

Trabajo Final de Grado

Podología

Influencia de los trastornos oculomotores en el equilibrio

Influence of oculomotor disorders on balance



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Autor: Daniel Argudo Alvarez

Tutora: Eider Pérez de Caballero Valenzuela

Curso: 4º de Podología. 2021-2022

Código de la asignatura: 360416

Resumen

Esta revisión sistemática tiene como objetivo determinar las relaciones e implicaciones que la propiocepción de los músculos oculomotores o su trastorno, tienen en el sistema postural y en la estabilidad corporal humana. A partir de una búsqueda en diferentes bases de datos médicas, se obtienen y analizan los resultados de varios estudios con objetivos similares al presente trabajo. Varios de éstos incluyen pacientes con alteraciones de la oculomotricidad secundarias a una lesión del sistema nervioso central post-traumática. Pese a que la metodología y estrategia del registro de datos de los diferentes estudios es variada, la totalidad de los autores recogidos en esta revisión coinciden en sus resultados determinando una implicación directa de la oculomotricidad en la estabilidad corporal. Por otro lado, es observable (mediante el registro posturográfico) en pacientes con trastornos de la oculomotricidad, un aumento de sus oscilaciones corporales, así como un cambio en el patrón de éstas, viéndose comprometida la eficiencia de su equilibrio ortostático. Entre una amplia sintomatología clínica, aparecen compensaciones adaptativas en el conjunto corporal que implican de forma evidente y con especial relación, al pie. Es fundamental la detección de estos pacientes mediante una completa anamnesis y exploración clínica dirigida a revelar disfunciones en los diferentes captadores del sistema postural fino, para su derivación. Así como la labor del podólogo en la confección de plantillas posturales que estimulen de forma selectiva la mecanorrecepción plantar, produciendo una reequilibración del sistema tónico postural.

Palabras Clave: músculos oculomotores; equilibrio postural; propiocepción; pie; sistema postural.

Abstract

This systematic review aims to determine the relationships and implications that oculomotor muscle proprioception or its disorder has on the postural system and human postural balance. Based on a search in different medical databases, the results of several studies carried out with similar objectives in the present work are obtained and analyzed. Some of these include patients with oculomotor impairment secondary to post-traumatic central nervous system injury. Although the methodology and data recording strategy of the different studies varies, all the authors included in this review agree in their results, determining a direct involvement of oculomotor skills in body stability. On the other side, it is observable (by means of posturographic recording) in patients with oculomotor disorders, an increase in their body oscillations, as well as a change in the pattern of these, compromising the efficiency of their orthostatic balance. Among a wide range of clinical symptomatology, adaptive compensations appear in the body, evidently involving the foot. It is essential to detect these patients by means of a complete anamnesis and clinical examination, aimed at revealing dysfunctions in the different receptors of the fine postural system, for referral. As well as the work of the podiatrist in the preparation of postural insoles that selectively stimulate plantar mechanoreception, producing a rebalancing of the postural tonic system.

Keywords: oculomotor muscles; postural balance; proprioception; foot; postural system.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Neurofisiología del sistema postural fino	1
1.2. Trastornos de la oculomotricidad	2
2. Objetivos.....	3
3. Material y métodos	3
3.1. Búsqueda sistemática	4
3.2. Selección de artículos	4
4. Resultados	5
5. Discusión	9
5.1. Neurofisiología de la oculomotricidad y su relación postural	9
5.2. El ojo y el pie como cooperadores de la verticalidad subjetiva	10
5.3. Alteraciones de la oculomotricidad	11
6. Conclusiones.....	13
7. Bibliografía	14
8. Anexos	16

1. Introducción

La verticalidad exclusiva de la especie humana, es el resultado evolutivo de una compleja suma de múltiples órganos y sistemas integrados para producir y preservar un equilibrio ortostático, es decir, la estabilidad postural ^[1]. La Posturología Clínica es la disciplina médica que estudia la postura y los mecanismos fisiológicos implicados en su control: el denominado sistema postural fino (SPF) ^[2]. La alteración patológica del SPF fue descrita por Martins da Cunha en 1987 como el síndrome de deficiencia postural (SDP) ^[3]. Dada la complejidad de la clínica y la pluralidad de las estructuras y sistemas potencialmente alterados, el único enfoque efectivo para el tratamiento del paciente postural, es mediante una perspectiva completa de éste, aplicando en la mayoría de los casos, un criterio de tratamiento multidisciplinar.

El pie es una estructura esencial en el sistema postural, no tan solo por su complejidad biomecánica y su gran adaptabilidad funcional, sino por sus amplias propiedades sensitivas. Se comporta como un importante exteroceptor, gracias a la alta densidad de mecanorreceptores presentes en la planta ^[4], al mismo tiempo que enteroceptor, por medio de terminaciones nerviosas somáticas presentes en todas las estructuras musculoesqueléticas. Por tanto, es fundamental el rol de la podología en el conocimiento y posterior tratamiento de las disfunciones posturales ^[1, 2].

