



## Asimetrías en el patrón surcal del opérculo frontoparietal *Asymmetries in the sulcal pattern of the frontoparietal operculum*



Vallejo Azar, Mariana Nahir;<sup>1</sup> Bouzigues, Arabella;<sup>1</sup> Alba Ferrara, Lucía;<sup>1</sup> González, Paula Natalia;<sup>1</sup> Bendersky, M.<sup>2</sup>

CONICET - Hospital SAMIC. El Cruce (UNAJ)

E-mail de autor: Mariana Nahir Vallejo Azar [mvalleazar@gmail.com](mailto:mvalleazar@gmail.com)

<sup>1</sup> Unidad Ejecutora de Estudios en Neurociencias y Sistemas complejos, CONICET – Hospital SAMIC. El Cruce (UNAJ)

<sup>2</sup> Laboratorio de Anatomía Viviente, III Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina (UBA)

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la variación interhemisférica (asimetrías) en el patrón surcal del opérculo frontoparietal.

El estudio de la variabilidad anatómica de las áreas perisilvianas resulta importante en el campo de la neurología clínica y quirúrgica ya que permite estudiar con precisión las áreas del lenguaje y de este modo aportar a constituir un marco de referencia para la práctica médica, principalmente para lograr procedimientos quirúrgicos lo menos invasivos posible.

La muestra utilizada consistió en 80 imágenes T1 de resonancia magnética (RM) de alto campo (3T) de cerebro de individuos sanos de ambos sexos de 19-56 años.

Se relevaron las siguientes variables en el opérculo fronto-parietal de cada hemisferio: número de surcos en las porciones frontal y parietal del surco lateral; presencia de surcos accesorios (triangular y diagonal); patrón continuo o discontinuo del surco frontal inferior y del surco inferior precentral; y la forma de la terminación del surco lateral. La anatomía surcal del opérculo frontoparietal presentó gran variación tanto entre individuos como entre hemisferios.

En el opérculo frontal, la presencia de surcos accesorios se manifestó de manera asimétrica en la mayoría de los individuos, aunque – a diferencia de estudios previos – no se observó una tendencia consistente hacia uno de los dos hemisferios, ni fueron halladas diferencias significativas en relación al sexo. Lo mismo se observó en el patrón discontinuo de los surcos frontal inferior y precentral inferior.

En el opérculo parietal, cuya variabilidad en el patrón surcal no fue abordada en estudios anteriores, se encontró un mayor número de surcos accesorios en el hemisferio izquierdo, aunque la diferencia entre ambos hemisferios no resultó significativa y tampoco fueron halladas diferencias significativas en base al sexo.

La forma de la terminación del surco lateral fue predominantemente simétrica.

Dada la importante prevalencia de asimetrías en el patrón surcal de la muestra y la falta de tendencia de éstas hacia uno de los dos hemisferios, es posible plantear un patrón de asimetría fluctuante. Los surcos accesorios estuvieron presentes con una alta prevalencia en la muestra, lo que debería tenerse en cuenta a la hora de distinguir entre variantes normales y hallazgos patológicos en neuroimágenes.

**Palabras clave:** Surcos accesorios, diferencias interhemisféricas, resonancia magnética, opérculo fronto-parietal, corteza cerebral

### Abstract

*The objective of this study was to evaluate the interhemispheric variation (asymmetries) in the sulcal pattern of the frontoparietal operculum.*

*The study of perisylvian areas anatomical variability is important for clinical and surgical neurology, since it allows to study language areas accurately contributing towards a reference frame for medical practice, aiming to achieve the least invasive procedures possible.*

*The used sample consisted of 80 T1 brain magnetic resonance images (MRI) of healthy individuals of both sexes, aged 19-56 years.*

*The following variables were observed in the fronto-parietal operculum of each hemisphere: number of sulci in the frontal and parietal portions of the lateral sulcus; presence of accessory sulci (triangular and diagonal sulcus); continuous or discontinuous pattern of the inferior frontal sulcus and inferior precentral sulcus; and the shape of the termination of the lateral sulcus.*

*The sulcal anatomy of the frontoparietal operculum showed great variation both between individuals and between hemispheres.*

