



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**  
**MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA**  
**DENTOFACIAL**

**TITULO**  
**CAMBIOS DE LA VAS CON EL FORSUS™**

**ALUMNO**  
**Romina Luces González**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**Oviedo, mayo 2020**





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**  
**MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA**  
**DENTOFACIAL**

**TITULO**  
**CAMBIOS DE LA VAS CON EL FORSUS™**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**ALUMNO**  
**Romina Luces González**

**Tutor: Iván Menéndez Díaz**  
**Cotutor: Inmaculada Entrenas Valle**





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

**Iván Menéndez Díaz**, Doctor en Odontología, adscrito al Departamento de Cirugía y Especialidades Médico Quirúrgicas de la Universidad de Oviedo

**CERTIFICO:**

Que el trabajo titulado “**Cambios de la VAS con el FORSUS™**” presentado por **D. Romina Luces González**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento Facial.

En Oviedo, a 18 de mayo de 2020





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

**Inmaculada Entrenas Valle**, Doctora en Odontología, Profesora Colaboradora del Departamento de Cirugía y Especialidades Médico Quirúrgicas de la Universidad de Oviedo

**CERTIFICO:**

Que el trabajo titulado “**Cambios de la VAS con el FORSUS™**” presentado por **D. Romina Luces González**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento Facial.

En Oviedo, a 18 de mayo de 2020





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

“Se agradece el apoyo recibido por parte de la Unidad de Consultoría Estadística de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo”



## **RESUMEN Y ABSTRACT**





## RESUMEN

**Introducción:** El aparato funcional tipo Forsus™ es una opción de tratamiento en pacientes de clase II esquelética que produce cambios dentoalveolares. El 60% de los pacientes con clase II esquelética presenta una mandíbula retrognática, lo cual puede afectar a la dimensión de la vía aérea faríngea superior, que añadido a otras alteraciones morfológicas como la hiperplasia de amígdalas puede provocar trastornos respiratorios.

**Objetivos:** Analizar los cambios de la vía aérea faríngea superior después de un tratamiento completo con Forsus™ y analizar la fiabilidad del dispositivo de medida de la vía aérea faríngea superior.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio longitudinal, retrospectivo y observacional sobre 10 telerradiografías de 10 pacientes con clase II esquelética de origen mandibular tratados con Forsus™ y aparatología multibracket con un mínimo de 5 meses con el Forsus™ en boca. Las mediciones cefalométricas se dividieron a nivel de la vía aérea faríngea superior. Se realizó un análisis descriptivo y el test t de Student o test de Wilcoxon para muestras relacionadas, según se cumpliera la hipótesis de normalidad o no. Se consideró significación estadística un p-valor menor de 0,05.

**Resultados:** La media de edad de los pacientes fue de 17 +- 1,6 años y su distribución de frecuencias según la variable sexo es 50% H y 50% M. El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara inicial varía entre 13,52+/- 3,80 mm. El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara final oscila entre 14,52 +/- 3,42 mm. El valor de la dimensión faríngea inferior de McNamara inicial varía entre 15,85 +/- 3,48 mm y la dimensión faríngea inferior de McNamara final oscila entre 14,85 +/- 2,32 mm. El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara sufre un aumento, aunque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (p-valor=0.33). El valor de la dimensión faríngea inferior de McNamara disminuye, aunque estos cambios no son estadísticamente significativos (p-valor=0.14).

**Conclusiones:** El Forsus™ no produce cambios a nivel de la vía aérea faríngea superior y la fiabilidad de la medición cuantitativa 3D de la vía aérea faríngea superior con CBCT es un método que a pesar de tener un protocolo estandarizado para su ejecución tiene errores. La fiabilidad de la medición cuantitativa 2D de la vía aérea faríngea superior es muy limitada. Para diagnosticar pacientes de riesgo y patologías de vía aérea faríngea superior sería necesario añadir pruebas complementarias a la realización de un CBCT.

**PALABRAS CLAVE:** Forsus™, vía aérea faríngea superior, nasofaringe, orofaringe, hipofaringe, CBCT, radiografía lateral de cráneo.



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

Resumen y Abstract

---



## ABSTRACT

**Introduction:** The functional appliance Forsus™ is an option that produces changes in the dental arch to treat skeletal class II patients. 60% of the skeletal class II patients presents a retrognathic jaw, which can affect the dimension of the upper pharyngeal airway and cause breathing disorders together with other morphological alterations, such as the hyperplasia of the tonsil.

**Objective:** Analyze the changes in the upper pharyngeal airway after a treatment with Forsus™ and analyze the reliability of the measurement device of the upper pharyngeal airway.

**Materials and methods:** we did a longitudinal, retrospective and observational research with 10 telerradiographies from 10 skeletal class II patients with origin in the jaw that were treated with Forsus™ for at least 5 months and multibracket appliance. The cephalometric measurements were divided at the upper pharyngeal airway level. We also did a descriptive analyze and the Student's T-Test or Wilcoxon's test for related samples, depending on the fulfillment or non-fulfillment of assumptions of normality. We considered significant for the statistics a p-value of less than 0,05.

**Results:** the average age of the patients was 17 + 1.6 years old and their sex-based frequency distribution is of 50%M and 50% F. The initial McNamara value of the upper pharyngeal dimension varies between 13.52+/-3.80 mm and the final value changes between 14.52 + /-3.42 mm. The initial McNamara value of the lower pharyngeal dimension varies between 15.85 +/- 2.32 mm and the final value changes between 14.85 +/-2,32 mm. The McNamara value of the upper pharyngeal dimension increases, but the differences are not significant from a statistics point of view (p-value = 0.33). The McNamara value of the lower pharyngeal dimension decreases, but the differences are not significant from a statistics point of view (p-value =0.14).

**Conclusions:** The Forsus™ does not produce changes on the upper pharyngeal airway and about the reliability of the quantitative 3D measurement of the upper pharyngeal airway with CBCT, we can say that even having an standardized protocol for its use, it presents some errors. The reliability of the quantitative 2D measurement of the upper pharyngeal airway is very limited. To diagnose risk patients and pathologies of the upper pharyngeal airway, it would be necessary to make complementary tests to the CBCT.

**KEY WORDS:** Forsus™, superior pharyngeal airway, nasopharynx, oropharynx, hypopharynx, CBCT, lateral skull x-ray.





## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	23
1.1	La maloclusión de clase II .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2	Anatomía de la vía aérea superior .....	17
1.3	Fisiopatología de la vía aérea .....	19
1.4	Vía aérea y apnea obstructiva del sueño.....	20
1.5	Finalidad del estudio .....	26
2.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	31
2.1	Hipótesis .....	31
2.2	Objetivos .....	31
2.2.1	General .....	31
2.2.2	Específicos .....	31
3.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	41
3.1	Diseño del estudio .....	35
3.2	Población del estudio .....	35
3.3	Criterios de inclusión .....	35
3.4	Variables estudiadas .....	35
3.5	Recogida de datos .....	36
3.6	Método .....	36
3.7	Búsqueda bibliográfica .....	36
3.8	Análisis estadístico .....	37
4.	RESULTADOS .....	41
4.1	Análisis descriptivo .....	41
4.1.1	Variable cualitativa sexo .....	41
4.1.2	Variables cuantitativas .....	41
4.2	Comparación final vs inicial .....	42
4.2.1	Medida superior .....	42
4.2.2	Medida inferior .....	43
5.	DISCUSIÓN.....	53
6.	CONCLUSIONES .....	63



7.	FUTURA INVESTIGACIÓN.....	67
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	71



## Tabla de Ilustraciones

Figura 1.	Forsus™ visión frontal .....	18
Figura 2.	Forsus™ visión lateral .....	18
Figura 3.	Partes de la faringe .....	20
Figura 4.	Hiperplasia de la amígdala faríngea .....	21
Figura 5.	Escala de Brodsky. (Nazar, 2013).....	23
Figura 6.	Amigdalectomía .....	24
Figura 7.	Vía aérea faríngea 3D (1) .....	25
Figura 8.	Vía aérea faríngea 3D (2) .....	26
Figura 9.	Vía aérea faríngea 3D (3) .....	27
Figura 10.	Vía aérea faríngea 3D (4) .....	28
Figura 11.	Distribución según sexo .....	42
Figura 12.	Comparación dimensión faríngea superior de McNamara inicial vs final y comparación dimensión faríngea inferior de McNamara inicial vs final.....	45

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Distribución según sexo .....	42
Tabla 2.	Variabes cuantitativas .....	43
Tabla 3.	Comparación dimensión faríngea superior de McNamara inicial vs final.....	43
Tabla 4.	Comparación dimensión faríngea inferior de McNamara inicial vs final .....	44



## **INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 La maloclusión de Clase II

Las maloclusiones orales causan efectos adversos en la función oral, estética, habla y/o comportamiento social de los pacientes. La maloclusión esquelética de Clase II tiene como origen una mandíbula retrognática en un 60% de los pacientes (1). Existen diferentes tipos de tratamiento para la Clase II: aparatos extraorales, aparatos funcionales, aparatología fija o incluso tratamiento quirúrgico dependiendo de la causa y edad del paciente al inicio del tratamiento (2,3).

Los aparatos funcionales son la principal opción de tratamiento en casos de deficiencia mandibular en período de crecimiento, ya que se cree que estimulan el crecimiento posicionando la mandíbula hacia delante. Además de mejorar el patrón esquelético producen un aumento en las dimensiones orofaríngeas al forzar la mandíbula, adelantando la posición del hueso hioides, de la lengua y del paladar blando (4,5). Por estos motivos el tratamiento temprano de las deficiencias mandibulares con aparatos funcionales sería beneficioso para prevenir problemas en las vías aéreas respiratorias (6,7).

Por otra parte, se debe mencionar que la necesidad de cooperación del paciente limita el uso de estos aparatos removibles (3,8), por este motivo, se han desarrollado técnicas intraorales con aparatos funcionales fijos que ofrecen mecanismos confiables que no necesitan cooperación (3).

Estos aparatos fijos producen cambios dentoalveolares con efectos esqueléticos limitados dependiendo del aparato, de la edad y del crecimiento remanente del paciente (9,10).

