

Lateralidad y rendimiento deportivo

Manuel A. Bejarano Bache, José Naranjo Orellana

Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

Recibido: 03.01.2014

Aceptado: 21.03.2014

Resumen

La lateralidad es un fenómeno ampliamente estudiado y cuyo origen es aún motivo de amplias controversias entre quienes le adjudican una determinación genética y un establecimiento desde los primeros momentos del desarrollo y quienes conceden un papel determinante a las circunstancias del medio y al aprendizaje.

Puesto que ambos puntos de vista no tienen por qué ser excluyentes, el deporte es un campo que puede aportar un conocimiento importante sobre la modificación de las destrezas laterales mediante el entrenamiento. Incluso, se ha descrito un fenómeno conocido como "Transferencia bilateral" que hace que el entrenamiento del miembro no dominante consiga una mejora de ejecución en el miembro dominante que no ha sido entrenado.

Por otra parte, cada vez se hace más evidente que la lateralidad del sujeto es un factor fundamental para un rendimiento deportivo óptimo, dándose el caso de que en algunos deportes una determinada lateralidad puede suponer una ventaja decisiva para la competición.

A todo ello hay que añadir que el concepto lateralidad no es único ni se refiere sólo a la predominancia de una mano o un pie en determinadas tareas, sino que existen diferentes tipos de lateralidad. Así, la predominancia lateral de un ojo sobre el otro (lo que se conoce como ojo director) adquiere una gran relevancia en la práctica deportiva y el hecho de que esta lateralidad del ojo coincida o no con la lateralidad del miembro determinante según el deporte (la mano en el tenis o el pie en el fútbol, por ejemplo). Esta combinación da lugar a deportistas homogéneos y cruzados en su lateralidad ojo-mano u ojo-pié, lo que puede tener importantes implicaciones de tipo técnico.

Palabras clave:

Lateralidad. Control motor.
Rendimiento deportivo.
Dominancia lateral.

Laterality and sports performance

Summary

Laterality is a widely studied phenomenon, whose origin is still the subject of extensive controversy between those who awarded a genetic determination and establishment from the early stages of development and those who granted a role to environmental circumstances and learning.

Since both views need not be mutually exclusive, sports is a field that can provide important knowledge about the modification of lateral predominance through training. Even a phenomenon known as "bilateral transferring" has been described. It is that the training of the nonpreferred member can get an improvement in the performance of the preferred member which has not been trained.

Moreover, it is becoming increasingly clear that the handedness of the subject is an essential for optimal athletic performance factor, giving the case that in some sports a given handedness can be a decisive advantage for racing.

To this must be added that the concept is not unique nor laterality refers only to the predominance of a hand or foot on certain tasks, but there are different types of laterality. Thus, the lateral dominance of one eye over the other (which is known as director eye) acquires great relevance in sports as well as the fact that this laterality of the eye match or not with the laterality of the determinant limb in every sport (hand at tennis or foot in football, for example). This combination results in "homogeneous" and "crossed" athletes in their eye - hand or eye - foot laterality, which may have important implications of a technical nature.

Key words:

Laterality. Motor control.
Athletic performance. Lateral
dominance.

Correspondencia: José Naranjo Orellana

E-mail: jnarore@upo.es

Introducción

El objetivo de esta revisión (no sistemática) es exponer la importancia que el estudio de la lateralidad puede tener en el campo del rendimiento deportivo.

La lateralidad se puede definir como la preferencia sistemática de utilización de uno u otro órgano par del cuerpo (ojos, oídos, manos, pies...) en las actividades de la vida diaria^{1,2} y se trata de un fenómeno existente tanto en seres humanos como en animales^{3,4}. En lo que se refiere a los humanos, diferentes hallazgos arqueológicos (herramientas y pinturas rupestres) parecen indicar que existen zurdos desde hace, al menos, un millón de años³.

El estudio de la división del cerebro en hemisferios y la asignación de diferentes funciones o modos de procesar la información despertó un gran interés por el estudio de este fenómeno. Los primeros hallazgos pueden situarse a mediados del siglo XIX con los estudios sobre la dominancia lateral del lenguaje de Paul Broca, como seguidor de la corriente de localización cerebral iniciada por Pierre Flourens⁵, y los estudios sobre la comprensión del lenguaje de Karl Wernicke⁶. No obstante, la atención de los investigadores sobre este problema fue decayendo y no volvió a cobrar interés hasta los trabajos de Ivan Pavlov⁷ sobre los hemisferios cerebrales a principios del siglo XX y, sobre todo, los estudios pioneros de R.W. Sperry⁸⁻¹⁰ sobre la división de funciones del cerebro humano, que le valieron en 1981 el premio Nobel de Fisiología y Medicina.

