



# Repetibilidad de la faringometría acústica en niños

## Reproducibility of acoustic pharyngometry in children.

Angélica Margarita Portillo Vásquez,<sup>1</sup> Armando R Castorena Maldonado,<sup>2</sup> Martha Guadalupe Torres Fraga,<sup>3</sup> José Rogelio Pérez Padilla<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Coordinadora de Epidemiología y Estadística.

<sup>2</sup> Director médico.

<sup>3</sup> Titular del servicio de Medicina del Sueño.

<sup>4</sup> Titular del Departamento de Investigación en Tabaquismo y EPOC.

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México, México.

### Correspondencia

Angélica Margarita Portillo Vásquez  
ampvs1986@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5032-4076>  
<https://orcid.org/0000-0002-0450-8173>  
<https://orcid.org/0000-0002-1254-5345>  
<https://orcid.org/0000-0002-1132-5308>

**Recibido:** 23 de enero 2025

**Aceptado:** 23 de marzo 2025

**Este artículo debe citarse como:** Portillo-Vásquez AM, Castorena-Maldonado AR, Torres-Fraga MG, Pérez-Padilla JR. Repetibilidad de la faringometría acústica en niños. An Orl Mex 2025; 70 (2): 72-80.

## PARA DESCARGA

<https://doi.org/10.24245/aorl.v70i2.10334>

<https://otorrino.org.mx>  
<https://nietoeditores.com.mx>

### Resumen

**OBJETIVO:** Evaluar la reproducibilidad de las faringometrías acústicas practicadas en la población pediátrica.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Estudio observacional, analítico, longitudinal y prospectivo, que incluyó niños de 3 a 14 años evaluados con el faringómetro acústico Eccovision, con guías basadas en trabajos publicados previamente. Se registraron tres lecturas con maniobra oral y tres con maniobra nasal por visita, con la primera visita al reclutamiento, la segunda dos a tres horas después y la tercera una semana después. Se utilizaron las pruebas ANOVA, coeficiente de correlación intraclase (CCI) y coeficiente de variación para el análisis.

**RESULTADOS:** Se incluyeron 24 niños con edad promedio de  $7.9 \pm 3.3$  años que realizaron la maniobra nasal y 14 la maniobra oral. El coeficiente de correlación intraclase en la maniobra oral para todas las mediciones fue de 0.75 a 0.94. Los análisis con ANOVA no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones a través del tiempo y el coeficiente de variación fue de 0.09 a 0.17 para las tres mediciones.

**CONCLUSIONES:** La faringometría acústica practicada con procedimientos estandarizados produce resultados reproducibles en niños.

**PALABRAS CLAVE:** Niño; reproducibilidad; acústico.

### Abstract

**OBJECTIVE:** To evaluate the reproducibility of acoustic pharyngometries performed in the pediatric population.

**MATERIALS AND METHODS:** Analytical, observational, longitudinal prospective study. Children from 3 to 14 years were evaluated with Eccovision Acoustic

Pharyngometer, with guidelines based in previously published works. Three readings with oral maneuver and three readings with nasal maneuver were registered per visit, with the first visit at recruitment, the second two to three hours later and the third a week later. ANOVA, intraclass correlation coefficient (ICC) and coefficient of variation were used for analysis.

**RESULTS:** There were included 24 children,  $7.9 \pm 3.3$  years old, that performed the nasal maneuver and 14 oral maneuver. Intraclass correlation coefficient in the oral maneuver for all measures spanned from 0.75 to 0.94, all ANOVA analysis did not show statistically significant differences between measures across time, and the coefficient of variation encompassed from 0.09 to 0.17 for all three measures.

**CONCLUSIONS:** Acoustic pharyngometry, performed with standard procedures, produces reproducible results in children.

**KEYWORDS:** Child; Reproducibility; Acoustic.

## ANTECEDENTES

La faringometría acústica es un método rápido, no invasivo para obtener mediciones de la cavidad oral y la faringe en sujetos despiertos.<sup>1</sup> Se basa en el principio de que una señal audible de sonido generada desde el fondo de un instrumento tubular (tubo de onda) se trasmite a la cavidad examinada a través de un adaptador ajustado anatómicamente (pieza bucal); el pulso acústico se refleja parcialmente al encontrar un cambio en el área (cambio en impedancia) con la onda reflejada que es recibida por un micrófono presente en el tubo de onda.<sup>2</sup>

