DETERMINACIÓN DEL BIOTIPO FACIAL BASADO EN CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS A TRAVÉS DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES: ESTUDIO SOBRE TRES ETNIAS

TERMINING FACIAL BIOTYPE BASED UPON PHENOTYPIC FEATURES THROUGH STRUCTURAL EQUATION MODELING: A STUDY OF THREE ETHNIC GROUPS

ANTONIO BEDOYA RODRÍGUEZ,[1] JULIO CÉSAR OSORIO PATIÑO,[2] JULIÁN ANDRÉS TAMAYO CARDONA[3]

RESUMEN. ***Introducción:*** *el conjunto de características fenotípicas se pueden agrupar y además determinar el peso individual y colectivo que tienen a la hora de definir un biotipo. El modelo de ecuaciones estructurales (MES) se basa en relaciones causales en las que el cambio de una variable se supone que produce un cambio en otras variables. Con este modelo se validaron las relaciones causales a partir de diferentes tipos de variables mediadoras: fuerza de mordida, medidas transversales, arcos dentales, anchura bicigomática y altura morfológica de la cara.* ***Métodos:*** *el estudio incluyó 197 preadolescentes entre 12 y 14 años en condiciones de neutroclusion dental. El 33% mestizos, 35% afrodescendiente y 32% indígenas. El modelo hipotético fue puesto a prueba estadísticamente a través del modelo de ecuaciones estructurales.* ***Resultados:*** *existe un buen ajuste del modelo a los datos puesto que los indicadores de bondad de ajuste como el RMSEA = 0,078, la magnitud del índice RMR = 0,061 y el CIF = 0,988 estuvieron en el umbral esperado. Los parámetros fueron significativos, al nivel del 5%, a excepción del índice facial con la fuerza de mordida. Las cargas factoriales oscilan entre 0,55 y 0,92 y una carga factorial negativa entre el índice facial y las medidas transversales del arco dental (-0,60).* ***Conclusión:*** *el modelo evidencia que la variable latente que más se correlaciona con el biotipo facial es la fuerza de mordida (0,82), seguida de la relación con los arcos dentales (0,73), siendo esta una correlación moderada.*

Palabras clave: *antropometría, odontometría, arcos dentales, fuerza de mordida, altura facial, ancho facial.*

Bedoya A, Osorio JC, Tamayo JA. Determinación del biotipo facial basado en características fenotípicas a través del modelo de ecuaciones estructurales: estudio sobre tres etnias. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2013; 25(1): 132-146.

ABSTRACT. Introduction: *the various phenotypic characteristics may be grouped; also, their individual and collective influence may be determined when defining a biotype. Structural equation modeling (SEM) is based on causal relations so that the change in a variable is supposed to produce a change in another variable. This model was used to validate causal relations using different types of mediating variables: masticatory force, transverse measures, dental arches, bizygomatic width, and morphological face height.* ***Methods:*** *this study included 197 preteens between 12 and 14 years of age with dental neutroclusion, distributed like this: 33% mestizos, 35% of African descent, and 32% indigenous. The hypothetical model was statistically tested through structural equation modeling.* ***Results:*** *the model is well fitted to the data since goodness of fit indicators such as RMSEA = 0.078, RMR index magnitude = 0.061, and CIF = 0.988 were within the expected limits. The parameters were significant to a 5%, except for facial index with masticatory force. Factor loads ranged from 0.55 to 0.92 and negative factor loads between the facial index and dental arch transverse measures (–0.60).* ***Conclusion:*** *this model shows that the variable that best correlates with facial biotype is masticatory force (0.82), followed by dental arches relation (0.73), this being a moderate correlation.*

Key words: *anthropometry, odontometry, dental arches, masticatory force, facial height, facial width.*

Bedoya A, Osorio JC, Tamayo JA. Determining facial biotype based upon phenotypic features through structural equation modeling: a study of three ethnic groups. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2013; 25(1): 132-146.

1 Ortodoncista. Sc.D. Posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc), sede Cali. Correo electrónico: nbedoya@unicoc.edu.co.

2 Biólogo. MSc. Posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc), sede Cali. Correo electrónico: jcosorio@unicoc.edu.co.

3 Estadístico. Posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc), sede Cali. Correo electrónico: jtamayo@unicoc.edu.co.

RECIBIDO: MARZO 5/2013-ACEPTADO: JULIO 30/2013

1 Orthodontist. Sc.D. Specialization in Orthodontics and Maxillary Orthopedics. Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc) at Cali. E-mail address: nbedoya@unicoc.edu.co.

2 Biologist. Msc. Specialization in Orthodontics and Maxillary Orthopedics. Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc) at Cali. E-mail address: jcosorio@unicoc.edu.co.

3 Statistician. Specialization in Orthodontics and Maxillary Orthopedics. Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc) at Cali. E-mail address: jtamayo@unicoc.edu.co.

SUMBITTED: MARCH 5/2013-ACCEPTED: JULY 30/2013

INTRODUCCIÓN

El biotipo, en humanos, se debe considerar como un modelo que describe las variaciones fenotípicas que los individuos manifiestan dentro de una población o entre poblaciones. La antropología médica ha incursionado en este campo estableciendo patrones morfológicos poblacionales que han sido herramientas a la hora de tomar decisiones en campos clínicos. A través de la historia varios autores han confirmado la importancia del biotipo facial para la planificación del tratamiento y para el pronóstico del mismo.[1-6] En 1957 Martin y Saller determinaron el biotipo facial como la altura facial desde nasión a gnatión (N-Gn) por cien, dividida por la anchura tomada desde el punto cigomático derecho hasta el izquierdo.[7] Muchos estudios han utilizado este índice para determinar el biotipo facial pero, ha sido poco descrito cómo los diferentes tipos de ascendencia influyen o se relacionan con el biotipo facial. En los últimos 10 años se ha aportado alguna evidencia sobre el efecto que tiene la etnia en las variaciones faciales en los distintos biotipos.[8-10]

La morfología del esqueleto craneofacial y la relación cráneo-cervical están influidas por la masticación y la función respiratoria.[11] Se ha reportado que la fuerza de mordida en adultos con una morfología craneofacial rectangular y una mordida profunda esquelética es mayor que en adultos que tienen morfología facial larga y mordida abierta.[12] También se han hecho estudios donde se evaluó la fuerza de mordida entre diferentes grupos poblacionales aportando información valiosa para evaluar la función oclusal y el tratamiento posortodóncico.[13] También se ha reportado la relación entre la función masticatoria y la morfología craneofacial.[14]

