



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE IMAGEN POR
RESONANCIA MAGNÉTICA Y FÓRMULA COLE PARA
PREDECIR DIÁMETRO DEL TUBO ENDOTRAQUEAL EN
NIÑOS DE 2 A 10 AÑOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ANESTESIOLOGÍA**

P R E S E N T A:

ILEANA ALEJANDRA ALTAMIRANO GUTIÉRREZ

Facultad de Medicina



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. BEPTSY MAYOLY HERNÁNDEZ SANCHEZ**

**DIRECTOR METODOLÓGICO:
MTRO. CARLOS EMILIO MIGUEL RODRÍGUEZ
IXTAPALUCA – ESTADO DE MÉXICO, 2022**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



AUTORIZACIONES FIRMAS DE TESIS

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE IMAGEN POR RESONANCIA
MAGNÉTICA Y FÓRMULA COLE PARA PREDECIR DIÁMETRO DEL TUBO
ENDOTRAQUEAL EN NIÑOS DE 2 A 10 AÑOS**

Dr. Gustavo Acosta Altamirano
Director de Planeación, Enseñanza e Investigación

Dr. Pedro Curi Curi
Responsable de la Unidad de Posgrado.

Dr. Omar Esteban Valencia Ledezma
Responsable de la Subdirector de Enseñanza e Investigación

Mtro. Carlos Emilio Miguel Rodríguez
Asesor Metodológico

Dra. Beptsy Mayoly Hernández Sánchez
Asesor Clínico

Dra. Gabriela Margarita Soto Acosta
Profesor titular del Curso Universitario de Anestesiología



HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
IXTAPALUCA



A mi familia, maestros y amigos

AGRADECIMIENTOS

A ti, que eres mi familia, a mis padres, hermanos y sobrino, por darme todo su apoyo en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

A mis adscritos de anestesiología y ahora amigos, infinitas gracias por que cada día aportaban un granito de arena en mi formación como especialista y como ser humano, por su apoyo en este proyecto y por brindarme su confianza. A mis amigos de residencia que han sido parte de este gran reto en cada uno de estos días de llanto y alegría. Un agradecimiento más al área de investigación por su asesoría y compromiso con los médicos residentes.



Índice

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | RESUMEN..... | 5 |
| 2. | INTRODUCCIÓN | 6 |
| 3. | ANTECEDENTES O MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 5. | JUSTIFICACIÓN..... | 16 |
| 6. | OBJETIVO GENERAL: | 17 |
| 7. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS:..... | 18 |
| 8. | HIPÓTESIS..... | 19 |
| 9. | METODOLOGÍA..... | 20 |
| 10. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 24 |
| 11. | RESULTADOS..... | 27 |
| 12. | DISCUSIÓN | 35 |
| 13. | CONCLUSIONES | 36 |
| 14. | BIBLIOGRAFÍA | 37 |
| 15. | ÍNDICE DE GRÁFICOS | 40 |

1. RESUMEN

Se realizó un estudio para predecir diámetro del tubo endotraqueal en niños de 2 a 10 años. El objetivo de este estudio fue determinar el diámetro traqueal en los niños mediante estudios de imagen por resonancia magnética y su correlación con las fórmulas de cálculo del tamaño del TET basadas en la edad.

Se tomaron mediciones con ventilación espontánea en todo momento, y las mediciones realizadas fueron el diámetro transversal y AP a nivel del cricoides y diámetro transversal y AP a nivel de cuerdas vocales, el cual fue comparado con la obtención de la cánula orotraqueal obtenida por la fórmula de Cole.

De los 30 pacientes que fueron sometidos a resonancia magnética, 10 fueron mujeres y 20 hombres. En todos los niños estudiados, la porción más estrecha de la laringe fue la dimensión transversal al nivel de las cuerdas vocales. De acuerdo con el análisis, la variable que correlaciona mejor con el tamaño predicho de la cánula es el área del cricoides, el diámetro y área del cricoides es dependiente de la edad, dado que la correlación con el diámetro a nivel de cuerdas vocales no arrojó valores de correlación similares.

Con los resultados que se obtuvieron, se recomienda el uso de tubos endotraqueales con neumotaponador, ya que esta variabilidad reflejada en el estudio puede ser compensada con este; y de este modo disminuir costos en el uso de recursos para el manejo de la vía aérea, disminuir complicaciones secundarias a la instrumentación de la misma, y por lo tanto mejorar las condiciones pulmonares.

2. INTRODUCCIÓN

La intubación orotraqueal es un procedimiento frecuente, las características propias de la vía aérea del niño hacen que su ejecución sea un desafío para el profesional, presenta varias complicaciones las cuales pueden variar desde 0.1% y aumentar considerablemente ya que en su ejecución están implícitos múltiples factores (1).

Entre las principales causas de morbilidad en el mundo incluyen problemas respiratorios cuyo deterioro involucra el compromiso de la ventilación, independientemente de la causa que lo originó, una adecuada intubación salvará la vida del paciente (2)

Para poder evitar estas complicaciones es necesario conocer los conceptos anatómicos de una vía aérea pediátrica y la evolución de estos conceptos, a lo largo de la historia.

En 1951, Eckenhoff menciona consideraciones anatómicas de la laringe pediátrica y sus implicaciones en anestesia; su artículo se fundamentó en descripciones realizadas medio siglo antes por Bayeux (1897) (3), quien relató hallazgos de disecciones anatómicas en cadáveres de 15 niños entre 4 meses y 14 años junto con sus respectivos modelos de yeso.

Eckenhoff describe el cricoides como una estructura rígida que no puede ser distendida para permitir el paso de TET y describe que sus partes se unen para formar un anillo que rodea la laringe. Aunque dejó claro el riesgo de extrapolar hallazgos de cadáveres a seres vivos, algunos textos de anestesiología han tomado como referencia estas descripciones anatómicas de la VA pediátrica (4).

En el 2003, en un estudio de imágenes de resonancia magnética, Litman et al. (5) Determinaron el diámetro transversal y anteroposterior (AP) en cuerdas vocales y cricoides de 99 menores de 14 años bajo sedación profunda y respiración espontánea. En todos, la porción más estrecha se situó en el diámetro transversal de las cuerdas vocales. Dalal et al. (6) , en un estudio de 128 menores de 13 años, encontraron que las medidas tomadas bajo videobroncoscopia del área y diámetro transversal y AP en cuerdas vocales y cricoides de pacientes anestesiados con respiración controlada confirmaban lo reportado por Litman (5).



HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
IXTAPALUCA



Aunque los enfoques son diferentes, se identifica la glotis como la porción más estrecha y la laringe más cilíndrica que cónica. Litman comenta que aunque sus resultados muestren que la parte más estrecha de la VA pediátrica se encuentre en la entrada glótica, funcionalmente el cricoides es una estructura rígida que no permite ser distendida, y es en este sitio donde se ubica el mayor riesgo de trauma (6). Otro hallazgo es que la apertura del cricoides es elíptica, con el diámetro mayor en sentido AP. Esto genera implicaciones en la manera en que encaja un TET, con mayor riesgo de compresión e isquemia en las paredes laterales (7)

Es de gran importancia entonces tener claridad sobre la anatomía y la conformación de la laringe pediátrica. La utilización de ayudas diagnósticas de imagen ha mostrado ser una herramienta valiosa para definir estas características y así diseñar dispositivos que generen mayor seguridad en el manejo de la vía aérea en el paciente pediátrico.

