



Anatomía oculta de la corteza cerebral intrasural

Hidden anatomy of intra sulcus cerebral cortex



Ganador Premio "Gumersindo Sánchez Guisande 2017"

Gargurevich, B.; Cechetti Secundini, F.; Avendaño, M.; Martínez Hinojosa, P.; Chuang, J.; Forlizzi, V.A.; Baldoncini, M.

Laboratorio de Neuroanatomía Microquirúrgica (La.Ne.Mic)

II Cátedra de Anatomía. Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires (UBA)

E-mail de autor: Brian Gargurevich brian_0893@hotmail.com

Resumen

Introducción: Uno de los objetivos del estudio de la neuroanatomía es su aplicación quirúrgica para intervenir con seguridad el encéfalo y el espacio intracraneal.

El quid del trabajo surge a partir de observaciones realizadas durante la disección cerebral. Se hallaron pliegues de corteza, similares a giros, en la profundidad de los surcos. Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la anatomía intrínseca de estos sin obtener resultados significativos.

Los objetivos son estudiar la corteza cerebral intrasural en las tres caras de los hemisferios cerebrales para establecer una clasificación en base a sus patrones anatómicos, y comprobar la validez de la teoría que afirma que dos tercios de la superficie cortical se encuentran dentro de los surcos.

Materiales y Método: La investigación consistió en el análisis de la corteza cerebral intrasural de cinco encéfalos humanos adultos (n=5), fijados con solución acuosa de formaldehído diluida al 10% durante 30 días.

Resultados: Se estableció un patrón de los giros intrasurales. Se tomó en cuenta la profundidad y el trayecto del giro intrasural con respecto al surco.

Se analizó la cantidad de giros, longitud, profundidad y área que presenta cada surco tanto del hemisferio derecho como el izquierdo. Las áreas fueron sumadas para obtener la superficie cortical intrasural.

Los resultados fueron promediados y ordenados de mayor a menor. Además, se compararon los de ambos hemisferios.

Las superficies de las tres caras de cada hemisferio fueron sumadas para obtener la superficie cortical superficial.

La sumatoria de la superficie cortical intrasural y la superficie cortical superficial da como resultado la superficie cortical cerebral total.

Se calculó la relación entre superficie cortical intrasural y superficie cortical cerebral total.

Conclusiones: En este trabajo se presenta no solo un análisis de la longitud, profundidad y área de cada uno de los surcos cerebrales, sino también un estudio detallado de la corteza intrasural, estableciendo patrones de acuerdo a su morfología y disposición.

Solo la cuarta parte de la superficie cortical cerebral total se observa a simple vista en la superficie del cerebro, las tres cuartas partes restantes están ocultas en los surcos. Es imprescindible el estudio de esta notable porción de corteza cerebral ya que podría representar áreas funcionales totalmente desconocidas hasta el momento, y constituir puntos de referencias valiosos para la realización de abordajes neuroquirúrgicos.

Palabras clave: corteza intrasural, giro intrasural, surcos cerebrales, superficie cortical, corteza oculta

Abstract

Introduction: One of the objectives of the study of neuroanatomy is its surgical application to operate safely in the brain and the intracranial space.

The crux of the work arises from observations made during brain dissection. We find folds of bark, similar to gyrus, in the depth of the sulci. A bibliographic research was made about the intrinsic anatomy of these without obtaining significant results.

The objectives are to study the intrasural cerebral cortex on the three faces of the cerebral hemispheres to establish a classification based on their anatomical patterns, and check the validity of the theory that claims that two-thirds of the cortical surface lies in the sulci.

Material and methods: The investigation consisted of the analysis of the intrasural cerebral cortex of five adult human brain (n = 5), fixed with aqueous solution of formaldehyde diluted 10% for 30 days.

Results: From the analysis of the morphology of the walls of each sulcus a pattern of the intrasural gyrus was established. The depth and the path of the intrasural gyrus respect to the sulci were taken into account.

The number of gyrus, length, depth and area presented by each sulcus in both the right and left hemispheres were analyzed. The areas were added to obtain the intrasural cortical surface.

The results were averaged and ordered from the highest to the lowest. In addition, those of both hemispheres were compared.

The surfaces of the three faces of each hemisphere were added to obtain the superficial cortical surface.

The summation of the intrasural cortical surface and the superficial cortical surface results in the total cerebral cortical surface.

The relationship between the intrasural cortical surface and the total cerebral cortical surface was calculated.

Conclusions: In this paper we present not only an analysis of the length, depth and area of each of the brain sulci, but also a detailed study of the intrasural cortex, establishing patterns according to their morphology and disposition.

Only a quarter of the total cerebral cortical surface is seen on the surface of the brain, the remaining three quarters are hidden in the sulci. It is essential to study this remarkable portion of cerebral cortex as it could represent functional areas totally unknown until now, and constitute valuable reference points for the performance of neurosurgical approaches.

Keywords: Intrasural cortex, intrasural gyrus, cerebral sulci, cortical surface, hidden cortex

Introducción

Uno de los objetivos del estudio de la neuroanatomía es su aplicación quirúrgica para intervenir con seguridad el encéfalo y el espacio intracraneal. Para avanzar a través de estos es esencial tener un conocimiento preciso de las áreas funcionales y vulnerables.

Es interesante destacar que desde la obra de Andrea Vesalio¹ se observan detalles anatómicos y artísticos sobre los giros y surcos cerebrales. Aunque los dibujos de la época no establecieron un patrón característico de estos, hoy en día se conoce su disposición en los diferentes lóbulos cerebrales.

Numerosos autores analizaron las estructuras y funciones de la corteza cerebral, siendo los más destacados Rhoton,² Testut,³ Ono y Yasargil,⁴ Brodmann⁵ y Duffau.⁶ Un factor común en sus trabajos es la limitación al estudio de la corteza superficial, sin dar relevancia a la que se encuentra en la profundidad de los surcos. Esta última según diversos textos, como los de Patten⁷ y Carpenter,⁸ representa dos tercios de la superficie total. Sin embargo, la información que brinda la literatura científica clásica y contemporánea dista de ser completa, detallada y constatada.

El quid del trabajo surge a partir de observaciones realizadas durante la disección cerebral. Llamó nuestra atención el hallazgo de pliegues de corteza, similares a giros, en la profundidad de los surcos. Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la anatomía intrínseca de estos sin obtener resultados significativos.

Por lo tanto, en el presente estudio introducimos dos conceptos: corteza cerebral superficial, siendo la observable a simple vista en la superficie del cerebro, y corteza cerebral intrasural, como la que se encuentra en el interior del surco, siendo necesario separar los labios de este para visualizarla por completo.

Los objetivos del trabajo son estudiar la corteza cerebral intrasural en las tres caras de los hemisferios cerebrales para establecer una clasificación en base a sus patrones anatómicos, calcular la profundidad, longitud y área que presenta cada surco cerebral, y así comprobar la validez de la teoría que afirma que dicha corteza representa dos tercios de la corteza cerebral total.

Materiales y Método

La investigación consistió en el análisis de la corteza cerebral intrasural de cinco encéfalos humanos adultos (n=5),

cuatro masculinos y uno femenino, fijados con solución acuosa de formaldehído diluida al 10% durante 30 días.

Debido a la dificultad para separar los labios de los surcos, se utilizó una solución que ablandara el tejido cerebral sin dañarlo, ni modificarlo. Luego de retirar la aracnoides para acceder a la profundidad de los surcos, se sumergieron los especímenes en suavizante de ropa, cloruro de dimetildialquilamonio diluido al 50%, durante 15 días a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo se comprobó que las muestras modificaron su consistencia y, empleando espátulas cerebrales, que los surcos podían abrirse ampliamente sin presentar lesiones en la corteza ubicada en ellos ni en los giros adyacentes.