1.1. Neurofisiología del sistema postural fino

El SPF recibe estímulos, tanto del entorno exterior al organismo como del interior ^[3] mediante los llamados captosres sensitivos posturales. Están presentes en todo el organismo, cómo por ejemplo, los encargados de proporcionarnos el sentido del tacto por toda la piel. Aun así, destacan algunos órganos y estructuras anatómicas por su alta densidad de células especializadas en esta función sensitiva, y por tanto su relevancia en el SPF, estos serían: el pie o captor podal mencionado anteriormente; el sistema estomatognático; el sistema vestibular junto con otros graviceptores y el sistema visual, incluyendo en este último no solo el sentido de la visión, sino la información propioceptiva y regulación de la oculomotricidad (OM). Este último término hace referencia a la funcionalidad de los músculos extraoculares, encargados de aportar la capacidad al ojo de rotar dentro de la cavidad orbital, con el objetivo de optimizar el sentido visual^[5].

El aparato oculomotor es un conjunto anatómico complejo (ver Anexo 1)^[6] de seis vientres musculares insertados en la esclerótica del globo ocular, inervados por varias ramas nerviosas procedentes del mesencéfalo cerebral que le aportan un preciso control motor. La primera rama del nervio trigémino (V₁) recoge la información sensitiva de la órbita ocular y por tanto de la propiocepción de los músculos extraoculares ^[6].

Las informaciones producidas por los captadores viajan por las fibras aferentes del sistema nervioso periférico hasta el sistema nervioso central, el tálamo dirigirá esta información por diferentes regiones del encéfalo para su integración y procesamiento. Seguidamente, diferentes núcleos neuronales del tronco encefálico pertenecientes al sistema extrapiramidal, coordinados con el cerebelo e influenciados por el sistema cognitivo y límbico, ejercerán una respuesta a los estímulos iniciales mediante eferencias neuronales motoras, que producirán cambios involuntarios en el sistema musculoesquelético, como por ejemplo, la regulación del tono muscular para mantener el control de la postura ^[2].

1.2 Trastornos de la oculomotricidad

Se requiere una buena sincronización binocular de la OM para la correcta fusión retiniana necesaria para la formación de una imagen precisa del entorno en el que nos situamos, así como un óptimo control tónico de las estructuras influenciadas por los estímulos propioceptivos de los músculos extraoculares.

Alteraciones del sistema ocular como la ambliopía, diplopía, o hipoconvergencia ocular, entre otras, surgen de la descoordinación y/o disfunción de la OM con pérdida de la ortotropía binocular, estas desviaciones pueden ser persistentes (heterotropías/estrabismo) o latentes (heteroforias)^[7]. Por ejemplo, una desviación axial de un ojo hacia el borde nasal (endotropía), conlleva una rotación cervical acomodativa en sentido contrario (proporcional a los grados de desviación) con el fin de evitar la visión doble.

La heteroforia es la manifestación súbita de la desalineación axial fisiológica ocular ^[8] (23°)^[6] a determinadas maniobras o test clínicos, es considerada patológica su aparición temprana (>5 cm) en pacientes con insuficiencia de convergencia ocular^[9], estos pacientes no poseen o han perdido parte de la capacidad de vergencia ocular, la disfunción oculomotora guarda relaciones directas e indirectas con déficits posturales,

cefaleas, cervicalgias, irritación ocular, déficit de atención o dislexia entre otras patologías^[8]. Dada la complejidad de la sintomatología y sus posibles consecuencias en todo el organismo, es importante la detección del paciente con déficit oculomotor, también por parte del podólogo para su derivación y tratamiento, mediante pautas diarias de ejercicios oculomotores rehabilitadores o el uso de lentes prismáticas de baja potencia.

Este trabajo mostrará desde una visión analítica y objetiva estas relaciones presentes en nuestro organismo que presentan los sistemas nombrados anteriormente. Lo haremos sin detenernos ante conceptos disociadores que, sin pretenderlo, conllevan las teorías más biomecanicistas de las ciencias de la salud humana. Para ello, observaremos nuestro organismo como una estructura dinámica compleja, que por su naturaleza, no se rige por causalidades ni está gobernada por relaciones lineales ^[10].

2. Objetivos

- Analizar si alteraciones o trastornos en la oculomotricidad pueden provocar variaciones en la estabilidad y postura del cuerpo.
- Describir las relaciones directas o indirectas que presentan en el cuerpo humano, aparato oculomotor y pie.

3. Material y métodos

Para solventar con seguridad los objetivos del trabajo se ha realizado una búsqueda sistemática en la bibliografía científica existente. Se ha utilizado y referenciado información acerca de la oculomotricidad y su implicación en el control postural, procedente de diferentes fuentes de información: como el CRAI del campus de ciencias de la salud de la Universidad de Barcelona, documentación facilitada por la tutora de este trabajo, así como una revisión sistemática de los artículos publicados en las bases de datos científicas PubMed (Medline) y Scopus (Elssevier).