El Forsus™ (3M Unitek, Monrovia, CA, EE. UU.) es un aparato fijo funcional (FFA) de uso común en ortodoncia. Es un sistema telescópico semirrígido, que está diseñado para producir fuerzas continuas y ser resistente a la rotura (11). El dispositivo consta de dos partes: un muelle helicoidal de acero y una varilla, cuyo tamaño se elige de acuerdo con la distancia desde el lado distal del tubo bucal de la banda superior del primer molar hacia el lado distal del canino inferior. Principalmente es eficaz en la corrección

dentoalveolar de la maloclusión clase II (2, 10, 12, 13), aunque se hallaron efectos esqueléticos también (3, 14, 15). Aunque los efectos del tratamiento del Forsus™ se han discutido brevemente, evaluaciones relativas a las dimensiones de la vía aérea aún están por determinar.



Figura 1. Visión frontal de un paciente del Instituto Asturiano de Odontología (IAO) con aparatología fija multibrackets y aparato Forsus™.

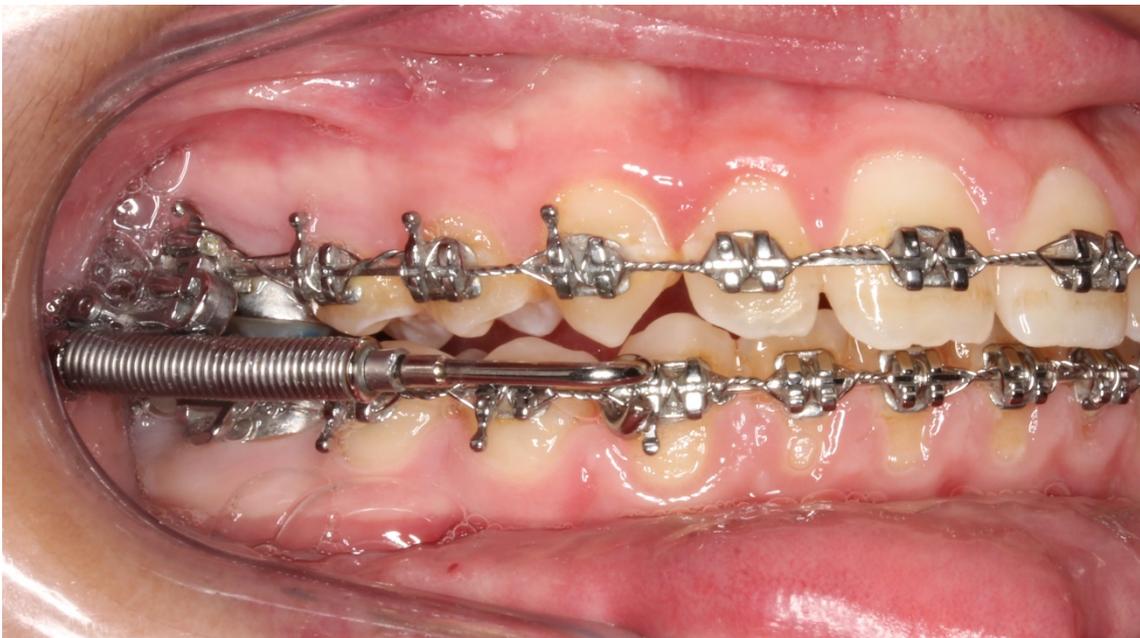


Figura 2. Visión lateral del mismo paciente del IAO con aparatología fija multibrackets y aparatología tipo Forsus™.

## 1.2 Anatomía de la vía aérea superior

Las vías respiratorias son todos aquellos conductos que distribuyen el aire hacia dentro o fuera del organismo y lo acondicionan durante la inspiración. Son los espacios que atraviesa el aire hasta llegar al lugar del intercambio de gases y los que luego atraviesa para salir de nuevo al exterior. Se divide en vía aérea superior e inferior (16).

Vía aérea superior

- Nasofaringe
- Orofaringe
- Hipofaringe

Vía aérea inferior

- Tráquea
- Bronquios
- Alveolos

La nasofaringe es el tramo comprendido entre la base del cráneo y el paladar blando. Posteriormente está al nivel de C1 y anteriormente se comunica con la cavidad nasal a través de las coanas. Tiene 2 estructuras de importancia: la entrada al conducto auditivo a través de la trompa de Eustaquio, que se encuentra en la pared lateral, y las adenoides, un grupo de tejido linfóide presente en la pared posterior y que va involucionando con la edad.

La orofaringe, llamada también bucofaringe, debido a que por delante está ubicada la cavidad oral a través del istmo de las fauces. Limitada por arriba por el velo del paladar y por debajo por la epiglotis. En este espacio se encuentran las amígdalas palatinas o anginas, entre los pilares palatinos anterior o glosopalatino y posterior o faringopalatino.

La hipofaringe o faringe inferior comprende estructuras que rodean la laringe por debajo de la epiglotis, como los senos piriformes y el canal retrocricoideo hasta el límite con el esófago, en medio de los senos piriformes se encuentra la entrada de la laringe por los pliegues aritenopiglóticos.

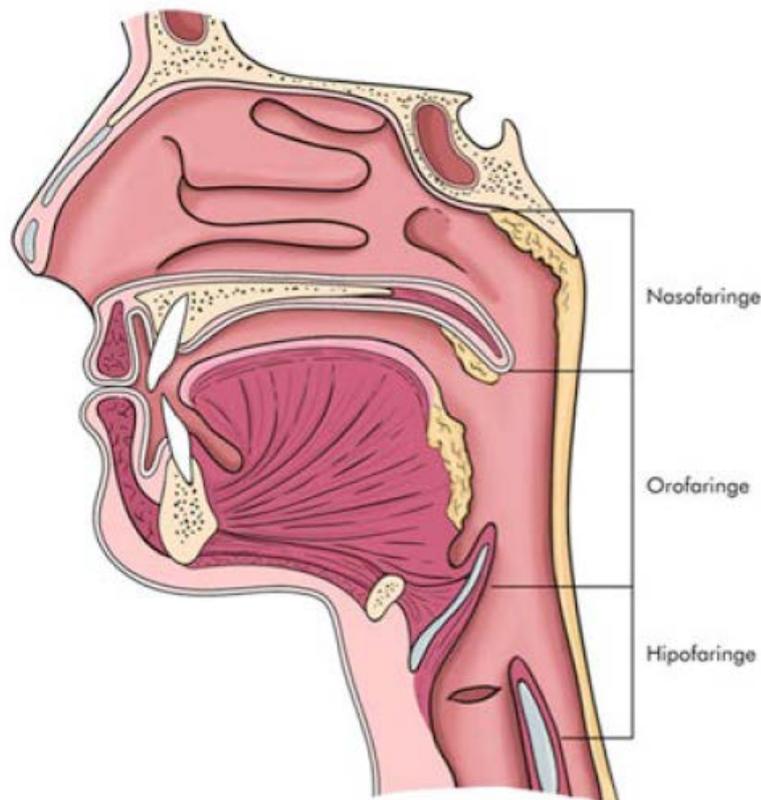


Figura 3: Imagen de visión lateral de la faringe superior donde se puede apreciar las distintas partes de ésta.

### 1.3 Fisiopatología de la vía aérea

La importancia de la dimensión de la vía aérea está relacionada con los trastornos respiratorios. La visión actual es que la hipertrofia de las amígdalas que constriñe las vías respiratorias es la principal causa de trastornos de la respiración durante el sueño en niños sanos (17,18).

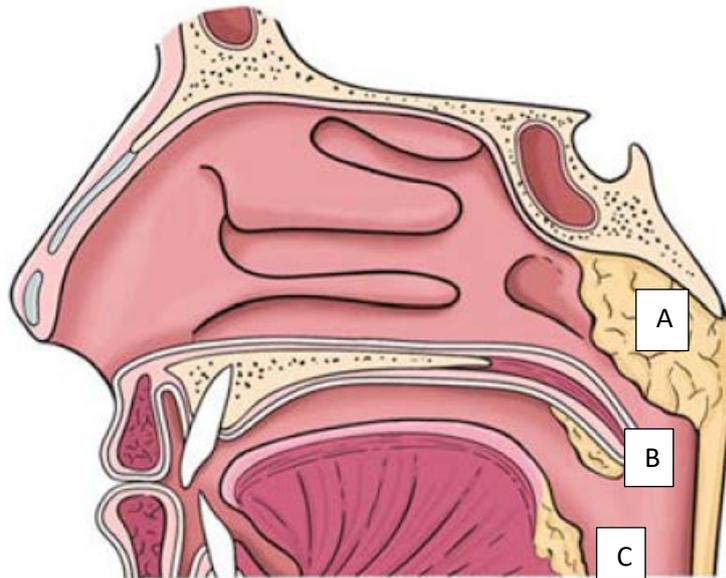


Figura 4: Visión frontal de: A) Hiperplasia de la amígdala faríngea o adenoides, B) Hiperplasia de la amígdala palatina y C) Hiperplasia de la amígdala lingual.

La alteración de la respiración durante el sueño puede afectar a la ventilación pulmonar, oxigenación, calidad del sueño, sudoración y enuresis nocturna (19,20). En niños con problemas de conducta y deterioro del rendimiento cognitivo podemos encontrar dichas alteraciones (21). Los trastornos del sueño pueden ocasionar dolor orofacial crónico, dolor de cabeza y bruxismo nocturno (22).



Por otra parte, se ha encontrado que la mandíbula retrognática es un factor contribuyente en el síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) y en otros problemas respiratorios con pacientes que tienen una longitud del cuerpo mandibular más corta (23). En los pacientes de Clase II esquelética el problema probablemente sea causado por una mandíbula orientada hacia atrás que desplaza los tejidos blandos unidos a ella, incidiendo en el espacio de las vías respiratorias (24). Esto también puede conducir a problemas sistémicos como dolencias cardíacas y respiratorias en tales pacientes (25).

Las regiones oral y faríngea mantenidas en un estado de equilibrio ideal tienen una función principal en el mantenimiento de la permeabilidad de la vía aérea y el proceso de deglución.

Los dispositivos funcionales constituyen la opción de tratamiento óptima para el retrognatismo mandibular en niños en crecimiento. Los dispositivos funcionales aumentan el espacio de la vía aérea superior-posterior, permiten que pase más cantidad de aire durante la inspiración, lo que disminuye la probabilidad de un evento obstructivo. Para hacer que el resultado del tratamiento sea lo más predecible posible lo ideal sería introducir dispositivos funcionales fijos “de obligado cumplimiento”.