En su primera descripción en 1980, Fredberg probó que las características de la vía aérea superior y la tráquea podían inferirse por medio de datos de reflexión acústica en la boca.<sup>3</sup> Su reproducibilidad se probó en humanos adultos, modelos de la vía aérea superior y perros en 1984 y los cambios que pueden sobrevenir con los cambios en la respiración en 1985.<sup>4</sup> Se estableció también que el área faríngea promedio es el mejor índice para el tamaño de la vía aérea superior. El método de los dos micrófonos, el más comúnmente usado en la actualidad debido a su menor tamaño y facilidad de uso, se validó en 1993.<sup>5</sup> Desde entonces se ha validado también contra la resonancia magnética,<sup>6</sup> tomografía computada<sup>7</sup> y cefalometría<sup>8</sup> y se han propuesto valores normales para adultos<sup>9</sup> y niños.<sup>10</sup>

Se ha utilizado principalmente para diagnóstico y monitoreo de los pacientes adultos con apnea obstructiva del sueño. En 1986 representó el primer reporte de una medición más pequeña de la vía aérea en estos sujetos<sup>11</sup> y ha probado su capacidad de medir los cambios generados por el tratamiento con presión positiva continua en la vía respiratoria,<sup>12</sup> cirugía maxilofacial<sup>13</sup> y faringoplastia.<sup>14</sup> También se utiliza continuamente para la titulación de dispositivos de avance mandibular.<sup>15,16</sup>

Ha habido un esfuerzo sostenido para probar su uso en el diagnóstico de la apnea del sueño<sup>17</sup> debido a que tiene la ventaja de mostrar la vía aérea completa en tiempo real, rápidamente y sin la exposición a radiación que implica la tomografía. En niños el área seccional mínima crece con la edad; está reducida en niños con trastornos de la respiración durante el sueño.<sup>18</sup> Como en los adultos, la faringometría se ha estudiado para el tamizaje y diagnóstico de la apnea obstructiva del sueño.<sup>19</sup> Se han documentado los cambios posteriores a la adenoamigdalectomía,<sup>20</sup> la amigdalectomía<sup>21</sup> y el tratamiento ortodóntico u ortopédico.<sup>22</sup> También se han demostrado las diferencias entre los niños sanos y los que padecen mucopolisacaridosis.<sup>23</sup>

La reproducibilidad del procedimiento se ha evaluado en adultos y en niños. En adultos la valoración inicial mostró variabilidad del  $10 \pm 4\%$ <sup>4</sup> con reportes en estudios posteriores de coeficientes de variación menores al 10%,<sup>6,24</sup> diferencias no significativas a través de tres mediciones<sup>25</sup> y coeficiente de correlación intraclass menor a 0.7.<sup>26</sup>

En niños el estudio de la confiabilidad en el mismo día ha mostrado coeficientes de variación de hasta un 11.1%<sup>18</sup> sin diferencias significativas en mediciones efectuadas tres meses después.<sup>27</sup> Los coeficientes de confiabilidad entre mediciones con 15 minutos de diferencia fueron, incluso, de 0.952,<sup>28</sup> pero no se ha estudiado la diferencia entre dos mediciones con semanas de diferencia.

El objetivo del estudio fue evaluar la reproducibilidad de las faringometrías acústicas practicadas en niños y el procedimiento preferido después del ajuste de protocolos de adultos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

