

# Heredabilidad de los componentes de las medidas cefalométricas ODI, APDI y del Triángulo de Mcnamara en pacientes con maloclusión esquelética clase II y clase III, que asisten a la clínica odontológica de la Universidad Cooperativa de Colombia

*Heritability of the Components of the Cephalometric Measurements ODI, APDI, and Mcnamara Triangle In Patients With Class II And Class III Skeletal Malocclusion, Attending The Dental Clinic of the Cooperative University of Colombia*

*Hereditariedade dos componentes das medidas cefalométricas ODI, APDI e Triângulo Mcnamara em pacientes com má oclusão esquelética classe II e classe III, frequentando a clínica dentária da Universidad Cooperativa de Colombia*

Lizeth Enriquez-Jamauca<sup>1</sup>  
 Ángela Cordoba-Pantoja<sup>2</sup>  
 Érika Argotte-Arciniegas<sup>3</sup>  
 Luís Fernando Calderón-Moncayo<sup>4</sup>  
 Alexander López-Ordoñez<sup>5</sup>  
 Cristian Fong<sup>6</sup>

**Recibido:** 16 de noviembre de 2020

**Aprobado:** 22 de febrero de 2021

**Publicado:** 12 de julio de 2021

## Cómo citar este artículo:

Enriquez-Jamauca L, Cordoba-Pantoja A, Argotte-Arciniegas E, Calderón-Moncayo LF, López-Ordoñez A, Fong C. Heredabilidad de los componentes de las medidas cefalométricas ODI, APDI y del triángulo de MCNAMARA en pacientes con maloclusión esquelética clase II y clase III, que asisten a la clínica odontológica de la Universidad Cooperativa De Colombia. Revista Nacional de Odontología. (2021); 17(2), 1-21. doi: <https://doi.org/10.16925/2357-4607.2021.02.03>

Artículo de investigación. <https://doi.org/10.16925/2357-4607.2021.02.03>

<sup>1</sup> Facultad de odontología, Universidad Cooperativa de Colombia

<sup>2</sup> Facultad de odontología, Universidad Cooperativa de Colombia. Especialización en Ortodoncia. Cl 18 #47 -150, Pasto, Nariño.

Correo electrónico: [angela.cordobap@campusucc.edu.co](mailto:angela.cordobap@campusucc.edu.co)

<sup>3</sup> Facultad de Odontología, Colegio Odontológico. Colombia

<sup>4</sup> Facultad de Odontología, Colegio Odontológico. Colombia

<sup>5</sup> Universidad del Valle, Colombia. Facultad de salud pública

<sup>6</sup> Grupo GIOD, Universidad Cooperativa de Colombia, Pasto, Nariño, Colombia

## Resumen

La maloclusión es una entidad patológica asociada con anomalías en crecimiento y desarrollo craneofacial en donde intervienen factores genéticos y ambientales. El papel de la heredabilidad ha sido ampliamente investigado en estudios craneométricos y cefalométricos de similitudes faciales, donde se ha evidenciado que la forma facial, es resultado del genotipo del individuo, por consiguiente, la apariencia facial presenta una tendencia hereditaria familiar.

*Objetivo:* Determinar la heredabilidad de los componentes de las medidas cefalométricas compuestas: ODI y APDI y del Triángulo de McNamara en pacientes con maloclusión esquelética clase II y clase III, que asisten a la clínica de Ortodoncia de la UCC- Campus Pasto.

*Metodología:* Enfoque cuantitativo, Observacional, descriptivo de corte transversal, que utiliza una muestra total de 60 pares de hermanos. El porcentaje de heredabilidad fue calculado mediante la prueba de regresión lineal Haseman Elston, donde un valor mayor a 80% se considera altamente heredable y valores de  $P < 0.05$  se consideraron significativos.

*Resultados:* Los componentes que presentaron mayor heredabilidad fueron; la medida cefalométrica compartida entre los componentes de ODI y APDI, el ángulo Plano de Frankfort-Plano Palatino, con el 100% y la medida lineal Condilion-Gnacion con un 98%.

*Conclusiones:* El tamaño mandibular está influenciado por factores altamente heredables, pero la posición mandibular, representada por Plano facial - Plano de Frankfort y ENA-Me presentan una baja heredabilidad, es decir altamente adaptables. Las medidas cefalométricas como Plano facial-Plano AB y Plano Mandibular -Plano AB, son el resultado de una relación entre el maxilar y la mandíbula, presentando una baja heredabilidad, lo que sugiere que están influenciadas por factores externos inherentes a cada sujeto.

**Palabras clave:** heredabilidad, heredabilidad en sentido estricto, Odi, Apdi, Triángulo De McNamara.

## Abstract

Malocclusion is a pathological entity associated with abnormalities in craniofacial growth and development in which genetic and environmental factors are involved. The role of heritability has been widely investigated in craniometric and cephalometric studies of facial similarities, where it has been shown that the facial shape is the result of the individual genotype, therefore, the facial appearance presents a familial hereditary tendency.

*Objective:* To determine the heritability of the components of the composite cephalometric measurements: ODI and APDI and McNamara's Triangle in patients with class II and class III of skeletal malocclusion, who went to the Orthodontic clinic of the UCC-Campus Pasto.

*Methodology:* A quantitative, observational, and descriptive cross-sectional approach was developed by using a total sample of 60 pairs of siblings. The percentage of heritability was obtained by the Haseman Elston linear regression test, where a value higher than 80% is considered highly heritable and values of  $P < 0.05$  are considered significant.

*Results:* The components that showed the highest heritability were: the cephalometric measurement shared between the ODI and APDI components, the Frankfort plane-Palatino plane angle, with a 100%, and the linear measurement Condilion-Gnacion, with a 98%.

*Conclusions:* Mandibular size is influenced by highly heritable factors, but the mandibular position, represented by Facial Plane - Frankfort Plane and ENA-Me showed low heritability, which means that these structures are highly adaptable. Cephalometric measurements such as Plane-Facial Plane-AB and Plane-Mandibular Plane-AB are the result of a relationship between the maxillary and the mandible, presenting a low heritability, which suggests that they are influenced by external factors inherent to each person.

**Keywords:** heritability, heritability in the strict sense, ODI, APDI and McNamara's Triangle,

## Resumo

A má oclusão é uma entidade patológica associada a anormalidades no crescimento e desenvolvimento craniofacial em que intervêm fatores genéticos e ambientais. O papel da herdabilidade tem sido amplamente investigado em estudos craniométricos e cefalométricos de semelhanças faciais, onde foi demonstrado que a forma facial é resultado do genótipo do indivíduo, portanto, a aparência facial tem uma tendência hereditária familiar.

*Objetivo:* Determinar a herdabilidade dos componentes das medidas cefalométricas compostas: ODI e APDI e Triângulo de McNamara em pacientes com má oclusão esquelética classe II e classe III, que frequentam a clínica de Ortodontia do UCC-Campus Pasto.