3.1. Búsqueda sistemática

Las palabras clave utilizadas en los motores de búsqueda de las bases de datos fueron las siguientes: “*Oculomotor muscles*”, *posture**, “*postural balance*”, *proprioception* y *reflex**. Se aplicaron los filtros *Species: Humans* y *Text Availability: Full Text* con el objetivo de concretar los resultados a aquellos útiles para su integración en el trabajo.

La fórmula de búsqueda resultante en PubMed, fue la siguiente:

```
((("posture*" [MeSH Terms] OR "Postural Balance" [MeSH Terms]) AND "Oculomotor Muscles" [MeSH Terms] AND ("Proprioception" [MeSH Terms] OR "reflex*" [MeSH Terms])) AND ((fft[Filter]) AND (humans[Filter]))
```

La base de datos PubMed relacionó un total de 41 artículos tras esta búsqueda.

Los mismos términos fueron utilizados en el motor de búsqueda de la base de datos Scopus. Se aplicó únicamente el filtro *Keyword: Human*. La fórmula resultante fue:

```
((posture* OR "Postural Balance") AND "Oculomotor Muscles" AND (proprioception OR reflex*)) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Human"))
```

Resultando en esta segunda búsqueda un total de 47 artículos, siendo 10 de estos eliminados por duplicación con los obtenidos en PubMed.

3.2. Selección de artículos

No se han restringido los artículos resultantes según su fecha o idioma de publicación. Se realizó un primer cribado de los resultados seleccionando aquellos que, por la lectura del título y su resumen, pudieran resultar útiles para el presente trabajo (n=31). Se incluyeron todos aquellos artículos con información relevante sobre la influencia de la oculomotricidad en el sistema postural y la estabilidad del cuerpo humano, así como aquellos que estudian las informaciones propioceptivas del sistema ocular.

Los criterios de exclusión de artículos fueron los siguientes:

- Aquellos artículos que centran su estudio en patologías como el estrabismo, afectaciones de la retina o déficits en la refracción ocular (n=7).
- Artículos sin disponibilidad de lectura completa (n=6).
- Artículos que centran su estudio en otros sistemas del SPF (n=5).
- Artículos centrados en la oculomotricidad pero sin relación a la estabilidad del cuerpo y la postura (n=7).

Posteriormente se obtuvieron 3 artículos adicionales útiles para esta revisión que no fueron referenciados por las búsquedas en las bases de datos. Estos artículos fueron hallados a partir de las búsquedas relacionadas (artículos similares recomendados por las bases de datos)^[11, 12] o referenciado en otros artículos incluidos ^[13].

Por tanto, finalmente se seleccionaron un total de 9 artículos para su análisis completo e integración de sus resultados en esta revisión. Este proceso de selección PRISMA ha sido esquematizado en la Figura 1.

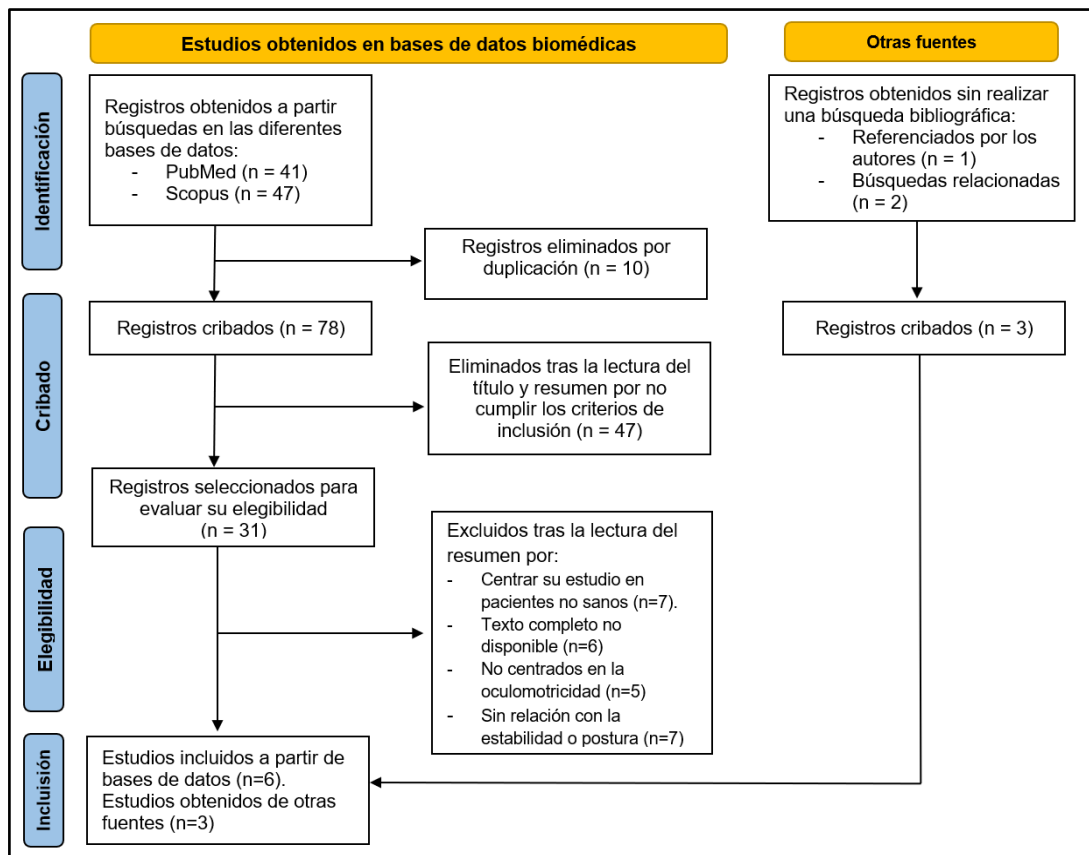


Figura 1. Diagrama de flujo según la normativa PRISMA.