Las causas exactas que dan lugar a la lateralidad aún no se conocen con certeza^{11,12} incluso se ha propuesto que podrían existir diferencias en cuanto al control de tareas motrices lateralizadas y no lateralizadas¹³. Sin embargo, hay dos grandes campos de teorías, a veces irreconciliables, que defienden un origen genético o un origen ambiental para la existencia de un predominio lateral^{1,3,4,12,14-16}.

Hay bastantes trabajos científicos que muestran la lateralidad como un fenómeno determinado genéticamente¹⁷⁻²⁰ y que, básicamente, explicarían la tendencia al predominio de la lateralidad diestra por la existencia de un alelo dominante R y un alelo recesivo C, donde los homocigotos con ambos alelos C serían zurdos y el resto tenderían a ser probabilísticamente diestros. Sin embargo, hay otras teorías más complejas que explicarían la lateralidad como un fenómeno continuo debido a un solo gen CD, considerando la lateralidad zurda una variante natural o un accidente en el desarrollo²¹.

Actualmente, hay trabajos muy interesantes que concluyen que la asimetría lateral podría estar iniciada y quizás determinada por la dirección del flujo de determinados morfógenos embrionarios que se produce de izquierda a derecha. Esta acción podría estar señalizada por una proteína específica²² o por ácido retinóico²³.

Finalmente, un trabajo más reciente estudió la herencia en 1.002 familias, encontrando una asociación entre la presencia del gen LRR1M-1 (*Leucine-Rich Repeat Transmembrane 1*) por parte del padre y la destreza manual del hijo o hija²⁴.

Por otro lado, existen posturas que defienden que los factores ambientales^{14,16,25-27} influyen decisivamente en la preferencia podal y manual al considerar que el ambiente que prevalece está orientado hacia los diestros²⁸ y que el uso de la mano derecha se fomenta en la mayoría de las culturas tradicionales²⁹. Como consecuencia de todo esto, las personas

de lateralidad zurda se acomodarían a un mundo de lateralidad diestra³⁰. Estas teorías ambientales se ven apoyadas por algunos trabajos en el campo del deporte que afirman que si se incrementa la dedicación práctica con el miembro no preferido, puede reducirse la diferencia de eficacia con el miembro preferido e incluso llegar a eliminarla²⁵.

Por último, existe también una interesante explicación desde el punto de vista del neurodesarrollo, que sitúa el origen de la asimetría lateral en el desarrollo prenatal. Esta hipótesis relaciona la lateralidad con la posición del laberinto durante el último trimestre de gestación^{31,32}.

Es decir, ha existido desde hace años una controversia, que aún hoy día se mantiene, en lo referente a las causas de la lateralidad y a la posibilidad de cambio en cuanto a la preferencia lateral. Por otro lado se ha observado que no existe relación entre el sexo del sujeto y la lateralidad²⁷. Incluso en estadísticas obtenidas en poblaciones de deportistas, como en el alto rendimiento en tenis, se mantiene cierta paridad en la proporción³³.

Tipos de lateralidad

La lateralidad puede ser podal, ocular, auditiva, manual, incluso un hombro o una cadera podrían poseer su propia lateralidad. Además, al existir distintas coordinaciones entre los distintos segmentos corporales y extremidades, las lateralidades pueden variar según qué actividad realicemos, dando lugar a un concepto que puede resultar más complejo de lo que se había pensado hasta ahora. Siguiendo en esta línea, popularmente solo se presta atención a las lateralidades manual y podal pero no está muy extendida la valoración de la lateralidad ocular, por ejemplo, de la cual existen diversos tipos y que se puede definir como el ojo usado para realizar tareas de observación monoculares, tales como la observación a través del microscopio o un telescopio.

En un estudio clásico sobre lateralidad manual y ocular² se indica que en una muestra de sujetos con ojo director izquierdo, el 10,8% escribía con la mano izquierda, mientras que para el lanzamiento el porcentaje bajaba al 9,1%. El resto, por lo tanto, era diestro para esas tareas. Aún menos conocida es la lateralidad auditiva, preferencia lateral que puede ser evaluada cuando un individuo acerca un oído hacia un sonido débil.

