investigadores estaba el médico español Carlos Bestit; el primer español en participar en un proyecto internacional antropométrico (Fig. 18).



**Fig. 18.** Los macro-estudios realizados en los JJ.OO. de 1968 en México por Garay et al. en 1972 en Múnich por Tanner et al. y Novak et al. y en 1976 en Montreal (MOGAP) por J.E.L. Carter (Editor) consolidaron a la cineantropometría como una nueva ciencia emergente.

El MOGAP (*Montreal Olympic Games Anthropological Project*) desarrollado en los XXI JJ. OO. de 1976 en Montreal, fue también un ejemplo de un macro-proyecto bien organizado y desarrollado. Aunque el nº de deportistas estudiado no fue muy numeroso (338 hombres y 149 mujeres de 53 países y diferentes etnias participantes en 20 deportes), fueron analizados aspectos demográficos, etnográficos y antropométricos a partir de 31 variables con la estimación de la edad esquelética a partir de radiografías de la mano según el método de Greulich-Pyle. Además, el MOGAP generó una extensa bibliografía que sigue siendo de referencia en el ámbito deportivo (Borms y Hebbelinck en Carter, 1982, 84).

En el deporte de elite, son destacables las aportaciones de Tittel y Wutscherk (1972) y Tittel (1978), quienes a pesar del aislamiento social, político y deportivo de la extinta

República Democrática Alemana (DDR), recopilaron muchos datos antropométricos de deportistas de elite publicándolos a través del COI y la FIMS.

Era pues evidente que una nueva ciencia se estaba abriendo paso y que había que “bautizarla”. En el año 1966, Roch Meynard de la Universidad de Laval, Quebec, Canadá, empezó a utilizar el término Cineantropometría que Ross et al. utilizaron por primera vez en un artículo científico publicado en la revista belga *Kinanthropologie* del año 1972 (Fig. 19).



**Fig. 19.** Ross, W. D., Hebbelinck, M., et al. (1972) “oficializaron” por 1ª vez el término cineantropometria en un artículo de la revista *Kinanthropologie* 4; 23-34.

En 1976, la cineantropometría adquirió ya un status científico en Canadá al ser incorporada en el simposio de cineantropometria y ergometría del *Congress of Physical Activity Sciences* celebrado del 11-16 de Julio, 1976 en Quebec (Can.); donde en el discurso inaugural, Ross se refirió a la cineantropometría como una “tecnología y especialidad científica emergente” (Carter, 1982, 84). Status refrendado internacionalmente por el *Second International Seminar on Kinanthropometry* celebrado del 10-13 de Julio 1978 en Lovaina (Bélgica), en el que se presentaron 59 comunicaciones de participantes de 14 países, y en una reunión del Comité de Investigación *International Council of Sport and Physical Education (ICSSPE)* que se celebró en septiembre de 1978 en Brasil, en la que se aprobó la creación del *International Working Group in Kinanthropometry (IWGK)*.

No fue extraño, pues, que el concepto o término cineantropometría sustituyera paulatinamente a la antropometría y biometría en todos aquellos ámbitos científicos relacionados directa o indirectamente con la salud (especialmente en epidemiología), la actividad física y el deporte. Un desarrollo sustentado y acelerado en gran manera por los siguientes factores:

1. El derivado de su propia definición: “Ciencia que estudia el tamaño, forma, proporción, composición, maduración y la capacidad funcional para comprender el crecimiento, ejercicio, rendimiento y nutrición” (Ross et al., 1978).



Si hasta la década de los años 60, la antropometría o biometría se limitaba, por sus ámbitos de aplicación (biología en general y antropología física y auxológica en particular), a la medida del tamaño y la forma; es evidente que, por definición, la cineantropometría se erigía en pionera del estudio de la composición de los diferentes tejidos del cuerpo humano. Un aspecto, cuya importancia para la salud ya fue enunciada empíricamente por la medicina Hipocrática, que ahora la cineantropometría, paralelamente al auge de la medicina deportiva, podía demostrar científicamente. Un hecho que, además, supuso la vinculación a la cineantropometría de miles de profesionales del ámbito de la actividad y ejercicio físico y el deporte de todo el mundo.

2. El reconocimiento de la cineantropometría como una ciencia por la *International Council of Sport and Physical Education, N.G.O. A Level Committee, de la UNESCO, en 1978.*
3. El *Cadaver Study* realizado durante 1979-80, en la *Vrije Universiteit Brussels* (VUB), bajo la dirección del Dr. J. P. Clarys y el Dr. W.D. Ross de la *Simon Fraser University* (SFU). Sin duda alguna, y hasta la actualidad, es el estudio más importante realizado para el análisis y cuantificación de la composición corporal (masa de la piel, tejido adiposo, músculo y hueso y residual), a partir de la disección de 25 cadáveres.

De dicho estudio se derivaron las tesis doctorales presentadas en la SFU de los coautores del Cadaver Study: Alan Martin (1984) y Donal Drinkwater (1984), y también la de Michael John Marfell-Jones (1984) y la de Deborah Kerr (1988). Tesis cuyos contenidos son de obligada referencia en el ámbito de la valoración de la composición corporal.

4. La fundación, por parte de la IWGK, de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry -ISAK-*): Glasgow, 20 de Julio, 1986. Es importante constatar que, uno de los miembros fundadores fue el Dr. Ferran Rodríguez; actualmente, catedrático del INEFC, Bcn y Director del *Grup de Recerca en Ciències de l'Esport de l'INEFC-Barcelona (GRCE).*

El hecho de que la ISAK fuera creada con el objetivo de 1/. Estandarizar los protocolos y equipos antropométricos; 2/. Aumentar las competencias de sus miembros; y 3/. Establecer un Sistema Internacional de Acreditación en Antropometría (*International Anthropometric Accreditation System -IAAS-*) (Marfell Jones, Esparza, Stewart y De Ridder, 2016), y que sus aproximadamente 5000 miembros pertenezcan a los más reconocidos ámbitos universitarios y científicos de los cinco continentes, ha generado, gracias a la rigurosidad de sus propuestas metodológicas y al control de los errores de medición, un reconocimiento internacional hacia dicha institución.

Un reconocimiento que, a pesar de las dificultades cada vez más evidentes para la realización de macro-proyectos cineantropométricos en el marco de los grandes acontecimientos deportivos, facilitó la realización de los siguientes estudios:

- JJ. OO. de invierno de 1988 en Calgary, Canadá (Hawes y Sowak, 1991, 94).
- Campeonatos del Mundo de Natación, Waterpolo y Saltos de 1991 en Perth, Australia: *Kinanthropometric Aquatic Sports Project (KASP)* (Carter y Ackland, 1994). Proyecto, en el que participó el por aquel entonces doctorando español Jordi Porta.
- Campeonatos del Mundo de Baloncesto femenino de 1994 (Ackland et al., 1997; Carter et al., 2005).
- Juegos Africanos de 1995 en Zimbabwe (De Ridder et al., 2001).
- Campeonatos del Mundo de Remo juvenil de 1997 (Bourgois, Claessens y Vrijens, 1998).
- Copa América de Fútbol de 1995 (Rienzi et al., 1998).
- JJ. OO. de 2000 en Sidney, Australia (Ackland et al., 2003).

Actualmente, la ISAK está muy implantada en España. Desde el año 1987, en que se creó en Barcelona el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) que actualmente forma parte de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED) y está presidido por el Dr. José Ramón Alvero (Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad de Málaga), se han ido sucediendo los cursos de acreditación hasta el punto de que España es el país europeo donde hay más cineantropometristas acreditados; tanto de nivel 1 (más de 400) y nivel 2 (aprox. 40), como instructores de nivel 3 (15). Existe también un

nivel 4 llamado *Criterion Anthropometrist*, reservado a las personas con una dilatada experiencia y aportación humana y científica al ámbito de la Cineantropometría. De las 16 personas, 2 son españoles; el primero de ellos, en 2008, fue el Profesor Jordi Porta (INEFC, Barcelona) al que, en 2010, se le unió el Dr. Francisco Esparza (UCAM, Murcia).

Institucionalmente, la Dra. M<sup>a</sup> Dolores Cabañas (UCM, Madrid) es miembro de la actual Junta Ejecutiva de la ISAK presidida por el Profesor Michael Marfell-Jones; y de la que el citado Dr. Esparza es el Secretario General.

Por su relación directa con esta tesis doctoral, creemos relevante constatar que el citado Profesor Porta, fue el impulsor en 2014-15, de *l'Escola Catalana de Cineantropometria* (ECC) que, ya ha sido formalmente reconocida por la ISAK y cuyo Director actual es el Dr. Alfredo Irurtia. Más en concreto, La ECC y el GRCE, han colaborado en el desarrollo del proyecto “Pitch-Salud”; estudio que constituye el tercer capítulo de esta tesis.

## **1.2. Cineantropometría y proporcionalidad**

Aunque el Diccionario de la Real Academia Española (RAE) defina la proporcionalidad como: “la conformidad o proporción de unas partes con el todo o de cosas relacionadas entre sí”; creemos más lógica la definición: “la relación de unas partes con el todo o de cosas relacionadas entre sí” (Porta y Cabañas, 2011). Definiciones a las que, desde un punto de vista conceptual y artístico, se le puede añadir: “una forma normal en la que todas las partes estén en justa relación entre sí y con el todo se denomina *canon*; la medida fundamental determinante, *módulo*; y las relaciones entre las distintas partes, *proporciones* (Stratz, 1926).

En la práctica, el estudio de la proporcionalidad conforma, junto a la valoración del tamaño (estatura y peso), la forma (índice androgénico y de conicidad) y composición corporal (masa grasa, muscular ósea y volumen de agua), los pilares básicos de la cineantropometría.

Desde las aportaciones pioneras en el estudio del crecimiento y desarrollo humano de Scammon, (1930) y las obras de referencia: *Fetus into man* (Tanner, 1978) y *Origins of the Study of Human Growth* (Boyd, 1980); son muchos los autores que, directa o indirectamente, han estudiado la relación de las proporciones corporales, especialmente

la longitud de miembros inferiores, con la salud en general (Leitch, 1951; Bogin y Varela-Silva, 2003; Schooling et al. 2008), el síndrome metabólico (Han, et al. 1997; Smith et al. 2001; Langenberg et al. 2003), el riesgo de cáncer (Gunnell et al. 2001), influencia genotípica o fenotípica (Katzmarzyk y Leonard 1998; Frisancho et al. 2001; Livshits et al. 2002; Bailey et al. 2007) y como signo de malnutrición (Ramos, 1986).

En el ámbito deportivo, son de referencia obligada las siguientes aportaciones: Tittel y Wutscherk (1972), Tittel (1978), Carter (1982, 84), Ross y Ward (1982), Norton y Olds (1996) y Ackland, Elliot y Bloomfield (2009).

En el contexto, finalidad y objetivos específicos de esta tesis doctoral, no solo queda implícita sino que se hace evidente la necesidad de conocer, tanto desde un punto de vista artístico como anatómico, la realidad de la proporcionalidad del cuerpo humano.

Pero el problema es que, al menos históricamente, la pretendida realidad anatómica está muy adulterada por cánones artísticos que, aunque tienen un fundamento teórico matemático-geométrico, no son correctamente interpretados y adaptados. Tanto por parte de los mismos artistas responsables de su representación (pintores, escultores, anatomistas), como por parte de aquellos que deben adaptar dichas medidas teóricas a la realidad cotidiana del hombre como son los arquitectos, diseñadores industriales y cineantropometristas.

Así pues, aunque la proporcionalidad haya sido ya estudiada por algunos autores por su relación con la cineantropometría (Maestre y Ordaz, 2009; Porta y Cabañas, 2011), creemos pertinente hacer una revisión general que, aunque muy resumida, sirva para aportar algunos nuevos datos y consideraciones acerca de la proporcionalidad del cuerpo humano.

### **1.2.1. Cánones de proporcionalidad estéticos**

Desde un punto de vista artístico, existen posiblemente tantos cánones estéticos o reglas de simetría como civilizaciones a lo largo de la historia. Al respecto, la referencia histórica más antigua es el *Silpi Sastri*; un tratado hindú escrito en sanscrito (3.000-2.800 a.C.) que analiza el cuerpo humano dividiéndolo en 480 partes (Esparza, 2009). También en el Viejo Testamento (1400-400 a.C) y el Midrashim hebreo (500 a.C.) se encuentran referencias en relación al tamaño y proporciones de la figura humana (Porta, 1999); pero es evidente que, popularmente y en el mundo occidental, se asocia el estudio y desarrollo

de los cánones de proporcionalidad humana con la cultura helénica que, a su vez, fue muy influenciada por el canon de simetría egipcio y la teoría matemática-geométrica de la Proporcionalidad Áurea (PA) y el Número de Oro (NO).

Debido al estilo o técnica pictórica y escultórica del arte egipcio basado en la “frontalidad” (eje de los hombros y cadera en el mismo plano) y al hieratismo de las figuras representadas, el canon de simetría era evidente e inalterable en el tiempo del arte egipcio. Canon fundamentado en los siguientes módulos: 1/ la longitud del dedo medio; 2/ el “cúbito pequeño” (distancia entre el pliegue anterior del codo y la uña del pulgar); 3/ el “cúbito grande o real” (hasta la punta del dedo medio) que se implantó a partir del siglo VII a.C. en todas las construcciones y figuras relacionadas con los faraones y clases dominantes; 4/ la amplitud del puño (incluyendo el pulgar) a nivel de los nudillos y 5/ la longitud del pie. Así, la estatura de una persona correspondía a 19 veces la longitud del dedo medio, 18 veces a la anchura del puño (o 21), 4 veces al “cúbito pequeño o grande” y 1/6 de la longitud del pie (Fig. 20). Cánones de proporcionalidad, de los que la cultura helénica adoptó los módulos del “cúbito real” y la longitud del pie (Porta y Cabañas, 2011).



**Fig. 20.** A la izq., el relieve de madera Hiseré (ca. 2.700-2.200 a.C.; Museo Arte Egipcio, El Cairo), con el canon de 18 puños sobreimpresionado. Dcha., figuras de piedra caliza del faraón Shepsi y su esposa Nikauhathor (ca. 2400 a.C., Museo Arte Egipcio, El Cairo), donde se pueden apreciar los módulos del “cúbito pequeño”, “cúbito real” y “dedo medio”. (Fotos modificadas por el autor).

Pero, y al contrario de la uniformidad que se puede observar en los cánones de la figura humana del arte egipcio, en la cultura helénica, no ocurre igual; ya que el canon griego oscila entre 7 y 9 cabezas (Michalis, 1883; Stratz, 1926).

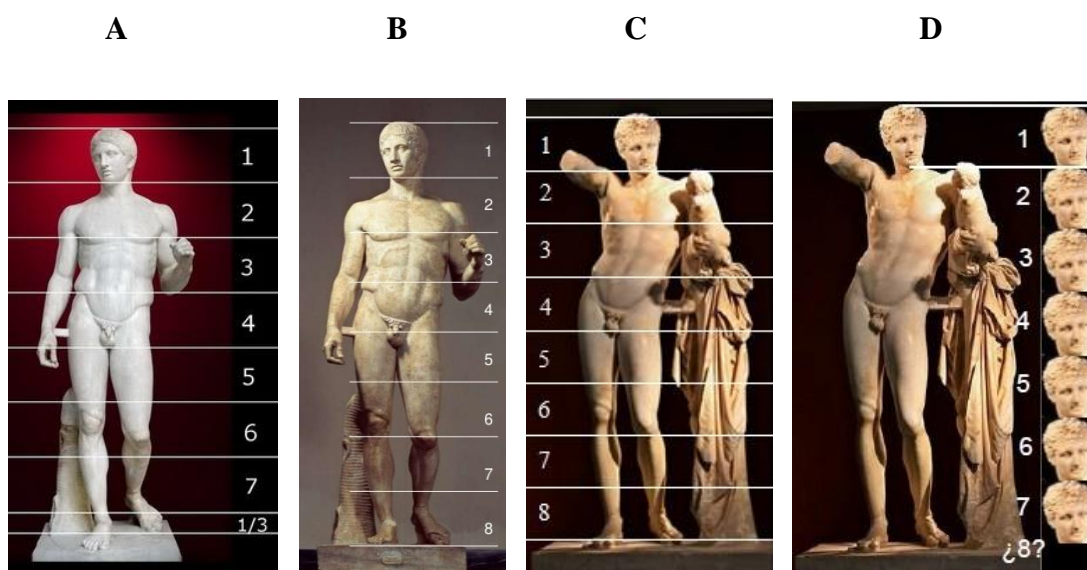
En general, los modelos antropométricos eran más estilizados cuanto más modernos eran. Así, p.e., el *Doriforo de Policleto* (siglo V a.C.) es la referencia más popular del canon de 7 cabezas; y el *Apolo de Belvedere* (siglo IV a.C.), de 8,5 cabezas (Fig. 21).



**Fig. 21.** El canon de proporcionalidad del arte griego, basado en el módulo de la cabeza.

Pero el problema que creemos importante y pertinente analizar en relación al estudio de la proporcionalidad humana, y más en concreto a su representación artística, es el de la manipulación de las imágenes que, tanto a nivel popular como profesionalmente, se puede realizar para intentar demostrar la utilización de un canon determinado por uno u otro autor de cualquier época. Problema que el fácil acceso vía Internet a cualquier fuente de información ha agravado en grado sumo.

La fig. 22 demuestra de forma fehaciente y gráfica lo antedicho. Las figuras A y B, de acceso público, correspondientes al *Doriforo de Policleto*, vienen sobrepuestas con diferentes cánones: 7,33 y 8,0 cabezas respectivamente: ¿Cuál es el correcto? En cuanto al *Hermes con el niño Dioniso* de Praxiteles, hemos “jugado” con la perspectiva de la fotografía y su “contraposto” (oposición armónica de distintas regiones corporales para dar sensación de movimiento) para “modular” a nuestro antojo el canon a 8 o 7 cabezas. Más en concreto, la posición ligeramente flexionada de la cabeza, admite y requiere de cierta subjetividad, para situar el nivel superior e inferior para la medida de la longitud de la cabeza. Dependiendo de una u otra opción (Fig. 22. C y D), la diferencia geométrica en relación al canon de 8 o 7 cabezas es evidente e inadmisibile.



**Fig. 22.** La libertad de acceso a todo tipo de información vía Internet, propicia, consciente o inconscientemente, equívocos a la hora de analizar la proporcionalidad de la figura humana. En A y B, el Doriforo de Policleto (siglo V a.C.), viene sobreimpresionado con el modulo de 7,33 u 8,0 cabezas. En C y D, hemos modulado el Hermes y el niño Dioniso de Praxiteles (IV a.C.), para que su canon sea de 7 u 8 cabezas.

Para la correcta percepción y análisis de la proporcionalidad humana a partir de su representación bidimensional o tridimensional (pintura o escultura), se debe tener en cuenta además que los grandes artistas modulaban las diferentes proporciones del cuerpo humano según la posición (a nivel del suelo, o más o menos elevada) en que se tenía previsto situar su obra (Stratz, 1926). Dos ejemplos, el primero de ellos citado por el propio Stratz, corroboran dicha teoría: A/ la *Venus de Milo* (ca. 130-100 a.C., Museo Vaticano), en la que el artista sobredimensionó el tronco para que en su posición inclinada diera una percepción proporcionada global; B/ el *David* de Miguel Ángel (1475-1564) con unas desproporciones segmentales (especialmente de sus manos) que sorprenden a cualquier visitante de la *Galleria dell'Accademia* de Florencia (Fig. 23).

**A****B**

**Fig. 23.** El autor de la Venus de Milo sobredimensionó su tronco para que en su posición inclinada y de contraposto, diera una impresión de proporcionalidad general. Miguel Ángel sabía que su David, un coloso de 5,71 m de altura y 5.572 kg de peso, se exhibiría en un pedestal elevado; razón por la que, y pensando en la visión y perspectiva que tendrían los visitantes de su obra, modificó las proporciones de algunos segmentos corporales.

### **1.2.2. La Divina Proporción y el Número de Oro**

Los cánones de proporcionalidad griegos y muy probablemente los egipcios, estaban fundamentados por la Proporcionalidad Áurea (PA), también conocida como la Divina Proporción (DP); concepto matemático y geométrico que explica la relación de proporcionalidad entre las distintas partes de un objeto o región corporal. Una relación que Pitágoras (570-495 a.C.) ya definió matemáticamente como: “el número básico de la proporción”; y que, 2.400 años más tarde, el filósofo alemán Adolf Zeising (1884) y el matemático rumano Matila Ghyka (1900) estudiaron ampliamente (Porta y Cabañas, 2011).



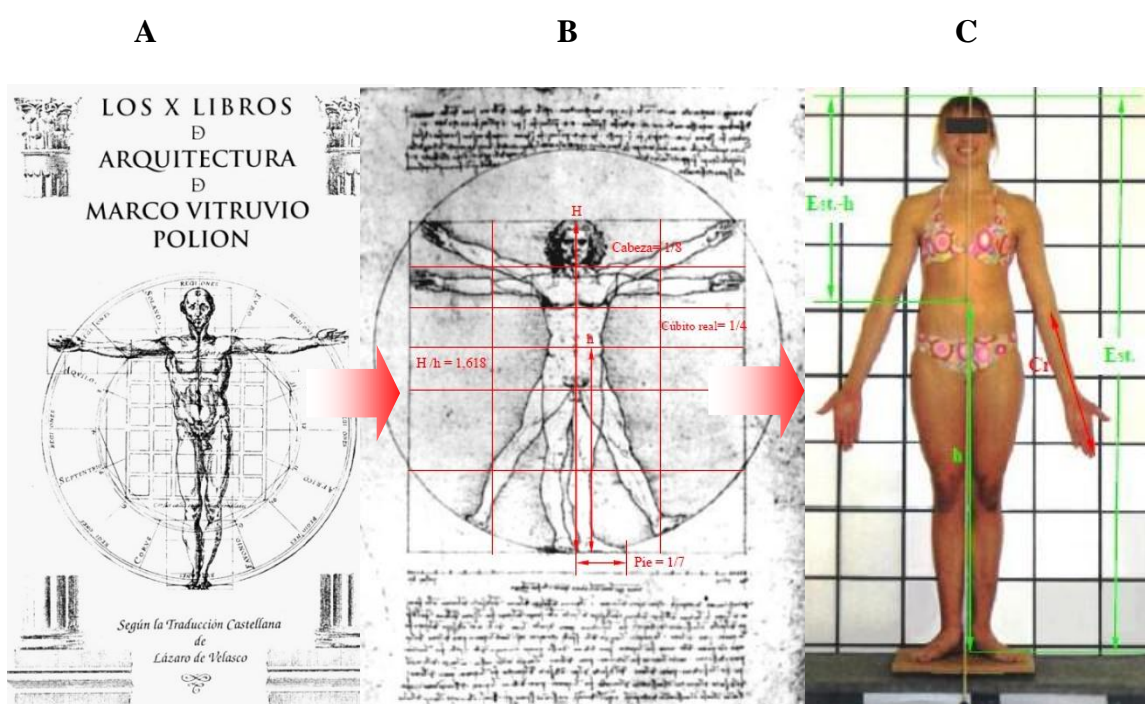
Conceptual y teóricamente, la DP es una relación geométrica constante entre proporciones que se expresa matemáticamente por el Número de Oro (NO), que se representa mediante la letra griega Phi ( $\phi$ ) en honor al escultor griego Phideas, constructor del Partenón. Con un valor de 1,618, es también el resultado del cociente entre dos números consecutivos de la Sucesión de Fibonacci (1180-1240). Una sucesión infinita de números naturales en los que, partiendo de 0 y 1, cada número es la suma de los dos anteriores.

Marco Vitrubio Polion (31 a.C. - 14 d.C.), arquitecto e ingeniero al servicio del Emperador Cesar Augusto para el que construyó edificios y máquinas de guerra, fue el primero en analizar sistemáticamente las medidas antropométricas y la proporcionalidad corporal de sus coetáneos; resumiendo gráficamente su canon, más cercano al de Policeto que al de Lisipo, en la portada del tercer libro de su obra *Los X Libros de Arquitectura* (Fig. 24. A). Una figura icónica y canon de la DP que, en el Renacimiento, Leonardo da Vinci (1452-1519) modificó, adaptándolo a su estatura de 177,6 cm., e inmortalizó en su figura conocida como el *Hombre de Vitrubio*.

Una DP basada en el módulo de 8 cabezas, correspondientes a 4 “cubitos reales” y a 7 veces la longitud del pie (Fig. 24 B) que, Porta y Cabañas (2011) demostraron que es muy difícil encontrar en la población actual; especialmente en el ámbito del deporte de elite, donde es normal encontrar atletas con displasias muy pronunciadas entre sus segmentos corporales en especialidades como: salto de altura, halterofilia, natación, gimnasia, etc. La Fig. 24. C., es un buen ejemplo de ello; ya que si la gimnasta de rítmica, con una estatura real de 162,8 cm, tuviera la simetría de la DP determinada por su cubito real, mediría... ¡180,4 cm! Además, el cociente entre su estatura y la altura umbilical es 1,562; cuando, según la DP, debería ser 1,618. Es evidente que la displasia de sus miembros en relación a su tronco; especialmente sus miembros superiores y manos, la aleja de una teórica y subjetiva DP pero la acerca al biotipo ideal, tanto estético como biomecánico, de su deporte. Aspecto este último que analizaremos en el Capítulo II.

### 1.2.3. La Divina Proporción como referencia estética universal

Debido a la relevancia artístico-histórica y popularidad de los pintores y escultores que desde el Renacimiento utilizaron la DP en sus obras: Sandro Botticelli (1445-1510), Albrecht Dürer (1471-1528), Michelangelo Buonarroti (1475-1564), Rafael Sanzio (1483-1520), entre otros; y a la publicación en 1509, de la obra del monje franciscano y matemático Luca Pacioli: *De Divine Proportione*, la DP que también se conocía como *Proporción Áurea* (PA), se fue convirtiendo, tanto conceptual como prácticamente, en una ley de simetría universal que, en mayor o menor grado, adoptarían profesionales del ámbito artístico y tecnológico.

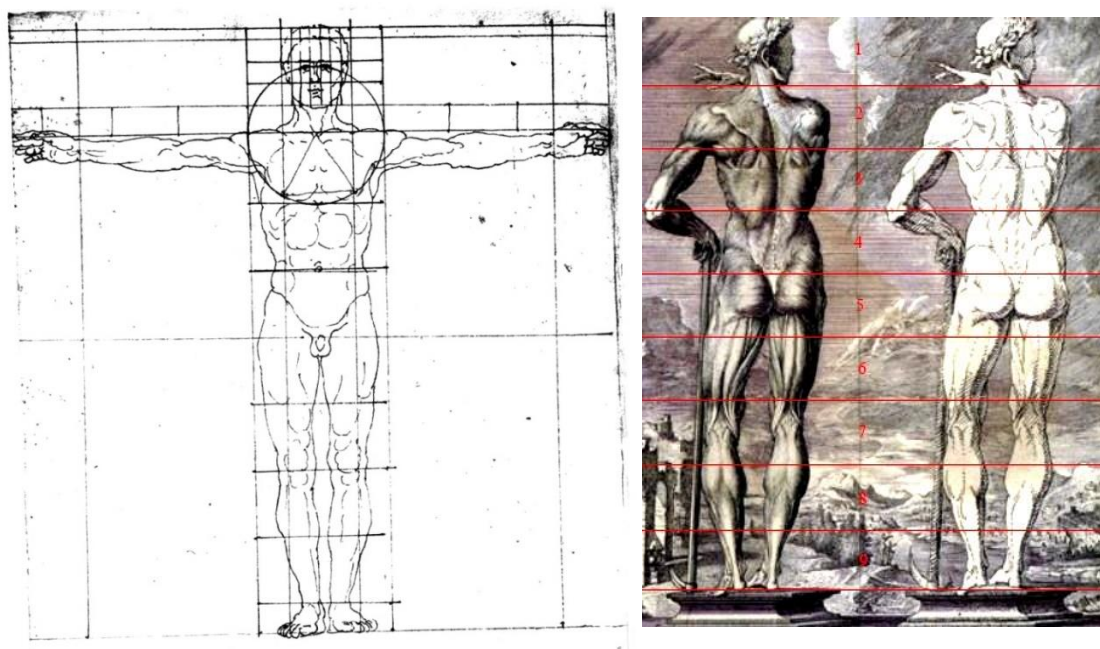


**Fig. 24.** La Divina Proporción (DP), fundamentada en una relación matemática y geométrica, es un ideal estético neoclásico muy difícil de encontrar en la población actual. Especialmente en grupos específicos de deportistas de elite, Así, p.e., la gimnasta de rítmica que tiene una estatura real de 162,8 cm, mediría 180,4 cm si su estatura fuera 4 veces la longitud de su cúbito real. (Fotos: cortesía de Porta, 2011).

Albrecht Dürer, pintor, grabador, matemático y diseñador de elementos arquitectónicos, fue, en opinión de muchos, el artista más importante del Renacimiento; opinión que, y especialmente después de haber revisado sus obras y estudios sobre la proporcionalidad humana más relevantes: *Vier Bücher von menschlicher Proportion* (Cuatro libros de la proporción humana -1528-) y *DAS SKIZZENBUCH VON*

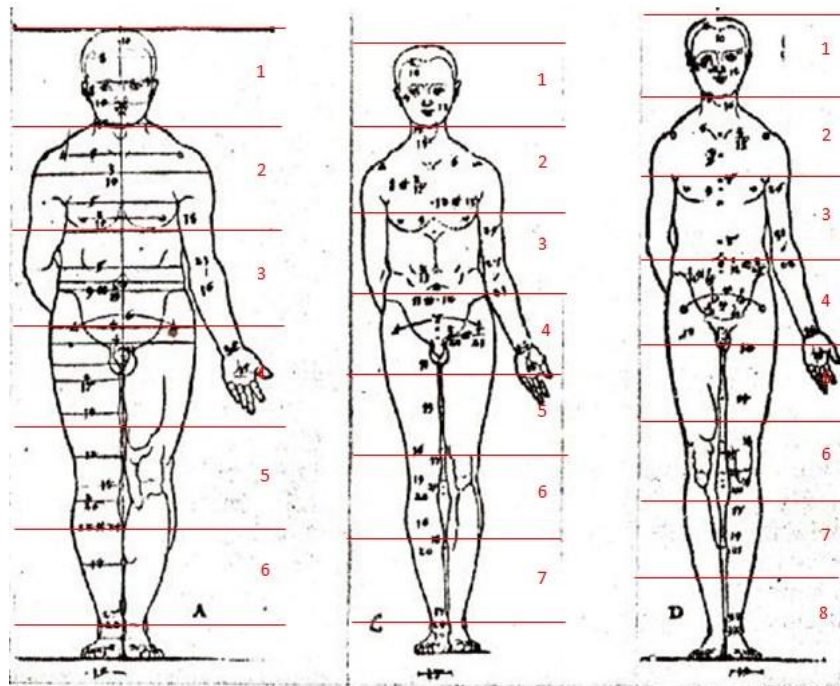
*ALBRECHT DÜRER* (El libro de apuntes de Albrecht Dürer), que no fue publicado hasta 1905, queremos compartir y, en el contexto de esta tesis doctoral, analizar.

Dürer midió y analizó la proporcionalidad corporal de cerca de 300 personas de diferente género, edad y características psicofísicas. Aunque, influenciado por Vitrubio y la DP, adaptó y desarrolló sus reglas de simetría a sus diferentes modelos, llegando a utilizar cánones con un módulo de 8, 5 cabezas, o incluso 9,0 cabezas en su conocida obra pictórica *Adan y Eva* que se puede admirar en el Museo del Prado. Un canon que Dürer y otros artistas coetáneos suyos (Botticelli en su “San Sebastian”, 1474, y también posteriormente Crisóstomo Martínez 1638-1694), utilizarían para realzar la belleza y esbeltez de las figuras representadas (Fig. 25).



**Fig. 25.** Aunque influenciado por Vitrubio, Dürer adaptó las reglas de simetría de la DP a diferentes tipos de personas y contextos. Izq., Dibujo 1 (123<sup>b</sup>) de: *DAS SKIZZEN- BUCH VON ALBRECHT DÜRER: Sächsische Landesbibliothek Staats und Universitäts bibliothek Dresden*. Dcha., Dibujo del Atlas Anatómico de Crisóstomo Martínez.

De entre los muchos dibujos y estudios de proporcionalidad que el lector interesado puede encontrar en las obras citadas, consideramos importante y pertinente recabar la atención del lector sobre una composición de tres figuras que bien podría considerarse como la primera clasificación somatotipológica jamás realizada (Fig. 26). Dürer nos muestra los tres diferentes biotipos que, 500 años más tarde, popularizaría la Escuela Biotipológica Americana.

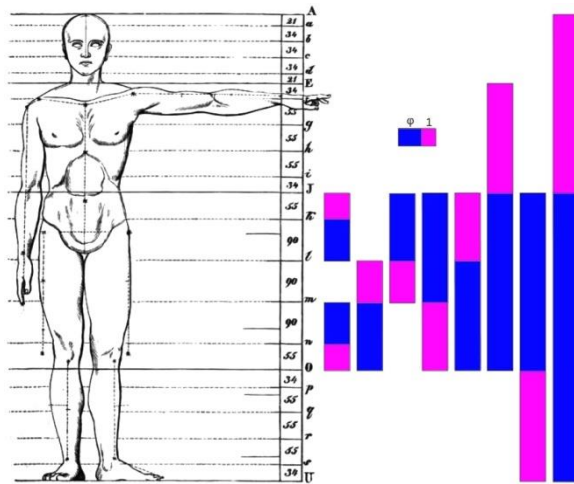


**Fig. 26.** Estudios de proporcionalidad corporal de diferentes biotipos: “El grueso, el ideal bello y el delgado” (del alemán: *Der GroB, der rechte Hübsche, der lange Dünne*). Fuente: *DAS SKIZZENBUCH VON ALBRECHT DÜRER*, 1905. (Las líneas rojas han sido sobrepuestas por el autor)

Otro de los aspectos que, directa o indirectamente, ha facilitado la influencia de los cánones artísticos y diseños geométricos de Dürer fue, precisamente, la creación de la llamada *Espiral de Durero*. Una figura geométrica que, conceptualmente, se puede definir como: “Una línea curva desarrollada en un plano alrededor de un punto el cual se aleja gradualmente” (Diccionario M<sup>a</sup> Moliner); y que matemática y geoméricamente, se construye a partir de rectángulos áureos; llamados así, por que el cociente entre su lado mayor y menor es el Número de Oro Phi ( $\phi$ ) = 1,618 (Figs. 27 y 28).

La publicación en el año 1854 por Adolf Zeizing (1810-1876), filósofo y matemático de sus obra: *Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers* (*Nueva enseñanza sobre la proporción del cuerpo humano*) y su obra póstuma: *Der Golden Schnitt* (*La Sección Áurea*), publicada en 1884, popularizaron la DP o PA como referencia estética y modelo de referencia proporcional del cuerpo humano entre los artistas y anatomistas de la época como Stratz y Richer (Fig. 27); haciéndola extensiva a muchos ámbitos de la naturaleza (zoología, botánica, cristalografía, cosmología, etc.) y en la

construcción de edificios antiguos (tomando el Partenón como modelo) y contemporáneos (Porta y Cabañas, 2011).



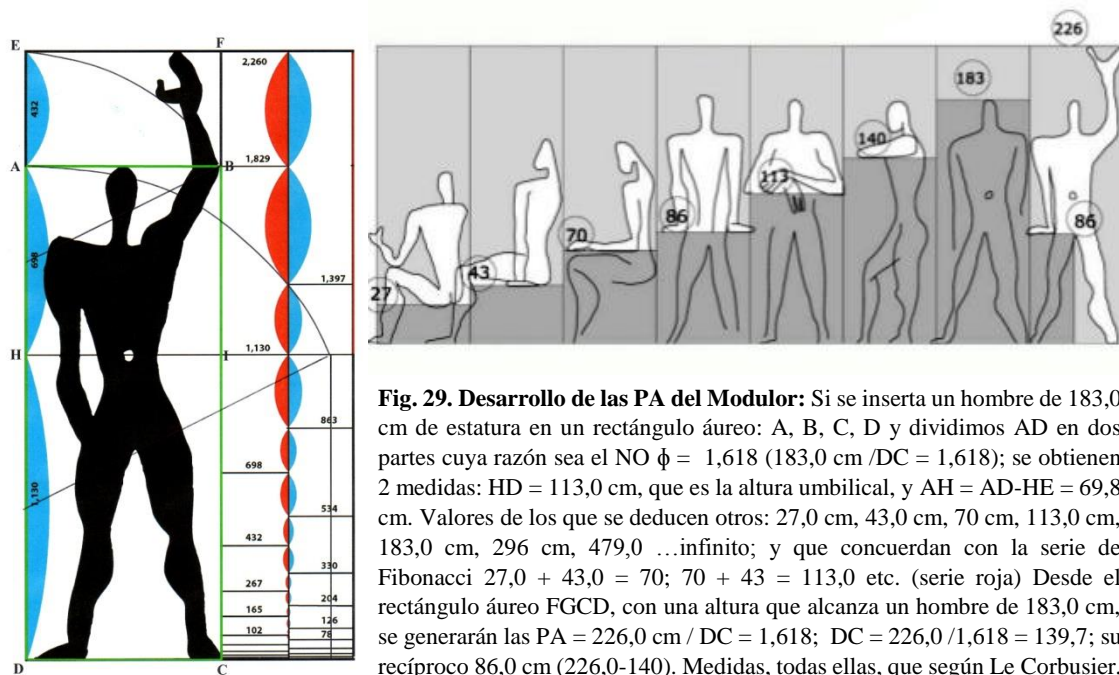
**Fig. 27.** La Divina Proporción (DP) o Sección Áurea según Zeising. Si se divide el segmento de mayor longitud (rectángulo de color azul) por el menor (color fucsia) el resultado será el Número de Oro (NO) Phi ( $\phi$ ) = 1,618.

Teorías cuya validez científica fue, y sigue siendo, muy discutida, pero que en el ámbito artístico, diseño industrial y arquitectónico actual siguen teniendo cierta vigencia debido a la influencia que el arquitecto, ingeniero y diseñador suizo, nacionalizado francés, Charles Édouard Jeanneret-Gris (1887-1965), conocido como Le Corbusier, tuvo con la publicación del *Modulor* (Fig. 28).



**Fig. 28.** La influencia de las formas geométricas basadas en el Espiral de Dürer y la PA, sigue vigente en el ámbito artístico y del diseño industrial. Mueble de Roberto Cardil.

El *Modulor* fue, conceptualmente, un intento de restablecer la relación que los egipcios y griegos buscaban entre las proporciones de sus edificios y las personas que debían utilizarlos. Matemática y geoméricamente, es un sistema de medidas en las que cada magnitud se relaciona con las demás según la DP o PA; y, en la práctica, es una herramienta para estudiar la ocupación del espacio por el hombre en sus acciones cotidianas. Publicado en dos versiones según la estatura del modelo de referencia: 175,0 cm, en el año 1948 y 183,0 cm en 1954, es una obra de referencia en la historia de la arquitectura y del diseño industrial y mobiliario (Fig. 29).

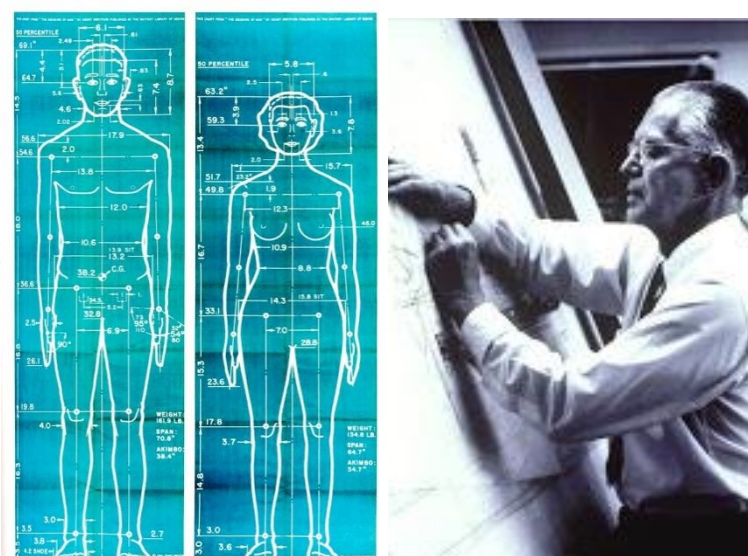


**Fig. 29. Desarrollo de las PA del Modulor:** Si se inserta un hombre de 183,0 cm de estatura en un rectángulo áureo: A, B, C, D y dividimos AD en dos partes cuya razón sea el NO  $\phi = 1,618$  (183,0 cm /DC = 1,618); se obtienen 2 medidas: HD = 113,0 cm, que es la altura umbilical, y AH = AD-HE = 69,8 cm. Valores de los que se deducen otros: 27,0 cm, 43,0 cm, 70 cm, 113,0 cm, 183,0 cm, 296 cm, 479,0 ...infinito; y que concuerdan con la serie de Fibonacci 27,0 + 43,0 = 70; 70 + 43 = 113,0 etc. (serie roja) Desde el rectángulo áureo FGCD, con una altura que alcanza un hombre de 183,0 cm, se generarán las PA = 226,0 cm / DC = 1,618; DC = 226,0 /1,618 = 139,7; su recíproco 86,0 cm (226,0-140). Medidas, todas ellas, que según Le Corbusier, resultan ser las más ergonómicas para realizar muchas funciones de trabajo u ocio. (Fuente: *Foundation Le Corbusier*)

Aunque el *Modulor* de Le Corbusier, sea muy empírico, sus palabras: "una máquina, un mueble o un periódico son prolongaciones del hombre; y la arquitectura, y en consecuencia, todo objeto creado por el hombre, debe impactarnos no solo a nivel anímico o mental sino también a nivel más físico o corporal", están conceptualmente, muy relacionadas con los objetivos de esta tesis doctoral.

El año 1955 supuso un "antes y después" del estudio de la proporcionalidad humana debido a la publicación del libro de Henry S. Dreyfuss: *Designing for people*; obra a la que seguiría en 1960: *THE MEASURE OF MAN*. Basándose en la estadística y las numerosas bases de datos de los distintos ejércitos de los EE.UU, Dreyfuss demostró que no existe un canon de proporcionalidad único de la figura humana, creando en primer lugar sus famosos "Joe & Josephine", un modelo de referencia de proporcionalidad "media" (percentil 50) de ambos géneros representativo de la población americana de la época (Fig. 30).

Dreyfuss, diseñador de innumerables objetos (desde máquinas de tren y tractores a utensilios personales como teléfonos, despertadores, planchas, etc.), adaptó también sus modelos a contextos específicos: personas con movilidad reducida, conductores, trabajadores en diferentes entornos, etc.



**Fig. 30.** Henry S. Dreyfuss (1904-1972) fue el diseñador industrial que cambió el paradigma del canon único y PA por el análisis estadístico de grandes bases de datos. A partir de 1955, el hombre de Vitrubio se convirtió en Joe y Josephine: el modelo de referencia del P.50, de la proporcionalidad de la mujer y el hombre de los EE.UU en los años 50.

Las palabras de Dreyfuss en el prólogo del libro: *THE MEASURE OF MAN*, “Si las personas se sienten más seguras y confortables, más proclives a consumir, más eficientes, o simplemente, más felices, el diseñador ha triunfado”, están implícitas en nuestros objetivos del Capítulo III.

### 1.3. Modelos de análisis de la proporcionalidad

Un modelo antropométrico tiene que representar el tamaño, la forma y la proporción corporal de una mayoría poblacional (Sirvent-Belando y Garrido-Chamorro, 2009; Porta y Cabañas, 2011). El primer modelo antropométrico moderno fue creado en 1973 por C.E. Clauser con datos procedentes de estudios realizados en los diversos ejércitos de los EE.UU. (Porta y Cabañas, 2011); pero, sin duda alguna, en nuestro ámbito de la cineantropometría, el modelo de referencia por antonomasia es el *Phantom*.

#### 1.3.1. El Phantom

El Phantom creado por Ross y Wilson (1974), y revisado por Ross y Ward (1981, 1982), fue desarrollado con la finalidad de comparar los valores de una persona o grupo poblacional respecto a un modelo de referencia humano universal, metafórico y unisex con unos valores correspondientes a la media de los diferentes grupos de población de los que fueron derivados. Los valores de los perímetros fueron calculados con los datos de Wilmore y Behnke (1969 y 1970) y los pliegues cutáneos de estudios no publicados por

Yuhasz (1974). El resto de los valores del modelo Phantom provienen del *Saskatchewan Growth Study* y de Garret y Kennedy (1971).

Matemáticamente, consiste en la transformación de variables antropométricas en puntuaciones Z unimodales ajustadas a una constante de proporcionalidad, con la fórmula:

$$Z = 1/s [v (170,18/ E)^d - p]$$

Donde:

Z = valor de la variable analizada.

s = desviación estándar de la variable según el Phantom (ver la pág. 246).

v = medida de la variable de la persona estudiada.

170,18 = constante de proporcionalidad para la estatura del modelo “Phantom”.

E = valor obtenido para la estatura.

d = exponente dimensional: 0 para medidas adimensionales ( $L^0$ ) como porcentajes e índices; 1 para medias lineales ( $L^1$ ): longitudes diámetros, perímetros y pliegues de grasa; 2 para superficies corporales ( $L^2$ ) como áreas y secciones; y 3 para el peso/masa y volúmenes corporales ( $L^3$ ).

p = valor de Phantom para la variable estudiada (ver la pág. 246).

Así, por ejemplo, si queremos comparar la proporcionalidad de una persona de 177,7 cm, una envergadura de 179,6 cm y una talla sentada 92,5 cm con el modelo Phantom, procederíamos al siguiente cálculo:

$$Z = 1/ 7,41 [179,6 (170,18/ 177,7)^1 - 172,35] = -0,04$$

Y para la talla sentada:

$$Z = 1/ 4,50 [92,5 [170,18/ 177,7]^1 - 89,92] = -0,29$$

La proporcionalidad corporal de una persona es igual a la del Phantom, cuando Z es igual a cero. Los resultados mayores a cero significan que la variable en cuestión tiene una proporción mayor que la del modelo Phantom. Si los resultados son menores a cero, entonces la variable tiene una proporción menor respecto a la talla del modelo (170,18).



Aunque el Phantom aportó la novedad y la facilidad de poder comparar todas las variables respecto a una misma estatura (170,18 cm), independientemente de su edad y sexo, y poderlas ajustar a una misma escala geométrica mediante el exponente “d” (ver la pág. 35), tiene, tanto a nivel conceptual como práctico, dos problemas fundamentales:

1. La valoración estadística mediante percentiles, debe reinterpretarse según el género, ya que, aunque la distribución de valores de una variable para cada género sea normal, la suma de ambas no lo es. Es decir, los valores de cualquier variable del Phantom, son la media de los valores de las mujeres y hombres.
2. Cuando se comparan grupos de población muy diferentes del que fue derivado el Phantom, la interpretación de los resultados debe tener en cuenta las displasias inherentes a ciertos deportes; y, en el caso de niños o adolescentes, los cambios alométricos que se producen en relación a su estatura dependiendo de su nivel de maduración biológica. Además, las diferencias que se obtendrán cuando se analiza la proporcionalidad de niños, serán, en valor absoluto, menores que las de adultos; lo que significa que la desviación estándar y el valor final Z serán menores.

### **1.3.2. El método O'Scale**

Fue precisamente esta última limitación la que motivo a Ward y Ross (1989) a desarrollar el método *O'Scale*. Utilizando el mismo concepto de ajuste de dimensionalidad geométrica del Phantom, valora la proporcionalidad de la composición corporal según el modelo de dos componentes (masa grasa y masa libre de grasa), con la gran ventaja de que sus valores se ajustan a diferentes grupos de edad: de año en año desde los 6 hasta los 19, y de cinco en cinco hasta los 70, adaptándolos a una escala de 1 al 9 (“Stanine”) y los percentiles en una distribución normalizada de la curva de Gauss (Figs. 31 y 1.32).

A partir de 1990, y con el objetivo de adaptar los modelos de proporcionalidad a diferentes grupos de población, se desarrollaron los siguientes modelos: *OzScale*, *Método Combinado*, *Método Escalable* y *Modelo Ontogénico*.

### **1.3.3. El método OzScale**

Es un método basado y parecido al O'Scale con algunas diferencias: la población de referencia es australiana, los pliegues cutáneos fueron corregidos según el grosor de piel y los resultados se presentan con percentiles en somatogramas (Norton y Olds, 2000).

O-Scale Rating For : SUBJECT D

9/7/85 : Date : 22/4/86

30.2 : Age (decimal years) : 31.0

170.2 : Height (centimeters) : 170.2

76.0 : Weight (kilograms) : 67.5

142.0 : Sum of 6 Skinfolts (millimeters) : 89.0

142.0 : Proportional Sum of 6 Skinfolts (mm) : 89.0

76.0 : Proportional Weight (kilograms) : 67.5

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W				*			o		

PERCENTAGE BODY FAT PREDICTIONS

25.6 % : Yuhasz : 17.4 %

27.0 % : Sloan : 20.3 %

33.3 % : Durnin & Womersley : 27.8 %

BODY MASS INDEX

26.2 : BMI : 23.3

KINEMETRIX

(Serial # 52001)

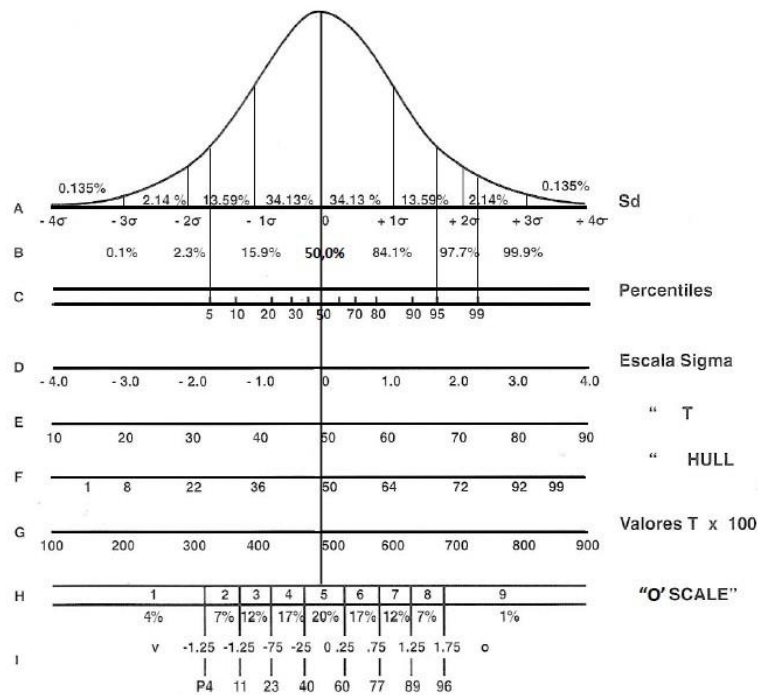
**Fig. 31.** El método O'Scale, aunque poco conocido en Europa, es muy apropiado para la valoración de la proporcionalidad corporal en niños y adolescentes.

O-Scale assessment : SUBJECT D page 2 of 3

		SIZE PROFILE			Norm Percentiles	
Female age	31.0	Present	Comparison	4%	50%	96%
Weight	67.5	76.0	46.8	58.2	77.3	
Height	170.2	170.2	153.9	165.3	175.6	
Skinfolts						
Triceps	17.5	25.0	8.9	16.2	27.6	
Subscapular	11.5	17.0	7.0	13.0	26.3	
Biceps	8.5	11.5	3.7	7.7	17.0	
Iliac Crest	10.5	20.5	6.2	11.5	28.8	
Supraspinale	8.5	20.0	5.0	11.4	26.8	
Abdominal	16.5	31.0	7.2	16.8	36.8	
Front Thigh	23.5	30.5	11.0	22.4	39.3	
Medial Calf	11.5	18.5	6.0	15.2	28.0	
Girths						
Arm (relaxed)	29.4	31.2	22.7	27.0	32.6	
Arm (flexed)	30.2	32.1	24.0	27.5	33.0	
Forearm (maximum)	24.8	25.8	21.3	25.4	26.8	
Wrist	15.7	15.7	13.7	14.6	16.7	
Chest	90.2	93.9	78.5	84.2	98.7	
Waist	73.7	82.2	61.6	69.1	85.2	
Gluteal	100.0	105.8	84.5	93.9	107.9	
Thigh	59.2	62.1	47.9	55.8	64.8	
Calf (maximum)	36.0	38.0	30.5	34.5	39.7	
Ankle	21.4	22.4	18.5	20.7	24.1	
Widths						
Humerus	6.1	6.2	5.3	6.1	6.9	
Femur	9.5	9.5	7.9	8.9	10.2	
Corrected Girths						
Arm	23.9	23.3	18.7	22.1	25.8	
Chest	86.6	88.6	75.3	80.8	89.5	
Thigh	51.8	52.5	40.5	48.6	55.8	
Calf	32.4	32.2	25.3	29.8	34.6	

KINEMETRIX

(Serial # 52001)



**Fig. 32.** Escalas de proporcionalidad: A/. Desviaciones estándar; B/. Porcentajes acumulados; C/. Escala de percentiles; D/. Escala sigma; E/. Valores de T; F/. Puntuaciones Hull; G/. Puntuaciones T x 100; H/. Stanines respecto a desviaciones estándar; I/. Stanines según percentiles 4, 11, 23, 40, 60, 77, 89, 96. (Fig. cortesía de: Rosscraft Innovations)

#### **1.3.4. El método combinado**

Propuesto por Lentini en 2004, está basado en la estadística bayesiana que permite valorar la proporcionalidad corporal en grupos de población extremos. En este método, se crean Z-scores con una muestra llamada muestra combinada, con el objetivo de conocer las diferencias entre el deportista y la media de su grupo/equipo, llamada *tipificación Z combinada* o TZC. Comparación que es más real que la del Phantom porque no está normalizada respecto a la estatura.

#### **1.3.5. El método escalable**

Este método intenta paliar el problema del Método Combinado en cuanto a que los índices Z de una persona son muy dependientes de la muestra, con lo que sus resultados son difícilmente generalizables. Para ello, se analiza la relación estadística entre el índice Z de una variable respecto al modelo tradicional del Phantom descomponiéndolo como la suma de dos índices Z: el primero de la persona respecto a un modelo estándar; el segundo, de los valores del modelo estándar respecto al Phantom (Maestre y Orgaz, 2009).

#### **1.3.6. El método ontogénico**

Puede considerarse una evolución moderna del O'Scale de Ward y Ross (1989) en cuanto a su finalidad para optimizar el análisis de la proporcionalidad de niños y adolescentes sujetos a cambios alométricos y velocidades de crecimiento no lineales respecto a su estatura según su maduración biológica. Matemáticamente, se desarrolla a partir del método escalable, calculando los índices Z respecto a un modelo ontogénico estándar por edad, que nos proporciona la media y desviación estándar de una muestra representativa de grupos con la misma edad. Así, puede compararse la variación de cada índice Z según cambia la edad comparándose al valor promedio de su rango de edad (Cabañas y Maestre, 2005; Maestre y Ordaz, 2009).

### **1.4. Índices de proporcionalidad corporal**

Además de poderse estudiar en relación a los modelos de referencia anteriormente estudiados, el método más directo e inteligible de valorar la proporcionalidad corporal es mediante los índices relativos corporales, también llamados índices antropométricos.

Matemáticamente, un índice es una fracción o cociente que, en nuestro ámbito de la cineantropometría expresa la relación entre dos variables antropométricas; pudiendo ser mayor el numerador o denominador y pudiendo estar expresadas en las mismas o distintas unidades.

Pueden ser definidos como: “relación entre dos medidas corporales con el objetivo de evaluar cualitativamente una característica morfofuncional según unos rangos cuantitativos”. Los índices deberían poderse interpretar antropológicamente, ser sensibles para detectar la variabilidad de las medidas de una persona o de diferentes grupos de población, fácilmente calculables y medibles (Eiben, 1976, Porta y Cabañas, 2011). Sin embargo, resulta difícil el análisis estadístico debido a que la varianza de un índice viene determinada tanto por el numerador como por el denominador. Los índices antropométricos son muy utilizados en la cineantropometría y se pueden dividir en: índices de proporcionalidad áurea, epidemiológicos o constitucionalistas e índices corporales de tronco y segmentales.

Índices antropométricos que, además de los relacionados con la Divina proporción (DP) y Número de Oro (NO) ya estudiados anteriormente se pueden dividir en:

- Epidemiológicos o constitucionalistas.
- Índices corporales: tronco y extremidades.

#### 1.4.1. Índices epidemiológicos o constitucionalistas

- **Índice de Masa Corporal (IMC) = Masa corp. (kg) / Estatura<sup>2</sup>(m)**  
Desarrollado por Adolphe Quetelet en sus estudios demográficos (ca. 1870), se popularizó a partir de la década de 1950 en los EE.UU., con el nombre de *Body Mass Index* (BMI) en el ámbito epidemiológico por su relación con diversos factores de riesgo cardiovasculares (FRCV) y como herramienta para la valoración de la obesidad (Keys y Brozek, 1953).

Aunque el rango de los valores que determinan el peso ideal o los diferentes grados de obesidad aún son internacionalmente utilizados (ver la tabla 1); la validez del IMC como predictor de los FRCV y masa grasa de una persona, está muy determinada por diversos factores: etnia, género, edad, condición física (sedentarios o deportistas), etc. Actualmente, para su uso en niños y adolescentes,

existen tablas del IMC publicadas por el National Center Health Statistics (NCHS) de los EE.UU (Ogden y Flegal, 2010).

**Tabla 1. Peso ideal y tipos de obesidad según el IMC**

Peso insuficiente	< 18,5
Peso normal	18,5-24,9
Sobrepeso grado I	25-26,9
Sobrepeso grado II (preobesidad)	27-29,9
Obesidad I	30-34,9
Obesidad II	35-39,9
Obesidad III (mórbida)	40-49,9
Obesidad IV (extrema)	> 50

Adaptada de la Sociedad Española para el estudio de la obesidad (SEEDO).

La utilización del IMC en poblaciones extremas debe ser reinterpretada convenientemente. Así p.e., a una modelo de alta costura con una estatura de 175,0 cm y una masa corporal de 45,0 kg, le corresponde un IMC de 14,7; es decir, un valor que denota un peso muy inferior al recomendable que, y conociendo los hábitos alimentarios y de salud de dicho ámbito profesional, debería diagnosticarse como patológico. En cambio, un IMC = 13,7 de una niña de 10 años, con una estatura de 137,5 cm y un peso de 26,1 kg, campeona de España de Natación Sincronizada, que entrena 15-25 horas semanales y que está sometida a rigurosos controles alimentarios y hábitos de salud, no implica, a priori, ningún diagnóstico patológico (Fig. 33).

En el otro extremo, un campeón del mundo de lanzamiento de peso, de 141,0 kg y 185,0 cm al que le corresponde un IMC = 41,2, es evidente que no es un “obeso mórbido”. Cualificación que, a priori, si podría darse a una persona de tamaño similar (145,0 kg y 182,0 cm) con un IMC = 43,8 (Fig. 33)

El hecho de que, matemáticamente el IMC incurre en un error de dimensionalidad al relacionar un volumen (masa corporal) con una superficie (estatura<sup>2</sup>), debió motivar a Livi (1898) y Röher (1908) a proponer sus índices de “corpulencia o robustez”, modificando las variables a una misma dimensionalidad: la raíz cúbica de la masa corporal o elevando al cubo la estatura (Porta y Cabañas, 2011).

- **Índice de Livi (IL)** =  $\sqrt[3]{\text{Masa corp. (kg)} / \text{Estatura (cm)}}$
- **Índice de Röher (IR)** =  $\text{Masa corp. (cm)} \times 100 / \text{Estatura}^3 \text{ (kg)}$

El IR, es también conocido como Índice Ponderal Neonatal.

- **Índice Ponderal (IP)** =  $\text{Estatura (cm)} / \sqrt[3]{\text{Masa corp. (kg)}}$

Se conoce también como Índice ponderal recíproco, por que su fórmula es la inversa del IL. Es muy popular en el ámbito de la cineantropometría, por que se utiliza para el cálculo del componente Ectomórfico en el método de la valoración del Somatotipo de Heath-Carter (1990). Con un rango entre 38-45, el valor promedio de un adulto sano es de aproximadamente 43.



**Fig. 33.** La interpretación de los valores del IMC como referencia del peso ideal y para la clasificación de la obesidad, debe limitarse a grupos de población sedentarios y de etnia caucásica anglosajona.

- **Índice de Bouchard (IB)** =  $\text{Masa corp. (kg)} / \text{Estatura (m)}$

Muy poco utilizado ya que incurre en el error de dimensionalidad comentado anteriormente.

- **Índice de Pignet (IP)** =  $\text{Estatura (cm)} - \text{Peso (kg)} - \text{PTM}^*$

(\*) Perímetro torácico medio =  $(\text{Perímetro en inspiración} - \text{espiración}) / 2$

Desarrollado por el médico de la armada francesa Joseph Pignet en 1901 para la selección de los soldados con una valoración de:

< 10 = Excelente condición anatómica

11-19 = Buena condición anatómica

20-29 = Aceptable “ “

≥ 30 = Mala “ “

- ***Índice cintura-cadera (ICC) = Perímetro cintura\* / Perímetro glúteal***

- ***Índice perímetro de cintura (IPC) = Perímetro cintura\****

(\*) Desafortunadamente, no hay un consenso en cuanto al lugar donde se toma dicha medida. Algunos autores lo toman a nivel umbilical, otros en la cresta ilíaca, algunos 2 cm por encima e incluso hay estudios en que se ha tomado a media distancia entre la cresta ilíaca y la duodécima costilla. Al respecto, el protocolo de la ISAK, que propone localizar el perímetro mínimo, es sin duda alguna el más funcional.

Desde los estudios de Bray (1992) y Seidell (1992), su potencial interés reside en su relación con el depósito de grasa visceral que es la que conlleva un mayor FRCV. Relación que ha sido corroborada recientemente por el estudio de Tchernof y Després, 2013. Aunque los valores de riesgo son, en general, > 0,8 y > 0,95, para las mujeres y hombres respectivamente; en este último estudio, y al igual que con el IMC, se diferencian los valores según etnias y edades. Así, se constata que, en personas jóvenes, valores de 0,7 y 0,9 (mujeres y hombres) correlacionan con factores de salud y fertilidad independientemente de sus IMC.

Los valores de riesgo para el IPC son 88,0 y 107,0 para mujeres y hombres respectivamente. En el caso de diabéticos: 80,0 y 87,0.

- ***Índice diámetro sagital umbilical (IDSU)= Diámetro sagital umbilical\****

(\*) Al igual que ocurre con el perímetro de cintura, no hay un consenso respecto a la posición del sujeto: tendido supino con rodillas flexionadas, sentado o de pie.

Kahn et al. (1996ab), constatan una mejor de correlación con los FRCV que con los índices ICC, IPC e IMC.

- ***Índice cintura-estatura (ICE) = Perímetro cintura\* (cm) / Estatura(cm)***

(\*) Tomado a nivel umbilical.

Según Ho et al. (2003), está más relacionado que los índices ICC y IPC con los FRCV. Marrodan et al., 2011, 2013, constatan unos valores de 0,5 y 0,51 como indicadores de obesidad en niñas/os respectivamente.

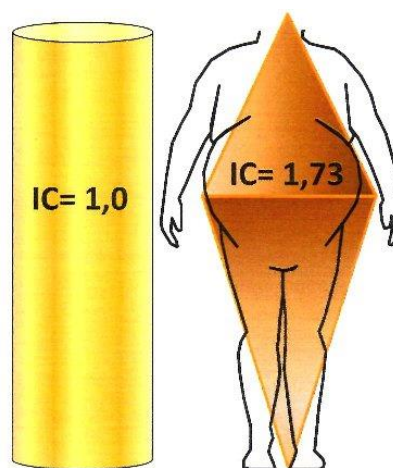
- ***Índice de distribución de la grasa corporal (IDGC)***

$$IDGC = ((IPC (cm) / Estat.(m)) + (1 / Estat. (m))) / ICC$$

El **IDGC** creado por Chiquete et al. 2012, y generado con una población mestiza mejicana tiene una mayor capacidad de estimación del % de masa grasa que el IMC ( $r = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ).

- **Índice conicidad (IC) = Perím. umbil. (m) / (  $^{0,109} \sqrt{\text{Masa corp. (kg) / Estat. (m)}$  )**

Fue propuesto por Valdez et al. (1993) con la finalidad de valorar la distribución de la grasa. Sus valores extremos están entre 1,0, que representa un cuerpo delgado en forma de cilindro, y 1,73 que representa un obeso con mucha grasa visceral. (Fig. 34). Las ventajas del IC son: 1/ Tiene un rango numérico. 2/ No es necesario medir el perímetro de la cadera. 3/ Se pueden hacer comparaciones entre personas ya que sus valores están ajustados a la estatura.



**Fig. 34.** El Índice de Conicidad (IC)

## 1.4.2. Índices corporales

### 1.4.2.1. Índices del tronco

- **Índice córmico (IC)**

$$(IC) = \text{Talla sentada (cm)} \times 100 / \text{Estatura (cm)}$$

Conocido también como Índice esquelético de Giufrida-Rugieri (1907) valora la proporción del tronco respecto a la estatura según los valores propuestos por Vallois en 1948:

- $\leq 50,9$  = Braquicórmicos (tronco corto)
- 51,0-52,9 = Metricórmicos (tronco normal)
- $\geq 53,0$  (m) y  $> 53,0$  (h) = Macrocórmicos (tronco largo)

- **Índice acromio-ilíaco (IAI)**

$$IAI = \text{Diámetro biileocrestal (cm)} \times 100 / \text{Diámetro biacromial}$$



Conocido también como *Índice androgénico*, es muy utilizado en estudios de crecimiento y selección de talentos para valorar el dimorfismo sexual o adaptación a entrenamientos específicos (Fig. 35).



**Fig. 35.** Niña de 10,0 años, Campeona de España de Natación Sincronizada, con un IAI = 69,5

Los rangos de valoración son los siguientes (Vallois, 1948):

- $\leq 69,9$  = tronco trapezoidal
- 70,0 - 74,9 = tronco normal
- $\geq 75,0$  = tronco rectangular

Rangos que, Vallois recomienda aumentar en 10 puntos para las mujeres adultas, pero creemos que deben modificarse para niños/as en edad puberal y adolescentes. Al respecto, el ejemplo de la Fig. 2.6 nos parece concluyente. Una niña de 10 años con unos diámetro biacromial y biileocrestal de 30,2 cm y 21,0 cm respectivamente; con un IAI = 69,5, debería tener, en relación a su edad, un IAI aún más bajo.

#### 1.4.4.2. Índices de las extremidades

Algunos de los más importantes son:

- *Longitud relativa miembro superior (LRMS)*

$$LRMS = \text{Longitud acromiale-dactilion (cm)} \times 100 / \text{Estatura (cm)}$$

En el ámbito deportivo, hay especialidades donde es muy importante tener unos extremidades superiores muy largas: waterpolo, natación, boxeo voleyball, baloncesto, etc.; en cambio, en otras como, p.e., la halterofilia, es muy difícil poseer una técnica eficiente sin unas ES muy cortas respecto a la estatura. Los rangos de valoración son (Vallois, 1948):

- $\leq 44,9$ , = Braquibraquiales (ES cortas)
- 45,0 – 46,9 = Mesobraquiales (ES normales)
- $\geq 47,0$  = Macrobraquiales (ES largas).