Las medidas transversales de los arcos dentales también se han utilizado para hacer una clasificación de las diferentes formas de arco,[15] evaluando estas diferencias a través de variables como el sexo, el tamaño de los dientes y la edad. Además, también se ha evaluado cómo la longitud facial tiende a aumentar mientras el ancho interdental tiende a disminuir.[16] Se ha evidenciado que las dimensiones transversales y las medidas sagitales de los arcos dentales se ven afectados por el tipo de ascendencia de los grupos poblacionales.[17]

INTRODUCTION

Human biotypes should be considered as a model to describe phenotypic variations of individuals within a population or among populations. Medical anthropology is now part of this field as it has established morphological patterns of populations that have been used as tools for clinical decision-making. Through history, many authors have proved the importance of facial biotype for treatment planning and prognosis.[1-6] In 1957, Martin and Saller described facial biotype as the facial height from nasion to gnation (N-Gn) multiplied by one hundred, divided by the width measured from the zygomatic point on the right to the one on the left.[7] Many studies have used this index to determine facial biotype but there are few descriptions on how ancestry influence facial biotype or is related to it. In the past 10 years, some evidence has been provided on the effect of ethnicity on facial variations in different biotypes.[8-10]

The craniofacial skeleton morphology and the skull-cervical relationship are both influenced by masticatory and respiratory functions.[11] It has been reported that masticatory force in adults with rectangular craniofacial morphology and skeletal deep bite is higher than in individuals with long-face morphology and open bite.[12] Other studies have evaluated masticatory force among different population groups providing valuable information for assessing occlusal function and post-orthodontic treatment.[13] The relationship between masticatory function and craniofacial morphology has also been reported.[14]

Transverse measurements of dental arches have also been used for classifying arch shapes,[15] using variables such as gender, teeth size, and age. Furthermore, other studies have evaluated the way facial length tends to increase as interdental width tends to decrease.[16] It has been shown that the transverse dimensions and the sagittal measurements of dental arches are influenced by the type of ancestry of population groups.[17]

En un reciente análisis se utilizó la técnica estadística de conglomerado difuso para clasificar el biotipo morfológico facial, y se logró determinar que, dependiendo de la ascendencia poblacional, se generan diferentes categorías y número de categorías del biotipo facial. Además se puso en evidencia las deficiencias que el índice morfológico facial, propuesto por Martin y Saller (1957), tiene al clasificar a los individuos cuando la ascendencia no se tiene en cuenta.[18]

En otra investigación, se indica que la fuerza de mordida y la forma del arco dental forman una tipología del biotipo y que el índice facial se encuentra relacionado con estas dos variables, es decir, que en conjunto pueden determinar el biotipo facial ya que tienen un grado de relación entre ellas (datos no publicados). Con base en esta evidencia, se puede establecer que una sola variable no es suficiente para dar soporte a un biotipo facial, sino que existen variables diferentes al índice facial como la fuerza de mordida y la forma del arco dental que pueden definirlo. Por tanto, el objetivo de este estudio es validar las relaciones causa (característica morfológica)-efecto (biotipo posaplicación del modelo propuesto) a partir de diferentes tipos de variables mediadoras (causas): fuerza de mordida, medidas transversales de los arcos dentales, anchura bicigomática y altura morfológica de la cara. Variables que aportan en la determinación del biotipo facial de un individuo (efecto), en una población preadolescente perteneciente a los tres grupos étnicos evaluados (mestizos, afrodescendientes e indígenas).

Hay que aclarar que aunque la existencia de correlación entre dos variables no implica la relación causal entre ambas, la relación causal sí implica correlación entre las variables. El modelo de ecuaciones estructurales (MES) asume que hay un mecanismo subyacente que lleva a una estructura de covarianzas teóricas entre las variables, es decir, que se basa en relaciones causales en las que el cambio de una variable se supone que produce un cambio en otras variables.[19] El título de causalidad viene de la posibilidad de que el MES permita confrontar proposiciones teóricas acerca de causa y efecto sin manipular las variables, pero si tales proposiciones son apoyadas, esto no probará que los supuestos causales son correctos.

A recent analysis used the fuzzy clustering statistical technique to classify morphological facial biotypes, finding out that, depending on the population ancestry, various categories and number of facial biotype categories are generated. It also pointed out the deficiencies of the facial morphological index proposed by Martin and Saller (1957) when classifying individuals without taking ancestry into consideration.[18]

Another study claims that masticatory force and dental arch shape form a biotype typology and that facial index is related to these two variables, that is, that in conjunction they can determine facial biotype due to certain relationship between them (unpublished data). Based on this evidence, we can conclude that a single variable is not sufficient to determine a facial biotype, but rather there are other variables such as masticatory force and dental arch shape which can define it. Therefore, the goal of this study is to validate the cause (morphological feature)-effect (biotype post-application of the suggested model) relations from different types of mediating variables (causes): masticatory force, transverse measurements of dental arches, bizygomatic width, and morphological face height. This variables contribute in determining an individual's facial biotype (effect) in a preadolescent population belonging to three ethnic groups (mestizos, African descent, and indigenous).

It should be noted that, although a correlation between two variables does not imply a causal relationship between them, a causal relationship does imply correlation between variables. Structural equation modeling (SEM) assumes the existence of an underlying mechanism leading to a theoretical covariance structure among the variables, that is to say, there is a causal relationship by which a change in a variable is supposed to produce a change in other variables.[19] The term *causality* comes from the possibility of SEM allowing comparisons of cause-effect theoretical propositions without manipulating variables, but if such propositions are supported, this does not prove that causal assumptions are correct.

MÉTODOS

Sobre un total de 196 preadolescentes de grupos étnicos (mestizo, afrodescendientes e indígenas) entre 12 y 14 años de edad se recopiló información sobre las medidas clínicas de fuerza masticatoria, medidas transversales de los arcos dentales, medidas de nasion (N) a gnation (Gn) y de cigomático derecho (Zd) a cigomático izquierdo (Zi). La muestra quedó constituida por 65 preadolescentes pertenecientes a una población mestiza del municipio Santiago de Cali (Valle del Cauca), 69 pertenecientes a la población afrodescendiente del municipio Puerto Tejada (Cauca) y 62 pertenecientes a una comunidad indígena ticuna, ubicada en Leticia (Amazonas). La selección de la muestra fue de forma intencional, de tres escuelas representativas de los grupos étnicos estudiados, en cada una de las escuelas se examinó a todos los preadolescentes entre 12 y 14 años, a los cuales se les hizo la observación clínica.

Se obtuvo el consentimiento informado por parte de los padres de familia o acudientes de los menores estudiados, al igual que de las directivas del colegio. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Colegios de Colombia y se consideró sin ningún riesgo para los participantes.

