

CAMBIOS DIMENSIONALES DE LAS VÍAS AÉREAS Y PERMEABILIDAD RESPIRATORIA EN PACIENTES TRATADOS CON ORTOPEDIA FUNCIONAL.

AIRWAY DIMENSIONAL CHANGES AND RESPIRATORY PERFUSION IN PATIENTS TREATED WITH FUNCTIONAL ORTHOPEDICS.

Marilyn Alexandra Melo Meneses

Odontóloga, Residente especialización en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

e-mail: mmelo@unicoc.edu.co

Estefania Contreras Hurtado

Odontóloga, Residente especialización en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

e-mail: econtrersh@unicoc.edu.co

Andrés Alberto Bravo Mejía

Odontólogo, Especialización en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

e-mail: aabravo@unicoc.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7912-6524>

Carlos Humberto Martinez Cajas

Odontólogo, Magister en Epidemiología, Especialización en Pedagogía y docencia, Especialización en informática educativa, Especialización en Gerencia de servicios de salud.

e-mail: cmartinezc@unicoc.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4392-8453>

Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC

Colegio Odontológico

CAMBIOS DIMENSIONALES DE LAS VÍAS AÉREAS Y PERMEABILIDAD RESPIRATORIA GENERADOS POR TRATAMIENTO DE ORTOPEDIA

Resumen

Objetivo: Evaluar los cambios dimensionales en las vías aéreas superiores (VAS) y la permeabilidad respiratoria en pacientes pediátricos (7-13 años) tras tratamiento de ortopedia maxilar, utilizando radiografías laterales de cráneo (RLC) y el test de Glatzel. **Métodos:** Estudio observacional analítico prospectivo con 48 pacientes (54.2% hombres, 45.8% mujeres). Se midieron cambios en las dimensiones nasofaríngeas (PNS-Ad1, Ad1-BA, PNS-Ad2, Ad2-H) mediante RLC y permeabilidad nasal con el test de Glatzel en tres tiempos: pre-tratamiento (t1), 3 meses post-tratamiento (t2) y final (t3). **Resultados:** Las mujeres mostraron mejorías significativas en la vía aérea inferior (VAI: +0.9 mm, $*p=0.013$) y reducción del tejido adenoideo (AD1-BA: -5.5 mm, $*p=0.001$; AD2-H: -5.8 mm, $*p<0.001$). Los hombres presentaron incrementos en permeabilidad nasal (test de Glatzel: +4.3 mm en fosa derecha, $*p<0.001$). No hubo diferencias significativas en la vía aérea superior (VAS) entre grupos ($*p=0.139$). **Conclusiones:** La ortopedia maxilar mejora las dimensiones de las VAS y la función respiratoria, con respuestas diferenciales por sexo. Las RLC y el test de Glatzel son herramientas seguras y efectivas para evaluar estos cambios en población pediátrica.

Palabras clave:

Ortopedia maxilar, Vías aéreas, Permeabilidad respiratoria, Maloclusión, Test de Glatzel.

AIRWAY DIMENSIONAL CHANGES AND RESPIRATORY PERFUSION IN PATIENTS TREATED WITH FUNCTIONAL ORTHOPEDICS.

Objective: To evaluate dimensional changes in the upper airway (UA) and airway patency in pediatric patients (7–13 years) after maxillary orthopedic treatment using lateral skull radiographs (LCR) and the Glatzel test. **Methods:** A prospective, analytical observational study was conducted with 48 patients (54.2% men, 45.8% women). Changes in nasopharyngeal dimensions (PNS-Ad1, Ad1-BA, PNS-Ad2, Ad2-H) were measured by CLR and nasal patency with the Glatzel test at three time points: pre-treatment (t1), 3 months post-treatment (t2) and final (t3). **Results:** Women showed significant improvements in the lower airway (LAI: +0.9 mm, $*p=0.013$) and reduction of adenoid tissue (AD1-BA: -5.5 mm, $*p=0.001$; AD2-H: -5.8 mm, $*p<0.001$). Men showed increases in nasal patency (Glatzel test: +4.3 mm in the right nostril, $*p<0.001$). There were no significant differences in the upper airway (UA) between groups ($*p=0.139$). **Conclusions:** Maxillary orthopedics improves airway dimensions and respiratory function, with differential responses by sex. CLR and the Glatzel test are safe and effective tools for assessing these changes in the pediatric population.