#### 1.4 Vía aérea y síndrome de apnea obstructiva del sueño

En individuos en crecimiento, la principal causa de SAOS es la obstrucción de la nasofaringe y / o la orofaringe debido a la hipertrofia de adenoides y amígdalas (26), que son más prominentes durante la infancia, cuando el tamaño del espacio faríngeo aún no está completamente desarrollado. La involución del tejido linfoide comienza alrededor de la pubertad y en la vejez queda muy poco tejido linfoide (27).

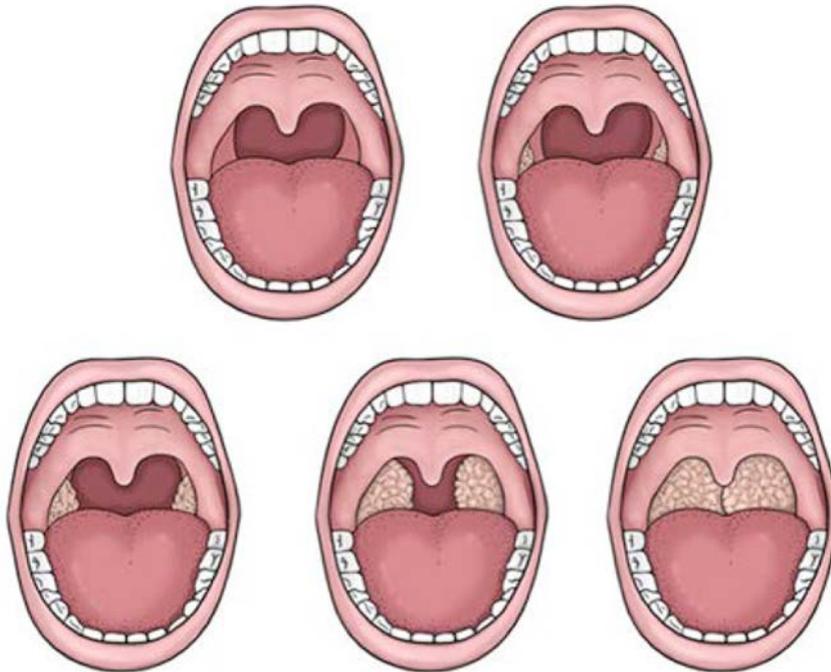


Figura 5: Imagen frontal de la escala de Brodsky. (Nazar, 2013). Es la escala más utilizada para registrar el tamaño de las amígdalas que las clasifica en:

Grado 0: amígdalas dentro de la fosa amigdalina.

Grado 1: amígdalas se asoman de fosa amigdalina y ocupan menos del 25% del ancho de la orofaringe.

Grado 2: amígdalas ocupan entre el 26%-50% del ancho orofaríngeo.

Grado 3: amígdalas ocupan entre el 51%-75% del ancho orofaríngeo.

Grado 4: amígdalas ocupan más del 75% del ancho orofaríngeo.

Pero a pesar de la regresión fisiológica del tamaño de los tejidos linfáticos a lo largo del proceso de envejecimiento, en casos de infecciones recurrentes de garganta y SAOS, la Academia Americana de Otorrinolaringología de Cirugía de Cabeza y Cuello recomienda adenoamigdalectomía (28). Por lo tanto, la adenoamigdalectomía se considera un

procedimiento común durante la infancia (29,30) y representa una de las indicaciones más frecuentes de cirugía en niños (31). En niños no obesos se ha visto una alta efectividad clínica terapéutica en SAOS tras la adenoamigdalectomía (32) y hay evidencia de mejoras en la oximetría.

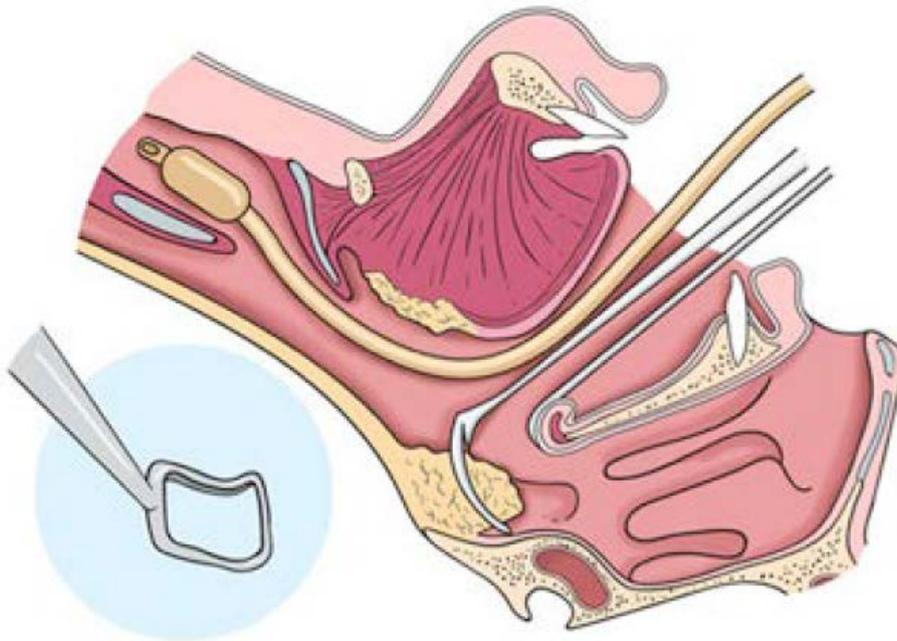


Figura 6: Imagen representativa de la extirpación quirúrgica de las amígdalas faríngeas o adenoides (adenoidectomía).

El tratamiento del SAOS en niños se centra principalmente en la extirpación quirúrgica de la amígdalas y adenoides y la visualización de las vías aéreas antes y después de la adenoamigdalectomía es un método intuitivo para cuantificar los cambios morfológicos proporcionados por la adenoamigdalectomía y así deducir que corresponde a mejoras de los parámetros respiratorios.

El aclaramiento de la faringe después de la adenoamigdalectomía de pacientes en crecimiento se ha estudiado anteriormente con el uso de radiografías cefalométricas laterales (33,34) y en los últimos años varias publicaciones han ilustrado los cambios en el volumen de las vías respiratorias a través de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (35). Sin embargo, la validación de la correlación entre los cambios morfológicos dimensionales (3D) de las vías aéreas con parámetros PSG no se ha validado todavía. A pesar de que el uso de imágenes en 3D garantiza un nuevo horizonte de posibilidades de diagnóstico, la necesidad de un diagnóstico válido de las vías aéreas es imprescindible. Lo que vemos y medimos debería representar la realidad.

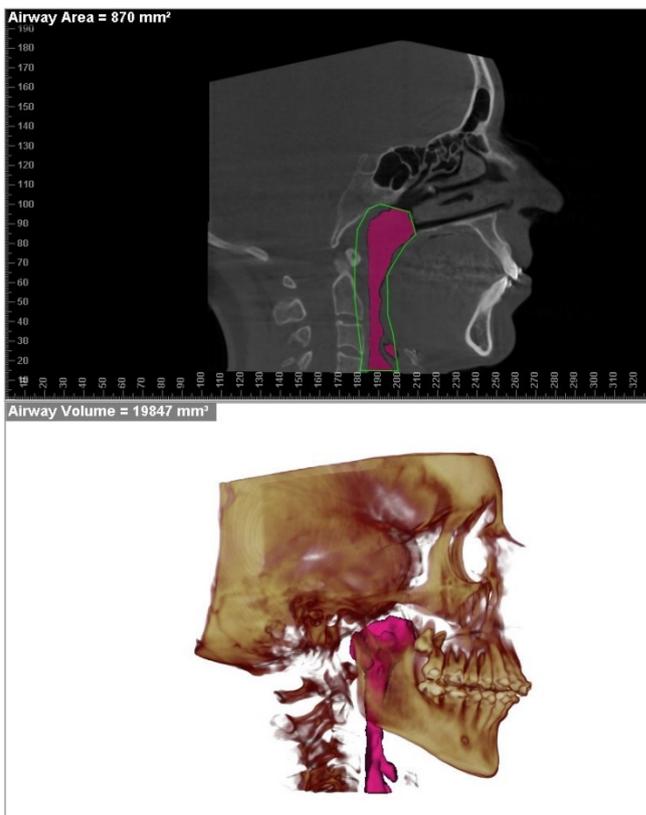


Figura 7: En la imagen se observa la vía aérea faríngea en visión lateral en 3D.

La evaluación del espacio de la vía aérea faríngea ha sido utilizada para una mejor comprensión de los efectos que los procedimientos quirúrgicos y procedimientos de ortodoncia tienen en esta estructura dinámica. Las mediciones con la radiografía lateral de cráneo (2D) no proporcionan información tridimensional (3D). La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) exhibe la capacidad de analizar el espacio de la vía aérea faríngea tridimensionalmente y detectar cambios adaptativos en esta estructura (36-39).