Criterios de inclusión y de exclusión

Todos los sujetos participantes del estudio debieron demostrar tres generaciones de ancestros y tal confirmación se hizo por comunicación directa con los participantes antes de iniciar el estudio. La información básica que se solicitó fue la existencia de familiares en tercer grado de consanguinidad pertenecientes a dicha comunidad. Además se verificó una condición dental sana, sin tratamientos previos de ortopedia maxilar u ortodoncia, con relación molar I de Angle y relación canina I bilateral, con todos los dientes erupcionados en contacto oclusal con su antagonista y con ausencia de anomalías congénitas. Se tuvo en cuenta solo a preadolescentes con un índice de masa corporal (IMC) entre 18,5 y 24,99.

METHODS

A total of 196 preteens from three ethnic groups (mestizo, African descent and indigenous) between 12 and 14 years of age provided information on clinical measurements such as masticatory force, transverse measurements of dental arches, nasion (N) to gnation (Gn) measurements, and measurements from right zygomatic point (rZ) to left zygomatic point (lZ). The final sample consisted of 65 preteens from a mestizo population of the municipality of Santiago de Cali (Valle del Cauca), 69 kids belonging to a population of African descent from the municipality of Puerto Tejada (Cauca), and 62 from a ticuna indigenous community located in Leticia (Amazonas). The sample was intentionally selected from three schools representing the three ethnic groups under study; in each school, all preteens between 12 and 14 years of age were examined and evaluated with clinical observations.

Informed consents were obtained from parents or guardians of the children under study, as well as from the schools' directors. This research project was approved by the Ethics Committee of Institución Universitaria Colegios de Colombia and it was considered to have no risk for the participants.

Inclusion and exclusion criteria

All the participants had to prove three generations of ancestors, confirmed by direct communication with the subjects before starting the study. The basic information requested included the existence of relatives in the third degree of consanguinity belonging to that community. These requirements were also confirmed: a healthy dental condition, with no previous treatment of maxillary orthopedics or orthodontics, molar relation Angle class I, and canine I bilateral relationship, with all erupted teeth in occlusal contact with their opponent and with no congenital anomalies. The sample included only preteens with a body mass index (BMI) between 18.5 and 24.99.

Medidas analizadas

Morfología facial

Se obtuvieron dos medidas clínicas de la cara de cada uno de los niños seleccionados. Se utilizó un calibrador digital Bull-tools (exactitud hasta 0,01 mm). Las medidas fueron tomadas de nasion (N) a gnation (Gn) y de cigomático derecho (Zd) a cigomático izquierdo (Zi). Estas medidas son las utilizadas en el cálculo del índice morfológico facial (IMF) que se obtiene a partir de la relación entre la altura morfológica de la cara (de N a Gn) y la anchura bicigomática (de Zd a Zi).

Máxima fuerza de mordida

Para la medición de la fuerza de mordida se empleó un gnatodinamómetro (GM10 Nagano Keiky Japón) con un rango de medición de 0 a 1000 N con una precisión de ± 1 N.[20] La fuerza de mordida se registró en Newtons (1 kgf = 9,81 N) en tres áreas de los arcos dentales: zona de incisivos, zona de premolares y la zona de molares. Se tomaron tres medidas de la fuerza de mordida en cada una de las zonas evaluadas y solo se seleccionó el registro máximo (mayor fuerza de mordida) de las tres mediciones en cada una de estas zonas, para el análisis de la información. Las mediciones de la fuerza de mordida se hicieron con intervalos de cinco minutos cada vez que se cambiaba de zona, con el fin de evitar la fatiga muscular.

Dimensiones transversales de los arcos dentales

Se tomaron impresiones en alginato y se obtuvieron modelos de trabajo con yeso tipo III. Con un calibrador digital Bull-tools (exactitud hasta 0,01 mm) se procedió a registrar la distancia tanto para el maxilar superior como para el inferior. En el maxilar superior las distancias fueron tomadas desde el fondo del surco central del primer premolar derecho hasta el fondo del surco central del primer premolar izquierdo. El ancho transversal de molares se tomó entre las fosas centrales mesiales de los primeros molares permanentes derecho e izquierdo. Para el maxilar inferior, estas dimensiones fueron tomadas desde los vértices de las cúspides vestibulares de los primeros premolares derecho e izquierdo.

Measurements analyzed

Facial morphology

Two clinical measurements of each child's face were obtained. For this purpose, a Bull-tools digital caliper was used (up to 0.01 mm accuracy). Measurements were taken from nasion (N) to gnation (Gn) and from right zygomatic (rZ) to left zygomatic (lZ). These are the measurements used in calculating facial morphological index (FMI) which is obtained from the relationship between morphological face height (from N to Gn) and bizygomatic width (rZ - lZ).

Maximum masticatory force

To measure masticatory force, we used a gnatodynamometer (GM10 Nagano Keiky Japan) with a measurement range of 0-1000 N with an accuracy of ± 1 N.[20] Masticatory force was recorded in Newtons (1 kgf = 9, 81 N) in three areas of the dental arches: incisors, premolars and molars. Three masticatory force measurements were taken in each of the areas evaluated, recording the maximum number only (greater masticatory force) of the three measurements in each of these areas for information analysis. Masticatory force measurements were taken with five-minute intervals each time there was a change in zone, in order to avoid muscle fatigue.

Transverse dimensions of the dental arches

Alginate impressions were taken and type III plaster models were obtained. A Bull-tools digital caliper (up to 0.01 mm accuracy) was used to record the distance in both the upper and lower maxilla. In the upper maxilla, the distances were taken from the bottom of the central sulcus of the first right premolar to the bottom of the central sulcus of the first left premolar. The molars' transverse width was measured between the central mesial fossae of the first right and left permanent molars. For the lower maxilla, these measurements were taken from the buccal cusp tips of the first left and right premolars.

Finalmente, para los molares se utilizaron los vértices de las cúspideas media-vestibulares de los primeros molares derecho e izquierdo.

Previa evaluación final, se hizo la estandarización de las medidas de la morfología facial, la fuerza de mordida y de las dimensiones transversales con dos evaluadores, sobre una muestra piloto de 20 pacientes que asistieron a la clínica de ortodoncia de Unicoc, Cali, obteniendo para todas las medidas estudiadas un índice de correlación intraclase superior a 0,85, es decir, que el valor obtenido indica buena concordancia interobservador. Fueron necesarios estos dos evaluadores para poder tomar las medidas en menor tiempo.

Modelo hipotetizado

En la figura 1 se muestra el modelo hipotetizado para el biotipo facial que pone a prueba las variables predictoras (fuerza masticatoria, medidas transversales de los arcos dentales e índice facial con las medidas de N-Gn y de Zd-i) y su capacidad para explicar el modelo del biotipo facial propuesto. Este modelo indica que en conjunto la fuerza de mordida, la forma del arco dental y el índice facial forman una tipología del biotipo, estando relacionada esta última variable con los dos componentes de fuerza de mordida y medidas transversales del arco dental. Como se puede observar, los dos componentes del biotipo facial son por tanto variables latentes, medidas cada una por varios indicadores o sus respectivas medidas.