*Metodologia:* Abordagem quantitativa, observacional, descritiva transversal, que utiliza uma amostra total de 60 pares de irmãos. A porcentagem de herdabilidade foi calculada usando o teste de regressão linear de Haseman Elston, onde um valor maior que 80% é considerado altamente hereditário e valores de  $P < 0,05$  foram considerados significativos.

*Resultados:* Os componentes que apresentaram maior herdabilidade foram; a medida cefalométrica compartilhada entre os componentes ODI e APDI, o ângulo Plano-Palatino de Frankfort, com 100% e a medida linear Condilion-Gnathion com 98%.

*Conclusões:* O tamanho mandibular é influenciado por fatores altamente hereditários, mas a posição mandibular, representada pelo Plano Facial - Plano de Frankfurt e ENA-Me tem baixa herdabilidade, ou seja, altamente adaptável. Medidas cefalométricas como Plano Facial-Plano AB e Plano Mandibular-Plano AB, são resultado de uma relação entre a maxila e a mandíbula, apresentando baixa herdabilidade, o que sugere que sejam influenciadas por fatores externos inerentes a cada sujeito.

**Palavras-chave:** herdabilidade, herdabilidade em sentido estrito, Odi, Apdi, Triângulo de McNamara.

## 1. Introducción

La maloclusión es una condición clínica que afecta la relación esquelética de los maxilares y que por ende tiene un impacto negativo en los tejidos faciales, al igual que en la posición y alineación de los dientes permanentes (1). Es una patología que afecta un porcentaje considerable de la población. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ocupa el tercer lugar dentro de las patologías bucodentales, después de la caries dental y de la enfermedad periodontal (2)

Las estimaciones de prevalencia son múltiples y varían en diferentes poblaciones debido a la influencia de factores tales como anomalías craneofaciales, diferencias étnicas, edad, genética y factores ambientales. Ejemplo de ello es el reporte de Oshagh y cols en el 2009, en Irán, donde se encontró que el 70% de los individuos presentaban Clase II y un 12% clase III(3). Joshi y cols en 2014 encontraron que en EE.UU, las maloclusiones esqueléticas se presentan en un 27.9% con diferentes niveles de severidad(4) finalmente Chan y cols en 2021, en China, mediante un estudio transversal realizado con diferentes grupos étnicos hallaron una prevalencia de 23.1% para clase II y 27.4% para clase III (5).

En Latinoamérica según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se puede afirmar que 80 de cada 100 individuos presentan algún tipo de maloclusión. En Bogotá en el año 2001, Thilander identificó que la prevalencia de maloclusión clase II era del 18,5% y clase III del 5,8% (6).

En Nariño, las investigaciones en el área son limitadas. En 2011, Mafla y cols, evaluaron la severidad de la maloclusión dental y necesidad de tratamiento ortodóntico en adolescentes de Pasto, usando el índice de estética dental, se encontró que el 52,7% presentó maloclusión entre moderada y severa, lo cual implica la necesidad de tratamiento de ortodoncia (7). Por otra parte, Botina y col. (8) determinaron la prevalencia de maloclusión en pacientes atendidos en la clínica del sano II de la universidad cooperativa de Colombia-Sede Pasto en el periodo I y II del año 2015, donde encontraron que la clase II presenta un 46% y la clase III 24%.

La mayoría de las maloclusiones son el resultado de una combinación de desarmonías tanto dentales como craneofaciales; muchas veces producto de variación en el tamaño y la forma de estas estructuras. La deficiencia en las dimensiones maxilares o mandibulares resulta en una relación inadecuada de estos dos componentes óseos que repercute en los componentes faciales (9).

La comprensión de los factores genéticos que contribuyen en las alteraciones morfológicas dentofaciales son importantes para entender el comportamiento de las estructuras craneales desde el punto de vista anatómico y biológico. Esto ha sido posible mediante análisis de heredabilidad, que estiman las contribuciones relativas de los factores genéticos a la varianza fenotípica total en una población. Se reportan varios estudios donde utilizan mediciones lineales en cefalogramas laterales, encontrando que el cráneo y el componente óseo facial son más influenciados por la genética que la posición dental (1, 10–12). Diferentes estudios (13–17) encuentran datos de alta heredabilidad de medidas compuestas, como ODI y APDI, las cuales no representan estructuras craneofaciales y no especifican que componente con exactitud podría estar arrojando el valor de heredabilidad; hecho que es poco aplicable en el área clínica, al momento de establecer un pronóstico y la planificación del tratamiento.

La evidencia disponible para la población de Pasto, sobre heredabilidad de medidas cefalométricas proviene de dos trabajos de grado previos, que analizaron múltiples medidas en población de hermanos clase II y clase III, encontrando que el Indicador de Sobremordida (ODI), el Indicador de Displasia Antero Posterior (APDI) y la Diferencia Maxilo-mandibular, componente del Triángulo de McNamara, son medidas con alta heredabilidad siendo el porcentaje de estas: en clase III(16) esquelética 100%, y en clase II, una heredabilidad de ODI de 96% y del 100% para la diferencia maxilo mandibular(15).

Se sabe que un ángulo es producto de la posición relativa de dos estructuras, y su heredabilidad se obtiene de identificar la variabilidad de cada una de ellas, por lo tanto, al obtener la heredabilidad de cada ángulo que compone a ODI y APDI, el análisis será más específico y se podrá analizar las estructuras implicadas. Siendo más aplicable al área ortodóntica clínica. De aquí surge la pregunta de investigación ¿Cuál es el porcentaje de heredabilidad de los componentes de las medidas cefalométricas ODI y APDI, y el triángulo de McNamara en pacientes con maloclusión esquelética clase II y clase III?

## 2. Materiales y métodos

### Diseño del estudio.

Se presenta un enfoque cuantitativo, Observacional, descriptivo de corte transversal, secundario a un estudio de heredabilidad entre hermanos previamente realizado. La muestra fue seleccionada de los sujetos que participaron en los estudios previos de heredabilidad realizados por Narváez y cols "Heredabilidad de las medidas cefalométricas de la maloclusión esquelética clase II" (15) y Delgado y cols "Heredabilidad de las medidas cefalométricas de la maloclusión esquelética clase III" en el año 2018 en la Universidad Cooperativa de Colombia- sede Pasto (16). Obteniendo 30 pacientes y 30 hermanos en cada grupo de estudio y se definió una muestra total de 60 pares de hermanos, analizando los resultados de las medidas cefalométricas con mayor heredabilidad.

Los siguientes fueron los criterios de inclusión: Pacientes diagnosticados radiográficamente con maloclusión esquelética clase II y clase III clasificados mediante las cefalometrías de Steiner, Wits; pacientes con pico de crecimiento finalizado; hermanos del mismo padre y madre; hermanos de igual género; pacientes sin exodoncias de dientes permanentes (excepto terceros molares); pacientes que acepten de forma voluntaria ser parte de la investigación. Por otra parte, los criterios de exclusión fueron: Pacientes que hayan sido intervenidos ortopédicamente o quirúrgicamente (cirugías ortognáticas); Pacientes con tratamiento farmacológico especial (antiepilépticos); Mujeres en embarazo; Perdida dental múltiple.