La lateralidad manual, que es la más estudiada, presenta una frecuencia de aparición en la población del 85% para diestros, 10% para zurdos y 5% para ambidiestros¹. Sin embargo, estas proporciones no son estables ni en el tiempo ni en el espacio, variando su prevalencia según la cultura y la región³. Incluso, algunos trabajos apuntan la posibilidad de alternancias izquierda-derecha con un ritmo circadiano³⁴.

No obstante, al manejar datos estadísticos debemos tener en cuenta que en general se refieren a la lateralidad manual y que esta no es la única que define el concepto "lateralidad" global en un humano. Por otra parte, no podemos entender a la población como un concepto estable e inmóvil, sino que los datos irán variando con el desarrollo de la sociedad en que vivimos (cambios de mentalidad, interacción entre las tareas, nuevas tecnologías) que, junto con la educación y los hábitos desde la infancia, podrían afectar al desarrollo de la lateralidad manual y del resto de lateralidades parciales. Estos cambios de lateralidad se han observado en niños³⁵.

La lateralidad en la práctica deportiva

La preferencia lateral es un factor a tener en cuenta en la mayoría de los deportes y parece ser más entrenable de lo que se había creído, de forma que la mejora de la habilidad con un lado mediante la práctica, puede reducir e incluso hacer desaparecer las diferencias laterales, permitiendo cambios en el rendimiento^{14,15,28,35-42}. Si se realiza el entrenamiento del lado dominante junto con el no dominante, puede lograrse una mejora de las prestaciones de ambas extremidades entrenadas. Pero aún más notorio resulta que el entrenamiento del lado no dominante permite una mejora tanto en éste como en el dominante, pudiendo llegar a ser incluso mayor que entrenando con el lado dominante (sobre todo si el lado dominante es el zurdo). Este fenómeno fue denominado por Magill en 1993 como "transferencia bilateral"⁴³ y es un hallazgo importante para el campo del entrenamiento deportivo^{15,16,28,43}.

Haaland y Hoff¹⁵ comprobaron en 39 jugadores de fútbol de nivel competitivo entre los 15 y 21 años, que tras 8 semanas de entrenamiento específico de la técnica de golpeo con la pierna no dominante, mejoró significativamente en una serie de 3 test no solo el rendimiento con la pierna no dominante (entrenada) sino también con la dominante (no entrenada) en todos los tests. Esos hallazgos implican que el entrenamiento del otro lado del cuerpo durante un período de lesión o enfermedad podría tener un efecto sustancial sobre el lado lesionado. En la misma dirección Kumar y Mandal¹⁶ estudiaron la transferencia bilateral en 60 sujetos adultos mediante una versión electrónica del dispositivo de dibujo en espejo, donde los sujetos tenían que trazar una estrella de la forma más precisa y rápida posible. Los autores comprobaron que existía cierto aprendizaje para la extremidad que no entrenaba y hallaron mayor transferencia desde el lado no preferido al preferido que a la inversa (51,75% frente a 36,07% respectivamente).

Un aspecto de interés es el de la lateralidad cruzada, aunque en algunos campos ha estado rodeada de ciertas connotaciones negativas. Un metaanálisis de 1996¹², que analiza un gran número de trabajos sobre lateralidad manual y ocular, establece la falta de evidencia científica para sostener la opinión (extendida entre profesionales de la educación y de la psicología infantil) de que muchos de los trastornos de desarrollo y aprendizaje (por ejemplo la dislexia) surgen como resultado de la lateralidad cruzada.

En cualquier caso, con independencia de los efectos que pudiera tener o no sobre el aprendizaje y el desarrollo, las lateralidades cruzadas pueden ser favorables para determinadas acciones en algunos deportes e incluso, determinadas prácticas deportivas pueden favorecer la aparición de lateralidad cruzada.

Lateralidad y rendimiento en el deporte

Veamos una serie de hechos que apuntan la importancia de la lateralidad en el rendimiento de los deportistas.

A finales de los 80, Starosta⁴⁴ propuso que los goleadores más exitosos en fútbol son aquellos capaces de golpear el balón con los dos pies y que, por tanto, el desarrollo de la simetría izquierda-derecha debería formar parte de la preparación de los jugadores de fútbol.

