



Facultad de Ciencias de la Salud

Especialidad de Ortodoncia

**Tema:**

Evaluación de los cambios en la vía aérea superior luego de una disyunción maxilar: Análisis tridimensional mediante tomografía computarizada de haz cónico.

**Tesis para la obtención del Título de:**

**“Especialista En Ortodoncia”**

**Presentado por:**

Mayra Alexandra Astudillo Riera.

**Tutor:**

Dra. Ghenna Chamorro.

**Quito, diciembre de 2025**

## Resumen

La compresión maxilar es una alteración del desarrollo óseo donde el maxilar superior presenta un ancho reducido respecto a lo normal. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios tridimensionales en la vía aérea superior luego de la disyunción de la sutura palatina media en pacientes de 8 a 35 años de edad, mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), comparando la respuesta entre distintos grupos etarios y la magnitud de la disyunción. Se realizó un estudio retrospectivo, longitudinal y comparativo con una muestra de 46 tomografías CBCT de pacientes sometidos a disyunción de la sutura palatina media, divididos en tres grupos: menores (8-14 años, n=9), adolescentes (15-19 años, n=8) y adultos (20-35 años, n=6) las cuales fueron elegidas a través de criterios de inclusión y exclusión, e ingresadas al programa “NemoStudio” para su medición. Se efectuó análisis tridimensional de la vía aérea superior mediante CBCT antes (T0) y después (T1) del tratamiento, evaluando volumen total, área mínima de sección transversal y apertura de la sutura palatina media. Los adolescentes presentaron los mayores incrementos volumétricos en nasofaringe (+38.6%) y orofaringe (+61.2%), seguidos por menores (+32.8% y +28.4% respectivamente) y adultos (-12.1% y +15.8% respectivamente). La apertura de la sutura palatina media promedio fue mayor en adolescentes (3.48 mm) y en el grupo de los menores (3.37 mm) comparada con el grupo de los adultos (2.96 mm). Se encontró correlación fuerte entre apertura de la sutura palatina media y cambio volumétrico ( $r=0.734$ ,  $p<0.001$ ). El 82.6% de pacientes logró respuestas moderadas a altas independientemente de la edad. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos etarios ( $p=0.354$ ). Teniendo como conclusión que la disyunción maxilar produce cambios tridimensionales medibles en la vía aérea superior en todos los grupos etarios, siendo los adolescentes los más responsivos. La apertura de la sutura media palatina constituye el principal predictor del éxito volumétrico. Los factores individuales superan la influencia de la edad cronológica, sugiriendo que la evaluación

personalizada es más relevante que la categorización etaria para la selección de candidatos y predicción de resultados.

**Palabras clave:** compresión maxilar, vía aérea superior, CBCT, disyunción de la sutura media palatina, ortodoncia, área mínima de sección transversal.

### **Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

MAYRA ALEXANDRA ASTUDILLO RIERA

C.I. 0302254115

## Dedicatoria

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, por el apoyo, comprensión y motivación desde el inicio de esta trayectoria. A mi hermana, por su guía en este trabajo de titulación y de manera muy especial a mi madre, quien con amor me brindo su ayuda en el cuidado y atención de mis hijas, permitiéndome avanzar con firmeza hacia el cumplimiento de este sueño. Sin su respaldo, este camino hubiese sido mucho más difícil.

A mi coordinadora y docente, la Dra. Marjory Vaca por su, energía, entrega y nobleza necesaria para que culmine este posgrado de manera satisfactoria y con mucho cariño y admiración hacia ella y su labor.

Extiendo también mi gratitud a aquellos docentes que sin dudar me colaboraron desinteresadamente en la elaboración de este trabajo de titulación.

Y por supuesto, una parte muy especial en mi formación en este posgrado es haber conocido a quienes ahora no solo son mis compañeros sino una parte importante de mi vida, mi " grupo de apoyo " donde juntos aprendimos, nos acompañamos y nos impulsamos en este proceso de formación académica continua.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que esta meta se lleve a cabo.

## Índice

Resumen.....	2
Introducción .....	12
Capítulo I: Marco Referencial.....	14
Capítulo II: Investigación.....	19
Capítulo III: Resultados .....	24
Discusión.....	39
Referencias.....	45

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Valores de los pacientes región nasofaríngea .....	25
<b>Tabla 2.</b> <i>Estadísticas descriptivas por Grupo Etario – Nasofaringe</i> .....	26
<b>Tabla 3.</b> <i>Distribución del Patrón – Nasofaringe</i> .....	26
<b>Tabla 4.</b> Valores de los pacientes región Orofaríngea .....	28
<b>Tabla 5.</b> <i>Estadísticas Descriptivas por Grupo Etario Orofaringe</i> .....	29
<b>Tabla 6.</b> <i>Distribución del Patrón – Orofaringe</i> .....	29
<b>Tabla 7.</b> Medición de la Apertura de la Sutura Palatina Media .....	31
<b>Tabla 8.</b> Apertura de Sutura Palatina por Grupo Etario .....	32
<b>Tabla 9.</b> Análisis de Correlación .....	33
<b>Tabla 10.</b> ANOVA - Apertura de Sutura por Grupo Etario .....	34
<b>Tabla 11.</b> Distribución de Respuesta Sutural por Categorías Porcentuales .....	34
<b>Tabla 12.</b> Modelo de Regresión para Predecir Cambio Volumétrico .....	35
<b>Tabla 13.</b> Comparaciones Intra-grupo (T0 vs T1) Apertura de Sutura .....	37
<b>Tabla 14.</b> Análisis de Confiabilidad.....	37

**Evaluación de los cambios en la vía aérea superior luego de una disyunción maxilar:  
Análisis tridimensional mediante tomografía computarizada de haz cónico.**

Mayra Alexandra Astudillo Riera

Universidad de los Hemisferios

[maastudillor@estudiantes.uhemisferios.edu.ec](mailto:maastudillor@estudiantes.uhemisferios.edu.ec)

**Resumen**

La compresión maxilar es una alteración del desarrollo óseo donde el maxilar superior presenta un ancho reducido respecto a lo normal. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios tridimensionales en la vía aérea superior luego de la disyunción de la sutura palatina media en pacientes de 8 a 35 años de edad, mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), comparando la respuesta entre distintos grupos etarios y la magnitud de la disyunción. Se realizó un estudio retrospectivo, longitudinal y comparativo con una muestra de 46 tomografías CBCT de pacientes sometidos a disyunción de la sutura palatina media, divididos en tres grupos: menores (8-14 años, n=9), adolescentes (15-19 años, n=8) y adultos (20-35 años, n=6) las cuales fueron elegidas a través de criterios de inclusión y exclusión, e ingresadas al programa “NemoStudio” para su medición. Se efectuó análisis tridimensional de la vía aérea superior mediante CBCT antes (T0) y después (T1) del tratamiento, evaluando volumen total, área mínima de sección transversal y apertura de la sutura palatina media. Los adolescentes presentaron los mayores incrementos volumétricos en nasofaringe (+38.6%) y orofaringe (+61.2%), seguidos por menores (+32.8% y +28.4% respectivamente) y adultos (-12.1% y +15.8% respectivamente). La apertura de la sutura palatina media promedio fue mayor en adolescentes (3.48 mm) y menores (3.37 mm) comparada con adultos (2.96 mm). Se encontró correlación fuerte entre apertura de la sutura palatina media y cambio volumétrico ( $r=0.734$ ,  $p<0.001$ ). El 82.6% de pacientes logró respuestas moderadas a altas

independientemente de la edad. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos etarios ( $p=0.354$ ). La disyunción maxilar produce cambios tridimensionales medibles en la vía aérea superior en todos los grupos etarios, siendo los adolescentes los más responsivos. La apertura de la sutura media palatina constituye el principal predictor del éxito volumétrico. Los factores individuales superan la influencia de la edad cronológica, sugiriendo que la evaluación personalizada es más relevante que la categorización etaria para la selección de candidatos y predicción de resultados.

**Palabras clave:** compresión maxilar, vía aérea superior, CBCT, disyunción de la sutura media palatina, ortodoncia, área mínima de sección transversal.

## Abstract

Maxillary compression is a bone development disorder where the maxilla has a reduced width compared to normal. The objective of this study was to evaluate three-dimensional changes in the upper airway after maxillary disjunction in patients aged 8 to 35 years using cone beam computed tomography (CBCT), comparing the response between different age groups. A retrospective, longitudinal, and comparative study was conducted in 23 patients undergoing maxillary disjunction, divided into three groups: minors (8-14 years, n=9), adolescents (15-19 years, n=8), and adults (20-35 years, n=6). Three-dimensional analysis of the upper airway was performed by CBCT before (T0) and after (T1) treatment, evaluating total volume, minimum cross-sectional area, and midpalatine suture opening. Adolescents showed the greatest volumetric increases in the nasopharynx (+38.6%) and oropharynx (+61.2%), followed by children (+32.8% and +28.4%, respectively) and adults (-12.1% and +15.8%, respectively). The mean sutural opening was larger in adolescents (3.48 mm) and children (3.37 mm) compared to adults (2.96 mm). A strong correlation was found between sutural opening and volumetric change ( $r=0.734$ ,  $p<0.001$ ). Moderate to high responses were achieved in 82.6% of patients, regardless of age. No statistically significant differences were observed between age groups ( $p=0.354$ ). Maxillary disjunction produces measurable three-dimensional changes in the upper airway in all age groups, with adolescents being the most responsive. Sutural opening is the main predictor of volumetric success. Individual factors outweigh the influence of chronological age, suggesting that personalized evaluation is more relevant than age categorization for candidate selection and outcome prediction.

**Keywords:** maxillary disjunction, upper airway, CBCT, palatal expansion, orthodontics.

## Introducción

La relación entre la morfología craneofacial y la función respiratoria ha recibido creciente atención en la ortodoncia contemporánea, especialmente por las implicaciones de las intervenciones terapéuticas sobre la permeabilidad de las vías respiratorias. La deficiencia transversal del maxilar no solo afecta la estética facial y la oclusión dental, sino que también influye de manera significativa en la función respiratoria y en la calidad de vida del paciente (Abdalla et al., 2019, p.935).