Finally, the molars were measured using the tips of the half-buccal cusps of the right and left first molars.

Final evaluation was followed by standardization of the measurements of facial morphology, masticatory force and transverse dimensions, with two evaluators, on a pilot sample of 20 patients treated at Unicoc Orthodontic Clinic (Cali), obtaining an intraclass correlation index greater than 0.85 for all the measurements under study; this means that the obtained value shows good inter-observer agreement. Two evaluators were needed to complete the measurements in less time.

Hypothesized model

Figure 1 shows the facial biotype hypothesized model used to test predictor variables (masticatory force, transverse measurements of dental arches, and facial index with N-Gn and rZ-lZ measurements) and their ability to explain the proposed facial biotype model. This model shows that masticatory force, dental arch shape, and facial index biotype all form a biotype typology, the latter being associated with masticatory force and dental arch transverse measurements. It can be seen that these two facial biotype components are therefore latent variables, each measured by several indicators or by their respective measurements.

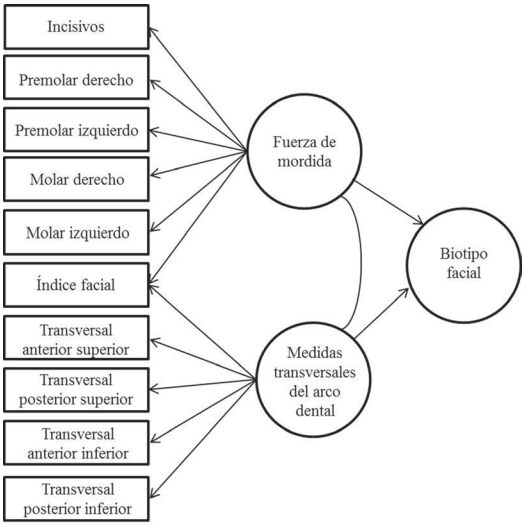


Figura 1. Modelo estructural hipotetizado del biotipo facial

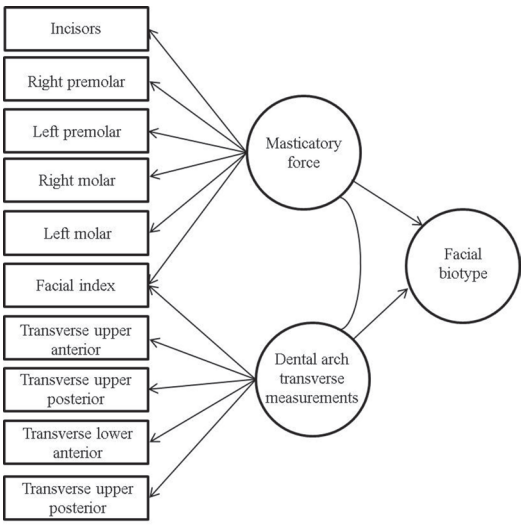


Figure 1. ***Facial biotype hypothesized structural model***

El modelo esquematiza cómo la fuerza de mordida expresa la importancia de la función masticatoria, que por medio de la integración de los músculos masticatorios y las estructuras óseas induce a cambios esqueléticos. Esto puede influir de manera directa en el desarrollo craneofacial afectando las dimensiones transversales de los arcos dentales y la dinámica funcional de la mandíbula, y se observa que pacientes con arcos dentales amplios presentan caras anchas y mayor fuerza de mordida, mientras que pacientes con arcos dentales angostos presentan menor fuerza de mordida y caras largas.[17, 20]

Análisis estadístico

Se utilizó el MES a partir del programa "R a language and environment for statistical computing"[21] bajo la librería lavaan versión 0,3-1, para analizar el biotipo facial de este grupo de individuos considerando tres diferentes tipos de variables mediadoras como la fuerza de mordida, los arcos dentales y las medidas de N a Gn y de Zd a Zi. El MES, a diferencia del modelo de regresión múltiple, permite incluir variables latentes no observadas (biotipo facial) que se infieren a partir de variables observables, que son sus indicadores.[21]

La formulación del modelo partió de obtener una medida de las variables latentes del modelo especificado, para lo cual fue necesario plantear las expresiones que relacionan cada uno de estos conceptos con sus indicadores, es decir, se elaboró un modelo de medición y uno estructural los cuales subyacen para formar el biotipo facial. La ecuación que vincula las variables latentes a las observadas o indicadores *x* se muestra a continuación de forma matricial, donde ξ la variable latente exógena, Λ_x la matriz de coeficientes de los indicadores de la variable exógena y δ los errores de medida.

$$x=\Lambda_x \xi+\delta$$

El modelo estructural especificó las ecuaciones causales lineales entre las variables latentes del modelo, mediante la siguiente ecuación, donde ξ variable exógena, τ matriz de coeficientes de la variable exógena y υ término perturbación aleatoria.

This model shows how masticatory force expresses the importance of masticatory function, which, by involving masticatory muscles and bony structures, induce skeletal changes. This may directly influence craniofacial development affecting the transverse dimensions of dental arches and mandible functions; it has been observed that patients with wide dental arches have broad faces and greater masticatory force, while patients with narrow dental arches have lower masticatory force and long faces.[17, 20]

Statistical analysis

For statistical analysis we used SEM from "R language and environment for statistical computing"[21] under lavaan library version 0.3-1, to analyze the facial biotype of this group of individuals considering three different types of mediating variables: masticatory force, dental arches, and measurements from N to Gn and rZ to lZ. Unlike the multiple regression model, SEM allows including unobserved latent variables (facial biotype) inferred from observable variables—which are their indicators.[21]

The model was created as a way to obtain a measurement of the specified model's latent variables; it was therefore necessary to specify the equations to relate each of these concepts with their indicators, i.e., a measurement model and a structural one were developed to form the facial biotype. The equation that links the latent variables to the observed ones or x indicators is shown below in a matrix, where ξ is the exogenous latent variable, Λ_x is the matrix of coefficients of exogenous variable indicators, and δ are measurement errors.

$$x=\Lambda_x \xi+\delta$$

The structural model specified causal linear equations between the model's latent variables, using the following equation, where ξ is the exogenous variable, τ is the coefficient matrix of the exogenous variable, and υ is the random disturbance term.

$$\xi=\tau\xi+\upsilon$$

Por tanto la ecuación estructural resultante para el modelo fue la siguiente.[21, 22]

Fuerza mordida = fuerza zona de incisivos + fuerza premolar derecho + fuerza molar derecho + fuerza premolar izquierdo + fuerza molar izquierdo + índice facial.

