



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PEDIATRÍA ESTOMATOLÓGICA**

**MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA APLICADA EN LA EVALUACIÓN DE LA VÍA
AÉREA SUPERIOR: REVISIÓN NARRATIVA**

***GEOMETRIC MORPHOMETRICS APPLIED IN THE ASSESSMENT OF THE
UPPER AIRWAY: NARRATIVE REVIEW***

Memoria presentada a la Escuela de Odontología de la Universidad de Talca
como parte de los requisitos científicos exigidos para la obtención del título
de Cirujano Dentista.

ESTUDIANTES: CHIEN HONG CHEN

NICOLE CONSTANZA CORREA GARRIDO

PROFESOR GUÍA: DR. EDGARD LEONARDO PALMA DÍAZ

PROFESOR CO-GUÍA: DR. ALEJANDRO HIDALGO RIVAS

TALCA - CHILE

2021

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

INFORMACIONES CIENTÍFICAS

Nombre del profesor guía
DR. EDGARD LEONARDO PALMA DÍAZ
ORCID del profesor guía
0000-0003-1284-5919
Google Scholar del profesor guía
https://scholar.google.cl/citations?user=RSEnh9sAAAAJ&hl=en
Correo electrónico del profesor guía
epalma@utalca.cl

Nombre del profesor co-guía
DR. ALEJANDRO HIDALGO RIVAS
ORCID del profesor guía
0000-0001-9341-9529
Google Scholar del profesor guía
https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=7u6sjagAAAAJ
Correo electrónico del profesor guía
ahidalgo@utalca.cl

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedicamos a nuestras familias, quienes estuvieron con nosotros en cada paso que dimos en este camino. Por el apoyo incondicional, el amor y el cariño que siempre nos brindan.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres, Jaime y Adelia, Kuo-Hsing y Ru-Shei que son el pilar fundamental de nuestras vidas, que sin su apoyo y amor incondicional nada de esto sería posible. Gracias por todos los sacrificios y esfuerzos realizados y por todas sus palabras llenas de amor y motivación.

Agradecemos a nuestros hermanos, Belén y Hao, por sus permanentes apoyos y motivaciones. Por siempre tener una palabra de aliento en los momentos difíciles.

Agradecemos a nuestros amigos, por brindarnos su sincera amistad, apoyo y compañía durante esta etapa de la vida.

Agradecemos a nuestros docentes guías, Dr. Edgard Palma y Dr. Alejandro Hidalgo, por su valioso apoyo, disposición y enseñanza en nuestra última etapa universitaria.

Agradecemos a Dios, por habernos acompañado y guiado en este camino que escogimos y ponernos a personas maravillosas a nuestro alrededor.

Nicole Correa y Chien Hong

ÍNDICE

1.RESUMEN	1
1.1. Palabras clave	1
2.ABSTRACT	2
2.1. Keywords	2
3.INTRODUCCIÓN	3
4.MÉTODOS	5
4.1 Diseño general	5
4.2. Fuente de información	5
4.3 Estrategia de búsqueda	5
4.4. Criterios de elegibilidad	5
4.4.1. Criterios de inclusión	6
4.4.2. Criterios de exclusión	6
4.5. Criterios de selección	6
5.RESULTADOS	7
6.DISCUSIÓN	16
7.REFERENCIAS	20

1. RESUMEN

La morfometría geométrica es un método tridimensional que obtiene la forma geométrica de las estructuras biológicas de un organismo, para comparar estas estructuras entre las mismas especies o diferentes especies, y así detectar variaciones morfológicas. La morfometría geométrica es ampliamente usada en distintas áreas de las ciencias para describir la diversidad morfológica con mayor precisión y detalles que los métodos convencionales, como la cefalometría lateral. La morfometría geométrica es usada en ortodoncia, principalmente para estudiar formas dentales y estructuras craneofaciales. Sin embargo, en ortodoncia hay déficit de estudios de morfometría geométrica para evaluar la vía aérea superior. La evaluación de la vía aérea superior es importante en ortodoncia, debido a su estrecha relación con el desarrollo de las estructuras craneofaciales. En la presente revisión narrativa, identificamos que la morfometría geométrica se usa para reconocer diferencias significativas del dimorfismo sexual de diferentes estructuras de la vía aérea superior. También, se usa para planificar tratamientos ortodónticos y comparar los cambios de la vía aérea superior luego de realizado el tratamiento. Además, con la morfometría geométrica puede diferenciarse estructuras morfológicas de la vía aérea superior entre pacientes con y sin síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño. Debido a la complejidad morfológica de la vía aérea superior, la evaluación de sus estructuras requiere un método más completo que los métodos convencionales. La morfometría geométrica usa imágenes bidimensionales en diferentes planos, o directamente imágenes tridimensionales, con esto, otorga mayor información y una mejor interpretación gráfica, lo que permite evaluar completamente las estructuras estudiadas.

1.1. Palabras clave.

Palabras claves: Cavidad nasal, faringe, laringe.

2. ABSTRACT

Geometric morphometrics is a three-dimensional method that obtains the geometric shape of the biological structures of an organism, to compare these structures between the same species or different species, and thus detect morphological variations. Geometric morphometrics is widely used in different areas of science to describe morphological diversity with greater precision and detail than conventional methods, such as lateral cephalometry. Geometric morphometrics is used in orthodontics, mainly to study tooth shapes and craniofacial structures. However, in orthodontics there is a deficit of geometric morphometrics studies to evaluate the upper airway. The evaluation of the upper airway is important in orthodontics, due to its close relationship with the development of craniofacial structures. In the present narrative review, we identify that geometric morphometrics is used to recognize significant differences in the sexual dimorphism of different upper airway structures. Also, it is used to plan orthodontic treatments and to compare the changes of the upper airway after the treatment. Furthermore, with geometric morphometrics, morphological structures of the upper airway can be differentiated between patients with and without obstructive sleep apnea / hypopnea syndrome. Due to the morphological complexity of the upper airway, the evaluation of its structures requires a more complete method than conventional ones. Geometric morphometrics uses two-dimensional images in different planes, or three-dimensional images directly, with this, it gives more information and a better graphic interpretation, which allows the studied structures to be fully evaluated.

