

# Uso de la ecografía en adultos como una herramienta no invasiva para determinar el tamaño del tubo endotraqueal en pacientes sometidos a anestesia general balanceada

Cruz-Figueroa, V.<sup>a\*</sup>; Ramírez-Hernández, A.<sup>a</sup>; García-Ruiz, I. M.<sup>a</sup>; Guerrero-Gutiérrez, M. A.<sup>b</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** La evaluación del diámetro transversal de la tráquea a nivel del cartílago cricoides puede realizarse mediante ecografía, una herramienta accesible y de bajo costo. Su uso permite medir con precisión el diámetro traqueal para determinar el tamaño adecuado del tubo endotraqueal a insertar. **Objetivo:** Evaluar el uso de la ecografía como una herramienta no invasiva para definir el tamaño del tubo endotraqueal en pacientes sometidos a anestesia general balanceada. **Material y métodos:** Se llevó a cabo un estudio observacional, analítico y prospectivo en pacientes sometidos a cirugía bajo anestesia general balanceada. **Resultados:** Se incluyeron 84 participantes. Se encontró una relación significativa entre la medición del anillo glótico por ultrasonido y el tamaño del tubo endotraqueal ( $r = 0.953$ ;  $p < 0.01$ ). El análisis de regresión lineal confirmó un alto coeficiente de correlación entre ambas variables ( $r^2 = 0.909$ ). La prueba *t de Student* mostró diferencias significativas entre las mediciones ultrasonográficas y el diámetro del tubo endotraqueal utilizado ( $t = 0$ ;  $p < 0.001$ ). La ecografía demostró ser una técnica adecuada para predecir el tamaño del tubo endotraqueal, con un coeficiente de concordancia excelente (CCI = 95%). **Conclusiones:** La ecografía es una técnica confiable para determinar el tamaño del tubo endotraqueal, con una concordancia excelente y sin complicaciones reportadas en su aplicación.

## INTRODUCCIÓN

La selección del tamaño adecuado del tubo endotraqueal es un aspecto crítico en la anestesia general, ya que un tubo demasiado pequeño puede provocar ventilación ineficaz y fugas de gases anestésicos, mientras que un tubo de mayor tamaño puede causar trauma en la vía aérea, isquemia laríngea o estenosis subglótica. Tradicionalmente, la elección del tubo endotraqueal se ha basado en fórmulas que consideran la edad, el peso y la talla del paciente. Sin embargo, estas aproximaciones presentan limitaciones significativas, ya que no toman en cuenta variaciones individuales en la anatomía de la tráquea, lo que puede llevar a selecciones inexactas y aumentar la necesidad de reintubaciones.

La ecografía se ha convertido en una alternativa confiable y efectiva para la predicción del diámetro traqueal, permitiendo una selección más precisa del tubo endotraqueal. A diferencia de otros métodos como la radiografía de tórax o la tomografía computarizada, la ecografía es una técnica no invasiva accesible y libre de radiación, lo que la hace una opción ideal para su uso en la práctica clínica diaria. Además, su capacidad de proporcionar mediciones en tiempo real mejora la seguridad del procedimiento y optimiza los resultados clínicos reduciendo la necesidad de múltiples intentos de intubación y mini-

<sup>a</sup> Hospital General de Tijuana, Servicios Públicos de Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social para el Bienestar (IMSS Bienestar), Tijuana, B.C., México.

<sup>b</sup> Departamento de Anestesiología Bariátrica y Terapia Intensiva, Centro Médico Bariátrico, Tijuana, B.C., México.

\* viri.cruz253@gmail.com

mizando el riesgo de complicaciones.

Los estudios han demostrado una alta correlación entre la medición ultrasonográfica del diámetro subglótico y el tamaño del tubo endotraqueal finalmente utilizado, lo que confirma la precisión de esta herramienta en comparación con los métodos tradicionales. Además, el uso de la ecografía ha permitido disminuir la incidencia de cambios de tubo y reintubaciones optimizando la eficiencia del procedimiento anestésico y mejorando la experiencia del paciente.

### **Fórmulas para calcular el tamaño del tubo endotraqueal**

*Fórmula descrita por Kwon:*

Tamaño previsto del tubo endotraqueal (mm) =  $2.7 + 0.1 \times \text{edad (años)} + 0.02 \times \text{peso ideal (kg)} + 0.1 \times \text{presencia de obesidad (0: negativo, 1: positivo)}$ .

