
Trabajo Fin de Grado
Grado en odontología

**Influencia de la expansión rápida maxilar en la
luz de las vías respiratorias altas
Estudio piloto**

Egilea /Autor:

Naiara Alcorta Aguirreureta

Zuzendaria / Directora:

Estibaliz Rámila Sanchez

Zuzendarikidea / Codirector:

Alberto Anta Escudero

© 2018, Naiara Alcorta Aguirreureta

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. HIPÓTESIS | 7 |
| 3. OBJETIVO..... | 8 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS | 8 |
| 5. RESULTADOS..... | 15 |
| 6. DISCUSIÓN | 24 |
| 7. CONCLUSIONES | 27 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 28 |
| 9. ANEXOS..... | 34 |
| 9.1. ANEXO I. Consentimiento informado | 34 |
| 9.2. ANEXO II. Informe CEISH/UPV..... | 36 |

1. INTRODUCCIÓN

La respiración es el proceso fisiológico indispensable para la vida de los seres humanos. Es un proceso complejo, llevado a cabo mediante el sistema respiratorio, que se inicia con la ventilación de los pulmones y la difusión de los gases entre los pulmones y la sangre. Al mismo tiempo, los pulmones son perfundidos con sangre, que transporta los gases entre los pulmones y los tejidos, donde tienen lugar los procesos bioquímicos de la respiración celular (Mulroney y Myers, 2011).

El aparato respiratorio comienza en la nariz y termina en el alvéolo más distal. Por tanto, en el aparato respiratorio se incluyen la *cavidad nasal*, la *faringe posterior*, la *glotis* y las *cuerdas vocales*, la *tráquea* y todas las *ramas del árbol traqueobronquial*. La vía respiratoria alta incluye todas las estructuras localizadas entre la nariz y las cuerdas vocales, incluidos los *senos* y la *laringe*, mientras que las vías respiratorias bajas incluyen la tráquea, las vías aéreas y los alvéolos (**Figura 1**). La principal función de la vía respiratoria alta es <<preparar>> el aire inspirado para que, cuando llegue a la tráquea, tenga la misma temperatura del cuerpo y esté totalmente humidificado (Koeppen y Stanton, 2009).

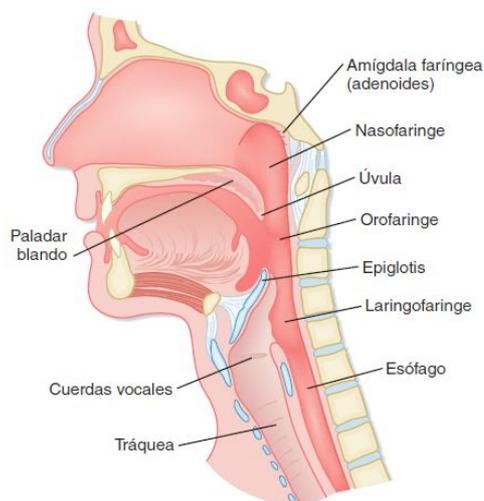


Figura 1. Elementos anatómicos de las vías respiratorias altas. (Koeppen y Stanton, 2009).

La nariz es la vía natural para el ingreso del aire en el tracto respiratorio durante la respiración normal. La boca actúa como una vía aérea alternativa cuando las fosas

nasales están obstruidas o cuando existe la necesidad de intercambiar grandes cantidades de aire, como ocurre durante el ejercicio (Porth, 2007).

De acuerdo con la teoría de la matriz funcional de Moss, solamente la respiración nasal permite un adecuado crecimiento del complejo dentofacial. Esta teoría se basa en que la actividad de la respiración nasal, influye en el desarrollo de las estructuras craneofaciales, favoreciendo su crecimiento con armonía, interactuando adecuadamente con la masticación y deglución. Esta teoría afirma que, durante la respiración, el continuo flujo del aire en las vías respiratorias produce un estímulo constante para el crecimiento lateral del maxilar y descenso de la bóveda palatina. Asimismo, los músculos implicados en la respiración actúan sobre las estructuras óseas en las que se anclan repercutiendo en su forma, tamaño y posición (Moss y Salentijn, 1969).

Además, en el crecimiento de los maxilares y las estructuras óseas circundantes, son fundamentales ciertos estímulos, que en su ausencia podrían provocar alteraciones en el patrón de crecimiento, siendo la posición lingual una de ellas. Según García (2011) en la respiración nasal, el aire ingresa libremente por la nariz con un cierre inmediato de la boca, originándose así una presión negativa entre la lengua y el paladar duro durante la inspiración; la lengua se eleva y se proyecta contra el paladar, ejerciendo un estímulo positivo para su desarrollo. Cuando la respiración se realiza por la boca, la lengua se ubica en una posición descendente para permitir la entrada del aire, eliminando así su efecto/fuerza sobre el paladar.

Según Lione et al. (2015) la respiración oral prolongada en sujetos en crecimiento, influye en el desarrollo de un paladar morfológicamente diferente, con una bóveda palatina más alta y estrecha comparando con sujetos que presentan un patrón respiratorio nasal. Por lo tanto, la respiración bucal producirá una función respiratoria perturbada con cambios tanto estructurales como funcionales en el complejo nasomaxilar (Boj, Catalá, García-Ballesta y Mendoza, 2005).

Respecto a la etiología responsable, hay múltiples motivos que pueden causar la implantación de un patrón respiratorio oral total o dominante frente a la nasal. De mayor a menor frecuencia las causas se deben en un 39% a hipertrofia de amígdalas y adenoides, 34% a rinitis alérgicas, 19% a desviación del tabique nasal, 12% a

hipertrofia idiopática de cornetes y otros porcentajes en menor grado a pólipos, tumores, etc. (García, 2011).

Debido a la alteración respiratoria, las modificaciones estructurales y funcionales que surgen en el crecimiento y desarrollo del complejo nasomaxilar, se asocian a una facies típica en los respiradores bucales. Este aspecto facial característico se denomina desde hace muchos años *facies adenoidea*, *síndrome de cara larga* y *exceso vertical del maxilar*. (**Figura 2**). Los signos faciales que se asocian con una respiración predominantemente bucal son la altura excesiva en la parte anterior de la cara, la incompetencia de la postura labial, la protrusión de los dientes superiores, unas narinas anchas, un plano mandibular inclinado y mordida cruzada posterior (Graber, Vanarsdall y Vig, 2006).



Figura 2. Facies adenoidea. (Proffit, Fields y Sarver, 2008).

A la vista de las alteraciones descritas asociadas al hábito de la respiración oral, el papel desempeñado por el odontólogo/ortodoncista es importante en la corrección de las mismas. Como se ha mencionado anteriormente, esas alteraciones incluyen

dimensiones transversales estrechas, dientes protruyentes y labios separados en reposo (Proffit et al., 2008). **(Figura 3)**.



Figura 3. Dimensiones transversales estrechas. Compresión maxilar y mordida cruzada posterior. (Proffit et al., 2008)

Considerando el campo de la odontología, la finalidad del tratamiento no es la corrección de la respiración oral, sino llevar a cabo la terapéutica adecuada que intervenga en el crecimiento del paciente para así, modificar los cambios que se han producido en el desarrollo del complejo nasomaxilar consiguiendo una relación intermaxilar y oclusión adecuadas. En este sentido, el tratamiento que se ha empleado con tal objetivo, ha sido la expansión maxilar, ya que está indicada en casos de deficiencia maxilar, con gran apiñamiento, o con oclusión cruzada bilateral y también en casos de Clase III por deficiencia maxilar (Bravo, 2007).

Fue Angle en 1860 el primero en describir la posibilidad de abrir la sutura palatina media para la corrección de la compresión maxilar. Hass publicó los primeros estudios que esclarecieron los beneficios reales de este procedimiento terapéutico (Badreddine, Fujita y Cappellette Jr., 2017). Eysel fue el primer otorrinolaringólogo en estudiar los efectos de la expansión maxilar en las dimensiones de la cavidad nasal en el año 1886, y vio que debido a la expansión realizada ocurrían múltiples cambios en el maxilar, así como un aumento de la anchura nasal próxima a la sutura palatina media (Cappellette Jr., Alves, Nagai, Fujita y Pignatari, 2017).