Recientemente se ha demostrado que en jugadores de golf novatos que realizaran el putt hacia una cesta se pierden más pelotas hacia la derecha que hacia la izquierda³⁹, comprobándose además que existe una asociación entre la asimetría del putting y las asimetrías en las tareas de señalar a simple vista el punto medio de un segmento (test de biseción de la línea). Otro estudio sobre la desviación en diversas tareas en función de la lateralidad³⁷, concluye que al golpear un balón de fútbol entre dos postes, el golpeo tiende a desviarse de forma significativa a la derecha en los diestros y a la izquierda en los zurdos.

Se ha demostrado en un estudio que relaciona la lateralidad con las asimetrías anatómicas del pie (rango de movimiento de la articulación subtalar: inversión, eversion, flexibilidad pasiva talo-calcánea y rango total de movimiento), que existen asimetrías de fuerza (pico isocinético en la flexo extensión de rodilla) entre la pierna dominante y la contralateral en corredores de larga distancia. Estas asimetrías pueden atribuirse, según los autores, a factores biomecánicos y fisiológicos (diferencias en la adaptación neuromuscular, activación de unidades motoras y distribución de las fibras rápidas y lentas), por lo que la dominancia podría entenderse como una particularidad muy asociada a la tarea en lugar de un fenómeno general para una extremidad completa⁴⁵.

Un dato conocido es que los zurdos parecen tener una gran ventaja en deportes individuales de oposición uno contra uno como el boxeo^{3,40}. En parte, puede explicarse por un mejor control de ambas manos³ o quizás ventajas en cuanto a la localización de áreas importantes en el mismo hemisferio que controla la extremidad dominante cuando esta es la zurda^{32,40,42}. Sin embargo, no se puede ignorar la importancia de un factor sorpresa en el desempeño de la tarea ante el adversario diestro, lo que aviva la controversia entre si es la naturaleza del juego o las ventajas neurológicas la causa de este hecho.

No obstante, si pensamos en deportes de oposición, a pesar de que no sean deportes de uno contra uno, sino deportes colectivos, observaremos que existen acciones en el juego que podrían catalogarse perfectamente como acciones uno contra uno.

Es el caso del fútbol y el baloncesto entre otros. En ellos, una acción en la que un jugador conduce el balón ante una serie de adversarios que han estudiado sus acciones típicas y en mayor o menor medida automatizadas previamente en base a su lateralidad, cambia radicalmente si ésta ha sido modificada permitiéndole realizar inesperadamente nuevos movimientos en base a una mejora de la lateralidad no dominante para la tarea, lo que puede determinar una ventaja considerable.

Un deporte en el que esta situación está bastante estudiada es el tenis. Holtzen⁴⁶ observó que mientras que los zurdos constituyen un 10% de la población, el número 1 del ranking ATP ha estado ocupado por un zurdo el 33% del tiempo en las últimas 3 décadas y el 38% en cuanto a las mujeres. Además, un 22% y un 19% respectivamente han sido finalistas en torneos de Grand Slam. Esta observación supone la existencia de algún tipo de ventaja por parte de los zurdos en lo referente al tenis.

En este sentido, observaciones realizadas por Paul Dorochenko⁴¹ indican que si, en vez de la dominancia manual, consideramos el hecho de ser cruzados entre ojo y mano, entonces esta característica estaría presente prácticamente en todos los tenistas que han ocupado el top-ten de la ATP. Estas observaciones de Dorochenko se basan en una dilatada experiencia con tenistas de élite en los que puede constatar una relación directa entre su lateralidad y el tipo de juego.

Así, los principales tenistas del top-ten, por ejemplo, Roger Federer o Rafael Nadal, son cruzados; diestro de mano zurdo de ojo el primero y al revés el segundo. Esta situación, según Dorochenko, proporciona una gran ventaja en el juego directo en la pista mientras que dificulta el revés; sin embargo, un jugador homogéneo de ojo y mano tendría mayor ventaja en el golpe de revés.

Holtzen apoya sus observaciones sobre la teoría de que, al encontrarse controladas las funciones motoras, atencionales y espaciales por el hemisferio derecho, los zurdos tendrían una ventaja en dichas funciones que determinan en gran parte la habilidad en el tenis. Desde su punto de vista, esto sería una ventaja visuo-espacial innata^{33,36}. Sin embargo, esta teoría resulta controvertida ya que puede haberse dado la coincidencia de que hayan aparecido pocos zurdos de un nivel excepcional (o al menos muy superior a los diestros coincidentes en sus épocas) que han copado durante muchas temporadas el primer lugar del ranking ATP. Por otra parte, se discute a esta teoría que se fundamente demasiado en la teoría de la localización cortical⁵ ya que las funciones visuo-espaciales se encuentran mediadas por ambos hemisferios⁴⁷.