*In the frontal operculum, the presence of accessory sulci were asymmetrical in most individuals, although a consistent trend towards one of the two hemispheres was not observed, and no significant differences were found in relation to sex. The same was observed in the discontinuous pattern of the inferior frontal sulcus and inferior precentral sulcus.*

*In the parietal operculum, whose asymmetries in the accessory sulcal pattern were not studied before, a greater number of accessory sulci were found in the left hemisphere, although the difference between both hemispheres was not significant and no differences were found based on sex.*

*The shape of the lateral sulcus termination was predominantly symmetrical.*

*Given the important prevalence of asymmetries in the sulcal pattern of the sample and the lack of tendency towards a hemisphere, it is possible to propose a fluctuating asymmetry pattern. The accessory sulci were present with a high prevalence in the sample, which should be taken into account when distinguishing between normal variants and pathological findings in neuroimaging.*

**Keywords:** Accessory sulci, interhemispheric differences, magnetic resonance, frontoparietal operculum, cerebral cortex

## Introducción

La anatomía de los surcos y giros del cerebro fue estudiado y descrito de manera intensiva en la última parte del siglo XIX y principios del siglo XX.<sup>1</sup> Actualmente el volumen de información obtenido a partir de estudios de neuroimágenes es cada vez mayor, lo que dio lugar a la utilización de atlas computacionales de referencia donde sólo se utilizan los principales surcos, mientras que las diferencias interindividuales en los patrones surcales resultan en buena parte despreciadas. Esto puede atribuirse, por un lado, al avance de las técnicas de procesamiento automático de las imágenes de resonancia magnética y, por otro lado, al supuesto de que la elevada variabilidad interindividual en el patrón surcal no tendría relevancia funcional.<sup>1</sup>

Muchos surcos secundarios o terciarios son considerados "accesorios" o variantes anatómicas, algunos de éstos ni siquiera tienen nombre, y se desconoce si tienen algún correlato funcional. Sin embargo, el conocimiento de los patrones surcales y de sus diferencias interindividuales es necesario, puesto que los surcos constituyen en muchos casos límites anatómicos para definir con mayor precisión la actividad neurofuncional, o como reparos neuroquirúrgicos.<sup>1</sup> Además, resulta importante indagar más acerca de aquellos surcos llamados "accesorios" para definir con mayor precisión la distinción entre variantes consideradas normales y hallazgos patológicos en el campo de las neuroimágenes.

En el presente trabajo se propone el análisis de las asimetrías en el patrón surcal de la corteza perisilviana. Las asimetrías de esta parte de la corteza resultan de considerable interés tomando en cuenta la lateralización funcional del lenguaje en esta región.<sup>2</sup> En relación con la simetría, se puede plantear que ésta se trata de una característica extendida en numerosas estructuras biológicas y es usualmente definida como la repetición de partes en diferentes posiciones y orientaciones con respecto a uno o más planos.<sup>3</sup>

Si bien existen distintas clases de simetría, la mayoría de los animales exhiben simetría bilateral, es decir, las estructuras se repiten a ambos lados del plano sagital. Estas estructuras repetidas, sin embargo, no son copias exactas, presentando diferencias entre el lado derecho e izquierdo atribuibles a diversos factores.

A nivel poblacional tales diferencias producen dos tipos de patrones de asimetría característicos de acuerdo con los procesos involucrados. Uno de ellos consiste en el patrón de asimetría fluctuante,<sup>4,5</sup> el cual tiene un carácter azaroso dado que se afectan ambos lados del plano de manera indistinta<sup>6</sup> y está vinculado a perturbaciones aleatorias molecula-

res y celulares ocurridas durante el desarrollo del individuo.<sup>7-8</sup>

Por otro lado, existe un patrón de asimetría direccional, en el cual factores tanto externos como internos actúan diferencialmente sobre las estructuras bilaterales, tendiendo a producirse un sesgo consistente hacia alguno de los lados.<sup>4</sup> El estudio de estos patrones resulta de gran interés dado que informan sobre distintos procesos que modelan las características fenotípicas del cerebro a distintos niveles.

