

Neuropsicología de la zurdería: conocimientos actuales

A. Estévez-González ^a, C. García-Sánchez ^b, C. Junqué ^a

Resumen. Un 10% de la población es zurda o no diestra. Su organización cerebral y sus habilidades cognitivas pueden diferir respecto a los sujetos diestros. Nuestros conocimientos actuales están lejos de conocer su etiología. La literatura científica es lo suficientemente amplia como interesante revisar sus principales aportaciones. Los estudios experimentales abarcan los últimos 30 años, pero la presente revisión se centra en los estudios de los últimos 10 años. De ellos se concluye que en neuropsicología de la zurdería existen grandes desacuerdos. La investigación necesita distinguir tipos de zurdería o no dextralidad, mientras no se demuestre que existe un único tipo de zurdería.

Palabras clave. Zurdería. Neuropsicología. Lateralidad.

Summary. About 10% of the population is left-handed or non-right-handed. Its brain organization and cognitive skills could differ in relation to right-handed subjects. Our current knowledge is far of get to know its etiology. The scientific literature is sufficiently wide as interesting to review its main contributions. The experimental studies undertake the last 30 years, but this current revision is centred on studies from the last 10 years. From them it is concluded that in Neuropsychology of the left-handedness there are great disagreements. The investigation needs to distinguish types of left-handedness or non-right-handedness, while it is not demonstrated that there is a single type of left-handedness.

Key words. Left-Handedness. Neuropsychology. Laterality.

Un 10% de la población es zurda o, en general, no diestra [1-9]. Su organización cerebral y sus habilidades cognitivas parecen diferir respecto a los sujetos diestros. En la base de estas diferencias podría hallarse una etiología inmune-hormonal [10,11], genética [12] o, en general, patológica [13]. Nuestros conocimientos actuales aún están lejos de conocer con certeza su causa o causas, ¿es adquirida, hereditaria, o ambas?, ¿qué características diferenciales presentan las personas ambidextras?, ¿dónde se halla el punto de separación del diestro/no diestro?, ¿viven menos años los zurdos?, o ¿son matemáticos más hábiles? Por citar algunos de los muchos interrogantes más llamativos que se han planteado en los últimos años. La literatura científica es lo suficientemente amplia y por lo tanto dispersa, como atrayente revisar sus principales aportaciones y sintetizar nuestro conocimiento actual. Aunque muchos de los anteriores interrogantes permanecerán sin una respuesta definitiva.

No obstante, conviene partir de tres premisas. Primero, desde los tiempos prehistóricos, el 90% de la población es diestra [14-17]. Segundo, aún no hemos hallado suficientes evidencias para confirmar en el mundo animal la existencia de una preferencia similar a la preferencia manual de los humanos [18-21], si bien hallazgos recientes muestran diferentes situaciones y tareas en las que se observan ciertas preferencias manuales en primates [22-26]. Y, tercero, la neuropsicología es en estos momentos la disciplina que mayor número de aportaciones está realizando en el tema que nos ocupa. Buena muestra de ello lo comprobamos al ojear los últimos años de

revistas como *Brain and Cognition*, *Brain and Language*, *Cortex*, *Developmental Neuropsychology*, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *International Journal of Neuroscience* o *Neuropsychologia*. Algunos de sus estudios serán revisados en las líneas siguientes.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS [27-31]

Hacia 1710, recién iniciado el siglo XVIII, un cirujano francés, Petit, describía por primera vez en detalle el cruzamiento de las pirámides bulbares. Indirectamente establecía la primera relación anatomofisiológica hemisferios cerebrales y contralateralidad motriz. Un siglo más tarde, en 1836, Marc Dax, que era médico rural de Sommieres, realizó la primera aproximación al control que sobre el habla ejerce el hemisferio izquierdo, tras observar cómo en más de 40 pacientes se producía 'amnesia verbal' ('*oubli des signes de la pensée*') a consecuencia de una lesión de la mitad izquierda del cerebro. Años más tarde, en 1861, Paul-Pierre Broca verificaba la relación clínica entre el daño cerebral izquierdo y trastorno del habla, así como la relación entre el uso preferente de la mano derecha y el habla como expresión de la superioridad congénita del hemisferio izquierdo en los diestros. Bajo una incorrecta concepción especular, Broca se aventuró al suponer que en los sujetos zurdos su hemisferio derecho ejercería el papel que el izquierdo representaba en los diestros. Hacia 1865, para el médico francés Jean Baptiste Bouillaud, en su discusión publicada en el *Bulletin de l'Academie Imperial de Medecine*, no existían dudas sobre la asociación entre el lenguaje, el hemisferio izquierdo y la preferencia diestra. En 1899, en el primer volumen de la revista *Lancet*, se editó un artículo de B. Bramwell en el que no sólo se introducía el cuadro de afasia cruzada, resultante de lesión del hemisferio derecho en el diestro y del hemisferio izquierdo en el zurdo, sino que se informaba de la posible influencia de la zurdería familiar en la lateraliza-

Recibido: 02.01.96. Aceptado: 08.01.96.

^a Departament de Psiquiatria i Psicobiologia Clínica. Universitat de Barcelona. ^b Secció de Neuropsicologia. Servei de Neurologia. Hospital de la Sta. Creu i Sant Pau. Barcelona.

Correspondencia: Dr. Armando Estévez. Departament de Psiquiatria i Psicobiologia Clínica. Facultat de Psicologia. Universitat de Barcelona. Campus Vall d'Hebron, Pg. de la Vall d'Hebron, 171. 08035 Barcelona.

ción cerebral del lenguaje. La preocupación científica por los sujetos zurdos fue recogida por E. Stier en 1911, y, tiempo después, por E.C. Cheshier en 1936. Stier publicó unos estudios genealógicos de la zurdería y estimaba en el 4,6% el número de zurdos en la población. Cheshier sugirió por primera vez que las personas zurdas no tendrían un hemisferio dominante en el mismo grado que los diestros. En el período de entreguerras (1915-1940), Samuel Torey Orton, que trataba niños afectados de problemas de lectura y escritura, observó que la dislexia afectaba principalmente a los varones que, en su mayoría, eran zurdos y con antecedentes de zurdería en la familia. También encontró en sus pacientes una aparente elevada frecuencia de dominancia mixta del ojo, mano y pie, y de un relativo ambidextrismo. La correlación mano-ojo-pie estaba en voga en aquellas épocas y Parson, en 1924, había señalado inocentemente que la dominancia manual sería el resultado de la dominancia ocular; es decir, que si una persona mostraba una preferencia ocular derecha secundariamente sería dextrómano. Pero quizá, la primera observación de los modernos estudios diferenciales sobre diestros y no diestros fue realizada por Bryden en 1964 [32], quien incluyó la lateralidad manual en relación a fenómenos taquistoscópicos, hallando que en el 73% de los diestros y tan sólo en el 49% de los zurdos coincidía una superioridad del campo visual derecho para letras y ciertas formas geométricas. Ésta es quizá la fecha, 1964, que separa las intuitivas observaciones clínicas de los resultados experimentales diferenciales entre diestros y no diestros.

TIPOS DE PREFERENCIA MANUAL

Existe una completa disparidad de estimaciones sobre el porcentaje de sujetos considerados diestros y no diestros. En el 'peor' de los casos, un 3% de los sujetos son considerados zurdos [33]; en el 'mejor' de los casos, hasta un 30% podrían llegar a serlo [1]. Estas diferencias guardan relación con la variedad de cuestionarios y pruebas o signos diagnósticos empleados. Las pruebas de habilidad y velocidad motora como el 'Tapping Test' y el 'Purdue Pegboard Test' [34,35], diversas pruebas de 'lápiz y papel' [36,37], y los cuestionarios tipo Annett [1] y Oldfield [2], son los de más amplia aceptación en la literatura neuropsicológica. De estas pruebas, y especialmente de los denominados cuestionarios de lateralidad, se desprende que el porcentaje promedio de sujetos zurdos se situaría próximo al 10% de la población, con una desviación del ± 2 -3% de sujetos ambidextros o no claramente ni zurdos ni diestros, realizando que la ambidextralidad es un fenómeno infrecuente [38]. Estas estimaciones parecen confirmadas en amplias muestras de sujetos de sexo y edades diferentes [9,39].