Para realizar el trabajo de investigación se empleó instrumental romo y elementos de diéresis: **(Fig.1)** tijeras de microcirugía curvas y rectas (16 cm x 10 cm x 15 cm), micro-pinzas rectas (8mm, 15cm) y decolador o elevador Modelo Penfield N°7, espátulas de cerebro, un calibre marca Stainless Hardened, plastilina profesional semidura.

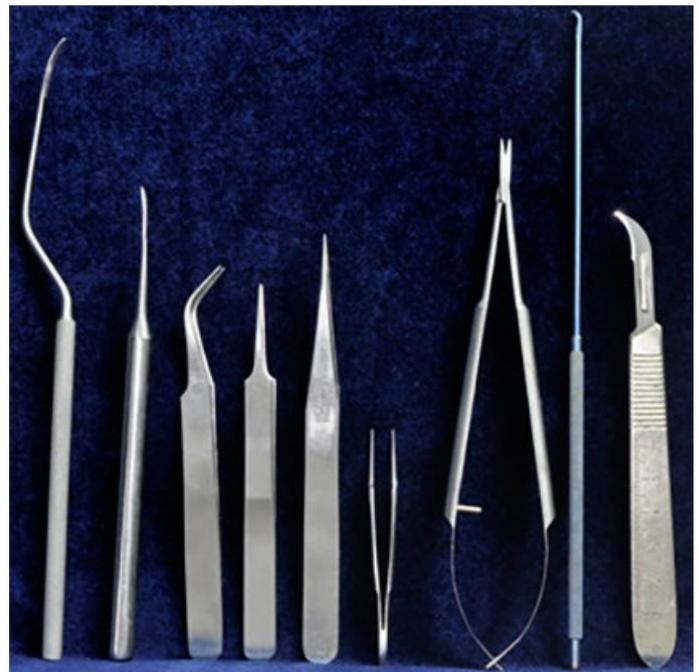


Fig.1: Elementos utilizados para la disección

Las fotografías adjuntas se efectuaron con trípode y fueron tomadas con una cámara Nikon® D7200 con objetivo Micro Nikon® 40mm F2.8 y flash anular. Esta fue configurada de la misma manera para todas las tomas, empleando un diafragma 20, velocidad de obturación 100, ISO 250, flash anular 1/128. Para fotografiar la profundidad de los surcos, estos fueron separados con espátulas cerebrales.

Las caras de los hemisferios cerebrales y los surcos en ellas fueron analizados siguiendo un orden predeterminado:

1. **Cara lateral:** lóbulos frontal, parietal, occipital, temporal y finalmente, el lóbulo de la ínsula.
2. **Cara basal:** de rostral a caudal, lóbulos frontal, temporal y occipital
3. **Cara medial:** de rostral a caudal, lóbulos frontal, parietal, occipital y en último lugar el giro cingular.

Treinta surcos fueron considerados teniendo en cuenta lo descrito por Ono y Yasargil:⁴

En la cara lateral:

- Surco Central
- Surco Precentral
- Surco Frontal Superior
- Surco Frontal Inferior
- Surco Frontal Intermedio
- Surco Frontal Medial
- Surco Poscentral
- Surco Intraparietal
- Surco Parietal Superior
- Surco Occipital Lateral
- Surco Occipital Transverso
- Surco Lunar
- Surco Temporal Superior
- Surco Temporal Inferior

En la cara basal:

- Surco Olfatorio
- Surco Orbitario
- Surco Frontomarginal
- Surco Frontoorbital
- Surco Rinal
- Surco Colateral
- Surco Occipitotemporal

En la cara medial:

- Surco Cingular
- Surco Rostral Superior
- Surco Rostral Inferior
- Surco Paraolfatorio Anterior
- Surco Subparietal
- Surco Calcarino
- Surco Parietooccipital
- Surco Lateral
- Surco Del Cuerpo Caloso

En cada uno se constataron las distintas morfologías que adoptan los giros intrasurcales así como su número. Además se midió la longitud, profundidad de cada surco, y el área de corteza intrasurcal contenida en el mismo.

Medición de superficie

Para medir el área de la corteza cerebral superficial y poder así compararlo con el intrasurcal se utilizó el programa Surgimap® que permite calcular medidas de superficies planas a partir de fotografías tomadas de forma perpendicular, con una guía milimetrada junto al espécimen. (**Figs. 2, 3 y 4**)



Fig. 2: Vista de la cara inferior de un hemisferio cerebral en el que se observa una línea celeste que contornea los límites de dicha cara para el cálculo de la superficie cortical superficial de la misma usando el programa Surgimap

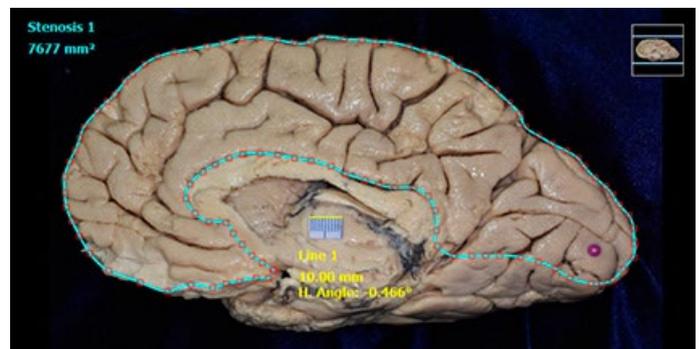


Fig. 3: Vista de la cara medial de un hemisferio cerebral en el que se observa una línea celeste que contornea los límites de dicha cara para el cálculo de la superficie cortical superficial de la misma usando el programa Surgimap

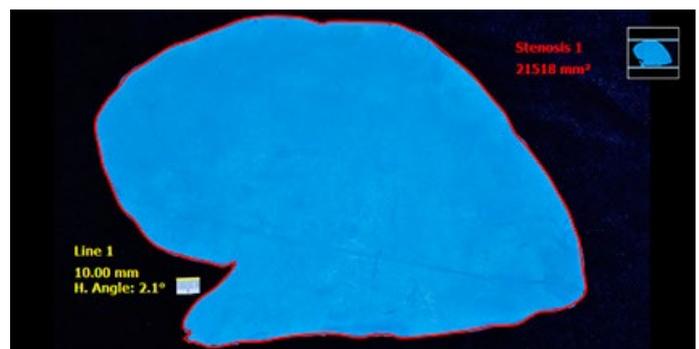


Fig. 4: Molde de plastilina de la cara lateral de un determinado hemisferio cerebral en el que se observa una línea roja que contornea sus límites para el cálculo de la superficie cortical superficial usando el programa Surgimap

Teniendo en cuenta que la cara lateral del encéfalo es convexa, fue necesario tomar un molde de la misma y de esta manera reducir errores en la medición digitalizada. Para ello se utilizó plastilina con el objetivo de trasladar la convexidad de la cara lateral a un modelo que permitiera utilizar el software digital. **(Figs. 5, 6, 7 y 8)**