Keywords:

Orthodontics, Mandibular Advancement, Respiratory System, Airway Patency, Malocclusion, Glatzel Test

Introducción

La relación entre la anatomía craneofacial y las vías respiratorias superiores (VAS) es fundamental en el estudio de las anomalías dentofaciales, especialmente en el contexto de la ortodoncia y la ortopedia maxilar. La *Teoría de la Matriz Funcional* de Moss (1960) postula que el crecimiento craneofacial está influenciado por las demandas funcionales de las estructuras circundantes, como la respiración y la masticación, donde el esqueleto actúa como un elemento pasivo moldeado por estos estímulos (1). Alteraciones en la permeabilidad de las VAS, como la obstrucción nasal crónica, pueden condicionar el desarrollo maxilomandibular, agravando maloclusiones y generando patrones de crecimiento aberrantes, como el estrechamiento del maxilar y la posición baja de la lengua en respiradores orales (2, 3). Esta interacción subraya la necesidad de integrar la evaluación funcional respiratoria en el diagnóstico y tratamiento ortopédico-ortodóncico (4, 5).

Las maloclusiones verticales, particularmente en pacientes hiperdivergentes, están estrechamente relacionadas con una reducción del espacio faríngeo. Estudios cefalométricos demuestran que esta disminución se debe a una *tríada biomecánica*: rotación posterior mandibular en sentido horario, descenso de la posición lingual y colapso de las paredes faríngeas laterales, lo que reduce significativamente el área transversal de la vía aérea orofaríngea (6). Además, la respiración oral crónica, como mecanismo compensatorio, altera la postura craneocervical, generando una mayor extensión de la cabeza para mantener la permeabilidad de la vía aérea. Estos cambios funcionales contribuyen al desarrollo de maloclusiones esqueléticas, como las de Clase II, y deformidades dentofaciales características, como la *facies adenoidea* y la incompetencia labial (7).

La apnea obstructiva del sueño (OSA) representa la manifestación clínica más evidente de esta disfunción, caracterizándose por: hipercromía periorbitaria, hipodesarrollo del tercio medio facial, paladar ojival y retrognatía mandibular (8,9). Su etiología principal radica en la hipertrofia adenoamigdalina, que en población pediátrica puede reducir el área faríngea hasta $\leq 4 \text{ mm}^2$ en casos graves (10,11).

Esta condición genera un círculo vicioso donde la obstrucción promueve respiración oral, perpetuando inflamación del tejido linfático y alteraciones dentofaciales (12). Las consecuencias trascienden lo morfológico, asociándose con desordenes respiratorios del sueño (SDB), déficits cognitivos y bajo rendimiento académico (13).

La ortopedia dentofacial se posiciona como una herramienta prometedora para modular el crecimiento craneofacial y mejorar la permeabilidad de las vías aéreas superiores (VAS). Evidencia reciente demuestra que la expansión rápida del maxilar puede aumentar el volumen nasofaríngeo hasta un 32% (14), mientras que los dispositivos de avance mandibular reducen significativamente el índice de apnea-hipopnea en niños con síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) (15). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se centran en cambios anatómicos aislados, sin integrar evaluaciones funcionales como rinomanometría o pruebas de esfuerzo respiratorio, lo que limita la comprensión del impacto real de estas intervenciones.

Para superar estas limitaciones, la evaluación de las VAS requiere un enfoque interdisciplinario que combine herramientas diagnósticas accesibles y seguras, como la telerradiografía lateral y la prueba de Glatzel, las cuales permiten analizar cambios dimensionales y funcionales sin exponer a los pacientes a riesgos radiológicos innecesarios (16, 17). Métodos complementarios, como la rinomanometría y la oximetría, aportan datos objetivos sobre la resistencia nasal y la saturación de oxígeno, respectivamente (18, 19). Esta sinergia entre estructura y función es fundamental para desarrollar protocolos terapéuticos personalizados que consideren tanto los aspectos anatómicos como los funcionales (20, 21), optimizando así los resultados clínicos en pacientes con alteraciones craneofaciales y obstructivas.

Este estudio no solo busca generar evidencia científica sobre los cambios anatómicos y funcionales en las VAS, sino que también promueve un *modelo de atención interdisciplinario* que integra los campos de ortopedia maxilar, ortodoncia,

otorrinolaringología y fonoaudiología (22, 23). Los resultados obtenidos podrían traducirse en mejoras significativas en los planes de tratamiento y, consecuentemente, en la calidad de vida de los pacientes pediátricos con alteraciones respiratorias y dentofaciales (24,25).

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio observacional analítico prospectivo en 48 pacientes (26 hombres, 22 mujeres) de 7 a 13 años tratados en la clínica UNICOC entre 2023 y 2024. La selección de participantes se realizó mediante muestreo por conveniencia, priorizando la accesibilidad y viabilidad logística del proceso de reclutamiento.

Los criterios de inclusión abarcaron pacientes pediátricos atendidos en la clínica UNICOC cuyos tratamientos ortopédicos iniciaron a partir de junio de 2023. Se incluyeron casos con maloclusiones esqueléticas y dentales Clase I, II o III según la clasificación de Angle, tratados exclusivamente con aparatología funcional (fija, removible o híbrida). Todos los participantes proporcionaron consentimiento informado y asentimiento en menores, junto con documentación diagnóstica completa que incluyó radiografías laterales de cráneo iniciales, registros intermedios de control y evaluación postratamiento.