Arco dental = diámetro transversal anterior superior + diámetro transversal posterior superior + diámetro transversal anterior inferior + diámetro transversal posterior inferior + índice facial.

Biotipo = fuerza de mordida + arco dental.

La estimación de los parámetros del modelo implicó determinar los valores de los parámetros desconocidos y su respectivo error de medición. Para tal fin, se obtuvo la matriz de varianzas-covarianzas para las diez variables, las cuales previamente no pasaron la prueba de normalidad multivariante. Por lo tanto, se utilizó el método de máxima verosimilitud robusto como técnica de estimación alternativa.

El método de estimación utilizado para el MES fue el de máxima verosimilitud robusto, debido a la no normalidad multivariada de los datos (mardia = 112,5 p-valor < 0,05). El diagnóstico de la bondad del ajuste fue evaluado por el estadístico χ^2; sin embargo, este estadístico es sensible al tamaño muestral y a la distribución no normal de los datos, en consecuencia este indicador fue acompañado y complementado por otros índices de ajuste como el error de aproximación cuadrático medio (RMSEA y RMR), el índice de ajuste comparado (CFI) y el coeficiente de Tucker y Lewis (TLI).[23, 24] El nivel de significación utilizado para todas las pruebas fue de 0,05.

RESULTADOS

El ajuste del modelo se hizo valorando la bondad del ajuste a través de varios índices como el RMSEA, RMR, CFI y TLI a parte del estadístico χ^2. En la tabla 1 se observa los estadísticos de bondad de ajuste para el modelo hipotetizado (tabla 1). Según estos indicadores, existe un buen ajuste del modelo a los datos, sin embargo el valor de χ^2 fue muy elevado ($\chi^2 = 964,691$),

$$\xi=\tau\xi+\upsilon$$

Thus, the resulting structural equation for the model was as follows.[21, 22]

Masticatory force = force of incisors area + right premolar force + right molar force + left premolar force + left molar force + facial index.

Dental arch = upper front transverse diameter + upper posterior transverse diameter + lower front transverse diameter + lower posterior transverse diameter facial + facial index.

Biotype = masticatory force + dental arch.

Calculating the model's parameters implied determining unknown parameter values and their respective measurement error. To this end, we obtained the variance-covariance matrix for the ten variables, which previously failed the multivariate normality test. Therefore, we used the method of maximum robust likelihood as an alternative estimation technique.

The SEM estimation method used was maximum robust likelihood due to non-data multivariate normality (Mardia = 112.5 p-value <5%). Goodness of fit was evaluated by χ^2 statistics, but χ^2 is sensitive to sample size and non-normal data distribution, so this indicator was complemented with other fitting indices such as Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA and RMR), Comparative Fit Index (CFI) and Tucker-Lewis Index (TLI).[23, 24] The level of significance for all the tests was 0.05.

RESULTS

The model's goodness of fit was assessed through several indices such as RMSEA, RMR, CFI, TLI, and χ^2 statistics. Table 1 shows goodness of fit statistics for the hypothesized model (table 1). According to these indicators, the model is well fitted to the data; however, the χ^2 value was very high ($\chi^2 = 964,691$),

esto puedo ser debido a que los datos no se ajustan a la distribución normal multivariada, por tanto no se pueden basar las conclusiones sobre este estadístico. El RMSEA = 0,078 no superó el umbral crítico de 0.10, la magnitud del índice *RMR* = 0,061 estandarizado no fue excesiva y el CIF = 0,988 resultó superior a 0,95, por lo cual no se rechaza la hipótesis del modelo.

Tabla 1. *Estadísticos de bondad de ajuste para el modelo hipotetizado*

	X2	gl	RMR	RMSEA	CFI	TLI
Modelo de dos dimensiones	96,.691	45	0,061	0,078	0,988	0,742

En este modelo todos los parámetros fueron significativos, al nivel del 5%, a excepción del parámetro del índice facial con la fuerza de mordida. En la figura 2 se observan las estimaciones de todos los parámetros significativos del modelo (sin el parámetro del índice facial con la fuerza de mordida). Con el fin de que la interpretación del modelo sea más sencilla las estimaciones fueron estandarizadas.

which may be due to data not meeting multivariate normal distribution standards, so no conclusion can be drawn from this statistic model. RMSEA = 0.078 did not exceed the critical limit of 0.10, the magnitude of standardized RMR = 0.061 was not excessive, and CIF = 0.988 was higher than 0.95, so the model hypothesis was not rejected.

Table 1. ***Goodness of fit statistics for the hypothesized model***

	χ^2	gl	RMR	RMSEA	CFI	TLI
Model of two dimensions	964.691	45	0.061	0.078	0.988	0.742

All of the parameters of this model were significant at a 5% level, except for the parameter of facial index with masticatory force. Figure 2 shows the estimates of all the model's significant parameters (except the parameter of facial index with masticatory force). In order to facilitate model interpretation, the estimates were standardized.

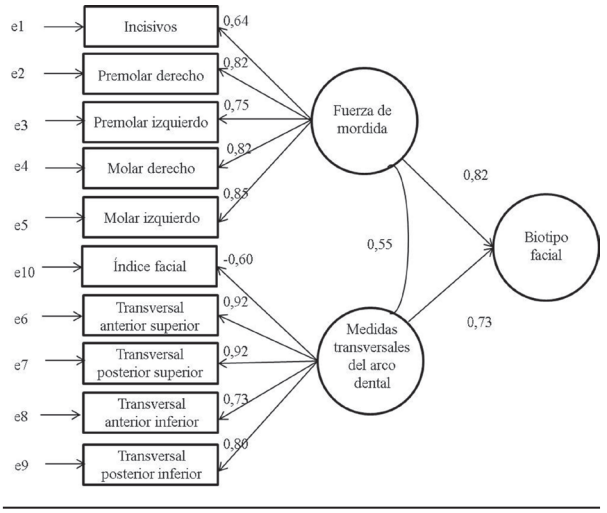


Figura 2. *Estimaciones estandarizadas del modelo estructural hipotetizado del biotipo facial*

