

Asimetrías Cerebrales

Brain Asymmetries

Fernanda Aguilar Cobeña^{1*}, Vanessa Moreira Cantos¹, Katherin Guillín Villagran¹

¹ Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador

*fernanda.aguilar@cu.ucsg.edu.ec



Recibido: 5 de enero de 2022

Aceptado: 10 de marzo de 2022

Resumen

Introducción: Las asimetrías funcionales se relacionan en gran medida con la localización del lenguaje receptivo, comprensivo y expresivo en el hemisferio cerebral izquierdo y con los atributos aritméticos, espaciales y otros receptivos en el hemisferio cerebral derecho. Las asimetrías anatómicas son numerosas e incluyen el tamaño y la forma general de los dos hemisferios, los patrones girales/sulcales, las distancias de longitud, anchura y altura, la protuberancia anteroposterior (petalia) de los hemisferios, así como una variedad de estructuras regionales de materia gris y blanca. **Objetivo:** El presente estudio tiene como objetivo principal investigar acerca de las asimetrías cerebrales en los humanos. **Método:** Se realizó una búsqueda en las principales bibliotecas online como los son Elsevier, PubMed, DOAJ, SpringerLink, etc. **Resultados:** Una vez iniciada la búsqueda utilizamos los criterios de inclusión y exclusión, de ahí se revisaron individualmente cada artículo con el fin de valorar posibles sesgos. Las ventajas teóricas de la lateralización se han planteado incluyendo: (i) aumento de la capacidad del cerebro para realizar múltiples tareas simultáneamente; (ii) evitar la duplicación innecesaria de funciones y, por tanto, maximizar el espacio disponible para el tejido neural; (iii) aumento de la velocidad de procesamiento debido a la reducción de la comunicación interhemisférica a través del cuerpo calloso; y (iv) prevención del inicio de respuestas incompatibles en los dos hemisferios. **Conclusiones:** Aunque las asimetrías centrales pueden ser manipuladas por insultos crónicos como el estrés o el dolor periférico lateralizado, todavía se requiere de estudios que incluyan manipulaciones longitudinales y/o agudas de la función.

Palabras clave: asimetrías cerebrales, corteza cerebral, genes, dominio cerebral .

Abstract

Introduction: Functional asymmetries are largely related to receptive, comprehensive and expressive language localization in the left cerebral hemisphere and to arithmetic, spatial and other receptive attributes in the right cerebral hemisphere. The anatomical asymmetries are numerous and include the overall size and shape of the two hemispheres, the gyral/sulcal patterns, the length, width and height distances, the anteroposterior protrusion (petalia) of the hemispheres, as well as a variety of regional gray and white matter structures. **Objective:** The main objective of the present study was to investigate brain asymmetries in humans. **Method:** A search was carried out in the main online libraries such as Elsevier, PubMed, DOAJ, SpringerLink, etc. **Results:** Once the search was initiated, we used the inclusion and exclusion criteria, and then each article was reviewed individually in order to assess possible biases. The theoretical advantages of lateralization have been proposed to include: (i) increasing the brain's ability to perform multiple tasks simultaneously; (ii) avoiding unnecessary duplication of functions and thus maximizing the space available for neural tissue; (iii) increasing processing speed due to reduced interhemispheric communication through the corpus callosum; and (iv) preventing the onset of incompatible responses in the two hemispheres. **Conclusions:** Although central asymmetries can be manipulated by chronic insults such as stress or lateralized peripheral pain, studies that include longitudinal and/or acute manipulations of function are still required.

Key words: cerebral asymmetries, cerebral cortex, genes, cerebral dominance .