### Procedimiento

Del repositorio institucional de investigación en Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia- Campus Pasto, se tomaron las radiografías laterales

de cráneo y los trazos cefalométricos realizados mediante el programa Dolphin Software® y las bases de datos correspondientes a las cefalometrías de McNamara y de Kim de los 60 pares de hermanos.

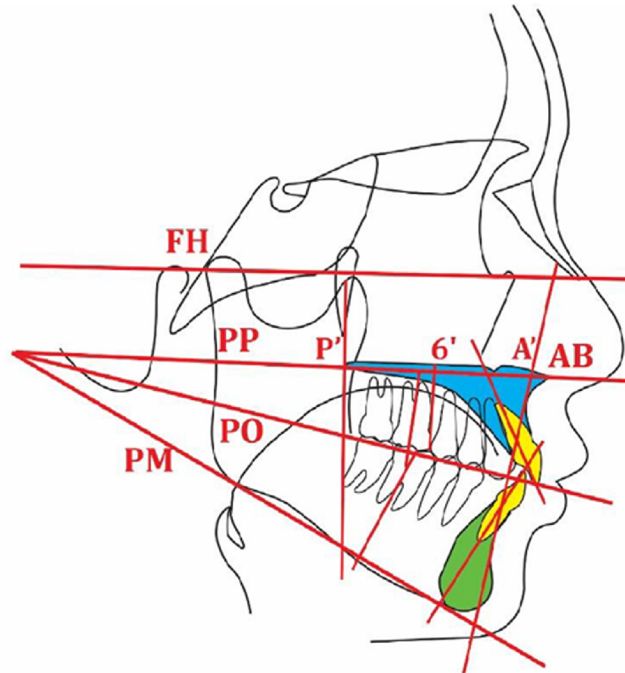
## Medición

Posteriormente con el programa Corel Draw®, Versión Graphics-Suite-X5, y teniendo en cuenta los puntos de referencia utilizados en la cefalometría de Kim y Triangulo de McNamara se trazó los planos y se obtuvo las medidas angulares de ODI y APDI, que fueron consignadas en las tablas de recolección de datos. Se tomaron variables sociodemográficas tales como: edad, sexo, estrato, grupo étnico, ocupación, procedencia, seguridad social, y las variables cefalométricas Espina Nasal Anterior-Ménton (ENA-Me), Diferencia Maxilo-Mandibular (Dif Mx-Md), Plano Horizontal de Frankfort- Plano Facial, Plano Facial-Punto AB, Plano Horizontal De Frankfort- Plano Palatino (FH-PP).

**Tabla 1. Puntos y planos de referencia.**

PUNTOS DE REFERENCIA	
<b>Punto A (Subspinal):</b> Es el punto cefalométrico más profundo de la concavidad del hueso alveolar superior	<b>Násion (N):</b> Punto más anterior de la sutura fronto-nasal.
<b>Punto B (Supramental):</b> Es el punto más posterior del contorno anterior de la sínfisis mentoniana.	<b>Pogonion (Pg):</b> Punto más prominente, ubicado en la parte más anterior de la sínfisis mentoniana.
<b>Espina Nasal Anterior (ENA):</b> punto de la espina nasal anterior en el margen inferior de la apertura piriforme en el plano medio sagital.	<b>Gnación (Gn):</b> Punto que se ubica en la unión del borde anterior con el borde inferior del mentón.
<b>Espina nasal posterior (ENP):</b> Punto posterior del contorno horizontal de los huesos palatinos.	<b>Orbital (O):</b> Punto más inferior del borde inferior de la órbita
<b>Condylion (Co):</b> Punto más superior y posterior de la cabeza del cóndilo (En promedio a las 11 horas cara de un reloj en el cóndilo).	<b>Pórior (Po):</b> Punto más superior del conducto auditivo externo.
<b>Gonion (Go):</b> Punto de unión del borde posterior de la rama con el borde inferior del cuerpo de la mandíbula.	<b>Menton (Me):</b> Punto más inferior de la sínfisis mandibular.
PLANOS DE REFERENCIA	
<b>Plano de Frankfort (FH):</b> Plano de referencia facial formado por los puntos Porion (Po) y Orbital (O).	
<b>Plano Palatino (PP):</b> Formado por los puntos espina nasal anterior (ENA) y espina nasal posterior (ENP).	
<b>Plano Mandibular (PM):</b> Está formado por la unión de los puntos Gonion (Gn) y Menton (Mn).	
<b>Plano A-B:</b> Representa la localización del hueso alveolar del maxilar superior e inferior en sentido antero-posterior	
<b>Plano Facial (N-Pog):</b> Representa el contorno facial está formado por los puntos Nasion (N) y Pogonion (Pog).	

Fuente: Elaboración propia.



**Figura No 1.** Planos de Referencia cefalometría de Kim.

Fuente: Kim, YH. Vietas, JJ.

## Plan de análisis:

La información de las hojas de recolección de datos, se registró en una base de datos de Excel versión 2019, se utilizó el programa IBM SPSS Statistic v.23.0 para el procesamiento y análisis de datos sociodemográficos y análisis exploratorio de datos. en cuanto a la heredabilidad se utilizó el programa R, y la prueba de regresión lineal Haseman Elston.

El método de Haseman y Elston (HE) utiliza una regresión lineal simple para modelar la diferencia de rasgos al cuadrado de pares de hermanos con el alelo compartido idéntico por descendencia (IBD) en el locus del marcador para las pruebas de vinculación. Fue desarrollado por primera vez por Joseph K. Haseman y Robert C. Elston en 1972. (18)

El porcentaje de heredabilidad estricta mayor al 80%, refiere que la medida cefalométrica es altamente heredable, adicionalmente se tuvo en cuenta el valor P menor a  $P < 0,05$ , válida que el coeficiente beta modelo de regresión sea diferente de cero, si es así entonces la regresión es significativa desde un punto de vista estadístico. Posteriormente mediante la prueba ANOVA se calcula los niveles de variabilidad dentro y entre familias.

## Consideraciones éticas:

Se respetaron todos los principios éticos para la investigación en humanos consignados en la Declaración de Helsinki, CIOMS y de acuerdo a la normatividad colombiana vigente la Resolución 8480 de 1993. Previamente al estudio se firmó el consentimiento informado por cada participante.