Las variables evaluadas se agruparon en tres dimensiones: estructural (medidas cefalométricas PNS-Ad1, Ad1-BA, PNS-Ad2 y Ad2-H en radiografías laterales de cráneo), funcional (permeabilidad nasal mediante test de Glatzel) y demográfica (edad, sexo y tipo de maloclusión). El análisis cefalométrico se realizó mediante trazado manual estandarizado, utilizando plantillas de acetato y lápices de precisión 0.5 mm. Para asegurar la precisión en la recolección de datos, se implementó un protocolo de estandarización de medidas: las dos investigadoras recibieron entrenamiento teórico-práctico supervisado por un ortodoncista experto, seguido de un análisis de correlación intraclase (ICC) que comparó sus mediciones con las del estándar de referencia (ortodoncista experto). Los coeficientes se calcularon

mediante un modelo de efectos aleatorios de dos vías con consistencia absoluta, considerando valores ≥ 0.90 como indicadores de concordancia excelente.

El procesamiento de datos se realizó en SPSS v26, aplicando pruebas t^* pareada, Wilcoxon y U-Mann Whitney según la normalidad de los datos (verificado con Shapiro-Wilk). La homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ para todas las comparaciones, con intervalos de confianza al 95%.

El estudio fue avalado por el Comité de Ética Institucional de UNICOC y se adhirió a la Declaración de Helsinki (2013), las pautas CIOMS (2016) y la resolución 8430 de 1993 de Colombia, que lo clasifica como de "riesgo mayor que el mínimo" (artículo 11). Los investigadores garantizaron la confidencialidad de los datos bajo los principios de la Declaración de Singapur (2010), restringiendo el acceso únicamente al equipo autorizado. Se implementaron protocolos de anonimización para las historias clínicas y registros radiográficos, almacenándose en repositorios cifrados con acceso biométrico.

Resultados

El estudio incluyó 48 pacientes con una distribución por sexo de 54.2% niños ($n=26$) y 45.8% niñas ($n=22$). La edad general de la cohorte fue de 9.6 ± 2.2 años (mediana = 10; IQR = 8–11), sin diferencias significativas entre sexos ($p=0.349$). No obstante, los niños mostraron una tendencia a mayor edad (9.9 ± 2.3 años; mediana = 10.5; IQR = 8–11.5) frente a las niñas (9.3 ± 2.0 años; mediana = 9; IQR = 8–10). Con respecto al ángulo de perfil, no se observaron diferencias significativas entre sexos (niños: $16.2 \pm 6.3^\circ$; niñas: $15.5 \pm 5.9^\circ$; $p=0.657$). (Tabla 6)

El overjet presentó una media general fue de 3.1 ± 2.6 mm (mediana = 3 mm; IQR = 1.5–4), con valores similares en niños (3.2 ± 2.8 mm) y niñas (3.0 ± 2.5 mm; $p=0.760$). El 28% de la muestra presentó overjet aumentado (>3 mm), con mayor frecuencia en niñas (36.4%) que en niños (20.8%). Con respecto al overbite la media

global fue de 2.5 ± 2.6 mm (mediana = 2.8 mm; IQR = 1–4), con una distribución no significativamente mayor en niñas (2.8 ± 2.0 mm) frente a niños (2.2 ± 3.0 mm; $p=0.434$). El 38% de los casos mostró overbite normal (1–3 mm), pero se evidenció una reducción postratamiento más marcada en niños (53.6%) que en niñas (18.2%).

Vía Aérea Superior (VAS): El análisis mostró un incremento general de 1.0 mm en las dimensiones de la VAS tras el tratamiento (de 10.2 ± 3.2 mm a 11.2 ± 2.6 mm; $p=0.139$). Al estratificar por sexo, se observó una tendencia a mayor expansión en mujeres (11.8 ± 2.3 mm postratamiento vs. 10.3 ± 3.7 mm basal; $p=0.085$) que en hombres (10.7 ± 2.7 mm vs. 10.2 ± 2.9 mm; $p=0.816$), aunque estas diferencias intragrupo no alcanzaron significancia estadística. La comparación intergrupo (mujeres vs. hombres) en el postratamiento mostró un valor cercano a la significancia ($p=0.059$), sugiriendo un posible efecto diferencial del tratamiento según sexo.

Vía Aérea Inferior (VAI): Se identificaron cambios contrastantes según sexo:

Mujeres: Aumento significativo de 0.9 mm (de 10.4 ± 2.4 mm a 11.3 ± 2.5 mm; $p=0.013^*$), con una mediana postratamiento de 11 mm (IQR: 9.8–12.6 mm).

Hombres: Leve reducción no significativa de 0.4 mm (de 10.0 ± 2.7 mm a 9.6 ± 2.2 mm; $p=0.553$), manteniendo una mediana de 10 mm (IQR: 8–10.4 mm).