*Fórmulas descritas por Singh:*

Reportó diferentes fórmulas de índices físicos utilizadas para predecir el tamaño del tubo endotraqueal; fórmula basada en la longitud del cuerpo [ $2 + \text{longitud (en cms)}/30$ ], la fórmula multivariada ( $2.44 + \text{edad en años} \times 0.1 + \text{altura en cm} \times 0.02 + \text{peso en kg} \times 0.016$ ).

### **Tamaño de tubo endotraqueal en adultos**

En pacientes adultos, un tamaño de tubo endotraqueal mayor de 7.00 mm se encuentra asociado con un mayor riesgo de lesión laríngea aguda (1). Además, dada la amplia variabilidad que existe con el uso de fórmulas para predecir el tamaño del tubo endotraqueal, el tamaño del tubo endotraqueal se selecciona genéricamente según el sexo (2).

En un estudio prospectivo recomendó que se considere con mayor frecuencia un tubo endotraqueal de tamaño 6.0 a 6.5 para pacientes de sexo femenino con una altura inferior a la media (163 cm), y un tamaño de 7.0 a 7.5 para pacientes masculinos con una altura inferior a la media (177 cm). Para las mujeres, los tubos endotraqueales de más de 7.0 solo deben usarse si no se puede lograr una ventilación adecuada con un tubo de menor diámetro (3).

### **Ecografía en la predicción del tamaño del tubo endotraqueal**

En las últimas décadas, el uso de la ecografía para investigar la anatomía de los tejidos circundantes de las vías respiratorias superiores aumentó rápidamente. A partir de estos estudios, se concluyó que la ecografía de los tejidos circundantes de las vías respiratorias superiores puede proporcionar información anatómica detallada y tiene numerosas aplicaciones clínicas (4). La ecografía puede predecir el tamaño adecuado del tubo de endotraqueal mediante la evaluación del diámetro traqueal transversal interno y externo y la profundidad de la tráquea desde la superficie de la piel (5).

El uso de un tubo endotraqueal de tamaño inadecuado puede causar diversas complicaciones. Si el tubo es demasiado pequeño, puede dificultar la ventilación adecuada debido a las fugas de gases anestésicos y aumentar el riesgo de aspiración por un sellado insuficiente. Además, la acumulación de secreciones o la flexión del tubo pueden generar obstrucciones, causando hipoventilación. Por otro lado, un tubo grande puede provocar trauma en la vía aérea, como lesiones en la mucosa traqueal e isquemia laríngea, debido a la presión excesiva sobre la mucosa. También existe un riesgo mayor de estenosis subglótica si se utiliza un tubo de mayor tamaño durante intubaciones prolongadas.

Los múltiples intentos de intubación también pueden resultar en complicaciones graves, como hipoxia e hipercapnia, debido a la falta de oxígeno y acumulación de dióxido de carbono. Además, la manipulación excesiva puede inducir inestabilidad hemodinámica, como taquicardia y arritmias. Los intentos repetidos aumentan el riesgo de trauma laríngeo y traqueal, lo que puede llevar a disfonía posoperatoria, y retrasos en la intubación aumentan el riesgo de broncoaspiración.

El uso de la ecografía para seleccionar el tubo adecuado ha demostrado reducir significativamente estas complicaciones. Permite una estimación más precisa del diámetro traqueal, reduciendo la necesidad de reintubaciones y optimizando la primera intubación. Además, al elegir el tubo correcto, se minimiza el trauma en la vía aérea y se previenen respuestas adversas como la inestabilidad hemodinámica. La ecografía también ofrece mayor seguridad en pacientes con anatomías difíciles, mejorando

la precisión en la elección del tubo y evitando errores que podrían surgir de fórmulas estándar.