Hagemann estudió en 2009 este problema en 108 sujetos divididos en 3 grupos: 36 tenistas experimentados, 36 tenistas de nivel medio y 36 personas sin experiencia en tenis. Cada grupo estaba dividido a su vez en 18 diestros y 18 zurdos. Los sujetos tenían que visualizar en una cinta de video 96 golpes de tenis que se detenían justo en el momento del contacto con la bola, debiendo predecir la posición del campo hacia la que la pelota se dirigiría y en qué punto rebotaría. La serie estaba formada por 48 golpes que se repetían invirtiéndolos en modo espejo mediante un software específico. El autor concluye que el golpeo proveniente del diestro era más fácil de predecir, pero no establece si las causas eran debidas al factor experiencia o frecuencia de exposición o por el contrario podía atribuirse a la existencia de algún mecanismo en el cerebro que otorgue alguna ventaja visuo-espacial a los zurdos o una desventaja a la hora de reconocer y predecir el movimiento de los zurdos⁴⁸.

Koch y Bozzali⁴² realizaron en 2001 un interesante estudio de dichas funciones visuo-espaciales implicadas en el tenis (y por consiguiente en otros deportes interactivos) a través de 5 experimentos sobre 22 sujetos con un rango de edad comprendido entre los 21 y 36 años. Utilizaron estimulación magnética transcranial (TMS) sobre las áreas motoras registrando los potenciales motores evocados (MEPs) correspondientes a cada mano. Estudiaron la asimetría atencional mediante el test de bisección de la línea y obtuvieron información anatómica detallada sobre las vías de la sustancia blanca que median la interacción neurofisiológica mediante la adquisición de imágenes con tensor de difusión (DTI), un tipo de resonancia magnética que permite la reconstrucción in vivo de los paquetes de fibras de sustancia blanca y su dirección (la difusión del agua en dicha dirección es la que permite la reconstrucción en imágenes del tejido).

Los autores observaron que dichas funciones visuo-espaciales parecen estar mediadas preferentemente por el hemisferio derecho, ya que detectaron la existencia de cierta actividad inhibitoria desde la corteza postero-parietal derecha sobre el área contralateral homóloga y no a la inversa, sobre todo a una intensidad baja (50-70 % del Umbral de Reposo Motor Ipsilateral o RMT). Esta inhibición parietal interhemisférica al 70% del RMT correlaciona con la precisión en el test de bisección de la línea ($r=0,62$, $p<0,013$) cuando dicha inhibición proviene desde la corteza postero parietal derecha pero no desde la izquierda.

Como se puede ver, hay bastantes trabajos que ponen de manifiesto la importancia del predominio lateral en el deporte aunque aún no exista un cuerpo sólido de conocimiento que nos permita utilizar estas ventajas para una mejora clara del rendimiento.

Cómo determinar la lateralidad

Es fácil determinar el lado dominante para el ojo, hombros, mano, caderas, piernas y pies. Siguiendo las indicaciones de Dorochenko⁴¹, podemos proceder de la siguiente manera:

- *Ojo director*: Sujetar con los brazos extendidos una hoja de papel con un agujero en el centro de 0,5 cm de diámetro. Se enfoca con ambos ojos abiertos y a través del agujero un objeto situado a dos o tres metros de distancia. Se cierra alternativamente uno y otro ojo sin mover la posición de la hoja. El ojo director es el que mantiene la visión de objeto cuando el otro está cerrado.
- *Hombro dominante*: Colocar al sujeto de cara a una pared con los brazos extendidos y las manos apoyadas en ella. Se le lanza un objeto desde detrás (por ejemplo una pelota) con una voz de aviso a la cual debe girar para atrapar el objeto. Si el sujeto gira por su izquierda, el hombro dominante es el derecho y a la inversa.
- *Mano*: Es aquella con la que escribimos, comemos y realizamos las tareas principales de la vida diaria.
- *Cadera dominante*: De pie, con los pies separados y las manos en la cintura. Se pide al sujeto que salte girando para tratar de realizar un giro completo de 360°. Si se obtiene el giro más completo y equilibrado por el lado izquierdo, la cadera dominante es la derecha y a la inversa.
- *Pierna dinámica*: Es la pierna que elevamos cuando realizamos un salto a tijera. También es la pierna con la que pisamos espontáneamente si queremos aplastar algo.
- *Pie director*: Es el pie con el que se golpea una pelota para chutar con mayor precisión.