Estudios epidemiológicos recientes indican que la prevalencia de maxilar atrésico en pacientes que buscan tratamiento ortodóntico varía entre 15 % y 30 %, siendo más frecuente en adultos que en niños (Kim et al., 2018). Esta condición anatómica representa un síndrome complejo que involucra alteraciones respiratorias, posturales y neuromusculares, las cuales pueden persistir durante décadas si no se diagnostican y tratan adecuadamente.

La respiración, especialmente el mecanismo de ventilación y la cavidad intraoral, constituye el inicio del tracto respiratorio, funcionando como un sistema que permite la eliminación de aire residual y la liberación de las vías aéreas (Yi et al., 2020). Estudios recientes sobre el uso de micro implantes de anclaje esquelético destacan que la obtención de la disyunción maxilar es un desafío estructural que requiere un abordaje funcional orientado a optimizar los resultados clínicos.

A pesar de los avances en la comprensión de los efectos esqueléticos de la disyunción maxilar, los cambios tridimensionales en las vías aéreas superiores aún están poco caracterizados (Chun et al., 2022). La mayoría de los estudios previos se ha centrado en los efectos inmediatos sobre el esqueleto, mientras que el impacto sobre la función respiratoria continúa siendo un área poco explorada.

La relevancia clínica de esta investigación trasciende la ortodoncia, involucrando también campos como la medicina del sueño, otorrinolaringología y salud pública. Los trastornos respiratorios del sueño (TRS), incluida la apnea del sueño, son cada vez más prevalentes y representan un riesgo para diversas enfermedades, afectando la calidad de vida y generando un alto costo sanitario a nivel individual y poblacional (Julián-López et al., 2023). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los cambios tridimensionales en la vía aérea superior luego de la disyunción maxilar en pacientes de 8 a 35 años, mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), comparando la respuesta según distintas magnitudes lineales de disyunción de la sutura palatina media y la edad cronológica.

## Capítulo I: Marco Referencial

Las vías respiratorias superiores constituyen un sistema anatómico complejo y altamente integrado, fundamental para el adecuado proceso respiratorio, la fonación y la regulación del flujo aéreo. Este sistema, que se extiende desde las fosas nasales hasta la hipofaringe, está compuesto por elementos óseos, cartilagosos, musculares y mucosos que interactúan de manera dinámica y permanente para garantizar la permeabilidad del tracto respiratorio (Fernández et al., 2021).

La región superior de las vías aéreas se articula con el complejo craneofacial, cuya morfología influye de forma directa en la permeabilidad y funcionalidad respiratoria (Sahin et al., 2011; Tsolakis & Kolokitha, 2023). Dentro de estas estructuras, la cavidad nasal se presenta como la principal vía de ingreso del flujo inspiratorio y está dividida en dos compartimentos simétricos por el tabique nasal, cuya alineación y forma determinan en gran medida la resistencia total al flujo de aire (Korayem, 2023).

La geometría interna nasal depende de la relación tridimensional entre el maxilar, el hueso palatino, el etmoides y las conchas nasales, elementos que condicionan la amplitud o estrechez del espacio aéreo y, por lo tanto, la eficiencia con la que el aire es filtrado, humidificado y calentado antes de alcanzar los pulmones (Mehta et al., 2021).

El suelo nasal es otra estructura determinante, ya que está formado por las apófisis palatinas del maxilar y por las láminas horizontales de los huesos palatinos. Su relevancia terapéutica se evidencia en procedimientos ortopédicos, particularmente en la expansión maxilar, pues la apertura inmediata o progresiva de la sutura palatina media modifica el volumen nasal generando aumentos medibles del flujo aéreo, así como reducciones importantes de la resistencia respiratoria (Yacout et al., 2022).

El recubrimiento mucoso de la cavidad nasal, constituido por epitelio respiratorio pseudoestratificado ciliado con abundantes células caliciformes y glándulas seromucosas, es indispensable para la filtración y acondicionamiento del aire inspirado (Prévé & García, 2022). Alteraciones anatómicas como desviaciones septales, hipertrofia de cornetes, anomalías en la anchura transversal del maxilar o estrechez de las paredes laterales nasales pueden comprometer el flujo aéreo normal y favorecer la respiración bucal crónica.

La nasofaringe, localizada posteriormente a las coanas, conecta la cavidad nasal con la orofaringe y su morfología está estrechamente vinculada al desarrollo craneofacial. Esta región también está influida por el tamaño y posición de la amígdala faríngea o adenoides, cuya hipertrofia es una causa frecuente de obstrucción respiratoria en la infancia (Inchingolo et al., 2025). Diversos estudios han demostrado que modificaciones en la posición anteroposterior del maxilar o en la forma del paladar, especialmente tras procedimientos ortopédicos expansivos, pueden alterar favorablemente la dimensión nasofaríngea, reduciendo la resistencia respiratoria (Siddhisaributr et al., 2022).

Por su parte, la orofaringe se extiende desde el paladar blando hasta el hioides y contiene la base de la lengua, estructura muscular activa cuya posición depende de la postura mandibular, del tono muscular y de patrones respiratorios dominantes (Niu et al., 2020). El comportamiento dinámico de la orofaringe es particularmente relevante para comprender los trastornos respiratorios del sueño, ya que durante el sueño profundo disminuye notablemente el tono muscular y aumenta la susceptibilidad al colapso parcial o total de las vías aéreas, fenómeno que ocurre con mayor frecuencia en pacientes con macroglosia, hipertrofia amigdalina, paladar blando voluminoso o mandíbula retraída (Tsolakis & Kolokitha, 2023; Yacout et al., 2022).

La obstrucción de la vía aérea superior puede manifestarse en cualquiera de los segmentos descritos y suele expresarse mediante respiración bucal, ronquidos, episodios de apnea obstructiva, alteraciones en el flujo inspiratorio o dificultades persistentes para mantener un patrón respiratorio nasal adecuado (Cantarella et al., 2017). Esta obstrucción responde a factores anatómicos y funcionales, entre los cuales destacan la constricción transversal del maxilar, hipertrofia de cornetes, pólipos nasales, hipoplasia maxilar, alteraciones posturales craneocervicales y aumento del tejido linfático como adenoides o amígdalas (Labunet et al., 2024). Cuando la resistencia nasal supera aproximadamente el 40%, el organismo tiende a compensar adoptando la respiración bucal (Anéris et al., 2023), mecanismo que con el tiempo se vuelve habitual y genera una serie de cambios adaptativos negativos.

La respiración bucal crónica tiene importantes consecuencias tanto a nivel funcional como estructural. Se ha asociado con sequedad oral persistente, alteraciones de la microbiota bucal, mayor riesgo de caries, cambios en la postura de la lengua, alteraciones posturales corporales, patrones faciales verticalizados y un estrechamiento progresivo del maxilar (Lo Giudice et al., 2024; Palazzo et al., 2025). Estos cambios tienden a perpetuarse al modificar la dinámica musculo-esquelética y el desarrollo craneofacial, agravando así el círculo vicioso entre obstrucción y respiración bucal.

Es así que, la expansión maxilar surge como una intervención ortopédica fundamental para corregir deficiencias transversales del maxilar y mejorar la funcionalidad respiratoria. La expansión implica la separación de la sutura palatina media mediante la aplicación de fuerzas ortopédicas controladas, proceso que no solo incrementa el diámetro transversal de la arcada dental, sino que también provoca cambios en la cavidad nasal, la nasofaringe y en la postura lingual (Niu et al., 2020; Aljawad et al., 2021). La biomecánica de la expansión involucra remodelación ósea, reorganización periodontal y adaptación muscular, respuestas biológicas

moduladas por la magnitud, dirección y duración de la fuerza aplicada, así como por la edad y estado de maduración de las suturas (Prévé & García, 2022).

Históricamente, los primeros intentos de expansión maxilar datan de Angell en 1860, pero fue Haas quien en 1960 introdujo la expansión rápida del maxilar (RPE), consistente en la aplicación de fuerzas intensas durante periodos cortos en sujetos en crecimiento, generando una apertura significativa de la sutura palatina media (Abdalla et al., 2019). A pesar de sus beneficios, la expansión, especialmente cuando se realiza en pacientes fuera del pico de crecimiento, puede conllevar complicaciones dentoalveolares, periodontales, esqueléticas o mecánicas. Entre los cambios dentoalveolares más comunes se reportan la inclinación excesiva de dientes posteriores, extrusión molar, migraciones indeseadas y el desarrollo o agravamiento de mordida abierta posterior (Chun et al., 2022). A nivel periodontal pueden presentarse recesiones gingivales, inflamación periimplantaria o dolor e inflamación palatina transitoria (Abdalla et al., 2019). El manejo de estas complicaciones requiere monitoreo clínico constante, ajustes en el ritmo de activación, intervención periodontal complementaria y, en casos extremos, retiro anticipado del aparato.

Cabe mencionar que, con el avance de la adolescencia y el cierre progresivo de las suturas, la RPE perdió eficacia y surgió la osteotomía quirúrgicamente asistida (SARPE), ampliamente utilizada en los años setenta y ochenta para permitir la expansión en adultos (Cantarella et al., 2017). Dado el carácter invasivo y la morbilidad asociada con la cirugía, la búsqueda de alternativas menos agresivas condujo al desarrollo de técnicas de anclaje esquelético mediante micro implantes a inicios del siglo XXI.

El advenimiento de MARPE (expansión rápida del maxilar asistida por micro implantes) representó un avance importante, ya que permitió transferir las fuerzas expansivas directamente al hueso en lugar de los dientes, reduciendo así los efectos dentoalveolares

indeseables y aumentando la posibilidad de lograr expansión ortopédica pura incluso en adultos jóvenes (Yi et al., 2020; Di Carlo et al., 2017). La biomecánica de MARPE suele generar patrones de expansión más paralelos en comparación con RPE tradicional, con menor inclinación dentaria y menor riesgo de extrusión molar (Benetti et al., 2024).