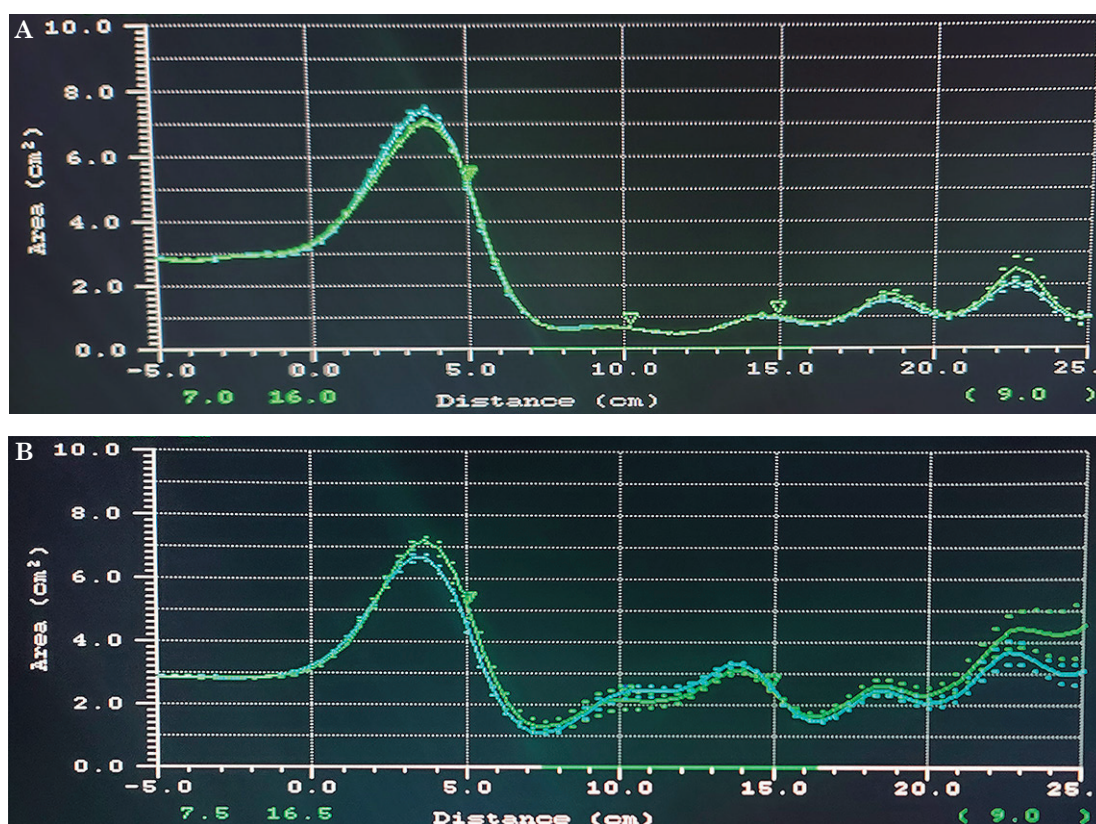
Estudio longitudinal efectuado del 20 de junio al 5 de agosto de 2015 en la Clínica de Sueño del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) en la Ciudad de México, hospital de referencia de las enfermedades respiratorias que atiende, principalmente, a pacientes no asegurados. Se incluyeron sujetos de entre 3 y 14 años, se excluyeron los pacientes con malformaciones craneofaciales, con diagnóstico previo de maloclusión dental, seguimiento incompleto o con infección aguda de la vía aérea superior. Los participantes se reclutaron en su primera evaluación en la consulta externa, de familiares que visitaban a pacientes hospitalizados o de familiares de trabajadores del INER. Al reclutamiento se registraron la fecha de nacimiento, peso y talla.

### Faringometría acústica

Las faringometrías acústicas se efectuaron en todos los sujetos con el Eccovision Acoustic Pharyngometer de Sleep Group Solutions. Ésta es una versión industrial del dispositivo utilizado para la validación del método de dos micrófonos, calibrado para faringometría.<sup>29</sup> El procedimiento siguió las guías establecidas previamente en la institución con base en el trabajo de Kamal.<sup>25</sup> Los participantes fueron interrogados sobre enfermedad faríngea previa o actual y procedimientos quirúrgicos faríngeos previos. El estudio se llevó a cabo en una habitación con temperatura entre 20 y 23 °C, cerrada y libre de cualquier sonido, con el sujeto sentado en una silla con un respaldo alto fijo con la cabeza posicionada sobre el respaldo y los brazos sobre el reposabrazos, viendo un punto fijo al frente. Se cambió el filtro del transmisor y se eligió la opción correspondiente en el menú; se colocó una pieza bucal de plástico en la boca del sujeto, con la lengua bajo la barra horizontal de la pieza, y el borde vertical posicionado justo frente a los dientes. Se colocó el transmisor con la pieza de boca ya colocada, de manera que se mantuviera paralelo al piso y se pidió al sujeto que sellara sus labios alrededor de la pieza para poder adquirir la señal, primero respirando normalmente con la boca y labios posicionados como si estuviera diciendo “ohh”. De la misma forma, se obtuvieron mediciones durante la respiración nasal.

