

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL REGIONAL “GENERAL IGNACIO ZARAGOZA”

**ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN DE VENTRICULOMETRIA CEREBRAL POR EDAD
Y SEXO EN PACIENTES ADULTOS POR TOMOGRAFIA**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:
IMAGENOLÓGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA.**

PRESENTA:

DRA. LILIANA ZAMORA BARAJAS

ASESOR DE TESIS:

DR. MARIO AXEL CUEVAS BAILÓN.

CIUDAD DE MÉXICO, 2025



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Lucía y Víctor, por ser mi guía y mi refugio, por los valores, principios y amor que me han brindado desde siempre, por enseñarme con su ejemplo la importancia del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanas Ana y Adri, por ser una fuente constante de motivación y mis eternas cómplices en cada paso de mi vida.

A mi novio David, por su amor y apoyo incondicional, su paciencia en los momentos difíciles y creer en mi incluso en mis momentos de duda.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
JUSTIFICACIÓN	18
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	19
METODOLOGÍA	20
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN	27
CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMEN

Título: análisis de asociación de ventriculometría cerebral por edad y sexo en pacientes adultos por tomografía

Introducción: La ventriculometría cerebral es una herramienta útil para valorar las dimensiones ventriculares y posibles alteraciones en el sistema ventricular. Determinar valores de referencia según edad y sexo en población adulta puede ayudar en el diagnóstico diferencial de diversas patologías neurológicas y en la interpretación más precisa de estudios de imagen.

Objetivo: Determinar si las mediciones ventriculares cerebrales presentan asociación con edad y sexo en adultos, estableciendo valores de referencia y describiendo los principales motivos de indicación de una TC simple de cráneo.

Material y métodos: Se estudiaron 329 adultos de entre 18 y 70 años, con TC simples de cráneo informadas como normales realizadas entre julio y diciembre de 2023. Se calculó el índice de Evans, el diámetro laterolateral del tercer ventrículo, el diámetro laterolateral del cuarto ventrículo y el diámetro promedio de los recesos temporales. El análisis estadístico incluyó medidas de tendencia central, dispersión, prueba de Kolmogórov-Smirnov, prueba U de Mann-Whitney y correlación de Spearman, considerando $p < 0.05$ como significativo.

Resultados: El grupo de 18 a 50 años presentó el mayor número de estudios (170, 51.7%), seguido del grupo de 51 a 70 años (159, 48.3%).

Índice de Evans: 0.14 a 0.29 (media 0.23)

Tercer ventrículo: 2.3 mm a 12 mm (media 5.1 mm)

Cuarto ventrículo: 3 mm a 16 mm (media 10 mm)

Recesos temporales: 1.4 mm a 7.5 mm (media 3.5 mm)

Se observaron diferencias notables en las mediciones según grupos etarios y sexo.

Conclusión: La ventriculometría cerebral mostró variaciones significativas relacionadas con edad y sexo. Estos hallazgos permiten establecer valores de referencia que pueden facilitar la interpretación de estudios de imagen y apoyar el diagnóstico oportuno de patologías que afectan el sistema.

ABREVIATURAS

AB: arteria basilar

ALVI: índice del diámetro anteroposterior del ventrículo lateral

BPC: bolsa de Blake

BR: tronco encefálico

CVV: Volumen de la bóveda craneal

EA: enfermedad de Alzheimer

ETV: tercer ventrículo

FH: asta frontal

FHVR: relación entre el volumen del asta frontal y el volumen intracraneal total

FOHR: Relación del cuerno frontooccipital

FSD: dilatación del surco focal

GBCA: contraste a base de gadolinio

HPN: hidrocefalia a presión normal

ICV: volumen intracraneal total

IE: índice de Evans

iNPH: hidrocefalia normotensiva idiopática

LCR: líquido cefalorraquídeo

LOVA: ventriculomegalia manifiesta de larga duración en adultos (LOVA)

LVV: Volumen ventricular lateral

LVVP: Porcentaje del volumen ventricular lateral

MRI: Imagen por resonancia magnética

PL: punción lumbar

RIQ: Rango intercuartil

RM: resonancia magnética

RMN: resonancia magnética nuclear

RVV: VV relativo

SFT: suelo del tercer ventrículo

SN: sustancia negra

TC: Tomografía computarizada

TCS: ecografía transcraneal

TEA: trastorno del espectro autista

VV: volumen ventricular

INTRODUCCIÓN

La implementación de técnicas contemporáneas de aprendizaje en las neuroimágenes ha permitido el desarrollo de sistemas de clasificación e identificación de biomarcadores de envejecimiento. Este factor, sumado al progreso de los sistemas informáticos, ha hecho que la tomografía computarizada axial (TAC) sea un instrumento esencial en las imágenes craneales. Las imágenes de la TAC siguen siendo el método de neuroimágenes más utilizado a nivel internacional, debido a su menor costo y a que es una prueba mucho más veloz y menos ruidosa que la RMN.¹

Entender las dimensiones normales de las estructuras ventriculares encefálicas en un ser vivo es crucial para el diagnóstico y monitoreo de diversas entidades nosológicas. La información respecto a las mediciones exactas de estas estructuras es limitada. La determinación de la volumetría del sistema ventricular encefálico, en función de la edad y el género, se utiliza ampliamente como indicador de atrofia cerebral. Es un instrumento que determina con exactitud la normalidad del volumen global del sistema ventricular en individuos con funciones cognitivas globales normales, basándose en imágenes de Tomografía Computarizada.²

La adopción de la perspectiva en el arte y la ciencia transformó radicalmente el análisis del cerebro. Desde 1504, Leonardo da Vinci empezó a modelar en tres dimensiones los ventrículos cerebrales. Varios años después, Andrés Vesalio demostró disecciones cerebrales de gran innovación. La obra *Cerebri Anatome* (1664), de Thomas Willis, con ilustraciones de Christopher Wren, evidenció de forma destacada la superficie inferior del cerebro.³

Posteriormente, a comienzos del siglo XIX, las imágenes exactas de las estructuras neuronales de Charles Bell revolucionaron el procedimiento quirúrgico. Durante los años 60, Albert L. Rhoton Jr. (1932-2016) empezó a consolidarse como uno de los neuroanatomistas más destacados al centrar su

atención en la microanatomía, utilizando el saber de la microneurocirugía, dominando la anatomía microneurológica y empleándola para optimizar el cuidado de sus pacientes.³

Anatomía

El sistema ventricular juega un rol crucial en el intercambio de sangre con el líquido cefalorraquídeo (LCR) y en los canales de drenaje del líquido intersticial con el LCR. El LCR se produce en el tejido de secreción especializado conocido como plexo coroideo, que incluye células epiteliales, capilares fenestrados y el estroma con alta vascularización.⁴

El LCR se ubica en un espacio multicompartimentado comunicado cavitario, compuesto por los ventrículos, el espacio cisternal subaracnoideo y las convexidades. Los ventrículos laterales se dirigen al tercer ventrículo mediante los forámenes de Monro, mientras que el tercer ventrículo se conecta con el cuarto ventrículo a través del acueducto cerebral o de Silvio. A partir de este punto, el LCR se infiltra en la cisterna magna y del ángulo pontocerebeloso mediante los forámenes centrales de Magendie y laterales de Luschka, en correspondencia. Por aquí se traslada a las convexidades y, en su mayoría, se reabsorbe en los senos venosos mediante las granulaciones de Pacchioni o aracnoideas.⁵

Los ventrículos laterales se componen del cuerpo, trigono, asta temporal y asta occipital. Se ubican centralmente uno junto al otro de forma especular, divididos por el septum pellucidum. Su relación inferolateral con caudados y tálamos es superior, mientras que su relación superior con el cuerpo calloso y las fórnices es inferior.⁵