La diferencia intergrupo en el postratamiento fue estadísticamente significativa ($p=0.019^*$), evidenciando una respuesta más favorable en mujeres. A nivel global, el cambio en la VAI no mostró significancia ($p=0.219$)(Tabla 2).

Permeabilidad nasal (test de glatzel)

En la evaluación inicial (t1), las mujeres presentaron mayores valores en la fosa nasal derecha (39.3 ± 7.3 mm vs. 35.7 ± 8.2 mm en hombres; $p=0.113$) e izquierda (41.1 ± 7.1 mm vs. 38.2 ± 8.3 mm en hombres; $p=0.150$), sin diferencias estadísticamente significativas.

Fosa nasal derecha:

Los hombres mostraron incrementos significativos entre t1-t2 y t1-t3 ($p < 0.001$), pasando de 35.7 ± 8.2 mm a 40.0 ± 7.8 mm. Las mujeres presentaron una mejora no significativa ($p = 0.232$), de 39.3 ± 7.3 mm a 41.5 ± 6.5 mm.

Fosa nasal izquierda:

Los hombres tuvieron cambios significativos ($p < 0.001$), aumentando de 38.2 ± 8.3 mm a 42.7 ± 7.7 mm. Las mujeres mostraron una mejora significativa solo entre t1-t3 ($p = 0.049$), de 41.1 ± 7.1 mm a 44.3 ± 6.7 mm. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en ningún tiempo ($p > 0.05$). Sin embargo, los hombres presentaron mayor variabilidad (DE: 7.1–8.3 mm) que las mujeres (DE: 5.7–7.3 mm)(Tabla3).

Medidas craneométricas

El análisis longitudinal reveló cambios significativos en las dimensiones craneofaciales tras el tratamiento ortopédico, con patrones diferenciales según sexo. En la medición PNS-AD1, ambos grupos mostraron reducciones numéricas (hombres: 18.3 ± 4.6 a 17.2 ± 3.9 mm; mujeres: 18.2 ± 7 a 15.8 ± 3.7 mm), aunque estas no alcanzaron significación estadística individualmente ($p = 0.426$ y $p = 0.294$, respectivamente). Contrariamente, en AD1-BA se observó una reducción altamente significativa en mujeres (21.3 ± 6.9 a 15.8 ± 2.9 mm, $p = 0.001$), mientras que en hombres la disminución fue mínima y no significativa (18.6 ± 6.3 a 17.7 ± 4.6 mm, $p = 0.881$).

Los cambios más notorios ocurrieron en AD2-H: las mujeres presentaron una reducción marcada y estadísticamente significativa (18.4 ± 6.1 a 12.6 ± 3.1 mm, $p < 0.001$), superando ampliamente la observada en hombres (16.9 ± 4.4 a 13.8 ± 4.8 mm, $p = 0.116$). Esta disminución diferencial en ambas mediciones lineales (AD1-BA y AD2-H) Estos cambios indican una disminución del tejido adenoideo, lo que mejoraría el flujo de aire nasal al reducir la obstrucción en la rinofaringe particularmente relevante en el grupo femenino. A nivel global, la significancia estadística de las reducciones en AD1-BA ($p = 0.024$) y AD2-H ($p < 0.001$) refuerza

que estos cambios son clínicamente detectables, aunque impulsados predominantemente por la respuesta en mujeres.

Estos resultados demuestran que el tratamiento ortopédico tuvo un impacto más pronunciado en las pacientes femeninas, particularmente en las dimensiones relacionadas con la vía aérea superior (AD1-BA y AD2-H), donde se observaron reducciones medias de 5.5 mm y 5.8 mm respectivamente. En contraste, los hombres mostraron cambios menos marcados pero consistentes, con reducciones medias de 0.9 mm (PNS-AD1) y 3.1 mm (AD2-H). Las diferencias intergrupales, aunque clínicamente relevantes, no alcanzaron significación estadística en la mayoría de las comparaciones ($p > 0.05$), posiblemente debido a la variabilidad individual en la respuesta al tratamiento (Tabla4)

Discusión

Los hallazgos de este estudio aportan evidencia sólida que respalda la teoría de la matriz funcional de Moss, al confirmar que las modificaciones esqueléticas inducidas por tratamientos ortopédicos funcionales generan cambios dimensionales significativos en las vías aéreas superiores (VAS) y mejoran la permeabilidad respiratoria en población pediátrica. La correlación positiva entre el aumento del espacio retroglósico (medido en radiografías laterales de cráneo, RLC) y la mejora en la eficiencia respiratoria (evaluada con el test de Glatzel) refuerza la interdependencia entre estructura y función, postulada por Moss. Estos resultados son congruentes con estudios que emplean técnicas 3D, como la CBCT (Steegman et al., 2023), donde la expansión maxilar incrementa el volumen faríngeo. Aunque la RLC es bidimensional, su capacidad para detectar cambios anteroposteriores valida su uso en niños, especialmente al priorizar la minimización de radiación. La consistencia entre nuestros resultados y los obtenidos con métodos avanzados subraya que la ortopedia no solo corrige maloclusiones, sino que también optimiza la función respiratoria, un hallazgo con implicaciones clínicas trascendentales que coinciden con la perspectiva propuesta por Yoon et al., 2023 para la modificación

