

Distancia entre la hoz cerebral y el cuerpo calloso: análisis estadístico de una medida poco explorada con potencial implicancia quirúrgica

Federico Minghinelli, Martín E. Bourget, Pablo R. Devoto, Brenda Iglesias, MKauro Biancardi, Matías Baldoncini y Rodolfo Recalde

Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

Objetivo: Realizar mediciones en estudios de imágenes cerebrales normales desde el borde libre de la hoz del cerebro (HC) hacia la rodilla y el cuerpo del cuerpo calloso (CC) y llevar a cabo un análisis estadístico en función de la edad, tipo de estudio y sexo, destacando la potencial implicancia quirúrgica de estas mediciones.

Materiales y métodos: Se analizaron estudios de imágenes cerebrales normales (tomografía computada [TC] y resonancia magnética [RM]). Se utilizaron tres puntos anatómicos del CC para medir la distancia hacia la HC (A, B y C). Se utilizaron los software Horos y RadiAnt DICOM Viewer para realizar las mediciones. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software Minitab18.

Resultados: 193 estudios fueron evaluados. Los resultados obtenidos en TC fueron: Distancia A: media 2,1065 cm; Distancia B: media 2,2677 cm; Distancia C: media 1,765 cm. Los resultados obtenidos en RM fueron: Distancia A: media 1,7148 cm; Distancia B: media 2,1197 cm; Distancia C: media 1,5321 cm. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones relacionadas con el tipo de estudio y la edad.

Conclusión: Existe una distancia desde el borde libre de la HC hasta la rodilla y el cuerpo del CC de al menos 1 cm, tanto en estudios de TC como de RM de cerebros normales. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones en relación al tipo de estudio y la edad. Entre otros usos, estas mediciones podrían ser importantes para determinar el plan quirúrgico en ciertos tipos de patologías.

Palabras clave: Cuerpo calloso; Hoz del cerebro; Distancia; Análisis estadístico; Medidas; Mediciones.

ABSTRACT

Objective: To perform measurements in normal brain imaging studies from the free edge of the falx cerebri (FC) to the genu and the body of the corpus callosum (CC) and perform a statistical analysis based on age, type of study, and sex highlighting potential surgical implication of these measurements.

Methods: Normal brain imaging studies were analyzed (computed tomography scan [CT] and magnetic resonance imaging [MRI]). Three anatomical points of the corpus callosum were used to measure the distance to the falx cerebri (A, B and C). Horos and RadiAnt DICOM Viewer software were used to perform the measurements. Statistical analysis of data was performed with Minitab18 software.

Results: 193 studies were analyzed. The results obtained in CT studies were: Distance A, mean 2.1065 cm; Distance B, mean 2.2677 cm; Distance C, mean 1.765 cm. The results obtained in MRI studies were: Distance A, mean 1.7148 cm; Distance B, mean 2.1197 cm; Distance C, mean 1.5321 cm. Statistically significant differences were found in measurements related to the type of study and age.

Conclusions: There is a distance from the free edge of the FC to the genu and body of the CC of at least 1 cm in both CT and MRI studies of normal brains. Statistically significant differences were found in the measurements in relation to the type of study and age. These measurements can be important to determine the surgical strategy in certain types of pathologies.

Keywords: Corpus callosum; Falx cerebri; Distance; Statistical analysis; Measures; Measurements.

INTRODUCCIÓN

El cuerpo calloso (CC) se encuentra entre los hemisferios cerebrales y conecta porciones emparejadas de estos. Se compone de 200 a 250 millones de axones. Pertenecen al grupo de las fibras comisurales de la sustancia blanca cerebral¹⁷. Existe abundante información en la literatura sobre sus características anatómicas y funcionales^{3,7,8,9,17}.