4. Resultados

Todos los autores incluidos en esta revisión aportan información relevante para la solventación de los objetivos. Pese a eso, debido a la heterogeneidad de método y tipo de estudio, es irrealizable la comparación e integración directa de sus resultados. Por tanto, se han empleado únicamente las deducciones, resultados más destacables y conclusiones de los diferentes autores para esta revisión.

La mayoría de autores^[12 - 17] realizan su estudio en pacientes sanos, sin ninguna patología que pudiera sesgar o enmascarar los resultados obtenidos. Excepto tres de ellos^[11, 18, 19] que basan su estudio en pacientes que han padecido con anterioridad una conmoción cerebral o traumatismo craneal leve (estables, sin signos radiográficos).

La totalidad de los autores determinan una relación directa de la oculomotricidad con la estabilidad corporal y/o la postura. Aun así, sus especificidades y diferencias en cuanto a método de análisis y grado de implicación de la OM en el cuerpo, sí son discutibles. Ocho artículos estudian la influencia de la OM con los pacientes en bipedestación estática, a diferencia de un último^[17] que registra las variaciones del tono muscular presentes en las extremidades inferiores durante determinadas posiciones oculares y/o cervicales. Es diversa la metodología de registro de datos y resultados, siendo la más coincidente, la plataforma de estabilometría^[11, 14, 19].

Todos estos resultados han sido especificados y recopilados en la Tabla 1 a modo de síntesis para su precisa comparación.

Tabla 1. Resumen de los resultados.

Autor / Año ↓	Muestra	Registro	Resultados
Gagey PM et al. ^[17] 1973	n = 516	Plataforma de estabilometría	El tono postural de los extensores de las piernas varía bajo la influencia de los movimientos oculares, pero no varía bajo la influencia de los movimientos de la cabeza en el hombre normal en sedestación.
Baron J ^[11] 1973	n = 1 sujeto sano n = 1 PCC*		<ul style="list-style-type: none"> - En el sujeto normal: Los desplazamientos del centro de gravedad del cuerpo tienen una amplitud y una frecuencia más marcada antero-posterior que lateralmente en una relación 1/2. [...] Cerrar los ojos generalmente aumenta la amplitud y la frecuencia de los movimientos. - En el sujeto con trauma craneoencefálico: La amplitud y la frecuencia de los desplazamientos espontáneos del centro de gravedad del cuerpo se incrementan con mayor frecuencia en comparación con el sujeto normal, así como los desplazamientos causados por estimulaciones laberínticas galvánicas. La normalización de la tensión de los músculos motores oculares (prismas posturales) levantó inmediatamente la distonía nuczal y restableció los trastornos del equilibrio estático y dinámico.
Baron J et al. ^[19] 1979	n = 150 PCC*	Plataforma de estabilometría	<ul style="list-style-type: none"> - El 75% muestra una duplicación espontánea de la amplitud de las oscilaciones del cuerpo. - El 10% muestra un aumento provocado de la amplitud de las oscilaciones del cuerpo cuando la cabeza y el cuello se giran hacia un lado, el examen reográfico se ve perturbado después de la misma maniobra de la misma manera. Simultáneamente todos los demás exámenes son normales. - El 15% de la población muestra perturbaciones de movimiento anárquicas y gigantescas.
Gagey PM ^[12] 1984	n = 20	Plataforma de fuerzas	<ul style="list-style-type: none"> - Si persigue con los ojos un objetivo que se mueve hacia adelante y hacia atrás de derecha a izquierda, vemos que los movimientos de su centro de gravedad de derecha a izquierda son impulsados, en oposición de fase. Esta relación es más evidente, en cuanto que la frecuencia de estimulación se aproxima a 0,3 Hz. - Cuando se le pide a un sujeto que realice una serie de pruebas de pisoteo de Fukuda variando de una prueba a otra solo el ángulo de la versión V, se encuentra que cuanto más aumenta el ángulo de la versión V, mayor es la desviación de la marcha pisoteada.