Si el 90% de la población es diestra, también en esta población cabe esperar que el asiento anatomofisiológico del lenguaje se halle en su hemisferio izquierdo. La mano empleada para escribir o dibujar suele ser índice suficiente para determinar la lateralidad del sujeto. Otros índices corporales no parecen estar tan estrechamente ligados como la íntima asociación establecida entre dextralidad, lenguaje y hemisferio izquierdo, aunque existe una mayor seguridad en la suposición de que en el hemisferio izquierdo resida nuestro lenguaje cuanto mayor sea el número de índices diestros (mano, ojo, pie, oído) frente a una mayor representación derecha a mayor número de índices zurdos [40].

Tabla I. Proporción de sujetos no diestros sobre una muestra de 1.117.507 sujetos, con edades de 10 a 86 años. Adaptado de Gilbert y Wysocki [39].

	No diestros %	Diestros %
Varones	12,6	87,4
Mujeres	8,9	91,1
Total	11,1	88,9

Si es reconocida una estrecha relación entre preferencia manual y pedestre [40,41], la preferencia ocular está pobremente correlacionada con la lateralidad manual [4,5]. De hecho, el número de sujetos con índice mixto mano (derecha)-ojo (izquierdo) parece ser elevado, del orden del 20% al 30% [42,43], lo que puede cuestionar su concepción patológica. Aunque seguimos sin comprender por qué el número de sujetos con preferencias mixtas es sensiblemente mayor en sujetos con problemas de aprendizaje: del orden del 45% al 70% [42].

La preferencia manual debe ser determinada por su 'dirección' (mano diestra vs zurda) y su 'consistencia' (grado consistente vs no consistente). Como antes se ha indicado, la mano empleada para escribir o dibujar suele ser índice suficiente para determinar la dirección. El grado de consistencia varía considerablemente de un autor a otro, pero vendría determinado por el coeficiente de lateralidad (CL) extraído de los cuestionarios según fórmula: número de situaciones indicadas como de preferencia derecha menos el número de indicadas izquierdas y dividido por su suma, y el resultado multiplicado por 100, obteniendo los diestros coeficientes positivos y los zurdos, negativos. Basándose en este CL, se considerarían 'muy consistentes' los coeficientes de 100, 'consistentes' los coeficientes de 80 e 'inconsistentes' aquéllos igual o menor a 60. Aunque no todos los autores admiten la existencia de ambidextros ('mixed-handed'), bajo esta denominación se incluirían los sujetos extremos del grupo de inconsistentes. Un coeficiente de lateralidad de +30 a -30 podría servir para determinar cuándo un sujeto no es 'claramente' diestro ni zurdo y, por lo tanto, es ambidextro a efectos de su CL.

Raczkowski, Kalat y Nebes [44], extrajeron la impresión que los zurdos parecían mostrar una menor consistencia o seguridad sobre su mano preferente. Por regla general, los diestros son más consistentemente diestros que los zurdos [45-49]. Los varones no solamente presentan una mayor incidencia de zurdería [8,50], o de ambidextrismo [51], sino que los varones diestros son menos consistentes que las propias mujeres diestras [1,41]. No obstante, la mayor diferencia de zurdería en varones respecto a mujeres podría no exceder del 1,5% [52].

POSICIONES MANUALES INVERTIDAS

Las posiciones manuales invertidas (PMI), es decir, la mano dispuesta por encima de la línea al escribir, son más frecuentes en sujetos zurdos [53-57], afectando del 54% al 72% de los zurdos, especialmente si éstos son varones o presentan antecedentes familiares de zurdería [58]. Para Levy y Reid [54,55], esta posición invertida al escribir podría ser un signo de ipsilateralidad lingüística cerebral: el lenguaje sería 'gobernado' por el hemisferio izquierdo en el zurdo con PMI, y por el hemisferio derecho en el diestro con PMI. Estudios posterior-

res no han podido corroborar esta hipótesis: tanto McKeever y Van Deventer [59], como Strauss, Wada y Kosaka [60], fracasaron en sus intentos de correlacionar PMI y dominancia ipsilateral, concluyendo que la PMI era un signo inadecuado para el establecimiento de la lateralidad cerebral.

ASOCIACIÓN CON PATOLOGÍAS

En opinión de algunos investigadores, zurdería o no dextralidad y patología podrían guardar cierta relación epidemiológica, porque encuentran una mayor frecuencia de sujetos zurdos o no diestros en casos de: retraso mental [61-64], especialmente si son zurdos con antecedentes de zurdería familiar [65]; trastornos del lenguaje, enfermedades autoinmunes y atópicas [9,11,66-72]; retraso en su madurez física [6], dificultades del aprendizaje [5,73]; tartamudez [74,75]; y esquizofrenia o esquizopatía [76,77] o autismo [78]. Se ha hipotetizado que estos déficits pudieran estar correlacionados con una población de asimetría cerebral 'anómala' [79]. No obstante, otros estudios han revisado muy críticamente estas relaciones [34,80-88]. Yule y Rutter [89], puntualizaron que la relación lateralidad-pobre lectura es a menudo hallada en poblaciones clínicas más que en estudios con escolares normales. Del Dotto y Rourke [90], contrastaron 161 zurdos y 161 diestros, todos ellos con déficits de aprendizaje, hallando que ambos grupos exhibían mayor similitud que diferencias en sus patrones de déficits y habilidades neuropsicológicas.

Zurdería y longevidad

Los zurdos podrían presentar un mayor riesgo de mortalidad y vivirían, pues, un menor número de años que los diestros [91,92]. Algunas de las causas que justificarían tal afirmación las hallamos en la mayor frecuencia en esta población de apnea del sueño [93], o en un mayor riesgo a sufrir accidentes traumáticos [94,95]. Otros estudios se han manifestado en contra de afirmar que los zurdos viven un menor número de años [96,97], concluyendo que si bien existe un menor número de zurdos en edades superiores respecto a las más jóvenes [39], este efecto no puede ser explicado de un modo sencillo [98]. Detallados estudios sobre amplias muestras [99], también han revisado críticamente la posible relación entre zurdería y mortalidad.

DIFERENCIAS DE PERSONALIDAD

Tanto zurdos como ambidextros podrían presentar niveles superiores de ansiedad que los sujetos diestros [100], pero estudios más recientes no han podido confirmar esta relación [101,102].

DIFERENCIAS ANATÓMICAS CEREBRALES

En la población zurda, las asimetrías morfológicas cerebrales parecen ser menos pronunciadas [103-106], frecuentemente (71%) planas [107] y, en general, es menos predecible su organización cerebral [79,108,109], especialmente referida a la

localización cerebral del habla [110,111], hasta el punto que pacientes afásicos con antecedentes de zurdería o propiamente zurdos manifiestan cuadros clínicos cuya sintomatología y pronóstico es diferente a aquellos que afectan a pacientes afásicos diestros [112-114]. Se ha llegado a pronosticar que los sujetos zurdos presentarían una menor especialización hemisférica [115,116].

El cuerpo calloso podría ser más amplio en sujetos no diestros, pero este hallazgo no fue confirmado por Kertesz et al [104], tras observar en detalle las imágenes de resonancia magnética de una muestra de 52 zurdos.