- **Índice braquial (IB)**

$$IB = \text{Longitud antebrazo}^* (cm) \times 100 / \text{Long. brazo}^{**}$$

(\*) = Distancia Radiale-Stilion. (\*\*) = Acromiale-Radiale

El IB, es un índice de proporcionalidad muy importante para la selección de talentos para lanzamientos con una pelota (balonmano, baloncesto, waterpolo, etc.) o jabalina, ya que, biomecánicamente, cuanto más larga sea la última palanca (antebrazo y mano) que interviene en la acción del lanzamiento más eficiente será la acción: La valoración es:

- $\leq 77,9$  = Braquipicos (antebrazo corto)
- $78,0 - 82,9$  = Metropicos (antebrazo normal)
- $\geq 83,0$  = Macropicos (antebrazo largo)

- **Índice de Manouvrier (IM)**

$$IM = (\text{Estatura (cm)} - \text{Talla sentada (cm)}) \times 100 / \text{Talla sentada}$$

Conocido también como *Índice esquelético (IE)*, valora la proporcionalidad de los miembros inferiores (MI) en relación a la estatura. Sus rangos de valoración son (Vallois, 1948):

- $\leq 84,9$  = Braquiesquélidos (MI corto)
- $85,0 - 89,9$  = Mesosquélidos (MI normal)
- $\geq 90,0$  = Macroesquélidos (MI largo)

- **Longitud relativa miembro inferior (LRMI)**

$$LRMI = \text{Altura ileospinal (cm)} \times 100 / \text{Estatura (cm)}$$

- $\leq 54,9$  = Braquiesquélidos (MI corto)
- $55,0 - 56,9$  = Mesosquélidos (MI normal)
- $\geq 57,0$  = Macroesquélidos (MI largo)

- **Índice crural (IC)**

$$IC = \text{Longitud pierna}^* (cm) \times 100 / \text{Longitud muslo} (cm)$$

(\*) Es la longitud de la tibia: distancia entre los puntos Tibiale mediale y Sphyrion tibiale. Es uno de los parámetros más determinantes en cuanto a la eficiencia energética de zancada en las carreras de media y larga distancia.

Los rangos según datos de deportistas de elite españoles son (Canda, 2012):

< 82,8 (mujeres) y < 84,4 (hombres) = pierna corta o muslo largo

≥ 82,8 - 87,7 (m) y ≥ 84,4 - 88,9 (h) = pierna y muslo normales

≥ 87,8 (m) y ≥ 89,0 (h) = pierna larga y muslo corto

## JUSTIFICACIÓN GENERAL

Creemos que la revisión contextual y conceptual de la cineantropometría, especialmente en su historia moderna y contemporánea, que hemos desarrollado en la introducción, demuestra que esta ciencia está mostrándose como una herramienta indispensable en el ámbito de la actividad física, la salud y el deporte, antropología, arquitectura, dietética y nutrición, diseño industrial, medicina y en cualquier ámbito científico y tecnológico en el que sea necesaria la valoración del tamaño, la forma, proporción y composición del cuerpo humano (Fig. 36).

Cuando al principio de la introducción (ver la pág. 4) nos planteábamos como deberían llamarse los responsables del diseño ergonómico de los asientos de las aulas magnas del INEFC de Barcelona, ahora sí y por todo lo comentado anteriormente, nos atrevemos a emitir un juicio de valor al decir que: muy posiblemente, si los responsables hubieran sido cineantropometristas acreditados por la ISAK, los asientos no resultarían tan incómodos para las personas con una estatura  $\leq 160,0$  cm...

Situándonos en el contexto, finalidad y objetivos específicos de esta tesis, queremos constatar que la revisión de los trabajos de Vitrubio, Dürer, Da Vinci, Stratz, Le Corbusier, Dreyfuss, Ross, Carter, Hebbelinck, entre otros, han sido nuestra principal fuente de conocimientos y motivación para y mediante esta tesis, poder colaborar, aunque sea modestamente, en un “mejor conocimiento del hombre para el hombre”. Una finalidad que, hemos concretado en tres capítulos interdependientes que, y al igual que la definición a partir de la que se desarrolló la cineantropometría (Ross, 1972), estudian la relación entre la estructura humana y su función.

Así, en el primer capítulo, estudiamos la estructura (tamaño y proporcionalidad) de personas españolas relacionándola con la tendencia secular de crecimiento. Tendencia que hemos comparado con la de otros países.

En el segundo capítulo, hemos analizado las diferencias de proporcionalidad según el tamaño (estatura y peso) de deportistas españoles de elite, con la importancia que ello puede tener en el desarrollo de modelos antropométricos utilizados en los análisis biomecánicos para la optimización de las técnicas deportivas.

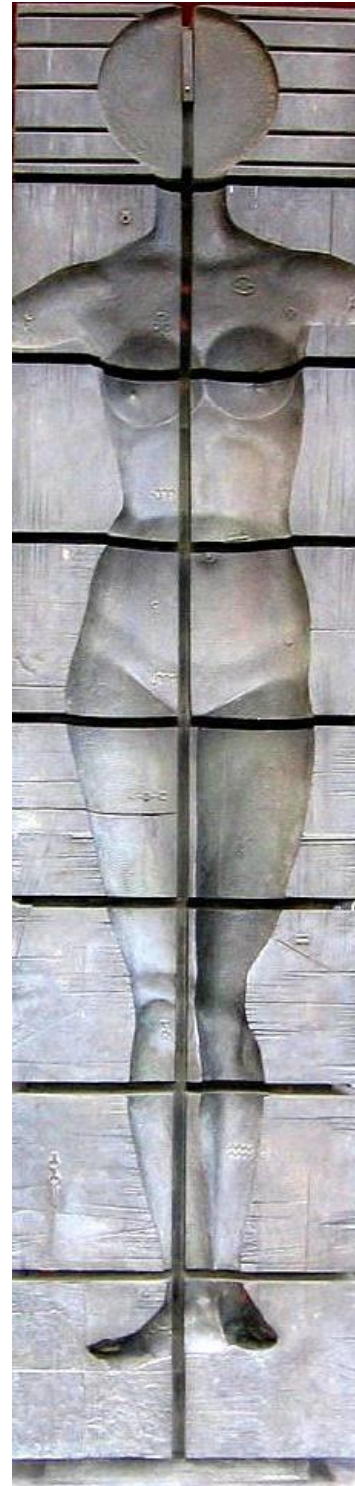
En el tercer capítulo, el estudio de la estructura humana, en este caso el tamaño (estatura y peso) y la forma, lo hemos aplicado a una “función” relacionada con uno de los fenómenos sociales más actuales: los viaje aéreos. Más en concreto, hemos analizado la ergonomía de los espacios y el tamaño de los asientos de la clase económica en los aviones. Un problema, el de la falta de espacio, que afecta no sólo al confort sino también a la salud de los viajeros de todo el mundo; y al que nosotros queremos aportar un estudio que solo pretende ser el principio de un proyecto internacional multicéntrico que debería servir para que tanto la International Air Transport Aviation (IATA) como las aerolíneas implicadas, adaptaran el tamaño de los asientos y el espacio entre ellos, a la realidad antropométrica del hombre del siglo XXI.



**Fig. 36.** La cineantropometria, una ciencia indispensable en cualquier ámbito social, científico y tecnológico en el que sea importante valorar el tamaño, forma, proporción y la composición corporal del cuerpo humano.

# CAPÍTULO I

## EL TAMAÑO Y LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL ADULTO ESPAÑOL DEL SIGLO XXI



Escultura “Espai i temps”  
de Josep Mª Subirachs (1927-2014)



## RESUMEN

**Introducción:** En el marco de la tendencia secular de crecimiento de las últimas décadas de los países industrializados, el aumento del tamaño (masa corporal y estatura) de la población española ha sido uno de los cambios más significativos que, por sus implicaciones sociales y tecnológicas, creemos importante estudiar.

**Objetivo:** Analizar el tamaño, proporciones corporales y proporcionalidad áurea de adultos españoles actuales en relación a la tendencia secular de crecimiento.

**Metodología:** Estudio transversal, descriptivo, con una muestra de 821 participantes adultos españoles, 338 mujeres (edad =  $29,5 \pm 9,5$ ; IMC =  $21,7 \pm 2,4$ ) y 483 hombres (edad =  $29,0 \pm 8,9$ ; IMC =  $23,6 \pm 2,2$ ). Fueron evaluadas 6 variables: masa corporal, estatura, talla sentada, envergadura, altura umbilical y longitud de la pierna; y calculados 5 índices de proporcionalidad: índice córmico (IC), índice de Manouvrier (IM), índice de envergadura relativa (IER), índice umbilical (IU) y longitud pierna relativa (LPR). Los resultados entre géneros se compararon con la prueba T de muestras independientes y la prueba U de Mann-Whitney.

**Resultados:** Las mujeres españolas tuvieron una estatura =  $164,7 \pm 5,7$  cm, con una tendencia secular de crecimiento de 0,8 cm desde el año 2000-04. La estatura de los hombres fue =  $178,4 \pm 6,9$  cm, con un crecimiento de 1,1 cm. Los valores de los índices de proporcionalidad de las mujeres y hombres fueron: IC (m =  $53,2 \pm 1,2$ ; h =  $52,6 \pm 1,3$ ), IM (m =  $87,8 \pm 4,4$ ; h =  $89,9 \pm 4,7$ ), IER (m =  $100,2 \pm 2,3$ ; h =  $101,8 \pm 2,2$ ), IU (m =  $1,66 \pm 0,0$ ; h =  $1,68 \pm 0,0$ ) y LPR (m =  $22,5 \pm 0,8$ ; h =  $22,6 \pm 0,8$ ). Como era de esperar, los índices de proporcionalidad tuvieron diferencias significativas entre géneros. La diferencia de la estatura con otros países fue: holandesas/es (-6,0 cm; -5,4 cm), afroamericanas/os estadounidenses (1,0 cm; 1,5 cm), caucásicas/os estadounidenses (-0,2 cm; 0,0 cm), mejicanas/os estadounidenses (7,2 cm; 7,9 cm), inglesas/es (-0,3 cm; 0,9 cm), canadienses (mujeres, 0,9 cm; hombres, 1,8 cm), chinas/os (3,5 cm; 5,0 cm).

**Conclusión:** La estatura de las personas españolas ha aumentado desde comienzos del siglo XXI. Los parámetros antropométricos evaluados e índices de proporcionalidad derivados son significativamente diferentes entre géneros.

**Palabras clave:** tendencia secular, estatura, proporcionalidad corporal, personas españolas, siglo XXI.



## CHAPTER I: SIZE AND BODY PROPORTIONALITY OF 21<sup>ST</sup> CENTURY SPANISH ADULTS

### ABSTRACT

**Introduction:** Within the context of the secular growth trend of recent decades in industrialized countries, the increase in body size (body mass and stature) of the Spanish population has been one of the most significant aspects. Such changes are important to study because due to their social and technological implications.

**Objective:** To analyze the size, body proportions and golden proportionality of current Spanish people in relation to the secular growth trend.

**Methodology:** Cross-sectional study with a sample of 821 Spanish adult participants: 338 females (age =  $29.5 \pm 9.5$ ; BMI =  $21.7 \pm 2.4$ ) and 483 males (age =  $29.0 \pm 8.9$ ; BMI =  $23.6 \pm 2.2$ ). Six anthropometric variables were assessed: body mass, stature, sitting height, arm span, umbilical height and leg length; and five proportionality ratios were calculated: cormic index (CI), Manouvrier index (MI), relative arm span (RAS), umbilical index (UI), and relative leg length (RLL). The results between genders were compared with t-tests for independent samples and with the Mann-Whitney U test.

**Results:** Stature of Spanish women =  $164.7 \pm 5.7$  cm, with a growth trend of 0.8 cm since 2000-04. The men's stature was =  $178.4 \pm 6.9$  cm, with a growth trend of 1.1 cm. Females and males, had the following values in the proportionality ratios: CI (female =  $53.2 \pm 1.2$ ; male =  $52.6 \pm 1.3$ ), MI (f =  $87.8 \pm 4.4$ ; m =  $89.9 \pm 4.7$ ), RAS (f =  $100.2 \pm 2.3$ ; m =  $101.8 \pm 2.2$ ), UI (f =  $1.66 \pm 0.0$ ; m =  $1.68 \pm 0.0$ ), RLL (f =  $22.5 \pm 0.8$ ; m =  $22.6 \pm 0.8$ ). As expected, all the the proportionality ratios were significantly different between genders. Some differences in stature compared to other countries were: Dutch (females, -6.0 cm; males, -5.4 cm), USA African-Americans (f, 1.0 cm; m, 1.5 cm), USA Caucasians (f, -0.2 cm; m, 0.0 cm) USA Mexican-Americans (f, 7.2 cm; m, 7.9 cm), British (f, -0.3 cm; m, 0.9 cm) Canadians (f, 0.9 cm; m, 1.8 cm), Chinese (f, 3.5 cm; m, 5.0 cm).

**Conclusion:** The stature of the Spanish people has increased since the beginning of the 21<sup>st</sup> century. Additionally, the evaluated parameters and anthropometric indices of proportionality are significantly different between genders.

**Keywords:** secular trend, stature, body proportionality, Spanish people, 21<sup>st</sup> century.

## 1.1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1. Revisión de la literatura de la tendencia secular de crecimiento

En la primera parte de esta introducción, cuando en la revisión histórica analizábamos la relación de la cineantropometría con las ciencias y técnicas afines, ya quedó de manifiesto la importancia de los estudios que en la primera mitad del siglo XX se desarrollaron en los EE.UU y que dieron lugar a una nueva especialización de la antropología física llamada auxología. Estudios transversales y longitudinales que tenían como objetivo el estudio del crecimiento y maduración humana (Eveleth, 1976).

En el contexto del primer capítulo de esta tesis iniciamos la revisión bibliográfica relacionada con uno de nuestros objetivos: estudiar el tamaño y proporciones corporales en relación a la tendencia secular de crecimiento del hombre español en el siglo XXI. En este sentido, se debe resaltar otro estudio conocido como The Saskatchewan Growth and Development Study (SGDS), que fue iniciado por el William Orban (1922-2003) and Donald Bailey (1934-). El estudio realizó las evaluaciones antropométricas durante varios periodos, el primero desde 1964 hasta 1973; cuya base de datos fue utilizada en parte para el desarrollo del Phantom de Ross y Ward (1972). Las siguientes evaluaciones se realizaron en el año 1980 y en los años 1998-99. Los datos de este estudio también fueron utilizados para estudiar la madurez biológica y desarrollar ecuaciones de predicción para la estatura adulta (Mirwald et al., 2002). Posteriormente, diferentes autores utilizaron los datos para sus estudios relacionándolos con niveles de actividad física y composición corporal (Sherar et al., 2007).

Además, el mismo grupo de investigación realizó el estudio *Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study* (PBMAS) (Bailey, 1997). Uno de los objetivos era estudiar el crecimiento y factores de maduración en relación al contenido mineral óseo durante la infancia y adolescencia. Los investigadores encontraron que el nivel máximo de contenido mineral óseo se produjo un año más tarde que el pico de velocidad de incremento de la estatura, que fue a los 13,5 años para los niños y 11,6 para las niñas.

Tanner et al. (1982) realizaron un estudio donde analizaron la tendencia de crecimiento de la estatura y otros parámetros antropométricos en personas japonesas entre los años 1957 y 1977. El miembro inferior fue una de las medidas más determinante en el crecimiento de la estatura. En 1983, Chamla mostró que la tendencia secular de crecimiento de la estatura era positiva en diferentes países europeos desde 1880 a 1980.

Sin embargo, un estudio realizado con 550.000 jóvenes franceses mostró que la tendencia de crecimiento de la estatura disminuyó desde el año 1980, sugiriendo el autor que la estatura de los franceses comenzaría a estabilizarse pronto (Pineau, 1993).

Gordon y Friedl (1994) hicieron una revisión bibliográfica sobre antropometría militar en los EE.UU. Fundamentándose en varios estudios, describieron diferentes variables que se han tenido en cuenta en el ejército para la selección de soldados y el control de su salud y estado físico. Por ejemplo, la estatura, la talla sentada, el peso, el porcentaje de grasa y el IMC. Razones por las que se han realizado estudios antropométricos periódicamente con militares desde el año 1865 en los EE.UU. Por lo general, la tendencia de crecimiento fue positiva en personas caucásicas y afroamericanas, aunque se produjeron tendencias seculares negativas en el ejército en Asia durante el siglo XX.

Schmidt et al. (1995) estudiaron los cambios seculares de crecimiento y confirmaron que la estatura adulta tiene su génesis en los primeros años de vida, debido al aumento de la longitud del miembro inferior, que es cuando el crecimiento postnatal es más rápido y por tanto más susceptible de condiciones adversas. Hauspie et al. (1997) revisaron la literatura sobre la tendencia secular de crecimiento y encontraron un incremento de la estatura adulta entre 0,3 y 3,0 cm por década. Meadows y Jantz (1995) y Jantz y Jantz (1999) realizaron estudios sobre los cambios seculares en huesos largos y encontraron cambios positivos de diferentes huesos en relación a la estatura. Además, estudiaron la tendencia secular de la longitud del fémur y tibia, analizando la relación entre ambos huesos con la estatura.

Fredriks et al. (2000) analizaron la tendencia secular de crecimiento de la estatura en diferentes lugares de Holanda y encontraron que la estatura final incrementó en las mujeres y en los hombres desde 1955 hasta 1997, comenzándose a estabilizar el crecimiento en las niñas holandesas a los 18,0 años y en los hombres holandeses a los 20,0 años. Otro estudio, realizado en Holanda, mostró que la tendencia de crecimiento de la estatura de las mujeres adultas holandesas y los hombres adultos holandeses se estabilizó si la comparamos con la estatura del año 1997 (Schönbeck et al., 2013).

Otros estudios más actuales, como el Ogden et al. (2002), presentaron datos antropométricos de la población estadounidense de diferentes grupos de edades y etnias entre el año 1960 y el 2002. Sin embargo, el estudio más reciente encontrado con

estadounidenses fue realizado por Fryar et al. (2012), que describieron la estatura y otras variables de diferentes grupos de edades y etnias entre los años 2007-2010.

Manila et al. (2004) realizaron un estudio que evaluó la tendencia secular de crecimiento en la estatura, la talla sentada y la longitud del miembro inferior en una región de México. Los hombres adultos tuvieron diferencias significativas en la estatura y en la longitud del miembro inferior, pero no en la talla sentada. Las mujeres mejicanas evaluadas en el año 2000 tuvieron más estatura, más altura sentada y más longitud del miembro inferior que las mujeres adultas evaluadas en el año 1978, pero sin diferencias significativas.

Lin et al. (2004) analizaron diferentes parámetros antropométricos de personas adultas de China, Japón, Corea y Taiwán. El objetivo era conocer las diferencias antropométricas entre las personas de diferentes países asiáticos. El estudio comparó 11164 hombres chinos con una estatura media de 167,8 cm, 11150 mujeres chinas con una estatura de 157,0 cm, 12100 hombres japoneses con una estatura de 169,0 cm, 8600 mujeres japonesas con una estatura de 156,9 cm, 2014 mujeres coreanas con una estatura de 158,8, 2090 hombres coreanos con una estatura de 170,7 cm, 799 mujeres taiwanesas con una estatura 157,3 cm y 1322 hombres taiwaneses con una estatura de 169,9 cm.

Komlos y Lauderdale (2007) realizaron un estudio con datos de diferentes fuentes, para estimar la tendencia secular de crecimiento de la población de los EE.UU y compararla con la tendencia secular de crecimiento de la estatura con otras poblaciones de Europa, después de la II Guerra Mundial. El análisis fue limitado a personas caucásicas no hispanas y personas afroamericanas nacidas en los EE.UU. El resultado fue que, a finales del siglo XX, los estadounidenses eran más bajos que la mayoría de los países del este y norte de Europa. Sin embargo, los hombres caucásicos estadounidenses eran unos de los más altos hasta el año 1930, hasta que varios países europeos los sobrepasaron a partir de 1935.

Wells et al. (2007) realizaron un estudio con datos del *United Kingdom National Sizing Survey* de los años 2001-2002. El grupo más joven de los hombres ingleses entre 21 y 30 años tuvo una estatura media de 177,5 cm. Y el grupo de mujeres inglesas con 21-30 años tuvo una estatura media de 165,0 cm. En una parte del estudio, comparan la estatura de mujeres inglesas con una edad de 30 años entre los años 1951 y 2001, encontrando diferencias entre los dos periodos analizados. Por otro lado, Ji y Cheng (2008) realizaron

un estudio donde analizaron la tendencia secular de crecimiento de la estatura en diferentes ciudades de China desde el año 1950 hasta el año 2005 e indicaron que probablemente la tendencia positiva de la estatura continuaría en el futuro.

Uno de los estudios trasversales más importantes sobre la estatura, el peso y el IMC en España fue realizado por Carrascosa et al. (2008). Los autores analizaron en una parte del estudio, a personas adultas entre 20 y 24 años, 1292 mujeres y 1275 hombres, estudiantes de las facultades de medicina, ingeniería y arquitectura de Andalucía y Barcelona. La otra parte de la muestra de adultos procedía de un estudio longitudinal realizado en Zaragoza. Todos los participantes estaban sanos y no tenían enfermedades crónicas ni tomaban medicación de forma continua. Los resultados de la estatura mostraron unas diferencias entre las mujeres adultas y los hombres adultos de 13,4 cm.

Los investigadores compararon los resultados con estudios de otros países europeos, árabes y americanos. Las mujeres de Alemania, Suecia y Holanda fueron más altas que las mujeres españolas y lo mismo sucedió cuando se compararon los hombres españoles con los hombres de los mismos países. Sin embargo, ambos géneros tuvieron más estatura que personas de otros lugares. Por ejemplo: Sao Paulo, EE.UU., Reino Unido, Portugal, Qatar y México. Por otro lado, los autores del estudio demostraron que hubo una aceleración secular del crecimiento desde el nacimiento hasta la edad adulta en ambos géneros en comparación con estudios realizados hace 20 años.

López de Lara et al. (2010) realizaron un estudio transversal y de revisión para valorar la estatura, el peso y el IMC en niños adolescentes y adultos jóvenes. La muestra fue recogida en la Comunidad de Madrid desde finales del año 2007 hasta finales del año 2009. Participaron 327 mujeres adultas con una estatura media de 164,6 cm y 276 hombres adultos con una estatura media de 178,0 cm. Las personas adultas tenían entre 18 y 24 años, eran caucásicas, de origen español y no tenían ninguna patología. Sin embargo, la estatura de los hombres de otros países como Bélgica, Holanda y Suecia fue superior en 3,0 cm, 6,0 cm, y 2,5 cm, respectivamente. Las mujeres españolas también tuvieron diferencias con las mujeres de los mismos países: 2,6 cm con las mujeres de Bélgica, 6,6 cm con mujeres de Holanda y 3,5 cm con las mujeres de Suecia.

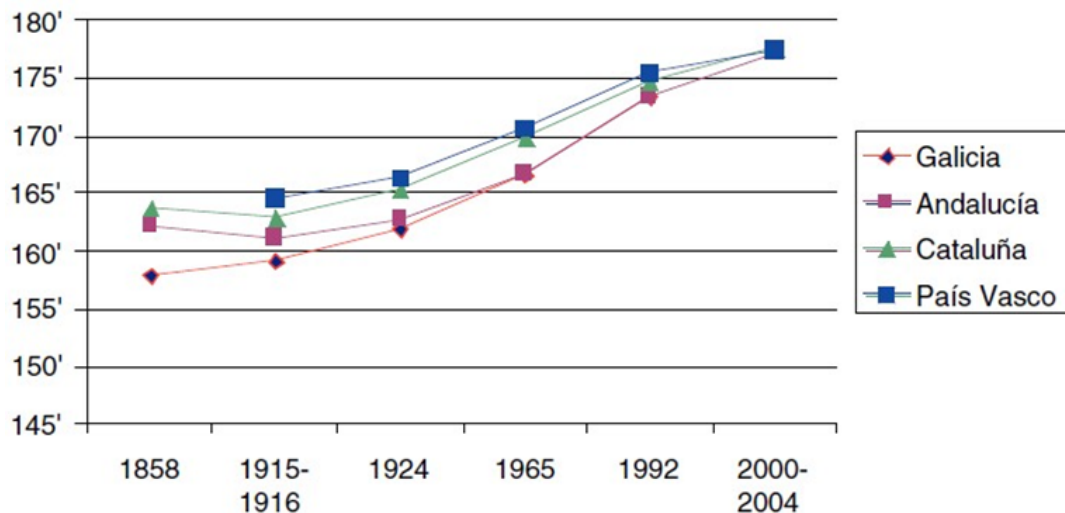
Porta y Cabañas (2011) describieron algunas características antropométricas, índices corporales y áureos de personas adultas españolas en el capítulo de un libro sobre proporcionalidad corporal. Una parte de la muestra estuvo formada por estudiantes del

INEFC de Barcelona que fueran evaluados durante los años 2005-2009. El número de mujeres evaluadas fue de 296, con una estatura media de 164,5 cm, una longitud de la pierna de 37,6 cm y una longitud del brazo de 30,4 cm. El número de hombres evaluados en el INEFC de Barcelona fue de 468, con una estatura de 178,1 cm, una longitud de la pierna de 39,7 cm y una longitud del brazo de 33,8 cm.

Los autores también describieron las características antropométricas e índices corporales de personas adultas de un gimnasio de Cataluña, que fueron evaluadas entre los años 2005-2009. El número de personas adultas evaluadas fueron 256 hombres y 474 mujeres, con una estatura de 177,6 cm y 164,1 cm, respectivamente. Los investigadores también calcularon diferentes índices corporales y áureos en los diferentes grupos del estudio, como el índice córmico (IC), índice de Manouvrier (IM), índice umbilical (IU), índice de envergadura relativa (IER) e índice braquial (IB), entre otros.

Shierlds et al. (2010) crearon dos modelos, uno de una mujer y otro de un hombre de 45 años canadienses, y los compararon en diferentes épocas. La estatura de la mujer fue de 161,5 cm en el año 1981 y de 162,3 cm en los años 2007-09. El hombre resultó tener una estatura de 173,0 cm en el año 1981 y una estatura de 175,3 cm entre los años 2007-09. Además, en otra publicación, pudimos encontrar la estatura de las mujeres y los hombres canadienses entre 20-39 años entre los años 2007-09 (Colley et al. 2011). En otro estudio realizado, Soncini et al. (2011) estudiaron la tendencia secular de crecimiento en la estatura de militares brasileños con una edad entre 18 y 20 años y encontraron diferencias significativas con una tendencia positiva desde 1963 hasta 2007.

Sánchez-González et al. (2011) realizaron un estudio de revisión sobre la tendencia secular de crecimiento de la estatura del género masculino analizando 4 regiones de España desde finales XIX hasta comienzos del siglo XXI. Demostraron que la estatura aumentó aproximadamente 14,0 cm durante el último siglo, llegando a alcanzar los 177,3 cm a comienzos del siglo XXI. A continuación presentamos la figura 1.1 sobre la tendencia secular de crecimiento de la estatura en diferentes regiones de España.



**Fig. 1.1.** Evolución de la estatura adulta del género masculino en España desde el año 1858 hasta el 2004. Figura reproducida con autorización de la primera autora de “Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso” por Sánchez-González et al. 2010. Los datos de la figura fueron obtenidos de González-Portilla et al. 2001, de Carrascosa et al. 2008a y de Carrascosa et al. 2008b.

Hermanussen et al. (2016) realizaron un estudio de revisión y meta-análisis para reanalizar el crecimiento de la estatura, peso e IMC, usando 196 estudios del género femenino y 197 estudios del género masculino, tanto longitudinales como transversales, publicados desde 1831. Los autores representaron con gráficos como fue variando la estatura, el peso y el IMC desde los 0 años hasta los 18 años. De los diferentes análisis que hicieron uno fue comparar el crecimiento de la estatura global según el género con el crecimiento de la estatura en diferentes periodos y países.

Grasgruber et al. (2016) realizaron un estudio donde analizaron la estatura de hombres de 105 países de Europa, Asia, Norte de África y Oceanía. Los datos los tomaron de diferentes estudios desde el año 2000 y la mayoría con personas entre 20 y 35 años. Las estaturas fueron correlacionadas con el consumo de proteínas, diferentes dietas y 7 indicadores socioeconómicos. Consideraron que la estatura estaba influenciada por la dieta y otros factores, debido a que la estatura era diferente dependiendo de la zona geográfica donde vivían las personas.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

### **1.2.1. Justificación del estudio**

Aunque como hemos querido constatar en la primera parte de esta introducción, la cineantropometría nació y se ha desarrollado fundamentalmente en el ámbito de la actividad física y el deporte, los estudios de crecimiento y maduración, que históricamente siempre se han asociado al ámbito de la auxología, son también inherentes, tanto implícita como directamente, a muchos de los objetivos desarrollados por los educadores físicos, entrenadores y médicos del deporte.

Cuando nos planteamos el desarrollo de este primer capítulo vimos la oportunidad de articular los objetivos que históricamente han sido objeto de estudio por parte de la auxología con los propios de la cineantropometría. En este sentido, pensamos en la posibilidad de completar un objetivo típico de la auxología, como es el estudio del crecimiento con una aportación fundamental del ámbito de la cineantropometría como es el estudio de la proporcionalidad humana.

El estudio analiza si la estatura de personas españolas de ambos géneros continúa una tendencia positiva por década en el siglo XXI. Además, la investigación aporta a la literatura resultados de diferentes índices de proporcionalidad corporal con personas españolas y constata las diferencias en centímetros en la estatura entre personas de diferentes países evaluadas en el siglo XXI.

### **1.2.2. Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Investigar la tendencia secular de crecimiento y la proporcionalidad corporal de personas adultas del siglo XXI.

#### **Objetivos específicos:**

- Analizar el tamaño (estatura y peso) e índices corporales de personas españolas.
- Estudiar la proporcionalidad áurea de un grupo de españoles del siglo XXI.
- Comparar la estatura de personas españolas adultas con personas adultas de diferentes países en el siglo XXI.



## **1.3. METODOLOGÍA**

### **1.3.1. Diseño del estudio**

Estudio transversal aprobado por el Comité de Ética de Investigaciones Clínicas de la Administración Deportiva de Cataluña con el número de referencia 12/2015/CEICEGC. El estudio siguió las recomendaciones de la Declaración de Helsinki de los Derechos Humanos (World Medical Association, 2013).

### **1.3.2. Participantes**

La muestra estuvo formada por 821 participantes voluntarios españoles caucásicos, 338 mujeres y 483 hombres. Se intentó evaluar el mayor número de participantes durante la colecta de datos. Las y los participantes fueron evaluados en el INEFC de Barcelona, las instalaciones deportivas de las Piscinas Bernat Picornell de Barcelona, en el gimnasio Holmes Places Európolis de Barcelona, en la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona (UB), en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en A Coruña y en los gimnasios Método Club de A Coruña. Los criterios de inclusión fueron: edad comprendida entre 18 y 55 años, nacionalidad española y etnia caucásica. Los criterios de exclusión fueron: obesidad ( $IMC > 30$ ) y malformaciones físicas que pudieran condicionar la evaluación antropométrica. Los y las participantes firmaron un consentimiento informado antes de realizar la evaluación antropométrica.

### **1.3.3. Material**

El equipo antropométrico utilizado en el estudio se describe a continuación:

- Estadiómetro Harpenden 603.
- Báscula romana de columna Seca 703 con una sensibilidad de medida de 50,0 g o balanza Seca 803 (100,0 g).
- Regla deslizante para envergadura RealMet.
- Banco antropométrico: 40 cm de alto, 50 cm de ancho y 30 cm de fondo.
- Antropómetro Harpenden (Ref. DIM-98601).
- Cinta métrica MEDID de 3 metros.
- Escuadra con nivel adosado para medición de la altura en el trabajo de campo.
- Material variado: camisetas para el evaluador y anotador, cinta métrica de “sastre” para pegar en la pared de las instalaciones, proformas de informe-consenso y protocolo antropométrico, soporte para anotador, toallitas limpiadoras, etc.

### 1.3.4. Protocolo evaluación antropométrica

La evaluación antropométrica se realizó siguiendo las recomendaciones de la ISAK (Stewart et al., 2011). A continuación, describimos los protocolos.

1. **Masa corporal:** para cuantificar el peso, las y los participantes se colocaron en el centro de la báscula en bipedestación, con los pies en contacto con la superficie de la báscula, relajados, mirando al frente y sin contactar el cuerpo con nada que tuviera alrededor. Los y las participantes se pesaron con la cantidad mínima de ropa en las evaluaciones.
2. **Estatura:** la evaluación de la estatura requirió que los participantes estuvieran descalzos, con los talones juntos y las puntas de los pies ligeramente separadas, los glúteos y la espalda en contacto con el estadiómetro y con la cabeza horizontal (plano de Frankfort). A continuación, se informaba a los participantes para que realizaran una inspiración, sin levantar la cabeza ni los talones del suelo, cuando el antropometrista les traccionara hacia arriba. Maniobra que es muy fácil de realizar y controlar, por parte del evaluador, cuando se dispone de un estadiómetro deslizante; pero muy difícil cuando se debe realizar en trabajos de campo. En este caso la ayuda de un anotador bien entrenado se hace imprescindible.
3. **Talla sentada:** los y las participantes se sentaron en el banco antropométrico con las manos descansando en sus muslos. El antropometrista realizó el mismo proceso que la estatura pero con los participantes sentados.
4. **Envergadura:** para evaluar la envergadura, los y las participantes se situaron de espaldas a la regla deslizante o la pared, con los pies juntos y abduciendo los brazos hasta la horizontal. Se pedía a los participantes que extendieran las extremidades superiores lo máximo posible para alcanzar el punto más distante con los dedos medios.
5. **Altura umbilical:** las y los participantes permanecieron en bipedestación, mirando al frente y con los brazos cruzados sobre el tórax para realizar la evaluación. La rama superior del segmómetro fue colocada en el punto medio del ombligo y la parte inferior fue colocada en la parte superior del banco antropométrico. Para facilitar la medición al antropometrista, los asistentes confirmaron que la cinta del segmómetro estuviera en la vertical.

**6. Longitud pierna/tibia:** las y los participantes se sentaron en el banco antropométrico con el pie derecho encima de la rodilla izquierda. Con un antropómetro o segmómetro, se medía la longitud entre el borde superior del cóndilo de la tibia y el reborde inferior del maléolo.

### 1.3.5. Error técnico intra-evaluador e inter-evaluador

Antes de comenzar el estudio, se calculó el error intra-evaluador y el error inter-evaluador. Cada antropometrista evaluó a 20 personas, 10 del género femenino y 10 del género masculino. Las tablas 1.1 y 1.2 presentan el error técnico intra-evaluador y el error técnico inter-evaluador de los dos antropometristas.

**Tabla 1.1. Error intra-evaluador de cada antropometrista**

Variable	Antropometrista 1			Antropometrista 2		
	Valor	TEM %	CCI	Valor	TEM %	CCI
Masa corporal	0,04	0,07	1,00	0,05	0,06	1,00
Estatura	0,52	0,31	0,99	0,80	0,45	0,99
Talla sentada	0,27	0,30	0,99	0,57	0,61	0,99
Envergadura	0,48	0,29	0,99	0,97	0,54	0,99
Altura umbilical	0,36	0,36	0,99	0,40	0,37	1,00
L. pierna	0,10	0,26	1,00	0,25	0,62	0,99

Notas: L = Longitud; CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase. El antropometrista 1 es nivel 4 de la ISAK; El antropometrista 2 es nivel 1 de la ISAK.

**Tabla 1.2. Error inter-evaluador de los dos antropometristas**

Variable	Antropometristas ISAK		
	Valor	TEM %	CCI
Masa corporal	0,05	0,08	1,00
Estatura	0,87	0,52	0,98
Talla sentada	0,59	0,66	0,93
Envergadura	0,87	0,52	0,98
Altura umbilical	0,48	0,49	0,98
L. pierna	0,30	0,79	0,97

Notas: L = Longitud; CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase. El antropometrista 1 es nivel 4 de la ISAK; El antropometrista 2 es nivel 1 de la ISAK.

### **1.3.6. Análisis estadístico**

Analizamos la normalidad con la prueba Kolgomórov-Smirnov y la igualdad de varianzas con la prueba de Levene. Después realizamos pruebas paramétricas y no paramétricas con la prueba T para muestras independientes y con la prueba U de Mann-Whitney. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ . Para el análisis de los datos utilizamos el programa SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

## 1.4. RESULTADOS

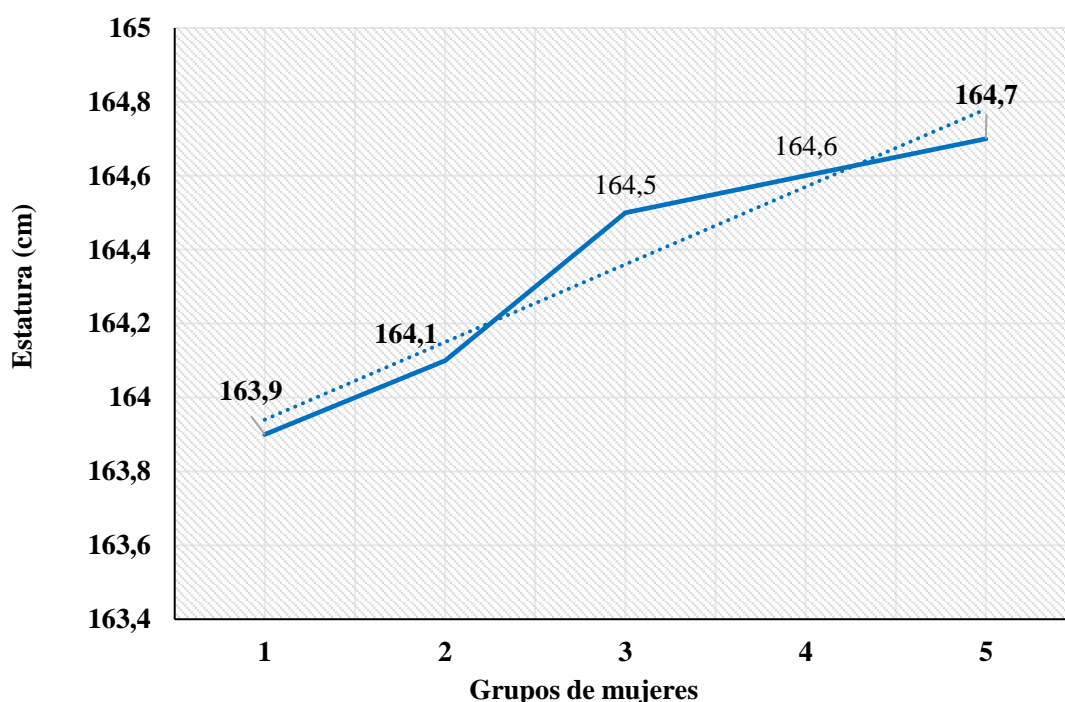
Las características de la muestra en ambos géneros se presentan en la tabla 1.3. Se describen las medias y los valores mínimos y máximos de todas las variables estudiadas. Los hombres tuvieron valores mayores que las mujeres en casi todas las variables antropométricas estudiadas, menos en el índice córmico. Además, la tabla presenta las pruebas estadísticas realizadas y las diferencias significativas de las variables analizadas entre géneros. Las pruebas no paramétricas se realizaron con la edad, masa corporal, estatura, envergadura, altura umbilical, longitud de la pierna, IMC e índice umbilical. Las pruebas paramétricas realizadas fueron la talla sentada, índice córmico, índice de Manouvrier, índice de envergadura relativa y longitud pierna relativa. Las diferencias fueron significativas en todas las variables antropométricas. Aunque la mayoría de las variables tuvieron una  $p < 0,001$ , la longitud de la pierna relativa tuvo una  $p = 0,004$ . A continuación se pueden ver detalladamente los valores de las variables.

**Tabla 1.3. Diferencias de la muestra del estudio según el género**

Variable	Femenino (n = 338)		Masculino (n = 483)	
	$\bar{X} \pm \sigma$	(Mín.-Máx.)	$\bar{X} \pm \sigma$	(Mín.-Máx.)
Edad (años)	29,5 ± 9,5	(18,1-54,7)	29,0 ± 8,9 <sup>a</sup>	(18,0-54,1)
Masa corporal (kg)	59,1 ± 7,3	(42,6-82,6)	75,3 ± 8,6 *** <sup>a</sup>	(52,8-105,6)
Estatura (cm)	164,7 ± 5,6	(149,0-183,8)	178,4 ± 6,7 *** <sup>a</sup>	(159,7-197,5)
Talla sentada (cm)	87,7 ± 2,9	(80,6-97,5)	93,9 ± 3,2 *** <sup>b</sup>	(84,5-105,3)
Envergadura (cm)	165,1 ± 6,5	(145,6-185,8)	181,5 ± 7,8 *** <sup>a</sup>	(162,2-204,0)
Altura umbilical (cm)	98,1 ± 4,3	(85,6-112,0)	105,9 ± 5,1 *** <sup>a</sup>	(92,1-120,5)
L. pierna (cm)	37,1 ± 2,0	(31,3-43,6)	40,5 ± 2,4 *** <sup>a</sup>	(34,6-49,2)
IMC	21,7 ± 2,4	(16,2-29,2)	23,6 ± 2,2 *** <sup>a</sup>	(17,9-29,9)
I. córmico	53,2 ± 1,2	(50,0-57,7)	52,6 ± 1,3 *** <sup>b</sup>	(48,1-56,9)
I. Manouvrier	87,8 ± 4,4	(73,2-100,1)	89,9 ± 4,7 ** <sup>b</sup>	(75,9-107,8)
IER	100,2 ± 2,3	(93,6-107,5)	101,8 ± 2,2 *** <sup>b</sup>	(95,8-107,6)
L. pierna relativa	22,5 ± 0,8	(19,9-25,1)	22,6 ± 0,8 *** <sup>b</sup>	(20,4-26,4)
I. umbilical	1,66 ± 0,0	(1,53-1,85)	1,68 ± 0,0 *** <sup>a</sup>	(1,58-1,81)

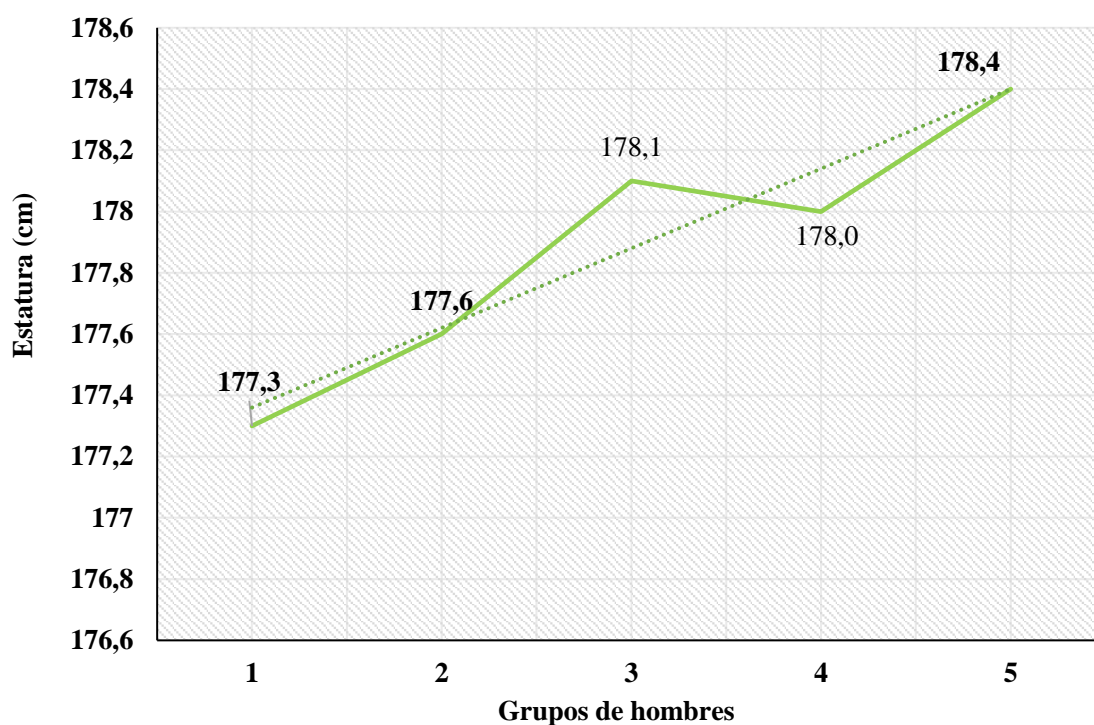
Nota: I = Índice. L = Longitud; IMC = Índice de Masa Corporal; IER = Índice de Envergadura Relativa; Mín = Mínimo; Máx = Máximo. <sup>a</sup> Prueba U de Mann-Whitney de dos muestras independientes; <sup>b</sup> Prueba T de muestras independientes. \*\*  $p < 0,01$ . \*\*\*  $p < 0,001$ .

La tendencia de crecimiento de las mujeres adultas españolas se presenta con la línea discontinua azul en la figura 1.2. Comparamos las mujeres de nuestro estudio con diferentes grupos de mujeres españolas de otros estudios que evaluaran la estatura durante el siglo XXI. Las estudiantes universitarias del primer estudio tuvieron una estatura de 163,9 cm. Las mujeres del gimnasio de Cataluña tuvieron una estatura de 164,1 cm. Las estudiantes del INEFC de Barcelona tuvieron una estatura de 164,5 cm. Y las mujeres españolas evaluadas en la Comunidad de Madrid tuvieron una estatura de 164,6 cm.



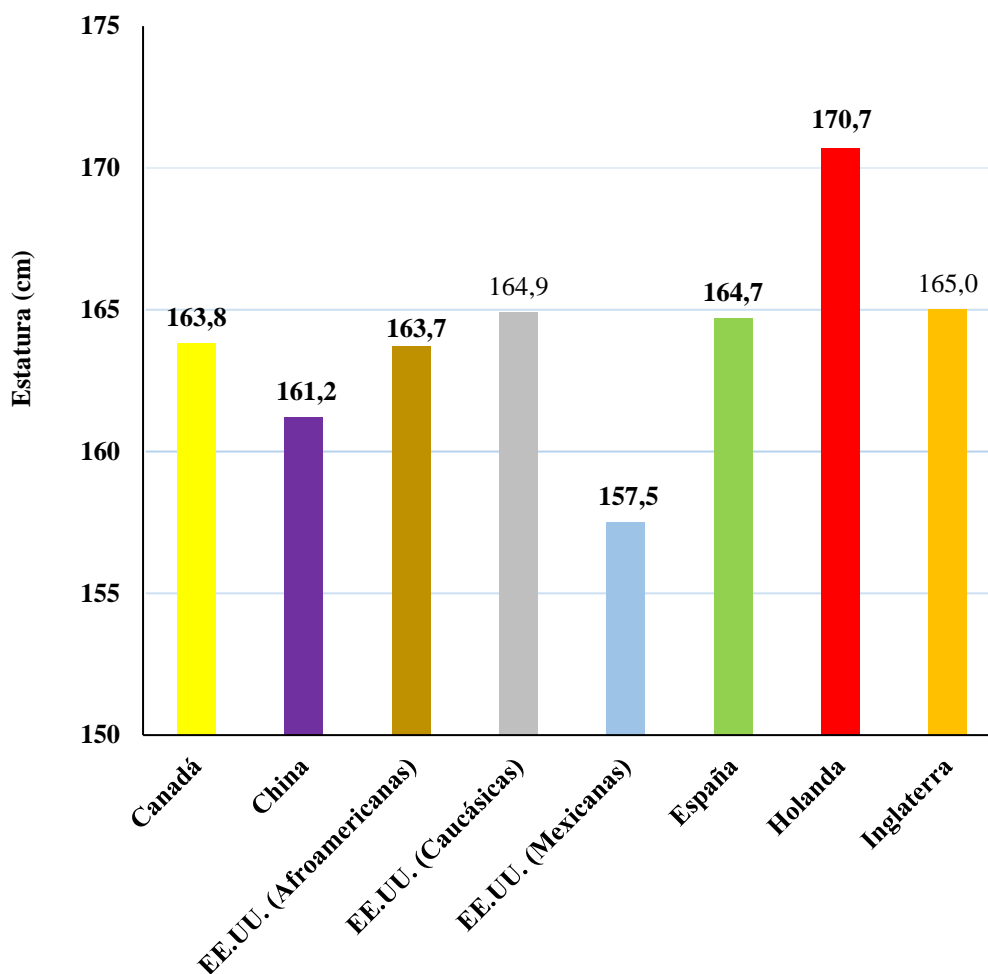
**Fig. 1.2.** Representa la tendencia de crecimiento de la estatura de las mujeres españolas en el siglo XXI. El número 1 corresponde a la estatura de las mujeres evaluadas entre 2000-04, estudio de Carrascosa et al., 2008. El número 2 corresponde a la estatura de las mujeres del gimnasio de Cataluña evaluadas entre 2005-09, estudio de Porta y Cabañas, 2011. El número 3 corresponde a las mujeres evaluadas entre 2005-09 en el INEFC de Barcelona, estudio de Porta y Cabañas, 2011. El número 4 corresponde a la estatura de las mujeres evaluadas en la Comunidad de Madrid durante los años 2007-09, estudio de López de Lara et al., 2010. El número 5 corresponde a las mujeres evaluadas por Porta y Saco en Barcelona y A Coruña durante los años 2014-16.

La tendencia de crecimiento de los hombres españoles se presenta con la línea discontinua verde en la figura 1.3. La tendencia fue positiva cuando comparamos diferentes grupos de hombres españoles cuya estatura se evaluó durante el siglo XXI. El primer estudio que comparamos es uno de los más importantes realizado con población española y lo utilizamos de referencia. Los estudiantes universitarios tuvieron una estatura de 177,3 cm. Los hombres del gimnasio de Cataluña tuvieron una estatura de 177,6 cm. Los estudiantes del INEFC de Barcelona tuvieron una estatura de 178,1 cm. Y los hombres españoles evaluados en la Comunidad de Madrid tuvieron una estatura de 178,0 cm.



**Fig. 1.3.** Representa la tendencia de crecimiento de la estatura de los hombres españoles en el siglo XXI. El número 2 corresponde a la estatura de los hombres del gimnasio de Cataluña evaluados entre 2005-09, del estudio de Porta y Cabañas, 2011. El número 3 corresponde a los hombres del INEFC en Barcelona evaluados entre 2005-09, del estudio de Porta y Cabañas, 2011. El número 4 corresponde a la estatura de los hombres evaluados durante los años 2007-09, estudio de López de Lara et al., 2010. El número 5 corresponde a los hombres evaluados por Porta y Saco en Barcelona y A Coruña durante los años 2014-16.

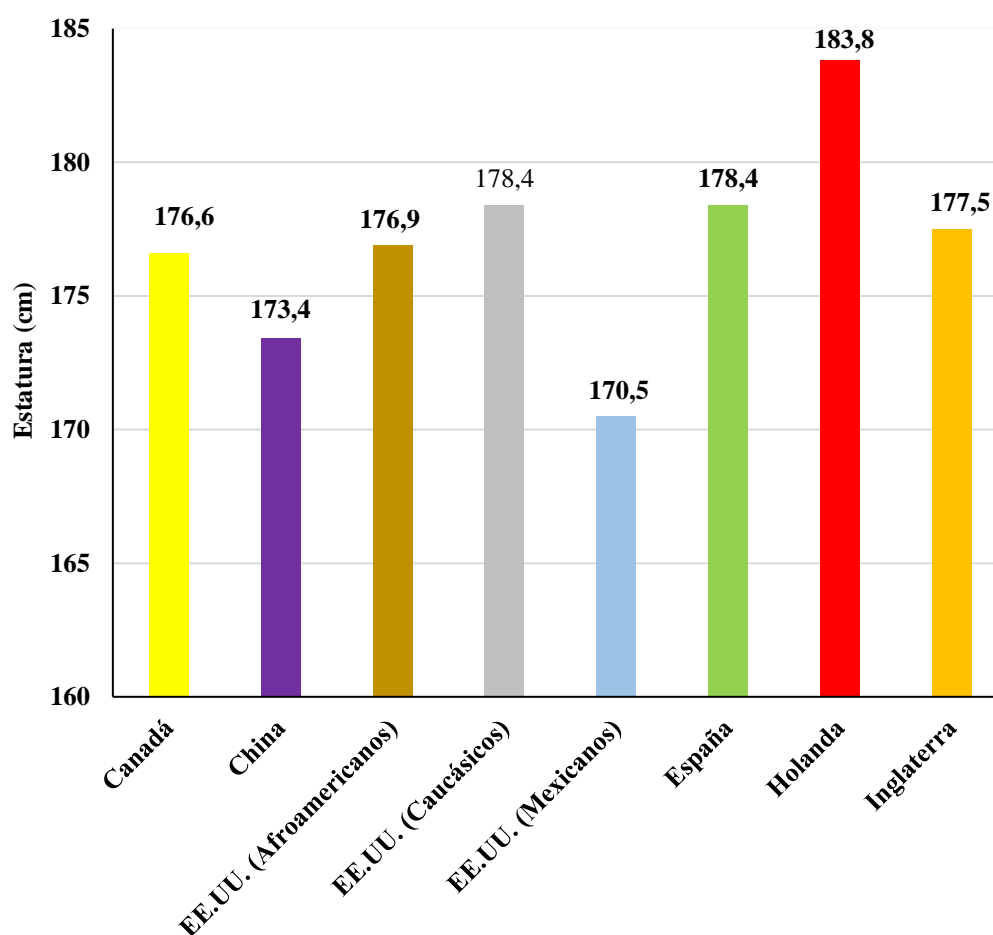
La figura 1.4 muestra las estaturas y diferencias significativas entre las mujeres españolas de nuestro estudio y la mujeres de otros países que fueran evaluadas en el siglo XXI. Las mujeres holandesas fueron las más altas, seguidas de las mujeres inglesas, mujeres caucasicas estadounidenses, mujeres españolas, mujeres canadienses, mujeres afroamericanas estadounidenses, mujeres chinas y mujeres estadounidenses mejicanas.



**Fig. 1.4.** Representa la estatura de mujeres adultas de diferentes países en el siglo XXI. La estatura de las mujeres de Canadá procede del estudio de Colley et al., 2011. La estatura de las mujeres de China procede del estudio de Ji., & Chen. 2008. Las estaturas de las mujeres de EE.UU. proceden del estudio de Fryar et al., 2012. La estatura de las mujeres españolas procede de los resultados de nuestro estudio. La estatura de las mujeres de Holanda procede del estudio de Schönbeck et al., 2013. La estatura de las mujeres de Inglaterra procede del estudio de Well et al., 2007.



La figura 1.5 muestra las estaturas y diferencias significativas entre los hombres españoles de nuestro estudio y los hombres de otros países que fueran evaluados en el siglo XXI. Los hombres holandeses fueron los más altos, seguidos de los hombres estadounidenses caucásicos y hombres españoles, hombres ingleses, hombres estadounidenses afroamericanos, hombres canadienses, hombres chinos y hombres estadounidenses mejicanos.



**Fig. 1.5.** Presenta la estatura de hombres adultos de diferentes países en el siglo XXI. La estatura de los hombres de Canadá procede del estudio de Colley et al., 2011. La estatura de los hombres de China procede del estudio de Ji., & Chen, 2008. Las estaturas de los hombres de EE.UU. proceden del estudio de Fryar et al., 2012. La estatura de los hombres españoles procede de los resultados de nuestro estudio. La estura de los hombres de Holanda procede del estudio de Schönbeck et al., 2013. La estatura de los hombres de Inglaterra procede del estudio de Wells et al., 2007.

## 1.5. DISCUSIÓN

El estudio realizado es una de las primeras investigaciones que analiza la tendencia secular de crecimiento de personas adultas españolas desde principios del siglo XXI. Estudio en el que se constata la tendencia del aumento de la estatura tanto en mujeres como en hombres españoles, siendo en estos últimos en los que se observa una mayor tendencia positiva de crecimiento.

Se constató una diferencia de 0,8 cm más de estatura de las mujeres adultas españolas de nuestro estudio que las mujeres adultas del estudio de Carrascosa et al. (2008). También encontramos una diferencia de 0,6 cm con un grupo de mujeres evaluadas en un gimnasio de Cataluña. En cambio, la diferencia fue de 0,2 cm con las estudiantes del INEFC de Barcelona (Porta y Cabañas, 2011) y de 0,1 cm con las mujeres españolas evaluadas en la Comunidad de Madrid (López de Lara et al., 2011). Por otro lado, se constató un incremento de los hombres españoles de 1,1 cm, cuando fueron comparados con los hombres adultos del estudio de Carrascosa et al. (2008) y de 0,6 cm con los hombres evaluados en un gimnasio de Cataluña (Porta y Cabañas, 2011). Sin embargo, comparando los datos con otro de los estudios realizado en la Comunidad de Madrid por López Lara et al. (2011), la diferencia fue de 0,4 cm. Datos que confirman una desaceleración de la tendencia de crecimiento en los estudios realizados en fechas más próximas al nuestro.

Sánchez-González et al. (2011) realizaron un estudio de revisión donde se puede confirmar la tendencia secular de crecimiento de los hombres adultos españoles de diferentes comunidades autónomas. Los españoles aumentaron la estatura aproximadamente 14,0 cm desde comienzos del siglo XX hasta comienzos del siglo XXI. Es decir, aproximadamente, la estatura aumentó 1,4 cm por década, valores próximos a los 1,1 cm de nuestro estudio. Resultados que podemos relacionar con otros estudios realizados con población de Europa Occidental, donde la estatura aumentó entre 2,0 y 4,6 cm aproximadamente entre los años 1960 y 1980. Holanda aumentó 4,3 cm, Dinamarca 4,4 cm, Noruega 2,3 cm, Suecia, 2,4 cm, Alemania Occidental 3,1 cm, Suiza 2,4 cm, Bélgica, 2,7 cm, Francia 3,8 cm y Italia 3,7 cm. Aunque se alcanzaron diferencias entre 3,7 y 15,1 cm, desde 1880 hasta 1980 (Chamla, 1983).

Tanner et al. (1982) estimaron la tendencia de crecimiento en personas japonesas. La tendencia de crecimiento de la estatura de las mujeres japonesas fue de 1,5 cm en la primera década y 1,2 cm en la segunda década. Los hombres japoneses aumentaron 2,8 cm en una década y 1,5 cm en la segunda década entre los años 1957-1977. El miembro inferior fue el que más aumentó. La estatura de los japoneses fue de 169,6 cm, la talla sentada 90,4 cm y la longitud del miembro inferior 79,2 cm en el año 1977. Siguiendo el mismo proceso para calcular la longitud del miembro inferior, es decir, restando la estatura menos la talla sentada. Los hombres españoles del presente estudio que tienen una estatura de 178,4 cm y una talla sentada de 93,9 cm, tendrían una longitud del miembro inferior de 84,5 cm. Aunque tienen diferencias en la talla sentada, la longitud del miembro inferior es donde hemos encontrado más diferencia.

En cambio, realizando los mismos cálculos con las mujeres españolas que tienen una estatura de 164,7 cm y una talla sentada de 87,7 cm, la longitud de miembro inferior sería de 77,0 cm. Y comparando con las mujeres japonesas que tuvieron una estatura de 156,6 cm, una talla sentada de 84,9 cm y una longitud de miembro inferior de 71,6 cm, las diferencias estarían repartidas entre la talla sentada y el miembro inferior, aunque encontramos más diferencia en el miembro inferior. A pesar de que los procesos y periodos de los estudios fueron diferentes, se podría entender que el miembro inferior es el que más influye en la estatura de las personas.

Freddys et al. (2000) analizaron la estatura de los holandeses en 1955, 1965, 1980 y 1997 en una parte de su estudio. La diferencia de la estatura final fue de 7,7 cm en las mujeres y de 8,0 cm en los hombres, en un periodo de 42 años. Sin embargo, la estatura en ambos géneros incrementó aproximadamente 2,7, 3,0 y 2,3 cm en los años 1965, 1980 y 1997, respectivamente. La estatura a los 21 años fue de 170,6 cm en el género femenino y de 184,0 cm en el género masculino en el año 1997. Por otro lado, revisando un estudio más reciente realizado en Holanda, confirmamos que la estatura fue similar entre el año 1997 y el año 2009. La estatura que tuvieron las mujeres holandesas a los 20 años fue de 170,5 cm y la de los hombres fue de 183,8 cm en el año 2009 (Schönbeck et al., 2013). Por lo tanto, la tendencia secular de crecimiento de la estatura de los holandeses parece haber llegado a su final, o por lo menos estabilizarse temporalmente. Debemos indicar que Holanda es uno de los países más desarrollados y con mejor estatus socioeconómico, es decir, con buena alimentación y calidad de vida desde mediados del siglo XX. Lo que podría haber tenido efectos en que la tendencia de crecimiento se produjera a un ritmo

más rápido que en otros países y llegara a estabilizarse antes que en España, donde parece que la tendencia positiva de crecimiento todavía continúa según los resultados de nuestro estudio.

Por otro lado, la estatura también ha comenzado a estabilizarse en Alemania en las últimas décadas. Sin embargo, entre 1957 y 1993 la estatura de los militares de Alemania Occidental aumentó de 174,0 a 179,0 cm aproximadamente, es decir, 1,0 cm por década, y posteriormente ha permanecido estable en 180,0 cm. Aunque la relación entre la tendencia secular de crecimiento, la situación socioeconómica, la nutrición, las influencias psicosociales y el mecanismo biológico todavía no está del todo entendida (Gohlke y Woelfle, 2009). Los países más desarrollados de Europa han tenido un aumento más rápido de la estatura y por ello las personas son más altas que en los países menos desarrollados del Sur de Europa y de otros continentes.

Ogden et al. (2002) presentaron en un estudio la estatura de las personas estadounidenses desde 1962 hasta el año 2002. Los estadounidenses de género masculino entre 20-29 años tuvieron una estatura de 175,0 cm entre los años 1960-62, una estatura de 177,1 cm entre los años 1971-74, una estatura de 177,1 cm entre los años 1976-80, una estatura de 176,6 cm entre los años 1988-94 y una estatura de 176,7 cm entre los años 1999-2002. Por otro lado, las mujeres estadounidenses de 20-29 años tuvieron una estatura de 161,8 cm entre los años 1960-62, una estatura de 162,8 cm entre los años 1971-74, una estatura de 163,3 cm entre los años 1976-80, una estatura de 162,8 cm entre los años 1988-94 y una estatura de 162,8 cm entre los años 1999-2000. Por tanto, no se produjo un aumento de la estatura e incluso encontramos una tendencia negativa en algunos periodos, posiblemente debido a las características de la muestra o protocolos de evaluación.

Por otro lado, los investigadores describieron la estatura de diferentes etnias estadounidenses desde 1988 hasta el 2002. Los hombres no hispanos caucásicos entre 20-39 años tuvieron una estatura de 177,7 cm entre 1988-94 y una estatura de 178,2 cm entre 1999-2002. En cambio, los hombres no hispanos afroamericanos entre 20-39 años tuvieron una estatura de 177,1 cm entre los años 1988-94 y una estatura de 177,8 cm entre los años 1999-2002. Otro de los grupos del estudio fueron los mejicanos estadounidenses, entre los cuales los de 20-39 años tuvieron una estatura de 170,1 cm en 1988-94 y una estatura de 169,7 cm entre 1999-2002. Por otro lado, las mujeres no hispanas caucásicas estadounidenses de 20-39 años tuvieron la misma estatura de 164,1 cm entre los años

1988-94 y entre los años 1999-2002. Las mujeres afroamericanas estadounidenses de 20-39 años tuvieron una estatura de 163,7 cm entre los años 1988-1994 y una estatura de 164,0 cm entre los años 1999-2002. Las mujeres mejicanas estadounidenses de 20-39 años tuvieron una estatura de 157,3 en los años 1988-1992 y de 158,1 entre 1999-2002. Por lo tanto, la tendencia de crecimiento de las mujeres mejicanas fue la más parecida a las mujeres españolas de nuestro estudio. En cambio, los hombres españoles aumentaron más la estatura que las diferentes etnias de estadounidenses, aunque había alguna diferencia en el número de años transcurrido entre las evaluaciones.

Manila et al. (2004) realizaron un estudio en Oaxaca, México, y en una parte del estudio estimaron el cambio secular de crecimiento en mujeres adultas y hombres adultos entre el año 1978 y el año 2000. La tendencia de crecimiento de los hombres mejicanos por década fue aproximadamente 1,4 cm en la estatura, de 0,4 cm en la talla sentada y de 1,0 cm en la longitud del miembro inferior. La diferencia en las mujeres adultas mejicanas por década fue aproximadamente de 0,8 cm en la estatura, de 0,3 cm en talla sentada y de 0,5 cm en la longitud del miembro inferior. Los mejicanos tuvieron diferencias significativas en la estatura y la longitud del miembro inferior, pero no en la talla sentada, y las mujeres mejicanas no tuvieron diferencias significativas en ninguna de las tres longitudes. Los resultados de tendencia secular de crecimiento de la estatura por década son un poco más altos que los de los hombres españoles, sin embargo las mujeres mejicanas tuvieron la misma tendencia de crecimiento que las mujeres españolas de nuestro estudio.

Komlos y Lauderdale (2007) analizaron la tendencia secular de crecimiento de la estatura en los EE.UU. y en otros países. El estudio constata un crecimiento de entre 6,0-12,0 centímetros en países como Holanda, Alemania, Dinamarca, Noruega y los Estados Unidos, desde el año 1910 hasta 1980, confirmándose que los estadounidenses aumentaron poco su estatura a partir de la segunda mitad del siglo XX. En cambio, los europeos del norte y el este siguieron aumentando su estatura. Además, el estudio muestra diferentes histogramas sobre las diferentes estaturas entre los hombres adultos de los diferentes países desde mediados del siglo XIX hasta finales del siglo XX. Y también muestra la estatura de las mujeres de diferentes países a mediados del siglo XIX.

Los hombres afroamericanos estadounidenses medían 170,5 cm en 1910 y los hombres caucásicos 173,6 cm. La estatura fue aumentando progresivamente hasta alcanzar 178,0 cm los estadounidenses caucásicos y 177,4 cm los estadounidenses afroamericanos en el año 1950. Y llegaron a alcanzar 179,0 cm los hombres caucásicos y 178,8 cm los hombres afroamericanos en el año 1980. Por otro lado, las mujeres estadounidenses afroamericanas tuvieron una estatura media de 159,9 cm en el año 1910, una estatura de 162,9 cm en el año 1950 y una estatura de 162,8 cm en el año 1980. Sin embargo, las mujeres estadounidenses caucásicas tuvieron una estatura de 161,8 cm en el año 1910, una estatura de 163,8 cm en el año 1950 y una estatura de 165,0 cm en el año de 1980. Las mujeres y hombres caucásicos estadounidenses llegaron a tener incluso un poco más de estatura en el año 1980 que las mujeres y hombres españoles de nuestro estudio.

Ji y Cheng (2008) realizaron un estudio en dieciséis ciudades de China que demostró que, desde el año 1950 hasta el año 2005, la estatura media de los chinos a los 18 años aumentó de 166,6 cm hasta 173,4 cm en los hombres y de 155,8 cm hasta 161,2 cm en las mujeres. Aproximadamente, aumentaron entre 1,1-1,3 cm por década, y presuponen en el estudio que la tendencia continuará en el futuro. Estos resultados se relacionan con la tendencia de crecimiento de la estatura de los hombres españoles y mujeres españolas de nuestro estudio, sobre todo con el género masculino. Por otro lado, comparando la estatura de las personas chinas de 18,0 años con el estudio de Lin et al. (2004), encontramos diferencias en la estatura entre las mujeres chinas de 4,2 cm y entre los hombres chinos de 5,6 cm. Las diferencia de ambos géneros con las mujeres y hombres de Taiwán, Corea y Japón es entre 2,7- 4,3 cm.