* PCC: Post Conmoción Cerebral

** OM: Oculomotores.

*** ANOVA: Análisis de Varianza

Autor / Año ↓	Muestra	Registro	Resultados
Roll J et al. ^[14] 1987	n = 1	Plataforma de estabilometría	Observamos que las oscilaciones son estrictamente direccionales y que están ligadas a la naturaleza del par de músculos estimulados: - La estimulación de los dos músculos rectos superiores, conduce a un movimiento del cuerpo hacia adelante, y los rectos inferiores al movimiento hacia atrás. - La vibración del músculo recto externo del ojo derecho simultáneamente con el músculo recto interno del ojo izquierdo induce un desplazamiento hacia la izquierda y viceversa.
Morimoto H et al. ^[15] 2011	n = 28 ejercicios OM** n = 13 grupo control	Balance Master (NeuroCom)	En el grupo experimental, el análisis del entrenamiento de ejercicios de estabilidad posterior a la mirada reveló diferencias significativas en la estabilidad postural durante la bipedestación con rotación activa del cuello (p=0,001). En el grupo control no se encontraron diferencias significativas en la estabilidad postural. (p = 0,557)
Murray N et al. ^[18] 2014	n = 9 pacientes PCC n = 9 grupo control	Wii Balance Board	Los individuos PCC tenían un número significativamente mayor de desviaciones de la mirada desde el centro en comparación con los individuos sanos (p<0,001). No se observaron diferencias significativas entre los grupos para el porcentaje de tiempo en el centro (p=0,516). Los resultados del estudio actual indican que los atletas de PCC tienen movimientos oculares significativamente mayores cuando realizan la evaluación de equilibrio impulsada visualmente en comparación con los atletas sanos.
Tosi Rodrigues S et al. ^[13] 2015	n = 10	APAS 3D (Ariel Dynamics)	El ANOVA*** indicó diferencias significativas solo para la amplitud media del balanceo del tronco y la cabeza en la dirección A-P (tronco: p=0,05 cabeza: p=0,02), desplazamiento total (tronco: p=0,01 cabeza: p=0,02), y frecuencia media en sentido A-P (troncal: p=0,04 cabeza: p=0,05). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna otra variable analizada.
Minoonejad H et al. ^[16] 2019	n= 15 ejercicios OM n = 15 grupo control	Biodex Balance System SD	Los resultados ANOVA mostraron que hubo una diferencia significativa entre los cambios intragrupo del índice y límite de estabilidad general en el grupo de los ejercicios oculomotores (P≥0.05), pero no hubo diferencia significativa en el grupo control entre el pretest y el postest (P<0,05)

* PCC: Post Conmoción Cerebral

** OM: Oculomotores.

*** ANOVA: Análisis de Varianza

5. Discusión

Los aspectos visuales y su salud han sido siempre y son, por razones obvias, la dedicación principal en oftalmología, no tanto así otro aspecto de cierta relevancia clínica del sistema ocular: la oculomotricidad y su papel en el sistema nervioso. Tal como indica el oftalmólogo francés Baron JB. en su artículo incluido en esta revisión^[11], Sherrington premio Nobel y considerado padre de la neurofisiología moderna, utilizó los músculos extraoculares para ejemplificar y describir la inervación cruzada. Posteriormente sería, Baron JB. quien describiría en su tesis una relación directa entre la propiocepción de estos músculos extraoculares con el control de la postura, lo haría experimentando en animales (peces y posteriormente roedores) con mínimas tenotomías en los músculos extraoculares, observando después contracturas tónicas reflejas de la musculatura paravertebral ^[11]. ¿Pero existe esta relación anatómica y fisiológica en el cuerpo humano?

5.1. Neurofisiología de la oculomotricidad y su relación postural

Los músculos oculomotores humanos presentan en su inserción proximal husos neuromusculares (un promedio de 50 en el recto inferior ocular humano) y órganos tendinosos de Golgi ^[20], estas terminaciones nerviosas sensitivas producen estímulos durante la contracción activa o pasiva del vientre muscular, que mediante las fibras nerviosas aferentes, serán procesados por el sistema nervioso central (SNC). Los músculos extraoculares no poseen un sentido de "posición" a nivel consciente^[20]. Roll JP, et al.^[14] defienden en su estudio que la estimulación vibratoria de baja amplitud (70Hz) en diferentes regiones paraorbitales, evoca sensaciones ilusorias subjetivas de movimiento. Conjuntamente, estas mismas vibraciones, varían el tono muscular de todo el cuerpo y por tanto las oscilaciones posturales (estas variaciones son registrables mediante una plataforma posturográfica). En sus resultados Roll JP, et al. ejemplifican en este mismo estudio: la estimulación de los dos músculos rectos superiores conduce a un movimiento del cuerpo hacia adelante, ocurriría por ejemplo lo contrario, es decir, desplazamiento posterior del cuerpo, estimulando ambos rectos inferiores ^[14].

Esta misma relación de los movimientos oculares con la postura, la defienden en base a sus resultados otros autores como Gagey PM, que estudió los cambios tónicos en la musculatura de los miembros inferiores a determinados movimientos oculares ^[17] y

posteriormente registraría en otro estudio las consecuentes varianzas del centro de gravedad en sus pacientes con dichas activaciones de la oculomotricidad ^[12]. En forma de ensayos clínicos, autores como Morimoto H, et al.^[15] describen una mejora estadística de la estabilidad postural durante la rotación activa de cuello con pasividad ocular en el grupo experimental (n = 28; p = 0.001) después de ejercicios de entrenamiento de la musculatura ocular (5 minutos diarios durante 3 semanas). Este mismo estudio servirá de referencia a autores como Minoonejad H et al. ^[16] que realizaron un ensayo clínico similar, aplicado esta vez a jugadoras de baloncesto, mediante el mismo protocolo de ejercicios oculomotores, observaron una mejoría similar de la estabilidad en el grupo experimental (n = 15; p = 0/95). Todos estos autores citados concuerdan en esta vinculación de la oculomotricidad con la estabilidad del cuerpo, en un paciente sano.