3. ANTECEDENTES O MARCO TEÓRICO

La edad pediátrica comprende desde el nacimiento hasta los 14 o 18 años, según los países, abarcando desde el neonato pretérmino hasta el adolescente, cada uno con muy diferentes características. (8)

El niño como cualquier ser vivo debe adquirir todas las capacidades necesarias para sobrevivir en el medio lo más rápidamente posible. En esta adquisición hay dos procesos determinantes, el crecimiento (aumento de tamaño corporal) y el desarrollo (aumento de complejidad funcional), ambos serán muy importantes en el primer año de vida. Crecimiento y desarrollo hacen que el niño presente unas características propias y diferenciales en cuanto a morfología, fisiología, psicología (puede existir una escasa o nula colaboración tanto para realizar la valoración preanestésica como para realizar determinados procedimientos) y patología. (9)

Estas diferencias se acentúan, cuanto menor sea la edad, siendo máximas en el neonato y lactante (especialmente en el neonato pretérmino), para hacerse mínimas a partir de los 12 años. (8)

Los pacientes pediátricos se pueden clasificar fácilmente según la edad, así distinguiremos:

- Neonato: Desde el nacimiento hasta el mes de vida ("newborn" en países anglosajones); neonatos pretérmino ("prematuros") son aquellos de menos de 37 semanas de gestación ("prematuro moderado" de 31 a 35 semanas de gestación y "prematuro extremo" de 24 a 30 semanas de gestación).
- Lactante: Entre 1 mes y 12 meses ("infant" comprende de 1 hasta los 23 meses)
- Niño: De 1 a 12 años ("child"). Preescolares hasta los 5 años y escolares desde los 6 a los 12 años.
- Adolescente: De los 12 a los 18 años ("adolescents"). (8)



Para algunos anesthesiólogos el paciente pediátrico, especialmente el de corta edad (neonatos, lactantes o niños pequeños), es un paciente potencialmente difícil y de riesgo debido a:

Poco hábito pediátrico: La población general ha experimentado un progresivo envejecimiento (mayor demanda de asistencia sanitaria geriátrica), con un marcado descenso de la natalidad (menos pacientes pediátricos), si bien a partir del 2001 ha existido un ligero repunte de la natalidad a partir de la población inmigrante.

A la par, el diagnóstico prenatal se ha generalizado y sofisticado, aumentando el número de abortos y disminuyendo radicalmente la patología quirúrgica neonatal grave y sus secuelas. Habitualmente en los hospitales generales los anesthesiólogos, en su práctica habitual, atienden esporádicamente niños (excepcionalmente neonatos o lactantes pequeños); casi siempre pacientes ASA I ó II que van a someterse a cirugía de complejidad baja o moderada.

Es en los hospitales o centros pediátricos de referencia donde se dispone de la necesaria y costosa infraestructura humana y material necesaria para atender pacientes pediátricos de cualquier edad y estado físico, así como para realizar cirugía de alta complejidad (fetal, neonatal, trasplantes, cardíaca, torácica, neurocirugía, oncológica...)

La anesthesiología pediátrica se convierte en estos casos una auténtica superespecialidad.

Mayor dificultad y riesgo: Los procedimientos invasivos son más difíciles de realizar y entrañan un mayor riesgo de iatrogenia debido a la mayor proximidad de las estructuras anatómicas, menor tamaño y a la escasez de material pediátrico. El amplio rango de edades, patologías y posologías hará imprescindible individualizar aún más el utillaje y los fármacos.

Poca tolerancia: El paciente pediátrico ante las complicaciones deja un escaso tiempo de reacción, en especial los pacientes más pequeños, el manejo de vía aérea y la ventilación. Por otra parte, la gran valoración social de los niños hace que exista muy escasa permisividad a los accidentes anestésicos en pacientes pediátricos, incluso en pacientes ASA III o superior con un elevado riesgo anestésico-quirúrgico. (8)



Vía Aérea

- Entre las características anatómicas cabe destacar:
- El occipucio prominente y cuello corto de neonatos y lactantes que hace que la cabeza quede flexionada cuando el paciente está tumbado condiciona la posición de intubación.
- La macroglosia del lactante y las fosas nasales estrechas hacen que aumente la resistencia al flujo aéreo durante la ventilación. Además, la lengua grande dificulta la colocación y manipulación de la pala del laringoscopio.
- La epiglotis larga y 'flotante' descansa sobre la base de la lengua formando un ángulo de 45° con la pared anterior de la faringe ocluyendo parcialmente la entrada de la glotis. Ello hace que sea difícil de controlar con la pala del laringoscopio. Con la edad, la epiglotis, en forma de U invertida, se va abriendo y adquiriendo flexibilidad hasta adoptar la forma adulta de C invertida.
- La laringe tiene forma cónica hasta los 8-10 años. A diferencia del adulto, el cricoides es la porción más estrecha de la vía aérea. De aquí que tradicionalmente en menores de 8 años se utilicen tubos endotraqueales (TET) sin globo, aunque hoy en día existan TET con globo de baja presión, que a una presión pico de insuflación de 20 – 35 cm H₂O permitan una fuga de aproximadamente del 10% a su alrededor. La utilización de un TET con globo en niños pequeños es considerado de forma individual. La anulación de las cuerdas vocales y la estrechez subglótica desaparecen, con el desarrollo de los cartílagos cricoides y tiroides, entre los 8 y 12 años.
- La posición cefálica, entre la tercera y la cuarta vértebra cervical, y anterior de la laringe, formando un ángulo agudo entre base de la lengua y la glotis, hace que con la laringoscopia sea más difícil su visualización.
- Durante la inspiración, los aritenoides se inclinan hacia la abertura glótica, lo que facilita la aparición de estridor laríngeo, por disminución del calibre de la vía aérea.
- El estroma de la submucosa de la faringe, laringe y tráquea es laxo, y es muy susceptible a la inflamación y al edema cuando se irrita o traumatiza. (10)
- Hiperplasia adenoamigdalal a partir de los 2 años, alcanzando su mayor tamaño entre los 4-7 años, que predispone a problemas ventilatorios durante la anestesia inhalatoria.



- La tráquea en el RN tiene un diámetro de 4-5 mm, con una longitud de unos 5 cm por lo que es fácil realizar una intubación bronquial selectiva con mínimos desplazamientos del tubo traqueal.
- El ángulo que forman los bronquios principales con respecto a la línea media es similar al del AD (bronquio derecho 30° y el izquierdo unos 47°), por lo que también en niños la intubación selectiva del bronquio derecho es más fácil.
- Las costillas son más horizontales que en el AD y las inferiores no tienen movilidad. La ventilación diafragmática es muy importante especialmente en los más pequeños. En éstos la presencia de cantidades importantes gas en el estómago (p.ej. tras ventilación con mascarilla facial o laríngea) dificulta la movilización diafragmática lo que favorece en algunos casos la insuficiencia respiratoria postanestesia. Entre las características fisiológicas cabe destacar:
- Tienen una reserva de oxígeno baja y un aumentado consumo del mismo, lo que da lugar a una rápida aparición de hipoxemia y a una escasa tolerancia a la apnea.
- Hasta los 3-6 meses se consideran 'respiradores nasales exclusivos', por lo que una obstrucción nasal puede producir insuficiencia respiratoria importante.
- Durante la manipulación de la vía aérea la incidencia de laringospasmo y broncospasmo en menores de 9 años se triplica.
- Debido al menor calibre de la vía aérea la presencia de edema y/o secreciones en la región subglótica compromete mucho más al niño que al adulto.
- La vía aérea es elástica y fácilmente colapsable por lo que es muy sensible a variaciones de presión intra y extratorácica (p. ej. cuando el niño está llorando). Una extensión excesiva de la cabeza puede causar obstrucción al flujo de aire.
- Hasta los 8 años todos los músculos respiratorios están menos desarrollados por lo que en situaciones en las que aumenta el trabajo respiratorio aparece fácilmente fatiga muscular.
- La bradicardia secundaria a la manipulación de la vía aérea puede comprometer el gasto cardíaco, ya que éste depende sobre todo de la frecuencia cardíaca.