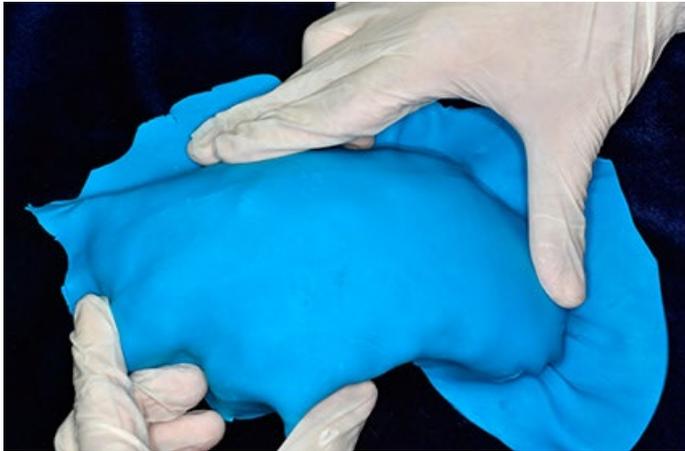


Fig. 5: Amoldamiento de la plastilina a la superficie cerebral lateral

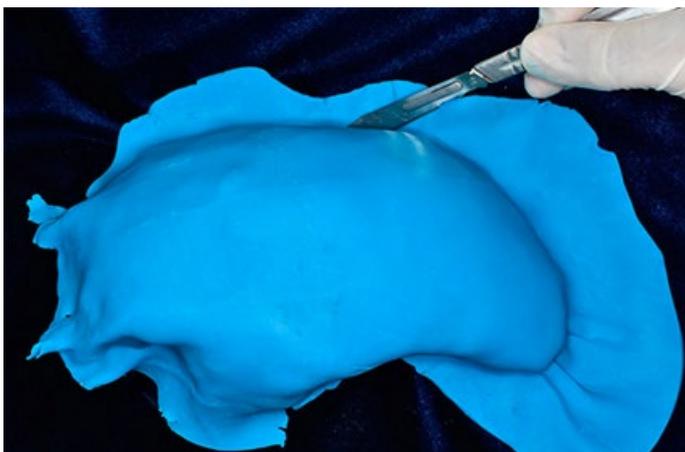


Fig. 6: Se procede a realizar un corte con un bisturí a nivel de los bordes del hemisferio cerebral que separan la cara lateral del resto de sus caras

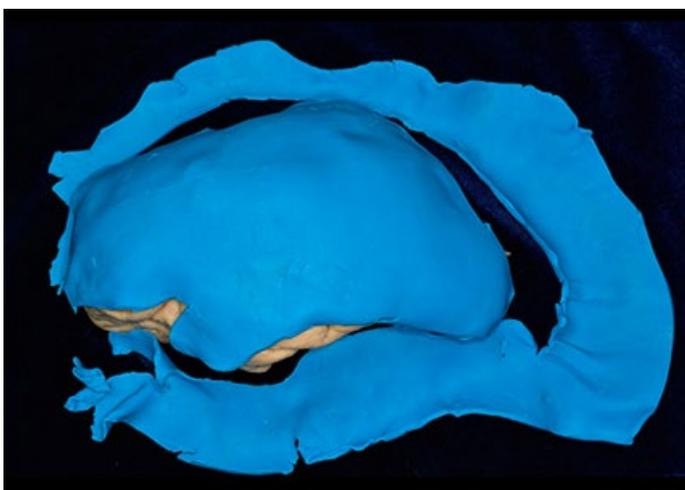


Fig. 7: Corte realizado a nivel de los bordes del hemisferio cerebral que separan la cara lateral del resto de sus caras

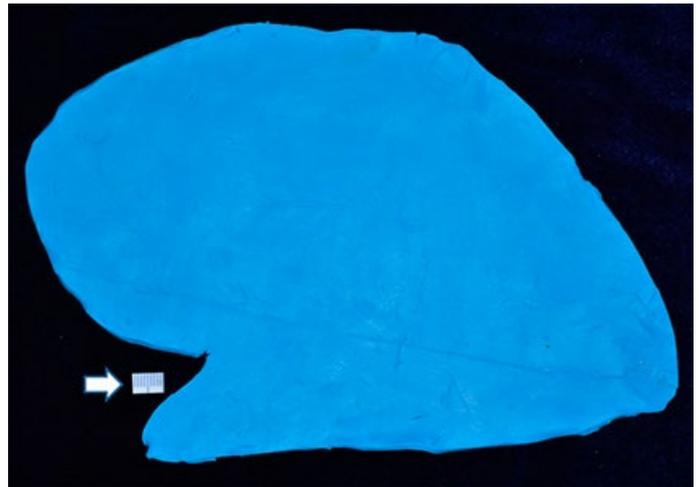


Fig. 8: Se coloca el molde de plastilina de la cara lateral sobre una superficie plana para la posterior realización de fotos. La flecha marca el centímetro que será usado como punto de referencia para la toma de las medidas correspondientes

Medición de longitud de los surcos

Para medir la longitud de cada surco se utilizó un hilo de sutura número 1, colocándolo en la profundidad del surco y acomodándolo a los pliegues de corteza surcal con la ayuda de un disector modelo Penfield. **(Fig. 9)**



Fig. 9: Colocación de un hilo en la profundidad de un surco para la medición de la longitud del mismo

Medición de profundidad de los surcos

Para medir la profundidad se utilizó el calibre apoyando los bordes del mismo sobre los giros vecinos al surco y descendiendo la varilla milimétrica hasta contactar el fondo del surco. **(Figs. 10 y 11)**

Se realizó medición de la profundidad cada 3 cm de longitud y luego se calculó el promedio de los valores.

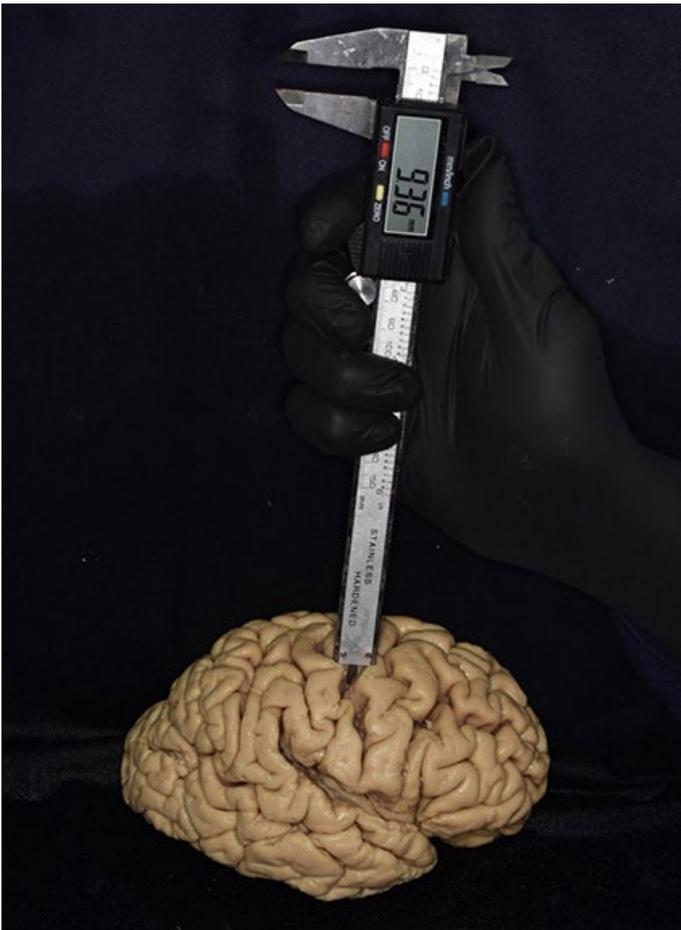


Fig. 10: Calibre y medición de profundidad de los surcos cerebrales



Fig.11: Se observa cómo se introduce el calibre en el surco cerebral para la medición de la profundidad

las superficies calculadas da un valor que hemos denominado superficie cortical intrasurcal hemisférica. Sumando los valores de los hemisferios derecho e izquierdo se obtiene la superficie cortical intrasurcal cerebral.

Resultados

Giros intrasurcales. Morfología

A partir del análisis de la morfología de las paredes de cada surco se estableció un patrón de los giros intrasurcales. Para ella se tomaron en cuenta la profundidad y el trayecto del giro intrasurcal con respecto al surco.