## 3. Resultados

### Análisis de datos sociodemográficos

El promedio de edad de la muestra es 29.8 años (**DE ± 8.90; IC 95%= 28.19-31.40**). El 58% de los individuos eran de sexo femenino, pertenecían al estrato socioeconómico 3 (49%) y provenían de la ciudad de Pasto, en un 91%. De acuerdo a su afiliación a seguridad social el 51.6% pertenecen al régimen subsidiado y el 47.5% al régimen contributivo. En cuanto al grupo étnico, el 100% de los individuos fueron mestizos.

**Tabla No 2.** Datos sociodemográficos de los participantes del estudio.

VARIABLE CONTÍNUA		MEDIA		MEDIANA	
EDAD		X= 29.8 años (DE ± 8.90; IC 95%= 28.19-31.40)		Me= 28 (RI= 23-35)	
VARIABLES CATEGÓRICAS		PACIENTE	HERMANO	TOTAL	%
SEXO	Femenino	35	35	70	58
	Masculino	25	25	50	42
ESTRATO	1	10	11	21	17
	2	14	15	29	24
	3	30	29	59	49
	4	5	4	9	7
	5	1	1	2	1.6
LUGAR DE PROCEDENCIA	Pasto	45	46	91	75.8
	Bogotá	1	1	2	1.6
	Medellin	1	1	2	1.6
	Ipiales	2	3	5	4.1
	Policarpa	6	6	12	10
	Tangua	2	1	3	2.5
	Taminango	1	1	2	1.6
	La Unión	1	1	2	1.6
	San Francisco	1	0	1	0.9

(continúa)



(viene)

VARIABLE CONTÍNUA		MEDIA		MEDIANA	
EDAD		X= 29.8 años (DE ± 8.90; IC 95%= 28.19-31.40)		Me= 28 (RI= 23-35)	
VARIABLES CATEGÓRICAS		PACIENTE	HERMANO	TOTAL	%
SEGURIDAD SOCIAL	Subsidiado	30	32	62	51.6
	Contributivo	29	28	57	47.5
	Régimen especial	1	0	1	0.3

X= Media. DE= Desviación estándar. IC 95%= Intervalo de confianza al 95%. Me= Mediana. RI= Rango intercuartílico. %= Porcentaje.

Fuente: SPSS® Versión 23.0.

## Análisis de variables diagnósticas

El resultado de las variables diagnósticas de la muestra se puede observar en la tabla No 2. Sagitalmente, teniendo en cuenta el diagnóstico por APDI, el 49.1% de los individuos fue clasificado como clase I, el 42.5% clase III y tan solo el 8.3% como clase II. Con relación al FH-Plano facial, el 54% de los individuos es clase I, el 5% presenta una tendencia a clase II y el 59.1% tendencia a clase III. Verticalmente, mediante ODI, el 56.6% de los individuos se clasificó con mordida abierta, el 40% presentaban normalidad y tan solo el 3.3% mordida profunda.

**Tabla No 3.** Resultado variables de diagnóstico de los participantes del estudio.

VARIABLE	DIAGNÓSTICO	PACIENTE	HERMANO	TOTAL	%
ESPINA NASAL ANTERIOR- MENTON (ENA-Me)	Normal	4	8	12	10
	Disminuida	16	12	28	23.3
	Aumentada	40	40	80	66.6
DIFERENCIA MAXILO-MANDIBULAR (Dif Mx-Md)	Normal	5	5	10	8.3
	Disminuida	4	7	11	9.1
	Aumentada	51	48	99	82.5
PLANO HORIZONTAL DE FRANKFORT- PLANO FACIAL	Clase I	31	34	65	54
	Tendencia clase II	2	4	6	5
	Tendencia clase III	27	22	49	59.1
PLANO FACIAL-PUNTO AB	Tendencia clase II	48	52	100	83
	Tendencia clase III	12	8	20	16.6
PLANO HORIZONTAL DE FRANKFORT- PLANO PALATINO (FH-PP)	Normalidad	6	1	7	5.8
	Mordida abierta	18	20	38	31.6
	Mordida profunda	36	39	75	62.5

(continúa)

(viene)

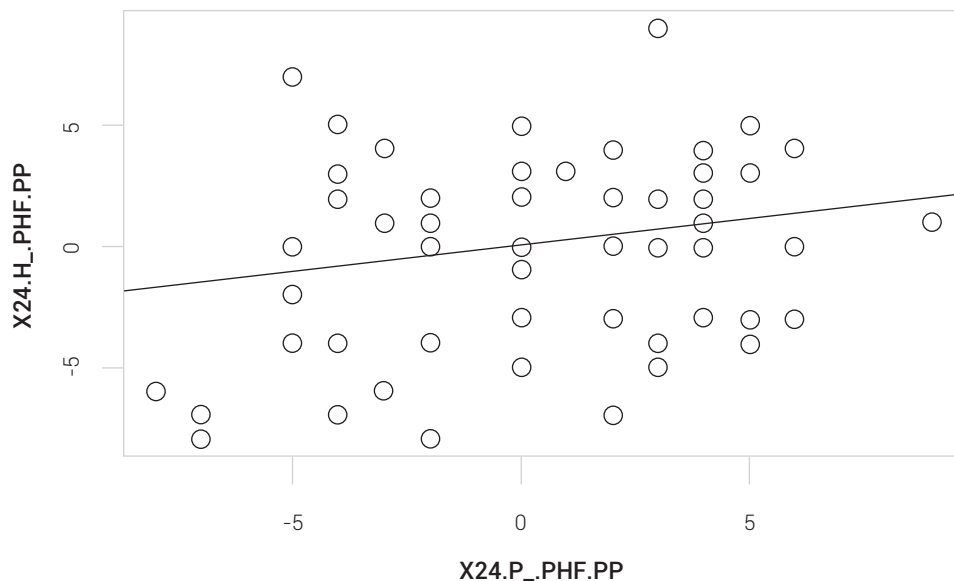
VARIABLE	DIAGNÓSTICO	PACIENTE	HERMANO	TOTAL	%
DIAGNÓSTICO APDI	Clase I	25	34	59	49.1
	Clase II	5	5	10	8.3
	Clase III	30	21	51	42.5
PLANO MANDIBULAR-PLANO AB	Normalidad	3	3	6	5
	Mordida abierta	52	48	100	83.3
	Mordida profunda	5	9	14	11.6
DIAGNÓSTICO ODI	Normalidad	23	25	48	40
	Mordida abierta	36	32	68	56.6
	Mordida profunda	1	3	4	3.3

Fuente: SPSS® Versión 23.0.

Con respecto al diagnóstico de PM-Plano AB, el 83.3% de los individuos fueron catalogados como tendencia a mordida abierta, el 11.6% tendencia a mordida profunda y el 5% como una mordida normal. Al respecto de la variable ángulo HF-PP, el 62.5% de los individuos presentan tendencia a mordida profunda, por otra parte, el 31.6% a mordida abierta y tan solo el 5.8% presentó una mordida normal. Si consideramos el Plano Facial-Plano AB, el 83% de los individuos se catalogó como tendencia a clase II y el 16.6% como tendencia a clase III.