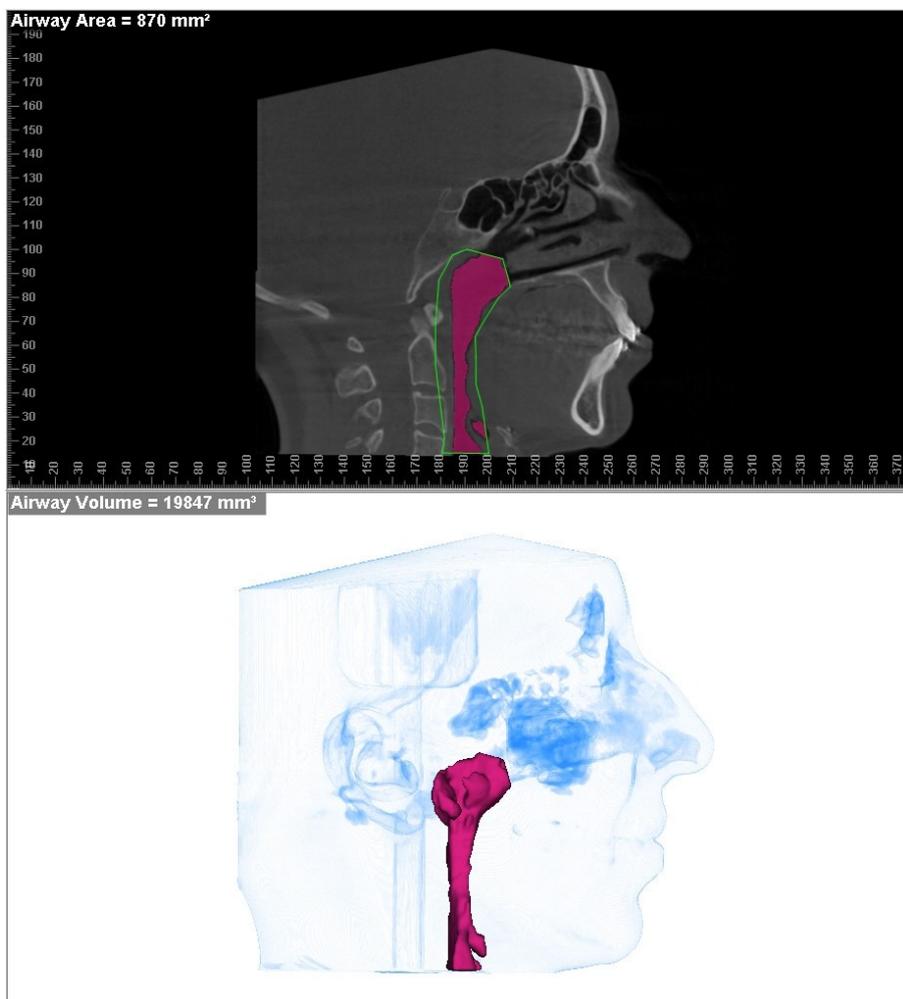


Figura 8: Imagen representativa de la anatomía de la vía aérea faríngea en visión lateral en 3D.

Se ha publicado que la inclinación cráneo-cervical tiene un efecto sobre el espacio de la vía aérea faríngea y la evaluación cefalométrica 2D ha demostrado que tanto la extensión como la flexión de la cabeza son factores importantes. Alteraciones en otros planos provocadas por el "tono" cráneo-cervical provocado por ligeros cambios en la postura de la cabeza durante diferentes períodos de examen puede evaluarse con el uso de exámenes 3D (36-40).

Un protocolo estandarizado para medir los volúmenes de las vías respiratorias ha sido sugerido para una mejor comprensión y acuerdo entre diferentes estudios (41). La fiabilidad del software del CBCT disponible comercialmente también ha sido investigado para uso clínico (42).

Hasta el día de hoy, la estandarización de la posición de la cabeza del paciente para realizar un CBCT sigue siendo un desafío. Para minimizar las distorsiones y obtener una calidad óptima del CBCT los pacientes deben estar quietos, evitar tragar, y aguantar la respiración, y el período de exploración debe ser lo más breve posible (43). Por lo tanto, es necesario saber que fiabilidad ofrece la evaluación con CBCT del espacio de la vía aérea faríngea en estas condiciones.

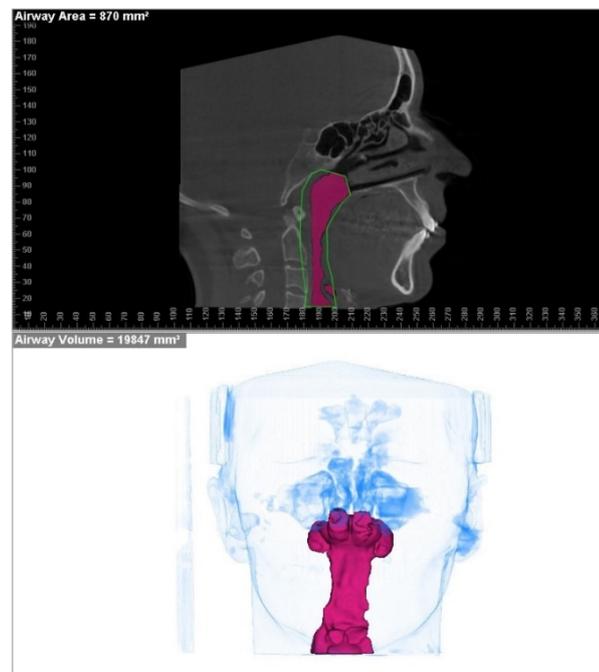


Figura 9: Imagen frontal que representa la anatomía de la vía aérea faríngea en 3D.

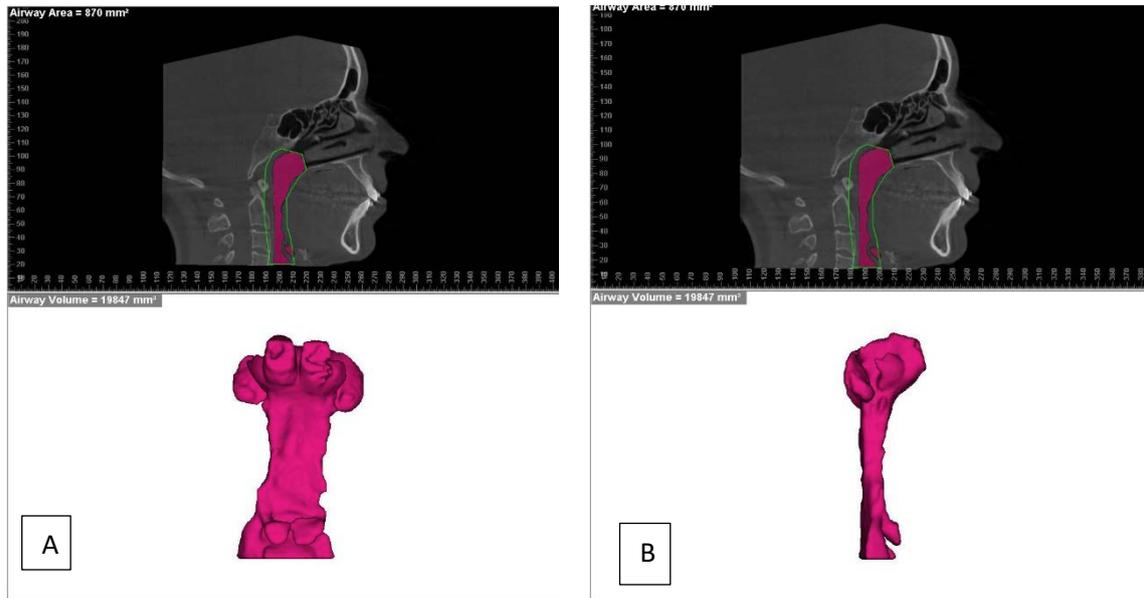


Figura 10: Imagen compuesta por: A) Anatomía de la vía aérea faríngea en visión frontal y B) Anatomía de la Vía aérea faríngea 3D en visión lateral.

### 1.5 Finalidad del estudio

La realización de este estudio tiene como finalidad la evaluación de la vía aérea faríngea superior en pacientes que han sido tratados con un dispositivo funcional de avance mandibular fijo Forsus™ y analizar la fiabilidad del dispositivo 3D de medición de la vía aérea.



## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**





## **2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 Hipótesis**

Hipótesis nula: El dispositivo Forsus™ no produce cambios a nivel de la vía aérea faríngea superior en pacientes de Clase II esquelética.

Hipótesis alternativa: El dispositivo Forsus™ produce cambios a nivel de la vía aérea faríngea superior en pacientes de Clase II esquelética.

### **2.2 Objetivos**

#### **2.2.1 General**

Analizar los cambios en la vía aérea faríngea superior tras el tratamiento completo con el dispositivo Forsus™.

#### **2.2.2 Específicos**

Analizar la fiabilidad del dispositivo 2D como medición de la vía aérea faríngea superior.

Analizar la fiabilidad del dispositivo 3D como medición de la vía aérea faríngea superior.

Evaluar la fiabilidad del CBCT para diagnosticar patologías de vía aérea faríngea superior.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**



### 3 MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Diseño del estudio

Se ha diseñado un estudio longitudinal, retrospectivo y observacional.

#### 3.2 Población del estudio

El presente estudio incluye una muestra de 10 radiografías laterales de cráneo de 10 pacientes con patología de Clase II esquelética de origen mandibular con una edad comprendida entre 17+/-1,6 años tratados con aparatología fija multibracket y el dispositivo Forsus™ del Instituto Asturiano de Odontología (IAO).

#### 3.3 Criterios de inclusión

- Clase II esquelética de origen mandibular.
- Edad comprendida entre 17 años +/-1,6.
- Tener registros de fotografías y telerradiografías iniciales, previas a la colocación del dispositivo Forsus™ y finales.
- Duración mínima de 5 meses con el dispositivo Forsus™ en boca.

#### 3.4 Variables estudiadas

- Edad
- Sexo
- Dimensión faríngea mínima superior de McNamara (mm) inicial: la distancia mínima entre el paladar blando superior y el punto más cercano en la pared posterior de la faringe previa a la colocación del Forsus™.
- Dimensión faríngea mínima inferior de McNamara (mm) inicial: la distancia mínima entre el punto donde el contorno posterior de la lengua cruza la mandíbula y el punto más cercano en la pared posterior de la faringe previa a la colocación del Forsus™.
- Dimensión faríngea mínima superior de McNamara (mm) al finalizar el tratamiento con Forsus™.
- Dimensión faríngea mínima inferior de McNamara (mm) al finalizar el tratamiento con Forsus™.

### 3.5 Recogida de datos

Se recogieron registros sobre telerradiografías previas a la colocación del dispositivo Forsus™ y posteriores al tratamiento de pacientes con Clase II esquelética de origen mandibular tratados con aparatología multibracket con prescripción MBT y slot de 0.018 pulgadas y dispositivo Forsus™.

A través del Servicio de Codificación del IAO se obtuvo el nombre y número de historia de los pacientes y la recogida de datos se realizó a través de la Historia Clínica “física” y “digital”. Se solicitaron datos de filiación y telerradiografías previas a la colocación del Forsus™ y telerradiografías finales tras la retirada de la aparatología fija mediante el software NEMOCEPH (Nemotec Dental System) versión 2018.

El trazado cefalométrico se corresponde con la medición de la dimensión de la vía aérea faríngea mínima superior de McNamara y con la dimensión faríngea mínima inferior de McNamara.

Los datos se almacenaron en una base de datos realizada en el programa Microsoft Excel 2016.

### 3.6 Método

Arcada maxilar y mandibular fueron tratadas, incluyendo segundos molares, con aparatología fija multibracket de slot 018 y prescripción MBT.

