

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
Departamento de Estomatología



EVALUACIÓN CEFALOMÉTRICA Y MORFOMÉTRICA DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS POR EL TRATAMIENTO CON MENTONERA

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Julia Molero Jurado

Bajo la dirección de los doctores
J.A. Alarcón Pérez y M. Ruiz Linares
Granada, 2013

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Julia Molero Jurado
D.L.: GR 2240-2013
ISBN: 978-84-9028-646-3



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma han colaborado con este trabajo. En especial:

Al Dr. José Antonio Alarcón Pérez, Profesor asociado del Departamento de Estomatología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada, sin el que con su gran esfuerzo e iniciativa este proyecto nunca se habría llevado a cabo.

A la Dra. Matilde Ruiz Linares, Profesora asociada del Departamento de Estomatología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada, por aceptar el reto de guiarme en este camino: por su capacidad de trabajo y su afán de perfeccionismo.

A Markus Bastir y Antonio Rosas, del Departamento de Paleobiología del Museo de Ciencias Naturales del CSIC de Madrid, por los análisis morfométricos efectuados.

A mis padres, sin los que con su tesón y constancia nunca habría llegado hasta aquí.

A mi hermano y familia, por estar siempre que los necesito.

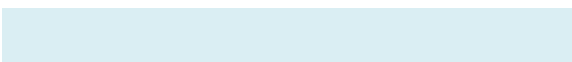
A Carlos González, mi actual pareja, que aunque no estuvo desde el principio en esta aventura, ha aguantado estoicamente la parte más estresante, el final. Por su amor, su apoyo y su confianza.

A mis amigas y amigos, por saber apoyarme y escucharme en todo momento y admitir la distancia que en determinadas ocasiones ha supuesto este trabajo.

A los que ya no están, sin los cuales no sería todo lo que soy.

“Al final todo llega, lo importante es no rendirse en el camino”

A mis padres



ÍNDICE

I.	JUSTIFICACIÓN	9
II.	INTRODUCCIÓN	15
II.1.	Maloclusión de Clase III	17
II.1.1	Concepto	17
II.1.2.	Prevalencia	18
II.1.3.	Clasificación	21
II.2.	Maloclusión de Clase III esquelética por prognatismo mandibular	27
II.2.1.	Concepto.....	27
II.2.2.	Prevalencia	27
II.2.3.	Etiología	28
II.2.3.1.	Factores Genéticos	28
II.2.3.2.	Factores Medioambientales.....	29
II.2.4.	Clínica.	31
II.2.5.	Diagnóstico.....	32
II.2.6.	Evolución.....	33
II.2.7.	Tratamiento.....	33
II.2.7.1.	Mentonera	34
II.2.7.1.A.	Definición	34
II.2.7.1.B.	Efectos de la mentonera.....	35
II.3.	Métodos Morfométricos	46
II.3.1.	Concepto y desarrollo histórico de la morfometría	46
II.3.2.	Clasificación	50
II.3.2.1.	Métodos basados en marcas o señales.....	50

II.3.2.1.A. Análisis morfométrico convencional (MCA).....	51
II.3.2.1.B. Análisis Procrusteano (PA).....	51
II.3.2.1.C. Análisis matricial de distancias Euclidianas.....	52
II.3.2.1.D. Análisis Thin plate spline (TPS).....	53
II.3.2.1.E. Morfometría de elementos finitos (FEM/FESA)	54
II.3.2.1.F. Análisis Biortogonales (MTA)	56
II.3.2.2. Métodos basados en los contornos	57
II.3.2.2.A. Análisis de Mediatrices (MAA).....	57
II.3.2.2.B. Funciones elípticas de Fourier (FEF)	57
II.3.3. Resumen de los métodos morfométricos analizados	59
II.3.4. Crítica a los métodos Morfométricos	60
II.3.5. Uso de métodos morfométricos en ortodoncia y ortopedia craneofacial	60
II.3.5.1. Métodos basados en marcas o señales	60
II.3.5.1.A. Análisis Procrusteano	60
II.3.5.1.B. Análisis matricial de distancias Euclidianas o modelo de crecimiento en red alométrica.....	61
II.3.5.1.C. Análisis TPS	62
II.3.5.1.D. Método de elementos finitos.....	65
II.3.5.1.E. Análisis Biortogonales (MTA).....	66
II.3.5.2. Métodos basados en contornos	67
II.3.5.2.A. Funciones elípticas de Fourier (FEF).....	67
II.3.5.2.B. Los análisis Cluster.....	67
II.3.5.2.B.I. Técnica de Hasund modificada por Lavergne-Petrovic	68



II.3.5.2.B.II. El polígono de Borréis y Adams	68
II. 3. 6. Análisis Morfométricos usados en el Prognatismo Mandibular	69
III. OBJETIVOS	73
IV. MATERIAL Y MÉTODO	77
IV. 1. Selección de la muestra.....	79
IV.1.1. Grupo mentonera	79
IV.1.2. Grupo control.....	81
IV.1.3. Criterios de inclusión–exclusión para ambos grupos.....	81
IV.2. Protocolo de tratamiento	82
IV.3. Método.....	84
IV.3.1. Método teleradiográfico	84
IV.3.2. Método cefalométrico	85
IV.3.3. Método morfométrico	88
IV.3.4. Método estadístico	92
V. RESULTADOS	95
V.1. Análisis cefalométrico	97
VI.1.1. Variables cefalométricas iniciales de ambos grupos	97
VI.1.2. Grupo mentonera	99
VI.1.3. Grupo control.....	109
VI.1.4. Comparación de los cambios entre el grupo mentonera y el grupo control.....	118
V.2. Análisis morfométrico.....	128
VI. DISCUSIÓN	131

VI.1. Selección de la muestra	133
VI.2. Análisis de los datos	134
VI.2.1. Cefalometría	134
VI.2.1.1. Efectos de la mentonera sobre la base del cráneo	134
VI.2.1.2. Efectos de la mentonera sobre el maxilar superior.....	135
VI.2.1.3. Efectos de la mentonera sobre la mandíbula	136
VI.2.1.4. Efectos de la mentonera sobre la relación maxilar	140
VI.2.1.5. Efectos de la mentonera a nivel dentario	142
VI.2.1.6. Efectos de la mentonera sobre el patrón facial.....	143
VI.2.2. Morfometría	144
VII. CONCLUSIONES	149
VIII. BIBLIOGRAFÍA	153





I. JUSTIFICACIÓN

El prognatismo mandibular es responsable del 20% de las maloclusiones esqueléticas de Clase III (*Guyer et al., 1986, Ellis and McNamara, 1984*). Su origen es una desproporción del tamaño, forma y/o posición mandibular con respecto al maxilar o a la base del cráneo (*Mitani, 2007*). Tiene una gran trascendencia clínica por varias razones. En primer lugar, despierta una cierta alarma en el entorno socio-familiar de los sujetos afectados ya que se hace evidente desde muy temprana edad, por lo general a los seis años, y con el recambio dentario, en dentición mixta, se agrava considerablemente. En segundo lugar, es muy difícil predecir su evolución espontánea así como los resultados del tratamiento. Finalmente, tiende a empeorar a lo largo del crecimiento, debido principalmente a un crecimiento excesivo mandibular (*Baccetti et al., 2007, Deguchi et al., 2002*).

Por todos estos motivos se recomienda iniciar su tratamiento precozmente, por medio de mentonera, que se considera el aparato ortopédico de elección en niños en crecimiento con prognatismo mandibular y maxilar normal (*Baccetti et al., 2007, Sugawara and Mitani, 1997b, Tollaro et al., 1994, Guyer et al., 1986*). El problema se plantea porque, a igual colaboración por parte de los pacientes, en unos casos los resultados del tratamiento son excelentes mientras que en otros son muy pobres, sin que sepamos la causa. Un gran número de estudios han estudiado los efectos dentales y esqueléticos de la mentonera mediante el análisis cefalométrico convencional. De acuerdo con estas evaluaciones cefalométricas la mentonera contribuye a la corrección de la maloclusión de Clase III de varias formas: redirección del crecimiento mandibular hacia atrás y/o hacia abajo, reposición de la mandíbula hacia atrás, cierre del ángulo goníaco, retraso del crecimiento mandibular, remodelado de la mandíbula y de la articulación temporomandibular, retroinclinación de los incisivos inferiores y mejora del resalte (*Gokalp and Kurt, 2005, Arman et al., 2004a, Deguchi et al., 2002, Deguchi and McNamara, 1999, Allen et al., 1993, Petrovic and*

Stutzmann, 1986, Sakamoto et al., 1984). Sin embargo, los mecanismos por los que la mentonera mejora el prognatismo, no quedan claros. Todos estos estudios se han llevado a cabo con análisis cefalométricos, pero estos métodos no son útiles para medir cambios en la forma mandibular (*Gokalp and Kurt, 2005, McIntyre and Mossey, 2003, Chen et al., 2000*). Sin embargo, la mentonera podría modificar la forma de la mandíbula como consecuencia de la aplicación directa de fuerzas ortopédicas, y este cambio en la forma podría ser uno de los mecanismos de acción por los que el tratamiento con mentonera mejora la Clase III esquelética por prognatismo mandibular.

Ante esta situación es necesario recurrir a herramientas más sensibles. La morfometría geométrica es capaz de detectar y medir cambios de forma (*Moyers and Bookstein, 1979*) y se ha usado para investigar modificaciones en la forma de los maxilares por crecimiento y por tratamiento (*Bookstein, 1996a, Battagel, 1993*). Pero sólo unos pocos estudios han usado estos métodos para determinar cambios en la forma de la mandíbula tras el tratamiento funcional ortopédico (*Cevidanez et al., 2005a, Cevidanez et al., 2005b, Chang et al., 2005c, Singh and Thind, 2003, Singh and Clark, 2001*) y solo una investigación ha intentado evaluar cambios en la forma de la mandíbula tras el tratamiento con mentonera, siendo este último un estudio piloto que incluyó muy pocos casos (*Baccetti and Franchi, 1997*).

El análisis Procusteano y el TPS son métodos morfométricos muy sensibles, que cada vez están siendo más utilizados en ortodoncia (*Baccetti and Franchi, 1997, Pae et al., 1997, Bookstein, 1996b, Nakasuda, 1982*). Debido a sus ventajas los hemos utilizado en este estudio para evaluar los cambios en la forma de la mandíbula tras el tratamiento con mentonera, señalando dónde se producen dichos cambios y así poder evaluar cuál es su magnitud.



II. INTRODUCCIÓN

II. 1. MALOCCLUSIÓN DE CLASE III

II. 1. 1. CONCEPTO

Según la clasificación de Angle la maloclusión de Clase III se caracteriza por una posición mesial de la arcada dentaria inferior con respecto a la superior (Angle, 1899). Debido a esta mesialización existe una relación anómala entre los incisivos, que puede ir desde un ligero contacto borde a borde hasta una mordida cruzada anterior. Para compensar este desequilibrio sagital de las bases óseas, los incisivos superiores suelen tener una inclinación aumentada hacia labial y los incisivos inferiores hacia lingual. La maloclusión de Clase III esquelética provoca una relación molar de mesioclusión, de modo que el surco vestibular del primer molar permanente inferior se encuentra por mesial de la cúspide mesiovestibular del primer molar permanente superior. En el plano transversal la arcada superior suele ser más estrecha que la inferior, por lo que es frecuente encontrar mordidas cruzadas laterales y apiñamiento dentario.

Este tipo de maloclusión se ha considerado, desde hace mucho tiempo, como una de las deformidades faciales más severas. En 1778 John Hunter ya describía el prognatismo como aquella situación en la que *“... el maxilar inferior se proyecta demasiado hacia delante, de tal manera que los dientes inferiores pasan por delante de los superiores cuando se cierra la boca, lo que se consigue con dificultad y desfigura la cara”* (Hunter, 1778).

Hay que destacar diferentes aspectos faciales del paciente con Clase III según presente cara corta, normal o larga. El perfil en los pacientes con cara corta suele ser predominantemente cóncavo, con aspecto hundido del labio superior y áreas paranasales, mientras que la mandíbula es más prominente. El paciente con cara larga presenta un perfil que se caracteriza por un mentón prominente pero con un crecimiento mandibular que lo dirige hacia abajo y no hacia delante por lo que el

ángulo goníaco es poco aparente a nivel cutáneo, el labio inferior se encuentra evertido, el surco mentolabial borrado y existe un alargamiento del tercio facial inferior. Entre estos dos tipos extremos la cara normal combina rasgos de ambos (Ferre, 1993).

II. 1. 2. PREVALENCIA

Existen muchos estudios epidemiológicos sobre la maloclusión de Clase III y aunque todos coinciden en que es la menos frecuente de todas las maloclusiones, los rangos aportados sobre su prevalencia presentan gran variabilidad. La inconsistencia de los resultados puede explicarse por varios factores: como el origen étnico, el sexo y la edad de las muestras seleccionadas, así como las variaciones en las muestras analizadas. Además, otro factor que puede explicar esta diversidad en los índices de prevalencia aportados por los distintos investigadores, puede ser la falta de coherencia a la hora de la elección de los criterios diagnósticos (Perillo, 2010, Arrieta and Varela, 2009, Borza Badi-Farachani, 2009, Chu et al., 2009, Lux et al., 2009, Martins and Lima, 2009, Migale and Barbato, 2009, Mtaya et al., 2009, Sharma, 2009, Sidlauskas and Lopatiene, 2009, Staudt and Kiliaridis, 2009b, Grando et al., 2008, Perinetti et al., 2008, Gelgör et al., 2007, Chew, 2006, Danaie et al., 2006, Ize-Iyamu and Umweni, 2006, Rwakatema et al., 2006, Abu Alhaija et al., 2005, Bukhary, 2005, Soh et al., 2005a, Soh et al., 2005b, Baca-García et al., 2004, Onyeaso, 2004, Sayin and Türkkahraman, 2004, Yeong and Huggare, 2004, Keski-Nisula et al., 2003, Lauc, 2003, Lippold et al., 2003, Schopf, 2003, Baek et al., 2002, Ishii et al., 2002, Onyeaso et al., 2002a, Onyeaso et al., 2002b, Owens et al., 2002, Pública, 2002, Nieto et al., 2001, Nojima et al., 2001, Silva and Kang, 2001, Thilander et al., 2001, Singh et al., 2000, Dacosta, 1999, Saleh, 1999, Guaba et al., 1998, Legovic et al., 1998, Murcia and Bravo, 1998, Proffit et al., 1998, Ngan et al., 1997, Severt and Proffit, 1997, Harrison and David, 1996, Trottman and Elsbach, 1996, De Mûelenaere and Wiltshire, 1995, Sociales, 1994, Tang, 1994b, Tang, 1994a, Khan and Horrocks, 1991, Sánchez et al., 1991, Van Vuuren, 1991, Da Silva et al., 1990a, Da Silva et al., 1990b, El-Mangoury and Mostafa, 1990,

Ojeda and De la Teja, 1990, Salud-Osakidetza, 1990, Travesí, 1990, Urquieta and Vargas, 1990, Woon et al., 1989, Moyers, 1988, Seligman et al., 1988, Jones, 1987, Siritwat and Jarabak, 1985, Steigman et al., 1983, Canut and Vila, 1975, Irie and Nakamura, 1975, Susami et al., 1972, Grainger, 1968, Cervera, 1955).

Aún así, parece que la prevalencia es mayor en poblaciones mongoloides de Asia (15 - 23%), sobre todo en población japonesa (13%), donde Irie y Nakamura hallaron que el 48% de los pacientes que asisten al ortodoncista tenían Clase III (*Irie and Nakamura, 1975*). Esta gran prevalencia en población japonesa ha sido confirmada también en otras poblaciones asiáticas, como China, Taiwán y Korea (*Chu et al., 2009, Chew, 2006, Soh et al., 2005a, Soh et al., 2005b, Yeong and Huggare, 2004, Baek et al., 2002, Singh et al., 2000, Ngan et al., 1997, Tang, 1994a, Tang, 1994b*).

Estas cifras contrastan con las aportadas por la mayoría de los estudios realizados en población caucásica de América y Europa, donde no superan el 5% (*Perillo, 2010, Migale and Barbato, 2009, Sidlauskas and Lopatiene, 2009, Lux et al., 2009, Perinetti et al., 2008, Gelgör et al., 2007, Sayin and Türkkahraman, 2004, Lippold et al., 2003, Keski-Nisula et al., 2003, Schopf, 2003, Lauc, 2003, Proffit et al., 1998, Guaba et al., 1998, Legovic et al., 1998, Severt and Proffit, 1997, Harrison and David, 1996, Khan and Horrocks, 1991, Seligman et al., 1988, Moyers, 1988, Grainger, 1968*). En Sudamérica los estudios publicados refieren rangos que varían del 4% al 10% según la zona donde se realice el estudio (*Martins and Lima, 2009, Grando et al., 2008, Silva and Kang, 2001, Sánchez et al., 1991, Da Silva et al., 1990a, Da Silva et al., 1990b, Ojeda and De la Teja, 1990, Urquieta and Vargas, 1990*). En población africana de raza negra los estudios arrojan cifras en torno al 11% (*Mtaya et al., 2009, Ize-Iyamu and Umweni, 2006, Rwakatema et al., 2006, Onyeaso, 2004, Onyeaso et al., 2002a, Onyeaso et al., 2002b, Dacosta, 1999, De Mûelenaere and Wiltshire, 1995*). En la población árabe, Jones encontró mayor frecuencia de maloclusión de Clase III y biprotusión maxilar que en poblaciones occidentales (*Jones,*

1987). En población iraní, Saleh halló una mayor incidencia de Clase III (7,8%) que en población caucásica (Saleh, 1999).