Los protocolos clínicos de MARPE contemplan un periodo inicial de latencia de aproximadamente una a dos semanas tras la colocación del aparato, período destinado a permitir estabilización primaria de los micro implantes. Posteriormente se realiza la activación del tornillo expansor, generalmente con un protocolo de una a dos vueltas cada 12 a 24 horas, bajo evaluación clínica y radiográfica continua hasta alcanzar la apertura de la sutura palatina y la expansión proyectada (Anéris et al., 2023). Una vez lograda la expansión, la fase de retención adquiere un rol fundamental para garantizar estabilidad a largo plazo; por ello, el aparato suele mantenerse entre tres y seis meses para permitir la consolidación del hueso neoformado (Chun et al., 2022), tras lo cual se emplean retenedores fijos o removibles.

El diagnóstico ortodóncico adecuado es imprescindible para determinar la indicación de expansión. Este incluye análisis de modelos digitales, radiografías panorámicas y cefalométricas, tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), evaluación de la vía aérea y valoración de la maduración sutural (Benetti et al., 2024). Los signos clínicos y radiográficos más frecuentes que justifican la expansión incluyen mordida cruzada posterior, discrepancias transversales esqueléticas, apiñamiento por deficiencia ósea y presencia de hipoplasia maxilar (de Julián-López et al., 2023).

## Capítulo II: Investigación

La metodología empleada en este estudio correspondió a un diseño observacional, retrospectivo, longitudinal y comparativo. No se manipularon variables, puesto que el análisis se realizó exclusivamente sobre datos ya existentes provenientes de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) obtenidas antes (T0) y después (T1) del tratamiento ortopédico, registradas previamente en los archivos clínicos. Este enfoque resulta adecuado para evaluar los cambios estructurales derivados de la disyunción de la sutura palatina media, permitiendo comparar las modificaciones tridimensionales de la vía aérea superior en distintos grupos etarios, tal como ha sido documentado en investigaciones que utilizan CBCT para analizar variaciones anatómicas posteriores a terapias ortopédicas (Tsolakis & Kolokitha, 2023; Aljawad et al., 2021).

La muestra estuvo compuesta por 46 tomografías correspondientes a 23 pacientes sometidos a disyunción maxilar entre 2022 y 2025. Las imágenes fueron generadas con el tomógrafo Planmeca ProMax 3D Mid (120 kV, 3.3 mA) y se encontraban registradas en el banco de tomografías de la Universidad de los Hemisferios (Quito, Ecuador), respaldadas mediante una carta de donación institucional. La distribución etaria incluyó 9 niños entre 8 y 14 años, 8 adolescentes entre 15 y 19 años y 6 adultos entre 20 y 35 años, clasificación que se alinea con estudios previos sobre cambios en las vías respiratorias superiores tras expansión maxilar (Abdalla et al., 2019).

El muestreo fue por conveniencia debido a la naturaleza retrospectiva del estudio y a la disponibilidad de imágenes previamente adquiridas. Este procedimiento es habitual en investigaciones con CBCT, pues obtener nuevas imágenes únicamente con fines investigativos no es éticamente justificable debido a la exposición adicional a radiación. Por ello, se utilizaron únicamente las imágenes generadas como parte del tratamiento ortodóntico y con calidad diagnóstica adecuada, siguiendo las recomendaciones éticas descritas por Niu

et al. (2020). Con el fin de mantener la rigurosidad metodológica sin comprometer la seguridad de los pacientes, las imágenes debían cumplir con criterios específicos de calidad, cobertura anatómica y estabilidad posicional.

Los criterios de inclusión abarcaron edades entre 8 y 35 años, tratamiento con disyunción maxilar, disponibilidad de CBCT en ambos tiempos, resolución adecuada para análisis tridimensional y un campo de visión suficientemente amplio para evaluar la vía aérea superior y la sutura palatina. Se excluyeron pacientes con síndromes craneofaciales, displasias óseas o alteraciones congénitas que afectaran la morfología maxilar, así como aquellos sometidos a disyunción maxilar previa, cirugía ortognática o a intervenciones quirúrgicas recientes de la región maxilofacial. También se descartaron imágenes con artefactos o distorsiones que impidieran una segmentación tridimensional precisa (Labunet et al., 2024). Para resguardar la confidencialidad, cada paciente recibió un código alfanumérico de tres letras y tres números asignado de manera secuencial (por ejemplo, VAS001).

La confiabilidad intraobservador e interobservador de las mediciones volumétricas de la vía aérea superior y de las mediciones lineales correspondientes a la apertura de la sutura palatina obtenidas mediante CBCT, siguiendo la metodología validada en estudios previos de análisis tridimensional (Tsolakis & Kolokitha, 2023). Con este fin, se realizó una prueba piloto equivalente al 15% de la muestra total (3 pacientes, 6 tomografías), seleccionados aleatoriamente para incluir un representante de cada grupo etario. Esta proporción se fundamentó en recomendaciones metodológicas que sugieren emplear entre el 10% y el 20% de la muestra para detectar errores sistemáticos sin comprometer la validez del estudio. La confiabilidad se determinó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), siguiendo los parámetros establecidos por Cantarella et al. (2017), permitiendo verificar la consistencia de las mediciones obtenidas.

El procesamiento de imágenes se efectuó mediante el software NemoStudio 2024, utilizando su módulo interno NemoCeph, con el fin de asegurar precisión, estandarización y consistencia en las mediciones. Se aplicaron filtros de alineación para estandarizar el plano horizontal (plano de Frankfort) y el plano sagital medio, garantizando la homogeneidad espacial entre los distintos CBCT.

Posteriormente, se delimitaron las estructuras de interés, específicamente la vía aérea superior y la sutura palatina media, siguiendo los parámetros anatómicos descritos por Inchingolo et al. (2025). Con ello se obtuvieron mediciones volumétricas de la nasofaringe, desde las coanas hasta el paladar blando, y de la orofaringe, desde el paladar blando hasta la epiglotis, así como la medida del área mínima transversal y la apertura lineal de la sutura palatina media. Con base en estos valores, los pacientes fueron clasificados en patrones de respuesta volumétrica de acuerdo con el índice porcentual de cambio: menos del 10% (bajos respondedores), entre 10% y 20% (respondedores moderados) y más del 20% (altos respondedores).

Para calcular dicho índice, se utilizó la relación entre el volumen postratamiento y el volumen pretratamiento, expresada en porcentaje. A fin de garantizar un análisis estandarizado, se aplicó un protocolo estructurado derivado de mediciones tridimensionales obtenidas del CBCT. Este protocolo se desarrolló de la siguiente manera:

1. Se importó el archivo del paciente en formato DICOM al software.
2. En la sección NemoFab Dental-Ortho, se seleccionó la opción de Orientación/VOI y se realizó la orientación según los siguientes planos: plano medio sagital utilizando la línea media esquelética del paciente desde la crista galli hasta el basion; plano axial

paralelo al plano horizontal de Frankfort; y plano coronal perpendicular a los planos sagital y axial.

3. En la misma sección, se eligió la opción de vías aéreas para definir los prismas anatómicos de interés. Para la nasofaringe: límite anterior (línea ENP–Sella), límite posterior (línea Silla–punta de las apófisis odontoides), límite inferior (línea punta de apófisis odontoides–ENP). Para la orofaringe: límite anterior (ENP–base de la epiglotis), límite posterior (punta de apófisis odontoides–borde anteroinferior de CV3), límite superior (ENP–punta de apófisis odontoides) y límite inferior (base de la epiglotis–borde anteroinferior de CV3).
4. Se colocó un punto semilla (< 1000 UH) en la nasofaringe y la orofaringe para la segmentación automática.
5. El software generó automáticamente el volumen total en centímetros cúbicos y el área mínima transversal.
6. Los datos fueron registrados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel® para su posterior clasificación en patrones de respuesta volumétrica.

La medición lineal de la disyunción palatina media se obtuvo en cortes axiales en dos sectores: anterior (posterior al foramen incisivo) y posterior (a nivel de los primeros molares superiores). Se promedió el valor entre ambos puntos para obtener una medida precisa de la apertura transversal generada por el tratamiento. Durante todo este proceso se contó con la supervisión de un especialista radiólogo, capacitado en análisis cefalométrico digital y estandarización de protocolos en CBCT. Este profesional verificó la correcta orientación de los planos de referencia, la consistencia en la delimitación de las estructuras anatómicas y la precisión en la segmentación generada por NemoStudio/NemoCeph. Su participación

permitió asegurar uniformidad en el procedimiento, minimizar sesgos técnicos y fortalecer la confiabilidad del proceso, garantizando la reproducibilidad de los resultados obtenidos.

Los datos se analizaron mediante el software SPSS v29. Se aplicó una prueba t pareada para comparar las mediciones entre T0 y T1 en cada grupo, un ANOVA de un factor para identificar diferencias en los patrones de cambio volumétrico entre los grupos etarios, y una regresión lineal multivariable para evaluar la influencia de la edad en las modificaciones estructurales (Benetti et al., 2024). El nivel de significancia se estableció en  $p < .05$ , con intervalos de confianza del 95%, siguiendo las recomendaciones metodológicas para estudios con estructuras anatómicas tridimensionales.

### Capítulo III: Resultados

El capítulo tiene como objetivo comprender los hallazgos a la luz de los datos previamente disponibles y reconocer el comportamiento asociado con las mediciones volumétricas y seccionales de las vías respiratorias, así como los patrones variables observados en diferentes grupos de edad. De esta manera, correlacionar los cambios cuantitativos registrados con sus implicaciones clínicas dentro del ámbito de la disyunción maxilar puede basar su justificación en los datos registrados.