La fase de alineamiento y nivelación se completó con arcos de Niti de 0,016”x0,022” y la fase de trabajo se completó con arcos de acero de 0,016”x0,022”.

En el momento de la colocación del Forsus™, tanto la arcada maxilar como la mandibular, se encuentran ferulizadas con una ligadura metálica continua en forma de 8 de calibre 0,009” desde el segundo molar de un cuadrante hasta el segundo molar del cuadrante contralateral.

Los arcos de acero superior e inferior se cinchan a distal en ambas hemiarquadas.

El dispositivo Forsus™ se mantiene un mínimo de 5 meses en boca y las revisiones se hacen cada mes, a excepción de alguna urgencia.

### 3.7 Búsqueda bibliográfica

La revisión bibliográfica ha sido realizada a través de la página de Internet Pubmed, un servicio libre de datos Medline proporcionado por la National Library of Medicine (NLM).



### **3.8 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis descriptivo proporcionando distribuciones de frecuencias relativas y absolutas para variables cualitativas, y medidas de posición y dispersión para las cuantitativas.

El cambio entre el inicio y el final del tratamiento se evaluó con el test t de Student o el test de Wilcoxon para muestras relacionadas, según se cumpliera la hipótesis de normalidad o no.

El nivel de significación empleado fue 0.05.

El análisis estadístico se efectuó mediante el programa R (R Development Core Team), versión 3.6.0.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



## **RESULTADOS**



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análisis Descriptivo

#### 4.1.1 Variable cualitativa sexo

Respecto a la variable sexo, se disponen de 10 casos registrados. La muestra no es significativa, lo cual es una limitación de este estudio, como se puede observar en la figura 11. Lo ideal hubiera sido poder conseguir una muestra de 20 o 30 casos representativos. Se obtiene la siguiente distribución de frecuencias: H (50 %) y M (50 %).

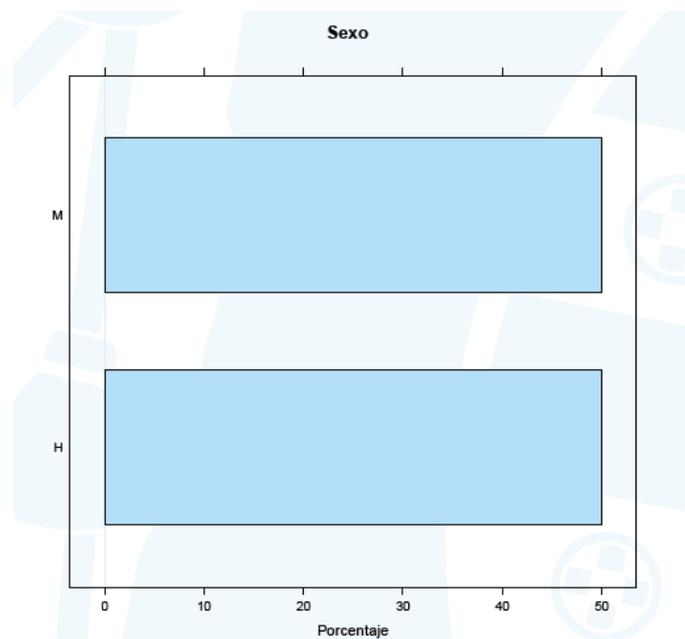


Figura 11: Distribución de la muestra según el sexo.

	Frec.	%
H	5	50.0
M	5	50.0
Total	10	100.0

Tabla 1: Distribución de frecuencias según la variable sexo.

#### 4.1.2 Variables cuantitativas

A continuación, se presentan los principales valores resumen para las variables medidas, todas ellas cuantitativas: número de datos disponibles, media, desviación típica, percentil 0 o valor mínimo percentil 25 o primer cuartil, percentil 50 o mediana, percentil 75 o tercer cuartil y percentil 100 o valor máximo.

	n	Media	D.típ.	Percentiles (%)				
				0	25	50	75	100
edad	10	17.00	1.66	14.35	16.66	17.04	17.87	19.82
farminsupinicial	10	13.52	3.80	6.60	11.25	14.16	16.29	18.33
farmininicial	10	15.85	3.48	10.00	14.66	15.41	17.08	23.33
farminsupfinal	10	14.52	3.42	8.33	13.04	15.08	16.58	19.58
farmininfinal	10	14.85	2.32	10.00	14.69	15.25	16.62	17.00

Tabla 2: Variables cuantitativas.

La edad media de los pacientes de la muestra fue de 17 +/- 1,66 años. El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara inicial varía entre 13,52 +/- 3,80 milímetros. El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara final oscila entre 14,52 +/- 3,42 milímetros. El valor de la dimensión faríngea inferior de McNamara inicial varía entre 15,85 +/- 3,48 milímetros y la dimensión faríngea inferior de McNamara final oscila entre 14,85 +/- 2,32 milímetros.

#### 4.2 Comparación final vs inicial

4.2.1 Calculando la diferencia entre Medida sup final y Medida sup inicial se obtienen los siguientes resultados.

	n	Media	Mediana	D.t.	P25	P75
Medida sup final	10	14.521	15.080	3.424	13.035	16.580
Medida sup inicial	10	13.523	14.165	3.804	11.248	16.285
Diferencia	10	0.998	0.705	3.096	-1.205	1.715

Tabla 3: Comparación dimensión faríngea superior de McNamara final vs inicial.

Respecto a la variable diferencia entre dimensión faríngea superior de McNamara final y inicial (Medida sup final y Medida sup inicial) se disponen de 10 casos registrados. El

valor medio se alcanza en 1 Unidades, con una desviación típica de 3.1, mientras que la mediana disminuye hasta 0.7 Unidades. Dado que como no se rechaza que siga una distribución normal (test de Shapiro-Wilk, p-valor=0.61), la prueba realizada indica que no existen diferencias entre las variables (test t de Student, p-valor=0.33).

El valor de la dimensión faríngea superior de McNamara sufre un aumento, aunque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (p-valor=0.33).

4.2.2 Calculando la diferencia entre Medida inf final y Medida inf inicial se obtienen los siguientes resultados.

	n	Media	Mediana	D.t.	P25	P75
Medida inf final	10	14.849	15.245	2.319	14.685	16.620
Medida inf inicial	10	15.847	15.415	3.479	14.660	17.082
Diferencia	10	-0.998	-0.625	2.221	-1.207	0.375

Tabla 4: Comparación dimensión faríngea inferior de McNamara inicial vs final.

Respecto a la variable diferencia entre dimensión faríngea inferior de McNamara final e inicial (Medida inf final y Medida inf inicial) se disponen de 10 casos registrados. El valor medio se alcanza en -1 Unidades, con una desviación típica de 2.22, mientras que la mediana aumenta hasta -0.62 Unidades. Dado que se rechaza que siga una distribución normal (test de Shapiro-Wilk, p-valor=0) y el tamaño de muestra es reducido (n=10), el test indica que no existen diferencias entre las variables (test de Wilcoxon, p-valor=0.14).

El valor de la dimensión faríngea inferior de McNamara disminuye, aunque estos cambios no son estadísticamente significativos (p-valor=0.14).

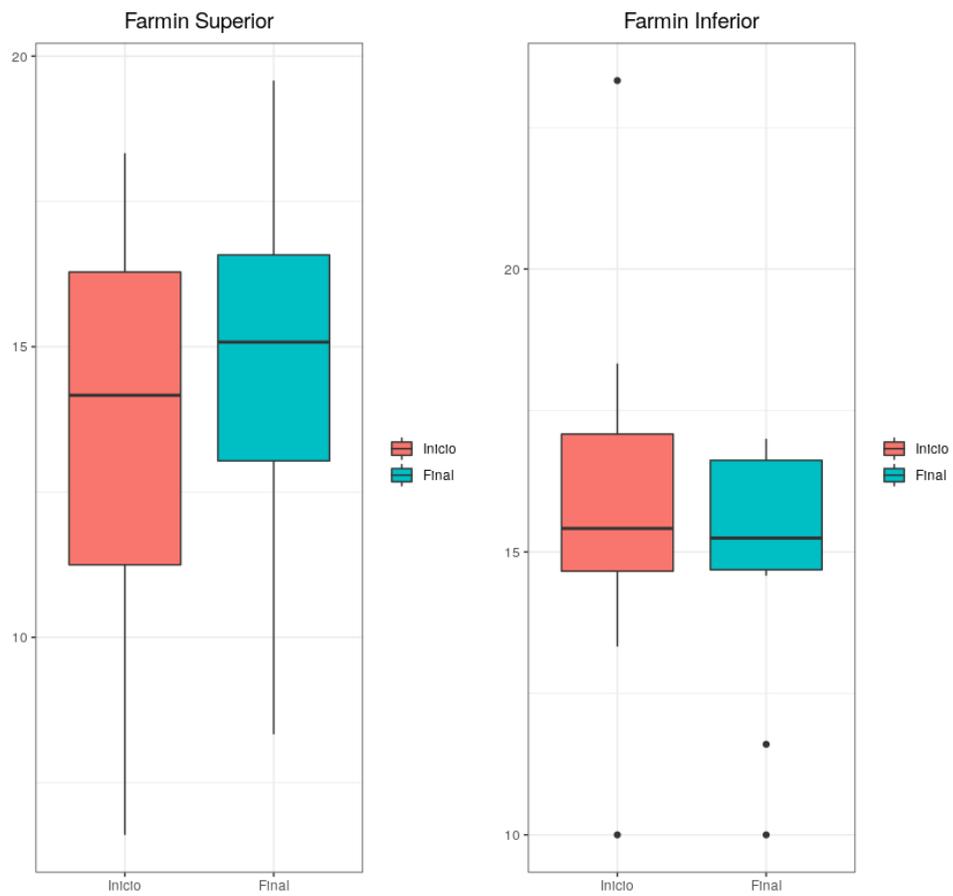


Figura 12: Comparación de la dimensión faríngea superior de McNamara final vs inicial y comparación dimensión faríngea inferior de McNamara final vs inicial.

## **DISCUSIÓN**



## 5 DISCUSIÓN

Aunque entendemos la limitación del estudio por su reducido tamaño muestral (n=10) también entendemos el interés que despierta la vía aérea faríngea entre los ortodoncistas por su papel en el crecimiento y desarrollo craneofacial. Numerosas publicaciones encuentran relación entre vía aérea faríngea, estructuras esqueléticas, tejidos blandos y musculatura (44,45). Autores como McNamara (1) afirman que el 60% de los pacientes de clase II presentan una mandíbula retrognática, por eso, aparatos funcionales de avance mandibular se han descrito como tratamiento en niños con mandíbula hipoplásica y/o retrognática (46).