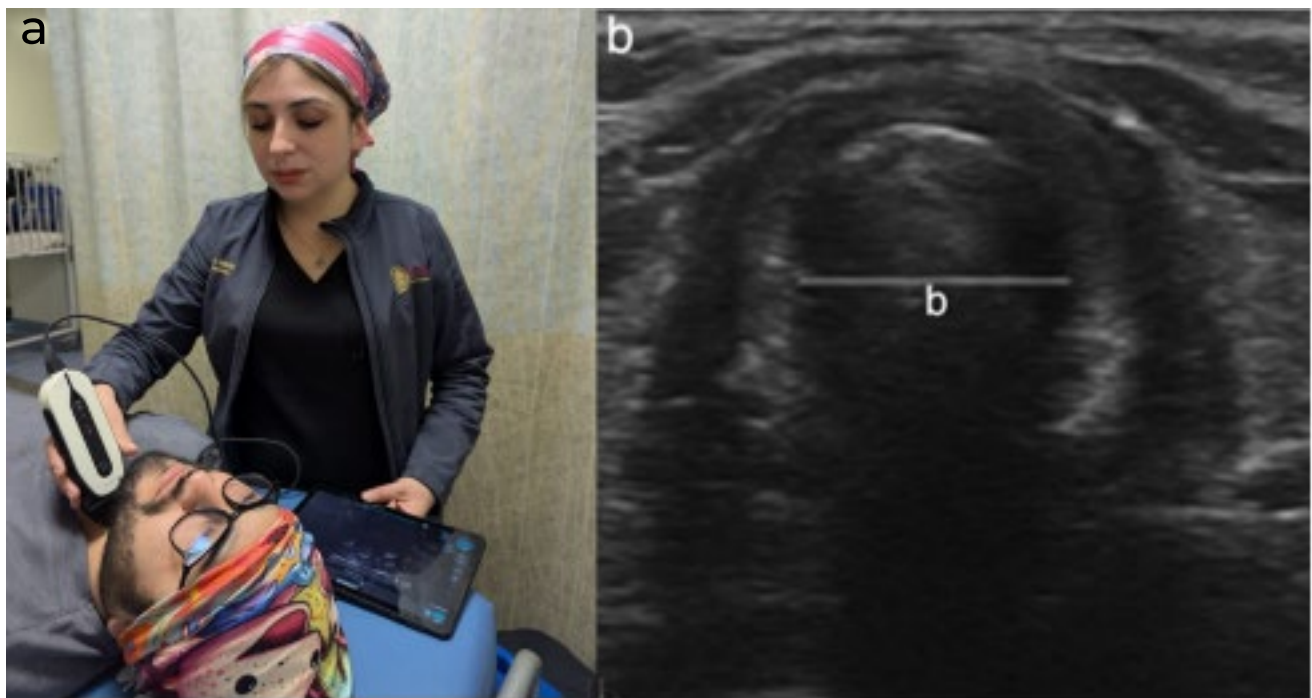
### METODOLOGÍA

Se realizó un estudio observacional, analítico, prospectivo en pacientes sometidos a cirugía con anestesia general balanceada. Se incluyeron pacientes adultos mayores de 18 años de ambos sexos sometidos a procedimientos quirúrgicos electivos bajo anestesia general balanceada. Se excluyeron pacientes con anomalías anatómicas de la vía aérea superior, antecedentes de traqueostomía o traumatismo en la vía aérea superior y aquellos con patologías neoplásicas o infecciosas de la vía aérea. El tamaño de la muestra se calculó en 84 pacientes (42 hombres y 42 mujeres), utilizando el programa *GPower* y basado en estudios previos sobre selección del tamaño del tubo endotraqueal en adultos. El estudio fue aprobado por el Comité de Investigación del hospital y se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación preoperatoria que incluyó la recolección de datos clínicos relevantes.

Antes de la inducción anestésica, se realizó una evaluación ultrasonográfica utilizando un transductor lineal de 9 Hz para medir el diámetro transversal de la subglotis (**Figura 1**). La selección del tubo endotraqueal (TET) se basó tanto en la medición obtenida por ultrasonido como en la fórmula predictiva que considera la longitud del cuerpo:  $[2 + \text{longitud (cm)}/30]$ . Las mediciones ultrasonográficas fueron realizadas por dos médicos: la Dra. Viridiana Cruz Figueroa y el Dr. Adrián Ramírez. Para la inducción anestésica se administraron Lidocaína 1 mg/kg, Fentanilo 3 mcg/kg, Propofol 2 mg/kg y Vecuronio 0.08 mg/kg. La intubación se llevó a cabo mediante videolaringoscopia, registrando el tamaño del TET finalmente utilizado en cada caso. Finalmente, se compararon los valores obtenidos por ultrasonografía con los calculados mediante la fórmula predictiva, con el objetivo de evaluar la concordancia entre ambos métodos.