5.2. El ojo y el pie como cooperadores de la verticalidad subjetiva

Podríamos pensar que la musculatura extraocular tiene como única función realizar los diferentes movimientos voluntarios del ojo para observar nuestro entorno, lo cierto es que sus competencias dentro de nuestro organismo son más complejas. Beltrán JJ remarca en su tesis ^[5] el papel de la OM dentro del control postural: los músculos extraoculares realizan movimientos de acomodación visual que se inician por la estimulación retiniana y posterior procesamiento en el SNC, con el fin de evitar la diplopía (visión doble) que surge tras la pérdida del paralelismo pupilar ^[12, 5].

Este mecanismo se sustenta gracias a reflejos autónomos extrapiramidales, como los reflejos óculo-vestibulares/vestíbulo-oculares que juegan un papel fundamental en el mantenimiento del sentido de la verticalidad y la posición orbital de los globos oculares durante los movimientos cefálicos o corporales ^[21]. A su vez, existe una relación directa de la OM con la actividad del plexo cervical (C1-C3) y simultáneamente, con el nervio espinal o XI par craneal ^[5] (reflejo oculo-cervical y cérico-espinal respectivamente), variando el tono y la actividad de los músculos suboccipitales profundos principalmente, entre otros músculos raquídeos. Este reflejo es fundamental, por ejemplo, para mantener la mirada fija en un punto durante los movimientos activos de la cabeza y el tronco, a su vez, el tono de estos músculos suboccipitales, tiene implicaciones en la estabilidad corporal ^[12,15, 21, 22] y en apoyo

plantar del pie^[5], mediante la variación sus vectores de fuerza y/o acomodaciones estructurales derivadas de cambios en las cadenas miofasciales del cuerpo.

El podólogo debe conocer que el pie como captor postural (exoreceptor y endoreceptor, al igual que el ojo^[5]), forma parte de estos bucles de retroalimentación sensitivo-motora, los continuos estímulos de la planta durante la bipedestación estática o dinámica, son de especial relevancia para la verticalidad y estabilidad corporal dentro del sistema postural. En ausencia de movimientos cefálicos, la información del oído interno disminuye, y a su vez, adquiere mayor relevancia para el sistema las informaciones procedentes de la visión y el pie^[23]. Esta misma relación queda expuesta observando la varianza en el patrón estabilométrico, al cerrar los ojos (cociente de Romberg^[24-25]) o disminuir uniformemente la información podal (cociente plantar)^[24]. Por tanto, podríamos hablar de estos órganos y sistemas como tres pilares fundamentales de la estabilidad, y parece lógico pensar que su salud, es requisito indispensable para una verticalidad estable y sin compensaciones adaptativas. Estas últimas son frecuentes precisamente en el pie ^[23, 25], el tratamiento mediante plantillas posturales exteroceptivas es el más indicado en estos casos ^[1, 25, 26]. Es posible desde el pie, lograr una reequilibración del sistema postural, mejorando de forma objetiva (plataforma de estabilometría) la estabilidad ortostática del paciente, así como una mejoría de la variada sintomatología derivada de su trastorno.

5.3. Alteraciones de la oculomotricidad

Durante la segunda mitad del siglo XX Gagey PM estudió pacientes que se habían recuperado de un traumatismo craneal y manifestaban vértigos subjetivos crónicos, siendo sus imágenes radiográficas y exámenes clínicos vestibulares totalmente normales^[27]. Sería Baron JB años después quien acogería parte de estos pacientes y hallaría en sus estudios un aumento estadístico de las oscilaciones, así como una alteración en la oculomotricidad, hipoconvergencias oculares o inclinaciones cefálicas. Desde su experiencia en oftalmología, Baron JB aplicaría prismas de baja potencia ($\leq 4^\circ$ dioptrías prismáticas), reduciendo así notoriamente la clínica de sus pacientes^[11, 27], este trabajo inspirará a otros autores a seguir trabajando en este sentido, acababa de surgir una nueva disciplina médica, la Posturología Clínica. Es por ello, que en esta revisión, se han incluido los estudios posturales en pacientes que han padecido una conmoción cerebral y presentan alteración de la oculomotricidad.