DIFERENCIAS ASIMÉTRICAS PERCEPTIVAS

Los zurdos frente a estímulos verbales muestran una menos marcada superioridad del campo visual derecho, utilizando técnicas taquístoscópicas, y del oído derecho utilizando técnicas de escucha dicótica [73,117-122], aunque podrían reconocer mejor que los diestros estímulos visuoespaciales presentados en el hemisferio izquierdo [123], y procesar estímulos musicales de modo diferente a como lo hacen los diestros [124].

DIFERENCIAS EN HABILIDADES COGNITIVAS

A grandes rasgos, los diestros podrían estar en ventaja con respecto a los zurdos, pero el acuerdo sobre los rendimientos cognitivos diferenciales de zurdos y diestros está lejos de ser unánime, predominando en todo caso la similitud cognitiva de diestros y zurdos o no diestros.

Estudios diferenciales

Los sujetos zurdos, o no diestros en general, pueden obtener resultados inferiores o, al menos, rendir de forma diferente en diversas pruebas o tests. Los zurdos obtienen menor puntuación en tests de Factor G de inteligencia [125]. Obtienen parecidos resultados con los subtests verbales del WAIS, pero no así en los manipulativos, donde sus puntuaciones descenderían con respecto a los verbales [126]. Su rendimiento es inferior en tests de función espacial [127-129]. Presentan un menor grado de serialización para el procesamiento de la información visuoespacial [130]. Y consiguen peores resultados con pruebas de flexión digital [131].

Respecto a las ventajas de la zurdería, éstas se hallarían en un mayor talento musical [132], y ciertas habilidades matemáticas. Pero la supuesta mayor frecuencia de arquitectos zurdos no ha podido ser confirmada [133].

Estudios no diferenciales

En la revisión de 750 niños zurdos de 6-11 años, Roberts y Engle [134], no encontraron diferencias psicométricas, ni verbales, ni de carácter no verbal. En los 173 disléxicos examinados por Pennington et al [82], estos autores no hallaron que la zurdería estuviese relacionada con la dislexia, ni los procesos autoinmunes con los no diestros. En el estudio de Fennell et al [135], los zurdos no obtenían peores resultados en habili-

Tabla II. Localización hemisférica del lenguaje en sujetos diestros y no diestros. Los porcentajes indican datos promedios, adaptados de Satz [110], Branch et al [151], Pratt y Warrington [152], Clyma [153], Fleminger y Bunce [154], Howes y Boller [155], Rasmussen y Milner [156], Davis y Wada [157], Satz y Bullard-Bates [158], y Loring et al [159]. Habiéndose determinado la lateralización cerebral del lenguaje mediante el amital sódico intracarotídeo, la terapia electroconvulsiva unilateral, escucha dicótica en pacientes epilépticos y psiquiátricos, entre otros, o lugar de lesión en pacientes afásicos.

Lateralidad	Lenguaje localizado en		
	HI	HD	HI/HD
Diestro	90%	7%	3%
Zurdo	50%	40%	10%
Ambidextro	65%	20%	15%
No Diestro	55%	30%	15%
Total	80%	15%	5%

HI= hemisferio izquierdo; HD= hemisferio derecho; HI/HD= localización bilateral.

dades espaciales (PMA test, subtest de cubos del WAIS), y en el estudio de Annett [37], los zurdos, o mejor dicho los sujetos con tendencias de zurdería, obtenían mejores resultados en tests visuoespaciales. La eficiencia en la transferencia interhemisférica de información no fue distinta en zurdos que en diestros [136]. Incluso, como antes hemos indicado, Del Dotto y Rourke [90], contrastando 161 zurdos y 161 diestros, todos ellos con déficits de aprendizaje, indicaron que ambos grupos exhibían mayor similitud que diferencias en sus patrones de déficits y habilidades neuropsicológicas. Tampoco se hallaron diferencias de éxito académico en una muestra de 5.000 niños analizados por Douglas et al [137], ni sobre múltiples tests de habilidades mentales en otros estudios con amplias muestras escolares [138,139]; como tampoco Satz y Fletcher [140], al comparar 431 diestros 'extremos' y 48 zurdos 'extremos' con tests de lectura, con el *Peabody Picture Vocabulary Test* y con el *Beery Test* de integración visuomotora. Ni Newcombe et al [141], observaron diferencias en los CI tanto verbal como manipulativo al comparar una muestra de diestros y no diestros adultos.

Así, la similitud cognitiva entre grupos no específicos de diestros y zurdos parece predominar sobre sus diferencias [90,134,137,138,142].

Antecedentes de zurdería

Los antecedentes de zurdería son más frecuentes en zurdos [129], que en diestros o, incluso, que en ambidextros. La importancia de estos antecedentes radica en la necesidad de especificar su presencia (FS, *Familiar Sinistrality*) a la hora de determinar posibles diferencias específicas entre diestros y zurdos [143,144]. Así, Zurif y Bryden [145], indicaron que con dichos antecedentes (FS+) no se observaba la superioridad del oído derecho en determinadas tareas de audición dicótica, mientras que sin esos antecedentes (FS-) los zurdos sí mostraban esa ventaja. Los diestros FS- estarían más fuertemente lateralizados para las funciones verbales mientras que los zurdos FS+ deberían estar menos lateralizados para estas

funciones. Wellman [142], encontró que diestros y zurdos no diferían como tales en sus capacidades intelectivas, lectivas o visuomotrices, pero sí aquellos diestros y zurdos con FS+ respecto a aquellos otros sin dichos antecedentes (FS-). Burnett et al [146], indicaron que sujetos ambidextros con FS+ mostraban una habilidad espacial superior a zurdos o diestros 'extremos' y Owens, Kelland y Henry [147], parecen haber encontrado que los varones con FS+ muestran una ventaja dicótica del oído derecho para pares fusionados de sílabas (consonante-vocal) de mayor entidad, mientras en mujeres con FS+ disminuía sensiblemente dicha ventaja derecha. También, Weinstein y Sersen [148], encontraron que tanto los zurdos como los diestros sin antecedentes de zurdería familiar tendían a tener umbrales de presión inferiores en la mano izquierda, mientras en zurdos con antecedentes de zurdería familiar esto mismo ocurría con la mano derecha.

ASIMETRÍA CEREBRAL PARA EL LENGUAJE

En el proceso neurofisiológico de la asimetría cerebral funcional aparecen asociados dos fenómenos: una mano hábil, por lo general diestra y gobernada por el hemisferio izquierdo, y este mismo hemisferio como hemisferio del lenguaje. Incluso, desde hace tiempo, se conoce que el control ejercido por el hemisferio izquierdo de forma contralateral sobre la mano derecha e ipsilateral sobre la izquierda es de mayor entidad neurofisiológica que el ejercido por el hemisferio derecho ipsilateralmente sobre la mano derecha y, contralateralmente, sobre la mano izquierda [149]. También estudios con pacientes cuyas comisuras de conexión interhemisférica han sido seccionadas (pacientes '*split-brain*') demuestran que el hemisferio izquierdo se expresa-escribe mejor con la mano derecha [150]. Si esto es así en el diestro, en sujetos zurdos no necesariamente se produce el fenómeno especular: un hemisferio derecho como asiento anatomofisiológico del lenguaje, ni un asiento bilateral en el caso de los sujetos ambidextros. Estas dos últimas suposiciones resultan incorrectas si revisamos cientos de casos analizados en la literatura neuropsicológica. Siguiendo estos datos que aparecen resumidos en la tabla II, se deduce que para los sujetos diestros en al menos un 90% de los casos su hemisferio izquierdo es el asiento anatomofuncional del lenguaje; el control bilateral hemisférico es una excepción que no alcanza al 3% de las situaciones y, en el mejor de los casos, en un 7% el gobierno lingüístico sería ejercido por el hemisferio derecho. Para los sujetos no diestros, zurdos o ambidextros, sigue rigiendo un predominio unilateral lingüístico. En el caso concreto de los sujetos zurdos, el asiento anatomofuncional unilateral del lenguaje en el hemisferio izquierdo y en el derecho es de proporciones próximas al 50 y 40%, respectivamente. Los sujetos llamados ambidextros se hallarían en un término medio entre los sujetos zurdos y los diestros, con un mayor número de casos de dominancia bilateral. Si consideramos el conjunto de la población, el hemisferio izquierdo se muestra como el asiento anatomofuncional del lenguaje, constituyendo, pues, una característica biológica. Aún cabe añadir que aquellos casos de dominancia lingüística no-izquierda puedan ser atribuidos a producto de lesiones o inmadurez en el lado izquierdo que a una auténtica capacidad lingüística derecha [40,156]. Posiblemente una lesión temprana antes del primer año de vida, que afecta a zonas verbales parietales y