A propósito de la biomecánica, la expansión rápida maxilar (ERM) es un procedimiento ortopédico que pretende aumentar la dimensión transversal de la

arcada superior por medio de la apertura de la sutura palatina media y así corregir la compresión maxilar y las posibles mordidas cruzadas posteriores. **(Figura 4)**. Se produce una fuerza muy potente y que además será aplicada de forma muy rápida. La consecuencia histológica es la isquemia, la anoxia y la hialinización ósea en las caras vestibulares de las raíces de todos los dientes posteriores de la arcada. Puesto que la hialinización impide el movimiento de las raíces a través del hueso, se produce la dehiscencia de la sutura palatina media. Es una especie de fractura terapéutica inducida por la combinación de la intensidad y la velocidad de aplicación de la fuerza. El periostio que recubre la sutura palatina media por ambos lados no se lesiona debido a su elasticidad y produce la regeneración ósea en la zona afectada (Bravo, 2007). No obstante, mediante este tratamiento ortopédico, no sólo se separa la sutura palatina media, sino que también afecta a los sistemas de suturas que rodean al malar y maxilar (Graber et al., 2006). La sutura se abre con mayor rapidez en la parte anterior porque se inicia el cierre en el área posterior de la sutura mesopalatina y se produce un efecto de compresión en las regiones posteriores por parte de las demás estructuras maxilares. Con una expansión rápida o semirrápida, suele aparecer un diastema entre los incisivos centrales por la separación de los huesos a este nivel (Proffit et al., 2008). Una vez ensanchado el paladar se deposita nuevo hueso en la zona de expansión, de manera que la integridad de la sutura mesopalatina se restablece en un periodo de entre 3 y 6 meses (Graber et al., 2006).



Figura 4. Efectos de la expansión maxilar en la sutura mesopalatina. (Proffit et al.,2008).

La aparatología para llevar a cabo la disyunción de la sutura mesopalatina, en su forma más clásica, consta de bandas en primeros premolares y primeros molares superiores y un sólido tornillo de expansión de largo recorrido (al menos de 14mm). La unión entre las bandas y el tornillo se lleva a cabo por medio de rígidos alambres de acero inoxidable de 1,0mm de diámetro, todo ello sólidamente soldado formando un conjunto extremadamente resistente (Bravo, 2007) (**Figura 5**).

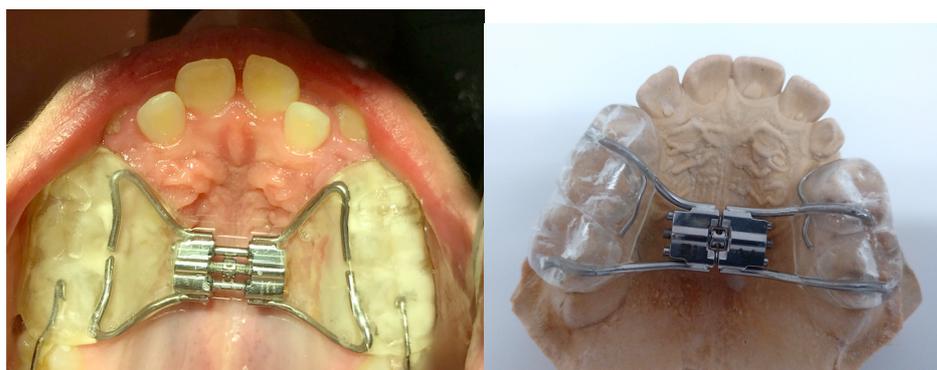


Figura 5. Expansor maxilar tipo Hyrax.

Para llevar a cabo el tratamiento, es necesario establecer un protocolo que determine el modo en que se hará funcionar el aparato para obtener los resultados terapéuticos buscados. Existen diferentes maneras para realizar la expansión maxilar. Por un lado, está la velocidad a la que se ejercen las fuerzas; y por otro, las activaciones que se efectúan al día. De esta manera, la expansión puede ser lenta (1mm/semana), semirrápida (0,25mm/día) o rápida (0,5mm/día). Se ha demostrado que una activación lenta del aparato de expansión, produce tras un periodo de 10-12 semanas prácticamente el mismo resultado final que la expansión rápida, con menos traumatismo para los dientes y los huesos. Esta es la razón por la que la mayoría de las expansiones realizadas sean rápidas (Graber et al., 2006).

Habitualmente, la ERM se realiza con dos vueltas de tuerca del separador (activación de 0,5mm). Cuando el sistema activador es un tornillo, la fuerza se transmite inmediatamente a los dientes y posteriormente a la sutura. La expansión suele prolongarse hasta que las cúspides linguales del maxilar ocluyen con las pendientes linguales de las cúspides bucales de los molares mandibulares. Cuando la expansión se ha completado, se recomienda mantener el aparato colocado durante un periodo de

3 meses como método de retención. Después de dicho periodo, se puede retirar el aparato fijo, pero suele ser necesario un aparato removible que mantenga la retención y que cubra el paladar para evitar recidivas precoces (Proffit et al., 2008).

Se ha reconocido que el tratamiento precoz mediante la ERM es beneficioso para evitar el desarrollo de la asimetría esquelética facial (McNamara Jr. et al., 2015). Según Cappellette Jr. et al. (2017) los resultados muestran que la ERM produce una expansión volumétrica del complejo nasomaxilar, así como en todas las estructuras circundantes, que son la cavidad nasal, la orofaringe y los senos maxilares. No obstante, a pesar de que el tratamiento ortopédico es llevado a cabo con el fin de corregir las discrepancias tanto dentales como esqueléticas, el tratamiento puede ser efectivo para los problemas respiratorios de pacientes en crecimiento, especialmente durante el periodo de crecimiento prepuberal y puberal (Kiliç y Oktay, 2008).

Por lo tanto, el objetivo del tratamiento ortopédico es la corrección de las alteraciones de las estructuras orales. Por esa razón, el beneficio añadido de la posible mejora en la vía aérea alta no significa que sea el odontólogo el que deba abordar la rehabilitación de la respiración nasal, sino que el tratamiento debe ser multidisciplinar: el otorrinolaringólogo determinará si existe alguna obstrucción total o parcial y si es susceptible de tratamiento quirúrgico, el odontólogo tratará su campo y el logopeda/rehabilitador funcional será quien trate de reeducar la respiración. Teniendo esto en cuenta, una buena interrelación en este equipo interprofesional es fundamental para que el éxito se alcance.

2. HIPÓTESIS

El tratamiento mediante la ERM con aparatología fija empleado para la corrección de las alteraciones transversales maxilares, lleva consigo el aumento de la anchura del paladar, así como de las estructuras circundantes entre las que se incluye la base nasal. Todas estas estructuras forman parte de las vías respiratorias altas. Teniendo en cuenta este hecho, se plantea la *hipótesis nula*: la ERM no consigue aumentar el diámetro de las vías respiratorias altas, frente a la *hipótesis alternativa*: la ERM puede mejorar el espacio del paso de aire de la vía nasal.

3. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es establecer si existen diferencias significativas en el tamaño (en mm) del espacio correspondiente a la vía aérea superior observando en una telerradiografía lateral de cráneo.

Asimismo, entre los objetivos secundarios de este trabajo se incluyen los siguientes:

- Observar si hay diferencias en cuanto a la cantidad de expansión realizada en mm y el aumento de la distancia.
- Ver si hay diferencias en cuanto al momento de comienzo del tratamiento ortodóncico/ortopédico.
- Si existen diferencias en relación con el sexo.
- Si se aprecian discrepancias respecto al tipo de maloclusión observada.
- Si hay diferencia en relación con la aparatología utilizada en el tratamiento empleado para la corrección de la maloclusión.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseña un estudio retrospectivo observacional para estudiar los efectos de la ERM en el diámetro de las vías aéreas superiores.

La búsqueda bibliográfica de los artículos se ha realizado en las bases de datos PubMed y Cochrane, además de la búsqueda manual en los libros. Para enfocar la búsqueda y hallar los “Keywords” (palabras clave) de la búsqueda, se establece la pregunta PICO (**Tabla 1**). Los “Keywords” utilizados en la búsqueda han sido los siguientes: “*mouth breathing*”, “*maxillary constriction*”, “*rapid maxillary expansion*”, “*palatal expansion*”, “*nasopharyngeal space assessment*” y “*lateral cephalometry*”. Asimismo, en la búsqueda se incluyen los siguientes criterios de inclusión: estudios en humanos y castellano e inglés como idiomas.

Tabla 1. Pregunta PICO.

| | |
|----------|---|
| P | Pacientes que han sido tratados mediante expansión rápida maxilar |
| I | Expansión rápida maxilar |
| C | Medidas de las vías respiratorias altas antes y después del tratamiento |
| O | Corrección de la maloclusión. Valorar si ha habido aumento en el diámetro de las vías aéreas superiores |

Los artículos seleccionados para este trabajo se han clasificado por su nivel de evidencia y grado de recomendación de acuerdo con la propuesta del *Centre for Evidence-Based Medicine* (CEBM) de Oxford. Todos los artículos se encuentran en los grupos A y B de grado de recomendación, que significa que son extremadamente recomendables o de recomendación favorable.