Baron JB hace referencia a su descubrimiento en 1973, en su artículo^[11] detalla las diferencias halladas entre uno de estos pacientes con historia clínica de traumatismo craneal, comparado con un individuo sano, determinó un aumento significativo del cociente de Romberg, en referente a la estabilidad corporal y su registro posturográfico, define un incremento de la amplitud y la frecuencia de los desplazamientos espontáneos del centro de gravedad corporal^[11]. Estos resultados tienen un valor estadístico muy bajo por el tamaño de su muestra. Posteriormente, este mismo autor realizaría un nuevo estudio^[19] más exhaustivo, esta vez con una muestra mayor (n=150), en sus resultados detallan estadísticamente este aumento de las oscilaciones corporales, siendo presentes en el 75% de los pacientes del grupo experimental. Murray N et al.^[18] en un estudio más reciente de atletas recuperados de una conmoción cerebral (n=9) y un grupo control con el mismo número de miembros de atletas sanos, determinaron un aumento estadístico del requerimiento oculomotor ($p < 0,001$) y una mayor dificultad del equilibrio activo durante un ejercicio de simulación, se estudió registrando el centro de masas corporal. Murray N et al. a diferencia de otros autores referenciados en esta revisión, especifican no haber hallado una variación significativa en el desplazamiento del centro de masas ($p = 0,516$) entre ambos grupos, aunque este valor no ha sido registrado mediante un sistema específico para este parámetro como podría ser una plataforma de estabilometría o de fuerzas. En su artículo concluyeron que el estudio sugería una conexión entre las lesiones por conmoción cerebral y el control oculomotor en el control postural. Aun así, coincido con el énfasis de los autores en la necesidad de un mayor estudio que respalde su hipótesis: la disminución de integración sensorial del cerebro cortical como principal contribuyente en los déficits de control oculomotor^[18].

Estudios anteriores realizados en roedores, relacionan estas alteraciones posturales derivadas de traumatismos craneales leves, con afectaciones tisulares en diferentes núcleos neuronales del tronco cerebral (observados en anatomía patológica), precisamente en aquellos que guardan especial relación con el control oculomotor y la postura^[27]. Se requiere una mayor investigación al respecto, así como una actualización de la misma para determinar con seguridad el origen de estas afectaciones. Teniendo en cuenta los resultados de los autores incluidos en esta revisión, las alteraciones de la oculomotricidad pueden influir negativamente a la estabilidad y control postural del cuerpo humano.

6. Conclusiones

La concordancia de resultados y conclusiones de los autores incluidos en este trabajo, indican una relación fisiológica evidente entre el aspecto sensitivo de la oculomotricidad y la estabilidad corporal. Estímulos nerviosos inducidos por movimientos oculares, varían el tono muscular en segmentos corporales distales como segmentos vertebrales o incluso el pie, esta varianza es registrable cuantitativamente y queda respaldado por el análisis estadístico de sus pacientes.

Trastornos funcionales de la oculomotricidad humana, afectan negativamente al correcto funcionamiento de las respuestas tónicas posturales necesarias para una estabilidad corporal eficiente. La ambliopía funcional o vértigos son algunos de los signos y síntomas clínicos presentes en estos pacientes. Es necesaria una mayor investigación al respecto, así como una actualización de la misma. Debe ser esencial, también por parte de la podología, su actuación mediante la aplicación de plantillas posturales exteroceptivas ante adaptaciones podales nocivas, ya que tratando la exteroceptividad cutánea del pie o su musculatura intrínseca se puede anteriorizar o posteriorizar el cuerpo cambiando la globalidad postural y el funcionamiento ocular. Así como su función en cuanto a la detección de estos pacientes con alteraciones en otros captosres del sistema postural para su derivación y adecuado tratamiento desde una visión mucho más amplia e integrativa de su salud.

7. Bibliografía

1. Beltrán Ruiz JI. Podoposturologia. El Peu, 1992, núm. 49, p. 64-69.
2. Gagey PM, Weber B. Système postural fin. En: Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout. 2a ed. Masson; 1999, 83-96.
3. DaCunha HM. Le syndrome de déficience posturale (SDP). Agressologie, 28, 941-943. 1987.
4. Lamoulié M. Cartographie de la sensibilité discriminatoire de la plante du pied chez l'adulte sain. Annales de Kinésithérapie. 1980; 7, 9-24.
5. Beltrán Ruiz JI. Experiencias sobre el sistema ocular y el tratamiento con prismas de baja intensidad. En: Posturología: a propósito de la verticalidad humana [tesis doctoral]. Murcia: Facultad de ciencias sociales y de la salud, Universidad de Murcia; 2017. pág. 291-305.
6. Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM. Órbita y ojos. En: Prometheus Atlas de Anatomía. 2a ed. Madrid: Editorial médica Panamericana. 2013. 536-49.
7. Kommerell G, Kromeier M. Prism correction in heterophoria. Ophthalmologe. 2002; 99(1): 3-9.
8. Sangoi A, Scheiman M, Yaramothu C, et al. Convergence Insufficiency Neuro-Mechanism Adult Population Study: Phoria Adaptation Results. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2021; 62(10): 19-31.
9. Molina NP, Forero Mora C. Insuficiencia de convergencia. Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2010; 8(2): 91-102.
10. Gagey PM, Martinerie J, Pezard L, Benaim C. L'équilibre statique est contrôlé par un système dynamique non linéaire. Ann Otolaryngol Chir Cervicofac 1998, 11 5, 161-168.
11. Baron J. Oculomotor participation in orthostatic postural regulation of the body. Physiological and pathological point of view. Equilibrium Research. 1973; 32 (1): 137-43.
12. Gagey PM. La place de l'oculomotricité dans le maintien de l'équilibre. Otonéuroophthalmol. 1984; 56: 253-59.
13. Tosi Rodrigues S, Fávoro Polastri P, Carvalho JC, Angelo Barela J, Moraes R, Barbieri FA. Saccadic and smooth pursuit eye movements attenuate postural sway similarly. Neuroscience Letters. 2015; 584: 292-95.
14. Roll JP, Roll R. La proprioception extra-oculaire comme element de referance posturale et de lecture spatiale des donnees retiniennes. Agressologie. 1987; 28(9): 905-12.