El objetivo del presente trabajo es analizar la variación del patrón surcal del opérculo fronto-parietal, considerando las diferencias entre hemisferios (asimetrías) y sexo. La identificación y estudio de variantes anatómicas presentes en la región perisilviana es de particular interés para contribuir a la mejor definición y localización de la actividad neurofuncional relacionada principalmente al lenguaje en imágenes de resonancia magnética cerebrales.

El conocimiento del rango de variación anatómica de las áreas perisilvianas es de significancia considerable en el campo de la neurología clínica y quirúrgica ya que permite definir con mayor nivel de precisión los reparos anatómicos en relación a las redes del lenguaje, lo cual constituye un marco de referencia para la práctica médica, principalmente cuando se requieren procedimientos quirúrgicos lo menos invasivos posibles.<sup>9</sup>

Además, en relación con el surco lateral (surco de Silvio) éste constituye un corredor quirúrgico muy importante y suele ser uno de los rasgos más identificables de la superficie del cerebro, sirviendo también de límite para los lóbulos frontal y parietal del temporal.<sup>9</sup>

En el presente trabajo se relevaron en ambos hemisferios la presencia y cantidad de surcos accesorios en el opérculo frontal y parietal, el patrón variante discontinuo de los surcos frontal inferior y precentral inferior y la forma que adopta en su terminación el surco lateral, en imágenes T1 de cerebros de una muestra de sujetos controles.

## Materiales y métodos

### Muestra

La muestra empleada consistió en 80 imágenes de resonancia magnética de cerebro de individuos sanos (controles) de ambos sexos (43 corresponden a individuos femeninos y 37 a individuos masculinos), de 19 a 56 años (media: 30 +/- 7.92 años) procedentes del Hospital SAMIC El Cruce (n= 40) y del Instituto de Oncología Ángel Roffo (n=40).

Los participantes del estudio fueron enrolados, de forma voluntaria, de acuerdo con criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron individuos adultos, diestros (con el fin de homogeneizar la muestra y no incorporar variación en el cerebro debida a la lateralidad) y sin antecedentes de enfermedades neurológicas.

Se excluyeron aquellos individuos que presentaban o hayan padecido alguna enfermedad neurológica, personas que tengan algún implante que pueda ser dañado por el campo magnético generado por el resonador o puedan causar la pérdida de señal o distorsionar las imágenes. Además, se excluyeron los sujetos que presentaron hallazgos incidentales.

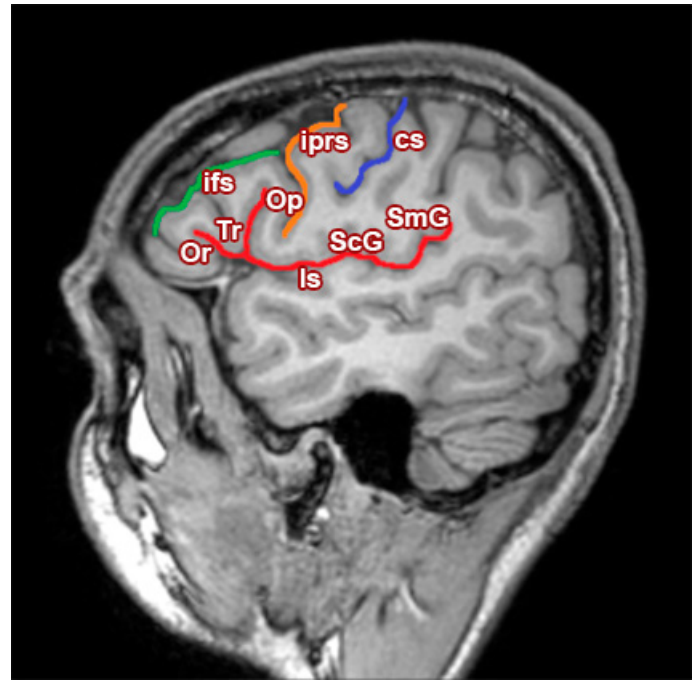
El protocolo de investigación y el consentimiento libre e informado ha sido aprobado por el Comité de Ética en la Investigación del Hospital El Cruce y del Instituto Ángel Roffo. Las imágenes 3D T1 de resonancia magnética sin contraste fueron adquiridas en el resonador 3T Philips Achieva del Servicio de Imágenes del Hospital SAMIC Néstor Kirchner "El Cruce" y del resonador Siemens Trío 3T la Unidad de RM de la Universidad de Buenos Aires (URUBA), funcionando en el Instituto de Oncología Ángel Roffo.