En España la frecuencia varía entre el 5 y el 10% (Arrieta and Varela, 2009, Baca-García et al., 2004, Pública, 2002, Nieto et al., 2001, Murcia and Bravo, 1998, Sociales, 1994, Salud-Osakidetza, 1990, Travesí, 1990, Canut and Vila, 1975, Cervera, 1955) dependiendo de las regiones, con mayor incidencia en población vasca (Salud-Osakidetza, 1990). Cervera (Cervera, 1955) examinó una muestra aleatoria de 1000 niños asistentes al colegio H.H. Maristas de Valencia, encontrando una frecuencia de Clase III dentaria en el 6% de la muestra. Más tarde, Canut y Vila (Canut and Vila, 1975) realizaron un estudio sobre pacientes ortodóncicos observando un 10,6% de mesioclusiones.

La prevalencia de esta maloclusión también depende de la edad de la población estudiada, ya que se ha demostrado que existe un aumento de la frecuencia de mesioclusiones tras el pico de crecimiento puberal y por tanto la prevalencia es mayor durante la dentición permanente que al final del periodo de dentición mixta (Thilander et al., 2001). Varios estudios realizados incluyendo niños de diferentes edades revelan cómo aumenta la prevalencia de Clase III según aumenta la edad de la población de estudio, sugiriendo que esta maloclusión debe ser tratada lo antes posible (Borza Badi-Farachani, 2009, Staudt and Kiliaridis, 2009b, Danaie et al., 2006, Abu Alhaija et al., 2005, El-Mangoury and Mostafa, 1990, Steigman et al., 1983). También los estudios epidemiológicos realizados en pacientes adultos que no han sido tratados reflejan mayores porcentajes que en pacientes infantiles (Chu et al., 2009, Khan and Horrocks, 1991).

Con respecto al sexo, la mayoría de los estudios epidemiológicos revelan que la prevalencia suele ser de 3 a 5 veces mayor en el sexo masculino, atribuyéndolo a que el crecimiento suele ser mayor en el varón. Sin embargo, la demanda clínica es superior en el sexo femenino, probablemente debido al problema estético que origina

en muchos casos (*Chu et al., 2009, Ize-Iyamu and Umweni, 2006, Baek et al., 2002, Khan and Horrocks, 1991, Siriwat and Jarabak, 1985*). En contraposición, otros estudios no refieren diferencias en función del sexo (*Perillo, 2010, Onyeaso, 2004, Thilander et al., 2001, Legovic et al., 1998*).

II. 1. 3. CLASIFICACIÓN

A lo largo de la historia se han empleado diversos términos para clasificar lo que hoy conocemos como maloclusión de Clase III. A principios de 1900 Angle diferenció los tres tipos básicos de oclusión dental: Clase I, Clase II y Clase III, definiendo esta última como aquella situación en la que el primer molar permanente mandibular se encuentra en una posición avanzada o mesial con respecto a su homólogo superior (*Angle, 1899*). Posteriormente Lischer definió la Clase III de Angle como mesioclusión (*Lischer, 1900*). Este método de clasificación no proporciona información sobre los mecanismos por los que se llega a esta relación oclusal, por ello, otros autores plantean otras clasificaciones basadas además en la relación maxilo-mandibular y en el patrón de crecimiento.

Moyers planteó un sistema de clasificación sindrómica donde no solo valoró la relación de los primeros molares permanentes, sino que se tiene en cuenta la relación entre las bases óseas, el perfil y la función neuromuscular (síndrome de Clase I, de Clase II y de Clase III). Distinguió tres tipos de maloclusión de Clase III (*Moyers, 1988*):

- *Dentaria*: en esta forma clínica la arcada dentaria inferior está excesivamente protruida, o la superior retruida, provocando una mordida cruzada anterior de origen exclusivamente dentario, ya que las bases esqueléticas están bien relacionadas entre sí y es la dentición la base de la anomalía. El paciente al ir cerrando la boca desde la posición de reposo hasta el primer contacto no realiza trayectoria de cierre hacia delante.

- *Esquelética*: se trata de una verdadera displasia ósea. El maxilar superior es hipoplásico, la mandíbula hiperplásica o existe una combinación de ambos factores, lo que condiciona la maloclusión dentaria.
- *Neuromuscular*: la mandíbula se encuentra en una posición adelantada y forzada por una interferencia oclusal que obliga a la musculatura a desviar el patrón de cierre mandibular. Es prioritario tratar esta forma clínica de maloclusión de Clase III de forma precoz, ya que puede derivar en un problema esquelético verdadero (*Le Gall et al., 2009*). Para ello, es necesario hacer un diagnóstico exhaustivo del paciente, que presentará las siguientes características:
 - Alteración muscular.
 - No hay alteración del perfil durante la apertura.
 - No existe alteración ósea.
 - Al ir cerrando la boca se produce una posición de contacto inicial borde a borde.
 - Existe una gran inestabilidad en la oclusión ya que no ocluyen los molares.
 - La mandíbula avanza para corregir un contacto oclusal molar, obteniéndose la mordida cruzada anterior y produciéndose los estímulos de crecimiento condilar.
 - Clase III molar en posición de máxima intercuspidadación.
 - Perfil de clase III en posición de máxima intercuspidadación.
 - Sobremordida frecuente.
 - Ángulo goníaco cerrado en la mayoría de los casos.
 - Al vestibular el incisivo superior y/o lingualizar el incisivo inferior se suele conseguir una oclusión correcta con Clase I molar.

Ferre (*Ferre, 1993*) indica que esta forma clínica es poco frecuente si excluimos los casos de clase I con morfología facial de clase I y mordida cruzada de uno o varios incisivos. A su juicio, para etiquetar un cuadro como puramente funcional debe presentar las siguientes características:

- La morfología facial debe ser normal y, en posición de reposo mandibular no debe de recordar en absoluto el aspecto de una Clase III.
- Al colocar la mandíbula en la posición más retrusiva posible, los dientes de ambas arcadas deben quedar enfrentados en neutroclusión y quedar patente que si eliminásemos las interferencias que desvían mesialmente la mandíbula conseguiríamos una neutroclusión, con buena relación céntrica cóndilo-fosa.
- No deben existir antecedentes familiares de prognatismo.
- El crecimiento debe ser el propio de una normoclusión, no pudiendo considerar como falsa Clase III aquella cuyos rasgos se acentúan con el tiempo.

Los casos intermedios (en que se consigue el borde a borde pero no reúnen el resto de condiciones mencionadas) nos obliga a ser cautos al enunciar un diagnóstico, establecer un pronóstico y orientar un plan de tratamiento.

Simon (*Simon, 1922*), estableció la relación de las arcadas dentarias haciendo referencia a tres planos antropológicos basados en puntos craneales. Estos planos son el plano de Frankfort, el plano orbital (plano frontal que pasa por la mitad distal de ambos caninos superiores) y el plano sagital medio. A partir de estos planos estableció:

- Relaciones anteroposteriores (plano orbital): cuando la mandíbula o parte de ella está situada más anteriormente de lo normal respecto al plano orbital se habla de protracción, en caso contrario de retracción.
- Relaciones mediolaterales (plano sagital medio): cuando la mandíbula o parte de ella está situada más próxima al plano sagital medio de lo que sería normal se habla de contracción, en caso contrario de distracción.

- Relaciones verticales (plano de Frankfort): cuando la mandíbula o parte de ella está situada más próxima al plano de Frankfort de lo que sería normal se habla de atracción, en caso contrario de abstracción.

Actualmente, sólo tres de estos términos se usan frecuentemente: protracción, retracción y contracción. Este sistema es capaz de mayor precisión que el de Angle y es tridimensional, sin embargo, es complejo y a veces confuso por lo que es poco utilizado en la práctica.

En 1942, Dewey & Anderson (*Dewey and Anderson, 1942*) distinguieron tres tipos dentro de la maloclusión de Clase III, dependiendo de la posición de los incisivos:

- *Clase III, tipo I*: relación molar de Clase III con dientes bien alineados en ambas arcadas y los incisivos en mordida borde a borde.
- *Clase III, tipo II*: relación molar de Clase III con dientes maxilares bien alineados o inclinados hacia labial y con diastemas. Los incisivos inferiores presentan una relación lingual respecto de los superiores, pudiendo aparecer apiñados.
- *Clase III, tipo III*: relación molar de Clase III con dientes superiores apiñados, los inferiores bien alineados pero en posición vestibular respecto a los superiores.

Tweed dividió en dos categorías la maloclusión de Clase III: la *pseudoclase III* (cuando durante el cierre la mandíbula se desplaza hacia delante) y la *maloclusión esquelética* (la posición normal es adelantada) (*Tweed, 1966*).

Jarabak, propuso una clasificación diferente dependiendo de la disposición de las estructuras dento-esqueléticas (*Jarabak and Fizzel, 1972*):

- *Tipo 1 funcional:* la mandíbula está desplazada hacia delante pero guarda una relación 1:1 con respecto a la base anterior del cráneo. Los incisivos inferiores se encuentran vestibulizados y los superiores, posteriores al plano facial.
- *Tipo 2 esquelético:* el maxilar superior está bien relacionado con la base anterior del cráneo pero el cuerpo mandibular está aumentado. Los incisivos superiores pueden presentar una inclinación hacia vestibular mientras que los inferiores se encuentran lingualizados.
- *Tipo 3 esquelético:* posiblemente sea el más frecuente, el maxilar se encuentra más corto que la base anterior del cráneo y la mandíbula puede encontrarse en una relación 1:1. Los incisivos inferiores pueden cubrir la totalidad de los superiores pero no hay presencia de mordida abierta. Es frecuente encontrarla en pacientes con Síndrome de Down, Crouzon o en niños cuya madre ingirió medicamentos como la talidomida durante el embarazo.
- *Tipo 4 esquelético. Subtipo 1:* parecido al tipo 3 pero la mandíbula se encuentra aumentada en relación con la base anterior del cráneo. Los dientes posteriores pueden presentar mordida cruzada.
- *Tipo 4 esquelético. Subtipo 2:* mordida abierta anterior esquelética y los dientes superiores apiñados.

Esta clasificación fue posteriormente modificada por Anderson en 1973, quien distinguió tres tipos determinados por la función y la relación de incisivos (*Anderson, 1973*):

- *Tipo 1:* los incisivos superiores e inferiores pueden encontrarse bien alineados pero presentan una relación borde a borde o ligeramente cruzados.
- *Tipo 2:* incisivos superiores bien alineados, inferiores apiñados y en posición lingual respecto a los superiores.
- *Tipo 3:* arco maxilar poco desarrollado con dientes que pueden estar apiñados, arco mandibular bien desarrollado con dientes bien alineados y en

posición labial con respecto a los superiores. Presentan una sobremordida horizontal negativa y el perfil cóncavo.

Hogeman distinguió cuatro grupos (*Hogeman, 1951*):

- Maxilar normal y mandíbula protusiva.
- Maxilar retrusivo y mandíbula normal.
- Maxilar y mandíbula normal, con alteración en las relaciones dentarias.
- Maxilar retrusivo y mandíbula en protusión.

Otros autores también han clasificado la maloclusión de Clase III según el factor predominante. Así, Chateau diferenció la anomalía esquelética en tipo A (mandíbula normal y maxilar con déficit de desarrollo) y tipo B (mandíbula adelantada o prognática y maxilar normal) (*Chateau et al., 1980*). Rakosi dividió la maloclusión de Clase III en cinco subgrupos según la etiología (por relación dentoalveolar anómala, de causa mandibular, de causa maxilar, de causa mandibular y maxilar y la pseudoclase III) (*Rakosi and Schilli, 1984*). Walther prefirió clasificar la maloclusión de Clase III según el patrón facial y diferenció la alteración Clase III braquifacial y Clase III dolicofacial (*Walther, 1966*). Otros como Schulhof realizaron su clasificación según el tratamiento necesario (Clase III fácil u ortodóntica y Clase III difícil o quirúrgica) (*Schulhof et al., 1977*).

Canut diferenció tres formas clínicas de Clase III (*Canut, 2000*):

- *Clases III verdaderas*: que responden a una displasia ósea: la mandíbula es grande y/o el maxilar pequeño.
- *Clases III falsas o pseudoprogenie*: caracterizadas por un adelantamiento funcional de la mandíbula en el cierre oclusal. La hiperpropulsión mandibular es el origen de la maloclusión.

- *Mordida cruzada anterior*: oclusión invertida de los incisivos por linguoversión de la corona de los superiores con labioversión de los inferiores o sin ella.

Lo más frecuente es que la Clase III se manifieste como formas mixtas.

A pesar de que han ido apareciendo muchas clasificaciones, todas encaminadas a sufragar los inconvenientes encontrados en la clasificación de Angle, en la actualidad, ésta es la única clasificación que perdura y se utiliza ampliamente, tal y como fue introducida, sin haber sido modificada (*Bravo, 2001*), aunque entendida en un sentido más amplio, teniendo en cuenta no solo la relación molar sino también el patrón de crecimiento y la relación intermaxilar.

II. 2. MALOCCLUSIÓN DE CLASE III ESQUELÉTICA POR PROGNATISMO MANDIBULAR

II. 2. 1. CONCEPTO

La maloclusión de Clase III por prognatismo mandibular se ha considerado a lo largo de la historia como una de las más llamativas debido a la deformidad facial que ocasiona (*Graber, 1977*). Se trata de una verdadera displasia ósea en la que el maxilar superior es normal y la mandíbula se encuentra hiperplásica. Es una disarmonía que suele identificarse precozmente, no solo por el profesional, sino también por las personas del entorno cotidiano del paciente.

II. 2. 2. PREVALENCIA

Diferentes estudios revelan que un 63-73% de las maloclusiones de Clase III son de origen esquelético (*Staudt and Kiliaridis, 2009a, Baccetti et al., 2005b, Chang, 1985, Susami, 1967*). Dentro de éstas, alrededor de un 30-50% son originadas por prognatismo mandibular (*Jacobson, 1974, Dietrich, 1970, Sanborn, 1955*). Este porcentaje

aumenta al 90 % en pacientes con Síndrome de Down y Acromegalia (*Chanson and Salenave, 2008, Kieser et al., 2003*).

Asimismo, se observa la prevalencia más elevada en población asiática (*Chang et al., 2003, Oka and Kawamoto, 1994, Ishida, 1992, Dodo, 1986, Yamaguchi, 1973*).

II. 2. 3. ETIOLOGÍA

En la etiología del prognatismo mandibular se han sugerido factores genéticos y ambientales pero la contribución precisa de estos factores se desconoce.

II. 2. 3. 1. Factores genéticos

Dentro de la etiología hay que destacar la gran influencia de la **herencia**, quizá más que en ningún otro tipo de maloclusión. El prognatismo mandibular es uno de los fenotipos o rasgos genéticos faciales más conocidos. Como se señaló anteriormente, la mayor prevalencia de este tipo de deformidad facial se da en poblaciones asiáticas. Por tanto, el origen étnico es un factor de riesgo para el prognatismo mandibular. Estudios en familias japonesas encuentran una frecuencia del 31% de prognatismo mandibular en los descendientes de padres con esta anomalía, del 18% si la herencia era materna y de un 40% si ambos progenitores lo sufrían (*Schulze and Wiese, 1965, Suzuki, 1961, Kraus et al., 1959, Stiles and Luke, 1953, Iwaki, 1938*). Los prognatismos de las familias reales de las Casas de Castilla, Habsburgo y Borbón, seguidas durante varios siglos, son uno de los casos más famosos de los patrones hereditarios en determinadas características faciales (Figura II. 1). Es tal esta evidencia que se crea el término “*Mandíbula Habsburgo*” y se describe en 23 generaciones sucesivas de esta familia. Las características faciales que se encuentran pueden resumirse en un prognatismo mandibular evidente que provoca un labio inferior engrosado y prominente, una zona malar plana (hipoplasia

maxilar), unos párpados ligeramente evertidos y a menudo una nariz deformada (Wolff et al., 1993, Hodge, 1977, Mayoral and Mayoral, 1977, Rubbrecht, 1939).



FIGURA II. 1. Características faciales de la familia de Habsburgo. Felipe II, Carlos II, Felipe IV y Carlos V de España.