### Variables estudiadas y análisis estadístico

Las variables dependientes consideradas en el estudio fueron el diámetro subglótico medido por ultrasonografía, el diámetro del tubo endotraqueal (TET) utilizado, la presencia de complicaciones postintu-



**Figura 1.** Medición de anillo glótico por ultrasonido, a) insonando a paciente en área de recuperación con ultrasonido lineal, corte transversal, b) corte transversal de anillo glótico, línea b representa el diámetro transversal del cartílago cricoides.

bación, así como características demográficas y clínicas de los pacientes incluyendo edad, sexo, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), estado físico según la clasificación ASA y el tipo de cirugía realizada. Para el análisis estadístico se aplicaron métodos descriptivos, las variables cualitativas se presentaron en frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se describieron mediante la media y la desviación estándar. La comparación de las medias de los diámetros predichos y los efectivamente utilizados se realizó mediante la prueba t de Student, considerando un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo. Para evaluar la con-

cordancia entre los métodos de predicción y los valores obtenidos, se calculó el coeficiente de correlación intraclase y se realizó un análisis de Bland-Altman.

**Aspectos éticos**

El presente estudio cumplió con los principios éticos establecidos en la *Declaración de Helsinki*, así como con la normativa nacional vigente en materia de investigación en salud. Además, todos los datos fueron anonimizados y protegidos conforme a lo dispuesto en la *Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares*.

**Figura 2.** DI y DE recomendados para tubos endotraqueales

Edad	Peso	Diámetro del tubo endotraqueal (DI) (mm)	Diámetro del tubo endotraqueal (DE) (mm)
Recién nacidos	0,7-1,5 kg	2.5	3.4
	1,6-3,2 kg	3	4.2
Bebés	0-3 meses	3.5	4.8
	3 a 6 meses	4	5.4
	6 a 12 meses	4.5	6.2
Niños	2-3 años	5	6.8
	4-5 años	5.5	7.4
	6-7 años	6	8.2
	8-9 años	6.5	8.8
	10-11 años	7	9.6
	12-13 años	7.5	10.2
Adultos	Femenino	8	11
		7.5	10.2
	Masculino	9	12.2
		8.5	11.6
		9.5	13

**ID: diámetro interior, OD: diámetro exterior.**

## RESULTADOS

### Características de la población

Se incluyeron 84 pacientes (42 hombres y 42 mujeres) sometidos a cirugía con anestesia general balanceada. La edad media de los pacientes fue de 42

años con un mínimo de 18 años y un máximo de 84 años de edad, con una media de Índice de Masa corporal (IMC) de 29.88 con un mínimo de 22.27 y un máximo de 44.08 kg/m<sup>2</sup>. La distribución de los estados físicos según la clasificación ASA fue: ASA I (58.3 %), ASA II (41.7 %) **Tabla 2.**

**Tabla 2.** Variables sociodemográficas

VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS	$\bar{x}$	Mín.	Máx.	Desviación Estándar
Edad (años)	42.4	18	84	16.6
Peso (Kilogramos)	81.4	52	120	15.7
Talla (metros)	1.64	1.42	1.85	0.09
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	29.88	22.27	44.08	4.86
Género	<i>f</i>		<i>%</i>	
Hombre	42		50	
Mujer	42		50	

**n=84**

### Medición ultrasonográfica y selección del tubo endotraqueal

El diámetro subglótico medido por ultrasonido tuvo una media de 11.8 (± .85) mm. Según esta medición, el tamaño promedio del tubo endotraqueal recomendado fue de 8.5 (± .6) mm. Por otro lado, el tamaño del tubo predicho mediante la fórmula basada en la longitud corporal fue de 7.45 (± .61 mm)

**Tabla 3.**

### Comparación entre ultrasonografía y fórmula predictiva

Se observó una **correlación alta** entre el diámetro subglótico obtenido por ultrasonido y el tamaño del tubo endotraqueal finalmente utilizado ( $r = .953$ ;  $p < .01$ ). Los resultados también mostraron una relación significativa entre las variables medición de anillo glótico por ultrasonido y la variable tamaño de tubo endotraqueal por fórmula multivariada por talla. ( $r = .953$ ;  $p < .01$ ).

incluyendo hipoxemia severa, inestabilidad hemodinámica o necesidad de reitubación. Las únicas complicaciones o limitaciones que tuvimos fueron 2 casos con inexistencia del tubo 9.5, 1 caso de disfagia (1.2%) y 3 casos de Odinofagia (3.6%). No se registraron casos de paro cardíaco.