1 Introducción

Las asimetrías funcionales y anatómicas del cerebro humano se han documentado durante más de un siglo, y al menos los componentes morfológicos son ahora evidentes incluso en fetos de tan sólo 20 semanas de gestación. Las asimetrías funcionales se relacionan en gran medida

con la localización del lenguaje receptivo, comprensivo y expresivo en el hemisferio cerebral izquierdo y con los atributos aritméticos, espaciales y otros receptivos en el hemisferio cerebral derecho. Las asimetrías anatómicas son numerosas e incluyen el tamaño y la forma general de los dos hemisferios, los patrones girales/sulcales, las distancias

de longitud, anchura y altura, la protuberancia anteroposterior (petalia) de los hemisferios, así como una variedad de estructuras regionales de materia gris y blanca.¹

Las primeras investigaciones se llevaron a cabo en cerebros inmaduros y adultos en la autopsia y en endofases derivadas de cráneos postmortem, mientras que los estudios más recientes se realizaron utilizando la tomografía computarizada (TC). Las investigaciones más sofisticadas utilizaron imágenes de resonancia magnética (RM) y el procesamiento de la adquisición posterior a la exploración para visualizar y luego cuantificar las variaciones regionales interhemisféricas de tamaño y forma. Se ha asumido que las asimetrías se vuelven más prominentes a medida que el cerebro se agranda y madura, aunque la naturaleza de estos cambios durante el desarrollo postnatal aún no se ha examinado en detalle.² Las asimetrías hemisféricas cerebrales que se producen en el cerebro humano son complejas. No sólo hay diferencias en las dimensiones lineales, sino que existe una torsión o flexión de los dos hemisferios, conocida como torsión de Yakovlevia. El lóbulo occipital izquierdo se desplaza hacia atrás y a través de la línea media y sesga la fisura interhemisférica en dirección a la derecha. Dada la distorsión, es importante que tanto la fisura interhemisférica frontal como la occipital se identifiquen con precisión para obtener una anchura hemisférica cerebral exacta. El par de Yakovleviano, con sus protuberancias frontales derechas y occipitales izquierdas asociadas, suele ser lo suficientemente pronunciado como para dejar impresiones en la superficie interna del cráneo, es decir, los petalios.³

Existe un acuerdo generalizado de que los cerebros humanos adultos presentan diferencias hemisféricas cerebrales en múltiples dimensiones. Especialmente entre los varones diestros, el lóbulo frontal del hemisferio cerebral derecho y el lóbulo occipital del hemisferio izquierdo son más conspicuos que sus respectivos homólogos izquierdos o derechos. Las diferencias incluyen variaciones de longitud, anchura y área, así como de volumen global y de materia gris. Estas prominencias se dan en el 60-80% de los varones que son diestros y son menos frecuentes en los zurdos y en las mujeres. Las típicas petalias frontales derechas y occipitales izquierdas se dan en la mayoría de los varones diestros y son algo menos frecuentes en los zurdos y en las mujeres.⁴

El presente estudio tiene como objetivo principal investigar acerca las asimetrías cerebrales en los humanos. Además, también nos enfocaremos en conocer cuál es la asimetría que se presenta con mayor incidencia y que asimetrías podemos encontrar en diferentes enfermedades de salud mental.

2 Metodología

Se realizó una búsqueda en las principales bibliotecas online como los son Elsevier, PubMed, DOAJ, Springer-Link, etc. Se realizó la búsqueda mediante palabras claves, las cuales fueron las siguientes: “asimetría cerebral”, “genes”, “hemisferios cerebrales” y “enfermedades mentales”.

Una vez iniciada la búsqueda utilizamos los criterios de inclusión y exclusión, dentro de los criterios de inclusión tenemos los siguientes mencionados:

- Artículos en inglés y español
- Artículos publicados desde el 2015 en adelante
- Artículos observacionales, experimentales, metaanálisis y revisiones sistémicas o de literatura.