2.1.Keywords.

Key words: Nasal cavity, pharynx, larynx.

3. INTRODUCCIÓN

Para estudiar un organismo, es importante analizar su morfología, para comprender las estructuras que lo componen y determinar las funciones que ejercen, y así, identificar las diferencias estructurales y funcionales con otros organismos (1). Uno de los métodos más usados para estudiar la morfología de un organismo es la cefalometría lateral. Este método obtiene la forma del objeto biológico mediante un conjunto de medidas de distancias y ángulos, realizado sobre una imagen obtenida por la técnica telerradiografía de perfil. Sin embargo, este método no entrega información tridimensional del objeto, sino un resultado bidimensional (2). Es importante evaluar la vía aérea superior tridimensionalmente, porque una alteración del volumen de la vía aérea, puede afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de las estructuras craneofaciales (3). Un método que otorga un análisis tridimensional completo y preciso es la morfometría geométrica, que usa distintos softwares para obtener información geométrica de las estructuras biológicas del individuo u objeto en estudio (4). La morfometría geométrica analiza la forma estructural de diferentes individuos, ya sea asociando imágenes bidimensionales en diferentes planos, para configurar tres dimensiones, o usando directamente imágenes tridimensionales. La morfometría geométrica usa análisis estadísticos, lo que permite reconocer las diferencias entre las estructuras estudiadas (4,5).

La morfometría geométrica es ampliamente usada en distintas áreas de la ciencia, como antropología, biología y taxonomía (6). En estas áreas, la morfometría geométrica determina las relaciones entre tamaño, forma y función del individuo, además describe la variación morfológica, con la finalidad de analizar diferencias entre las mismas especies o diferentes especies (7). Se ha destacado la morfometría geométrica por su capacidad de reconstruir la forma de una estructura con mayor precisión que métodos convencionales como la cefalometría lateral (8). Además, la morfometría geométrica presenta ilustraciones o animaciones computacionales, que permite evaluar completamente la estructura estudiada (9).

La evaluación de la vía aérea superior es parte de la rutina diaria del ortodoncista, debido a las importantes funciones que cumple como ventilación, fonación y relación con el desarrollo de las estructuras craneofaciales (10). Cualquier alteración, ya sea, una anomalía congénita, maloclusiones dentales, estrechamiento u obstrucción de la vía aérea superior podría generar una alteración en la respiración (11). Esta alteración podría ocasionar un impacto negativo en el desarrollo de las estructuras craneofaciales, como deficiencias en el crecimiento transversal maxilar y un desplazamiento hacia posterior de la mandíbula, afectando negativamente la apariencia estética y causando problemas psicosociales (12). Por esto, es importante interceptar estas alteraciones estructurales en etapa temprana, para asegurar la funcionalidad de la vía aérea superior, especialmente en los niños que están en etapa de crecimiento (11,12).

Hoy en día, la morfometría geométrica es usada en ortodoncia, principalmente para estudiar las formas dentales y estructuras craneofaciales (13). Sin embargo, en ortodoncia hay déficit de estudios de morfometría geométrica para evaluar la vía aérea superior. Por esto, se realiza la presente revisión narrativa con el objetivo de identificar los usos de la morfometría geométrica en la evaluación de la vía aérea superior. Para ello, abordaremos los estudios que describen el uso de la morfometría geométrica en la vía aérea superior y sus estructuras adyacentes, esperando generar interés para futuras investigaciones en esta área.

4. MÉTODOS

4.1. Diseño general

El presente estudio corresponde a una revisión narrativa de la literatura, sobre artículos científicos relacionados al estudio de morfometría geométrica aplicada en la evaluación de la vía aérea superior. La variable independiente es la morfometría geométrica con sus técnicas y análisis involucrados, y la variable dependiente es la vía aérea superior y sus estructuras.

4.2. Fuente de información

Las bases de datos usadas para la búsqueda de artículos fueron PubMed y Web of Science, a las cuales se ingresaron a través del buscador metacatálogo PRIMO del sistema de bibliotecas de la página web de la Universidad de Talca.

4.3. Estrategia de búsqueda

La búsqueda principal se realizó usando términos libres para morfometría geométrica y vía aérea superior y términos MeSH (Medical Subject Headings) para cavidad nasal, faringe y laringe. Se realizaron combinaciones por medio de operadores booleanos y se aplicó el filtro “Desde año 2001 hasta 2021”. La fórmula de texto fue la siguiente: “Geometric morphometrics AND (Upper airway OR "Nasal cavity"[Mesh] OR "Pharynx"[Mesh] OR "Larynx"[Mesh])”.

4.4. Criterios de elegibilidad

Se evaluaron los estudios que investigaron la morfometría geométrica aplicada en la evaluación de la vía aérea superior, estableciendo los criterios de inclusión y exclusión que se detallan a continuación:

4.4.1. Criterios de inclusión

Los criterios que debían estar presentes en los artículos seleccionados fueron los siguientes:

1. Estudios acerca de los humanos.
2. Estudios que utilizan métodos de morfometría geométrica.
3. Estudios que evalúan la vía aérea superior.
4. Estudios clínicos observacionales o experimentales.