### **Caracterización anatómica del opérculo fronto-parietal**

El opérculo fronto-parietal está situado en el labio superior del surco lateral. Esta región está formada por las porciones de los lóbulos frontal y parietal que limitan con el surco lateral: áreas corticales del giro frontal inferior, las partes ventrales de la corteza precentral y poscentral, y los giros supramarginal y angular del lóbulo parietal inferior.

Los estudios históricos, así como también los modernos, han examinado los síntomas afásicos en relación con la localización de las lesiones, y en conjunto con los estudios de estimulación eléctrica durante neurocirugías, han proveído una fuerte evidencia para afirmar que el núcleo cortical del lenguaje es la región perisilviana,<sup>10</sup> de la cual el opérculo fronto-parietal forma parte.

En la porción más anterior se localiza el giro frontal inferior el cual está delimitado dorsalmente por el surco frontal inferior (ifs) dirigido horizontalmente, y ventralmente por la parte rostral del surco lateral. (Fig. 1)



**Fig. 1:** Opérculo fronto-parietal.

cs: Surco central. ls: Surco lateral. iprs: Surco precentral inferior. ifs: Surco frontal inferior. Or: Pars orbitalis, giro frontal inferior. Tr: Pars triangularis, giro frontal inferior. Op: Pars opercularis, giro frontal inferior. ScG: Giro subcentral. SmG: Giro supramarginal.

En una dirección caudo-rostral, el giro frontal inferior puede ser dividido en 3 partes:

- **Pars opercularis:** Está delimitada caudalmente por el surco precentral inferior (iprs) y rostralmente por el ramo ascendente del surco lateral (lf). Puede aparecer un surco accesorio: el surco diagonal (ds) el cual puede aparecer dividiendo en parte rostral y caudal a la pars, o puede aparecer unido a cualquiera de los surcos circundantes.
- **Pars triangularis:** Se ubica entre el ramo ascendente y el ramo horizontal del surco lateral. Puede aparecer un surco accesorio: el surco triangular (ts), también conocido como "incisura capitis", que divide en dos porciones a la pars: anterior y posterior. El surco frontal inferior (ifs) se origina posteriormente y se cierra hacia el surco precentral inferior (iprs), y finaliza en la mitad anterior de la pars triangularis. La rama anterior del surco frontal inferior (ifs) puede combinarse superficialmente con el surco triangular. Por otro lado, el surco frontal inferior (ifs) puede estar separado a veces por una parte anterior y una posterior.
- **Pars orbitalis:** Se ubica entre el ramo horizontal del surco lateral hasta el surco orbital-lateral.

En relación con el giro frontal inferior, en el presente trabajo se identificaron en ambos hemisferios la presencia de los surcos accesorios (diagonal y triangular) y el patrón continuo/ discontinuo del surco frontal inferior y del surco precentral inferior.

En la zona de la parte media del labio superior del surco lateral se localiza el giro subcentral. El surco central forma el límite entre los lóbulos frontal y parietal, y el área cercana al surco lateral queda delimitada por dos surcos cortos llamados "surco subcentral anterior" y "surco subcentral posterior", los cuales delimitan al giro subcentral.

En la parte más posterior y terminal del surco lateral se localiza el giro supramarginal. El giro supramarginal se encuentra dentro del lóbulo parietal inferior y representa el área 40 de Brodmann. Puede ser subdividido en una parte anterior y en una posterior por el ramo ascendente posterior del surco lateral.

Tanto en el giro subcentral como en el supramarginal aparecen una serie de surcos variantes que nacen del surco lateral, los cuales son motivo de interés en nuestro trabajo.

### Variables relevadas

Las variables descritas a continuación fueron relevadas en ambos hemisferios, en cortes parasagitales anteriores a la visualización de la ínsula y donde el surco lateral aparecía cerrado.