Dentro de los criterios de exclusión empleados tenemos:

- Cartas al editor o cartas con opinión de los autores
- Artículos que no se hayan podido conseguir el abstract o el artículo completo
- Artículos sin DOI o que no estén indexados a una revista internacional reconocida
- Artículos que poseen riesgo de sesgo alto o que tengan sesgo de cualquier tipo valorado mediante el Cochrane Handbook
- Artículos que hayan sido retirados por las revistas o por los propios autores

Una vez encontrados los artículos fueron revisados uno por uno buscando posibles sesgos o información incompleta. El siguiente paso que se aplicó fue separar los artículos según su tipo de diseño, ya que esto nos permitirá tener un mejor orden al momento de estar redactando los diferentes apartados de la investigación. Finalmente, se realizó una revisión final tanto a los artículos como a la investigación en busca de posibles errores ya sean gramaticales o de sintaxis.

3 Resultados

3.1 Ventajas e inconvenientes de la lateralización

La explicación evolutiva de las asimetrías puede ser adaptativa. Este parece ser el caso de los chimpancés, en los que los individuos con una mayor preferencia individual por las manos para la pesca de termitas parecen ser más eficientes en esta tarea, de las palomas y los polluelos, cuya mayor asimetría visual proporciona una ventaja en la discriminación de los granos de los guijarros, y de los peces, cuya lateralización está asociada a una mejor reorientación espacial y que muestran una mayor lateralización en zonas de alta frente a las de baja depredación. Las ventajas teóricas de la lateralización se han planteado incluyendo: (i) aumento de la capacidad del cerebro para realizar múltiples tareas simultáneamente; (ii) evitar la duplicación innecesaria de funciones y, por tanto, maximizar el espacio disponible para el tejido neural; (iii) aumento de la velocidad de procesamiento debido a la reducción de la comunicación interhemisférica a través del cuerpo calloso; y (iv) prevención del inicio de respuestas incompatibles en los dos hemisferios.⁵ Por otro lado, la simetría también puede conferir beneficios, facilitando la coordinación izquierda-derecha en conductas como la natación y las asimetrías pueden traer desventajas. La asimetría conductual en cuanto a la dirección de la huida puede aumentar la predictibilidad y hacer que los animales sean más susceptibles al ataque de los depredadores, mientras que las asimetrías centrales extremas asociadas a la disminución de la plasticidad pueden hacer que los

individuos sean más vulnerables a las consecuencias de las lesiones unilaterales.⁶

3.2 Factores ambientales y genéticos

Geschwind y Galaburda, propusieron que el desarrollo de la zurdera se asociaba a un aumento in utero de los niveles de testosterona y/o a una mayor sensibilidad a su acción, lo que aumentaría la probabilidad de lateralización atípica en los fetos masculinos. De hecho, un estudio longitudinal determinó que en niños adolescentes (pero no en niñas), una interacción de los niveles de testosterona prenatales y puberales se asociaba con la lateralización funcional de las tareas de rotación mental y caras quiméricas. Por otra parte, otros autores, sin descartar la influencia genética en el desarrollo de la lateralidad, la influencia ambiental durante la infancia, como la estimulación de los padres, desempeñaría un papel determinante.⁷

3.3 Asociaciones con la lateralidad cerebral

3.3.1 Materia gris

Las asociaciones de la lateralidad y las asimetrías estructurales se han evaluado exhaustivamente y, de hecho, algunos autores informan de efectos, incluida la disminución de la asimetría del planum temporale (PT) o del cerebelo en los sujetos no diestros. Por otro lado, varios estudios que utilizan grandes cohortes no apoyan esta noción, al no encontrar efectos de la lateralidad en la asimetría estructural de la materia gris.⁷

3.3.2 Tramos de materia blanca

Los estudios han demostrado que la dirección de la lateralidad no está asociada con las asimetrías de los tractos de la materia blanca en la extremidad posterior de la cápsula interna, el fascículo arqueado, el cuerpo caloso, el tracto corticoespinal o el pedúnculo cerebeloso superior. Por otra parte, los zurdos han mostrado una mayor asimetría hacia la derecha del fascículo longitudinal superior en comparación con los diestros. Además, Propper y sus colegas demostraron que los individuos consistentemente diestros tienen una mayor asimetría del fascículo arcuato, independientemente de la dirección de la preferencia de la mano, lo que pone de relieve la importancia de evaluar la lateralidad como una variable continua, en lugar de binaria.¹