Todas las mediciones las hizo la misma persona (Dra. Portillo Vásquez) y se aceptaron si cumplían con la morfología característica (**Figura 1**), con menos del 10% de diferencia entre las mediciones y sin artefactos. Se usó un collarín cervical en los casos donde no hubo mediciones consistentes, con dos tamaños (2.3 x 10 y 2.7 x 12 pulgadas) disponibles. Los collarines eran de espuma, cubiertos por tela de algodón, y se aseguraron con un cierre de velcro con un diseño en V.

Se reportaron el área de la unión orofaríngea (área transversal mínima en cm<sup>2</sup>), el área faríngea promedio (en cm<sup>2</sup>), la distancia al área transversal mínima (en cm) y el volumen faríngeo estimado como el área bajo la curva entre la unión faríngea y la glotis en cm<sup>3</sup>. La unión orofaríngea se identificó como el fin de la primera curva correspondiente a la cavidad



**Figura 1**

**A.** Curvas obtenidas con la maniobra nasal del protocolo estandarizado. **B.** Curvas obtenidas con la maniobra oral del protocolo estandarizado.

oral en la maniobra oral, y la glotis con el fin de la tercera curva. Se reportaron todas las fuentes de error y se introdujeron cambios en el protocolo para corregirlas.

Se hicieron tres lecturas con la maniobra de respiración oral y tres con la maniobra de respiración nasal. La maniobra de Valsalva, destinada a identificar la glotis, no fue posible para los participantes y, por tanto, las curvas aceptables fueron raras.

Se practicó el procedimiento en tres ocasiones con la misma técnica. La primera después de la firma del consentimiento y asentimiento informado, la segunda el mismo día, dos a tres horas después de la primera, y la tercera siete a diez días posteriores al reclutamiento.

### Aspectos éticos

El estudio siguió la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Investigación y Ética en Investigación institucionales con el registro C23-15. El consentimiento informado fue leído y firmado por padres o tutores, mientras que los niños recibieron un asentimiento informado. El estudio se consideró con riesgo menor al mínimo.

### Tamaño de muestra

Se calculó el tamaño de muestra con base en el coeficiente de correlación intraclase, con un coeficiente esperado de 0.9, tres replicaciones, y un intervalo de confianza con ancho de 0.2, con una muestra mínima de 11 sujetos.

## Análisis estadístico

Todas las variables se analizaron para normalidad con el comando `sktest` de Stata, y se expresaron como medianas y rango intercuartilar o medias y desviación estándar de acuerdo con su distribución. El índice de masa corporal se obtuvo como peso (kg)/talla<sup>2</sup> en metros y la edad como la diferencia entre el día de la primera medición y la fecha de nacimiento. Para cada visita se obtuvo el promedio de las tres mediciones, y para las tres visitas se hizo el análisis con el coeficiente de correlación intraclase con un modelo para mediciones mixtas de dos vías, ANOVA para mediciones repetidas y el coeficiente de variación. Se exploraron los límites de acuerdo entre pares de mediciones. Todos los análisis estadísticos se hicieron con STATA 17 y se consideró significativo un valor *p* menor a 0.05.

## RESULTADOS

Se reclutaron 24 sujetos para el estudio, de los que 14 completaron las tres visitas con ambas técnicas. La edad promedio fue de  $7.9 \pm 3.3$  años, con límites de 3.8 a 13.8; 8 eran hombres. El índice *z* para la altura fue de -0.11 (1.03), peso 0.19 (0.66) y para el índice de masa corporal de 0.76 (1.31); solo un niño tenía desnutrición. Todos, excepto tres, negaron ronquido nocturno. En 4 pacientes no fue posible ejecutar la maniobra oral, por lo que solo se analizó la nasal. Los resultados y análisis de los datos obtenidos de la faringometría acústica se muestran en el **Cuadro 1**.

Se observó ocasionalmente movimiento de la cabeza, sobre todo en los menores de 6 años, con mejoría considerable con el uso de collarín cervical. Otras dificultades observadas fueron: impaciencia de los sujetos, periodo largo para la obtención de curvas aceptables, problemas para producir el fonema /o/ o respiración estable. La pieza de boca fue muy grande para la boca de algunos niños, por lo que se ajustó el tamaño para facilitar el estudio. El posicionamiento del transmisor al utilizar el protocolo original fue problemático, por lo que tuvo que cambiarse para colocar el transmisor unido con la pieza de boca desde el inicio.