Las mejores condiciones para intubar a un niño o para ventilarlo con mascarilla, se obtienen haciendo coincidir el eje faríngeo, laríngeo y oral. En neonatos y lactantes es útil colocar un realce bajo los hombros y evitar la hiperextensión del cuello, ya que la tráquea inmadura se colapsa impidiendo el flujo aéreo. Los niños mayores de 6 años se colocan en la misma posición que los adultos (posición 'de olfateo'). En niños entre 6 meses y 6 años es más útil presionar sobre la laringe, haciéndola descender durante la intubación para colocar la glotis en la línea de visión. (10)

Por otro lado, cuando se colocan tubos endotraqueales más grandes, incluso después de una intubación breve, puede producirse una lesión tipo úlcera en las vías respiratorias altas, isquemia y cicatrización patológica que lleve a la estenosis infraglótica. El cálculo adecuado del tamaño correcto del TET debe ser la prioridad principal de los médicos para el manejo satisfactorio de la intubación en el contexto clínico. (11)

Para esto es de suma importancia conocer el diámetro interno. Para pacientes de 2 años o más, el parámetro de la edad se redondea para proporcionar un tamaño de tubo endotraqueal que probablemente pase por las cuerdas vocales y tenga un cierre lo bastante hermético para permitir la ventilación (tubo endotraqueal sin manguito) o para permitir la ventilación después de inflar el manguito (tubo endotraqueal con manguito). Las correlaciones entre el diámetro interno (ID) de los TET y los métodos de su elección han sido muy estudiadas. Los más frecuentemente usados en la práctica en nuestro medio son la fórmula basada en la edad (edad en años/4 + 4.5 mm) y el tamaño del dedo, pero ambas son medidas imprecisas (12) .

Por lo tanto, actualmente, el cálculo de la cánula endotraqueal en la población pediátrica se ha realizado de manera empírica, y con cálculo mediante fórmulas, como la fórmula de Cole. (13); De tal forma, que para elegir de forma correcta el tamaño del tubo endotraqueal es de suma importancia para obtener una adecuada ventilación/oxigenación con presiones adecuadas en la vía aérea y los circuitos respiratorios, bajas resistencias, disminución de la pérdida de gases frescos, sello adecuado que evite la regurgitación gástrica a los pulmones, y además para el control de gasto de insumos (14).



En estudios previos, relacionados al cálculo del tamaño de tubo endotraqueal, Litman y colaboradores realizaron resonancias magnéticas en 99 niños sedados (2 meses-13 años), Dalal y col. llevaron a cabo imágenes de video-broncoscopia en 135 niños paralizados (6 meses - 13 años) y Wani col llevaron a cabo imágenes de TC en 135 respirando espontáneamente niños (1 mes 114 meses). (15) (16)

Los tres estudios llegaron a conclusiones similares: el cricoides no es redondo, sino una estructura elíptica con las dimensiones transversales más estrechas que las dimensiones anteroposteriores; la parte más angosta de la laringe no es el cricoides, sino la región glótica / subglótica; y la vía aérea pediátrica es cilíndrica, como en adultos, en lugar de en forma de embudo. (15) (16)

Los estudios antes mencionados ponen en tela de juicio la enseñanza tradicional sobre la vía aérea pediátrica, y así su abordaje. Sin embargo con la ayuda de la tecnología y nuevos dispositivos de estudio como lo es la resonancia magnética, debe cambiar.

Pese a lo anterior, las fórmulas desarrolladas no son del todo precisas ni aplicables a la población global. Adicionalmente, resulta impráctico aplicar y memorizar tablas para los diferentes rangos de edad (17) . Si bien los métodos tradicionales para confirmar la intubación traqueal, como la auscultación, la capnografía y los dispositivos detectores de esófago, pueden conducir a falsos positivos (18).

Hasta finales de los ochenta, y teniendo en cuenta estudios sobre anatomía de la VA pediátrica, la mayoría de autores recomendaban usar TET sin balón en menores de 8 años (19) ,fundamentándose en la posibilidad de usar tubos de mayor diámetro generando menor resistencia al paso del aire. Hoy en día, los tubos con balón son de baja presión y alto volumen y tienen ventajas como: flujo bajo de gases, menos contaminación, disminución del riesgo de bronco aspiración, mejor control en la monitorización de parámetros ventilatorios y menor número de intubaciones (20)



HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
IXTAPALUCA



El presente trabajo de investigación pretende establecer la diferencia que hay entre el diámetro interno traqueal medido por resonancia magnética y la formula de Cole.

El diámetro interno de la laringe corresponde al tamaño del TET (diámetro en milímetros). Se piensa que existe esta correlación en cada paciente, de forma individual, a diferencia de los otros métodos utilizados en los que se toma en cuenta la edad (formula de Cole), para calcular una característica física específica, siendo que no todos los niños de la misma edad tienen las mismas características físicas. En caso de ser positiva esta correlación permitiría implementar una nueva herramienta que calcule el diámetro del tubo endotraqueal que se debe utilizar en cada niño según la medición de sus parámetros anatómicos de forma individual y por ende más precisa.



4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En relación al tema se tienen pocas publicaciones, estudios de años anteriores y estudios en cadáveres, que incluso siguen siendo utilizadas en la actualidad, por lo tanto, no hay discrepancias en el mismo y las fórmulas referidas en los antecedentes son retomadas en la bibliografía sin discusión, pero al llevar las fórmulas preestablecidas a la práctica clínica, se aprecia que el cálculo de la sonda orotraqueal no corresponde al indicado para el paciente.

Como en el estudio referido por Koichi y cols. Quienes en 2001, realizaron un estudio en niños de 0 a 10 años de edad, los cuales requirieron intubación orotraqueal, en los niños de 2-8 años, uso la fórmula $(\text{edad en años} + 16)/4$, con una predicción del diámetro interno de 53.5% de los pacientes para una intubación exitosa. (11)

En los niños, determinar el tamaño correcto del tubo endotraqueal (TET) representa un desafío. En la rutina diaria, se usan con frecuencia fórmulas relacionadas con la edad para determinar el tamaño correcto del tubo, aunque dichas fórmulas pueden no ser adecuadas para todos los niños. Un TET calculado mediante una fórmula puede ser pequeño y no proporcionar apoyo suficiente del respirador, además de aumentar la resistencia pulmonar, causar una monitorización inadecuada del CO₂, aumentar el riesgo de contaminación del quirófano con el agente anestésico y aumentar el riesgo de aspiración. (10)

5. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio pretende correlacionar la medida de tubo endotraqueal con las formulas establecidas en relación a la medición de diámetro mediante resonancia magnética en niños de 2 a 10 años del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca en el periodo de tiempo de Mayo 2021 – Abril 2022. En el presente estudio se realizará en pacientes programados para resonancia magnética de cráneo con secuencia a cuello bajo anestesia con ventilación espontanea; para calcular el diámetro interno de la tráquea y compararlo con la fórmula de Cole.