La hoz del cerebro (HC) es una estructura en forma de vela formada por la invaginación de la duramadre meníngea entre los hemisferios cerebrales. Se inserta anteriormente en la apófisis crista galli del hueso etmoides y posteriormente en la protuberancia occipital interna¹. Existen numerosos libros y artículos que describen su anatomía^{1,2,3,8,11,12,14,18}, sin embargo, solo unos pocos artículos mencionan la relación entre el CC y la HC. El objetivo de este trabajo es realizar mediciones en estudios de imágenes ce-

rebrales normales entre dos porciones diferentes del CC y el borde libre de la HC y realizar un análisis estadístico en función del sexo, la edad y el tipo de estudio, destacando la potencial implicancia quirúrgica de estas mediciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional descriptivo transversal en el que se analizaron estudios de imágenes cerebrales normales (tomografía computada [TC] y resonancia magnética [RM]), entre enero de 2020 y abril de 2022. Se utilizaron tres puntos anatómicos constantes y reproducibles del CC para medir la distancia hacia la HC:

- Distancia A: comprendida entre el borde anterior de la rodilla del CC y el borde libre de la HC a lo largo del eje anteroposterior y en un ángulo de 0° con respecto al CC.

TABLA I: CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN VARIABLES SEXO, TIPO DE ESTUDIO Y EDAD. RM: RESONANCIA MAGNÉTICA

Variable	Variable de medida	Estudio	Categoría	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Género	A	MR	Femenino	41	0	1,7393	0,0856	0,5483	1,039	1,413	1,568	2,015	3,76
			Masculino	36	1	1,6869	0,0729	0,4374	1,079	1,3423	1,535	2,101	2,56
	B		Femenino	41	0	2,161	0,102	0,653	1,237	1,691	2,05	2,503	4,085
			Masculino	37	0	2,0742	0,0916	0,5574	1,022	1,714	2,051	2,492	3,56
	C		Femenino	36	5	1,543	0,052	0,3123	1,054	1,3428	1,4695	1,7975	2,39
			Masculino	29	8	1,5186	0,0706	0,3802	1,03	1,2095	1,502	1,704	2,92
Estudio	A	TC	Femenino	53	2	2,0665	0,0716	0,5214	1	1,762	1,974	2,468	3,337
			Masculino	56	2	2,1423	0,074	0,5535	1,029	1,8155	2,112	2,5365	3,48
	B		Femenino	55	0	2,2348	0,0868	0,6437	1,159	1,71	2,189	2,646	3,653
			Masculino	57	1	2,2803	0,0938	0,7083	1,078	1,758	2,177	2,7445	4,615
	C		Femenino	39	16	1,6746	0,0668	0,4174	1	1,413	1,668	1,933	3,002
			Masculino	46	12	1,816	0,191	1,295	1	1,26	1,452	2,204	9,595
Edad	A	RM	>65	77	1	1,7148	0,0566	0,497	1,039	1,398	1,558	2,052	3,76
			<65	111	4	2,1065	0,0507	0,5339	1	1,795	2,012	2,502	3,48
	B		>65	78	0	2,1197	0,0687	0,6071	1,022	1,701	2,0505	2,4823	4,085
			<65	114	1	2,2677	0,0632	0,6744	1,078	1,7448	2,1845	2,7075	4,615
	C		>65	65	13	1,5321	0,0424	0,3417	1,03	1,2685	1,473	1,7395	2,92
			<65	87	28	1,765	0,106	0,984	1	1,296	1,505	2,039	9,595
Edad	A	TC	>65	77	1	1,7148	0,0566	0,497	1,039	1,398	1,558	2,052	3,76
			<65	111	4	2,1065	0,0507	0,5339	1	1,795	2,012	2,502	3,48
	B		>65	78	0	2,1197	0,0687	0,6071	1,022	1,701	2,0505	2,4823	4,085
			<65	114	1	2,2677	0,0632	0,6744	1,078	1,7448	2,1845	2,7075	4,615
	C		>65	65	13	1,5321	0,0424	0,3417	1,03	1,2685	1,473	1,7395	2,92
			<65	87	28	1,765	0,106	0,984	1	1,296	1,505	2,039	9,595
Edad	A	RM	>65	15	1	1,641	0,119	0,461	1,079	1,316	1,504	2,204	2,412
			<65	62	0	1,7328	0,0644	0,5072	1,039	1,4073	1,58	2,046	3,76
	B		>65	16	0	1,892	0,143	0,574	1,022	1,447	1,952	2,338	2,802
			<65	62	0	2,1784	0,077	0,6059	1,237	1,728	2,0645	2,529	4,085
	C		>65	10	6	1,441	0,053	0,1675	1,215	1,312	1,3995	1,5668	1,706
			<65	55	7	1,5486	0,049	0,3632	1,03	1,249	1,502	1,79	2,92
Edad	A	TC	>65	60	4	1,9652	0,0595	0,461	1	1,701	1,924	2,2688	3,427
			<65	51	0	2,2728	0,0797	0,5694	1,029	1,9	2,265	2,648	3,48
	B		>65	63	1	2,1356	0,0828	0,6574	1,078	1,68	2,056	2,567	4,615
			<65	51	0	2,4308	0,0932	0,6655	1,138	1,878	2,385	3,043	3,653
	C		>65	47	17	1,785	0,184	1,264	1	1,288	1,472	1,914	9,595
			<65	40	11	1,742	0,0789	0,4989	1	1,31	1,684	2,273	2,604