## Análisis de resultados. Heredabilidad

Un modelo de regresión lineal simple se realizó para estimar la heredabilidad por el método de HE de cada componente de ODI Y APDI, considerando todas las variables como continuas. Se obtienen los siguientes resultados, los cuales se pueden detallar en la tabla No 4. ODI se compone de dos ángulos: ángulo PM-Punto A-B con una heredabilidad de 2.5% y el ángulo PP-FH-con una heredabilidad del 100%, esto se puede corroborar en la representación gráfica de la línea de la regresión lineal (Gráfica 1), donde se representa de forma gráfica la regresión entre los valores obtenidos de los pacientes y sus hermanos, En la figura 1 se observa la línea de tendencia Beta: 0,2184.



**Figura 1.** Regresión lineal simple para la variable Plano Horizontal de Frankfort- Plano Palatino (FH-PP).

**Fuente:** R®. Versión 4.1.0. X24.H\_.PHF.PP: Datos ángulo Plano Frankfort – Plano Palatino hermano. X24.P\_.PHF.PP: Datos ángulo Plano Frankfort – Plano Palatino paciente.

**Tabla No 4.** Resultado variables de diagnóstico continuas.

VARIABLE CONTINUA	INTERCEPTO	BETA	h2 (%)	VALOR P
ESPIÑA NASAL ANTERIOR – MENTON (ENA-Me)	34.2122	0.4738	1.4	<0.05*
CONDILION – PUNTO A (Co-Punto A)	47.5807	0.3742	0.8	<0.05*
DIFERENCIA MAXILO-MANDIBULAR (Dif Mx-Md)	11.3227	0.6544	5.8	<0.05*
PLANO FACIAL- PLANO FRANKFORT	60.2749	0.3315	0.5	<0.05*
PLANO FACIAL-PLANO AB	1.7888	0.5088	28.4	<0.05*
INDICADOR DE DISPLASIA ANTEROPOSTERIOR (APDI)	48.1611	0.4448	0.9	<0.05*
PLANO MANDIBULAR-PLANO AB	24.3817	0.6211	2.5	<0.05*
PLANO DE FRANKFORT-PLANO PALATINO (HF-PP)	0.06821	0.21847	100	<0.05*
INDICADOR DE PROFUNDIDAD DE SOBREMORDIDA (ODI)	30.3055	0.5355	1.8	<0.05*
CONDILION-GNATION (Co-Gn)	55.4637	0.4876	98	<0.05*

\* Valor estadísticamente significativo a un nivel del 95% (p<0.05).

**Fuente:** R®. Versión 4.1.0.

Es importante resaltar que como medida compuesta ODI presenta una baja heredabilidad, con un 1.8%. En cuanto a APDI, sus componentes presentan una heredabilidad muy variada, el primer componente; Plano facial-FH, presentó una heredabilidad del 0.5%, el segundo componente; Plano facial-Plano AB obtuvo una

heredabilidad del 28.4%, y el último componente; FH-PP resultó con una heredabilidad del 100%. Empero APDI como medida compuesta presenta una heredabilidad baja con tan solo 0.9%.

Para el triángulo de McNamara el componente que presentó mayor heredabilidad fue Co-Gn con una heredabilidad de 98%, seguido de ENA-Me con una heredabilidad del 1.4%, por último Co-Punto A con una heredabilidad de 0.8%. Cabe resaltar que en todas las medidas se obtuvo resultados estadísticamente significativos dado el valor de  $p$  ( $p < 0.05$ ).

## 4. Discusión

Se ha demostrado que medidas como ODI y APDI presentan un alto valor diagnóstico al establecer un vínculo entre la inclinación del plano oclusal y la discrepancia esquelética sagital y vertical. Es por esta razón que se utilizaron para clasificar a los pacientes del presente estudio (13,14,19–21).

Para ODI el componente que presentó una mayor heredabilidad es el ángulo Plano de Frankfort (HF) - Plano Palatino (PP), con un porcentaje de heredabilidad del 100%. En la literatura existen pocos reportes de la heredabilidad de la inclinación del PP, tomando como plano de referencia a HF. Este hallazgo puede relacionarse con la morfología del paladar, estructura asociada a este plano. Negishi y cols en el 2020(22), en un estudio antropométrico, en cráneos disecados pertenecientes a gemelos, encontraron que la morfología del paladar tiene una contribución genética, con un coeficiente de correlación de 0.46, que equivale a un 46%. Por su parte Manfredi y cols(23), encontró una heredabilidad de este ángulo del 58%.

Una razón para que este ángulo, presente una heredabilidad elevada, puede estar relacionada con la cercanía de la apófisis palatina del maxilar y su articulación con los huesos vómer y palatino (24). El vómer es un hueso, que forma la parte inferior del tabique nasal, este está conformado por la placa perpendicular del hueso etmoidal y el cartílago septal (25). Para Scott y cols, es el cartílago del tabique nasal, durante el crecimiento, el que marca el ritmo del desplazamiento del maxilar superior, hacia abajo y adelante, dando la rotación anterior del maxilar. (26). Esta porción cartilaginosa, junto con la cápsula nasal, el cóndilo mandibular y la base craneal, están bajo control genético (27).

La longitud efectiva mandibular (LEM) presentó una alta heredabilidad, 98%, si se compara con los demás componentes del triángulo de McNamara, que presentaron un porcentaje por debajo del 1.4%, esta medida diagnóstica el tamaño de la mandíbula, está compuesta por los puntos Co y Gn. En 2005, Johannsdottir y cols

(28) estimaron la heredabilidad de la LEM utilizando el método de Falconer (h; Cerca o por debajo de 0= Baja heredabilidad y cerca o por encima de 1= Alta heredabilidad), mediante cefalogramas laterales, entre padres e hijos en población islandesa. Los resultados mostraron una alta heredabilidad de Co-Gn (2.91). Al respecto se puede afirmar que, aunque sus resultados apoyan nuestros hallazgos, la evidencia disponible es escasa con respecto a esta medida.

La evaluación del tamaño mandibular, se puede realizar tomando como referencia diferentes puntos anatómicos o cefalométricos. Se reportan investigaciones, que, si bien no usan las mismas referencias del presente estudio, nos dan indicios del comportamiento de la heredabilidad de la longitud mandibular. Savoye y cols. Manjusha y cols en 2017 (29), en una muestra de gemelos monocigóticos, mediante cefalogramas laterales de pretratamiento, encontraron un coeficiente de correlación alto, de la medida Gonion-Gnation (Go-Gn) de 0.826. Estos hallazgos también concuerdan con los estudios realizados por Lobb y cols en (30), Watnick y cols en 1972 (31) y Arya y cols en 1973(32).