Aunque parece haber una fuerte tendencia familiar en el desarrollo del prognatismo mandibular, la tasa de desarrollo en pacientes con antecedentes familiares positivos (49,3%) no es mayor que en aquellos con antecedentes negativos (50,7%) (Susami et al., 1968). Así, la prevalencia del prognatismo mandibular puede depender de determinados genes presentes en el genoma, aislados y combinados con interacciones medioambientales y por lo tanto, la contribución de estos componentes en la etiología del prognatismo mandibular no es clara. Actualmente y por esta razón, se están realizando estudios sobre el genoma de varias familias con prognatismo mandibular (Frazier-Bowers et al., 2009, Cruz et al., 2008, Yamaguchi et al., 2005).

II. 2. 3. 2. Factores medioambientales

Varios factores ambientales pueden contribuir al desarrollo del prognatismo mandibular, incluyendo defectos anatómicos congénitos (Labio Leporino y Paladar Fisurado) (Chang et al., 2005a, Pascoe et al., 1960), alteraciones endocrinas (Acromegalia, Adenomas Hipofisarios y Gigantismo) (Chang et al., 2005b, Pascoe et al., 1960, Gold, 1949, Dows, 1928), obstrucción de las vías aéreas o nasofaríngeas por

hipertrofia de amígdalas palatinas (McNamara, 1984), diversos hábitos de protrusión mandibular (McNamara, 1987, Diewert, 1983), traumas (Schoenwetter, 1974, Monteleone and Duvigneaud, 1963), etc. Diversos trastornos del crecimiento también pueden ir acompañados de prognatismo, como el Síndrome de Crouzón, Síndrome de Marfan, Síndrome de Klinefelter, Síndrome de Apert, etc (Pelo et al., 2009, Lamazza, 2009, Brkic et al., 1994, Bade Spirgimm, 1965)

Desviaciones en el patrón eruptivo causan mordida cruzada anterior, lo cual puede iniciar la maloclusión completa de Clase III. La persistencia del entrecruzamiento incisal anómalo repercute sobre el desarrollo maxilar. El maxilar superior, al quedar bloqueado en su desarrollo sagital, no tiene las mismas posibilidades de desarrollo anterior que si el resalte fuera normal; la mandíbula, al contrario, puede desarrollar al máximo su potencial de crecimiento horizontal. La consecuencia biológica será la inhibición de crecimiento del maxilar superior y el estímulo de desarrollo mandibular que constituyen las bases morfológicas de Clase III en el adulto (Bishara, 2001).

El número de dientes presentes en boca también puede guardar relación con la mordida cruzada anterior, ya que en casos de **agenesias** de incisivos laterales superiores aparece una retrusión del frente dentario superior con resalte negativo (Borrachina, 1986).

En la misma línea se observan casos en que la presencia de dientes **supernumerarios** inferiores aumentan el arco dentario y condiciona la mordida cruzada anterior por excesiva prominencia de la arcada mandibular; a largo plazo, la anomalía dentaria y oclusal provoca, en un patrón facial predispuesto, una verdadera Clase III por hipoplasia del maxilar superior y/o prognatismo mandibular (Dows, 1928).

La **lengua** también puede actuar como factor etiológico en el desarrollo de los prognatismos. Frankel presentó una hipótesis sobre la importancia del factor lingual

en la patogénesis de las Clases III (*Frankel, 1970*). La posición de la lengua tiene posibilidades de afectar el crecimiento mandibular, por ejemplo, en la respiración oral, la lengua, tratando de dejar las vías respiratorias libres, se protruye y se acomoda aplanándose en una posición baja sobre la arcada dentaria mandibular. Esto ocasionaría un adelantamiento de la mandíbula y un estímulo de desarrollo de la arcada dentaria inferior y un pobre desarrollo maxilar (*McNamara, 1984*).

Las causas funcionales que provocan esta posición más baja de la lengua son:

- Trastornos respiratorios de vías bajas.
- Amigdalitis dolorosas (causa importante y muy frecuente), donde para poder tragar con menor dolor avanzan la mandíbula y esto de forma repetida produce un estiramiento a nivel de la zona condilar, y por tanto la liberación de esa presión provoca un estímulo de crecimiento.
- Frenillos muy cortos (no es frecuente verla pero existe).
- Macroglosia con posición baja de la lengua, que actuaría sobre la mandíbula, no actuando sobre el maxilar.

II. 2. 4. CLÍNICA

Los rasgos clínicos **más frecuentes** en pacientes con prognatismo mandibular son:

- A nivel intraoral: mesioclusión, mordida cruzada posterior uni o bilateral, mordida anterior borde a borde o cruzada, incisivos superiores inclinados hacia vestibular e inferiores hacia lingual, laterodesviación funcional y tendencia a la mordida abierta. Si existe apiñamiento es más grave en la arcada superior (*Tahmira et al., 2000, Alarcón et al., 1999, Saldivar, 1999, Arnett and Bergman, 1993, Ferre, 1993*).

- A nivel extraoral: perfil plano o cóncavo en niños en dentición temporal o mixta primera fase. El mentón es prominente con un labio inferior engrosado y el labio superior hundido. El área paranasal está poco desarrollada y la altura del tercio inferior aumentada al igual que el ángulo goníaco (*Tahmira et al., 2000, Alarcón et al., 1999, Ferre, 1993, Bishara, 1988*).
- Cefalométricamente: el ángulo ANB es negativo, la altura facial antero-inferior está aumentada (cara larga), la longitud cóndilo-gnation está aumentada al igual que los ángulos del plano mandibular. La base del cráneo es pequeña y el complejo nasomaxilar retruido contribuyen a la rotación anterior (*Mitani, 2007, Young et al., 2004, Saldivar, 1999, Sanborn, 1955*).

II. 2. 5. DIAGNÓSTICO

La valoración diagnóstica de este tipo de maloclusión debe ser exhaustiva incluyendo una completa historia clínica, con especial hincapié en los antecedentes familiares, exploración clínica extra e intraoral, análisis funcional, estudio radiológico, análisis cefalométrico y estudio de modelos.

Existen signos que nos pueden servir de “*alarma*”, como por ejemplo: antecedentes familiares de Clase III, presencia de un perfil plano o cóncavo en edades tempranas o que el paciente esté constantemente realizando ejercicios de avance mandibular (como si quisiera propulsar la mandíbula). Intraoralmente un hecho muy característico es que se produce un “*divorcio*” entre los caninos temporales (hay una pérdida progresiva de contacto entre los caninos superiores e inferiores porque el canino inferior se va adelantando). Radiográficamente un signo casi patognomónico en pacientes con sospecha de prognatismo mandibular (sobre todo en dentición mixta primera fase) que se puede apreciar claramente en una ortopantomografía, es la existencia de espacios entre los gérmenes de caninos y premolares inferiores, como señal de exceso de espacio para albergar los dientes, mientras que en la arcada superior suele ocurrir lo contrario. También es frecuente

percibir un aceleramiento eruptivo inferior con respecto al superior. En el análisis cefalométrico se observan Wits negativos y linguoversión del incisivo inferior (Alarcón, 2003).

II. 2. 6. EVOLUCIÓN

Este tipo de maloclusión empeora con el crecimiento. A través de los estudios longitudinales limitados de que disponemos, de la comparación de casos no tratados antes y después de un largo periodo de crecimiento, y de muestras cruzadas de Clase III en la infancia y en la edad adulta, se han puesto en claro los siguientes hechos (Ferre, 1993):

- La Clase III no tiene tendencia a mejorar de forma espontánea.
- El prognatismo tiende a hacerse más notorio con la edad.
- La mayoría de los autores coinciden en que, sea cual sea la morfología facial de una Clase III concreta, empeora a lo largo del crecimiento, especialmente entre las edades de 5 y 9 años, en que el problema suele hacerse clínicamente reconocible, y durante la pubertad (Kuc-Michalska and Baccetti, 2010, Alexander et al., 2009, Xu et al., 2009, Sugawara and Mitani, 1997b).
- El crecimiento residual facial de un adulto con Clase III, tiende a empeorar sutilmente el problema oclusal y facial a lo largo de la vida (Canut et al., 1985).
- Los diversos autores no han coincidido hasta la fecha en identificar los factores morfológicos que condicionan que una Clase III empeore leve o gravemente a lo largo del tiempo (Uslu and Akcam, 2009, Wang et al., 2009, Turley, 1988).

II. 2. 7. TRATAMIENTO

Los prognatismos mandibulares deben tratarse lo más precozmente posible, mediante la utilización de aparatos de acción ortopédica. Este tipo de procedimiento solo puede utilizarse cuando el paciente está en edad de crecimiento, ya que el enfoque del mismo es intentar frenar, en todo lo posible, ese crecimiento excesivo mandibular. La mentonera es el tratamiento de elección de una Clase III por prognatismo mandibular y maxilar normal en niños en edad de crecimiento.

II. 2. 7. 1. Mentonera

II. 2. 7. 1. A. DEFINICIÓN

Es un aparato ortopédico extraoral que, como su nombre indica, se apoya sobre el mentón y actúa sobre la mandíbula. Está indicada en el tratamiento de Clase III esquelética, bien por ser una mandíbula hiperplásica o bien por tener una posición adelantada.

La mentonera se compone de un elemento de anclaje y generador de fuerza, y de la mentonera propiamente dicha (Figura II. 2). El anclaje y generador de fuerza consiste en un gorro y cintas o bandas elásticas que se adaptan a las zonas occipital o parietal, llevando incorporado el sistema de tracción, que se activa por simple conexión con el mismo (Figura II. 2. a). La mentonera es un casquete adaptado a la forma de la barbilla, donde se apoya. De ella salen dos vástagos laterales de alambre, donde se enganchan los elementos de tracción (Figura II. 2. b).

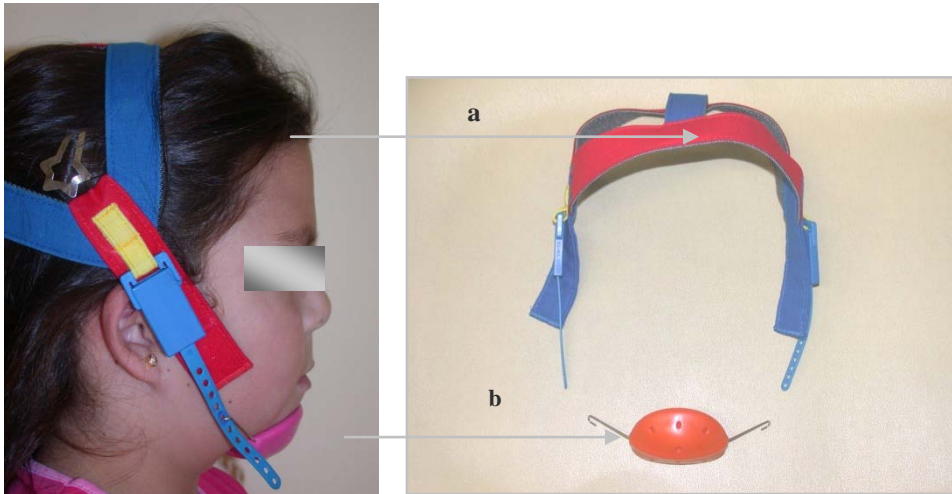


FIGURA II. 2. Componentes de la mentonera.

Su mecanismo de acción consiste en frenar el crecimiento mandibular y posicionar más posteriormente la mandíbula, mejorando así la relación esquelética. Su fundamento se basa en que la aplicación de presión sobre el cartílago del cóndilo inhibe su crecimiento (*Ferre, 1990, Sugawara et al., 1990, Asensi, 1987, Mitani and Fucazawz, 1986, Graber, 1977*).

Tiene como finalidad detener, en lo posible, el crecimiento de la mandíbula sin ejercer ningún efecto negativo sobre la ATM.

II. 2. 7. 1. B. EFECTOS DE LA MENTONERA

Muchos estudios han evaluado los efectos esqueléticos y dentarios de la mentonera mediante análisis cefalométricos convencionales.

Inicialmente se diseñó para el tratamiento de las luxaciones mandibulares según lo describió Fox en 1803. Su uso con la intención de frenar el crecimiento mandibular se remonta a los comienzos del siglo XIX. Cellier en Francia y Kingsley y

Farrar en Estados Unidos, parecen ser los primeros en usar un aparato que se asemeja a la mentonera usada actualmente (*Weinberger, 1926*).

Angle, tras haber utilizado con éxito la mentonera prefirió el uso de los elásticos intermaxilares y los aparatos fijos para el tratamiento de la Clase III, lo que hizo que un gran sector de profesionales americanos abandonara su uso durante un largo período de tiempo (*Angle, 1968*). Sin embargo, Case la consideró útil sólo para la niñez debido a que actúa sólo cuando aún se está en fase de crecimiento (*Case, 1921*) y Stang y Thompson recomendaron el uso de la mentonera en pacientes con dentición temporal (*Stang and Thomson, 1958*). Debido a estas diferencias de opinión entre los autores muchos ortodoncistas han invertido su tiempo en investigar sobre el uso de la mentonera en pacientes con Clase III esquelética, buscando un mejor entendimiento de sus efectos positivos y negativos.

Armstrong (*Armstrong, 1961*) evaluó el efecto de la mentonera en 100 niños australianos, que utilizaron el aparato con 500 gr de fuerza por lado durante 12 horas diarias, comparándolos con una muestra similar de niños sin tratar; obtuvo éxito sólo en 40 niños. Entre sus efectos indicó que se inclinaron hacia lingual los incisivos inferiores y la mandíbula se desplazó hacia atrás y hacia abajo. Atribuyó a la falta de colaboración el fracaso en los 60 niños restantes.

Thilander (*Thilander, 1963*) estudió un grupo de 60 pacientes con edades entre los 5 y 16 años, que fueron tratados con mentonera de tracción combinada cervical y temporal con una fuerza por lado de unos 250 gr. Observó que respondían favorablemente los casos más leves, consiguiendo un borde a borde al producirse unos cambios de inclinación lingual en los incisivos inferiores y labial en los superiores. En los casos más graves encontró una postero-rotación de la mandíbula. Nos dejó como conclusión que no podía asegurar que la mentonera inhibiera el crecimiento condíleo. Más tarde, redujo la muestra a 45 pacientes y observó movimiento dentario y de traslación mandibular al final del primer año, viendo

cambios menos ostensibles en los años siguientes. Consiguió 14 resultados buenos, 12 aceptables, 6 malos y 13 con recidiva. Influyeron de forma favorable la edad temprana, la inclinación de incisivos, la sobremordida incisiva, el patrón facial meso o braqui y el uso prolongado de la mentonera. La magnitud del resalte invertido y los antecedentes genéticos no parecieron condicionar los resultados (*Thilander, 1965*).

Hopkin (*Hopkin, 1969*) trató con mentonera a 20 pacientes con Clase III esquelética y analizó los cambios 6 años después del tratamiento. Para este autor, la estabilidad de los resultados dependía de tres factores: crecimiento mandibular, crecimiento maxilar y crecimiento de la base del cráneo. Si al crecer el ángulo de la base del cráneo se abre, la fosa glenoidea se traslada hacia atrás, la mandíbula se sitúa más posteriormente, y el exceso de crecimiento mandibular se vería compensado, siendo los resultados estables.

Irie y Nakamura (*Irie and Nakamura, 1975*) aplicaron a 29 pacientes una mentonera de tracción occipital y fuerza ortopédica, constatando una disminución del ángulo SNB, del ángulo goníaco y una lingualización de los incisivos inferiores, mientras que aumentó el ángulo ANB y se inclinaron labialmente los incisivos superiores. El ángulo SN/Go-Gn tendió a cerrarse, horizontalizándose discretamente la mandíbula.

Por otra parte, Graber (*Graber, 1977*) comparó las diferencias existentes entre 30 niños con Clase III tratados con mentonera de tiro occipital, 500 gr por lado y 12 horas de uso diario, que utilizaron este aparato desde los 6 años a los 9, con dos muestras cruzadas de 6 y 9 años sin tratar, de similar gravedad, formada por 16 niños cada una. Afirmó que los niños tratados presentaban: retardo del crecimiento vertical de la rama mandibular y de la porción posterior del maxilar superior, postero-rotación mandibular, cierre del ángulo goníaco y disminución del crecimiento anteroposterior de la base craneal anterior. Además apreció una nueva dirección de crecimiento mandibular, menos horizontal y más vertical. Así como, un cambio de

inclinación incisiva distinta a lo encontrado por otros autores: labial de incisivos inferiores y discretamente labial de incisivos superiores. Indicó que el factor más importante era la colaboración del paciente.

Lavergene y Gasson (*Lavergne and Gasson, 1977*) realizaron un estudio comparativo entre una muestra de 100 niños con Clase III y un grupo control de 30 niños con oclusión normal, seguidos entre los 8 y los 14 años. El amplio abanico de resultados obtenidos les hizo buscar el factor determinante, que para ellos fue la morfología mandibular. Los casos proclives a antero-rotación tuvieron unos resultados desfavorables, mientras que los casos que exhibieron una postero-rotación mandibular mostraron un resultado positivo.