4.4.2. Criterios de exclusión

1. Estudios con reconstrucciones tridimensionales de modelos de estudios de la vía aérea superior.
2. Estudios de revisión narrativa o sistemática.

Los artículos se seleccionaron según los criterios de inclusión y exclusión mencionados anteriormente, para ello debían cumplir obligatoriamente los cuatro criterios de inclusión y fueron rechazados si cumplían con uno o más de los criterios de exclusión.

4.5. Criterios de selección

La selección de artículos se realizó en dos etapas: primero análisis de título y resumen, posteriormente, lectura de texto completo. Los artículos fueron analizados de forma independiente por los dos autores y las discrepancias fueron resueltas por consenso.

Para entender los dominios representados por todos los artículos identificados y eliminar los artículos duplicados de acuerdo con el objetivo de la investigación, importamos los títulos y resúmenes en la aplicación en línea Rayyan (<https://www.rayyan.ai/>). Esta aplicación se desarrolla específicamente para acelerar la selección inicial de resúmenes y títulos mediante un proceso de semiautomatización (14).

5. RESULTADOS

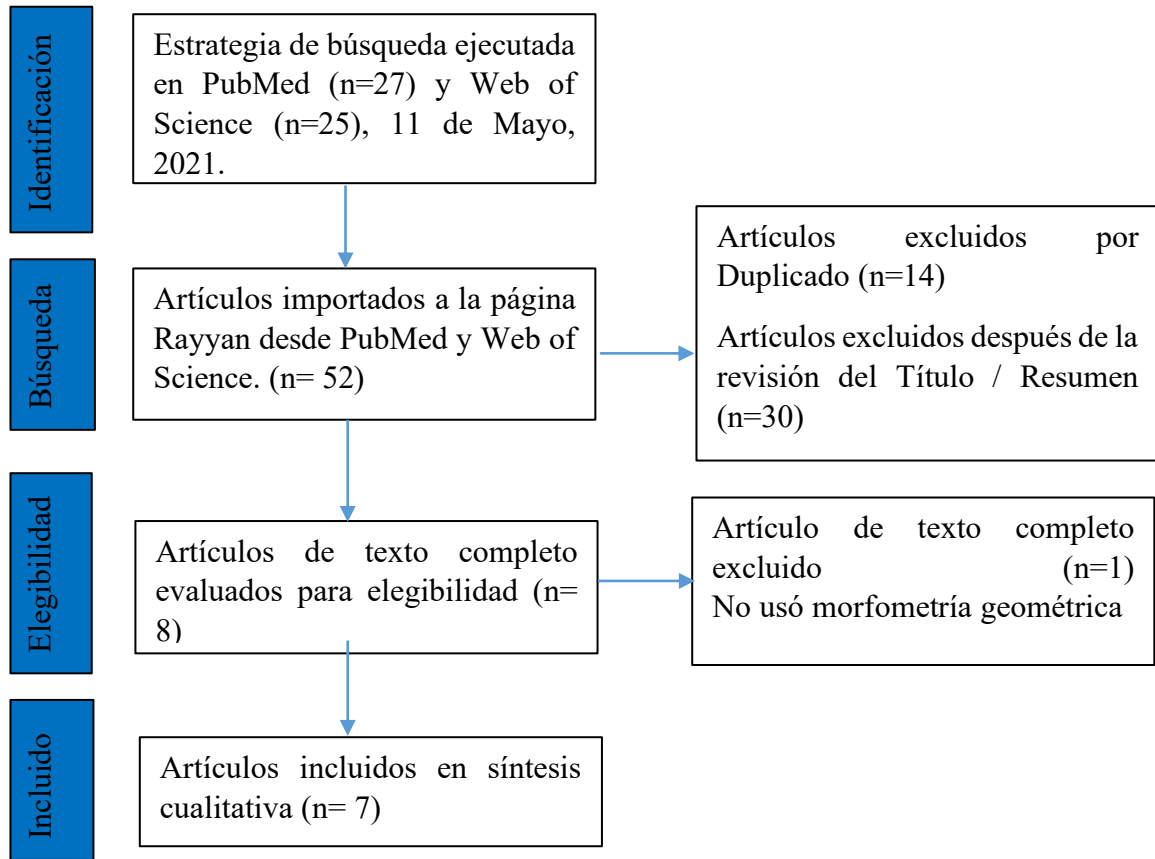


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA. Flujo que representa la búsqueda sistemática de la bibliografía sobre la morfometría geométrica aplicada en la evaluación de la vía aérea superior.

Entre los estudios seleccionados, todos usaron la morfometría geométrica con imágenes obtenidas por diferentes técnicas, como telerradiografía de perfil y frontal, tomografía computarizada, estereofotogrametría y rinometría acústica.

La estereofotogrametría genera imágenes tridimensionales, que se adquieren al combinar fotografías capturadas desde varios ángulos con cámaras digitales sincronizadas (Figura 2) (15).

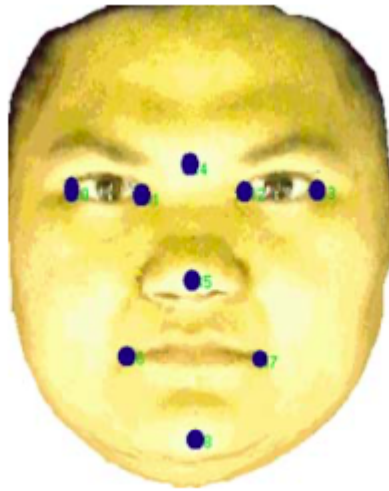


Figura 2. Estereofotogrametría: estereofotogrametría 3D que captura la superficie de los tejidos blandos faciales (28).