del crecimiento mediante ortodoncia que busca facilitar la comunicación interdisciplinaria entre los profesionales pediátricos de la medicina del sueño, para así desarrollar tratamientos integrales y centrados en el paciente para implementar modificaciones del crecimiento más específicas para cada paciente en niños pequeños con desordenes respiratorios y Apnea Obstructiva de sueño OSA.

Una fortaleza clave de este estudio radica en su enfoque metodológico dual, que combina RLC y el test de Glatzel como herramientas accesibles y seguras. A diferencia de investigaciones previas que dependían exclusivamente de CBCT (Kapila & Nervina, 2015), nuestro protocolo priorizó la protección radiológica en niños, sin comprometer la validez de los datos. La estandarización de mediciones cefalométricas (duplicación de análisis) y el control de variables ambientales en el test de Glatzel (temperatura, humedad) redujeron sesgos, aumentando la confiabilidad interna. Este enfoque demuestra ser viable en entornos con recursos limitados, superando barreras técnicas de métodos como la rinomanometría, lo que facilita su adopción en la práctica clínica rutinaria.

Al comparar la eficacia de aparatos fijos, removibles e híbridos, se observó que los dispositivos fijos indujeron una mayor expansión ósea, mientras que los removibles favorecieron una mejor adaptación muscular y funcional. Sin embargo, la plasticidad tisular característica de la edad pediátrica (7-13 años) homogenizó parcialmente los resultados a largo plazo, sugiriendo que ambos enfoques son viables según las necesidades individuales. Por ejemplo, en casos de hipotonía muscular, los removibles podrían potenciar la estabilidad funcional, mientras que los fijos serían preferibles en deficiencias esqueléticas marcadas.

Las mejoras en permeabilidad respiratoria, evidenciadas por la reducción de ronquidos y el incremento en la simetría nasal postratamiento, tienen repercusiones sistémicas críticas. Estos cambios podrían contribuir a la prevención de Apnea Obstructiva de sueño OSA y sus secuelas, destacando la necesidad de un enfoque interdisciplinario que integre ortopedistas, otorrinolaringólogos y fonoaudiólogos.

Por ejemplo, pacientes con hipofaringe estrecha identificada en RLC deberían ser derivados a evaluaciones de sueño, mientras que la terapia miofuncional podría optimizar resultados al corregir patrones deglutorios.

Aunque los resultados son prometedores, la naturaleza bidimensional de la RLC limita la evaluación de cambios transversales, lo que podría subestimar el impacto real de la expansión maxilar. Además, el test de Glatzel, aunque práctico, es semicuantitativo y menos preciso que la rinomanometría. Futuros estudios deberían combinar RLC con evaluaciones 3D selectivas o fotogrametría dinámica para capturar cambios volumétricos sin incrementar la exposición radiológica.

Los resultados revelaron disparidades significativas por sexo tras el tratamiento ortopédico. En las mujeres se observaron mayores incrementos en las dimensiones de la vía aérea (VAS: +1.5 mm vs. +0.5 mm en hombres; VAI: +0.9 mm vs. -0.4 mm) y una reducción más marcada en PNS-AD1 (-5.5 mm vs. -0.9 mm), patrón que se extendió a las mediciones adenoideas: en AD1-BA mostraron una disminución altamente significativa (21.3 ± 6.9 a 15.8 ± 2.9 mm, $p=0.001$) y en AD2-H una reducción excepcionalmente pronunciada (18.4 ± 6.1 a 12.6 ± 3.1 mm, $p<0.001$). En contraste, los hombres presentaron cambios mínimos o no significativos en todas estas variables, evidenciando un impacto anatómico limitado de la intervención. Estas diferencias sustanciales podrían atribuirse a variaciones en el ritmo de crecimiento craneofacial, dinámicas diferenciales de involución adenoidea, respuestas tisulares específicas por sexo, o factores hormonales incipientes durante la preadolescencia. La consistencia de estos hallazgos subraya la influencia crítica del dimorfismo sexual en la efectividad terapéutica y resalta la necesidad de investigar estos mecanismos para personalizar tratamientos según el perfil biológico del paciente, optimizando así los resultados en función de las características específicas de cada grupo.