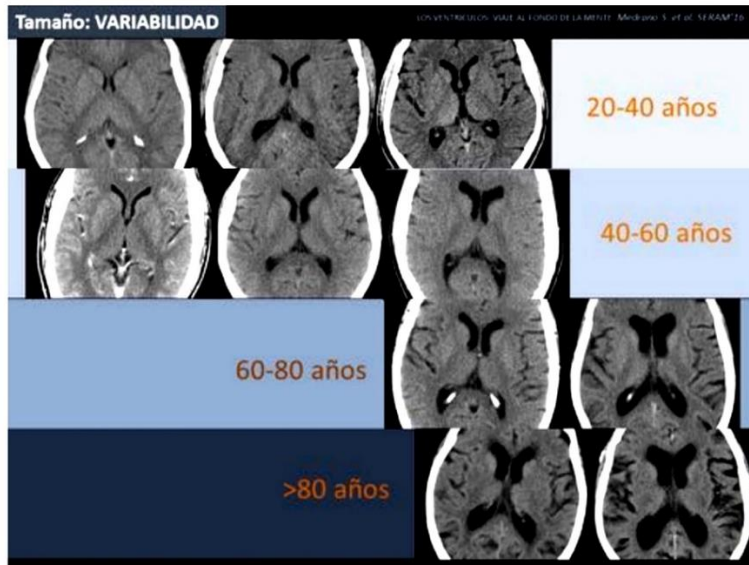


Fig. 2: Tamaño variabilidad

5. Del Carpio Bellido Vargas Sofía González Ortiz Jaime Capellades Font SMMAACENARLA. LOS VENTRÍCULOS: VIAJE AL FONDO DE LA MENTE. Recuperado de: www.seram.es

Los ventrículos laterales del cerebro, derecho e izquierdo, son los de mayor tamaño. Las granulaciones aracnoideas absorben el LCR y este es drenado hacia la circulación venosa y linfática. El LCR se genera a una velocidad de 0,2 a 0,7 ml/min y de 600 a 700 ml/min. La reposición total del LCR se realiza de tres a cuatro veces al día. Este proceso cambiante causa que tanto el volumen como la presión intraventricular del LCR sean fluctuantes. Cuando se presentan problemas con este balance de producción y absorción, el LCR se acumula de manera irregular en los ventrículos, causando un agrandamiento ventricular denominado "hidrocefalia".⁶

En las personas mayores, observamos otro tipo de hidrocefalia crónica que es más frecuente. Esta condición se conoce como hidrocefalia de presión normal (HPN). La HPN ocurre cuando la presión intraventricular se incrementa a causa del exceso de LCR y los ventrículos experimentan una disminución. Los ventrículos laterales se separan verticalmente mediante un pequeño septum pellicidum en la línea central. Los ventrículos laterales, situados a cada lado del

tabique, funcionan como una imagen especular entre sí y, en la mayoría de las ocasiones, son idénticos y simétricos.⁶

ANTECEDENTES

Un incremento en el tamaño del ventrículo está vinculado con la edad, el género, una enfermedad degenerativa cerebral, una disminución en la absorción del LCR y factores de riesgo vascular.⁷

La investigación del TEA también ha centrado su atención en los ventrículos, ya que se han descubierto variaciones morfométricas como lesiones e hipertrofia del volumen cerebral vecino en el TEA. Es probable que estos aspectos del desarrollo hemisférico influyan en la forma y el tamaño de los ventrículos laterales. Una gran cantidad de investigaciones han identificado volúmenes ventriculares superiores vinculados con TEA, y recientemente, la investigación longitudinal ha reconocido el agrandamiento ventricular como un factor de riesgo para TEA en una población de bajo peso al nacer.⁸

No obstante, algunas investigaciones no han hallado pruebas de volúmenes ventriculares superiores, e incluso una investigación encontró disminuciones en el volumen ventricular en los cuernos frontal y occipital derecho e izquierdo. A pesar de que diversas investigaciones han estudiado las variaciones volumétricas en los ventrículos, se ha dedicado escaso énfasis a la asimetría de los ventrículos laterales y las estructuras subcorticales contiguas en el TEA.⁸

En la actualidad, no hay un límite exacto para la dilatación ventricular, y el tamaño del ventrículo cerebral puede fluctuar dependiendo de la etnia, el género y la edad. La investigación de **Moreno – Gómez, LA et al.**, establecieron la dilatación ventricular como un valor VV superior al percentil 95 en los participantes de control de edad avanzada saludables. Proponiendo que el límite para el agrandamiento ventricular en adultos saludables se establece como un índice ALVI superior a 0,50.⁹

En el marco de la hidrocefalia, al igual que en diversos otros trastornos neurológicos, las radiografías desempeñan un rol esencial en aspectos como el diagnóstico, la

identificación de la causa, la organización del tratamiento y el monitoreo del paciente. En el ámbito clínico, los métodos de diagnóstico por imágenes más frecuentemente empleados para valorar la hidrocefalia abarcan la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la ecografía (US). Para propósitos diagnósticos, terapéuticos y de seguimiento, se recurre a exploraciones radiológicas como la tomografía computarizada (TC), imágenes por resonancia magnética (RM) o ecografía (US).¹⁰

La ecografía parenquimatosa transcraneal (TCS), que revela la ecogenicidad de los tejidos mediante el cráneo sin alteraciones, es un procedimiento práctico, no invasivo, lucrativo y de aplicación sencilla. Las estructuras del mesencéfalo, los ganglios basales y el diámetro transversal de los tercios medio y frontal, así como los cuernos de los ventrículos laterales, pueden ser evaluados con facilidad a través del TCS. Sin embargo, la resonancia magnética proporciona una mayor resolución.¹¹

El volumen del ventrículo cerebral es crucial para detectar y manejar patologías neurológicas, siendo la hidrocefalia una de las más frecuentes. Las investigaciones de resonancia magnética de alta intensidad supervisan el tamaño del ventrículo para evaluar la reacción al tratamiento y el avance de la enfermedad. Este seguimiento se consigue contrastando visualmente la dimensión ventricular de un conjunto de imágenes de resonancia magnética con otro.¹²

Bourne SK et al, en su estudio determinaron las siguientes mediciones ventriculares lineales:¹³

Tabla 1

Descripción de las medidas lineales de los ventrículos cerebrales

Medición	Descripción
Ancho ventricular mínimo	Ancho de ambos ventrículos laterales en la porción más estrecha
Índice bicaudado	Ancho ventricular lateral mínimo dividido por el ancho interno del cráneo al mismo nivel
Ancho máximo del cuerpo de los ventrículos laterales	Ancho de ambos ventrículos laterales, separados solo por el tabique, en la porción más ancha
Índice de Schiersmann	Relación entre el ancho máximo del cuerpo de los ventrículos laterales y el diámetro interno máximo del cráneo en el mismo corte
Diámetro transversal de los cuernos anteriores de los ventrículos.	Distancia entre los puntos más laterales de los cuernos anteriores de los ventrículos en su punto más ancho
La proporción de Eivan	Relación entre el diámetro transversal de los cuernos anteriores de los ventrículos laterales y el diámetro interno del cráneo
Medición de Huckman	Diámetro transversal de los cuernos anteriores de los ventrículos más el ancho ventricular lateral mínimo
Diámetro máximo del tercer ventrículo	Diámetro máximo del tercer ventrículo
Índice alternativo Schaltenbrand-Nürnberg	Relación entre la anchura craneal externa máxima y la anchura máxima del tercer ventrículo
Relación entre los cuernos frontal y occipital	Promedio del ancho del cuerno frontal y occipital dividido por la distancia interparietal
Dimensión ventricular diagonal	Porción más anterior del asta frontal de un lado hasta el punto más posterior del asta occipital contralateral dividido por el componente intracraneal (extensión de la línea diagonal hasta el interior del cráneo)
Índice ventricular	Relación entre el ancho mínimo de los ventrículos laterales y el diámetro transversal de los cuernos anteriores de los ventrículos laterales

13. Bourne SK, Conrad A, Neimat JS, Davis TL. Linear measurements of the cerebral ventricles are correlated with adult ventricular volume. *J Clin Neurosci*. 2013 May;20(5):763-4. doi: 10.1016/j.jocn.2012.10.002. Epub 2013 Mar 22. PMID: 23528412. Recuperado de: [https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868\(12\)00541-3/abstract](https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868(12)00541-3/abstract)

Por otra parte, **Ozdikici M** en su investigación, estableció los siguientes índices y su forma de evaluarlos. Fórmulas de los índices ventriculares lineales:

- f: la mayor distancia entre los recesos frontales
- F: el diámetro interno del cráneo a nivel del cráneo más grande.