De esta manera, se clasificaron en:

- **Giro en puente:** Pliegue de corteza que se extiende entre los labios del surco, uniendo al mismo tiempo las paredes que delimitan al mismo. (Figs. 12 y 13)
- **Giro perpendicular completo:** Pliegue de corteza cuya dirección es perpendicular a la trayectoria del surco y que se extiende hasta el fondo del mismo. (Fig. 14)
- **Giro perpendicular incompleto:** Pliegue de corteza cuya dirección es perpendicular a la trayectoria del surco y que no se extiende hasta su fondo. (Fig. 15)
- **Giro oblicuo completo:** Pliegue de corteza cuya dirección es oblicua (no forma un ángulo de 90°) con respecto a la trayectoria del surco y que se extiende hasta el fondo del mismo (Fig. 16)
- **Giro oblicuo incompleto:** Pliegue de corteza cuya dirección es oblicua (no forma un ángulo de 90°) con respecto a la trayectoria del surco y que no se extiende hasta su fondo. (Fig. 17)
- **Giro paralelo:** Pliegue de corteza cuya dirección es paralela a la trayectoria del surco. (Figs. 18 y 19)

Superficie de corteza intrasurcal

La multiplicación entre la longitud del surco y el promedio de la profundidad a lo largo del mismo, da como producto la superficie de corteza intrasurcal de una sola pared del surco. Este valor fue multiplicado por dos, dado que cada surco presenta dos paredes. Esto no se cumple en el surco calloso, que solo presenta una pared cortical. La sumatoria de todas

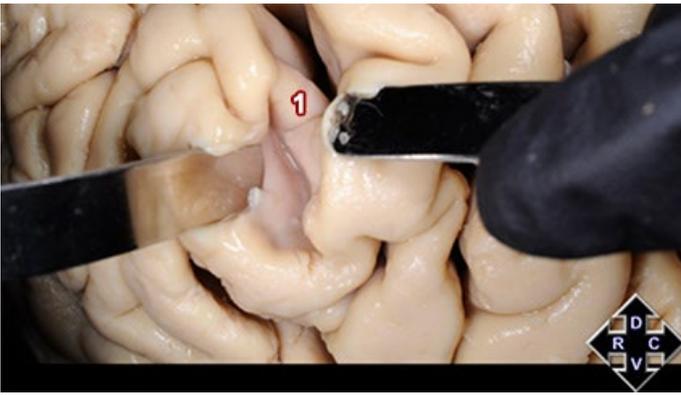


Fig. 12: Vista lateral de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco precentral mediante dos espátulas. 1: giro en puente

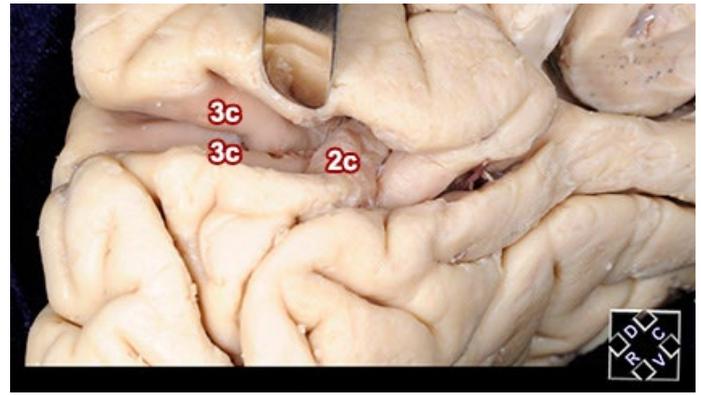


Fig. 16: Vista medial de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco parietooccipital mediante una espátula. 2c: giro perpendicular completo; 3c: giro oblicuo completo

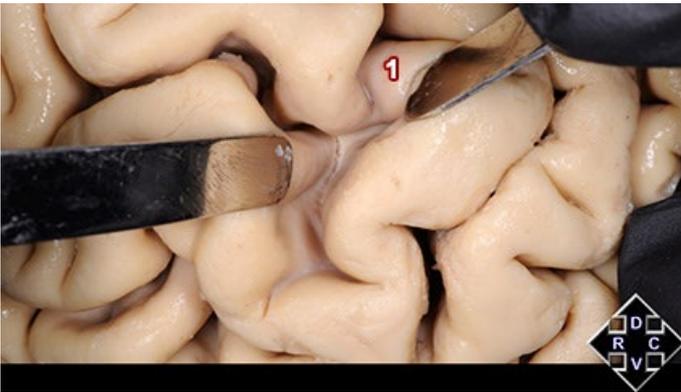


Fig. 13: Vista lateral de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco precentral mediante dos espátulas. 1: giro en puente

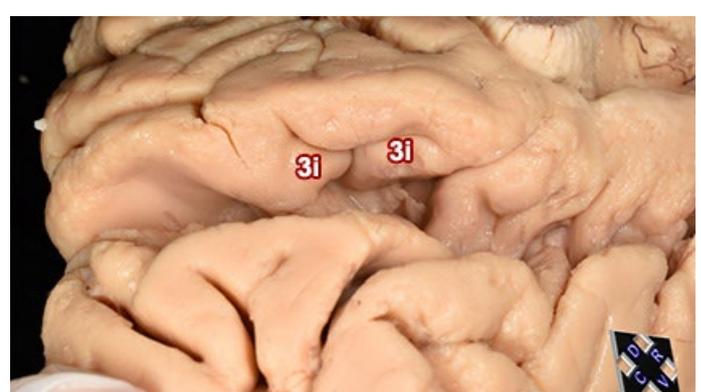


Fig. 17: Vista posteromedial de un hemisferio cerebral izq. en el que se abre el surco parietooccipital mediante la tracción de su polo occipital. 3i: giro oblicuo incompleto



Fig. 14: Vista lateral de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco intraparietal mediante dos espátulas. 2c: giro perpendicular completo



Fig. 18: Vista medial de un hemisferio cerebral derecho en el que se abre el surco parietooccipital mediante una espátula. 4: giro paralelo



Fig. 15: Vista anterolateral de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco central mediante una espátula. 2i: giro perpendicular incompleto

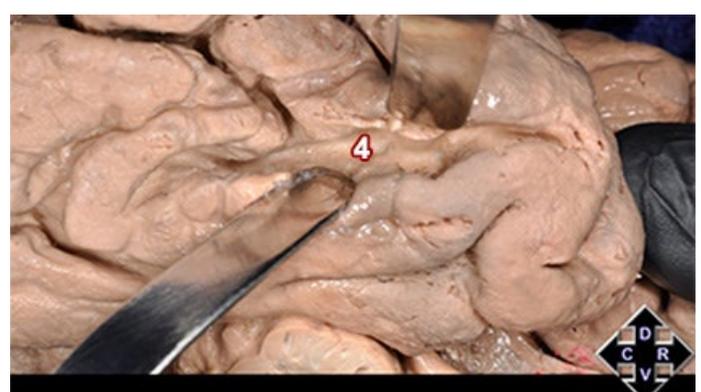


Fig. 19: Cara inferior del lóbulo temporal de un hemisferio cerebral derecho en el que se abre el surco occipitotemporal mediante dos espátulas. 4: giro paralelo

Número de giros

Se analizó la cantidad de giros que presenta cada surco tanto del hemisferio derecho como del izquierdo obteniendo un promedio del número de giros por surco en todo el cerebro. **(ver Anexo Tabla I)**

El máximo número de giros que encontrado fue 13 en los surcos cingular y lateral. Por el contrario, el número mínimo hallado fue 0, es decir, paredes lisas, en los surcos del cuerpo calloso, rostral inferior, frontal medial, olfatorio y paraolfatorio anterior. **(Fig. 20)**



Fig. 20: Vista lateral de un hemisferio cerebral izquierdo en el que se abre el surco precentral (discontinuo) mediante dos espátulas. 5: Paredes lisas

Por otro lado, se compararon los resultados obtenidos en el hemisferio derecho con los del izquierdo. Los únicos surcos en los que se vio una diferencia mayor o igual a 3 giros fueron el colateral (izquierdo 7 giros y derecho 11 giros), el intraparietal (izquierdo 8 y derecho 13) y el parietooccipital (izquierdo 5 giros y derecho 8 giros). **(ver Anexo Tabla II)**

Longitud de los surcos

Se estudió la longitud de todos los surcos de las tres caras de los hemisferios derecho e izquierdo. Los resultados obtenidos en cada caso fueron promediados y ordenados de mayor a menor. **(ver Anexo Tabla III)**

El surco con mayor longitud fue el cingular, con una medida de 15,09 cm y el de menor longitud, el paraolfatorio anterior con un valor de 0,9 cm.