Se obtiene una muestra de pacientes (n=18) de una clínica privada. En todos los casos se trata de pacientes que solicitaron diagnóstico y posterior tratamiento ortodóncico para la corrección de sus problemas de maloclusión. La totalidad de los participantes han finalizado la terapéutica ortodóncica. Para la realización de dicho estudio diagnóstico se solicitan dos registros radiográficos imprescindibles: ortopantomografía y telerradiografía lateral de cráneo. Del mismo modo, al finalizar el tratamiento, se realiza una nueva telerradiografía y ortopantomografía de control. Por lo tanto, la muestra a observar se obtiene de ese conjunto de pacientes ya tratados, de los registros que se obtuvieron para el diagnóstico y tratamiento, no solicitando en ningún caso registros radiográficos únicamente para la participación en este trabajo.

Para la elección de la muestra se utiliza un fichero del centro privado, que cumple con toda la normativa de la LOPD. De él se obtienen, de manera aleatoria, las historias de 18 pacientes. Tras la comprobación del cumplimiento de los criterios de inclusión (pacientes sometidos a expansión rápida maxilar y que hayan finalizado su tratamiento de ortodoncia) se propone la participación a los mismos presentando el documento informativo y el consentimiento informado para su firma (**ANEXO 1**). Una vez que los pacientes, o los padres/tutores de los mismos en el caso de pacientes

menores de edad, prestan su consentimiento para participar en este proyecto, se procede a anonimizar sus registros para su manipulación por parte del investigador (el encargado de recopilar los datos no podrá en ningún caso conocer la identidad de los pacientes a los que corresponden las radiografías y cefalometrías ni a los datos adjuntados con ellas). Todos los registros permanecerán en todo momento en las instalaciones de la clínica, no permitiéndole al investigador trasladar ninguno de los registros fuera de estas instalaciones. Se pone a disposición del investigador un área dentro del centro en el que pueda realizar las mediciones, dotado con todo el material necesario (negatoscopio, papel de acetato, rotuladores indelebles, lápiz de punta fina, regla milimetrada, transportador de ángulos, ordenador portátil con los programas de procesamiento de datos y análisis estadísticos adecuados, así como un armario con cierre bajo llave en el que guardar todos los registros). El proceso de disociación de datos de las historias y los registros radiográficos y cefalometrías lo realizará el responsable de protección de datos de la clínica.

Los datos anónimos de las historias clínicas de los pacientes que se adjuntan incluyen la edad de comienzo y final de tratamiento, el tiempo de tratamiento y la cantidad de expansión realizada, el estadio vertebral en el comienzo del tratamiento y la aparatología utilizada para la corrección ortopédica/ortodóncica.

Los criterios de inclusión exigidos para participar son:

- Pacientes sometidos a tratamiento ortopédico/ortodóncico con ERM
- Tratamiento ortodóncico/ortopédico ya finalizado
- Pacientes que firman el consentimiento informado

De cada paciente se analizan las telerradiografías laterales de cráneo pre y post tratamiento. Dichas radiografías se toman de manera estandarizada: dientes en máxima intercuspidadación, plano de Frankfort paralelo al suelo, las olivas del aparato de rayos correctamente insertadas en el meato auditivo externo y el plano sagital del paciente paralelo a la placa. Se explica al paciente que debe tragar saliva antes de comenzar el disparo y durante el mismo ha de permanecer con los dientes en oclusión y los músculos relajados, sin hacer ningún tipo de movimiento. Asimismo, antes de realizar el trazado se comprueba que no existe ninguna distorsión de tamaño en las radiografías.

En este trabajo no se hace una comparación con un grupo de control, sino que se comparan las mediciones de antes y después del tratamiento ortodóncico con el fin de evaluar los cambios producidos en la luz de las vías aéreas superiores.

En primer lugar, se realizarán las mediciones pre y post tratamiento de las vías respiratorias altas propuestas por Grewal y Godhane (2010). Los puntos cefalométricos utilizados en estas mediciones son los siguientes (**Figura 6**):

- Ba (basion): punto más postero-inferior del occipital.
- Ptm (pterigomaxilar): intersección entre el suelo nasal y el contorno posterior maxilar.
- S (sella): centro de la silla turca.
- So: punto medio de la línea que une S y Ba.
- Ad1: intersección de la línea Ptm-Ba y la pared posterior nasofaríngea.
- Ad2: intersección de la pared posterior nasofaríngea y la línea Ptm-So.

Para establecer la comparativa pre y post tratamiento se tomarán las siguientes medidas lineales (**Figura 6**):

- Ptm-ad1
- Ptm-ad2

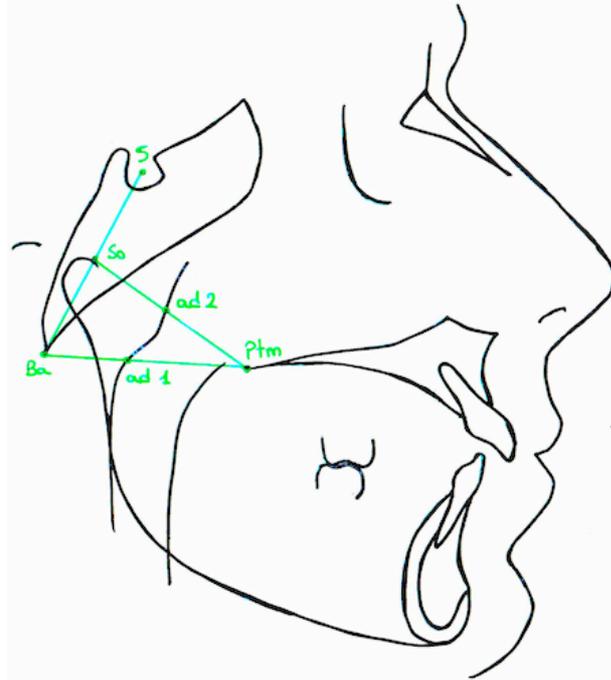


Figura 6. Puntos cefalométricos y medidas lineales de las vías aéreas superiores.

Por otro lado, se realizarán el análisis cefalométrico de Steiner y el triángulo de Harvold para establecer la clase esquelética y la altura facial inferior pre y post tratamiento.

Los puntos cefalométricos para el análisis cefalométrico de Steiner son los siguientes **(Figura 7)**:

- S (sella): centro de la silla turca.
- N (nasion): punto de unión de la sutura del frontal y los huesos de la nariz más anterior.
- Punto A: punto más posterior en la concavidad en que discurre la espina nasal anterior y el prothion.
- Punto B: punto más posterior de la concavidad entre el pogonion e infradental.

Para establecer la clase esquelética se realizan las siguientes medidas angulares **(Figura 7)**:

- Ángulo entre la bisectriz SNA

- Ángulo entre la bisectriz SNB
- Ángulo entre la bisectriz ANB

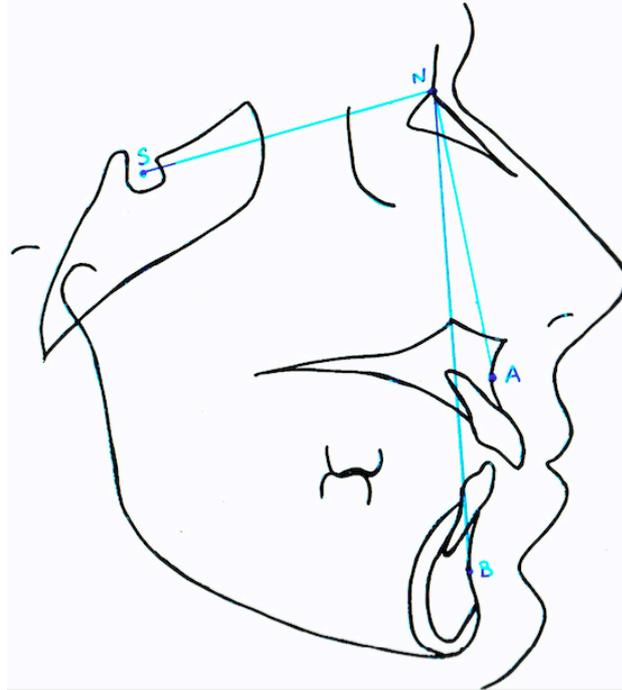


Figura 7. Puntos cefalométricos y medidas angulares del análisis cefalométrico de Steiner.