- Cantidad de surcos accesorios del opérculo parietal: Se contabilizó el número de surcos que aparecen de posterior a anterior a lo largo del surco lateral, tomando como límite posterior la cola del surco y como límite anterior al surco subcentral anterior. (Fig. 2)
- Presencia de surco diagonal: El surco diagonal es un surco accesorio que se suele encontrar en la pars opercularis del giro frontal inferior, suele tener una orientación más bien vertical. (Fig. 3) Puede aparecer aislado del resto de los surcos vecinos, o conectado con alguno de ellos: con el ramo ascendente anterior, el surco precentral inferior o el surco frontal inferior.
- Presencia de Surco triangular: El surco triangular es un surco accesorio también denominado "incisura capitis". (Fig. 4) Cuando está presente separa a la pars triangularis en una porción anterior y una posterior.
- Patrón del surco frontal inferior (ifs): El surco frontal inferior constituye el límite dorsal del giro frontal inferior, se origina posteriormente y se cierra hacia el surco precentral inferior, y suele finalizar a la mitad de la pars triangularis. El patrón del surco puede ser continuo (Fig. 5A) o discontinuo, (Fig. 5B) constituyendo en este último caso dos surcos separados.
- Patrón del surco precentral inferior (iprs): El surco precentral inferior constituye el límite caudal de la pars opercularis. Puede tener un patrón continuo (Fig. 6A) o presentarse de manera discontinua constituyendo dos surcos diferen-

ciados. (Fig. 6B)

- Forma de la terminación del surco lateral: Se relevó la forma de la terminación del surco lateral, identificando si esta era oblicua hacia arriba, (Fig. 7A) horizontal (Fig. 7B) u oblicua hacia abajo. (Fig. 7C)



Fig. 2: Cantidad de surcos accesorios del opérculo parietal.



Fig. 3: Presencia de surco diagonal



Fig. 4: Presencia de surco triangular

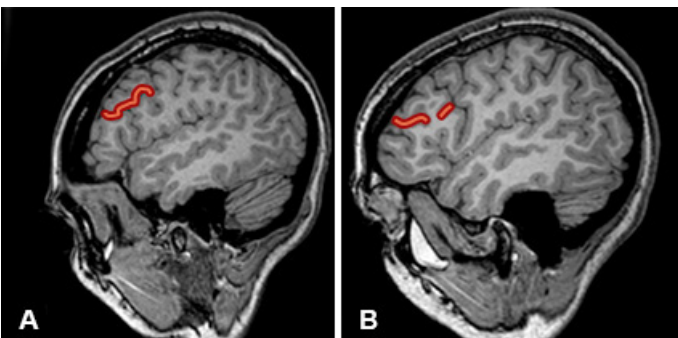


Fig. 5: A) Patrón continuo del surco frontal inferior. B) Patrón discontinuo del surco frontal inferior

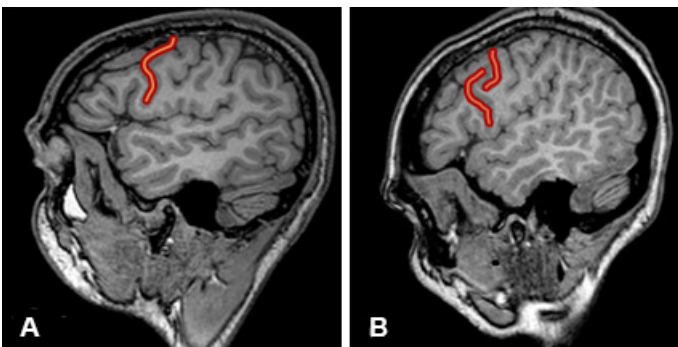


Fig. 6: A) Patrón continuo del surco precentral inferior. B) Patrón discontinuo del surco precentral inferior