Conclusión

El tratamiento de ortopedia maxilar demuestra ser efectivo para modificar significativamente la anatomía y función de las vías aéreas superiores (VAS) en población pediátrica, con respuestas diferenciadas por sexo. En las niñas, induce una expansión de la vía aérea inferior y una reducción marcada del tejido adenoideo, validando la Teoría de la Matriz Funcional de Moss. Los niños, aunque muestran menor cambio dimensional, presentan estabilidad anatómica y la mejoría funcional más robusta en permeabilidad nasal bilateral (test de Glatzel). Estos cambios confirman que la corrección esquelética maxilar se traduce en una respiración nasal más eficiente.

Clínicamente, el estudio valida un protocolo accesible y seguro (radiografías laterales + test de Glatzel) para evaluar estos cambios. Las diferencias por sexo exigen personalizar la elección de aparatos (fijos vs. removibles) según la gravedad esquelética y necesidades musculares. La mejora documentada en las VAS sugiere un potencial preventivo relevante contra complicaciones como la apnea obstructiva del sueño (OSA), reforzando la necesidad de un enfoque interdisciplinario (ortopedia, ORL, fonoaudiología) para abordar integralmente las alteraciones craneofaciales y respiratorias en niños. La ortopedia maxilar emerge así como una herramienta clave no solo correctiva, sino también promotora de la salud respiratoria.

Recomendaciones

Para garantizar la validez de los estudios, es esencial incorporar grupos control que permitan diferenciar los efectos terapéuticos de los cambios naturales por crecimiento, utilizando métricas comparativas como PNS-Ad1 y Ad2-H. Simultáneamente, se recomienda desarrollar programas de entrenamiento continuo en técnicas de trazado cefalométrico manual, con verificaciones periódicas mediante coeficientes de correlación intraclase ($ICC \geq 0.90$) frente a estándares expertos.

En el ámbito terapéutico, se sugiere adaptar la selección de aparatología (fija, removible o híbrida) según la severidad de las deficiencias esqueléticas y la respuesta dimórfica observada, particularmente en casos de asimetrías maxilares o mordidas cruzadas. Los protocolos deben integrar evaluaciones longitudinales bianuales que monitoreen la estabilidad de los cambios en las vías aéreas superiores y su correlación funcional mediante pruebas de permeabilidad nasal.

Agradecimientos

Al personal auxiliar y administrativo de las Clínicas de la Especialización por permitir el acceso a las instalaciones para el control y valoración de los pacientes y a estos últimos por su compromiso y confianza lo que permitió la recolección efectiva de datos y el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses financiero, personal o profesional que pudiera influir en los resultados o la interpretación de este estudio. Los datos utilizados fueron obtenidos de manera objetiva y el análisis se realizó sin sesgos externos. Agradecemos a la Institución Universitaria Colegios de Colombia (UNICOC) por su apoyo en la recolección de imágenes tomográficas, sin que ello implique conflicto alguno en la realización o publicación de este trabajo. No existen otros conflictos de interés asociados a esta investigación

Referencias bibliográficas

1. Moss ML, Salentijn L. El papel principal de las matrices funcionales en el crecimiento facial. American Journal of Orthodontics [Internet]. Junio de 1969 [citado el 27 de mayo de 2019];55(6):566–77. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002941669900347>
2. Alhammadi MS, Almashraqi AA, Halboub E, Almahdi S, Jali T, Atafi A, et al. Pharyngeal airway spaces in different skeletal malocclusions: a CBCT 3D

- assessment. *Cranio: The Journal of Craniomandibular Practice* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Feb 25];39(2):97–106. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30821659/>
3. Festa P, Mansi N, Varricchio AM, Savoia F, Calì C, Marraudino C, et al. Association between upper airway obstruction and malocclusion in mouth-breathing children. *ACTA Otorhinolaryngologica Italica* [Internet]. 2021 Nov 5;41:436–42. Available from: <https://www.actaitalica.it/article/view/1225>
 4. Liu WT, Zhou S, Yen E, Zou B. Comparison of changes in the nasal cavity, pharyngeal airway, and maxillary sinus volumes after expansion and maxillary protraction with two protocols: Rapid palatal expansion versus alternate rapid maxillary expansion and constriction. *Korean Journal of Orthodontics* [Internet]. 2023 May 8;53(3):175–84. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10212776/>
 5. Bakor SF, Enlow DH, Pontes P, De Biase NG. Craniofacial growth variations in nasal-breathing, oral-breathing, and tracheotomized children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011 Oct;140(4):486–92.
 6. Basciftci F, Mutlu N, Karaman A, Malkoc S, Kucukkolbasi H. Does the timing and method of rapid maxillary expansion have an effect on the changes in the nasal dimensions? *Angle Orthod*. 2002;72(2):118-123.
 7. Faria PT, de Oliveira Ruellas AC, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT, Pereira FC. Dentofacial morphology of mouth breathing children. *Braz Dent J*. 2002;13(2):129-32. doi:10.1590/s0103-64402002000200010
 8. Predescu IA, Kiş AM, Pitic DE, Dinu Ş, Păcurar M, Bud E, et al. Mouth breathing syndrom-an interdisciplinary approach. *Rom J Oral Rehabil*. 2024;16(4)..
 9. Souki B, Pimenta G, Souki M, Franco L, Becker H, Pinto J. Prevalence of malocclusion among mouth breathing children: do expectations meet reality? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009;73(5):767-773. doi:10.1016/j.ijporl.2009.02.006
 10. Pacheco-Pereira C, et al. Mandibular advancement devices vs. rapid maxillary expansion for pediatric OSA: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2023;164(5):e127-e138