En cuanto al triángulo de Harvold, los puntos cefalométricos empleados son (**Figura 8**):

- Punto TM: punto más postero-superior del cóndilo.
- Punto ANS (espina nasal anterior): punto localizado en el extremo anterosuperior del maxilar en el plano medio sagital.
- Me (menton): punto más inferior de la sínfisis mandibular.
- Pg (prognation): el punto en el contorno de la sínfisis mandibular más alejado de TM.

Se realizan las siguientes medidas lineales para establecer la clase esquelética y la altura facial inferior (**Figura 8**):

- TM-Pg

- TM-ANS
- ANS-Me

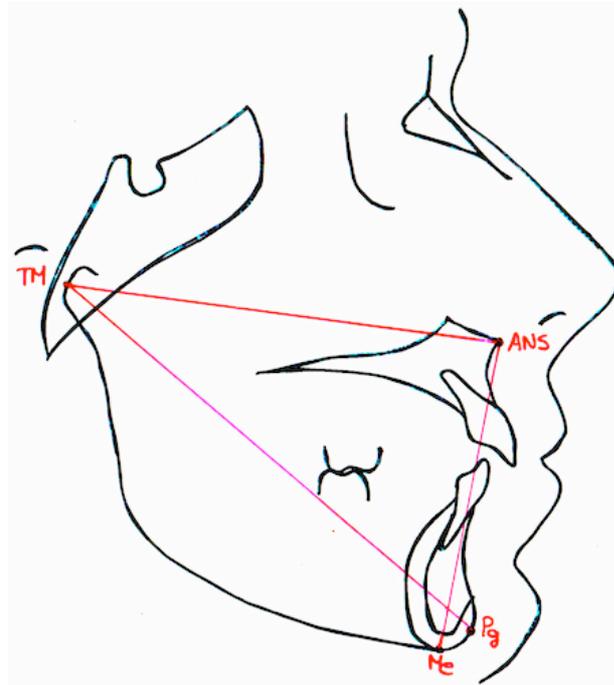


Figura 8. Puntos cefalométricos y medidas lineales del triángulo de Harvold.

La memoria correspondiente a este estudio (M10_2017_192) se sometió a la evaluación del CEISH de la UPV/EHU, obteniendo su aprobación para desarrollarlo (ANEXO 2).

El análisis estadístico de este trabajo se ha elaborado mediante el programa R Project 3.4.1 con RCommander (R Version 3.4.1 con Rcommander). Para establecer la distribución de la muestra se ha empleado el test de normalidad de Shapiro-Wilk obteniendo un valor $p=0.06$ para la variable Ptm-ad1 y $p=0.03$ para Ptm-ad2. Se asume que la distribución de la muestra es normal.

Los test estadísticos paramétricos se han empleado en función de las variables a comparar. Se ha utilizado el test t para contrastar las variables cualitativas independientes y variables cuantitativas (las medidas de Ptm-ad1 y Ptm-ad2 con respecto al sexo). Por otro lado, para comparar las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2 con variables cualitativas de tres o más medias (clase esquelética, patrón facial, estadio

vertebral y tipo de tratamiento) se ha realizado el test ANOVA. Por último, para establecer la relación entre dos variables cuantitativas (medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2, edad y cantidad de expansión realizada) se ha empleado el test de correlación.

5. RESULTADOS

La muestra total del trabajo ha sido de 18 pacientes (n=18), de los cuales 12 son mujeres y 6 hombres. La edad del grupo de estudio al comienzo de tratamiento varía desde 8 a 12 siendo la edad media 9.89 años, y el rango al final de tratamiento de 11 a 16 años (media 13.28).

En cuanto al estadio vertebral, los sujetos se distribuyen de la siguiente manera: estadio I (n=4), estadio II (n=13) y estadio III (n=1). Del mismo modo, según la clase esquelética de los pacientes, los grupos se dividen en: clase I (n=1), clase II (n=14) y clase III (n=3). Se encuentran diferentes biotipos faciales en la muestra, siendo las proporciones de la siguiente manera: patrón braquifacial (n=7), patrón mesofacial (n=3) y patrón dolicofacial (n=8).

La media de aumento en el tamaño de las vías aéreas para el conjunto de la muestra obtuvo un valor medio de 4.39mm (± 2.06) para la medida Ptm-ad1 y de 4.11mm (± 1.71) para Ptm-ad2.

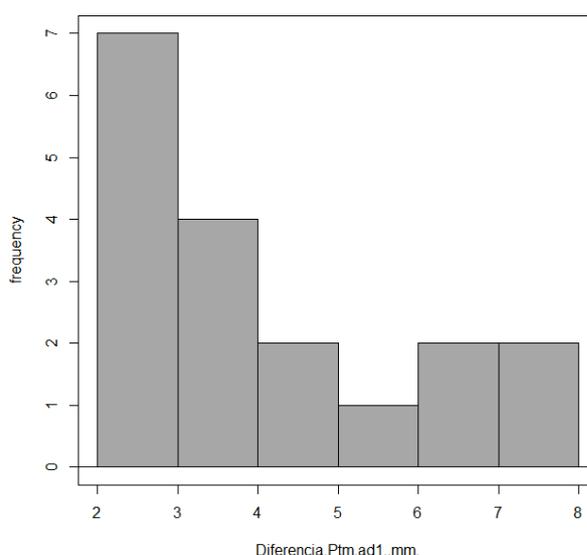


Figura 9. Histograma del aumento de la medida Ptm-ad1 y su frecuencia.

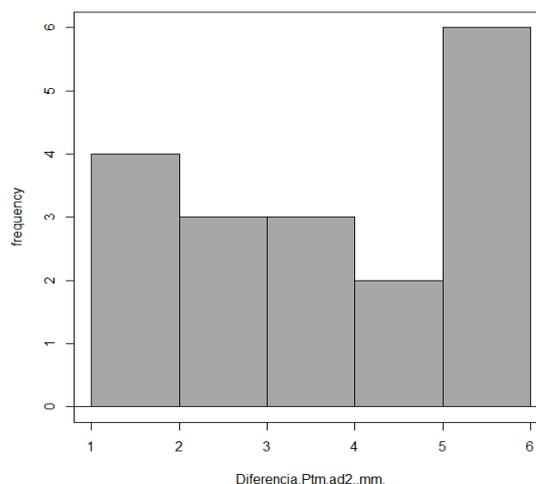


Figura 10. Histograma del aumento de la medida Ptm-ad2 y su frecuencia.

El valor medio de aumento de la línea Ptm-ad1 obtenida en el grupo femenino es de 3.84 ± 1.4 mm y en el masculino de 5.50 ± 2.81 mm. Se realiza el test t para evaluar si esta diferencia de valores es significativa, obteniendo para un intervalo de confianza del 95% una $p=0.22$. Observando la línea Ptm-ad2 en el grupo femenino se obtiene un valor de 4.00 ± 1.81 mm y en el grupo masculino de 4.34 ± 1.63 mm. Al comparar estos valores con el mismo estadístico se obtiene una $p=0.7$ (intervalo de confianza del 95%). Estos datos indican que aunque haya un aumento en las vías aéreas superiores, no hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. No obstante, sí es posible afirmar que hay un aumento ligeramente mayor en el grupo masculino (**Tabla 2**).

Tabla 2. Resultados de la media de aumento de las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2 en ambos sexos.

| | | | Variable | |
|------|------|----|-----------------|-----------------|
| | | | Aumento Ptm-ad1 | Aumento Ptm-ad2 |
| SEXO | Tipo | N | Media (mm) | |
| | F | 12 | 3.84 ± 1.4 | 4.00 ± 1.81 |
| | M | 6 | 5.50 ± 2.81 | 4.34 ± 1.63 |

En el análisis de la muestra según la edad al comienzo de tratamiento, utilizando el test de correlación con el mismo nivel de confianza, los resultados son $p=0.14$ para Ptm-ad1 (coeficiente de Pearson=0.36 y el coeficiente de determinación $r^2=0.13$) (**Figura 11**) y $p=0.82$ para Ptm-ad2 (coeficiente de Pearson=0.06 y el $r^2=0.06$) (**Figura 12**). En ambos casos se trata de un valor alejado de $p<0.05$, lo que indica que la edad a la que se empieza el tratamiento mediante la expansión maxilar, no tiene aparente influencia en el aumento de las vías respiratorias altas, al no ser estadísticamente significativo.