Bibliografía

1. Chevalier N, Bolduc G, Abi Nader L, Rigal R. *L'éducation Motrice et L'éducation Psychomotrice au Préscolaire et au Primaire*. Montréal. Presses de l'Université du Québec; 2009.
2. McManus IC, Porac C, Bryden MP, Boucher R. Eye-dominance, Writing Hand, and Throwing Hand. *Lateralidad*. 1999;4(2):173-92.
3. Gutwinski S, Löscher A, Mahler L, Kalbitzer J, Heinz A, Bempohl F. Understanding left-handedness. *Dtsch Arztebl Int*. 2011;108(50):849-53. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0849.
4. Ramírez Sánchez M, Alba Araguez F. Bases biológicas de la asimetría cerebral. *Revista de Psicología General y Aplicada*. 1993;46(1):33-43.
5. Tizard B. Theories of brain localization from Flourens to Lashley. *Med Hist*. 1959;3(2):132-45.
6. Wernicke C. The aphasic symptom-complex: A psychological study on an anatomical basis. *Arch Neurol*. 1970;22(3):280-2. DOI:10.1001/archneur.1970.00480210090013
7. Pavlov IP. *Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex*. New York. Dover Publications Inc.; 2003. (Edición original: Londres. Oxford University Press; 1927).
8. Sperry RW. Cerebral Organization and Behavior: The split brain behaves in many respects like two separate brains, providing new research possibilities. *Science*. 1961;3466(133):1749-57. Reimpresión disponible en: <http://people.uncw.edu/puente/sperry/sperrypapers/60s/85-1961.pdf> (Consultado 30-12-2013).
9. Sperry RW. Lateral specialization in the surgically separated hemispheres. In Schmitt F, Worden F (Eds.). *Third Neurosciences Study Program*. Cambridge. MIT Press, 1974;3:5-19. Reimpresión disponible en: <http://people.uncw.edu/puente/sperry/sperrypapers/70s/180-1974.pdf> (Consultado 30-12-2013).