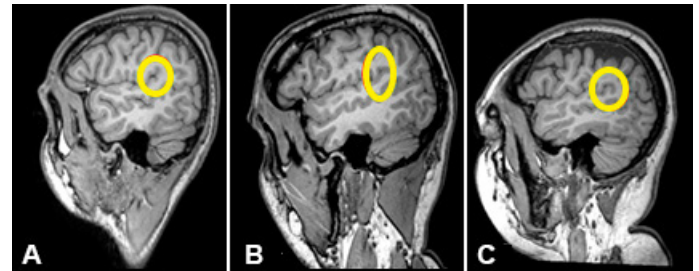


Fig. 7: A) Forma de terminación del surco lateral: oblicua hacia arriba. B) Forma de terminación del surco lateral: horizontal. C) Forma de terminación del surco lateral: oblicua hacia abajo

## Análisis

Sobre los datos de las variables relevadas se obtuvieron parámetros de estadística descriptiva para conocer aspectos generales de la variabilidad de la muestra en relación a los hemisferios cerebrales y sexo.

También se realizó el cálculo del índice de asimetría (IA) el cual permite identificar la existencia y el grado de direccionalidad de la misma. Dicho índice se calculó como  $IA = \frac{I-D}{I+D}$ , donde I y D representan la cantidad de surcos de las regiones del hemisferio izquierdo y derecho, respectivamente. Un valor negativo indica direccionalidad de la asimetría hacia la izquierda, mientras que un valor positivo permite inferir una direccionalidad hacia la derecha; en tanto que el valor obtenido mientras más cercano sea a 1, indica mayor asimetría; mientras un valor más cercano a 0 implica una menor simetría.<sup>11</sup>

Con relación a la presencia de surcos accesorios, se calcularon las prevalencias para ambos hemisferios. Finalmente, se realizaron tests estadísticos (Wilcoxon, Chi cuadrado y regresión) para evaluar la significancia de las diferencias interhemisféricas de los rasgos analizados.

## Resultados

Los surcos accesorios aparecieron en un alto porcentaje de la muestra analizada y estuvieron presentes en uno o en ambos hemisferios.

La muestra estudiada presentó un mayor número de surcos en el opérculo parietal del lado izquierdo (i.e 287 surcos) respecto al derecho (i.e 267 surcos). La mediana de la cantidad de surcos fue mayor en el hemisferio izquierdo. El 67.5% de los individuos mostró asimetrías en la cantidad de surcos accesorios presentes en la porción del opérculo parietal.

El índice de asimetría (IA) para la cantidad de surcos del opérculo parietal fue bajo (IA= 0.03), sin embargo, el cálculo del IA individual tuvo una tendencia de valores sesgados hacia la izquierda. La prueba estadística de Wilcoxon para evaluar la significancia de la diferencia en la cantidad de surcos del opérculo parietal entre ambos hemisferios no fue significativa ( $p= 0.07$ ).

En el opérculo frontal, el 46.25% de individuos presentaron surco triangular y el 58.75% de los individuos presentaron surco diagonal. Ambos surcos presentaron con mayor frecuencia un patrón asimétrico, es decir que estuvieron presentes predominantemente en uno solo de los hemisferios. (Fig. 8)

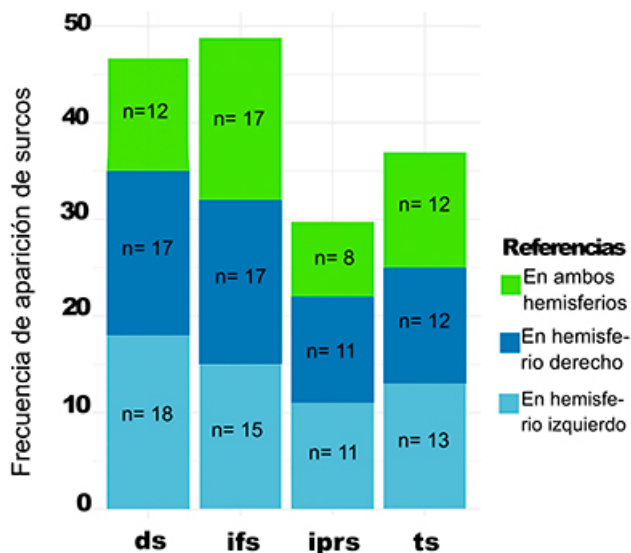


Fig. 8: Asimetría en las variables del opérculo fronto-parietal. Se presenta la frecuencia en la que cada variable apareció en ambos hemisferios o en uno solo; y en éste último caso la frecuencia en la que aparecieron en el hemisferio izquierdo (HI) o en el hemisferio derecho (HD)

Cuando los surcos diagonal y triangular se presentaron de manera asimétrica (como fue en la mayoría de los casos), aparecieron con mayor frecuencia en el hemisferio izquierdo aunque este patrón no resultó significativo. Los surcos diagonal y triangular no mostraron diferencias significativas en relación a la variable hemisferio ni a la variable sexo ( $p>0.05$ ).