En los 80, Sakamoto (*Sakamoto, 1981*) observó, estudiando 61 niños de edades comprendidas entre los 4 y los 13 años tratados con mentonera y 300 gr de fuerza por lado, que los mejores resultados esqueléticos dependían de la precocidad del comienzo de tratamiento y de la menor gravedad inicial del caso. Nakasuda (*Nakasuda, 1982*) observó en 44 niñas tratadas con mentonera que el factor más determinante del éxito era la edad de comienzo. Entre 4 y 5 años obtuvo resultados excelentes, entre 6 y 9 años buenos y entre los 9 y 13 años modestos.

Uka (*Uka, 1982*) nos informó de la estabilidad de los resultados en una muestra de 26 niñas japonesas, tratadas desde los 8,6 a los 10,6 años con mentonera y 300 gr de tracción por lado, usada 12 horas al día. El seguimiento post-tratamiento fue de 3 años. Este autor creyó que son estables los cambios de forma y tamaño mandibular conseguidos, mientras que los cambios en la traslación distal recaen discretamente durante el primer año de observación.

Unos años después Sakamoto (*Sakamoto et al., 1984*) volvió a realizar un estudio en el que comparó el crecimiento de 26 niñas tratadas con mentonera (con una fuerza de 300 gr por lado) durante un año y que, posteriormente, fueron seguidas

al menos 2 años cefalométricamente, tras interrumpir el uso del aparato. La edad de las niñas osciló entre 6 y 9 años. Concluyó que existe un enlentecimiento del crecimiento en la longitud del cuerpo mandibular, así como de la altura de la rama y de la longitud total mandibular, con cierre del ángulo goníaco. Durante el tratamiento aumentó la convexidad facial (ángulo N-A/Pog), mientras que, al contrario que otros investigadores, observó que la cara se alarga y se abrió el ángulo mandibular (SN-Go-Gn). No encontraron cambios en el maxilar superior ni en la base del cráneo. Aunque la acción enlentecedora del crecimiento mandibular desapareció al retirar el aparato, como efecto rebote o de recuperación, sólo observó una pequeña antero-rotación mandibular durante el primer año de observación.

Wendell y cols., (*Wendell et al., 1985*) compararon el crecimiento de la mandíbula de 10 niñas japonesas con Clase III tratadas con mentonera durante 3 años con el de 7 niñas japonesas con Clase III, de similar edad y patrón facial, que sirvieron de control. Resumieron sus observaciones afirmando que, con una tracción de 250 gr por lado, la mentonera era capaz de reducir el ritmo de crecimiento de la longitud de la rama mandibular, del cuerpo y la longitud total en un 60% aproximadamente. Respecto a la base del cráneo, la mandíbula mostró menor desplazamiento hacia delante y exhibió un menor desplazamiento hacia abajo que en el grupo control. Mientras que en el grupo tratado, el ángulo goníaco y el plano mandibular tuvieron un comportamiento variable, en el grupo control tendieron a cerrarse espontáneamente.

Usando la misma muestra y el mismo grupo control que Wendell (*Wendell et al., 1985*), Ritucci (*Ritucci and Nanda, 1986*) describió los efectos de la mentonera sobre el maxilar superior y sobre la base craneal. En sentido vertical la mentonera pareció inhibir el crecimiento del maxilar en su porción posterior, sin que hubiera podido objetivar cambios sagitales del maxilar. El ángulo de la base del cráneo (Ba-S-N) tendió a cerrarse más que en el grupo control. Por último, los molares superiores del grupo tratado parecieron migrar mesialmente más que en el grupo control.

Mitani (*Mitani and Fucazawz, 1986*) comparó el crecimiento de 26 niñas con Clase III cuyo uso de la mentonera coincidía con el brote de crecimiento puberal, y 23 niñas control de la misma edad y características de desarrollo biológico, con Clase III de severidad y patrón facial equiparables. El crecimiento de ambos grupos se llevó a cabo sin diferencias estadísticamente significativas, lo que, aun estando en contradicción con las observaciones de algunos autores, nos indicó que, al menos en la raza japonesa, el uso de la mentonera debía ser previo al brote de crecimiento puberal.

Asensi (*Asensi, 1987*) estudió los efectos de la mentonera en una muestra de 25 pacientes, de 7,1 años de edad promedio, con una duración media de utilización de 2,6 años. No observó cambios significativos en la base craneal ni en el maxilar superior, pero sí una inhibición del crecimiento del cuerpo mandibular, mientras que la rama creció más que lo normal. El ángulo goníaco se cerró, al tiempo que la mandíbula sufrió una postero-rotación, que no trascendió en una apertura del plano mandibular, por la remodelación de la mandíbula en otras zonas. Los incisivos superiores se inclinaron labialmente y los inferiores lingualmente. El resultado de estos cambios fue una notable mejora de la armonía facial.

Ferre (*Ferre, 1990*) estudió la acción de la mentonera en 40 pacientes realizando la primera observación a los 7 años y la segunda a los 9,2 años, comparando con un grupo control de 35 pacientes con Clase III no tratados. Observó que la mentonera no produjo cambios en la base del cráneo ni en el maxilar superior, aunque por el contrario provocó cambios en el tamaño, forma y posición de la mandíbula, así como en la relación intermaxilar. En el campo dentario observó una notable mejora de la relación molar y del resalte incisivo. Los pacientes tratados se hicieron más dólicos, contrariamente a lo que ocurre en el grupo control, notándose una significativa mejora facial. También señaló la ausencia de efectos indeseables sobre la ATM que fueran clínicamente observables.

Sugawara y cols. (*Sugawara et al., 1990*) tomaron una muestra de 63 niñas japonesas con Clase III esquelética y la dividieron en tres grupos dependiendo de la edad a la que empezaron a utilizar la mentonera: el primer grupo a los 7 años, el segundo a los 9 y el último a los 11. Se tomaron telerradiografías laterales a los 7, 9, 11, 14 y 17 años. La mandíbula no mostró un crecimiento hacia delante durante las primeras etapas del tratamiento en los tres grupos. Los grupos de 7 y 9 años mostraron un desplazamiento hacia delante y abajo de la mandíbula antes de terminar el crecimiento. No hubo diferencias significativas en el perfil esquelético entre los grupos de 7 y 11 años. Estos autores concluyeron que el perfil esquelético mejoró bastante en las primeras etapas del tratamiento pero raramente estos cambios se mantuvieron, lo que significa que el tratamiento con mentonera no garantizó la corrección del perfil esquelético después de completar el crecimiento.

También se han realizado estudios del tratamiento con mentonera combinado con otras terapias como la máscara facial o la expansión. Takada y cols. (*Takada et al., 1993*) en su investigación realizaron un estudio de 61 pacientes divididos en tres grupos por edades (7-10, 10-12 y 12-15) y tratados con una máscara facial modificada con tracción en la zona canina seguido de mentonera. El aparato fue utilizado durante 8 horas diarias. El promedio de utilización fue de 1.1, 1.0 y 1.4 años para cada grupo respectivamente. Fueron comparados con un grupo control con oclusión normal obteniendo un incremento considerable en el ángulo SNA y un aumento de la longitud del maxilar en los grupos prepuberal y puberal. En el grupo post-puberal el incremento de SNA fue menos significativo y no aumentó la longitud del maxilar.

Allen y cols. (*Allen et al., 1993*) tomaron una muestra de 23 pacientes con Clase III en dentición mixta y los trataron con mentonera modificada con un levante que proinclinaba los incisivos superiores liberando así la oclusión. La edad promedio del comienzo del tratamiento fue de 8 años. Al principio del tratamiento los pacientes

presentaban un SNB elevado, ANB y Wits negativos, relación intermaxilar de Angle de Clase III, mordida cruzada anterior, incisivos inferiores por delante del plano A-Po y el labio superior muy por detrás de la línea E. El tratamiento duró una media de 1,38 años. Los cambios encontrados tras el tratamiento, comparándolos con una muestra sin tratar, indicaron una mejora del Wits, sin modificarse el ángulo ANB. También hubo una marcada mejora en la posición de los labios, lo que favoreció al perfil del paciente, y esto tuvo un gran efecto psicológico.

Sugawara y cols. (*Sugawara and Mitani, 1997a*) describieron el crecimiento craneofacial en sujetos con Clase III no tratados durante la etapa prepuberal, puberal y post-puberal, y los efectos a corto y largo plazo encontrados en 63 niñas japonesas con mordida cruzada anterior y Clase III esquelética tratadas con mentonera, divididas en tres grupos: 7 años, 9 años y 11 años. En los estudios longitudinales de evolución de Clase III sin tratamiento observaron que el maxilar y la mandíbula tuvieron un crecimiento incremental similar a la Clase I en los tres periodos, por ello pareció razonable asumir que el contexto esquelético de la maloclusión de Clase III estaba establecido antes del periodo de crecimiento prepuberal. En el tratamiento con mentonera los estudios mostraron una considerable mejora durante las primeras etapas del tratamiento, pero estos cambios a veces no se mantuvieron durante el periodo de crecimiento puberal. Por tanto el tratamiento con mentonera no modificó los patrones heredados de Clase III una vez terminado el crecimiento. También nos indicaron estos autores que la mentonera no debería usarse en pacientes con excesos mandibulares extremos sino que deben someterse a cirugía ortognática una vez finalizado el crecimiento.

Deguchi y cols. (*Deguchi et al., 1999*) seleccionaron 36 niñas japonesas con maloclusión esquelética de Clase III, mordida cruzada anterior y dolicofaciales. Se les aplicó un tratamiento con mentonera con una fuerza de 300 gr durante los primeros dos años y de 200 gr durante los tres siguientes. Tras cinco años de uso de la mentonera, en todos los casos, se apreció una mejora notable. Llegaron a la

conclusión de que el uso prolongado de la mentonera (>5 años), con una fuerza moderada y continua era efectiva en pacientes con Clase III dólcofaciales. Sobre los efectos adversos que pudo causar la mentonera sobre la ATM nos mostraron que no es un problema específico de este tratamiento, comparado con otros tratamientos ortopédicos de otras maloclusiones.

Ya en el siglo XXI, Zentner y cols. (*Zentner et al., 2001*) publicaron un estudio de 80 cefalometrías y modelos de estudio de pacientes antes y después del tratamiento con mentonera. No observaron modificaciones esqueléticas, limitándose los resultados a cambios dentoalveolares. La relación del tamaño de las bases apicales del maxilar y la mandíbula fue el parámetro que mejor predijo la futura corrección oclusal de la maloclusión de la Clase III, siendo pobres los demás parámetros.

Arat y cols. (*Arat et al., 2003*) observaron que el tratamiento con mentonera no fue ni un factor de riesgo ni una prevención para la disfunción temporomandilar. Según ellos, la edad y el estrés fueron factores que deben ser tomados en cuenta para evaluar tal disfunción.

Arman y cols. (*Arman et al., 2004a*) recopilaron telerradiografías laterales de cráneo y radiografías de la muñeca de 31 pacientes tratados con mentonera, 14 tratados con mentonera y placa de mordida y otros 14 tratados con aparato de anclaje extraoral reverso. La edad media de inicio del tratamiento fueron los 11 años y se siguieron durante un año. La retro-posición de la mandíbula fue igual de significativa en los tres grupos, al igual que el aumento del resalte y la disminución de la sobremordida. El cambio en el labio superior fue también notable en todos los grupos, aunque se vio más pronunciado en el grupo de la mentonera-placa. Por otro lado el cambio en la región mandibular fue más evidente en el grupo con mentonera y con mentonera-placa, mientras que los cambios en la región maxilar fueron más significativos en los grupos con mentonera-placa y con anclaje extraoral reverso.

Más recientemente, Tuncer y cols., (*Tuncer et al., 2009*) realizaron un estudio para evaluar si existen efectos negativos en las dimensiones del área sagital faríngea. Para ello escogieron a 20 pacientes con Clase III esquelética tratados con mentonera con una fuerza de 600 gr por lado, durante 9,78 meses y los compararon con otros 20 niños no tratados. Evaluaron diferentes medidas sobre telerradiografías realizadas antes y después del tratamiento donde se encontraron diferencias entre los pacientes tratados y no tratados. El ángulo SNB disminuyó debido a una retroposición mandibular. La zona faríngea se vio afectada pero sin tener ningún efecto negativo a corto plazo.

De acuerdo con estas evaluaciones cefalométricas, la mentonera contribuye a la corrección de la maloclusión de Clase III como resumimos a continuación (Tabla. II. 1):

TABLA II. 1. Efectos de la mentonera

	ORTOPÉDICOS	DENTARIOS	FACIALES	SOBRE ATM
	Menor crecimiento rama ascendente (Ferre, 1990)	Lingualización Incisivo inferior (Asensi, 1987, Irie and Nakamura, 1975, Thilander, 1963)	Mejora morfología, estética y perfil facial (Allen et al., 1993, Sugawara et al., 1990, Ferre, 1990, Asensi, 1987)	No provoca lesiones si se usa el tiempo y con la fuerza indicada (Deguchi et al., 1999, Ferre, 1990)
	Acortamiento longitud del cuerpo mandibular (Ferre, 1990)	Mejora relación molar (Ferre, 1990)		
	Reabsorción y estrechamiento de la sínfisis (Ferre, 1990, Sugawara et al., 1990, Asensi, 1987, Mitani and Fucazawz, 1986, Graber, 1977)	Mejora del resalte (Ferre, 1990, Asensi, 1987)		
	Cierre ángulo goníaco (Tuncer et al., 2009, Ferre, 1990, Asensi, 1987, Graber, 1977, Irie and Nakamura, 1975)			
	Pósterorotación Mandibular (Tuncer et al., 2009, Graber, 1977, Hopkin, 1969, Thilander, 1963)			
	Desplazamiento posterior Mandibular ligero (Ferre, 1990)			

II. 3. MÉTODOS MORFOMÉTRICOS

II. 3. 1. CONCEPTO Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MORFOMETRÍA

Según Penrose la forma de un objeto puede dividirse en dos conceptos que normalmente suelen confundirse y tomarse como sinónimos (Penrose, 1954). En inglés, emplea los siguientes términos:

$$Form = Size + Shape$$

En castellano, podría equivaler a:

$$Forma = Tamaño + Figura$$

Históricamente, los estudios científicos y técnicos han incidido más en el tamaño que en la figura en sí, seguramente por la dificultad que conlleva definir la figura, sobre todo cuando consideramos objetos extremadamente irregulares. Una figura se puede definir “como aquello que permanece invariable en el objeto una vez eliminados los efectos de escalado, traslación, rotación y reflexión (Lele, 1991)” (Figura II. 3). Si normalizamos el tamaño como condición previa, podemos comparar dos objetos y decir que tienen la “misma forma” porque presentan la “misma figura”.

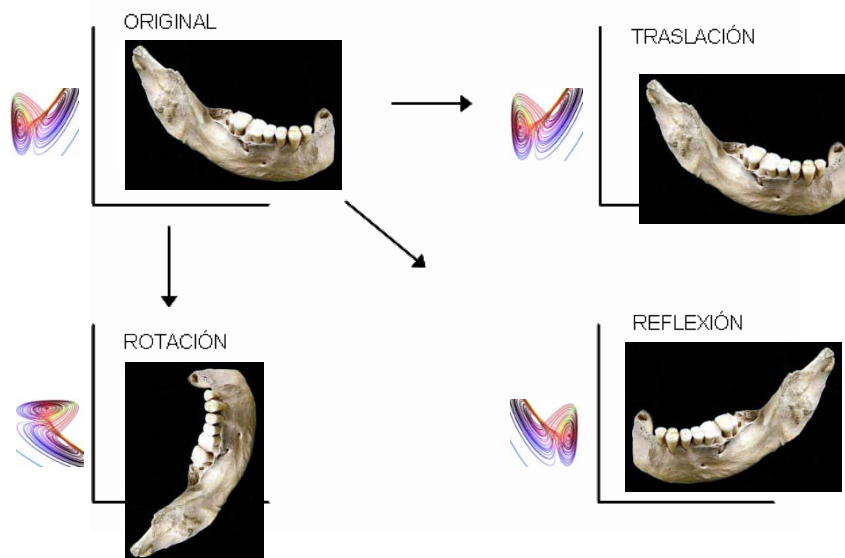


FIGURA II.3. Demostración gráfica de los parámetros de rotación, traslación y reflexión que podrían observarse en las diferentes imágenes correspondientes a una población.