frontales, pueda conllevar una reorganización del hemisferio derecho para asumir competencias lingüísticas y acompañarse de zurdería mano-ojo-pie [40,156].

ETIOLOGÍA

Dos tipos etiológicos de zurdos han sido propuestos: la zurdería de índole familiar o genética o *natural or benign left-handed* y la zurdería aislada o *pathological left-handed* [160,161]. Aunque en la primera etiología no serían descartables factores patológicos en su mecanismo hereditario suele equipararse a la normalidad biológica y hereditaria del diestro, aceptando incluso un desarrollo 'especular' con respecto a éste. La segunda etiología difícilmente resultaría comprensible si no se invocasen factores excepcionales o patológicos, incluido el propio daño cerebral temprano sobre el hemisferio izquierdo. Hasta el punto de afirmar Bakan [162], que todo manejo de la mano izquierda es esencialmente patológico en su origen. Aunque no existen datos sobre las proporciones de uno y otro tipo, la etiología patológica se caracterizaría por representación hemisférica bilateral o derecha del lenguaje, funciones cognitivas preservadas, trastornos visuoespaciales, hemihipoplasia de la extremidad superior o inferior derecha y ausencia de antecedentes de zurdería familiar [161,163].

La etiología hereditaria parece fundamentarse en las sugerencias de Annett o de Levy, y en los datos de relación parental. Annett [12], propuso que la lateralidad diestra y la dominancia lingüística hemisférica izquierda obedecían a un factor dominante diestro, que denominó gen o factor de 'cambio derecho', y que en su ausencia la dextralidad-zurdería y el asentamiento lingüístico izquierdo-derecho se darían al azar. Levy [164,165], sugirió que para determinar el hemisferio asiento del habla y la mano preferente deberían intervenir al menos dos genes, con dos alelomorfos, que conformarían un genotipo de 4. Por su parte, Porac y Coren [5], establecieron una mayor relación entre la lateralidad materna y la filial que entre ésta y la paterna. Ya Chamberlain, en 1928, y Rife [166], habían calculado que la probabilidad de que dos padres diestros tuviesen un hijo zurdo era del 2-6%, del 17% si un padre era zurdo y del 46-50% si ambos padres lo fuesen.

Los estudios efectuados en gemelos se debaten entre ambas etiologías. El número de sujetos zurdos en gemelos mono y dicigóticos puede ser el doble (20-25%) que el hallado en la población general [167]. Pero en la revisión de Shimizu y Endo [168], sobre 110 parejas gemelares no se encontró una mayor proporción de zurdos que en los no gemelos. En el estudio de Segal [169], sobre 67 parejas monocigóticas, se precisó que la zurdería de un gemelo se relacionaba con su menor peso al nacer y un más bajo CI.

La etiología patológica centra su hipótesis en un daño cerebral 'menor' sobre el hemisferio izquierdo en algún estadio embriológico o perinatal. Y parece justificarse en las revisiones exhaustivas llevadas a cabo en este sentido por Satz [160,170], en los estudios de recién nacidos de bajo peso [171], en la fisiopatología inmune-hormonal asumida por Geschwind y otros autores [10,11], sugiriendo que la zurdería podría ser el resultado en muchos casos de influencias que enlentecen el desarrollo 'típico' del hemisferio izquierdo, y que puede acompañarse de trastornos de la respuesta inmunitaria, afectando el desarrollo del timo.

Específicamente, esta fisiopatología inmune-hormonal [66,172], detalla que la elevada incidencia de enfermedades autoinmunes, dislexia y/o dificultades en el aprendizaje y tartamudez en zurdos, y la predominancia de todo ello en varones, podría sugerir que un incremento de la actividad de la testosterona intrauterina o una mayor sensibilidad a esta hormona representase algún papel como causa de estas condiciones. La testosterona fetal enlentecería el desarrollo del hemisferio izquierdo, permitiendo un crecimiento compensatorio del hemisferio derecho y consiguiendo un desarrollo de las habilidades visuoespaciales [81]. No obstante, véase Bryden et al [173], para una revisión crítica de esta propuesta fisiopatológica inmune-hormonal.

Trastornos perinatales

Badian [174], observó mayor número de varones no diestros en hijos cuyo orden de nacimiento había sido el primero o cuarto o más, pero Hicks, Pellegrini y Evans [175], no habían encontrado una relación entre zurdería y orden de nacimiento, ni tampoco se halló en la revisión que de 1.000 escolares de 7 años efectuaron Nachshon y Denno [176], ni en investigaciones posteriores [177-179]. Pero reforzando la etiología patológica aparece un incremento de zurdería en sujetos nacidos tras partos de riesgo o patológicos (*birth stress*): parto prolongado, anoxia perinatal, parto múltiple y parto prematuro, o en sujetos que presentaron bajo peso al nacer o incompatibilidad Rh [180]. A estas situaciones habría que añadir que la edad avanzada de la madre incrementa el riesgo de zurdería [181]. Pero como se desprende del estudio de Williams, Buss y Eskenazi [182], y otros estudios que han cuestionado las causas perinatales [183], estas situaciones podrían explicar la zurdería en poblaciones clínicas pero la causa de la zurdería en la población general seguiría siendo desconocida.

CONCLUSIONES

Aunque si bien los numerosos estudios sobre la zurdería no presentan una única explicación, y gran parte de ellos obtienen resultados contrapuestos, sí conocemos en la actualidad que:

- La preferencia manual es una característica propia de la especie humana. Desde los tiempos prehistóricos aproximadamente el 90% de la población es diestra.

- En el diagnóstico de la preferencia manual, los cuestionarios de lateralidad son una buena medida de la 'consistencia' de dicha preferencia. De ellos extraemos que los diestros son más consistentemente diestros que los zurdos son zurdos. Por otra parte, la mano empleada para escribir o dibujar suele ser índice suficiente para determinar la 'dirección' de la preferencia manual, mientras que la preferencia ocular podría estar pobremente correlacionada con la lateralidad manual y con las disfunciones evolutivas.

- El porcentaje de personas zurdas se sitúa en un 10% de la población general, con una desviación del $\pm 2-3\%$ de sujetos ambidextros o no claramente ni zurdos ni diestros.

- Desde un punto de vista epidemiológico la zurdería es más frecuente en varones, y los sujetos zurdos muestran mayor incidencia de posiciones manuales invertidas al escribir y mayor frecuencia en poblaciones clínicas de casos de retraso

mental, trastornos del lenguaje, enfermedades autoinmunes y atópicas, o dificultades del aprendizaje. No obstante, el acuerdo está lejos de ser unánime, especialmente en la relación entre zurdería y disfunciones del aprendizaje.