El patrón discontinuo del surco frontal inferior y del surco precentral inferior también fue predominantemente asimétrico y sin un sesgo consistente hacia uno de los hemisferios.

El patrón discontinuo del surco frontal inferior fue principalmente asimétrico y más frecuente en el lado derecho.

El patrón discontinuo del surco precentral inferior también fue principalmente asimétrico pero la frecuencia fue similar en ambos hemisferios.

El patrón discontinuo de los surcos frontal inferior y precentral inferior no mostró diferencias significativas en relación a la variable hemisferio ni a la variable sexo ( $p>0.05$ ).

La forma de la terminación del surco lateral fue simétrica en la mayoría de los casos siendo la forma de terminación más frecuente la oblicua hacia arriba.

## Discusión

En relación con el opérculo frontal, en estudios clínicos de asimetrías funcionales, la asimetría en la pars triangularis y en la pars opercularis es consistente hacia el hemisferio dominante para funciones relacionadas al lenguaje, el cual se corresponde al hemisferio izquierdo en el 90% de las personas.<sup>9</sup> Sin embargo, esta direccionalidad no fue constatada en estudios realizados en MRI estructurales y autopsias.<sup>9</sup>

En nuestro trabajo hallamos una presencia predominantemente asimétrica de los surcos accesorios y de los patrones surcales variantes estudiados, aunque la direccionalidad no fue consistente hacia ninguno de los dos hemisferios y tampoco hallamos diferencias significativas en relación con el sexo o el hemisferio.

Existen trabajos previos acerca de las asimetrías en el patrón surcal de la región perisilviana, aunque estos se han basado en muestras de menor tamaño o en muestras de material cadavérico. En ellos se han documentado amplias diferencias en la frecuencia de surcos accesorios entre hemisferios con una tendencia de aparición mayor en el hemisferio izquierdo.<sup>12, 9, 13-15</sup>

En el presente trabajo no se hallaron diferencias significativas en la presencia de estos surcos accesorios entre ambos hemisferios, a pesar de existir una alta prevalencia del patrón asimétrico. Es decir que, si bien se observó una baja tasa de bilateralidad, a partir de lo cual es posible confirmar un patrón asimétrico, no hubo una tendencia de estos surcos accesorios a manifestarse en un hemisferio en detrimento del otro. Tampoco fueron halladas diferencias en el patrón de acuerdo al sexo.

En relación con el opérculo parietal, existen trabajos previos que han indagado en las asimetrías funcionales y estructurales, estas últimas dadas por diferencias morfológicas en medidas tales como el área.<sup>16</sup>

Sin embargo, los aspectos asimétricos del patrón surcal y de la presencia de surcos accesorios no han sido considerados, a pesar de ser de gran importancia dado que el conocimiento anatómico en profundidad aumenta la confiabilidad de las definiciones de los límites anatómicos en estudios morfométricos.

En el presente trabajo, la mayoría de los individuos presentó surcos accesorios además de los surcos subcentral anterior y posterior que suelen estar presentes en alta frecuencia, y en más de la mitad de los individuos de la muestra la cantidad de surcos accesorios fue distinta en ambos hemisferios, aunque no existió direccionalidad significativa.

## Conclusiones

Tanto en el opérculo frontal como en el opérculo parietal, el patrón surcal variante y la presencia de surcos accesorios fueron un hallazgo considerablemente asimétrico. Sin embargo, y a diferencia de las asimetrías funcionales clásicamente descritas en la región perisilviana, no hubo una asimetría consistente hacia un hemisferio en detrimento del otro en estos rasgos variantes, por lo que podemos inferir la existencia de un patrón de asimetría fluctuante.