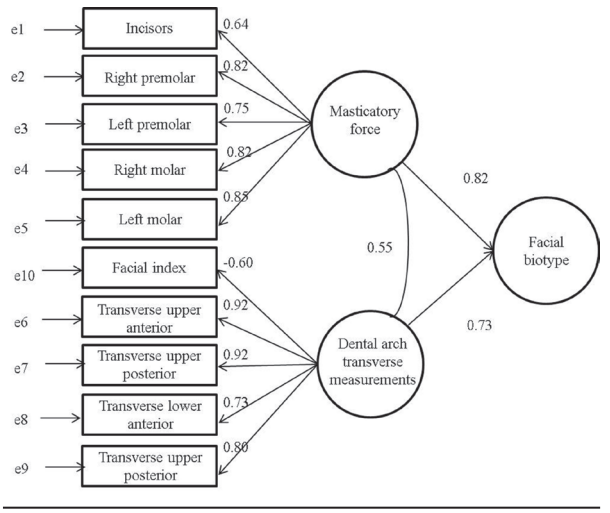


Figure 2. ***Standardized estimates of the facial biotype's hypothesized structural model***

Los valores junto a las flechas, que van desde los constructos a las variables de medida, indican la "carga factorial" de las variables indicadoras o directamente observables en el factor común. Estas cargas representan las estimaciones estandarizadas que miden el grado de

The values next to the arrows, which go from the constructs to measure variables, indicate the "load factor" of the indicator variables or those directly observable in the common factor. These loads represent standardized

correlación con el constructo. Estas cargas factoriales oscilaron entre 0,55 y 0,92 dentro de las positivas y solo se presentó una carga factorial negativa entre el índice facial y las medidas transversales del arco dental (-0,60). Las dos variables latentes estuvieron bien definidas en la fuerza de mordida y en las fuerzas de premolar y molar derecho y fueron las que más efecto demostraron (0,82 en ambos casos). En cuanto al arco dental, la variable con menor correlación fue el diámetro transversal anterior inferior (0,73) y las de mayor correlación fueron el diámetro transversal posterior y anterior superior (0,92 en ambos casos). El índice facial fue la medida que menos correlacionó con las medidas del arco dental (-0,60).

DISCUSIÓN

El modelo hipotetizado para la determinación del biotipo facial fue puesto a prueba estadísticamente a través del modelo de ecuaciones estructurales, el cual permitió probar y estimar las relaciones causales en conjunto con los supuestos teóricos sobre la determinación del biotipo facial.[25] Los resultados obtenidos mostraron que en el modelo inicial propuesto, formado por diez variables (ancho de cara, alto de cara, índice facial, distancia entre premolares superiores, distancia entre molares inferiores, distancia entre premolares inferiores, distancia entre molares superiores, máxima fuerza de mordida entre incisivos, premolares y molares) no todos los coeficientes resultaron significativo; sin embargo, el modelo tuvo un buen ajuste, es decir, se reprodujo el comportamiento de los datos observados de un modo razonablemente bueno en las tres etnias. El parámetro no significativo señalaba la relación entre las variables de la fuerza de mordida y el índice facial, lo que sugiere la inexistencia de algo en común entre ellas.

El modelo obtenido trata de un modelo explicativo del biotipo facial de individuos preadolescentes mestizos, afrodescendientes e indígenas de una población colombiana, con un buen ajuste. Esto permite explicar, a través de la fuerza de mordida, el arco dental y el índice facial,

estimates that measure the degree of correlation with the construct. Within the positive values, these factor loads ranged between 0.55 and 0.92; and there was only one negative factor load between the facial index and the dental arch transverse measurements (–0.60). The two latent variables were well defined in terms of both masticatory force and forces of the right premolar and molar, and they were the ones showing the greatest effect (0.82 in both cases). Regarding dental arches, the variable with the lowest correlation was lower front transverse diameter (0.73) and the ones with the highest correlation were upper posterior and anterior transverse diameter (0.92 in both cases). Facial index was the measurement showing the least correlation with dental arch measurement (–0.60).

DISCUSSION

The hypothesized model for determining facial biotype was statistically tested through structural equation modeling, which allowed testing and estimating causal relationships coupled with theoretical assumptions about facial biotype determination.[25] The results showed that all the coefficients of the model initially proposed, composed of ten variables (face width, face height, facial index, distance between upper premolars, distance between lower molars, distance between lower premolars, distance between upper molars, maximum masticatory force between incisors, premolars and molars) were not significant; however, the model was well fitted, which means that it reproduced the behavior of the observed data in a reasonably good manner in all the three ethnic groups. The non-significant parameter referred to the relationship between masticatory force and facial index, suggesting the absence of shared features between them.

The resulting model describes a well-fitted facial biotype of mestizo, Afro Colombian, and indigenous preteens from a Colombian population. This helps to explain, through masticatory force, dental arch, and facial index,

los patrones morfológicos de la cara de los pacientes teniendo en cuenta la ascendencia de cada individuo. Aunque el valor de χ^2 fue significativo, quizás por efecto de la distribución de las variables (no normales), los indicadores prácticos produjeron valores adecuados (dentro de los rangos de aceptación), lo cual indicó que el modelo teórico de relaciones encontró respaldo en los datos y se consideró que estos dos grupos de variables (fuerza de mordida y diámetros transversales) que se propusieron para la evaluación del biotipo facial resultan apropiados.

Otro aspecto relevante que pretendía explicar este trabajo era comprobar si existía relación entre la fuerza de mordida, la forma del arco dental y el índice facial. Existe evidencia científica que demuestra que estas variables tienen un nivel de relación. Se ha determinado que la fuerza oclusal influye en la morfología maxilofacial y en la morfología del cóndilo mandibular.[26] En otro estudio, se determinó que los pacientes con distrofia muscular presentaban una estructura facial de cara larga, caracterizada por mayor altura del tercio facial inferior y mordida abierta.[25] Estudios que estimulan la función masticatoria en niños con síndrome de cara larga mostraron que la fuerza oclusal aumentaba estimulando el crecimiento mandibular.[26] Además, hay que tener en cuenta que los individuos con volumen masticatorio grande tienden a ser llamados "cara cortas". Esto muestra que las dimensiones verticales están estrechamente relacionadas con la fuerza oclusal.[27-32] En mediciones realizadas en poblaciones amazónicas se ha comprobado que la fuerza de mordida aumenta de la infancia a la adolescencia y la fuerza de mordida está relacionada con el índice facial.[33] En este estudio se demostró que existe una fuerte relación en las variables observadas que conforman las variables latentes y una fuerte relación entre las variables latentes determinadas por el modelo, lo que confirma la pertinencia de estas variables para la definición del constructo evaluado. Las variables latentes arcos dentales y fuerza de mordida resultaron estar muy bien definidas y esta última fue la que más influyó en la determinación del biotipo facial.

the morphological patterns of patients' face, taking into account each individual's ancestry. Although the χ^2 value was significant—perhaps due to variable distribution (not normal)—, the practical indicators yielded appropriate values (within acceptable ranges), which indicated that the theoretical relationship model was supported by the data and that these two groups of variables (masticatory force and transverse diameters) suggested for facial biotype assessment are appropriate.