Se compararon los resultados obtenidos en el hemisferio derecho con los del izquierdo. En la mayoría de los surcos la variación comparativa fue de 0 a 2 cm. Sin embargo, en los surcos occipitotemporal, orbitario, subparietal, temporal superior y frontal intermedio la variación fue mayor. **(ver Anexo Tabla IV)**

Profundidad de los surcos

Se estudió la profundidad de todos los surcos de las tres caras de los hemisferios derecho e izquierdo. Los resultados obtenidos en cada caso fueron promediados y ordenados de mayor a menor. **(ver Anexo Tabla V)**

Los surcos más profundos correspondieron al surco parietooccipital y lateral con 18,25 mm y 17,95 mm respectivamente. El surco menos profundo fue el paraolfatorio anterior con 2,89 mm.

Por otro lado, se compararon los resultados obtenidos en el hemisferio derecho con respecto al izquierdo. En la mayoría de los surcos la variación comparativa era de 0 a 2 mm.

Sin embargo, en los surcos calcarino, frontal medial, frontal superior, frontoorbital, intraparietal, lunar, olfatorio, paraolfatorio anterior, parietal superior, parietooccipital y rostral inferior la variación superó los 2 mm. **(ver Anexo Tabla VI)**

Superficie Cortical intrasural

Se estudiaron las áreas de todos los surcos de las tres caras de los hemisferios derecho e izquierdo.

Los resultados obtenidos en cada caso fueron promediados y ordenados de mayor a menor. **(ver Anexo Tabla VII)**

El surco con mayor superficie fue el temporal superior con 45,23cm². El de menor superficie fue el paraolfatorio anterior con un valor promedio de 0,62cm²

Se compararon los resultados obtenidos en el hemisferio derecho con los del izquierdo. En la mayoría de los surcos la variación comparativa fue de 0 a 3 cm²

Sin embargo, en los surcos calcarino, colateral, frontal intermedio, frontal superior, lunar, occipitotemporal, olfatorio, orbitario, parietal superior, parietooccipital, precentral, subparietal, temporal inferior y temporal superior se observó una variación superior a los 2 cm² **(ver Anexo Tabla VIII)**

Además, las áreas de cada surco fueron sumadas para obtener la superficie cortical intrasural.

Los resultados obtenidos fueron promediados obteniendo un valor de 1122,3837 cm²

Superficie Cortical superficial

Se realizaron las mediciones con el programa Surgimap® en las tres caras de cada hemisferio. Los resultados obtenidos en cada cara fueron sumados para obtener la superficie cortical superficial. El valor promedio obtenido fue de 331,324 cm² (**ver Anexo Tabla IX**)

Superficie Cortical cerebral total

La suma de la superficie cortical intrasural y la superficie cortical superficial da como resultado el valor de la superficie cortical cerebral total. Los resultados obtenidos fueron promediados obteniendo un valor de 1453,71cm² (**ver Anexo Tabla IX**)

Se calculó la relación entre superficie cortical intrasural y superficie cortical cerebral total. Los resultados obtenidos fueron promediados obteniendo un valor de 77,2% (**ver Anexo Tabla IX**)

Discusión

Numerosos autores describen detalladamente la morfología de la corteza superficial, pero sin mencionar la corteza intrasural y su anatomía, entre ellos Ludwig y Klinger,⁹ Kubik,¹⁰ Flores,¹¹ Cunningham,¹² Smith,¹³ Duvernoy,¹⁴ Tamraz,¹⁵ Penfield W.¹⁶ La excepción la constituyen escasos relatos en los artículos de Rivas¹⁷ y Koutsarnakis.¹⁸

Como bien destacan Yaşargil,^{19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26} Ribas,²⁷ Berger,²⁸ Kucukyuruk²⁹ y Rhoton,² el conocimiento estricto de puntos de referencia surcales y girales brinda una importante ventaja al momento de la localización intraoperatoria de lesiones hemisféricas, periventriculares e intraventriculares. Además es fundamental en la realización de craneotomías para el empleo de abordajes quirúrgicos más precisos y seguros. Estas nociones son también relevantes para los estudios por imágenes pre, post e intraoperatorios, en estos últimos pudiéndose por ejemplo localizar el área de Broca para prevenir su lesión.³⁰

Hoy en día se están realizando investigaciones en un intento por comprender mejor la corteza cerebral, como las llevadas a cabo por Uematsu³¹ que en su trabajo "*Motor and Sensory Cortex in Humans*" demostró que en un tercio de los pacientes con lesiones cerebrales la representación motora primaria se desplaza por afuera del clásico giro precentral (área cortical 4 de Brodmann).

Otro ejemplo es el trabajo de Boling y Olivier^{32, 33} quienes mencionan que el substrato anatómico tanto de la función sensorial como motora de la mano es un pliegue prominente de la corteza que eleva el suelo del surco central, conecta los giros pre y postcentral, y es un punto de referencia cortical confiable para identificar dichas funciones.

Por lo expuesto anteriormente es imperioso realizar un análisis minucioso acerca de la corteza oculta dentro de los surcos, ya que podría contribuir de manera considerable aportando nuevos puntos de referencia a la hora no solo de realizar un abordaje quirúrgico, sino en el emprendimiento de nuevos estudios funcionales.

Nuestros resultados se obtuvieron luego de un detallado estudio tanto de la longitud y profundidad de cada surco cerebral, así como también del estudio de los giros intrasurales integrando dichas variables entre ambos hemisferios.

Si bien la casuística de diez hemisferios cerebrales no es abundante, esperamos que nuestro estudio sea un disparador de futuros trabajos de investigación.

Conclusiones

En este trabajo se presenta no solo un análisis de la longitud, profundidad y área de cada uno de los surcos cerebrales, sino también un estudio detallado de la corteza intrasural, estableciendo patrones de acuerdo a su morfología y disposición.

Sólo la cuarta parte de la superficie cortical cerebral total se observa a simple vista en la superficie del cerebro, las tres cuartas partes restantes están ocultas en los surcos.

Es imprescindible el estudio meticuloso de esta notable porción de corteza cerebral ya que podría representar áreas funcionales totalmente desconocidas hasta el momento, y por otra parte, constituir puntos de referencias valiosos para la realización de abordajes neuroquirúrgicos.