Esto con la finalidad de comparar la veracidad de las formulas descritas de cálculo de tubo endotraqueal y el diámetro medido mediante resonancia magnética, y disminuir el riesgo de reintubacion por fugas o mala elección del tamaño de la cánula orotraqueal según la edad del paciente, así como promover dentro del hospital el uso de tubos endotraqueales con neumotaponador.

No existe un único método aplicable a toda la población pediátrica para determinar el tamaño adecuado del TET, debido a las diferentes características que cada uno de ellos posee. Teniendo en cuenta estos aspectos, se considera que cada paciente es individual y posee múltiples variables, por lo que pueden cambiar las reglas estandarizadas, por lo que no se deben utilizar de forma global para todos. Es necesario crear un método que permita determinar el tamaño del tubo adecuado requerido por el paciente de forma individual, que dependa de sus propias características. Por otro lado, en la práctica diaria de nuestra institución hemos notado una relación subjetiva entre las dimensiones de la laringe desde su superficie externa con el tamaño adecuado del TET. Tal relación no se encuentra descrita en la literatura y debido a que los resultados han sido positivos en esta correlación, nos hemos motivado a realizar un análisis más objetivo con el que se pueda calcular y diseñar un nuevo y eficaz método que forme parte de las herramientas a utilizar en el manejo adecuado de la vía aérea del paciente pediátrico.



HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
IXTAPALUCA



6. OBJETIVO GENERAL:

Comparar la medición del diámetro interno de la tráquea en ventilación espontánea medido mediante resonancia magnética, con la fórmula de Cole: $\text{Edad}/4+4$; para la selección del tamaño del tubo endotraqueal de la población pediátrica mexicana.



7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Medir el diámetro interno de la tráquea mediante resonancia magnético en espiración bajo ventilación espontánea en niños de 2 a 10 años en el HRAEI.
- Aplicar la fórmula de Cole ($\text{Edad}/4+4$) en niños de 2 a 10 años en el HRAEI.
- Determinar las características demográficas de niños de 2 a 10 años en el HRAEI; sexo, edad, peso y procedencia.
- Detectar las comorbilidades de los niños de 2 a 10 años en el HRAEI que son sometidos a resonancia magnética de cráneo.



HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
IXTAPALUCA



8. HIPÓTESIS

La anatomía externa de la laringe se correlaciona directa y adecuadamente con el diámetro interno de la misma, permitiendo de esta forma predecir el calibre más adecuado de TET a utilizar tomando mediciones del diámetro interno de la tráquea.

Por lo que se pretende demostrar que existe diferencia del diámetro interno de la tráquea en espiración bajo ventilación espontánea medido en resonancia magnética y la fórmula de Cole por edad.

9. METODOLOGÍA

Estudio clínico controlado, analítico, transversal, descriptivo, observacional, aleatorizado en pacientes de 2 años a 10 años, de ambos sexos, que serán sometidos a toma de resonancia magnética bajo sedación endovenosa y/o inhalatoria; previa autorización del protocolo de investigación por el comité de enseñanza, investigación y ética del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca. Firma de consentimiento informado diseñado para autorización de cualquier procedimiento anestésico, así como el cumplimiento de los criterios de inclusión y de manera aleatorizada.

Entra paciente a sala de resonancia magnética, se realiza monitorización tipo I, medición de la tensión arterial no invasiva y saturación de oxígeno. Se induce inducción anestésica con sevoflurano a Vol% de acuerdo a edad del paciente con oxígeno al 100% o por administración intravenosa de benzodiazepinas o narcótico de acuerdo a su requerimiento y concentración del anesthesiólogo. Los pacientes fueron colocados en posición supina. La cabeza se mantuvo en una posición neutra con ligera extensión. . Estas mediciones se realizaron con ventilación espontánea en todo momento, y las mediciones realizadas fueron el diámetro transversal y AP a nivel del cricoides y diámetro transversal y AP a nivel de cuerdas vocales.

Tipo de Estudio:

- **Finalidad:** Descriptivo y observacional
- **Secuencia temporal:** Transversal
- **Inicio del estudio en relación con la cronología de los hechos:**
Retrospectivo

Universo De Estudio:

Se estudiarán pacientes pediátricos sometidos a resonancia magnética bajo sedación inhalatoria y/o endovenosa que se encuentren en ventilación espontánea durante todo el procedimiento, de manera aleatorizada.

Sujetos de Estudio:

Pacientes pediátricos de ambos sexos de 2 a 10 años de edad que estén programados para resonancia magnética de cráneo en el HRAEI, y que implique manejo anestésico de tipo sedación, y que no tengan alteraciones de vía aérea o estén en estatus de traqueostomía.

Criterios de inclusión:

- Niños de 2 a 10 años
- Niños programados para resonancia magnética de cráneo
- Ventilación espontánea

Criterios de exclusión:

- Niños con malformaciones craneofaciales
- Niños con traqueotomía
- Niños bajo anestesia general

Variables

| Variables | Tipo | Definición Conceptual | Definición Operacional | Escala de Medición | Fuente de Recolección |
|------------------|--------------------|---|---|---------------------------------------|------------------------------|
| Edad | Razón | Años cumplidos desde el nacimiento de un individuo | Tiempo en años que una persona ha vivido desde que nació | Cuantitativa discreta | Hoja de recolección |
| Sexo | Nominal Dicotómica | Características biológicas de un individuo que lo clasifica como hombre o mujer | Percepción que tiene el entrevistado con respecto a la pertenencia a ser hombre o mujer | Cualitativa dicotómica (hombre-mujer) | Hoja de recolección |



| Variables | Tipo | Definición Conceptual | Definición Operacional | Escala de Medición | Fuente de Recolección |
|---|-------------|--|--|---------------------------------------|------------------------------|
| Patología de Base | Nominal | Enfermedad diagnosticada que requiere tratamiento | Cualquier enfermedad o condición que limite la función de un órgano | Cualitativa | Hoja de recolección |
| Procedencia | Nominal | Lugar donde alguien, en circunstancias normales, habría debido nacer. | Cualquier lugar donde proceda una persona | Cualitativa dicotómica (rural-urbana) | Hoja de recolección |
| Peso | Razón | Kilogramos medidos de un cuerpo | Medida como el grosor máximo de la capa de grasa | Cuantitativa | Hoja de recolección |
| Diámetro Transversal y Anteroposterior de Cricoides por Rm | Razón | Medida en milímetros del diámetro interno en su eje anteroposterior del cricoides | Medida en milímetros del diámetro interno en su eje anteroposterior y transversal del cricoides | Cuantitativa | Hoja de recolección |
| Diámetro Transversal y Anteroposterior de Cuerdas Vocales Por Rm | Razón | Medida en milímetros del diámetro interno en su eje anteroposterior y transversal de cuerdas vocales | Medida en milímetros del diámetro interno en su eje anteroposterior y transversal de cuerdas vocales | Cuantitativa | Hoja de recolección |
| Tamaño de Cánula Orotraqueal Calculado por Formula de Cole | Numérico | Medida en milímetros de la cánula orotraqueal de acuerdo con la formula edad/4+4 | Medida en milímetros de la cánula orotraqueal de acuerdo con la formula edad/4+4 | Cuantitativa | Hoja de recolección |

Reclutamiento de Pacientes y Recolección de Datos:

Los martes y jueves de acuerdo con la programación de imagenología en el periodo comprendido de Mayo 2021 - Abril 2022, se captaron los pacientes programados en un rango de edad entre 2 -10 años para resonancia magnética de cráneo que fueron sometidos a sedación con ventilación espontánea; se realizaron cortes axiales con extensión a cuello para realizar la medición con el apoyo del servicio de imagenología del diámetro interno traqueal en anteroposterior y transversal a nivel de cricoides y cuerdas vocales.