## DISCUSIÓN

La reflectometría acústica es una técnica que permite la medición no invasiva de la distancia y áreas seccionales de la faringe. Se ha utilizado, principalmente, para investigación en síndrome de apnea obstructiva del sueño, para su diagnóstico y tratamiento, y se han descrito valores normales y análisis de su relación con edad y estatura para el área transversal mínima orofaríngea.<sup>10</sup>

En este estudio se analizó la reproducibilidad de la faringometría acústica con un protocolo de adulto modificado<sup>25</sup> en niños de 3 a 13 años, en el que todos los sujetos mostraron óptima cooperación con la técnica y buena comprensión de las instrucciones, excepto para la realización de la maniobra de Valsalva. Además, la mayoría de los sujetos aceptaron la pieza de boca sin dificultad; comprendieron su colocación después de una demostración breve y la reproducibilidad fue excelente, es especial para la maniobra de respiración nasal.

### Valoración de la reproducibilidad

Hubo diferencias esenciales en la reproducibilidad a través de todas las maniobras. La maniobra nasal tuvo un coeficiente de correlación intraclase menor, un valor *p* mayor en ANOVA y coeficiente de variación mayor en el análisis de las mediciones repetidas en comparación con la maniobra oral, para la que todos los análisis exhibieron reproducibilidad de alta a perfecta; la menor fue la distancia de los dientes al área mínima transversal. La maniobra nasal

Cuadro 1. Hallazgos de las mediciones repetidas con el faringómetro acústico

|                                            | Primera medición    | Segunda medición (2-4 horas) | Tercera medición (8-10 días) | Coefficiente de correlación intraclass | p*      | ANOVA p | Coefficiente de variación |
|--------------------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------------------------|
| <b>Maniobra nasal</b>                      |                     |                              |                              |                                        |         |         |                           |
| Volumen (cm <sup>3</sup> )                 | 6.6 (5.8 - 7.35)    | 6.3 (5.6 - 6.7)              | 6.2 (5.3 - 6.9)              | 0.64 (0.4 - 0.82)                      | < 0.001 | 0.58    | 0.08                      |
| Área promedio (cm <sup>2</sup> )           | 0.7 (0.7 - 0.8)     | 0.7 (0.7 - 0.8)              | 0.7 (0.6 - 0.7)              | 0.64 (0.41 - 0.82)                     | < 0.001 | 0.59    | 0.08                      |
| Área mínima transversal (cm <sup>2</sup> ) | 0.5 (0.4 - 0.6)     | 0.5 (0.4 - 0.6)              | 0.5 (0.4 - 0.56)             | 0.76 (0.58 - 0.89)                     | < 0.001 | 0.59    | 0.12                      |
| Distancia al área mínima transversal (cm)  | 11.26 (9.6 - 12.0)  | 11.0 (10.0 - 11.9)           | 11.3 (10.2 - 11.9)           | 0.33 (0.06 - 0.62)                     | 0.008   | 0.94    | 0.1                       |
| <b>Maniobra oral</b>                       |                     |                              |                              |                                        |         |         |                           |
| Volumen (cm <sup>3</sup> )                 | 16.2 (12.6 - 19.97) | 16.5 (14.93 - 19.6)          | 16.7 (13.96 - 22.1)          | 0.94 (0.86 - 0.98)                     | < 0.001 | 0.22    | 0.1                       |
| Área promedio (cm <sup>2</sup> )           | 1.8 (1.4 - 2.4)     | 1.9 (1.6 - 2.2)              | 1.9 (1.5 - 2.5)              | 0.93 (0.83 - 0.97)                     | < 0.001 | 0.22    | 0.09                      |
| Área mínima transversal (cm <sup>2</sup> ) | 1.3 (1.1 - 1.5)     | 1.3 (1.8 - 1.6)              | 1.3 (1.1 - 1.8)              | 0.87 (0.72 - 0.95)                     | < 0.001 | 0.41    | 0.17                      |
| Distancia al área mínima transversal (cm)  | 11.2 (7.9 - 13)     | 11.3 (8.0 - 13.2)            | 10.3 (8.9 - 12.6)            | 0.75 (0.5 - 0.9)                       | < 0.001 | 0.49    | 0.09                      |

mueve el paladar blando hacia el anterior en un paciente sentado, lo que reduce las áreas y volumen faríngeos. Es útil para encontrar el sitio de unión en la orofaringe, pero menos para detectar las anormalidades o cambios en la longitud de la vía aérea, por ello, el que haya sido la menos reproducible no repercute en el uso futuro del procedimiento.