Anexo Tablas

Giros Intrasurcales				
Surcos	Media	D. E.	Mediana	Moda
Cingular	13	4.06	14	10
Lateral	13	1.83	13.5	14
Temporal Superior	12	6.98	7	7
Intraparietal	11	3.06	12	12
Colateral	9	4.35	7.5	6
Occipitotemporal	9	2.41	9	9
Frontal Inferior	8	1.85	8	8
Frontal Superior	8	2.63	6	5
Poscentral	8	4.23	8	9
Central	7	3.40	8	5
Parietooccipital	7	2.97	6.5	7
Precentral	7	2.22	6.5	6
Calcarino	6	1.51	5	5
Frontal Intermedio	5	3.89	4.5	0
Occipital Transverso	4	3.02	2.5	0
Temporal Inferior	4	2.90	3.5	3
Occipital Lateral	4	2.00	4	3
Orbitario	3	1.51	2	2
Lunar	3	1.78	4	4
Frontomarginal	3	1.65	2.5	2
Rostral Superior	3	1.17	2.5	1
Subparietal	2	1.77	2.5	5
Parietal Superior	2	1.51	1	3
Frontoorbitario	2	1.60	2	2
Rinal	1	0.84	0	0
Cuerpo Calloso	0	0.63	0	0
Rostral Inferior	0	0.42	0	0
Frontal Medial	0	0.32	0	0
Olfatorio	0	0.67	0	0
Paraolfatorio Anterior	0	0	0	0

Tabla I: Valores de la cantidad de giros intrasurcales por surco en la totalidad de los cerebros estudiados

Surcos	Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho			
	Media	D. E.	Mediana	Moda	Media	D. E.	Mediana	Moda
Calcarino	6	1,92	5	5	5	1,14	5	5
Central	7	2,51	7	7	7	3,67	6	7
Cingular	13	5,54	11	-	14	2,39	15	7
Colateral	7	3,19	6	-	11	4,83	12	13
Cuerpo Calloso	0	0,89	0	0	0	0,45	0	0
Frontal Inferior	9	4,56	8	-	8	4,34	8	0
Frontal Intermedio	5	3,21	5	-	5	4,88	4	9
Frontal Medial	0	0,45	0	0	0	0,45	0	0
Frontal Superior	9	3,58	8	-	7	3,51	8	1
Frontomarginal	2	0,84	2	2	3	1,67	3	2
Frontoorbitario	2	1,64	1	1	1	1,52	1	3
Intraparietal	8	3,27	7	7	13	9,26	12	0
Lateral	13	2,30	13	-	13	1,34	14	12
Lunar	3	1,52	4	4	2	1,87	2	15
Occipital Lateral	4	1,41	4	4	3	2,17	4	2
Occipital Transverso	5	2,77	6	6	4	0,84	4	3
Occipitotemporal	8	1,79	9	9	9	2,88	9	7
Olfatorio	0	0,00	0	0	0	0,45	0	0
Orbitario	2	2,68	0	0	4	3,11	5	0
Paraolfatorio Anterior	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0
Parietal Superior	3	1,34	2	2	1	1,64	0	0
Parietooccipital	5	1,41	5	5	8	2,68	8	8
Poscentral	7	2,41	8	-	8	1,14	8	10
Precentral	6	2,17	6	6	7	2,45	8	10
Rinal	1	0,89	0	0	1	0,89	0	0
Rostral Inferior	0	0,00	0	0	0	0,89	0	0
Rostral Superior	2	1,14	2	2	3	2,17	3	0
Subparietal	2	1,22	2	1	3	1,10	3	3
Temporal Inferior	4	1,52	4	3	4	4,06	2	3
Temporal Superior	11	3,77	12	5	12	2,49	12	10

Tabla II: Valores de la cantidad de giros intrasurcales de cada surco en los hemisferios izquierdo y derecho de la totalidad de los cerebros

Longitud (cm)				
Surcos	Media	D. E.	Mediana	Moda
Cingular	15,905	2,37	16	-
Temporal Superior	13,34	3,54	12	14
Cuerpo Calloso	12,02	1,90	12,2	10,7
Occipitotemporal	11,51	3,64	10,6	9,5
Frontal Superior	10,62	2,43	10,2	-
Precentral	10,39	1,87	10,2	-
Colateral	10,292	3,18	8,5	-
Temporal Inferior	10,21	2,95	10	10,5
Poscentral	9,89	2,15	9,8	9,3
Orbitario	9,88	2,75	9,5	-
Central	9,73	0,90	9,9	10
Lateral	8,6	1,34	8	8
Intraparietal	8,05	2,00	8	-
Frontal Inferior	7,895	1,75	7,5	-
Calcarino	7,39	2,06	6,8	6
Occipital Transverso	6,47	1,60	5,8	8,5
Frontal Intermedio	5,93	4,29	7,4	0
Rostral Superior	5,71	0,94	5,7	5,5
Occipital Lateral	5,63	1,33	5,3	5
Parietooccipital	4,79	0,85	4,5	-
Subparietal	4,59	0,84	4	3
Olfatorio	4,12	0,39	4,2	4,2
Frontomarginal	4,02	0,97	3,8	3,8
Parietal Superior	3,76	1,84	4	4
Lunar	3,46	0,95	3,5	-
Frontal Medial	3,18	3,00	3,4	0
Rinal	3,1	0,60	3	3
Frontoorbitario	3,01	0,53	3,1	3,1
Rostral Inferior	2,955555556	0,79	3	3
Paraolfatorio Anterior	0,9	0,67	1	1

Tabla III: Valores de la longitud (cm) de cada surco en la totalidad de los cerebros estudiados

Surcos	Hemisferio Izquierdo - Longitud (cm)				Hemisferio Derecho - Longitud (cm)			
	Media	D. E.	Mediana	Moda	Media	D. E.	Mediana	Moda
Calcarino	6,84	1,69	6,8	-	7,94	2,37	8,2	-
Central	9,4	0,82	9,6	10	10,06	0,86	9,9	-
Cingular	16,43	3,10	16,05	-	15,38	0,96	15,4	-
Colateral	9,18	2,60	7,9	-	11,404	3,77	10,7	-
Cuerpo Calloso	12,04	2,31	10,7	10,7	12	1,43	12,5	-
Frontal Inferior	7,63	2,08	7,5	-	8,16	2,25	7,8	-
Frontal Intermedio	7,1	4,84	8	-	4,76	4,45	6,9	0
Frontal Medial	3,7	3,79	3,4	0	2,66	1,96	3	-
Frontal Superior	10,84	2,63	12	-	10,4	2,82	10,2	-
Frontomarginal	4,06	1,15	3,8	-	3,98	0,76	4	-
Frontoorbitario	2,98	0,64	3,1	-	3,04	0,40	3,1	-
Intraparietal	7,68	1,16	8,1	-	8,42	2,75	8	-
Lateral	8,26	0,51	8,5	8,5	8,94	1,74	8	8
Lunar	3,76	1,09	3,3	-	3,16	1,92	3,5	-
Occipital Lateral	5,6	1,38	5,3	-	5,66	1,98	5,8	-
Occipital Transverso	6,94	1,73	6,5	-	6	1,45	5,7	-
Occipitotemporal	9,68	1,89	9,8	-	13,34	4,36	11	-
Olfatorio	3,98	0,45	4,2	4,2	4,26	0,34	4,4	-
Orbitario	8,36	2,44	9,5	-	11,4	4,23	12,5	-
Paraolfatorio Anterior	0,625	0,48	0,75	1	1,12	0,83	1,5	-
Parietal Superior	4,76	1,06	4,9	-	2,76	1,87	2,5	-
Parietooccipital	4,52	0,87	4,3	-	5,06	0,76	4,9	-
Poscentral	9,72	1,26	9,8	-	10,06	2,77	9,5	-
Precentral	11,12	1,40	10,2	-	9,66	1,97	10,6	11,1
Rinal	2,64	0,68	3	3,1	3,56	1,49	3	3
Rostral Inferior	2,95	1,17	2,65	-	2,96	0,29	3	3
Rostral Superior	5,66	0,95	5,8	-	5,76	0,94	5,7	-
Subparietal	3,52	0,53	3,5	3	5,66	3,05	5	-
Temporal Inferior	9,24	1,21	9,8	-	11,18	4,25	10,5	-
Temporal Superior	11,74	3,88	11,5	10	14,94	3,10	14	14

Tabla IV: Valores de longitud (cm) por surco en los hemisferios izquierdo y derecho de la totalidad de los cerebros