15. Morimoto H, Asai Y, Johnson EG, Lohman EB, Khoo K, et al. Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults. *Gait and Posture*. 2011; 33(4): 600-3.
16. Minoonejad H, Barati AH, Naderifar H, Haidari B, et al. Effect of four weeks of ocular-motor exercises on dynamic visual acuity and stability limit of female basketball players. *Gait and Posture*. 2019; 73: 286-90.
17. Gagey PM, Baron J, Lespargot J, Poli J. Variations de l'activité tonique posturale et activité des muscles oculocéphaliques en cathédrostatisme. *Agressologie*. 1973; 14: 87-95.
18. Murray N, Ambati V, Contreras M, Salvatore A, Rebecca J. Assessment of oculomotor control and balance post-concussion: A preliminary study for a novel approach to concussion management. *Brain Injury*. 2014; 28(4): 496-503.
19. Baron J, Ushio N, Tangapregassom M. Orthostatic postural activity disorders recorded by statokinesimeter in post-concussional syndromes: oculomotor aspects. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences*. 1979; 4(3): 169-74.
20. Christman E, Kupfer C. Proprioception in Extraocular Muscle. *Archives of Ophthalmology*. 1963; 69(6): 824-29.
21. Barnes G, Forbat L. Cervical and vestibular afferent control of oculomotor response in man. *Acta Oto-Laryngologica*. 1979; 88(1-6): 79-87.
22. Lafuente R, Belda JM. Análisis del equilibrio con plataforma de fuerzas. *Revista de Biomecánica*. 1997; 17: 23-28.
23. Beltrán Ruiz JI. Posturología. En: *Posturología: a propósito de la verticalidad humana [tesis doctoral]*. Murcia: Facultad de ciencias sociales y de la salud, Universidad de Murcia; 2017. 162-183.
24. Gagey PM, Weber B. Le patient postural. En: *Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout*. 2a ed. Masson; 1999, 35-82.
25. Bricot B. Expérimentation l'aide d'une plateforme de stabilométrie, et destinée à mettre en évidence l'action des semelles de reprogrammation posturale. *Cies*; 1999.
26. Beltrán Ruiz JI. Plantillas posturales exteroceptivas. En: *Posturología: a propósito de la verticalidad humana [tesis doctoral]*. Murcia: Facultad de ciencias sociales y de la salud, Universidad de Murcia; 2017. 230-251.
27. Gagey PM, Weber B. Bref historique de la posturologie. En: *Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout*. 2a ed. Masson; 1999, 1-8.

Anexo 1. Anatomía de los músculos oculomotores.

Músculo	Acción (según eje)			Representación (OD*)	Inervación motora
	Cráneo-caudal	Latero-lateral	Antero-Posterior		
Recto superior	Aducción	Elevación	Rotación interna		N. oculomotor (NC III), rama superior
Recto interno	Aducción				N. oculomotor (NC III), rama inferior
Recto inferior	Aducción	Depresión	Rotación externa		N. oculomotor (NC III), rama inferior
Recto externo	Abducción				N. abducens (NC VI)
Oblicuo superior	Abducción	Depresión	Rotación interna		N. troclear (NC IV)
Oblicuo inferior	Abducción	Elevación	Rotación externa		N. oculomotor (NC III), rama inferior

*OD = Ojo derecho.

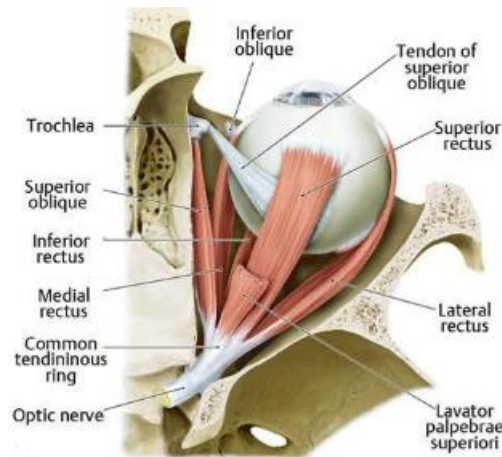


Figura 1. Dibujo anatómico de los músculos oculomotores. Ilustrador: Karl Wesker. Obtenido de Prometheus Atlas de Anatomía. 2a ed. Madrid: Editorial médica Panamericana. 2013. 536.