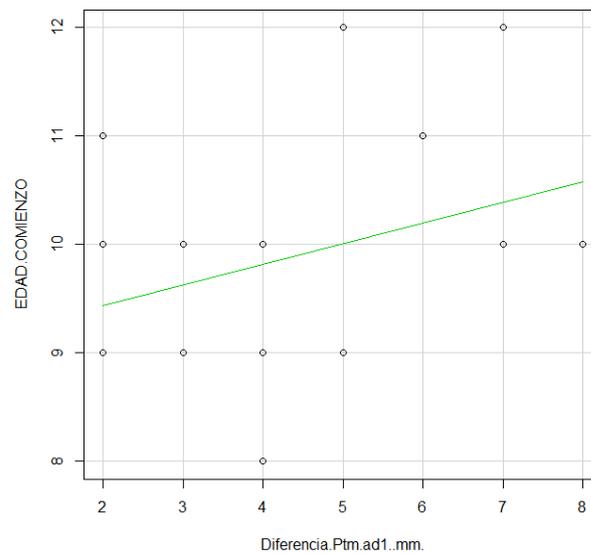


Figura 11. Diagrama de dispersión que relaciona la diferencia de la medida Ptm-ad1 en función de la edad de comienzo del tratamiento. La diferencia que se observa entre ambos factores no es significativa, ya que los resultados no varían mucho en pacientes que han comenzado el tratamiento con 9 años y los que comienzan con 12. El r^2 muestra que únicamente el 13% de la diferencia observada en la línea Ptm-ad1 se relaciona con la edad.

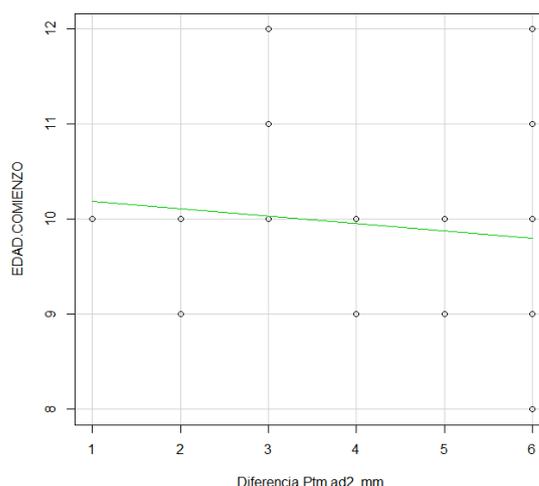


Figura 12. Diagrama de dispersión que relaciona la diferencia de la medida Ptm-ad2 en función de la edad de comienzo del tratamiento. El gráfico muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los pacientes que comienzan el tratamiento en edades distintas. El r^2 indica que solamente el 0.6% de lo que ocurre en las vías aéreas altas se relaciona con la edad de la muestra al comienzo del tratamiento.

Respecto a la clase esquelética de los pacientes las medias que se obtienen son las mostradas en la **Tabla 3**.

Tabla 3. La media de aumento obtenido en las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2 con respecto a la clase esquelética de los pacientes mediante el test estadístico ANOVA. Los resultados muestran que existe un aumento en ambas líneas de las vías aéreas superiores.

| | | | Variable | |
|---------------------|------|----|-----------------|-----------------|
| | | | Aumento Ptm-ad1 | Aumento Ptm-ad2 |
| CLASE ESQUELETAL | Tipo | N | Media (mm) | |
| | I | 1 | 3.00 | 3.00 |
| | II | 14 | 4.72±2.19 | 4.14±1.75 |
| | III | 3 | 3.34±1.15 | 4.34±2.08 |

Se recurre al test de ANOVA para valorar el cambio en dimensiones en función de la clase esquelética de los individuos. Los resultados que arroja esta prueba son $F=0.77$ en Ptm-ad1 y $F=0.22$ en Ptm-ad2. Estas cifras permiten interpretar que no se puede

relacionar de manera significativa la variable clase esquelética con la media de aumento de Ptm-ad1 y Ptm-ad2.

Se evalúa si existe influencia entre el biotipo facial y el cambio dimensional de las vías respiratorias. Los hallazgos se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4. La media de aumento obtenido en las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2 en relación con el patrón facial mediante el test estadístico ANOVA. Se observa un aumento de ambas medidas lineales de las vías respiratorias altas.

| | | | Variable | |
|------------------|--------------|---|-----------------|-----------------|
| | | | Aumento Ptm-ad1 | Aumento Ptm-ad2 |
| PATRÓN FACIAL | Tipo | N | Media (mm) | |
| | Dolicofacial | 8 | 5.13±2.29 | 4.38±1.41 |
| | Mesofacial | 3 | 4.34±2.31 | 3.67±2.08 |
| | Braquifacial | 7 | 3.57±1.62 | 4.00±2.08 |

El test ANOVA empleado determina $F=1.07$ para Ptm-ad1 y $F=0.19$ para Ptm-ad2. Como puede deducirse de estos valores, no se aprecia significación estadística entre estas variables, por lo que en esta muestra, no se puede decir que el hecho de ser braquifacial, mesofacial o dolicofacial puedan ser un factor determinante en el aumento de la luz de las vías respiratorias altas.

Respecto al momento de crecimiento en el que están los pacientes antes de comenzar el tratamiento, clasificado por el desarrollo de las vértebras cervicales, los valores medios obtenidos se adjuntan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Media del aumento de las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2 en relación con el estadio vertebral de los pacientes antes del tratamiento.

| | | | Variable | |
|----------------------|------|----|--------------------|--------------------|
| | | | Aumento de Ptm-ad1 | Aumento de Ptm-ad2 |
| ESTADIO VERTEBRAL | Tipo | N | Media (mm) | |
| | I | 4 | 4.25±2.06 | 4.75±1.89 |
| | II | 13 | 4.38±2.22 | 3.77±1.64 |
| | III | 1 | 5.00 | 6.00 |

Se analizan con ANOVA y los resultados obtenidos en relación con el estadio vertebral son $F=0.05$ para Ptm-ad1 y $F=1.17$ para Ptm-ad2. Tampoco en este caso hay evidencias de relación entre variables al no aparecer significación.

En cuanto al tipo de tratamiento empleado, la muestra se divide en los siguientes grupos: disyuntor tipo Hass y aparatología multibrackets (H+B) ($n=1$), disyuntor, aparatología multibrackets y máscara facial (H+B+M) ($n=3$), disyuntor y máscara facial (H+M) ($n=1$), disyuntor y Twin block (H+TB) ($n=7$) y disyuntor, Twin block y aparatología multibrackets (H+TB+B) ($n=6$). Con respecto a la expansión realizada durante el tratamiento, la media de expansión realizada en función de toda la muestra ha sido de 6.6mm. Se valora si estas alternativas pudieran suponer una modificación significativa en el tamaño final de las vías respiratorias altas. En la **Tabla 6** pueden verse los datos medios para cada tipo de aparatología empleada.

Tabla 6. Relación entre los diferentes tratamientos empleados y la media de aumento obtenido en las medidas Ptm-ad1 y Ptm-ad2. Los resultados muestran que los tratamientos influyen en el aumento de las vías respiratorias, habiendo en todos ellos un rango variable en cuanto al aumento obtenido.

| | | | Variable | |
|-------------|------------|---|-----------------|-----------------|
| | | | Aumento Ptm-ad1 | Aumento Ptm-ad2 |
| TRATAMIENTO | Tipo | N | Media (mm) | |
| | H + B | 1 | 5.00 | 6.00 |
| | H + B + M | 3 | 3.34±1.15 | 4.67±1.53 |
| | H + M | 1 | 2.00 | 2.00 |
| | H + TB | 7 | 4.72±2.36 | 4.29±2.06 |
| | H + TB + B | 6 | 4.83±2.23 | 3.67±1.37 |

El análisis estadístico entre estas variables obtiene estos resultados: $F=0.61$ para Ptm-ad1 y $F=0.85$ en el caso de Ptm-ad2. Por consiguiente, no se observa significación por lo que no puede establecerse que exista relación entre estos parámetros.