Surcos	Profundidad (mm)			
	Media	D. E.	Mediana	Moda
Parietooccipital	18,25	2,88	18,26	-
Lateral	17,95	1,66	17,69	-
Intraparietal	17,79	3,01	18,32	-
Central	17,38	1,77	16,77	-
Temporal Superior	16,81	2,72	16,30	-
Precentral	16,11	2,67	16,23	-
Poscentral	15,44	2,32	15,86	-
Calcarino	15,10	1,81	14,89	-
Lunar	14,62	23,18	7,81	-
Frontal Superior	13,71	2,56	14,45	-
Frontal Inferior	12,60	2,17	12,67	-
Occipital Transverso	12,44	2,84	11,73	-
Parietal Superior	11,86	5,18	12,37	-
Occipital Lateral	11,77	2,18	11,35	11,35
Cingular	11,57	1,17	11,87	-
Colateral	10,83	2,22	10,41	-
Temporal Inferior	10,68	1,71	10,22	9,44
Frontoorbitario	10,61	3,82	9,60	11,23
Occipitotemporal	10,44	2,23	10,38	-
Subparietal	10,38	2,42	9,67	9,28
Olfatorio	9,79	2,24	9,24	-
Rostral Superior	9,56	2,05	9,26	-
Rinal	9,24	2,05	9,13	-
Frontal Intermedio	8,93	6,37	11,62	0
Frontomarginal	8,90	1,43	8,53	7,77
Orbitario	8,48	1,61	8,28	-
Cuerpo Calloso	6,96	0,74	6,92	-
Frontal Medial	5,48	4,56	5,65	0
Rostral Inferior	5,20	2,15	5,47	-
Paraolfatorio Anterior	2,89	3,11	2,43	0

Tabla V: Valores de la profundidad (mm) por surco en la totalidad de los cerebros estudiados

Surcos	Hemisferio Izquierdo - Profundidad (mm)				Hemisferio Derecho - Profundidad (mm)			
	Media	D. E.	Mediana	Moda	Media	D. E.	Mediana	Moda
Calcarino	13,94	1,27	14,76	-	16,25	1,54	15,65	-
Central	17,63	1,43	16,86	-	17,12	2,20	16,03	-
Cingular	10,92	1,36	10,24	-	12,22	0,44	12,35	-
Colateral	9,90	1,76	10,14	-	11,77	2,40	12,79	-
Cuerpo Calloso	6,85	0,73	7,03	-	7,06	0,82	6,82	-
Frontal Inferior	13,20	2,28	13,26	-	12,00	2,13	11,90	-
Frontal Intermedio	9,83	5,82	11,80	-	8,03	7,45	11,43	0
Frontal Medial	4,26	4,29	4,19	0	6,69	4,97	6,98	-
Frontal Superior	14,87	1,34	14,90	-	12,54	3,10	13,15	-
Frontomarginal	8,85	1,00	8,95	-	8,95	1,89	8,29	-
Frontoorbitario	12,35	4,52	11,23	-	8,86	2,21	9,54	-
Intraparietal	18,95	2,18	19,41	-	16,63	3,50	17,99	-
Lateral	18,40	2,12	17,91	-	17,50	1,10	17,46	-
Lunar	21,87	32,51	8,08	-	7,37	4,62	7,54	-
Occipital Lateral	11,16	2,16	11,35	11,35	12,38	2,25	11,54	-
Occipital Transverso	12,18	2,48	12,95	-	12,70	3,45	11,37	-
Occipitotemporal	10,83	1,92	10,43	-	10,06	2,68	10,33	-
Olfatorio	8,25	0,56	8,04	-	11,33	2,24	11,30	-
Orbitario	8,51	2,35	7,16	-	8,45	0,53	8,36	-
Paraolfatorio Anterior	1,48	1,45	1,62	0	4,30	3,83	3,43	-
Parietal Superior	14,03	3,03	13,07	-	9,70	6,28	9,40	-
Parietooccipital	16,39	2,42	16,56	-	20,11	2,03	20,22	-
Poscentral	15,32	2,73	13,96	-	15,56	2,14	16,03	-
Precentral	16,09	3,26	16,48	-	16,13	2,33	15,99	-
Rinal	8,63	2,13	8,23	-	9,85	2,01	9,37	-
Rostral Inferior	4,28	2,41	5,33	-	6,12	1,56	6,33	-
Rostral Superior	9,14	2,03	8,63	-	9,98	2,21	10,11	-
Subparietal	10,25	2,53	9,28	9,28	10,50	2,60	10,83	-
Temporal Inferior	9,68	0,65	9,44	9,44	11,67	1,92	12,13	-
Temporal Superior	16,55	1,30	16,64	-	17,06	3,85	14,88	-

Tabla VI: Valores de profundidad (mm) por surco en los hemisferios izquierdo y derecho de la totalidad de los cerebros

Área (cm ²)				
Surcos	Media	D. E.	Mediana	Moda
Temporal Superior	45,23	6,40	39,57	-
Cingular	36,33	7,52	36,44	-
Central	33,98	16,35	32,75	-
Precentral	33,38	4,20	34,01	-
Lateral	30,93	1,44	29,60	-
Poscentral	30,90	9,20	30,63	-
Frontal Superior	29,49	5,81	32,15	-
Intraparietal	28,83	9,21	30,50	-
Occipitotemporal	24,28	6,09	20,96	-
Colateral	23,05	3,43	18,63	-
Calcarino	22,75	2,61	22,47	-
Temporal Inferior	21,89	4,53	18,73	-
Frontal Inferior	19,96	7,44	19,57	-
Parietooccipital	17,59	5,14	17,64	-
Cuerpo Calloso	16,79	3,56	17,11	-
Orbitario	16,64	0,62	14,02	-
Occipital Transverso	16,04	8,38	16,30	-
Frontal Intermedio	14,89	5,93	17,87	0
Occipital Lateral	13,39	11,08	12,59	-
Rostral Superior	11,03	12,14	10,31	-
Parietal Superior	10,33	10,49	12,11	-
Subparietal	10,07	1,71	8,45	5,568
Lunar	9,60	8,40	5,78	-
Olfatorio	8,09	6,48	7,38	-
Frontomarginal	7,16	4,83	6,70	5,9052
Frontoorbitario	6,18	11,14	6,10	6,9626
Rinal	5,79	5,57	5,44	-
Frontal Medial	5,18	8,83	4,80	0
Rostral Inferior	3,07	2,07	3,48	-
Paraolfatorio Anterior	0,62	1,96	0,58	0

Tabla VII: Valores de Área (cm²) por surco en la totalidad de los cerebros estudiados

Surcos	Hemisferio Izquierdo - Área (cm ²)				Hemisferio Derecho - Área (cm ²)			
	Media	D. E.	Mediana	Moda	Media	D. E.	Mediana	Moda
Central	33,15	3,85	33,33	-	35,01	8,23	31,24	-
Calcarino	19,37	6,11	20,36	-	26,14	9,59	26,16	-
Cingular	35,51	5,61	35,83	-	37,15	2,56	37,05	-
Colateral	18,07	5,42	17,81	-	28,02	13,60	27,36	-
Cuerpo Calloso	16,57	4,00	14,98	-	17,02	3,23	17,45	-
Frontal Inferior	20,71	8,30	19,89	-	19,20	4,69	19,36	-
Frontal Intermedio	16,86	10,39	20,06	-	12,93	12,71	15,77	0
Frontal Medial	5,75	6,72	2,85	0	4,60	3,67	6,75	-
Frontal Superior	32,15	7,80	32,58	-	26,84	10,58	31,35	-
Frontomarginal	7,23	2,32	6,43	-	7,09	1,81	6,96	-
Frontoorbitario	7,06	1,75	6,96	-	5,31	1,27	5,16	-
Intraparietal	29,34	6,43	32,31	-	28,32	12,19	22,51	-
Lateral	30,47	4,62	30,45	-	31,39	6,91	27,93	-
Lunar	13,41	16,75	5,52	-	5,80	3,87	6,04	-
Occipital Lateral	12,44	3,60	12,03	-	14,34	7,39	13,14	-
Occipital Transverso	16,89	5,14	16,83	-	15,20	4,93	14,02	-
Occipitotemporal	21,13	6,70	18,73	-	27,43	13,33	24,80	-
Olfatorio	6,55	0,75	6,69	-	9,62	1,78	9,94	-
Orbitario	14,35	6,71	13,52	-	18,93	6,03	20,50	-
Paraolfatorio Anterior	0,26	0,30	0,16	0	0,97	0,67	1,00	-
Parietal Superior	13,44	4,40	12,99	-	7,22	6,32	4,51	-
Parietooccipital	14,82	3,54	14,48	-	20,36	3,79	19,81	-
Poscentral	29,88	7,15	26,61	-	31,92	11,04	32,08	-
Precentral	35,50	6,43	34,44	-	31,27	8,48	30,38	-
Rinal	4,62	1,91	4,09	-	6,96	2,88	6,63	-
Rostral Inferior	2,49	1,66	2,24	-	3,65	1,05	3,80	-
Rostral Superior	10,50	3,39	10,35	-	11,56	3,78	10,26	-
Subparietal	7,20	2,00	6,44	5,57	12,94	10,14	8,69	-
Temporal Inferior	17,91	2,90	17,90	-	25,87	10,53	22,90	-
Temporal Superior	38,66	12,61	34,44	-	51,80	18,29	53,58	-