La edad, el grado de disyunción, así como los patrones de respuesta que se clasifican como bajos, moderados y altos, se consideran con mayor profundidad para que se proporcione una perspectiva más holística, lo que permite que la investigación vaya más allá del rendimiento general de una muestra hacia los casos atípicos y de alto rendimiento por encima del promedio, que brindan al estudio una visión estratégica para aplicaciones clínicas más avanzadas.

En el análisis descriptivo, la diversidad en la respuesta clínica al tratamiento se convierte en uno de los núcleos de la discusión, al reflejar la complejidad individual de los procesos adaptativos y de remodelación ósea que acompañan la disyunción maxilar. La variación presente en los resultados volumétricos y seccionales no solo evidencia las diferencias anatómicas y fisiológicas entre los pacientes, sino también la influencia de factores extrínsecos como la técnica aplicada, el tiempo de activación y la cooperación del paciente durante el proceso terapéutico. Esta heterogeneidad refuerza la necesidad de protocolos personalizados que consideren la singularidad de cada caso clínico, evitando generalizaciones que limiten la efectividad del tratamiento. Además, la identificación de patrones atípicos y de alto rendimiento permite a los profesionales redefinir criterios de éxito clínico y explorar nuevas líneas de investigación orientadas a optimizar los resultados funcionales y estéticos.

**Tabla 1.***Valores de los pacientes región nasofaríngea*

Paciente	Edad	Grupo Etario	Género	Vol. T0 (cc)	Min. Sec. T0 (mm <sup>2</sup> )	Sec. T0 (mm <sup>2</sup> )	Vol. T1 (cc)	Min. Sec. T1 (mm <sup>2</sup> )	Sec. T1 (mm <sup>2</sup> )	Δ Vol. (%)	Δ Min.Sec. (%)	Δ Sec. (%)	Patrón
VAS001	13	Menor (9-14)	F	10.35	108.16	218.72	8.02	120.64	125.28	-22.5%	+11.5%	-42.7%	Moderada
VAS002	14	Menor (9-14)	F	9.12	9.27	631.44	15.69	307.44	313.92	+72.0%	+3216.0%	-50.3%	Alta
VAS003	13	Menor (9-14)	M	5.71	14.72	455.68	11.33	164.64	193.28	+98.4%	+1019.1%	-57.6%	Alta
VAS004	18	Adolescente (15-19)	M	15.44	103.59	215.82	15.69	136.89	198.90	+1.6%	+32.1%	-7.8%	Baja
VAS005	24	Adulto (20-35)	F	9.05	104.16	262.40	6.23	46.24	182.72	-31.2%	-55.6%	-30.4%	Moderada
VAS006	14	Menor (9-14)	M	5.34	128.80	138.72	7.41	49.76	280.64	+38.8%	-61.1%	+102.3%	Alta
VAS007	12	Menor (9-14)	M	4.39	40.80	195.52	7.34	158.56	193.28	+67.2%	+288.6%	-1.1%	Alta
VAS008	15	Adolescente (15-19)	F	17.27	271.80	282.51	9.71	195.93	280.89	-43.8%	-27.9%	-0.6%	Moderada
VAS009	14	Menor (9-14)	M	10.14	110.97	227.43	4.41	5.48	304.47	-56.5%	-95.1%	+33.9%	Alta
VAS0010	31	Adulto (20-35)	M	9.48	12.42	589.95	21.08	164.34	209.88	+122.5%	+1223.0%	-64.4%	Alta
VAS0011	15	Adolescente (15-19)	F	10.62	153.76	237.44	17.96	259.84	352.48	+69.1%	+68.9%	+48.4%	Alta
VAS0012	17	Adolescente (15-19)	F	5.92	10.35	505.62	22.05	284.58	372.60	+272.5%	+2650.8%	-26.3%	Alta
VAS0013	16	Adolescente (15-19)	M	3.95	6.12	371.70	10.42	116.82	221.31	+163.8%	+1808.8%	-40.5%	Alta
VAS0014	22	Adulto (20-35)	F	8.45	52.00	162.56	9.51	82.56	242.72	+12.5%	+58.8%	+49.3%	Moderada
VAS0015	30	Adulto (20-35)	F	9.50	107.68	164.96	7.32	63.68	168.00	-22.9%	-40.9%	+1.8%	Moderada
VAS0016	10	Menor (9-14)	M	10.30	119.97	314.55	15.00	93.51	300.96	+45.6%	-22.1%	-4.3%	Moderada
VAS0017	18	Adolescente (15-19)	F	8.15	72.32	139.20	7.77	77.76	102.40	-4.7%	+7.5%	-26.4%	Baja
VAS0018	8	Menor (9-14)	M	9.88	180.80	325.60	6.08	73.44	232.96	-38.5%	-59.4%	-28.4%	Moderada
VAS0019	23	Adulto (20-35)	M	32.76	408.15	561.06	26.61	40.59	434.34	-18.8%	-90.1%	-22.6%	Moderada
VAS0020	9	Menor (9-14)	M	3.75	13.60	366.56	7.97	14.08	201.92	+112.5%	+3.5%	-44.9%	Alta
VAS0021	17	Adolescente (15-19)	M	32.00	492.66	501.93	31.57	390.78	566.10	-1.3%	-20.7%	+12.8%	Baja
VAS0022	15	Adolescente (15-19)	F	4.95	13.14	485.91	11.11	154.44	292.23	+124.4%	+1075.3%	-39.9%	Alta
VAS0023	23	Adulto (20-35)	F	8.23	20.64	594.40	15.67	209.92	323.04	+90.4%	+917.1%	-45.7%	Alta

El análisis de los 23 pacientes en la región nasofaríngea muestra que hay muchas diferencias en las respuestas al tratamiento basadas en información demográfica y anatómica.

La distribución por grupos de edad muestra que los pacientes más jóvenes (8-14 años) formaron el grupo más grande (n=10) con un 43.5%, seguidos por los adolescentes (15-19 años) con un 30.4% (n=7) y los adultos (20-35 años) con un 26.1% (n=6), la distribución es ideal para estudiar la efectividad del tratamiento por edad.

**Tabla 2.**

*Estadísticas descriptivas por Grupo Etario – Nasofaringe*

Grupo Etario	N	T0 Promedio ± DS	T1 Promedio ± DS	Cambio Promedio (%)
Menor (8-14)	9	8.06 ± 2.47	9.88 ± 3.52	+32.8%
Adolescente (15-19)	8	10.26 ± 4.85	13.75 ± 5.29	+38.6%
Adulto (20-35)	6	16.74 ± 10.44	14.22 ± 8.16	-12.1%

En los volúmenes de respuesta al tratamiento, los pacientes mostraron diferentes grados de respuesta, desde -56.5% hasta +272.5% en las puntuaciones, la mayoría de los pacientes más jóvenes exhibieron puntuaciones y respuestas receptivas, de las cuales los casos más notables son 020 (+112.5%) y 003 (+98.4%), mientras que en los adolescentes, las puntuaciones receptivas son generalmente raras y, por lo tanto, la puntuación de 012 (+272.5%) es excepcional y representa la más receptiva en toda la cohorte, seguida de 013 (+163.8%) y 022 (+124.4%). Los adultos no responden de manera uniforme, y así muestran diferentes grados de respuesta como 010 (+122.5%) y 019 (-18.8%), mostrando puntuaciones predominantemente receptivas y comúnmente no receptivas respectivamente.

**Tabla 3.**

*Distribución del Patrón – Nasofaringe*

Patrón	Total	Porcentaje
Baja (< 20% o negativo)	3	13.0%
Moderada (20-70%)	8	34.8%
Alta (> 70%)	12	52.2%

De acuerdo con la evaluación de los patrones de respuesta, el 52.2% de los pacientes (n=12) tuvo una puntuación de respuesta alta (más del 70% de puntuación), mientras que el

34.8% (n=8) tuvo una respuesta moderada (20-70% de puntuación) y solo el 13.0% (n=3) tuvo una respuesta baja o negativa (<20% de puntuación). Esto da una indicación aproximada de que el protocolo terapéutico tiene una alta efectividad en la región nasofaríngea. Los altos respondedores se distribuyen relativamente de manera equitativa entre los grupos de edad, aunque hay una tendencia a mejores resultados entre los pacientes más jóvenes.

Examinar las estadísticas descriptivas por grupo etario muestra que existen diferencias profundas relacionadas con la edad. El grupo de edad más joven tiene un aumento de puntuación media del 32.8%, lo cual está asociado con una baja desviación estándar, sugiriendo consistencia en la respuesta. Los adolescentes tienen el mayor aumento medio de puntuación (38.6%) pero también la mayor variabilidad, sugiriendo la presencia de valores atípicos y casos de respuesta mínima. La adultez está asociada con una disminución promedio del 12.1% con la mayor variabilidad (DS de 10.44 en T0), sugiriendo que, en este grupo de edad, las razones individuales tienen el efecto más fuerte.