Kim y col. en 2018 (33) mediante el método de Falconer, reportan una heredabilidad alta de Gonion-Pogonion (Go-Po) (0,92) y Articular-Gnation (Ar-Gn) (0.858), resultados similares obtuvo en 2016 Manfredi y cols (23), que analizaron 39 variables cefalométricas en 141 pares de gemelos, la medida que evaluaba la longitud mandibular en este artículo también fue Ar-Gn, obteniendo un índice de correlación en hermanos monocigóticos de 0.82. Mantas y cols en el 2016, (34) analizaron 39 variables cefalométricas, de 141 pares de gemelos del mismo sexo, evaluando la longitud mandibular utilizando los puntos cefalométricos; Condilion-Pogonion, con un alto índice de correlación, siendo este 0.94, por su parte para Go-Gn fue de 0,87 y para Gonion-Menton (Go-Me) 0.81 respectivamente. Carels, C. y cols en 2001 (35) tomando 33 pares de gemelos monocigóticos y 46 dicigóticos, obtuvieron un coeficiente de correlación de Go-Gn de 0.79 y de Go-Po de 0.85. Por su parte, Tiro y cols en 2019 (36) determinaron la influencia genética en el complejo craneofacial en 52 pares de gemelos y encontrando un efecto genético fuerte en la longitud mandibular, con un valor *p* de 0.03. Se obtuvo resultados similares en estudios de gemelos en población China, Saudí e Iraní (37–39). Se debe mencionar que si bien, los estudios anteriormente descritos reportan una alta heredabilidad, evalúan únicamente el cuerpo mandibular, mas no el conjunto estructural mandibular compuesto por condilo, rama y cuerpo mandibular.

Este fenómeno puede ser explicado por las estructuras que componen la longitud efectiva mandibular, entre ellas Co, que es el punto más superior y posterior de la cabeza del cóndilo, la cual está íntimamente ligada con el cartílago condilar,

donde se encuentran grupos celulares originados de células mesenquimáticas multipotenciales (40) que provienen de la cresta neural (41) según Petrovic (42). Entre las funciones de estas células, se encuentra la síntesis de matriz ósea, por lo que esta estructura es considerada por varios autores (43–45) como la principal determinante en el tamaño mandibular. Se ha observado que las células mesenquimales humanas tienen la capacidad de multiplicarse 38 veces ( $\pm 4$ ) (46). No obstante, la cantidad de replicación final depende del tamaño de la población inicial de las células de cada individuo, que está influenciado fuertemente por la genética (47–49), este fenómeno fue comprobado por Rabie y cols, en 2003 (50).

El componente vertical del triángulo de McNamara, está representada por la altura facial antero inferior (AFAI), compuesta por los puntos: ENA-Me. En el presente estudio se encontró una baja heredabilidad (1.4%). Esto es apoyado por otras investigaciones que refieren una baja heredabilidad de la AFAI como, Manfredy y cols (11) con un índice de correlación de 0.44 y Sidlauskas y cols en 2016 (34) con un coeficiente de correlación de 0,34. Se encuentra, que la evidencia disponible en la actualidad también refuta estos resultados, Sreedevi y cols en 2013 (51) utilizando el método de Falconer, en un grupo de 19 pares de gemelos, obtuvo una alta heredabilidad de 13.81, al igual que Dudas y Sassouni (52) con un valor Falconer de 4.71 y un coeficiente de correlación de la AFAI de 0.92.

Por su parte Amini y col (39), en una muestra de 50 pares de gemelos iraníes, encontraron una alta heredabilidad, (0.84) del tercio inferior de la cara, mediante el mismo método de Falconer y una alta heredabilidad de la AFAI de 1,08, esto concuerda con Manfredi y cols (23). Se debe considerar que la edad media de los sujetos en los grupos fue de 16 años, lo que difiere del presente estudio ya que la muestra tiene una media 28 años. Al igual que el estudio de Lundström y col. (53) que evalúan la heredabilidad, en 56 pares de gemelos del mismo sexo con edades comprendidas entre 13 y 20 años, encontrando un coeficiente de correlación de la AFAI de 0.86. Estos resultados son altamente debatibles ya que tomaron sujetos en etapas de crecimiento.

Los datos anteriormente vistos proporcionan un beneficio a la ortodoncia desde el punto de vista clínico dado el manejo terapéutico que se le puede dar al paciente. El ortodoncista puede aplicar los resultados para facilitar el establecimiento del diagnóstico y pronóstico del individuo, enfatizando en que las maloclusiones producto de la genética no son exclusivamente limitadas en su manejo, puede intervenir, pero en menor medida. Por ejemplo, los planos heredables a nivel craneomaxilar serán modificables en menor medida en comparación con planos mandibulares, debido a las características de esta estructura. Si bien, la longitud mandibular que está determinada genéticamente se puede redireccionar, lo que repercute en el crecimiento de

la mandíbula, logrando no una corrección completa de la maloclusión, pero si una compensación. Teniendo en cuenta que la influencia genética y la capacidad del paciente para responder a los cambios en el medio ambiente (Incluido el tratamiento) son los que dictarán las pautas del tratamiento.

La variabilidad de las características o deformidades dentofaciales asociadas a la genética permiten la convergencia de esta rama de la biología con la ortodoncia, lo cual es importante al reconocer hasta qué punto es viable la corrección de problemas ortodónticos con la terapéutica propuesta. Es por ello, la importancia de continuar con la investigación traslacional aplicada a ortodoncia de precisión, que establece una base genómica moderna para mejoras importantes en las alternativas de tratamiento, a través de la evaluación de variantes genéticas que afecten a los pacientes.

## 5. Conclusiones

El componente del triángulo de McNamara que presento mayor heredabilidad fue Co-Gn con un 98% y la medida cefalométrica que presento mayor heredabilidad de ODI y APDI fue Plano de Frankfort – Plano Palatino con 100%.

El tamaño mandibular está influenciado por factores altamente heredables, pero la posición mandibular, representada por Plano facial - Plano de Frankfort y ENA-Me presentan una baja heredabilidad.

Las medidas cefalométricas como Plano Facial-Plano AB y Plano Mandibular -Plano AB, son el resultado de una relación entre el maxilar y la mandíbula, presentando una baja heredabilidad, lo que sugiere que están influenciadas por factores externos inherentes a cada sujeto.

## 6. Limitaciones del estudio

La presente investigación presentó ciertas limitaciones entre ellas que, si bien el modelo utilizado fueron hermanos del mismo padre y madre, lo ideal de acuerdo a la literatura es realizarlo con gemelos monocigóticos y dicigóticos. Sumado a lo anterior, se intentó realizar un aumento del tamaño de muestra, no obstante, dada la contingencia por COVID-19 no fue posible; es por esta razón que se trabajó con la muestra de las primeras investigaciones dada la salvedad que se unificaron los grupos clase II y clase III.