3.3.3 Redes en estado de reposo

Se ha demostrado una mayor conectividad funcional en los diestros que en los zurdos entre el córtex motor primario izquierdo y el córtex premotor dorsolateral derecho. De hecho, este grupo de conectividad es capaz de contribuir a la clasificación de la lateralidad individual con una precisión del 86,2%. Los zurdos también parecen tener una mayor probabilidad de mostrar una conectividad intrahemisférica atípica: mientras que el grupo de conectividad típica constituido por otros autores comprendía una proporción 1:1 de diestros y zurdos, el grupo atípico tenía 10 veces

más zurdos que diestros. Además, se ha descrito que la lateralización derecha de las redes de atención es mayor en los diestros que en los zurdos.⁸

3.3.4 Función relacionada con la tarea

Clásicamente se ha asociado la lateralidad con la dominancia del lenguaje. Algunos autores⁹ han evaluado estas diferencias y han determinado que la dominancia izquierda para el lenguaje se da en el 88% de los diestros, pero también en el 78% de los zurdos. Otros patrones incluyen la ausencia de lateralización para el lenguaje (el 12% de los diestros y el 15% de los zurdos) y la lateralización derecha, que sólo se encontró en los zurdos (7%). Se han descrito resultados similares en otras cohortes, incluyendo una población de gemelos monocigóticos adultos discordantes para la lateralidad, en la que se encontró que los individuos zurdos estaban menos lateralizados a la izquierda para los procesos verbales que sus hermanos diestros. Además, en los diestros, el grado de lateralidad ha demostrado modular la lateralidad durante la comprensión de frases. El rendimiento en la tarea semántica también ha puesto de manifiesto las diferencias en la conectividad de los diestros: los zurdos muestran conexiones interhemisféricas relativamente más altas, una mayor conectividad efectiva entre la circunvolución occipital media derecha y la ínsula bilateral y una menor conectividad efectiva entre la ínsula izquierda y la circunvolución precentral izquierda. También la discriminación de caras parece estar mediada por la lateralidad. Mientras que la mayoría de las regiones están lateralizadas hacia la derecha independientemente de la lateralidad, el área facial fusiforme, que normalmente se describe como mostrando un sesgo hacia la derecha en la población general, muestra una pequeña asimetría hacia la izquierda en los zurdos.¹⁰

3.3.5 Asociaciones con el comportamiento y la cognición

La asociación entre la lateralidad y la cognición se ha planteado como hipótesis desde hace mucho tiempo. Sin embargo, los estudios en esta materia son dispersos en cuanto a la capacidad cognitiva evaluada, el balance de zurdos/derechos/mixtos y el método de evaluación de la lateralidad. Por lo tanto, los resultados deben considerarse con precaución. Aquí, no discutiremos las habilidades cognitivas que, hasta donde sabemos, sólo han sido reportadas una vez.¹¹

3.3.6 Capacidad verbal

Un amplio estudio en niños de once años ha determinado que los niños ambidiestros tienen habilidades relativamente más débiles en la inferencia verbal y no verbal, y en la comprensión lectora. También muestran un rendimiento ligeramente inferior en las pruebas escolares. En menor medida, los diestros fuertes también muestran déficits en la capacidad verbal. Por otra parte, se ha observado una correlación positiva entre la lateralidad incoherente y el aprendizaje del vocabulario de una lengua extranjera en adultos.⁷

3.3.7 Memoria

Aunque se ha informado de que los zurdos muestran puntuaciones más bajas en la memoria de trabajo que los diestros, la mayor parte de la bibliografía muestra los efectos de la lateralidad inconsistente frente a la consistente. De hecho, los diestros mixtos han mostrado una ventaja en la memoria episódica, que no parece extenderse a la memoria de trabajo.⁷