Another important aspect this study sought to explain was verifying the existence of a relationship between masticatory force, dental arch shape, and facial index. Scientific evidence shows that these variables have certain relationship. It has been determined that occlusal force influences maxillofacial morphology and mandibular condyle morphology.[26] Another study found out that patients with muscular dystrophy have a long-face facial structure, characterized by increased height of the lower facial third and open bite.[25] Studies that stimulate the masticatory function of children with long-face syndrome showed that occlusal force increased by stimulating mandibular growth.[26] Furthermore, it should be noted that individuals with large masticatory volume tend to be called "short face". This shows that the vertical dimensions are closely related to occlusal force.[27-32] Measurements in Amazonian populations have shown that masticatory force increases from childhood to adolescence and is related to facial index.[33] The present study proved a strong relationship among the variables under study, which account for the latent variables, and a strong relationship among the latent variables determined by the model, confirming the relevance of these variables to define the assessed construct.

Este modelo permite obtener una estimación del biotipo facial de un individuo a partir de variables como el índice facial, fuerza de mordida y diámetros transversales, y por consiguiente considerar la ascendencia del individuo para su estimación. No es lo mismo asumir (sin demostrar) que ciertas medidas determinan un biotipo facial, que contar con elementos que respalden ese supuesto, como estos resultados lo demuestran.

La estimación del biotipo facial parece ser explicada en mayor parte por la fuerza de mordida de un individuo. Esto muestra que la fuerza de mordida influye en la determinación del biotipo facial confirmando el rol de la influencia de los tejidos extraesqueletales y el crecimiento del hueso.[16, 33-36]

Este estudio respalda la utilidad del modelamiento estadístico del biotipo facial, ya que genera una contextualización de los biotipos teniendo en cuenta su ascendencia étnica y las diferencias que se han demostrado entre individuos de diferentes poblaciones.[18]

El rostro del *Homo sapiens sapiens* inevitablemente muestra diferentes fenotipos étnicos (las apariencias étnicas) producto de procesos microevolutivo, flujo de genes y migraciones continentales. Para las poblaciones amazónicas pertenecientes a los grupos étnicos (ticuna, huitoto y cocama), Aragón y colaboradores (2008) han descrito la presencia de *winging,* incisivos centrales y laterales en pala, altas frecuencias de las formas surco y fosa de la cúspide de Carabelli, patrón cuspídeo Y6 o Y7, pliegue acodado, protostílido y cúspide 6. Todos estos rasgos morfológicos son parte de un complejo dental mongoloide, específicamente de los sinodontes, lo cual coincide con la teoría sobre el origen mongoloide de los indígenas de América del Sur.[37] La influencia de las fuerzas musculares y los estímulos externos en el moldeamiento del biotipo facial, así como también los factores genéticos y medioambientales que expresan características externas en el fenotipo de cada individuo deben ser consideradas.[38] Lo anterior se ve reflejado para la población amazónica en una anchura bicigomática mayor que hace que la cara se vea más ancha y corta (euriprosopo). Al comparar

This model allows for an estimate of individuals' facial biotype and therefore for a consideration of each individual's ancestry when determining facial biotype —as well as for the other variables taken into account in this study—. It is not the same assuming (without proving) that certain measurements determine facial biotype than having elements to support this assumption, as the results of the present study demonstrate.

Facial biotype estimation seems to be explained mostly by individuals' masticatory force. This shows that masticatory force influences facial biotype determination, confirming the role of the influence of extra-skeletal tissue and bone growth.[16, 33-36]

This study seems to indicate the usefulness of modeling facial biotype because it contextualizes biotypes considering ethnicity and the shown differences between individuals from different populations.[18]

Homo sapiens' face inevitably shows different ethnic phenotypes (ethnic appearances) as a product of micro-evolutionary processes, gene flow, and continental migrations. By studying Amazonian populations belonging to ethnic groups (ticuna, huitoto, and cocama), Aragon et al (2008) have described the presence of winging, central and lateral shoveled incisors, high frequency Carabelli's cusp sulcus and fossae, Y6 or Y7 cusp pattern, deflecting wrinkle, protostylid, and cuspid 6. All of these morphological features are part of a Mongoloid dental complex, specifically of the sinodonts, which agrees with the theory of the Mongoloid origin of South American indigenous populations.[37] The influence of muscle forces and external stimuli in shaping facial biotype as well as genetic and environmental factors expressing external features of each individual's phenotype must be considered.[38] In the Amazonian population, this is expressed in a greater bizygomatic width which makes the face look wider and shorter (euriprosope). By comparing

estas características con la población de Santiago de Cali, la cual tiene procesos microevolutivos y dinámicas poblacionales completamente diferentes, el biotipo facial cambia y la cara resulta ser más larga y angosta (leptoprosopo). Por último la población afrodescendiente presenta valores intermedios entre las caras altas y delgadas de la población mestiza de Santiago de Cali y las caras cortas y anchas de los indígenas amazónicos. El modelo genera una contextualización del biotipo facial al considerar al individuo en sí y no en función de la comparación y promedios estandarizados foráneos. Además permite al profesional individualizar el diagnóstico en las subáreas de la salud: cirugía maxilofacial, estética facial, ortopedia maxilar y ortodoncia. Por último hay que entender que la estimación de estos modelos a través de herramientas estadísticas no remplaza el esfuerzo teórico ni metodológico que se requiere para la determinación del biotipo facial; estas herramientas ayudan a evidenciar formalmente los constructos o teorías hipotetizadas desde la práctica clínica.

CONCLUSIONES

Entre las diez variables estudiadas, el modelo evidenció que la variable latente que más se correlaciona con el biotipo facial es la fuerza de mordida (0,82), seguida por la relación con los arcos dentales (0,73).

Es necesario tener en consideración la ascendencia de los individuos y evaluar la fuerza de mordida, el índice facial y las dimensiones transversales de los arcos dentales para determinar de manera más acertada el biotipo facial de cada individuo.

Determinar el biotipo facial de nuestros pacientes es de gran importancia para la formulación de un diagnóstico y la proposición de un plan de tratamiento.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no hay conflicto de intereses en el presente manuscrito.

these characteristics with the population of Santiago de Cali, which presents different micro-evolutionary processes and population dynamics, facial biotype changes and therefore the face turns out to be long and narrow (leptoprosope). Finally, the African descend population has intermediate values between the tall thin faces of the mestizo population of Santiago de Cali and the short wide faces of the Amazonian indigenous. This model contextualizes facial biotype by considering the individual itself instead of comparisons and foreign standardized averages. It also allows the practitioner to produce individualized diagnosis in sub-specializations such as maxillofacial surgery, facial aesthetics, and orthodontics. Finally, it should be noted that considering these models through statistical tools does not replace the methodological and theoretical effort required to determine facial biotype; these tools help to formally identify hypothesized constructs or theories from clinical practice.