La **morfometría** es un cuerpo de conocimiento de carácter instrumental y multidisciplinar, cuyo objetivo es estudiar los objetos según su tamaño, y sobre todo, según su forma. Es a la vez, una disciplina muy antigua y una rama nueva. Es antigua porque tiene precursores de cientos de años atrás, que podríamos definir como Morfometría clásica. En la segunda mitad de los años 80 se vio una completa reinención de la morfometría, sobre todo en varios marcos explícitamente geométricos utilizados para analizar los puntos de señal en dos y tres dimensiones y en el modo de analizar los datos, destinados a subsanar los problemas de la morfometría clásica. En este nuevo enfoque la información geométrica es conservada a lo largo de todo el análisis estadístico (*Zelditch et al., 2004, Lele and Richtsmeier, 2001, Dryden and Mardia, 1998, Rohlf and Marcus, 1993, Bookstein, 1991*). De aquí nace la llamada **Morfometría Geométrica**, la rama nueva de la morfometría (*Rohlf and Marcus, 1993*). En la actualidad, aunque con algunas bases antiguas, los estudios morfométricos siguen las directrices de estos cambios contemporáneos en la imagen en varias dimensiones. Esta técnica permite estudiar los cambios morfológicos a partir del desplazamiento, en el plano o en el espacio, de un conjunto de puntos morfométricos basados en coordenadas cartesianas, que definen la posición de los caracteres del objeto. Tras emplazar los puntos morfométricos sobre una serie de imágenes escaladas de los objetos de estudio, es preciso realizar una corrección, entre todas las imágenes, de las diferencias debidas a su orientación espacial: cambios de rotación, traslación y reflexión. Tras corregir estos efectos de orientación espacial será posible estudiar la morfología desde una perspectiva geométrica. Este tipo de estudios utiliza como estimador del tamaño el denominado tamaño del **centroide**, que se define como la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de todas las coordenadas morfométricas respecto al centroide que ellas definen (siendo el centroide el promedio de todas las coordenadas morfométricas) (*Lele and Richtsmeier, 2001*).

La morfometría se emplea en multitud de campos científicos y técnicos. Es aplicable, por ejemplo, en el estudio de estructuras en ingeniería y arquitectura, para

la clasificación de especies en biología, para comparar fósiles en paleontología, para la evaluación de restos cerámicos y de instrumentos en arqueología o para el estudio de patologías de cráneo y maxilares en odontología.

Para comprobar la importancia de los estudios morfométricos y su extensión multidisciplinar, hemos realizado una búsqueda en el Science Citation Index y se han recuperado los artículos científicos que durante el periodo 2005-2012 responden al término “morphometr*” (morphometrics y morphometry). El total de artículos en estos años es superior a 10.000, una cifra más que elevada. Según la clasificación de categorías temáticas del ISI, la morfometría se distribuye, entre otras, entre las mostradas en la Tabla II. 2.



TABLA II.2. 50 primeras categorías temáticas donde se utiliza la morfometría.

Categorías Temáticas	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
	Neurosciences	Cardiac & Cardiovascular Systems	Respiratory System	Environmental Sciences	Hematology
	Zoology	Cell Biology	Dentistry, Oral Surgery & Medicine	Medicine, Research & Experimental	Multidisciplinary Sciences
	Clinical neurology	Peripheral Vascular Disease	Plant Sciences	Toxicology	Orthopedics
	Surgery	Anatomy & Morphology	Biochemistry & Molecular Biology	Genetics & Heredity	Reproductive Biology
	Veterinary sciences	Evolutionary Biology	Biology	Anthropology	Transplantation
	Marine & freshwater biology	Oncology	Ecology	Developmental Biology	Gastroenterology & Hepatology
	Endocrinology & metabolism	Ophthalmology	Engineering, Biomedical	Geography, Physical	Urology & Nephrology
	Psychiatry	Fisheries	Geosciences, Multidisciplinary	Immunology	Materials Science, Biomaterials
	Psysiology	Pathology	Neuroimaging	Parasitology	Microscopy
	Radiology, nuclear medicine & medical imaging	Pharmacology & Pharmacy	Pediatrics	Agriculture, Dairy & Animal Science	Obstetrics & Gynecology

II. 3. 2. CLASIFICACIÓN

La morfometría es una disciplina fundamentalmente instrumental, por lo que consta básicamente de metodologías. Los métodos se pueden clasificar en:

- *Métodos basados en marcas o señales.*
- *Métodos basados en los contornos.*

II. 3. 2. 1. Métodos basados en marcas o señales

Consisten en definir puntos singulares en distintas posiciones de la forma y estudiar cómo estas marcas se asemejan en su disposición a las marcas de otros cuerpos, o cómo evolucionan con el tiempo. Entre los métodos de este tipo se encuentran:

- Análisis morfométrico convencional (MCA - Morfometric Conventional Analysis).
- Análisis Procusteano (PA - Procrustes Analysis).
- Análisis matricial de distancias euclidianas (EDMA - Euclidean distance matrix analysis).
- Análisis Thin-plate spline (TPS).
- Morfometría de elementos finitos, o Análisis de escalado de elementos finitos (FEM/FESA - Finite Element Method).
- Rejillas bioortogonales (MTA - Mean Tensor Analysis).

El defecto de estas técnicas es que las marcas o señales no representan al cuerpo u objeto en sí, tan solo la posición de ciertos puntos singulares.

II. 3. 2. 1. A. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO CONVENCIONAL (MCA)

Es la técnica clásica y emplea cuatro tipos de parámetros (*Phillips et al., 2001, Rao and Suryawanshi, 1998, Strauss and Bookstein, 1982*):

- Distancias lineales entre marcas.
- Ángulos, calculados a partir de la posición de tres marcas.
- Áreas triangulares.
- Razones o índices, normalmente entre distancias lineales.

El tratamiento estadístico se reduce frecuentemente al análisis univariante, con cálculo de medias, medianas, desviaciones típicas, varianzas y el empleo de la “*t*” de Student (Pértiga and Pita, 2001). Una de las limitaciones es la falta de objetividad, ya que un investigador poco escrupuloso puede elegir las marcas de tal manera que demuestren los resultados deseados por él mismo.

II. 3. 2. 1. B. ANÁLISIS PROCUSTEANO (PA)

Su nombre deriva de la mitología griega donde Procasto (“*el estirador*”) era un bandido hijo de Poseidón que según cuenta la leyenda ataba a una cama de hierro a sus víctimas (caminantes desprevenidos que caían en sus manos) y, una vez atados, si sus miembros no alcanzaban el largo del lecho, los estiraba hasta que tuvieran la misma longitud y, si eran más largos, cortaba la parte sobrante (Wollkoff, 1984). Este análisis se emplea para comparar formas en las que se requiere de correspondencia entre los puntos de las distintas figuras. Basándose en que el crecimiento dimensional de los cuerpos es alométrico, es decir, crecen de forma concéntrica con respecto a un punto centroide determinado que no crece o lo hace muy poco, este análisis se emplea para comparar formas en las que se requiere de correspondencia entre los puntos de los distintos cuerpos. Para ello, las figuras son escaladas para tener el mismo tamaño, luego se mueven hasta coincidir los centroides y finalmente se rotan hasta que la suma de los cuadrados de las diferencias entre las marcas equivalentes sea mínima (Courant et al., 1997) (Figura II. 4). También es llamado *modelo alométrico centrado* (Skalak et al., 1983).

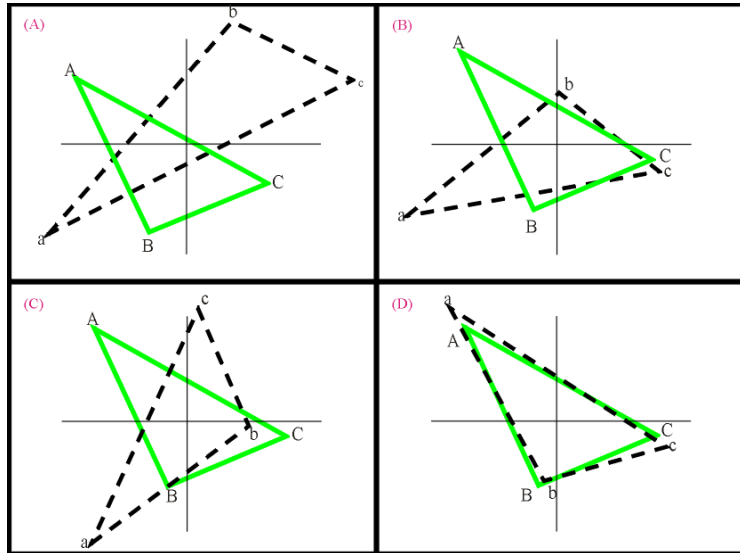


FIGURA II. 4. Triángulos sometidos a PA
 (<http://www.isbe.man.ac.uk/bim/>).

II. 3. 2. 1. C. ANÁLISIS MATRICIAL DE DISTANCIAS EUCLIDIANAS O EUCLÍDEAS

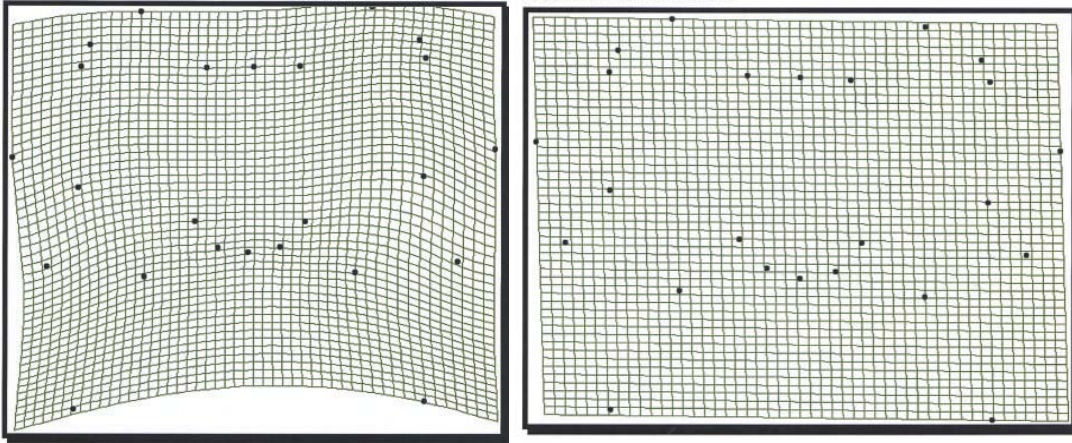
Se denomina también modelo de crecimiento en *red alométrica* (Moss et al., 1984). En matemáticas, la distancia euclidiana o euclídea es la distancia ordinaria entre dos puntos de un espacio multidimensional que se deduce a partir del *Teorema de Pitágoras* (Dattono, 2001). El análisis matricial de estas distancias realiza sobre cada cuerpo a estudiar un conjunto de marcas y calcula las distancias euclidianas entre todas y cada una de ellas, de tal manera, que es posible construir una matriz cuadrada simétrica que las representa. Ahora se trata de comparar las matrices de cada cuerpo basándose en el hecho de que dos cuerpos son idénticos si todos los elementos de sus matrices son iguales y difieren más cuanto mayor es la diferencia entre ambas.

Otra manera es construir una sola matriz donde cada celda que la compone es el cociente de la distancia para cada uno de los cuerpos a comparar. Si todos los

valores obtenidos son iguales a la unidad, los cuerpos son iguales y todas las desviaciones homogéneas respecto de la unidad indican diferencias de tamaño (*Bytheway, 2005, Chinnery, 2004, Hens, 2003, McIntyre and Mossey, 2003*).

II. 3. 2. 1. D. ANÁLISIS THIN PLATE SPLINE (TPS)

El análisis TPS evalúa los cambios de la forma de un cuerpo mediante el empleo de la teoría de interpolaciones de *mallas* superficiales (*surface spline interpolations*) (*Bookstein, 1989b*), para poder expresar las diferencias entre las distintas configuraciones de marcas como una deformación continua. Un *spline* es una malla suavizada de una función polinomial que se emplea corrientemente como medio para trazar curvas (*Segner, 1986*). Este análisis básicamente lo que hace es crear una función de interpolación que representa una asignación, es decir, los puntos de referencia deseados. A esta función se le denomina coloquialmente “energía de flexión” y se visualiza como un plano delgado que se extiende infinitamente hacia todas direcciones, cubierto por una malla o rejilla que representa los puntos de referencia. Las diferencias entre los cuerpos se demuestran mediante una deformación de la malla observándose curvas en ésta, cuánto más deformada esté la malla más diferencias de forma existirán (Figura II. 5). Si los cuerpos fueran exactamente iguales la función de energía de flexión sería cero y la malla sería plana (*Franchi et al., 2001, Baccetti et al., 1999*) (Figura II. 6).



Figuras II. 5 y II. 6. Análisis TPS.

Nótese la deformación en la malla en la figura 5 indicando que no existe coincidencia en la forma a diferencia de lo que ocurre en la figura 6, donde la forma coincide (McIntyre and Mossey, 2003, http://bellman.ciencias.uniovi.es/d_experimentos/d_experimentos_archivos/sr.pdf).

II. 3. 2. 1. E. MORFOMETRÍA DE ELEMENTOS FINITOS (FEM/FESA)

Este sistema utiliza los conceptos de la mecánica continua, cosa que no hace la cefalometría convencional. Dos son los atributos fundamentales del FEM/FESA (Moss et al., 1985):

- Su capacidad de subdividir estructuras o cuerpos en un número elevado de elementos contiguos bi o tridimensionales, siendo cada uno de ellos un “elemento finito”.
- Analizar los cambios de tamaño y forma que ocurren en cada uno de los elementos individualmente y en el conjunto de todos los elementos finitos del cuerpo estudiado.

Fue desarrollado a partir de un modelo de ingeniería para uso en morfometría biológica. El análisis de elementos finitos (sin “escalado”) se usa en mecánica para estimar la deformación resultante de un conjunto de fuerzas que actúan sobre un

sistema mecánico (*Orakdogan and Girgin, 2005*) o, como por ejemplo, un sistema geológico (*Bozzano et al., 2005*). En morfometría biológica se emplea al revés, para calcular las tensiones que representan las fuerzas hipotéticas requeridas para distorsionar una forma en otra.

Las formas son definidas por marcas sobre las que se trazan triángulos, o “*elementos finitos*” que se consideran que sufren en su interior deformaciones homogéneas. La magnitud de los cambios locales de tamaño y de forma y sus contribuciones a las diferencias morfológicas globales pueden ser visualizadas mediante un espectro de colores y un eje de calibración (Figura II. 7).

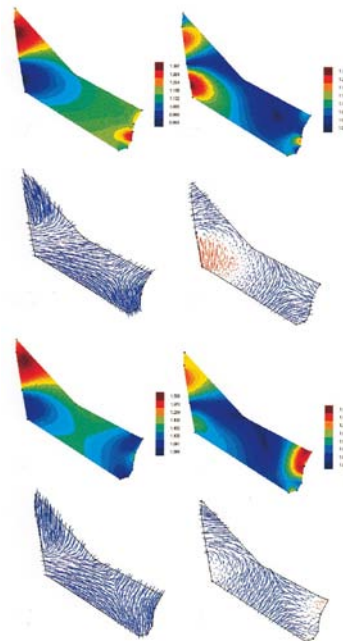


FIGURA II. 7. Mandíbula mediante escalado de elementos finitos (*Chang et al., 2006*).

II. 3. 2. 1. F. ANÁLISIS BIORTOGONALES (MTA)

Fue desarrollado por Bookstein (*Bookstein, 1984*) entre 1977 y 1986. Su ventaja principal es que no depende del marco de referencia, como ocurre con los análisis cefalométricos. De hecho, este método representa la forma más sencilla de aplicación de los elementos finitos.

Tras determinar una serie de puntos homólogos se pueden construir una serie de triángulos, empezando por un triángulo inicial o de referencia ABC, en el que se incluye un círculo. A partir de éste se puede computar el cambio morfológico que experimentará con el crecimiento dando una deformación hacia una elipse, transformando el triángulo en otro A'B'C' (Figura II. 8). El cálculo de la relación de los ejes de los triángulos que estamos comparando nos da una medida del cambio de forma entre las dos situaciones.

El método requiere que la deformación sea uniforme en todo el espesor del triángulo. Este método no mide la forma, sino “cambios en la forma” (*Padrós and Creus, 2002*).

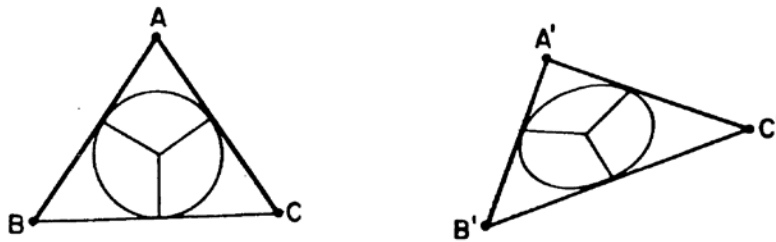


FIGURA II. 8. Deformación de los triángulos (*Crayson, 1985*).

II. 3. 2. 2. Métodos basados en los contornos

Destacan dos metodologías: Análisis de Mediatrices (MAA-Medial Axis Analysis) y Funciones Elípticas de Fourier (EFF-Elliptical Fourier Functions). Ambas están basadas en el estudio del contorno de la figura y no necesitan emplear marcas o señales. En el caso de los análisis de Fourier, si se desea, es posible definir marcas.

II. 3. 2. 2. A. ANÁLISIS DE MEDIATRICES (MAA)

Una mediatriz es el lugar geométrico o eje de todos los puntos que divide en dos partes una figura. Podríamos imaginarla como la columna vertebral del objeto a lo largo de su centro geométrico definiendo la forma intrínseca del objeto. Este análisis trata de comparar estos ejes, que además de ser la expresión de sus distancias al perímetro de la figura aportan información de ésta independientemente del tamaño (*Lindquist et al., 1996*).