— La similitud cognitiva de diestros y zurdos o no diestros parece predominar, por regla general, sobre sus desigualdades. No obstante, parecen hallarse mayores diferencias con sujetos zurdos con antecedentes familiares de zurdería, pudiendo indicar que ambos tipos de zurdos, con y sin antecedentes, podrían no ser iguales.

— Desde el punto de vista de su organización cerebral, ésta se considera menos predecible que la hallada en los diestros. Por regla general, en la población zurda, las asimetrías morfológicas cerebrales parecen ser menos pronunciadas. Y en el estudio de sus asimetrías perceptivas observamos una menos marcada superioridad del campo visual derecho taquistoscópico y oído derecho dicótico para estímulos verbales, mientras estas superioridades serían frecuentes en los sujetos diestros.

— En los sujetos diestros, en al menos un 90% de los casos el hemisferio izquierdo es el asiento anatomofuncional del lenguaje, el control bilateral hemisférico podría no sobrepasar el 3% y, en el mejor de los casos, en un 7% el gobierno lingüístico

sería ejercido por el hemisferio derecho. En los sujetos zurdos, el asiento anatomofuncional unilateral del lenguaje en el hemisferio izquierdo y en el derecho es respectivamente del 50% y 40%. Los sujetos denominados ambidextros podrían hallarse en un término medio con un mayor número de casos de dominancia bilateral. Y, en general, en el conjunto de la población, independientemente de su preferencia manual, el hemisferio izquierdo es el asiento anatomofuncional del lenguaje.

— Etiológicamente se han propuesto dos tipos de sujetos zurdos: zurdería de índole familiar o genética o zurdería natural y zurdería aislada o zurdería patológica. Aunque sin descartar factores patológicos en la primera etiología, la segunda tipología difícilmente resultaría comprensible si no se invocasen factores excepcionales o patológicos, incluido el propio daño cerebral temprano sobre el hemisferio izquierdo. No existen datos sobre las proporciones de una y otra tipología.

— Y sobre todo, en el estudio neuropsicológico de la zurdería existen grandes desacuerdos. Quizás en su investigación sea necesario distinguir tipos de no-dextralidad o zurdería: patológicos o no, con o sin antecedentes familiares, con o sin habilidades lingüísticas o visuoespaciales preservadas o tipos de muestras clínicas y de población general.

BIBLIOGRAFÍA

- Annett M. A classification of hand preference by association analyses. *Br J Psychol* 1970; 61: 303-321.
- Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia* 1971; 9: 97-113.
- Hardyck X, Petrinovich L. Left-handedness. *Psychol Bull* 1977; 84: 385-404.
- Porac C, Coren S. The dominant eye. *Psychol Bull* 1976; 83: 880-897.
- Porac C, Coren S. Lateral preferences and human behavior. New York: Springer-Verlag, 1981.
- Coren S, Porac C. Rate of physical maturation and handedness. *Dev Neuropsychol* 1986; 2: 17-23.
- Maehara K, Negishi N, Tsai A, et al. Handedness in the Japanese. *Dev Neuropsychol* 1988; 4: 117-127.
- Hugdahl K, Andersson B. Dichotic listening in 126 left-handed children: ear advantages familial sinistrality and sex differences. *Neuropsychologia* 1989; 27: 999-1006.
- Tønnessen FE, Loken A, Høien T, Lundberg I. Dyslexia left-handedness and immune disorders. *Arch Neurol* 1993; 50: 411-416.
- Wofsy D. Hormones handedness and autoimmunity. *Inmunol Today* 1984; 5: 169-170.
- Geschwind N, Galaburda AM. Cerebral lateralization. Biological mechanisms associations and pathology. *Arch Neurol* 1985; 42: 428-459, 521-552, 634-654.
- Annett M. Hand preference and the laterality of cerebral speech. *Cortex* 1975; 11: 305-328.
- Asthan GC. Handedness: an alternative hypothesis. *Behav Genet* 1982; 12: 125-148.
- LeMay M, Culebras A. Human brain-morphologic differences in the hemispheres demonstrable by carotid arteriography. *N Engl J Med* 1972; 287: 168-170.
- Coren S, Porac C. Fifty centuries of right-handedness the historical record. *Science* 1977; 193: 631-632.
- Holloway RJ, de Lacoste C. Brainendocast asymmetry in pongids and hominids: the paleontology of cerebral hemisphere dominance. *Am J Phys Anthropol* 1982; 58: 101-110.
- Spennemann DR. Handedness data on the European neolithic. *Neuropsychologia* 1984; 22: 613-615.
- Warren JM, Abplanalp JM, Warren HB. The development of handedness in cats and Rhesus monkeys. En Stevenson H, Hess E, Rheingold H, eds. Early behavior: comparative developmental approaches. New York: Wiley Son, 1967.
- Collins RL. On the inheritance of handedness. I: laterality in inbred mice. *J Heredit* 1968; 59: 9-12.
- Beck CHM, Barton RL. Deviation and laterality of hand preference in monkeys. *Cortex* 1972; 8: 339-363.
- Annett M, Annett J. Handedness for eating in gorillas. *Cortex* 1991; 27: 269-275.
- Vauclair J, Fagot J. Spontaneous hand usage and handedness in a troop of baboons. *Cortex* 1987; 23: 265-274.
- Lehman RAW. Hand preference of Rhesus monkeys on different tasks. *Neuropsychologia* 1989; 27: 1023-1026.
- Hatta J, Koike M. Left hand preference in righter mother monkeys in taking up their babies. *Neuropsychologia* 1991; 29: 207-209.
- Hopkins WD, Washburn DA, Berke L, Williams M. Behavioral asymmetries of psychomotor performance in Rhesus monkey (*macaca mulatta*): a dissociation between hand preference and skill. *J Comp Psychol* 1992; 106: 392-397.
- Hopkins WD, Bales SA, Bennett AJ. Heritability of hand preference in chimpanzees (*Pan*). *Int J Neurosci* 1994; 74: 17-26.
- Penfield W, Roberts L. *Langage et mécanismes cérébraux*. Paris: PUF, 1963.
- Meyer A. The frontal lobe syndrome the aphasia and related conditions. A contribution to the history of cortical localization. *Brain* 1974; 97: 565-600.
- Hécaen H, Dubois J. *El nacimiento de la neuropsicología del lenguaje 1825-1865*. México: FCE, 1983.
- Benton AL. Hemispheric dominance before Broca. *Neuropsychologia* 1984; 22: 807-811.
- Springer SP, Deustch G. *Cerebro izquierdo. Cerebro derecho*. Barcelona: Gedisa, 1985.
- Bryden MP. Tachistoscopic recognition and cerebral dominance. *Percept Mot Skills* 1964; 19: 686.
- Brito GNO, Luis MFC. Hand preferences and hand skills in a sample of brazilien children. *J Clin Exp Neuropsychol* 1989; 11: 366.
- Bishop DVM. *Handedness and developmental disorder*. London: MacKeith Press, 1990.
- Bryden MP, Singh M, Steenhuis RE, Clarkson KL. A behavioral measure of hand preference as opposed to hand skill. *Neuropsychologia* 1994; 32: 991-999.
- Temple SM, Bryden MP. A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia* 1985; 23: 215-221.
- Annett M. Spatial ability in subgroups of left-and right-handers. *Br J Psychol* 1992; 83: 493-515.
- Satz P, Nelson L, Green M. Ambiguous-handedness: incidence in a non-clinical sample. *Neuropsychologia* 1989; 27: 1309-1310.
- Gilbert AN, Wysocki ChJ. Hand preference and age in the USA. *Neuropsychologia* 1992; 30: 601-608.
- Strauss E, Wada J. Lateral preferences and cerebral speech dominance. *Cortex* 1983; 19: 165-177.
- Cohen J. Handedness speech pathology and hemispheric asymmetry. *Sandoz J Med Sci* 1976; 15: 93-101.
- Denckla MB. Coordinación motora en niños disléxicos: implicaciones teóricas y clínicas. En Duffy FH, Geschwind N, eds. *Dislexia. Aspectos psicológicos y neurológicos*. Barcelona: Labor, 1988; 172-179.
- Dargent-Pare C, de Agostini M, Mesbah M, Dellatolas G. Foot and eye