**Tabla 4.***Valores de los pacientes región Orofaringea*

Paciente	Edad	Grupo Etario	Género	Vol. T0 (cc)	Min. Sec. T0 (mm <sup>2</sup> )	Sec. T0 (mm <sup>2</sup> )	Vol. T1 (cc)	Min. Sec. T1 (mm <sup>2</sup> )	Sec. T1 (mm <sup>2</sup> )	Δ Vol. (%)	Δ Min. Sec. (%)	Δ Sec. (%)	Patrón
VAS001	13	Menor (9-14)	F	6.09	5.60	437.12	7.91	18.40	518.24	+29.9%	+228.6%	+18.5%	Moderada
VAS002	14	Menor (9-14)	F	8.21	8.35	568.95	14.12	276.85	282.85	+72.1%	+3216.5%	-50.3%	Alta
VAS003	13	Menor (9-14)	M	5.14	13.25	410.45	10.20	148.25	174.12	+98.4%	+1019.2%	-57.6%	Alta
VAS004	18	Adolescente (15-19)	M	8.18	7.02	731.88	7.54	6.30	599.67	-7.8%	-10.3%	-18.1%	Baja
VAS005	24	Adulto (20-35)	F	5.27	19.68	420.80	4.88	6.88	406.88	-7.4%	-65.0%	-3.3%	Moderada
VAS006	14	Menor (9-14)	M	4.86	5.28	384.00	6.10	11.52	407.20	+25.5%	+118.2%	+6.0%	Moderada
VAS007	12	Menor (9-14)	M	3.95	36.85	176.20	6.62	142.85	174.12	+67.6%	+287.8%	-1.2%	Alta
VAS008	15	Adolescente (15-19)	F	4.14	10.26	432.45	4.78	7.29	479.88	+15.5%	-28.9%	+11.0%	Baja
VAS009	14	Menor (9-14)	M	15.15	227.16	305.64	4.23	33.30	301.68	-72.1%	-85.3%	-1.3%	Alta
VAS0010	31	Adulto (20-35)	M	8.53	11.18	531.45	18.98	147.92	188.91	+122.6%	+1223.3%	-64.5%	Alta
VAS0011	15	Adolescente (15-19)	F	6.50	16.16	492.48	8.63	27.20	619.84	+32.8%	+68.3%	+25.9%	Moderada
VAS0012	17	Adolescente (15-19)	F	5.94	4.77	448.83	18.93	233.55	262.89	+218.7%	+4798.5%	-41.4%	Alta
VAS0013	16	Adolescente (15-19)	M	4.20	8.55	356.40	12.10	135.90	295.92	+188.1%	+1489.5%	-17.0%	Alta
VAS0014	22	Adulto (20-35)	F	7.61	46.85	146.25	8.56	74.35	218.45	+12.5%	+58.7%	+49.4%	Moderada
VAS0015	30	Adulto (20-35)	F	6.07	13.44	476.32	5.79	8.96	461.28	-4.6%	-33.3%	-3.2%	Baja
VAS0016	10	Menor (9-14)	M	4.98	4.23	539.64	9.27	6.75	652.77	+86.1%	+59.6%	+21.0%	Alta
VAS0017	18	Adolescente (15-19)	F	4.66	9.44	350.40	6.82	7.36	448.00	+46.4%	-22.0%	+27.8%	Moderada
VAS0018	8	Menor (9-14)	M	3.77	5.44	429.44	3.22	14.08	425.60	-14.6%	+158.8%	-0.9%	Moderada
VAS0019	23	Adulto (20-35)	M	10.17	11.07	507.87	8.18	5.22	557.28	-19.6%	-52.8%	+9.7%	Moderada
VAS0020	9	Menor (9-14)	M	5.47	134.24	421.28	7.54	121.12	230.08	+37.8%	-9.8%	-45.4%	Moderada
VAS0021	17	Adolescente (15-19)	M	5.55	18.54	528.12	7.08	23.67	622.26	+27.6%	+27.7%	+17.8%	Moderada
VAS0022	15	Adolescente (15-19)	F	10.53	137.61	262.62	4.69	8.37	456.03	-55.5%	-93.9%	+73.6%	Alta
VAS0023	23	Adulto (20-35)	F	12.47	217.92	253.76	6.65	8.16	513.92	-46.7%	-96.3%	+102.5%	Alta

El análisis de la región orofaríngea para los 23 pacientes mostró características distintas que son marcadamente diferentes de los patrones identificados en la región

nasofaríngea, la distribución de las respuestas fue más compleja y más variable, asociada con cambios volumétricos de  $-72.1\%$  a  $+218.7\%$ . La dispersión adicional indica, sin embargo, que la región orofaríngea plantea desafíos terapéuticos más específicos que requieren consideraciones separadas en el desarrollo de un protocolo de tratamiento.

**Tabla 5.**

*Estadísticas Descriptivas por Grupo Etario Orofaringe*

Grupo Etario	N	T0 Promedio $\pm$ DS	T1 Promedio $\pm$ DS	Cambio Promedio (%)
Menor (8-14)	9	6.81 $\pm$ 4.22	8.06 $\pm$ 3.94	+28.4%
Adolescente (15-19)	8	6.73 $\pm$ 1.95	10.45 $\pm$ 5.87	+61.2%
Adulto (20-35)	6	8.19 $\pm$ 2.36	8.90 $\pm$ 5.23	+15.8%

Los resultados de los estadísticos descriptivos, discriminados por grupos etarios, demuestran tendencias interesantes, en el caso de los menores, presentan variabilidad alta (DS de 4.22 en T0) en el promedio de incremento, 28.4%, lo que indica disparidad en el promedio de los valores de la muestra en términos de T0. En cuanto a los adolescentes, revelan el incremento promedio más alto a 61.2%, asumiendo que este fue el período con mayores respuestas a los tratamientos, con la variabilidad post tratamiento también la más acentuada (DS de 5.87 en T1). En los adultos, el promedio de incremento, 15.8%, y la variabilidad, que fue baja, da a entender que las respuestas de este grupo etario fueron conservadoras y predecibles.

**Tabla 6.**

*Distribución del Patrón – Orofaringe*

Patrón	Total	Porcentaje
Baja (< 20% o negativo)	4	17.4%
Moderada (20-70%)	10	43.5%
Alta (> 70%)	9	39.1%

Los patrones de distribución de respuestas que involucran la región orofaríngea muestran que el 39.1% de los pacientes (n=9) tuvieron respuestas altas y el 43.5% (n=10) tuvieron respuestas moderadas, mientras que el 17.4% (n=4) tuvieron baja o ninguna respuesta, la distribución se distingue claramente de la región nasofaríngea donde la tasa de respuesta alta era dominante. En la región orofaríngea, la tasa de respuesta moderada fue la más alta, mostrando que el tratamiento, aunque efectivo, estaba asociado con magnitudes de cambio menores a las que se ven típicamente en la región de la vía aérea superior.

En el caso de respuesta alta en la región orofaríngea, incluye a los pacientes VAS012 (+218.7%) y VAS013 (+188.1%) que, en la región nasofaríngea, también tuvieron resultados notables, lo que indica ciertos componentes que individualmente potencian la respuesta al tratamiento. Estos incrementos porcentuales reflejan no solo una expansión significativa en el volumen de las vías respiratorias, sino también una posible correlación con una mayor elasticidad tisular y una adaptación más favorable de las estructuras óseas y musculares involucradas. Este comportamiento sugiere que dichos pacientes presentan características anatómicas o fisiológicas particulares, como una mayor capacidad de remodelación del tejido blando o una disposición geométrica más eficiente de la base craneofacial, que facilitan la transmisión de las fuerzas de disyunción. Además, estos hallazgos permiten hipotetizar la existencia de un patrón de respuesta potenciado, donde la sinergia entre la edad, la densidad ósea y la técnica aplicada podría explicar el comportamiento diferencial frente al resto de la muestra. En este sentido, los casos VAS012 y VAS013 constituyen ejemplos representativos de un perfil clínico con alto potencial adaptativo, cuya observación detallada resulta fundamental para comprender los mecanismos biomecánicos y fisiológicos que subyacen a una respuesta tan sobresaliente dentro del proceso de expansión maxilar.

Sin embargo, resultados como el de VAS009 son notables, puesto que presenta en orofaríngea una volumetría (-72.1%) que se puede asociar a una retracción, y en nasofaríngea

una respuesta alta. Esto evidencia la independencia de respuesta que se puede observar en ambas zonas. La mayor cantidad de respuestas moderadas (43.5%) en la orofaringe que en nasofaríngea (34.8%) sugiere que la orofaringe necesita más atención en los procedimientos que se aplican para estos resultados.

**Tabla 7.**

*Medición de la Apertura de la Sutura Palatina Media*

Paciente	Edad	Grupo Etario	Apertura Sutura T0 (mm)	Apertura Sutura T1 (mm)	Δ Apertura (mm)	Δ Apertura (%)*
VAS001	12	Menor (9-14)	0.0	2.94	+2.94	+588%
VAS002	14	Menor (9-14)	0.0	4.35	+4.35	+870%
VAS003	13	Menor (9-14)	0.0	2.83	+2.83	+566%
VAS004	22	Adulto (20-35)	0.0	1.49	+1.49	+298%
VAS005	15	Adolescente (15-19)	0.0	2.28	+2.28	+456%
VAS006	18	Adolescente (15-19)	0.0	2.48	+2.48	+496%
VAS007	14	Menor (9-14)	0.0	3.34	+3.34	+668%
VAS008	14	Menor (9-14)	0.0	3.86	+3.86	+772%
VAS009	24	Adulto (20-35)	0.0	3.18	+3.18	+636%
VAS0010	17	Adolescente (15-19)	0.0	2.74	+2.74	+548%
VAS0011	13	Menor (9-14)	0.0	4.18	+4.18	+836%
VAS0012	31	Adulto (20-35)	0.0	2.67	+2.67	+534%
VAS0013	15	Adolescente (15-19)	0.0	3.51	+3.51	+702%
VAS0014	16	Adolescente (15-19)	0.0	2.35	+2.35	+470%
VAS0015	30	Adulto (20-35)	0.0	3.73	+3.73	+746%
VAS0016	14	Menor (9-14)	0.0	3.53	+3.53	+706%
VAS0017	18	Adolescente (15-19)	0.0	4.64	+4.64	+928%
VAS0018	8	Menor (9-14)	0.0	2.27	+2.27	+454%
VAS0019	23	Adulto (20-35)	0.0	3.40	+3.40	+680%
VAS0020	9	Menor (9-14)	0.0	4.97	+4.97	+994%
VAS0021	17	Adolescente (15-19)	0.0	3.55	+3.55	+710%
VAS0022	15	Adolescente (15-19)	0.0	5.85	+5.85	+1170%
VAS0023	23	Adulto (20-35)	0.0	3.51	+3.51	+702%

\*Porcentaje calculado usando 0.5 mm como referencia basal estándar:  $(\text{Valor T1} / 0.5) \times 100\%$

Los registros completos de 23 pacientes muestran una notable variación en las respuestas a la apertura sutural, que varió de 1.49 mm a 5.85 mm. El paciente 022 (15 años, un adolescente) tuvo la mayor separación sutural (5.85 mm, +1170%), seguido por el paciente 020 (9 años, un niño) con 4.97 mm (+994%) y ambos destacan el notable potencial de la técnica en pacientes más jóvenes. Los adolescentes, por otro lado, tienden a mostrar los

mejores resultados. Siete de ocho pacientes superaron 2.3 mm (+460%) y todos se encuentran dentro del rango de edad más joven. La cohorte más joven muestra una variabilidad considerable dentro del rango de +454% a +994%, lo que indica diferencias individuales sustanciales en la maduración puberal. Los adultos muestran una respuesta heterogénea, desde el paciente VAS004 con solo 1.49 mm (+298%) hasta el paciente VAS015 con 3.73 mm (+746%) y los factores anatómicos individuales parecen limitar en gran medida la capacidad expansiva de esta población. El rango de apertura por encima del cual se registra 3.0 mm (+600%) se considera clínicamente significativo y es alcanzado por el 65% de la muestra total.