La rinometría acústica usa el rinómetro, instrumento que produce ondas acústicas en la fosa nasal produciendo una gráfica del volumen nasal, donde se dibujan los distintos relieves de la fosa nasal y su relación con las zonas anatómicas (Figura 3)(16).

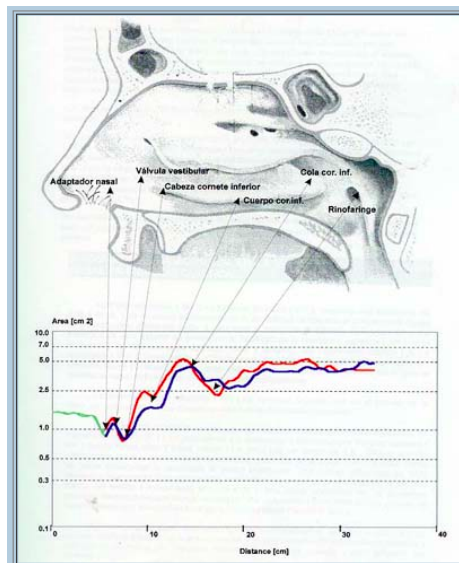


Figura 3. Rinometría acústica: gráfica de fosa nasal producida por ondas acústicas de rinometría acústica (16).

La morfometría geométrica usa las imágenes obtenidas con las técnicas anteriores, en estas imágenes se realiza la superposición de Procrustes, que es el análisis fundamental de la morfometría geométrica (4).

La superposición de Procrustes consiste en ubicar los puntos en las estructuras anatómicas estudiadas (Figura 4A), Con los puntos ubicados en las estructuras, las imágenes del estudio se superponen (Figura 4B) y se ajustan factores interferenciales como la magnificación, rotación y traslación de las estructuras, lo más cerca posible a la forma promedio de la muestra (Figura 4C) (17). El resultado es un conjunto de puntos que caracteriza una forma que recibe el nombre de “configuración”. Estas configuraciones se superponen y permiten observar las variaciones de las estructuras debido a la forma y no por los factores interferenciales mencionados, así las estructuras resultan comparables entre sí (Figura 4) (4,17).



Figura 4. Superposición de Procrustes. A: muestra los cambios de forma del cráneo entre dos individuos correspondientes a una misma especie de monos, en la letra a corresponde a un adulto y la letra b corresponde a un adulto mayor. Con tal fin se registraron 38 puntos anatómicos. B: se superponen ambas configuraciones de 38 puntos y se observa falta de ajuste global de las configuraciones. C: se ajustan los factores como rotación y traslación, donde puede apreciarse que existe un mayor ajuste en los puntos de la base del cráneo y una falta de ajuste más marcado en la región facial (17).

Posterior a la superposición de Procrustes, para cuantificar las variaciones de forma de las diferentes estructuras estudiadas, los artículos incluidos usaron el análisis de componentes principales. Éste es un análisis de estadística multivariada, que permite resumir

múltiples características obtenidas de las estructuras, creando nuevas características representativas, y así, facilitar la interpretación del resultado de las variaciones de formas de las estructuras estudiadas (18).

Existe otro análisis de morfometría geométrica que se puede usar después de superposición de Procrustes, para analizar los cambios de forma relacionado con el tamaño, que se denomina análisis de escala de elementos finitos (19). Este análisis otorga una representación gráfica para mostrar las diferencias de forma entre las estructuras estudiadas de un grupo objetivo y el grupo control del estudio. Este análisis permite cuantificar diferencias estructurales mayores y menores, y otorga una mejor comprensión y visualización de la magnitud y dirección del cambio morfológico (Figura 5) (19).

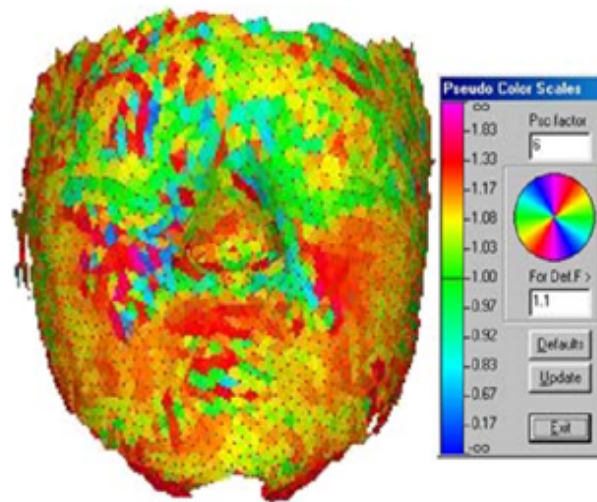


Figura 5. Análisis de elementos finitos. Representación gráfica pseudo-coloreada, comparando la morfología facial tridimensional media de pacientes con síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño con la morfología facial tridimensional media de los sujetos de control. La escala de pseudo-color vertical indica que las diferencias se localizan en las regiones bucosubmandibulares de la cara predominantemente (naranja-roja) (28).

Entre los artículos incluidos, tres usaron morfometría geométrica y realizaron una descripción y cuantificación de la vía aérea superior, en adultos no patológicos. En estos estudios se identificaron diferencias estructurales entre hombres y mujeres, lo que se define como dimorfismo sexual (20). Los estudios indicaron diferencias estructurales en las proporciones del tamaño medio de las vías respiratorias masculinas, que fue significativamente mayor que en las vías respiratorias femeninas (21,22). Además, señalaron que existe una diferencia estadísticamente significativa en la forma de diferentes estructuras como en la apertura piriforme, el complejo hioides-laringe y los tejidos blandos de la vía aérea superior (20,21,22). Estos estudios indicaron que la forma de las estructuras mencionadas son más alargadas y de mayor altura en los hombres que en las mujeres. Estos estudios también presentaron una correlación positiva entre peso/talla del individuo con la forma y tamaño, es decir, a mayor peso/talla presenta mayor tamaño y forma más alargada (20,21).