- preferences in adults: relationship with handedness sex and age. *Cortex* 1992; 28: 343-351.
44. Raczowski D, Kalat JW, Nebes R. Reliability and validity of some handedness questionnaire items. *Neuropsychologia* 1974; 12: 43-47.
 45. Rudel RG, Healey J, Denckla MB. Development of motor co-ordination by normal left-handed children. *Dev Med Child Neurol* 1984; 26: 104-11.
 46. Borod JC, Caron HS, Koff E. Left-handers and right-handers compared on performance and preference measures of lateral dominance. *Br J Psychol* 1984; 75: 177-186.
 47. Krombholz H. Laterality and force of handgrip during the first two years at school. *Percept Mot Skills* 1989; 68: 955-962.
 48. Gabbard C. Associations between hand and foot preference in 3-to 5-year-olds. *Cortex* 1992; 28: 497-502.
 49. Dodrill CB, Thoreson NS. Reliability of the lateral dominance examination. *J Clin Exp Neuropsychol* 1993; 15: 183-190.
 50. Gottfried AW, Bathurst K. Hand preference across time is related to intelligence in young girls not boys. *Science* 1983; 221: 1074-1076.
 51. Genetta-Wadley A, Swirsky-Sacchetti. Sex differences and handedness in hemispheric lateralization of tactile-spatial functions. *Percept Mot Skills* 1990; 70: 579-590.
 52. Ellis SJ, Ellis PJ, Marshall E. Hand preference in a normal population. *Cortex* 1988; 24: 157-163.
 53. Marcel T, Kazi L, Smith M. Laterality and reading proficiency. *Neuropsychologia* 1974; 12: 131-139.
 54. Levy J, Reid M. Variations in writing posture and cerebral organization. *Science* 1976; 194: 337-339.
 55. Levy J, Reid M. Variations in cerebral organization as a function of handedness hand posture in writing and sex. *J Exp Psychol (General)* 1978; 107: 119-144.
 56. Peters M, Pederson K. Incidence of left-handers with inverted writing posture in a population of 5.910 elementary school children. *Neuropsychologia* 1978; 16: 743-746.
 57. Heron J, Galin D, Johnstone J, Ornstein RE. Cerebral specialization writing posture and motor control of writing in left-handers. *Science* 1979; 205: 1285-1289.
 58. McKeever WF, VanEys PP. Inverted handwriting posture in left handers is related to familial sinistrality incidence. *Cortex* 1989; 25: 581-589.
 59. McKeever WF, Van Deventer AD. Inverted handwriting position language laterality and the Levy-Nagyaki genetic model of handedness and cerebral organization. *Neuropsychologia* 1980; 18: 99-102.
 60. Strauss E, Wada J, Kosaka B. Writing hand posture and cerebral dominance for speech. *Cortex* 1983; 20: 143-147.
 61. Hicks RE, Barton AK. A note on left-handedness and severity of mental retardation. *J Genet Psychol* 1975; 127: 323-324.
 62. Batheja M, McManus IC. Handedness in the mentally handicapped. *Dev Med Child Neurol* 1985; 27: 63-68.
 63. Lewin J, Kohen D, Mathew G. Handedness in mental handicap: investigation into populations of Down's syndrome epilepsy and autism. *Br J Psychiatry* 1993; 163: 674-676.
 64. Morris RD, Ronski MA. Handedness distribution in a nonspeaking population with mental retardation. *Am J Ment Retard* 1993; 97: 443-448.
 65. Bradshaw-McAnulty G, Hicks REQ, Kinsbourne M. Pathological left-handedness and familial sinistrality in relation to degree of mental retardation. *Brain Cogn* 1984; 3: 349-356.
 66. Geschwind N, Behan P. Left-handedness: association with immune disease migraine and developmental learning disorder. *Proc Natl Acad Sci USA* 1982; 79: 5097-5100.
 67. Behan P, Geschwind N. Dyslexia congenital anomalies and immune disorders: the role of the fetal environment. *Ann NY Acad Sci* 1985; 457: 13-18.
 68. Smith J. Left-handedness: its association with allergic disease. *Neuropsychologia* 1987; 25: 665-674.
 69. Lucas JA, Rosenstein LD, Bigler ED. Handedness and language among the mentally retarded: implications for the model of pathological left-handedness and gender differences in hemispheric specialization. *Neuropsychologia* 1989; 27: 713-723.
 70. Betancur C, Vélez A, Cabanieu G, et al. Association between left-handedness and allergy: a reappraisal. *Neuropsychologia* 1990; 28: 223-227.
 71. McManus IC, Naylor J, Booker BL. Left-handedness and myasthenia gravis. *Neuropsychologia* 1990; 28: 947-955.
 72. Coren S. Handedness and allergic response. *Int J Neurosci* 1994; 76: 231-6.
 73. Hicks RE, Kinsbourne M. Handedness differences: human handedness. En Kinsbourne M, ed. *The asymmetrical function of the brain*. New York: Cambridge University Press, 1978.
 74. Dellatolas G, Annessi I, Jallon P, et al. An epidemiological reconsideration of the Geschwind-Galaburda theory of cerebral lateralization. *Arch Neurol* 1990; 47: 778-782.
 75. Nass R, Schreier B, Heier L. Acquired stuttering after a second stroke in a two-year-old. *Dev Med Child Neurol* 1994; 36: 73-78.
 76. Kim D, Raine A, Triphon N, Green MF. Mixed handedness and features of schizotypal personality in a nonclinical sample. *J Nerv Ment Dis* 1992; 180: 133-135.