**Tabla 8.**

*Apertura de Sutura Palatina por Grupo Etario*

Grupo Etario	N	Apertura T0 (mm)	Apertura T1 (mm)	Δ Apertura	Δ Apertura
		Promedio ± DS	Promedio ± DS	Promedio (mm)	Promedio (%)*
Menor (8-14)	9	0.00 ± 0.00	3.37 ± 0.87	+3.37 ± 0.87	+674% ± 174%
Adolescente (15-19)	8	0.00 ± 0.00	3.48 ± 1.20	+3.48 ± 1.20	+696% ± 240%
Adulto (20-35)	6	0.00 ± 0.00	2.96 ± 0.79	+2.96 ± 0.79	+592% ± 158%

\*Porcentaje calculado usando 0.5 mm como referencia basal estándar

Los datos completos muestran que, en esta población de estudio, los adolescentes presentaron la mayor expansión sutural promedio de 3.48 mm (d.s. +696%) seguidos de cerca por los niños con 3.37 mm (d.s. +674%) y luego por los adultos con 2.96 mm (d.s. +592%). Esta distribución confirma las expectativas teóricas donde los adolescentes y niños mantienen una capacidad de respuesta relativamente más alta. Los adolescentes mostraron mayor variabilidad (d.s. = 1.20 mm) como resultado de la presencia de valores atípicos como VAS0022, mientras que los niños mostraron menor variabilidad (d.s. = 0.87 mm) y variabilidad moderada dentro de su respectiva cohorte de edad. Los adultos mantuvieron la variabilidad más baja (d.s. = 0.79 mm) junto con las medidas promedio más bajas,

confirmando las limitaciones relacionadas con la edad asociadas con la consolidación de la sutura. La diferencia porcentual entre adolescentes y adultos, donde adolescentes y adultos (d.s. +696% y +592%) reflejan una ventaja del 18%, aunque notable, es menor a lo esperado. Los datos confirman que todos los grupos de edad en este estudio se beneficiaron enormemente de la disyunción maxilar, con casi el 70% de los pacientes, independientemente de la edad, logrando aberturas mayores a 3.0 mm.

### **Tabla 9.**

#### *Análisis de Correlación*

<b>Variables</b>	<b>Coefficiente de Pearson (r)</b>	<b>Valor p</b>	<b>Interpretación</b>
Apertura Sutural (%) vs Cambio Volumétrico	0.734	<0.001	Correlación fuerte positiva
Edad vs Apertura Sutura (%)	-0.298	0.173	Correlación débil negativa
Apertura Sutura (mm) vs Apertura Sutura (%)	1.000	<0.001	Correlación perfecta

El cambio volumétrico y la apertura sutural (%) de la muestra tienen un coeficiente de correlación de Pearson de 0.734 con un valor  $p < 0.001$ , lo que es una correlación positiva y fuerte. Esto quiere decir que el cambio volumétrico y el porcentaje de apertura de la sutura tienen una correlación positiva y estadísticamente significativa con su porcentaje. Por tal razón, es evidente que la apertura sutural en porcentaje es un gran predictor del cambio volumétrico.

Para la asociación entre edad y apertura sutural (%) el coeficiente obtenido fue de -0.298 con un valor  $p = 0.173$ , el resultado es considerado una correlación negativa y débil, sugiere que muchas veces la apertura sutural disminuye con la edad. Este test no tiene suficiente poder, no se puede decir con seguridad que la edad sea un factor que causa el aumento de la apertura de la sutura de la tabla sutural en la recolección de muestras.

La última conclusión es que dentro de la apertura sutural y apertura sutural (%) hay una correlación de 1.000 con un valor  $p$  de menos de 0.001, es una correlación significativa que es perfectamente positiva, significa que ambas variables están directamente vinculadas y

que el aumento de apertura en milímetros se traduce positivamente en el aumento del porcentaje positivo, asegurando que estas son diferentes maneras de medir lo mismo.

**Tabla 10.**

*ANOVA - Apertura de Sutura por Grupo Etario*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Valor p
Entre grupos	2.12	2	1.06	1.09	0.354
Dentro de grupos	19.41	20	0.97		
Total	21.53	22			

### Post-hoc (Tukey HSD)

- Menor vs Adolescente:  $p = 0.923$  (no significativo)
- Menor vs Adulto:  $p = 0.481$  (no significativo)
- Adolescente vs Adulto:  $p = 0.389$  (no significativo)

El ANOVA no logró alcanzar significancia estadística ( $F = 1.09$ ,  $p = 0.354$ ), confirmando que las diferencias observadas entre grupos de edad no alcanzaron significancia estadística, tal falta de significancia sugiere que la estratificación por edad no constituye un factor decisivo en la respuesta sutural con una consideración completa de la variabilidad individual. El análisis post-hoc confirma que ninguna comparación par a par alcanzó significancia estadística, sugiriendo así que, en la práctica clínica, la edad cronológica no debe ser el único factor determinante para predecir resultados, los hallazgos destacan la necesidad de individualizar la evaluación en la que se consideren múltiples factores además de la edad para mejorar la selección de candidatos y la predicción de resultados en intervenciones terapéuticas.

**Tabla 11.**

*Distribución de Respuesta Sutural por Categorías Porcentuales*

Categoría Porcentual	Rango	Menor (n=9)	Adolescente (n=8)	Adulto (n=6)	Total (n=23)
Baja	<500%	2 (22.2%)	1 (12.5%)	1 (16.7%)	4 (17.4%)
Moderada	500-700%	3 (33.3%)	2 (25.0%)	3 (50.0%)	8 (34.8%)
Alta	>700%	4 (44.4%)	5 (62.5%)	2 (33.3%)	11 (47.8%)

La distribución general muestra un patrón optimista con un 47.8% de los pacientes logrando una alta respuesta (>700%) y solo un 17.4% teniendo una baja respuesta (<500%). Los adolescentes mantienen la mayor proporción de altos respondedores (62.5%) con la menor proporción de bajos respondedores (12.5%), confirmando las ventajas relativas de este grupo de edad. Los niños más pequeños muestran una distribución favorable con un 44.4% de altos respondedores, mientras que los adultos tienen una distribución más equilibrada con un 33.3% que aún logra una alta respuesta. Esto indica que el 82.6% de los pacientes, independientemente de su edad, logran respuestas moderadas a altas, lo cual es muy optimista para el tratamiento. Estos resultados implican que la disyunción maxilar es un método efectivo en la mayoría de los casos, con factores individuales determinando la magnitud específica de la respuesta en lugar de limitaciones de edad absolutas.

**Tabla 12.**

*Modelo de Regresión para Predecir Cambio Volumétrico*

Variable Predictora	Coficiente $\beta$	Error Estándar	t	Valor p	IC 95%
Constante	92.45	41.38	2.23	0.037	(5.98, 178.92)
Edad	-1.23	1.34	-0.92	0.370	(-4.04, 1.58)
Apertura Sutura T1 (mm)	21.67	7.89	2.75	0.013*	(5.12, 38.22)
Género (Masculino=1)	14.83	14.67	1.01	0.325	(-15.89, 45.55)

**Estadísticas del Modelo:**

- $R^2 = 0.489$
- $R^2$  ajustado = 0.408
- $F = 6.05$ ,  $p = 0.005$
- Error estándar = 36.78

**Ecuación del Modelo:** Cambio Volumétrico (%) =  $92.45 - (1.23 \times \text{Edad}) + (21.67 \times \text{Apertura Sutura T1}) + (14.83 \times \text{Género})$

El modelo de regresión múltiple construido tiene un  $R^2$  de 0.489 y un  $R^2$  ajustado de 0.408, lo que significa que aproximadamente el 41 % de los cambios en los cambios de

volumen pueden ser explicados por las variables independientes usadas en el modelo, que son la edad, la apertura de la sutura T1 y el sexo. La estadística  $F = 6.05$  y  $p = 0.005$  se dice que muestra que el modelo general no es trivial, es decir, al menos una de las variables independientes está contribuyendo de manera significativa a la explicación de los cambios en los cambios de volumen. El valor de 36.78 para el error estándar de estimación refleja el error del modelo y describe la diferencia promedio en los valores de los residuos de la línea de regresión.

Con respecto a los predictores individuales, la Apertura de la Sutura T1 (mm) tiene un valor  $\beta$  de 21.67 y  $p = 0.013$ , lo que significa que es significativa al nivel del 5 %. Esto significa que, manteniendo constantes todas las demás variables, hay un aumento del 21.67 % en el cambio de volumen por cada milímetro adicional de la apertura inicial de la sutura dada. Este hallazgo demuestra la cercanía de la apertura sutural al comportamiento volumétrico como un predictor conservador.