Se calculó de acuerdo con la fórmula de Cole ($\text{edad}/4+4$); el diámetro interno de la tráquea en los pacientes mencionados con anterioridad.

Se incluyeron a todos los pacientes pediátricos de entre 2 años a 10 años de edad que acudieron al Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca", que se programaron de manera electiva y que fueron sometidos a sedación endovenosa y/o inhalatoria, cumpliendo con los criterios de inclusión y sin tener ningún criterio de exclusión.

Se recolectó la información de manera escrita en un formulario como instrumento diseñado para tal fin y posteriormente se registraron en una hoja de cálculo para su almacenamiento digital estableciendo el rango de los valores permitidos en el caso de las variables cuantitativas, permitiendo en posteriores etapas codificación y análisis de los datos capturados utilizando el programa Microsoft Excel.

Una vez obtenida la información, se graficaron los resultados y se realizó el análisis estadístico pertinente.

10. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron y compararon los resultados del diámetro anteroposterior y transversal a nivel del cricoides y cuerdas vocales mediante resonancia magnética de cráneo con el resultado obtenido de la fórmula de Cole. La información recolectada fue almacenada en una base de datos en formato Excel para determinar los porcentajes y frecuencias. A su vez se aplicaron las pruebas estadísticas correspondientes y se presentaron dichos resultados mediante tablas y graficas de frecuencia.

Los datos se obtuvieron y se determinó el área de la medición a nivel de cricoides como de cuerdas vocales, esto se realizó mediante la fórmula matemática para la elipse.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa Graphpad Prism 8. Se realizaron correlaciones de las distintas variables mediante la prueba de correlación de Spearman con la finalidad de encontrar las variables que presentaron una $r > 0.9$.

En la parte inferior derecha de cada gráfica se colocó la fórmula de regresión lineal que arrojó el análisis. Primero se analizaron los datos en total (hombres y mujeres) y posteriormente se realizó el análisis separando a los pacientes por sexo.

Cronograma de actividades (mensual, semestral, anual)

| CONCEPTO | Agosto-Diciembre 2021 | Enero- Junio 2022 |
|--|-----------------------|----------------------|
| Delimitación del tema a estudiar | X | |
| Recopilación, revisión y selección de bibliografía | X | |
| Elaboración del protocolo | X | |
| Revisión del comité de investigación | | X |
| Planeación operativa | | X |
| Recolección de la información | | X |
| Análisis de los resultados | | X |
| Entrega de la tesis | | X |

Recursos

Infraestructura:

- **Recursos materiales:** Hojas blancas para recolección de datos
- **Recursos humanos:** R3-R4 de imagen y residente anestesia
- **Recursos financieros:** Ninguno
- **Aspectos éticos y de bioseguridad:** No aplica
- **Infraestructura:** Resonador Magnético del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

Productos esperados

El desarrollo de esta tesis tuvo como finalidad demostrar que existe diferencia entre el cálculo de la fórmula de Cole por edad para elección de la cánula orotraqueal en niños en comparación con el diámetro interno de la tráquea real medida a través de resonancia magnética ; con la finalidad de demostrar la utilidad de las cánulas orotraqueales con globo y de esta manera disminuir el riesgo de reintubaciones para recambio de cánula orotraqueal, secundario a fuga; así como disminuir recursos materiales y riesgos y complicaciones secundario a edema de la vía aérea. Se espero poder crear una formula más exacta para el cálculo de tubos endotraqueales que se adapte más a la anatomía de la población pediátrica mexiquense en esta región que se atiende en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Teniendo como objetivo principal la titulación para obtener el grado en anestesiología.



11. RESULTADOS

Se recabo la información de 30 paciente pediátricos entre 2 años y 10 años con una media de edad 5 años, aunque la mayor proporción de pacientes fueron de 2 y 3 años (gráfica 1). Los 30 pacientes estudiados, donde se determinó el diámetro de la cánula endotraqueal mediante formula antropométrica (Formula Cole) así como el diámetro transversal a nivel de cricoides y cuerdas vocales en ventilación espontanea el cual fue determinado mediante resonancia magnética. Se realizo el análisis estadístico, proporcionando los siguientes resultados:

De los 30 pacientes que fueron sometidos a resonancia magnética, 10 fueron mujeres y 20 hombres (gráfica 2).