Distancia entre los cuernos frontales

- c: la distancia más corta entre los núcleos caudados
- C: el diámetro interno del cráneo a nivel del cráneo más corto.

Distancia entre núcleos caudados

- A: el diámetro interno máximo del cráneo
- v: el diámetro transversal más grande del cuarto ventrículo
- V: el diámetro interno del cráneo a nivel del cráneo más grande diámetro transversal del cuarto ventrículo

Cálculo de los índices:

- Índice Bifrontal $5 (f/F) \ 3 \ 100$
- Índice Bicaudado $5 (c/C) \ 3 \ 100$
- Índice de Evans $5 (f/A) \ 3 \ 100$

Índice del cuarto ventrículo $5 (v/V) \ 3 \ 100$ ¹⁴

La tomografía computarizada (TC) es el método de imagenología predominante para valorar la variación en el volumen ventricular en pacientes con derivaciones ventriculares o drenajes ventriculares externos (DVE).¹⁵

Tomografía computarizada: continúa siendo un método muy empleado y de gran valor en el contexto de urgencias. Es rápida y accesible, por lo que no necesita anestesia o sedación, no provoca descalibración de las válvulas y es compatible con la mayoría de los aparatos de asistencia vital. Aunque se han implementado protocolos de baja dosis para disminuir la dosis acumulada de radiación, la exposición reiterada puede incrementar el peligro de padecer enfermedades oncológicas.¹⁶

Se aconseja determinar el Índice de Evans en un plano de orientación axial. A pesar de que en ciertos casos es posible determinar la causa y el lugar de la obstrucción, la resonancia ofrece menos detalles anatómicos que la ultrasonografía. Se trata de la técnica más efectiva para determinar la ubicación de los catéteres de derivación.¹⁶

Índice de Evans

Se conoce como índice de Evans (IE) a la correlación entre el ancho máximo de los cuernos frontales y el diámetro máximo interno del cráneo. Fue sugerido por Evans en 1942, y se ha empleado para medir de manera indirecta la expansión del sistema ventricular en la encefalografía. Evans estudió retrospectivamente 53 encefalogramas de pacientes normales efectuados en el Hospital Infantil de Michigan y el Hospital Harper, determinando que la correlación entre el diámetro transversal de los cuernos anteriores y el diámetro interno del cráneo podría ser utilizada como indicador para determinar el tamaño del ventrículo.¹⁷

Aún más relevante, este análisis reveló que la relación normal se sitúa entre 0,20 y 0,25, una relación que oscila entre 0,25 y 0,30 indica un agrandamiento precoz o dudoso, mientras que valores que superan 0,30 indican un agrandamiento ventricular claramente definido. En la actualidad, el IE no solo se utiliza en

imágenes de tomografía computarizada y resonancia magnética, sino que también se considera el método de evaluación indirecta más habitual para la ampliación del sistema ventricular en la neurocirugía.¹⁷

Por otra parte, **Liu B et al.**, también establecen que el Índice de Evans (IE) se utiliza para caracterizar el nivel de dilatación ventricular, que se establece como la correlación entre el ancho máximo de los cuernos frontales y el diámetro interno máximo del abdomen. El intervalo normal para el EI se sitúa entre 0,2 y 0,25, una relación que oscila entre 0,25 y 0,30 sugiere un agrandamiento precoz o dudoso, y un valor que supera el 0,3 señala un agrandamiento significativo del ventrículo.¹⁸

En un estudio realizado por **Maragkos GA et al.**, en el cual descartaron los pacientes con hidrocefalia y se examinaron los resultados de los 12.649 pacientes restantes. Estas mediciones comprendieron exámenes normales, atrofia y cualquier otro tipo de patología. Los hombres presentaban un LVV general superior al de las mujeres (media DE, 27,3 mL en comparación con 22,7 19,3 mL; Mann-Whitney $P < 0,001$), 29,5, además de un CVV superior (1255 134 mL en comparación con 1102 117 mL; $P < 0,001$), y un LVVP superior (2,32 2,05% en comparación con 2,04 1,67%; $P < 0,001$).¹⁹

Los LVV se incrementaron de manera constante con el envejecimiento, variando entre 10,7 mL a los 3-4 años y 47,7 mL para pacientes que superaban los 80 años. El CVV se incrementó de una mediana de 1096 durante los años 3-4 a 1193 durante los años 10-14, y se mantuvo prácticamente constante desde ese momento, con una mediana de 1184 para pacientes que superaban los 80 años. Los LVVP también experimentaron un incremento sostenido con el envejecimiento, con niños de 3 a 4 años con una mediana del 0,97% y pacientes de más de 80 años con una mediana del 4,02%.¹⁹

Polat y su equipo investigaron el sistema ventricular en individuos turcos saludables, reportando hallazgos estadísticamente relevantes para los grupos de

edad avanzada. Al establecer el índice de Evans y el impacto de la edad en este índice, **Dzefi Tettey** evidenció el impacto de la edad, alcanzando los valores más elevados en las categorías de edad comprendidas entre 62-71 y 72 años y más. En este contexto, varios autores sostienen que los ventrículos se desarrollan a un ritmo medio del 2,9%/año a partir de los 70 años, lo que podría representar casi el doble que en personas adultas jóvenes. Por otro lado, otros escritores señalan que esta tasa parece reducirse en personas de mayor salud.²⁰

Se llevó a cabo una investigación observacional y analítica en 320 individuos con funciones neurocognitivas y examen neuropsiquiátrico normales, de entre 30 y 75 años, a los que se les aplicó una Tomografía Axial Computarizada de corte único. Se empleó una técnica de segmentación de imágenes fundamentada en la uniformidad. El estudio de varianza evidenció que la progresión de la edad está vinculada a un incremento correspondiente en el volumen de los ventrículos laterales. El enfoque morfométrico de los ventrículos laterales, facilita la cuantificación de las variaciones volumétricas cerebrales vinculadas al envejecimiento normal y puede emplearse como biomarcador de atrofia cerebral.²⁰

El agrandamiento patológico del ventrículo es más común en hombres y en personas mayores. En personas con diabetes (principalmente en mujeres), los ventrículos cerebrales se deterioran con mayor rapidez que en personas sin diabetes. La edad, el género y la diabetes pueden influir en cómo varía el tamaño del ventrículo cerebral a lo largo del tiempo, particularmente en mujeres con diabetes. Por ello, es aconsejable llevar a cabo estudios de imagenología cerebral habituales en estos pacientes tras cumplir 70 años.²¹

En el estudio realizado por **Currà A et al.**, primero, los individuos con diabetes desarrollan un deterioro en sus ventrículos cerebrales más rápido que los individuos sin diabetes. Esta constatación indica que la diabetes fomenta los procesos de expansión ventricular, probablemente modificando el sistema de glucemia. Las mujeres predominan entre las personas no diabéticas sin dilatación, mientras que

los hombres predominan entre las personas diabéticas sin dilatación. Esto indica que, independientemente del rol que el género femenino juega en la prevención del agrandamiento ventricular, se desvanece en el caso de la diabetes.²¹

A medida que la población global envejece, la carga de deterioro funcional y enfermedades asociadas a la edad está en aumento. Conforme avanza la edad, las propiedades microscópicas y macroscópicas cerebrales se transforman, y las expresiones atípicas cerebrales durante el proceso de envejecimiento se asemejan a las patologías neurodegenerativas y mentales. Así pues, entender las transformaciones vinculadas al cerebro durante el proceso de envejecimiento puede asistirnos en la diferenciación más precisa de los indicios de una condición patológica.²²