II. 3. 2. 2. B. FUNCIONES ELÍPTICAS DE FOURIER (FEF)

Fue desarrollada originalmente para identificación de aviones militares. Actualmente se emplea ventajosamente en el análisis de formas de animales y vegetales, en robótica (visión artificial), en el análisis de ondas sonoras y en otros muchos campos como la ortodoncia. La función de Fourier es una solución paramétrica de la descripción de la forma. La técnica consiste en digitalizar el perímetro de la figura que se estudia (*forma observada*) y el método determina la *forma calculada*, mediante un procedimiento por etapas basado en coeficientes armónicos. Cuantos más armónicos se introduzcan en la función, la precisión en el ajuste se incrementa notablemente, pudiendo describir matemáticamente hasta los detalles más finos de la estructura (*Tort, 2003*). Este método está limitado por el momento en el sentido de que sólo es aplicable en dos dimensiones.

La precisión es ciertamente enorme. Además, es posible emplear sobre la estructura calculada, cualquiera de los demás métodos de marcas mostrados anteriormente, realizar superposiciones, etc. Las ventajas de este método son que matematiza completamente toda la forma y no excluye ningún tipo de análisis posterior (*Tort, 2003, Kajikawa, 2002, Tanaka et al., 2000*).



II. 3. 3. RESUMEN DE LOS MÉTODOS MORFOMÉTRICOS ANALIZADOS

En la tabla II. 3 se muestra un resumen de las características de los principales métodos morfométricos (*McIntyre and Mossey, 2003*).

TABLA II. 3. Resumen de los métodos morfométricos analizados

TÉCNICA	Requiere puntos de referencia	Datos de tamaño	Datos de forma	Tratamiento estadístico de datos	Análisis de casos individuales	Análisis de grupos	Salida visual
MCA	SI	SI	NO	Varios métodos uni-multivariados	SI	SI	Pobre Producido Indirectamente
PA	SI	NO	SI	Principal Componente Del análisis	NO	SI	Bueno
EDMA	SI	SI	SI	No tiene salida paramétrica	NO	SI	Debe Realizarse Indirectamente
TPS	SI	NO	SI	Análisis Multivariantes De resultados parciales	NO	SI	Bueno
FEM	SI	SI	SI	Varios métodos Uni-multi variantes	Ver texto	SI	Bueno
EFF	NO, pueden incluirse	SI	SI	Varios métodos Uni-multi variantes	NO	SI	Bueno
MAA	NO	NO	SI	Varios métodos Uni-multivariantes	Posible	SI	Difícil interpretar

MCA: Análisis Morfométrico Convencional. **PA:** Análisis Procusteano. **EDMA:** Análisis Matricial de Distancias Euclidianas. **TPS:** Análisis “Thin Plate Spline”. **FEM:** Morfometría de Elementos Finitos.

EFF: Funciones Elípticas de Fourier. **MAA:** Análisis de Mediatrices.

II. 3. 4. CRÍTICA A LOS MÉTODOS MORFOMÉTRICOS

Los métodos morfométricos permiten definir la forma de los cuerpos, compararlas e incluso identificar e informar en qué grado estas formas pueden modificarse. Por todo ello, presentan una inestimable utilidad en numerosos campos científicos, tal como se ha manifestado anteriormente. No obstante, se comprueba que el análisis de las formas se lleva a cabo como una cuestión independiente del entorno en que se inscriben. Es decir, los métodos son capaces de identificar cambios morfológicos, pero son incapaces de relacionar cuantitativamente esos cambios con las posibles causas que los generan. No pueden evaluar la influencia de variables externas, ni de variables internas de la propia forma.

II. 3. 5. USO DE MÉTODOS MORFOMÉTRICOS EN ORTODONCIA Y ORTOPEdia CRANEOFACIAL

II. 3. 5. 1. Métodos basados en Marcas o Señales

Dentro de éstos los más utilizados en ortodoncia son:

II. 3. 5. 1. A. ANÁLISIS PROCUSTEANO

Parte de la base de que el crecimiento dimensional de los huesos craneales y sus vísceras es alométrico por naturaleza, es decir, crecen de forma concéntrica con respecto a un punto centroide determinado que no crece o lo hace relativamente poco (*Skalak et al., 1983*). Este método es independiente del marco de referencia porque su única referencia es un punto o pequeña superficie que hace de centroide del crecimiento alométrico (Figura II. 9). No suele utilizarse demasiado de forma aislada, porque existe una enorme variabilidad entre el punto centroide del crecimiento alométrico en diferentes individuos, por lo que se utiliza intercalado con otros métodos de análisis como por ejemplo el TPS.

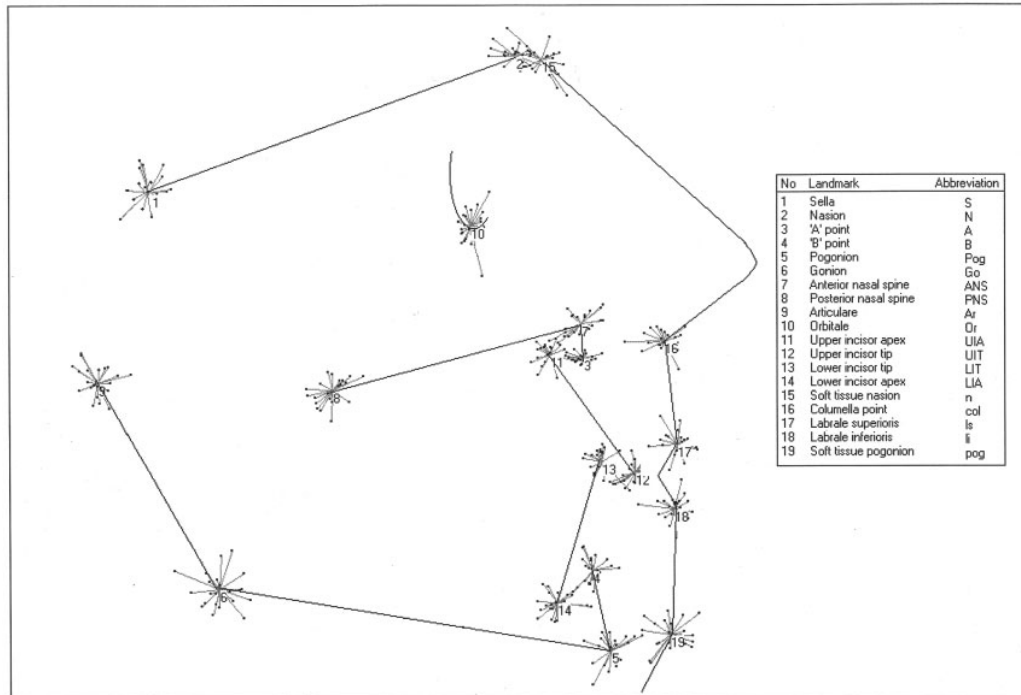


FIGURA II. 9. Análisis Procrusteano, que demuestra el cambio de la forma alrededor de los centroides digitalizados desde una serie de puntos cefalométricos (*McIntyre and Mossey, 2003*).

II. 3. 5. 1. B. ANÁLISIS MATRICIAL DE DISTANCIAS EUCLIDIANAS O MODELO DE CRECIMIENTO EN RED ALOMÉTRICA

Este método está basado en otra aplicación de la alometría, que diferentes autores consideran mejor que el anterior ya que define la red del crecimiento. Se tiene en cuenta que existe una red de puntos en una línea (bidimensional) o en el espacio (tridimensional) de manera que la longitud de cada elemento lineal entre dos puntos tiene su ritmo de crecimiento propio (Figura II. 10) (*Moss et al., 1985*).

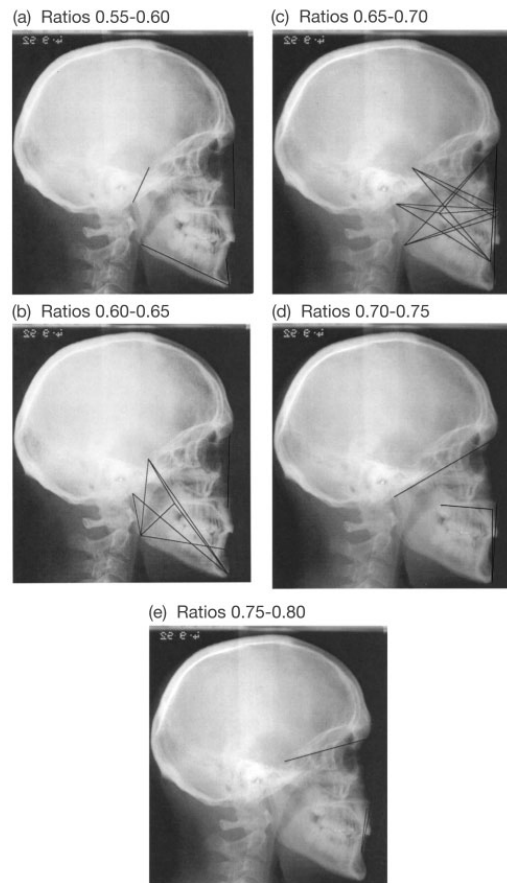


FIGURA II. 10. EDMA Ratios (*McIntyre and Mossey, 2003*)

II. 3. 5. 1. C. ANÁLISIS TPS

Este tipo de análisis está siendo utilizado cada vez más en ortodoncia/ortopedia craneofacial. Como ejemplos variados, se ha utilizado para analizar la cara y la morfología de la lengua en la apnea obstructiva del sueño (*Pae et al., 1997*) o para analizar el efecto de las osteotomías invertidas en L en pacientes con microsomía craneofacial (*Cerajewska and Singh, 2001, Hay and Singh, 2000*).

Dentro de la ortodoncia encontramos varios estudios relacionados sobre todo con la maloclusión de Clase III. Singh ya en 1997 empezó a realizar una amplia evaluación de la morfología craneofacial en pacientes con maloclusión de Clase III que le llevaría varios años. En todos ellos comparó a niños no tratados con maloclusión de Clase III con niños con Clase I, en todos realizó teleradiografías laterales de cráneo donde marcó diferentes puntos, éstos se digitalizaron y se analizaron con TPS, encontrando los siguientes resultados (*Singh et al., 1999, Singh et al., 1998, Singh et al., 1997a, Singh et al., 1997b, Singh et al., 1997c, Singh et al., 1997d*) :

- En la mandíbula: observó cambios en la forma mandibular más acentuados en los niños con Clase III. La mayor deformación la encontró en el cuerpo mandibular, produciendo un alargamiento de la mandíbula en sentido antero-posterior que, junto con los cambios encontrados también en la sínfisis, conducían a la aparición de un perfil de Clase III mandibular prognático.
- En la zona media facial: encontró cambios significativos siendo estos más acentuados en los niños con Clase III. Las deformaciones más significativas las encontró en la zona antero-posterior axial en combinación con una compresión vertical de la zona media facial. Se encontró con una disminución del desarrollo antero-posterior del complejo palatino que, junto con el acortamiento vertical de la zona posterior, producía una Clase III con un perfil retrusivo en la zona media facial.
- En la base craneal: las mayores diferencias las encontró en la zona posterior de la región de la base craneal mediante una compresión horizontal, una expansión vertical y una contracción del tamaño, concluyendo que la base craneal es diferente en pacientes con Clase III que en pacientes con Clase I.
- En los tejidos blandos: en los niños con Clase III se produjo una deformación antero-posterior y vertical en la zona del complejo maxilar en combinación con una elongación antero-inferior de los tejidos blandos mandibulares.
- En los tejidos blandos, según raza: realizaron un estudio sobre los cambios en los tejidos blandos de dos grupos, uno compuesto por 71 niños coreanos con

Clase III no tratada y otro con 71 niños de raza caucásica con Clase III también sin tratar, de entre 5-11 años de edad. Se marcaron 12 puntos en los tejidos blandos que se digitalizaron y se analizaron con TPS, encontrando que los niños coreanos presentaban una compresión de la zona antero-posterior de la zona labio-mentón que en los pacientes caucásicos no aparecía.

Baccetti y cols. (*Baccetti et al., 1999*) usaron TPS para evaluar los efectos de la expansión rápida del maxilar superior y máscara facial en 23 niños con Clase III, comparados con 17 niños no tratados que presentaban la misma maloclusión. Encontraron diferencias significativas en los niños tratados tanto en el maxilar como en la mandíbula. La mayor deformación de TPS, y por lo tanto la mayor diferencia, se observó en el desplazamiento hacia delante del complejo maxilar desde la región pterigoidea y en la rotación anterior de la mandíbula, debido a que la dirección de crecimiento del cóndilo mandibular se realizó hacia arriba y adelante. También encontraron cambios en el tamaño mandibular, con reducciones significativas en las dimensiones de la mandíbula en los pacientes tratados.

Más recientemente encontramos el uso de métodos morfométricos en el análisis del crecimiento mandibular. Franchi y cols. (*Franchi et al., 2001*) realizaron un estudio en 29 sujetos (15 hombres y 14 mujeres) que presentaban una clase I molar y canina, así como un resalte y sobremordida normales y estaban en edades anteriores al pico de crecimiento puberal. Tomaron telerradiografías laterales de cráneo de todos y en ellas marcaron 10 puntos en la mandíbula. Estas marcas se realizaron a lo largo del tiempo en otras 6 telerradiografías laterales de cráneo tomadas a los mismos sujetos. Los seis momentos de realización de las nuevas radiografías correspondieron a seis estados de maduración ósea diferentes en el crecimiento de los sujetos. Tras el análisis con TPS observaron unas diferencias del tamaño mandibular significativas en el intervalo del estadio 3 al 4 de maduración vertebral, debidas al crecimiento normal de los sujetos. En el análisis TPS el crecimiento normal de la mandíbula fue continuo en todos los estadios de medición,

siendo mínimo en los estadios prepuberales y máximo al llegar al pico de desarrollo puberal. Por lo tanto, la existencia de un pico de crecimiento puberal en la mandíbula humana se confirmó con el análisis TPS.

II. 3. 5. 1. D. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Este método de análisis se ha utilizado con éxito en estudios para otras ramas de la odontología, por ejemplo, en el cálculo que soporta la mandíbula durante el acto masticatorio cuando hay interferencias (*Llombart et al., 1992*) o el de stress que puede soportar una restauración de amalgama sobre diferentes cementos de resina (*Farah et al., 1975*). También para medir las fuerzas que soportan las coronas cementadas sobre dientes sanos y restaurados (*Yettram and Wright, 1976*) o las de un molar interferente asimétrico con o sin restauración (*Farah and Craig, 1974*).

En el caso del cráneo lo más útil es utilizar una serie de puntos anatómicos conocidos. Los más usados en el crecimiento de ortodoncia fueron definidos por Moss y son idénticos a los utilizados en la cefalometría clásica (*Moss et al., 1985*). Asumiendo que todos los puntos en un elemento finito crecen de forma similar, lo que se analiza para cada elemento finito son las fuerzas tensionales de crecimiento, mediante los cambios dimensionales, expresados como fracciones de las longitudes originales. Con este procedimiento, Singh y cols., (*Singh et al, 1997*) compararon las diferencias anatómicas entre pacientes que presentaban clase I molar y pacientes con clase III. En otro estudio compararon la morfología del tercio medio facial en función de las etnias, sobre 142 niños con ascendencia coreana, americana y europea (*Singh et al, 2000*).

También podemos encontrar la aplicación de este método morfométrico en el estudio de las fuerzas empleadas en aparatologías extraorales (*Geramy et al, 2011*) y sobre todo se observa su utilización en las fuerzas tensionales que soportan los microimplantes en ortodoncia (*Geramy et al, 2012*).

II. 3. 5. 1. E. E. ANÁLISIS BIORTOGONALES (MTA)

Su ventaja principal dentro de la ortodoncia es que no dependen de un marco de referencia como ocurre con los análisis cefalométricos (*Bookstein, 1984*).

Encontramos estudios sobre la base craneal humana (Figura II. 11) (*Crayson, 1985*).

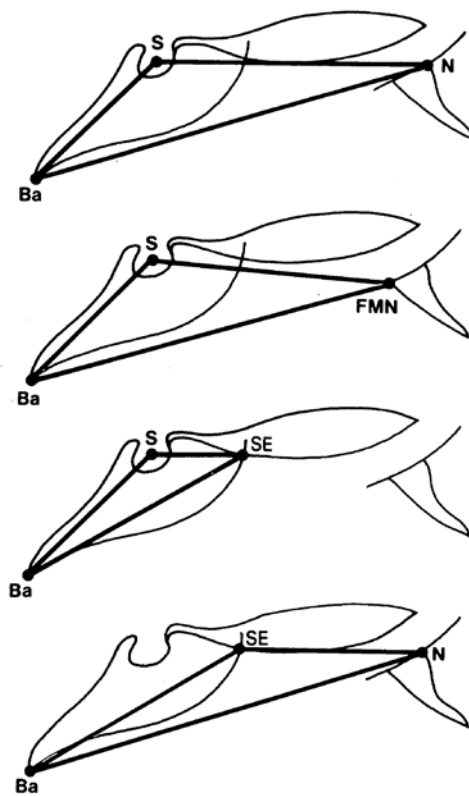


FIGURA II. 11. Base craneal humana (*Crayson, 1985*)

II. 3. 5. 2. Métodos basados en los contornos

Los más utilizados en ortodoncia han sido las Funciones Elípticas de Fourier (FEF) y los Análisis Cluster.