Dos estudios analizaron los cambios estructurales en pacientes en crecimiento activo con alteraciones en la vía aérea superior, mediante morfometría geométrica. Singh et al (2005) usaron el dispositivo de moldeado nasolabial (NAM del inglés, nasolabial molding) propuesto por Grayson, en los pacientes recién nacidos con labio fisurado/paladar hendido unilateral, para aproximar los segmentos alveolares (23). Estos autores realizaron una gingivoperioplastia durante la cirugía primaria y usaron el NAM para que los segmentos del labio se ubiquen en una posición más anatómicamente correcta, facilitando la reparación del labio con una tensión mínima y minimizar el proceso de cicatrización. Los cambios de los pacientes antes y post-tratamiento con NAM, fueron analizados mediante morfometría geométrica. Ésta localizó y cuantificó los cambios nasales, el mejoramiento de la simetría nasal bilateral y la recuperación de la forma correspondiente de las estructuras nasales y maxilares (24). Singh et al (2014), buscaron mejorar la maloclusión en pacientes clase II y con ello, armonizar y mejorar los tejidos faciales. Usaron tratamiento con el dispositivo biobloc propuesto por Mew, que redirigió el crecimiento de la mandíbula anteriormente, en una dirección más horizontal para desarrollar una mejor postura y perfil facial de tejidos blandos (25). Las mejoras de los pacientes post-tratamiento con biobloc se estudiaron con morfometría geométrica. Ésta mostró la mejora de la maloclusión por el adelantamiento

mandibular, con ello, generó el aumento del área de la vía aérea superior, principalmente en la zona faríngea, y así mejoró la función respiratoria de los pacientes (26).

Dos estudios usaron morfometría geométrica para diferenciar las estructuras de la vía aérea superior en pacientes con y sin síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño. La vía aérea nasal de los pacientes con síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño fue significativamente más estrecha en comparación con los pacientes de control (27). Además, en pacientes con obesidad, se observó mayor acúmulo de tejido adiposo en la región submandibular, lo que provocó el estrechamiento de la vía aérea superior, principalmente en la hipofaringe (28). En estos casos, los pacientes se encontraron más propensos a desarrollar síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño (27, 28).

La tabla 1 describe los artículos seleccionados por título, autor/año, propósito, participantes, metodología y resultado principal.

Artículos	Autor/ Año	Propósito	N	Metodología	Resultado
Análisis tridimensional del dimorfismo sexual en la morfología de los tejidos blandos de las vías respiratorias superiores en una población humana.	Bastir et al, 2019	Cuantificar la morfología tridimensional de los tejidos blandos de las vías respiratorias superiores en una población humana.	41	Tomografía computarizada. Superposición de Procrustes. Análisis de componentes principales (PCA). Análisis multivariado de varianza (MANOVA).	El tamaño medio de las vías respiratorias y de los componentes funcionales en los hombres fue significativamente mayor que en las mujeres.

<p>Análisis del complejo hioides-larínge mediante morfometría geométrica 3D</p>	<p>Loth et al, 2015</p>	<p>Obtener una descripción anatómica cuantitativa del complejo hueso hioides-larínge utilizando modernas herramientas de reconstrucción 3D.</p>	<p>104</p>	<p>Tomografías computarizadas. Superposición de Procrustes. PCA. MANOVA. Análisis de varianza (ANOVA).</p>	<p>El tamaño de la laringe fue significativamente mayor en los hombres que en las mujeres. El análisis de forma y tamaño del complejo hioides-larínge mostró la existencia de un dimorfismo sexual significativo y una alta heterogeneidad interindividual según la morfología del paciente.</p>
<p>Medidas morfométricas y dimorfismo sexual de la apertura piriforme en adultos</p>	<p>Mored et al, 2013</p>	<p>Evaluar la forma y las dimensiones de la apertura piriforme y su dimorfismo sexual en reconstrucciones 3D de tomografías computarizadas faciales realizadas en sujetos no patológicos utilizando morfometría geométrica</p>	<p>170</p>	<p>Tomografía computarizada. Superposición de Procrustes. PCA. MANOVA. ANOVA.</p>	<p>Existe dimorfismo de las dimensiones de la apertura piriforme. Los hombres tienen una apertura piriforme más grande y más larga, y el tamaño de la apertura piriforme está correlacionado con el tamaño de los individuos.</p>

<p>Cambios nasales tridimensionales después del moldeado nasoalveolar en pacientes con labio fisurado y paladar hendido unilaterales: morfometría geométrica</p>	<p>Singh et al, 2005</p>	<p>Evaluar los cambios tridimensionales en la morfología nasal en pacientes con labio fisurado y paladar hendido unilaterales tratados con moldeado nasoalveolar (NAM) prequirúrgico para corregir la deformidad naso-labio-alveolar.</p>	<p>10</p>	<p>Estereofotogrametría digital 3D. Superposición de Procrustes. Análisis de escala de elementos finitos (FESA).</p>	<p>Mediante el empleo de la placa de moldeado nasoalveolar, se mejoró la simetría nasal bilateral en pacientes con labio fisurado y paladar hendido unilaterales antes de la reparación quirúrgica.</p>
<p>Evaluación del espacio de la vía aérea posterior después de la terapia con biobloques: morfometría geométrica</p>	<p>Singh et al, 2014</p>	<p>Evaluar los cambios en el espacio de la vía aérea posterior en pacientes después de la terapia con Biobloc, utilizando morfometría geométrica.</p>	<p>53</p>	<p>Telerradiografía de perfil y frontal. Superposición de Procrustes. PCA. FESA.</p>	<p>El tratamiento con Biobloc tuvo efectos beneficiosos sobre la morfología de las vías respiratorias en pacientes en crecimiento activo, un aumento del 31% en el área relativa de las vías respiratorias en la nasofaringe y 23% en la orofaringe.</p>