Hay variaciones individuales significativas en la intensidad de las alteraciones cerebrales con la edad; el nivel de envejecimiento cerebral puede ser impactado de manera negativa por una deficiente salud física y mental. Los factores de riesgo cardiovascular, tales como la presión arterial alta, la diabetes y la obesidad, se han vinculado con un incremento en el envejecimiento del cerebro. Así pues, en el proceso de degradación cerebral relacionada con la edad, la rapidez y el camino de la degradación cerebral pueden variar considerablemente entre distintas personas y distintas áreas cerebrales.²²

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Hay numerosas variaciones en la anatomía, bioquímica y funcionamiento de los cerebros en hombres y mujeres. Numerosas de estas variaciones se originan desde muy inicios durante el desarrollo fetal, a causa de una mezcla de factores genéticos y hormonales, y persisten a lo largo de toda la vida de la persona. Así pues, es necesario considerar las variaciones de sexo al analizar las estructuras cerebrales durante la vida fetal y postnatal de una persona. Se han llevado a

cabo escasas investigaciones para analizar las variaciones entre las mediciones de las estructuras cerebrales en hombres y mujeres.²³

Dado el requerimiento de una detección temprana de los desórdenes neurodegenerativos, se ha tratado de equilibrar los criterios diagnósticos a través de métodos morfométricos fundamentados en técnicas de neuroimagen, pero todavía no se han conseguido resultados definitivos.²⁴

En el ámbito clínico, usualmente aún se calcula el tamaño del ventrículo a través de una valoración visual subjetiva y/o empleando el índice de Evans (IE) en la tomografía computarizada o la resonancia magnética (RM).²⁵

El Hospital Regional “General Ignacio Zaragoza” es considerado un hospital de gran concentración a donde llegan pacientes de gran parte del estado y la Ciudad de México, incluyendo pacientes que con frecuencia requieren de la realización de una tomografía computarizada simple de cráneo para completar su diagnóstico y/o confirmarlo. Hasta el momento se desconoce con exactitud si existe una relación de la edad y el sexo con el diámetro de los ventrículos cerebrales, sin embargo, existen estudios que se han realizado con la finalidad de comprobar tal relación.

El emplear este recurso y lograr establecer una relación de los mismos podría otorgarnos una idea de los cambios presentados de acuerdo con estas dos variables y de esta forma lograr realizar mejores diagnósticos, de manera oportuna. Siendo la TAC simple de cráneo un método diagnóstico que es realizado de manera rutinaria por parte del servicio de Imagenología diagnóstica y terapéutica es prescindible identificar los cambios estructurales que pueda presentar la población. De lo anterior se desprende la siguiente pregunta:

¿Existe relación de la edad y el sexo con el valor de los diámetros ventriculares cerebrales evaluados por tomografía computarizada simple en pacientes del Hospital regional General Ignacio Zaragoza?

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento exacto de la anatomía y la forma de las estructuras que constituyen el sistema nervioso central (SNC) facilita, en el día a día, la elaboración de informes con una descripción minuciosa, además de la identificación de variaciones anatómicas y diversas enfermedades que se manifiesten. La evaluación de estas estructuras bajo circunstancias normales facilita la categorización e identificación de medidas anormales cuando se manifiesten.²⁶

Durante el día a día, en la elaboración de informes, a menudo se presentan variaciones anatómicas, lesiones y varias afecciones del sistema nervioso central (SNC). En estas situaciones, se requieren ciertos tipos de mediciones para establecer un diagnóstico exacto. Esas mediciones habilitan al médico derivante o tratante para planificar y llevar a cabo procedimientos terapéuticos de poca invasión o que necesiten una intervención quirúrgica de mayor importancia.²⁶

Es crucial identificar el rango normal de este valor en nuestra población, especialmente en los adultos mayores, para distinguir las distintas afecciones relacionadas a estos cambios como lo son la hidrocefalia precoz, desórdenes degenerativos, la enfermedad de Alzheimer y el envejecimiento normal.²⁷

Los hallazgos de esta investigación pueden contribuir a mejorar nuestro entendimiento de los parámetros radiológicos particulares de nuestra zona. Se aconseja que estos descubrimientos se corroboren con un mayor número de pacientes de variadas etnias y distintas áreas geográficas. Esto facilitará el

diagnóstico exacto y a tiempo de la hidrocefalia, evitando diagnósticos innecesarios y equivocados, especialmente en la población de edad avanzada.²⁷

Tener la oportunidad de determinar si existe relación de la edad y el sexo con el valor de los diámetros ventriculares cerebrales podría ayudar al servicio de Imagenología diagnóstica y terapéutica del Hospital Regional “General Ignacio Zaragoza” para tomar acciones, mejorar o realizar las modificaciones pertinentes para la identificación de patologías a nivel de los ventrículos cerebrales, a realizar un diagnóstico oportuno; así como dar un tratamiento precoz por parte del servicio tratante, mejorar el pronóstico y calidad de vida de los pacientes, mejorando la calidad de vida de los mismos, permitiéndoles continuar con su vida, reduciendo gastos en tratamientos y visitas a consultas, haciendo su estancia hospitalaria de menor durabilidad, menos traumática y estresante, y por ende mejorar los estándares de calidad del servicio y de la institución en general.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar si la ventriculometría cerebral en adultos tiene asociación con edad y sexo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer los cambios estructurales cerebrales de manera general de acuerdo con la edad y el sexo
- Identificar los principales motivos por los cuales se indica como método diagnóstico una TAC simple de cráneo
- Establecer el rango de edad de las personas que más requieren de una TAC simple de cráneo para completar los estudios diagnósticos.
- Identificar quien requiere más la realización de TAC simple de cráneo, mujeres u hombres.

- Conocer en que rango de edad se muestra mayor evidencia de cambios a nivel de los ventrículos cerebrales.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio observacional, analítico, retrospectivo y transversal, cuyo objetivo fue analizar la posible relación entre las mediciones ventriculares y las variables de edad y sexo en pacientes adultos. La investigación se desarrolló en el Servicio de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica del Hospital Regional “General Ignacio Zaragoza” del ISSSTE, en la Ciudad de México, un hospital de tercer nivel que recibe pacientes referidos de distintas unidades médicas de la capital y zonas aledañas.

La población estuvo conformada por hombres y mujeres entre 18 y 70 años que se realizaron una tomografía computarizada (TC) simple de cráneo durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2023. Se incluyeron únicamente los estudios informados como normales, sin hallazgos patológicos intracraneales, solicitados por motivos no neurológicos agudos y que contaran con datos básicos como edad y sexo.

Se excluyeron los casos con diagnóstico tomográfico de hidrocefalia, tumores, hemorragias, infartos, abscesos, edema cerebral o enfermedades neurodegenerativas, así como aquellos con antecedentes psiquiátricos o neurológicos. También quedaron fuera las mujeres embarazadas o con sospecha de embarazo, pacientes en tratamiento con medicamentos que pudieran alterar la función del sistema nervioso central y quienes presentaran consumo problemático de alcohol o sustancias. Se eliminaron, además, los estudios con expedientes incompletos, imágenes con artefactos que dificultaran las mediciones, hallazgos adicionales a los cambios atróficos esperados por la edad o cortes que impidieran la valoración precisa.

El tamaño de muestra se calculó para estimar una media poblacional con un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar estimada de 5 mm y un margen de error de ± 1 mm, lo que arrojó un mínimo requerido de 96 estudios. No obstante, durante la recolección y medición de datos se identificaron y cumplieron los criterios de inclusión en 329 pacientes, lo que permitió un análisis más robusto y con mayor poder estadístico. Dado que en el periodo de análisis se realizaron aproximadamente 2,290 TC simples de cráneo en adultos, la disponibilidad de casos fue suficiente para garantizar la factibilidad del estudio. El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia, seleccionando los estudios que cumplían con los criterios definidos.