TC: Tomografía computada. N: número total de imágenes analizadas. N*: número de imágenes faltantes. Q1: Primer cuartil Q3: Tercer cuartil

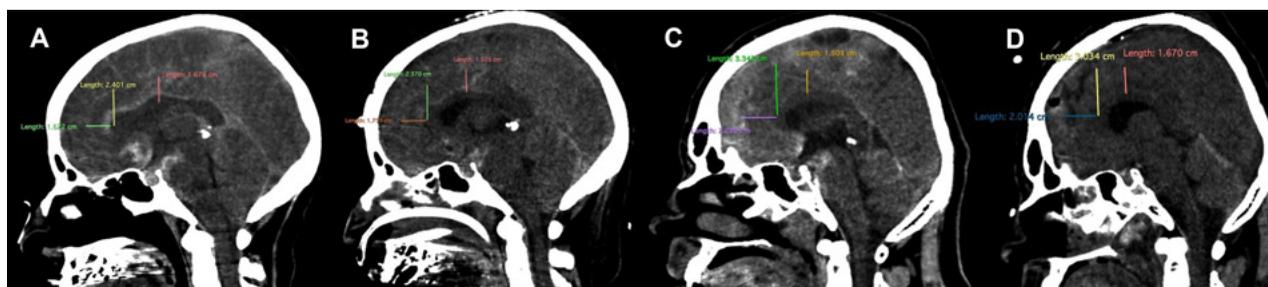


Figura 3: Presentamos dos casos de pacientes con hipertensión endocraneana refractaria al tratamiento médico en los cuales se realizó una craneotomía descompresiva bifrontal dejando el puente óseo que cubre el seno sagital superior, evitando de esta manera ligar el 1/3 anterior de este seno y seccionar la hoz. En ambos casos se midieron las distancias antes mencionadas, tanto en las imágenes pre-quirúrgicas como en las post-quirúrgicas, no encontrándose grandes variaciones.

TABLA II: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MANN-WHITNEY. LOS VALORES DE P QUE ESTÁN RESALTADOS EN ROJO REPRESENTAN AQUELLAS MEDIANAS CON DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.

Estudio	Variable	Medida	W	Valor de p
RM	Género	A	1384	0,842
		B	1436	0,802
		C	908,5	0,526
	Edad	A	519,5	0,403
		B	518	0,16
		C	290	0,473
TC	Género	A	2917,5	0,532
		B	3184	0,841
		C	1861	0,392
	Edad	A	2823,5	0,002
		B	3174	0,011
		C	1937	0,266
-	Tipo de estudio	A	5338	0
		B	6956,5	0,132
		C	4592,5	0,158

RM: Resonancia magnética TC: Tomografía computada W: Estadístico de prueba.

se evaluaron los valores de p obtenidos para cada prueba, considerando un intervalo de confianza del 95%, por lo tanto, $\alpha = 0,05$. Los gráficos se realizaron en RStudio (versión 1.4.1106) utilizando el paquete "ggplot2".