Obesidad craneofacial en pacientes con apnea obstructiva del sueño	Banabilh et al, 2009	Localizar y cuantificar las diferencias morfométricas geométricas en la morfología de los tejidos blandos faciales en adultos con y sin SAHOS.	80	Estereofotogrametría. Superposición de Procrustes. PCA. FESA.	El índice de masa corporal y la circunferencia del cuello fueron significativamente mayor para el grupo de SAHOS, por ello, la permeabilidad de las vías respiratorias hipofaríngeas puede verse afectada negativamente.
Evaluación de la morfología de las vías respiratorias nasales en 3D en adultos del sudeste asiático con apnea obstructiva del sueño mediante rinometría acústica	Banabilh et al, 2010	Investigar la morfología de las vías respiratorias nasales en adultos asiáticos con y sin apnea obstructiva del sueño (SAHOS)	108	Rinometría acústica (AR). Polisomnografía de canales limitados. Superposición de Procrustes. PCA. FESA.	Se encontró que el promedio tridimensional de la vía aérea nasal en individuos con SAHOS fue significativamente más estrecha en comparación con el grupo de control.

Tabla 1. Análisis de los artículos seleccionados. Descripción de los estudios seleccionados por título, autor/año, propósito, participantes, metodología y resultado principal.

6. DISCUSIÓN

La presente revisión narrativa evalúa los artículos que usan la morfometría geométrica, e identifican sus usos en la evaluación de la vía aérea superior. La evaluación de la vía aérea superior, es fundamental en la práctica de ortodoncia, debido a la estrecha interrelación entre la correcta función respiratoria y el desarrollo normal de las estructuras craneofaciales. En la evaluación de la vía aérea superior, podemos usar morfometría geométrica que nos da información acerca del reconocimiento y diferenciación de estructuras en pacientes sanos y con anomalías, con un mejor resultado en comparación con los métodos convencionales.

Al evaluar la vía aérea superior con morfometría geométrica, existe un marcado dimorfismo sexual en las estructuras que componen la vía aérea superior. Entre las estructuras analizadas, apertura piriforme, complejo hioides-laringe y en los tejidos blandos, todos ellos son significativamente de mayor tamaño y de forma más alargada en hombres que en mujeres (20,21,22). Estas diferencias en la morfología de la vía aérea superior, son compatibles con otros estudios con la hipótesis respiratoria-energética de Stahl et al. Esta hipótesis indica que los hombres se diferencian de las mujeres por mayores demandas energéticas, y por esta razón, la forma y tamaño de las estructuras de la vía aérea superior es más alargada y mayor en hombres que en mujeres (22).

En odontología, la evaluación de la vía aérea superior es comúnmente realizada con cefalometría lateral, que es un método reproducible y de fácil acceso. Sin embargo, es un método bidimensional, que otorga mediciones en sentido vertical y antero-posterior, pero no entrega un resultado preciso en relación al volumen de la vía aérea superior (2). La tomografía computarizada de haz cónico es un examen que provee imágenes tridimensionales y cortes axiales de la vía aérea superior a bajo costo, y con dosis de radiación aceptable para una determinada calidad de imagen (29). La tomografía computarizada de haz cónico otorga imágenes y análisis cefalométricos bidimensionales y tridimensionales, permitiendo las mediciones volumétricas en la evaluación de la vía aérea superior (30). Los métodos mencionados son usados comúnmente para planificar el tratamiento y controlar los cambios

de la vía aérea superior post-tratamientos odontológicos. En base a las imágenes de telerradiografía de perfil y frontal, y tomografía computarizada de haz cónico, podemos desarrollar morfometría geométrica para obtener análisis cefalométricos y morfométricos más precisos en comparación a la cefalometría lateral (26). Por otro lado, la morfometría geométrica otorga análisis más completos que el análisis de tomografía computarizada de haz cónico, a través de los análisis estadísticos de la morfometría geométrica. Estos análisis evalúan la variabilidad de la forma de las estructuras estudiadas, representando gráficamente los cambios, lo que permite comparar entre grupo objetivo y grupo control (24,26).

La génesis del síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño, es producida por episodios de obstrucción parcial o total de la vía aérea superior durante el sueño (31). El examen principal para diagnosticar el síndrome de apnea/hipopnea obstructiva del sueño es la polisomnografía, sin embargo, éste es un examen caro que consume recursos tanto de tiempo como de personal (32). Es por esto, que según los estudios analizados, sugerimos implementar la morfometría geométrica como paso previo a la polisomnografía, ya que es un excelente método para la evaluación del calibre y forma de la vía aérea superior. La morfometría geométrica es un buen indicador para precisar e identificar el lugar de la obstrucción, incluso en un futuro podría ser usada para diagnosticar esta enfermedad (27,28).