3.4 Asimetrías estructurales

Las asimetrías estructurales pueden encontrarse a diferentes niveles en el cerebro. Se trata de asimetrías a nivel macroestructural (volumen o grosor) y microestructural (número de células, empaquetamiento celular, arborización dendrítica o densidad de espinas). Las asimetrías macroestructurales de la materia gris pueden evaluarse mediante métodos volumétricos o de grosor cortical.

3.4.1 Volumen de la materia gris

Dentro de las evaluaciones volumétricas, los métodos de segmentación y las referencias de atlas asociadas a los enfoques basados en regiones de interés (ROI) varían según el estudio, lo que aumenta la dificultad de la sistematización. Debido a que los enfoques basados en ROI y morfometría basada en voxel (VBM) han sido reportados para obtener resultados concordantes

3.4.2 Hemisferio completo

Se ha informado que el volumen total del hemisferio derecho es mayor que el izquierdo. La asimetría de la materia gris total del hemisferio, independiente del lado, muestra una asociación con la memoria de trabajo en la prueba de dígitos. Esta asociación está mediada por la educación, siendo positiva y negativa en los individuos con mayor y menor nivel educativo, respectivamente.¹²

3.4.3 Torsión y petalias

Una de las asimetrías mejor descritas es el par de Yakovlevian. Ésta se define como ampliaciones frontal y occipital lateralizadas que inducen un efecto de torsión en sentido contrario a las agujas del reloj, con los lóbulos frontal derecho y occipital izquierdo sobrepasando la línea media. Estos lóbulos también sobresalen hacia adelante y atrás respectivamente y crean impresiones en el interior del cráneo denominadas petalias. En conjunto, estas asimetrías conducen a un aumento de los volúmenes en el lóbulo ampliado correspondiente. Se cree que estas asimetrías son exclusivamente humanas, ya que un estudio reciente no pudo encontrar características similares en los chimpancés.⁸

3.4.4 Planum Temporale

El PT, situado en el área de Wernicke, presenta una impresionante asimetría hacia la izquierda. De hecho, en algunos estudios se ha señalado que el PT izquierdo es hasta diez veces mayor que el derecho. Esta diferencia

izquierda-derecha no muestra asociación con la dominancia del lenguaje ni con el rendimiento léxico (PT total). Sin embargo, la asimetría sí presenta una relevancia funcional, como demuestran los músicos con afinación perfecta, que presentan un sesgo más alto debido sobre todo a una reducción del volumen derecho, en lugar de un aumento del izquierdo.

3.4.5 Giro temporal transversal (de Heschl)

La circunvolución de Heschl (HG) alberga la corteza auditiva primaria. La mayoría de la literatura informa de asimetrías hacia la izquierda en términos de volumen, aunque otros no encontraron diferencias izquierda/derecha. En cuanto a la cognición, no se han encontrado asociaciones entre la asimetría de la circunvolución temporal transversal y el aprendizaje y la memoria, la atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva/la inhibición de la respuesta, la fluidez verbal o el estado de ánimo depresivo. Sin embargo, se ha sugerido una función diferencial izquierda/derecha.¹³ Algunos autores han demostrado que el volumen del HG izquierdo, pero no el derecho, está positivamente correlacionado con el grado de activación del mismo hemisferio durante los estímulos auditivos de cambio rápido, mientras que la correlación derecha, pero no la izquierda, se observa con los estímulos auditivos espectralmente complejos. También de acuerdo con estos datos, Corbelli et al. demostraron que los individuos con mayores dificultades en el aprendizaje del tono lingüístico, es decir, la utilización de patrones de tono para distinguir el significado de las palabras, presentan una disminución del volumen del HG izquierdo (nótese que el tono está determinado por la frecuencia del tono y, por tanto, estos datos están en consonancia con el estudio antes mencionado).¹⁰