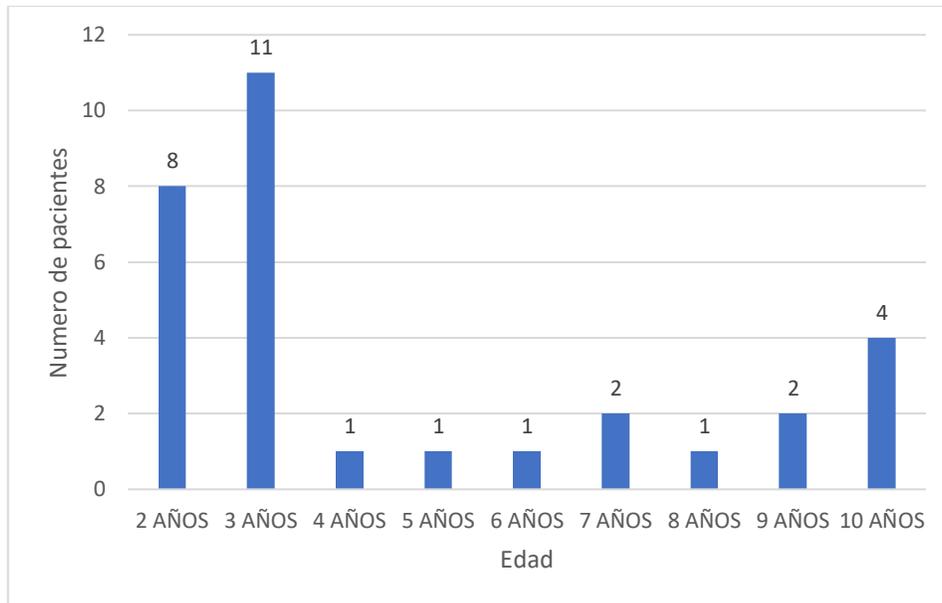


Gráfico 1. Gráfica de distribución de frecuencias de la edad de los pacientes

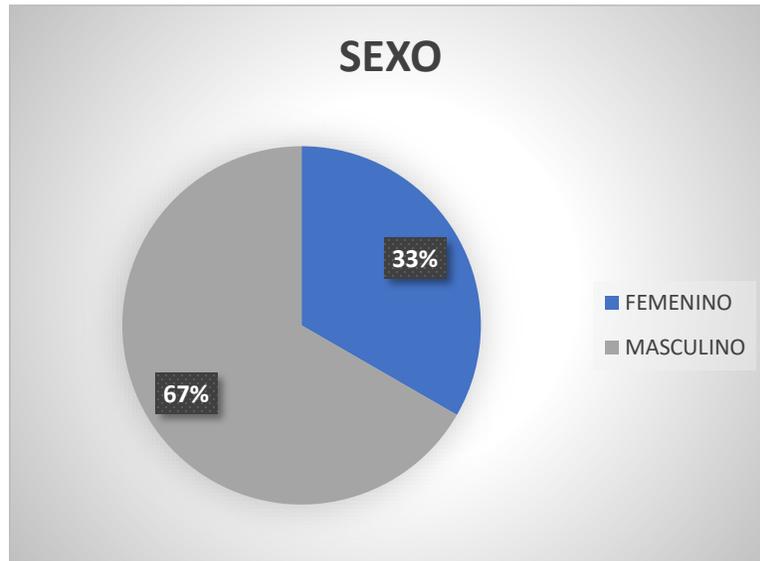


Gráfico 2. Representación gráfica del porcentaje de pacientes según el sexo

Los datos que se obtuvieron determinaron el área de la medición a nivel de cricoides como de cuerdas vocales, esto se realizó mediante la fórmula matemática para la elipse. Posteriormente se realizaron correlaciones de las distintas variables mediante la prueba de correlación de Spearman con la finalidad de encontrar las variables que presentaron una correlación de $r > 0.9$.

En la parte inferior derecha de cada gráfica se colocó la fórmula de regresión lineal que arrojó el análisis. Primero se analizaron los datos en total (hombres y mujeres) y posteriormente se realizó el análisis separando a los pacientes por sexo.

La tercera gráfica corresponde a la correlación de Edad y el número de cánula obtenido mediante la fórmula de Cole. Dado que esta fórmula se calcula con base en la edad del paciente, es de esperarse que su correlación sea 1, y es una forma de corroborar que realizamos correctamente el cálculo mediante la fórmula de Cole.

De acuerdo con el análisis, la variable que correlaciona mejor con el tamaño predicho de la cánula es el área del cricoides (Gráfico 4 y 5), el diámetro y área del cricoides es dependiente

de la edad, dado que la correlación con el diámetro a nivel de cuerdas vocales no arrojó valores de correlación similares (Datos no mostrados).

Los datos donde solo se consideraron a las mujeres, tienen mayores porcentajes de correlación, pero esto puede deberse a que el número de mujeres era considerablemente menor en este estudio que el de los hombres.

En todos los niños estudiados, la porción más estrecha de la laringe era la dimensión transversal al nivel de las cuerdas vocales. Las dimensiones transversales aumentaron linealmente en dirección caudal a través de la laringe ($P < 0,001$), mientras que las dimensiones AP no cambiaron en relación con el nivel laríngeo (Gráfico 7). La forma del anillo cricoides no cambió durante la infancia.

Dado que puede existir diferencias entre la fisionomía de niños y niñas, decidimos evaluar los distintos parámetros solo considerando hombres o mujeres. Encontrando que en todas las comparaciones mostradas, había una mayor correlación cuando solo se consideraban los valores de las mujeres.

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas mediante su medición:



Datos generales hombres y mujeres

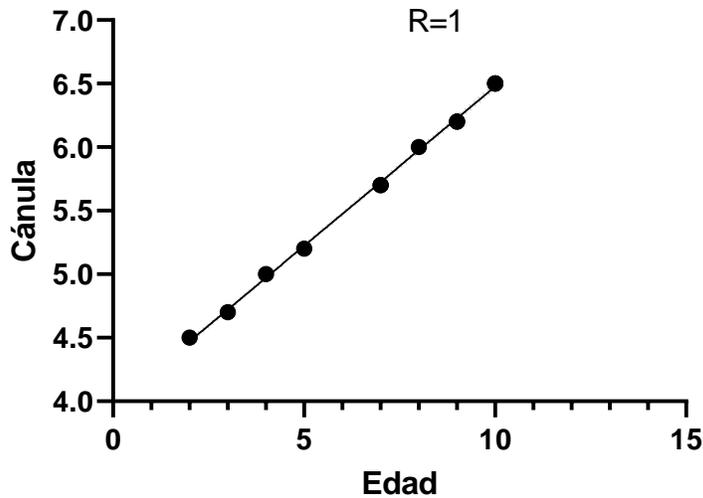
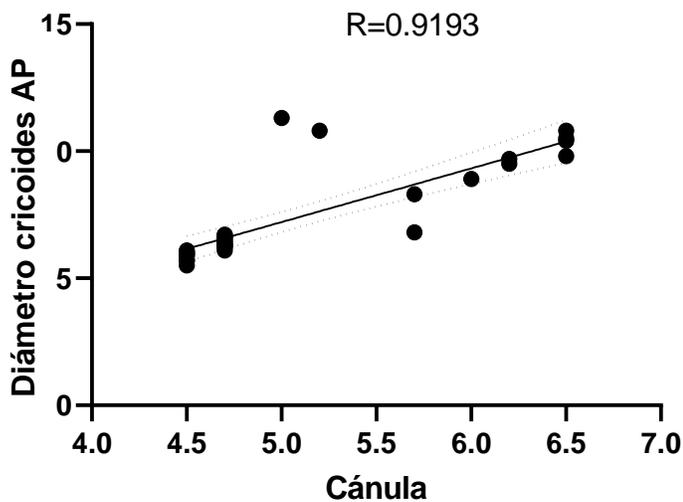
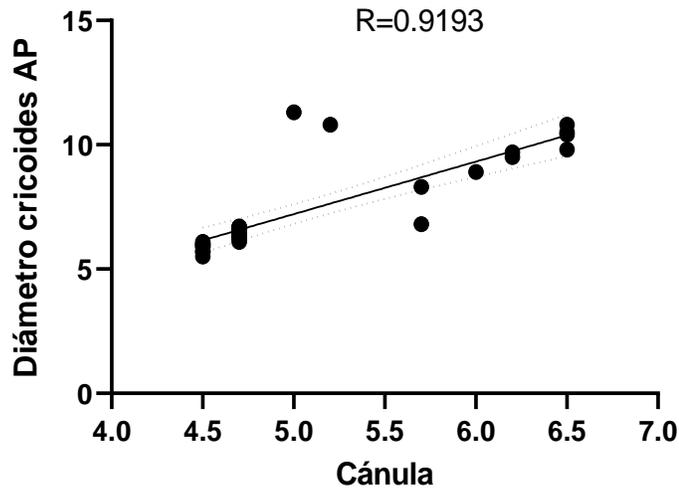