El único rasgo del opérculo fronto-parietal que mostró un patrón predominantemente simétrico fue la forma de la terminación del surco lateral, la cual en una alta frecuencia fue oblicua hacia arriba.

Es interesante remarcar la alta prevalencia de surcos accesorios en nuestra muestra, lo que nos lleva a replantearnos su importancia en las referencias anatómicas actuales que tienden a no considerar la variabilidad interindividual del patrón surcal.

Estas “variantes” anatómicas son más constantes que lo que muestran los atlas cerebrales modernos, en su mayoría contruidos a partir de un modelo normalizado de un “cerebro ideal”, por lo que su conocimiento reduce las posibilidades de que sean malinterpretadas como hallazgos patológicos.

## Agradecimientos

Agradecemos a CONICET, al equipo de la Dra. Lucy Alba Ferrara por colaborarnos con gran número de imágenes, al personal del servicio de diagnóstico por imágenes y de neurociencias del Hospital El Cruce, y principalmente a todos los voluntarios que participaron y participan de este estudio.

## Referencias

1. Petrides, M. The human cerebral cortex, edición 1º, Elsevier Academic Press, 2012
2. Sowell, E. R.; Thompson, P. M.; Rex, D.; Kornsand, D.; Tessner, K. D.; Jernigan, T. L.; Toga, A. W. Mapping sulcal pattern asymmetry and local cortical surface gray matter distribution in vivo: maturation in perisylvian cortices. *Cerebral cortex* 2002; 12: 17-26
3. Klingenberg, C.P. Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics: concepts, methods, and applications. *Symmetry* 2015; 7: 843–934
4. Palmer, A. R.; Strobeck, C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests. *Acta ZoologicaFennica* 1992; 191: 55-70.
5. Klingenberg, C. P.; McIntyre, G. S. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution* 1998; 52: 1363–1375
6. Van Valen, L. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 1962; XVI (2): 125-142
7. Palmer, A. R.; Strobeck, C. Fluctuating asymmetry analyses revisited. *Developmental instability: causes and consequences*, 2003, 279-319.
8. Willmore, K. E.; Hallgrímsson, B. Within individual variation: Developmental noise versus developmental stability. *Variation: A central concept in Biology*, Elsevier Academic Press, 2005
9. Olufemi, E. I.; Sunday Soyemi, K. A. Morphometry, Asymmetry and Variations of the Sylvian Fissure and Sulci Bordering and Within the Pars Triangularis and ParsOperculum: An Autopsy Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2014, 8 (11): AC11-AC14
10. Petrides, M. *Neuroanatomy of language regions of the human brain*, edición 1º, Elsevier Academic Press, 2015
11. Kavaklioglu, T.; Tulio, G.; Zwiers, M.; Marquand, A. F.; Onnink, M.; Shumskaya, E.; Brunner, H.; Fernandez, G.; Fisher, S. E.; Francks, C. Structural asymmetries of the human cerebellum in relation to cerebral cortical asymmetries and handedness. *Brain Structure and Function* 2016; 222(4): 1611-1623
12. Ocak, P.; Kocaeli, H. Investigation of topographical anatomy of Broca's area: an anatomic cadaveric study. *Surgical and Radiologic Anatomy* 2017; 39 (4): 357-365
13. Keller, S. S.; Crow, T.; Foundas, A.; Amunts, K.; Roberts, N. Broca's area: nomenclature, anatomy, typology and asymmetry. *Brain and Language* 2009; 109: 29–48
14. Ono, M.; Kubik, S.; Abernathy, C. D. *Atlas of the cerebral sulci*. Thieme, New York, 1990
15. Amunts, K.; Schleicher, A.; Burgel, U.; Mohlberg, H.; Uylings, H. B.; Zilles, K. Broca's region revisited: cytoarchitecture and intersubject variability. *Journal of Comparative Neurology* 1999; 412: 319–341
16. Jung, P.; Baumgartner, U.; Stoeter, P.; Treede, R. D. Structural and Functional Asymmetry in the Human Parietal Opercular Cortex. *Journal of Neurophysiology* 2009;101: 3246–3257