Las variables registradas fueron la edad, el sexo, el diámetro del tercer ventrículo, el diámetro del cuarto ventrículo, el diámetro promedio de los recesos temporales y el índice de Evans. Las mediciones se realizaron en cortes axiales de TC simple, siguiendo criterios estandarizados: el diámetro del tercer ventrículo se midió como la distancia anteroposterior máxima; el del cuarto ventrículo, como la distancia laterolateral máxima; los recesos temporales se calcularon promediando las distancias rostrocaudales de ambos lados; y el índice de Evans se obtuvo dividiendo el diámetro máximo de las astas frontales entre el diámetro interno máximo del cráneo a nivel de los forámenes de Monro. Los datos se registraron en una base de Microsoft Excel.

El análisis estadístico se realizó con los programas SPSS versión 25 y Excel 2017. En una primera etapa, las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que las cuantitativas se resumieron con medidas de tendencia central y dispersión. La normalidad de los datos se evaluó con la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Posteriormente, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de medianas, considerando un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. Finalmente, se utilizó la correlación de Spearman para determinar la relación entre la edad y las mediciones ventriculares.

Desde el punto de vista ético, el estudio fue aprobado por el Comité de Investigación, el Comité de Ética y el Comité de Bioseguridad de la institución. Se respetaron los principios del Código de Núremberg y la Declaración de Helsinki, y se garantizó la confidencialidad de los datos mediante su codificación y resguardo en equipos protegidos, con acceso restringido únicamente a los investigadores y uso exclusivo con fines académicos

RESULTADOS

Se analizó una muestra de 329 sujetos. La distribución por sexo mostró que el 55.6% (n=183) eran mujeres y el 44.4% (n=146) hombres.

La edad de los participantes presentó una media general de 48.4 años (DE=15.11), con un rango de 18-70 años. Al analizar la edad por sexo la media de las mujeres fue de 49.37 (DE=14.21) y de los hombres de 47.18 (DE=16.15).

Se procedió a categorizar la edad por rangos de la siguiente manera (Tabla 2):

Tabla 2. Distribución de los participantes por grupo de edad y sexo

Grupo de edad	Mujeres n (%)	Hombres n (%)	Total n (%)
1 (18-30)	20 (10.9)	31 (21.2)	51 (15.5)
2 (31-40)	34 (18.6)	23 (15.8)	57 (17.3)
3 (41-50)	39 (21.3)	23 (15.8)	62 (18.8)
4 (51-60)	33 (18.0)	23 (15.8)	56 (17.0)
5 (61-70)	57 (31.1)	46 (31.5)	103 (31.3)
Total	183 (55.6)	146 (44.4)	329 (100)

Se obtuvieron las siguientes medias por grupo de edad de cada una de las mediciones (Tabla 3):

Tabla 3. Media de las medidas ventriculares por edad y sexo

Grupo de edad (años)	Mujeres				Hombres			
	Media (IC95%)	DE	Min	Max	Media (IC95%)	DE	Min	Max
Índice de Evans								
1 (18-30)	0.22 (0.20-0.24)	0.035	0.14	0.27	0.23 (0.22-0.24)	0.025	0.19	0.29

2 (31-40)	0.22 (0.21-0.23)	0.028	0.16	0.28	0.24 (0.23-0.25)	0.034	0.15	0.29
3 (41-50)	0.23(0.22-0.24)	0.028	0.14	0.29	0.22 (0.21-0.24)	0.028	0.16	0.27
4 (51-60)	0.23(0.22-0.24)	0.026	0.19	0.29	0.24 (0.22-0.25)	0.03	0.18	0.29
5 (61-70)	0.23(0.23-0.24)	0.025	0.19	0.28	0.25 (0.24-0.26)	0.029	0.17	0.29
n total	0.23 (0.22-0.23)	0.028	0.14	0.29	0.24 (0.23-0.24)	0.03	0.15	0.29

Diámetro del tercer ventrículo

1 (18-30)	4.98 (3.54-4.63)	1.186	2.3	6.3	4.25 (3.79-4.70)	1.246	2.7	8
2 (31-40)	4.20 (3.74-6.66)	1.31	2.5	8.6	4.42 (3.86-4.96)	1.255	2.4	8.4
3 (41-50)	4.80 (4.25-5.34)	1.687	2.5	12	5.03 (4.53-5.53)	1.154	3.2	7.1
4 (51-60)	5.23 (4.64-5.85)	1.737	3.2	9.6	5.63 (4.79-6.47)	1.946	2.6	9.3
5 (61-70)	5.39 (5.01-5.77)	1.431	3.1	11	6.74 (6.25-7.22)	1.624	3.9	10.2
n total	4.87 (4.64-5.1)	1.57	2.3	12	5.40 (5.11-5.69)	1.786	2.4	10.2

Diámetro del cuarto ventrículo

1 (18-30)	9.32 (8.05-10.58)	2.698	3	14.4	9.82 (9.03-10.61)	2.147	3.5	13
2 (31-40)	9.59 (8.85-10.32)	2.107	3.1	12.1	10.33 (9.51-11.15)	1.901	4.2	14.2
3 (41-50)	10.19 (9.52-10.85)	2.04	3.7	16	9.99 (9.05-10.94)	2.185	4.9	14.1
4 (51-60)	9.83 (9.04-10.63)	2.251	3.6	13.5	11.66 (10.94-12.39)	1.678	8.3	15
5 (61-70)	9.84 (9.23-10.44)	2.28	3.4	15.1	10.28 (9.62-10.94)	2.222	3.1	13.7
n total	9.81 (9.48-10.14)	2.234	3	16	10.36 (10.01-10.71)	2.131	3.1	15

Media de los recesos temporales

1 (18-30)	3.61 (3.2-4.02)	0.871	2.4	5.3	3.27 (2.88-3.65)	1.054	1.45	5.8
2 (31-40)	3.42 (3.06-3.78)	1.033	1.9	5.5	3.22 (2.72-3.72)	1.157	1.8	6.3
3 (41-50)	3.26 (2.92-3.6)	1.051	1.8	5.8	3.70 (3.16-4.25)	1.261	1.4	6.5
4 (51-60)	3.43(3.09-3.78)	0.976	2.2	6	3.84 (3.18-4.51)	1.533	1.7	7.5
5 (61-70)	3.35(3.03-3.67)	1.213	1.5	7	3.97 (3.69-4.25)	0.944	2.3	6.2
n total	3.39 (3.23-3.54)	1.065	1.5	7	3.64 (3.45-3.83)	1.186	1.4	7.5

Comparación de mediciones ventriculares según sexo

Para comparar los rangos de diferencia por sexo de las mediciones de los ventrículos se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en todas las mediciones ventriculares.

En el índice de Evans (IE) los hombres presentaron rangos promedio significativamente mayores que las mujeres (183.77 vs 150.02; $U=10618$, $Z=-3.215$, $p < 0.05$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tercer ventrículo ($U=11094.5$, $Z= -2.643$, $p < 0.05$). Los hombres obtuvieron un rango promedio de 180.51 frente a 152.63 en mujeres, lo que sugiere que el tercer ventrículo tiende a ser más amplio en hombres.

Asimismo, el diámetro del cuarto ventrículo fue estadísticamente diferente ($U=11121.5$, $Z=-2.611$, $p=.009$), con un rango promedio mayor en hombres ($M=180.33$) en comparación con las mujeres ($M=152.77$).

En la media de recesos temporales se encontró una diferencia de ($U=11661.0$, $Z=-1.982$, $p=0.047$), siendo nuevamente mayor en hombres (176.63) que en mujeres (155.72).

Las medidas de las estructuras ventriculares se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Comparación de mediciones ventriculares por sexo

Medición	Rango promedio en		p
	hombres	Rango promedio en mujeres	
Índice de Evans	183.77	150.02	<0.05
Tercer ventrículo	180.51	152.63	<0.05
Cuarto ventrículo	180.33	152.77	<0.05
Recesos temporales	176.63	155.72	<0.05

Análisis de la influencia de la edad sobre variables ventriculares según el sexo

Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis con corrección de Bonferroni para comparar las diferencias por rangos de edad de un mismo sexo.