II. 3. 5. 2. A. FUNCIONES ELÍPTICAS DE FOURIER (FEF)

Aplica las Funciones Elípticas de Fourier al estudio de las coordenadas del complejo craneofacial. Halazonetis (*Halazonetis, 1991*) aplicó este método para realizar una descripción cuantitativa de la forma de la mandíbula. Kuhl y Giardina (*Kuhl and Giardina, 1982*) desarrollaron un sistema para aplicar gráficamente el estudio de las funciones elípticas al crecimiento del complejo craneofacial en dos momentos de tiempo distintos. Sugieren rotar cada forma a comparar hasta que el eje mayor de la primera elipse armónica coincida con el de la segunda. Pero presentaba dos inconvenientes: la dificultad de la orientación de los trazados y la necesidad de normalizar las diferencias en el tamaño. Por su parte, Chen y cols., (*Chen et al., 2000*) consiguieron describir formas mandibulares con errores medios de tan solo 110 micras y con un rango que oscila entre 90 y 140 micras.

II. 3. 5. 2. B. LOS ANÁLISIS CLUSTER

Ward (*Ward, 1963*) propuso el primer método Cluster (clasificación por agrupación de características similares) que se utilizó en ciencias biológicas. Su aplicación en la clasificación ortodóncica se realizó mediante representaciones gráficas estadísticas denominadas “dendrogramas”, que son análogas a los árboles genealógicos utilizados en otras ciencias. Estos van agrupando a los individuos estudiados según características diversas que pueden tener relación con la forma y crecimiento del complejo craneofacial. Para realizar la clasificación progresiva y jerárquica de los individuos en los grupos, se puede utilizar el programa informático CLUSTAN (*Wishart, 1987*) diseñado por Wishart o seguir las indicaciones propias de otros autores.

Lavergne y Gasson (*Lavergne and Gasson, 1978*) aplicaron este método para predecir cómo crecería un individuo teniendo en cuenta variables sobre el grupo más general al que pertenece. Finkelstein (*Finkelstein, 1988*) aplicó el análisis Cluster a algunas mediciones cefalométricas específicas.

II. 3. 5. 2. B. I. Técnica de Hasund modificada por Lavergne-Petrovic

Hasund (*Hasund, 1973*) propuso en Noruega un método operacional para la identificación de grupos de crecimiento concretos según diferentes patrones de desarrollo. En 1986, Petrovic y Stutzmann lo modificaron, pues lo consideraron como un método apropiado para ayudar a estudiar el crecimiento de las estructuras craneofaciales (*Petrovic and Stutzmann, 1986*).

II. 3. 5. 2. B. II. El polígono de Borréis y Adams

Este método es la lectura gráfica de los datos cefalométricos más representativos. Consiste en colocar en un gráfico los valores promedio para cada medición en líneas horizontales paralelas, unir entre sí, mediante líneas continuas, los valores mínimos y máximos correspondientes a los límites de la desviación standard aceptables para cada valor y marcar de forma similar, pero con una línea punteada, los valores de nuestro paciente. Para estudiar su crecimiento podemos transportar los datos de nuestra predicción cefalométrica a un nuevo polígono, y valorar lo lejos que están entonces los valores del valor promedio, que consideramos “normal”, o de los valores máximo y mínimo de la desviación standard (*Voorhies and Adams, 1951*).

II. 3. 6. ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS USADOS EN EL PROGNATISMO MANDIBULAR

Sólo unos pocos estudios han utilizado métodos morfométricos para determinar cambios en la forma mandibular después de la aplicación de diferentes aparatos ortopédicos y solamente uno intentó evaluar cambios en la forma mandibular tras el tratamiento con mentonera.

Los primeros en utilizar un método morfométrico para evaluar los cambios en la forma tanto maxilar como mandibular fueron Baccetti y Franchi (*Baccetti and Franchi, 1997*) que evaluaron niños tratados con un retractor mandibular removible. Utilizaron el análisis biortogonal donde escogieron tres puntos característicos para la mandíbula (Co-Go-Pg) y tres para el maxilar (T-FMN-A). Con estos puntos realizaron dos triángulos en cada una de las cefalometrías de cada niño. Posteriormente, comparando esos triángulos apreciaron cambios significativos en ellos. Estos cambios demostraban que el maxilar se había incrementado en su tamaño mediante un desplazamiento más hacia abajo y hacia delante del punto A. Además el cóndilo cambió su dirección de crecimiento siendo más hacia arriba y hacia delante, lo que conducía a una disminución de la longitud total mandibular.

Chang y cols (*Chang et al., 2005c*), desarrollaron un estudio mediante PA y FESA para evaluar los efectos del tratamiento combinado con mentonera y disyunción palatina. Compararon 20 niños tratados con un grupo similar de niños no tratados, marcando en ambos grupos los mismos puntos. Realizaron dos mapas morfométricos mediante FESA, uno para evaluar los cambios creaneofaciales totales y otro para evaluar los cambios en el tercio medio facial. La deformación más importante observada fue un avance del complejo maxilar con una rotación insignificante del plano palatino y una dirección del crecimiento del cóndilo mandibular hacia delante asociado con una restricción en el avance sagital de la sínfisis mandibular.

Finalmente, sólo se ha realizado una investigación que ha tratado de evaluar los cambios en la forma mandibular mediante métodos morfométricos tras la aplicación de la mentonera como único aparato ortopédico. Se trata del estudio piloto de Liu y cols (*Liu et al., 2004*) que incluyó sólo a 4 niños con maloclusión de Clase III por prognatismo mandibular. Dos de ellos fueron tratados y los otros dos no recibieron tratamiento. El método utilizado fue TPS seleccionando los puntos estratégicos anatómicos mandibulares a partir de las teleradiografías pretratamiento y post-tratamiento con mentonera. Los efectos básicos registrados en los pacientes con mentonera mostraron una alometría negativa en la porción superior de la rama ascendente, en la región mentoniana, en la sinfisaria y en el ángulo goníaco. Y una alometría positiva en el cuerpo mandibular, en los alveolos incisivos y en la cabeza condilar.





III. OBJETIVOS

Como objetivos del presente estudio nos hemos planteado:

1. Analizar cefalométricamente los efectos ortopédicos y dentarios producidos por la mentonera en una población infantil con maloclusión de Clase III esquelética por prognatismo mandibular.
2. Determinar mediante morfometría geométrica si el tratamiento con mentonera produce cambios en la forma de la mandíbula en niños con Clase III esquelética por prognatismo mandibular.
3. Evaluar mediante morfometría geométrica cambios en la forma de la mandíbula por crecimiento espontáneo en niños con Clase III esquelética por prognatismo mandibular.
4. Mejorar nuestro conocimiento actual sobre el mecanismo de acción de la mentonera sobre la mandíbula.
5. Valorar los beneficios del tratamiento temprano con mentonera para su aplicación clínica en la maloclusión de Clase III por prognatismo mandibular.



IV. MATERIAL Y MÉTODO

IV. 1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

IV. 1. 1. GRUPO MENTONERA

La muestra del grupo experimental para este trabajo estaba constituida por 50 sujetos (25 varones y 25 hembras) con maloclusión de Clase III esquelética por prognatismo mandibular, que habían recibido tratamiento únicamente con mentonera. Estos casos se seleccionaron de entre una muestra de 110 pacientes tratados con mentonera por presentar un estrechamiento de la sínfisis, lo que constituye un signo inequívoco de colaboración (Mitani and Fucazawz, 1986, Ritucci and Nanda, 1986) (Figura IV. 1).

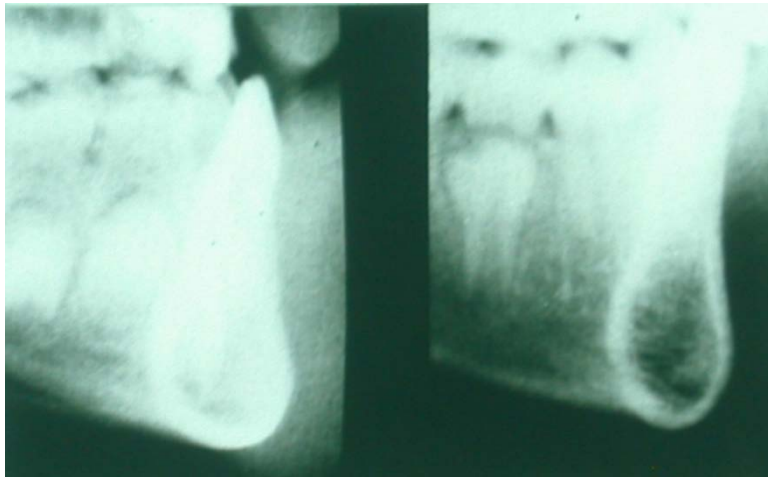


FIGURA IV. 1. Estrechamiento de la sínfisis tras el uso de la mentonera en un caso del grupo experimental

La edad media de los niños en el momento de la primera observación fue de $8,5 \pm 0,5$ años. El periodo medio de tratamiento con mentonera fue de 36 meses,

siendo la edad media de este grupo al finalizar el tratamiento (momento de la segunda observación) de 11.4 ± 0.6 años (Tabla IV. 1), (Figura IV. 2).

TABLA IV. 1. Grupos de estudio por edad y sexo

GRUPOS	n	SEXO		EDAD INICIAL		EDAD FINAL		PERIODO OBSERVACIÓN	
		Varón	Hembra	Ā	D.S	Ā	D.S.	Ā	D.S.
Experimental	50	25	25	8,5	0,5	11,4	0,6	36	0,0
Control	40	20	20	8,6	0,4	11,7	0,5	36	0,0

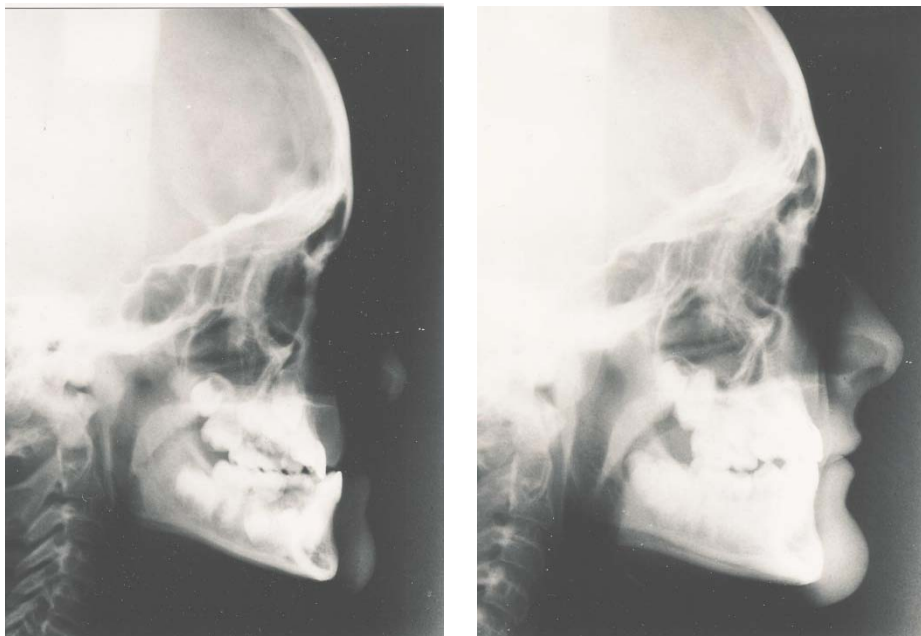


FIGURA IV. 2. Paciente del grupo experimental, antes y después del tratamiento con mentonera.

IV. 1. 2. GRUPO CONTROL

La muestra del grupo control la conformaban 40 sujetos (20 varones y 20 hembras) también con Clase III esquelética por prognatismo mandibular, de características similares al grupo anterior, pero que no habían recibido ningún tipo de tratamiento. Este grupo control se pudo formar con niños a los cuales, tras realizárseles el diagnóstico de ortodoncia y el plan de tratamiento necesario, sus padres rechazaron el tratamiento por diversos motivos, pero continuaron sus revisiones odontológicas, por lo que se les pudo hacer el seguimiento de la maloclusión.

La edad media inicial de este grupo era de $8,6 \pm 0,4$ años y la final de $11,7 \pm 0,5$ años. Se siguieron durante un periodo de tiempo medio de 36 meses (Tabla IV. 1.).

IV. 1. 3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN - EXCLUSIÓN PARA AMBOS GRUPOS

Los criterios de inclusión para ambos grupos fueron:

- Clase III esquelética (Ángulo ANB $< 0^\circ$; Wits ≤ 2 mm).
- Prognatismo mandibular (Ángulo SNB $> 82^\circ$).
- Maxilar superior normal (Ángulo SNA $82^\circ \pm 2^\circ$).
- Relación molar de Clase III, de al menos media cúspide.
- Resalte incisal ≤ 0 mm.
- Relación molar de escalón mesial acentuado en segundos molares temporales.
- Origen caucásico.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Agencias dentarias o supernumerarios.
- Ausencias dentarias por extracción.
- Anomalías craneofaciales.
- Disfunción de ATM.
- Tratamiento ortopédico u ortodóncico previo.

En todos los casos los padres dieron su consentimiento informado por escrito para que sus hijos participaran en este estudio, el cual fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Complutense de Madrid.

IV. 2. PROTOCOLO DE TRATAMIENTO

El tratamiento ortopédico se llevó a cabo mediante mentonera de tiro occipital. La mentonera utilizada era de material plástico (Dentaurum Group, Ispringen, Alemania), con dos vástagos laterales de alambre de 1,5 milímetros de diámetro y 4 centímetros de largo para enganchar los elementos de tracción del apoyo occipital. Se aplicó una fuerza que iba del mentón al occipucio, pasando cercana al cóndilo mandibular a lo largo de una línea desde gnation a la silla turca. En cada lado tenía un módulo de tracción constituido por un muelle de espiral cerrada de acero, contando además con una escala graduada de valores de fuerza, que permite conocer la intensidad de la fuerza empleada. Se aplicó una fuerza de 300 gr por lado durante un tiempo medio de 14 horas diarias. En la Figura IV. 3 se puede observar a una paciente del grupo experimental con la mentonera colocada.

Todos los niños, tanto los del grupo control como los del grupo experimental, comenzaron el tratamiento/periodo de observación antes del brote de crecimiento puberal, estando al inicio del estudio en un estadio de maduración cervical vertebral 1 (CS1) y al final en un estadio 3 (CS3) (*Baccetti et al., 2005a*).

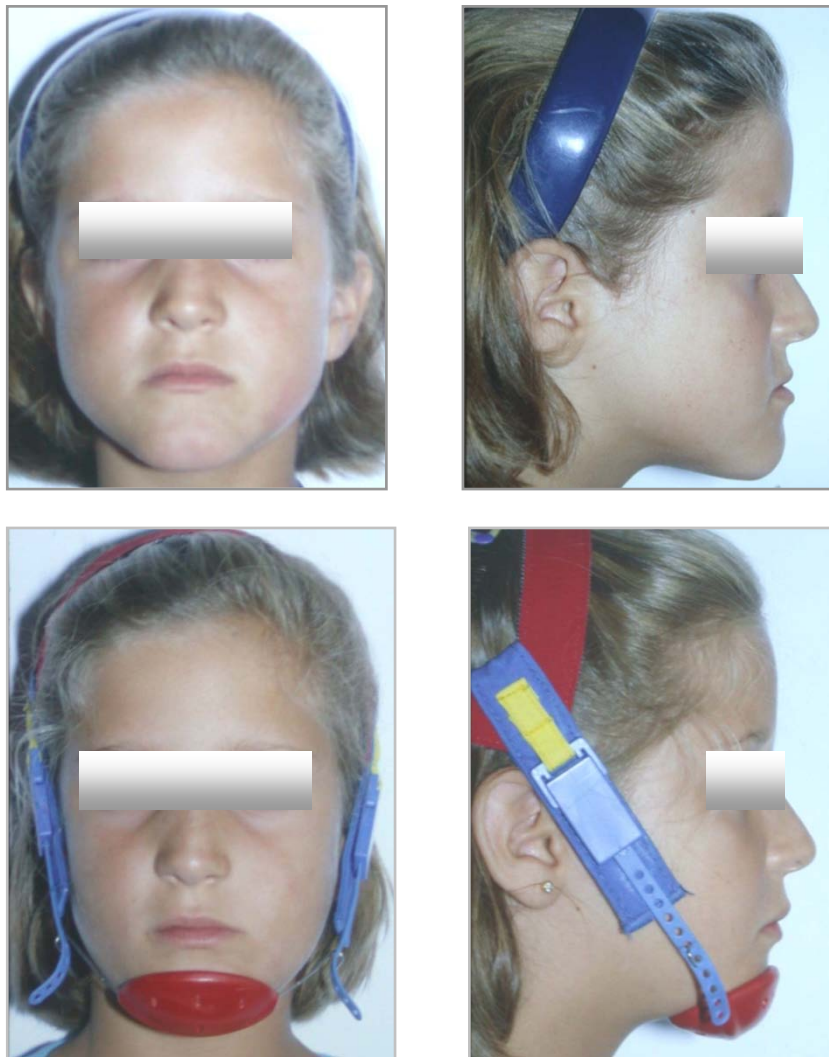


FIGURA IV. 3. Paciente del grupo experimental, con y sin mentonera

IV. 3. MÉTODO

Todos los sujetos del estudio fueron examinados y se les realizó una historia clínica general y bucal completa, así como una exploración ortodóncica exhaustiva. Además en cada paciente se tomó una telerradiografía lateral de cráneo en oclusión céntrica antes del comienzo del estudio (T1) y otra después del periodo de observación (T2).