Gráfico 3: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja correlación de Edad y el número de cánula obtenido mediante la fórmula de Cole en hombres y mujeres



$$Y = 0.5290 * X + 5.036$$

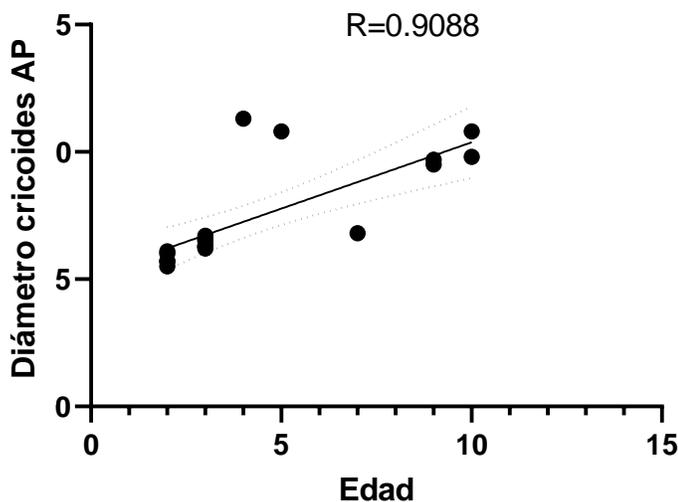
Gráfico 4: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP a nivel del cricoides y el número de cánula obtenido mediante la fórmula de Cole en hombres



$$Y = 2.113 \cdot X - 3.354$$

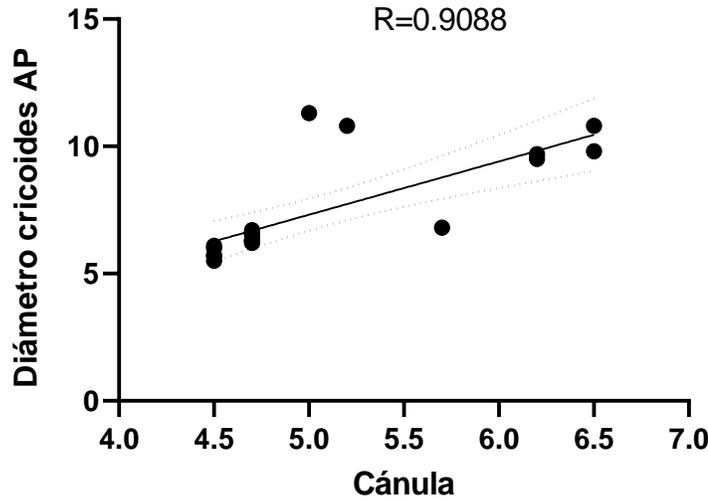
Gráfico 5: Fuentes: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP a nivel del cricoides y el número de cánula obtenido mediante la fórmula de Cole en mujeres

Solo datos de hombres



$$Y = 0.5205 \cdot X + 5.170$$

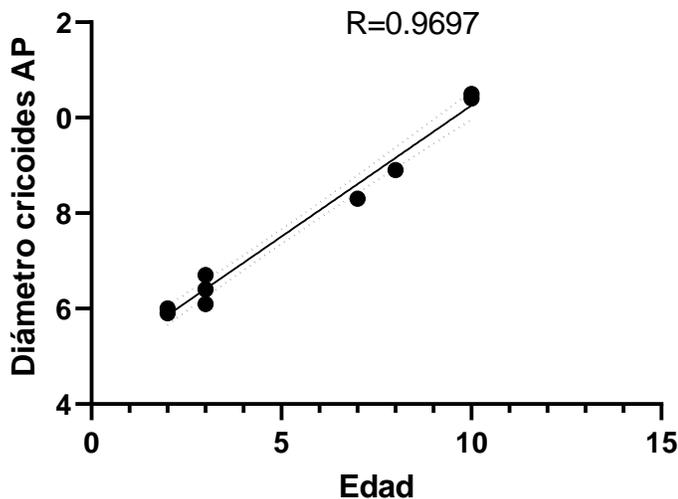
Gráfico 6: Resultado estadístico de estudio en hombres. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP a nivel del cricoides de acuerdo con la edad del paciente



$$Y = 2.092 * X - 3.148$$

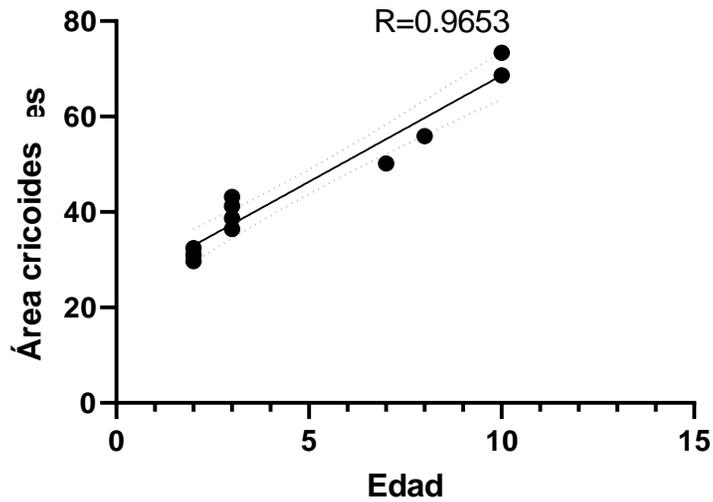
Gráfico 7: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP a nivel del cricoides y el número de cánula obtenido mediante la fórmula de Cole en hombres

Solo datos de mujeres



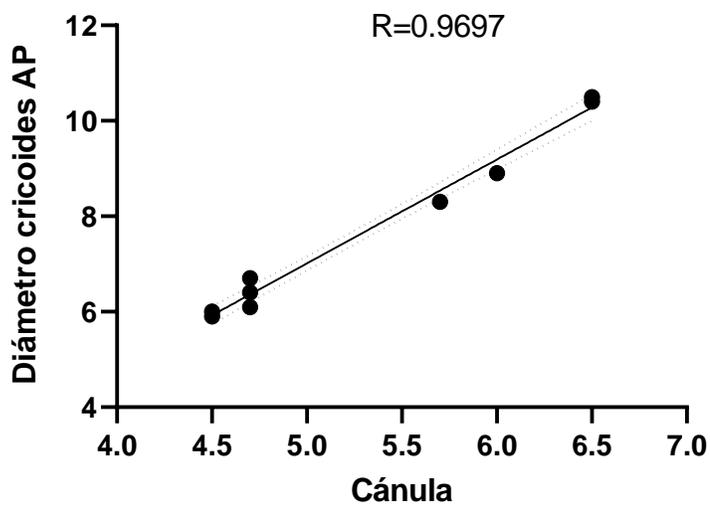
$$Y = 0.5492 * X + 4.763$$

Gráfico 8: Fuentes: Resultado estadístico de estudio en mujeres. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP a nivel del cricoides de acuerdo con la edad del paciente



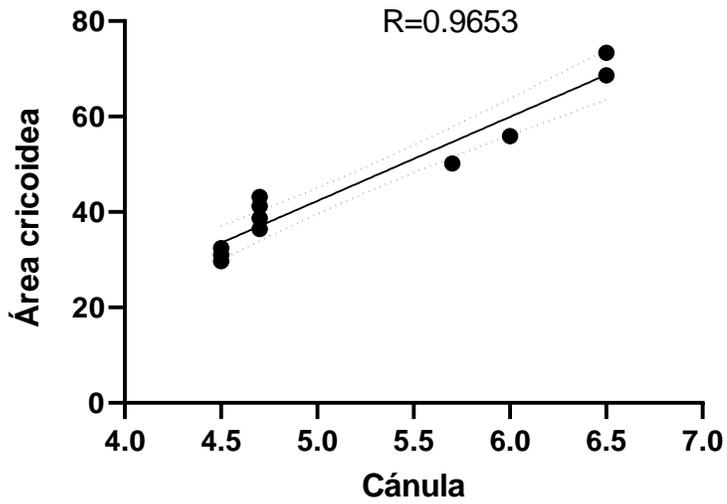
$$Y = 4.456 * X + 2.405$$

Gráfico 9: Resultado estadístico de estudio en mujeres. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el área a nivel del cricoides y la edad del paciente



$$Y = 2.177 * X - 3.869$$

Gráfico 10: Fuentes: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el diámetro AP del cricoides y la cánula obtenida mediante la fórmula de Cole



$$Y = 17.60 \cdot X - 45.70$$

Gráfico 11: Resultado estadístico de estudio. Gráfico lineal que arroja la correlación entre el área cricoidea y la cánula obtenida mediante la fórmula de Cole