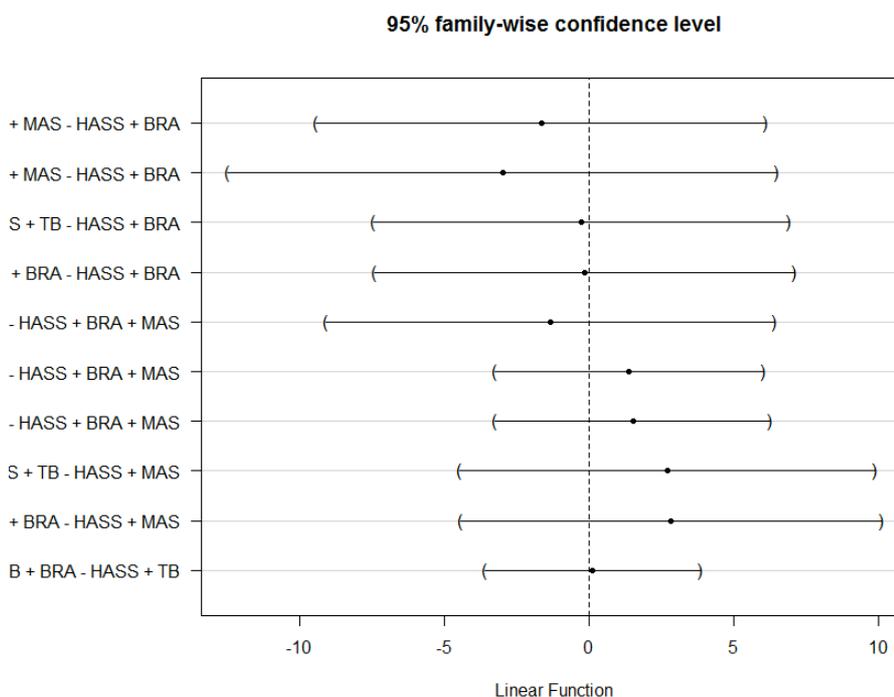


Figura 13. Gráfica en el que se compara un tratamiento frente al otro con respecto al aumento de la línea Ptm-ad1. Todos los tratamientos muestran resultados similares, sin gran variabilidad entre ellos.

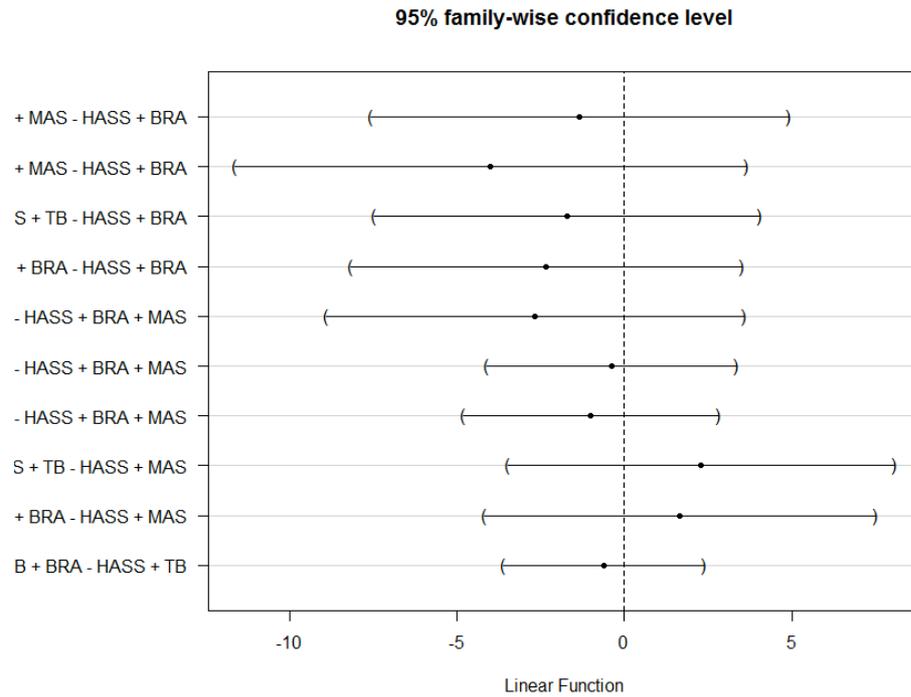


Figura 14. Gráfica en el que se compara un tratamiento frente al otro, en relación a la diferencia de la línea Ptm-ad2. Todos los tratamientos muestran resultados similares, no pudiendo concluir que uno sea mejor que otro.

El último apartado que se examina es la cantidad de expansión que se efectúa (mm que se activa el tornillo disyuntor) y si esto determina de alguna forma la cantidad de aumento obtenido en las dimensiones de las vías aéreas superiores. El test de correlación de Pearson da una $p=0.84$ en Ptm-ad1 y $p=0.54$ para la medida Ptm-ad2. Dado que ambos valores son mayores de 0.05, no se puede hablar de significación.

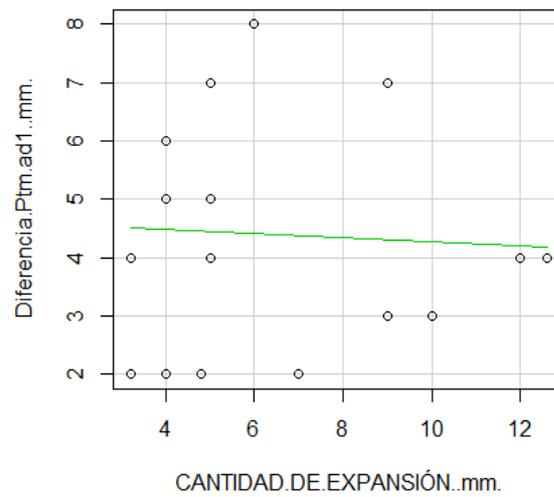


Figura 15. Diagrama de dispersión que relaciona el aumento de la línea Ptm-ad1 y la cantidad de expansión efectuada.

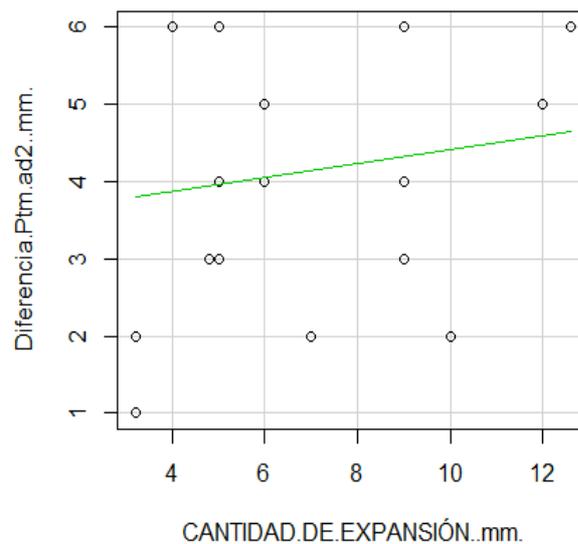


Figura 16. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el aumento de la línea Ptm-ad2 y la cantidad de expansión realizada. Tanto el gráfico con el test de correlación muestran que no hay una relación estadísticamente significativa entre ambos factores, obteniendo resultados similares en la vía aérea pese a aumentar la cantidad de expansión.

6. DISCUSIÓN

La deficiencia transversal del maxilar superior es un problema esquelético común, asociado en muchas ocasiones a patrones respiratorios anormales (McNamara Jr. et al., 2015). En el ámbito de la odontología, la ERM es un procedimiento terapéutico muy empleado para la corrección de la compresión maxilar, mordidas cruzadas posteriores y deficiencias transversales del maxilar superior de múltiples etiologías (Smith et al., 2011). No obstante, la expansión ocurre especialmente en la parte anterior del paladar, y los efectos que pueda tener en las regiones posteriores no son bien conocidos (Langer, Itikawa, Valera, Matsumoto y Anselmo-Lima, 2011). Los efectos de la expansión rápida maxilar son más evidentes a nivel óseo que a nivel de la mucosa, probablemente debido a la hipertrofia compensatoria de la mucosa nasal tras la expansión (Matsumoto, Itikawa, Valera, Faria y Anselmo-Lima, 2010).

Según la revisión realizada por Grewal y Godhane (2010), la radiografía lateral de cráneo, es probablemente el método diagnóstico más empleado para visualizar obstrucciones de la vía aérea, sobre todo en odontología, ya que se trata de una técnica simple, económica, disponible y reproducible. Con el fin de establecer el diámetro de la nasofaringe, proponen las medidas cefalométricas descritas por Linder-Aronson, las cuales han sido empleadas en este trabajo. Estos autores consideran que la línea Ptm-ad2 es la medida linear cefalométrica que proporciona mayor información sobre la vía nasofaríngea en una radiografía lateral de cráneo, ya que los resultados son más similares que la línea Ptm-ad1 en pacientes de diferente edad.

Langer et al. (2011) evaluaron a 25 pacientes de 8,2 años de edad media. Emplearon la radiografía lateral de cráneo y los parámetros cefalométricos propuestos por Linder-Aronson, para estudiar los cambios ocurridos en el área nasofaríngea tras la ERM. Empleando el test t para analizar el aumento del área nasofaríngea obtuvieron una $p=0.71$ para el tiempo transcurrido desde el final de tratamiento hasta 90 días después. La media de aumento obtenida para la muestra hasta entonces fue de $0.004\text{mm}^2 (\pm 0.02)$. No obstante, los valores obtenidos para el espacio nasofaríngeo 30 meses después del tratamiento mediante un disyuntor, mostraron un aumento medio significativo de $0.11\text{mm}^2 (\pm 0.05)$ y un valor $p=0.01$. Estos autores concluyen

que el espacio nasofaríngeo aumenta sólo durante los 30 meses posteriores al tratamiento, pudiendo ser consecuencia del crecimiento facial, más que de la ERM. Al igual que en el estudio realizado por Langer et al. (2011), en este trabajo, se ha observado un aumento de las vías aéreas superiores, obteniendo un aumento medio de 4.39mm (± 2.06) para la línea Ptm-ad1 y 4.11mm (± 1.71) para Ptm-ad2.