CONCLUSIONS

Among the ten variables studied, the model showed that the latent variable that best correlates with facial biotype is masticatory force (0.82), followed by the relationship with dental arches (0.73).

It is necessary to consider ancestry and to evaluate masticatory force, facial index, and the transverse dimensions of dental arches in order to accurately determine each patient's facial biotype.

Determining our patients' facial biotype is essential for establishing diagnosis and suggesting a treatment plan.

Interest conflict: the authors declare having no conflict of interest in the present study.

CORRESPONDENCIA

Antonio Bedoya Rodríguez
Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc)
Cali, Colombia
Correo electrónico: nbedoya@unicoc.edu.co

CORRESPONDING AUTHOR

Antonio Bedoya Rodríguez
Institución Universitaria Colegios de Colombia (Unicoc)
Cali, Colombia
E-mail address: nbedoya@unicoc.edu.co

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Broadbent B. The face of the normal child. Angle Orthod 1937; 7: 183-208.
2. Brodie AG. On the growth pattern of the human head. From the third month to the eighth year of life. Am J Anat 1941; 68(2): 209-262.
3. Björk A. The face in profile. An anthropological X-ray investigation on Swedish children and conscripts. Sven Tandlak Tidskr 1947; 40(suppl 5B): 58.
4. Ricketts RM. Cephalometric synthesis: an exercise in stating objectives and planning treatment with tracings of the head roentgenogram. Am J Orthod 1960; 46(9): 647-673.
5. Downs W. Analysis of the dentofacial profile. Angle Orthod 1956; 26: 191-212.
6. Chang JY, McNamara Jr. JA, Herberger TA. A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997; 112(3): 330-337.
7. Martin R, Saller K. Lehrbuch der Anthropologie in Systematischer Darstellung. 3.ª ed. Stuttgart: Verlag GF, ed.; 1957.
8. Lu X, Chen H, Jain A. multimodal facial gender and ethnicity identification. En: Zhang D, Jain A, eds. Advances in biometrics: Heidelberg: Springer; 2005. p. 554-561.
9. Lee JJ, Ramirez SG, Will MJ. Gender and racial variations in cephalometric analysis. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1997;117(4): 326-329.
10. Ramanathan N, Chellappa R, Biswas S. Computational methods for modeling facial aging: a survey. J Vis Langua Comput 2009; 20(3): 131-144.
11. Kiliaridis S, Engström C, Thilander B. The relationship between masticatory function and craniofacial morphology. Eur J Orthod 1985; 1985; 7(4): 273-283.
12. Ingervall B, Thilander B. Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles. J Oral Rehabil 1974; 1(2) :131-147.
13. Shinogaya T, Bakke M, Thomsen CE, Vilmann A, Sodeyama A, Matsumoto M. Effects of ethnicity, gender and age on clenching force and load distribution. Clin Oral Investig 2001; 5(1): 63-68.
14. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K et al. Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. J Oral Rehabil 2003; 30(11): 1109-1117.
15. Nakatsuka M, Iwai Y, Jue SS, Oh SH, Guo L, Tominaga Y et al. A morphological study on the classification of maxillary dental arches. Okajimas Folia Anat Jpn 2004; 81(1): 5-13.
16. Forster CM, Sunga E, Chung CH. Relationship between dental arch width and vertical facial morphology in untreated adults. Eur J Orthod 2008; 30(3): 288-294.
17. Padilla M, Tello L, Moreno F, Osorio J, Bedoya A. Analysis of dental arch dimensions in three colombian ethnic groups. Int J Morphol 2013; 31(1): 100-106.
18. Bedoya A, Osorio J, Tamayo J. Biotipo morfológico facial en tres grupos étnicos colombianos: una nueva clasificación por medio del índice facial. Int J Morphol 2012; 30(2): 677-682.
19. Heise D. Causal Analysis. New York: Wiley Interscience; 1975.

20. Varga S, Spalj S, Lapter Varga M, Anic Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. Eur J Orthod 2011; 33(4): 427-433.

21. R Development Core Team. R. A language and environment for statistical computing Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2010.

22. Hair J, Anderson Jr R, Tathman R, Black W. Análisis multivariante. Madrid: Prentice Hall; 1999.

23. Rosseel Y. lavaan: an R package for structural equation modeling. Belgium: Ghent University; 2011.

24. Bagozzi R, Yi Y. Specification, evaluation, and interpretation of structural equation models. J Acad Market Sci 2012; 40(1): 8-34.

25. Kreiborg S, Jensen BL, Møller E, Björk A. Craniofacial growth in a case of congenital muscular dystrophy: a roentgencephalometric and electromyographic investigation. Am J Orthod Dentofacial Ortop 1978; 74(2): 207-215.

26. Ingervall B, Bitsanis E. A pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long-face children. Eur J Orthod 1987; 9(1): 15-23.

27. Weijs WA, Hillen B. Relationships between masticatory muscle cross-section and skull shape. J Dent Res 1984; 63(9): 1154-1157.

28. Gionhaku N, Lowe AA. Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form. J Dent Res 1989; 68(5): 805-809.

29. Sassouni V. A classification of skeletal facial types. Am J Orthod 1969; 55(2): 109-123.

30. Ringqvist M. Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. Acta Odontol Scand 1973; 31(1): 35-42.

31. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1980; 77(4) :410-420.

32. Proffit WR, Fields HW. Occlusal forces in normal and long-face children. J Dent Res 1983; 62(5): 571-574.

33. Bedoya A, Revelo G, Betancurt J, Tamayo M, Ramirez G. Association between maximum bite force and craniofacial morphology in an Amazonian population with normal dental occlusion. Orthod Sci Pract 2013; 6(22): 158-163.

34. Kiliaridis S. Masticatory muscle influence on craniofacial growth. Acta Odont Scand 1995; 53(3): 196-202.

35. Corruccini RS, Henderson AM, Kaul SS. Bite-force variation related to occlusal variation in rural and urban Punjabis (North India). Arch Oral Biol 1985; 30(1): 65-69.

36. Kamegay T, Tatsuki T, Nagano H, Mitsuhashi H, Kumeta J, Tatsuki Y et al. A determination of bite force in northern Japanese children. Eur J Orthod 2005; 27: 53-57.

37. Aragón N, Bastidas C, Bedón L, Duque P, Sánchez M, Rivera S et al. Rasgos morfológicos dentales coronales en dentición temporal y permanente: distancia biológica entre tres grupos indígenas del Amazonas colombiano. Rev Odont Mex 2008; 121: 13-28.

38. Mao J, Nah H.Growth and development: Hereditary and mechanical modulations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;125: 676-689.