12. DISCUSIÓN

No existen estudios previos suficientes que evalúen la utilidad de resonancia magnética para la selección de la cánula endotraqueal en paciente pediátrico. Los primeros estudios de cadáveres documentaron que la laringe tiene forma cónica, con el vértice del cono posicionado caudalmente en el cartílago cricoides no distensible. Estas dimensiones cambian durante la infancia, ya que la laringe asume una forma más cilíndrica. (5)

No se observó la característica de vía aérea en forma cónica, ni en mediciones previas por tomografía así como en el presente estudio mediante resonancia magnética; que históricamente se ha propuesto. Dado que el diámetro transversal subglótico es la dimensión del área más pequeña, se debe suponer que esta es el área más probable de resistencia al paso de un tubo endotraqueal en lugar de solo el cricoides.

De acuerdo al estudio realizado se observó un promedio en la variabilidad de las mediciones, con respecto a la fórmula de Cole, aproximadamente de 0.3 a 0.6mm del diámetro que corresponde por resonancia magnética; lo que muestra que nuestra población mexicana tiene un margen de error con respecto a la fórmula de Cole, considerando que además dicha fórmula solo aplica edades enteras sin contar los meses.

En el presente estudio, la fuerte correlación entre el diámetro transversal a nivel de cricoides y el diámetro externo de la cánula endotraqueal respalda la utilidad de la resonancia en la determinación adecuada del tamaño de la cánula endotraqueal. Pero tales mediciones solo reflejan la distancia bidimensional, y la cuestión de si la cánula endotraqueal se ajusta correctamente debe analizarse más a fondo o remitirse a otros métodos de prueba, como la prueba de fuga de aire, a esto se debe la importancia de la utilización de cánula orotraqueal con globo.



13. CONCLUSIONES

Se concluyo satisfactoriamente, que el uso clínico de resonancia magnética como un componente más al armamento clínico para el abordaje de la vía aérea pediátrica es útil, segura, no invasiva y sin radiación. Los resultados generales del presente estudio nos revelaron que la resonancia magnética es más sensible para determinar el tamaño de la cánula endotraqueal comparado con la fórmula convencional. Sin embargo, la fórmula basada en la edad como la de Cole sigue siendo de uso común.

Los estudios sobre resonancia magnética para la verificación de la cánula endotraqueal en pediátricos son alentadores, sin embargo, se necesitan más estudios y más número de pacientes para que el este tenga mayor validez.

Con los resultados obtenidos se recomienda el uso de tubos endotraqueales con neumotaponador es mejor ya que esta variabilidad reflejada en el estudio puede ser compensada con este; y de este modo disminuir costos en el uso de recursos para el manejo de la vía aérea, disminuir complicaciones secundarias a la instrumentación de la misma, y mejorar las condiciones pulmonares.



14. BIBLIOGRAFÍA

1. Echeverry Marín PC ET. Algoritmo para el manejo de la vía aérea difícil en pediatría.. Revista Colomb Anestesiol.. Octubre 2014;; p. 42(4):325-334.
2. Zambrano E AA. Intubación endotraqueal y cricotiroidotomía Cuidados Intensivos Pediátricos. España. 2004..
3. T B. ubage de larynx dans le croup. Presse Med. 1897;; p. pp. 1.
4. RD M. Textbook of Miller's Anesthesia. Pediatric Anesthesia. 2005;; p. p. 2369–70.
5. R.S. Litman EEWDSPLW. Developmental changes of laryngeal dimensions in unparalyzed, sedated children. Anesthesiology, 98. 2003;; p. pp. 41-45.
6. AdewaleL.A.PaediatrAnaesth.. natomy and assessment of the pediatric airway. 2009;; p. 1–8.Review.
7. DalalPG M. Pediatric laryngeal dimensions: anage-based analysis. AnesthAnalg. 2009;; p. 108:1475–9.
8. Gorriz MG. Peculiaridades del Paciente Pediátrico. Hospital Materno Infantil Vall d´Hebron. .
9. J. David RG. Crecimiento y desarrollo. Anestesia pediátrica: Interamericana-McGaw-Hill; 1995.

10. Ch. J. Coté JLIDT. A practice of anesthesia for infants and children. In Elsevier , editor..: 4 edición; 2009.
11. Dra. Gulnur Gollua DAOBDFK. Use of ultrasonography as a noninvasive decisive tool to determine the accurate endotracheal tube size in anesthetized children. Arch Argent Pediatr. 2018;(116(3):172-118).
12. AA VdB. Choice of tracheal tube size for children: finger size or agerelated formula? Forum Anaesthesia. Julio 1997;; p. 52(7):701-703.
13. F C. Pediatric formulas for the anesthesiologist. AMA J Dis Child. 1957; 94:672-3..
14. DL. L. Essentials of Pediatric Intensive Care. 1997;; p. 1392.
15. EK. M. The shape of the pediatric larynx: cylindrical or funnel shaped?. Anesth Analg. 2009;; p. 108: 1379–81.
16. Khine HH CDKRMTMJRJM. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. Anesthesiology. 1997;; p. 86: 627–31.
17. Lau N PSRADM. New formulae for predicting tracheal tube length. Paediatr Anaesth. 2006;; p. 16(12):1238–43..
18. Ramsingh D FEHRSJGKBEea. Auscultation versus point-of-care ultrasound to determine endotracheal versus bronchial intubation.. Anesthesiology. 2016;; p. 124(5):1012– 20.

19. Uejima T. Cuffed endotracheal tubes in pediatric patients. *Anesth Analg*. 1989;; p. 68:423.
20. Ríos Medina Á GLA O O O F. La vía aérea pediátrica: algunos conceptos para tener en cuenta en el manejo anestésico.. *Colomb J Anesthesiol*. 2012;; p. 40(3):199–202..
21. Trens GT. *Medicina crítica en Pediatría*. Editorial Prado. 2003;; p. 15-21.
22. BR. K. Endotracheal tube selection in children: a comparison of four methods. *Ann Emerg Med*. 1993;; p. 22:530–534.
23. Dalal PG MDMAFAMJMD. Dimensiones laríngeas pediátricas: un análisis basado en la edad.. *Anesth Analg [Internet]*.. 2009.



15. ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|------------|----|
| Gráfico 1 | 29 |
| Gráfico 2 | 29 |
| Gráfico 3 | 31 |
| Gráfico 4 | 31 |
| Gráfico 5 | 32 |
| Gráfico 6 | 32 |
| Gráfico 7 | 33 |
| Gráfico 8 | 33 |
| Gráfico 9 | 34 |
| Gráfico 10 | 34 |
| Gráfico 11 | 35 |