Las causas de estas diferencias pueden ser debidas a la tendencia secular de crecimiento pero también puede ser debido a las diferentes características de la muestra de los estudios. Sin embargo, otros estudios más actuales y con poblaciones más jóvenes tuvieron estaturas más próximas al estudio de Ji y Cheng (2008). Por ejemplo, los hombres de China tuvieron una estatura de 172,1 cm en el año 2010, los hombres de Taiwán de 172,3 cm entre los años 2003-2008 y los hombres japoneses de 172,1 cm en el año 2006 (Grasgruber et al., 2016). Por tanto, la tendencia secular de crecimiento es positiva en diferentes países asiáticos. Aunque hay que tener en cuenta otros factores es posible que continúe en el futuro, reforzando así nuestros resultados, aunque sean poblaciones diferentes.

Analizando los resultados de la estatura, la talla sentada y el miembro inferior de las mujeres y hombres españoles de nuestro estudio con la de los hombres y mujeres de China, Taiwán, Japón y Corea de estudio de Lin et al. (2004), encontramos diferencias positivas que se podrían atribuir sobre todo al miembro inferior. La estatura de los españoles tiene diferencias de 8,5 cm con los taiwaneses, de 10,6 cm con los chinos, de 9,4 cm con los japoneses y de 7,7 cm con los coreanos. Las diferencias en la talla sentada son las siguientes: de 3,2 cm con los taiwaneses, de 3,1 cm con los chinos, de 3,0 cm con los japoneses y de 1,8 cm con los coreanos. Y cuando calculamos las diferencias entre el miembro inferior, estatura menos la talla sentada, las diferencias son de 5,3 cm con los taiwaneses, de 7,5 cm con los chinos, de 6,4 cm con los japoneses y de 5,9 cm con los coreanos.

Si comparamos las mujeres españolas con las mujeres de los diferentes países encontramos diferencias positivas en las variables estudiadas. La estatura tiene una diferencia de 7,4 cm con las taiwanesas, de 7,7 cm con las chinas, de 7,8 cm con las japonesas y de 5,9 cm con las coreanas. La diferencia en la talla sentada es de 2,9 cm con las taiwanesas, de 2,2 cm con las chinas, de 2,7 cm con las japonesas y de 1,1 cm con las coreanas. Y las diferencias en el miembro inferior son de 4,5 cm con las taiwanesas, de 5,5 cm con las chinas, de 5,1 cm con las japonesas y de 4,8 cm con las coreanas. Por lo tanto, las diferencias en la estatura se producen sobre todo en el miembro inferior tanto en el género masculino como en el género femenino.

Shierlds et al. (2010) realizaron un estudio donde presentaron una diferencia aproximada de 0,8 cm en la estatura de la típica mujer canadiense de 45 años en el año 1981 y en los años 2007-2009. En cambio, el hombre típico canadiense de 45 años tuvo una diferencia de 2,3 cm entre el año 1981 y los años 2007-2009. Por tanto, podemos ver que los hombres canadienses tuvieron unos valores de crecimiento aproximados de 0,8 cm por década, es decir, un poco menos que los hombres españoles del presente estudio donde la diferencia es de 1,1 cm. Sin embargo, las mujeres canadienses aumentaron aproximadamente 0,3 cm década, es decir, 0,5 cm menos que las mujeres españolas. Por otro lado, Wells et al. (2007) realizaron un estudio con datos de la población inglesa y en una parte del estudio, compararon la estatura media de la mujer inglesa de 30 años en dos periodos diferentes. La estatura fue de 159,0 cm en el año 1951 y de 163,0 cm en el año 2001. Es decir, las mujeres inglesas aumentaron aproximadamente 0,8 cm de media por década, lo mismo que las mujeres españolas.

Un estudio realizado con militares brasileños en una ciudad de Santa Catarina muestra un aumento de la estatura de 7,0 cm entre 1963 hasta 2007. Confirmándose una tendencia positiva en la estatura de 1,4 cm por década (Soncini et al., 2011). Los militares tuvieron un incremento de la estura aproximadamente de 0,3 cm más por década que los resultados de los hombres españoles de nuestro estudio. Aunque debemos prestar atención a otros estudios, donde la tendencia secular de la estatura ha comenzado a estabilizarse en algunos países a finales del siglo XX y a comienzos del siglo XXI (Pineau, 1993; Gohlke y Woelfle, 2009; Schönbeck et al., 2013).

Fryar et al. (2012) presentaron la estatura de la población estadounidense en los años 2007-2010. Los resultados mostraron que las mujeres estadounidenses mayores de 20 años tenían una estatura media de 162,1 cm y los hombres mayores de 20 años una estatura media de 175,9 cm. Pero describiendo por grupos de edades, los hombres de entre 20-29 años tuvieron una estatura de 176,3 cm y las mujeres 20-29 años tuvieron una estatura de 163,1 cm. Sin embargo, analizados los resultados por etnias y grupos de edades, el grupo de mujeres caucásicas no hispánicas entre 20-39 años tuvo una estatura de 164,9 cm y el grupo de hombres caucásicos no hispanos estadounidenses de 20-39 años tuvo una estatura de 178,4 cm. Otra de las etnias evaluadas fue la afroamericana. El grupo de afroamericanos estadounidenses entre 20 y 39 años tuvieron una estatura de 176,9 cm y las afroamericanas estadounidenses de 20-39 años tuvieron una estatura de 163,7 cm. Otra de las etnias estudiadas fue la mejicana estadounidense, donde los hombres de 20 a 39 años tuvieron una estatura de 170,5 cm y las mujeres de 20-39 años tuvieron una estatura de 157,5 cm.

Por tanto, las mujeres estadounidenses caucásicas no hispanas de 20-39 años aumentaron la estatura en 0,7 cm entre los años 1999-2002 y los años 2007-2010 (Ogden et al., 2004; Fryar et al., 2012). Parecida a la tendencia de crecimiento que se constata en las mujeres adultas españolas de nuestro estudio, evaluadas entre 2014 y 2016, al ser comparadas con las mujeres españolas del estudio más importante con población española realizado hasta la fecha (Carrascosa et al., 2008). Sin embargo, los hombres estadounidenses caucásicos no hispanos de 20-39 años tuvieron una diferencia de 0,2 cm entre los años 1999-2002 y los años 2007-2010. Similar a la de los hombres adultos españoles de nuestro estudio con la estatura de los estudiantes del INEFC de Barcelona evaluados entre 2005-2009 (Porta y Cabañas, 2011), pero diferente con la de los hombres



adultos españoles del estudio de referencia, con el que encontramos una diferencia de 1,1 cm (Carrascosa et al., 2008).

A pesar de todo, y aunque la tendencia secular de crecimiento ha aumentado la estatura en diferentes países y se ha estabilizado en otros, las diferencia de estatura entre países continúa en el siglo XXI (Gohlke & Woelfle, 2009; Grasgruber et al., 2016). A continuación, vamos a analizar la estatura de las personas de diferentes países en el siglo XXI. Lo primero de todo, decir que las mujeres y hombres más altos del mundo son de Holanda, con una estatura de 170,7 cm y 183,8, respectivamente (Schönbeck et al., 2013), con diferencias de 6,0 cm y 5,4 cm con las mujeres y hombres españoles de nuestro estudio. Otras de las personas más altas son de Alemania, donde las mujeres del Este tenían una estatura 165,7 cm y las mujeres del Oeste de 167,3 cm, y los hombres del Este de 178,6 cm y los del Oeste de 180,1 cm a comienzos del siglo XXI (Heineck, 2006). Revisando diferentes estudios, encontramos que los hombres de Suiza tenían una estatura de 178,2 cm en un estudio realizado por Staub et al. (2011). Por lo tanto, los hombres españoles tienen 0,2 cm más de estatura que los hombres de Suiza, 0,2 cm menos que los hombres de Alemania del Este y 1,7 cm menos que los hombres de Alemania del Oeste. Además, las mujeres españolas son más bajas que las mujeres de Alemania del Este y Oeste, 1,0 cm y 2,6 cm respectivamente.

Comparando los resultados de nuestro estudio con la estatura de mujeres adultas y hombres adultos estadounidenses con una edad entre 20-39 años, constatamos que las mujeres españolas son 7,2 cm más altas que las mejicanas y 1,0 cm más altas que las afroamericanas estadounidenses, en cambio son 0,2 cm más bajas que las mujeres estadounidenses caucásicas no hispanas. Por otro lado, los hombres estadounidenses caucásicos no hispanos tienen la misma estatura de 178,4 cm que los hombres españoles del presente estudio. En cambio, encontramos diferencias con los estadounidenses afroamericanos al ser los hombres españoles 1,5 cm más altos y con los mejicanos estadounidenses al ser 7,9 cm más altos (Fryar et al., 2012). Por otro lado, los hombres españoles son 1,8 cm más altos que los canadienses y las mujeres españolas son 0,9 más altas que las mujeres canadienses (Colley et al., 2011). Además, las mujeres españolas son 0,3 cm más bajas que las mujeres inglesas, y los hombres españoles son 0,9 cm más altos que los hombres ingleses (Wells et al., 2007). Comparando con personas de un país asiático como China, constatamos que las mujeres españolas son 3,5 cm más altas que las chinas y los hombres españoles 5,0 cm más altos que los chinos (Ji & Chen, 2008).

La estatura global a los 18 años calculada en el estudio realizado por Hermanussen et al. (2016) fue de 161,3 cm en el género femenino y 173,1 cm en el género masculino. Por lo tanto, la diferencia de la estatura de las personas españolas de nuestro estudio fue de 3,4 cm en el género femenino y de 5,3 cm en el género masculino. Diferencias que se aproximan más a la estatura final de los estudios realizados con personas alemanas y alemanes del siglo XXI que en otros periodos. En cambio, los estudios realizados con personas japonesas tuvieron valores negativos respecto a la estatura global durante el crecimiento. Por otro lado, si comparamos la estatura global final con otros estudios realizados con personas españolas en el siglo XXI, las diferencias son similares a nuestro estudio (Carrascosa et al., 2008; López de Lara et al., 2011; Porta y Cabañas, 2011).

Otro estudio reciente analizó la estatura de personas adultas entre 18 y 34 años de países de Asia y África entre otros (Grasgruber et al., 2016). Los resultados de los estudios mostraron que los hombres españoles adultos son de media más altos que los hombres adultos de países africanos y asiáticos. Los autores describieron la estatura de personas de diferentes países e diferentes periodos. La estatura de los hombres de Túnez fue de 174,1 cm en los años 2007-08, la estatura de los hombres de Irán fue de 173,4 en el año 2001-2005, la estatura de los hombres de Marruecos fue de 171,7 cm en el año 2011, la estatura de los hombres de Egipto fue de 170,3 cm en el año 2008, la estatura de los hombres de Alepo en Siria fue de 171,0 cm en el año 2004, la estatura de los hombres de Iraq fue de 170,9 cm en el año 2006, la estatura de los hombres de Hong Kong fue de 171,7 cm en el año 2005-2006 y la estatura de los hombres de Pakistán fue de 167,8 cm en los años 2012-13.

Sin embargo, la estatura de las personas de otros países todavía tiene más diferencias. La estatura de los hombres de Tailandia fue de 167,6 cm en el año 2009, la estatura de los hombres de Malasia fue de 167,5 cm en el año 2006, la estatura de los hombres refugiados de Corea del Norte fue de 165,6 cm entre los años 2000-2007, la estatura de los hombres de Filipinas fue de 163,8 cm en el año 2011 y la estatura de los hombres de Indonesia fue de 163,9 en los años 2007-08. Por lo tanto, los hombres españoles tienen bastantes diferencias en la estatura con los hombres de países del Norte de África y Asia.

Una de las razones de las diferencias de estatura entre países puede ser la ingesta de proteína. Las personas estudiadas de los países de Asia tropical consumían más arroz y menos proteína y coincidía que eran las personas con menos estatura. Sin embargo,

personas del norte de África, donde se consume bastante proteína de origen vegetal, tenían una estatura superior. Por otro lado, los hombres que tenían la estatura más alta eran de países del norte y centro Europa como Holanda, Estonia, Islandia, Alemania y Suecia, entre otros. Estos países europeos eran los que consumían más proteína animal. Los investigadores le dieron mucha importancia al consumo de proteína animal sobre el efecto en la estatura en las diferentes culturas.

Analizando los resultados de los parámetros antropométricos e índices corporales de nuestro estudio con los datos de las y los estudiantes del INEFC de Barcelona y las y los clientes de un gimnasio de Cataluña, hemos encontrado resultados similares en ambos géneros (Porta y Cabañas, 2011). La altura umbilical de las mujeres del INEFC de Barcelona fue de 97,6 cm, la de más mujeres del gimnasio de Cataluña de 97,1 cm y la de las mujeres de nuestro estudio de 97,9 cm. Por otro lado, los hombres del INEFC de Barcelona tuvieron una altura umbilical de 106,1 cm, los hombres del gimnasio de 105,4 cm y la de los hombres de nuestro estudio de 106,0 cm. Comparando la longitud de la pierna entre los estudiantes del INEFC de Barcelona y los hombres de nuestro estudio, la diferencia es de 0,8 cm. Sin embargo, las mujeres del INEFC de Barcelona tienen 0,5 cm más en longitud de la pierna que las mujeres de nuestro estudio.

En relación a la proporcionalidad corporal, las mujeres estudiantes del INEFC de Barcelona tuvieron un IC de 52,8, valores parecidos a las mujeres del gimnasio de Cataluña y las mujeres de nuestro estudio, que tuvieron valores de 53,1 y 53,3 respectivamente, es decir, un tronco medio o metricórmico (valores entre 52,1-54,0). Por otro lado, los hombres adultos tuvieron un tronco medio o metricórmico (valores entre 51,1-53,0) en relación de los resultados de los tres grupos con valores entre 52,1-52,7. Otro de los índices estudiados fue el índice de Manouvrier, que muestra que las mujeres estudiantes del INEFC de Barcelona tenían extremidades inferiores normales con unos valores de 89,4, muy próximos a los de unas extremidades largas (valores  $\geq 90$ ). Las mujeres adultas del gimnasio de Cataluña tuvieron unas extremidades inferiores normales con valores de 88,2. Muy similar a las mujeres de nuestro estudio, donde tuvieron unos valores de 87,7, clasificados como unas extremidades inferiores normales (valores entre 85,0-89,9). Los hombres del INEFC de Barcelona tuvieron un índice de Manouvrier de 91,8, los hombres del gimnasio privado de Cataluña de 90,6, y los hombres de nuestro estudio 90,0, es decir, unas extremidades inferiores largas (valores  $\geq 90$ ).

En cuanto al índice de envergadura relativa (IER), las estudiantes del INEFC de Barcelona tuvieron un IER de 101,7, las mujeres del gimnasio de Cataluña de 100,2 y las mujeres de nuestro estudio de 100,3. En cambio, los estudiantes del INEF de Barcelona tuvieron unos valores 102,8 cm, los hombres del gimnasio de Cataluña de 102,3 cm y los hombres del presente estudio de 101,8 cm, es decir, todos los hombres adultos españoles tienen más envergadura que estatura, lo que tiene algunas ventajas para algunas especialidades deportivas. Por tanto, las estudiantes del INEFC de Barcelona tienen un poco más de envergadura relativa que las mujeres que participaron en nuestro estudio. Además, los resultados del IER y del índice umbilical (IU) con valores de 1,68 y 1,66 en las personas españolas del género femenino y masculino respectivamente, no se corresponden con la proporcionalidad áurea, como ya estaba demostrado en un estudio realizado por Porta y Cabañas (2011).

## **1.6. CONCLUSIONES**

- La estatura de las mujeres españolas del estudio es de 164,7 cm y la de los hombres de 178,4 cm.
- El incremento de la estatura de las personas españolas continúa desde principios del siglo XXI.
- El aumento aproximado de la estatura por década es de 0,8 cm en personas españolas del género femenino y 1,1 cm en el género masculino en el siglo XXI.
- Todos los índices de proporcionalidad corporal estudiados son significativamente mayores en el género masculino excepto el IC.
- El IER y IU no se corresponden con la proporcionalidad áurea.
- Las personas estadounidenses caucásicas no hispanas tienen una estatura similar a las y los participantes españoles.

## **1.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES: PERSPECTIVAS DE FUTURO**

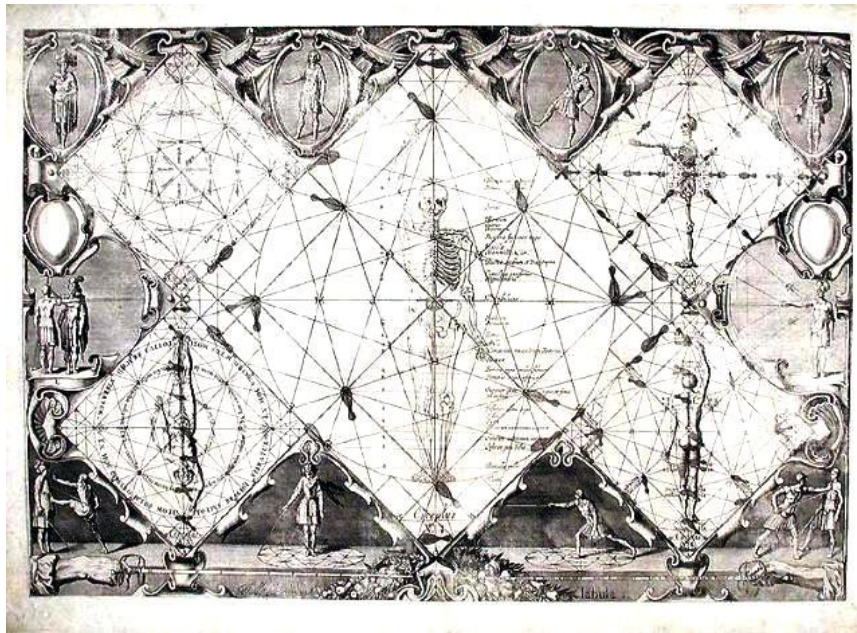
Algunas de las fortalezas del estudio son las siguientes: nuestro estudio es el primero que analiza la tendencia secular de crecimiento comparando personas españolas de diferentes estudios evaluadas en el siglo XXI; y el primero realizado siguiendo los protocolos de evaluación antropométrica de la ISAK. Además, es uno de los primeros estudios que compara la estatura de las personas españolas con otros estudios internacionales con personas evaluadas en el siglo XXI. Sin embargo, como limitación, debemos aceptar el hecho de que el estudio no es representativo a nivel nacional.

Como perspectiva de futuro, aconsejamos seguir realizando estudios similares durante las próximas décadas para estudiar la evolución de la tendencia secular de crecimiento, analizando el tamaño y las proporciones corporales de las personas debido a la importancia que ello tiene en diversos ámbitos científicos y tecnológicos.



## CAPÍTULO II

# NUEVOS MODELOS ANTROPOMÉTRICOS PARA BIOMECÁNICA DEPORTIVA



“La longitud de la espada debe ser la misma que la altura del ombligo”  
del libro *Academy of the Sword* de Gerard Thibault d’Anvers, 1930.  
Fig. “Magic circles” del mismo libro.





## RESUMEN

**Introducción:** El análisis biomecánico es una herramienta indispensable para la utilización de la técnica individual de deportistas de elite. Para ello, son necesarios modelos de referencia antropométricos lo más similares posible a su realidad personal. Modelos que no hemos podido encontrar en la literatura especializada y que creemos oportuno y necesario desarrollar.

**Objetivos:** Crear modelos antropométricos por grupos de estaturas con deportistas de elite, para analizar y comparar su proporcionalidad corporal.

**Método:** Estudio retrospectivo transversal con 2976 deportistas de elite: 382 mujeres y 686 hombres del CAR (S. Cugat, Barcelona) y 806 mujeres y 1102 hombres del CSD, Madrid. Las deportistas fueron clasificadas en cinco grupos según su estatura: 1) 140,0-149,9 cm; 2) 150,0-159,9 cm; 3) 160,0-169,9 cm; 4) 170,0-179,9 cm; y los deportistas en otros cinco grupos: 1) 160,0-169,9 cm; 2) 170,0-179,9 cm; 3) 180,0-189,9; 4) 190,0-199,9; 5) 200,0-209,9 cm. Se evaluaron 18 parámetros antropométricos y se calcularon 16 índices de proporcionalidad; comparando cada variable entre los grupos por estatura en cada género, entre géneros y entre los mismos grupos de estatura del CAR y el CSD. Las pruebas estadísticas realizadas fueron ANOVA con post hoc de Scheffe y Kruskal Wallis con post hoc ANOVA de una vía, pruebas T de muestras independientes y de U de Mann Whitney y pruebas T de una muestra.

**Resultados:** Para una mayor facilidad en la interpretación de los datos, nos limitamos a exponer las diferencias de las medidas anatómicas entre los grupos de estatura (160,0-169,9 cm y 170,0-179,9 cm) del mismo género: talla sentada (femenino,  $p = 0,000$ ; masculino,  $p = 0,000$ ), envergadura (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,000$ ), longitud brazo (f,  $p = 0,001$ ; m,  $p = 0,000$ ), longitud antebrazo (f,  $p = 0,052$ ; f, m = 0,000), longitud mano (f,  $p = 0,010$ ; m,  $p = 0,013$ ), longitud del muslo (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,000$ ), longitud de la pierna (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,000$ ), longitud del pie (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,000$ ), diámetro biacromial (f,  $p = 0,001$ ; m,  $p = 0,001$ ), diámetro biiliocrestal (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,001$ ), diámetro transversal del tórax (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,003$ ) y diámetro antero-posterior del tórax (f,  $p = 0,484$ ; m,  $p = 0,021$ ), diámetro biestiloideo (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,000$ ), diámetro bitrocantéreo (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,001$ ), diámetro bicondíleo femoral (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,005$ ) y diámetro bimaleolar (f,  $p = 0,000$ ; m,  $p = 0,004$ ).

**Conclusión:** Para la optimización de los análisis biomecánicos es necesario desarrollar modelos de referencia antropométricos por grupos de estatura debido a las diferencias significativas encontradas en la mayoría las medidas.

**Palabras clave:** análisis biomecánico, anatomía, proporcionalidad corporal, deportistas de elite, modelos antropométricos, estatura.

## CHAPTER II: NEW ANTHROPOMETRIC MODELS IN SPORTS BIOMECHANICS

### ABSTRACT

**Introduction:** Biomechanical analysis is a fundamental tool for the optimization of the elite athlete's technique and performance. Therefore, anthropometric reference models which are as similar as possible to the athlete's personal reality are needed: models which we have not found in the literature and whose development we believe is appropriate and necessary.

**Objectives:** To create anthropometric models for stature groups among elite athletes to analyze and compare their body proportionality.

**Method:** A retrospective cross-sectional study of 2976 elite athletes: 382 females and 686 males from CAR (S. Cugat, Barcelona) and 806 females and 1102 males from the CSD (Madrid). The female athletes were classified in five different groups according to their stature: 1) 140.0-149.9 cm; 2) 150.0-159.9 cm; 3) 160.0-169.9 cm; 4) 170.0-179.9 cm. Five other groups were established for male athletes: 1) 160.0-169.9 cm; 2) 170.0-179.9 cm; 3) 180.0-189.9; 4) 190.0-199.9; 5) 200.0-209.9 cm. Additionally, 18 anthropometric parameters were evaluated, and 16 proportionality ratios were calculated, comparing each variable between stature groups in each gender, between genders and between the same stature groups of CAR and CSD. Statistical tests used were ANOVA with Scheffe post hoc and Kruskal Wallis with one-way ANOVA post hoc, t-tests for independent samples, Mann-Whitney U test and one-sample t-tests.

**Results:** For greater ease in interpreting the data, we restricted ourselves to exhibiting the differences of anatomical measurements between stature groups (160.0-169.9 cm and 170.0-179.9 cm) of same gender: seated height (female,  $p = 0.000$ ; male,  $p = 0.000$ ), arm span (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.000$ ), arm length (f,  $p = 0.001$ ; m,  $p = 0.000$ ), forearm length (f,  $p = 0.052$ ; m,  $p = 0.000$ ), hand length (f,  $p = 0.010$ ; m,  $p = 0.013$ ), thigh length (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.000$ ), tibia length (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.000$ ), foot length (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.000$ ), biacromial breadth (f,  $p = 0.001$ ; m,  $p = 0.001$ ), biileocrestal breadth (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.001$ ), transverse breadth of the thorax (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.003$ ), anterior-posterior breadth of the thorax (f,  $p = 0.484$ ; m,  $p = 0.021$ ), bistyloid breadth (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.000$ ), bitrochanteric breadth (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.001$ ), bicondylar femur breadth (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.005$ ) and bimalleolar breadth (f,  $p = 0.000$ ; m,  $p = 0.004$ ).

**Conclusion:** For optimization of biomechanical analysis, it is necessary to develop anthropometric reference models by stature groups because of the significant differences found in most measurements.

**Keywords:** biomechanical analysis, anatomy, body proportionality, anthropometric models, elite athletes, stature.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

### 2.1.1. Cuerpo y deporte

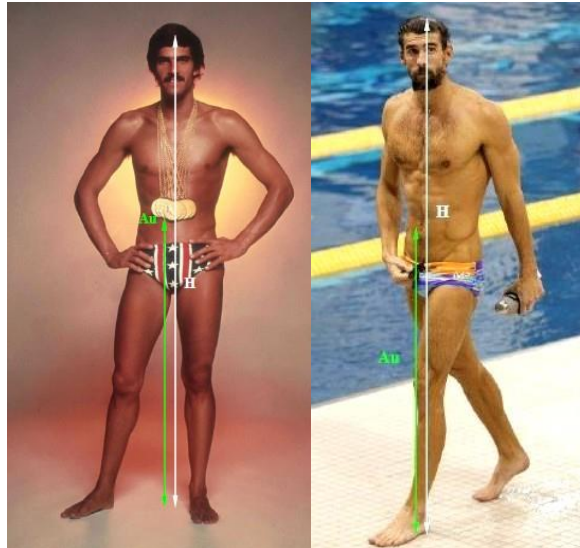
Aunque es posible que los artistas idealizaran las representaciones de los campeones de los diferentes deportes de las antiguas olimpiadas griegas, la iconografía existente no muestra grandes diferencias en cuanto a su tamaño, forma y proporcionalidad. Muy al contrario, en la actualidad, la eclosión del deporte como fenómeno mediático social, político y económico ha propiciado, mediante la selección natural de talentos y la optimización biomecánica de las técnicas deportivas, una diferenciación extrema en cuanto a los cuerpos de la elite deportiva (Fig. 2.1).



**Fig. 2.1.** A partir de la celebración de la 1ª Olimpiada moderna (Atenas, 1896), los cuerpos de los campeones se diferenciaron cada vez más del ideal de la belleza neoclásica basada en la proporción áurea.

Una diferenciación anatómica que, ha sido ampliamente estudiada en el ámbito de la cineantropometría mediante el somatotipo (Carter, 82, 84, 1990) y que, desde los años 50, se hace cada década más evidente en muchos deportes. Así, p.e., al ganador de

8 medallas de oro en la pruebas de natación de los JJ. OO. de Múnich, 1972, con una estatura de 183,0 cm y una Proporción áurea casi ideal (Estatura / Altura Umbilical = 1,614), le sería muy difícil destacar entre los campeones actuales con estaturas en torno a los 200,0 cm y “desproporciones” ideales (tronco, manos y pies muy grandes en relación a la estatura) para la práctica de la natación. Michael Phelps, también ganador de 8 medallas de oro en Beijing, 2008, es un buen ejemplo de ello (Fig. 2.2).



**Fig. 2.2.** Izq. Mark Spitz, con una Proporción áurea ideal (Estatura / Alt. umbilical = 1,614). Dcha. Michael Phelps: con una Proporción Áurea = 1,683.



**Fig. 2.3.** La metamorfosis del tamaño de los cuerpos de los jugadores de la NBA de los EE.UU. de los años 1950 y de los 2012's All Star's Rookies es evidente.

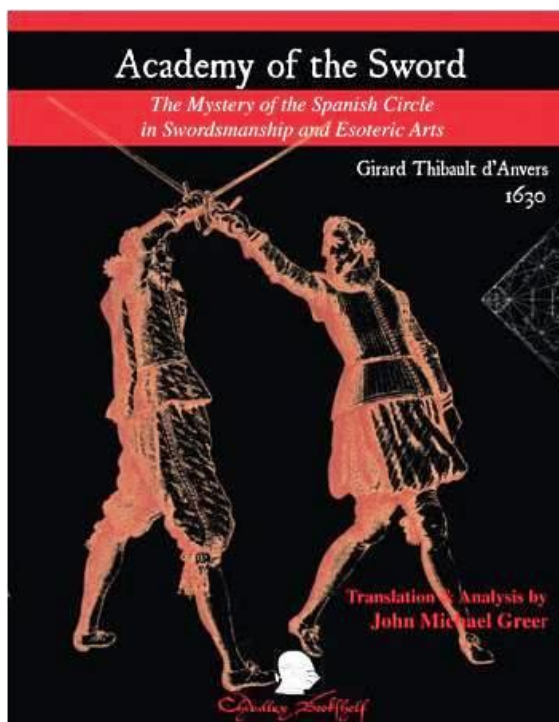
El baloncesto y especialmente la NBA de los EE.UU., es también otro ejemplo de la gran metamorfosis experimentada por los cuerpos de los deportistas en las últimas décadas (Fig. 2.3). En 1950, la media del tamaño de sus jugadores (todos blancos) era de 189,0 cm y 85,6 kg.; en la actualidad es de 200,0 cm y 98,2 kg. Tendencia que también se hace evidente en la ACB Española, donde uno de sus equipos más representativos, el FCB, tiene una estatura media de 202,4 cm. En la National Football League (NFL, EE.UU.), se ha calculado estadísticamente que, a partir de una estatura de 182,0 cm, cada centímetro adicional supone un aumento de 45.000,0 \$ para el jugador; igual que para un aumento de 3,0 kg en su peso (Sport et Vie, N° 154, 2016).

## 2.1.2. Revisión de la literatura sobre modelos de proporcionalidad corporal deportivos

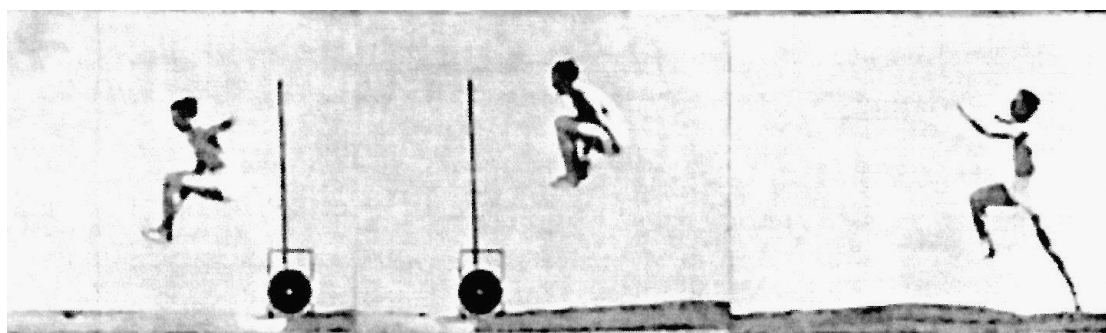
El precedente histórico más antiguo que hemos encontrado relacionado con los que podemos llamar “modelos antropométricos biomecánicos deportivos”, es el del libro *Academy of the Sword* escrito por Gerard Thibault d’Anvers en 1630 (Fig. 2.4); donde el autor analiza diversos parámetros antropométricos relacionados con la técnica del tirador.

El precedente histórico más actual, lo tenemos en los *RAPPORTS SUR LES TRAVAUX DE LA COMMISSION D’HYGIÈNE ET DE PHYSIO-LOGIE DES J.J.OO. DE 1900 A PARIS*, donde su director, Étienne-Jules Marey (1830-1904), al que se puede considerar el padre

de la biomecánica deportiva e inventor del método de análisis de la Cronofotografía (Fig. 2.5) dice (pág. 387): “Il résulte déjà d’un examen sommaire que l’aptitude au saut se traduit surtout pour la grande longueur des rayons des membres inférieurs et particulièrement, par celle du pied...” (Después de una revisión general, se constata que la aptitud para el salto viene determinada por la mayor longitud de los miembros inferiores; particularmente por la del pie...).



**Fig. 2.4.** El primer libro donde se analizan, empíricamente, modelos antropométricos biomecánicos deportivos.



**Fig. 2.5.** Cronofotografía de E. J. Marey en los *RAPPORTS SUR LES TRAVAUX DE LA COMMISSION D’HYGIÈNE ET DE PHYSIO-LOGIE DES J.J.OO. DE 1900 A PARIS* (pág. 398). Fig. modificada, en la que se muestran solo 3 fotogramas de los 18 de que consta la secuencia completa.

Los estudios más actuales y científicos en los que se desarrollan modelos antropométricos para su utilización en biomecánica deportiva son los de: Zatziorski-Seluyanov (1985), Drillis y Contini (1996), Soto y Gutiérrez (1996) y De Leva (1996). Estudios cuyos datos proceden de un número reducido de cadáveres o de una población general; siendo pocos los estudios con deportistas de elite el siglo XXI. La causa puede ser el poco interés de los clubs y centros de alto rendimiento en divulgar los datos de sus deportistas para así guardar una información que consideran importante para poder competir con más ventajas y tener menos adversarios con las mismas características que sus mejores deportistas.

La mayoría de los estudios con deportistas de élite analizan la composición corporal y el somatotipo (Drinkwater y Ross, 1980; Carter, 1982, 84; Carter y Heath, 1990; Porta, 1991, Pons et al., 2015). Aunque se han podido encontrar algunos artículos donde se describen longitudes, alturas, diámetros e índices corporales de diferentes deportistas de élite desde finales del siglo XX (Claessens et al., 1991; Pacheco del Cerro, 1993; Ross, 1994, Kerr et al. 1995; Ackland et al., 1997, 1998; Heller et al. 1998; Ackland et al., 2003; Katić et al., 2005; Irurtia, 2010; Porta y Cabañas, 2011; Canda, 2012, 2014; Ramirez-Velez et al., 2014).

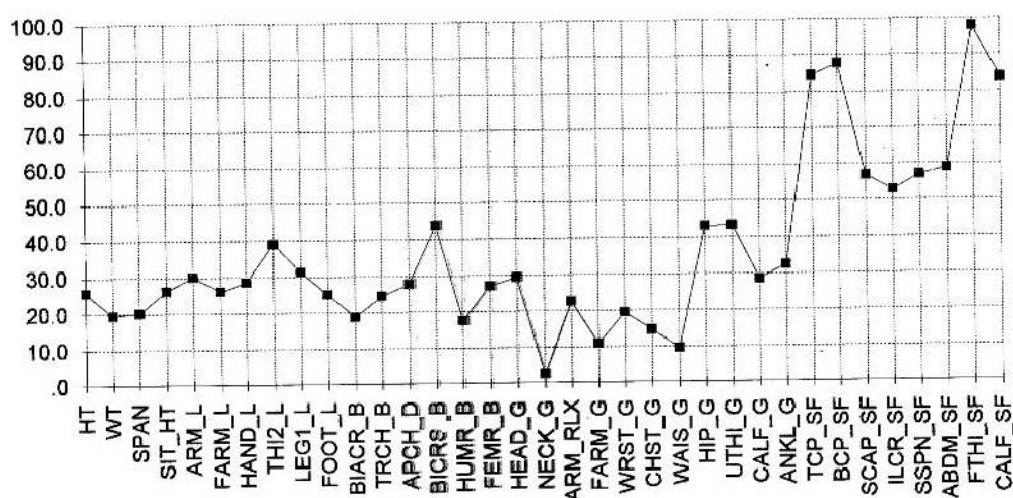
Claessens et al. (1991) publicaron las características antropométricas de gimnastas de ambos géneros que participaron en los mundiales de gimnasia artística en Rotterdam en 1987. La muestra estuvo formada por 201 participantes de género femenino y 165 participantes de género masculino. Algunas de las variables analizadas fueron la estatura, la altura sentada, la longitud del miembro inferior, la longitud del antebrazo, el diámetro biacromial y el diámetro biiliocrestal.

En su tesis doctoral, Pacheco (1993), analizó la proporcionalidad corporal de atletas de elite españoles. La muestra estaba formada por de 235 hombres con una edad media de 20,8 años, y 159 mujeres de 19,7 años. El estudio también incluía un grupo control. Las especialidades estudiadas fueron carreras, saltos, lanzamientos, pruebas combinadas y marcha; que se subdividieron en pruebas de: velocidad, vallas, 400 metros, medio fondo, fondo, salto de altura, pértiga, salto de longitud, triple salto, lanzamiento de peso, lanzamiento de disco, lanzamiento de jabalina, lanzamiento de martillo, decatión, heptatlón y marcha.

En una parte de la tesis fueron calculados diferentes índices corporales, el índice ponderal, el índice intermembral, índice córmico, índice acromio-iliaco y la envergadura relativa. Tanto las mujeres como los hombres, tuvieron resultados más altos en el índice ponderal, intermembral y en la envergadura relativa cuando se compararon con el grupo control. Por otro lado, el investigador analizó los resultados por especialidades y pruebas, encontrándose diferencias significativas en el índice ponderal, índice acromio-iliaco e índice intermembral comparándose las diferentes especialidades deportivas.

Ross (1994) publicó un artículo con el objetivo de relacionar el tamaño, la forma, proporción y composición corporal de deportistas. Para ello, utilizó 34 variables de 160 nadadores y 218 nadadores del *Kinanthropometric Aquatic Sport Project* (KASP) de Perth, 1991. En una parte del estudio comparó las variables estudiadas entre el género masculino y femenino con el método o escala *Hull Score* y Phantom.

El autor utilizó las medias entre los valores del género femenino (f) y el género masculino (m), en términos de desviación de estándar para calcular los valores que después colocaría en la gráfica. El rango del Hull score es de 1 a 99 en relación a una diferencia de más o menos de 3.5 desviaciones estándar de la media, en una distribución normal. La puntuación media del género masculino fue fijada en 50. La puntuación 50 del género femenino en las variables indicaba que tenían el mismo valor Z. Sin embargo, resultó que las nadadoras tuvieron muchos valores por debajo de 50, sobre todo en los diámetros y longitudes (Fig. 2.6).



**Fig. 2.6.** Diferencia de tamaño de nadadoras y nadadores. Kinanthropometric Aquatic Sport Project (KASP, 1991). Método/escala Hull score. Adaptado de “On Human Size, Shape, Proportion and Composition” por Ross W. D., 1994, *Human Bilology Budapest* 25, p. 425.



Kerr et al. (1995) publicaron un artículo donde mencionaban la importancia de que los científicos determinaran el tamaño, proporción y forma del cuerpo humano de los deportistas de elite para determinadas especialidades deportivas. Indicando cuatro áreas importantes en las que la información antropométrica podría ser útil: 1/. Identificar a deportistas con talento. 2/. Medir y monitorizar el crecimiento del atleta. 3/. Monitorizar el entrenamiento y objetivos y 4/. Determinar el peso óptimo por categoría en los deportes.

Los investigadores valoraban positivamente la técnica antropométrica por ser un método barato y apropiado para evaluar la proporcionalidad corporal de los deportistas. Un método que fue utilizado en deportistas de elite en diferentes Olimpiadas y Campeonatos del mundo con protocolos estandarizados. Y muestran diferentes métodos y estudios para comparar la proporcionalidad corporal de deportistas de elite. Por ejemplo, comparan a 464 deportistas de género masculino y 455 deportistas del género femenino del proyecto KASP, utilizando la estrategia de Phantom para comparar 34 variables.

Ackland et al. (1997) analizaron la proporcionalidad corporal de jugadoras de elite de baloncesto en el campeonato del mundo de Australia en el año 1994. Participaron 14 de los 16 equipos nacionales que iban a competir en el campeonato, y se evaluaron 38 parámetros antropométricos de 168 jugadoras de diferentes posiciones. Las deportistas fueron agrupadas en 3 grupos: bases y escoltas (n= 64), aleros y ala-pívots (n=57) y pívots (n=47). Los diámetros y longitudes que tuvieron diferencias significativas, entre los diferentes grupos fueron la talla sentada, la altura tibial, el diámetro biacromial y el diámetro transversal del tórax.

Las otras diferencias significativas fueron encontradas en algunos perímetros y en el peso. Por otro lado, el estudio comparó las jugadoras bases y escoltas de los cinco mejores equipos con las jugadoras bases y escoltas de los cinco peores equipos y encontraron diferencias significativas en la estatura, en la envergadura, la longitud del antebrazo, la longitud del fémur y en la longitud del pie. También fueron comparadas las jugadoras aleros de los 5 mejores equipos, con las jugadoras aleros de los 5 peores equipos y encontraron diferencias significativas, en la estatura, envergadura, longitud del brazo, longitud del antebrazo y longitud crural.

Ackland et al. (1998) analizaron las características de triatletas con el objetivo de describir el morfotipo de los triatletas senior y junior del campeonato mundial de triatlón de Perth en Australia. La muestra estaba formada por 87 participantes de 11 nacionalidades a los que se les midió 28 variables. Los autores sugirieron que conocer las longitudes y los diámetros de deportistas podría ayudar a los entrenadores a desarrollar la técnica más apropiada para sus deportistas. A parte, indicaban la importancia de las variables evaluadas para identificar deportistas con talento y desarrollar objetivos.

Heller et al. (1998) analizaron algunas proporciones corporales de deportistas de taekwondo del equipo nacional de Checoslovaquia. La muestra estaba formada por 12 mujeres y 11 hombres deportistas de élite en taekwondo. Las mujeres tenían una edad media de 18,5 años, un peso de 62,3 kg y una estatura 168,0 cm; y los hombres: 20,9 años, 69,9 kg y 179,0 cm. Los diámetros evaluados fueron: el biacromial, el bicrestal y el bitrocantéreo. A pesar del diferente tamaño entre géneros, el diámetro bitrocantéreo fue un poco superior en las mujeres que en los hombres. Los otros dos diámetros fueron más grandes en los hombres.

Bourgois et al. (2000) realizaron un estudio sobre las características antropométricas de deportistas de remo que participaran en el campeonato del mundo junior en 1997. Fueron evaluados antropométricamente 383 deportistas de género masculino en edad junior ( $\bar{X} = 17,8 \pm 0,7$  años), la mayoría de Europa y caucásicos. Los objetivos del estudio eran comparar el tamaño de los deportistas finalistas y no finalistas para crear un modelo antropométrico óptimo para la práctica del remo. Se encontraron diferencias significativas entre los finalistas y no finalistas en las variables analizadas.

Ackland et al. (2003) realizaron un estudio sobre las características morfológicas de 20 mujeres y 50 hombres deportistas de kayak y canoa, participantes en los JJ.OO. del año 2000 de Sídney. Realizaron una batería de 38 medidas antropométricas antes de la competición. Algunas de las variables evaluadas fueron: la estatura, la altura sentada, la envergadura, la longitud del brazo, la longitud del antebrazo, la longitud del muslo, la altura tibial, el diámetro de los hombros, el diámetro anterior posterior del tórax, el diámetro del húmero y el diámetro del fémur. En todas las variables evaluadas los hombres tuvieron resultados superiores a las mujeres.

Katić et al. (2005) analizaron las estructuras morfológicas de deportistas de élite de kárate en la categoría senior de la Sociedad de Kárate de Croacia. La muestra estaba

formada por 89 participantes con una edad entre 18 y 29 años, una estatura media de 178,1 cm y un peso medio de 75,3 kg. Fueron evaluadas diferentes variables antropométricas. El diámetro de los hombros y la masa muscular tuvieron un impacto positivo en las técnicas de golpeo con los brazos y las proporciones longitudinales del esqueleto tuvieron el resultado más favorable en ejercicios técnicos con las piernas.

Irurtia (2010) describió en su tesis doctoral: *Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina*, algunas proporciones corporales de gimnastas de género masculino. Algunas de las variables antropométricas evaluadas fueron las siguientes: estatura, talla sentada, envergadura, longitud de la extremidad superior e inferior, diámetros biacromial, transverso del tórax, antero-posterior del tórax, biepicóndileo, biestiloideo, bicóndileo y bimaleolar.

Porta y Cabañas (2011) analizaron la proporcionalidad corporal de adultos españoles y de deportistas de elite de ambos géneros. Además, analizaron, algunos índices corporales de deportistas femeninas con una estatura  $\geq 165,0$  cm y masculinos de  $\geq 180,0$  cm. Constataron diferencias significativas entre grupos en el índice de Manouvrier e índice de envergadura relativa. Por otro lado, los autores del estudio describieron los índices del jugador más alto (226,5 cm) de la liga Española de baloncesto en el año 2010; observándose las mayores diferencias en el índice de Manouvrier, índice braquial y en el índice de la envergadura relativa con otros deportistas.

El libro de Canda (2012): *Variables antropométricas de la población deportista española* es, sin duda alguna, la referencia más actual y completa relacionada con el análisis de la proporcionalidad en el ámbito deportivo. La muestra del estudio estaba formada por 2096 deportistas españoles: 846 del género femenino con una edad media de 21,9 años, un peso de 59,3 kg y una estatura de 166,3 cm; y 1250 deportistas del género masculino (23,6 años, 75,2 kg, y 179,5 cm), a los que se les midieron 43 variables antropométricas derivándose diferentes índices de proporcionalidad.

Además de la contrastada rigurosidad metodológica de la autora (Nivel 3 de la ISAK) con los protocolos antropométricos, el mérito de dicho estudio estriba en la creación de rangos de proporcionalidad específicos para la población deportiva estudiada en contraposición a los aún vigentes propuestos por Vallois en 1948, derivados de poblaciones no deportivas. Rangos que, lógicamente, pueden generalizarse a cualquier grupo de deportistas a nivel internacional.

En otro estudio Canda et al. (2014), analizaron las diferencias de las proporciones corporales en triatletas según el género, categoría y nivel competitivo. Las triatletas seniors y juniors tuvieron diferencias significativas en las longitudes del miembro inferior y en el muslo entre los dos grupos. Pero en los diámetros óseos evaluados no fueron encontradas diferencias entre los dos grupos.

Los triatletas de género masculino tuvieron diferencias significativas en la longitud del antebrazo entre el grupo de seniors y juniors; y en los diámetros que tuvieron biacromial, transversal del tórax, anteroposterior del tórax y en el biestiloideo. Por otro lado, se comparó a los triatletas por niveles de rendimiento y no hubo diferencias en las longitudes de los triatletas, pero sí hubo diferencias significativas en el diámetro maleolar y en el bilestoideo. Las triatletas tuvieron diferencias significativas en la longitud del antebrazo entre los dos niveles pero no en los diámetros.

Ramirez-Velez et al. (2014) realizaron un estudio descriptivo sobre las características antropométricas y las capacidades físicas del equipo olímpico de lucha grecoromana de Colombia en preparación para los juegos olímpicos. La muestra del estudio estaba formada por 21 luchadores, con una edad media de 27,9 años, una estatura de 165,6 cm y una masa corporal de 66,3 kilos. Fueron evaluadas diferentes variables antropométricas y capacidades físicas con el objetivo de comparar los datos de sus luchadores de elite con los de otros países.

## **2.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

### **2.2.1. Justificación del estudio**

Aunque Porta y Cabañas ya constataron en el año 2011 que, la proporcionalidad de grupos de población españoles y la de una pequeña muestra de deportistas olímpicos, eran diferentes a los modelos de referencia biomecánicos de Drillis y Contini (1966) y de Zatziorsky-Seluyanov (1983); creemos necesario ampliar los estudios de análisis de proporcionalidad a otros grupos de población deportiva, con la finalidad de desarrollar nuevos modelos antropométricos biomecánicos por el interés que dichos datos puedan tener para la optimización biomecánica de la técnica deportiva.

La posibilidad de disponer de los datos antropométricos de los mejores deportistas de elite españoles de una gran variedad de deportes, evaluados en el Centro de Alto Rendimiento de San Cugat, Barcelona (CAR) y del Consejo Superior de Deportes de Madrid (CSD), creemos que justifica por sí misma, el capítulo II de esta tesis doctoral ya que nos ha de permitir analizar y comparar unos datos que podrán ser generalizados a nivel internacional. Valoración cineantropométrica que, en esta tesis, consideramos oportuno y conveniente desarrollar por grupos de estatura, para estudiar hasta que punto dicho parámetro (la estatura) es determinante en la valoración de la proporcionalidad corporal de los atletas de elite españoles.

### **2.2.2. Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Crear nuevos modelos antropométricos por grupos de estaturas para biomecánica deportiva.

#### **Objetivos específicos:**

- Describir la proporcionalidad corporal en deportistas de elite según grupos de estatura.
- Comparar la proporcionalidad corporal de deportistas de elite entre ambos géneros.
- Analizar parámetros antropométricos por grupos de estatura en deportistas de elite.

## **2.3. METODOLOGÍA**

### **2.3.1. Diseño del estudio**

Estudio retrospectivo, transversal y descriptivo que siguió los protocolos de la ISAK. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de Investigaciones Clínicas de la Administración Deportiva de Cataluña con el número de referencia 12/2015/CEICEGC.

### **2.3.2. Participantes**

El estudio se realizó con una muestra de 2976 deportistas de elite: 686 de género masculino y 382 de género femenino del CAR de San Cugat y 806 de género femenino y 1102 de género masculino del CSD de Madrid. Se agruparon según el centro, género y estatura. 465 participantes del CAR fueron evaluados entre los años 1990-2000 y 603 participantes del CAR fueron evaluados en el año 2010. Estos últimos solamente evaluaron 8 diámetros, peso y estatura. Los 1908 participantes del CSD fueron evaluados entre los años 2002 y 2011. Las deportistas fueron agrupadas en los siguientes grupos de estatura: 1) 140,0-149,9 cm; 2) 150,0-159,9 cm; 3) 160,0-169,9 cm; 4) 170,0-179,9 cm; 5) 180,0-189,9 y los deportistas en otros cinco grupos: 1) 160,0-169,9 cm; 2) 170,0-179,9 cm; 3) 180,0-189,9; 4) 190,0-199,9; 5) 200,0-209,9 cm.

Los criterios de inclusión en las deportistas del CAR fueron tener una edad superior a 14 años y los deportistas superior a 16 años, estar federados, ser caucásicos y competir al máximo nivel. En cambio, las deportistas del CSD debían tener una edad superior a 16 años y los deportistas superior a 18 años, estar federados y competir en el máximo nivel. Los criterios de exclusión fueron discapacidad, malformaciones, obesidad tipo II ( $IMC > 35$ ) y malnutrición severa ( $IMC < 16$ ). Todos los deportistas del CAR evaluados entre los años 1990 y 2000 realizaron una evaluación de 16 parámetros antropométricos y los deportistas del CAR 2010 evaluaron la estatura, el peso y 8 diámetros. Todos los deportistas del CDS evaluaron 16 parámetros antropométricos.

### **2.3.3. Material**

- Estadiómetro Harpenden 603.
- Báscula romana de columna Seca 703 con una sensibilidad de 50,0 g.
- Banco antropométrico: 40 cm de alto, 50 cm de ancho y 30 cm de fondo.
- Antropómetro Harpenden (Ref. DIM-98601).
- Paquímetro Holtain-Kahn para la medida del diámetro sagital abdominal.

- Paquímetro de ramas largas Rosscraft.
- Báscula Marca Seca 664 (0 - 360 kg).
- Estadiómetro fijo de pared Holtain (700 mm - 220 mm).
- Tablón para la envergadura (1250 mm - 2250 mm).
- Tallímetro para talla sentada Holtain (300 mm - 1105 mm).
- Paquímetro Marca Holtain (0 - 140mm).
- Antropómetro GPM Siber Hegner (0 - 950 mm).
- Antropómetro GPM (0 mm - 2100 mm).
- Antropómetro GPM grande de ramas curvas Siber Hegner (0 - 600 mm).

#### **2.3.4. Protocolo evaluación antropométrica**

##### **1. Masa corporal**

- Definición: Es la cantidad de materia del cuerpo y es calculada a través de la medición del peso.
- Método: La persona permaneció con bikini o slip y se situó en el centro de la báscula con el peso distribuido en los dos pies.

##### **2. Estatura**

- Definición: Es la distancia perpendicular entre el plano trasverso del vertex y la parte inferior de los pies.
- Posición de los participantes: La persona permaneció con los talones juntos, las nalgas y la parte superior de la espalda en contacto con la escala del estadiómetro y la cabeza situada en el plano de Frankfort.
- Método: Para posicionar la cabeza en el plano de Frankfort, el antropometrista colocó la punta de los pulgares en cada orbita y los dedos índices en cada triagon, alienándolos horizontalmente. Después de haber colocado la cabeza en el plano de Frankfort, el antropometrista recolocó los pulgares posteriormente hacia las orejas de la persona lo suficientemente lejos a lo largo de la línea de la mandíbula para asegurar que la presión fuera ascendente. A continuación las y los participantes realizaron una inspiración profunda mientras mantenían la cabeza en el plano de Frankfort y el antropometrista aplicaba una fuerza suave ascendente para realizar el proceso llamado mastoideo. La rama superior del estadiómetro se colocó

firmemente en el vertex comprimiendo el pelo lo máximo posible para realizar la medición. Se comprobó que los y las participantes no se pusieran en las puntas de los pies o no mantuvieran la cabeza en el plano de Frankfort antes de realizar la medida. La medición se realizó antes de expirar el aire los participantes.

### **3. *Talla sentada***

- Definición: Es la distancia perpendicular entre el plano trasverso del vertex y el punto inferior de las nalgas cuando la persona está sentada.

- Posición de los participantes: Las personas se sentaron en el banco antropométrico con las manos descansando en sus muslos y la zona lumbar y espalda en contacto con el estadiómetro.

- Método: Las personas realizaron una respiración profunda manteniendo la cabeza en el plano Frankfort. A continuación, el antropometrista realizó el proceso mastoideo y el asistente colocó la rama del estadiómetro firmemente en la parte superior de la cabeza comprimiendo el pelo lo máximo posible para leer la medida. Se prestó atención a que los y las participantes no se pusieran de puntillas.

### **4. *Envergadura***

- Definición: Es la distancia perpendicular entre el punto más lateral de la mano derecha y la izquierda, con los brazos extendidos en la horizontal.

- Posición de los participantes: Las personas se situaron de espaldas a la pared con los pies juntos y abdujeron los brazos hasta la horizontal. Colocaron la parte posterior de los calcáneos, las nalgas, la parte superior de la espalda y la zona posterior de los brazos en contacto con la pared.

- Método: Las personas realizaron una inspiración máxima y estiraron los brazos al máximo. Los asistentes de la antropometrista comprobaron que los brazos permanecieran extendidos al máximo en la horizontal y las manos y dedos apoyados en la pared para tomar la medida.

### **5. *Longitud del brazo***

- Definición: Es la distancia lineal entre el acromion y el radio.



- Posición del participante: La persona se colocó en una posición relajada de pie, con los brazos al lado del tronco. El antebrazo derecho debía estar en pronación.
- Método: La medida representa la longitud de brazo. Una rama del antropómetro se colocó en lateral derecho del acromion y la otra rama del antropómetro en la cabeza del radio. La escala de medición del antropómetro se situó paralela al brazo.

#### **6. Longitud del antebrazo**

- Definición: Distancia lineal desde la cabeza del radio al estiloides.
- Posición del participante: La persona asume una posición relajada con los brazos al lado del tronco. El antebrazo derecho se coloca en posición de media pronación.
- Método: La medida representa la longitud del antebrazo. Se midió la distancia entre las marcas realizadas en la cabeza del radio y el estiloides. Una rama del antropómetro fue colocada en la cabeza del radio y la otra en el estiloides

#### **7. Longitud de la mano**

- Definición: Es la distancia lineal entre la mitad del estiloides y el dactilión.
- Posición del participante: La persona se colocó en una posición relajada de pie y con el brazo izquierdo en extensión al lado izquierdo del tronco. El codo derecho se situó parcialmente flexionado y el antebrazo en posición supina.
- Método: La medida representa la longitud de la mano. Una rama del antropómetro fue colocada en la mitad del estiloides y la otra rama se posicionó en el dactilión.

#### **8. Longitud del muslo**

- Definición: Es la distancia lineal entre el trocánter y el punto tibial lateral.
- Posición del participante: La persona asumió la posición de pie con los pies juntos y los brazos cruzados en el tórax.
- Método: La medida representa la longitud del muslo. Una rama del antropómetro se situó en la marca del trocánter y la otra rama fue situada en el punto lateral de la tibia.

- 9. Longitud de la pierna-tibia** - Definición: Es la distancia lineal entre el cóndilo lateral medial de la tibia y el maléolo medial de la tibia.

- Posición del participante: La persona se sentó con el tobillo derecho sobre la rodilla izquierda.

- Método: La medida representa la longitud de la tibia. Una rama del antropómetro se colocó en la parte superior de cóndilo de tibia y la otra rama se situó en el punto inferior del maléolo.

### **10. Longitud del pie**

- Definición: Es la distancia perpendicular entre el Pternion y el Akropodion.

- Posición del participante: La persona asumió una posición relajada de pie con los pies en una posición cómoda separados uno del otro, y el peso bien distribuido. Los brazos se situaron extendidos al lado del tronco.

- Método: El antropómetro se colocó paralelo al pie para facilitar la medición y se realizó una presión mínima en las ramas para tomar la medida desde el Pternion al Akropodion. La persona se situó encima del banco antropométrico para facilitar la medición.

### **11. Diámetro biacromial**

- Definición: Es la distancia lineal entre los puntos más distantes entre los acromios.

- Posición del participante: La persona se colocó en una posición relajada permaneciendo de pie con los brazos al lado del tronco.

- Método: La distancia fue medida con las ramas del antropómetro que se colocaron en los puntos más laterales de los acromios. El evaluador se situó detrás de la persona y colocó las ramas del antropómetro en los laterales de los acromios. El antropómetro se posicionó 30 grados hacia arriba y se hizo un poco de presión en la zona de los acromios para minimizar los tejidos blandos pero sin mover los hombros.

### **12. Diámetro biliocrestal**

- Definición: Es la distancia lineal entre los puntos más laterales de las crestas iliacas.

- Posición del participante: La persona se colocó en una posición relajada con los brazos cruzados en el pecho.

- Método: El evaluador se situó en frente de la persona y colocó las ramas del antropómetro en 45 grados hacia arriba situadas en los laterales de las crestas iliacas. El antropometrista realizó una presión firme para minimizar los tejidos blandos.

### **13. *Diámetro transversal del tórax***

- Definición: Es el ancho perpendicular del tórax cuando el antropómetro se sitúa a la altura mesoesternal.

- Posición del participante: La persona se situó en una postura relajada de pie con los brazos abducidos suficientemente para permitir situar las ramas del antropómetro en los bordes laterales de las costillas.

- Método: El evaluador se situó enfrente de la persona y colocó las ramas del antropómetro en los laterales de las costillas suprimiendo el musculo pectoral mayor y dorsales, aproximadamente debajo de las axilas, al lado de las costillas. Se realizó un poco de presión para reducir los tejidos blandos. La medida se tomó al final de la espiración.

### **14. *Diámetro antero-posterior del tórax***

- Definición: Es la profundidad perpendicular del tórax a la altura mesoesternal.

- Posición del participante: La persona se sentó con el tronco recto y los brazos relajados en el banco antropométrico.

- Método. Las ramas curvas del antropómetro grande se agarraron con los pulgares y con el segundo y tercer dedo, haciendo un poco de presión en los puntos donde se realizó la medida. El antropómetro se apoyó en el deltoides derecho de la persona para facilitar la medida. La persona respiró de manera normal y la punta de la rama curva de atrás se situó en la apófisis espinosa a la altura mesoesternal. La punta de la otra rama curva se colocó en el punto medio del cuerpo de esternón.

### **15. *Diámetro bitrocantéreo***

- Definición: Es la distancia máxima entre los trocánteres del fémur.

- Posición del participante: La persona se colocó de pie con los brazos cruzados en el tórax.

- Método: La antropometrista se situó delante de la persona evaluada y localizó el trocánter derecho y el trocánter izquierdo antes de colocar las ramas del antropómetro con presión en los dos trocánteres.

#### **16. Diámetro biestiloideo**

- Definición: Es la distancia entre las apófisis estiloides del cúbito y del radio.

- Posición del participante: Se situó de pie con el codo en flexión, el antebrazo en pronación y el dorso de la mano de frente al antropometrista.

- Método: La antropometrista se colocó delante de las y los participantes y localizó las apófisis estiloides con los dedos medios de cada mano. Colocó las ramas del paquímetro en los puntos de referencia en un ángulo de 45 grados sobre la horizontal aplicando una presión firme.

#### **17. Diámetro bicondíleo**

- Definición: Es la distancia máxima entre los dos cóndilos femorales.

- Posición del participante: La persona permaneció sentada con la pierna flexionada a nivel de la rodilla en ángulo recto con el muslo.

- Método: La antropometrista se situó de frente a la persona evaluada identificando con los dedos índices los dos cóndilos y buscando la máxima distancia entre los dos puntos antes de colocar las ramas del paquímetro en el cóndilo lateral y medial, orientando el paquímetro 45 grados y realizando una firme presión.

#### **18. Diámetro bimaleolar**

- Definición: Es la distancia máxima entre los maléolos lateral y medial del peroné y de la tibia.

- Posición del participante: La persona se colocó de pie en el banco antropométrico en una posición relajada.

- Método: Se situaron las ramas en 45 grados respecto a la horizontal en los maléolos manteniéndolas con una presión firme con los dedos índices hasta leer la medida.

### **2.3.5. Análisis estadístico**

Realizamos un análisis descriptivo de las características de las y los participantes del CAR de San Cugat y del CSD de Madrid, por grupos de estaturas. Los datos del CSD fueron analizados por la Dra. Alicia Canda de Madrid.

Nosotros realizamos pruebas de normalidad Kolmogórov-Smirnov, o de Shapiro-Wilks cuando el número de participantes del grupo a analizar era menor de 30. Después realizamos pruebas de igualdad de varianzas de Levene para confirmar la homogeneidad de las variables entre los grupos del CAR. A continuación realizamos pruebas paramétricas ANOVA para analizar las diferencias de las variables entre los grupos que cumplieron los requisitos. Cuando encontramos diferencias significativas en algunas de las variables, realizamos pruebas post hoc de Scheffe para conocer las diferencias significativas entre cada pareja de los grupos del estudio. Con los grupos que no cumplieron la normalidad y homogeneidad en algunas de las variables se realizaron pruebas no paramétricas con la prueba H de Kruskal Wallis. Y cuando encontramos diferencias significativas entre los grupos, se realizaron pruebas post hoc ANOVA de una vía de Kruskal Wallis.

Las variables entre los grupos del CAR y el CSD fueron comparadas con pruebas T para una muestra. Utilizamos este método debido a no tener los datos de Madrid en la base de datos de Barcelona. Las variables que no cumplieron la normalidad no se pudieron comparar con la prueba T de una muestra. Esas variables y otras se compararon por medio de porcentajes. Por otro lado, los grupos por estatura del CAR fueron comparados entre géneros realizando pruebas T de muestras independientes o pruebas U de Mann Whitney. Además, se realizaron pruebas T de una muestra para analizar las diferencias significativas con algunas variables de los modelos antropométricos de referencia utilizados en biomecánica deportiva.

El nivel de significancia establecido fue de  $p < 0,05$ . Para el análisis de los datos utilizamos el programa SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

## 2.4. RESULTADOS

Las características de los deportistas del CAR y el CSD se presentan a continuación.

**Tabla 2.1. Características de grupos del género masculino del CAR**

Variable	160,0-169,9 (n = 54)	170,0-179,9 (n = 152)	180,0-189,9 (n = 88)	190,0-199,9 (n = 29)	200,0-209,9 (n = 9)
Edad (años)	22,3 ± 5,6	22,8 ± 6,8	22,0 ± 5,4	21,5 ± 3,2	22,5 ± 3,4
Masa corporal (kg)	63,2 ± 6,5	69,8 ± 7,7	78,5 ± 8,6	85,0 ± 10,6	95,6 ± 9,3
Estatura (cm)	166,5 ± 2,4	175,1 ± 2,9	184,2 ± 2,8	194,4 ± 2,9	204,4 ± 3,1
Talla sentada (cm)	88,8 ± 2,9	92,6 ± 1,9	96,2 ± 2,3	99,6 ± 2,1	104,3 ± 1,9
Envergadura (cm)	170,3 ± 3,9	179,3 ± 4,2	189,0 ± 4,9	198,8 ± 3,9	206,3 ± 6,0
L. brazo (cm)	31,2 ± 1,4	32,5 ± 1,6	35,1 ± 1,5	36,8 ± 1,7	38,6 ± 1,4
L. antebrazo (cm)	23,5 ± 1,6	25,1 ± 1,8	26,0 ± 1,5	28,5 ± 1,3	29,3 ± 1,9
L. mano (cm)	19,1 ± 1,5	19,7 ± 1,6	20,8 ± 2,5	21,5 ± 1,5	22,4 ± 1,5
L. muslo (cm)	44,0 ± 2,1	45,9 ± 2,3	49,0 ± 2,6	52,5 ± 2,4	53,7 ± 3,5
L. pierna (cm)	37,4 ± 0,7	40,0 ± 0,8	42,6 ± 0,8	45,6 ± 0,8	48,5 ± 0,9
L. pie (cm)	25,5 ± 0,8	26,6 ± 0,9	27,6 ± 0,9	28,8 ± 1,2	29,7 ± 1,0
D. biacromial (cm)	38,5 ± 2,0	39,9 ± 1,8	41,7 ± 1,6	42,4 ± 1,7	43,5 ± 2,5
D. biiliocrestal (cm)	27,4 ± 1,4	28,6 ± 1,6	30,2 ± 1,6	30,9 ± 2,0	32,0 ± 1,7
D. trv. tórax (cm)	28,1 ± 1,8	29,3 ± 1,9	30,5 ± 1,9	31,3 ± 1,8	32,0 ± 1,2
D. a-p tórax (cm)	19,0 ± 1,4	19,7 ± 1,6	19,9 ± 1,9	20,4 ± 1,8	20,3 ± 1,9

Nota: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

**Tabla 2.2. Características de grupos del género masculino del CSD**

Variable	160,0-169,9 (n = 131)	170,0-179,9 (n = 470)	180,0-189,9 (n = 396)	190,0-199,9 (n = 84)	200,0-209,9 (n = 21)
Edad (años)	22,9 ± 4,6	23,3 ± 4,8	23,6 ± 4,9	24,4 ± 4,7	23,0 ± 4,4
Masa corporal (kg)	63,2 ± 7,9	70,0 ± 8,8	80,5 ± 11,6	91,8 ± 12,4	104,2 ± 11,6
Estatura (cm)	166,7 ± 2,6	175,5 ± 2,7	184,1 ± 2,7	194,0 ± 2,8	204,0 ± 2,6
Talla sentada (cm)	89,1 ± 2,1	92,8 ± 2,1	96,6 ± 2,1	100,3 ± 2,5	104,2 ± 2,5
Envergadura (cm)	169,9 ± 4,3	178,9 ± 4,9	187,4 ± 4,5	198,2 ± 5,6	208,4 ± 4,4
L. brazo (cm)	31,3 ± 1,1	33,1 ± 1,2	34,8 ± 1,1	37,0 ± 1,1	39,2 ± 1,3
L. antebrazo (cm)	24,0 ± 0,9	25,4 ± 1,1	26,8 ± 0,9	28,4 ± 1,0	30,3 ± 1,0
L. mano (cm)	18,2 ± 0,6	19,1 ± 0,8	19,9 ± 0,6	20,8 ± 0,9	21,8 ± 0,8
L. muslo (cm)	42,3 ± 1,7	44,9 ± 1,6	47,4 ± 1,7	50,1 ± 2,2	52,9 ± 1,3
L. pierna (cm)	36,2 ± 1,3	38,7 ± 1,4	41,2 ± 1,5	44,3 ± 1,4	47,2 ± 1,6
L. pie (cm)	24,7 ± 0,8	25,9 ± 0,9	27,2 ± 0,9	28,8 ± 1,1	30,3 ± 1,1
D. biacromial (cm)	38,9 ± 1,6	40,6 ± 1,6	42,1 ± 1,6	43,9 ± 1,6	45,1 ± 2,1
D. biiliocrestal (cm)	25,9 ± 1,3	27,3 ± 1,4	28,7 ± 1,7	30,1 ± 1,7	31,8 ± 1,6
D. trv. tórax (cm)	28,9 ± 1,9	29,7 ± 2,0	31,0 ± 2,1	32,0 ± 2,0	32,7 ± 1,9
D. a-p tórax (cm)	19,5 ± 1,4	20,2 ± 1,5	21,1 ± 2,0	22,1 ± 1,8	22,2 ± 1,8

Nota: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

Las tablas 2.1 y 2.2 muestran los valores de cada variable según grupos de estatura de los participantes del Centro de alto rendimiento (CAR) de San Cugat y el Consejo superior de deportes (CSD) de Madrid. Los grupos con mayor estatura tuvieron valores más altos en las diferentes variables antropométricas evaluadas a los deportistas de elite.