RESULTADOS

Se analizaron 193 estudios de imágenes cerebrales normales: 115 TC y 78 RM. Los estudios de TC incluyeron a 56 mujeres con una edad media de 68,29 años (DE +19,92) y 59 hombres con una edad media de 62 años (DE +14,85). Los estudios de RM incluyeron a 41 mujeres con una edad media de 45 años (DE +14,00) y 37 hombres con una edad media de 53,46 años (DE +19,13)

Los resultados obtenidos en los estudios de TC fueron para la distancia A: media 2,1065 cm (DE +0,5339) con un rango de 1 a 3,48 cm; para la distancia B: media

2,2677 cm (DE +0,6744) con un rango de 1,078 a 4,615 cm; y finalmente para la distancia C: media 1.765 cm (DE +0,948) con un rango de 1 a 9.595 cm.

Los resultados obtenidos en los estudios de RM fueron para la distancia A: media 1,7148 cm (DE +0,497), con un rango de 1,039 a 3,76 cm; para la distancia B: media 2,1197 cm (DE +0,6071) con un rango de 1,022 a 4,085 cm; y finalmente para la distancia C: media 1,5321 cm (DE +0,3417), con un rango de 1,03 a 2,92 cm (estas variables y el resto de las mismas se analizan en la tabla I).

Los resultados del análisis estadístico de los datos obtenidos en las pruebas de Mann-Whitney mostraron diferencias estadísticamente significativas relacionadas con la edad en las mediciones A y B realizadas en TC (los resultados de las distancias A y B medidas en TC fueron más altas en personas menores de 65 años). Asimismo, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas relacionadas con el tipo de estudio en la medida A (los resultados de la distancia A fueron más altas en los estudios de TC). (Tabla II y gráficos I y II)

DISCUSIÓN

Existen numerosos libros y artículos que describen la anatomía del CC y la HC^{1,2,3,8,11,12,14,18}, sin embargo la relación entre ellos es poco mencionada. Kayalioglu G. y col.¹², en su investigación realizada sobre preparados cadavéricos, analizaron la anatomía de la HC y realizaron mediciones de su espesor a nivel cefalo-caudal y también realizaron mediciones desde su borde libre hacia: la rodilla, la porción media del cuerpo y el esplenio del CC (siguiendo el eje cefalo-caudal). Clasificaron a la HC en 3 tipos, en base a los datos mencionados anteriormente. La más frecuente fue la HC de tipo I, que presentó una distancia desde su borde libre hacia la rodilla del CC de 1,41 cm (DE +0,56); hacia la región media del cuerpo del CC de 1,24 cm (DE + 0,47); y hacia el esplenio del CC de 0,21 cm (DE +0,18). Estos resultados fueron similares a los presentados por Jiang y col.¹¹ y Dausacker J. y col.⁸, ambos también realizados en preparados cadavéricos. No hubo

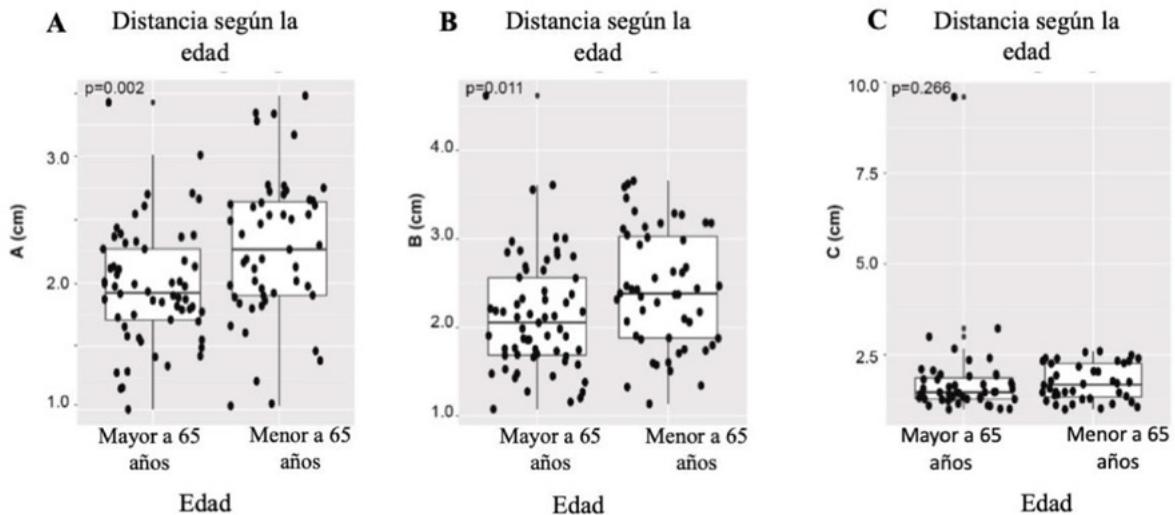


Gráfico I: Boxplots de las diferentes distancias (A, B y C) medidas en TC según la variable edad. Los valores de p se muestran en los gráficos.