Tabla VIII: Promedio de Área (cm²) por surco en los hemisferios izquierdo y derecho

Cerebro (#)	Superficie Cortical Intrasural (cm ²)	Superficie Cortical Superficial (cm ²)	Superficie Cortical Cerebral Total (cm ²)	Relacion Entre Superficie Cortical Intrasural y Total
1	1044,04337	308,27	1352,3133	77,2%
2	1127,780	316,75	1444,53	78%
3	1242,160	381,75	1623,91	76,5%
4	926,7285433	291,5	1218,2285	76%
5	1271,207	358,35	1629,557	78%
Media	1122,3837	331,324	1453,71	77,2%

Tabla IX: Valores de superficie cortical intrasural, superficial, cerebral total y relación entre la superficie cortical intrasural y total

Referencias

1. Andrea Vesalii. *De humani corporis fabrica*. Liber Septem. Basilea ex officio. Joannis Oporini, 1543. pp 798-806.
2. Rhoton AL. *The Cerebrum*. *Neurosurg*. 2002;51(1):375-410.
3. Testut L, Latarjet A, Latarjet M. (1988). *Tratado de anatomía humana*. Barcelona: Salvat.
4. Trove. (2017). *Atlas of the cerebral sulci* / Michio Ono, Stefan Kubik, and Chad D. Abernathy ; foreword by M.G. Yasargil.
5. Brodmann K and Garey L. (2006). *Brodman's Localisation in the cerebral cortex*. New York: Springer.
6. Duffau H. (2012). *Brain Mapping*. Vienna: Springer Vienna.
7. Patten B. (1953). *Human embryology*. New York: The Blakiston Comp.
8. Carpenter M, Sutia J. *Neuroanatomía Humana*. Buenos Aires, El Ateneo, 1999
9. Ludwig E and Klinger J (1956). *Atlas cerebri humani*. Basel (Schweiz): S. Karger.
10. Kubik S Szarvas B. *Anatomy of the calcarine sulcus*. In Yasargil MG (ed.) *Microneurosurgery III A: AVM of the Brain*. Stuttgart: Thieme Medical Publishers, 1987:350-368.
11. Flores L. (2017). *Occipital lobe morphological anatomy: anatomical and surgical aspects*.
12. Cunningham DJ. *Contribution to the Surface Anatomy of the Cerebral Hemispheres*. (1892). Dublin: Academy house, 1892.
13. Smith GE. *New studies on the folding of the visual cortex and the significance of the occipital sulci in the human brain*. *J Anat Physiol* 1907; 41 (3rd ser., vol 2) 198:-207.
14. Duvernoy H. (1999). *The Human Brain*. Vienna: Springer Vienna.
15. Tamraz J. and Comair Y. (2006). *Atlas of regional anatomy of the brain using MRI*. Berlin [u.a.]: Springer. Duvernoy H. (1999). *The Human Brain*. Vienna: Springer Vienna.
16. Penfield W, Rasmussen T. *The Cerebral Cortex of Man*. New York: Macmillan, 1952.
17. Ribas G. (2010). *The cerebral sulci and gyri*. *Neurosurgical Focus*, 28(2), p.E2.
18. Koutsarnakis C, Liakos F, Kalyvas A, Skandalakis G, Komaitis S, Christidi F, Karavasilis E, Liouta E and Stranjalis G. (2017). *The Superior Frontal Transsulcal Approach to the Anterior Ventricular System: Exploring the Sulcal and Subcortical Anatomy Using Anatomic Dissections and Diffusion Tensor Imaging Tractography*. *World Neurosurgery*, 106, pp.339-354.
19. Yaşargil MG, Cravens GF, Roth P. *Surgical approaches to "inaccessible" brain tumors*. *Clin Neurosurg* 34:42-110, 1988
20. Yaşargil MG, Kasdaglis K, Jain KK, Weber HP. *Anatomical observations of the subarachnoid cisterns of the brain during surgery*. *J Neurosurg* 44:298-302, 1976
21. Yaşargil MG, Krisht AF, Türe U, Al-Mefty O, Yaşargil DCH. *Microsurgery of insular gliomas: Part I: surgical anatomy of the Sylvian cistern*. *Contemp Neurosurg* 24:1-8, 2002
22. Yaşargil MG, Teddy PJ, Roth P. *Selective amygdalo-hippocampectomy. Operative anatomy and surgical technique*. *Adv Tech Stand Neurosurg* 12:93-123, 1985
23. Yaşargil MG. *A legacy of microneurosurgery: memoirs, lessons, and axioms*. *Neurosurgery* 45:1025-1092, 1999
24. Yaşargil MG. *Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, 1984, Vol 1*
25. Yaşargil MG. *Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, 1994, Vol 4a*
26. Yaşargil MG. *Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, 1996, Vol 4b*
27. Ribas G, Yasuda A, Ribas E, Nishikuni K and Rodrigues A. (2006). *Surgical Anatomy of Microneurosurgical Sulcal Key Points*. *Operative Neurosurgery*, 59, pp.ONS-177-ONS-211.
28. Berger MS, Cohen WA, Ojemann GA. *Correlation of motorcortex brain mapping data with magnetic resonance imaging*. *J Neurosurg* 72:383-387, 1990.
29. Kucukyuruk B, Richardson R, Wen H, Fernandez-Miranda J and Rhoton A. (2012). *Microsurgical Anatomy of the Temporal Lobe and Its Implications on Temporal Lobe Epilepsy Surgery*. *Epilepsy Research and Treatment*, 2012, pp.1-17.
30. Quiñones-Hinojosa A, Ojemann S, Sanai N, Dillon W and Berger M. (2003). *Preoperative correlation of intraoperative cortical mapping with magnetic resonance imaging landmarks to predict localization of the Broca area*. *Journal of Neurosurgery*, 99(2), pp.311-318.
31. Uematsu S, Lesser R, Fisher R, Gordon B, Hara K, Krauss G, Vining E and Webber R. (1992). *Motor and Sensory Cortex in Humans*. *Neurosurgery*, 31(1), pp.59-72.
32. Boling W, Olivier A, Bittar R and Reutens D (1999). *Localization of hand motor activation in Broca's pli de passage moyen*. *Neurosurgical Focus*, 7(4), p.E1.
33. Boling W and Olivier A. (2004). *Localization of hand sensory function to the pli de passage moyen of Broca*. *Journal of Neurosurgery*, 101(2), pp.278-283.