La tabla 2.3 presenta los resultados de los índices corporales calculados en los deportistas de elite del CAR de San Cugat. Los resultados de los índices fueron variados según los grupos de estatura. A continuación se muestran los valores de todos índices calculados con los deportistas del CAR. Varios índices tuvieron valores más altos en los grupos de más estatura: torácico, ponderal, crural, androgénico, Manouvrier y la longitud de pierna relativa.

**Tabla 2.3. Índices corporales del género masculino de los grupos del CAR**

Variable	160,0-169,9 (n = 54)	170,0-179,9 (n = 152)	180,0-189,9 (n = 88)	190,0 -199,9 (n = 29)	200,0-209,9 (n = 9)
Edad (años)	22,3 ± 5,6	22,8 ± 6,8	22,0 ± 5,4	21,5 ± 3,2	22,5 ± 3,4
Masa corporal (kg)	63,2 ± 6,5	69,8 ± 7,7	78,5 ± 8,6	85,0 ± 10,6	95,6 ± 9,3
Estatura (cm)	166,5 ± 2,4	175,1 ± 2,9	184,2 ± 2,8	194,4 ± 2,9	204,1 ± 3,1
LRMS	44,3 ± 1,2	44,2 ± 1,2	44,4 ± 1,3	44,7 ± 0,8	44,2 ± 1,3
L. brazo relativa	18,7 ± 0,8	18,6 ± 0,8	19,0 ± 0,7	18,9 ± 0,8	18,9 ± 0,6
L. antebrazo relativa	14,1 ± 1,0	14,3 ± 1,0	14,1 ± 0,8	14,7 ± 0,7	14,3 ± 0,9
L. mano relativa	11,4 ± 0,9	11,3 ± 0,9	11,4 ± 1,2	11,0 ± 0,7	11,0 ± 0,7
LRMI	52,5 ± 1,5	52,6 ± 1,3	53,4 ± 1,3	54,2 ± 1,1	53,9 ± 1,4
L. muslo relativa	26,4 ± 1,2	26,2 ± 1,2	26,6 ± 1,3	27,0 ± 1,0	26,2 ± 1,6
L. pierna relativa	22,5 ± 0,1	22,8 ± 0,1	23,1 ± 0,1	23,4 ± 0,1	23,8 ± 0,1
L. pie relativa	15,3 ± 0,5	15,2 ± 0,5	15,0 ± 0,5	14,8 ± 0,6	14,5 ± 0,4
I. envergadura relativa	102,2 ± 1,9	102,4 ± 1,9	102,6 ± 2,1	102,2 ± 1,8	100,9 ± 2,9
I. còrmico	53,3 ± 1,6	52,9 ± 1,0	52,2 ± 1,2	51,2 ± 0,9	51,0 ± 1,1
I. Manouvrier	87,4 ± 5,6	89,1 ± 3,7	91,4 ± 4,5	95,1 ± 3,7	96,0 ± 4,5
I. androgénico	71,2 ± 4,3	71,9 ± 4,7	72,5 ± 3,8	73,0 ± 5,5	73,8 ± 5,2
I. braquial	75,2 ± 6,9	77,0 ± 7,4	74,1 ± 5,6	77,7 ± 5,5	76,1 ± 4,1
I. crural	85,3 ± 4,2	87,2 ± 3,9	87,2 ± 4,2	87,0 ± 3,1	90,8 ± 6,0
I. ponderal	41,9 ± 1,3	42,6 ± 1,5	43,1 ± 1,6	44,3 ± 1,8	44,7 ± 1,3
I. torácico	147,4 ± 11,2	149,2 ± 12,8	154,4 ± 15,1	154,5 ± 12,9	159,0 ± 16,2

Nota: I = Índice; D = Diámetro; L = Longitud; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior.

La tabla 2.4 muestra los resultados por grupos de estatura de los índices corporales calculados en los deportistas de género masculino del CSD de Madrid. Algunos índices tuvieron valores similares o inferiores a grupos de más estatura.

**Tabla 2.4. Índices corporales del género masculino de los grupos del CSD**

Variable	160,0-169,9 (n = 131)	170,0-179,9 (n = 470)	180,0-189,9 (n = 396)	190,0-199,9 (n = 84)	200,0-209,9 (n = 21)
Edad (años)	22,9 ± 4,6	23,3 ± 4,8	23,6 ± 4,9	24,4 ± 4,7	23,0 ± 4,4
Masa corporal (kg)	63,2 ± 7,9	70,0 ± 8,8	80,5 ± 11,6	91,8 ± 12,4	104,2 ± 11,6
Estatura (cm)	166,7 ± 2,6	175,5 ± 2,7	184,1 ± 2,7	194,0 ± 2,8	204,0 ± 2,6
LRMS	44,1 ± 1,7	44,3 ± 1,0	44,3 ± 1,0	44,5 ± 0,9	44,8 ± 1,0
L. brazo relativa	18,7 ± 0,6	18,8 ± 0,6	18,9 ± 0,5	19,0 ± 0,4	19,2 ± 0,6
L. antebrazo relativa	14,4 ± 0,5	14,5 ± 0,6	14,5 ± 0,4	14,6 ± 0,4	14,8 ± 0,5
L. mano relativa	10,9 ± 0,3	10,9 ± 0,4	10,8 ± 0,3	10,7 ± 0,4	10,7 ± 0,3
LRMI	51,3 ± 1,1	51,8 ± 1,0	52,2 ± 1,0	52,8 ± 1,3	53,2 ± 1,0
L. muslo relativa	25,4 ± 0,9	25,6 ± 0,8	25,7 ± 0,8	25,8 ± 1,0	25,9 ± 0,6
L. pierna relativa	21,7 ± 0,6	22,0 ± 0,6	22,3 ± 0,7	22,8 ± 0,6	23,1 ± 0,7
L. pie relativa	14,8 ± 0,4	14,8 ± 0,5	14,7 ± 0,4	14,8 ± 0,5	14,8 ± 0,5
IER	101,9 ± 2,1	101,9 ± 2,2	101,7 ± 2,1	102,1 ± 2,3	102,1 ± 1,9
I. còrmico	53,4 ± 1,1	52,9 ± 1,0	52,4 ± 1,0	51,7 ± 1,2	51,0 ± 1,0
I. Manouvrier	87,2 ± 3,9	89,0 ± 3,9	90,7 ± 3,6	93,4 ± 4,7	95,9 ± 4,1
I. androgénico	66,5 ± 3,2	67,2 ± 3,3	68,3 ± 3,7	68,5 ± 3,4	70,7 ± 3,3
I. braquial	76,8 ± 3,0	76,9 ± 3,7	77,0 ± 2,9	76,8 ± 2,5	77,2 ± 3,5
I. crural	85,6 ± 3,2	86,2 ± 3,3	86,9 ± 3,5	88,6 ± 3,6	89,3 ± 2,4
I. ponderal	42,0 ± 1,5	42,7 ± 1,6	42,8 ± 1,8	43,1 ± 1,8	43,4 ± 1,5
I. torácico	148,3 ± 11,9	147,4 ± 12,1	147,4 ± 12,7	145,4 ± 11,9	147,8 ± 12,8

Nota: I = Índice; D = Diámetro; L = Longitud; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; IER = Índice Envergadura Relativa.

Las tablas 2.5 y 2.6 muestran las características de las deportistas de elite del CAR de San Cugat y del CSD de Madrid. Se crearon tres grupos según la estatura de las deportistas del CAR y 5 grupos con las deportistas del CSD. Las medidas anatómicas tuvieron valores más altos en los grupos de más estatura. Sin embargo, los índices corporales tuvieron resultados diferentes sin seguir una tendencia. A continuación se describen los valores de las diferentes variables estudiadas en cada grupo de las deportistas de elite.



**Tabla 2.5. Características de grupos del género femenino del CAR**

Variable	150,0-159,9 (n = 26)	160,0-169,9 (n = 58)	170,0-179,9 (n = 49)
Edad (años)	18,1 ± 4,2	19,0 ± 4,2	20,2 ± 4,3
Masa corporal (kg)	48,7 ± 6,8	56,2 ± 9,4	62,7 ± 5,3
Estatura (cm)	156,5 ± 2,0	165,0 ± 2,9	173,3 ± 2,2
Talla sentada (cm)	83,5 ± 1,8	87,0 ± 2,8	91,0 ± 2,1
Envergadura (cm)	158,7 ± 4,3	167,5 ± 4,9	175,3 ± 4,8
L. brazo (cm)	29,2 ± 2,2	30,9 ± 1,5	32,1 ± 1,5
L. antebrazo (cm)	21,1 ± 2,1	23,4 ± 1,3	24,2 ± 1,7
L. mano (cm)	17,5 ± 1,3	18,3 ± 1,5	19,5 ± 2,4
L. muslo (cm)	42,3 ± 2,7	44,8 ± 2,3	46,8 ± 2,0
L. pierna (cm)	35,3 ± 0,5	37,6 ± 0,7	39,8 ± 0,6
L. pie (cm)	23,2 ± 0,7	24,3 ± 0,9	25,5 ± 0,9
D. biacromial (cm)	35,4 ± 1,0	36,7 ± 1,7	37,9 ± 1,5
D. biiliocrestal (cm)	25,7 ± 1,7	27,7 ± 1,8	29,0 ± 1,5
D. trv. tórax (cm)	25,0 ± 1,0	26,1 ± 1,5	27,3 ± 1,4
D. a-p tórax (cm)	16,2 ± 1,3	17,0 ± 1,9	17,4 ± 1,4

Nota: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

**Tabla 2.6. Características de grupos del género femenino del CSD**

Variable	140,0-149,9 (n = 9)	150,0-159,9 (n = 137)	160,0-169,9 (n = 430)	170,0-179,9 (n = 208)	180,0-189,9 (n = 22)
Edad (años)	18,9 ± 3,7	21,2 ± 4,9	21,8 ± 5,1	21,9 ± 4,8	23,9 ± 21,8
Masa corporal (kg)	41,9 ± 6,6	51,4 ± 4,9	57,8 ± 6,8	66,1 ± 8,0	71,9 ± 6,3
Estatura (cm)	147,5 ± 2,0	156,7 ± 2,6	164,9 ± 2,9	173,4 ± 2,6	184,5 ± 2,8
Talla sentada (cm)	78,5 ± 2,6	84,1 ± 2,2	87,7 ± 2,2	91,2 ± 2,2	95,0 ± 1,8
Envergadura (cm)	150,0 ± 3,7	157,4 ± 4,4	165,7 ± 4,7	174,5 ± 5,1	185,0 ± 5,0
L. brazo (cm)	27,4 ± 0,7	29,3 ± 1,0	30,8 ± 1,1	32,6 ± 1,2	35,0 ± 1,2
L. antebrazo (cm)	20,8 ± 0,4	22,0 ± 0,8	23,3 ± 0,9	24,7 ± 1,0	26,5 ± 1,0
L. mano (cm)	16,3 ± 0,8	16,9 ± 0,7	17,6 ± 0,6	18,5 ± 0,7	19,3 ± 0,8
L. muslo (cm)	38,2 ± 1,1	40,5 ± 1,6	42,7 ± 1,7	45,4 ± 1,9	49,4 ± 1,8
L. pierna (cm)	32,5 ± 0,6	34,2 ± 1,3	36,4 ± 1,4	38,8 ± 1,4	42,2 ± 1,4
L. pie (cm)	21,6 ± 0,9	22,7 ± 0,7	23,7 ± 0,8	24,9 ± 0,9	26,2 ± 1,2
D. biacromial (cm)	33,7 ± 1,7	35,1 ± 1,2	36,6 ± 1,3	38,1 ± 1,4	39,3 ± 1,5
D. biiliocrestal (cm)	22,4 ± 1,2	25,2 ± 1,3	26,6 ± 1,4	28,0 ± 1,4	29,2 ± 1,4
D. trv. tórax (cm)	24,2 ± 1,8	25,7 ± 1,4	26,4 ± 1,4	27,6 ± 1,4	27,9 ± 1,6
D. a-p tórax (cm)	15,9 ± 1,2	17,7 ± 1,0	17,8 ± 1,4	18,6 ± 1,5	18,8 ± 1,8

Nota: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

La tabla 2.7 presenta los resultados de los índices antropométricos en los tres grupos por estatura de las deportistas de elite del CAR de San Cugat. Algunos índices no aumentaron en los grupos que tuvieron más estatura. En algunos casos, los valores son iguales o incluso más bajos entre el primer grupo y el tercer grupo.

La LRMS tuvo valores más altos en el segundo grupo que en el tercero. La longitud del brazo relativa fue menor en el tercer grupo que en el primero. La longitud de la mano relativa tuvo el mismo valor en el primer grupo que en el tercero. La longitud del muslo relativa fue igual en los tres grupos. El índice de Manouvrier y el índice córmico tuvieron resultados opuestos. El IER fue de más a menos según iba aumentando la estatura, pero con valores muy similares.

**Tabla 2.7. Índices corporales del género femenino de los grupos del CAR**

Variable	150,0-159,9 (n = 26)	160,0-169,9 (n = 58)	170,0-179,9 (n = 49)
Edad (años)	18,1 ± 4,3	19,0 ± 4,2	18,7 ± 3,1
Masa corporal (kg)	48,7 ± 6,8	56,2 ± 9,4	62,7 ± 5,4
Estatura (cm)	156,5 ± 2,0	165,0 ± 2,9	173,3 ± 2,2
LRMS	43,0 ± 3,5	44,0 ± 1,5	43,8 ± 1,4
L. brazo relativa	18,6 ± 1,3	18,7 ± 0,9	18,5 ± 0,8
L. antebrazo relativa	13,5 ± 1,3	14,2 ± 0,9	14,0 ± 0,9
L. mano relativa	11,2 ± 0,9	11,1 ± 0,9	11,2 ± 1,4
LRMI	53,3 ± 1,8	53,4 ± 1,8	53,2 ± 2,1
L. muslo relativa	27,0 ± 1,6	27,0 ± 1,6	27,0 ± 1,0
L. pierna relativa	22,6 ± 0,1	22,8 ± 0,1	23,0 ± 0,1
L. pie relativa	14,8 ± 0,4	14,7 ± 0,5	14,7 ± 0,6
I. Manouvrier	87,4 ± 4,5	89,6 ± 5,1	90,5 ± 4,0
IER	101,9 ± 3,5	101,5 ± 2,3	101,1 ± 2,3
I. córmico	53,3 ± 1,2	52,7 ± 1,4	52,5 ± 1,1
I. androgénico	87,4 ± 4,5	89,6 ± 5,1	90,5 ± 4,0
I. braquial	73,9 ± 7,9	76,0 ± 5,6	75,4 ± 8,3
I. crural	83,8 ± 4,8	84,1 ± 4,2	85,4 ± 6,1
I. ponderal	43,0 ± 2,1	43,3 ± 2,2	43,7 ± 1,2
I. torácico	155,3 ± 11,5	154,7 ± 14,1	156,0 ± 17,5

Nota: I = Índice; D = Diámetro; L = Longitud; LRMS = Longitud Miembro Superior; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; IER = Índice Envergadura Relativa.

La tabla 2.8 presenta los resultados de los índices antropométricos de las deportistas de elite del CSD. Algunos índices aumentaron a partir del segundo grupo, por ejemplo las siguientes variables: LRMI, longitud del brazo relativa, longitud del antebrazo relativa, longitud del muslo relativa, longitud pierna relativa, índice de Manouvrier, índice androgénico e índice ponderal.

Sin embargo, los valores de otros índices no aumentaron progresivamente con la estatura. Podemos destacar los siguientes índices: IER, índice torácico y longitud del pie relativa, entre otros. El índice córmico tuvo valores más pequeños en los grupos de más estatura.

**Tabla 2.8. Índices corporales del género femenino de los grupos del CSD**

Variable	140,0-149,9 (n = 9)	150,0-159,9 (n = 137)	160,0-169,9 (n = 430)	170,0-179,9 (n = 208)	180,0-189,9 (n = 22)
Edad (años)	18,9 ± 3,7	21,2 ± 4,9	21,8 ± 5,1	21,9 ± 4,8	23,9 ± 21,8
Masa corporal (kg)	41,9 ± 6,6	51,4 ± 4,9	57,8 ± 6,8	66,1 ± 8,0	71,9 ± 6,3
Estatura (cm)	147,5 ± 2,0	156,7 ± 2,6	164,9 ± 2,9	173,4 ± 2,6	184,5 ± 2,8
LRMS	43,8 ± 0,8	43,5 ± 1,1	43,5 ± 1,1	43,7 ± 1,0	43,8 ± 1,2
L. brazo relativa	18,6 ± 0,4	18,7 ± 0,5	18,7 ± 0,5	18,8 ± 0,6	19,0 ± 0,6
L. antebrazo relativa	14,1 ± 0,3	14,0 ± 0,5	14,1 ± 0,5	14,2 ± 0,5	14,3 ± 0,5
L. mano relativa	11,1 ± 0,6	10,7 ± 0,4	10,7 ± 0,3	10,6 ± 0,3	10,4 ± 0,4
LRMI	52,2 ± 1,0	51,4 ± 1,2	51,8 ± 1,3	52,2 ± 1,3	53,4 ± 1,2
L. muslo relativa	25,9 ± 0,5	25,8 ± 0,9	25,8 ± 0,9	26,1 ± 1,0	26,7 ± 1,0
L. pierna relativa	22,1 ± 0,5	21,8 ± 0,7	22,0 ± 0,7	22,4 ± 0,7	22,9 ± 0,6
L. pie relativa	14,6 ± 0,5	14,5 ± 0,4	14,4 ± 0,4	14,4 ± 0,5	14,2 ± 0,6
I. Manouvrier	88,0 ± 4,8	86,5 ± 4,1	88,2 ± 4,2	90,2 ± 4,1	94,2 ± 3,1
IER	101,6 ± 2,0	100,4 ± 2,2	100,4 ± 2,0	100,6 ± 2,1	100,2 ± 3,0
I. córmico	53,2 ± 1,3	53,6 ± 1,1	53,1 ± 1,2	52,5 ± 1,1	51,5 ± 0,8
I. androgénico	66,5 ± 2,4	71,8 ± 4,0	72,8 ± 3,9	73,5 ± 3,8	74,3 ± 3,5
I. braquial	75,9 ± 3,0	75,2 ± 2,7	75,8 ± 2,9	75,9 ± 3,1	75,6 ± 2,5
I. crural	85,3 ± 3,0	84,5 ± 3,9	85,3 ± 3,4	85,6 ± 3,6	85,6 ± 3,7
I. ponderal	42,6 ± 1,8	42,2 ± 1,3	42,7 ± 1,5	43,0 ± 1,6	44,4 ± 1,4
I. torácico	152,8 ± 20,1	150,1 ± 11,5	148,9 ± 12,1	149,2 ± 12,0	149,6 ± 15,9

Nota: I = Índice; D = Diámetro; L = Longitud; LRMS = Longitud Miembro Superior; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; IER = Índice Envergadura Relativa.

La tabla 2.9 describe los diámetros de los deportistas de elite que fueron evaluados en el CAR de San Cugat durante el año 2010. Los diámetros tuvieron valores altos en los grupos con más estatura.

**Tabla 2.9. Diámetros de deportistas género masculino del CAR del año 2010**

Variable	160,0-169,9 (n = 35)	170,0-179,9 (n = 123)	180,0-189,9 (n = 166)	190,0-199,9 (n = 30)
Edad (años)	21,4 ± 5,6	26,8 ± 9,7	24,9 ± 8,2	21,2 ± 4,7
Masa corporal (kg)	61,5 ± 5,7	71,2 ± 6,9	80,7 ± 9,2	86,2 ± 7,3
Estatura (cm)	166,7 ± 2,4	175,7 ± 2,6	184,0 ± 2,6	192,9 ± 2,2
D. biacromial (cm)	38,4 ± 2,0	40,8 ± 1,8	42,3 ± 1,8	42,8 ± 2,0
D. biiliocrestal (cm)	27,9 ± 1,7	29,0 ± 1,8	30,0 ± 1,7	30,6 ± 1,4
D. bitrocantéreo (cm)	29,2 ± 1,7	30,7 ± 1,3	31,9 ± 1,4	31,5 ± 2,1
D. trv. tórax (cm)	27,6 ± 2,0	29,4 ± 2,0	30,9 ± 2,6	32,1 ± 2,7
D. a-p tórax (cm)	18,5 ± 2,2	19,3 ± 1,8	19,9 ± 2,0	20,2 ± 2,0
D. biestiloideo (cm)	5,5 ± 0,3	5,8 ± 0,2	6,1 ± 0,3	6,3 ± 0,2
D. bicondíleo (cm)	9,6 ± 0,3	9,9 ± 0,5	10,3 ± 0,5	10,4 ± 0,3
D. bimalleolar (cm)	6,9 ± 0,4	7,2 ± 0,4	7,6 ± 0,3	7,8 ± 0,3

Nota: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

La tabla 2.10 describe los diámetros de las deportistas de elite que fueron evaluadas en el CAR el año 2010. Los diámetros también midieron más en los grupos con más estatura.

**Tabla 2.10. Diámetros de deportistas de género femenino del CAR año 2010**

Variable	150,0-159,9 (n = 27)	160,0-169,9 (n = 117)	170,0-179,9 (n = 87)	180,0-189,9 (n = 18)
Edad (años)	19,8 ± 6,8	20,7 ± 5,6	20,5 ± 4,3	23,3 ± 4,6
Masa corporal (kg)	48,9 ± 4,2	56,3 ± 5,8	63,8 ± 5,9	74,1 ± 7,4
Estatura (cm)	155,9 ± 2,7	165,5 ± 2,9	173,1 ± 2,5	184,0 ± 2,7
D. biacromial (cm)	35,5 ± 1,2	37,0 ± 1,5	39,1 ± 1,5	39,6 ± 2,3
D. biiliocrestal (cm)	25,7 ± 1,2	27,4 ± 1,2	28,4 ± 1,1	29,5 ± 1,9
D. bitrocantéreo (cm)	27,8 ± 1,5	29,8 ± 1,1	30,9 ± 1,2	32,7 ± 1,9
D. trv. tórax (cm)	25,0 ± 0,9	26,1 ± 1,4	27,4 ± 1,5	27,9 ± 1,9
D. a-p tórax (cm)	15,9 ± 1,2	16,6 ± 1,4	17,2 ± 1,5	18,4 ± 1,4
D. biestiloideo (cm)	5,1 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,4 ± 0,2	5,7 ± 0,2
D. bicondíleo (cm)	8,8 ± 0,3	9,2 ± 0,4	9,5 ± 0,5	10,1 ± 0,5
D. bimalleolar (cm)	6,2 ± 0,3	6,4 ± 0,3	6,7 ± 0,3	7,2 ± 0,3

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal.

La tabla 2.11 compara las variables entre los grupos de género masculino del CAR. Se encontraron diferencias significativas en todas las variables antropométricas.

**Tabla 2.11. Comparación de los grupos masculinos del CAR**

Variable	Grupo	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S o S-W	Sig. Levene	Sig. Comparación
Edad	1	22,3 ± 5,6	0,005 <sup>K-S</sup>	0,004	0,932 <sup>a</sup>
	2	22,8 ± 6,8	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	22,0 ± 5,4	0,001 <sup>K-S</sup>		
	4	21,5 ± 3,2	0,033 <sup>S-W</sup>		
	5	22,5 ± 3,4	0,413 <sup>S-W</sup>		
Masa corporal	1	63,2 ± 7,9	0,200 <sup>K-S</sup>	0,020	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	70,0 ± 8,8	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	80,5 ± 11,6	0,023 <sup>K-S</sup>		
	4	91,8 ± 12,4	0,473 <sup>S-W</sup>		
	5	104,2 ± 11,6	0,777 <sup>S-W</sup>		
Estatura	1	166,5 ± 2,4	0,200 <sup>K-S</sup>	0,170	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	175,1 ± 2,9	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	184,2 ± 2,8	0,011 <sup>K-S</sup>		
	4	194,4 ± 2,9	0,049 <sup>S-W</sup>		
	5	204,4 ± 3,1	0,108 <sup>S-W</sup>		
Talla sentada	1	88,9 ± 2,9	0,200 <sup>K-S</sup>	0,002	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	92,6 ± 1,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	96,2 ± 2,3	0,048 <sup>K-S</sup>		
	4	99,6 ± 2,1	0,458 <sup>S-W</sup>		
	5	104,3 ± 1,9	0,165 <sup>S-W</sup>		
Envergadura	1	170,3 ± 3,9	0,096 <sup>K-S</sup>	0,170	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	179,3 ± 4,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	189,0 ± 4,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	198,8 ± 3,9	0,807 <sup>S-W</sup>		
	5	206,3 ± 6,0	0,207 <sup>S-W</sup>		
Longitud brazo	1	31,2 ± 1,4	0,200 <sup>K-S</sup>	0,921	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	32,5 ± 1,6	0,025 <sup>K-S</sup>		
	3	35,1 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	36,8 ± 1,7	0,834 <sup>S-W</sup>		
	5	38,6 ± 1,4	0,832 <sup>S-W</sup>		
Longitud antebrazo	1	23,5 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>	0,113	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	25,1 ± 1,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	26,0 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	28,5 ± 1,3	0,812 <sup>S-W</sup>		
	5	29,3 ± 1,9	0,875 <sup>S-W</sup>		

Longitud mano	1	19,1 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>	0,368	0,000 *** a
	2	19,7 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	20,8 ± 2,5	0,000 <sup>K-S</sup>		
	4	21,5 ± 1,5	0,061 <sup>S-W</sup>		
	5	22,4 ± 1,5	0,179 <sup>S-W</sup>		
Longitud muslo	1	44,0 ± 2,1	0,029 <sup>K-S</sup>	0,581	0,000 *** a
	2	45,9 ± 2,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	49,0 ± 2,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	52,5 ± 2,4	0,195 <sup>S-W</sup>		
	5	53,7 ± 3,5	0,881 <sup>S-W</sup>		
Longitud pierna	1	37,4 ± 0,7	0,200 <sup>K-S</sup>	0,170	0,000 *** a
	2	40,0 ± 0,8	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	42,6 ± 0,8	0,011 <sup>K-S</sup>		
	4	45,6 ± 0,8	0,049 <sup>S-W</sup>		
	5	48,5 ± 0,9	0,108 <sup>S-W</sup>		
Longitud pie	1	25,5 ± 0,8	0,163 <sup>K-S</sup>	0,417	0,000 *** a
	2	26,6 ± 0,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	27,6 ± 0,9	0,033 <sup>K-S</sup>		
	4	28,8 ± 1,2	0,094 <sup>S-W</sup>		
	5	29,7 ± 1,0	0,926 <sup>S-W</sup>		
Diámetro biacromial	1	38,6 ± 2,0	0,200 <sup>K-S</sup>	0,215	0,000 *** b
	2	39,9 ± 1,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	41,7 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	42,4 ± 1,7	0,667 <sup>S-W</sup>		
	5	43,5 ± 2,5	0,897 <sup>S-W</sup>		
Diámetro biiliocrestal	1	27,4 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>	0,646	0,000 *** a
	2	28,6 ± 1,6	0,042 <sup>K-S</sup>		
	3	30,2 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	30,9 ± 2,0	0,059 <sup>S-W</sup>		
	5	32,0 ± 1,7	0,519 <sup>S-W</sup>		
Diámetro transversal tórax	1	28,1 ± 1,8	0,200 <sup>K-S</sup>	0,887	0,000 *** b
	2	29,3 ± 1,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	30,5 ± 1,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	31,3 ± 1,8	0,433 <sup>S-W</sup>		
	5	32,0 ± 1,2	0,234 <sup>S-W</sup>		
Diámetro antero- posterior tórax	1	19,0 ± 1,4	0,200 <sup>K-S</sup>	0,021	0,005 ** a
	2	19,7 ± 1,6	0,006 <sup>K-S</sup>		
	3	19,9 ± 1,9	0,010 <sup>K-S</sup>		
	4	20,4 ± 1,8	0,345 <sup>S-W</sup>		
	5	20,3 ± 1,9	0,858 <sup>S-W</sup>		

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5).  
 Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov; S-W = Shapiro-Wilk; <sup>a</sup> Kruskal Wallis; <sup>b</sup> ANOVA. \*\* p < 0,01.  
 \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.12 muestra las diferencias por parejas entre los grupos masculinos del CAR. No se encontraron diferencias significativas entre el grupo 4 y 5. Tampoco encontramos diferencias en el diámetro biiliocrestal entre los grupos 3 y 4. En general, los demás grupos tuvieron diferencias significativas.

**Tabla 2.12. Post hoc para Kruskal Wallis en los grupos masculinos del CAR**

Variable	Grupo	2	3	4	5
Masa corporal	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,097	0,014 *
	4				0,184
Estatura	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 **	0,021 *
	4				0,604
Talla sentada	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 **	0,008 **
	4				0,422
Longitud brazo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,016 *	0,018 *
	4				0,408
Longitud mano	1	0,013 *	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,022 *	0,010 *
	4				0,276
Longitud muslo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,000 ***	0,023 *
	4				0,896
Longitud pierna	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 **	0,021 *
	4				0,604
Longitud pie	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 **	0,009 **
	4				0,424
Diámetro biiliocrestal	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,192	0,044 *
	4				0,264
Diámetro antero-posterior tórax	1	0,021 *	0,002 **	0,001 **	0,074
	2		0,215	0,048 *	0,416
	3			0,273	0,747
	4				0,749

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.13 muestra las diferencias de otras variables en los deportistas de elite del CAR. La envergadura tuvo diferencias significativas entre todos los grupos comparados. La longitud del antebrazo tuvo diferencias significativas entre casi todos los grupos excepto entre el grupo 4 y 5. El diámetro biacromial y el diámetro transversal del tórax tuvieron diferencias significativas entre varios grupos excepto entre los grupos 3-4, 3-5 y 4-5. A continuación se pueden ver detalladamente las diferencias entre todas las combinaciones posibles a pares.

**Tabla 2.13. Post hoc de Scheffe entre grupos masculinos del CAR**

Variable	Grupo	2	3	4	5
Envergadura	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,000 ***	0,000 ***
	4				0,001 **
Longitud antebrazo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,013 *	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,000 ***	0,000 ***
	4				0,821
Diámetro biacromial	1	0,001 **	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,475	0,097
	4				0,674
Diámetro transversal tórax	1	0,003 **	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,002 **
	3			0,405	0,333
	4				0,950

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5).  
 .\* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.14 describe las diferencias en los índices entre todos los grupos de los deportistas del CAR. No se encontraron diferencias significativas en el LRMS, en la longitud de la mano relativa, el IER y el índice androgénico. Las otras variables tuvieron diferencias significativas. Se realizaron pruebas paramétricas y no paramétricas para ver si había diferencias estadísticas significativas.



**Tabla 2.14. Comparación de los índices en grupos masculinos del CAR**

Variable	Grupo	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S o S-W	Sig. Levene	Sig. Comparación
LRMS	1	44,3 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>	0,300	0,452 <sup>b</sup>
	2	44,2 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	44,4 ± 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	44,7 ± 0,8	0,265 <sup>S-W</sup>		
	5	44,2 ± 1,3	0,624 <sup>S-W</sup>		
Longitud brazo relativa	1	18,7 ± 0,8	0,200 <sup>K-S</sup>	0,750	0,004 <sup>*** a</sup>
	2	18,6 ± 0,8	0,008 <sup>K-S</sup>		
	3	19,0 ± 0,7	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	18,9 ± 0,8	0,981 <sup>S-W</sup>		
	5	18,9 ± 0,6	0,850 <sup>S-W</sup>		
Longitud antebrazo relativa	1	14,1 ± 1,0	0,200 <sup>K-S</sup>	0,020	0,027 <sup>* a</sup>
	2	14,3 ± 1,0	0,074 <sup>K-S</sup>		
	3	14,1 ± 0,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	14,7 ± 0,7	0,368 <sup>S-W</sup>		
	5	14,3 ± 0,9	0,655 <sup>S-W</sup>		
Longitud mano relativa	1	11,4 ± 0,9	0,200 <sup>K-S</sup>	0,371	0,117 <sup>a</sup>
	2	11,3 ± 0,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	11,4 ± 1,2	0,000 <sup>K-S</sup>		
	4	11,0 ± 0,7	0,123 <sup>S-W</sup>		
	5	11,0 ± 0,7	0,181 <sup>S-W</sup>		
LRMI	1	52,5 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>	0,402	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	52,6 ± 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	53,4 ± 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	54,2 ± 1,1	0,819 <sup>S-W</sup>		
	5	53,9 ± 1,4	0,420 <sup>S-W</sup>		
Longitud muslo relativa	1	26,4 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>	0,588	0,020 <sup>*** b</sup>
	2	26,2 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	26,6 ± 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	27,0 ± 1,0	0,323 <sup>S-W</sup>		
	5	26,2 ± 1,6	0,792 <sup>S-W</sup>		
Longitud pierna relativa	1	22,5 ± 0,1	0,200 <sup>K-S</sup>	0,294	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	22,8 ± 0,1	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	23,1 ± 0,1	0,017 <sup>K-S</sup>		
	4	23,4 ± 0,1	0,052 <sup>S-W</sup>		
	5	23,8 ± 0,1	0,107 <sup>S-W</sup>		
Longitud pie relativa	1	15,3 ± 0,5	0,200 <sup>K-S</sup>	0,672	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	15,2 ± 0,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	15,0 ± 0,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	14,8 ± 0,6	0,343 <sup>S-W</sup>		
	5	14,5 ± 0,4	0,222 <sup>S-W</sup>		

IER	1	102,2 ± 1,9	0,191 <sup>K-S</sup>	0,216	0,211 <sup>b</sup>
	2	102,4 ± 1,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	102,6 ± 2,1	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	102,2 ± 1,8	0,455 <sup>S-W</sup>		
	5	100,9 ± 2,9	0,439 <sup>S-W</sup>		
Índice córmico	1	53,3 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>	0,004	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	52,9 ± 1,0	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	52,2 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	51,2 ± 0,9	0,930 <sup>S-W</sup>		
	5	51,0 ± 1,1	0,709 <sup>S-W</sup>		
Índice Manouvrier	1	87,4 ± 5,6	0,200 <sup>K-S</sup>	0,015	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	89,1 ± 3,7	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	91,4 ± 4,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	95,1 ± 3,7	0,881 <sup>S-W</sup>		
	5	96,0 ± 4,5	0,587 <sup>S-W</sup>		
Índice braquial	1	75,2 ± 6,9	0,200 <sup>K-S</sup>	0,153	0,032 <sup>* a</sup>
	2	77,0 ± 7,4	0,001 <sup>K-S</sup>		
	3	74,1 ± 5,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	77,7 ± 5,5	0,054 <sup>S-W</sup>		
	5	76,1 ± 4,1	0,561 <sup>S-W</sup>		
Índice crural	1	85,3 ± 4,2	0,200 <sup>K-S</sup>	0,378	0,002 <sup>** b</sup>
	2	87,2 ± 3,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	87,2 ± 4,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	87,0 ± 3,1	0,578 <sup>S-W</sup>		
	5	90,8 ± 6,0	0,428 <sup>S-W</sup>		
Índice ponderal	1	41,9 ± 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>	0,465	0,000 <sup>*** b</sup>
	2	42,6 ± 1,5	0,055 <sup>K-S</sup>		
	3	43,1 ± 1,6	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	44,3 ± 1,8	0,677 <sup>S-W</sup>		
	5	44,7 ± 1,3	0,533 <sup>S-W</sup>		
Índice torácico	1	147,4 ± 11,2	0,200 <sup>K-S</sup>	0,341	0,016 <sup>* a</sup>
	2	149,2 ± 12,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	154,4 ± 15,1	0,035 <sup>K-S</sup>		
	4	154,5 ± 12,9	0,024 <sup>S-W</sup>		
	5	159,0 ± 16,2	0,680 <sup>S-W</sup>		
Índice androgénico	1	71,2 ± 4,3	0,200 <sup>K-S</sup>	0,476	0,221 <sup>b</sup>
	2	71,9 ± 4,7	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	72,5 ± 3,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	73,0 ± 5,5	0,322 <sup>S-W</sup>		
	5	73,8 ± 5,2	0,150 <sup>S-W</sup>		

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5). K-S = Kolmogórov-Smirnov; S-W = Shapiro-Wilk; <sup>a</sup> Kruskal Wallis; <sup>b</sup> ANOVA. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.15 presenta las diferencias de algunos índices entre los grupos del CAR. Los índices no tuvieron diferencias significativas entre los grupos 4 y 5. Las otras combinaciones posibles tuvieron sobre todo diferencias significativas en la longitud pierna relativa, el índice córmico y en el índice de Manouvrier.

**Tabla 2.15. Post hoc para Kruskal Wallis de índices entre grupos masculinos del CAR**

Variable	Grupo	2	3	4	5
Longitud brazo relativa	1	0,236	0,065	0,432	0,879
	2		0,000 ***	0,069	0,480
	3			0,519	0,450
	4				0,741
Longitud antebrazo relativa	1	0,215	0,990	0,004 **	0,544
	2		0,146	0,023 *	0,950
	3			0,002 **	0,537
	4				0,249
Longitud pierna relativa	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 ***	0,021 **
	4				0,604
Índice córmico	1	0,155	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	3			0,000 ***	0,014 *
	4				0,861
Índice Manouvrier	1	0,109	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***	0,001 **
	3			0,000 ***	0,015 **
	4				0,858
Índice braquial	1	0,109	0,548	0,066	0,599
	2		0,008 **	0,404	0,851
	3			0,014 *	0,403
	4				0,541
Índice torácico	1	0,298	0,008 **	0,039 *	0,030 *
	2		0,029 *	0,126	0,071
	3			0,933	0,350
	4				0,418

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5).  
\* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.16 presenta las diferencias de los índices entre los grupos de género masculino del CAR. El índice ponderal fue la variable donde se encontraron más combinaciones de grupos con diferencias significativas.

La longitud del muslo relativa no tuvo ningún grupo con diferencias significativas. El LRMI, la longitud del pie relativa y el índice crural tuvieron pocos grupos con diferencias significativas. A continuación se pueden ver los valores de significación de las variables entre los grupos delladamente.

**Tabla 2.16. Post hoc de Scheffe en índices de grupos masculinos del CAR**

Variables	Grupos	2	3	4	5
LRMI	1	1,000	0,017 *	0,000 ***	0,108
	2		0,001 **	0,000 ***	0,100
	3			0,111	0,870
	4				0,991
Longitud muslo relativa	1	0,925	0,936	0,404	0,998
	2		0,269	0,061	1,000
	3			0,728	0,956
	4				0,664
Longitud pie relativa	1	0,268	0,006 **	0,001 **	0,000 ***
	2		0,292	0,040 *	0,009 **
	3			0,622	0,102
	4				0,604
Índice crural	1	0,086	0,155	0,519	0,009 **
	2		1,000	1,000	0,166
	3			1,000	0,176
	4				0,220
Índice ponderal	1	0,059	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,239	0,000 ***	0,003 **
	3			0,009 **	0,060
	4				0,975

Notas: D = Diámetro; A = Anterior; P = Posterior; 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.17 muestra las diferencias entre los grupos femeninos del CAR. Todas las variables tuvieron diferencias significativas entre los grupos.

**Tabla 2.17. Comparación del género femenino de los grupos del CAR**

Variable	Grupo	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S o S-W	Sig. Levene	Sig. Comparación
Edad	1	18,1 $\pm$ 4,2	0,001 <sup>S-W</sup>	0,944	0,028 * a
	2	19,0 $\pm$ 4,2	0,001 <sup>K-S</sup>		
	3	20,2 $\pm$ 4,3	0,007 <sup>K-S</sup>		
Masa corporal	1	48,7 $\pm$ 6,8	0,590 <sup>S-W</sup>	0,040	0,000 *** a
	2	56,2 $\pm$ 9,4	0,018 <sup>K-S</sup>		
	3	62,7 $\pm$ 5,4	0,200 <sup>K-S</sup>		
Estatura	1	156,5 $\pm$ 2,0	0,054 <sup>S-W</sup>	0,002	0,000 *** a
	2	165,0 $\pm$ 2,9	0,028 <sup>K-S</sup>		
	3	173,3 $\pm$ 2,2	0,002 <sup>K-S</sup>		
Talla sentada	1	83,5 $\pm$ 1,8	0,941 <sup>S-W</sup>	0,019	0,000 *** a
	2	87,0 $\pm$ 2,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	91,0 $\pm$ 2,1	0,200 <sup>K-S</sup>		
Envergadura	1	158,7 $\pm$ 4,3	0,112 <sup>S-W</sup>	0,679	0,000 *** b
	2	167,5 $\pm$ 4,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	175,3 $\pm$ 4,8	0,056 <sup>K-S</sup>		
Longitud brazo	1	29,2 $\pm$ 2,2	0,001 <sup>S-W</sup>	0,395	0,000 *** a
	2	30,9 $\pm$ 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	32,1 $\pm$ 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
Longitud antebrazo	1	21,1 $\pm$ 2,1	0,443 <sup>S-W</sup>	0,152	0,000 *** b
	2	23,4 $\pm$ 1,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	24,2 $\pm$ 1,7	0,063 <sup>K-S</sup>		
Longitud mano	1	17,5 $\pm$ 1,3	0,849 <sup>S-W</sup>	0,074	0,000 *** a
	2	18,3 $\pm$ 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	19,5 $\pm$ 2,4	0,001 <sup>K-S</sup>		
Longitud muslo	1	42,3 $\pm$ 2,7	0,136 <sup>S-W</sup>	0,204	0,000 *** b
	2	44,8 $\pm$ 2,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	46,8 $\pm$ 2,0	0,200 <sup>K-S</sup>		
Longitud pierna	1	35,3 $\pm$ 0,5	0,054 <sup>S-W</sup>	0,002	0,000 *** a
	2	37,6 $\pm$ 0,7	0,028 <sup>K-S</sup>		
	3	39,8 $\pm$ 0,6	0,002 <sup>K-S</sup>		
Longitud pie	1	23,2 $\pm$ 0,7	0,506 <sup>S-W</sup>	0,166	0,000 *** b
	2	24,3 $\pm$ 0,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	25,5 $\pm$ 0,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
Diámetro biacromial	1	35,4 $\pm$ 1,0	0,105 <sup>S-W</sup>	0,016	0,000 *** a
	2	36,7 $\pm$ 1,7	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	37,9 $\pm$ 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		

Diámetro biiliocrestal	1	25,7 ± 1,8	0,648 <sup>S-W</sup>	0,811	0,000 *** <sup>b</sup>
	2	27,7 ± 1,8	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	29,0 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
Diámetro transversal tórax	1	25,0 ± 1,0	0,856 <sup>S-W</sup>	0,203	0,000 *** <sup>b</sup>
	2	26,1 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	27,3 ± 1,4	0,200 <sup>K-S</sup>		
Diámetro antero- posterior tórax	1	16,2 ± 1,3	0,559 <sup>S-W</sup>	0,027	0,012 * <sup>b</sup>
	2	17,0 ± 1,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	17,4 ± 1,4	0,200 <sup>K-S</sup>		

Notas: 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3). K-S = Kolmogórov-Smirnov; S-W = Shapiro-Wilk; <sup>a</sup> Kruskal Wallis; <sup>b</sup> ANOVA. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.18 presenta las diferencias de algunas de las variables estudiadas entre los grupos femeninos del CAR. Encontramos diferencias significativas entre los 3 grupos comparados a parejas en todas las variables antropométricas. Por otro lado, la edad no tuvo diferencias significativas entre los grupos 1-2 y 2-3.

**Tabla 2.18. Post hoc para Kruskal Wallis entre grupos femeninos del CAR**

Variable	Grupo	2	3
Edad	1	0,233	0,010 *
	2		0,078
Masa corporal	1	0,002 **	0,000 ***
	2		0,000 ***
Estatura	1	0,000 **	0,000 ***
	2		0,000 ***
Talla sentada	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***
Longitud brazo	1	0,002 **	0,000 ***
	2		0,001 **
Longitud mano	1	0,035	0,000 ***
	2		0,010 *
Longitud pierna	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***
Diámetro biacromial	1	0,001 **	0,000 ***
	2		0,001 **

Notas: 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.19 presenta las diferencias significativas de algunos parámetros corporales analizados con pruebas paramétricas en los grupos de deportistas del CAR. La envergadura tuvo diferencias significativas entre los tres grupos comparando los grupos de dos en dos. La longitud del antebrazo no tuvo diferencias significativas entre el grupo 2 y el grupo 3. La longitud del muslo y la longitud del pie tuvieron diferencias significativas entre los 3 grupos.

El diámetro biiliocrestal tuvo diferencias significativas en los 3 grupos, pero entre el grupo 2 y 3 hubo menos diferencias. El diámetro transversal del tórax tuvo diferencias en los tres grupos, pero los grupos 1-2 tuvieron menos diferencias que entre el grupo 1 y 3 o entre el grupo 2 y 3. Sin embargo, el diámetro antero-posterior solamente tuvo diferencias entre los grupos 1 y 3. No se encontraron diferencias en las otras combinaciones posibles entre los grupos. A continuación se puede ver el nivel de significación de cada variable entre los grupos.

**Tabla 2.19. Post hoc de Scheffe entre grupos femeninos del CAR**

Variable	Grupo	2	3
Envergadura	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***
Longitud antebrazo	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,052
Longitud muslo	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***
Longitud pie	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***
Diámetro biiliocrestal	1	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,001 **
Diámetro transversal tórax	1	0,009 **	0,000 ***
	2		0,000 ***
Diámetro antero-posterior tórax	1	0,132	0,015 *
	2		0,484

Notas: 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.20 describe las diferencias de los índices en los grupos femeninos del CAR. Encontramos diferencias significativas en 5 de los índices estudiados: longitud antebrazo relativa, longitud pierna relativa, IC, IM e índice androgénico.

**Tabla 2.20. Comparación de los índices del género femenino del CAR**

Variables	Grupo	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S o S-W	Sig. Levene	Sig. Comparación
LRMS	1	43,0 ± 3,5	0,000	0,001	0,706 <sup>a</sup>
	2	44,0 ± 1,5	0,200		
	3	43,8 ± 1,4	0,368		
Longitud brazo relativa	1	18,6 ± 1,3	0,001	0,161	0,452 <sup>a</sup>
	2	18,7 ± 0,9	0,200		
	3	18,5 ± 0,8	0,273		
Longitud antebrazo relativa	1	13,5 ± 1,3	0,398	0,359	0,029 <sup>* a</sup>
	2	14,2 ± 0,9	0,200		
	3	14,0 ± 0,9	0,012		
Longitud mano relativa	1	11,2 ± 0,9	0,932	0,133	0,904 <sup>a</sup>
	2	11,1 ± 0,9	0,200		
	3	11,2 ± 1,4	0,000		
LRMI	1	53,3 ± 1,8	0,402	0,970	0,727 <sup>a</sup>
	2	53,4 ± 1,8	0,200		
	3	53, 2 ± 2,1	0,002		
Longitud muslo relativa	1	27,0 ± 1,6	0,230	0,030	0,850 <sup>a</sup>
	2	27,0 ± 1,6	0,200		
	3	27,0 ± 1,0	0,922		
Longitud pierna relativa	1	22,6 ± 0,1	0,045	0,001	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	22,8 ± 0,1	0,031		
	3	23,0 ± 0,1	0,016		
Longitud pie relativa	1	14,8 ± 0,4	0,486	0,299	0,491 <sup>b</sup>
	2	14,7 ± 0,5	0,200		
	3	14,7 ± 0,6	0,116		
IER	1	101,9 ± 3,5	0,345	0,750	0,731 <sup>a</sup>
	2	101,5 ± 2,3	0,036		
	3	101,1 ± 2,3	0,562		
Índice córmico	1	53,3 ± 1,2	0,437	0,129	0,021 <sup>* b</sup>
	2	52,7 ± 1,4	0,200		
	3	52,4 ± 1,1	0,814		



Índice Manouvrier	1	87,4 ± 4,5	0,251	0,151	0,021* <sup>b</sup>
	2	89,6 ± 5,1	0,200		
	3	90,5 ± 4,0	0,824		
Índice braquial	1	73,9 ± 7,9	0,742	0,291	0,118 <sup>a</sup>
	2	76,0 ± 5,6	0,066		
	3	75,4 ± 8,3	0,004		
Índice crural	1	83,8 ± 4,8	0,377	0,751	0,504 <sup>a</sup>
	2	84,1 ± 4,2	0,200		
	3	85,4 ± 6,1	0,000		
Índice ponderal	1	43,0 ± 2,1	0,668	0,010	0,149 <sup>a</sup>
	2	43,3 ± 2,2	0,093		
	3	43,7 ± 1,2	0,603		
Índice torácico	1	155,3 ± 11,5	0,174	0,701	0,778 <sup>a</sup>
	2	154,7 ± 14,1	0,200		
	3	156,0 ± 17,5	0,000		
Índice androgénico	1	76,2 ± 4,9	0,330	0,684	0,002 <sup>**b</sup>
	2	75,6 ± 4,1	0,200		
	3	76,4 ± 4,0	0,968		

Notas: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5). K-S = Kolmogórov-Smirnov; S-W = Shapiro-Wilk; <sup>a</sup> Kruskal Wallis; <sup>b</sup> ANOVA. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.21 presenta diferencias de otros índices entre los grupos de mujeres del CAR. La longitud del antebrazo tuvo diferencias significativas entre los grupos 1-2 y entre los grupos 1-3. La longitud de la pierna relativa tuvo diferencias significativas entre los 3 grupos.

**Tabla 2.21. Post hoc para Kruskal Wallis en índices de grupos femeninos del CAR**

Variables	Grupos	2	3
Longitud antebrazo relativa	1	0,009 <sup>**</sup>	0,035 <sup>*</sup>
	2		0,579
Longitud pierna relativa	1	0,000 <sup>***</sup>	0,000 <sup>***</sup>
	2		0,000 <sup>***</sup>

Notas: 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.22 presenta las diferencias entre los grupos de género femenino del CAR. El índice córmico y de Manouvrier tuvieron diferencias significativas entre los grupos 1 y 3. El índice androgénico tuvo diferencias entre los grupos 1-2 y 1-3.

**Tabla 2.22. Post hoc de Scheffe en índices de los grupos femeninos del CAR**

Variable	Grupo	2	3
Índice córmico	1	0,142	0,021 *
	2		0,540
Índice Manouvrier	1	0,139	0,023 *
	2		0,574
Índice androgénico	1	0,021 *	0,002 **
	2		0,537

Notas: 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3). \*  $p < 0,05$ . \*\*  $p < 0,01$ . \*\*\*  $p < 0,001$ .

Por otro lado, comparamos los grupos de misma estatura de los deportistas del CAR con los deportistas del CSD. Algunas variables no las pudimos comparar por medio de la prueba T de una muestra debido a que alguna variable no cumplió la normalidad.

La tabla 2.23 presenta las diferencias entre los grupos de género masculino con una estatura de 160,0-169,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas fueron las siguientes: masa corporal, estatura, talla sentada, envergadura, longitud del brazo y diámetro biacromial.

La tabla 2.24 muestra las diferencias entre los grupos del CAR y CSD con una estatura de 170,0-179,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas fueron las siguientes: talla sentada, envergadura y longitud del antebrazo.

La tabla 2.25 presenta las diferencias entre los grupos del CAR y CSD con una estatura de 180,0-189,9 cm. Todas las variables que pudimos comparar tuvieron diferencias significativas excepto la longitud del brazo.

La tabla 2.26 muestra las diferencias entre los grupos del CAR y CSD con una estatura de 190,0-199,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas fueron las siguientes: talla sentada, envergadura, longitud del antebrazo, longitud pie y diámetro transversal del tórax.

**Tabla 2.23. Comparación grupos masculinos de 160,0-169,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
Edad	22,9	22,3 $\pm$ 5,6	0,005	--
Masa corporal	63,2	63,2 $\pm$ 6,5	0,200	0,951
Estatura	166,7	166,5 $\pm$ 2,4	0,200	0,571
Talla sentada	89,1	88,8 $\pm$ 2,9	0,200	0,565
Envergadura	169,9	170,3 $\pm$ 3,9	0,096	0,458
L. brazo	31,3	31,2 $\pm$ 1,4	0,200	0,877
L. antebrazo	24,0	23,5 $\pm$ 1,6	0,200	0,033 *
L. mano	18,2	19,1 $\pm$ 1,5	0,200	0,000 ***
L. muslo	42,3	44,0 $\pm$ 2,1	0,029	--
L. pierna	36,2	37,4 $\pm$ 0,7	0,200	0,000 ***
L. pie	24,7	25,5 $\pm$ 0,8	0,163	0,000 ***
D. biacromial	38,9	38,5 $\pm$ 2,0	0,200	0,277
D. biiliocrestal	25,9	27,4 $\pm$ 1,4	0,200	0,000 ***
D. trv. tórax	28,9	28,0 $\pm$ 1,8	0,200	0,002 **
D. a-p tórax	19,5	19,0 $\pm$ 1,4	0,200	0,039 *

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

**Tabla 2.24. Comparación grupos masculinos de 170,0-179,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
Edad	23,3	22,8 $\pm$ 6,8	0,000	--
Masa corporal	70,0	69,8 $\pm$ 7,7	0,000	--
Estatura	175,5	175,1 $\pm$ 2,8	0,000	--
Talla sentada	92,8	92,6 $\pm$ 1,9	0,200	0,326
Envergadura	178,9	179,3 $\pm$ 4,1	0,200	0,183
L. brazo	33,1	32,5 $\pm$ 1,6	0,025	--
L. antebrazo	25,4	25,1 $\pm$ 1,8	0,200	0,148
L. mano	19,1	19,7 $\pm$ 1,3	0,200	0,000 ***
L. muslo	44,9	45,9 $\pm$ 2,3	0,200	0,000 ***
L. pierna	38,7	40,0 $\pm$ 0,8	0,000	--
L. pie (cm)	25,9	26,6 $\pm$ 0,9	0,200	0,000 ***
D. biacromial	40,6	39,9 $\pm$ 1,8	0,200	0,000 ***
D. biiliocrestal	27,3	28,6 $\pm$ 1,6	0,042	--
D. trv. tórax	29,7	29,3 $\pm$ 1,9	0,200	0,013 *
D. a-p tórax	20,2	19,7 $\pm$ 1,6	0,006	--

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

**Tabla 2.25. Comparación grupos masculinos de 180,0-189,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
Edad	23,6	22,0 $\pm$ 5,4	0,001	--
Masa corporal	80,5	78,5 $\pm$ 8,6	0,023	--
Estatura	184,1	184,2 $\pm$ 2,8	0,011	--
Talla sentada	96,6	96,2 $\pm$ 2,3	0,048	--
Envergadura	187,4	189,0 $\pm$ 4,9	0,200	0,003 **
L. brazo	34,8	35,1 $\pm$ 1,5	0,200	0,051
L. antebrazo	26,8	26,0 $\pm$ 1,5	0,200	0,000 ***
L. mano	19,9	20,8 $\pm$ 2,5	0,000	--
L. muslo	47,4	49,0 $\pm$ 2,6	0,200	0,000 ***
L. pierna	41,2	42,6 $\pm$ 0,8	0,011	--
L. pie	27,2	27,7 $\pm$ 0,9	0,033	--
D. biacromial	42,1	41,7 $\pm$ 1,6	0,200	0,029 *
D. biiliocrestal	28,7	30,2 $\pm$ 1,6	0,200	0,000 ***
D. trv. tórax	31,0	30,5 $\pm$ 1,9	0,200	0,040 *
D. a-p tórax	21,1	19,9 $\pm$ 1,9	0,010	--

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

**Tabla 2.26. Comparación grupos masculinos de 190,0-199,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. S-W	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
Edad	24,4	21,5 $\pm$ 3,2	0,033	--
Masa corporal	91,8	85,0 $\pm$ 10,6	0,473	0,002 **
Estatura	194,0	194,4 $\pm$ 2,9	0,049	--
Talla sentada	100,3	99,6 $\pm$ 2,1	0,458	0,110
Envergadura	198,2	198,8 $\pm$ 3,9	0,807	0,377
L. brazo	37,0	36,8 $\pm$ 1,7	0,834	0,000 ***
L. antebrazo	28,4	28,5 $\pm$ 1,3	0,812	0,486
L. mano	20,8	21,5 $\pm$ 1,4	0,061	0,013 *
L. muslo	50,1	52,5 $\pm$ 2,4	0,195	0,000 ***
L. pierna	44,3	45,6 $\pm$ 0,8	0,049	--
L. pie	28,8	28,9 $\pm$ 0,9	0,094	0,684
D. biacromial	43,9	42,4 $\pm$ 1,7	0,667	0,000 ***
D. biiliocrestal	30,1	30,9 $\pm$ 2,0	0,059	0,028 *
D. trv. tórax	32,0	31,3 $\pm$ 1,8	0,433	0,087
D. a-p tórax	22,1	20,4 $\pm$ 1,8	0,345	0,000 ***

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.27 presenta las diferencias entre los grupos del CAR y CSD con una estatura de 200,0-209,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas fueron las siguientes: edad, estatura, talla sentada, envergadura, longitud del brazo, longitud del antebrazo, longitud de la mano, longitud del muslo, longitud pie, diámetro biacromial, diámetro biiliocrestal y diámetro transversal del tórax.

**Tabla 2.27. Comparación grupos masculinos de 200,0-209,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig.	Sig.
	CSD	CAR	S-W	T una muestra
Edad	23,0	22,5 ± 3,4	0,413	0,683
Masa corporal	104,2	95,6 ± 9,3	0,777	0,026 *
Estatura	204,0	204,4 ± 3,1	0,108	0,692
Talla sentada	104,2	104,3 ± 1,9	0,165	0,841
Envergadura	208,4	206,3 ± 6,0	0,207	0,335
L. brazo	39,	38,6 ± 1,4	0,832	0,254
L. antebrazo	30,3	29,3 ± 1,9	0,875	0,194
L. mano	21,8	22,4 ± 1,5	0,179	0,246
L. muslo	52,9	53,7 ± 3,5	0,881	0,515
L. pierna	47,2	48,5 ± 0,9	0,108	0,002 **
L. pie	30,3	29,7 ± 1,0	0,926	0,159
D. biacromial	45,1	43,5 ± 2,5	0,897	0,105
D. biiliocrestal	31,8	32,0 ± 1,7	0,519	0,685
D. trv. tórax	32,7	32,0 ± 1,2	0,234	0,124
D. a-p tórax	22,2	20,2 ± 1,9	0,858	0,000 ***

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

Algunas variables no fueron comparadas en las tablas anteriores debido a no cumplir la normalidad. Sin embargo, comparamos esas y otras variables por medio de porcentajes.

La tabla 2.28 presenta las diferencias porcentuales entre los deportistas del CAR y los deportistas del CSD. Los valores que aparecen en color negro son las variables que no están comparadas con pruebas estadísticas. Las diferencias de las variables fueron entre -11,8% y 4,7%. Además, están descritas las diferencias de los otros grupos para hacerse una idea de las diferencias porcentuales entre grupos y dar otro enfoque que facilite la interpretación de los resultados.

**Tabla 2.28. Porcentajes delta entre grupos masculinos del CAR y CSD**

VARIABLES	Grupos	CAR 1	CAR 2	CAR 3	CAR 4	CAR 5
Edad	CSD 1	<b>-2,6%</b>	-0,4%	-3,9%	-6,1%	-1,7%
	CSD 2	-4,2	<b>-2,1%</b>	-5,5%	-7,7%	-3,4%
	CSD 3	-5,5%	-3,3%	<b>-6,6%</b>	-8,9	-4,6%
	CSD 4	-8,6%	-6,5%	-9,8%	<b>-11,8%</b>	-7,7%
	CSD 5	-3,0%	-0,8%	-4,3%	-6,5%	-2,1%
Masa corporal	CSD 1	0,0%	10,4%	24,2%	34,4%	51,2%
	CSD 2	-9,7%	<b>-0,2%</b>	12,1%	21,4%	36,5%
	CSD 3	-21,3%	-13,2%	<b>-2,4%</b>	5,6%	18,7%
	CSD 4	-31,1%	-23,9%	-14,4%	-7,4%	4,1%
	CSD 5	-39,3	-33,0%	-24,6%	-18,4%	-8,2%
Estatura	CSD 1	-0,1%	5,0%	10,4%	16,6%	22,6%
	CSD 2	-5,1%	-0,2%	4,9%	10,7%	16,4%
	CSD 3	-9,5%	<b>-4,8%</b>	-0,0%	5,6%	11,0%
	CSD 4	-14,1%	-9,7%	-5,0%	<b>0,2%</b>	5,3%
	CSD 5	-18,3%	-14,1%	-9,7%	-4,7%	-0,2%
Talla sentada	CSD 1	-0,2%	3,9%	7,9%	11,7%	17,0%
	CSD 2	-4,2%	-0,2%	3,6%	7,3%	12,3%
	CSD 3	-7,9%	-4,1%	<b>-0,4%</b>	3,1%	7,9%
	CSD 4	-11,3	-7,6%	-4,0%	-0,6%	3,9%
	CSD 5	14,6%	-11,1%	-7,6%	-4,4%	0,1%
Envergadura	CSD 1	0,2%	5,5%	11,2%	17,0%	21,4%
	CSD 2	-4,8%	0,2%	5,6%	11,1%	15,3%
	CSD 3	-9,1%	-4,3%	0,8%	6,0%	10,0%
	CSD 4	-14,0	-9,5%	-4,6%	0,3%	4,0%
	CSD 5	-18,2%	-13,9%	-9,3%	-4,6%	-1,0%
Longitud brazo	CSD 1	-0,3%	3,8%	12,1%	17,5%	23,3%
	CSD 2	-5,7%	<b>-1,8%</b>	6,0%	11,1%	16,6%
	CSD 3	-10,3%	-6,6%	0,8%	5,7%	10,9%
	CSD 4	-15,6	-12,1%	-5,1%	-0,5%	4,3%
	CSD 5	-20,4%	-17,0%	-10,4%	-6,1%	-1,5%
Longitud antebrazo	CSD 1	-2,0%	4,5%	8,3%	18,7%	22,0%
	CSD 2	-7,4%	-1,1%	2,3%	12,2%	15,3%
	CSD 3	-12,3%	-6,3%	-2,9%	6,3%	9,3%
	CSD 4	-17,2	-11,6%	-8,4%	0,3%	3,1%
	CSD 5	-22,4%	-17,1%	-14,1%	-5,9%	-3,3%
Longitud mano	CSD 1	4,9%	8,2%	14,2%	18,1%	23,0%
	CSD 2	0%	3,1%	8,9%	12,2%	17,2%
	CSD 3	-4,0%	-1,0%	<b>4,5%</b>	8,0%	12,5%
	CSD 4	-8,1%	-5,2%	0,0%	3,3%	7,6%

	CSD 5	12,3%	-9,6%	-4,5%	-1,3%	2,7%
Longitud muslo	CSD 1	<b>4,0%</b>	8,5%	15,8%	24,1%	26,9%
	CSD 2	-2,0%	2,2%	9,1%	16,9%	19,5%
	CSD 3	-7,1%	-3,1%	3,3%	10,7%	13,3%
	CSD 4	-12,1%	-8,3%	-2,1%	4,7%	7,1%
	CSD 5	-16,2%	-13,2%	-7,3%	-0,7%	1,5%
Longitud pierna	CSD 1	3,3%	10,4%	17,6%	25,9%	33,9%
	CSD 2	-3,3%	<b>3,3%</b>	10,0%	17,8%	25,3%
	CSD 3	-9,2%	-2,9%	<b>3,4%</b>	10,6%	17,7%
	CSD 4	-15,5%	-9,7%	-3,8%	<b>2,9%</b>	9,4%
	CSD 5	-20,7%	-15,2%	-9,7%	-3,3%	2,7%
Longitud pie	CSD 1	3,2%	7,6%	11,7%	16,5%	20,2%
	CSD 2	-1,5%	2,7%	6,5%	11,2%	14,6%
	CSD 3	-6,25%	-2,2%	<b>1,4%</b>	5,8%	9,1%
	CSD 4	-11,4%	-7,6%	-4,1%	0,0%	3,1%
	CSD 5	-15,8%	-12,2	-8,9%	-4,9%	-1,9%
Diámetro biacromial	CSD 1	-0,7%	2,5%	7,1%	8,9%	11,8%
	CSD 2	-4,9%	-1,7%	2,7%	4,4%	7,1%
	CSD 3	-8,3%	-5,2%	-0,9%	0,7%	3,3%
	CSD 4	-12,0%	-9,1%	-5,0%	-3,4%	-0,9%
	CSD 5	-14,4%	-11,5	-7,5%	-5,9%	-3,5%
Diámetro biiliocrestal	CSD 1	5,7%	10,4%	16,6%	19,3%	23,5%
	CSD 2	0,3%	<b>4,7%</b>	10,6%	13,1%	17,2%
	CSD 3	-4,5%	-0,3%	5,2%	7,6%	11,4%
	CSD 4	-8,9%	-4,9%	0,3%	2,6%	6,3%
	CSD 5	-13,8%	-10,0%	-5,0%	-2,8%	0,6%
Diámetro trasversal tórax	CSD 1	-2,7%	1,3%	5,5%	8,3%	10,7%
	CSD 2	-5,3%	-1,3%	2,6%	5,3%	7,7%
	CSD 3	-9,3%	-5,4%	-1,6%	0,9%	3,2%
	CSD 4	-12,1%	-8,4%	-4,6%	-2,1%	0,0%
	CSD 5	-14,0%	-10,4%	-6,7%	-4,2%	-2,1%
Diámetro antero- posterior tórax	CSD 1	-2,5%	1,0%	2,0%	4,6%	4,1%
	CSD 2	-5,9%	<b>-2,4%</b>	-1,4%	0,9%	0,4%
	CSD 3	-9,9%	-6,6%	<b>-5,6%</b>	-3,3%	-3,7%
	CSD 4	-14,0%	-10,8%	-9,9%	-7,6%	-8,1%
	CSD 5	-14,4%	-11,2	-10,3%	-8,1%	-8,5%

Nota: 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5).  
CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat.