Es importante evaluar la relación entre la forma y función de la vía aérea superior para establecer su relación con el correcto desarrollo de las estructuras craneofaciales (3). El concepto de matriz funcional propuesto por Moss, indica que existe una correlación en el crecimiento de las estructuras craneofaciales con la fuerza mecánica producida por los tejidos blandos que los rodean (33). Por este concepto, es importante analizar el volumen de las vías aéreas superiores, ya que una disminución del volumen de la vía aérea, disminuye la función respiratoria, con ello, afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las estructuras craneofaciales (3). Sin embargo, en los estudios analizados con morfometría geométrica en la evaluación de la vía aérea superior, ninguno establece una relación entre forma y función de las estructuras de la vía aérea superior (21,25,27). Por lo tanto, sugerimos que en futuros estudios de morfometría geométrica, deben realizarse junto con estudios funcionales para

investigar las implicaciones fisiológicas de las variaciones morfológicas de estas estructuras respiratorias.

Para desarrollar la morfometría geométrica, existen diferentes softwares en el mercado, gratuitos y de pago, destacando Landmark editor (Stratovan corporation, USA) y MorphoJ (Morphomet, UK), ambos son gratuitos y disponibles en línea (34). Sin embargo, para su uso requiere personal capacitado, con conocimientos específicos sobre el método y aplicación en diferentes casos, por lo que un odontólogo general requiere capacitación en este método para su uso. Los profesionales de imagenología tienen mejores conocimientos de exámenes radiográficos, para ellos, puede ser de mayor entendimiento y utilidad este método, por lo que podría ser una futura tendencia para poder ofrecer mayor ayuda al resto de profesionales y pacientes.

En los últimos años, los métodos convencionales son los más usados para evaluar la vía aérea superior en comparación con la morfometría geométrica, por fácil acceso y de mayor conocimiento (30). Esta revisión narrativa incluye un número acotado de artículos relacionados con la morfometría geométrica en la evaluación de la vía aérea superior, posiblemente por desconocimiento de su uso para evaluar la vía aérea. La morfometría geométrica es un método antiguo creado por Bookstein en el año 1991 (35), pero es relativamente nueva para evaluar la vía aérea superior ya que, su primer uso fue en el año 2005 (24). Aún falta investigación sobre aplicaciones prácticas de la morfometría geométrica en la vía aérea superior, aún así, es un método promisorio, otorga un análisis morfológico preciso y completo de las estructuras estudiadas (4,17,18). Por lo tanto, sugerimos más estudios que usen morfometría geométrica para evaluar la vía aérea superior y poder recomendar su aplicación en ortodoncia.

En conclusión, la morfometría geométrica es un método tridimensional que usa múltiples análisis, e imágenes obtenidas de técnicas convencionales, con las cuales, identifica las diferencias entre las estructuras estudiadas debido a la forma geométrica. La morfometría geométrica tiene múltiples usos principalmente en la investigación, diferenciación de estructuras, planificación de tratamiento y control de diferentes patologías o anomalías que

afectan a la vía aérea superior. La morfometría geométrica otorga una evaluación más precisa y completa que los métodos convencionales para comparar entre los grupos estudiados, permitiendo evaluar totalmente las estructuras de la vía aérea superior.

7. REFERENCIAS

1. Özer T, Selçuk A, Yılmaz Z, Voyvoda N, Çam İ, Özel HE, et al. The role of upper airway morphology in apnea versus hypopnea predominant obstructive sleep apnea patients: an exploratory study. *Br J Radiol.* 2018;20170322. Doi: 10.1259/bjr.20170322.
2. Wen J, Liu S, Ye X, Xie X, Li J, Li H, et al. Comparative study of cephalometric measurements using 3 imaging modalities. *J Am Dent Assoc.* 2017; 148(12):913–21. Doi:10.1016/j.adaj.2017.07.030.
3. Grauer D, Cevidanes LSH, Styner MA, Ackerman JL, Proffit WR. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: relationship to facial morphology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136(6):805–14. Doi:10.1016/j.ajodo.2008.01.020.
4. Klingenberg CP. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Dev Genes Evol.* 2016; 226(3):113–37. Doi: 10.1007/s00427-016-0539-2.
5. Oh H, Knigge R, Hardin A, Sherwood R, Duren D, Valiathan M, et al. Predicting adult facial type from mandibular landmark data at young ages. *Orthod Craniofac Res.* 2019; 1:154–62. Doi: 10.1111/ocr.12296.
6. Changbunjong T, Sumruayphol S, Weluwannarak T, Ruangsittichai J, Dujardin J-P. Landmark and outline-based geometric morphometrics analysis of three *Stomoxys* flies (Diptera: Muscidae). *Folia Parasitol.* 2016. Doi: 10.14411/fp.2016.037.
7. Benítez HA, Püschel TA. Modelling shape variance: geometric morphometric applications in evolutionary biology. *Int J Morphol.* 2014; 32:998-1008. Doi: 10.4067/S0717-9502201400030004.
8. Klingenberg CP, Monteiro LR. Distances and directions in multidimensional shape spaces: implications for morphometric applications. *Syst Biol.* 2005; 54(4):678–88. Doi: 10.1080/10635150590947258.
9. Toro Ibacache MV, Manriquez Soto G, Suazo Galdames I. Geometric morphometry and the biologic shapes study: from the descriptive morphology to the quantitative