Varios estudios han analizado la reproducibilidad de la faringometría acústica. El primero, efectuado por Brooks en 1984,<sup>4</sup> mostró un coeficiente de variación promedio de  $0.09 \pm 0.04$  en 10 adultos hombres, cifra mayor a la de este estudio, lo que es esperable por ser el equipo más difícil de utilizar e incluir mayor cantidad de mediciones. El mismo autor, en 1989,<sup>24</sup> reportó reproducibilidad con diferentes piezas de boca y las mediciones más reproducibles fueron el área faríngea promedio, el área máxima y el volumen faríngeo. La medición más reproducible fue el área faríngea media, con un coeficiente de variación mayor al de este estudio, explicable por las mismas razones.

El estudio por Marshall<sup>6</sup> de 1992 reportó resultados similares. En 2004, al utilizar el mismo equipo que en este estudio, Kamal<sup>25</sup> encontró un coeficiente de variación de 0.08 para el área faríngea media, similar a los resultados de este estudio sin diferencias significativas entre mediciones. El volumen faríngeo fue consistente en dos mediciones hechas con una semana de diferencia en 10 mujeres<sup>26</sup> con un coeficiente de correlación intraclase CCI de 0.78 (IC95% 0.113 a 0.945), ligeramente menor que el obtenido en este estudio.

En niños la implementación inicial en 2002<sup>18</sup> reportó un coeficiente de variación de 0.08 para el área faríngea media y de 0.11 para el área faríngea mínima y se propuso el uso de piezas de boca modificadas, que mejoraron sus resultados y reproducibilidad, pero con buenas mediciones en solo el 60% de la muestra.

Al contrario, Hatzakis,<sup>27</sup> en 2003, reportó falta de diferencia estadísticamente significativa al comparar mediciones después de tres meses, y Hansen<sup>28</sup> obtuvo buena repetibilidad después de 15 minutos en la faringometría y la rinometría acústicas con los sujetos colocados frente a un espejo, instruidos a ver sus ojos en el espejo durante la medición. Su análisis con la fórmula de Dahlberg para el error de medición y el coeficiente de confiabilidad mostró buena y muy buena reproducibilidad. Este estudio incluyó más mediciones a través del tiempo y con una muestra de edad más diversa.

En general, estudiar niños produce resultados menos confiables que en adultos. Sin embargo, un procedimiento estandarizado, como se describe en este estudio, y al utilizar la media de las tres mediciones para comparación, puede incrementar la reproducibilidad. De igual manera, la prueba de repetibilidad a lo largo de un periodo mayor es fundamental para la utilización futura de la faringometría, debido a que ahora el cambio con el tratamiento puede considerarse válido y no parte de la variación normal encontrada en el estudio.

### Fuentes de error

Se han descrito las fuentes comunes de error en la faringometría acústica.<sup>25</sup> El posicionamiento del sujeto es decisivo: debe permanecer tan quieto como sea posible, con el cuello recto, la cabeza en posición neutral, ayudada por fijar la vista en un punto, y el uso de collarín cervical en casos necesarios. El patrón respiratorio se estabiliza después de unos minutos y fue la fuente más desafiante de controlar al impacientarse el sujeto. El transmisor y la pieza de boca adecuadamente ajustados, con la lengua y paladar blando (pensando en el fonema /o/ sin decirlo) en posiciones correctas son de importancia principal. Utilizar una pieza de boca del

tamaño estándar (adulto) resultó inadecuado en niños pequeños y cambiar a una pieza más pequeña produjo resultados mucho mejores. El operador debe posicionar el transmisor porque ni el niño ni otro adulto responsable pueden mantener el ángulo necesario para obtener una medición correcta. Esto puede ser difícil debido a la necesidad de operar la señal y revisar la calidad de las curvas; por ello, se recomienda un equipo de dos personas para practicar faringometría acústica en niños. Además, encajar el transmisor a una pieza de boca colocada en la cavidad oral puede molestar al niño, lo que causa impaciencia, menor colaboración y curvas inadecuadas. Aunque posicionar la pieza de boca cuando ya está encajada en el transmisor puede ser complicado, y es más difícil asegurar su posición correcta, esto permitió una mejor colaboración y fue más fácil para el sujeto. La elevación del paladar blando lograda por el fonema /o/ puede ser arduo, especialmente en niños menores de seis años, pero una explicación correcta y la práctica antes de la prueba son útiles para lograrlo.