En mujeres, los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos etarios para tres de las cuatro variables analizadas:

- Índice de Evans ($H = 7.892$, $p > 0.095$)
- Cuarto ventrículo ($H = 1.841$, $p = 0.765$)
- Media de recesos temporales ($H = 2.785$, $p = 0.594$)

Sin embargo, se encontró una diferencia significativa en el diámetro del tercer ventrículo ($H = 24.286$, $p < 0.001$) solo entre el grupo 1 y 5 ($p < 0.05$), y el grupo 2

y 5 ($p < 0.001$) lo que sugiere una asociación entre el aumento de edad y el ensanchamiento de esta estructura en mujeres (Fig.1).

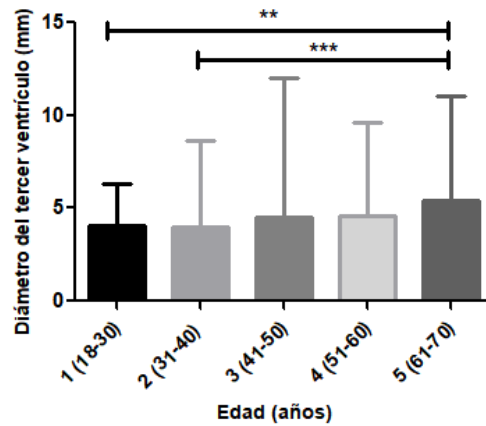


FIGURA 1. DIÁMETRO DEL TERCER VENTRÍCULO POR GRUPOS DE EDAD EN MUJERES

En hombres, el análisis de Kruskal Wallis con corrección de Bonferroni reveló diferencias estadísticamente significativas en todas las variables evaluadas:

- Índice de Evans ($H = 14.975$, $p < 0.05$): se observó una diferencia significativa entre los grupos de edad 3 y 5.
- Tercer ventrículo ($H = 48.828$, $p < 0.05$), las comparaciones entre grupos mostraron diferencias entre los grupos 1 y 4, 1 y 5, 2 y 5, y el 3 y 5.
- Cuarto ventrículo ($H = 12.083$, $p < 0.05$), solo entre el grupo 1 y 4 se mostraron diferencias significativas.
- Media de recesos temporales ($H = 12.905$, $p < 0.05$), las diferencias se presentaron entre los grupos 1 y 5 y 2 y 5.

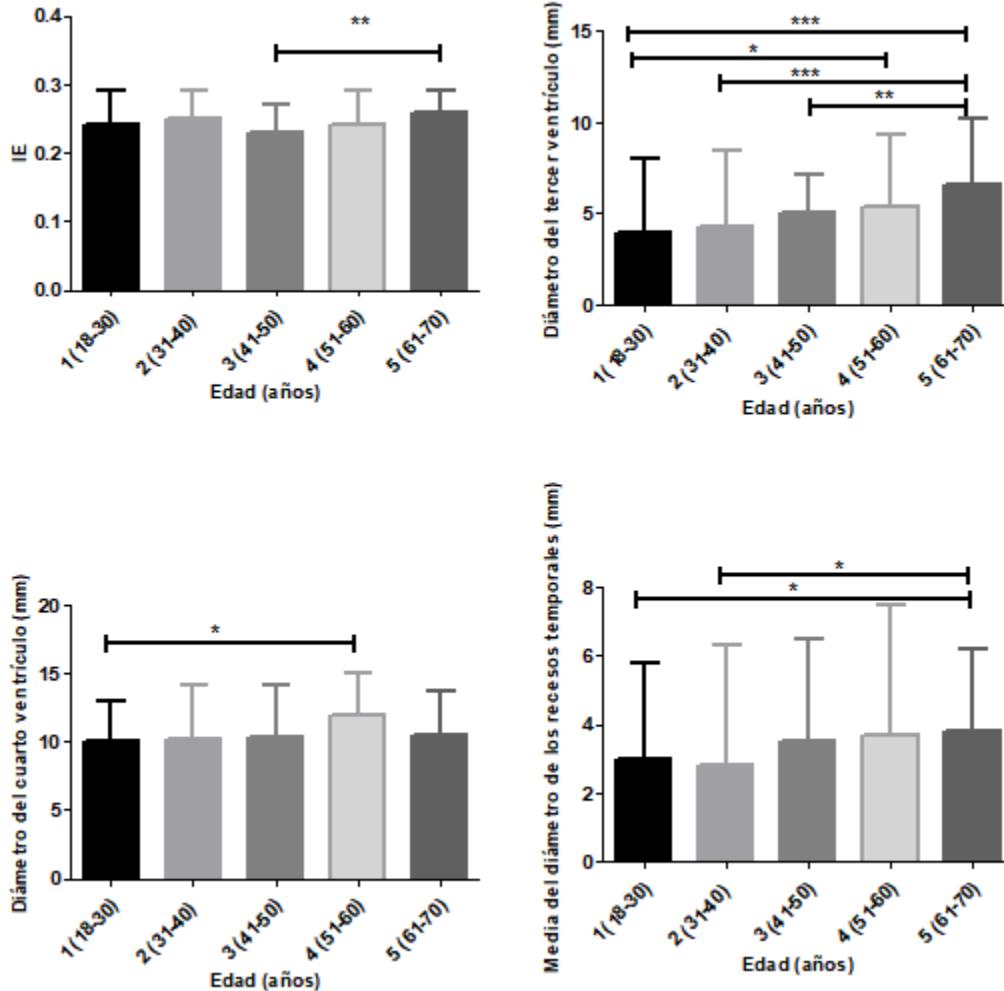


FIGURA 2. MEDIDAS VENTRICULARES POR GRUPOS DE EDAD EN HOMBRE

Correlación entre la edad y las variables morfométricas de los ventrículos cerebrales

El análisis de correlación de Spearman entre la edad y las variables morfométricas mostró que el Índice de Evans (IE) presentó una correlación positiva débil pero estadísticamente significativa con la edad ($r_s = 0.194$, $p < 0.05$). Las medidas del tercer ventrículo (TV) evidenciaron una correlación positiva moderada y significativa ($r_s = 0.463$, $p < 0.001$), mientras que el cuarto ventrículo (CV) y la media de los recessos temporales no mostraron correlaciones estadísticamente significativas.

Al estratificar por sexo, en mujeres se observó una correlación positiva débil y significativa entre la edad y el IE ($r_s = 0.205$, $p < 0.05$), así como una correlación

positiva moderada en el diámetro del TV ($r_s = 0.386$, $p < 0.001$). En hombres, se identificó una correlación positiva débil en el IE ($r_s = 0.220$, $p < 0.05$), una correlación positiva moderada en el TV ($r_s = 0.574$, $p < 0.001$) y una correlación positiva débil en la media de los recesos temporales ($r_s = 0.270$, $p < 0.001$).

DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la asociación de las mediciones de ventriculometría cerebral con la edad y sexo en adultos. Los resultados revelan diferencias en las mediciones ventriculares significativas según los parámetros antes mencionados.

En todas las mediciones, los hombres presentaron valores mayores que las mujeres. Esto coincide con estudios previos que reportan un mayor volumen ventricular en hombres en edades adultas, que incrementa con la edad²⁸. Estas diferencias de tamaño están documentadas desde el nacimiento, donde el hombre nace con el cerebro más grande, y se mantiene en la adultez²⁹. Como ya había documentado Bao, S. y colaboradores, se confirma que en esta población de estudio los hombres mayores tienden a presentar un mayor agrandamiento ventricular. Y se confirma que el sexo femenino juega un rol preventivo en personas sanas.

Al considerar el efecto de la edad dentro de cada sexo, se observó que, en las mujeres, solo el diámetro del tercer ventrículo aumentó significativamente en los grupos de mayor edad. En contraste, en hombres, todas las medidas mostraron cambios significativos con la edad. Esto sugiere que el ensanchamiento ventricular relacionado con el envejecimiento es más generalizado en los hombres. Resultados similares han sido reportados para población coreana con el aumento del volumen ventricular²⁸. Además, estudios de envejecimiento cerebral han encontrado que algunos indicadores de aumento de volumen de líquido cefalorraquídeo son mayores en hombres que en mujeres³⁰.