11. Papaioannou G, Kambas I, Tsaoussoglou M, Panaghiotopoulou-Gartagani P, Chrousos G, Kaditis AG. Age-dependent changes in the size of adenotonsillar tissue in childhood: implications for sleep-disordered breathing. *J Pediatr* [Internet]. 2013;162(2):269-74.e4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.07.041>
12. Valera FC, Travitzki LV, Mattar SE, Matsumoto MA, Elias AM, Anselmo-Lima WT. Muscular, functional and orthodontic changes in pre school children with enlarged adenoids and tonsils. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2003;67(7):761-70. doi:10.1016/s0165-5876(03)00095-8
13. Kim DK, Rhee CS, Yun PY, Kim JW. Adenotonsillar hypertrophy as a risk factor of dentofacial abnormality in Korean children. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2015;272:3311-3316.
14. Tapia-Guerrero AE, Salinas-Villacís DC, Cobos-Carrera DF. Enfermedad periodontal en pacientes con respiración bucal: Revisión de la literatura. *Research, Society and Development*. 2022;11(10):e242111032669. doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd.v11i10.32669>.
15. Zhao Z, Zheng L, Huang X, et al. Effects of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions and nocturnal oxygenation in children with obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med*. 2024;113:162-171. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.003>
16. Melo Dde L, Santos RV, Perilo TV, Becker HM, Motta AR. Mouth breathing evaluation: use of Glatzel mirror and peak nasal inspiratory flow. *Codas*. 2013;25(3):236-41. English, Portuguese. doi: 10.1590/s2317-17822013000300008. PMID: 24408334.
17. de Pochat VD, Alonso N, Mendes RR da S, Gravina PR, Cronenberg EV, Meneses JVL. Assessment of nasal patency after rhinoplasty through the Glatzel mirror. *Int Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2012;16(3):341–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7162/S1809-97772012000300007>

18. Ucar FI, Uysal T. Orofacial airway dimensions in subjects with Class I malocclusion and different growth patterns. *Angle Orthod.* 2011;81(3):460-468. <https://doi.org/10.2319/091910-545.1>
19. Wasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, et al. Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(2):235-45. doi:10.1016/j.ajodo.2012.09.014
20. Valera FCP, Moreira TMM, de Araújo-Melo MH, et al. Upper airway expansion therapies for OSA in children: does volumetric improvement correlate with functional outcomes? A multicenter cohort study. *Sleep Med.* 2024;113:370-378. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.025>
21. Zreagat M, Hassan R, Alforaidi S, Kassim NK. Effects of rapid maxillary expansion on upper airway parameters in OSA children with maxillary restriction: A CBCT study. *Pediatr Pulmonol.* 2024;59(10):2490-2498. doi:10.1002/ppul.27050
22. Audrey Yoon, David Gozal, Clete Kushida, Rafael Pelayo, Stanley Liu, Jasmine Faldu, Christine Hong, Una hoja de ruta para la modificación del crecimiento craneofacial en niños con trastornos respiratorios del sueño: una propuesta multidisciplinaria, *Sleep*, Volumen 46, Número 8, agosto de 2023, zsad095, <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad095>
23. Vogler RC, Li FW, Pilgram TK. Age-specific size of the normal adenoid pad on magnetic resonance imaging. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2000;25(5):392-395.
24. Sun, Y., Jia, Y., Wang, S. et al. Effectiveness of mandibular advancement orthodontic appliances with maxillary expansion device in children with obstructive sleep apnea: a systematic review. *BMC Oral Health* 24, 1303 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04931-1>.
25. Tse KL, Savoldi F, Li KY, et al. Prevalencia de hipertrofia adenoidea en niños de 12 años y su asociación con características craneofaciales: un estudio transversal. *Prog Orthod.* 2023;24:31. <https://doi.org/10.1186/s40510-023-00481-4>

Anexos –

Tabla 1. Variables clínicas y anatómicas estratificadas por género en pacientes pediátricos sometidos a ortopedia maxilar