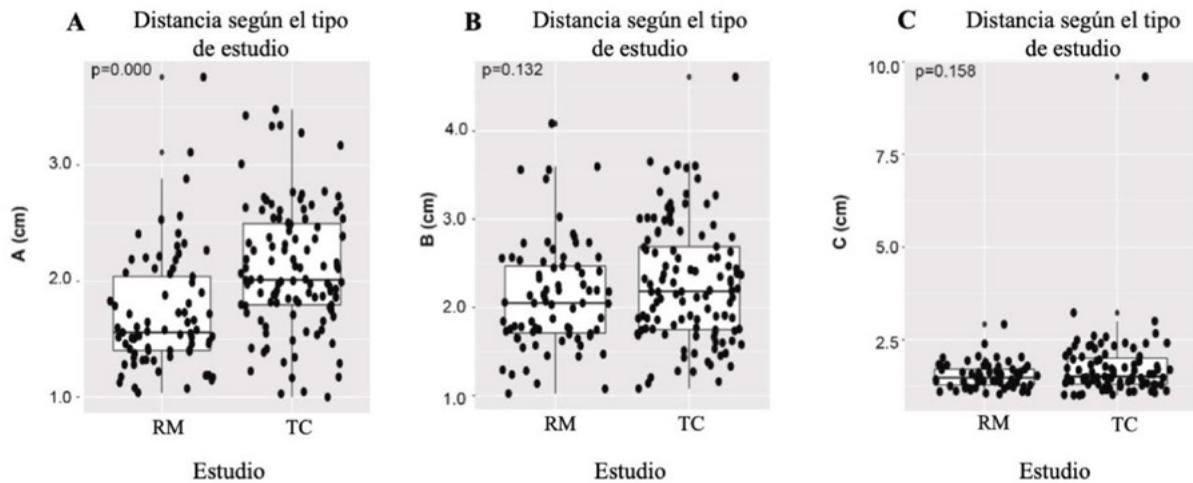


Gráfico II: Boxplots de las diferentes distancias (A, B y C) medidas en TC y RM según la variable tipo de estudio. Los valores de p se muestran en los gráficos.

diferencias en las mediciones en cuanto a edad y sexo en la población analizada en estos estudios. Aunque nuestro análisis se realizó sobre estudios de imágenes cerebrales normales y no sobre preparados cadavéricos (que deben fijarse para ser estudiados y esto podría distorsionar la anatomía normal), la distancia C en nuestras mediciones es similar a la distancia entre el borde libre de la HC y la región media del cuerpo del CC, en la HC tipo I de Kayaoglu G. y col.

Nuestro estudio analiza la distancia entre regiones particulares del CC y la HC. Hemos elegido estas regiones del CC teniendo en cuenta los datos aportados por estudios basados en traumatismo craneoencefálico^{13,21,4,5,10,14,19}. Estos estudios evidencian que el CC podría resultar dañado por fuerzas de cizallamiento producidas por el trauma contra el borde libre de la HC tanto en el momento del impacto primario como después del mismo por la conges-

tión cerebral y el aumento de la presión intracraneana (entre otras causas)^{24,20,15,6}. En nuestro trabajo hemos demostrado que existe una distancia entre el CC y el borde libre de la HC de al menos 1 cm.

Si bien sabemos que la RM ofrece una visualización más detallada de las estructuras anatómicas, también sabemos que en muchos países no se cuenta con un centro de RM disponible las 24 horas del día. Sin embargo, también sabemos que la gran mayoría de los hospitales tienen tomógrafos disponibles para la realización de imágenes cerebrales las 24 hs del día. De esta forma, una de las variables que analizamos, fue si existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones realizadas en RM y TC para saber si se pueden usar indistintamente.