Para futuras investigaciones es esencial determinar cuál es el componente que más heredabilidad presenta si es el anteroposterior, el vertical o el sagital intentado

resolver la controversia que presentan múltiples investigaciones respecto este tema. Además, se debe considerar la gran asociación de las medidas longitudinales mandibulares con factores altamente heredables, para realizar futuras investigaciones que identifiquen posteriormente los genes implicados en la alteración del tamaño mandibular al igual que en el PP-HF

## 7. Agradecimientos

A la Universidad Cooperativa de Colombia por brindarnos las herramientas, para culminar con nuestros estudios de posgrado, convirtiéndonos en mejores profesionales para la comunidad. A todas aquellas personas que permitieron el desarrollo de este proyecto.

## Referencias

1. Infante Correa C. Desarrollo dental y estructuras de soporte. *Fundam para la Evaluación del Crecimiento, Desarro y Función Craneofacial*. 2010; 261–2.
2. Peláez AN. Prevalencia, severidad de maloclusión y necesidad de tratamiento ortodóncico según el índice estético denta. *Rev Fac Odontol la Univ Nac del Nord*. 2016; 9(1):73–6.
3. Oshagh M, Ghaderi F, Pakshir HR, Baghmollai AM. Prevalence of malocclusions in school-age children attending the orthodontics department of Shiraz University of Medical Sciences In medical sciences, university in dentistry, evaluation, department, on-going schools, students, between occlusions, malabsorption Rate. *The Mediterranean Health Journal*. 2010; 16(12):1246.
4. Joshi N, Hamdan AM, Fakhouri WD. Skeletal Malocclusion: A Developmental Disorder With a Life-Long Morbidity. *J Clin Med Res*. 2014; 6(6):399. Available from: /pmc/articles/PMC4169080/
5. Chan GXL, Tan ELY, Chew MT, Wong HC, Foong KWC, Yow M. Prevalence of Class I, II and III skeletal relationships and its association with dental anomalies in an ethnic Chinese orthodontic population. 2021. doi: <https://doi.org/101177/20101058211000779>
6. Birgit Thinlander LP, Infante C, Parada C de M SE. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogota Colombia. An epidemiological study related to different stages of dental development. *Eur J Orthod*. 2001; 23(153-167.). Available from: [https://watermark.silverchair.com/230153.pdf?token=AQECAHI208BE49Ooan9kkhW\\_](https://watermark.silverchair.com/230153.pdf?token=AQECAHI208BE49Ooan9kkhW_)



Ercy7Dm3ZL\_9Cf3qfKAc485ysgAAAJYwgglyBgkqhkiG9w0BBwaggljMIICHwIBADCCAhg  
GCSqGSib3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMOaEPsohWFomNvhoXAgEQglIB6SzP5  
ny-H-AbiG8vnyio9JUADEb0Md6aWoXG7w0aofsuLRFI

7. Mafla AC, Barrera DA. Maloclusión y necesidad de tratamiento ortodóntico en adolescentes de Pasto, Colombia. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2011; 22(2):173–85. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfoua/v22n2/v22n2a05.pdf>
8. Botina Narvaez D, Guevara Legarda JL, Pasto JS. Universidad Cooperativa De Colombia Programa De Odontología Sistema De Investigaciones.
9. Harris EF, Johnson MG. Heritability of craniometric and occlusal variables: A longitudinal sib analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1991; 99(3):258–68. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1998301>
10. Hunter WS. A study of the inheritance of craniofacial characteristics as seen in lateral cephalograms of 72 like-sexed twins. *Rep Congr Eur Orthod Soc*. 1965; 41:59–70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5222375>
11. Manfredi C, Martina R, Grossi GB GM. Heritability of 39 orthodontic cephalometric parameters on MZ, DZ twins and MN-paired singletons. - PubMed - NCBI. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1997; 1:44–51. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9009923>
12. Savoye I, Loos R, Carels C, Derom C, Vlietinck R. A genetic study of anteroposterior and vertical facial proportions using model-fitting. *Angle Orthod*. 1998;68(5):467–70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9770105>
13. Fatima F, Fida M, Shaikh A. Reliability of overbite depth indicator (ODI) and anteroposterior dysplasia indicator (APDI) in the assessment of different vertical and sagittal dental malocclusions: a receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Dental Press J Orthod*. 2016; 21(5):75–81. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext &pid=S2176-94512016000500075&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S2176-94512016000500075&lng=en&tlng=en)
14. Han SH, Park Y. Growth patterns and overbite depth indicators of long and short faces in Korean adolescents: Revisited through mixed-effects analysis. *Orthod Craniofac Res*. 2018; ocr.12255. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ocr.12255>
15. Narvaez R, Santacruz A, Viveros E. *Heredabilidad de las medidas cefalometricas de la maloclusion clase II Esqueletica*. Universidad Cooperativa de Colombia; 2019.

- 18 Heredabilidad de los componentes de las medidas cefalométricas ODI, APDI y del Triángulo de McNamara en pacientes con maloclusión esquelética clase II y clase III, que asisten a la clínica odontológica de la Universidad Cooperativa de Colombia
16. Delgado K, España N, Quintero M. *Heredabilidad de las medidas cefalométricas de la maloclusión Clase III Esquelética*. Universidad Cooperativa de Colombia; 2019.
  17. Kim D-K, Sung J, Song Y-M, Kim E-M, Kim YH, Baek S-H. Differences in heritability of craniofacial skeletal and dental characteristics between hypo- and hyper-divergent patterns using Falconer's method and principal component analysis. *Angle Orthod*. 2019; 89(2):242–51. Available from: <http://www.angle.org/doi/10.2319/062518-475.1>
  18. Xu X, Weiss S, Xu X, Wei LJ. A Unified Haseman-Elston Method for Testing Linkage with Quantitative Traits. *Am J Hum Genet*. 2000; 67(4):1025–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002929707632996>
  19. Freudenthaler J, Celar A, Kubota M, Akimoto S, Sato S, Schneider B. Comparison of Japanese and European overbite depth indicator and antero-posterior dysplasia indicator values. *Eur J Orthod*. 2012; 34(1):114–8. Available from: <https://academic.oup.com/ejo/article-lookup/doi/10.1093/ejo/cjq177>
  20. Obamiyi S, Wang Z, Sommers E, Rossouw PE, Michelogiannakis D. Overbite depth indicator and anteroposterior dysplasia indicator cephalometric norms for African Americans. *Angle Orthod*. 2019; 89(6):897–902.
  21. Anderson G H, Fields W, Beck M, Chacon G, Vig KWL. Development of Cephalometric Norms Using a Unified Facial and Dental Approach. *Angle Orthodontist*. 2006; 76. Available from: <http://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article-pdf/76/4/612/1384496/0003-3219>
  22. Negishi S, Richards LC, Hughes T, Kondo S, Kasai K. Genetic contribution to palatal morphology variation using three-dimensional analysis in Australian twins. *Arch Oral Biol*. 2020; 115:104740. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003996920301187>
  23. Manfredi C, Martina R, Grossi GB, Giuliani M. Heritability of 39 orthodontic cephalometric parameters on MZ, DZ twins and MN-paired singletons. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997; 111(1):44–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9009923/>
  24. Méndez-Benegassi SI, Vasallo García V, Cenjor Español Fundación Jiménez Díaz Madrid C. *Anatomía y embriología de la nariz y senos paranasales*.
  25. Botti S, Rumeau C, Gallet P, Jankowski R. Vomero-premaxillary joint: A marker of evolution of the species. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2017; 134(2):83–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1879729616301922>