## Limitantes

Se obtuvo la tercera medición una semana posterior a las dos previas en solo 12 sujetos, aunque la cantidad total de participantes con las 3 mediciones fue mayor que el tamaño de muestra calculado y el reportado en estudios previos.<sup>26</sup> Mantener a un solo evaluador aseguró el mejor desempeño posible y permitió la observación de todas las fuentes de error y su corrección durante el estudio, aunque se espera que en el día a día participen varios observadores. La tecnología usada en la investigación aún es la misma y, por lo tanto, válida. Durante el estudio se buscó corroborar los resultados descritos en el protocolo de adultos y las posibles fuentes de error, por lo que la evaluación del cambio con el tratamiento no se consideró necesaria.

## CONCLUSIONES

La faringometría acústica, una prueba no invasiva efectuada de acuerdo con un protocolo estandarizado, produce mediciones reproducibles en pacientes pediátricos en el área mínima transversal, área faríngea media, volumen faríngeo y la distancia al área mínima transversal y produce información que puede ser clínicamente relevante.

## REFERENCIAS

1. Kamal I. Acoustic pharyngometry patterns of snoring and obstructive sleep apnea patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004; 130: 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2003.08.008>
2. Gelardi M, Del Giudice AM, Cariti F, Cassano M, et al. Acoustic pharyngometry: Clinical and instrumental correlations in sleep disorders. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2007; 73 (2): 257-65.
3. Fredberg JJ, Wohl ME, Glass GM, Dorkin HL. Airway area by acoustic reflections measured at the mouth. *J Appl Physiol* 1980; 48 (5): 749-58. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.5.749>
4. Brooks LJ, Castile RG, Glass GM, Griscom NT, et al. Reproducibility and accuracy of airway area by acoustic reflection. *J Appl Physiol* 1984; 57 (3): 777-87. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.3.777>
5. Louis B, Glass G, Kresen B, Fredberg J. Airway area by acoustic reflection: The two-microphone method. *J Biomech Eng* 1993; 115 (3): 278-85. <https://doi.org/10.1115/1.2895487>
6. Marshall I, Maran NJ, Martin S, Jan M, et al. Acoustic reflectometry for airway measurements in man: implementation and validation. *Physiol Meas* 1993; 14: 157-69. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/14/2/007>
7. Tsolakis IA, Venkat D, Hans MG, Alonso A, Palomo JM. When static meets dynamic: Comparing cone-beam computed tomography and acoustic reflection for upper airway analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2016; 150 (4): 643-50. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.03.024>
8. Thakur VK, Londhe SM, Kumar P, Sharma M, et al. Evaluation and quantification of airway changes in Class II division 1 patients undergoing myofunctional therapy using twin block appliance. *Med J Armed Forces India* 2021; 77 (1): 28-31. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.01.00>
9. Kamal I. Normal standard curve for acoustic pharyngometry. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001; 124 (3): 323-30. <https://doi.org/10.1067/mhn.2001.113136>