Existen múltiples publicaciones como las de autores como Lin et al. (47) que afirman que el tratamiento ortopédico funcional no produjo ningún cambio en las dimensiones anteroposteriores de la vía aérea faríngea mientras que otros autores como Özbek et al. (7) sí que informan de un aumento significativo en las dimensiones de la vía aérea faríngea. Hanggi et al. (6) encuentran efectos positivos al tratamiento de combinación activador-aparato extraoral en las dimensiones de la vía aérea faríngea, mientras que Ghodke et al. (48) detectan que el twin-bolck aumenta las dimensiones de la vía aérea faríngea pero no cambia el grosor de la pared faríngea posterior.

Por otra parte, ciertos autores parecen afirmar que los cambios dentoalveolares podrían alterar las dimensiones de la vía aérea (49, 50); por lo tanto, cambios en la dimensión de la vía aérea se pueden esperar con el uso de aparatos funcionales fijos (AFF). Sin embargo, pocos estudios han abordado en profundidad los efectos de los aparatos fijos funcionales sobre la vía aérea (50–52).

En este estudio, tras evaluar las telerradiografías de los pacientes que han sido tratados con el aparato fijo funcional Forsus™ se observa un aumento en el tamaño de la nasofaringe y una disminución en el tamaño de la orofaringe, siendo no estadísticamente significativos estos hallazgos, posiblemente por el reducido tamaño muestral. Siguiendo esta línea de investigación, autores como Ozdemir, Ulkur y Nalbantgil (52) no encuentran ningún tipo de cambio estadísticamente significativo en la vía aérea faríngea en su publicación a pesar de haber tratado a 23 pacientes con aparatología tipo Forsus™, pero sí que observan como el área intermaxilar y el área de

la lengua aumentan en respuesta a cambios dentoalveolares estadísticamente significativos, sin embargo no hay cambios estadísticamente significativos para la posición del hueso hioides. Posiblemente la razón de la falta de cambio en las dimensiones de la vía aérea pueda ser que los cambios dentales anteriores no fueron lo suficientemente grandes como para afectar a la lengua y posteriormente a la vía aérea, o que el aumento del espacio de la lengua causado por el movimiento hacia adelante de la dentición inferior puede no ser tan efectivo a nivel de las vías respiratorias como lo es una disminución en el mismo espacio de las mismas. Coincidiendo con estos autores Kinzinger et al. (51) investigaron dos dispositivos funcionales fijos (Forsus™ y Herbst) por su efecto en la morfología de la vía aérea. Ambos aparatos tenían un efecto similar en la profundidad de la vía aérea. Se encontró que los aumentos en la altura facial anterior estaban relacionados con el aumento en el ancho de la vía aérea posterior superior. Por otra parte, el aumento de la altura facial posterior y el desplazamiento hacia delante de la mandíbula se correlaciona inversamente con las disminuciones de profundidad a nivel central y bajo de la vía aérea posterior, concluyendo que los análisis de los cefalogramas laterales indican que el tratamiento de la Clase II esquelética con aparatos fijos no previene la apnea del sueño en pacientes de riesgo. Sin embargo, el estudio no permite conclusiones absolutamente confiables sobre las dimensiones del espacio de la vía aérea faríngea. El cefalograma lateral proporciona buenas imágenes de estructuras en el plano medio sagital, pero es incapaz de obtener imágenes de la dimensión transversal, existe una falta de información sobre el ancho y el volumen preciso del espacio extratorácico de la vía aérea.

Más autores como Thereza-Bussolaro et al. (53) después de tratar a 29 pacientes de Clase II esquelética divididos en dos grupos, un grupo tratado con elásticos intermaxilares de CII y el otro grupo tratado con el dispositivo Forsus™ pueden observar como hay un aumento en la vía aérea faríngea en los dos tipos de tratamiento, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos y sin poder disociar entre cambios producidos por el tratamiento y cambios producidos por el crecimiento.

Por otro lado, podemos encontrar publicaciones como la de Temani et al. (54) que tras haber tratado a 30 pacientes de Clase II con el aparato fijo funcional Forsus™ sí

encuentran un aumento estadísticamente significativo en el tamaño de la hipofaringe y de la orofaringe, coincidiendo con Bavbek et al. (55) que además de encontrar un aumento en las dimensiones de la vía aérea faríngea encuentra que el hueso hioides toma una posición más adelantada, justificando una perspectiva clínica de los efectos beneficiosos de este aparato sobre las dimensiones de la vía aérea faríngea que deben considerarse en pacientes de Clase II, especialmente para los que tienen problemas respiratorios.

Autores como Göymen, Mourad y Güleç (56) han publicado un estudio en el cual se evalúa la vía aérea de 40 pacientes de clase II esquelética, divididos en tres grupos: un grupo tratado con aparatología tipo Forsus™, otro grupo tratado con aparato funcional removible Twin-block y otro grupo control, encontrando un aumento a nivel de la nasofaringe, de la orofaringe y de la hipofaringe en pacientes tratados con Twin-block y Forsus™, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, pudiendo ser por las diferencias de edad entre ambos grupos, ya que la edad para el tratamiento con un aparato funcional removible suele ser anterior a la edad para el tratamiento de un paciente con un aparato fijo funcional, se piensa que la diferencia en la cantidad de crecimiento de la vía aérea en los diferentes grupos de edad fueron compensados por el efecto de diferente tipo de tratamiento. Otra limitación del estudio fue la imposibilidad de incluir mediciones verticales, ya que, la vía aérea es una estructura tridimensional y no solo se ve afectado por el cambio en la relación sagital sino también por el crecimiento en la dimensión vertical. Considerando el hecho de que ocurre el crecimiento en la dirección vertical en lugar de en la dirección anteroposterior, este problema es significativo (57). En la literatura, hay estudios que demuestran la relación entre cambio vertical y dimensiones de la vía aérea (50,57-62). Se piensa que este problema podría aclararse aún más en el futuro con una ampliación de estudios clínicos utilizando otros parámetros esqueléticos.

Otros autores como Alhammadi et al. (63) afirman que el Twin-block produce cambios significativos a nivel esquelético y a nivel de vía aérea si lo comparamos con el Forsus™ (el cual sólo produce cambios a nivel dentoalveolar) o con el crecimiento natural. Coincidiendo con este estudio entre muchos otros, en general los cambios que se

observaron en la nasofaringe y la orofaringe de las vías aéreas y en las áreas axiales mínimas son después de una evaluación a corto plazo. Los efectos a largo plazo (de 2 a 3 años después del tratamiento) deben abordarse. Además, el crecimiento tiene sus propios efectos en estas vías respiratorias. Una vez que se consideran esos dos factores, es más obvio poder llegar a una conclusión. Otra limitación de nuestro estudio es la evaluación y seguimiento de nuestros resultados a largo plazo.

Además del dispositivo fijo funcional tipo Forsus<sup>TM</sup> existen otros aparatos funcionales fijos como es el Herbst, con el que autores como Oliveira et al. (64) encuentran que después del tratamiento con dicho aparato aumentó significativamente el volumen de la orofaringe en pacientes con maloclusión de Clase II esquelética con deficiencia mandibular, pero clínicamente no se encontraron cambios significativos en el volumen de la cavidad nasal y la nasofaringe. Siguiendo esta línea, Celikoglu et al (65) estudian a 30 pacientes con maloclusión de Clase II esquelética divididos en dos grupos: un grupo es tratado con aparato tipo Herbst y otro grupo es tratado con aparato tipo Forsus<sup>TM</sup> con anclaje esquelético utilizando miniplacas bilaterales insertadas en la sínfisis mandibular y observan como los cambios esqueléticos producidos en ambos grupos causan cambios estadísticamente significativos a nivel de la vía aérea, el grupo tratado con Forsus<sup>TM</sup> y miniplacas tiene un aumento significativo en la orofaringe e hipofaringe mientras que el grupo tratado con Herbst solo tiene un aumento estadísticamente significativo a nivel de la orofaringe.

Coincidiendo con nuestro estudio Kinzinger et al.(51) analizan 43 radiografías laterales de pacientes que han sido tratados con aparato tipo Forsus<sup>TM</sup> (n=18) y aparato tipo Herbst ( n=25) para evaluar su efecto sobre la vía aérea y en el cual concluyen que el análisis de radiografías laterales de Clase II esquelética no previene el síndrome de apnea obstructiva del sueño en pacientes de riesgo y el estudio no permite obtener conclusiones absolutamente confiables sobre las dimensiones del espacio de la vía aérea faríngea. La radiografía lateral proporciona buenas imágenes de estructuras en el plano medio sagital, pero es incapaz de obtener imágenes de la dimensión transversal, existe una falta automática de información sobre el ancho y el volumen precisos del espacio

de la vía aérea. Añadir que la evaluación 2D de la vía aérea es otra limitación de nuestro estudio.

La relación de la dimensión de la vía aérea con los trastornos respiratorios tiene un interés relevante y recientemente (66), se demostró que la ganancia de volumen y de área de la sección transversal más pequeña de las vías respiratorias después del uso de dispositivos extraíbles de avance mandibular en adultos, a pesar de proporcionar una mejoría clínica para el trastorno del sueño no se correlacionó con el índice de apnea e hipoapnea (AHI).

La hipertrofia amigdalар es la causa principal de los trastornos respiratorios durante el sueño en niños sanos y la adenoamigdalectomía su tratamiento de elección. Por eso investigadores como Pinheiro de Magalhães Bertoz et al. (67) se han formulado preguntas como: ¿Los niños con mayor ganancia de volumen de las vías respiratorias después de la adenoamigdalectomía responden mejor en términos de la condición de SAOS?, ¿ Varios grados de ampliación de la sección mínima transversal de la vía aérea proporciona una mejor recuperación de signos y síntomas de SAOS?, ¿Es posible relacionar los cambios de la morfología de la faringe derivada de la adenoamigdalectomía con la mejora de SAOS?