Las tablas 2.29-2.34 presentan las diferencias en los índices corporales entre los deportistas del CAR y el CSD según los grupos de estatura.

**Tabla 2.29. Comparación índices grupos masculinos 160,0-169,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	44,1	44,3 ± 1,2	0,200	0,118
L. brazo relativa	18,7	18,7 ± 0,8	0,200	0,492
L. antebrazo relativa	14,4	14,1 ± 1,0	0,200	0,078
L. mano relativa	10,9	11,4 ± 0,9	0,200	0,000 ***
LRMI	51,3	52,5 ± 1,5	0,200	0,000 ***
L. muslo relativa	25,4	26,4 ± 1,2	0,200	0,000 ***
L. pierna relativa	21,7	22,5 ± 0,1	0,200	0,000 ***
L. pie relativa	14,8	15,3 ± 0,5	0,200	0,000 ***
IER	101,9	102,2 ± 1,9	0,191	0,204
I. córmico	53,4	53,3 ± 1,6	0,200	0,881
I. Manouvrier	87,2	87,4 ± 5,6	0,200	0,724
I. androgénico	66,5	71,2 ± 4,3	0,200	0,000 ***
I. braquial	76,8	75,2 ± 6,9	0,200	0,111
I. crural	85,6	85,3 ± 4,2	0,200	0,681
I. ponderal	42,0	41,9 ± 1,3	0,200	0,520
I. torácico	148,3	147,4 ± 11,2	0,200	0,575

Notas: I = Índice; L= Longitud; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov- Smirnov. \*\*\* p < 0,001.

**Tabla 2.30. Comparación índices grupos masculinos 170,0-179,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	44,3	44,2 ± 1,2	0,200	0,809
L. Brazo relativa	18,8	18,6 ± 0,8	0,008	--
L. Antebrazo relativa	14,5	14,3 ± 1,0	0,074	0,152
L. Mano relativa	10,9	11,3 ± 0,9	0,200	0,000 ***
LRMI	51,8	52,6 ± 1,3	0,200	0,000 ***
L. Muslo relativa	25,6	26,2 ± 1,2	0,200	0,000 ***
L. Pierna relativa	22,0	22,8 ± 0,1	0,000	--
L. Pie relativa	14,8	15,2 ± 0,5	0,200	0,000 ***
IER	101,9	102,4 ± 1,9	0,200	0,000 ***
I. córmico	52,9	52,9 ± 1,0	0,200	0,962
I. Manouvrier	89,0	89,1 ± 3,7	0,200	0,699
I. androgénico	67,2	71,9 ± 4,7	0,200	0,000 ***
I. braquial	76,9	77,0 ± 7,4	0,001	--
I. crural	86,2	87,2 ± 3,9	0,200	0,002 **
I. ponderal	42,7	42,6 ± 1,5	0,055	0,577
I. torácico	147,4	149,2 ± 12,8	0,200	0,071

Notas: I = Índice; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \*\* p < 0,01. \*\*\*p < 0,001.



Los dos grupos con una estatura de 160,0-169,9 cm del CAR y el CSD no tuvieron diferencias significativas en algunas variables: LRMS, longitud brazo relativa, longitud antebrazo relativa, IER, índice córmico, índice de Manouvrier, índice braquial, índice crural, índice ponderal e índice torácico (ver la tabla 2.29).

Los dos grupos con una estatura de 170,0-179,9 cm del CAR y el CSD no tuvieron diferencias significativas en las siguientes variables: LRMS, longitud antebrazo relativa, índice córmico, índice de Manouvrier, índice ponderal e índice torácico (ver la tabla 2.30).

Los dos grupos con una estatura de 180,0-189,9 cm del CAR y el CSD no tuvieron diferencias significativas en las siguientes variables: LRMS, longitud brazo relativa, índice córmico, índice de Manouvrier, índice crural e índice ponderal (ver la tabla 2.31).

**Tabla 2.31. Comparación índices grupos masculinos de 180,0-189,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	44,3	44,4 $\pm$ 1,3	0,200	0,283
L. brazo relativa	18,9	19,0 $\pm$ 0,7	0,200	0,050
L. antebrazo relativa	14,5	14,1 $\pm$ 0,8	0,200	0,000 ***
L. mano relativa	10,8	11,4 $\pm$ 1,2	0,000	0,000 ***
LRMI	52,2	53,4 $\pm$ 1,3	0,200	0,000 ***
L. muslo relativa	25,7	26,6 $\pm$ 1,3	0,200	0,000 ***
L. pierna relativa	22,3	23,1 $\pm$ 0,1	0,017	--
L. pie relativa	14,7	15,0 $\pm$ 0,5	0,200	0,000 ***
IER	101,7	102,6 $\pm$ 2,1	0,200	0,000 ***
I. córmico	52,4	52,2 $\pm$ 1,2	0,200	0,319
I. Manouvrier	90,7	91,4 $\pm$ 4,5	0,200	0,137
I. androgénico	68,3	72,5 $\pm$ 3,8	0,200	0,000 ***
I. braquial	77,0	74,1 $\pm$ 5,6	0,200	0,000 ***
I. crural	86,9	87,2 $\pm$ 4,2	0,200	0,523
I. ponderal	42,8	43,1 $\pm$ 1,6	0,200	0,063
I. torácico	147,4	154,4 $\pm$ 15,1	0,035	--

Nota: I = Índice; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.32 muestra las diferencias de los índices de los grupos de 190,0-199,9 cm del CAR y el CSD. Las variables que no tuvieron diferencias significativas fueron LRMS, longitud del brazo relativa, longitud del antebrazo relativa, longitud pie relativa, IER e índice braquial.

**Tabla 2.32. Comparación índices grupos masculinos 190,0-199,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. S-W	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	44,5	44,7 $\pm$ 0,8	0,265	0,192
L. brazo relativa	19,0	18,9 $\pm$ 0,8	0,981	0,752
L. antebrazo relativa	14,6	14,7 $\pm$ 0,7	0,368	0,460
L. mano relativa	10,7	11,0 $\pm$ 0,7	0,123	0,008 **
LRMI	52,8	54,2 $\pm$ 1,1	0,819	0,000 ***
L. muslo relativa	25,8	27,0 $\pm$ 1,0	0,323	0,000 ***
L. pierna relativa	22,8	23,4 $\pm$ 0,1	0,052	0,000 ***
L. pie relativa	14,8	14,8 $\pm$ 0,6	0,343	0,598
IER	102,1	102,2 $\pm$ 1,8	0,455	0,606
I. córmico	51,7	51,2 $\pm$ 0,9	0,930	0,019 *
I. Manouvrier	93,4	95,1 $\pm$ 3,7	0,881	0,015 *
I. androgénico	68,5	73,0 $\pm$ 5,5	0,322	0,000 ***
I. braquial	76,8	77,7 $\pm$ 5,5	0,054	0,385
I. crural	88,6	87,0 $\pm$ 3,1	0,578	0,013 *
I. ponderal	43,1	44,3 $\pm$ 1,8	0,677	0,001 **
I. torácico	145,4	154,5 $\pm$ 12,9	0,024	--

Nota: I = Índice; L = Longitud LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.33 describe y compara a los deportistas con más estatura del CAR y CSD, que fueron los grupos con menos diferencias en las variables estudiadas. Casi todos los índices no tuvieron diferencias significativas excepto la longitud de la pierna relativa y el índice ponderal.

Debemos recordar que el número de deportistas en este grupo fue pequeño, motivo que debemos tener en cuenta a la hora de analizar los resultados. En este grupo todas las variables de los deportistas del CAR cumplieron la normalidad, por lo que se pudieron comparar todos los índices de los deportistas del CAR con los de los deportistas del CSD.

**Tabla 2.33. Comparación índices grupos masculinos 200,0-200,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. S-W	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	44,8	44,2 ± 1,3	0,624	0,242
L. brazo relativa	19,2	18,9 ± 0,6	0,850	0,193
L. antebrazo relativa	14,8	14,3 ± 0,9	0,655	0,460
L. mano relativa	10,7	11,0 ± 0,7	0,181	0,270
LRMI	53,2	53,9 ± 1,4	0,420	0,163
L. muslo relativa	25,9	26,2 ± 1,6	0,792	0,528
L. pierna relativa	23,1	23,8 ± 0,1	0,107	0,000 ***
L. pie relativa	14,8	14,5 ± 0,4	0,222	0,122
IER	102,1	100,9 ± 2,9	0,439	0,268
I. córmico	51,0	51,0 ± 1,1	0,709	0,911
I. Manouvrier	95,9	96,0 ± 4,5	0,587	0,950
I. androgénico	70,7	73,8 ± 5,2	0,150	0,111
I. braquial	77,2	76,1 ± 4,1	0,561	0,451
I. crural	89,3	90,8 ± 6,0	0,428	0,481
I. ponderal	43,4	44,7 ± 1,3	0,533	0,013 *
I. torácico	147,8	159,0 ± 16,2	0,680	0,073

Notas: I = Índice; L = Longitud LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; S-W = Shapiro-Wilk. \* p < 0,05. \*\*\* p < 0,001.

Los índices que no se pudieron comparar entre los deportistas del CAR y el CSD fueron comparados por porcentajes como se puede ver en la tabla 2.34. Sin embargo, aparecen todos los grupos de deportistas para poder tener una idea de las diferencias de las variables en los diferentes grupos según los porcentajes.

Los valores que aparecen en color negro son los que no fueron comparados con pruebas estadísticas. Los resultados mostraron unas diferencias porcentuales del -1% en el índice de brazo relativa, un 0,1% en el índice braquial y un 3,6% en la longitud de la pierna relativa entre los segundos grupos del CAR y CDS.

En otros grupos encontramos otras diferencias porcentuales. El tercer grupo tuvo una diferencia del 3,5 % en la longitud de la pierna relativa y un 4,7% en el índice torácico. El cuarto grupo tuvo una diferencia del 6,2% en el índice torácico.

**Tabla 2.34. Porcentajes delta entre índices del género masculino del CAR y CSD**

Variables	Grupos	CAR 1	CAR 2	CAR 3	CAR 4	CAR 5
L. brazo relativa	CSD 1	0,0 %	-0,5%	1,6%	1,0%	1,0%
	CSD 2	-0,5%	<b>-1,0%</b>	1,0%	0,5%	0,5%
	CSD 3	-1,0%	-1,5%	0,5%	0,0%	0,0%
	CSD 4	-1,5%	-2,1%	0,0%	-0,5%	-0,5%
	CSD 5	-2,6%	-3,1%	-1,0%	-1,5%	-1,5%
L. pierna relativa	CSD 1	3,6%	5,0%	6,4%	7,8%	9,6
	CSD 2	2,2%	<b>3,6%</b>	5,0%	6,3%	8,1%
	CSD 3	0,8%	2,2%	<b>3,5%</b>	4,9%	6,7%
	CSD 4	-1,3%	0,0%	1,3%	2,6%	4,3%
	CSD 5	-2,5%	-1,2%	0,0%	1,2%	3,0%
I. braquial	CSD 1	-2,0%	0,2%	-3,5%	1,1%	-0,9%
	CSD 2	-2,2%	<b>0,1%</b>	-3,6%	1,0%	-1,0%
	CSD 3	-2,3%	0,0%	-3,7%	0,9%	-1,1%
	CSD 4	-2,0%	0,2%	-3,5%	0,2%	-0,9%
	CSD 5	-2,5%	-0,2%	-4,0%	0,6%	-1,4%
I. torácico	CSD 1	-0,6%	0,6%	4,1%	4,1%	7,2%
	CSD 2	0,0%	1,2%	4,7%	4,8%	7,8%
	CSD 3	0,0%	1,2%	<b>4,7%</b>	4,8%	7,8%
	CSD 4	1,3%	2,6%	6,1%	<b>6,2%</b>	9,3%
	CSD 5	-0,2%	0,9%	4,4%	4,5%	7,5%

Nota: I = Índice; L= Longitud. CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat; 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm.

Las tablas 2.35-2.37 muestran las diferencias entre las deportistas del CAR y el CSD en los grupos con misma estatura. Las variables que no se pudieron comparar, debido a no cumplir la normalidad, son comparadas más adelante por medio de porcentajes.

El grupo de las deportistas con una estatura de 150,0-159,9 cm no tuvieron diferencias significativas en las siguientes variables: peso, estatura, talla sentada, envergadura, longitud del antebrazo, diámetro biacromial y diámetro biiliocrestal (ver la tabla 2.35).

El grupo de las deportistas con una estatura de 160,0- 169,9 cm no tuvieron diferencias en las siguientes variables: talla sentada, longitud del antebrazo, diámetro biacromial y diámetro transversal del tórax (ver la tabla 2.36).

**Tabla. 2.35. Comparación grupos femeninos 150,0-159,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. S-W	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
Edad	21,2	18,1 $\pm$ 4,2	0,001	--
Masa corporal	51,4	48,7 $\pm$ 6,8	0,590	0,061
Estatura	156,7	156,5 $\pm$ 2,0	0,054	0,622
Talla sentada	84,1	83,5 $\pm$ 1,8	0,941	0,123
Envergadura	157,4	158,7 $\pm$ 4,3	0,112	0,141
Longitud brazo	29,3	29,2 $\pm$ 2,2	0,001	--
L. antebrazo	22,0	21,1 $\pm$ 2,1	0,443	0,063
L. mano	16,9	17,5 $\pm$ 1,3	0,849	0,033 *
L. muslo	40,5	42,3 $\pm$ 2,7	0,136	0,002 **
L. pierna	34,2	35,3 $\pm$ 0,5	0,054	0,000 ***
L. pie	22,7	23,2 $\pm$ 0,7	0,506	0,000 ***
D. biacromial	35,1	35,4 $\pm$ 1,0	0,105	0,116
D. biiliocrestal	25,2	25,7 $\pm$ 1,7	0,648	0,137
D. trv. tórax	25,7	25,0 $\pm$ 1,0	0,856	0,008 **
D. a-p tórax	17,7	16,2 $\pm$ 1,3	0,200	0,000 ***

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \*  $p < 0,05$ . \*\*  $p < 0,001$ . \*\*\*  $p < 0,001$ .

**Tabla 2.36. Comparación grupos femeninos 160,0-169,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
Edad	21,8	19,0 $\pm$ 4,2	0,001	--
Masa corporal	57,8	56,2 $\pm$ 9,4	0,018	--
Estatura	164,9	165,0 $\pm$ 2,9	0,028	--
Talla sentada	87,7	87,0 $\pm$ 2,8	0,200	0,108
Envergadura	165,7	167,5 $\pm$ 4,9	0,200	0,007 **
L. brazo	30,8	30,9 $\pm$ 1,5	0,200	--
L. antebrazo	23,3	23,4 $\pm$ 1,3	0,200	0,326
L. mano	17,6	18,3 $\pm$ 1,5	0,200	0,001 **
L. muslo	42,7	44,8 $\pm$ 2,3	0,200	0,000
L. pierna	36,4	37,6 $\pm$ 0,7	0,028	--
L. pie	23,7	24,3 $\pm$ 0,9	0,166	0,000 ***
D. biacromial	36,6	36,7 $\pm$ 1,7	0,200	0,521
D. biiliocrestal	26,6	27,7 $\pm$ 1,8	0,200	0,000 ***
D. trv. tórax	26,4	26,1 $\pm$ 1,5	0,200	0,249
D. a-p tórax	17,8	17,0 $\pm$ 1,9	0,200	0,006 **

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Centro Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \*\*  $p < 0,01$ . \*\*\*  $p < 0,001$ .

El grupo de las deportistas con una estatura de 170,0- 179,9 cm no tuvieron diferencias significativas en las siguientes variables: talla sentada, envergadura, longitud del brazo y diámetro biacromial (ver la tabla 2.37).

**Tabla 2.37. Comparación grupos femeninos 170,0-179,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig.	Sig.
	CSD	CAR	K-S	T una muestra
Edad	21,9	20,2 ± 4,3	0,000	--
Masa corporal	66,1	62,7 ± 5,3	0,627	0,000 ***
Estatura	173,4	173,3 ± 2,2	0,014	--
Talla sentada	91,2	91,0 ± 2,1	0,420	0,513
Envergadura	174,5	175,3 ± 4,8	0,145	0,229
L. brazo	32,6	32,1 ± 1,5	0,379	0,074
L. antebrazo	24,7	24,2 ± 1,7	0,005	--
L. mano	18,5	19,5 ± 2,4	0,000	--
L. muslo	45,4	46,8 ± 2,0	0,520	0,000 ***
L. pierna	38,8	39,8 ± 0,6	0,014	--
L. pie	24,9	25,5 ± 0,9	0,740	0,000 ***
D. biacromial	38,1	37,9 ± 1,5	0,317	0,583
D. biliocrestal	28,0	29,0 ± 1,5	0,208	0,000 ***
D. trv. tórax	27,6	27,3 ± 1,4	0,018	--
D. a-p tórax	18,6	17,4 ± 1,4	0,206	0,000 ***

Notas: D = Diámetro; L = Longitud; A = Antero; P = Posterior; Trv = Transversal; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.38 muestra las diferencias en porcentajes entre las variables y grupos estudiados. Los valores que están en color negro son las variables que no fueron comparadas estadísticamente, debido a no haber cumplido la normalidad. Las diferencias porcentuales de los valores en negro fueron entre -14,6% y 5,4%. Por otro lado, están descritas todas las diferencias porcentuales de los grupos y variables para tener una idea de las diferencias desde otro enfoque.

**Tabla 2.38. Porcentajes delta entre grupos femeninos del CAR y CSD**

Variables	Grupos	CAR 1	CAR 2	CAR 3
Edad	CSD 1	<b>-14,6%</b>	-10,3%	-4,7%
	CSD 2	-16,9%	<b>-12,8%</b>	-7,3%
	CSD 3	-17,3%	-13,2%	<b>-7,7%</b>
Masa corporal	CSD 1	-5,2%	9,3%	21,9%
	CSD 2	-15,7%	<b>-2,7%</b>	8,4%
	CSD 3	-26,3%	-14,9%	-5,1%

Estatura	CSD 1	-0,1%	5,2%	10,5%
	CSD 2	-5,0%	<b>0,0%</b>	5,0%
	CSD 3	-9,7%	-4,8%	<b>-0,0%</b>
Talla sentada	CSD 1	-0,7%	3,5%	8,2%
	CSD 2	-4,7%	-0,6%	3,7%
	CSD 3	-8,4%	-4,4%	-0,2%
Envergadura	CSD 1	0,8%	6,4%	11,3%
	CSD 2	-4,2%	1,0%	5,7%
	CSD 3	-9,0%	-4,0%	0,4%
Longitud brazo	CSD 1	<b>-0,3%</b>	5,4%	9,5%
	CSD 2	-5,1%	<b>0,3%</b>	4,2%
	CSD 3	-10,4%	-5,2%	-1,5%
Longitud antebrazo	CSD 1	-4,0%	6,3%	10,0%
	CSD 2	-9,4%	0,4%	3,8%
	CSD 3	-14,5%	-5,2%	<b>-2,0%</b>
Longitud mano	CSD 1	3,5%	8,2%	15,3%
	CSD 2	-0,5%	3,9%	10,7%
	CSD 3	-5,4%	-1,0%	<b>5,4%</b>
Longitud muslo	CSD 1	4,4%	10,6%	15,8%
	CSD 2	-0,9%	4,9%	9,8%
	CSD 3	-6,8%	-1,3%	3,3%
Longitud pierna	CSD 1	3,2%	9,9%	16,3%
	CSD 2	-3,0%	<b>3,2%</b>	9,3%
	CSD 3	-9,0%	-3,0%	<b>2,5%</b>
Longitud pie	CSD 1	2,6%	7,0%	12,3%
	CSD 2	-1,6%	2,5%	7,5%
	CSD 3	-6,4%	-2,4%	2,4%
Diámetro biacromial	CSD 1	0,8%	4,5%	7,9%
	CSD 2	-3,2%	0,2%	3,5%
	CSD 3	-7,0%	-3,6%	-0,5%
Diámetro biiliocrestal	CSD 1	1,9%	9,9%	15,0%
	CSD 2	-3,3%	4,1%	9,0%
	CSD 3	-8,2%	-1,0%	3,5%
Diámetro transversal tórax	CSD 1	-2,7%	1,5%	6,2%
	CSD 2	-5,3%	-1,1%	3,4%
	CSD 3	-9,4%	-5,4%	<b>-1,0%</b>
Diámetro antero-posterior tórax	CSD 1	-8,4%	-3,9	-1,6%
	CSD 2	-8,9%	-4,4%	-2,2%
	CSD 3	-12,9%	-8,6%	-6,4%

Nota: CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat; 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm. (3).

Las tablas 2.39-2.41 comparan los índices corporales entre las deportistas de los mismos grupos de estatura del CSD y el CAR. Las variables que no están comparadas fueron analizadas por porcentajes.

El grupo de las deportistas con una estatura de 150,0- 159,9 cm no tuvo diferencias significativas en las siguientes variables: longitud del antebrazo relativa, índice córmico, índice de Manouvrier, índice androgénico, índice crural e índice ponderal (ver la tabla 2.39).

El grupo de las deportistas con una estatura de 160,0- 169,9 cm no tuvo diferencias significativas en las siguientes variables: longitud del brazo relativa, longitud del antebrazo relativa, índice córmico e índice braquial (ver la tabla 2.40).

El grupo de las deportistas con una estatura de 170,0- 179,9 cm no tuvo diferencias significativas en las siguientes variables: LRMS, longitud del brazo relativa, longitud del antebrazo relativa, longitud del muslo relativa, longitud del pie relativa, IER, índice córmico, índice de Manouvrier, índice androgénico e índice braquial (ver la tabla 2.41).

**Tabla 2.39. Comparación índices grupos femeninos 150,0-159,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. S-W	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{X} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	43,5	43,0 $\pm$ 3,5	0,000	--
L. brazo relativa	18,7	18,6 $\pm$ 1,3	0,001	--
L. antebrazo relativa	14,0	13,5 $\pm$ 1,3	0,398	0,073
L. mano relativa	10,7	11,2 $\pm$ 0,9	0,932	0,011 *
LRMI	51,4	53,3 $\pm$ 1,8	0,402	0,000 ***
L. muslo relativa	25,8	27,0 $\pm$ 1,6	0,230	0,001 **
L. pierna relativa	21,8	22,6 $\pm$ 0,1	0,045	--
L. pie relativa	14,5	14,8 $\pm$ 0,4	0,486	0,000 ***
IER	100,4	101,9 $\pm$ 3,5	0,345	0,021 *
I. córmico	53,6	53,3 $\pm$ 1,2	0,437	0,389
I. Manouvrier	86,5	87,4 $\pm$ 4,5	0,251	0,304
I. androgénico	71, 8	72,6 $\pm$ 4,9	0,330	0,380
I. braquial	75,2	73,9 $\pm$ 7,9	0,742	0,045 *
I. crural	84,5	83,8 $\pm$ 4,8	0,377	0,481
I. ponderal	42,2	43,0 $\pm$ 2,1	0,668	0,057
I. torácico	150,1	155,3 $\pm$ 11,5	0,174	0,029 *

Notas: I = Índice; L = Longitud; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; S-W = Shapiro-Wilk \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.



**Tabla 2.40. Comparación índices grupos femeninos 160,0-169,9 cm CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	43,5	44,0 $\pm$ 1,5	0,200	0,008 **
L. brazo relativa	18,7	18,7 $\pm$ 0,9	0,200	0,851
L. antebrazo relativa	14,1	14,2 $\pm$ 0,9	0,200	0,212
L. mano relativa	10,7	11,1 $\pm$ 0,9	0,200	0,002 **
LRMI	51,8	53,4 $\pm$ 1,8	0,200	0,000 ***
L. muslo relativa	25,8	27,0 $\pm$ 1,6	0,200	0,000 ***
L. pierna relativa	22,0	22,8 $\pm$ 0,1	0,031	--
L. pie relativa	14,4	14,7 $\pm$ 0,5	0,200	0,000 ***
IER	100,4	101,5 $\pm$ 2,3	0,036	--
I. córmico	53,1	52,7 $\pm$ 1,4	0,200	0,091
I. Manouvrier	88,2	89,6 $\pm$ 5,1	0,200	0,040 *
I. androgénico	72,8	75,5 $\pm$ 4,1	0,200	0,000 ***
I. braquial	75,8	76,0 $\pm$ 5,6	0,066	0,766
I. crural	85,3	84,1 $\pm$ 4,2	0,200	0,040 *
I. ponderal	42,7	43,3 $\pm$ 2,2	0,093	0,038 *
I. torácico	148,9	154,7 $\pm$ 14,1	0,200	0,003 **

Notas: I = Índice; L = Longitud; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; S-W = Shapiro-Wilk. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

**Tabla 2.41. Comparación índices grupos femeninos 170,0-179,9 cm del CAR y CSD**

Variables	Valor de Contraste		Sig. K-S	Sig. T una muestra
	CSD	$\bar{x} \pm \sigma$ CAR		
LRMS	43,7	43,8 $\pm$ 1,4	0,200	0,242
L. brazo relativa	18,8	18,5 $\pm$ 0,8	0,067	0,193
L. antebrazo relativa	14,2	14,0 $\pm$ 0,9	0,070	0,460
L. mano relativa	10,6	11,2 $\pm$ 1,4	0,001	--
LRMI	52,2	53,2 $\pm$ 2,1	0,016	--
L. muslo relativa	26,1	27,0 $\pm$ 1,0	0,200	0,528
L. pierna relativa	22,4	23,0 $\pm$ 0,1	0,002	--
L. pie relativa	14,4	14,7 $\pm$ 0,6	0,200	0,122
IER	100,6	101,1 $\pm$ 2,3	0,200	0,268
I. córmico	52,5	52,4 $\pm$ 1,1	0,200	0,911
I. Manouvrier	90,2	90,5 $\pm$ 4,0	0,200	0,950
I. androgénico	73,5	76,4 $\pm$ 4,0	0,200	0,111
I. braquial	75,9	75,4 $\pm$ 8,3	0,200	0,451
I. crural	85,6	85,4 $\pm$ 6,1	0,003	--
I. ponderal	43,0	43,7 $\pm$ 1,2	0,200	0,013 *
I. torácico	149,2	156,0 $\pm$ 17,5	0,040	--

Notas: I = Índice; L = Longitud; LRMI = Longitud Relativa Miembro Inferior; LRMS = Longitud Relativa Miembro Superior; IER = Índice Envergadura Relativa; CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. Sig = Significación; S-W = Shapiro-Wilk. \* p < 0,05.

Las diferencias porcentuales de las variables que faltaban por comparar están en color negro. Las diferencias fueron entre el -0,5% y el 5,6%. Los otros valores están para poder analizar las diferencias y comparar con otros grupos. Las diferencias fueron entre -2,1 % y 5,6 % (ver la tabla 2.42).

**Tabla 2.42. Porcentajes delta entre índices del género masculino del CAR y CSD**

Variables	Grupos	CAR1	CAR2	CAR3
LRMS	CDS1	<b>1,1%</b>	-1,1%	1,6%
	CDS2	-1,1%	-1,1%	-0,6%
	CDS3	-0,6%	-0,6%	-0,2%
L. brazo relativa	CDS1	<b>-0,5%</b>	0,0%	-1,0%
	CDS2	-0,5%	0,0%	-1,0%
	CDS3	-1,0%	-0,5%	-1,5%
L. mano relativa	CDS1	4,6%	3,7%	4,6%
	CDS2	4,6%	3,7%	4,6%
	CDS3	5,6%	4,7%	<b>5,6%</b>
LRMI	CDS1	2,6%	3,8%	3,5%
	CDS2	2,8%	3,0%	2,7%
	CDS3	2,1%	2,2%	<b>1,9%</b>
I. pierna relativa	CDS1	<b>3,6%</b>	4,5%	5,5%
	CDS2	2,7%	<b>3,6%</b>	4,5%
	CDS3	0,8%	1,7%	2,6%
IER	CDS1	1,4%	1,0%	0,6%
	CDS2	1,4%	<b>1,0%</b>	0,6%
	CDS3	1,2%	0,8%	0,4%
I. crural	CDS1	-0,8%	-0,4%	1,0%
	CDS2	-1,7%	-1,4%	0,1%
	CDS3	-2,1%	-1,7%	<b>-0,2%</b>
I. torácico	CDS1	3,4%	3,0%	3,9%
	CDS2	4,2%	3,8%	4,7%
	CDS3	4,0%	3,6%	<b>4,5%</b>

Nota: I = Índice; L = Longitud; LRMS = Longitud relativa miembro superior; LRMI = Longitud relativa miembro inferior; IER = Índice de envergadura relativa. CSD = Consejo Superior de Deportes; CAR = Centro de Alto Rendimiento de San Cugat. 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3).

Otra parte de nuestro estudio se centró en los diámetros corporales con una parte de la muestra, que fue evaluada en el CAR de San Cugat en el año 2010. La tabla 2.43 describe las diferencias que tuvieron los cuatro grupos por estaturas de deportistas en los 8 diámetros evaluados. Todas las variables estudiadas tuvieron diferencias significativas.

**Tabla 2.43. Comparación grupos masculinos del CAR 2010**

Variables	Grupo	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	1	21,4 ± 5,6	0,000	0,000	0,002 ** a
	2	26,8 ± 9,7	0,000		
	3	24,9 ± 8,2	0,000		
	4	21,2 ± 4,7	0,066		
Masa corporal	1	61,5 ± 5,7	0,134	0,017	0,000 *** a
	2	71,2 ± 6,9	0,031		
	3	80,7 ± 9,2	0,200		
	4	86,2 ± 7,3	0,151		
Estatura	1	166,7 ± 2,4	0,065	0,201	0,000 *** a
	2	175,7 ± 2,6	0,167		
	3	184,0 ± 2,6	0,017		
	4	192,9 ± 2,2	0,079		
D. biacromial	1	38,4 ± 2,0	0,200	0,684	0,000 *** a
	2	40,8 ± 1,8	0,015		
	3	42,3 ± 1,8	0,001		
	4	42,8 ± 2,0	0,007		
D. biiliocrestal	1	27,9 ± 1,7	0,093	0,004	0,000 *** a
	2	29,0 ± 1,8	0,200		
	3	30,0 ± 1,7	0,001		
	4	30,6 ± 1,4	0,067		
D. bitrocantéreo	1	29,2 ± 1,7	0,010	0,029	0,000 *** a
	2	30,7 ± 1,3	0,027		
	3	31,9 ± 1,4	0,004		
	4	31,5 ± 2,1	0,200		
D. transversal tórax	1	27,6 ± 2,0	0,200	0,022	0,000 *** a
	2	29,4 ± 2,0	0,015		
	3	30,9 ± 2,6	0,002		
	4	32,1 ± 2,7	0,200		

D. a-p tórax	1	18,5 ± 2,2	0,168	0,327	0,001 *** a
	2	19,3 ± 1,8	0,200		
	3	19,9 ± 2,0	0,000		
	4	20,2 ± 2,0	0,200		
D. biestiloideo	1	5,5 ± 0,3	0,179	0,563	0,000 *** a
	2	5,8 ± 0,2	0,043		
	3	6,1 ± 0,3	0,000		
	4	6,3 ± 0,2	0,042		
D. bicondíleo	1	9,6 ± 0,3	0,154	0,002	0,000 *** a
	2	9,9 ± 0,5	0,001		
	3	10,3 ± 0,5	0,040		
	4	10,4 ± 0,3	0,000		
D. bimaleolar	1	6,9 ± 0,4	0,006	0,495	0,000 *** a
	2	7,2 ± 0,4	0,054		
	3	7,6 ± 0,3	0,001		
	4	7,8 ± 0,3	0,200		

Notas: D = Diámetro; A = Anterior; P = Posterior. 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4). Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov; <sup>a</sup> Kruskal Wallis. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.

Debido a haber encontrado diferencias significativas en las variables, realizamos comparaciones por parejas con pruebas post hoc para conocer las diferencias entre los grupos. Casi todos los grupos del género masculino tuvieron diferencias significativas en los diámetros estudiados.

Sin embargo, los grupos 3 y 4 no tuvieron diferencias significativas en los siguientes diámetros: biacromial, biiliocrestal, bitrocantéreo, transversal del tórax, antero-posterior del tórax y bicondíleo. Las otras combinaciones posibles para comparar los 4 grupos tuvieron diferencias significativas en todos los diámetros.

Los grupos con más estatura tuvieron los diámetros más grandes. Sin embargo, el diámetro antero-posterior tuvo las diferencias significativas con valores más bajos. Las diferencias significativas en los diámetros fueron encontradas en todas las combinaciones posibles para comparar los grupos 1-3, y 1, 2 y 4 de los deportistas del CAR 2010 (ver la tabla 2.44).

**Tabla 2.44. Post hoc para Kruskal-Wallis grupos masculinos del CAR 2010**

Variables	Grupos	2	3	4
Edad	1	0,003 **	0,017 *	0,958
	2		0,291	0,004 **
	3			0,026 *
Peso	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,007 **
Estatura	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,000 ***
D. biacromial	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,184
D. biiliocrestal	1	0,002 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,056
D. bitrocantéreo	1	0,001 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,125
D. transversal tórax	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,064
D. a-p tórax	1	0,033 *	0,000 ***	0,001 **
	2		0,034 *	0,042 *
	3			0,413
D. biestiloideo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,002 **
D. bicondíleo	1	0,005 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,577
D. bimaleolar	1	0,004 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,001 **

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; 160,0-169,9 cm (1); 170,0-179,9 cm (2); 180,0-189,9 cm (3); 190,0-199,9 cm (4); 200,0-209,9 cm (5). \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*, p < 0,001.

Las deportistas del CAR tuvieron diferencias significativas entre grupos en todos los diámetros evaluados. La tabla 2.45 compara los diámetros de los grupos por estaturas de las deportistas del CAR evaluadas durante el año 2010. El peso fue la única variable que cumplió la normalidad e igualdad de varianzas entre los grupos de todas las variables estudiadas.

**Tabla 2.45. Comparación grupos femeninos del CAR 2010**

Variable	Grupo	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S o S-W	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	1	19,8 ± 6,8	0,000 <sup>S-W</sup>	0,093	0,008 *** a
	2	20,7 ± 5,6	0,000 <sup>K-S</sup>		
	3	20,5 ± 4,3	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	23,3 ± 4,6	0,089 <sup>S-W</sup>		
Peso	1	48,9 ± 4,2	0,972 <sup>S-W</sup>	0,319	0,000 *** b
	2	56,3 ± 5,8	0,068 <sup>K-S</sup>		
	3	63,8 ± 5,9	0,156 <sup>K-S</sup>		
	4	74,1 ± 7,4	0,633 <sup>S-W</sup>		
Estatura	1	155,9 ± 2,7	0,113 <sup>S-W</sup>	0,382	0,000 *** a
	2	165,5 ± 2,9	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	173,1 ± 2,5	0,017 <sup>K-S</sup>		
	4	184,0 ± 2,7	0,106 <sup>S-W</sup>		
D. biacromial	1	35,5 ± 1,2	0,316 <sup>S-W</sup>	0,039	0,000 *** a
	2	37,0 ± 1,5	0,007 <sup>K-S</sup>		
	3	39,1 ± 1,5	0,004 <sup>K-S</sup>		
	4	39,6 ± 2,3	0,530 <sup>S-W</sup>		
D. biiliocrestal	1	27,9 ± 1,7	0,652 <sup>S-W</sup>	0,023	0,000 *** a
	2	29,0 ± 1,8	0,081 <sup>K-S</sup>		
	3	30,0 ± 1,7	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	30,6 ± 1,4	0,242 <sup>S-W</sup>		
D. bitrocantéreo	1	27,8 ± 1,5	0,130 <sup>S-W</sup>	0,004	0,000 *** a
	2	29,8 ± 1,1	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	30,9 ± 1,2	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	32,7 ± 1,9	0,449 <sup>S-W</sup>		

D. transversal tórax	1	25,0 ± 0,9	0,399 <sup>S-W</sup>	0,049	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	26,1 ± 1,4	0,200 <sup>K-S</sup>		
	3	27,4 ± 1,5	0,120 <sup>K-S</sup>		
	4	27,9 ± 1,9	0,163 <sup>S-W</sup>		
D. a-p tórax	1	15,9 ± 1,3	0,181 <sup>S-W</sup>	0,277	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	16,6 ± 1,4	0,033 <sup>K-S</sup>		
	3	17,2 ± 1,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	18,4 ± 1,4	0,726 <sup>S-W</sup>		
D. biestiloideo	1	5,1 ± 0,2	0,264 <sup>S-W</sup>	0,143	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	5,2 ± 0,2	0,011 <sup>K-S</sup>		
	3	5,4 ± 0,2	0,007 <sup>K-S</sup>		
	4	5,7 ± 0,2	0,482 <sup>S-W</sup>		
D. bicondíleo	1	8,8 ± 0,3	0,531 <sup>S-W</sup>	0,039	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	9,2 ± 0,4	0,011 <sup>K-S</sup>		
	3	9,5 ± 0,5	0,200 <sup>K-S</sup>		
	4	10,1 ± 0,5	0,402 <sup>S-W</sup>		
D. bimaleolar	1	6,2 ± 0,3	0,292 <sup>S-W</sup>	0,772	0,000 <sup>*** a</sup>
	2	6,4 ± 0,3	0,165 <sup>K-S</sup>		
	3	6,8 ± 0,3	0,049 <sup>K-S</sup>		
	4	7,2 ± 0,3	0,440 <sup>S-W</sup>		

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; Kolmogórov-Smirnov (K-S); Shapiro-Wilk (S-W); <sup>a</sup> Kruskal Wallis; <sup>b</sup> ANOVA. 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3); 180,0-189,9 cm (4). \*\* p < 0,01. \*\*\* p < 0,001.

Realizamos una prueba paramétrica con un post hoc de Sheffe para ver las diferencias entre las parejas en el peso. Todos los grupos tuvieron la misma diferencia significativa con una p < 0,001.

Las otras variables fueron comparadas con pruebas no paramétricas para analizar las diferencias entre los grupos por parejas. Encontramos diferencias significativas en casi todos los diámetros, excepto entre los grupos 3 y 4 en los siguientes diámetros: biacromial, biiliocrestal y transversal del tórax. Los grupos 1 y 2 no tuvieron diferencias significativas en el diámetro biestiloideo.

La tabla 2.46 muestra las diferencias de los diámetros entre los grupos de deportistas del género femenino del CAR evaluadas en el año 2010.

**Tabla 2.46. Post hoc para Kruskal Wallis grupos femeninos del CAR 2010**

Variable	Grupo	2	3	4
Edad	1	0,127	0,049 *	0,001 **
	2		0,446	0,006 **
	3			0,025 *
Estatura	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,005 **
D. biacromial	1	0,001***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,807
D. biiliocrestal	1	0,010 ***	0,000***	0,000***
	2		0,000***	0,000***
	3			0,103
D. bitrocantéreo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,007 **
D. transversal tórax	1	0,002 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,474
D. a-p tórax	1	0,006 **	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,032 *	0,000 ***
	3			0,005 **
D. biestiloideo	1	0,075	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,001**
D. bicondíleo	1	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,004 **
D. bimaleolar	1	0,017 *	0,000 ***	0,000 ***
	2		0,000 ***	0,000 ***
	3			0,002 **

Notas: D = Diámetro; A =Antero; P = Posterior. 150,0-159,9 cm (1); 160,0-169,9 cm (2); 170,0-179,9 cm (3); 180,0-189,9 cm (4). Post hoc para Kruskal-Wallis. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.



La última parte de los resultados se centra en comparar el género femenino y masculino de los mismos grupos de estatura del CAR. Por un lado, se compararon las medidas anatómicas y los índices de las y los deportistas evaluados entre los años 1990 y 2000. Por otro lado, se compararon los diámetros entre ambos géneros de deportistas que realizaron las evaluaciones en el año 2010.

Sim embargo, solamente pudimos comparar dos grupos de estatura entre géneros de entre los años 1990-2000. Los otros grupos tenían menos estatura o más estatura. Con la base de datos del CAR 2010 pudimos comparar 3 grupos con la misma estatura entre los dos géneros.

La tabla 2.47 presenta las diferencias encontradas al comparar ambos géneros del CAR con una estatura de 160-169,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas entre los dos grupos fueron las siguientes: longitud del brazo, longitud del antebrazo, longitud del muslo, longitud de la pierna y diámetro biiliocrestal.

La tabla 2.48 muestra las diferencias de los índices del grupo de estatura de 160-169,9 cm. No fueron encontradas diferencias significativas en las siguientes variables: LRMS, longitud del brazo relativa, longitud del antebrazo relativa, índice braquial e índice crural.

La tabla 2.49 presenta las diferencias encontradas al comparar ambos géneros del CAR con una estatura de 170,0-179,9 cm. Las variables que no tuvieron diferencias significativas entre los dos grupos fueron las siguientes: longitud del brazo, longitud de la pierna, diámetro biacromial y diámetro biiliocrestal.

La tabla 2.50 muestra las diferencias de comparar los índices corporales del grupo de estatura de 170,0-179,9 cm. No tuvieron diferencias significativas las siguientes variables: longitud del brazo relativa, longitud de la mano relativa e índice braquial.

Muchas variables tuvieron valores próximos entre géneros en el mismo grupo de estatura, lo que se debe tener en cuenta, aunque tuvieran diferencias significativas. A continuación se describen las diferencias estadísticas entre los grupos de misma estatura de ambos géneros del CAR y el CSD detalladamente (ver las tablas desde la 2.47 hasta la 2.50).

**Tabla 2.47. Comparación entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación																																																																																																																											
Edad	M	22,3 ± 5,6	0,005	0,080	0,000 *** a																																																																																																																											
	F	19,0 ± 4,2	0,001			Peso	M	63,2 ± 6,5	0,200	0,178	0,000 *** a	F	56,2 ± 9,4	0,018	Estatura	M	166,5 ± 2,4	0,200	0,022	0,010 * a	F	165,0 ± 2,9	0,028	Altura sentada	M	88,8 ± 2,9	0,200	0,625	0,001 ** b	F	87,0 ± 2,8	0,200	Envergadura	M	170,3 ± 3,9	0,096	0,099	0,001 ** b	F	167,5 ± 4,9	0,200	Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b	F	30,9 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a
Peso	M	63,2 ± 6,5	0,200	0,178	0,000 *** a																																																																																																																											
	F	56,2 ± 9,4	0,018			Estatura	M	166,5 ± 2,4	0,200	0,022	0,010 * a	F	165,0 ± 2,9	0,028	Altura sentada	M	88,8 ± 2,9	0,200	0,625	0,001 ** b	F	87,0 ± 2,8	0,200	Envergadura	M	170,3 ± 3,9	0,096	0,099	0,001 ** b	F	167,5 ± 4,9	0,200	Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b	F	30,9 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200						
Estatura	M	166,5 ± 2,4	0,200	0,022	0,010 * a																																																																																																																											
	F	165,0 ± 2,9	0,028			Altura sentada	M	88,8 ± 2,9	0,200	0,625	0,001 ** b	F	87,0 ± 2,8	0,200	Envergadura	M	170,3 ± 3,9	0,096	0,099	0,001 ** b	F	167,5 ± 4,9	0,200	Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b	F	30,9 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200															
Altura sentada	M	88,8 ± 2,9	0,200	0,625	0,001 ** b																																																																																																																											
	F	87,0 ± 2,8	0,200			Envergadura	M	170,3 ± 3,9	0,096	0,099	0,001 ** b	F	167,5 ± 4,9	0,200	Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b	F	30,9 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																								
Envergadura	M	170,3 ± 3,9	0,096	0,099	0,001 ** b																																																																																																																											
	F	167,5 ± 4,9	0,200			Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b	F	30,9 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																	
Longitud brazo	M	31,2 ± 1,4	0,200	0,804	0,269 b																																																																																																																											
	F	30,9 ± 1,5	0,200			Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b	F	23,4 ± 1,3	0,200	Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																										
Longitud antebrazo	M	23,5 ± 1,6	0,200	0,105	0,933 b																																																																																																																											
	F	23,4 ± 1,3	0,200			Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b	F	18,3 ± 1,5	0,200	Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																			
Longitud mano	M	19,1 ± 1,5	0,200	0,862	0,005 ** b																																																																																																																											
	F	18,3 ± 1,5	0,200			Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a	F	44,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																												
Longitud muslo	M	44,0 ± 2,1	0,029	0,925	0,054 a																																																																																																																											
	F	44,8 ± 2,3	0,200			Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a	F	37,6 ± 0,7	0,028	Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																					
Longitud pierna	M	37,4 ± 0,7	0,200	0,139	0,284 a																																																																																																																											
	F	37,6 ± 0,7	0,028			Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b	F	24,3 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																														
Longitud pie	M	25,5 ± 0,8	0,163	0,234	0,000 *** b																																																																																																																											
	F	24,3 ± 0,9	0,200			D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a	F	36,7 ± 1,7	0,200	D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																																							
D. biacromial	M	38,5 ± 2,0	0,031	0,286	0,000 *** a																																																																																																																											
	F	36,7 ± 1,7	0,200			D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a	F	27,7 ± 1,8	0,200	D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																																																
D. biiliocrestal	M	27,4 ± 1,4	0,004	0,157	0,297 a																																																																																																																											
	F	27,7 ± 1,8	0,200			D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a	F	26,1 ± 1,5	0,200	D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																																																									
D. transversal tórax	M	28,0 ± 1,8	0,031	0,316	0,000 *** a																																																																																																																											
	F	26,1 ± 1,5	0,200			D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																																																																		
D. a-p tórax	M	19,0 ± 1,4	0,004	0,016	0,000 *** a																																																																																																																											
	F	17,0 ± 1,9	0,200																																																																																																																													

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup>Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup>Prueba T para muestras independientes. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.

**Tabla 2.48. Comparación índices entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR**

Variable	Género	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación																																																																																																																																				
LRMS	M	44,3 ± 1,2	0,200	0,259	0,249 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	44,0 ± 1,5	0,200			L. brazo relativa	M	18,7 ± 0,8	0,200	0,840	0,748 <sup>b</sup>	F	18,7 ± 0,9	0,200	L. antebrazo relativa	M	14,1 ± 1,0	0,200	0,321	0,588 <sup>b</sup>	F	14,2 ± 0,9	0,200	L. mano relativa	M	11,4 ± 0,9	0,200	0,788	0,025 <sup>b</sup>	F	11,0 ± 0,9	0,200	LRMI	M	52,5 ± 1,5	0,200	0,465	0,008 <sup>** b</sup>	F	53,4 ± 1,8	0,200	L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>	F	27,0 ± 1,6	0,200	L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>
L. brazo relativa	M	18,7 ± 0,8	0,200	0,840	0,748 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	18,7 ± 0,9	0,200			L. antebrazo relativa	M	14,1 ± 1,0	0,200	0,321	0,588 <sup>b</sup>	F	14,2 ± 0,9	0,200	L. mano relativa	M	11,4 ± 0,9	0,200	0,788	0,025 <sup>b</sup>	F	11,0 ± 0,9	0,200	LRMI	M	52,5 ± 1,5	0,200	0,465	0,008 <sup>** b</sup>	F	53,4 ± 1,8	0,200	L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>	F	27,0 ± 1,6	0,200	L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200						
L. antebrazo relativa	M	14,1 ± 1,0	0,200	0,321	0,588 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	14,2 ± 0,9	0,200			L. mano relativa	M	11,4 ± 0,9	0,200	0,788	0,025 <sup>b</sup>	F	11,0 ± 0,9	0,200	LRMI	M	52,5 ± 1,5	0,200	0,465	0,008 <sup>** b</sup>	F	53,4 ± 1,8	0,200	L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>	F	27,0 ± 1,6	0,200	L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200															
L. mano relativa	M	11,4 ± 0,9	0,200	0,788	0,025 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	11,0 ± 0,9	0,200			LRMI	M	52,5 ± 1,5	0,200	0,465	0,008 <sup>** b</sup>	F	53,4 ± 1,8	0,200	L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>	F	27,0 ± 1,6	0,200	L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																								
LRMI	M	52,5 ± 1,5	0,200	0,465	0,008 <sup>** b</sup>																																																																																																																																				
	F	53,4 ± 1,8	0,200			L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>	F	27,0 ± 1,6	0,200	L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																	
L. muslo relativa	M	26,4 ± 1,2	0,200	0,191	0,020 <sup>* b</sup>																																																																																																																																				
	F	27,0 ± 1,6	0,200			L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>	F	22,8 ± 0,0	0,031	L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																										
L. pierna relativa	M	22,5 ± 0,1	0,200	0,019	0,000 <sup>*** a</sup>																																																																																																																																				
	F	22,8 ± 0,0	0,031			L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>	F	14,7 ± 0,5	0,200	IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																			
L. pie relativa	M	15,3 ± 0,5	0,200	0,860	0,000 <sup>*** b</sup>																																																																																																																																				
	F	14,7 ± 0,5	0,200			IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>	F	101,4 ± 2,3	0,036	I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																												
IER	M	102,2 ± 1,9	0,191	0,222	0,007 <sup>** a</sup>																																																																																																																																				
	F	101,4 ± 2,3	0,036			I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>	F	52,7 ± 1,4	0,200	I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																					
I. córmico	M	53,3 ± 1,6	0,200	0,532	0,043 <sup>* b</sup>																																																																																																																																				
	F	52,7 ± 1,4	0,200			I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>	F	89,6, ± 5,1	0,200	I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																														
I. Manouvrier	M	87,4 ± 5,6	0,200	0,701	0,036 <sup>* b</sup>																																																																																																																																				
	F	89,6, ± 5,1	0,200			I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>	F	75,5 ± 4,1	0,200	I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																							
I. androgénico	M	71,2 ± 4,3	0,200	0,737	0,000 <sup>*** b</sup>																																																																																																																																				
	F	75,5 ± 4,1	0,200			I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>	F	76,0 ± 5,6	0,066	I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																																
I. braquial	M	75,2 ± 6,9	0,200	0,113	0,527 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	76,0 ± 5,6	0,066			I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>	F	84,1 ± 4,2	0,200	I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																																									
I. crural	M	85,3 ± 4,0	0,200	0,648	0,124 <sup>b</sup>																																																																																																																																				
	F	84,1 ± 4,2	0,200			I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>	F	43,3 ± 2,2	0,093	I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																																																		
I. ponderal	M	41,8 ± 1,4	0,200	0,012	0,000 <sup>*** a</sup>																																																																																																																																				
	F	43,3 ± 2,2	0,093			I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																																																											
I. torácico	M	147,4 ± 11,2	0,200	0,056	0,003 <sup>** b</sup>																																																																																																																																				
	F	154,7 ± 14,1	0,200																																																																																																																																						

Notas: M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes.  
\* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.

**Tabla 2.49. Comparación entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación																																																																																																																											
Edad	M	22,8 ± 6,8	0,000	0,005	0,026 * <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	20,2 ± 4,3	0,007			Peso	M	69,8 ± 7,7	0,000	0,087	0,000 *** <sup>a</sup>	F	62,7 ± 5,3	0,200	Estatura	M	175,1 ± 2,8	0,000	0,017	0,000 *** <sup>a</sup>	F	173,3 ± 2,2	0,002	Talla sentada	M	92,6 ± 1,9	0,200	0,520	0,000 *** <sup>b</sup>	F	91,0 ± 2,1	0,200	Envergadura	M	179,3 ± 4,1	0,200	0,285	0,000 *** <sup>b</sup>	F	175,3 ± 4,8	0,056	Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>	F	32,1 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>
Peso	M	69,8 ± 7,7	0,000	0,087	0,000 *** <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	62,7 ± 5,3	0,200			Estatura	M	175,1 ± 2,8	0,000	0,017	0,000 *** <sup>a</sup>	F	173,3 ± 2,2	0,002	Talla sentada	M	92,6 ± 1,9	0,200	0,520	0,000 *** <sup>b</sup>	F	91,0 ± 2,1	0,200	Envergadura	M	179,3 ± 4,1	0,200	0,285	0,000 *** <sup>b</sup>	F	175,3 ± 4,8	0,056	Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>	F	32,1 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200						
Estatura	M	175,1 ± 2,8	0,000	0,017	0,000 *** <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	173,3 ± 2,2	0,002			Talla sentada	M	92,6 ± 1,9	0,200	0,520	0,000 *** <sup>b</sup>	F	91,0 ± 2,1	0,200	Envergadura	M	179,3 ± 4,1	0,200	0,285	0,000 *** <sup>b</sup>	F	175,3 ± 4,8	0,056	Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>	F	32,1 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200															
Talla sentada	M	92,6 ± 1,9	0,200	0,520	0,000 *** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	91,0 ± 2,1	0,200			Envergadura	M	179,3 ± 4,1	0,200	0,285	0,000 *** <sup>b</sup>	F	175,3 ± 4,8	0,056	Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>	F	32,1 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																								
Envergadura	M	179,3 ± 4,1	0,200	0,285	0,000 *** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	175,3 ± 4,8	0,056			Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>	F	32,1 ± 1,5	0,200	Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																	
Longitud brazo	M	32,5 ± 1,6	0,025	0,812	0,090 <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	32,1 ± 1,5	0,200			Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>	F	24,2 ± 1,7	0,063	Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																										
Longitud antebrazo	M	25,1 ± 1,8	0,200	0,403	0,003 ** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	24,2 ± 1,7	0,063			Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>	F	19,5 ± 2,4	0,001	Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																			
Longitud mano	M	19,7 ± 1,6	0,200	0,065	0,045 * <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	19,5 ± 2,4	0,001			Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>	F	46,8 ± 2,3	0,200	Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																												
Longitud muslo	M	45,9 ± 2,3	0,200	0,167	0,015 ** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	46,8 ± 2,3	0,200			Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>	F	39,8 ± 0,6	0,002	Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																					
Longitud pierna	M	40,0 ± 0,8	0,000	0,001	0,191 <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	39,8 ± 0,6	0,002			Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>	F	25,5 ± 0,9	0,200	D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																														
Longitud pie	M	26,5 ± 0,9	0,200	0,778	0,000 *** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	25,5 ± 0,9	0,200			D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>	F	37,9 ± 1,5	0,200	D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																																							
D. biacromial	M	39,9 ± 1,8	0,200	0,243	0,265 <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	37,9 ± 1,5	0,200			D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>	F	29,0 ± 1,5	0,200	D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																																																
D. biiliocrestal	M	28,6 ± 1,6	0,042	0,958	0,167 <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	29,0 ± 1,5	0,200			D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>	F	27,3 ± 1,4	0,200	D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																																																									
D. transversal tórax	M	29,3 ± 1,9	0,200	0,077	0,000 *** <sup>b</sup>																																																																																																																											
	F	27,3 ± 1,4	0,200			D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																																																																		
D. a-p tórax	M	19,7 ± 1,6	0,006	0,468	0,000 *** <sup>a</sup>																																																																																																																											
	F	17,4 ± 1,4	0,200																																																																																																																													

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes. \* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.

**Tabla 2.50. Comparación de índices entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR**

Variable	Género	$\bar{X} \pm \sigma$	Sig.	Sig.	Sig.
			K-S	Levene	comparación
LRMS	M	44,2 ± 1,2	0,200	0,254	0,030 * <sup>b</sup>
	F	43,8 ± 1,4	0,200		
L. brazo relativa	M	18,6 ± 0,8	0,008	0,897	0,787 <sup>a</sup>
	F	18,5 ± 0,8	0,067		
L. antebrazo relativa	M	14,3 ± 1,0	0,074	0,644	0,027 * <sup>b</sup>
	F	14,0 ± 0,9	0,070		
L. mano relativa	M	11,2 ± 0,9	0,200	0,015	0,194 <sup>a</sup>
	F	11,2 ± 1,4	0,001		
LRMI	M	52,6 ± 1,3	0,200	0,039	0,007 *** <sup>a</sup>
	F	53,2 ± 2,1	0,016		
L. muslo relativa	M	26,2 ± 1,2	0,200	0,336	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	27,0 ± 1,0	0,200		
L. pierna relativa	M	22,8 ± 0,1	0,000	0,000	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	22,9 ± 0,4	0,002		
L. pie relativa	M	15,1 ± 0,4	0,200	0,436	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	14,7 ± 0,6	0,200		
IER	M	102,4 ± 1,9	0,200	0,164	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	101,1 ± 2,3	0,200		
I. córmico	M	52,9 ± 1,0	0,200	0,781	0,020 * <sup>b</sup>
	F	52,4 ± 1,1	0,200		
I. Manouvrier	M	89,1 ± 3,7	0,200	0,662	0,020 * <sup>b</sup>
	F	90,5 ± 4,0	0,200		
I. androgénico	M	71,9 ± 4,7	0,200	0,248	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	76,4 ± 4,0	0,200		
I. braquial	M	76,9 ± 7,4	0,001	0,656	0,526 <sup>a</sup>
	F	75,3 ± 8,3	0,066		
I. crural	M	87,2 ± 3,9	0,200	0,426	0,001 ** <sup>a</sup>
	F	85,3 ± 6,1	0,003		
I. ponderal	M	42,6 ± 1,5	0,055	0,160	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	43,6 ± 1,2	0,200		
I. torácico	M	149,2 ± 12,7	0,200	0,276	0,002 ** <sup>a</sup>
	F	156,0 ± 17,5	0,040		

Notas: M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes.  
\* p < 0,05. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.

Las próximas tablas describen las diferencias en los diámetros entre el género femenino y masculino de los deportistas del CAR evaluados en el año 2010.

La tabla 2.51 muestra las diferencias entre los grupos de ambos géneros con una estatura de 160,0-169,9 cm. El diámetro biiliocrestal fue el único diámetro que no tuvo diferencias significativas. Los otros 7 diámetros tuvieron diferencias significativas entre ambos géneros.

**Tabla 2.51. Comparación entre géneros 160,0-169,9 cm del CAR 2010**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	M	21,4 ± 5,6	0,000	0,808	0,289 <sup>a</sup>
	F	20,7 ± 5,6	0,000		
Peso	M	61,5 ± 5,7	0,134	0,910	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	56,3 ± 5,8	0,038		
Estatura	M	166,7 ± 2,4	0,065	0,049	0,030 * <sup>a</sup>
	F	165,5 ± 2,9	0,019		
D. biestiloideo	M	5,5 ± 0,3	0,179	0,001	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	5,2 ± 0,2	0,005		
D. bitrocantéreo	M	29,2 ± 1,7	0,010	0,000	0,012 ** <sup>a</sup>
	F	29,8 ± 1,1	0,039		
D. bicondíleo	M	9,6 ± 0,3	0,154	0,311	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	9,2 ± 0,4	0,001		
D. bimaleolar	M	6,9 ± 0,4	0,006	0,078	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	6,4 ± 0,3	0,034		
D. biacromial	M	38,4 ± 2,0	0,200	0,051	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	37,0 ± 1,5	0,200		
D. biiliocrestal	M	27,9 ± 1,6	0,093	0,035	0,332 <sup>a</sup>
	F	27,4 ± 1,2	0,001		
D. transversal tórax	M	27,6 ± 2,0	0,200	0,004	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	26,1 ± 1,4	0,200		
D. a-p tórax	M	18,5 ± 2,2	0,168	0,001	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	16,6 ± 1,4	0,000		

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes. \* p < 0,05. \*\*\*, p < 0,001.

La tabla 2.52 presenta las diferencias de los diámetros entre ambos géneros de deportistas del CAR 2010 con una estatura de 170,0-179,9 cm. El diámetro bitrocantéreo no tuvo diferencias significativas entre géneros. Los demás diámetros tuvieron diferencias significativas.

**Tabla 2.52. Comparación entre géneros 170,0-179,9 cm del CAR 2010**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	M	26,8 ± 9,7	0,000	0,000	0,000 *** a
	F	20,5 ± 5,4	0,033		
Peso	M	71,2 ± 6,9	0,031	0,014	0,000 *** a
	F	63,8 ± 5,9	0,200		
Estatura	M	175,7 ± 2,6	0,167	0,671	0,000 *** a
	F	173,1 ± 2,5	0,003		
D. biestiloideo	M	5,8 ± 0,2	0,043	0,264	0,000 *** a
	F	5,4 ± 0,2	0,004		
D. bitrocantéreo	M	30,7 ± 1,3	0,027	0,880	0,863 a
	F	30,9 ± 1,2	0,000		
D. bicondíleo	M	9,9 ± 0,5	0,001	0,683	0,000 *** a
	F	9,5 ± 0,5	0,065		
D. bimaleolar	M	7,2 ± 0,4	0,054	0,020	0,000 *** a
	F	6,7 ± 0,3	0,001		
D. biacromial	M	40,8 ± 1,8	0,015	0,023	0,000 *** a
	F	39,1 ± 1,5	0,011		
D. biiliocrestal	M	29,0 ± 1,2	0,200	0,431	0,000 *** b
	F	28,4 ± 1,1	0,093		
D. transversal tórax	M	29,4 ± 2,0	0,015	0,019	0,000 *** a
	F	27,4 ± 1,5	0,019		
D. a-p tórax	M	19,3 ± 1,8	0,200	0,137	0,000 *** b
	F	17,2 ± 1,5	0,085		

Notas: D = Diámetro; A = Antero; P = Posterior; M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 2.53 muestra las diferencias entre los géneros de deportistas del CAR con una estatura de 180,0-189,9 cm. Los diámetros que no tuvieron diferencias significativas, fueron el diámetro bitrocantéreo y el diámetro biiliocrestal. Por otro lado, la edad y la estatura no tuvieron diferencias significativas.

**Tabla 2.53. Comparación entre géneros 180,0-189,9 cm del CAR 2010**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	M	24,9 ± 8,2	0,000	0,009	0,794 <sup>a</sup>
	F	23,3 ± 4,6	0,161		
Peso	M	80,7 ± 9,2	0,200	0,270	0,004 <sup>*** b</sup>
	F	74,1 ± 7,4	0,355		
Estatura	M	184,0 ± 2,6	0,017	0,757	0,980 <sup>a</sup>
	F	184,0 ± 2,7	0,354		
D. biestiloideo	M	6,1 ± 0,2	0,000	0,325	0,000 <sup>*** a</sup>
	F	5,7 ± 0,2	0,335		
D. bitrocantéreo	M	31,9 ± 1,4	0,004	0,043	0,093 <sup>a</sup>
	F	32,7 ± 1,9	0,485		
D. bicondíleo	M	10,3 ± 0,4	0,040	0,937	0,013 <sup>a</sup>
	F	10,1 ± 0,5	0,132		
D. bimaleolar	M	7,6 ± 0,3	0,001	0,981	0,000 <sup>*** a</sup>
	F	7,2 ± 0,3	0,334		
D. biacromial	M	42,3 ± 1,8	0,001	0,253	0,000 <sup>*** a</sup>
	F	39,6 ± 2,3	0,339		
D. biiliocrestal	M	30,0 ± 1,7	0,001	0,674	0,305 <sup>a</sup>
	F	29,5 ± 1,9	0,586		
D. transversal tórax	M	30,9 ± 2,6	0,002	0,100	0,000 <sup>*** a</sup>
	F	27,9 ± 1,9	0,373		
D. a-p tórax	M	19,9 ± 2,0	0,000	0,028	0,004 <sup>** a</sup>
	F	18,4 ± 1,4	0,886		

Notas: D = Diámetro; A = Anterior; P = Posterior; M = Masculino; F = Femenino. <sup>a</sup> Prueba U Mann Whitney; <sup>b</sup> Prueba T para muestras independientes. \*\* p < 0,01. \*\*\*. p < 0,001.



## 2.5. DISCUSIÓN

La investigación realizada es el primer estudio que crea modelos antropométricos con deportistas de elite según grupos de estatura en ambos géneros, demostrando la necesidad de comenzar nuevos enfoques en antropometría, sobre todo debido a las diferencias encontradas entre los diferentes grupos de estatura en los parámetros corporales estudiados y también a las diferencias encontradas con algunas de las variables de los modelos antropométricos de referencia más utilizados en biomecánica deportiva (Drillis y Contini, 1966; Zatsiorsky-Seluyanov 1985, 1990; Leva, 1996).

Drillis y Contini (1966) realizaron un estudio con una muestra de 20 hombres entre 20-40 años, con una estatura entre 167,0-188,0 cm y un peso entre 76,0-86,0 kg. Los parámetros corporales de los participantes del estudio tienen los siguientes valores: estatura 178,0 cm, talla sentada 90,0 cm, longitud del brazo 33,2 cm, longitud del antebrazo 26,0 cm, longitud de la mano 19,2 cm, longitud del muslo 38,3 cm, longitud de la pierna 43,8 cm, longitud del pie 27,1 cm y envergadura 199,7 cm (Porta y Cabañas, 2011). Por lo tanto, si comparamos los valores de referencia con el grupo de 170,0-179,9 cm del CAR, debido a tener la media de estatura más próxima, encontramos las siguientes diferencias: talla sentada 2,6 cm ( $p < 0,001$ ), longitud de brazo menos 0,7 cm, longitud del antebrazo menos 0,9 cm ( $p < 0,001$ ), longitud de la mano 0,5 cm ( $p < 0,001$ ), longitud del muslo 7,6 cm ( $p < 0,001$ ), longitud de la pierna menos 3,8 cm, longitud del pie menos 0,5 cm ( $p < 0,001$ ) y envergadura menos 20,4 cm ( $p < 0,001$ ).

Algunos valores incluso están más próximos a otros grupos de estatura de nuestro estudio como la envergadura, que está más cerca del grupo de 190,0-199,9 cm del CAR, que tiene una envergadura de 198,8 cm, es decir, menos 0,9 cm. La longitud de la pierna se aproxima al grupo de 180,0-189,9 cm, que tiene una longitud de 42,6 cm, es decir, menos 1,2 cm. Por otro lado, si comparamos algunos índices corporales entre estudios, también encontramos diferencias significativas con el grupo masculino de 170,0-179,9 cm del CAR. El modelo de Drillis y Contini (1966) tiene un índice córmico de 52,0 ( $p < 0,001$ ), un índice braquial de 78,5, un índice de Manouvrier de 92,2 ( $p < 0,001$ ), un índice crural de 109,0 ( $p < 0,001$ ), una longitud del muslo relativa de 44,3 ( $p < 0,001$ ), un índice androgénico ( $p < 0,001$ ) y una envergadura relativa ( $p < 0,001$ ).

Otros estudios importantes fueron realizados por Zatsiorsky-Seluyanov (1985, 1990) y Leva (1996). Leva estimó los valores de la muestra del estudio de Zatsiorsky-Seluyanov (1985) de 100 estudiantes de Educación Física con una edad entre 19,0-35,0 años, una estatura entre 168,0-180,0 cm y un peso entre 55,0-91,0 kg. El modelo antropométrico de las estudiantes tiene una longitud del brazo de 23,6 cm, una longitud del antebrazo de 24,7 cm, una longitud de la mano de 17,2 cm, una longitud del muslo de 49,6 cm, una longitud de la pierna de 39,4 cm y una longitud del pie de 22,8 cm. Por otro lado, el modelo antropométrico de los estudiantes tiene una longitud del brazo de 24,5 cm, una longitud del antebrazo de 25,3 cm, una longitud de la mano de 19,0 cm, una longitud del muslo de 52,0 cm, una longitud de la pierna de 39,3 cm y una longitud del pie de 25,8 cm (Porta y Cabañas 2011). Ambos géneros tienen pocas diferencias en algunas variables, por ejemplo, en la longitud de la pierna, brazo y antebrazo.