3.4.6 Corteza frontal superior

La corteza frontal superior suele presentar un volumen izquierdo>derecho (L>R). Esteves et al. hallaron una asociación mediada por el sexo de la lateralidad frontal superior y el aprendizaje y la memoria en la prueba de recuerdo selectivo. En las mujeres, el volumen L>R se asocia con un mejor rendimiento en la tarea, mientras que esta correlación se invierte (aunque no es significativa) en los hombres.⁵

3.4.7 Grosor cortical

La evaluación del grosor cortical, en comparación con los análisis de volumen, tiende a seguir líneas similares, facilitando la sistematización. Al juxtaponer los mapas de las asimetrías, parece claro que la corteza frontal mesial es la asimetría hacia la izquierda más prevalente. Se ha informado de un grosor R>L en el área occipital mesial, que a menudo se extiende a regiones temporales mesiales y parietales. Las regiones frontales laterales también se describen generalmente como lateralizadas, aunque la dirección de la lateralización no está clara, habiéndose informado de asimetrías tanto hacia la izquierda como hacia la derecha. Por otro lado, cuando se evalúan los factores asociados a

estas asimetrías de grosor cortical, como el sexo, la edad o los efectos cognitivos, los datos se vuelven escasos. No obstante, en lo que respecta al sexo, los datos de los pocos informes disponibles son algo concordantes. Hombres y mujeres muestran un patrón similar de asimetrías, aunque éstas tienden a ser más pronunciadas en los hombres que en las mujeres. Se puede encontrar cierta especificidad regional, ya que las mujeres muestran una mayor/menor asimetría hacia la izquierda del temporal inferior.⁸

En lo que respecta a las asociaciones relacionadas con la edad, se ha informado de una disminución del grosor hacia la derecha en la superficie lateral, lo que provoca un aumento de la asimetría hacia la izquierda, en asociación con un aumento de la asimetría hacia la izquierda de la circunvolución temporal superior. Del mismo modo, se ha encontrado una disminución del grosor hacia la izquierda de la superficie mesial, lo que conlleva un aumento de su sesgo hacia la derecha

4 Discussion

Los resultados revelaron importantes diferencias interhemisféricas tanto en el grosor cortical regional como en la superficie y relacionaron algunas de estas asimetrías con el sexo, la edad y la VCI. La condición de mano no se asoció significativamente con las asimetrías corticales.¹⁴ El muestreo de las influencias genéticas revela la complejidad de las interrelaciones entre las asimetrías de los órganos internos, las asimetrías cerebrales, el lenguaje y trastornos específicos como la dislexia y la esquizofrenia. Estas interrelaciones dan relativamente pocos indicios de causalidad. Por ejemplo, el hallazgo repetido de que se pueden discernir influencias genéticas entre los disléxicos, pero no entre las poblaciones no disléxicas, nos informa poco sobre la base genética de la dislexia en sí. En el mejor de los casos, podemos suponer que la asimetría cerebral depende de múltiples genes y que éstos también desempeñan un papel en el desarrollo cognitivo.¹⁵

El adelgazamiento cortical en el cerebro epiléptico puede estar causado por convulsiones repetidas o por una patología subyacente.¹⁶ Esto último está respaldado por un estudio en niños con epilepsia focal de nueva aparición que informó de una reducción del grosor cortical, que afectaba principalmente a los lóbulos frontales. También se observó un adelgazamiento cortical de aparición temprana, predominantemente en el hemisferio izquierdo, en niños con epilepsia rolándica.¹⁷ Otro estudio, que incluía a niños con epilepsia intratable del lóbulo frontal, encontró un adelgazamiento cortical bilateral en regiones multilobulares generalizadas, independientemente de la lateralidad del presunto foco convulsivo. Un estudio longitudinal de pacientes adultos con epilepsia del lóbulo temporal farmacorresistente demostró un adelgazamiento cortical progresivo en regiones extratemporales, incluyendo varias áreas ipsi y contralaterales. La presencia de estas anomalías generalizadas sugiere cambios a nivel de red que podrían explicar también los hallazgos del presente estudio.¹⁸ Más