Un dato interesante a destacar es el hallazgo de que las distancias A y B medidas en TC son más altas en personas menores de 65 años. Hemos analizado la distancia en-

tre el CC y la HC entre personas mayores y menores de 65 años, ya que la mayoría de los autores proponen que a esta edad se inicia la adultez tardía. En esta etapa, el cerebro podría desarrollar una serie de modificaciones estructurales, tanto microscópicas, macroscópicas como bioquímicas, entre las que se encuentran: disminución de peso y volumen, con aumento del tamaño de los surcos y disminución de las circunvoluciones; atrofia; degeneración granulovacuolar y neurofibrilar; entre otras.^{23,22,25,26}

Finalmente, creemos que el uso de estas distancias puede ser una herramienta útil para la planificación quirúrgica en ciertas patologías. Por ejemplo para localizar lesiones en la fisura interhemisférica o en la superficie medial del hemisferio cerebral. Al poder ubicar el objetivo quirúrgico en la RM preoperatoria y medir en ese punto exacto la distancia entre el CC y el borde libre de la HC, esa medida puede reproducirse en el escenario quirúrgico luego de abrir la fisura interhemisférica. En otro procedimiento que se podrían utilizar estas mediciones es en la callosotomía posterior para casos de pacientes con epilepsia refractaria, donde a través de estas distancias podemos planificar la extensión anterior de nuestra callosotomía. Así mismo estas distancias podrían ser útiles para determinar la extensión de la resección ósea realizada en craniectomías descompresivas bifrontales para el tratamiento de la hipertensión endocraneana. En las craniectomías descompresivas bifrontales clásicas, los autores proponen una amplia resección ósea, ligar el 1/3 anterior del seno sagital superior y seccionar la HC para evitar el daño del CC, entre otras estructuras¹³. Dicho daño al CC es provocado por mecanismos que describimos anteriormente. Nuestro estudio demuestra con datos anatómicos, que la resección del puente óseo que cubre el seno sagital superior podría no ser realizada. También podría evitarse li-

gar el 1/3 anterior del seno sagital superior y seccionar la hoz, previniendo la morbi-mortalidad asociada a estos gestos quirúrgicos, ya que existe una distancia como mínimo de 1 cm entre el CC y el borde libre de la HC (figura 3). Esta última teoría deberá ser demostrada en trabajos prospectivos

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos medido la distancia entre 3 regiones del CC y el borde libre de la HC en estudios de imágenes cerebrales normales y hemos realizado un análisis estadístico en función de la edad, el tipo de estudio y el sexo de los pacientes.

Podemos afirmar con datos objetivos que existe una distancia desde el borde libre de la HC hasta la rodilla y el cuerpo del CC de al menos 1cm, tanto en estudios de TC como de RM. Asimismo, podemos afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas relacionadas con la edad y con el tipo de estudio.