### Principales hallazgos

La ecografía demostró ser un método confiable para predecir el tamaño del TET en comparación con la fórmula convencional.

Se encontró una reducción significativa en el número de intentos de intubación y en la necesidad de cambios de tubo cuando se utilizó la medición ultrasonográfica.

Las diferencias entre la medición ultrasonográfica y la fórmula multivariada por talla fueron estadísticamente significativas/no significativas ( $p < .01$ ).

**Tabla 3.** Variables continuas de la intubación

Variables continuas	$\bar{x}$	Min.	Máx.	DE
Diámetro del anillo por ultrasonido (mm)	11.8	10.0	13.5	.85
No. de tubo por medio de ultrasonido (Fr)	8.6.	7.5	9.5	.61
Medición por fórmula (Fr)	7.4	6.7	8.1	.33
No. Tubo Utilizado (Fr)	8.6.	7.5	9.5	.61
POGO scale (%)	100	100	100	0.0

**n=84**

### DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó la eficacia de la ecografía como herramienta para predecir el tamaño del tubo endotraqueal en pacientes sometidos a anestesia general balanceada comparándola con la fórmula basada en la longitud corporal.

Nuestros resultados muestran que la medición del diámetro subglótico por ultrasonografía tiene una buena correlación con el tamaño del tubo endotraqueal utilizado, lo que sugiere que este método podría ser más preciso que las fórmulas tradicionales. Estos hallazgos coinciden con estudios previos (6, 7) que reportaron una alta concordancia entre la medición ultrasonográfica y el tamaño óptimo del TET en población pediátrica y adulta.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la reducción en la necesidad de reintubaciones y ajustes de tamaño del tubo cuando se utilizó la ecografía. Esto tiene implicaciones clínicas significativas ya que las reintubaciones están asociadas con un mayor riesgo de trauma laríngeo, hipoxemia e inestabilidad hemodinámica.

Por otro lado, aunque la ecografía demostró ser un método confiable su aplicación en todos los centros hospitalarios podría verse limitada por la disponibilidad de equipos y la experiencia del operador. La curva de aprendizaje para la medición precisa del diámetro subglótico es un factor a considerar, como lo han señalado estudios previos (8).

### Limitaciones del estudio

En primer lugar, el tamaño de la muestra fue relativamente pequeño, con solo 84 pacientes (42 hombres y 42 mujeres), lo que dificulta la generalización de los resultados a poblaciones más amplias. Aunque se encontró una alta correlación entre las mediciones ecográficas y el tamaño del tubo, una muestra mayor permitiría confirmar estos hallazgos y reducir la variabilidad en los datos.

En cuanto a la variabilidad interobservador, la precisión de las mediciones depende de la experiencia del operador, lo que puede generar diferencias en los resultados. El estudio no evaluó específicamente la reproducibilidad entre diferentes operadores, lo que limita la confiabilidad del método en diversos entornos clínicos.

La población específica de pacientes incluidos en el estudio también restringe la aplicabilidad de los resultados a otros grupos como pacientes críticos, pediátricos o aquellos con antecedentes de patologías respiratorias. Además, no se incluyeron pacientes con alteraciones anatómicas severas de la vía aérea, lo que deja sin explorar la utilidad de la ecografía en estos casos.

Por último, el estudio comparó la ecografía solo con fórmulas predictivas sin realizar un análisis detallado de otras técnicas como radiografía o tomografía computarizada que también podrían ser útiles para evaluar el diámetro traqueal.