Sin embargo, comparando con los datos del grupo del CAR con una estatura de 170,0-179,9 cm, encontramos diferencias significativas en algunas variables. Las deportistas del CAR tienen una diferencia en la longitud del brazo de 8,5 cm ( $p < 0,001$ ), en la longitud del antebrazo de menos 0,5 cm, en la longitud de la mano de 2,3 cm, en la longitud del muslo de menos 2,8 cm ( $p < 0,001$ ), en la longitud de la pierna de 0,4 cm y en la longitud del pie de 2,7 cm ( $p < 0,001$ ). Por otro lado, comparando los deportistas del CAR con los valores de los estudiantes, encontramos las siguientes diferencias: la longitud del brazo tiene una diferencia de 8,0 cm, la longitud del antebrazo de menos 0,2 cm ( $p = 0,432$ ), la longitud de la mano de 0,7 cm ( $p < 0,001$ ), la longitud del muslo de menos 6,1 cm ( $p < 0,001$ ), la longitud de la pierna de 0,7 cm y la longitud del pie de 0,8 cm ( $p < 0,001$ ).

Algunas diferencias son pequeñas, en cambio, otras medidas presentan valores incoherentes como la longitud del brazo y la longitud del muslo en ambos géneros. Además, algunos índices corporales tienen valores extraños y diferencias significativas al ser comparados con los grupos de nuestro estudio. Por ejemplo, el índice braquial y la longitud del muslo relativa en ambos géneros tienen valores con muchas diferencias ( $p < 0,001$ ) comparando con cualquier grupo de nuestro estudio. Sin embargo, el índice crural tiene menos diferencias. Los resultados de los deportistas del CAR y el CSD según grupos de estatura pueden reducir las diferencias utilizándose como modelos antropométricos en deportistas de elite.

Los parámetros corporales son muy diferentes cuando se comparan deportistas de elite de diferentes deportes, especialidades o posiciones de juego. Por lo tanto, debido al conocimiento que aportan los estudios antropométricos, las diferencias anatómicas reafirman la necesidad de realizar estudios con nuevos enfoques, creando nuevos modelos antropométricos más precisos con deportistas de elite que puedan ser más efectivos a la hora de realizar estudios de biomecánica. Encontramos diferentes estudios que describen las diferencias antropométricas entre deportistas de elite de diferente género y deporte (Claessens et al., 1991; Pacheco del Cerro, 1993; Ross, 1994; Kerr et al., 1995; Ackland et al., 1997, 1998; Heller et al. 1998; Ackland et al., 2003; Katić et al., 2005; Irurtia, 2010; Porta y Cabañas, 2011; Canda, 2012, 2014; Ramirez-Velez et al., 2014).

Claessens et al. (1991) evaluaron a gimnastas de ambos géneros que participaron en los mundiales de gimnasia artística en Rotterdam en 1987. Las gimnastas del estudio tienen una estatura entre 154,0-154,5 cm, una talla sentada de 81,4 cm, un miembro inferior de 72,9 cm, una longitud del antebrazo de 22,1 cm, un diámetro biacromial de 33,7 cm y un diámetro biiliocrestal de 24,5 cm. Si comparamos las medias de las mismas medidas con el grupo de 150,0-159,9 cm de deportistas de elite del CAR encontramos algunas diferencias. La diferencia en la talla sentada es de 2,1 cm; en el miembro inferior, calculado restando estatura menos talla sentada, es 0,1 cm; en la longitud del antebrazo de 1,0 cm; en el diámetro biacromial, de 1,7 cm; y en el diámetro biiliocrestal, de 1,2 cm. Cuando comparamos a las gimnastas con las deportistas de elite del grupo 150,0-159,9 cm del CSD, encontramos las siguientes diferencias: talla sentada 2,7 cm, miembro inferior menos 0,3 cm, longitud del antebrazo menos 0,1 cm, diámetro biacromial 1,4 cm y diámetro biiliocrestal 0,7 cm. Incluso se puede comparar a las gimnastas con el grupo de 140,0-149,9 cm del CSD, porque algunas variables tienen resultados similares, pero con los grupos de más estatura las diferencias empiezan a tener valores muy diferentes. Los resultados de algunas variables refuerzan la idea de centrarnos en grupos de estatura para crear modelos antropométricos, y no tanto por especialidad deportiva.

Por otro lado, los gimnastas tienen una estatura media de 167,0 cm, una talla sentada de 88,8 cm, una longitud del miembro inferior de 78,1 cm, una longitud del antebrazo de 24,7 cm, un diámetro biacromial de 38,5 cm y un diámetro biiliocrestal de 26,3 cm. Los resultados de las variables estudiadas son superiores en los gimnastas de género masculino que en los de género femenino. Y, comparando con los deportistas del grupo de 160,0-169,9 cm del CAR, las diferencias son las siguientes: en la estatura de 0,5 cm,

en la talla sentada no hay diferencias, en el miembro inferior de 0,4 cm, en la longitud del antebrazo de 1,2 cm, en el diámetro biacromial no hay diferencias y en el diámetro biiliocrestal de menos 1,1 cm. Los valores son muy próximos pero muy diferentes con el resto de grupos del CAR.

Además, si comparamos a los gimnastas con los deportistas de género masculino del CSD, los gimnastas tienen una diferencia de estatura de 0,3 cm, en la talla sentada de menos 0,3 cm, en la longitud del antebrazo de 0,7 cm, en la longitud del miembro inferior de 0,5 cm, en el diámetro biacromial de menos 0,4 cm y en el diámetro biiliocrestal de 0,4 cm. Con el resto de grupos del CSD, las diferencias son mucho mayores. Debemos señalar que algunas de las variables del CSD y CAR no tienen diferencias significativas, por tanto, haría falta comparar solamente un grupo en algunas variables. Algunas de estas variables del grupo de 160,0-169,9 cm entre el CAR y CSD sin diferencias significativas son la estatura, la talla sentada y el diámetro biacromial. Sin embargo, todas las variables siguen una misma tendencia entre los grupos por estaturas y tienen valores próximos en los mismos grupos de estatura. Después de analizar las diferencias entre los deportistas de elite se pueden apreciar las similitudes de las gimnastas con los grupos de 150,0-159,9 cm y de los gimnastas con los grupos 160,0-169,9 cm del CAR y el CSD. Incluso conociendo solamente la estatura de los y las gimnastas, nos podríamos aproximar a conocer las longitudes corporales. Los resultados refuerzan el enfoque de crear modelos antropométricos según grupos de estatura para gimnastas.

Un estudio más reciente realizado con gimnastas de elite fue realizado en una tesis doctoral (Irurtia, 2010). Los gimnastas de los grupos 3 y 4 tienen una estatura media de 155,2 cm, una talla sentada de 78,9 cm, una envergadura de 158,8 cm, una extremidad superior de 68,2 cm, una longitud de la mano de 16,7 cm, una longitud del extremidad inferior de 83,2 cm, una longitud del pie de 24,2 cm, un diámetro biacromial de 34,9 cm, un diámetro bitrocantéreo de 26,6 cm, un diámetro trasversal del tórax de 24,0 cm, un diámetro anterior posterior del tórax de 16,8 cm, un diámetro biepicondíleo del húmero de 6,4 cm, un diámetro biestiloideo de la muñeca de 5,5 cm, un diámetro bicondíleo del fémur de 9,1 cm y un diámetro del bimaleolar de 6,7 cm. Debido a no tener ningún grupo de género masculino en nuestro estudio con esa media de estatura, comparamos algunas variables con el grupo de género femenino con una estatura de 150,0-159,9 cm del CSD. Las deportistas del CSD con una estatura media de 156,7 cm tienen diferencias en las siguientes variables antropométricas con el grupo 3-4 de gimnastas: talla sentada más 5,2

cm, envergadura menos 1,4 cm, sin diferencias en la extremidad superior, más 0,2 en la longitud de la mano, menos 8,3 cm en la longitud de la extremidad inferior, menos 1,5 cm en la longitud del pie, más 0,2 cm en el diámetro biacromial, más 1,7 cm en el diámetro trasverso del tórax, más 0,9 cm en el diámetro anteroposterior del tórax y menos 0,4 en el diámetro biestiloideo. Otros diámetros fueron comparados con el grupo femenino del CAR 2010 de estatura 150,0-159,9 cm. La diferencia fue de 0,3 cm en el diámetro biestiloideo, menos 0,1 cm en el diámetro bicondíleo, más 0,2 cm en el diámetro bimaleolar y más 0,2 en el diámetro bitrocantéreo.

Sin embargo, los gimnastas del grupo 5 con una estatura media de 166,6 cm, los podemos comparar con los deportistas de género masculino del grupo de 160,0-169,9 cm de deportistas del CSD. En primer lugar, decir que los gimnastas del grupo 5 tuvieron valores más altos que el grupo 3-4 en todas las variables estudiadas. El grupo 5 tiene una talla sentada de 87,8 cm, una envergadura de 173,4 cm, una extremidad superior de 74,1 cm, una longitud de la mano de 18,4 cm, una longitud del pie de 25,1 cm, una extremidad inferior de 87,6 cm, un diámetro biacromial de 39,2 cm, un diámetro bitrocantéreo de 29,3 cm, un diámetro transversal del tórax de 27,4 cm, un diámetro anteroposterior del tórax de 19,5 cm, un diámetro biestiloideo de la muñeca de 5,9 cm, un diámetro bicondíleo del fémur de 9,2 cm y un diámetro bimaleolar de 7,0 cm.

En cambio, el grupo de deportistas del CSD con una estatura media de 166,7 cm tienen las siguientes diferencias con los gimnastas: más 1,4 cm en la talla sentada, menos 3,5 en la envergadura, menos 0,6 cm en la extremidad superior, menos 0,2 en la longitud de la mano, menos 0,4 en la longitud del pie, menos 9,1 cm en la extremidad inferior, menos 0,3 cm en el diámetro biacromial, más 1,5 en el diámetro transversal del tórax y sin diferencias en el diámetro anteroposterior del tórax. Otros diámetros fueron comparados con los deportistas del CAR 2010. Las diferencias de los deportistas del grupo 160,0-169,9 cm de estatura con los gimnastas son de 0,4 cm en el diámetro biestiloideo, 0,4 cm en el diámetro bicondíleo, menos 0,1 en el diámetro bimaleolar y 0,1 en el diámetro bitrocantéreo. Por lo tanto, las diferencias de los dos grupos de gimnastas con las y los deportistas del CSD y el CAR se producen sobre todo en la envergadura y el miembro inferior, el resto de las variables tienen resultados próximos. Sin embargo, si comparáramos a los grupos de más estatura del CSD o CAR encontramos más diferencias. Aunque los grupos de gimnastas tienen algunas diferencias con los deportistas de elite

del CSD y el CAR, coinciden en gran medida con los modelos antropométricos creados en nuestro estudio.

Pacheco del Cerro (1993) estudió algunos índices corporales en deportistas de elite en una parte de su tesis doctoral que ha demostrado diferencias significativas entre algunas especialidades. El índice acromio-iliaco, el índice intermembral, el índice ponderal y el índice de la envergadura relativa tuvieron diferencias significativas entre algunos grupos. Sin embargo, el índice córmico no tuvo diferencias significativas. Nosotros debemos mencionar que el índice córmico ha tenido valores más pequeños en los grupos de más estatura en nuestro estudio. Además, según va aumentando la estatura de los grupos el IC va disminuyendo, encontramos diferencias significativas entre algunos grupos. También se encontraron diferencias en el índice de Manouvrier, en cambio los valores superiores están en los grupos de más estatura. Por otro lado, los atletas de carreras estudiados por Pacheco tuvieron un IER de 102,1, los de saltos de 101,5, los de lanzamientos de 103,5, los de decatión 102,2 y los de marcha de 101,6. El IER tuvo diferencias significativas entre los atletas de lanzamiento y saltos. Sin embargo, el IER no tuvo diferencias significativas entre los grupos de estatura del género femenino y tampoco entre los de género masculino del CAR.

El índice acromio-iliaco de los atletas de carreras fue de 69,1, de los atletas de saltos 69,6, de los atletas de decatión 69,1, de los atletas de marcha 69,8 y de los atletas de lanzamientos 73,6. Los deportistas tuvieron diferencias significativas entre los atletas de lanzamientos y carreras y entre los atletas de lanzamientos y saltos. Sin embargo, el índice acromio-iliaco que nosotros llamamos índice androgénico tuvo valores más altos en los grupos de más estatura en nuestro estudio. No obstante, los deportistas del CAR no tienen diferencias significativas entre los grupos de diferentes estaturas. En cambio, las deportistas del CAR tuvieron diferencias significativas en dos de los grupos estudiados. Otro de los índices estudiados fue el índice ponderal. Los lanzadores tenían un índice ponderal de 40,4 y los atletas de saltos entre 43,1-43,8. Los atletas tuvieron diferencias significativas entre los de decatión y lanzamientos y entre los de marcha y lanzamientos. Además, las atletas de carreras, saltos, lanzamientos, heptatlón y marcha tuvieron diferencias en el índice ponderal entre marcha y lanzamientos, entre heptatlón y lanzamientos, entre lanzamientos y saltos y entre carreras y saltos. Sin embargo, las deportistas del CAR no tuvieron diferencias entre grupos y los deportistas solamente entre

algunos de los grupos. Por lo que es difícil saber qué valores del índice ponderal pueden beneficiar más a las atletas según los grupos de estatura.

En nuestro estudio, las diferencias significativas de los índices de proporcionalidad corporal entre los grupos de mayor y menor estatura de deportistas de elite masculinos fueron el índice córmico, índice de Manouvrier, índice torácico, longitud pierna relativa, longitud pie relativa, índice crural y índice ponderal. Y, las diferencias en el género femenino fueron en el índice córmico, índice de Manouvrier, longitud pierna relativa y índice androgénico. Diferencias que se pueden relacionar con algunas de las conclusiones de la tesis doctoral realizada con atletas (Pacheco del Cerro, 1996). Ambos géneros tienen algunas características en común en las mismas especialidades de atletismo: extremidades largas y tronco corto en vallas; poca estatura, extremidades cortas y tipos longilíneos en carreras de fondo y medio fondo; extremidades largas, tronco estrecho y tórax aplanado en salto de altura; tronco trapezoidal en salto de longitud; grandes volúmenes en lanzamiento de peso; extremidades superiores cortas en lanzamiento de jabalina; y unas extremidades cortas y linealidad en marcha.

Canda (2012) realizó un estudio antropométrico con deportistas de elite de diferentes modalidades deportivas. El estudio describe parámetros antropométricos de deportistas del género femenino y masculino. La estatura media de las deportistas de elite era de  $166,3 \pm 7,3$  cm. Deportistas que podemos comparar con uno de nuestros modelos antropométricos por estatura y analizar las diferencias que tienen las deportistas con los grupos de diferente estatura, un nuevo enfoque que puede beneficiar a los especialistas en biomecánica para utilizar datos antropométricos desde una perspectiva más específica según grupos de estaturas. Algunas de las deportistas del grupo del CSD en nuestro estudio son parte de la muestra del estudio de Canda. Sin embargo, al haber diferenciado los grupos por estaturas, no se relacionan los resultados y, por otro lado, vamos a comparar a los mismos grupos de estatura del CAR para saber si siguen una misma tendencia los grupos con una misma estatura evaluados en diferentes centros.

Comparando algunos parámetros corporales de las deportistas del CSD del grupo de 160,0-169,9 cm de nuestro estudio con la media de las deportistas del CSD del estudio de Canda, encontramos las siguientes diferencias: estatura menos 1,4 cm, talla sentada menos 0,5 cm, envergadura menos 1,5 cm, longitud del brazo menos 0,4 cm, longitud del antebrazo menos 0,3 cm, longitud de la mano menos 0,2 cm, longitud del muslo menos

0,5 cm, longitud de la pierna menos 0,5 cm, longitud del pie menos 0,3 cm, diámetro biacromial menos 0,2 cm, diámetro biiliocrestal menos 0,2 cm, diámetro transversal del tórax menos 0,2 cm, diámetro antero-posterior menos 0,1 cm. Sin embargo, si realizamos los mismos cálculos con otro de los grupos del CSD, por ejemplo, con el grupo con una estatura de 170,0-179,9 cm, las diferencias aumentan: estatura más 7,8 cm, talla sentada más 3,0 cm, envergadura más 7,3 cm, longitud del brazo más 1,4 cm, longitud del antebrazo menos 1,1 cm, longitud de la mano más 0,7 cm, longitud del muslo más 2,2 cm, longitud de la pierna menos 1,9 cm, longitud del pie más 0,9 cm, diámetro biacromial más 1,3 cm, diámetro biiliocrestal más 1,2 cm, diámetro transversal del tórax más 1,0 cm y diámetro antero-posterior más 0,7 cm.

Por otro lado, comparamos dos grupos de las deportistas del CAR. El grupo de 160,0-169,9 cm fue comparado con las deportistas del CSD con una estatura media de 166,3 cm. Las diferencias fueron las siguientes: estatura menos 1,4 cm, talla sentada menos 1,2 cm, envergadura más 0,3 cm, longitud del brazo menos 0,3 cm, longitud del antebrazo menos 0,2 cm, longitud de la mano más 0,5 cm, longitud del muslo 1,6 cm, longitud de la pierna 0,7 cm, longitud del pie 0,3 cm, diámetro biacromial 0,1 cm, diámetro biiliocrestal 0,9 cm, diámetro transversal del tórax menos 0,5 cm y diámetro antero-posterior menos 0,9 cm. En cambio, si comparamos el grupo de deportistas del CAR de 170,0-179,9 cm, las diferencias aumentan en muchas variables: estatura 10,0 cm, talla sentada 2,8 cm, envergadura 8,1 cm, longitud del brazo 0,9 cm, longitud del antebrazo 0,6 cm, longitud de la mano 1,7 cm, longitud del muslo 3,6 cm, longitud de la pierna 2,9 cm, longitud del pie 1,5 cm, diámetro biacromial 1,1 cm, diámetro biiliocrestal 2,2 cm, diámetro transversal del tórax 0,7 cm y diámetro antero-posterior del tórax menos 0,5 cm

Además, si comparamos las mismas variables con grupos de más estatura, aumentan las diferencias considerablemente, tanto en el género femenino como el género masculino. Y lo mismo con los grupos de menos estatura, como se puede ver en las diferentes tablas de los resultados de nuestro estudio. Lo que quiere decir, para especialistas en biomecánica, que utilizar valores medios de la población de deportistas como modelos antropométricos da lugar a resultados subjetivos y errores, debido a las características tan diversas de las y los deportistas de elite. Sin embargo, con modelos antropométricos por grupos de estatura sin mucha diferencia de estatura se podrían conocer aproximadamente los parámetros antropométricos de los deportistas solamente sabiendo la estatura, sin tener que realizar estudios por especialidad deportiva, posición



de juego o incluso de género. Algunas variables estudiadas no tuvieron diferencias significativas en los grupos de misma estatura entre géneros al comparar los o las deportistas del CAR y el CSD. Aunque en otras variables tienen diferencias significativas, por lo general los valores están muy próximos en los grupos de misma estatura en los dos centros. Además, debemos tener en cuenta que las personas que realizaron las evaluaciones antropométricas podrían haber tenido errores inter-evaluador que influyeran en los resultados estadísticos.

Sin embargo, analizando las diferencias en centímetros o en porcentajes, en muchos casos las diferencias entre géneros o entre los grupos con misma estatura de los dos centros es mínima, lo que refuerza los modelos antropométricos creados según grupos de estaturas con los y las deportistas del CAR y el CSD. Además, comparando los diferentes grupos de estaturas en cada género, todas las variables tienen diferencias significativas entre los grupos del CAR. Lo que refuerza la necesidad de crear diferentes modelos antropométricos por grupos de estaturas. Un nuevo enfoque que va a ayudar a los especialistas en biomecánica a mejorar los cálculos con población deportista de elite al ser modelos más específicos de los que se dispone en la actualidad y que se acercan más a la realidad antropométrica de los deportistas.

Los dos próximos estudios de proporcionalidad corporal utilizan el método Hull y el Phantom para comparar deportistas de natación de ambos géneros del proyecto KASP (Ross, 1994; Kerr, 1995). Aunque nosotros no utilizamos ninguno de estos métodos debido a centrarnos en los índices corporales y grupos por estaturas, de todos modos vamos a analizar algunas variables entre los estudios, debido a que los grupos en nuestro estudio fueron realizados por grupos de estaturas y la muestra fue con deportistas de elite. El estudio realizado por Ross (1994) comparó 34 variables de 160 nadadoras y 218 nadadores del KASP con el Hull score y Phantom. Las diferencias más extremas de proporcionalidad del género femenino fueron encontradas en el perímetro del cuello y algunos pliegues cutáneos utilizando el Hull Score. Por otro lado, analizando las medidas básicas, longitudes y diámetros, los nadadores tuvieron diferencias positivas de proporcionalidad comparando con las nadadoras según los valores Z, en la envergadura, en la longitud del brazo, en la longitud del antebrazo, en la longitud de la mano, en la longitud de la pierna, en la longitud del pie, en el diámetro biacromial, en el diámetro trocántereo, en el diámetro biepicondíleo y en el diámetro bicondíleo. Sin embargo, las nadadoras tuvieron diferencias positivas de proporcionalidad en la altura sentada, la

longitud del muslo y el en el diámetro biiliocrestal. Pero de todas las variables estudiadas de proporcionalidad las únicas que no tuvieron diferencias significativas entre géneros fueron el perímetro de la pierna y del tobillo. Sin embargo, nosotros no encontramos diferencias significativas en algunas variables cuando comparamos al género femenino y masculino de deportistas de elite en los diferentes grupos de estatura. El grupo de 160,0-169,9 cm del CAR no tuvo diferencias significativas entre géneros en las siguientes variables: en la longitud del brazo, en la longitud del antebrazo, en la longitud del muslo, en la longitud de la pierna, y en el diámetro biiliocrestal. El grupo de 170,0-179,9 cm no tuvo diferencias significativas en la longitud del brazo, en la longitud de la pierna, el diámetro biacromial y en el diámetro biiliocrestal. Por otro lado, algunos diámetros tampoco tuvieron diferencias significativas cuando fueron comparados entre géneros en los deportistas del CAR evaluados durante el año 2010. El grupo de 160,0-169,9 cm no tuvo diferencias en el diámetro biiliocrestal. El grupo de 170,0-179,9 cm no tuvo diferencias significativas en el diámetro bitrocantéreo. Y el grupo de 180,0-189,9 cm no tuvo diferencias significativas en el diámetro bitrocantéreo y en el diámetro biiliocrestal.

Un artículo sobre antropometría realizado por Kerr et al. (1995) aconseja utilizar la técnica antropométrica para evaluar a deportistas de elite debido a las ventajas que tiene para identificar a deportistas con talento, monitorizar el crecimiento del atleta, controlar el entrenamiento y el peso por categorías. Una técnica no invasiva que puede ser muy exacta cuando se realiza un entrenamiento adecuado antes de las evaluaciones antropométricas y se siguen unos protocolos estandarizados. Recomendaciones que han seguido las y los antropometristas del CAR y el CSD desde hace años. El estudio muestra diferentes métodos e investigaciones que fueron realizadas para comparar la proporcionalidad corporal de deportistas de elite. Uno de los estudios compara a 464 deportistas y 455 deportistas del proyecto KASP, utilizando el método Phantom en 34 variables. Todas las variables fueron ajustadas geoméricamente a la estatura de Phantom (170.18 cm), para comparar ambos géneros con los valores Z. Utilizando este método describieron las variables en una gráfica. Se encontraron diferencias significativas en la envergadura, diámetro biacromial y diámetro anteroposterior con valores más altos el género masculino. En cambio el género femenino tuvo diferencias el diámetro biiliocrestal comparado con el género masculino.

Aunque nosotros no utilizamos el método Phantom, el grupo con una estatura de 160,0-169,9 cm del CAR tuvo también diferencias significativas, en la envergadura, diámetro biacromial y diámetro antero-posterior entre géneros. Sin embargo, no tuvieron diferencias significativas en el diámetro biiliocrestal. Por otro lado, el grupo con una estatura de 170,0-179,9 de ambos géneros del CAR, también tuvo diferencias significativas en la envergadura y diámetro antero-posterior del tórax, sin embargo no tuvo diferencias significativas en el diámetro biacromial y en el diámetro biiliocrestal. Por lo que parece, la envergadura, el diámetro biacromial y el diámetro anteroposterior tienen resultados similares entre estudios. Sin embargo, nosotros encontramos otras diferencias significativas en algunas de las variables estudiadas entre los grupos de estatura de género femenino y masculino del CAR.

Un estudio con deportistas de elite por estatura fue realizado por Ackland et al. (1997). Los investigadores compararon diferentes parámetros antropométricos de jugadoras de baloncesto según la posición de juego. Se formaron tres grupos: bases y escoltas con estatura media de  $171.9 \pm 6.1$  cm, aleros y ala-pívots de  $181.9 \pm 5.9$  cm y pívots de  $189.8 \pm 6.4$  cm. Los grupos que tuvieron diferencias significativas relacionadas con las variables de nuestro estudio fueron las siguientes: talla sentada entre bases y aleros, entre bases y pívots, y entre aleros y pívots; el diámetro biacromial entre bases y pívots; y el diámetro transversal del tórax entre bases y aleros y entre bases y pívots. Sin embargo, analizando las diferencias entre los grupos de estaturas del género femenino del CAR, también encontramos diferencias entre el grupo de estatura de 160,0-169,9 cm y el grupo de 170,0-179,9 cm en la talla sentada, diámetro biacromial, y diámetro trasversal del tórax. Los dos estudios muestran variables que tienen diferencias significativas entre grupos con diferentes estaturas. Aunque el estudio está basado en posiciones de juego, se puede relacionar con nuestro estudio en cuanto a las diferencias entre grupos de estatura.

Otro estudio realizado por Ackland et al. (1998) describe medidas antropométricas en deportistas de elite de triatlón junior y senior. Los deportistas de elite de ambos géneros tenían más estatura que los junior, aproximadamente 5,0 cm de media. Los atletas de élite tienen valores más altos que los triatletas junior en todas las variables descritas, menos en el diámetro bicondíleo, donde tienen el mismo resultado. Sin embargo, los deportistas del CAR evaluados en el año 2010 tuvieron diferencias significativas entre los diferentes grupos de estaturas en el diámetro bicondíleo. El autor utilizó el término de longitud de la pierna para referirse a la altura tibial y, aunque lo indica, puede confundir a la hora de

comparar los resultados con otros estudios. Debido a ese motivo no comparamos la variable debido a que nosotros evaluamos la longitud de la tibia a la que también le llamamos longitud de la pierna. Los deportistas de elite de triatlón con una estatura media de  $180,1 \pm 5,9$  tienen pocas diferencias en las variables estudiadas comparando con el grupo de 180,0-189,9 cm de deportistas de elite del CSD con una estatura media de  $184,1 \pm 2,7$  cm. Los deportistas del CSD tienen 0,8 cm más de envergadura, 0,4 cm más de longitud del brazo, 0,1 cm más en la longitud del antebrazo, 0,5 cm más en la longitud de la mano, 0,6 cm más en la longitud del muslo, 0,6 cm más en el diámetro biacromial, 0,4 cm más en el diámetro biiliocrestal y 0,8 cm más en el diámetro transversal del tórax.

Por otro lado, comparando las triatletas de elite con una estatura media de  $168,3 \pm 4,4$ , con el grupo de 160,0-169,9 cm de las deportistas del CSD con una estatura media de  $164,9 \pm 2,9$ , encontramos algunas diferencias. Las mujeres del CSD tienen 4,9 cm menos de envergadura, 1,0 cm menos en la longitud del brazo, 0,9 cm menos en la longitud del antebrazo, 0,8 cm menos en la longitud de la mano, 0,9 cm menos en la longitud del muslo, 0,1 cm más en el diámetro biacromial, 1,0 cm menos en el diámetro biiliocrestal y 0,5 cm menos en el diámetro transversal del tórax. En cambio, las deportistas del CSD tienen algunas variables más próximas a las triatletas junior. Por ejemplo, 1,1 cm menos de envergadura, menos 0,3 cm la longitud del brazo, menos 0,5 cm en la longitud del antebrazo, más 0,2 cm en la longitud de la mano, menos 0,1 en diámetro biiliocrestal y 0,2 cm en el diámetro transversal del tórax. Pero los dos grupos de las triatletas tienen valores próximos al modelo de 160,0-169,9 de deportistas de elite del CSD aunque en alguna variable las diferencias son mayores, como en la envergadura. Por lo general, se puede confirmar que, según aumenta la estatura, van aumentando todos los parámetros corporales comparando ambos géneros y que, utilizando los grupos por estatura, se podría ser muy preciso, lo que confirma que los modelos antropométricos se aproximan a la realidad en diferentes deportes.

Revisamos estudios de otros deportes, como son los de combate (Heller et al., 1998; Katić et al., 2005). En un aparte del estudio realizado por Heller et al. (1998) se analizaron diferentes variables antropométricas con deportistas de taekwondo que podemos comparar con nuestro estudio. Las deportistas tenían una estatura de  $168,0 \pm 5,0$  cm, un diámetro biacromial de 32,5 cm, un diámetro biiliocrestal de 25,9 cm y un diámetro bitrocantéreo de 29,8 cm. En cambio las deportistas de elite del grupo de estatura 160,0-169,9 cm, y evaluadas en el CAR en el año 2010, tenían una estatura media de  $165,5 \pm$

2,9, un diámetro biacromial de 37,0 cm, un diámetro biiliocrestal de 27,4 cm y un diámetro bitrocantéreo de 29,8 cm. Lo que sugiere que debemos prestar atención a los protocolos de evaluación sobre todo en algunas variables. Posiblemente se realizó el protocolo diferente en el diámetro biacromial ya que es extraño que nosotros no tengamos esos valores en ninguno de los grupos estudiados en el CAR y el CSD. Sin embargo, el diámetro biiliocrestal está más próximo y el diámetro bitrocantéreo tiene los mismos resultados que el grupo de 160,0-169,9 cm de las deportistas de élite del CAR 2010.

Por otro lado, los deportistas de taekwondo tenían una estatura  $179,0 \pm 6,0$ , un diámetro biacromial de 37,9 cm, un diámetro biiliocrestal de 25,8 cm y un diámetro bitrocantéreo de 30,7 cm. En cambio, los deportistas de elite del CAR del grupo 170,0-179,9 cm evaluados en el año 2010 tenían una estatura media de  $175,7 \pm 2,6$  cm, un diámetro biacromial de 40,8 cm, un diámetro biiliocrestal de 29,0 cm y un diámetro bitrocantéreo de 30,7 cm. En este caso, las diferencias se encontraron más en el diámetro biiliocrestal. Por tanto, es muy importante seguir los mismos protocolos entre estudios, estar bien entrenado y tener buen material para reducir diferencias y poder comparar los datos entre estudios. De todas formas, algunas variables están muy próximas o incluso coinciden como es el caso del diámetro bitrocantéreo.

Otro estudio con deportistas de combate fue realizado por Katić et al. (2005). Los autores describen algunas variables antropométricas de deportistas de elite de kárate con una estatura de 178,1 cm. Algunos de los diámetros también son estudiados en nuestra investigación: el diámetro biacromial, diámetro biiliocrestal y diámetro bicondíleo. Los deportistas croatas tienen un diámetro biacromial de 37,4 cm, un diámetro biiliocrestal de 28,6 cm y un diámetro bicondíleo de 10,3 cm. En cambio, el grupo de 170,0-179,9 cm masculino del CAR 2010 tiene un diámetro biacromial de 40,8 cm, un diámetro biiliocrestal de 29,0 cm y un diámetro bicondíleo de 9,9 cm. De nuevo las diferencias encontradas son, sobre todo, en el diámetro biacromial, seguramente por la técnica antropométrica, porque ningún grupo del CAR ni del CDS tiene valores inferiores a 38,0 cm en el diámetro biacromial, por eso nos parece extraño tanta diferencia en ese diámetro y no con los otros diámetros evaluados.

También se realizaron estudios antropométricos en deportistas de elite de remo (Bourgois et al., 2000; Ackland et al., 2003). Bourgois et al. (2000) analizaron diferentes parámetros corporales de remeros junior. Los jóvenes remeros con una estatura media de

187,4 ± 5,8 cm tuvieron diferencias en algunas variables comparados con jóvenes estudiantes de secundaria de Bélgica de otro estudio que utilizaron de control. Por otro lado, los investigadores compararon el grupo de finalistas con una estatura 189,3 ± 5.0 cm con un grupo de no finalistas con una estatura de 186,3 ± 6,1. Los grupos tuvieron diferencias significativas.

Las variables que comparamos con nuestro estudio fueron: talla sentada, longitud del miembro inferior, longitud del brazo, diámetro biacromial, diámetro biiliocrestal y diámetro bicondíleo. La talla sentada de los deportistas de elite en remo fue de 96,8 cm, la longitud del miembro inferior de 90,7 cm, la longitud del miembro superior e 82,9 cm, el diámetro biacromial de 41,5 cm y el diámetro bicondíleo de 10,3 cm. En cambio, el grupo del CAR de 180,0-189,9 cm tuvo una talla sentada de 96,2 cm, una longitud del miembro inferior de 88,0 cm, una longitud del miembro superior de 81,9 cm, un diámetro biacromial de 41,7 cm y un diámetro bicondíleo de 10,3 cm. Para calcular la longitud del miembro inferior seguimos el mismo proceso del estudio, es decir, estatura menos altura sentada. La similitud de resultados entre estudios confirma la posibilidad de usar los modelos antropométricos con deportistas de remo. Por otro lado, cuando comparamos los deportistas del CAR con el grupo de deportistas finalistas, las diferencias fueron de 1,4 cm en la talla sentada, 3,6 cm en la longitud de miembro inferior, 1,8 cm en el miembro superior, 0,2 cm en el diámetro biacromial y 0,1 cm en el diámetro femoral. Sin embargo, la talla sentada tuvo los mismos valores que el grupo de los no finalistas, seguramente porque la estatura media es parecida. Las otras variables tienen diferencias similares con los dos grupos.

Además, si comparamos alguna de las variables con los estudiantes de secundaria de Bélgica de estatura 175,4 cm con los deportistas del grupo de 170,0-179,9 cm del CAR, la diferencia en la talla sentada es de 1,2 cm, en la longitud del miembro inferior de menos 1,5 cm, en el diámetro biacromial de 0,8 cm y el diámetro bicondíleo femoral de 0,3 cm. Por tanto, el grupo de 170,0-179,9 cm de estatura del CAR tiene valores similares al grupo de estudiantes. Debemos señalar que los protocolos, antropometristas y otros factores pueden influir en los resultados, por lo que estamos hablando de que realizar grupos de estatura según los parámetros corporales puede ser un nuevo enfoque en deportes de alto rendimiento. Los deportistas de remo coinciden con alguno de los modelos antropométricos de nuestro estudio. Por tanto, se puede ser más efectivo creando modelos antropométricos por grupos de estatura al ser una mejor estrategia que describir las

especialidades deportivas una a una con sus diferencias. Además, incluso en algunos casos, los modelos antropométricos se podrían generalizar a poblaciones que no realizan deporte de alto nivel. Por otro lado, los autores describen la estatura de los deportistas de remo de diferentes estudios y la estatura varía desde 180,7 cm hasta 192,0 cm. Así que especialistas en biomecánica podrían utilizar dos de nuestros modelos antropométricos para un deporte como el remo, el modelo de 180,0-189,9 cm y el modelo de 190,0-199,9 cm.

Otro estudio con deportistas de elite de remo fue realizado por Ackland et al. (2003). Los investigadores realizaron una evaluación antropométrica de 38 medidas a mujeres y hombres deportistas olímpicos de kayak y canoa. Las diferencias entre géneros son grandes. Algunas de las mismas variables fueron evaluadas en nuestro estudio: talla sentada, envergadura, longitud del brazo, longitud del antebrazo, longitud del muslo, el diámetro anteroposterior del tórax y el diámetro del fémur. La estatura de las deportistas de remo fue 170,4 cm, la talla sentada 90,4 cm, la envergadura 172,8 cm, la longitud del brazo 33,1 cm, la longitud del antebrazo 24,4 cm, la longitud del muslo 43,8 cm, el diámetro anteroposterior del tórax 18,7 cm y el diámetro del fémur 9,1 cm. Por otro lado, comparando el grupo de 170,0-179,9 cm de deportistas del CSD encontramos las siguientes diferencias: 0,8 cm en la talla sentada, 1,7 cm en la envergadura, menos 0,5 cm longitud del brazo, 0,3 cm en la longitud del antebrazo, 1,6 cm en la longitud del muslo y menos 0,1 cm en el diámetro antero-posterior del tórax. El diámetro del fémur fue comparado con las deportistas del CAR 2010 y la diferencia fue de 0,4 cm.

Las variables tienen resultados similares. Por ejemplo, la talla sentada, la longitud del brazo, la longitud del antebrazo y el diámetro antero-posterior del tórax coinciden con el grupo de estatura de 170,0-179,9 cm del CSD, en cambio si comparamos con otros grupos, las diferencias aumentan mucho, tanto en los grupos del CAR como en los del CSD. Aunque el número de deportistas del género femenino es de 20 participantes en el estudio, nos ayuda a comprobar que los modelos antropométricos para el género femenino son muy precisos en algunas variables incluso para grupos reducidos de deportistas. Por otro lado, comparando el género masculino de los deportistas de remo, un total de 50 participantes con la estatura de 184,3 cm, también encontramos resultados similares al grupo de 180,0-189,9 cm de los deportistas del CSD en algunas variables. La talla sentada solamente tiene una diferencia de 0,3 cm, la envergadura de 3,2 cm, la longitud del brazo de 1,1 cm, la longitud del antebrazo de 0,5 cm, la longitud del muslo menos 0,6 cm, el

diámetro antero-posterior de 0,4 cm. El fémur se comparó con el grupo del CAR 2010 y la diferencia es de menos 0,3 cm. Por lo tanto, las diferencias son similares a las que tienen el género femenino de los dos estudios. Aunque hay algunas diferencias, el modelo de 180,0-189,9 cm se aproxima mucho a los deportistas de elite de remo.

Porta y Cabañas (2011) analizaron varios índices antropométricos en diferentes grupos de deportistas. Algunos índices corporales estudiados fueron: el índice córmico, índice de Manouvrier, índice braquial, índice crural, longitud muslo relativa, índice acromio-iliaco y el IER. Por ejemplo, las jugadoras de baloncesto y vóley con una estatura igual o superior a 165,0 cm tuvieron un IC de 51,9 que se aproxima a los grupos de más estatura de nuestro estudio. En el caso del CSD, al grupo de 180,0-189,9 cm tiene un IC de 51,5. El índice de Manouvrier, al contrario que el IC, aumentó en los grupos de más estatura. Las jugadoras de vóley y baloncesto tuvieron valores de 92,6 en el IM, aproximándose a los valores de los grupos de más estatura de nuestro estudio, como al grupo de 180,0-189,9 cm del CSD, que tiene valores de 94,2. El índice androgénico tuvo valores de 74,3 en las jugadoras de vóley y baloncesto, el mismo resultado que las deportistas del grupo CSD con una estatura de 180,0-189,9. El índice braquial tuvo valores de 78,3, valores que no tienen ninguno de los grupos de las deportistas del CAR ni del CSD; el índice crural tuvo valores de 77,5 y tampoco estos valores aparecen en ningún grupo del CAR ni del CSD; y el IER es de 102,3, resultados que tampoco tiene ningún grupo del CAR y CDS, todos los grupos tienen aproximadamente valores entre 100,0-101,5.

Por otro lado, se pueden confirmar los resultados de algunos índices corporales de deportistas del género masculino: el grupo de deportistas de más de 180,0 cm tiene un índice córmico de 51,1, un índice de Manouvrier de 93,2, un índice androgénico de 67,3, un índice braquial de 77,5, un índice crural de 76,9 y un IER de 103,6. Los valores del IC y el IM están próximos a los grupos de deportistas del CSD de más de 190,0 cm, sin embargo el índice braquial y el androgénico se aproximan al grupo de 160,0-169,9 cm. El resto de los índices de los dos estudios no tienen resultados similares e incluso algunos valores no aparecen en ninguno de los grupos del CAR ni el CSD. Otro de los grupos estudiados es un grupo de 118 ciclistas con una estatura de 178,8 cm, que tienen los siguientes resultados en los índices corporales: córmico 51,8, Manouvrier 92,3, braquial 79,4, crural 74,8, androgénico 69,4 e IER 102,9. Aproximándose los valores del IC e IM al grupo de 190,0-199,9 cm del CSD y al grupo de 180,0-189,9 del CAR. Los demás valores no aparecen en los grupos de estaturas de deportistas del CAR y CDS.



Seguramente algunas de estas diferencias son debidas a los protocolos. Lo que parece es que el IM y el IC fueron unos de los índices que más se relacionan con los resultados de los dos estudios.

Otro estudio realizado por Canda et al. (2014) comparó las diferencias antropométricas en triatletas de ambos géneros y diferentes niveles. Los triatletas senior tenían una estatura de 178,0 cm, talla sentada 93,8 cm, envergadura 181,6 cm, longitud extremidad superior 78,4 cm, miembro inferior 84,2 cm, brazo 33,7 cm, mano 19,3 cm, muslo 45,5 cm, altura tibial 46,7 cm, longitud del pie 26,2 cm, diámetro biacromial 40,8 cm, diámetro biiliocrestal 27,2 cm, diámetro bitrocantéreo 31,3 cm, diámetro transversal del tórax 29,3 cm, diámetro antero-posterior del tórax 20,7 cm, diámetro biestiloideo 5,8 cm, diámetro bicondíleo 9,9 cm y diámetro bimaleolar 7,3 cm. Comparando los grupos de deportistas del CAR de 170,0-179,9 cm con los triatletas senior, las diferencias fueron las siguientes: menos 2,9 cm estatura, menos 1,2 talla sentada, menos 2,3 cm envergadura, 1,7 miembro inferior, menos 1,2 cm en longitud del brazo, 0,4 longitud de la mano, 0,5 longitud del muslo, 0,4 cm longitud pie, menos 0,9 cm diámetro biacromial, 1,4 diámetro biiliocrestal, sin diferencias diámetro transversal del tórax, menos 1,7 cm diámetro antero-posterior, menos 0,6 cm diámetro bitrocantéreo, sin diferencias diámetro biestiloideo, sin diferencias diámetro bicondíleo y menos 0,1 diámetro bimaleolar. Sin embargo, comparando el grupo de 170,0-179,9 cm del CAR con los triatletas junior de una estatura de 175,8 cm las diferencias fueron todavía menores en algunas variables, aproximándose a los valores del modelo antropométrico del CAR. Una de las razones puede ser que la estatura media es aproximada entre los dos grupos, aunque los valores en ambos grupos son muy similares al modelo antropométrico de 170,0-179,9 cm del CAR.

Las triatletas senior fueron más bajas que las triatletas junior, opuesto al género masculino, donde los triatletas senior son más altos que los junior. Sin embargo, comparando con las deportistas del CAR del grupo de 160,0-169,9 cm, las diferencias fueron menores con las deportistas junior en las diferentes variables que se comparan entre los dos estudios. Por lo tanto, no podemos justificar que el grupo con una estatura media más próxima a la media del modelo antropométrico de deportistas del CAR tenga los resultados más parecidos. Sin embargo, el número de triatletas del género femenino junior y senior es reducido para sacar conclusiones y los dos grupos de atletas están, según su estatura, en el mismo modelo antropométrico y tienen poca diferencia de estatura entre

los dos grupos. Aunque los modelos tienen sus diferencias, el modelo al que le corresponde la estatura de las triatletas es el que más se parece a las deportistas.

Otro estudio que vamos a comparar fue realizado con deportistas de lucha colombianos de 27,9 años y con una estatura de 165,6 cm (Ramírez-Velez et al., 2014). Se utilizaron los protocolos de la ISAK en la evaluación antropométrica. Los diámetros de los luchadores se compararon con el grupo de 160,0-169,9 cm de los deportistas del CAR evaluados en el año 2010. Los luchadores colombianos tuvieron los siguientes valores: diámetro biacromial 40,4 cm, diámetro biiliocrestal 29,1 cm, diámetro bicondíleo 8,9 cm y diámetro biestiloideo 5,1 cm. Los resultados fueron comparados con el modelo antropométrico de los deportistas del CAR 2010, y encontramos las siguientes diferencias: menos 2,0 cm en el diámetro biacromial, menos 1,2 cm en el diámetro biiliocrestal, más 0,7 cm en el diámetro bicondíleo y más 0,4 cm en el biestiloideo. Sin embargo, dos de los diámetros de los luchadores colombianos se aproximaron más a los resultados del modelo antropométrico de 170,0-179,9 cm del CAR 2010. Las diferencias fueron de menos 0,4 cm en el diámetro biacromial y de 0,1 cm en el diámetro biiliocrestal. Los otros dos diámetros se aproximaron más al modelo antropométrico de su estatura. A pesar de todo, los luchadores colombianos se distancian de nuestros modelos antropométricos extremos en relación a la estatura cuando comparamos los resultados de los diámetros estudiados, por tanto, refuerzan la necesidad de diferenciar los modelos antropométricos por grupos de estatura.

## 2.6. CONCLUSIONES

- Hay diferencias significativas en las variables antropométricas estudiadas según los grupos de estaturas en los dos géneros de deportistas de elite.
- Los nuevos modelos antropométricos con deportistas de elite por estaturas aportaran información más específica para los análisis biomecánicos en el deporte.
- Las deportistas y los deportistas con una estatura similar tienen algunos parámetros corporales iguales.
- Es importante seguir protocolos internacionales y estar certificados por la ISAK para realizar evaluaciones antropométricas y comparar los resultados entre estudios.
- El conocimiento de los segmentos corporales por estaturas ayudará al diseño de material deportivo, ortopédico y ergonómico.
- Algunos índices corporales tienen resultados similares en los diferentes grupos de estatura.
- Los resultados del índice de Manouvrier y córmico en los grupos por estatura confirman que las diferencias de estatura se producen sobre todo en el miembro inferior.
- Algunas diferencias entre estudios pueden ser debidas a utilizar diferentes protocolos de evaluación o al error inter-evaluador de las y los antropometristas y no a las características de los deportistas.

## **2.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES: PERSPECTIVAS DE FUTURO**

El estudio tiene un enfoque nuevo en el mundo de la antropometría, como es haber creado modelos antropométricos según grupos de estatura, lo que facilitará el análisis biomecánico según la morfología de los deportistas de una forma más específica. Haber comparado los datos entre deportistas de diferentes especialidades deportivas y centros confirma las diferencias en los parámetros antropométricos entre diferentes grupos de estatura. Además las evaluaciones antropométricas siguieron protocolos estandarizados internacionalmente.

Algunas de las limitaciones son que los grupos de deportistas tienen diferente número de participantes en cada grupo, que la edad como criterio de inclusión es diferente en el CAR y CSD y que, con los grupos de los deportistas de elite del CSD, no se realizaron todas las pruebas estadísticas.

Como perspectiva de futuro, aconsejamos continuar realizando estudios por grupos de estaturas e intentar crear modelos antropométricos con un mayor número de deportistas de elite, sobre todo en deportistas de menos de 150,0 cm o más 200,0 cm. Además, un enfoque similar a nuestro estudio con diferentes etnias podría ayudar a analizar las diferencias antropométricas entre grupos de misma estatura pero con diferencias biológicas, tanto en el género femenino como en el masculino.



## CAPÍTULO III

# LA ERGONOMÍA DE LOS ASIENTOS EN LOS AVIONES: LA PROBLEMÁTICA DE LA CLASE ECONÓMICA



**“There will never be a bigger plane built”.**

Palabras de un ingeniero de Boeing después del primer vuelo  
(08/02/1933) del Boeing 247 con 10 asientos.



## RESUMEN

**Introducción:** El aumento secular del tamaño (masa corporal y estatura) y el cambio de las proporciones del cuerpo humano en las últimas décadas, debería tenerse más en cuenta en el diseño ergonómico de los asientos de viajeros; especialmente en clase económica, de los aviones. En contra de toda lógica, y por evidentes razones comerciales, el espacio entre los asientos (EA), el espacio entre sus reposabrazos (ER) y el espacio nalga-rodilla (ENR) de la gran mayoría de aviones de las aerolíneas mundiales, es menor que el que ofrecían en las últimas décadas del siglo XX; afectando, con ello, al confort, la seguridad y la salud de los pasajeros.

**Objetivo:** Analizar la incongruencia del espacio entre los asientos y su tamaño en la clase turista de las aerolíneas con la realidad antropométrica del hombre del siglo XXI.

**Método:** Estudio transversal descriptivo con una muestra de 547 personas adultas españolas: 201 mujeres ( $29,7 \pm 9,8$  años de edad,  $IMC = 21,6 \pm 2,4$ ) y 346 hombres ( $28,9 \pm 9,0$ ;  $IMC = 23,5 \pm 2,2$ ). Fueron evaluadas 13 variables antropométricas: masa corporal, estatura, talla sentada, envergadura, altura umbilical, altura poplítea, longitud pierna, longitud nalga-poplítea, longitud nalga-rodilla, longitud nalga-pie (rodilla extendida), diámetros, sagital-abdominal, bideltoideo y glúteo. Analizamos las diferencias entre géneros con la prueba U Mann-Whitney y la prueba T de dos muestras independientes. Los percentiles 95 y 99 de las trece variables en ambos géneros fueron calculados.

**Resultados:** Los parámetros más importantes para la optimización ergonómica de los asientos tuvieron los siguientes resultados: longitud nalga-rodilla = 65,6, diámetro bideltoideo = 50,2 cm y diámetro glúteo máximo: 42,4 cm. Valores que son incongruentes con los espacios existentes actualmente en los asientos de la clase económica/turista de la gran mayoría de aerolíneas.

**Conclusión:** Para un mayor confort, seguridad y salud del pasajero, el diseño ergonómico de los asientos de los aviones debe adaptarse urgentemente al tamaño y proporciones corporales de los ciudadanos del siglo XXI. Por tanto, recomendamos un ER = 50,2 cm y ENR = 68,1 cm para los asientos de clase económica adaptados a las medidas antropométricas de personas españolas adultas.

**Palabras clave:** tamaño corporal, ergonomía, asientos, clase económica, aviones, salud.



## CHAPTER III: THE ERGONOMICS OF AIRPLANE SEATS: THE PROBLEM WITH ECONOMY CLASS

### ABSTRACT

**Introduction:** The secular increase in size (body mass and stature) and the changing proportions of the human body over recent decades should be taken into account in the ergonomic design of airplane passenger seats, especially within the economy class. Due to commercial reasons, the space between the seats or seat pitch (SP), the space between the armrests or seat width (SW) and the buttock-knee space or leg room (LR) are smaller than what was offered by airlines worldwide in the last decades of the 21<sup>th</sup> century, thereby affecting passengers' comfort, safety and health.

**Objective:** To analyze the incongruity of space between seats and seat size in the economy class of airplanes with the anthropometric reality of 21<sup>st</sup> century man.

**Method:** Using a descriptive cross-sectional study, 547 Spanish adults: 201 females (age =  $29.7 \pm 9.8$  years, BMI =  $21.6 \pm 2.4$ ) and 346 males (age =  $28.9 \pm 9.0$ , BMI =  $23.5 \pm 2.2$ ) were assessed in this study. Thirteen anthropometric variables were measured: body mass, stature, sitting height, arm span, umbilical height, popliteal height, tibia length, buttock-popliteal length, buttock-knee length, buttock-foot length (knee extended), sagittal-abdominal, bideltoid and gluteal diameters. The paired-samples t-test and the Mann-Whitney test were used to compare differences between genders. The 95<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles for the thirteen variables in females and males were calculated.

**Results:** The values of the most important parameters for ergonomic optimization of airplane seats in the 95<sup>th</sup> percentile were: buttock-knee length = 65.6 cm, bideltoid diameter = 50.2 cm, gluteal diameter = 42.4 cm. These values are inconsistent with the current space in economy class/coach seats in the vast majority of airlines.

**Conclusion:** For greater comfort, safety and health for passengers, the ergonomic design of airplane seats must urgently be adapted to the size and body proportions of citizens of the 21<sup>st</sup> century. Therefore, we recommend a minimum SW = 50.2 cm and LR = 68.1 cm for economy class airplane seats according to the anthropometric measures of Spanish adults.

**Keywords:** body size, ergonomic, seats, economy class, airplanes, health.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

#### 3.1.1. Ergonomía

Derivada de las palabras griegas *ergon* (trabajo) y *nomos* (leyes), la Asociación Española de Ergonomía (AEE), miembro de la International Ergonomics Association (IEA), define a la ergonomía como: “el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados a la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales para solventar las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar”.

También, y a tenor de toda la bibliografía consultada, y de forma muy ecléctica y general, se puede definir a la ergonomía como: “La rama de la ingeniería que tiene como finalidad adaptar el entorno físico a las capacidades y posibilidades del ser humano”.

De entre todas las aéreas o ámbitos de aplicación de la ergonomía, la que está más relacionada con nuestro estudio es la llamada *Ergonomía física* (*Physical ergonomics* según la IEA), ya que es la que analiza las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas interrelacionadas con la actividad física. En concreto, sus objetivos específicos están relacionados con las posturas en los puestos de trabajo, mobiliario y materiales de transporte, movimientos repetitivos, patologías asociadas al trabajo, seguridad y salud.

Es pues evidente que, cuando se trata de diseñar alguna herramienta, mobiliario, edificio o utensilio, lo primero que debe hacerse es intentar conocer integralmente a sus potenciales usuarios para que la gran mayoría de ellos puedan adaptarse de manera confortable y saludable a las formas y medidas de los mismos. En la práctica, y teniendo en cuenta las normativas internacionales vigentes, esto significa que, estadísticamente, el diseño en cuestión debe adaptarse, como mínimo, a los percentiles (PP) 5 y 95 de la población estudiada. Rango que incluye al 90% de la población a la que va dirigido el producto en cuestión (Pheasant, 1996; Tilley y Dreyfuss, 2002; Quigley et al., 2001; Rodríguez-Añez y Petroski, 2009).

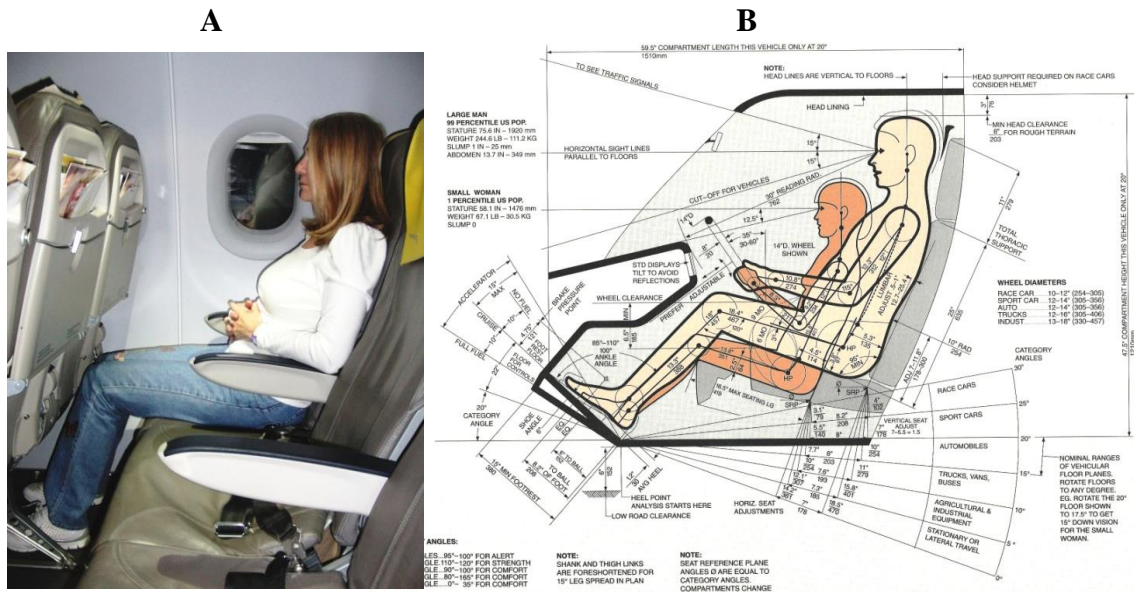
Lograr que cualquier objeto pueda adaptarse a los PP 5 y 95 o incluso 1 y 99 puede ser muy difícil. Especialmente por dos razones: en primer lugar, por la tendencia secular del aumento del tamaño (estatura y peso) de la población mundial (Fredriks et al., 2000; McDowell et al., 2005; Fryar et al., 2011) y española (Sánchez et al., 2011), que se ha

acentuado en la última generación de las personas nacidas a partir del año 1990 (World Health Organization, 2006).

En segundo lugar, porque, en un mundo global como es el actual, los potenciales usuarios de cualquier utensilio o producto pueden pertenecer a diferentes grupos de población y/o etnias; lo que implica una mayor diversidad morfoantropométrica; especialmente en cuanto a las proporciones corporales. No solo entre los diferentes grupos de poblaciones analizadas, sino en una misma persona, que puede estar en el P. 50 de su estatura y en el P. 95 de su perímetro abdominal. Aspectos que implican una sistemática reactualización de las medidas antropométricas de los grupos de población objeto de estudio; idealmente cada década. Protocolos antropométricos que, dependiendo del ámbito y objetivos del estudio, pueden ser más o menos complejos; tanto en cuanto al número de parámetros que se deben evaluar, como en cuanto a la dificultad intrínseca de su medida.

La Asociación española para la normalización y certificación (AENOR, 2010) propone, para el ámbito del diseño tecnológico, un protocolo de 47 parámetros antropométricos. Protocolo muy parecido al *Full profile* utilizado por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) para la actividad física, la salud y el deporte (ver la sección 6.4.2). Por otra parte, es fácil intuir que, para estudiar la altura a la que se debe colocar cualquier objeto (picaporte, espejo, mostrador, etc.) para que pueda ser utilizado eficientemente por el 90% de la población, se necesitan medir muy pocas variables antropométricas en comparación a las necesarias para analizar la postura más confortable y eficiente a la hora de manipular los mandos de un puesto de conducción de cualquier vehículo (Tilley y Freyfuss, 2002), (Fig. 3.1).

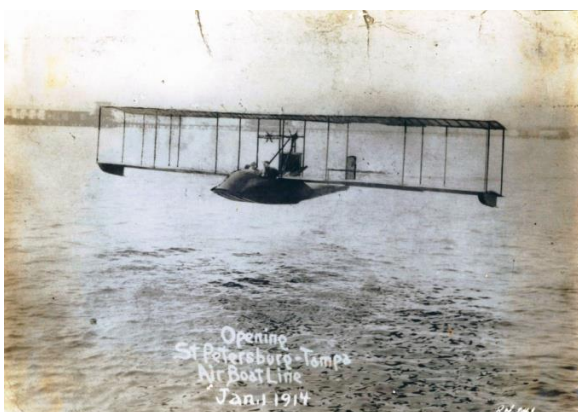
Afortunadamente para nuestros propósitos, el protocolo de medidas antropométricas que se requiere para el estudio ergonómico del tamaño de los asientos y el espacio que debería haber entre ellos en la clase económica de los aviones para que sus usuarios puedan viajar con un mínimo confort es, con sus trece medidas y tal como explicaremos más adelante, bastante fácil y funcional de realizar. Incluso anexamos las 13 imágenes del protocolo para conocer el proceso de la mejor manera posible, debido a que algunas de las medidas no están en ningún manual de antropometría.



**Fig. 3.1.** Los parámetros ergonómicos de los pasajeros de un avión (Fig. A) (Imagen propia) son mucho más fáciles de analizar que los de un conductor de cualquier máquina, automóvil o avión (Fig. B) (Adaptado de Tilley y Dreyfuss, 2002).

### 3.1.2. La ergonomía del transporte aéreo de pasajeros

Aunque es lógico pensar que el transporte aéreo de pasajeros nació implícitamente con el primer vuelo de los hermanos Wright el 17/12/1903; el primer vuelo en el que se transportó a un pasajero fue el 01/01/1914 en un hidroavión Benoist XIV, pilotado por Tony Jannus desde San Petersburg hasta Tampa (Florida, USA). El pasajero fue Abram C. Pheil, un ex alcalde de San Petersburg que pagó por el viaje de 34 km, que duró 23 min, la cantidad de 400,0 \$; el 25% de lo que costaba el avión (Fig. 3.2).

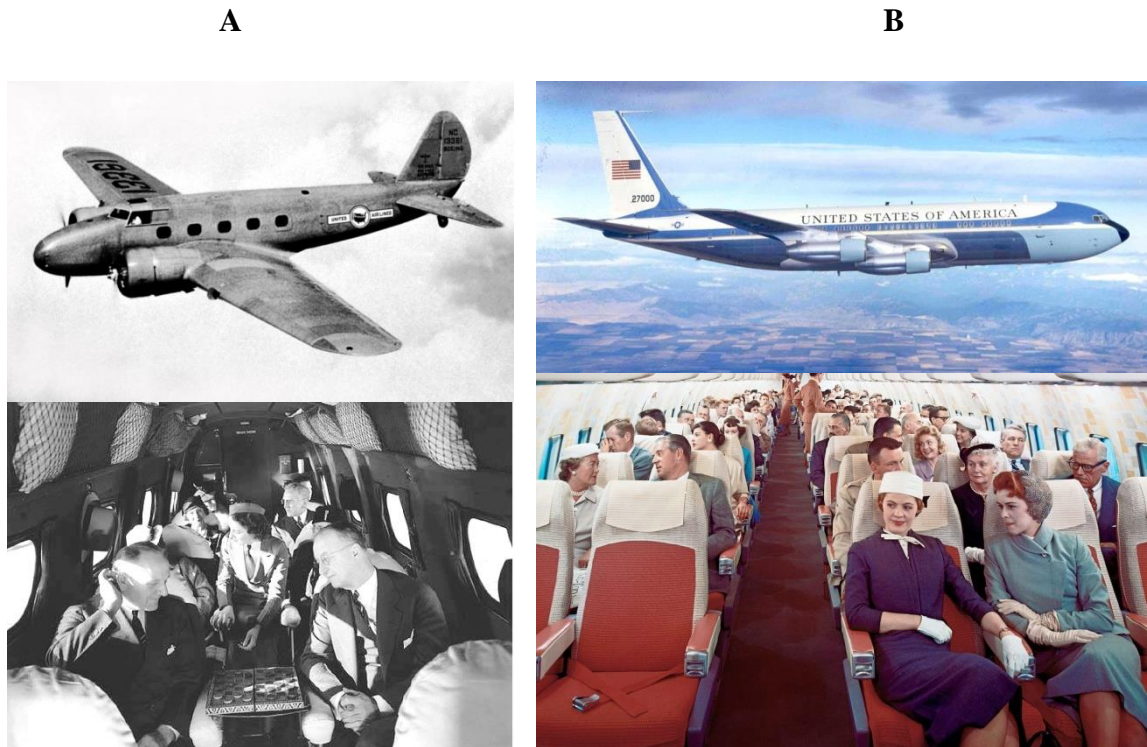


**Fig. 3.2.** El 1<sup>er</sup> vuelo para transportar un viajero, se realizó el 01/01/1914 en Florida (USA). (Foto: archivo de la University of South Florida).

Pero fue a partir del 1920 cuando, y gracias al gran avance tecnológico experimentado por la aviación durante la I Guerra Mundial, las aerolíneas de todo el mundo empezaron a demandar aviones diseñados expresamente para el transporte de viajeros.

Aunque el Boeing 247, que realizó su primer vuelo el 02/08/1933, fue, con sus ya confortables 10 asientos, el modelo y referencia del diseño ergonómico para los

futuros aviones; fue a partir de la década de los 50 cuando, paralelamente con el periodo de mayor bonanza socioeconómica de la historia contemporánea en los países desarrollados, las aerolíneas de todo el mundo se vieron obligadas a responder con aviones de hasta 150 plazas a la creciente demanda de vuelos de una clase media que, con un alto poder adquisitivo, hizo que el hecho de volar dejara de ser una excentricidad para convertirse en un fenómeno de masas, especialmente en los EE.UU. (Fig. 3.3).



**Fig. 3.3.** El Boeing 240 (1933) fue, con sus 10 asientos, la primera referencia para el diseño ergonómico del transporte de pasajeros (A). El Boeing 707 Stratoliner (1957), con sus 122 asientos, fue el modelo a seguir por el confort ofrecido a sus viajeros (B). Ref. Boeing Company.

Sin lugar a dudas, los más de 3.000.000.000 de pasajeros aerotransportados en el año 2013 (200.000.000 en España), contra los 300.000.000 millones del año 1970 (*International Air Transport Association -IATA-* y Organización de Aviación Civil Internacional -OACI-), son la causa fundamental para explicar el fenómeno de la globalización de nuestra sociedad actual y justifican la necesidad de aumentar la capacidad de los aviones para intentar reducir el costo del transporte por viajero. Al respecto, el Airbus A380 (2005), con una capacidad de 853 pasajeros en clase económica, es uno de los ejemplos a seguir en esta nueva era de los “gigantes del aire” (Fig. 3.4).

Pero, en el año 1973, se produjo una crisis económica a nivel mundial a causa del aumento del precio del petróleo que se alargaría una década y que tendría unas repercusiones muy negativas sobre la ergonomía del transporte de viajeros. Si, hasta los años 80, el diseño y el confort que las aerolíneas ofrecían a sus pasajeros no generaban queja alguna, a partir de mediados de los años 90 y hasta la actualidad, el aumento de los costos operativos debido al imparable aumento del precio del combustible propició un cambio en la ergonomía de los aviones que se ha demostrado muy negativa para los intereses de los viajeros.



**Fig. 3.4.** El Airbus A380, con una capacidad de 853 asientos de clase económica, podría ser un referente del presente y futuro del transporte aéreo; siempre y cuando pueda ofrecer el confort debido a sus pasajeros. Especialmente, si se hace realidad su campaña “It’s the seat”, en la que promete asientos con espacio entre reposabrazos (ER) de 45,7 cm.

En contra de toda lógica, debido al aumento secular del tamaño (estatura y peso) de la población mundial comentado anteriormente, las aerolíneas de todo el mundo empezaron a disminuir algunas de las cotas o parámetros más determinantes para el confort, la salud y la seguridad de sus pasajeros de la clase económica. Especialmente, el espacio entre los asientos (EA), que en inglés se conoce por el término *Seat pitch* (SP) y que se puede definir como: “la distancia que existe entre un punto de un asiento y el mismo punto del

precedente”; y entre reposabrazos (ER) o *Seat width* (SW) que se define como: “la distancia entre los reposabrazos del asiento”. En concreto, asociaciones de consumidores como Flyers Rights, SeatGuru, Travelers United o Business Travellers, constatan que el EA medio actual es de 78,7 cm (31,1”) e incluso 71,1 cm (28,0”) en algunas compañías; cuando en los años 1960 era de 89,0 cm (35,0”). En cuanto al ER, ha pasado de los 45,7 cm (18,0”) a los 42,0 cm (16,5”) actuales (Fig. 3.5).

A partir del año 2000, la eclosión de las redes globales de comunicación ha internacionalizado dicha problemática. Son innumerables los artículos periodísticos aparecidos en la prensa, radio y televisión internacionales que se han sumado y han denunciado la incongruencia de la política de las líneas aéreas respecto a este problema. A nivel nacional, algunos de estos medios se han hecho eco de nuestro estudio (Jar, 2016).

La reacción del lector interesado ante la problemática en cuestión solo puede ser de incredulidad, al igual que la nuestra en su día, ante la resistencia de las aerolíneas a aumentar, entre otras cotas ergonómicas, el EA y el ER. Más aún, si se tiene en cuenta la creciente prevalencia de la obesidad a nivel mundial. Un interrogante que se puede formular con una pregunta: ¿cómo es posible que, en el sector del transporte aéreo, donde las condiciones de seguridad son de las más exigentes, no existan normas más estrictas para preservar el confort, salud y seguridad de sus pasajeros? Una pregunta cuya respuesta, por su potencial interés social y científico, fue la que nos motivó e impulsó a escribir este capítulo.