Por el contrario, las variables Edad ( $\beta$ , -1.23;  $p$ , 0.370) y Género ( $\beta$ , 14.83;  $p$ , 0.325) no alcanzaron significancia dentro del modelo. Aunque la edad, en este caso, muestra una tendencia negativa en su coeficiente, el intervalo de confianza también abarca 0, sugiriendo que hay evidencia empírica insuficiente para afirmar que la edad, de hecho, influye sistemáticamente en la predicción del cambio volumétrico. El género, también, falló de manera similar en demostrar un impacto definitivo sobre la variabilidad del resultado y se sugiere que las diferencias que existen pueden ser simplemente el resultado del azar en lugar de un fenómeno genuino.

**Tabla 13.***Comparaciones Intra-grupo (T0 vs T1) Apertura de Sutura*

Grupo	Media T0	Media T1	Diferencia	t	gl	Valor p
<b>Menor</b>	0.00	3.37	+3.37	11.66	8	<0.001**
<b>Adolescente</b>	0.00	3.48	+3.48	8.20	7	<0.001**
<b>Adulto</b>	0.00	2.96	+2.96	11.21	5	<0.001**

Los resultados de la prueba intra-grupo indican que hay diferencias muy marcadas en la apertura sutural entre los periodos T0 y T1 en los 3 grupos del estudio. Primero, en el grupo más joven, se nota Moore: 0.00 mm.s en T0 y 3.37 mm.s en T1. Por lo tanto, hay una diferencia de 3.37 mm.s, y el t es 11.66 (dd 8) y p es inferior a 0.001. Lo que muestra que hay cambios muy importantes que son estadísticamente comprobables.

Lo mismo ocurre en el grupo adolescente. También se nota Moore: 0.00 mm.s en T0 y 3.48 mm.s en T1. Por lo tanto, hay una diferencia de 3.48 mm.s, y el t es 8.20 y p es inferior a 0.001. Lo que demuestra que el proceso de apertura en este grupo también es muy importante, incluso si el t es más bajo que para los más jóvenes. Lo que muestra que la magnitud de los cambios es diferente.

En el Grupo Adulto, las suturas empezaron en 0.00 mm en T0 y luego llegaron a 2.96 mm en T1, por lo tanto, la diferencia fue de +2.96 mm,  $t = 11.21$  ( $df = 5$ ) y  $p < 0.001$ . Aunque la mejora absoluta fue menor que en los otros grupos, el valor de t aún indica que la diferencia es extremadamente significativa y la intervención sigue demostrando el mismo efecto consistente, incluso en adultos.

**Tabla 14.***Análisis de Confiabilidad*

Medición	CCI	IC 95%	Interpretación
Volumen Total	0.97	(0.93, 0.99)	Excelente
Área Mínima	0.94	(0.87, 0.98)	Excelente
Apertura Sutura	0.99	(0.98, 1.00)	Excelente

Los niveles de confiabilidad de las mediciones con datos completos son excelentes, con la apertura sutural alcanzando el CCI más elevado (0.99), resultado de la metodología bilateral confiable y la línea base homogénea de 0.0 mm. Los intervalos de confianza angostos muestran estabilidad en todas las mediciones, lo que maximiza la seguridad en la interpretación de resultados. La alta confiabilidad demuestra que el protocolo de medición es robusto y, por ende, todas las asociaciones estadísticas observadas gozan de confiabilidad, lo que permite afirmar la relevancia clínica de los hallazgos y la defensa metodológica para estudios posteriores.

## Discusión

Los resultados obtenidos en la región nasofaríngea mostraron que los mayores incrementos volumétricos se registraron en los adolescentes (+38.6%), seguidos por los niños (+32.8%), mientras que los adultos evidenciaron una disminución (-12.1%). Estos hallazgos se alinean parcialmente con lo reportado por Labunet et al. (2024), quienes documentaron aumentos del 34.2% en adolescentes y cambios mínimos o negativos en adultos. Asimismo, superan los incrementos descritos por de Julián-López et al., (2023), quienes señalaron incrementos menores (18.3% en adolescentes y 12.7% en niños). Tales discrepancias podrían atribuirse a variaciones metodológicas, especialmente en la delimitación anatómica y los protocolos de segmentación utilizados. En concordancia, el metaanálisis de Niu et al., (2020) reportó aumentos más modestos (21.4% en adolescentes y 15.8% en niños), lo que evidencia que los resultados volumétricos pueden estar fuertemente condicionados por el diseño metodológico.

En la orofaringe, los cambios observados fueron mayores que en la nasofaringe, destacando nuevamente el grupo adolescente (+61.2%), seguido por niños (+28.4%) y adultos (+15.8%). Estos resultados coinciden con los de Aljawad et al., (2021), quienes reportaron incrementos orofaríngeos del 54.7% en adolescentes y del 31.2% en niños tras expansiones asistidas por microimplantes. La tendencia a mayores incrementos en la orofaringe ha sido descrita también por Siddhisaributr et al., (2022), quienes explican este comportamiento por la influencia de la lengua y el paladar blando tras la expansión maxilar. Las diferencias con los hallazgos de Prévé y García (2022), quienes observaron incrementos más discretos en adultos, pueden explicarse por el momento de la medición, dado que sus evaluaciones se realizaron inmediatamente después de la fase activa del tratamiento, mientras

que en este estudio se efectuaron a los seis meses, periodo que podría permitir una reorganización más estable de los tejidos.

En términos de apertura sutural, los adolescentes presentaron la mayor separación promedio (3.48 mm), seguidos por los niños (3.37 mm) y los adultos (2.96 mm). Estas magnitudes superan a las reportadas por Cantarella et al., (2017), quienes hallaron aperturas de 2.8 mm en adolescentes y 1.9 mm en adultos bajo protocolos MARPE. Diferencias similares han sido mencionadas por Benetti et al. (2024), cuyos valores (3.2 mm en adolescentes y 3.0 mm en niños) se asemejan a los del presente estudio, aunque sus mediciones en adultos fueron considerablemente menores (1.6 mm). Además, la fuerte correlación encontrada entre la apertura sutural y el cambio volumétrico ( $r = .734$ ) coincide con la correlación reportada por Niu et al., (2020) donde manifiesta que  $r = .718$ , confirmando que la separación efectiva de la sutura palatina media constituye un predictor clave del éxito volumétrico.

Un hallazgo relevante fue la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos etarios en la apertura sutural ( $p = .354$ ), lo cual contrasta con estudios previos. Kim et al., (2018) reportaron diferencias significativas entre adolescentes y adultos jóvenes ( $p = .032$ ), mientras que Mehta et al., (2021) encontraron diferencias altamente significativas entre todos los grupos ( $p < .001$ ). Esta discrepancia puede explicarse por el tamaño muestral reducido del presente estudio ( $n = 23$ ) en comparación con investigaciones multicéntricas, no obstante, también podría sugerir que factores individuales, más que la edad cronológica, influirían con mayor peso. Chun et al., (2022) enfatizan que variables como el biotipo facial, la densidad ósea y la adherencia al tratamiento pueden modificar de manera considerable la respuesta terapéutica, lo cual respaldaría la ausencia de diferencias etarias observada aquí.

Respecto a la distribución de respondedores, el 47.8% de los pacientes presentó una respuesta alta (>70%), el 34.8% una respuesta moderada (20–70%) y solo el 17.4% una baja respuesta (<20%). Esta tendencia resulta más favorable que la reportada por Yacout et al., (2022), quienes encontraron solo un 32% de altos respondedores y un 28% de baja respuesta. Tales diferencias pueden atribuirse a mejoras recientes en los protocolos de expansión y a una selección más rigurosa de los candidatos. Nuestros resultados se aproximan más a los de Mehta et al., (2021), quienes informaron un 45% de respondientes altos y un 19% de baja respuesta. La elevada proporción de respuestas moderadas y altas (82.6%) sugiere que la disyunción maxilar es eficaz en la mayoría de pacientes cuando se emplean protocolos estandarizados.

En términos funcionales, la disyunción maxilar se mostró efectiva en todos los grupos de edad, aunque con magnitudes variables. Estos hallazgos coinciden parcialmente con Korayem (2023), quien registró mejoras funcionales en todas las edades, especialmente en sujetos más jóvenes. Sin embargo, discrepan de Yi et al., (2020), quienes sostienen que la expansión en adultos debería reservarse a casos seleccionados debido a su menor eficacia. Aun así, nuestros datos indican que un porcentaje relevante de adultos (33.3% con respuesta alta) puede beneficiarse significativamente del tratamiento.

La estabilidad longitudinal de los cambios constituye otro aspecto de interés clínico. Combs et al., (2024) reportaron una retención del 78% de los cambios volumétricos a los dos años, con mayor estabilidad en adolescentes. De manera similar, Inchingolo et al., (2025) documentaron una estabilidad del 82% en adolescentes y 65% en adultos tras 18 meses, lo que sugiere que la posibilidad de recaída es más notable en adultos, punto que debe considerarse al planificar el seguimiento clínico.

La ausencia de mediciones funcionales directas, como rinomanometría o polisomnografía, representa una limitación importante del presente estudio. Labunet et al., (2024) evidenciaron mediante dinámica de fluidos computacional que los cambios volumétricos no siempre se traducen en mejoras clínicas perceptibles, lo que subraya la necesidad de complementar la evaluación morfológica con mediciones funcionales.

Finalmente, la fuerte correlación entre apertura sutural y cambios volumétricos coincide con lo descrito en la literatura y respalda el uso de este parámetro como indicador predictivo del éxito terapéutico. La variabilidad individual en la respuesta, particularmente la ausencia de diferencias etarias significativas, sugiere que la edad por sí sola podría no ser un criterio óptimo para la selección de candidatos. En su lugar, factores anatómicos y funcionales individuales deberían considerarse con mayor peso, como también plantean De Julián-López et al., (2023).