De Felipe et al. (2006) realizaron un estudio en el que participaron 38 pacientes en crecimiento sin historia previa de patología en las vías aéreas superiores, que fueron sometidos a un promedio de 40 días de ERM. Como método diagnóstico emplearon imágenes en 3D de las arcadas dentales y rinometría acústica. Observaron un incremento del volumen nasal del 18% que se mantuvo estable hasta la remoción del expansor con un incremento significativo del 13,7% hasta la fase final observacional del tratamiento. Asimismo, observaron un aumento significativo del 35,1% en el área total del paladar y un 40,6% en el volumen palatino. Por lo tanto, concluyeron que la ERM es un procedimiento terapéutico beneficioso para modificar la anatomía del maxilar, así como la anatomía y función de la cavidad nasal.

Pese a no ser resultados estrictamente comparables con los obtenidos en este trabajo debido a la diferencia entre los métodos diagnósticos, sí existe concordancia en que se observa un aumento de las vías aéreas superiores tras la ERM.

No son muchos los trabajos que evalúan los efectos de la ERM respecto al género (Smith et al., 2011). Almuzian et al. (2015), establecieron que los cambios volumétricos producidos en la cavidad nasal eran 5 veces mayores en los hombres (29,2%) con respecto a las mujeres (6,0%). Sugieren que esa diferencia puede deberse a la variación anatómica, psicológica, madurativa o diferencias cronológicas entre ambos géneros. En cuanto al volumen nasofaríngeo posterior, concluyen que el aumento obtenido tras la ERM tiene una respuesta similar en ambos sexos (hombres: 15,2% y mujeres: 12%). También en este estudio se ha observado que en los hombres el cambio es mayor. El valor medio de Ptm-ad1= 5.50mm (± 2.81) en los hombres y 3.84mm (± 1.40) en las mujeres. Del mismo modo, en la línea Ptm-ad2 se observa un aumento de 4.34mm (± 1.63) en los hombres, y 4.00mm (± 1.81) en las mujeres.

Celikoglu y Buyukcavus (2017) enfocaron su investigación para evaluar si el protocolo empleado en la protracción maxilar mediante un disyuntor y máscara facial, podría influir en el volumen nasofaríngeo. Para ello, emplearon la telerradiografía lateral de cráneo. Obtuvieron resultados significativos ($p < 0.001$) para el aumento de la vía aérea faríngea superior: el grupo 1 obtuvo un aumento de 1.02mm (± 1.38), mientras que los valores para el grupo 2 fueron 1.46mm (± 1.82). No obstante, la diferencia entre los distintos protocolos no fue significativa ($p > 0.05$). En el presente trabajo tampoco se han obtenido diferencias significativas entre las alternativas terapéuticas empleadas y el aumento de las vías respiratorias superiores, siendo el valor $F=0.61$ para Ptm-ad1 y $F=0.85$ para Ptm-ad2.

También se ha considerado en este estudio piloto valorar la influencia que pudieran tener la edad, el estadio vertebral al comienzo del tratamiento, el biotipo facial de los pacientes y la clase esquelética. No se han obtenido resultados significativos que relacionen ninguno de estos factores con un mayor aumento del diámetro de las vías aéreas. En la bibliografía consultada, no se han encontrado artículos que establecieran estas comparaciones.

En los últimos años, ha habido un interés creciente sobre los métodos diagnósticos en 3D, tales como el TC y el CBCT, para determinar los cambios volumétricos transversales que ocurren tras la ERM (McNamara Jr. et al., 2015). Varios estudios (Smith et al., 2011; Cappellette Jr. et al., 2017; Izuka, Feres y Pignatari, 2015) observaron un aumento de las vías superiores en pacientes tratados con ERM empleando dichas técnicas diagnósticas.

Smith et al. (2011), realizaron un estudio con una muestra de 20 pacientes, en el que mediante el empleo de técnicas de imagen en 3D, las mediciones de antes y después del tratamiento de la ERM mostraron un incremento estadísticamente significativo en la cavidad nasal (media $3641 \pm 5545 \text{mm}^3$ y $p=0.00$) y el volumen nasofaríngeo (media $522 \pm 548 \text{mm}^3$ y $p=0.00$).

En el trabajo realizado por Cappellette Jr. et al. (2017), compararon el aumento del volumen de las vías respiratorias antes y después del tratamiento mediante la ERM del grupo experimental ($n=23$) con respecto al grupo de control ($n=15$). Observaron un aumento del volumen total en todos los pacientes. En relación al aumento

volumétrico de la orofaríngea, obtuvieron un incremento estadísticamente significativo con un valor $p < 0.001$. El grupo experimental mostraba un volumen medio de $10,262.3\text{mm}^3$ ($\pm 2,421.1$) al inicio del tratamiento, y $12,955.1\text{mm}^3$ ($\pm 2,942.8$) al final del tratamiento. Por otro lado, el volumen medio del grupo control fue $7,531.0\text{mm}^3$ ($\pm 1,535.0$) al comienzo del tratamiento y $7,572.4\text{mm}^3$ ($\pm 1,526.4$) al final. Estos autores concluyeron que la ERM induce una expansión volumétrica del complejo nasomaxilar así como de las estructuras circundantes.

Izuka et al. (2015) trabajaron con una muestra de 25 pacientes (10.5 años de edad media). Mediante el empleo del CBCT, analizaron los cambios dimensionales de las vías aéreas tras la ERM. Obtuvieron resultados estadísticamente significativos para el aumento de las vías aéreas con una $p < 0.001$. El volumen medio del conjunto de la muestra era de 6114.4mm^3 (± 3490.4) al comienzo del tratamiento, mientras que el volumen tras la ERM obtuvo una media de 7760.5mm^3 (± 3841.4). La diferencia media entre ambas mediciones fue $+1646.1$. Estos autores concluyen que la ERM promueve un aumento significativo del volumen nasofaríngeo así como de las cavidades nasales.

Los estudios realizados mediante el uso de técnicas diagnósticas en 3D, no son rigurosamente comparables con este (basado en técnica de imagen en 2D), debido fundamentalmente a los diferentes tipos de mediciones realizadas. No obstante, el presente trabajo muestra un aumento de las vías respiratorias altas, pudiendo corroborar los resultados obtenidos.

7. CONCLUSIONES

- El tratamiento con ERM es eficaz para conseguir el aumento de las dimensiones de las estructuras orales, especialmente el maxilar superior. Este cambio dimensional es imprescindible en muchos casos para poder lograr la corrección de las maloclusiones transversales, y también en otros planos del espacio.
- A lo largo de la historia se han realizado numerosos trabajos que demuestran que la ERM supone también un aumento en el espacio/volumen de las vías aéreas superiores.

- En este estudio piloto no se ha podido demostrar que exista relación significativa entre los valores medios de aumento de los parámetros evaluados, Ptm-ad1 y Ptm-ad2 con ninguna de las variables contrastadas.
- Para la muestra analizada, se observa un mayor aumento de las dimensiones en el grupo de los hombres frente al de las mujeres, lo que corrobora hallazgos de publicaciones previas.
- Parece interesante la posibilidad de ampliar la muestra del trabajo para realizar un análisis más extenso que pudiera arrojar valores significativos.
- La importancia derivada del aumento del volumen nasofaríngeo con esta técnica empleada en los tratamientos ortopédicos y/o ortodóncicos, radica en la gran asociación que se observa entre pacientes con maloclusiones y respiración oral. Cuando no existe patología obstructiva, la reeducación del hábito respiratorio puede verse muy beneficiada por esa mejora en el espacio para el paso del aire por vía nasal.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Almuzian, M., Ju, X., Almkhtar, A., Ayoub, A., Al-Muzian, L., & McDonald, J. P. (2018). Does rapid maxillary expansion affect nasopharyngeal airway? A prospective cone beam computerised tomography (CBCT) based study. *The Surgeon : Journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland*, 16(1), 1-11. doi:S1479-666X(15)00125-0
- Badreddine, F. R., Fujita, R. R., & Cappellette, M., Jr. (2017). Short-term evaluation of tegumentary changes of the nose in oral breathers undergoing rapid maxillary expansion. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, doi:S1808-8694(17)30099-X
- Badreddine, F. R., Fujita, R. R., Alves, F. E. M. M., & Cappellette, M. J. (2018). Rapid maxillary expansion in mouth breathers: A short-term skeletal and soft-tissue effect on the nose. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 84(2), 196-205. doi:S1808-8694(17)30031-9