Para resolver estas cuestiones la publicación intenta relacionar el cambio volumétrico de las vías aéreas con el flujo de aire mínimo en sección transversal después de la adenoamigdalectomía con 5 parámetros objetivos de PSG: el AHI, el índice de apnea obstructiva (OAI), la desaturación de oxígeno índice (ODI), la saturación de oxígeno más baja (LSpO<sub>2</sub>), y la saturación de oxígeno promedio (ASpO<sub>2</sub>) concluyendo que la adenoamigdalectomía contribuyó al aumento de volumen de la vía aérea y sección transversal mínima y a la mejora de los parámetros de PSG, pero no se encontró correlación entre la magnitud de los cambios anatómicos y la mejora del modo de respiración.

La evaluación en 2D de la vía aérea cada vez más está siendo sustituida por una evaluación 3D con CBCT, pero hoy en día autores como Obelenis Ryan et al. (68) se plantean la hipótesis de que exámenes de CBCT del mismo paciente con escaneo con protocolos estandarizados pueden dar lugar a diferentes lecturas 3D de la vía aérea

superior. Analizan con CBCT la vía aérea de 27 pacientes quirúrgicos tratados con aparatología fija, en el cual divide la vía aérea en tres regiones para el análisis y se observan que las mediciones de T0 y T1 no coinciden.

Sí la aparatología fija no tiene la capacidad de producir cambios en el volumen de la vía aérea, ¿porque existen estos cambios en las mediciones? Podemos valorar que posiblemente la posición del paciente, si está tragando o no, si está posicionado con FH paralelo al suelo... pueda influir en estas mediciones. Existen protocolos para posicionar al paciente a la hora de hacer un CBCT pero se puede llegar a desconfiar que estos puedan fallar, ya que no es justificable encontrar estos cambios en el volumen de la vía aérea con aparatología fija.

Nos podemos cuestionar la medición del volumen de la vía aérea en pacientes de CII con aparato funcional, ya que, como se ha observado en esta publicación la medición con CBCT de la vía aérea varía en casos de aparatología fija en donde no debería variar, entonces que fiabilidad tienen los estudios que sólo analizan la vía aérea en 2D como nuestro estudio e incluso cuestionarnos que fiabilidad podemos encontrar en el análisis 3D si también encontramos errores.

El análisis 3D se acompaña de un programa de software semiautomático para evaluar la vía aérea, en el cual el examinador debe saber procesar el archivo DICOM a través de varios pasos incluyendo la orientación de la imagen y selección del umbral de sensibilidad antes de hacer las mediciones, y esto puede afectar a la fiabilidad del análisis de la vía aérea superior.

No encontramos en la literatura estudios que nos indiquen e informen sobre la fiabilidad para poder orientar manualmente las imágenes de CBCT o la selección del umbral de sensibilidad de corte por los examinadores en los protocolos de estudio. Además añadir que necesitaríamos publicaciones donde se evalúe la vía aérea superior en su totalidad (69).

Generalmente la orofaringe es la región de la vía aérea superior que más fiabilidad exhibe intra e inter examinador. Estudios de El H. and Palomo, J.M. (70) y Guijarro-Martínez et al. (71) apoyan esta teoría. La nasofaringe y la hipofaringe son más sensibles

a la selección de umbral manual que de por sí ya tiene poca fiabilidad porque depende de la discriminación visual de la anatomía de la vía aérea por parte del operador.

Alsufyany et al. (72) lo explican de forma que la orofaringe tridimensionalmente es similar a un tubo con su interior hueco lo que facilita la segmentación y el procesamiento directo por imagen de software y por otra parte, la anatomía de la nasofaringe e hipofaringe es más complicada y angosta. Si a esto le añadimos que las imágenes de CBCT son “ruidosas” y hay que “limpiarlas” resulta más complicado segmentarlas, por eso muchos estudios posiblemente se centren solamente en la orofaringe.

Alves et al. (73) analizaron el umbral óptimo del valor del software en Dolphin Imaging para medir el volumen de la vía aérea en réplicas de silicona de la vía aérea lo que puede tener poca aplicación a valores requeridos en escaneos de pacientes reales.

Zimmeerman et al. (69) han estudiado la fiabilidad intra e inter examinador del proceso completo de evaluación del área volumétrica y de sección transversal de la vía aérea superior utilizando imágenes de CBCT. Se realizó en 10 pacientes con dos mediciones separadas por un rango de 4 meses de tiempo realizadas por 6 examinadores con diferente experiencia clínica y diferente formación. Encontraron que la fiabilidad mejoró con la experiencia del examinador, aunque en general fue baja para el volumen de la hipofaringe y la nasofaringe y para el área mínima de sección transversal. El volumen orofaríngeo fue el único parámetro con excelente fiabilidad intra e inter examinador. Toda esta información nos hace cuestionarnos si el CBCT debe de ser utilizado para realizar evaluaciones cuantitativas de la vía aérea superior e incluso podríamos añadir y cuestionar si es un método fiable para diagnosticar SAOS.



## **CONCLUSIONES**





## 6 CONCLUSIONES

1. El Forsus<sup>TM</sup> no produce cambios a nivel de la vía aérea faríngea superior.
2. La fiabilidad de la medición cuantitativa 3D de la vía aérea faríngea superior con CBCT es un método que a pesar de tener un protocolo estandarizado para su ejecución tiene errores.
3. La fiabilidad de la medición cuantitativa 2D de la vía aérea faríngea superior es muy limitada.
4. Para diagnosticar pacientes de riesgo y patologías de vía aérea faríngea superior sería necesario añadir pruebas complementarias a la realización de un CBCT.



## **FUTURA INVESTIGACIÓN**





## 7 FUTURA INVESTIGACIÓN

Actualmente el dispositivo tipo Forsus™ es una opción de tratamiento en pacientes de clase II esquelética cada vez más utilizada, en parte por la mejoría en el diseño lo que proporciona más comodidad al paciente. Este aparato proporciona una compensación dentoalveolar de los pacientes de clase II esquelética y sería muy interesante estudiar si produce también cambios a nivel de la vía aérea faríngea superior, sobre todo a nivel de orofaringe e hipofaringe.

Sería interesante poder ampliar la muestra del estudio, ya que nuestros datos no son estadísticamente significativos y poder evaluar la muestra a largo plazo con posibilidad de llevar a cabo un seguimiento, no solamente trabajar con resultados a corto plazo.

Además, añadir la realización de un CBCT a todos los pacientes pre y post tratamiento para poder analizar la vía aérea superior en formato 3D. Los CBCTs más actuales y más modernos radian cada vez menos a los pacientes y la posibilidad de poder analizar la vía aérea faríngea superior en 3D nos proporciona más información si lo comparamos con un análisis en 2D.

La posibilidad de poder realizar a mayores una prueba complementaria al CBCT de espirometría para evaluar el flujo de aire al principio y al final del tratamiento de cada paciente nos podría aportar mucha más información sobre la vía aérea.

Numerosas publicaciones que analizan los efectos del Forsus™ carecen de un grupo control como nuestro estudio y la posibilidad de poder añadir un grupo control nos ayudaría a establecer que cambios en la vía aérea son propios del crecimiento.



## **BIBLIOGRAFÍA**





## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. McNamara J. Needham, MA. Orthodontic and Orthopaedic Treatment in Mixed Dentition. Needham Press Inc. 1995.
2. Gunay EA, Arun T, Nalbantgil D. Evaluation of the immediate dentofacial changes in late adolescent patients treated with the Forsus(™) FRD. *Eur J Dent.* 2011; 5:423–432.
3. Franchi L, Alvetto L, Giuntini V, Masucci C, Defraia E, Baccetti T. Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in class II patients. *Angle Orthod.* 2011; 81:678–683.
4. Restrepo C, Santamaria A, Pelaez S, Tapias A. Oropharyngeal airway dimensions after treatment with functional appliances in class II retrognathic children. *J Oral Rehabil.* 2011; 38:588–594.
5. Zhou L, Zhao Z, Lu D. The analysis of the changes of tongue shape and position, hyoid position in class II, division 1 malocclusion treated with functional appliances (FR-I). *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2000; 18:123–125.
6. Hanggi MP, Teuscher UM, Roos M, Peltomaki TA. Longterm changes in pharyngeal airway dimensions following activatorheadgear and fixed appliance treatment. *Eur J Orthod.* 2008; 30:598–605.
7. Ozbek MM, Memikoglu TU, Gögen H, Lowe AA, Baspinar E. Oropharyngeal airway dimensions and functional orthopedic treatment in skeletal class II cases. *Angle Orthod.* 1998; 68:327–336.
8. O'Brien K, Wright J, Conboy F, Sanjie Y, Mandall N, Chadwick S, et al. Effectiveness of treatment for class II malocclusion with the Herbst or twin-block appliances: a randomized, controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 124:128–137.
9. Karacay S, Akin E, Olmez H, Gurton AU, Sagdic D. Forsus nitinol flat spring and jasper jumper corrections of class II division 1 malocclusions. *Angle Orthod.* 2006; 76:666–672.
10. Aras A, Ada E, Saracoğlu H, Gezer NS, Aras I. Comparison of treatments with the Forsus fatigue resistant device in relation to skeletal maturity: a cephalometric and magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 140:616–625.
11. Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR. Class II nonextraction patients treated with the Forsus Fatigue Resistant Device versus intermaxillary elastics. *Angle Orthod.* 2008; 78:332–328.
12. Aslan BI, Kucukkaraca E, Turkoz C, Dincer M. Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *Angle Orthod.* 2014; 84:76–87.