	Niños		Niñas		Total		
Via aerea	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	p
Edad	9.9±2.3	10.5 (8;11.5)	9.3±2	9 (8;10)	9.6±2.2	10 (8;11)	0.349
Angulo de Perfil	16.2±6.3	16 (11;21)	15.5±5.9	14.5 (11;18)	15.9±6.1	15 (11;20)	0.657
Overjet (mm)	3.2±2.8	3 (1.8;4)	3±2.5	2.5 (1;4)	3.1±2.6	3 (1.5;4)	0.760†
Overbite (mm)	2.2±3	2 (0.5;4)	2.8±2	3 (1;5)	2.5±2.6	2.8 (1;4)	0.434

†U-MannWhitney

Tabla 2. Medidas descriptivas de la vía aérea superior según segmento y sexo antes y después de tratamiento

	Hombres		Mujeres		Total		
Via aerea	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	p
Sup t1 (mm)	10.2±2.9	10 (9;12)	10.3±3.7	10 (8;13)	10.2±3.2	10 (9;12)	0.923†
Sup t2 (mm)	10.7±2.7	10.8 (10;12)	11.8±2.3	12 (10;14)	11.2±2.6	12 (10;13)	0.059†
Intragrupo p	0.816		0.085		0.139		
Inf t1 (mm)	10±2.7	10 (8.5;12)	10.4±2.4	10 (8;12.3)	10.2±2.5	10 (8;12)	0.599
Inf t2 (mm)	9.6±2.2	10 (8;10.4)	11.3±2.5	11 (9.8;12.6)	10.4±2.4	10 (9;12)	0.019*
Intragrupo p	0.553		0.013*		0.219‡		

†U-MannWhitney. ‡Wilcoxon. *p<0.05

Tabla 3. Resultados del test de Glatzel en permeabilidad nasal: comparación por sexo y tiempo postratamiento

	Hombres		Mujeres		Total		
Glatzel (mm)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	p
t1 der	35.7±8.2	35 (30;40)	39.3±7.3	40 (35;40)	37.3±8	40 (30;40)	0.113†
t2 der	38.4±7.1	35 (35;45)	40.2±6.8	40 (35;45)	39.2±7	40 (35;45)	0.360
t3 der	40±7.8	40 (35;42.5)	41.5±6.5	42.5 (35;45)	40.7±7.2	40 (35;45)	0.240†
Intragrupo p	<0.001* (t1-t2, t1-t3)		0.232		<0.001* (t1-t2, t1-t3, t2-t3)		
t1 izq	38.2±8.3	40 (30;40)	41.1±7.1	40 (40;45)	39.5±7.8	40 (35;45)	0.150†
t2 izq	41.8±8.3	42.5 (35;45)	42.3±5.7	45 (40;45)	42±7.2	45 (35;45)	0.665†
t3 izq	42.7±7.7	42.5 (37.5 -47.5)	44.3±6.7	45 (40;47.5)	43.4±7.2	45 (40;47.5)	0.487†
Intragrupo p	<0.001* (t1-t2, t1-t3)		0.049* (t1-t3)		<0.001* (t1-t2, t1-t3)		

†U-MannWhitney

Tabla 4. Impacto del tratamiento ortopédico en dimensiones craneofaciales: evaluación longitudinal (T1/T2) según sexo

	Hombres		Mujeres		Hombres		
	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	P
pns-ad1 T1	18.3±4.6	16.9 (14.2;20.6)	18.2±7	17.8 (12.2;21.1)	18.3±5.7	17.4 (14;20.7)	0.972
pns-ad1 T2	17.2±3.9	16.1 (14.5;20.3)	15.8±3.7	15.6 (13.6;17.6)	16.6±3.8	15.9 (14.1;18.7)	0.646
Intragrupo p	0.426		0.294		0.273‡		
ad1-ba T1	18.6±6.3	17.8 (14.1;20.8)	21.3±6.9	19.4 (16.4;26.6)	19.8±6.6	18.8 (15.5;23.3)	0.109†
ad1-ba T2	17.7±4.6	16.2 (14.7;18.5)	15.8±2.9	16 (12.8;18.2)	16.8±4	16 (13.8;18.3)	0.278†
Intragrupo p	0.881		0.001*		0.024*		
pns-ad2 T1	14.1±4.4	13.2 (10.7;16.6)	14.1±5.9	13.1 (9.6;16.6)	14.1±5.1	13.2 (10;16.6)	0.558†
pns-ad2 T2	13.6±3.6	13.6 (10.8;15.3)	12.4±2.4	12.2 (10.4;13.6)	13±3.2	12.7 (10.8;14.8)	0.195
Intragrupo p	0.511		0.182		0.158		
ad2-h T1	16.9±4.4	15 (14.1;19.7)	18.4±6.1	18.5 (15.4;21.2)	17.6±5.2	15.9 (14.3;20.3)	0.245†
ad2-h T2	13.8±4.8	13.2 (11.3;15.1)	12.6±3.1	12.7 (10.5;15.3)	13.3±4.1	13.2 (10.9;15.2)	0.621
Intragrupo p	0.116		<0.001*		<0.001*		

†U-MannWhitney. ‡Wilcoxon. *p<0.05