26. Sato S. *La dinamica de la anatomia funcional del complejo craneofacial y su relacion con la denticion*. 2003.
27. Scott JH. Scott JH. The analysis of facial growth from fetal life to adulthood. *Angle Orthod*. 1963; 33(2):110–3. Available from: [https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/search-results?page=1&q=Scott JH. The analysis of facial growth from fetal life to adulthood. The Angle Orthodontist. 1963%3B33\(2\)%3A110-3.&SearchSourceType=1](https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/search-results?page=1&q=Scott JH. The analysis of facial growth from fetal life to adulthood. The Angle Orthodontist. 1963%3B33(2)%3A110-3.&SearchSourceType=1)
28. Johannsdottir B, Thorarinsson F, Thordarson A, Magnusson TE. Heritability of craniofacial characteristics between parents and offspring estimated from lateral cephalograms. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005;127(2):200–7. Available from: <http://www.ajodo.org/article/S0889540604008297/fulltext>
29. Manjusha KK, Jyothindrakumar K, Nishad A, Manoj KM. Growth and Development of Dentofacial Complex influenced by Genetic and Environmental Factors using Monozygotic Twins. *J Contemp Dent Pr*. 2017; 18(9):754–8.
30. Lobb WK. Craniofacial morphology and occlusal variation in monozygous and dizygous twins. *Angle Orthod*. 1987; 57(3):219–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3477969/>
31. Watnick SS. Inheritance of craniofacial morphology. *Angle Orthod*. 1972; 42(4):339–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4507150/>
32. Arya BS, Savara BS, Clarkson QD, Thomas DR. Genetic variability of craniofacial dimensions. *Angle Orthod*. 1973; 43(2):207–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4512001/>
33. Kim E, Sung J, Song Y-M, Chae HS, Mo S-S, Kim YH, et al. Heritability of Facial Skeletal and Dental Characteristics of Monozygotic and Dizygotic Twins Using Cephalometric Analysis and Falconer's Method. *J Craniofac Surg*. 2018; 29(3):1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29419588>
34. Šidlauskas M, Šalomskienė L, Andriuškevičiūtė I, Šidlauskienė M, Labanauskas Ž, Vasiliauskas A, et al. Heritability of mandibular cephalometric variables in twins with completed craniofacial growth. *Eur J Orthod*. 2016; 38(5):493–502. Available from: <https://academic.oup.com/ejo/article-lookup/doi/10.1093/ejo/cjv062>
35. Carels C, Van Cauwenberghe N, Savoye I, Willems G, Loos R, Derom C, et al. A quantitative genetic study of cephalometric variables in twins. *Orthod Craniofacial Res*. 2001; 4(3):130–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11553097/>

36. Tiro A, Dzemidzic V, Salaga-Nefic S, Redzic I, Nakas E. Heritability of Craniofacial Characteristics in Twins - Cephalometric Study. *Med Arch (Sarajevo, Bosnia Herzegovina)*. 2019; 73(3):205–8. Available from: [/pmc/articles/PMC6643326/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36643326/)
37. Peng J, Deng H, Cao CF, Ishikawa M. Craniofacial morphology in Chinese female twins: A semi-longitudinal cephalometric study. *Eur J Orthod*. 2005; 27(6):556–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16257991/>
38. AlKhudhairi TD, AlKofide EA. Cephalometric craniofacial features in Saudi parents and their offspring. *Angle Orthod*. 2010; 80(6):1010–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20677948/>
39. Amini F. Heritability of dental and skeletal cephalometric variables in monozygous and dizygous Iranian twins. *Elsevier*. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1344024109000041>
40. Chai Y, Jiang X, Ito Y, Bringas P, Han J, Rowitch DH, et al. Fate of the mammalian cranial neural crest during tooth and mandibular morphogenesis. *Development*. 2000;127(8).
41. Experimental studies on pathology and therapy of otospongiosis. *PubMed*. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2983562/>
42. Petrovic AG, Stutzmann JJ. Reaktionsfähigkeit des tierischen und menschlichen Kondylenknorpels auf Zell- und Molekularebene im Lichte einer kybernetischen Auffassung des fazialen Wachstums. *Fortschr Kieferortho*. 1988; 49(5):405–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3053370/>
43. Hinton RJ, Jing J, Feng JQ. Genetic Influences on Temporomandibular Joint Development and Growth. *Current Topics in Developmental Biology*. Academic Press Inc.; 2015; 85–109. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26589922/>
44. Hinton RJ, Serrano M, So S. Differential gene expression in the perichondrium and cartilage of the neonatal mouse temporomandibular joint. *Orthod Craniofacial Res*. 2009; 12(3):168–77. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19627518/>
45. Temporospatial cell interactions regulating mandibular and maxillary arch patterning. *PubMed*. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10603356/>
46. Bruder SP, Jaiswal N, Haynesworth SE. Growth kinetics, self-renewal, and the osteogenic potential of purified human mesenchymal stem cells during extensive subcultivation and following cryopreservation. *J Cell Biochem*. 1997; 64(2):278–94.

47. Boyan BD, Caplan AI, Heckman JD, Lennon DP, Ehler W, Schwartz Z. Osteochondral progenitor cells in acute and chronic canine nonunions. *J Orthop Res.* 1999; 17(2):246–55.
48. De Haan G, Nijhof W, Van Zant G. Mouse strain-dependent changes in frequency and proliferation of hematopoietic stem cells during aging: Correlation between lifespan and cycling activity. *Blood.* 1997; 89(5):1543–50.
49. Tulloch JF, Phillips C, Proffit WR. Benefit of early Class II treatment: progress report of a two-phase randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 113(1).
50. Rabie ABM, Wong L, Tsai M. Replicating mesenchymal cells in the condyle and the glenoid fossa during mandibular forward positioning. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 123(1):49–57.
51. Sreedevi G, Srinivas B, Praveen Kumar Reddy T, Krishna Prasad CMS, Sunil Kumar B, Satish R. Heritability of thirty cephalometric parameters on monozygotic and dizygotic twins: Twin study method. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14(2):304–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23811664/>
52. Dudas M, Sassouni V. The hereditary components of mandibular growth, a longitudinal twin study. *Angle Orthod.* 1973; 43(3):314–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4515778/>
53. Lundstrom A, McWilliam JS. A comparison of vertical and horizontal cephalometric variables with regard to heritability. *Eur J Orthod.* 1987; 9(2):104–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3472887/>