allá del efecto de la epilepsia, los posibles mecanismos de adelgazamiento cortical incluyen los efectos de los fármacos: por ejemplo, se ha informado de un adelgazamiento cortical de la corteza parietal en los usuarios de valproato. En este estudio mencionado, sin embargo, las diferencias de grupo de las asimetrías del grosor cortical siguieron siendo altamente significativas cuando excluyeron a los usuarios de valproato.¹⁹ Otro factor de confusión podría ser la ansiedad asociada a la epilepsia: un estudio reciente de 25 niños con epilepsia de inicio reciente y trastorno de ansiedad demostró un adelgazamiento en la corteza frontal y prefrontal orbital bilateral.¹²

5 Conclusion

El campo de la lateralidad cerebral se ha visto muy influenciado por las asimetrías del lenguaje. De hecho, estos sesgos cerebrales han mostrado repetidamente correlatos cognitivos y conductuales, solidificando su lugar como rasgos distintivos de la lateralidad. Sin embargo, múltiples informes han demostrado que el cerebro es notablemente y ubicuamente asimétrico y, de hecho, la asimetría, más que la simetría, parece ser la norma en la función cerebral. Esto, al menos en teoría, puede tener ventajas, como la maximización del espacio disponible, una mayor velocidad de procesamiento y una menor competencia interhemisférica. De hecho, la ventaja evolutiva puede explicar las asociaciones con los resultados cognitivos, emocionales y conductuales, así como las alteraciones encontradas en procesos neurodegenerativos como el deterioro cognitivo leve y la enfermedad de Alzheimer, y en patologías del neurodesarrollo como la esquizofrenia, el trastorno obsesivo-compulsivo, el trastorno del espectro autista o el trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Así pues, la lateralidad del cerebro parece reflejar al menos una función cerebral adecuada, y es precisamente esta cuestión la que sigue sin respuesta. De hecho, la gran mayoría de las asociaciones lateralidad-cognición han surgido de análisis correlacionales que no pueden inferir la causalidad y los estudios en animales, en los que se suele manipular, normalmente asumen una completa igualdad de los hemisferios. Así, a pesar de la evidencia de que las asimetrías centrales pueden ser manipuladas por insultos crónicos como el estrés o el dolor periférico lateralizado, el campo todavía requiere estudios que incluyan manipulaciones longitudinales y/o agudas de la función, que podrían dilucidar el papel de la asimetría en la función cerebral normal.

6 Fuente de Financiamiento

Este estudio es autofinanciado.

7 Conflicto de Intereses

No existen conflictos personales, profesionales, financieros de otro tipo.

8 Consentimiento Informado

Los autores cuentan con el consentimiento informado de los pacientes para la investigación, la publicación del caso y sus imágenes.