Los hallazgos del envejecimiento tanto en hombres como en mujeres en el grupo de 61-70 años y el índice de Evans concuerdan con lo que Dzefi Tettey ya había reportado en su estudio. Es probable que, si la muestra hubiera incluido a

personas de mayor edad, estos cambios se hubiesen evidenciado más. Desde una perspectiva clínica, este indicador, es altamente utilizado para detectar ventriculomegalia, se han demostrado estándares generalizados (EI 0,20-0,25) lo que concuerda con las medias de esta población de 0,23 en mujeres y 0,24 en hombres. Otros estudios proponen puntos de corte diferentes por edad y sexo, pero se centran en la población anciana sana³¹, que es la que presenta cambios más significativos. Esto refuerza la necesidad de considerar ajustes demográficos en la interpretación de pruebas morfométricas ventriculares.

Finalmente, el hallazgo de que solo el tercer ventrículo aumenta significativamente en mujeres mayores, sugiere que el envejecimiento cerebral podría impactar selectivamente ciertas regiones ventriculares en mujeres, lo que podría tener implicaciones clínicas o funcionales específicas, por ejemplo, relacionadas con la atrofia cortical o cambios adyacentes como el sistema límbico¹.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar el sexo como una variable de control en estudios morfométricos del sistema ventricular.

CONCLUSIONES

El análisis de la muestra de 329 sujetos mostró que las mujeres requieren en mayor proporción la realización de una TAC simple de cráneo en el Hospital Regional "General Ignacio Zaragoza".

En ambos sexos el mayor porcentaje de casos que requieren una TAC simple de cráneo para completar los estudios diagnósticos se concentró en el grupo de mayor edad (61-70 años). Los grupos que también presentaron una mayor proporción fueron en hombres el rango más bajo (18-30 años), y en las mujeres en el grupo 3 (41-50 años).

Existen diferencias morfométricas ventriculares significativas entre sexos. En todas las mediciones evaluadas (Índice de Evans, diámetro del tercer y cuarto ventrículo y media de los recesos temporales) los hombres presentaron valores

promedio superiores a los de las mujeres, lo que sugiere una tendencia al mayor tamaño de las estructuras ventriculares en la población masculina.

En relación con la edad, en mujeres solo el diámetro del tercer ventrículo mostró un aumento significativo en los grupos etarios más avanzados. En contraste, en los hombres todas las variables analizadas mostraron incrementos significativos en al menos una comparación intergrupala por edad, lo que indica una mayor susceptibilidad a cambios morfométricos relacionados con el envejecimiento.

El análisis de correlación confirmó estas observaciones: el diámetro del tercer ventrículo presentó la asociación más consistente y de mayor magnitud con la edad, tanto en hombres como en mujeres, siendo esta correlación más fuerte en el sexo masculino. El índice de Evans mostró correlaciones débiles pero significativas en ambos sexos, mientras que la media de los recesos temporales se correlacionó positivamente con la edad únicamente en hombres.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación sugieren que el sexo y la edad son factores determinantes en la morfometría ventricular, con un patrón de cambios más marcados y generalizado en hombre, y con una dilatación preferencial del tercer ventrículo en mujeres.

Estos resultados pueden contribuir a la comprensión de las variaciones anatómicas fisiológicas y patológicas en el sistema ventricular cerebral, y servir como referencia para futuros estudios neuroanatómicos y clínicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández-Cortés Katherine S., Pujals-Table Adrián A., Campo-Nelsa María Sagaró del, Montoya-Arquímedes Pedrón. Tables of percentiles of the third ventricle according to age and sex associated with brain aging. Rev. mex. neurocienc. [revista en la Internet]. 2023 Oct [citado 2025 Ene 20] ; 24(5): 140-149. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-50442023000500140&lng=es&nrm=iso
2. Hernández Cortés KS, Sagaró del Campo NM, Montoya Pedrón A. Morfometría del sistema ventricular encefálico en adultos con funciones cognitivas normales. Rev Cubana Med Milit [Internet]. 21 de agosto de 2023 [citado 20 de enero de 2025];52(3):e02303014. Recuperado de: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/3014/2162>
3. Farhadi DS, Jubran JH, Zhao X, Houlihan LM, Belykh E, Tayebi Meybodi A, Smith RL, Lawton MT, Preul MC. The Neuroanatomic Studies of Albert L. Rhoton Jr. in Historical Context: An Analysis of Origin, Evolution, and Application. World Neurosurg. 2021 Jul;151:258-276. doi: 10.1016/j.wneu.2020.12.101. Epub 2020 Dec 30. PMID: 33385605. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875020326681?via%3Dihub>
4. Pearson A, Ajoy R, Crynen G, Reed JM, Algamal M, Mullan M, Purohit D, Crawford F, Ojo JO. Molecular abnormalities in autopsied brain tissue from the inferior horn of the lateral ventricles of nonagenarians and Alzheimer disease patients. BMC Neurol. 2020 Aug 27;20(1):317. doi: 10.1186/s12883-020-01849-3. PMID: 32854643; PMCID: PMC7450601. Recuperado de: <https://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-020-01849-3>
5. Del Carpio Bellido Vargas Sofía González Ortiz Jaume Capellades Font SMMAACENARLA. LOS VENTRÍCULOS: VIAJE AL FONDO DE LA MENTE. Recuperado de: www.seram.es

6. Arslan G, Ozdemir NBU. Quantification of the Asymmetry between Right and Left Cerebral Lateral Ventricles by Indexing Methods. *Neurol India*. 2020 Nov-Dec;68(6):1367-1373. doi: 10.4103/0028-3886.304115. PMID: 33342870. Recuperado de: https://journals.lww.com/neur/fulltext/2020/68060/quantification_of_the_asymmetry_between_right_and.20.aspx
7. Crook JE, Gunter JL, Ball CT, Jones DT, Graff-Radford J, Knopman DS, Boeve BF, Petersen RC, Jack CR, Graff-Radford NR. Linear vs volume measures of ventricle size: Relation to present and future gait and cognition. *Neurology*. 2020 Feb 4;94(5):e549-e556. doi: 10.1212/WNL.0000000000008673. Epub 2019 Nov 20. PMID: 31748251; PMCID: PMC7080290. Recuperado de: <https://www.neurology.org/doi/10.1212/WNL.0000000000008673>
8. Richards R, Greimel E, Kliemann D, Koerte IK, Schulte-Körne G, Reuter M, Wachinger C. Increased hippocampal shape asymmetry and volumetric ventricular asymmetry in autism spectrum disorder. *Neuroimage Clin*. 2020;26:102207. doi: 10.1016/j.nicl.2020.102207. Epub 2020 Feb 5. PMID: 32092683; PMCID: PMC7037573. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213158220300449?via%3Dihub>
9. He W, Fang X, Wang X, Gao P, Gao X, Zhou X, Mao R, Hu J, Hua Y, Xia J. A new index for assessing cerebral ventricular volume in idiopathic normal-pressure hydrocephalus: a comparison with Evans' index. *Neuroradiology*. 2020 Jun;62(6):661-667. doi: 10.1007/s00234-020-02361-8. Epub 2020 Feb 1. PMID: 32008047. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00234-020-02361-8>
10. De Moura Silva GAP, da Silva SC, da Silva Beggiora P, Matias Júnior I, Menezes-Reis R, Santos MV, Machado HR, da Silva Lopes L. Transcranial ultrasonography as a reliable instrument for the measurement of the cerebral ventricles in rats with experimental hydrocephalus: a pilot study. *Childs Nerv*

Syst. 2021 Jun;37(6):1863-1869. doi: 10.1007/s00381-021-05070-6. Epub 2021 Feb 26. PMID: 33635419. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00381-021-05070-6>

11. Şenel B, Özel-Kızıl ET, Sorgun MH, Tezcan-Aydemir S, Kırıcı S. Transcranial sonography imaging of brainstem raphe, substantia nigra and cerebral ventricles in patients with geriatric depression. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2020 Jul;35(7):702-711. doi: 10.1002/gps.5287. Epub 2020 Mar 9. PMID: 32100326. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/gps.5287>