10. Leboulanger N, Louis B, Fodil R, Boelle PY, et al. Analysis of the pharynx and the trachea by the acoustic reflection method in children: A pilot study. *Respir Physiol Neurobiol* 2011; 175 (2): 228-33. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2010.11.008>
11. Bradley TD, Brown IG, Grossman RF, Zamel N, et al. Pharyngeal size in snorers, nonsnorers, and patients with obstructive sleep apnea. *N Engl J Med* 1986; 315 (21): 1327-31. <https://doi.org/10.1056/NEJM198611203152105>
12. Corda L, Redolfi S, Taranto Montemurro L, Piana GE, et al. Short- and long-term effects of CPAP on upper airway anatomy and collapsibility in OSAH. *Sleep Breath* 2009; 13 (2): 187-93. <https://doi.org/10.1007/s11325-008-0219-1>
13. Sahoo NK, Agarwal SS, Datana S, Bhandari SK. Effect of mandibular advancement surgery on tongue length and height and its correlation with upper airway dimensions. *J Maxillofac Oral Surg* 2020; 19 (4): 624-9. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01375-2>
14. Masiyev H, Katar O, Süslü AE, Atay G, Özer S. The utility of acoustic pharyngometry in treatment of obstructive sleep apnea patients with expansion sphincter pharyngoplasty surgery. *Sleep Breath* 2022; 26 (4). <https://doi.org/10.1007/S11325-021-02554-2>
15. Agarwal SS, Datana S, Roy ID, Andhare P. Effectiveness of titratable oral appliance in management of moderate to severe obstructive sleep apnea—A prospective clinical study with acoustic pharyngometry. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2022; 74 (3): 409-15. <https://doi.org/10.1007/s12070-021-02976->
16. Opsahl UL, Berge M, Lehmann S, Bjorvatn B, et al. Acoustic pharyngometry - A new method to facilitate oral appliance therapy. *J Oral Rehabil* 2021; 48 (5): 601-13. <https://doi.org/10.1111/joor.13134>
17. Zhao Y, Li X, Ma J. Combined application of pharyngeal volume and minimal cross-sectional area may be helpful in screening persons suspected of obstructive sleep apnea (OSA). *Sleep Breath* 2022; 26 (1): 243-50. <https://doi.org/10.1007/s11325-021-02358-4>
18. Monahan KJ, Larkin EK, Rosen CL, Graham G, Redline S. Utility of noninvasive pharyngometry in epidemiologic studies of childhood sleep-disordered breathing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165 (11): 1499-503. <https://doi.org/10.1164/rccm.200111-061OC>
19. Bokov P, Essalhi M, Medjahdi N, Boureghda S, et al. The utility of acoustic pharyngometry and rhinometry in pediatric obstructive sleep apnea syndrome. *Sleep Med* 2019; 58: 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2019.03.003>
20. Francesco RC Di, Kreibich MS. Is the difference in the volume of the pharyngeal space, as measured by acoustic pharyngometry, before and after tonsillectomy proportional to the volume of the excised tonsils? *Clin (Sao Paulo)* 2016; 71 (5): 285-90. [https://doi.org/10.6061/clinics/2016\(05\)08](https://doi.org/10.6061/clinics/2016(05)08)
21. Al Ali A, Bois E, Boujemla I, Teissier N, et al. Evaluation of tonsillotomy effects on pharyngeal volume and compliance in children. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)* 2020; 162 (2): 230-3. <https://doi.org/10.1177/0194599819889912>
22. Agarwal SS, Datana S, Sahoo NK, Bhandari SK. Evaluation of airway dimensions following mandibular setback with surgery-first orthognathic versus conventional orthognathic approach. *J Maxillofac Oral Surg* 2021; 20 (2): 296-303. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01379-y>
23. Leboulanger N, Louis B, Vialle R, Heron B, Fauroux B. Analysis of the upper airway by the acoustic reflection method in children with mucopolysaccharidosis. *Pediatr Pulmonol* 2011; 46 (6): 587-94. doi: 10.1002/ppul.21409
24. Brooks LJ, Byard PJ, Fouke JM, Strohl KP. Reproducibility of measurements of upper airway area by acoustic reflection. *J Appl Physiol* 1989; 66 (6): 2901-5. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.66.6.2901>
25. Kamal I. Test-retest validity of acoustic pharyngometry measurements. *Otolaryngol-Head Neck Surg* 2004; 130 (2): 223-8. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2003.08.024>
26. Molfenter SM. The reliability of oral and pharyngeal dimensions captured with acoustic pharyngometry. *Dysphagia* 2016; 31 (4): 555-9. <https://doi.org/10.1007/s00455-016-9713>
27. Hatzakis GE, Karsan N, Cook J, Schloss M, Davis GM. Acoustic reflectance of pharyngeal structures in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2003; 67 (4): 373-81. [https://doi.org/10.1016/s0165-5876\(02\)00404-4](https://doi.org/10.1016/s0165-5876(02)00404-4)
28. Hansen C, Sonnesen L. Reliability of acoustic pharyngometry and rhinometry examination in children and adolescents. *J Oral Maxillofac Res* 2022; 13 (3): 1-8. <https://doi.org/10.5037/jomr.2022.13304>
29. Leboulanger N, Louis B, Fauroux B. The acoustic reflection method for the assessment of paediatric upper airways. *Paediatr Respir Rev* 2014; 15 (1): 38-41. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2013.04.001>