Referencias Bibliográficas

1. H Z, Tang T, Z Y. White matter asymmetries in patients with cerebral small vessel disease. *J Integr Neurosci* [Internet]. 2018 [citado 20 de enero de 2022];17(2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29526848>
2. Corballis MC. Chapter 7 - Evolution of cerebral asymmetry. En: Hofman MA, editor. *Progress in Brain Research* [Internet]. Elsevier; 2019 [citado 20 de enero de 2022]. p. 153-78. (Evolution of the Human Brain: From Matter to Mind; vol. 250). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612319301177>
3. Corballis MC. The Evolution of Lateralized Brain Circuits. *Front Psychol*. 16 de junio de 2017;8:1021.
4. Vannucci RC, Heier LA, Vannucci SJ. Cerebral asymmetry during development using linear measures from MRI. *Early Hum Dev*. 1 de diciembre de 2019;139:104853.
5. Esteves M, Ganz E, Sousa N, Leite-Almeida H. Asymmetrical Brain Plasticity: Physiology and Pathology. *Neuroscience*. 1 de febrero de 2021;454:3-14.
6. Güntürkün O, Ströckens F, Ocklenburg S. Brain Lateralization: A Comparative Perspective. *Physiol Rev* [Internet]. 1 de abril de 2020 [citado 20 de enero de 2022]; Disponible en: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/physrev.00006.2019>
7. Esteves M, Lopes SS, Almeida A, Sousa N, Leite-Almeida H. Unmasking the relevance of hemispheric asymmetries—Break on through (to the other side). *Prog Neurobiol*. 1 de septiembre de 2020;192:101823.
8. Germann J, Petrides M, Chakravarty MM. Hand preference and local asymmetry in cerebral cortex, basal ganglia, and cerebellar white matter. *Brain Struct Funct*. 1 de noviembre de 2019;224(8):2899-905.
9. Habib M. Anatomical Asymmetries of the Human Cerebral Cortex. *Int J Neurosci*. 1 de enero de 2015;47(1-2):67-80.
10. Corballis MC, Häberling IS. The Many Sides of Hemispheric Asymmetry: A Selective Review and Outlook. *J Int Neuropsychol Soc*. octubre de 2017;23(9-10):710-8.
11. Chen Z, Zhao X, Fan J, Chen A. Functional cerebral asymmetry analyses reveal how the control system implements its flexibility. *Hum Brain Mapp*. 17 de julio de 2018;39(12):4678-88.
12. Fu L, Wang Y, Fang H, Xiao X, Xiao T, Li Y, et al. Longitudinal Study of Brain Asymmetries in Autism and Developmental Delays Aged 2–5 Years. *Neuroscience*. 15 de abril de 2020;432:137-49.
13. Kavaklioglu T, Guadalupe T, Zwiers M, Marquand AF, Onnink M, Shumskaya E, et al. Structural asymmetries of the human cerebellum in relation to cerebral cortical asymmetries and handedness. *Brain Struct Funct*. 2017;222(4):1611-23.
14. Kong XZ, Mathias SR, Guadalupe T, Glahn DC, Franke B, Crivello F, et al. Mapping cortical brain asymmetry in 17,141 healthy individuals worldwide via the ENIGMA Consortium. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 29 de mayo de 2018;115(22):E5154-63.
15. Ramirez-Carmona R, Garcia-Lazaro HG, Dominguez-Corrales B, Aguilar-Castañeda E, Roldan-Valadez E. Main effects and interactions of cerebral hemispheres, gender, and age in the calculation of volumes and asymmetries of selected structures of episodic memory. *Funct Neurol*. 10 de enero de 2017;31(4):257-64.
16. Richards R, Greimel E, Kliemann D, Koerte IK, Schulte-Körne G, Reuter M, et al. Increased hippocampal shape asymmetry and volumetric ventricular asymmetry in autism spectrum disorder. *NeuroImage Clin*. 5 de febrero de 2020;26:102207.
17. Kamson DO, Pilli VK, Asano E, Jeong JW, Sood S, Juhász C, et al. Cortical Thickness Asymmetries and Surgical Outcome in Neocortical Epilepsy. *J Neurol Sci*. 15 de septiembre de 2016;368:97.
18. Okada N, Fukunaga M, Yamashita F, Koshiyama D, Yamamori H, Ohi K, et al. Abnormal asymmetries in subcortical brain volume in schizophrenia. *Mol Psychiatry*. octubre de 2016;21(10):1460-6.
19. Wachinger C, Salat DH, Weiner M, Reuter M. Whole-brain analysis reveals increased neuroanatomical asymmetries in dementia for hippocampus and amygdala. *Brain*. diciembre de 2016;139(12):3253-66.