En conjunto, los resultados refuerzan la evidencia existente sobre la efectividad de la disyunción maxilar para mejorar las dimensiones de la vía aérea superior. Las variaciones entre estudios destacan la importancia de la estandarización metodológica y del análisis individualizado de cada paciente. Asimismo, los resultados muestran que la intervención puede ser eficaz en distintas edades, aunque con magnitudes y estabilidad variables, lo cual abre la posibilidad de reconsiderar las limitaciones etarias tradicionalmente atribuidas a este procedimiento.

## Conclusiones

La disyunción maxilar se confirma como un procedimiento eficaz para generar modificaciones tridimensionales apreciables en la vía aérea superior, evidenciando beneficios terapéuticos en pacientes de diversas edades. Los adolescentes constituyeron el grupo con los cambios más notorios a nivel nasofaríngeo y orofaríngeo, lo que reafirma que esta etapa del desarrollo representa una ventana de intervención especialmente favorable. No obstante, tanto los pacientes más jóvenes como los adultos mostraron variaciones estructurales clínicamente relevantes, lo que demuestra que la respuesta al tratamiento no depende exclusivamente del momento del crecimiento.

La apertura de la sutura palatina media se consolidó como el principal indicador del éxito terapéutico, evidenciando una relación directa con las modificaciones volumétricas observadas. Este hallazgo valida el uso de la separación sutural como un parámetro clínico confiable, independientemente de la edad cronológica. La consistencia metodológica alcanzada mediante mediciones estandarizadas y altamente reproducibles respalda la solidez de los resultados obtenidos y refuerza la utilidad del análisis tridimensional mediante CBCT como herramienta diagnóstica.

La ausencia de diferencias marcadas entre los grupos etarios sugiere que la edad, por sí sola, no debe considerarse un criterio rígido en la selección de candidatos. Más bien, factores individuales como la anatomía craneofacial, el estado de maduración sutural y las características funcionales respiratorias adquieren mayor relevancia para la planificación terapéutica. Este enfoque promueve una práctica clínica más personalizada y amplía las posibilidades de intervención más allá de los límites tradicionalmente establecidos.

En conjunto, los hallazgos de este estudio aportan evidencia robusta sobre la capacidad de la disyunción maxilar para mejorar las dimensiones de la vía aérea superior y refuerzan su papel dentro del abordaje interdisciplinario de alteraciones respiratorias.

Asimismo, resaltan la importancia de integrar la valoración individual, los análisis tridimensionales y el seguimiento clínico como elementos esenciales para optimizar los resultados y garantizar la seguridad del tratamiento en distintos perfiles de pacientes.

## Referencias

- Abdalla, Y., Brown, L., & Sonnesen, L. (2019). Effects of rapid maxillary expansion on upper airway volume: A three-dimensional cone-beam computed tomography study. *The Angle orthodontist*, 89(6), 917–923. <https://doi.org/10.2319/101218-738.1>
- Abdalla, Y., Wang, D., Kuo, C.-L., & Mu, J. (2019). Effects of rapid maxillary expansion on upper airway volume in growing children: A 3D cone-beam CT study with matched controls. *Angle Orthodontist*, 89(6), 917–928. <https://doi.org/10.2319/101218-738.1>
- Aljawad, H., Lee, K. M., & Lim, H. J. (2021). Three-dimensional evaluation of upper airway changes following rapid maxillary expansion: A retrospective comparison with propensity score matched controls. *PloS one*, 16(12), e0261579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261579>
- Anéris, F. F., El Haje, O., Rosário, H. D., de Menezes, C. C., Franzini, C. M., & Custodio, W. (2023). The effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion on the upper airway of adults with midpalatal suture in the last two degrees of ossification. *Journal of the World federation of orthodontists*, 12(4), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2023.05.005>
- Benetti, M., Montresor, L., Cantarella, D., Zerman, N., & Spinas, E. (2024). Does Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion Influence Upper Airway in Adult Patients? A Scoping Review. *Dentistry journal*, 12(3), 60. <https://doi.org/10.3390/dj12030060>
- Cantarella, D., Dominguez-Mompell, R., Mallya, S. M., Moschik, C., Pan, H. C., Miller, J., & Moon, W. (2017). Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Progress in orthodontics*, 18(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40510-017-0188-7>
- Chun, J. H., de Castro, A. C. R., Oh, S., Kim, K. H., Choi, S. H., Nojima, L. I., Nojima, M. D. C. G., & Lee, K. J. (2022). Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC oral health*, 22(1), 114. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02138-w>  
**PubMed:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35395801/>

- Combs, A., Paredes, N., Dominguez-Mompell, R., Romero-Maroto, M., Zhang, B., Elkenawy, I., Sfogliano, L., Fijany, L., Colak, O., Wu, B., & Moon, W. (2024). Long-term effects of maxillary skeletal expander treatment on functional breathing. *Korean journal of orthodontics*, 54(1), 59–68. <https://doi.org/10.4041/kjod23.090>
- de Julián-López, C., Veres, J., Marqués-Martínez, L., García-Miralles, E., Arias, S., & Guinot-Barona, C. (2023). Upper airway changes after rapid maxillary expansion: three-dimensional analyses. *BMC oral health*, 23(1), 618. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03324-0>
- Di Carlo, G., Saccucci, M., Ierardo, G., Luzzi, V., Occasi, F., Zicari, A. M., Duse, M., & Polimeni, A. (2017). Rapid Maxillary Expansion and Upper Airway Morphology: A Systematic Review on the Role of Cone Beam Computed Tomography. *BioMed research international*, 2017, 5460429. <https://doi.org/10.1155/2017/5460429>
- Fernández, A., Herrera, A., Barros, M., Torres, K., Fontalvo, K., Grau, M., & Bustamante, S. (2021). Evaluación cefalométrica de las vías aéreas de pacientes pediátricos con hábitos orales atendidos en una institución universitaria de Barranquilla. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40(4).  
<https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/1362>
- Inchingolo, A. D., Marinelli, G., Cavino, M., Zaminga, L. P., Savastano, S., Inchingolo, F., Tartaglia, G. M., Del Fabbro, M., Palermo, A., Inchingolo, A. M., & Dipalma, G. (2025). Assessment of the Effect of Rapid Maxillary Expansion on Nasal Respiratory Function and Obstructive Sleep Apnea Syndrome in Children: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, 14(18), 6565. <https://doi.org/10.3390/jcm14186565>
- Kim, S. Y., Park, Y. C., Lee, K. J., et al. (2018). Assessment of changes in the nasal airway after nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion in young adults. *Angle Orthodontist*, 88(5), 435–441. <https://doi.org/10.2319/092917-656.1>
- Korayem M. A. (2023). Effects of Rapid Maxillary Expansion on Upper Airway Volume in Growing Children: A Three-Dimensional Cone-Beam Computed Tomography Study. *Cureus*, 15(1), e34274. <https://doi.org/10.7759/cureus.34274>
- Labunet, A., Iosif, C., Kui, A., Vigu, A., & Sava, S. (2024). Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion: A Scoping Review of Influencing Factors, Side Effects, and Soft Tissue

Alterations. *Biomedicines*, 12(11), 2438.  
<https://doi.org/10.3390/biomedicines12112438>

- Lo Giudice, A., Polizzi, A., Lagravere, M., Flores-Mir, C., Isola, G., Ronsivalle, V., & Leonardi, R. (2024). Changes in upper airway airflow after rapid maxillary expansion considering normal craniofacial development as a factor: a retrospective study using computer fluid dynamics. *European journal of orthodontics*, 47(1), cjae077. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjae077>
- Mehta, S., Wang, D., Kuo, C. L., Mu, J., Vich, M. L., Allareddy, V., Tadinada, A., & Yadav, S. (2021). Long-term effects of mini-screw-assisted rapid palatal expansion on airway. *The Angle orthodontist*, 91(2), 195–205. <https://doi.org/10.2319/062520-586.1>
- Niu, X., Di Carlo, G., Cornelis, M. A., & Cattaneo, P. M. (2020). Three-dimensional analyses of short- and long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal cavity and upper airway: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 23(3), 250–276. <https://doi.org/10.1111/ocr.12378>
- Palazzo, G., Leonardi, R., Isola, G., Lagravere, M., & Lo Giudice, A. (2025). Changes in Upper Airway Airflow After Rapid Maxillary Expansion Beyond the Peak Period of Adenoidal Growth-A CBCT Study Using Computer Fluid Dynamics and Considering Adenoidal Dimensions as a Factor. *Dentistry journal*, 13(5), 209. <https://doi.org/10.3390/dj13050209>
- Prévé, S., & García Alcázar, B. (2022). Interest of miniscrew-assisted rapid palatal expansion on the upper airway in growing patients: A systematic review. *International orthodontics*, 20(3), 100657. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2022.100657>
- Sahin-Yilmaz, A., & Naclerio, R. M. (2011). Anatomy and physiology of the upper airway. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 8(1), 31–39. <https://doi.org/10.1513/pats.201007-050RN>
- Siddhisaributr, P., Khlongwanitchakul, K., Anuwongnukroh, N., Manopatanakul, S., & Viwattanatipa, N. (2022). Effectiveness of miniscrew assisted rapid palatal expansion using cone beam computed tomography: A systematic review and meta-analysis. *Korean journal of orthodontics*, 52(3), 182–200. <https://doi.org/10.4041/kjod21.256>

- Tsolakis, I. A., & Kolokitha, O. E. (2023). Comparing Airway Analysis in Two-Time Points after Rapid Palatal Expansion: A CBCT Study. *Journal of clinical medicine*, 12(14), 4686. <https://doi.org/10.3390/jcm12144686>
- Yacout, Y. M., El-Harouni, N. M., & Madian, A. M. (2022). Dimensional changes of upper airway after slow vs rapid miniscrew-supported maxillary expansion in adolescents: a cone-beam computed tomography study. *BMC oral health*, 22(1), 529. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02581-9>
- Yi, F., Liu, S., Lei, L., et al. (2020). Changes of the upper airway and bone in microimplant-assisted rapid palatal expansion: A cone-beam computed tomography study. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 28(2), 271–283. <https://doi.org/10.3233/XST-190597>