 77. Clementz BA, Iacono WG, Beiser M. Handedness in first-episode psychotic patients and their first-degree. *J Abnorm Psychol* 1994; 103: 400-3.
 78. McManus IC, Murray B, Doyle K, Baron-Cohen S. Handedness in childhood autism shows a dissociation of skill and preference. *Cortex* 1992; 28: 373-381.
 79. Witelson SF. Neuroanatomical asymmetry in left-handers: a review and implications for functional asymmetry. En Heron J, ed. *Neuropsychology of left-handedness*. New York: Academic Press, 1980; 79-109.
 80. Bishop D. Is there a link between handedness and hypersensitivity? *Cortex* 1986; 22: 289-296.
 81. Van Strien JW, Bakker DJ, Glaude S, Gardien C. Autoimmune diseases handedness and learning disorders. *J Clin Exp Neuropsychol* 1986; 8: 119.
 82. Pennington BF, Smith SD, Kimberling WJ, et al. Left-handedness and immune disorders in familial dyslexics. *Arch Neurol* 1987; 44: 634-639.
 83. Burke HL, Yeo RA, Vranes L, et al. Handedness developmental disorders and in vivo and in vitro measurements of immune responses. *Dev Neuropsychol* 1988; 4: 103-115.
 84. McKeever WF, Rich DA. Left handedness and immune disorders. *Cortex* 1990; 26: 33-40.
 85. Hugdahl K, Synnevag B, Satz P. Immune and autoimmune diseases in dyslexic children. *Neuropsychologia* 1990; 28: 673-679.
 86. Bryden MP, McManus IC, Steenhuis RE. Handedness is not related to self-reported disease incidence. *Cortex* 1991; 27: 605-611.
 87. Gilger JW, Pennington BF, Green P, et al. Reading disability immune disorders and non-right-handedness: twin and family studies of their relations. *Neuropsychologia* 1992; 30: 209-227.
 88. Taylor MA, Amir N. Sinister psychotics. Left-handedness in schizophrenia and affective disorder. *J Nerv Ment Dis* 1995; 183: 3-9.
 89. Yule W, Rutter M. Epidemiology and social implications of specific reading retardation. En Knights RM, Bakker DJ, eds. *The neuropsychology of learning disorders*. Baltimore: University Park Press, 1976.
 90. Del Dotto JE, Rourke BP. Subtypes of left-handed learning-disabled children. En Rourke BP, ed. *Neuropsychology of learning disabilities. Essential of subtypes analysis*. New York: Guilford Press, 1985: 89-130.
 91. Coren S, Halpern DF. Left-handedness: a marker for decreased survival fitness. *Psychol Bull* 1991; 109: 90-106.
 92. Coren S, Halpern DF. A replay of the baseball data. *Percept Mot Skills* 1993; 76: 403-406.
 93. Hoffstein V, Chan CK, Slutsky AS. Handedness and sleep apnea. *Chest* 1993; 103: 1860-1862.
 94. Graham CJ, Dick R, Rickert VI, Glenn R. Left-handedness as a risk factor for unintentional injury in children. *Pediatrics* 1993; 92: 823-826.
 95. MacNiven E. Increased prevalence of left-handedness in victims of head trauma. *Brain Inj* 1994; 8: 457-462.
 96. Harris LJ. Do left handers die sooner than right-handers? Commentary on Coren and Halpern's. *Psychol Bull* 1993; 114: 203-204.
 97. Merckelbach H, Muris P, Kop WJ. Handedness symptom reporting and accident susceptibility. *J Clin Psychol* 1994; 50: 389-392.
 98. Dellatolas G, Tubert P, Castresana A, et al. Age and cohort effects in adult handedness. *Neuropsychologia* 1991; 29: 225-261.
 99. Salive ME, Guralnik JM, Glynn RJ. Left-handedness and mortality. *Am J Public Health* 1993; 93: 265-267.
 100. Hicks RE, Pellegrini RJ. Handedness and anxiety. *Cortex* 1978; 14: 119-21.
 101. Beaton AA, Moseley LG. Anxiety and the measurement of handedness. *Br J Psychol* 1984; 75: 275-278.
 102. French ChC, Richards A. The relationship between handedness anxiety and questionnaire response patterns. *Br J Psychol* 1990; 81: 57-61.
 103. Bear D, Schiff D, Saver J, et al. Quantitative analysis of cerebral asymmetries. Fronto-occipital correlation sexual dimorphism and association with handedness. *Arch Neurol* 1986; 43: 598-603.
 104. Kertesz A, Polk M, Black SE, Howell J. Cerebral dominance sex and callosal size in MRI. *Neurology* 1987; 37: 1385-1388.
 105. Steinmetz H, Volkman J, Jancke L, Freund HJ. Anatomical left-right asymmetry of language-related temporal cortex in left-and right-handers. *Ann Neurol* 1991; 29: 315-319.
 106. Foundas AL, Leonard CM, Heilman KM. Morphologic cerebral asymmetries and handedness. The pars triangularis and planum temporale. *Arch Neurol* 1995; 52: 501-508.
 107. Geschwind N. Especializaciones del cerebro humano. *Investigación y Ciencia (Nov)* 1979; 128-139.
 108. Milner B, Branch C, Rasmussen Th. Observations on cerebral dominance. En De Reuck AVS, O'Connor MO, eds. *Disorders of language. A Ciba Foundation Symposium*. London: Churchill, 1964; 200-214.
 109. Laeng B, Peters M. Cerebral lateralization for the processing of spatial coordinates and categories in left-and right-handers. *Neuropsychologia* 1995; 33: 421-439.
 110. Satz P. A test of some models of hemispheric speech organization in the left and right-handed. *Science* 1979; 203: 1131-1133.
 111. Bookheimer SY, Zeffiro TA, Blaxton TA, et al. A cerebral blood flow study of language localization in left-handers. *J Clin Exp Neuropsychol* 1993; 15: 139.