12. Yepes-Calderon F, McComb JG. Eliminating the need for manual segmentation to determine size and volume from MRI. A proof of concept on segmenting the lateral ventricles. *PLoS One*. 2023 May 11;18(5):e0285414. doi: 10.1371/journal.pone.0285414. PMID: 37167315; PMCID: PMC10174587. Recuperado de: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0285414>

13. Bourne SK, Conrad A, Neimat JS, Davis TL. Linear measurements of the cerebral ventricles are correlated with adult ventricular volume. *J Clin Neurosci*. 2013 May;20(5):763-4. doi: 10.1016/j.jocn.2012.10.002. Epub 2013 Mar 22. PMID: 23528412. Recuperado de: [https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868\(12\)00541-3/abstract](https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868(12)00541-3/abstract)

14. Ozdikici M. Handedness related differences in the intracranial fluid spaces in healthy adults. *Somatosens Mot Res*. 2020 Sep;37(3):180-185. doi: 10.1080/08990220.2020.1769054. Epub 2020 May 22. PMID: 32441191. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08990220.2020.1769054>

15. Yamin G, Cheecharoen P, Goel G, Sung A, Li CQ, Chang YA, McDonald CR, Farid N. Automated CT registration tool improves sensitivity to change in ventricular volume in patients with shunts and drains. *Br J Radiol*. 2020 Feb 1;93(1106):20190398. doi: 10.1259/bjr.20190398. Epub 2020 Jan 3. PMID:

31825670; PMID: PMC7055443. Recuperado de:
<https://academic.oup.com/bjr/article-abstract/93/1106/20190398/7448985?redirectedFrom=fulltext&login=false>

16. Moreno-Gómez LÁ, Peláez-Rincón OF, Álvarez-Castro MF. Avances recientes en el diagnóstico imagenológico de la hidrocefalia en niños. Revisión de la literatura de los últimos seis años. Rev médicas UIS [Internet]. 2022;35(1). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/muis/v35n1/0121-0319-muis-35-01-17.pdf>
17. Zhou X, Xia J. Application of Evans Index in Normal Pressure Hydrocephalus Patients: A Mini Review. Front Aging Neurosci. 2022 Jan 11;13:783092. doi: 10.3389/fnagi.2021.783092. PMID: 35087391; PMID: PMC8787286. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2021.783092/full>
18. Liu B, Li J, Zhang S, Wang Y, Dong C. Incidence of Ventriculomegaly in Patients With Craniosynostosis. J Craniofac Surg. 2024 Jan-Feb 01;35(1):e56-e58. doi: 10.1097/SCS.0000000000009805. Epub 2023 Nov 13. PMID: 37955451; PMID: PMC10749671. Recuperado de: https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/fulltext/2024/01000/incidence_of_ventriculomegaly_in_patients_with.91.aspx
19. Maragkos GA, Filippidis AS, Chilamkurthy S, Salem MM, Tanamala S, Gomez-Paz S, Rao P, Moore JM, Papavassiliou E, Hackney D, Thomas AJ. Automated Lateral Ventricular and Cranial Vault Volume Measurements in 13,851 Patients Using Deep Learning Algorithms. World Neurosurg. 2021 Apr;148:e363-e373. doi: 10.1016/j.wneu.2020.12.148. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33421645. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875020327157?via%3Dihub>
20. Hernández-Cortés Katherine S., Mesa-Pujals Adrián A., Sagaró del Campo Nelsa M., Pedrón-Arquímedes Montoya. Volumetric of the lateral ventricles in

computed tomography images in Cubans adults with normal cognitive functions. Rev. mex. neurocienc. [revista en la Internet]. 2023 Jun [citado 2025 Ene 20] ; 24(3): 61-70. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-50442023000300061&lng=es&nrm=iso

21. Currà A, Gasbarrone R, Gargiulo P, Rughetti A, Peschillo S, Trompetto C, Puce L, Marinelli L, Fattapposta F, Bragazzi NL, Missori P. Frequency of brain ventricular enlargement among patients with diabetes mellitus. Diabetes Res Clin Pract. 2024 Apr;210:111644. doi: 10.1016/j.diabres.2024.111644. Epub 2024 Mar 27. PMID: 38552909. Recuperado de: [https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227\(24\)00134-7/fulltext](https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227(24)00134-7/fulltext)
22. Bao S, Liao C, Xu N, Deng A, Luo Y, Ouyang Z, Guo X, Liu Y, Ke T, Yang J. Prediction of brain age using quantitative parameters of synthetic magnetic resonance imaging. Front Aging Neurosci. 2022 Nov 15;14:963668. doi: 10.3389/fnagi.2022.963668. PMID: 36457759; PMCID: PMC9705592. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2022.963668/full>
23. Kavak EC, Kavak SB, Sanli C, Batmaz I, Ozden S, Sapmaz E. Fetal intracranial structures: differences in size according to sex. J Perinat Med. 2021 Feb 15;49(5):614-618. doi: 10.1515/jpm-2020-0419. PMID: 33583164. Recuperado de: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jpm-2020-0419/html>
24. Hernández Cortés KS, Mesa Pujals AA, Sagaro del Campo NM, Montoya Pedron A. Volumetría ventricular encefálica en imágenes de tomografía computarizada multicorte en adultos con funciones cognitivas normales. Rev Cubana Inv Bioméd [Internet]. 2023 [citado 20 Ene 2025]; 42 (1)
25. Ziegelitz D, Hellström P, Björkman-Burtscher IM, Agerskov S, Stevens-Jones O, Farahmand D, Tullberg M. Evaluation of a Fully Automated Method for

Ventricular Volume Segmentation Before and After Shunt Surgery in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus. *World Neurosurg.* 2024 Jan;181:e303-e311. doi: 10.1016/j.wneu.2023.10.045. Epub 2023 Oct 13. PMID: 37838163. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187887502301450X?via%3Dihub>

26. Sartori P, Alvarado L, Chirveches M, Urrutia M, Yampolsky B. Mediciones frecuentes en el sistema nervioso central mediante tomografía computada e imágenes de resonancia magnética. *Rev Argent Radiol / Argent J Radiol [Internet]*. 2020;84(01):009–16. Recuperado de: <https://www.scielo.org.ar/pdf/rar/v84n1/1852-9992-rar-84-01-9.pdf>.
27. Alomar SA, Ghoneim AH. Normative parameters of the Evans Index using Computer Tomography in the Saudi population. *Neurosciences (Riyadh)*. 2024 May;29(2):122-127. doi: 10.17712/nsj.2024.2.20230097. PMID: 38740404; PMCID: PMC11305359. Recuperado de: <https://nsj.org.sa/content/29/2/122>
28. Soon-Chel Chung, et al. Effects of gender, age, and body parameters on the ventricular volume of Korean people. *Neurosci Lett.* 2006 Mar; 395(2):155-8. doi: [10.1016/j.neulet.2005.10.066](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.10.066). PMID: 16300889. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030439400501253X>
29. Yuxin Sun, et al. Sex-related differences and associated transcriptional signatures in the brain ventricular system and cerebrospinal fluid development in full-term neonates. *Biol Sex Differ.* 2025 May; 16(1):35 doi: [10.1186/s13293-025-00719-2](https://doi.org/10.1186/s13293-025-00719-2). PMID: [40414938](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40414938/); PMCID: PMC12103790. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40414938/>.
30. Currà A, et al. The ventricular system enlarges abnormally in the seventies, earlier in men, and first in the front horn: a study based on more than 3,000 scans. *Front Aging Neurosci.* 2019 Nov; 5 (11):294. doi: 10.3389/fnagi.2019.00294 Recuperado de:

<https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2019.00294/full>.

31. Brix M, et al. The Evans' Index revisited: New cut-off levels for use in radiological assessment of ventricular enlargement in the elderly. *Eur J Radiol.* 2017 Oct; 95:28-32. Doi: 10.1016/j.ejrad.2017.07.013. PMID: 28987681. Recuperado de: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(17\)30297-8/abstract](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(17)30297-8/abstract)