- Ballenger, J. J. (1988). Anatomía y fisiología clínica de la nariz y los senos paranasales. En J. J. Ballenger (Ed.), *Enfermedades de la nariz, garganta, oído, cabeza y cuello* (p. 3-26). Barcelona: Salvat Editores, S. A.
- Boj J. R., Catalá M., García-Ballesta C. & Mendoza A. (2005). Tratamiento temprano de la maloclusión. Reina E. S. & Mendoza A. M. (Ed.), *Odontopediatría* (p. 379-409). Barcelona: Masson, S. A.
- Bravo L. A. (2007). *Manual de ortodoncia*. Madrid: Editorial Síntesis, S. A.
- Cappellette, M., Jr, Alves, F. E. M. M., Nagai, L. H. Y., Fujita, R. R., & Pignatari, S. S. N. (2017). Impact of rapid maxillary expansion on nasomaxillary complex volume in mouth-breathers. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22(3), 79-88. doi:S2176-94512017000300079
- Celikoglu, M., & Buyukcavus, M. H. (2017). Changes in pharyngeal airway dimensions and hyoid bone position after maxillary protraction with different alternate rapid maxillary expansion and construction protocols: A prospective clinical study. *The Angle Orthodontist*, 87(4), 519-525. doi:10.2319/082316-632.1
- Chambi-Rocha, A., Cabrera-Dominguez, M. E., & Dominguez-Reyes, A. (2018). Breathing mode influence on craniofacial development and head posture. *Jornal De Pediatria*, 94(2), 123-130. doi:S0021-7557(17)30011-6
- Chen, X., Liu, D., Liu, J., Wu, Z., Xie, Y., Li, L., . . . Zhang, S. (2015). Three-dimensional evaluation of the upper airway morphological changes in growing patients with skeletal class III malocclusion treated by protraction headgear and rapid palatal expansion: A comparative research. *PloS One*, 10(8), e0135273. doi:10.1371/journal.pone.0135273
- Compadretti, G. C., Tasca, I., & Bonetti, G. A. (2006). Nasal airway measurements in children treated by rapid maxillary expansion. *American Journal of Rhinology*, 20(4), 385-393.
- García G. (2011). Etiología y diagnóstico de pacientes respiradores bucales en edades tempranas. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. Recuperado en www.ortodoncia.ws

- Graber T. M., Vanarsdall R. L. Jr. & Vig K. W. L. (2006). *Ortodoncia: principios y técnicas actuales*. Madrid: Elsevier España, S. A.
- Grewal, N., & Godhane, A. V. (2010). Lateral cephalometry: A simple and economical clinical guide for assessment of nasopharyngeal free airway space in mouth breathers. *Contemporary Clinical Dentistry*, 1(2), 66-69. doi:10.4103/0976-237X.68589
- Iwasaki, T., Saitoh, I., Takemoto, Y., Inada, E., Kanomi, R., Hayasaki, H., & Yamasaki, Y. (2012). Improvement of nasal airway ventilation after rapid maxillary expansion evaluated with computational fluid dynamics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 141(3), 269-278. doi:10.1016/j.ajodo.2011.08.025
- Izuka, E. N., Feres, M. F., & Pignatari, S. S. (2015). Immediate impact of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions and on the quality of life of mouth breathers. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 20(3), 43-49. doi:10.1590/2176-9451.20.3.043-049.oar
- Katyal, V., Pamula, Y., Daynes, C. N., Martin, J., Dreyer, C. W., Kennedy, D., & Sampson, W. J. (2013). Craniofacial and upper airway morphology in pediatric sleep-disordered breathing and changes in quality of life with rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 144(6), 860-871. doi:10.1016/j.ajodo.2013.08.015
- Kilic, N., & Oktay, H. (2008). Effects of rapid maxillary expansion on nasal breathing and some naso-respiratory and breathing problems in growing children: A literature review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(11), 1595-1601. doi:10.1016/j.ijporl.2008.07.014
- Koeppen B. M. & Stanton B. A. (Ed.). (2009). *Fisiología*. Barcelona: Elsevier España, S. L.

- Langer, M. R., Itikawa, C. E., Valera, F. C., Matsumoto, M. A., & Anselmo-Lima, W. T. (2011). Does rapid maxillary expansion increase nasopharyngeal space and improve nasal airway resistance? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *75*(1), 122-125. doi:10.1016/j.ijporl.2010.10.023
- Levrini, L., Lorusso, P., Caprioglio, A., Magnani, A., Diaferia, G., Bittencourt, L., & Bommarito, S. (2014). Model of oronasal rehabilitation in children with obstructive sleep apnea syndrome undergoing rapid maxillary expansion: Research review. *Sleep Science (Sao Paulo, Brazil)*, *7*(4), 225-233. doi:10.1016/j.slsci.2014.11.002
- Lione, R., Franchi, L., Huanca Ghislanzoni, L. T., Primozić, J., Buongiorno, M., & Cozza, P. (2015). Palatal surface and volume in mouth-breathing subjects evaluated with three-dimensional analysis of digital dental casts-a controlled study. *European Journal of Orthodontics*, *37*(1), 101-104. doi:10.1093/ejo/cju018
- Matsumoto, M. A., Itikawa, C. E., Valera, F. C., Faria, G., & Anselmo-Lima, W. T. (2010). Long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal area and nasal airway resistance. *American Journal of Rhinology & Allergy*, *24*(2), 161-165. doi:10.2500/ajra.2010.24.3440
- McNamara, J. A. Jr., Lione, R., Franchi, L., Angelieri, F., Cevidanes, L. H., Darendeliler, M. A., & Cozza, P. (2015). The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. *Progress in Orthodontics*, *16*, 33-015-0105-x. Epub 2015 Oct 7. doi:10.1186/s40510-015-0105-x
- Moss, M. L. (1997). The functional matrix hypothesis revisited. 4. the epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, *112*(4), 410-417. doi:S0889-5406(97)70049-0
- Moss, M. L., & Salentijn, L. (1969). The primary role of functional matrices in facial growth. *American Journal of Orthodontics*, *55*(6), 566-577.

- Mulroney S. E. & Myers A. K. (2011). Ventilación, perfusión pulmonar y difusión de gases. En S. E. Mulroney & A. K. Myers (Ed.), *Fundamentos de fisiología* (p. 147-162). Barcelona: Elsevier España, S. L.
- Nelson Elias, C., Jogaib Fernandes, D., Souza Zanivan, D., & Resende Fonseca, Y. (2017). Extensiometric analysis of strain in craniofacial bones during implant-supported palatal expansion. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 76, 104-109. doi:S1751-6161(17)30225-4
- Oliveira De Felipe, N. L., Da Silveira, A. C., Viana, G., Kusnoto, B., Smith, B., & Evans, C. A. (2008). Relationship between rapid maxillary expansion and nasal cavity size and airway resistance: Short- and long-term effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 134(3), 370-382. doi:10.1016/j.ajodo.2006.10.034
- Pocock G. & Richards C. D. (2002). Sistema respiratorio. En G. Pocock & C. D. Richards (Ed.), *Fisiología Humana: La base de la medicina* (p. 329-364). Barcelona: Masson, S. A.
- Porth, C. M. (2007). Control de la función respiratoria. En C. M. Porth (Ed.), *Fisiopatología: salud-enfermedad, un enfoque conceptual* (p. 633-658). Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana.
- Proffit W. R., Fields H. W. Jr. & Sarver D. M. (2008). *Ortodoncia contemporánea*. Barcelona: Elsevier España, S. L.
- Smith, T., Ghoneima, A., Stewart, K., Liu, S., Eckert, G., Halum, S., & Kula, K. (2012). Three-dimensional computed tomography analysis of airway volume changes after rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 141(5), 618-626. doi:10.1016/j.ajodo.2011.12.017

- Torre, H., & Alarcon, J. A. (2012). Changes in nasal air flow and school grades after rapid maxillary expansion in oral breathing children. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 17(5), e865-70. doi:17810
- Tortora G. J. & Derrickson B. (2013). El aparato respiratorio. En G. J. Tortora & B. Derrickson (Ed.), *Principios de Anatomía y Fisiología* (p. 918-966). Madrid: Editorial Médica Panamericana S. A.