13. Cacciatore G, Ghislanzoni LT, Alvetro L, Giuntini V, Franchi L. Treatment and posttreatment effects induced by the Forsus appliance: a controlled clinical study. *Angle Orthod.* 2014;84:1010–1017.
14. Servello DF, Fallis DW, Alvetro L. Analysis of class II patients, successfully treated with the straight-wire and forsus appliances, based on cervical vertebral maturation status. *Angle Orthod.* 2015;85:80–86.
15. Bilgiç F, Başaran G, Hamamci O. Comparison of Forsus FRDEZ and Andresen activator in the treatment of class II, división1 malocclusions. *Clin Oral Investig.* 2015; 19:445–451.
16. Natalia Sologuren C. Anatomía De La Vía Aérea. *Revista Chilena de Anestesia.* 2009: 78-83.
17. Marcus CL. Pathophysiology of childhood obstructive sleep apnea: current concepts. *Respir Physiol.* 2000;119:143–154.
18. Katyal V, Pamula Y, Martin AJ, et al. Craniofacial and upper airway morphology in pediatric sleep-disordered breathing: systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:20–30.
19. Carroll JL. Obstructive sleep-disordered breathing in children: new controversies, new directions. *Clin Chest Med.* 2003;24:261–282.
20. Tran KD, Nguyen CD, Weedon J, Goldstein NA. Child behavior and quality of life in pediatric obstructive sleep apnea. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005;131:52–57.
21. Blunden S, Lushington K, Lorenzen B, Martin J, Kennedy D. Neuro-psychological and psychosocial function in children with a history of snoring or behavioral sleep problems. *J Pediatr.* 2005;146:780–786.
22. Kato T, Yamaguchi T, Okura K, Abe S, Lavigne GJ. Sleep less and bite more: sleep disorders associated with occlusal loads during sleep. *J Prosthodont Res.* 2013;57(2):69–81.
23. Johal A, Conaghan C. Maxillary morphology in obstructive sleep apnea: A cephalometric and model study. *Angle Orthod.* 2004;74:648–56.
24. Conley RS, Legan HL. Correction of severe obstructive sleep apnea with bimaxillary transverse distraction osteogenesis and maxillomandibular advancement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:283–92.
25. Sharabi Y, Dagan Y, Grossman E. Sleep apnea as a risk factor for hypertension. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2004;13:359–64.



26. Burstein DH, Jackson A, Weedon J, Graw-Panzer KD, Fahmy S, Goldstein NA. Adenotonsillectomy for sleep-disordered breathing in a predominantly obese pediatric population. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013;77:525-9.
27. Cassalblat ML. What is wrong in chronic adenoiditis/tonsilitis anatomical considerations. *Int J Ped Otorhinol.* 1999;49:S133-5.
28. Baugh RF, Archer SM, Mitchell RB, et al., American Academy of Otolaryngology–Head and Neck Surgery Foundation. Clinical practice guideline: tonsillectomy in children. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011;144:S1-30.
29. Boudewyns A, Abel F, Alexopoulos E, et al. Adenotonsillectomy to treat obstructive sleep apnea: is it enough? *Pediatr Pulmonol.* 2017;52:699-709.
30. Suen JS, Arnold JE, Brooks LJ. Adenotonsillectomy for treatment of obstructive sleep apnea in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995;121:525-30.
31. Kozak LJ, Hall MJ, Pokras R, Lawrance L. National Center for Health Statistics, Centers for Disease Control. Advance data 283: ambulatory surgery in the United States, 1994.
32. Mitchell RB, Kelly J. Outcome of adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in obese and normal-weight children. *Otolaryngol Neck Surg.* 2007;137:43-8.
33. Souki MQ, Souki BQ, Franco LP, Becker HMG, Ara\_ujo EA. Reliability of subjective, linear, ratio and area cephalometric measurements in assessing adenoid hypertrophy among different age groups. *Angle Orthod.* 2012;82:1001-7.
34. Grewal N, Godhane AV. Lateral cephalometry: a simple and economical clinical guide for assessment of nasopharyngeal free airway space in mouth breathers. *Contemp Clin Dent.* 2010;1:66-9.
35. Buchanan A, Cohen R, Looney S, Kalathingal S, de Rossi S. Conebeam CT analysis of patients with obstructive sleep apnea compared to normal controls. *Imaging Sci Dent.* 2016;46:9-16.
36. Aboudara C, Nielsen I, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher D. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135:468-79.
37. Grauer D, Cevitanes 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;136:805-14.
38. Muto T, Takeda S, Kanazawa M, Yamazaki A, Fujiwara Y, Mizoguchi I. The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2002;31:579-83.



39. Iwasaki T, Hayasaki H, Takemoto Y, Kanomi R, Yamasaki Y. Oropharyngeal airway in children with Class III malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:318.e1-9: discussion 318-9.
40. Guijarro-Martinez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2011;40:1227-37.
41. Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;44:20140282.
42. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *J Orthod.* 2004;31:154-62.
43. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008;52:707-30.
44. Kawakami M, Yamamoto K, Fujimoto M, Ohgi K, Inoue M, Kirita T. Changes in tongue and hyoid positions, and posterior airway space following mandibular setback surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2005;33:107–10.
45. Marsan G, Vasfi Kuvat S, Oztas E, Cura N, Süsal Z, Emekli U. Oropharyngeal airway changes following bimaxillary surgery in class III female adults. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009;37:69–73.
46. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. *Dentofacial Orthopedics with Functional Appliances.* Editors . St. Louis: CV Mosby Company; 1985.
47. Lin YC, Lin HC, Tsai HH. Changes in the pharyngeal airway and position of the hyoid bone after treatment with a modified bionator in growing patients with retrognathia. *J Exp Clin Med.* 2011; 3: 93-8.
48. Ghodke S, Utreja AK, Singh SP, Jena AK. Effects of twin-block appliance on the anatomy of pharyngeal airway passage (PAP) in class II malocclusion subjects. *Progress Orthod.* 2014; 15: 68.
49. Germec-Cakan D, Taner T, Akan S. Uvulo-glossopharyngeal dimensions in non-extraction, extraction with minimum anchorage, and extraction with maximum anchorage. *Eur J Orthod.* 2011; 33:515–520.
50. Jena AK, Singh SP, Utreja AK. Effectiveness of twin-block and Mandibular Protraction Appliance-IV in the improvement of pharyngeal airway passage dimensions in Class II malocclusion subjects with retrognathic mandible. *Angle Orthod.* 2013; 83: 728-34.
51. Kinzinger G1, Czapka K, Ludwig B, Glasl B, Gross U, Lisson J. Effects of fixed appliances in correcting Angle Class II on the depth of the posterior airway space: FMA vs. Herbst appliance--a retrospective cephalometric study. *J Orofac Orthop.* 2011 Aug;72(4):301-20.



52. Ozdemir F, Ulkur F, Nalbantgil D. Effects of fixed functional therapy on tongue and hyoid positions and posterior airway. *Angle Orthod.* 2014;84:260–264.
53. Thereza-Bussolaro C, Oh HS, Lagravère M, Flores-Mir C. Pharyngeal dimensional changes in class II malocclusion treatment when using Forsus® or intermaxillary elastics - An exploratory study. *Int Orthod.* 2019 Dec;17(4):667-677.
54. Temani P, Jain P, Rathee P. Volumetric changes in pharyngeal airway in class II division 1 patients treated with Forsus-fixed functional appliance: A three-dimensional cone-beam computed tomography study. *Contemp Clin Dent.* 2016, Jan-Mar;7(1):31-5.
55. Bavbek NC, Tuncer BB, Turkoz C, Ulusoy C, Tuncer C. Changes in airway dimensions and hyoid bone position following class II correction with forsus fatigue resistant device. *Clin Oral Investig.* 2016 Sep;20(7):1747-55.
56. Göymen M, Mourad D, Güleç A. Evaluation of Airway Measurements in Class II Patients Following Functional Treatment. *Turk J Orthod.* 2019 Mar;32(1):6-10.
57. Lowe AA, Santamaria JD, Fleetham JA, Price C. Facial morphology and obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1986;90: 484-91.
58. Ucar FI, Uysal T. Orofacial airway dimensions in subjects with Class I malocclusion and different growth patterns. *Angle Orthod.* 2011; 81: 460-8.
59. Jena AK, Singh SP, Utreja AK. Sagittal mandibular development effects on the dimensions of the awake pharyngeal airway passage. *Angle Orthod.* 2010; 80: 1061-7.
60. Rosenberger HC. XXXVII. Growth and Development of the Nasorespiratory Area in Childhood. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1934; 43:495-512.
61. Sahoo NK, Jayan B, Ramakrishna N, Chopra SS, Kochar G. Evaluation of upper airway dimensional changes and hyoid position following mandibular advancement in patients with skeletal class II malocclusion. *J Craniofac Surg.* 2012; 23: e623-e7.
62. Celikoglu M, Bayram M, Sekerci AE, Buyuk SK, Toy E. Comparison of pharyngeal airway volume among different vertical skeletal patterns: a cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod.* 2014; 84: 782-7.
63. Alhammadi MS, Elfeky HY, Fayed MS, Ishaq RAR, Halboub E, Al-Mashraqi AA. Three-dimensional skeletal and pharyngeal airway changes following therapy with functional appliances in growing skeletal Class II malocclusion patients : A controlled clinical trial. *J Orofac Orthop.* 2019 Sep;80(5):254-265.
64. Oliveira PM, Cheib-Vilefort PL, de Pársia Gontijo H, Melgaço CA, Franchi L, McNamara JA Jr, Souki BQ. Three-dimensional changes of the upper airway in patients with Class II malocclusion treated with the Herbst appliance: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020 Feb;157(2):205-211.



65. Celikoglu M, Buyuk SK, Ekizer A, Unal T. Pharyngeal airway effects of Herbst and skeletal anchored Forsus FRD EZ appliances *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2016 Nov;90:23-28.
66. Shete CS, Bhad WA. Three-dimensional upper airway changes with mandibular advancement device in patients with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151:941-8.
67. Pinheiro de Magalhães Bertoz A, Souki BQ, Lione R, Theresa Webber SA, Bigliuzzi R, Oliveira PM, Moro A, Cozza P. Three-dimensional airway changes after adenotonsillectomy in children with obstructive apnea: Do expectations meet reality? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019 Jun;155(6):791-800.
68. Obelenis Ryan DP, Bianchi J, Ignácio J, Miller Wolford L, Gonçalves JR. Cone-beam computed tomography airway measurements: Can we trust them? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;156:53-60.
69. Zimmerman JN, Lee J and Pliska BT. Reliability of upper pharyngeal airway assessment using dental CBCT: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*. 2017 39, 489–496.
70. El H and Palomo JM. Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010 137, S50.e1–9; discussion S50-2.
71. Guijarro-Martínez R and Swennen GR. Three-dimensional cone beam computed tomography definition of the anatomical subregions of the upper airway: a validation study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013 Sep;42(9):1140-9.
72. Alsufyani NA, Flores-Mir C and Major P. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012 May;41(4):276-84.
73. Alves M Jr, Baratieri C, Mattos CT, Brunetto D, Fontes RdaC, Santos JR and Ruellas AC. Is the airway volume being correctly analyzed? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012 May;141(5):657-61.