- morphology. *Int J Morphol.* 2010; 28(4):977–90. Doi: 10.4067/S0717-95022010000400001.
10. Doweck I, Cohen-Kerem R. Otolaryngology, head and neck surgery - variety of pathologies and management options. *Harefuah.* 2020; 159(1):74–6.
 11. Ardehali MM, Zarch VV, Joibari M-E, Kouhi A. Cephalometric assessment of upper airway effects on craniofacial morphology. *J Craniofac Surg.* 2016; 27(2):361–4. Doi:10.1097/SCS.0000000000002388.
 12. Lewis CW, Jacob LS, Lehmann CU, Section on oral health. The primary care pediatrician and the care of children with cleft lip and/or cleft palate. *Pediatrics.* 2017; 139(5):e20170628. Doi: 10.1542/peds.2017-0628.
 13. Huanca Ghislazoni L, Lione R, Cozza P, Franchi L. Measuring 3D shape in orthodontics through geometric morphometrics. *Prog Orthod.* 2017 1; 18(1):38. Doi: 10.1186/s40510-017-0194-9.
 14. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016; 5(1):210. Doi: 10.1186/s13643-016-0384-4.
 15. Dindaroğlu F, Kutlu P, Duran GS, Görgülü S, Aslan E. Accuracy and reliability of 3D stereophotogrammetry: a comparison to direct anthropometry and 2D photogrammetry. *Angle Orthod.* 2016 1; 86(3):487–94. Doi: 10.2319/041415-244.1.
 16. Knappe SW, Sonnesen L. The reliability and influence of body position on acoustic pharyngometry and rhinometry outcomes. *J Oral Maxillofac Res.* 2020; 11(4):e1. Doi:10.5037/jomr.2020.11401.
 17. Zhu Y, Zheng S, Yang G, Fu X, Xiao N, Wen A, et al. A novel method for 3D face symmetry reference plane based on weighted Procrustes analysis algorithm. *BMC Oral Health.* 2020; 20(1):319. Doi: 10.1186/s12903-020-01311-3.
 18. Jolliffe IT, Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2016; 374(2065):20150202. Doi: 10.1098/rsta.2015.0202.
 19. Welch-Phillips A, Gibbons D, Ahern DP, Butler JS. What is finite element analysis? *Clin Spine Surg.* 2020; 33(8):323–4. Doi: 10.1097/BSD.0000000000001050.

20. Moreddu E, Puymeraill L, Michel J, Achache M, Dessi P, Adalian P. Morphometric measurements and sexual dimorphism of the piriform aperture in adults. *Surg Radiol Anat.* 2013; 35(10):917–24. Doi: 10.1007/s00276-013-1116-2.
21. Loth A, Corny J, Santini L, Dahan L, Dessi P, Adalian P, et al. Analysis of hyoid-larynx complex using 3D geometric morphometrics. *Dysphagia.* 2015; 30(3):357–64. Doi: 10.1007/s00455-015-9609-2.
22. Bastir M, Megía I, Torres-Tamayo N, García-Martínez D, Piqueras FM, Burgos M. Three-dimensional analysis of sexual dimorphism in the soft tissue morphology of the upper airways in a human population. *Am J Phys Anthropol.* 2020; 171(1):65–75. Doi: 10.1002/ajpa.23944.
23. El-Ashmawi NA, Fayed MMS, El-Beialy A, Attia KH. Evaluation of the clinical effectiveness of nasoalveolar molding (NAM) using Grayson method versus computer-aided design NAM (CAD/NAM) in infants with bilateral cleft lip and palate: A randomized clinical trial. *Cleft Palate Craniofac J.* 2021; 1055665621990152. Doi:10.1177/1055665621990152.
24. Singh GD, Levy-Bercowski D, Santiago PE. Three-dimensional nasal changes following nasoalveolar molding in patients with unilateral cleft lip and palate: geometric morphometrics. *Cleft Palate Craniofac J.* 2005; 42(4):403–9. Doi: 10.1597/04-063.1.
25. Singh GD, Medina L, Hang W. Soft tissue facial changes using Biobloc appliances: geometric morphometrics. *Int J Orthod Milwaukee.* 2009; 20(2):29-34.
26. Singh GD, Garcia-Motta AV, Hang WM. Evaluation of the posterior airway space following Biobloc therapy: geometric morphometrics. *Cranio.* 2007; 25(2):84–9. Doi: 10.1179/crn.2007.014.
27. Banabilh SM, Suzina AH, Mohamad H, Dinsuhaimi S, Samsudin AR, Singh GD. Assessment of 3-D nasal airway morphology in Southeast Asian adults with obstructive sleep apnea using acoustic rhinometry. *Clin Oral Investig.* 2010; 14(5):491–8 Doi: 10.1007/s00784-009-0342-9.
28. Banabilh SM, Suzina AH, Dinsuhaimi S, Samsudin AR, Singh GD. Craniofacial obesity in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Breath.* 2009; 13(1):19–24. Doi: 10.1007/s11325-008-0211-9.

29. El H, Palomo MJ. Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137 (4): S50.e1-9. Doi:10.1016/j.ajodo.2010.01.014.
30. Niu X, Di Carlo G, Cornelis MA, Cattaneo PM. 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. *Orthod Craniofac Res.* 2020; 23(3):250–76. Doi:10.1111/ocr.12378.
31. Stöwhas A-C, Lichtblau M, Bloch KE. Obstructive sleep apnea syndrome. *Praxis (Bern 1994).* 2019; 108(2):111–7. Doi:10.1024/1661-8157/a003198.
32. Rundo JV, Downey R 3rd. Polysomnography. *Handb Clin Neurol.* 2019; 160:381–92. Doi:10.1016/B978-0-444-64032-1.00025-4.
33. Ausubel M. Functional matrix theory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 127(5):529; author reply 530. Doi:10.1016/j.ajodo.2005.03.012.
34. Klingenberg CP. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics: Computer program note. *Mol Ecol Resour.* 2011; 11(2):353–7. Doi: 10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x.
35. Bookstein FL. A method of factor analysis for shape coordinates: Bookstein. *Am J Phys Anthropol.* 2017; 164(2):221–45. Doi:10.1002/ajpa.23277.