112. Thomsen IV. Evaluation and outcome of aphasia in patients with severe closed head trauma. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1975; 38: 713-718.
113. Alekoubides A. Hemispheric dominance for language: quantitative aspects. *Acta Neurol Scand* 1978; 57: 97-140.
114. Kimura D. Speech representation in an unbiased sample of left-handers. *Hum Neurobiol* 1983; 2: 147-154.
115. Naugle RI, Raymond MJ. Neuropsychological sequelae of stroke as a function of handedness. *Percept Mot Skills* 1991; 73: 555-562.
116. Tan U. Normal distribution of hand preference and its bimodality. *Int J Neurosci* 1993; 68: 61-65.
117. McKeever WF, Gill KM. Visual half-field differences in masking effects for sequential letter stimuli in the right- and left-handed. *Neuropsychologia* 1972; 10: 111-117.
118. Beaumont JG, Dimond SJ. Transfer between the cerebral hemispheres in human learning. *Acta Psychol* 1973; 37: 87-91.
119. Geffen G, Traub E. Preferred hand and familial sinistrality in dichotic monitoring. *Neuropsychologia* 1979; 17: 527-531.
120. Iaccino JF, Sowa SJ. Asymmetrical processing of dichotic inputs in undergraduates across sex handedness ear-side and experimental instructions. *Percept Mot Skills* 1989; 68: 1003-1010.
121. Boles AB. Do visual field asymmetries intercorrelate? *Neuropsychologia* 1989; 27: 692-704.
122. Bryden MP, Free T, Gagne S, Groff P. Handedness effects in the detection of dichotically-presented words and emotions. *Cortex* 1991; 27: 229-235.
123. Hynd GW. Training to school psychologist in Neuropsychology: Perspectives Issues and Models. En GW Hynd, JE Obrzut, eds. *Neuropsychological assessment of the school-age child*. New York: Grune Stratton, 1981; 379-404.
124. McFarland RA, Kennison R. Handedness affects emotional valence asymmetry. *Percept Mot Skills* 1989; 68: 435-441.
125. Hicks RE, Beveridge R. Handedness and intelligence. *Cortex* 1978; 14: 304-307.
126. Levy J. Possible basis for the evolution of lateral specialization of the human brain. *Nature* 1969; 224: 614-615.
127. Miller E. Handedness and the patterns of human ability. *Br J Psychol* 1971; 62: 111-112.
128. Johnson O, Harley C. Handedness and sex differences in cognitive tests of brain laterality. *Cortex* 1980; 16: 73-82.
129. Snyder PJ, Harris LJ. Handedness sex and familial sinistrality effects on spatial tasks. *Cortex* 1993; 29: 115-134.
130. Sherman JL, Kulhavy EW, Burns K. Cerebral laterality and verbal processes. *J Exp Psychol (Hum Learn Mem)* 1976; 2: 720-727.
131. Kimura D, Vanderwolf CM. The relation between hand preference and the performance of individual finger movements by left and right hands. *Brain* 1970; 93: 769-774.
132. Hassler M, Nieschlag E. Salivary testosterone and creative musical behavior in adolescent males and females. *Dev Neuropsychol* 1991; 7: 503-521.
133. Wood CH, Aggleton JP. Occupation and handedness: an examination of architects and mail survey biases. *Can J Psychol* 1991; 45: 395-404.
134. Roberts G, Engle A. Family background development and intelligence of children 6-11 years. Cit Kinsbourne M, Hiscok M. *Cerebral lateralization and cognitive development: conceptual and methodological issues*. En Hynd GW, Obrzut JE, eds. *Neuropsychological assessment and the school-age child*. New York: Grune-Stratton, 1981; 125-166.
135. Fennell E, Satz P, Van den Abell T, et al. Visuospatial competency handedness and cerebral dominance. *Brain Lang* 1978; 5: 206-214.
136. Piccinilli M, Finali G, Sciarra T. Negative evidence of difference between right- and left handers in interhemispheric transfer information. *Neuropsychologia* 1989; 27: 1023-1026.
137. Douglas JWB, Ross JM, Cooper JE. The relationship between handedness attainment and adjustment in a national sample of school children. *Educ Res* 1967; 9: 273-232.
138. Hardyck C, Petrinovich LF, Goldman RD. Left-handedness and cognitive deficit. *Cortex* 1976; 12: 266-279.
139. Clymer PE, Silva PA. Laterality cognitive ability and motor performance in a sample of seven year olds. *J Hum Mov Studies* 1985; 11: 59-68.
140. Satz P, Fletcher JM. Left-handedness and dyslexia: an old myth revisited. *J Pediatr Psychol* 1987; 12: 291-298.
141. Newcombe FG, Ratcliff GG, Carrivick PJ, et al. Hand-preference and IQ in a group of Oxfordshire villages. *Ann Hum Biol* 1975; 2: 235-242.
142. Wellman MM. Information-processing abilities among left- and right-handed children. *Dev Neuropsychol* 1985; 1: 53-65.
143. Bathurst K, Kee DW. Finger-tapping interference as produced by concurrent verbal and nonverbal tasks: an analysis of individual differences in left-handers. *Brain Cogn* 1994; 24: 123-136.
144. Van Strien JW, Bouma A. Sex and familial sinistrality differences in cognitive abilities. *Brain Cogn* 1985; 27: 137-146.
145. Zurif E, Bryden M. Familial handedness and left-right differences in auditory and visual perception. *Neuropsychologia* 1969; 7: 179-187.
146. Burnett SA, Lane DM, Dratt LM. Spatial ability and handedness. *Intelligence* 1982; 6: 57-68.
147. Owens CG, Kelland DZ, Henry RR. Handedness gender familial sinistrality and intellectual ability as predictors of dichotic listening performance. *J Clin Exp Neuropsychol* 1989; 11: 70.
148. Weinstein S, Sersen EA. Tactual sensitivity as a function of handedness and laterality. *J Comp Physiol Psychol* 1961; 54: 665-669.
149. Semmes J. Hemispheric specialization: a possible clue to mechanism. *Neuropsychologia* 1968; 6: 11-26.
150. Geschwind N. Disconnection syndromes in animals and man. *Brain* 1965; 88: 237-294.
151. Branch C, Milner B, Rasmussen T. Intracarotid sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. *J Neurosurg* 1964; 21: 399-405.
152. Pratt RTC, Warrington EK. The assessment of cerebral dominance with unilateral ECT. *Br J Psychiatry* 1972; 121: 327-328.
153. Clyma EA. Unilateral electroconvulsive therapy: how to determine which hemisphere is dominant. *Br J Psychiatry* 1975; 126: 372-379.
154. Fleminger JJ, Bunce L. Investigation of cerebral dominance in left-handers and right-handers using unilateral electroconvulsive therapy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1975; 33: 408-411.
155. Howes D, Boller F. Simple reaction time: evidence for focal impairment from lesions of the right hemisphere. *Brain* 1975; 98: 317-332.
156. Rasmussen T, Milner B. The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. *Ann NY Acad Sci* 1977; 299: 355-369.
157. Davis AE, Wada JA. Lateralization of speech dominance by spectral analysis of evoked potentials. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1977; 40: 1-4.
158. Satz P, Bullard-Bates C. Acquired aphasia in children. En Samo MT, ed. *Acquired Aphasia*. New York: Academic Press, 1981; 399-426.
159. Loring DW, Meador KJ, Lee GP, et al. Cerebral language lateralization: evidence from intracarotid amobarbital testing. *Neuropsychologia* 1990; 28: 831-838.
160. Satz P. Pathological left-handedness: an explanatory model. *Cortex* 1972; 8: 121-135.
161. Satz P, Orsini L, Saslow E, Henry R. The pathological left-handedness syndrome. *Brain Cogn* 1985; 4: 27-46.
162. Bakan P, Dibb G, Reed P. Handedness and birth stress. *Neuropsychologia* 1973; 11: 363-366.
163. Orsini DL, Satz P. A syndrome of pathological left-handedness. Correlates of early left hemisphere injury. *Arch Neurol* 1986; 43: 333-337.
164. Levy J, Nagylaki T. A model for the genetics of handedness. *Genetics* 1972; 72: 117-128.
165. Levy J. A reply to Hudson regarding the Levy-Nagylaki model for the genetics of handedness. *Neuropsychologia* 1977; 15: 187-190.
166. Rife DC. Heredity and handedness. *Sci Mon* 1951; 73: 188-191.
167. Boklage CE. On the distribution of non-right-handedness among twins and their families. *Acta Genet Med Gemellol* 1981; 30: 167-187.
168. Shimuzi A, Endo M. Comparison of patterns of handedness between twins and singletons in Japan. *Cortex* 1983; 19: 345-352.
169. Segal NL. Origins and implications of handedness and relative birth weight for IQ in monozygotic twin pairs. *Neuropsychologia* 1989; 27: 549-561.
170. Satz P. Left-handedness and early brain insult. *Neuropsychologia* 1973; 11: 115-117.
171. O'Callaghan MJ, Burn YR, Mohay HA, et al. Handedness in extremely low birth weight infants: aetiology and relationship to intellectual abilities motor performance and behaviour at four and six years. *Cortex* 1993; 29: 629-637.
172. Galaburda AM. The testosterone hypothesis. Assessment since Geschwind and Behan 1982. *Ann Dyslexia* 1990; 40: 18-38.
173. Bryden MP, McManus IC, Bulman-Fleming MB. Evaluating the empirical support for the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization. *Brain Cognition* 1994; 26: 103-167.
174. Badian NA. Birth order maternal age season of birth and handedness. *Cortex* 1983; 19: 451-463.
175. Hicks RE, Pellegrini RJ, Evans EH. Handedness and birth risk. *Neuropsychologia* 1978; 16: 243-245.
176. Nachshon I, Denno D. Lateral preferences and birth stress. *J Clin Exp Neuropsychol* 1986; 8: 144.
177. Van Strien JW, Bouma A, Bakker DJ. Birth stress autoimmune diseases and handedness. *J Clin Exp Neuropsychol* 1987; 9: 775-780.
178. Merckelbach H, de Ruiter C, Olff M. Handedness and anxiety in normal and clinical populations. *Cortex* 1989; 25: 599-606.
179. Dellatolas G, Curt F, Lellouch J. Birth order and month of birth are not related with handedness in a sample of 9,370 young men. *Cortex* 1991; 27: 137-140.
180. Ross G, Lipper E, Auld PA. Hand preference prematurity and developmental outcome at school age. *Neuropsychologia* 1992; 30: 483-494.
181. Coren S. Left-handedness in offspring as a function of maternal age at parturition. *N Engl J Med* 1990; 322: 1673.
182. Williams CS, Buss KA, Eskenazi B. Infant resuscitation in associated with an increased of left-handedness. *Am J Epidemiol* 1992; 136: 277-286.
183. Schwartz M. Handedness prenatal stress and pregnancy complications. *Neuropsychologia* 1988; 26: 925-929.