### **3.1.3. Normativas para el transporte aéreo de pasajeros**

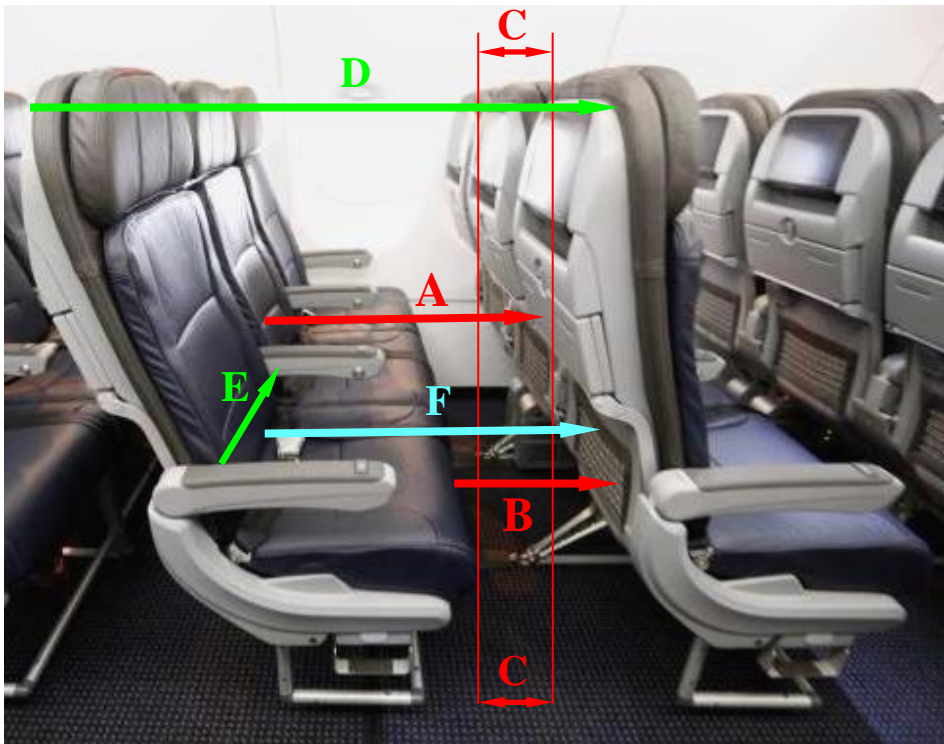
Aunque parezca imposible, no existe una regulación legal internacional de la medida del espacio entre los asientos (EA) y entre sus reposabrazos (ER). La única normativa que puede relacionarse con el confort de los viajeros es de la *Civil Aviation Authority* (CAA) del Reino Unido: “Airworthiness Notice: Minimum space for seated passengers”, N° 64 (AN64), vigente desde 1989 y que está determinada por aspectos relativos a la seguridad de los pasajeros para facilitar su evacuación en caso de accidente. Normativa que, en sí misma y atendiendo a nuestros objetivos, se puede simplificar y concretar en los siguientes parámetros o cotas ergonómicas (Fig. 3.5).

Con los asientos en posición de despegue o aterrizaje:

A/. La distancia mínima entre el respaldo del asiento y cualquier estructura fija del de enfrente debe ser de 66,04 cm (26”). Es importante considerar que esta dimensión se toma desde el centro del asiento a una altura de 7,62 cm describiendo un arco hasta una altura de 63,5 cm (25”).

B/. La distancia mínima entre el borde del asiento y cualquier estructura fija del de enfrente debe ser de 17,78 cm (7,0”).

C/. La distancia mínima vertical proyectada entre el borde del asiento y cualquier estructura fija del de enfrente debe ser de 7,62 cm (3,0”).



**Fig. 3.5.** Cotas ergonómicas en los asientos de los aviones relacionadas con el confort y seguridad de los pasajeros. Las distancias mínimas según la normativa AN64 de la CAA son: **A** = 66,0 cm, **B** =17,8 cm, y **C** = 7,6 cm. La distancia media actual del EA o “Seat pitch” (**D**), es 78,7 cm, y la del ER o “Seat width” (**E**) es 43,2 cm. La cota **F** es el espacio nalga-rodilla (ENR) o “Leg room”, espacio utilizado a veces erróneamente como sinónimo del EA.



Además de dichas cotas de seguridad, y las del Espacio entre asientos (EA, dimensión “D”) y sus reposabrazos (ER, dimensión “E”) ya definidas anteriormente, es importante considerar que, en aras al mayor confort del pasajero, la dimensión más importante quizá sea la “F”. Es decir, la distancia existente entre el respaldo del asiento y cualquier estructura fija del de enfrente que internacionalmente es conocida como Leg room y que está muy determinada por la longitud nalga-rodilla. Cota ergonómica que no debe confundirse con el EA o “Seat pitch” (Fig. 3.5).

Así pues, no debe extrañarnos el hecho de que, a pesar de las constantes quejas de particulares en los foros de internet, las demandas legales de asociaciones de consumidores de todo el mundo y los estudios y artículos científicos aparecidos en la última década (ver la sección 3.1.4) que han demostrado que dichas cotas ergonómicas no se adaptan a las medidas antropométricas de ciudadanos americanos y europeos (tomadas entre los años 1990-2000), las aerolíneas de todo el mundo se resisten, amparándose en la normativa legal vigente, a cualquier cambio que vaya en contra de sus intereses comerciales.

Más aún, recientemente (Feb., 2016) el Comité de Transportes e Infraestructuras del Senado del Congreso de los EE.UU. revocó por 26 votos a 33 una enmienda del Representante de Tennessee Mr. Steve Cohen y de su colega Janice Hahn, Representante de California, apoyada también por el Senador por NY Charles E. Schumer. Propuesta que hubiera posibilitado a la *Federal Aviation Administration* (FAA) presentar una moción para obligar a las aerolíneas a redimensionar sus cotas ergonómicas, mejorar la normativa actual y a que las mostraran en sus webs (FAA, 2016; Laing, 2016).

Según Cohen, el problema del cada vez más pequeño espacio para el pasajero, no solo afecta a su confort, sino también a su seguridad; y al respecto la FAA nunca ha realizado pruebas de evacuación de emergencia con un EA menor de 73,6 cm (29”) (Rosenbloom, 2016).

Afortunadamente, y gracias a la presión social de las redes sociales, muchas aerolíneas y constructores están buscando soluciones que, salvaguardando sus intereses comerciales, puedan mejorar las condiciones de confort de sus pasajeros. Soluciones, las más de ellas, en fase de proyecto y que podemos resumir y clasificar en psicológicas y estructurales:

### A/. Psicológicas:

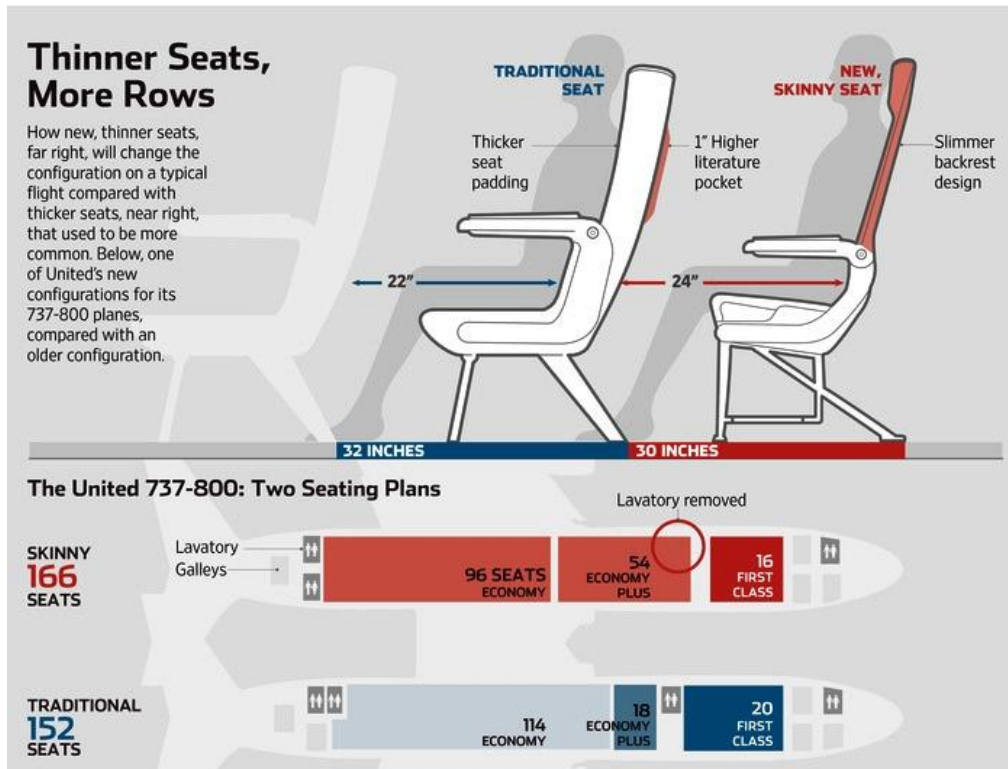
- Facilitar mayores servicios extrínsecos al vuelo en sí mismo: música ambiental, TV, WI-FI, juegos on-line, comida, atenciones por parte del personal de servicio, etc. Al respecto, son sintomáticas las palabras de un directivo de Emirates: “con comida y TV los pasajeros quedan hipnotizados” (Ostrower, J., y Michaels, 2013) y no es casualidad que dicha compañía recibiera el premio “World's Best Airline Inflight Entertainment in 2015”.
- Campañas de prensa para convencer que la falta de confort solo afecta a una minoría (estadísticamente al 10,0 %) y que el 90% restante se merece mejores precios para poder viajar por todo el mundo.
- Respaldos más bajos para que el pasajero tenga un campo de visión más amplio y no sienta tanta claustrofobia.
- Posibilitar y/o obligar a que las personas obesas compren 2 o 3 asientos. Sobrepeso que, y dependiendo de la ocupación del avión, se les reembolsará en parte.

### B/. Estructurales:

Obviando, por razones inherentes a la finalidad de nuestro estudio, el análisis de algunos diseños futuristas que el lector puede encontrar en las webs de los constructores aeronáuticos; la mayoría de ellos contrarios al potencial confort y salud psicofísica de los pasajeros (Fig. 3.6), creemos que los cambios más racionales y funcionales que, algunas aerolíneas están ya implantando en sus aviones son los que afectan al grosor de los respaldos de los asientos, para, y sin variar el espacio entre los mismos (EA), aumentar en 5,1 cm (2,0”) el Leg room o el espacio nalga-rodilla (Fig. 3.7).

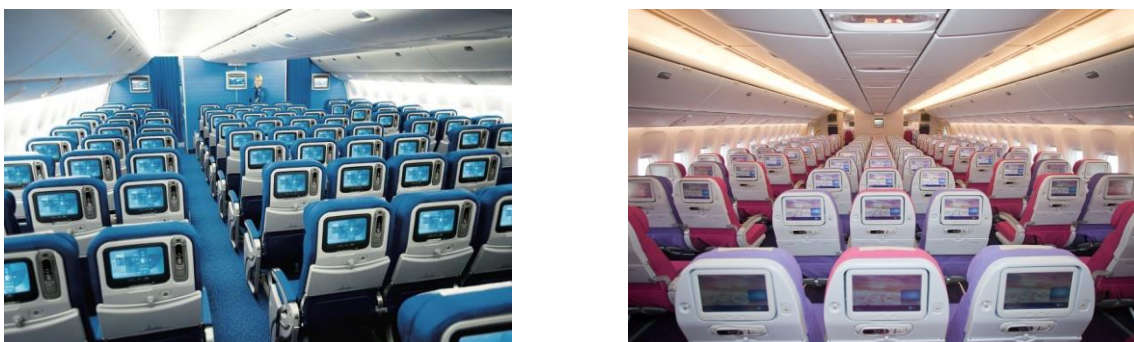


**Fig. 3.6.** Diseño de asientos para avión “Silla de montar” de Airbus.



**Fig. 3.7.** Los asientos más delgados posibilitan un mayor confort aumentando incluso las plazas de viajeros. En la figura se constata que, con un EA de 76, 2 cm (30") se logra un espacio ENR de 61,0 cm (24"), mayor que con un EA de 81,3 cm (32"). Fuente: Recaro y United Airlines. Gráfico: Alberto Cervantes, *The Wall Street Journal*.

Por último, es importante considerar que las cotas ergonómicas que los constructores o aerolíneas dan de sus EA, ER y ENR en los medios publicitarios (ver las tablas 3.1 y 3.2), deben relativizarse mucho, por cuanto un mismo tipo de avión, de una misma aerolínea, puede configurarse para una mayor o menor capacidad de asientos. (Fig. 3.8).



**Fig. 3.8.** Un mismo tipo de avión, p.e. el Boeing 777-330, puede configurarse con 10 o 9 asientos por fila; afectando con ello el ER de los mismos y al confort de sus pasajeros.

**Tabla 3.1. El espacio entre asientos y sus reposabrazos en la clase económica de diversos aviones y aerolíneas internacionales en vuelos de corta duración**

Compañía aérea	Avión	EA (cm)	ER (cm)
Thomson	Boeing 737-800 (738)	71,1	43,6
Iberia	Airbus A320 (320)	71,1	44,9
Monarch	Airbus A321-200 (321)	71,1-73,6	45,7
THAI	Airbus A320 (320)	71,1-78,7	45,7
China Southern	Boeing 737-300 (733)	73,6	43,6
Air Canada	Airbus A319 (319)	73,6	43,6
Jetstart	Airbus A320 (320)	73,6	43,6
Germanwings	Airbus A320 (320)	73,6	43,6
Easyjet	Airbus A319 (319)	73,6	43,6
Airberlin	Airbus A319 (319)	73,6-76,2	44,9
Virgin Atlantic	Airbus A320 (320)	73,6-76,2	45,7
KLM	Boeing 737-900 (739)	76,2	43,1
TAP Portugal	Airbus A319 (319)	76,2	45,7
United Airlines	Bombardier Q400 V1	76,2	43,1
British Airways	Embraer E-190	76,2	45,7
Vueling Airlines	Airbus A320 (320)	76,2	44,9

Nota: EA = Espacio entre Asientos; ER = Espacio entre Reposabrazos. Adaptado de SeatGuru (2016a).

**Tabla 3.2. El espacio entre asientos y sus reposabrazos en la clase económica de diversos aviones y aerolíneas internacionales en vuelos de larga duración**

Compañía aérea	Avión	EA (cm)	ER (cm)
China Southern	Airbus A330-200 (332) V2	73,6	43,6
Air Canada	Boeing 767-300ER (763)	76,2	44,4
Air Berlin	Airbus A330-200 (332)	76,2	45,7
British Airways	Boeing 767-300 (763) V4	76,2	43,1
Jetstar	Boeing 787-8 (788)	76,2	43,1
Air Canada	Boeing 777-200LR (77L)	78,74	43,1
Air Europa	Airbus A330-200 (332)	78,74	43,1
American Airlines	Airbus A330-300 (333)	78,74	43,1
Delta	Boeing 757-200 (75A)	78,74	43,6
Iberia	Airbus A330-300 (333)	78,74	45,9
Japan Airlines	Boeing 777-200 (772))	78,74	43,9
KLM	Airbus A330-200 (332)	78,74	44,4
Lufthansa	Airbus A330-300 (333) V2	78,74	43,1
United Airlines	Boeing 747-400 (744)	78,74	43,1
Virgin Atlantic	Airbus A330-300 (333)	78,74	44,4
Air France	Airbus A330-200 (332)	81,2	45,7

Nota: EA = Espacio entre Asientos; ER = Espacio entre Reposabrazos. Adaptado de SeatGuru (2016b).

### **3.1.4. Revisión de la literatura relacionada con el confort, la salud y la seguridad del viajero aéreo**

Teniendo en cuenta el contexto histórico del desarrollo de la industria aeronáutica, no puede extrañarnos el hecho de que la bibliografía que hemos podido encontrar relacionada directamente con nuestro estudio sea bastante limitada y, en su gran mayoría, posterior al año 2000.

En el ámbito del transporte aéreo de pasajeros, el confort, la salud y la seguridad son términos o conceptos íntimamente relacionados y de gran importancia para las políticas comerciales de las aerolíneas; ya que el 35% de los pasajeros de vuelos intercontinentales elige una u otra en función del confort ofrecido (Brauer, 2004). Término o concepto muy complejo que está determinado por factores ergonómicos e impresiones subjetivas (Dumur, 2004).

Aunque, según el Diccionario de la RAE, el confort (del latín “confortare”: confortar, ayudar, animar) se define muy sucintamente como: “el bienestar material”; en el ámbito de la ergonomía aeronáutica creemos que la definición que más se ajusta a nuestro ámbito de estudio es: “un estado de satisfacción entre el equilibrio fisiológico, psicológico y físico del ser humano y su entorno” (Ahmadpour et al., 2016). Vink y Hallbeck (2012) lo definen de forma muy similar: “un estado de bienestar o un sentimiento relajado del cuerpo humano en reacción a su entorno físico”; y a su antónimo, desconfort, como: “un estado de malestar del cuerpo humano en reacción a su entorno físico”.

Si la salud se define como: “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia” (WHO, 2003); es lógico pensar que un estado de confort no puede darse sin un nivel aceptable de salud y viceversa.

Tanto el confort como la salud están determinados por factores multifactoriales muy interrelacionados; tanto intrínsecos de la propia persona (anatómico-fisiológicos y psicosociales) como extrínsecos, inherentes a su entorno; en nuestro caso, al avión. Factores, estos últimos que, podemos dividir en directos (ergonomía del diseño de los asientos) e indirectos o ambientales, relacionados con el avión y las condiciones de vuelo en cabina: presión atmosférica e hipoxia, ruido, vibraciones, luminosidad, etc.

### 3.1.4.1. El confort y seguridad del pasajero aéreo

Aunque, en la década de los años 70, el *Center for the Application of Science and Engineering to Public Affairs* de la Universidad de Virginia (USA), conjuntamente y patrocinado por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), realizaron diversos estudios para analizar el confort de los pasajeros en vuelos comerciales (Kuhlthau y Jacobson, 1973; Jacobson y Martinez, 1974; Richards y Jacobson, 1975 y 1977). Las investigaciones estaban mucho más relacionadas con aspectos ambientales (presión atmosférica y temperatura en la cabina, ruidos, etc.) y físico-mecánicos relacionados con el avión (adaptación a las aceleraciones, vibraciones, altura, etc.), que no con el diseño ergonómico de los asientos.

El primer estudio de referencia sobre el confort del pasajero aéreo fue el realizado por Richards en 1978, en el que se analizó la conducta de 1600 pasajeros constatando una correlación significativa entre varios factores físicos: asientos, movilidad, ruidos y temperatura (Ahmadpour et al., 2016).

Para una mayor seguridad del pasajero, la *Civil Aviation Authority* (CAA) del Reino Unido, publicó en 1989 una normativa: Airworthiness Notice N° 64 (AN64). Normativa que, aunque ha sido adoptada por la gran mayoría de agencias o instituciones aeronáuticas de todo el mundo (p. e. la Federal Aviation Administration -FAA- de los EE.UU.), no obliga legalmente a las aerolíneas a su cumplimiento (FAA, 2016).

Ya en 1999, fue analizada y criticada, bastante empíricamente, por Röglä et al., en un pequeño artículo publicado en *The Lancet*; constatando la gran dificultad e imposibilidad de que, con la distancia mínima de la cota “A” (66,0 cm), la mayoría de los pasajeros americanos de la época tendrían problemas para adoptar la posición de autoprotección (en inglés: “Brace position”) en caso de accidente (Figs. 3.5. y 3.9).

Quigley et al. (2001) publicaron el que, aún en la actualidad, es, en nuestra opinión, el estudio más importante y de referencia en el ámbito de la ergonomía de los asientos para el transporte aéreo de pasajeros. Estudio realizado en la Universidad de Loughborough (UK) a instancias de la “Joint Aviation Authorities” (JAA) y patrocinado por la CAA; en

el que se analizó las cotas ergonómicas de la normativa AN64 mediante los datos antropométricos de grupos de población internacional. Las conclusiones generales de dicho estudio no podían ser más concluyentes en el sentido de que las cotas ergonómicas de la normativa vigente (AN64) no podían adaptarse a las medidas de la población estudiada; bases de datos que, lógicamente, debían ser anteriores al año 2000.

Por la importancia y la relación que dichos datos tienen con los objetivos de nuestro estudio, relacionamos a continuación las recomendaciones o cambios más importantes propuestos en su día (Figs. 3.5 y 3.9):

- **Cota A/.** Aumentar los 66,0 cm hasta 74,7 cm para adaptarse al P. 99 de la población estudiada. Además, y teniendo en cuenta la altura suelo-rodilla de las personas, debería aumentarse la cota vertical para la medida del arco de “A” de 63,5 cm a 66,2 cm.
- **Cota B/.** Debería ser de un mínimo de 23,0-25,5 cm al nivel de los reposabrazos y de 21,0 a nivel del asiento.
- **Cota C/.** Debería ser de 30,5 cm para permitir que el pasajero puede ponerse de pie.

Dumur et al. (2004) proponen que la optimización del confort se haga según los siguientes modelos:

1. **La “burbuja” del pasajero:** mejorando las conexiones para teléfonos, ordenadores, Internet, servicios de TV, bandejas para las comidas, etc.; y la individualización de la luz y sonido.
2. **Salud:** optimizando la ergonomía de los asientos para evitar las potenciales patologías asociadas a la inmovilidad; especialmente, la trombosis venosa profunda (TVP) y el embolismo pulmonar (EP). Más en concreto, diseñando asientos más móviles o “dinámicos” que se adapten a las diferentes



**Fig. 3.9.** Con la distancia “A” = 66,0 cm, de la Normativa AN64, una persona de talla media solo puede adoptar la posición de auto-protección (“Brace position”) si tiene mucha flexibilidad de tronco.

proporciones del cuerpo humano, o con nuevas configuraciones espaciales que permitan, con el mismo número de asientos, un mayor espacio para los pasajeros; especialmente para sus miembros inferiores (Carter, 2001).

3. **Proxemia:** facilitando la sociabilización con otros pasajeros a la vez que se pueda preservar su espacio personal.
4. **Estética:** decorando la cabina de vuelo mediante diferentes diseños artísticos.

Hinninghofen et al. (2006) analizaron el confort de los pasajeros en los aviones, y explicaron los diferentes factores que pueden causar estrés y afectar a la salud de los pasajeros; especialmente en los vuelos de larga duración sin escalas, que pueden tener una duración de 15 horas o más. Además de analizar la ergonomía de los asientos, estudiaron la influencia de factores ambientales como: la presión de la cabina, la saturación de oxígeno, el movimiento y la vibración del avión, la inmovilidad, la calidad del aire, la concentración de dióxido de carbono, la humedad y el ruido. Factores que están asociados con efectos adversos para la salud: náuseas, dolor de cabeza, mareos, problemas gastrointestinales, mala circulación sanguínea o problemas posturales y de dolor de espalda.

En la tesina de Máster de Riesgos Laborales, Wagner (2011) analizó los riesgos ergonómicos (sic) que los asientos de un avión de clase económica con un EA (“Seat pitch”) de 73,6 cm y un ER (“Seat width”) de 43,6 cm, podían tener en la población española; concluyendo que, a partir de una altura de 174,0 cm, la falta de confort y potenciales riesgos de salud son evidentes. También propuso que el EA tuviera en cuenta la posición relajada (“desplomada”, según Wagner) que los pasajeros adoptan en muchas fases del vuelo; pero en sus cálculos no tuvo en cuenta el grosor de los asientos, estructura por la que, en buena lógica, se le deberían sumar un mínimo aproximadamente de 10,0 cm. Depende del avión y del diseño de sus asientos por lo que es un valor subjetivo para generalizar.

Vink y Brauer (2012), analizando los informes de 10032 pasajeros, relacionaron estadísticamente mediante correlaciones y pruebas t-Student, diferentes factores ergonómicos y ambientales con el confort. Aun y coincidiendo con todos los estudios precedentes en el sentido de que los determinantes del confort son multifactoriales; constataron que los aspectos más correlacionados con el confort o incomodidad son la higiene general de la cabina y la longitud nalga-rodilla ( $r = 0,72$ ).



Kremser et al. (2012) analizaron la relación de la postura del pasajero en el asiento con la percepción del confort y coincidieron con Vink et al. (2012) en la importancia de la longitud nalga-rodilla como factor más determinante de dicho confort; recomendando unos valores de entre 86,3 cm y 106,6 cm para la distancia entre asientos (EA o Seat Pitch) y entre 81,2 cm y 101,6 cm para el ENR.

Finalmente, Ahmadpour et al. (2016), en una amplia revisión conceptual de los términos confort y desconfort y sobre los métodos más científicos para su valoración, concluyen que ambos conceptos son “las dos caras de una misma moneda” y que deben ser valorados en una misma escala mediante ocho factores: relajación/paz mental, bienestar físico, proxemia, satisfacción, placer, sociabilización, estética y asociación.

#### **3.1.4.2. El “Síndrome de la clase turista”**

Aunque los viajes de larga duración en avión pueden causar desconfort, edemas en las piernas y facilitar el desarrollo de patologías como el *Jet Lag*, infecciones respiratorias y parasitarias, claustrofobia, etc (British medical Association, 2004; World Health Organization, 2012), la más relacionada directamente con el diseño ergonómico de los asientos es la trombosis venosa profunda (TVP), que también puede conllevar el Embolismo pulmonar (EP). Patología que en el ámbito aeronáutico se conoce popularmente como “El síndrome de la clase turista”; concepto acuñado por Symington y Stack en 1977.

La TVP ocurre cuando se forma un coágulo de sangre en una vena profunda (normalmente en las piernas) obstruyendo o disminuyendo el flujo sanguíneo hacia el corazón. Cuando parte del coágulo se rompe y se dirige hacia los pulmones, se produce el EP. El término o concepto trombo embolismo pulmonar (TEP) incluye a la TVP y al EP (Sugerman et al., 2012; Reyes et al., 2015).

Existen cientos de publicaciones sobre el TEP, pero la primera en que se relacionó dicha patología con los vuelos de larga duración fue la de Homans en 1954; estudio en el que se analizó la TVP de una persona de 54 años después de un viaje de 14,0 h.

En su estudio de 1977, Symington y Stack analizaron los efectos de los viajes de larga duración en 8 personas; de los cuales 3 fueron en avión. Constataron que el flujo sanguíneo se reduce un 50% en posición ortostática y un 66,0% sentados y que la falta movilidad favorece la aparición de la TVP. Aspecto, este último, que también analizan

Collins et al. (1979), proponiendo, especialmente para los viajeros sintomáticos, medidas de prevención como el control de la hidratación, no fumar e incluso la administración de anticoagulantes.

En 1998, Forbes y Johnston fueron los primeros en hacerse eco del problema de la falta de espacio entre los asientos (EA) de 79,0 o 81,0 cm (31" y 32") e incluso de 67,1 cm (28") que muchas aerolíneas ya habían instaurado en sus aviones. Después de revisar los estudios de varios autores, concluyeron que, la TVP y el EP solo se manifiestan significativamente en aquellas personas con factores de riesgo como son la edad (> 40 años), el IMC (> 30,0), la hipertensión (> 140/90 mm Hg), el uso de contraceptivos y tratamientos hormonales, el embarazo, cáncer y previos episodios de TVP. No obstante, es recomendable instaurar medidas de prevención activas (aumentar la movilidad durante el vuelo) y pasivas (medias de presión, hidratación, fármacos, etc.).

Adi et al. (2004) publicaron un extenso meta-análisis de 254 estudios de los que solo 10 cumplieron con los criterios de inclusión prefijados y en los que se constató una evidencia del aumento de la TVP en vuelos de  $\geq 8,0$  h si existen factores de riesgo adicional. Conclusión a la que también llegaron Aryal y Al Khaffaf (2006) al estudiar la incidencia de la TVP y cuantificando un aumento de 2,57 veces en vuelos  $\geq 8,0$  h y en 4,8 veces en los  $\geq 12,0$ h.

Kuipers y Schreijer (2007), en una amplia revisión, también constataron que el riesgo de sufrir una TVP aumentaba de 2 a 4 veces en los vuelos de larga duración; mientras que la casuística del EP es nula en vuelos de menos de 3,0 h, pero aumenta a 4,8/ 1.000.000 de pasajeros en vuelos de más de 12,0 h de duración.

Trujillo-Santos et al. (2008) no encontraron una relación significativa entre los viajes de larga duración, especialmente en avión, y la TVP de los pasajeros. No obstante, en dicho estudio no se hace referencia a las características ergonómicas (EA, ER, ENR) de los aviones en cuestión.

Finalmente, Scurr et al. (2010) y Cazaubon (2015) insisten en la necesidad de informar y proponer a los viajeros con factores de riesgo las medidas preventivas pertinentes para viajar adecuadamente.

Como resumen de dicha revisión bibliográfica, creemos importante hacer las siguientes consideraciones:

**A/.** En relación al “Síndrome de la clase turista”: aunque no hay evidencias de que las condiciones ergonómicas de los asientos de la clase turista de los aviones actuales sean la causa directa de episodios de TEP en los viajes de larga duración en pasajeros jóvenes y con buena salud; sí que pueden darse en viajeros mayores de 40 años, obesos ( $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ) y con factores de riesgo asociados.

**B/.** A pesar de la importancia de los factores ambientales, el diseño ergonómico de los asientos de la clase económica de los aviones es el factor más determinante para el confort, la seguridad y la salud del pasajero. Al respecto, y por la importancia que ello tiene como motivación y justificación de nuestro trabajo, creemos importante llamar la atención del lector sobre las palabras del directivo de Emirates sobre la manera de minimizar la falta de espacio en los aviones mediante alternativas ambientales (Fig. 3.10).

Un comentario que podría considerarse anecdótico, sino fuera porque dichas alternativas ambientales, que no requieren tanta inversión económica como las estructurales relacionadas con el diseño ergonómico de los asientos o, incluso, de los mismos aviones, puede llegar a enmascarar la realidad y necesidad más acuciante del



**Fig. 3.10.** Las alternativas ambientales que muchas aerolíneas están diseñando para hacer más confortable la clase turista de los aviones, no deberían enmascarar la falta de espacio de sus asientos.

pasajero aéreo: la falta de espacio de los asientos. Así p.e., para contrarrestar la campaña de su rival Airbus sobre el aumento del ER de sus asientos (“It’s the seat”), Blake Emery, uno de los diseñadores más importantes de Boeing, afirma públicamente que, aunque los nuevos modelos de Boeing tengan unos asientos con un ER de 43,2 cm (17”), resultan más cómodos que los de 45,7 cm (18”) de su rival Airbus.

## **3.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

### **3.2.1. Justificación del estudio**

En el contexto y finalidad general de esta tesis: “el conocimiento del hombre para el hombre”, creemos pertinente y necesario aportar nuestros modestos conocimientos para colaborar en la búsqueda de una solución al problema, cada vez más acuciante, de la falta de espacio para los pasajeros de la clase económica de los aviones.

A pesar las quejas de particulares, asociaciones de consumidores y estudios científicos, que son ya un fenómeno social mundial amplificado por la fuerza de las redes sociales; la falta de un marco legal internacional favorece los intereses comerciales de las aerolíneas que, a pesar del evidente aumento secular del tamaño de las poblaciones, se muestran muy reticentes a cualquier cambio en el diseño ergonómico de los asientos de sus aviones.

Aunque las alternativas que las aerolíneas ofrecen al consumidor: precios más bajos, más servicios complementarios y la mejora de los factores ambientales (mejor control de la temperatura, presión, humedad, calidad del aire y, especialmente, diseños más artísticos, luces y música de ambiente cambiantes en la cabina de vuelo), tienen una lógica social y científica, deberían ser un complemento añadido y no servir como única alternativa al necesario aumento de las cotas ergonómicas del espacio entre los asientos y de su tamaño.

Así pues, aunque somos conscientes de que nuestro estudio tendrá una repercusión social y práctica limitada; creemos que, científicamente, se justifica por la necesaria reactualización de las bases de datos antropométricos utilizadas en los estudios revisados. Datos, en su gran mayoría, anteriores al año 2000.

Nuestros datos antropométricos, recogidos entre 2014-16, demuestran el aumento significativo del tamaño de un grupo de población española. Cambios que deberían tenerse en cuenta en el ámbito del diseño industrial y, más en concreto en la ergonomía del transporte aéreo de pasajeros; no solo para hacer más placenteros los viajes, sino también sus efectos sobre la salud y seguridad del pasajero.

No obstante, siendo conscientes de que la base de datos aportada es limitada, desde el principio planteamos este estudio como un futuro proyecto multicéntrico a nivel internacional. Proyecto que ya ha sido presentado a la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) para su aprobación y divulgación.

La presencia institucional y académica de la ISAK en los cinco continentes y la alta cualificación de sus profesionales de diferentes ámbitos, asegurarán el impacto social y científico internacional necesario para que las aerolíneas se planteen seriamente y a corto plazo los necesarios cambios ergonómicos de los asientos de sus aviones.

### **3.2.2. Objetivos.**

#### **Objetivo general:**

Estudiar la incongruencia del espacio entre los asientos y sus reposabrazos de la clase económica de los aviones, con la realidad antropométrica del hombre actual.

#### **Objetivos específicos:**

- Analizar el espacio necesario para la longitud nalga-rodilla.
- Investigar la relación entre los diámetros bideltoides y glúteo como determinantes de la distancia entre los reposabrazos de los asientos.

### **3.3. METODOLOGÍA**

#### **3.3.1. Diseño del estudio**

Estudio transversal y descriptivo aprobado por Comité de Ética de Investigaciones Clínicas de la Administración Deportiva de Cataluña con el número de referencia 12/2015/CEICEGC. El estudio siguió las recomendaciones de la Declaración de Helsinki de los Derechos Humanos (World Medical Association, 2013).

#### **3.3.2. Participantes**

La muestra del estudio estuvo formada por 547 personas, 201 mujeres y 346 hombres entre 18 y 55 años. La colecta de datos fue realizada en el INEFC de Barcelona, las instalaciones deportivas de las Piscinas Bernat Picornell de Barcelona, en el gimnasio Holmes Places Európolis de Barcelona, en la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona, en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en A Coruña y en la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Los criterios de inclusión fueron: edad comprendida entre 18 y 55 años, nacionalidad española y etnia caucásica. Los criterios de exclusión fueron: obesidad (IMC >30) y malformaciones físicas que pudieran condicionar la evaluación antropométrica. Los y las participantes firmaron un consentimiento informado antes de realizar la evaluación antropométrica.

#### **3.3.3. Material**

El equipo antropométrico utilizado y la metodología de la medida de algunos parámetros, especialmente la estatura, tuvo que ser adaptado a las instalaciones donde, para una mayor facilidad en la captación de voluntarios, se realizó el trabajo de campo. Los equipos utilizados fueron los siguientes (Fig. 3.11):

- Estadiómetro Harpenden 603.
- Báscula romana de columna Seca 703 con una sensibilidad de medida de 50,0 g o balanza Seca 803 (100,0 g).
- Regla deslizante para envergadura RealMet.
- Banco antropométrico: 40 cm de alto, 50 cm de ancho y 30 cm de fondo.
- Antropómetro Harpenden (Ref. DIM-98601).
- Paquímetro Holtain-Kahn para la medida del diámetro sagital abdominal.
- Paquímetros de ramas largas Rosscraft y RealMet.

- Segmómetros UWA y RealMet.
- Escuadra con nivel adosado para medición de la altura en el trabajo de campo.
- Material vario: camisetas para el evaluador y anotador, cinta métrica de “sastre” para pegar en la pared de las instalaciones, proformas de informe-consenso y protocolo antropométrico, soporte para anotador, toallitas limpiadoras, etc.

### 3.3.4. Protocolo antropométrico

La valoración antropométrica fue realizada siguiendo las recomendaciones metodológicas de la ISAK (Stewart, 2011) y adaptado a las necesidades específicas de nuestro estudio mediante un protocolo de 13 parámetros (Fig. 3.12):

1. **Masa corporal:** para cuantificar el peso, las y los participantes se colocaron en el centro de la báscula en bipedestación, con los pies en contacto con la superficie de la báscula, relajados, mirando al frente y sin contactar el cuerpo con nada que tuvieran alrededor. Los participantes se pesaron con la cantidad mínima de ropa en las evaluaciones.



**Fig. 3.11.** Espacios donde se realizaron los protocolos. Aunque el laboratorio de Cineantropometría del INEFC de Barcelona tiene una infraestructura y equipos ideales para realizar cualquier protocolo antropométrico, la mayoría de valoraciones se realizaron en lugares donde era más fácil la captación de voluntarios: instalaciones deportivas y facultades universitarias.

2. **Estatura:** la evaluación de la estatura requirió que los participantes estuvieran descalzos, con los talones juntos y las puntas de los pies ligeramente separadas, los glúteos y la espalda en contacto con el estadiómetro, y con la cabeza horizontal (plano de Frankfort). A continuación, se informaba a los participantes para que realizaran una inspiración, sin levantar la cabeza ni los talones del suelo,

cuando el antropometrista les traccionara hacia arriba. Maniobra que es muy fácil de realizar y controlar por parte del evaluador cuando se dispone de un estadiómetro deslizante; pero muy difícil cuando se debe realizar en trabajos de campo. En este caso, la ayuda de un anotador bien entrenado se hace imprescindible (Fig. 3.11).

3. **Talla sentada:** las y los participantes se sentaron en el banco antropométrico con las manos descansando en sus muslos.
4. **Envergadura:** para evaluar la envergadura, los y las participantes se situaron de espaldas a la regla deslizante, con los pies juntos y abduciendo los brazos hasta la horizontal. Se pedía a los participantes que extendieran los miembros superiores lo máximo posible deslizando la regla para alcanzar el punto más distante con los dedos medios.
5. **Altura umbilical:** las y los participantes permanecieron en bipedestación, mirando al frente y con los brazos cruzados en el tórax para realizar la evaluación. La rama superior del segmómetro fue colocada en el punto medio del ombligo y la rama inferior fue colocada en la parte superior del banco antropométrico. Para facilitar la medición al antropometrista, los asistentes confirmaron que la cinta del segmómetro estuviera en la vertical.
6. **Altura poplítea:** los y las participantes se colocaron en bipedestación con la rodilla de la pierna derecha flexionada a 90° encima del banco antropométrico. Se medía la distancia ente la superficie del banco y el pliegue más distal del arco poplíteo, en la inserción del tendón del bíceps femoral con el peroné. El asistente del antropometrista debía controlar la verticalidad de la cinta del segmómetro.
7. **Longitud pierna/tibia:** las y los participantes se sentaron en el banco antropométrico con el pie derecho encima la rodilla izquierda. Con un antropómetro o segmómetro se medía la longitud entre el borde superior del cóndilo de la tibia y el reborde inferior del maléolo.
8. **Longitud nalga-poplíteo:** se pedía a los participantes que se sentaran en el banco antropométrico con la espalda y pelvis en contacto con la pared, las piernas flexionadas en 90° grados y las manos encima los muslos. Se medía la distancia horizontal entre la pared y la inserción del bíceps femoral en el arco poplíteo.
9. **Longitud nalga-rodilla:** con los y las participantes sentados en el banco (al igual que la medida 8), se medía la distancia horizontal entre la pared y el borde más anterior de la rótula.



- 10. Longitud nalga-pie:** en la misma posición que en las medidas 8 y 9, se pedía al sujeto que, sin perder el contacto de su pelvis con la pared, extendiera la rodilla derecha. En caso de dificultad debido a su poca flexibilidad, el anotador ayudaba al voluntario para que pudiera mantener su rodilla extendida durante la medición. Se medía la distancia en el eje longitudinal muslo-pierna entre la pared y la parte más anterior del metatarso del pie derecho.
- 11. Diámetro sagital abdominal (DSA):** en la posición de sentados, se pedía a los voluntarios que colocaran los brazos cruzados por delante del pecho y relajaran el abdomen con una ligera espiración. Con el paquímetro Holtain-Kahn, se medía la distancia horizontal entre la pared y la parte anterior del ombligo.
- 12. Diámetro bideltoideo:** en la posición de sentados, se pedía a las y los participantes que colocaran sus codos flexionados hasta tocar la pared descansando sus manos sobre los muslos. Con el antropómetro o paquímetro de ramas largas en posición horizontal, se medía la distancia (diámetro) entre los bordes más laterales de los brazos o músculos deltoideos medios.
- 13. Diámetro glúteo/cadera:** en la posición de sentados, se pedía a los voluntarios que colocaran sus brazos cruzados por delante del pecho. Con el antropómetro o paquímetro de ramas largas formando un ángulo de 45°, se medía la distancia (diámetro) entre los bordes más laterales de las nalgas.



**Fig. 3.12.** Protocolo de las 13 medidas.

### 3.3.5. Error técnico intra-evaluador e inter-evaluador

Antes de comenzar el estudio, se calculó el error intra-evaluador y el error inter-evaluador con 20 personas, 10 del género femenino y 10 del género masculino (ver las tablas 3.3 y 3.4).

**Tabla 3.3. Error intra-evaluador de cada antropometrista**

Variable	Antropometrista 1			Antropometrista 2		
	Valor	TEM %	CCI	Valor	TEM %	CCI
Masa corporal	0,04	0,07	1,00	0,05	0,06	1,00
Estatura	0,52	0,31	0,99	0,80	0,45	0,99
Talla sentada	0,27	0,30	0,99	0,57	0,61	0,99
Envergadura	0,48	0,29	0,99	0,97	0,54	0,99
Altura umbilical	0,36	0,36	0,99	0,40	0,37	1,00
Altura poplítea	0,17	0,41	0,99	0,31	0,69	0,99
L. pierna	0,10	0,26	1,00	0,25	0,62	0,99
L. nalga-poplíteo	0,22	0,43	0,99	0,38	0,73	0,98
L. nalga-rodilla	0,17	0,29	1,00	0,46	0,75	0,97
L. nalga-pie	0,34	0,33	0,99	0,81	0,75	0,98
DSA	0,27	1,40	0,97	0,35	1,68	0,92
D. bideltoideo	0,40	1,02	0,98	0,57	1,27	0,97
D. glúteo máx.	0,52	1,36	0,95	0,77	2,07	0,85

Nota: L = Longitud; D = Diámetro; DSA = Diámetro sagital abdominal; Máx. = Máximo CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase. El antropometrista 1 es nivel 4 de la ISAK; El antropometrista 2 es nivel 1 de la ISAK.

**Tabla 3.4. Error inter-evaluador de los antropometristas del estudio**

Variable	2 Antropometristas ISAK		
	Valor	TEM %	CCI
Masa corporal	0,05	0,08	1,00
Estatura	0,87	0,52	0,98
Talla sentada	0,59	0,66	0,93
Envergadura	0,87	0,52	0,98
Altura umbilical	0,48	0,49	0,98
Altura poplítea	0,61	1,46	0,89
L. pierna	0,30	0,79	0,97
L. nalga-poplíteo	0,47	0,92	0,95
L. nalga-rodilla	0,43	0,74	0,97
L. nalga-pie	0,95	0,93	0,94
DSA	0,53	2,78	0,89
D. bideltoideo	0,55	1,40	0,97
D. glúteo máx.	0,62	1,63	0,93

Nota: L = Longitud; D = Diámetro; DSA = Diámetro sagital abdominal; Máx. = Máximo CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase. El antropometrista 1 es nivel 4 de la ISAK; El antropometrista 2 es nivel 1 de la ISAK.

### **3.3.6. Análisis estadístico**

Realizamos un análisis descriptivo de las variables del estudio según el género, la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov y la prueba de igualdad de varianzas de Levene. A continuación, realizamos pruebas paramétricas y no paramétricas, por medio de la prueba T de muestras independientes o con la prueba U de Mann-Whitney. También calculamos el P. 95 y el P. 99 de las variables del estudio. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ . Para el análisis de los datos utilizamos el programa SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp).

### 3.4. RESULTADOS

Los participantes de género masculino del estudio tuvieron unos valores más altos en todas las variables de proporcionalidad corporal, excepto en el diámetro glúteo máximo, donde las mujeres tuvieron valores más altos. La tabla 3.5 muestra los resultados descriptivos de las mujeres y hombres españoles.

**Tabla 3.5. Características de la muestra del estudio según el género**

Variable	Femenino (n = 201)		Masculino (n=346)	
	$\bar{X} \pm \sigma$	(Mín.- Máx.)	$\bar{X} \pm \sigma$	(Mín.- Máx.)
Edad (años)	29,7 ± 9,8	(18,1 - 54,7)	28,9 ± 9,0	(18,0 - 54,1)
Masa corporal (kg)	59,2 ± 7,6	(36,6 - 82,6)	75,3 ± 8,8	(52,8 - 114,0)
Estatura (cm)	165,3 ± 5,7	(146,0 - 183,8)	178,8 ± 6,7	(159,7 - 196,7)
Altura sentada (cm)	88,0 ± 3,0	(80,3 - 97,5)	94,1 ± 3,2	(85,2 - 103,5)
Envergadura (cm)	165,9 ± 6,9	(143,0 - 185,8)	181,9 ± 7,9	(162,2 - 204,0)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,6 ± 2,4	(16,7 - 29,2)	23,5 ± 2,2	(17,9 - 29,9)
Altura poplíteo (cm)	41,4 ± 2,2	(35,7 - 48,2)	45,1 ± 2,5	(37,4 - 52,9)
Altura umbilical (cm)	98,4 ± 4,4	(84,3 - 112,0)	106,0 ± 5,2	(92,1 - 122,8)
L. nalga-poplíteo (cm)	50,8 ± 2,6	(44,4 - 60,8)	53,1 ± 2,7	(42,6 - 61,0)
L. nalga-rodilla (cm)	57,8 ± 2,6	(49,6 - 65,4)	61,0 ± 2,8	(50,4 - 68,2)
L. pierna (cm)	37,5 ± 2,0	(31,3 - 43,6)	40,7 ± 2,3	(35,1 - 49,2)
L. nalga-pie (cm)	100,5 ± 4,8	(87,5 - 117,5)	108,4 ± 5,4	(94,1 - 123,7)
DSA (cm)	19,2 ± 2,2	(14,3 - 26,6)	21,8 ± 2,2	(16,0 - 29,6)
D. bideltoideo (cm)	39,7 ± 2,1	(33,8 - 45,7)	46,0 ± 2,3	(40,3 - 55,4)
D. glúteo máx. (cm)	37,7 ± 2,5	(31,2 - 44,9)	36,9 ± 2,1	(30,6 - 47,5)

Nota: IMC = Índice Masa Corporal; L = Longitud; D = Diámetro; DSA = Diámetro Sagital abdominal; Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo.

La tabla 3.6 presenta los resultados estadísticos de las variables que fueron comparadas entre géneros. Las variables que se compararon con pruebas no paramétricas fueron las siguientes: edad, estatura, envergadura, IMC, altura umbilical, longitud nalga-pie, DSA, diámetro bideltoideo y diámetro glúteo máx. Y las variables que se compararon con pruebas paramétricas fueron: masa corporal, altura poplíteo, longitud nalga-poplíteo, longitud nalga-rodilla y longitud de la pierna. Todas las variables de proporcionalidad tuvieron diferencias significativas entre géneros.

**Tabla 3.6. Pruebas estadísticas de las variables descriptivas según el género**

Variable	Género	$\bar{x} \pm \sigma$	Sig. K-S	Sig. Levene	Sig. comparación
Edad	M	29,7 ± 9,8	0,000	0,98	0,605 <sup>a</sup>
	F	29,7 ± 9,8	0,000		
Masa corporal	M	75,3 ± 8,8	0,200	0,53	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	59,2 ± 7,6	0,086		
Estatura	M	178,8 ± 3,2	0,200	0,003	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	165,3 ± 0,1	0,041		
Talla sentada	M	94,1 ± 3,2	0,200	0,302	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	88,0 ± 3,0	0,200		
Envergadura	M	181,9 ± 7,9	0,200	0,027	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	165,9 ± 6,9	0,042		
IMC	M	23,5 ± 2,2	0,019	0,176	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	21,6 ± 2,4	0,090		
Altura poplíteo	M	45,1 ± 2,5	0,200	0,279	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	41,4 ± 2,2	0,200		
Altura umbilical	M	106,0 ± 5,2	0,200	0,015	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	98,4 ± 4,4	0,200		
Longitud pierna	M	40,7 ± 2,3	0,200	0,057	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	37,5 ± 2,0	0,200		
Longitud nalga-poplíteo	M	53,1 ± 2,2	0,200	0,812	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	50,8 ± 2,6	0,200		
Longitud nalga-rodilla	M	61,0 ± 2,8	0,200	0,546	0,000 *** <sup>b</sup>
	F	57,8 ± 2,6	0,200		
Longitud nalga-pie	M	108,4 ± 5,4	0,200	0,040	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	100,5 ± 4,8	0,200		
DSA	M	21,8 ± 2,2	0,200	0,716	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	19,2 ± 2,2	0,000		
Diámetro bideltoideo	M	46,0 ± 2,3	0,031	0,257	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	39,7 ± 2,1	0,200		
Diámetro glúteo máximo	M	36,9 ± 2,1	0,004	0,018	0,000 *** <sup>a</sup>
	F	37,7 ± 2,5	0,200		

Notas: M = Masculino; F = Femenino; DSA = Diámetro Sagital Abdominal; IMC = Índice Masa Corporal; Sig = Significación; K-S = Kolmogórov-Smirnov. <sup>a</sup> U de Mann-Whitney de dos muestras independientes; <sup>b</sup> Prueba T de muestras independientes. \*\*\* p < 0,001.

La tabla 3.7 muestra los resultados de las variables del estudio, en las mujeres y los hombres españoles en el P. 95 y el P. 99.

**Tabla 3.7. Percentiles 95 y 99 de las variables del estudio según el género**

Variable	Femenino (n= 201)		Masculino (n=346)	
	P. 95	P. 99	P. 95	P. 99
Masa corporal (kg)	72,9	81,2	90,7	99,7
Estatura (cm)	175,6	180,2	189,5	195,4
Talla sentada (cm)	93,1	95,9	99,3	101,2
Envergadura (cm)	178,2	184,4	196,1	201,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26,4	28,8	27,5	29,1
Altura umbilical (cm)	105,8	108,9	114,4	120,0
Altura poplítea (cm)	45,2	47,3	49,0	52,1
L. pierna (cm)	41,0	42,5	44,2	47,3
L. nalga-poplíteo (cm)	55,4	58,4	57,5	59,1
L. nalga-rodilla (cm)	62,4	64,7	65,6	67,6
L. nalga pie (cm)	108,3	112,3	117,9	122,7
DSA (cm)	23,7	26,1	25,4	28,4
D. bideltoideo (cm)	43,7	45,4	50,2	52,3
D. glúteo máx. (cm)	42,4	44,4	40,7	43,7

Nota: IMC = Índice Masa Corporal; P = Percentil; L = Longitud; D = Diámetro; DSA = Diámetro Sagital Abdominal; Máx = Máximo.

La tabla 3.8 presenta los resultados de las variables principales para el diseño y espacio de los asientos de los aviones, utilizando el P. 95 de diferentes poblaciones.

**Tabla 3.8. Variables antropométricas de hombres de diferentes países en el percentil 95**

Variable	Alemania	China	EE.UU.	España	Francia	Holanda	Inglaterra	Japón
Masa corporal (kg)	105,0	74,0	113,0	90,7	93,0	103,0	103,0	75,0
Estatura (cm)	186,5	179,2	187,7	189,5	184,6	191,3	187,0	178,1
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	30,1	23,0	32,0	27,5	27,2	28,1	29,4	23,6
Altura sentada (cm)	97,7	96,5	98,3	99,3	97,7	99,6	97,9	97,0
L. nalga-poplit. (cm)	55,9	50,0	56,8	57,5	52,6	56,7	55,6	53,1
L. nalga-rodilla (cm)	68,1	60,9	69,2	65,6	64,6	69,0	67,7	60,9
D. bideltoideo (cm)	54,7	48,3	56,3	50,2	51,7	50,5	53,7	48,7
D. glúteo máx. (cm)	49,7	39,5	52,2	40,7	43,7	46,9	48,5	40,4

Notas: IMC = Índice Masa Corporal; L = Longitud; D = Diámetro; Máx = Máximo; Poplit. = Poplíteo. Adaptado de "Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards" por Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

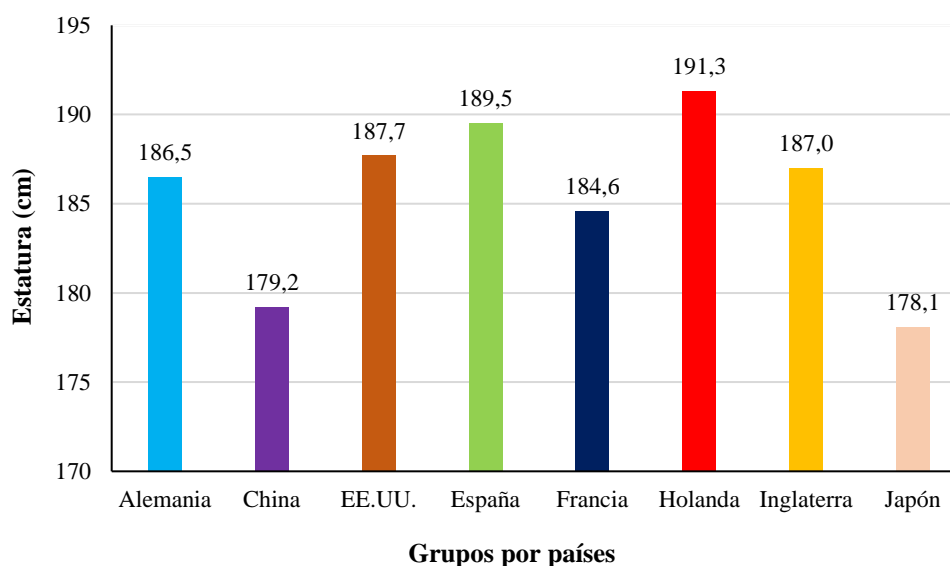
La tabla 3.9 presenta los resultados de las variables principales para el diseño y espacios de los asientos de los aviones, utilizando el P. 99 de diferentes poblaciones.

**Tabla 3.9. Variables antropométricas de hombres de diferentes países en el percentil 99**

Variable	Alemania	China	EE.UU	España	Francia	Holanda	Inglaterra	Japón
Masa corporal (kg)	118,0	82,0	130,0	97,9	104,0	115,0	117,0	84,0
Estatura (cm)	191,0	183,4	192,2	195,4	189,4	196,3	191,8	182,0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	32,3	24,3	35,0	29,1	28,9	29,8	31,8	25,3
Altura sentada (cm)	100,0	99,0	100,8	101,2	100,1	102,2	100,4	99,5
L. nalga poplít. (cm)	58,2	52,3	59,6	59,1	54,7	60,9	58,0	55,5
L. nalga rodilla (cm)	70,6	63,4	72,2	67,6	66,8	71,5	70,4	63,2
D. bideltoideo (cm)	57,6	50,8	60,8	52,3	54,2	52,8	56,4	50,8
D. glúteo máx. (cm)	54,6	42,8	58,4	43,7	47,3	50,6	53,3	42,9

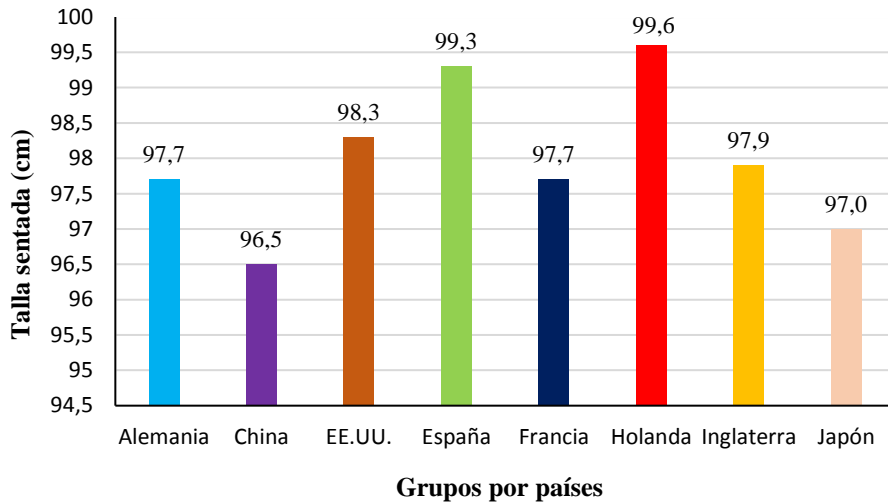
Notas: IMC = Índice Masa Corporal; L. = Longitud; D = Diámetro; Máx = Máximo; Poplít. = Poplíteo. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

La figura 3.13 muestra los resultados de las estaturas del P. 95 en diferentes países. Los holandeses fueron los más altos de todos los países, seguidos por los españoles, estadounidenses, ingleses, alemanes, franceses, chinos y japoneses.



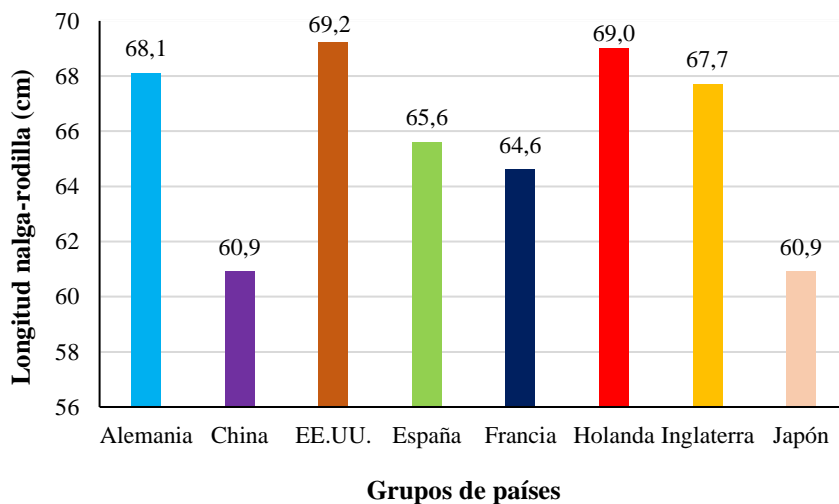
**Fig. 3.13.** Estatura del percentil 95 en personas de diferentes países. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

La figura 3.14 muestra la talla sentada del percentil 95 en diferentes países. Los holandeses tuvieron los valores más altos, seguidos por los españoles, estadounidenses, ingleses, alemanes, franceses, japoneses y chinos.



**Fig. 3.14.** Representa la altura sentada de personas de diferentes países en el percentil 95 por medio de un histograma. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Qigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

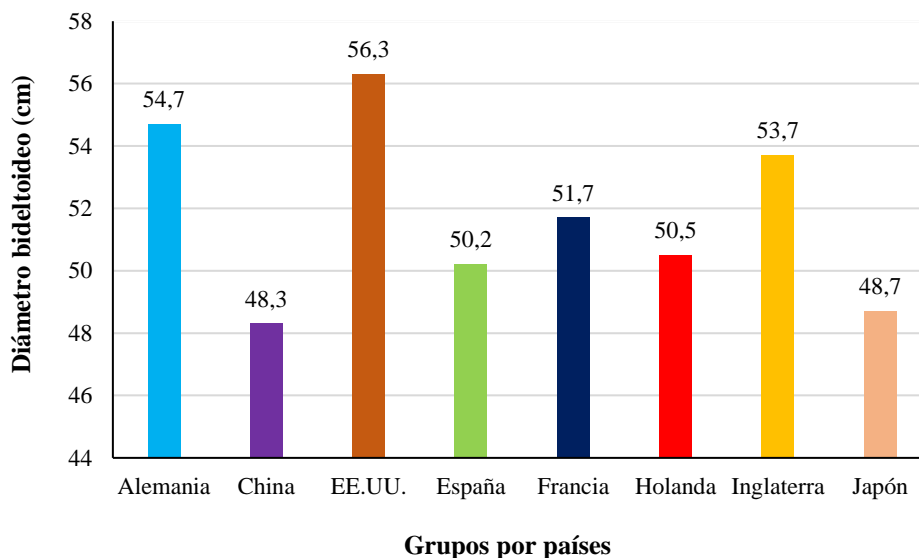
La figura 3.15 presenta la longitud nalga-rodilla del percentil 95. Los estadounidenses fueron los que tuvieron los valores más altos seguidos por holandeses, alemanes, ingleses, españoles, franceses, chinos y japoneses.



**Fig. 3.15.** Representa la longitud nalga-rodilla del percentil 95 en diferentes países, por medio de un histograma. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Qigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

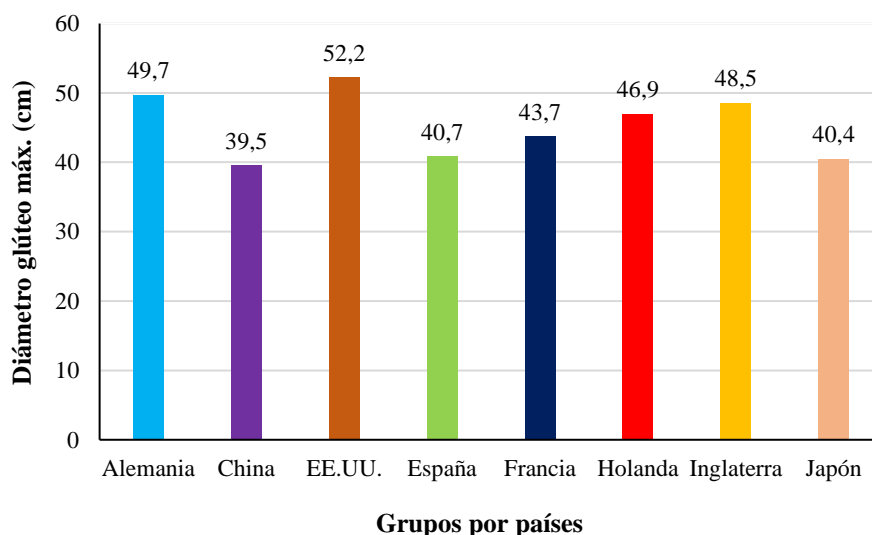


La figura 3.16 muestra el diámetro bideltoideo de diferentes poblaciones en el percentil 95. Los estadounidenses fueron los que tuvieron los valores más altos, seguidos de alemanes, ingleses, franceses, holandeses, españoles, japoneses y chinos.



**Fig. 3.16.** Representa el percentil 95 del diámetro bideltoideo de personas de diferentes países. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

La figura 3.17 muestra el diámetro glúteo máximo de diferentes poblaciones en el percentil 95. Los estadounidenses fueron los que tuvieron los valores más altos seguidos de alemanes, ingleses, holandeses, franceses, españoles, japoneses y chinos.



**Fig. 3.17.** Diámetro glúteo máximo del percentil 95 en diferentes países. Adaptado de “Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards” por Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J. M. (2001). Los datos de España proceden de nuestro estudio.

### 3.5. DISCUSIÓN

Nuestro trabajo es el primer estudio transversal realizado con personas adultas españolas del siglo XXI, que demuestra la necesidad de aumentar el espacio y el tamaño de los asientos de la clase económica de los aviones.

Nuestros resultados están de acuerdo con la primera revisión realizada sobre la *normativa AN64 de la Civil Aviation Authority (CAA)* del Reino Unido (Quigley et al., 2001). Estudio en el que se recomienda incrementar la dimensión A hasta 71,4 cm para la población europea según el P. 95 y hasta 71,7 cm para la población mundial según el P. 95. Por otro lado, recomendaron ampliar la dimensión A hasta 74,0 cm para la población europea según el P. 99 y 74,7 cm para la población mundial según el P. 99. Los investigadores incluyeron 2,5 cm de espacio mínimo entre la rodilla y el asiento de enfrente en los resultados de los PP.

Sin embargo, la longitud nalga-rodilla de los adultos españoles fue de 65,6 cm en el P. 95 y 67,6 cm en el P. 99; por lo que deberíamos seguir el mismo proceso para comparar ambos estudios e incluir los 2,5 cm de espacio de seguridad y movilidad entre las rodillas y el asiento de adelante. Por tanto, los adultos españoles necesitarían un espacio de 68,1 cm para el P. 95 frente a los 71,4 cm de la población europea o los 71,7 cm para la población mundial en el P. 95. Para el P. 99, necesitarían 70,1 cm de espacio respecto a los 74,0 cm de la población europea y 74,7 cm con la población mundial.

Por tanto, la diferencia del espacio para la longitud nalga-rodilla (ENR) sería de 3,3 cm entre la población europea y los adultos españoles en el P. 95, y de 3,6 cm entre la población mundial y los adultos españoles en el P. 95. Para el P. 99, constatamos una diferencia de 3,9 cm entre la población europea y la española, y de 4,6 cm entre la población mundial y los adultos españoles.

Por otro lado, el estudio de Quigley et al., (2001) recomienda aumentar el ER por ser inadecuado para algunos pasajeros. El ER mínimo debería acomodarse al diámetro glúteo máximo del pasajero con más diámetro. Y el ancho del cojín del asiento debería acomodarse el diámetro bideltóideo del pasajero con más diámetro. Por lo que compararon la diferencia entre el ancho del asiento y el ER de diferentes modelos de asientos con un ER entre 40,4-43,3 cm, siendo aproximadamente la diferencia de 4-8 cm con la máxima anchura de los asientos.

Por lo tanto, los autores recomiendan para los asientos de clase económica 49,7 cm de diámetro para el cojín del asiento y 53,6 cm para el respaldo, pero mencionan que idealmente serían 58,4 cm y 60,8 cm, respectivamente. Y recomiendan para el ER aproximadamente entre 53,3-58,4 cm. Sin embargo, siguiendo el mismo proceso para calcular el ER con los datos de nuestro estudio, se necesitarían entre 42,2-44,4 cm, tomándose como referencia el P.95 y P.99 del glúteo máximo de las mujeres españolas. Estas diferencias pueden ser debidas a que nuestra población era joven, activa y con un IMC < 30. Sin embargo, sería mejor usar la referencia el diámetro bideltoideo del género masculino para calcular el ER. El P.95 o el P.99 fueron entre 50,2-52.3 cm, de los hombres adultos españoles.

Si comparamos los resultados de nuestro estudio con los resultados del estudio de Wagner en el año 2011, se necesitaría más espacio del que recomendamos para poder sentarse en una postura relajada. Pero esta postura la desaconsejamos por sus efectos negativos para la espalda. Por tanto, no vamos a tener en cuenta la postura relajada en los cálculos de nuestro estudio. Recomendamos a los pasajeros que se sienten con la zona lumbar en contacto con el respaldo del asiento y que, cuando estén incómodos, realicen ejercicios de movilidad en el asiento o se levanten para dar un paseo por el avión. Además, debemos señalar que en los cálculos realizados por Pablo Wagner para la distancia entre asientos, no tuvo en cuenta el grosor del respaldo incluido en el “Seat Pitch”, lo que dificulta la interpretación de los resultados. El autor utilizó una base de datos antropométrica de la población laboral española de finales de siglo XX (Carmona-Benjumea, 2001). Sin embargo, la población laboral española tuvo diferencias con la muestra de nuestro estudio, sobre todo en la estatura, debido a incluir jóvenes de 16 años y a los efectos de la tendencia secular de crecimiento.

Wagner también estudió la distancia entre reposabrazos, obteniendo resultados similares a nuestro estudio, cuando utilizó como referencia el diámetro del glúteo máximo. Sin embargo, no utilizó el diámetro bideltoideo para el cálculo del ER, que es donde encontramos un mayor problema en los adultos españoles. Nosotros calculamos el P. 95 y P. 99 con los dos diámetros, cuyo resultado nos muestra que es necesario aumentar el ER en la mayoría de los aviones de clase económica, sobre todo debido al diámetro bideltoideo.