10. Sperry RW, Gazzaniga M, Bogen JB. Interhemispheric relationships: The neocortical commissures; syndromes of hemisphere disconnection. En: Vinken PJ, Bruyn GW (Eds.). *Handbook of Clinical Neurology*. Amsterdam. North-Holland Publishing Co., 1969;4:273-90. Reimpresión disponible en: <http://people.uncw.edu/puente/sperry/sperrypapers/60s/144-1969.pdf> (Consultado 30-12-2013).
11. Vallortigara G, Rogers LJ. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behav Brain Sci*. 2005;28:575-633.
12. Bourassa DC, McManus IC, Bryden MP. Handedness and Eye-dominance. A Meta-analysis of Their Relationship. *Laterality*. 1996;1(1):5-34.
13. Kalaycıoglu C, Kara C, Atbasoglu C, Nağcıci E. Aspects of foot preference. Differential relationships of skilled and unskilled foot movements with motor asymmetry. *Laterality*. 2008;13(2):124-42.
14. Bilbao A, Oña A. La lateralidad motora como habilidad entrenable. Efectos del aprendizaje sobre el cambio de tendencia lateral. *Revista Motricidad*. 2000;6:7-27.
15. Haaland E, Hoff J. Non dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13:179-84.
16. Kumar S, Mandal MK. Bilateral transfer of skill in left and right handers. *Laterality*. 2005;10(4):337-44.
17. Levy J, Nagylaki T. A model for the genetics of handedness. *Genetics*. 1972;72:117-28.
18. Laland KN, Kumm J, Van Horn JD, Feldman MW. A gene-culture model of human handedness. *Behav Genet*. 1995;25:433-45.
19. Yeo RA, Gangestad SW, Thoma RJ, Shaw PK, Repa K. Developmental instability and cerebral lateralization. *Neuropsychol*. 1997;11:552-61.
20. McManus I C. Handedness, language dominance and aphasia: a genetic model. *Psychol Med*. 1985;8:1-40.
21. Annet M. Handedness and cerebral dominance: The right shift theory. *J Neuropsych Clin N*. 1998;10(4):459-69.
22. Gunhaga L, Jessell T, Edlund T. Sonic hedgehog signaling at gastrula stages specifies ventral telencephalic cells in the chick embryo. *Development*. 2000;127:3283-93.
23. Tanaka Y, Okada Y, Hirokawa N. FGF-induced vesicular release of Sonic hedgehog and retinoic acid in leftward nodal flow is critical for left-right determination. *Nature*. 2005;435(7039):172-7.
24. Francks C, Maegawa S, Laurén J. LRRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Molecular Psychiatry*. 2007;12:1129-39. doi:10.1038/sj.mp.4002053
25. Teixeira LA, Silva MVM, Carvalho M. Reduction of lateral asymmetries in dribbling. The Role of Bilateral Practice. *Laterality*. 2003;8(1):53-65.
26. Van Mier HI, Perlmutter JS, Petersen SE. Functional Changes in Brain Activity During Acquisition and Practice of Movement Sequences. *Motor Control*. 2004;8:500-20.
27. Judge J, Stirling J. Fine motor skill performance in left and right handers. Evidence of an advantage for left handers. *Laterality*. 2003;8(4):297-306.
28. Bell J, Gabbard C. Foot preference changes through adulthood. *Laterality*. 2000;5:63-8.
29. Dahmen R, Fagard J. The effect of explicit cultural bias on lateral preferences in Tunisia. *Cortex*. 2005;41(6):805-15.
30. Coren S, Halpern DF. Left-handedness: a marker for decreased survival fitness. *Psychol Dec*. 1991;27(4):605-11.
31. Previc FH. A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychol Rev*. 1991;98:299-334.
32. Gabbard C, Hart S. A question of foot dominance. *J Gen Psychol*. 1996;123(4):289.
33. Engquist E. The upper hand: a new study confirms it - southpaws have the stroke of champions. *Tennis Apr*. 2001;37(3):99-100.
34. Gueugneau N, Papaxanthis C. Time-of-day effects on the internal simulation of motor actions: psychophysical evidence from pointing movements with the dominant and non-dominant arm. *Chronobiol Int*. 2010;27:620-39.
35. Mayolas Pi MC. Valoración de la lateralidad y su evolución en el período de 2 años. *Movimiento humano*. 2011;1:27-41.
36. Dörge HC, Bullandersen T, Sorensen H, Simonsen EB. Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg. *J Sports Sc*. 2002;20:293-9.
37. Nicholls MER, Loetscher T, Rademacher M. Miss to the Right: The Effect of Attentional Asymmetries on Goal-Kicking. *PLoS ONE*. 2010; 5(8): e12363.
38. Palau JM, López-Montero M, López-Botella M. Relación entre eficacia, lateralidad, y zona de lanzamiento del penalti en función del nivel de competición en el fútbol. *Int J Sport Sci*. 2010;19(6):154-65.
39. Roberts R, Turnbull OH. Putts that get missed on the right. Investigating lateralized attentional biases and the nature of putting errors in golf. *J Sports Sci*. 2010;28(4):369-74.
40. Wood CJ, Aggleton JP. Handedness in fast ball sports. Do lefthanders have an innate advantage? *Br J Psychol*. 1989;80:227-4.
41. Dorochenko P. *El ojo director*. Paul Dorochenko Ed. (edición kindle, Amazon.es), 2013.
42. Koch G, Bozzali M. Asymmetry of parietal interhemispheric connections in humans. *J Neurosci*. 2011;31(24):8967-75.
43. Magill RA. *Motor Learning: concepts and applications*. Iowa. Wm C Brown 4ªEd; 1993.
44. Starosta W. Symmetry and asymmetry in shooting demonstrated by elite soccer players. In: *Science and Football*. London. E & FN Spon; 1988.
45. Vagenas G, Hoshizaki B. Functional Asymmetries and Lateral Dominance in the Lower Limbs of Distance Runners. *Int J Sport Biomechanics*. 1991;7:311-29.
46. Holtzen DW. Handedness and professional tennis. *Int J Neurosci*. 2000;105:101-19.
47. Abernethy B, Mann D. Dual pathways or dueling pathways for visual anticipation? A response to van der Kamp, Rivas, van Doorn & Savelsbergh. *Int J Sport Psychol*. 2008; 39:136-41.
48. Hagemann N. The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attent Percept Psychophys*. 2009;71(7):1641-8. doi:10.3758/APP.71.7.1641.