Creemos que nuestro trabajo aporta información importante, ya que no encontramos publicaciones que realicen un análisis estadístico en relación a la distancia entre el CC y el borde libre de la HC y destaquen su potencial implicancia quirúrgica, en una población de nuestro país ni tampoco de América Latina. Estos datos podrían ser importantes para futuros estudios relacionados con la planificación quirúrgica donde estén involucradas estas dos estructuras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Lic. Delfina Gagliardi por realizar el análisis estadístico del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bair MM, Munakomi S. Neuroanatomy, Falx Cerebri. 2021 Feb 8. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 31424888
- Bayot ML, Reddy V, Zabel MK. Neuroanatomy, Dural Venous Sinuses. 2020 Aug 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 29489265
- BREMER, F., J. BRIHAYE et G. ANDRÉ-BALISAUX: Physiologie et pathologie du corps calleux. Schweiz. Arch. Psychiat. Neurol. 78, 31–87 (1956)
- Chesnut, R. M. (2016). General Principles of Craniocerebral Trauma and Traumatic Hematomas. En Atlas of Neurosurgical Techniques (2.ª ed., pp. 726–727). New York, Estados Unidos: Thieme.
- Chesnut, R. M. (2017). Descompressive Craniectomy for the Treatment of Traumatic Brain Injury. En Neurocritical Care Management of the Neurosurgical Patient (1.ª ed., pp. 293–294). Edinburgo, Escocia: Elsevier.
- Cicuendez M, Castaño-León A, Ramos A, Hilario A, Gómez PA, Lagares A. Prognostic value of corpus callosum injuries in severe head trauma. Acta Neurochir (Wien). 2017;159(1):25-32. doi:10.1007/s00701-016-3000-4.
- Cumming WJ. An anatomical review of the corpus callosum. Cortex. 1970 Mar;6(1):1-18. doi: 10.1016/s0010-9452(70)80033-8. PMID: 4913253
- Dausacker J. Praktisch-anatomische Befunde an der mittleren und hinteren Schadelgrube. Medizinische Dissertation, Würzburg. In: Lang J, editor. Skull base and related structures. Stuttgart (GE): Schattauer, 1974; 207.
- Fleming, G. (1930). The Corpus Callosum and its Tumours. (Brain, December, 1929.) Ironside, R., and Guttmacher, M. Journal of Mental Science, 76(313), 343-343. doi:10.1192/bjp.76.313.343-a
- Guerra WK, Gaab MR, Dietz H, Mueller JU, Piek J, Fritsch MJ. Surgical decompression for traumatic brain swelling: indications and results. J Neurosurg. 1999;90(2):187-196.
- Jiang DF, Jia BL. Investigation of 100 falx cerebri and tentorium cerebelli. Chin Med J (Engl) 1980;93: 107-110
- Kayalioglu G, Erturk M, Varol T. Heights of the cerebral falx. Surgical and clinical implications. Neurosciences (Riyadh). 2004;9(4):257-260.
- Kjellberg, R. N., & Prieto, A., Jr (1971). Bifrontal decompressive craniotomy for massive cerebral edema. Journal of neurosurgery, 34(4), 488–493. https://doi.org/10.3171/jns.1971.34.4.0488
- Kostecki K, De Jesus O, Pearson-Shaver AL. Subfalcine Herniation. 2021 Feb 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls

- Publishing; 2021 Jan-. PMID: 30725631
15. Leclercq PD, McKenzie JE, Graham DI, Gentleman SM. Axonal injury is accentuated in the caudal corpus callosum of head-injured patients. *J Neurotrauma*. 2001;18(1):1-9.
 16. Minitab 18 Statistical Software (2017). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)
 17. Mooshagian E. Anatomy of the corpus callosum reveals its function. *J Neurosci*. 2008 Feb 13;28(7):1535-6. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5426-07.2008. PMID: 18272674; PMCID: PMC6671538
 19. O'Rahilly R, Müller F. The meninges in human development. *J Neuropathol Exp Neurol*. 1986 Sep;45(5):588-608. PMID: 3746345
 20. Oxford RG, Chesnut RM. Neurosurgical Considerations in Craniofacial Trauma. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2017;25(4):479-491.(18)
 21. Peerless SJ, Rewcastle NB. Shear injuries of the brain. *Can Med Assoc J*. 1967;96(10):577-582.
 22. Polin, R. S., Shaffrey, M. E., Bogaev, C. A., Tisdale, N., Germanson, T., Bocchicchio, B., & Jane, J. A. (1997). Decompressive bifrontal craniectomy in the treatment of severe refractory posttraumatic cerebral edema. *Neurosurgery*, 41(1), 84-94. <https://doi.org/10.1097/00006123-199707000-00018>
 23. Ríos, I. D. P., & Collazos, J. E. M. (2020). Neural aging, brain plasticity and Exercise: Advances from the perspective of Physiotherapy. *Archives of Medicine*, 20 (1). Samper Noa, Juan A, Llibre Rodríguez, Juan J, Sosa Pérez, Saily, & Solórzano Romero, Joel. (2011). From aging to Alzheimer's disease. *Habana Journal of Medical Sciences*, 10 (3), 319-327
 24. Shiramizu H, Masuko A, Ishizaka H, et al. Mechanism of injury to the corpus callosum, with particular reference to the anatomical relationship between site of injury and adjacent brain structures. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2008; 48 (1): 1-7.
 25. Tirro, V. I. (2016). Old age and the brain. *New Humanism Magazine*, 4 (1). (24)
 26. Wyss-Coray T. (2016). Aging, neurodegeneration and brain rejuvenation. *Nature*, 539 (7628), 180-186).