### Líneas de investigación futuras

Para fortalecer la evidencia sobre la utilidad de la ecografía en la selección del tubo endotraqueal se sugiere realizar investigaciones en diversas áreas. Primero, se recomienda estudios multicéntricos con una mayor muestra que incluyan pacientes con características anatómicas variadas, como aquellos con alteraciones traqueales o antecedentes de intubaciones previas, para evaluar la generalización de los resultados. Además, se deberían realizar estudios que aborden la variabilidad interobservador comparando mediciones entre operadores con distintos niveles de experiencia en ecografía, así como la curva de aprendizaje necesaria para aplicar correctamente esta técnica en la práctica clínica. La comparación directa con otros métodos de imagen, como radiografía y tomografía computarizada, permitiría evaluar cuál de estas técnicas es más precisa para predecir el diámetro traqueal y, además, realizar un análisis costo-beneficio de la ecografía en comparación con los métodos convencionales en distintos entornos hospitalarios. En conclusión, nuestros hallazgos respaldan el uso de la ecografía como una herramienta no invasiva, precisa y confiable para predecir el tamaño del tubo endotraqueal en adultos sometidos a anestesia general balanceada. Se requieren estudios adicionales con muestras más amplias y en diferentes entornos clínicos para validar su implementación rutinaria en la práctica anestesiológica.

### CONCLUSIONES

En hospitales de nivel primario donde el acceso a tecnologías avanzadas puede ser limitado, la ecografía podría ofrecer una herramienta accesible y económica para mejorar la selección del tamaño del tubo endotraqueal. Sin embargo, en hospitales de mayor complejidad donde se utilizan técnicas como la radiografía o la tomografía computarizada sería relevante evaluar si la ecografía representa una mejora significativa en términos de precisión y eficiencia. En estos casos, la integración de la ecografía podría depender de factores como la disponibilidad de equipos y la capacitación del personal.

Por otro lado, la curva de aprendizaje es un factor crucial para la adopción de esta tecnología en la práctica clínica. Aunque la ecografía es una herramienta potente su correcta aplicación depende en

gran medida de la experiencia del operador. Los médicos y anestesiólogos que no están familiarizados con la ecografía pueden enfrentar dificultades al principio, lo que podría afectar la precisión de las mediciones. Por lo tanto, es esencial implementar programas de formación y entrenamiento adecuados que permitan al personal adquirir las habilidades necesarias. Estos programas deberían incluir no solo la técnica de medición, sino también la interpretación de imágenes y la toma de decisiones basadas en los resultados obtenidos. La evaluación de la curva de aprendizaje sería crucial para determinar el tiempo necesario para que los profesionales de la salud se sientan cómodos utilizando la ecografía de manera efectiva y confiable en su práctica diaria.

Incorporar estos elementos en la discusión ayudaría a contextualizar la viabilidad de la ecografía en diversos entornos clínicos y proporcionaría una visión más amplia de los desafíos y beneficios asociados con su implementación en la selección del tubo endotraqueal.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Esianor BI, Campbell BR, Casey JD, Du L, Wright A, Steitz B, *et al.* Endotracheal Tube Size in Critically Ill Patients. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022;148(9):849-53.
2. Karmali S, Rose P. *Tracheal tube size in adults undergoing elective surgery - a narrative review.* *Anaesthesia.* 2020;75(11):1529-39.
3. Cao AC, Reredy S, Mirza N. *Current Practices in Endotracheal Tube Size Selection for Adults.* *Laryngoscope.* 2021;131(9):1967-71.
4. Lun HM, Zhu SY, Liu RC, Gong JG, Liu YL. *Investigation of the Upper Airway Anatomy With Ultrasound.* *Ultrasound Q.* 2016;32(1):86-92.
5. You-Ten KE, Siddiqui N, Teoh WH, Kristensen MS. *Point-of-care ultrasound (POCUS) of the upper airway.* *Can J Anaesth.* 2018;65(4):473-84.
6. Raphael PO, Thasim, E., Simon, B. P., & P., R. *Comparative study on prediction of paediatric endotracheal tube size by ultrasonography and by age based formulas.* *International Journal of Research in Medical Sciences,*2017. p. 2528-32.
7. Shibasaki M, Nakajima Y, Ishii S, Shimizu F, Shime N, Sessler DI. *Prediction of pediatric endotracheal tube size by ultrasonography.* *Anesthesiology.* 2010;113(4):819-24.
8. Gupta B, Ahluwalia P. *Prediction of endotracheal tube size in the pediatric age group by ultrasound: A systematic review and meta-analysis.* *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2022;38(3):371-83.