Las compañías aéreas describen los EA y ER de algunos modelos de avión (SeatGuru 2016a; SeatGuru, 2016b), pero debemos recordar que el EA no describe el espacio útil, porque incluye la estructura del respaldo, el cojín y la mesita, por lo tanto, los pasajeros no pueden saber exactamente cuál es el ENR que pueden tener los aviones. Por lo tanto, los pasajeros no pueden saber exactamente cuál es el ENR que pueden tener los aviones. Y solamente se puede tener una idea aproximada del ENR de los diferentes modelos de avión. Sin embargo, un estudio realizado por Kremser et al., (2012) utilizó una diferencia de 5,0 cm aproximadamente entre el EA y el ENR. Aunque parece extraño que los aviones tengan unos respaldos y estructuras tan finas, es el único estudio encontrado hasta la fecha que menciona la diferencia entre EA y ENR. Es necesario realizar estudios que cuantifiquen la diferencia entre ambos espacios para ayudar a los pasajeros a realizar un cálculo aproximado del espacio útil de los asientos en los aviones.

El EA de los modelos de diferentes aviones puede rondar aproximadamente entre 71,0-81,0 cm en los asientos de clase económica en vuelos de corta y larga duración (SeatGuru 2016a; SeatGuru, 2016b). Pero si analizamos la longitud nalga-rodilla de los hombres españoles de nuestro estudio y le restamos el EA y el grosor aproximado del respaldo del asiento, que podría rondar aproximadamente los 10,0 cm dependiendo del modelo de avión, sin contar el grosor de la mesita cerrada y el hueco para revistas, nos quedarían aproximadamente entre 61,0-71,0 cm de ENR. Por tanto, la longitud nalga-rodilla de los hombres españoles en el P. 95 tendría un espacio insuficiente en muchos aviones.

Si analizamos los resultados de la longitud nalga-rodilla de otras poblaciones, podemos apreciar que todavía es peor. Así pues, pasajeros de EE.UU, Holanda, Alemania, Inglaterra y Francia necesitarían más ENR que los hombres españoles de nuestro estudio. Sin embargo, la población japonesa y la población china necesitarían menos espacio debido a tener unas proporciones más pequeñas. Y si analizamos el P. 99 de la longitud nalga-rodilla de las mismas poblaciones y otras de diferentes países, los resultados son todavía más preocupantes (Adultdata 1998; PeopleSize 2000; Quigley et al., 2001; DINED, 2016). Este problema es una de las razones por las que está en discusión regularizar el tamaño y espacio mínimo de los asientos de los aviones en diferentes países (Jar, 2016; Rosenbloom, 2016; Laing, 2016).

El ER de los aviones de la clase económica está aproximadamente entre 43,0-46,0 cm en vuelos de corta y larga duración (SeatGuru 2016a; SeatGuru, 2016b), por lo que es reducido para el diámetro bideltaideo de los participantes españoles de nuestro estudio, y para las personas de otros países, que tienen valores aproximados entre 50,0-55,0 cm en el P. 95. Y es incluso peor si analizamos los datos del P. 99. Lo mismo ocurre en el P. 95 del diámetro del glúteo máximo de las mujeres y los hombres de muchos países, aunque las mujeres y hombres españoles estarían justos de espacio, según en el P. 95 y el P. 99. Un ER reducido imposibilita sentarse de una manera adecuada y consecuentemente, provoca malas posturas, e incluso la invasión del espacio de otros pasajeros durante el vuelo.

Otra de las causas para aumentar el espacio entre asientos es la distancia de seguridad de los pasajeros, ya que el espacio para colocarse adecuadamente en la posición de seguridad *Brace position* en situaciones de emergencia, como puede ser en un aterrizaje, es insuficiente. La posición recomendada necesita de un espacio mínimo entre asientos, y, con el EA de la clase económica, a la mayoría de las personas les resultaría muy difícil colocarse como indican los protocolos. Quigley et al. (2001) analizaron el espacio necesario para adoptar la posición de seguridad, determinándolo por el P.95 y P. 99 de la altura sentada de los hombres, aunque indican que el espacio depende de la postura y posición requerida por cada pasajero. Pero, en términos de habilidad para adoptar la posición de seguridad, los investigadores aconsejaron un espacio de entre 91,4-104,1 cm. Lo extraño es que, cuando analizamos el ENR o EA de la clase económica de los aviones, ninguno cumple los requisitos en cuanto a la distancia de seguridad recomendada. Por tanto, los pasajeros no pueden colocarse en una posición adecuada en caso de un aterrizaje de emergencia o turbulencia fuertes.

Un pequeño estudio publicado en la *Lancet* tuvo el objetivo de evaluar si los pasajeros eran capaces de conseguir colocarse en la posición de seguridad en diferentes asientos. Participaron en el estudio 24 doctores, 22 hombres y 2 mujeres, con una media de estatura de 1,80. Ninguno de los participantes tenía sobrepeso, 18 de los participantes viajaron en clase económica y otros 6 participantes viajaron en primera clase. Solamente dos de los participantes que viajaron en clase económica pudieron colocarse en la posición de seguridad. Estos fueron las dos mujeres, debido posiblemente a unas proporciones corporales más pequeñas. Por otro lado, los 6 participantes que viajaron en primera clase pudieron situarse en la posición de seguridad adecuadamente. Los investigadores

recomendaron a las aerolíneas aumentar el espacio entre asientos de clase económica, para mejorar la seguridad y el confort (Röggla et al., 1999). Los participantes masculinos de nuestro estudio tenían una estatura similar a los doctores, por lo que se entiende que también tendrían dificultades para situarse en la posición de seguridad en los asientos de clase económica.

Centrándonos en el confort durante los vuelos de avión, sobre todo de clase económica, los pasajeros de los aviones también reclaman la necesidad de aumentar la EA, el ENR y el ER según las respuestas de diferentes cuestionarios o entrevistas realizadas a los pasajeros en varios estudios (Pierce et al., 1999; Vink y Brauer, 2011; Vink y Hallbeck, 2012). Uno de los estudios analizó con 10032 pasajeros la correlación entre el confort y diferentes factores (Vink y Brauer, 2011). Los factores que tuvieron la correlación más alta con el confort interior de los aviones fueron: volar de nuevo, el ENR, la higiene y la tripulación. El ENR y el confort resultaron tener una correlación de 0.72. Un 26% de los pasajeros mencionaron el EA, el espacio para las rodillas y el ENR como factores importantes en los vuelos. Uno de los comentarios positivos por los pasajeros, situaba el EA de 83,8 cm como confortable. Relacionándose con los resultados y recomendaciones de nuestro estudio, aunque no sabemos la diferencia exacta del EA y ENR, 83,8 de EA parece ser un espacio apropiado para que la mayoría de los pasajeros puedan viajar cómodos.

Los pasajeros también mencionaron en los cuestionarios la importancia de tener en cuenta el lugar donde estaba situado el bolsillo para guardar las revistas, debido a que este puede afectar el espacio útil y entorpecer a las rodillas. También preferían no tener ningún pasajero a su lado o poder sentarse en los asientos de la salida de emergencia para tener más espacio. Parece injusto que los pasajeros tengan que recurrir a estas maniobras para mejorar el confort, cuando los asientos deberían tener el espacio apropiado para el tamaño y proporciones corporales de la mayoría de las personas. Por tanto, regular el espacio mínimo entre asientos o el ENR ayudaría a mejorar el confort de los pasajeros.

En un estudio de Vink y Hallbeck (2012) se realizaron entrevistas para analizar el confort de los pasajeros a 82 hombres y 71 mujeres con una estatura media de 176,0 cm, que volaron en 36 compañías aéreas. Los resultados mostraron una puntuación baja en el confort, en el ENR y el espacio personal (espacio para hombros, brazos, cabeza y almacén). El confort para personas más altas de 173,0 cm tuvo las puntuaciones más

bajas. Cuando se compararon los resultados con personas más bajas, las diferencias fueron significativas con una  $p < 0,05$  entre grupos. La última pregunta de la entrevista era abierta, y un 41% de los pasajeros mencionaron la necesidad de mejorar ENR; un 11% de mejorar el espacio personal; y un 9,5% de mejorar el check in. Este estudio demuestra que los pasajeros son conscientes de la necesidad de ampliar el espacio mínimo para la longitud nalga-rodilla.

El estudio de Krenser et al. (2012) analizó el EA y el ENR con 13 participantes de género femenino y 17 participantes de género masculino. Una de las medidas antropométricas evaluadas fue la longitud nalga-rodilla, que obtuvo una media de 58,5 cm en las mujeres y de 62,7 cm en los hombres. Después de realizar la evaluación antropométrica, los investigadores colocaron a los participantes en diferentes modelos de asientos con diferentes distancias entre asientos en un orden aleatorio, para no influir en su opinión respecto a las diferentes dimensiones a la hora de preguntarles si podían adoptar una postura cómoda y moverse adecuadamente. Los valores de máximo confort se dieron entre 86,3 y 106,6 cm para el EA y entre 81,2 y 101,6 cm para el ENR.

Sin embargo, el objetivo del estudio era conocer el máximo confort en cuanto a la percepción espacial, percepción subjetiva según la longitud nalga-rodilla en la postura sentada. En cambio, el objetivo de nuestro estudio era analizar el ENR necesario para que la población española del siglo XXI pueda viajar adecuadamente, relacionando seguridad, confort y salud. Y aunque el ENR recomendado por nuestro estudio es diferente, se aproxima más a los valores de 81,2 cm que a los de 101,6 cm.

Otros estudios describen los inconvenientes de un espacio reducido entre los asientos de los aviones o del espacio de los asientos, porque la falta de movilidad para los pasajeros puede aumentar las probabilidades de desarrollar diferentes patologías tanto a nivel vascular, como gastrointestinal o postural (British Medical Association, 2004; Hinninghofen y Enck, 2006; Scurr et al., 2010).

Aunque hay diferentes teorías sobre si viajar en avión es un factor directo para desarrollar el TVP o EP (Kuipers y Schreijer, 2007; Trujillo-Santos et al., 2008; Scurr et al., 2010), la suma de varios factores de riesgo aumenta las probabilidades de desarrollar TEP. Algunos de estos factores son una edad avanzada, la inmovilidad, problemas cardíacos, el uso de algunos medicamentos, obesidad, hipertensión, realizar vuelos de larga duración o múltiples vuelos de corta duración, entre otros factores. Algunos de los

síntomas son dolor de pecho, dificultad para respirar, colapsos y obstrucciones (Forbes y Johnston, 1998;; Adi et al., 2004; Aryal y Al Khaffaf, 2006; Scurr et al., 2010; Cazaubon, 2015).

Es muy importante ayudar a los pasajeros a prevenir en lo posible los factores de riesgo que influyen en el desarrollo del TEP. Por lo tanto, es necesario que los pasajeros tengan un espacio adecuado para poder realizar ejercicios, sentarse en una posición adecuada y poder salir de los asientos con facilidad para andar por el avión. Un ENR en los asientos de los aviones de clase económica acorde al tamaño y proporciones corporales de las personas del siglo XXI (Sánchez-González et al., 2011; Porta., y Cabañas 2011; DINED, 2016) ayudaría a los pasajeros a reducir los efectos de la inmovilidad, facilitando realizar ejercicios específicos beneficiosos para el retorno venoso y circulación sanguínea durante los viajes de avión (Sugerman et al., 2012).



### 3.6. CONCLUSIONES

- Nuestros resultados confirman los objetivos que fundamentan y justifican la realización de este estudio. Es decir: es necesario aumentar la distancia entre los asientos y reposabrazos de la clase económica de los aviones, debido a la tendencia secular del aumento del tamaño del hombre del siglo XXI.
- La adaptación ergonómica de los asientos para el transporte aéreo de viajeros de la clase económica/turista al tamaño y proporciones del hombre del siglo XXI aumentará su confort, salud y seguridad.
- Para personas con unas características similares a las del estudio, las distancias mínimas de las cotas ergonómicas analizadas para el P. 95, con un espacio mínimo de movilidad de 2,5 cm para el ENR, deberían ser: 68,1 cm para el espacio nalga-rodilla (ENR) y 50,2 cm entre reposabrazos (ER).
- Para poder adoptar la posición de seguridad “Brace position” de forma adecuada, se necesita un espacio aproximado de 99,3 cm.
- Además del EA y el ER, las compañías aéreas deberían divulgar en sus webs el ENR para ser más transparentes en cuanto al confort de sus asientos.
- A falta de una normativa internacional oficial y efectiva, solo una presión social y científica constante y global podrá convencer y obligar a las aerolíneas y constructores aeronáuticos de todo el mundo a efectuar los cambios ergonómicos necesarios.

### **3.7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES: PERSPECTIVAS DE FUTURO**

Es evidente que nuestro estudio solo podrá ser determinante en cuanto a su finalidad y objetivos específicos si, tal como es nuestro deseo, el mismo tuviera continuidad y pudiera seguir desarrollándose con un diseño multicéntrico, tanto a nivel nacional como internacional. Un objetivo que, si bien tanto conceptual como prácticamente, suele ser muy difícil de lograr, en nuestro caso, y gracias a las posibilidades que nos ofrece la ISAK, podría hacerse realidad.

Atendiendo a la preocupante prevalencia del sobrepeso y la obesidad, tanto actual como en un futuro próximo, todos los profesionales relacionados con el ámbito del diseño industrial deberían, mediante estudios y proyectos de valoración cineantropométricos sistemáticos, advertir y concienciar a todos los estamentos, públicos o privados, relacionados con la fabricación de objetos utilizados por el hombre, sobre la nueva realidad antropométrica del mismo.

Más en concreto, si nos atenemos a las previsiones demográficas para el año 2025, de los 8.000.000.000 (ocho mil millones) de habitantes de la tierra, el 20% (160.000.000) serán obesos. Al respecto no es necesario hacer extrapolaciones estadísticas para intuir que los constructores aeronáuticos y las aerolíneas deberán afrontar un aumento de pasajeros con sobrepeso u obesos. Un nuevo paradigma que, a buen seguro, no se podrá resolver con medidas coyunturales y que requerirá de nuevos diseños ergonómicos que impliquen, ante todo, un aumento significativo del espacio entre los asientos y de su tamaño.

Por último, pero no menos importante, el desarrollo multicéntrico a nivel internacional de este proyecto, tutelado y controlado por la ISAK, posibilitaría la adquisición estandarizada y actualizada de un banco de datos de diferentes grupos de población de los cinco continentes.



#### 4. CONCLUSIONES GENERALES

- El tamaño medio de las mujeres españolas de nuestro estudio es de  $164,7 \pm 5,6$  cm y  $59,1 \pm 7,3$  kg (IMC =  $21,7 \pm 2,4$ ) y el de los hombres de  $178,4 \pm 6,7$  cm y  $75,3 \pm 8,6$  kg (IMC =  $23,6 \pm 2,2$ ).
- Las mujeres adultas españolas del estudio tienen un índice cormico mayor que los hombres.
- La tendencia secular de crecimiento en las personas españolas continúa en el siglo XXI. La estatura ha aumentado 0,8 cm en las mujeres españolas y 1,1 cm en los hombres españoles comparando con un estudio de principios del siglo XXI.
- Los nuevos modelos antropométricos, creados con deportistas de elite por grupos de estaturas, se justifican debido a las diferencias significativas encontradas entre los parámetros antropométricos.
- Los resultados del índice de Manouvrier y cormico en los grupos por estatura confirman que las diferencias de estatura se producen sobre todo en el miembro inferior.
- El conocimiento de las medidas anatómicas por grupos de estatura ayudará a la optimización del análisis biomecánico y al diseño de material deportivo, ortopédico y ergonómico.
- En relación al estudio ergonómico de los asientos de la clase económica de los aviones, es necesario aumentar el espacio nalga-rodilla y el espacio entre reposabrazos.
- Las personas con unas características similares a las del estudio necesitan, en los asientos de clase económica de los aviones, unas dimensiones mínimas de 68,1 cm para el espacio nalga-rodilla y 50,2 cm para el espacio entre reposabrazos.
- Se recomienda una normativa internacional que regule el espacio mínimo nalga-rodilla y el espacio mínimo entre reposabrazos de los aviones comerciales.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

Ackland, T. R., Schreiner, A. B., & Kerr, D. A. (1997). Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 15(5), 485-490.

Ackland T. R., Blanksby B.A., Landers G., & Smith D. (1998). *Anthropometric profiles of elite triathletes*. Short Communication. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Brian\\_Blanksby/publication/245929777](https://www.researchgate.net/profile/Brian_Blanksby/publication/245929777)

Ackland, T. R., Ong, K. B., Kerr, D. A., & Ridge B. (2003). Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 285-294.

Ackland, T. R., Elliott, B., & Bloomfield, J. (2009). *Applied Anatomy and Biomechanics in Sports* (2ª ed.). Champaign: Human Kinetics.

Adi, Y., Bayliss, S., Rouse, A., & Taylor, R. S. (2004). The association between air travel and deep vein thrombosis: systematic review & meta-analysis. *BMC Cardiovascular Disorders*, 4, 1-8.

Ahmadpour, N., Robert, J. M., & Lindgaard, G. (2016). Aircraft passenger comfort experience: underlying factors and differentiation from discomfort. *Applied Ergonomics*, 52, 301-308.

Albrizio, A. (2007). Biometry and Anthropometry: from Galton to Constitutional Medicine. *Journal of Anthropological Sciences*, 85, 101-123.

Airbus. (17 de febrero de 2016). *Asia-Pacific is a key A380 market today, and for the future*. Recuperado de <http://www.airbus.com/newsevents/news-events-single/detail/asia-pacific-is-a-key-a380-market-today-and-for-the-future/#>

Aryal, K. R., & Al-Khaffaf, H. (2006). Venous thromboembolic complications following air travel: what's the quantitative risk? A literature review. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 31(2), 187-99.

Asociación Española de normalización y certificación. (2010). *Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo humano y referencias*. UNE-EN ISO 7250-1. Madrid: AENOR.

- Asociación Española de Ergonomía. (2016). *¿Qué es la ergonomía?* Recuperado de <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Bailey, S. M (1997). The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: bone mineral acquisition during the growing years. *International Journal of Sports Medicine*, 18 Suppl 3:S191-4.
- Bailey, S.M., Xu, J., Feng, J. H., Hu, X., Zhang, C., & Qui, S. (2007). Tradeoffs between oxygen and energy in tibial growth at high altitude. *American Journal of Human Biology*, 19(5), 662-668.
- Behnke, J. R., Feen, B. G., Welham, W. C. (1942). The specific gravity of healthy men. *JAMA*, 118, 495-8.
- Beunen, G. Borms, J. (1990). Kinanthropometry: roots, developments and future. *Journal of Sports Sciences*, 8, 1-15.
- Bogin, B. A., & Varela Silva, M. I. O. (2003). Anthropometric variation and health: a biocultural model of human growth. *Journal of Children's Health*, 1(1), 149-172.
- Borms, J., & Hebbendick, M. (1984). *Review of studies of Olympic athletes*. In J. E. L, Carter (Ed.). *Physical structure of Olympic athletes, Part II; Kinanthropometry of Olympic athletes*. Basel: Karger.
- Boyd, W. C. (1951). *Genetics and the races of man*. New York: Little Brown.
- Boyd, E., Scammon, R. E., Savara, B. S., & Schilke, J. F. (1980). *Origins of the study of human growth*. Portland: University of Oregon Health Sciences Center Foundation.
- Brauer, K. (2004). *Convenience, comfort and cost: the Boeing perspective on passenger satisfaction*. Hamburg, Germany: Presentation at the Aircraft Interior EXPO.
- Bray, G. A. (1992). Pathophysiology of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55(2), 488S-494S.
- British Medical Association. (2004). *The impact of flying on passenger health: a guide for healthcare professionals*. BMA policy report, Board of Science and Education. London. Recuperado de [http://www.flylegen.no/filbase/dokumenter/impact\\_of\\_flying\\_bma.pdf](http://www.flylegen.no/filbase/dokumenter/impact_of_flying_bma.pdf)
- Brozek, J., & Keys, A. (1951). The evaluation of leanness-fatness in man: Norms and interrelationships. *British Journal of Nutrition*, 5, 194-206.

Cabañas, M. D., Maestre M. I., y Herrero, A. (2005). Cambios de la proporcionalidad corporal durante el crecimiento en edades adolescentes. Trabajo presentado en el XVIII Congreso de la sociedad ibérica de biomecánica y biomateriales, Cáceres, España.

Cabañas, M. D. y Maestre, M. I. (2009). Conceptos básicos y generalidades. En Dolores Cabañas y Francisco Esparza. Compendio de Cineantropometría. (pp. 13-31). Madrid: CTO.

Cabañas M. D. y Porta, J. (2011). Pasado, presente y futuro de la Cineantropometría. En C. Moreno-Pascual, C y Manonelles Morqueta, P (Eds.), Manual de Cineantropometría (pp. 18-66). Badalona, España: Nexus Médica.

Canda, A. S. (2012). *Variables antropométricas de la población deportista española*. Recuperado de <http://adneec.com/index.php/2013/11/06/libro-de-referencia-variables-antropometricas-de-la-poblacion-deportista-espanola/>

Canda, A. S, Luis Alberto Castiblanco, L. A., Nekane, A. T., Amesto J. A. y Higuera, S. (2014). Características morfológicas del triatleta según sexo categoría y nivel competitivo. *Apunts Medicina de l'Esport*, 49(183), 75-84.

Carmona-Benjumea, A. (2001). *Datos antropométricos de la población laboral española*. INSHT, 14, 22-35. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

Carrascosa, A., Fernández, J. M., Fernández, C., Ferrández A., López- Sigüero, J. P., Rueda C., Sánchez González, E., Sobradillo Ruiz, B. y Yeste-Fernández, D. (2008a). Estudio transversal español de crecimiento 2008: II. Valores de talla, peso e índice de masa corporal en 32. 064 sujetos (16. 607 varones, 15. 457 mujeres) desde el nacimiento hasta alcanzar la talla adulta. *Anales de pediatría (Barcelona)*, 68, 552-569.

Carrascosa, A., Fernández, J. M., Ferrández, A., López-Sigüero, J. P. y Sánchez, E. (2008b). *Estudio transversal español de crecimiento*. Barcelona: Hercu.

Carter, J. E. L., Ross, W. D., Aubry S. P., Hebbelinck M., & Borms J. (1982). Anthropometric of Montreal Olympic athletes. En Carter J. E. L. (Ed.). Physical structure of Olympic Athletes. Part I (The Montreal Olympic Games Anthropological Project). *Medicine and Sports Science*, 18, 25-52.



- Carter, J. E. L., & Yuhasz M.S. (1984). Skinfolds and body composition of olympic athletes. En: Carter, J. E. L. (Ed.), *Physical structure the Olympic athletes. Part II (Kinanthropometric of Olimpic Athletes)*. *Medicine and Sports Science*, 18, 144-182.
- Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping - development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carter, J. E. L., & Ackland, T. A. (1994). *Kinanthropometry in aquatic sports: a study of world class athletes (Vol. 5)*. Champaign (IL): HK Sport Science Monograph.
- Carter, S. (2001). Case study: The application of TRIZ to economy class aircraft cabin design. *TRIZjournal*. Recuperado de <https://triz-journal.com/case-study-application-triz-economy-class-aircraft-cabin-design/>
- Cazambou, M. (2015). Deep vein thrombosis and air travel: risk management in 2015. *Phlebology*, 22(1), 25-32.
- Chamla, M. C. (1983). L'evolution de la stature en Europe occidentale (Période 1960-1980). *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 10(2), 195-224.
- Chiquete, E., Ochoa-Guzmán, A., Domínguez-Moreno, R., Tolosa, P., Ruiz-Madrigal, B., Godínez-Gutiérrez, S., Román, S. y Panduro A. (2012). Índice de distribución de la grasa corporal (IDGC): Un nuevo método antropométrico para la predicción de adiposidad. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 20 (4), 145-151.
- Civil Aviation Authority. (2016). *Minimum space for seated passengers. In Civil Aircraft Airworthiness Information and Procedures*. Chapter 25, Leaflet 25-90, 1-4.
- Clarys, J. P., Martin, A. D., Drinkwater, D. T., & Marfell-Jones, M. J. (1987). The skinfold: Myth and reality. *Journal of Sports Sciences*, 5, 3-33.
- Claessens, A. L., Veer, F. M., Stijnen, V., Lefevre, J., Maes, H., Steens, G., & Beunen G. (1991). Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 9(1), 53-74.
- Colley, R. C., Garriguet, D., Janssen, I., Craig, C. L, Clarke, J., & Tremblay, M. S. (2011). Physical activity of Canadian adults: accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Report*, 22(1), 7-14.
- Collins, R. E., Field, S., & Castleden, W. M. (1979). Thrombosis of leg arteries after prolonged travel. *British Medical Journal*, 2(6203), 1478.

Dreyfuss, H. (1960). *The Measure of Man* (1<sup>a</sup> ed.). New York: Whitney Library of Design.

DINED/ Anthropometry in design. (03 de marzo de 2016). *ID Anthropometric database*. Recuperado de <http://dined.io.tudelft.nl/en/database/introduction>

De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223-1230.

De Ridder, J. H., Amusa, L. O., Monyeki, K. D., Toriola, A. L., & Carter J. E. L. (2001). Kinanthropometry in African sports: Body composition and somatotypes of world class female African middle-long distance and maratón runners. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 7(1), 1-13.

Dowdall, N., & T. Evans, T. (2004). *The impact of flying on passenger health: a guide for healthcare professionals*, BMA policy report, Board of Science and Education. London: British Medical Association.

Drillis, R. J., & Contini, R. (1966). *Body segments parameters. Technical Report No. 1166.03*. School of Engineering and Science. New York University.

Drinkwater, D. T., & Ross, W. D. (1980). Anthropometric fractionation of body mass. Ostin, W., Beunen, G., & Simons, J. (Eds.). *Kineantropometry II*. (pp. 178-89), Baltimore: II University Park Press.

Dumur, E., Barnard, Y., & Boy, G. (2004). Designing for comfort. In D.de Waard, K.A. Brookhuis, and C.M. Weikert (Eds.), *Human Factors in design* (pp.111-127). Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing.

Eiben, O. G. (1976). On relative body measurements and indices in the research of physique. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Cominiana Anthropologia*, XXII, 69-73.

Esparza, F. R. (2009). Revisión histórica y fundamentos históricos de la Cineantropometría. En Dolores Cabañas y Francisco Esparza (Eds). *Compendio de Cineantropometría*. (pp. 3-10). Madrid, España: CTO.

Eveleth, P. B., & Tanner J. M. (1976). *Worldwide variation in human grown* (International Biological Programme Synthesis Series. Cambridge: Cambridge University Press.

Federal Aviation Administration. US Government Publishing Office. (2 de marzo de 2016). *Chapter I-Federal Aviation Administration, Department of Transportation. Subchapter C-Aircraft. Part 25-Airworthiness standards: Transport category airplanes. 25.785. Seats, berths, safety belts, and harnesses.* Recuperado de <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2016-title14-vol1/pdf/CFR-2016-title14-vol1-sec25-785.pdf>

Forbes, C. D., & Johnston, R. V. (1998). Venous and arterial thrombosis in airline passengers. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 91, 565–566.

Fredriks, A. M., van Buuren, S., Burgmeijer, R. J., Meulmeester, J. F., Beuker, R. J., Brugman, E., Roede, M. J., Verloove-Vanhorick, S. P., & Wit, J. M. (2000). Continuing positive secular growth change in The Netherlands 1955-1997. *Pediatric Research*, 47(3), 316-323.

Frisancho, A. R., Guilding, N., & Tanner, S. (2001). Growth of leg length is reflected in socio-economic differences. *Acta Medica Auxologica*, 33, 47–50.

Fryar, C. D., Gu, Q., & Ogden, C. L. (2012). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007–2010. *Vital and Health Statistics*, 11(252), 1-48.

Gohlke, B., & Woelfle, J. (2009). Growth and puberty in German children: is there still a positive secular trend? *Deutsches Ärzteblatt International*, 106(23), 377-382.

González Portilla, M. (2001). *Los orígenes de una metrópoli industrial: La ría de Bilbao*. Bilbao: Fundación BBVA.

Gordon, C., & Friedl, K. (1994). Anthropometry in the US armed forces. En: Ulijaszek, S. y Mascie-Taylor, C. *Anthropometry: the individual and population*, 178-210. Cambridge: Cambridge University Press.

Grasgruber, P., Sebera, M., Hrazdíra E., Cacek J., & Kalina T. (2016). Major correlates of male height: A study of 105 countries. *Economics & Human Biology*, 21, 172–195.

Gunnell, D., Okasha, M., Smith, G. D., Oliver, S. E., Sandhu, J., & Holly, J. M. (2001). Height, leg length, and cancer risk: a systematic review. *Epidemiologic Reviews*, 23(2), 313-42.

Han, T. S., Hooper, J. P., Morrison C. E., & Lean, M. E. (1997). Skeletal proportions and metabolic disorders in adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(12), 804-809.

- Hauspie, R. C., Vercauteren, M., & Susanne, C. (1997). Secular changes in growth and maturation: an update. *Acta Paediatrica Supplement*, 423, 20-27.
- Heineck, G. (2006). Height and weight in Germany, evidence from the German Socio-Economic Panel, 2002. *Economics and Human Biology*, 4(3), 359-382.
- Heller, J., Peric, T., Dlouhá, R., Kohlíková, E., Melichna, J., & Nováková, H. (1998). Physiological profiles of male and female taekwondo (ITF) black belts. *Journal of Sports Sciences*, 16 (3), 243-249.
- Hermanussen, M., Stec, K., Abmann, C., Meigen, C., Van Buuren, S. (2016). Synthetic growth reference charts. *American Journal of Human Biology*, 28(1), 98–111.
- Hinninghofen H., & Enck, P. (2006). Passenger well-being in airplanes. *Autonomic Neuroscience*, 129(1-2), 80-85.
- Ho, S. Y., Lam, T. H., & Janus, E. D. (2003). Waist to stature ratio is more strongly associated with cardiovascular risk factors than other simple anthropometrics indices. *Annals of Epidemiology*, 13, 683–91.
- Homans, J. (1954). Thrombosis of the Deep Leg Veins Due to Prolonged Sitting. *New England Journal of Medicine*, 250, 148-149.
- International Air Transport Association. (2016). *New year's day 2014 marks 100 years of commercial aviation*. Recuperado de <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2013-12-30-01.aspx>
- International Ergonomics Association. (2014). *Definition and Domains of Ergonomics*. Recuperado de <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- Irurtia, A. (2010). *Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina* (Tesis doctoral). INEFC. Universidad de Barcelona  
Recuperado de <https://inefcresearch.wordpress.com/2010/12/17/new-doctor/>
- Jacobson, I. D., & Martinez, J. (1974). The comfort and satisfaction of air travelers-basis for a descriptive model. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 16(1), 46-55.
- Jantz, L. M., & Jantz, R. L. (1999). Secular change in long bone length and proportion in the United States, 1800-1970. *American Journal of Physical Anthropology*, 110(1), 57-67.

- Jar, N. (5 de Enero de 2016). Vuelve a casa tras Navidad, en un estrecho asiento de avión. El País. Recuperado de [http://elpais.com/elpais/2016/01/04/ciencia/1451905815\\_406189.html](http://elpais.com/elpais/2016/01/04/ciencia/1451905815_406189.html)
- Ji, C. Y., & Chen, T. J. (2008). Secular changes in stature and body mass index for Chinese youth in sixteen major cities, 1950s-2005. *American Journal of Human Biology*, 20(5), 530-537.
- Kahn, H. S, Simoes, E. J., Koponen, M., & Hanzlick, R. (1996a). The abdominal diameter index and sudden coronary death in men. *American Journal of Cardiology*, 78(8), 961–964.
- Kahn, H. S., Austin, H., Williamson, D. F., & Arensberg, D. Simple anthropometric indices associated with ischemic heart disease. (1996b). *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(9), 1017–1024.
- Katić, R., Blazević, S., Krstulović, S., & Mulić, R. (2005). Morphological structures of elite Karateka and their impact on technical and fighting efficiency. *Collegium antropologicum*, 29(1), 79-84.
- Katzmarzyk, P. T., & Leonard W. R. Climatic influences on human body size and proportions: ecological adaptations and secular trends. (1998). *American Journal of Physical Anthropology*, 106(4), 483-503.
- Keys, A., & Brozek. J. (1953). Body fat in adult man. *Physiological Reviews*, 33(3), 245-325.
- Kerr, D. A., Ackland, T. R., & Schreiner, A. B. (1994). The elite athlete - assessing body shape, size, proportion and composition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 4(1), 25-9.
- Komlos, J., & Lauderdale B. E. (2007). The mysterious trend in American heights in the 20th century. *Annals of human biology*, 34(2), 206-215.
- Kremser, F., Guenzkofer, F., Sedlmeier, C., Sabbah, O., & Bengler, K. (2012). Aircraft seating comfort: the influence of seat pitch on passengers' well-being. *Work*, 41(1), 4936-4942.

- Kuhlthau, A. R., & Jacobson, I. D. (1973). *Analysis of passenger acceptance of commercial flights having characteristics similar to STOL*. Ottawa: Presented at Flight Test Symp. Recuperado de <http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19730019218>
- Kuipers, S., Schreijer A. J., Cannegieter, S. C., Büller, H. R., Rosendaal, F. R., & Middeldorp, S. (2007). Travel and venous thrombosis: a systematic review. *Journal of Internal Medicine*, 262(6), 615-34.
- Langenberg, C., Hardy, R., Kuh D., & Wadsworth, M. E. (2003). Influence of height, leg and trunk length on pulse pressure, systolic and diastolic blood pressure. *Journal of Hypertension*, 21(3), 537-43.
- Laing, K. (11 de febrero de 2016). Dems seek to establish flight legroom minimums. *THE HILL*. Recuperado de <http://thehill.com/policy/transportation/269097-dems-seek-to-require-more-legroom-on-flights>
- Lentini, N. A., y Verde, P. E. (2004). El método combinado: una propuesta específica en proporcionalidad antropométrica. *Archivos de medicina del deporte*, 101, 223-229.
- Leitch, I. (1951). Growth and health. *British Journal of Nutrition*, 5, 142-151.
- Lin, Y. C., Wang, M. J, & Wang, E. M. (2004). The comparisons of anthropometric characteristics among four peoples in East Asia. *Applied Ergonomics*, 35(2), 173-178.
- Livio, M. (2006). *La proporción Áurea: La historia de Phi, el número más enigmático del mundo*. Barcelona, España: Ariel.
- Livshits, G., Roset, A., Yakovenko, K., Trofimov, S., & Kobylansky, E. (2002) Genetics of human body size and shape: body proportions and indices. *Annals of Human Biology*, 29(3), 271-289.
- López de Lara, D., Santiago-Paniagua, P., Tapia-Ruiz, M., Rodríguez-Mesa, M. D, Gracia-Bouthelier, R. y Carrascosa-Lezcano A. (2010). Evaluation of weight, height and BMI in children, adolescents and young adults from the Community of Madrid. *Anales de pediatría (Barcelona)*, 73(6), 305-319.
- Maestre M. I. y Ordaz-Romay, H. (2009). Proporcionalidad corporal. En Dolores Cabañas y Francisco Esparza (Eds.). *Compendio de Cineantropometría*. (pp.199-235). Madrid, España: CTO.

- Malina, R. M., Peña Reyes, M. E., Tan, S. K., Buschang, P. H, Little, B. B., & Koziel, S. (2004). Secular change in height, sitting height and leg length in rural Oaxaca, southern Mexico: 1968-2000. *Annals of Human Biology*, 31(6), 615-633.
- Marrodán, M. D., Martínez-Álvarez, J. R., González-Montero de Espinosa, M., López-Ejeda, N., Cabañas, M. D., Pacheco, J. L., et al. (2011). Estimación de la adiposidad a partir del índice de cintura talla: ecuaciones de predicción aplicables en población infantil española. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 31, 45-51.
- Marrodán, M. D., Cabañas, M. D., Carmenate-Moreno, M., González-Montero de Espinosa, M., López-Ejeda, N., Martínez-Álvarez, J. R., et al. (2013). Asociación entre adiposidad corporal y presión arterial entre los 6 y los 16 años. Análisis en una población escolar madrileña. *Revista Española de Cardiología*, 66(02), 110-115.
- McDowell, M. A., Fryar Ch. D., Hirsch R., & Ogdeb C. L. (2005). Anthropometric reference data for children and adults: U.S. population, 1999-2002. *Vital and Health Statistics*, 361, 1-31.
- Meadows, L., & Jantz, R. L. (1995). Allometric secular change in the long bones from the 1800s to the present. *Journal of Forensic Sciences*, 40(5), 762-767.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A.D., Bailey, D.A., & Beunen, G.P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-94.
- Norton, K., & Olds, T. (2000). *Anthropometrica*. Sidney: University of New South Wales.
- Ogden, C. L., Fryar, C.D., Carroll, M. D., & Flegal K. M. (2004). Mean body weight, height, and body mass index, United States 1960-2002. *Advance Data*, 27(347), 1-17.
- Ogden, C. L., & Flegal K. M. (2010). Changes in Terminology for Childhood Overweight and Obesity. *National Health Statistics Reports*, 25(25), 1-5.
- Ostrower, J., & Michaels, D. (23 de octubre 2013). The Incredible Shrinking Plane Seat. *The Wall Street Journal*. Recuperado de <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304384104579141941949066648>
- Pacioli, L. (1991). *La Divina Proporción*. Madrid: Akal.

- Pacheco del Cerro J. L. (1993). *Antropometría de los atletas españoles de élite* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Pacheco del Cerro, J. L. (1996). Antropometría de atletas españoles de élite. *Biomecánica*, IV (7), 127-130.
- Pearson, K. (1924). *Researches of Middle Life*. London: Cambridge University Press.
- Pescio, C. (2000-2005). *Art & Science*. Florence, Italia: Giunti.
- Pheasant, S.T. (1996). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics, and the design of work*. London, Bristol: Taylor & Francis.
- Pineau, J. C (1993). La stature en France depuis un siècle: évolution générale et régionale. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 5(1), 257-268.
- Pons, V., Riera J., Alberto-Galilea, P., Drobnic, F. y Montserrat-Banquells, O. R. (2015). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referencia del CAR de San Cugat, 1989-2013. *Medicina de l'Esport*, 50(186), 65–72.
- Porta J. (1999). *Cuantificación y distribución del tejido adiposo en deportistas por resonancia magnética nuclear. Análisis comparativo con diversos métodos de valoración de la composición corporal* (Tesis doctoral). Instituto Nacional de Educación Física, Universidad de Barcelona.
- Porta, J. y Cabañas M. D. (2011). Proporcionalidad corporal: historia y presente. En C. Moreno Pascual & P. Manonelles Morqueta (Eds.) *Manual de Cineantropometría* (pp. 258-308). Badalona, España: Nexus Médica Editores.
- Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, J.M. (2001). *Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards*. Recuperado de <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/701>
- Ramirez-Velez, R., Argothyd, R., Meneses-Echavez, J. F., Beatriz Sanchez-Puccini, M., Lopez-Alban, C. A., & Cohen, D. D. (2014). Anthropometric Characteristics and Physical Performance of Colombian Elite Male Wrestlers. *Asian J Sports Med*, 5(4): e23810.
- Real Academia Española / Asociación de Academias de la Lengua Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23ª ed.). Madrid, España. (Disponible en [www.rae.es](http://www.rae.es)).



- Reyes, N. L., Scott, D., Grosse S. D., Althea, M., & Grant, A. M. (2015). *The Pre-Travel Consultation*. Deep Vein Thrombosis & Pulmonary Embolism. Centers for Disease Control and Prevention. Recuperado de <http://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2016/the-pre-travel-consultation/deep-vein-thrombosis-pulmonary-embolism>
- Richards L. G., Kuhlthau, A. R., & Jacobson I. D. (1975). Passenger ride quality determined from commercial airline flights. Recuperado de <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19760009684.pdf>
- Richards L. G., & Jacobson I. D. (1977) Ride quality assessment III: questionnaire results of a second flight programme. *Ergonomics*, 20(5), 499-519.
- Richards, L. G., Jacobson I. D., & Kuhlthau, A. R. (1978). What the passenger contributes to passenger comfort. *Applied ergonomics*, 9 (3), 137-142.
- Rienzi, E., Mazza, J. C., Cáster, J. E. L. y Reilly, T. (1998). *Futbolista Sudamericano de Élite: Morfología, Análisis del Juego y Performance*. Rosario: Biosystem Servicio Educativo.
- Rodriguez-Añez, C, R. e Petroski, E. L. (2009). Antropometria para postos de trabalho. Petroski, E, L. (4ª ed). *Antropometría: Técnicas e Padronizações* (pp. 83-103). Porto Alegre, Brasil: UFSC.
- Röggla, G., Moser, B., & Röggla, M. (1999). Seat space on airlines. *Lancet*. 353 (9163), 1532.
- Rosenbloom, S. (29 de febrero de 2016). Fighting the Incredible Shrinking Airline Seat. *The New York Times*. Recuperado de [http://www.nytimes.com/2016/02/29/travel/shrinking-airline-seats.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2016/02/29/travel/shrinking-airline-seats.html?_r=0)
- Ross, W. D., Hebbelinck M, Van Gheluwe B., & Lemmens, M L. (1972). Kinanthrométrie et l' appretiation de l' erreur de mesure. *Kinanthropologie*, 4, 23-24.
- Ross, W. D., & Wilson, N. C. (1974). A stratagem for proportional growth assessment. Children in Exercise. In: Hebbelinck M, Borms J, eds. ACTA Paediatrica Belgica, (Suppl 28): 169-182.
- Ross, W. D., & Ward, R. (1981). Sexual dimorphism and human proportionality. In L. R. Hall (Ed.). *Dimorphism in Homo Sapiens* (pp. 317-361). New York: Praeger.

Ross, W. D., Ward, R., Leathy, R. M. & Day J. A. P. (1982). Proportionality for Montreal Athletes. In Carter, J.E.L. (Eds.), *Physical structure of Olympic athletes*, Part I: The Montreal Olympic Games anthropological project. Basel: Karger.

Ross, W. D. (1994). On Human Size, Shape, Proportion and Composition, *Human Biology Budapest*, 25, 425-434.

Sánchez-González, E., Carrascosa-Lezcano, A., Fernández-García, J. M., Ferrández-Longás, A., López de Larae, D. y López-Siguero, J. P. (2011). Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso. *Anales de Pediatría*, 74. (3), 193.e1-193.e16.

Scammon, R. E. (1930). The measurement of body in childhood. In Harris, J. A., Jackson C. M., Paterson, D. G, Scammon, R. E. *The measurement of man* (pp. 173-215). Minneapolis: University of Minnesota.

Schönbeck, Y., Talma, H., van Dommelen, P., Bakker, B., Buitendijk, S. E., HiraSing, R. A, & van Buuren S. (2013). The world's tallest nation has stopped growing taller: the height of Dutch children from 1955 to 2009. *Pediatric Research*, 73(3), 371-377.

Schooling, C. M., Jiang, C. Q., Heys, M., Zhang, W. S., Adab, P., Cheng, K. K., Lam TH., & Leung, G. M. (2008). Are height and leg length universal markers of childhood conditions? The Guangzhou Biobank cohort study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(7), 607-614.

Scurr, J. R., Ahmad, N., Thavarajan, D., & Fisher, R. K. (2010). Traveller's thrombosis: airlines still not giving passengers the WRIGHT advice! *Phlebology*, 25(5), 257-260.

SeatGuru. (5 de mayo de 2016a). *Short-haul economy class comparison chart*.

Recuperado de [http://www.seatguru.com/charts/shorthaul\\_economy.php](http://www.seatguru.com/charts/shorthaul_economy.php)

SeatGuru. (5 de mayo de 2016b). *Long-haul economy class comparison chart*.

Recuperado de [http://www.seatguru.com/charts/longhaul\\_economy.php](http://www.seatguru.com/charts/longhaul_economy.php)

Seidell, J. C. (1992). Regional obesity and health. *International journal of obesity and related metabolic disorders*, 16 (2), S31-34.

Sirvent-Belando, J. E. y Garrido-Chamorro, R. P. (2009). *Valoración Antropométrica de la composición corporal*. San Vicente del Raspeig, España: Publicaciones Universidad de Alicante.

- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Erlandson, M.C. Baxter-Jones, A.D.G. (2007) Is Boys' Physical Activity in Childhood associated with being Overweight in Mid-Adulthood? A Longitudinal Study Spanning 35 Years. *Canadian Studies in Population*, 34(1), 85-99
- Shields, M., Tremblay, M. S., Laviolette, M., Craig, C. L., Janssen, I., Connor Gorber, S. (2010). Fitness of Canadian adults: results from the 2007-2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Report*, 21(1), 21-35.
- Schmidt, I. M., Jørgensen, M. H., & Michaelsen, K. F. (1995). Height of conscripts in Europe: is postneonatal mortality a predictor? *Annals of Human Biology*, 22(1):57-67.
- Scurr, J. R., Ahmad, N., Thavarajan, D., & Fisher, R. K. (2010). Traveller's thrombosis: airlines still not giving passengers the WRIGHT advice! *Phlebology*, 25(5), 257-260.
- Smith, G. D., Greenwood, R., Gunnell, D., Sweetnam, P., & Yarnell J., Elwood, P. (2001). Leg length, insulin resistance, and coronary heart disease risk: the Caerphilly Study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 55(12), 867-72.
- Soncini, A. S, Vargas, D. M., Arena, M. G., & Arena, L. F. (2011) Secular trend of growth in Blumenau, Santa Catarina State. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(1), 1275-1280.
- Soto, V. M. y Gutiérrez, M. (1996). Parámetros inerciales para el modelado biomecánico del cuerpo humano. *Revista Motricidad*, (2): 169-189.
- Staub, K., Rühli, F., Woitek, U., & Pfister C. (2011). The average height of 18- and 19-year-old conscripts (N=458,322) in Switzerland from 1992 to 2009, and the secular height trend since 1878. *Swiss Medical Weekly*, 141, w13238.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa, International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Stratz, C. H. (1926). *La figura humana en el arte*. Barcelona: Salvat.
- Sugerman, H. J., Eklöf, B. G., Toff W. D., Burke A. E., & Livingston, E. H. (2012). JAMA patient page: Air travel-related deep vein thrombosis and pulmonary embolism. *JAMA*, 308(23), 2531.
- Symington, I. S., & Stack, B. H. R. (1977). Pulmonary thromboemism after travel. *British Journal of Diseases of the Chest*, 71, 138-40.

- Tanner, J. M. (1978). *Fetus into man*. Cambridge, UK: Harvard University.
- Tanner, J. M., Hayashi, T., Preece, M. A., & Cameron, N. (1982) Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: comparison with British and with Japanese Americans. *Annals of Human Biology*, 9 (5), 411-423.
- Tchernof A., & Després, JP. (2013). Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiological Reviews*, 93(1), 359-404.
- Tilley, A. R., & Henry Dreyfuss Associates (2002). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. John Wiley and Sons.
- Trujillo-Santos, AJ., Jiménez-Puente A., & Perea-Milla E. (2008). Association between long travel and venous thromboembolic disease: a systematic review and metaanalysis of case-control studies. *Annals of Hematology*, 87, 79-86.
- Valdez, R., Seidell, J. C., Ahn Y. I., & Weiss, K. M. (1993). A new index of abdominal adiposity as an indicator of cardiovascular disease: a cross population study. *International journal of obesity and related metabolic disorders*, 17(2), 77-82.
- Vallois H.V. (1948). Technique anthropometrique. *Sem Hop*, 24(13), 374-83.
- Vallois, H. V. (1965). Anthropometric techniques. *Current Anthropology*, 6(2), 127-143.
- Vink, P., & Brauer K. (2011). *Aircraft Interior Comfort and Design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Vink, P., & Hallbeck S. (2012). Editorial: comfort and discomfort studies demonstrate the need for a new model. *Applied Ergonomics*, 43(2), 271-276.
- Vitrubio, M. P. (1997). *Los X libros de arquitectura de Marco Vitruvio Polión*. Madrid: Alianza.
- Wagner, P. (2011). *Condiciones ergonómicas durante el trayecto en avión en clase turista*. (Tesis de máster). <https://riunet.upv.es/handle/10251/14196?show=full>
- Wells, J. C., Treleaven, P., & Cole, T. J. (2007). BMI compared with 3-dimensional body shape: the UK National Sizing Survey. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85(2), 419-425.
- World Health Organization. (2003). WHO definition of Health. Recuperado de <http://www.who.int/about/definition/en/print.html>

World Health Organization. (2012). *International travel and health*. Recuperado de [http://who.int/ith/ITH\\_EN\\_2012\\_WEB\\_1.2.pdf?ua=1](http://who.int/ith/ITH_EN_2012_WEB_1.2.pdf?ua=1)

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194.

Zatsiorsky, V. M., & Seluyanov, V. (1985). *Estimation of the mass and inertia characteristics of the human body by means of the best predictive regressions equations*. En D. A. Winter, R. W. Norman, R. P. Wells, K.C. Hayes, A. E. Patla (Eds.), *Biomechanics IX-B* (pp. 233-239), Champaign, Illinois: Human Kinetics.

## 6. ANEXOS

### 6.1. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA

Dr. RAMON BALIUS MATAS, ACTUANT COM SECRETARI DEL COMITÈ  
D'ÈTICA D'INVESTIGACIONS CLÍNiques DE L'ADMINISTRACIÓ ESPORTIVA  
DE CATALUNYA

#### CERTIFICA

Que en la reunió realitzada el dia 20 de Juliol de 2015, aquest  
Comitè d'Ètica acordà avaluar favorablement el projecte  
presentat pel Dr. Jordi Porta, amb número de referència  
12/2015/CEICEGC, titulat "LA PROPORCIONALITAT CORPORAL DE  
L'HOME DEL SEGLE XXI".

Faig constar aquesta avaluació favorable als efectes oportuns.

  
Dr. Ramon Balius i Matas  
Metge especialista en Medicina de l'Esport  
Col·legiat 23.684 (Barcelona)  
Centre de Medicina de l'Esport  
Consell Català de l'Esport

Dr. Ramon Balius Matas  
Esplugues de Llobregat, 20 de juliol de 2015

## 6.2. CONSENTIMIENTO INFORMADO



### Consentimiento informado para el proyecto de investigación de la tesis doctoral:

#### LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL HOMBRE DEL SIGLO XXI: MODELOS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZADOS EN BIOMECÁNICA DEPORTIVA Y EN LA ERGONOMÍA DE LOS ASIENTOS DE LOS AVIONES

**Doctorando: Gonzalo Saco; Director: Jordi Porta<sup>1</sup>; Tutor: Gerard Moras<sup>2</sup>; Colaborador: Dr. Carlos Agrasar<sup>3</sup>**  
(1) Ph.D. y Catedrático Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEFC, Bcn). (2) Ph.D. Ciencias de la Actividad Física y Deporte (INEFC, Bcn). (3) Ph.D. Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (Facultade de Ciencias do Deporte e a Educación Física, Universidade da Coruña).

#### Datos personales:

Apellidos: ..... Nombre: ..... Género: ..... (Masc./Fem.)

Etnia: ..... Nacionalidad: ..... DNI/NIF: .....

Fecha de nacimiento: ...../...../..... E-mail ..... Teléf. ....

#### EXPONE:

Que habiendo sido informado de los contenidos y objetivos del estudio en cuestión, *doy mi consentimiento para que me realicen un estudio cineantropométrico no invasivo, según los protocolos de la ISAK.*

El participante en el estudio podrá elegir entre dos tipos de protocolo: **A/**. Perfil restringido (**PR**), compuesto por 13 medidas que pueden realizarse con la persona vestida en un tiempo de 8 min. **B/**. Perfil completo (**PC**), con 40 medidas que, requieren un tiempo de 30 min con la persona en traje de baño (slip/pantalón corto para los hombres) y bikini o top con pantalón corto para las mujeres.

Los datos obtenidos serán tratados con la máxima confidencialidad y rigor científico, respetando la *Declaración de Helsinki* (original de 1964 y enmendada en 2013), sobre los criterios éticos que rigen los estudios de experimentación humana, y *acatando la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de protección de datos de Carácter Personal (LOPD)*.

Le informamos que sus datos personales se incorporarán a un fichero cuyo responsable es el Prof. Jordi PORTA (INEFC, Bcn); pero Ud. podrá ejercer, en cualquier momento, sus derechos de acceso, rectificación o destrucción física/digital de sus datos.

De conformidad con la *Ley 34/2002, de 11 de Julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y del Comercio Electrónico*, le informamos que la comunicación de su dirección electrónica y la aceptación de alta, supone el consentimiento expreso a que, desde el INEFC-Bcn., podamos utilizarlo con el fin de enviarle vía e-mail, comunicaciones relativas a este proyecto. Si desea darse de alta en este servicio marque la opción indicada en la parte inferior.

*Si/No.*

En: ...../...../ 201

Código .....

Firma:

## 6.3. IMÁGENES DEL PROTOCOLO PITCH SALUD



**INEFC**

Institut Nacional  
d'Educació Física  
de Catalunya  
Barcelona



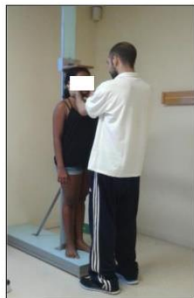
LOGO INSTITUCION  
COLABORADORA

### PROTOCOLO CINEANTROPOMÉTRICO "PITCH-SALUD"

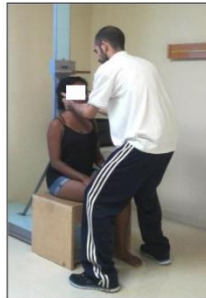
1. Masa corporal



2. Estatura



3. Talla sentada



4. Envergadura



5. Altura umbilical



6. Altura poplítea



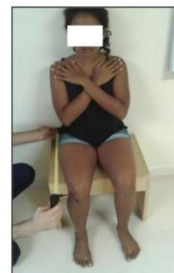
7. Longitud pierna



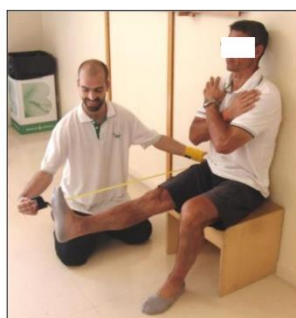
8. Longitud nalga-poplíteo



9. Longitud nalga-rodilla/rot.



10. Longitud nalga-pie (metatarso)



11. Diámetro sag. abdominal



12. Diámetro bideltóideo



13. Diámetro glúteo máx.



**Observaciones:** todas estas medidas se pueden tomar con la persona vestida e incluso calzada. En éste caso, el evaluador deberá restar la altura del tacón y suela del zapato en las medidas nº 2, 5, 6 y 10. Si la persona va vestida, para realizar las medidas nº 5 y 11, el evaluador pedirá a la persona que le indique donde está su ombligo. Al peso de la persona, se le deberá restar el peso del calzado y ropa.



## 6.4. PROFORMAS ANTROPOMÉTRICAS

### 6.4.1. Proforma de las 13 medidas



**INEFC**

Institut Nacional  
d'Educació Física  
de Catalunya  
Barcelona

Generalitat  
de Catalunya



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

#### LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL DEL HOMBRE DEL SIGLO XXI: ANÁLISIS DE LOS MODELOS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZADOS EN BIOMECÁNICA DEPORTIVA Y EN LA ERGONOMÍA DE LOS ASIENTOS DE LOS AVIONES

Apellidos: ..... Nombre: .....

Fecha de nacimiento: ...../...../..... País: ..... Etnia: .....

Género: (Fem./Masc.) Deporte: ..... Especialidad/Puesto: .....

Nivel: (Reg./Ncal./Int.) Mail: ..... Teléf.: .....

Fecha de evaluación: ...../...../..... Observaciones: .....

		Variables	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Media/Mdna.
Medidas Fundamentales	1	Masa corporal (kg)				
	2	Estatura (cm)				
	3	Talla sentada (cm)				
	4	Envergadura (cm)				
Longitudes/Alturas	5	Altura umbilical (cm)				
	6	Altura poplítea (cm)				
	7	L. pierna (cm)				
	8	L. nalga-poplíteo (cm)				
	9	L. nalga-rodilla (cm)				
	10	L. nalga-pie (cm)				
Diámetros	11	D. sagital abdominal				
	12	D. bideltoideo				
	13	D. glúteo máximo				

Notas: Kg = Kilos; Cm = Centímetros; D = Diámetro; L = Longitud; Reg = Regional; Ncta = Nacional; Int = Internacional; Teléf = Teléfono; Fem = Femenino; Masc = Masculino.

## 6.4.2. Proforma Full profile



**INEFC**

Institut Nacional  
d'Educació Física  
de Catalunya  
Barcelona



Generalitat  
de Catalunya



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Apellidos: ..... Nombre: ..... Fecha ncto.: ...../...../.....

Género: ..... (Fem./Masc.) Etnia: ..... Deporte: ..... Especialidad: .....

Nivel: ..... (Reg., Ncal., Int.) Mail: ..... Teléfono: .....

Antropometrista: ..... Fecha evaluación: ...../...../.....

Observaciones: .....

	Variables	1ª medida			2ª medida			3ª medida			Media/Mdna.		
<b>Med. ftles.</b>	1 Masa corporal®			.			.			.			.
	2 Estatura®			.			.			.			.
	3 Talla sentado/a			.			.			.			.
	4 Envergadura			.			.			.			.
<b>Pliegues grasos (mm)</b>	5 Tríceps®			.			.			.			.
	6 Subescapular®			.			.			.			.
	7 Bíceps®			.			.			.			.
	8 Supracrestal®			.			.			.			.
	9 Supraespinal®			.			.			.			.
	10 Abdominal®			.			.			.			.
	11 Muslo ant.® rod. Ext.:1,2,3			.			.			.			.
	12 Pierna medial®			.			.			.			.
	13 Axilar/pectoral			.			.			.			.
<b>Longitudes/ Alturas (cm)</b>	14 Longitud brazo			.			.			.			.
	15 Longitud antebrazo			.			.			.			.
	16 Longitud mano			.			.			.			.
	17 Longitud muslo			.			.			.			.
	18 Longitud pierna			.			.			.			.
	19 Longitud pie			.			.			.			.
	20 Altura umbilical			.			.			.			.
	21 Altura ilioespinal			.			.			.			.
	22 Altura trocantérea			.			.			.			.
	23 Altura tibial			.			.			.			.
<b>Perímetros (cm)</b>	24 Cabeza			.			.			.			.
	25 Cuello			.			.			.			.
	26 Deltoideo			.			.			.			.
	27 Tórax (mesoesternal)			.			.			.			.
	28 Cintura (mínima)®			.			.			.			.
	29 Cadera (gluteos máx.)®			.			.			.			.
	30 Brazo relajado®			.			.			.			.
	31 Brazo flex. y contraído®			.			.			.			.
	32 Antebrazo			.			.			.			.
	33 Muñeca			.			.			.			.
	34 Muslo superior			.			.			.			.
	35 Muslo medio			.			.			.			.
	36 Muslo inferior (mínimo)			.			.			.			.
	37 Pierna (máxima)®			.			.			.			.
	38 Tobillo			.			.			.			.
<b>Diámetros (cm)</b>	39 Biacromial			.			.			.			.
	40 Billocrestal			.			.			.			.
	41 Transversal tórax			.			.			.			.
	42 Antero-posterior tórax			.			.			.			.
	43 Biepicondíleo humeral®			.			.			.			.
	44 Biestiloideo (muñeca)			.			.			.			.
	45 Bicondíleo femoral®			.			.			.			.
	46 Bimaleolar (tobillo)			.			.			.			.

Notas: Med = Medidas; Ftles = Fundamentales; Reg = Regional; Ncal = Nacional; Int = Internacional; Fem = Femenino; Masc = Masculino; Ncto = Nacimiento.

## 6.5. MODELO PHANTOM

### Valores del modelo Phantom

Variabes	Promedio	Desv. Estándar	Perímetros (cm)	p	s
<b>Alturas y longitudes (cm)</b>	<b>p</b>	<b>s</b>	Cefálico	56,00	1,44
Estatura/talla	170,18	6,29	Cuello	34,91	1,73
Talla sentada	89,92	4,50	Torácico mesoesternal	87,86	5,18
Altura acromial	139,37	5,45	Abdominal mínimo	71,91	4,45
Altura ilioespinal	94,11	4,71	Abdominal umbilical	79,06	6,95
Altura trocánterea	86,40	4,32	Cadera glúteos máxima	94,67	5,58
Altura tibial	44,82	2,56	Brazo relajado	26,89	2,33
Envergadura	172,35	7,41	Brazo contraído	29,41	2,37
L. Extrem. Sup. (Acrom.-Dactil.)	75,95	3,64	Antebrazo	25,13	1,41
L. Brazo (Acromial-Radial)	32,53	1,77	Muñeca (biestiloidea distal)	16,35	0,72
L. Antebrazo (Radial-Estiloidea)	24,57	1,37	Muslo a 1 cm pliegue glúteo	55,82	4,23
L. Mano (Estiloidea-Dactileon)	18,85	0,85	Pierna máxima	35,25	2,30
L. Muslo (Trocánter-Tibiale lat.)	41,37	2,48	Tobillo mínimo	21,71	1,33
L. Pierna (Tibiale med.-Sphry.)	37,72	2,15	<b>Pliegues (mm)</b>	<b>p</b>	<b>s</b>
L. Pie (Acropodion-Pternion)	25,50	1,16	Tríceps	15,40	4,47
<b>Dímetros (cm)</b>	<b>p</b>	<b>s</b>	Bíceps	8,00	2,00
Biacromial	38,04	1,92	Subescapular	17,20	5,07
Transversal del tórax	27,92	1,74	Pectoral	11,80	3,27
Antero-posterior del tórax	17,50	1,38	Ileocrestal (Supracrestal)	22,40	6,80
Biliocrestal	28,84	1,75	Supraespinal	15,40	4,47
Biepicondíleo humeral	6,48	0,35	Abdominal	25,40	7,78
Bioestiloidea del cúbito-radio	5,21	0,28	Muslo anterior	27,00	8,33
Anchura de la mano	8,28	0,50	Pierna medial	16,00	4,67
Bicondíleo del fémur	9,52	0,48	<b>Masas (% + kg)</b>	<b>p</b>	<b>s</b>
Bimaleolar del tobillo	6,68	0,36	Masa muscular (39,56%)	25,55	2,99
Anchura del pie	10,34	0,65	Masa grasa (18,71%)	12,13	3,25
<b>Masa (kg)</b>	<b>p</b>	<b>s</b>	Masa ósea (16,10%)	10,49	1,57
Masa corporal	64,58	8,60	Masa residual (25,40%)	16,41	1,90

Abreviaturas: L = Longitud; Sup = Superior; Extrem = Extremidad; Lat = Lateral; Med = Medial; Acrom = Acromial; Dact = Dactileon; Estil = Estiloidea; Desv = Desviación.

## 6.6. CARTELES DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO PITCH SALUD

### 6.6.1. Cartel de divulgación nacional



**INEFC**

Institut Nacional  
d'Educació Física  
de Catalunya  
Barcelona



Generalitat  
de Catalunya



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## PROYECTO “PITCH-SALUD”

# ÉL NO CABE... ¿Y TÚ?

Aunque no seas muy alto, te será muy difícil acomodarte, sin que tu salud se resienta, en el espacio existente entre los asientos de los transportes públicos; especialmente, en el “**SEAT PITCH**” (1) de los aviones...

El “**PITCH**” es la palabra/concepto que las aerolíneas utilizan para delimitar la distancia entre los asientos:

**85 cm de media en clase turista** (¡73,6 cm en algunos aviones!), y **91-101 cm en 1ª**; y su anchura entre los apoyabrazos (2): **43, 2 cm en clase turista\***.



(\*) Tesina de Pablo Wagner: “Condiciones ergonómicas durante el trayecto en avión en clase turista”. Máster en Riesgos Laborales. Valencia 2011.

El problema es aún más grave si pensamos que, en contra de toda lógica, las aerolíneas están pensando en... **¡reducir los “PITCH”!**. **Debemos pues, frenar este potencial atentado contra la salud pública** y demostrar que, las medidas del cuerpo humano actual no son las que ellos utilizan para justificar sus objetivos comerciales (Normativa internacional: **UNE-EN 614-1, 2006**).

## **¡AYÚDATE Y AYÚDANOS, PARA CONSEGUIR UN “PITCH” DIGNO Y SALUDABLE!**

¿COMO? Muy fácil: en 10 min, te mediremos 13 parámetros antropométricos que, con los de miles de personas de todo el mundo, demostrarán la necesidad de rediseñar los “**PITCHS**” y/o los mismos asientos para poder viajar como “**personas**”...

También te pedimos tu colaboración, para que este mensaje llegue al máximo número de personas posible.

+ **Información:** Prof. Dr. Jordi PORTA: Antropometrista Criterio de la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)*, INEFC-Bcn, T: 609368789; Dr. Carlos M. AGRASAR: INEF, Galicia A Coruña, T: 660426133; Dra. M<sup>a</sup> Dolores CABAÑAS: *Facultad Medicina Universidad Complutense Madrid (UCM)*, T: 913941344; Sr. Gonzalo SACO: Doctorando, T: 617666364.

## 6.6.2. Cartel de divulgación internacional



# The “HEALTHY PITCH” Project HE DOESN'T FIT... DO YOU?

“**Seat pitch**” is the word/concept that airlines use to describe the distance from any point on a seat to the same point on the seat in front of or behind it (1). Together with the distance between the armrests (“**Seat width**” [2]) and “**Leg room**” (3), it determines the degree of travelers’ comfort, safety and health (Fig. 1).

**Usually, the “Seat pitch” of long haul flights in economy class averages 73.6-81.2 cm (73.6 cm in some airplanes!), and the “Seat width” 43.1-45.9 cm.**

Quigley et al. (2001), Vink & Brauer (2011), Wagner (2011), Kremser et al. (2012) and the doctoral thesis: “*Proportionality of the 21st century citizen: Anthropometric models used in sports biomechanics and air passenger transport*” (2016)\*, demonstrate that, with the current size of Spanish young adults ( $178.1 \pm 3.8$  cm &  $72.4 \pm 5.8$  kg), **it is very difficult to fit into these seats and to adopt a safe “brace position” for evacuation without their health being compromised.**



**Fig. 1.** The ergonomic parameters of airplanes’ economy class must be readapted to the anthropometric reality of the 21<sup>st</sup> century citizen.

(\*) PhD thesis, directed by Prof. Jordi Porta, to be presented July 2016 at INEFC, Barcelona by Gonzalo Saco.

The issue becomes more serious when we realize that, against all sensibility, airlines are considering **further reducing the PITCH!!! Therefore, we, as members of ISAK on the five continents, are the best-positioned to stop this threat against public health**, “forcing” airlines to readapt their seats’ ergonomics to contemporary human body measurements (International Regulations: **UNE-EN 614-1, 2006; CAA-AN64**).

**JOIN US TO MAKE THIS A GLOBAL PROJECT &  
AN ISAK TRADEMARK!**



**More information:** Prof. Jordi PORTA (coordinator): ISAK Criterion Level 4 Anthropometrist; *Escola Catalana de Cineantropometria (ECC)*, INEFC, Barcelona. [jordiporta01@ono.com](mailto:jordiporta01@ono.com) & [ecc@gencat.cat](mailto:ecc@gencat.cat)  
Dr. Maria Dolores CABAÑAS: ISAK Level 3; *Facultad Medicina Universidad Complutense Madrid (UCM)*.  
Dr. Carlos AGRASAR: *Facultad Ciencias del Deporte A Coruña (UDC)*. Mr. Gonzalo SACO: PhD student; *INEFC, Barcelona*.....