IV. 3. 1. MÉTODO TELERADIOGRÁFICO

Todas las telerradiografías laterales de cráneo se hicieron en el mismo equipo de Rayos X (Orthotomograph-10, Trophy OPX/105, Radiología Trophy, Marne la Vallée, Francia; 90kV, 10-15 mA). Los pacientes se colocaron de un modo estandarizado, para evitar errores y homogeneizar la técnica, siguiendo las siguientes características:

- Se colocaron erguidos y paralelos al portapelículas en el centro del cefalostato.
- La altura de las olivas se reguló para cada uno de ellos.
- Las olivas se introdujeron en los conductos auditivos de forma cómoda y confortable.
- Se buscó el paralelismo del plano de Frankfort con el suelo, manejando al paciente por el mentón.
- Se inmovilizaron las cabezas de los pacientes desplazando el apoyo de nasion.
- La distancia media foco-placa fue de 150 cm.
- La distancia placa-sujeto fue de 10 cm.
- Mantuvieron la boca cerrada en oclusión céntrica y sellado labial.
- La magnificación radiográfica se estandarizó en un 8%.

IV. 3. 2. MÉTODO CEFALOMÉTRICO



Sobre las telerradiografías laterales de cráneo de cada paciente se llevó a cabo un estudio cefalométrico para evaluar el tipo de maloclusión y la morfología dento-esquelética. Para ello se señalaron los siguientes puntos:

- Sella (S).
- Nasion (N).
- Porion (Po).
- Orbitale (Or).
- Basion (Ba).
- Articulare (Ar).
- Condíleon (Co).
- Espina nasal anterior (ENA).
- Espina nasal posterior (ENP).
- Punto A (A).
- Punto B (B).
- Pogonion (Pg).
- Menton (Me).
- Gnation (Gn).
- Punto sinfisal (Symp).
- Antegonial (Ag).
- Punto Pt.
- Punto incisal superior (A1).
- Punto apical incisivo superior (AR).
- Punto incisal inferior (B1).
- Punto apical incisivo inferior (BR).
- Primer molar superior (U6).
- Primer molar inferior (L6).
- Punto AO.
- Punto BO.

Para el análisis cefalométrico se seleccionaron una serie de medidas lineales, angulares y de proporción de diversos autores (McNamara, 1984, Jacobson, 1975, Riolo et al., 1974, Dows, 1956, Steiner, 1953, Riedel, 1952), hasta completar una lista de 26 parámetros, divididos en seis áreas:

- BASE DEL CRÁNEO:
 - Ángulo Basion-Silla-Nasion (°).
 - Deflexión craneal de Ricketts (°).

- MAXILAR SUPERIOR:
 - Ángulo SNA (°).
 - Distancia ENA-ENP (mm).
 - Profundidad maxilar (mm).
 - Longitud maxilar (Co-A).

- MANDÍBULA:
 - Ángulo SNB (°).
 - Ángulo Ar-Go-Me (°).
 - Distancia Co-Gn (mm).
 - Plano mandibular de Ricketts (mm).
 - Anchura de la sínfisis (Symp-Pg) (mm).
 - Longitud mandibular (Co-Gn) (mm).

- RELACIÓN INTERMAXILAR:
 - Ángulo ANB (°).
 - Wits (mm).
 - Diferencia maxilomandibular (mm).

- PATRÓN FACIAL:
 - Eje facial (°).
 - Proporción de alturas faciales (S-Go/N-Me) x 100 (%).

- ANÁLISIS DENTARIO:
 - Relación molar (mm).
 - Resalte incisivo (mm).
 - Ángulo interincisal (°).
 - Ángulo de INC SUP con SN (°).
 - Ángulo de INC INF con Go-Gn (°).

Para calcular el error cometido en la localización de los puntos y en el trazado cefalométrico y para garantizar la reproducibilidad, se seleccionaron al azar 25 telerradiografías de cráneo y se volvieron a marcar los puntos seleccionados y a trazar las mismas cefalometrías, siguiendo el método recomendado por Dahlberg (*Dahlberg, 1940*). El error de Dahlberg varió entre 0,15 y 0,56 mm y entre 0,21 y 0,54 grados.

IV. 3. 3. MÉTODO MORFOMÉTRICO

Sobre las telerradiografías laterales de cráneo se marcaron 21 puntos (Fig. IV. 4) representativos de la morfología de la mandíbula (*Riolo et al., 1974*) por medio del software tpsDIG 2.12 (tpsSeries, J.F. Rohlf, Departament of Ecology and Evolution, State Univeristiy of New York at Stony Brook; descarga gratuita: <http://www.morphometrics.org/morpheus.html>).

Puntos utilizados:

- Rama anterior (punto más posterior del borde anterior de la rama mandibular).
- Apófisis coronoides.
- Escotadura sigmoidea.
- Articulare anterior (intersección anterior de la cabeza del cóndilo y la base posterior del cráneo).
- Condilion.
- Articulare posterior (intersección posterior de la cabeza del cóndilo y la base posterior del cráneo).
- Rama posterior (punto más profundo de la concavidad del borde posterior de la rama mandibular).
- Gonion superior (punto más alto de la curva goníaca).
- Gonion.
- Gonion inferior (punto más bajo de la curva goníaca).
- Escotadura antegoniaca.
- Menton.
- Gnation.
- Pogonion.
- Punto B.
- Infradental (punto más antero-superior de la cara vestibular del alveolo del incisivo mandibular).

- Infradental interno (punto más antero-superior de la cara lingual del alveolo del incisivo mandibular).
- Sínfisis.
- Ápice del incisivo mandibular.
- L1 (borde incisal del incisivo mandibular más prominente).
- Cúspide mesial del primer molar mandibular.

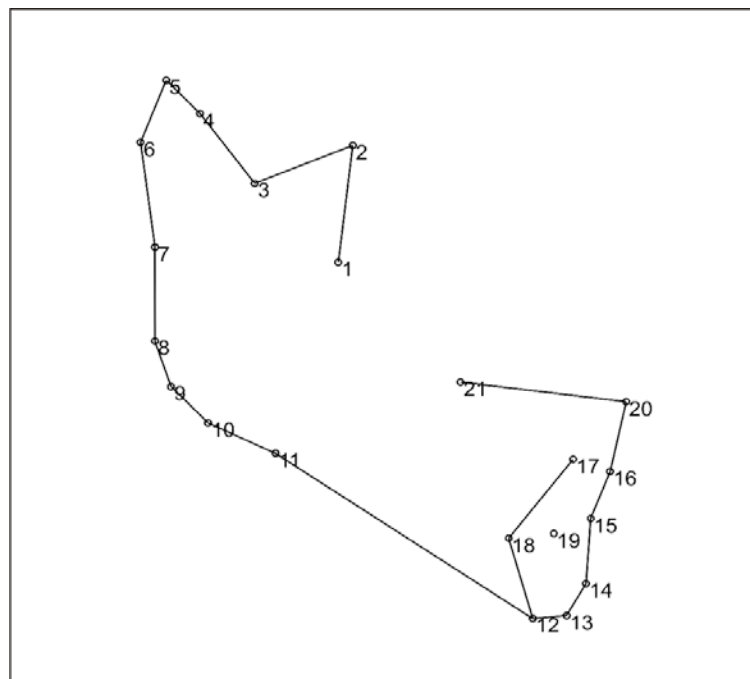


FIGURA IV. 4. Puntos seleccionados para el análisis morfométrico de la mandíbula

Todos estos puntos fueron localizados por el mismo examinador. El error intra-observador se evaluó mediante un test MANOVA sobre los datos de diez telerradiografías laterales de cráneo seleccionadas al azar en cuatro días diferentes, sin encontrar diferencias significativas ($Wilk's \lambda = 0,00$; $F = 1,69$; $df_{1,2} = 138, 6, 47$; $P = 0,2$).

Los datos de los puntos descritos en la mandíbula fueron analizados a continuación mediante morfometría geométrica estándar, aplicando los Análisis Procusteano y TPS (*Bookstein, 1991, Rohlf and Slice, 1990*).

El análisis Procusteano es un método morfométrico de superposición que elimina toda la variación en las configuraciones de puntos que no impliquen a la forma (shape) y se definen como la transformación de dos o más figuras con el fin de que adquieran algún tipo de relación geométrica con otra figura. Esta técnica se basa en la simple idea de colocar una configuración de puntos directamente sobre otra, haciendo que sus puntos homólogos coincidan lo máximo posible de manera tal que pueda obtenerse una mínima medida de distancia entre ambas configuraciones (criterio de optimización) (*Bookstein, 1991*). En la práctica, a una de las formas se la designa como forma de referencia y a la otra forma, objetivo (target). El cambio en la forma se determina por el desplazamiento de los puntos en la forma objetivo desde los puntos correspondientes en la forma de referencia.

La técnica de superposición implica tres pasos:

- Fijar la forma de referencia en una orientación dada.
- Trasladar y rotar la otra forma (target u objetivo) de manera que se ajuste lo máximo posible a la forma de referencia.
- Estudiar la magnitud y dirección de la diferencia entre las formas en cada punto.

Existen diferentes criterios de ajuste y cada uno da como resultado diferentes superposiciones. Una manera de transformar las coordenadas de los puntos que definen a los objetos es el Shape Space de Kendall, eliminando los efectos de traslación, rotación y escala a través de un Análisis Generalizado Procusteano (*Rohlf,*

1999, Goodall, 1991), que es el que hemos utilizado en nuestro estudio. En este análisis se superponen las configuraciones de puntos siguiendo el criterio de los mínimos cuadrados para los efectos de traslación y rotación. Expresado de otro modo, las formas son superpuestas de manera tal que la suma de las distancias al cuadrado entre los puntos correspondientes de las dos formas, sean mínimas.

En primer lugar, cada configuración se centra en el origen del sistema de coordenadas y luego se escala a una unidad de tamaño común. Esto se hace dividiendo cada configuración de puntos por su forma central (Bookstein, 1986). Luego, una de las configuraciones se rota hasta alinearla con la otra de modo que d (la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado entre los puntos correspondientes) sea lo más pequeña posible (Rohlf, 1999, Rohlf and Slice, 1990). La cantidad d es la distancia del Análisis Procusteano. Este proceso es repetido hasta obtener la forma promedio o consenso, la cual no puede estimarse antes de la superposición. Tras la superposición, se analizan los residuos de cada punto con respecto a la configuración de referencia para detectar y estudiar las diferencias.

Seguidamente utilizamos el análisis TPS; propuesto por Bookstein (Bookstein, 1989a), es la técnica de deformación más utilizada para estudiar las diferencias en la forma. Se trata de una técnica de deformación que utiliza funciones de interpolación para describir la ubicación relativa de los puntos en la configuración inicial (forma de referencia) con respecto a la forma objetivo. La función de interpolación que se utiliza en TPS para describir la ubicación relativa de la configuración de puntos es tal que minimiza la cantidad de cambio necesario para deformar una "malla". TPS puede usarse para interpolar entre dos o más superposiciones del Análisis Procusteano generalizado y visualizar las diferencias en sus formas. Esta visualización tiene la ventaja de que las diferencias en la forma se resumen según la transformación que sufre la malla, por lo que es muy intuitivo. La deformación de la malla también ofrece una idea de los cambios en la forma en las zonas que quedan entre los puntos. Pero sobre todo, su mayor ventaja es que TPS proporciona un set de variables de forma

ortonormal que pueden utilizarse en los análisis estadísticos más comunes (*Zelditch et al., 2004, Rohlf, 1996, Bookstein, 1991*).

IV. 3. 4. MÉTODO ESTADÍSTICO

Los procedimientos estadísticos utilizados para el análisis cefalométrico han sido:

- Estadística Descriptiva: se ha calculado la media y desviación estándar de cada variable.
- Estadística Comparativa: Las variables cefalométricas se compararon mediante el test U de Mann-Whitney, pues no seguían una distribución normal, estableciéndose los niveles de significación en $P \leq 0,05$ (*), $P \leq 0,01$ (**) y $P \leq 0,001$ (***)).

Se han comparado las variables:

- Intragrupo: en cada grupo se han comparado las medias de cada variable antes y después del periodo de observación.
- Intergrupo: además se han comparado las medias de las diferencias de cada variable entre ambos grupos de estudio.

Estos análisis se efectuaron con el software SPSS (versión 1.0, SPSS, Chicago, Ill, USA).

En el análisis morfométrico la hipótesis nula, es decir, no efecto del tratamiento con mentonera sobre la forma de la mandíbula, fue probada mediante la comparación de la forma media de los puntos mandibulares antes y después del

tratamiento comparado con el grupo control. Se empleó el test de Permutación ($n = 999$) para comparar las formas medias, en donde la pertenencia a un grupo fue permutada repetidamente y la distancia del Análisis Procusteano observada se comparó con la distribución de las distancias Procusteanas obtenidas con la comparación de grupos permutados. Este test estadístico se efectuó con el software Morpheus (Morpheus et al., D. E. Slice, Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook; descarga gratuita: <http://www.morphometrics.org/morpheus.html>).

A continuación se mostraron las formas medias en una malla de transformación TPS para poder analizarlas visualmente. Este análisis se hizo con el software tpsSPLINE (tpsSeries).



V. RESULTADOS

V. 1. ANÁLISIS CEFALOMÉTRICO

V. 1. 1. VARIABLES CEFALOMÉTRICAS INICIALES DE AMBOS GRUPOS

Como podemos ver en la tabla V. 1 tanto el grupo mentonera como el grupo control presentan similares morfologías dento-esqueléticas, no habiendo diferencias significativas en las variables cefalométricas de ambos grupos antes del inicio del estudio.

PARÁMETROS		GRUPO MENTONERA		GRUPO CONTROL		p
		Ẋ	D.S	Ẋ	D.S	
Base del Cráneo	Ángulo Ba-S-N	129,95	4,61	129,11	3,94	NS
	Deflexión craneal	27,88	2,18	28,70	1,90	NS
Maxilar superior	Ángulo SNA	79,21	3,76	79,09	3,28	NS
	Distancia ENA-ENP	47,03	4,62	48,08	2,51	NS
	Profundidad Maxilar	88,71	2,74	88,24	2,82	NS
	Longitud Maxilar (Co-A)	75,18	4,25	75,97	3,87	NS
Mandíbula	Ángulo SNB	80,38	3,39	79,45	3,21	NS
	Ángulo Ar-Go-Me	132,32	4,57	130,59	5,93	NS
	Distancia Go-Gn	68,72	4,23	71,06	4,92	NS
	Plano Mandibular de Rickets	26,15	4,05	26,26	4,48	NS
	Anchura Sífnisis	14,24	1,65	14,92	1,70	NS
	Longitud Mandibular (Co-Gn)	103,04	6,10	105,47	5,96	NS
Relación intermaxilar	Ángulo ANB	-0,33	2,36	-0,35	2,04	NS
	Diferencia Máxilo-Mandibular	27,86	4,23	29,50	5,19	NS
	Wits	-7,20	4,49	-5,51	2,93	NS
Campo Dentario	Relación Molar	-4,95	2,58	-4,36	1,61	NS
	Resalte Incisivo	-1,90	1,75	-1,37	2,31	NS
	Ángulo INC SUP con SN	98,53	6,60	98,38	7,47	NS
	Ángulo INC INF con Go-Gn	85,98	6,56	87,43	6,23	NS
Patrón Facial	Eje Facial	91,01	3,74	89,58	3,80	NS
	Proporción alturas faciales (S-Go /N-Me)x100	61,18	3,24	61,47	3,39	NS

Tabla V. 1. Variables cefalométricas iniciales de ambos grupos.

V. 1. 2. GRUPO MENTONERA

- **Base del Cráneo**

No hubo diferencias significativas entre antes y después del tratamiento con mentonera en ninguna de las variables cefalométricas que valoraron los cambios sobre la base del cráneo. Tanto el ángulo Ba-S-N como la deflexión craneal se mostraron bastante estables durante el periodo de observación (Tabla V. 2 y Figura V. 1).

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		<i>p</i>
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo Ba-S-N	129,95	4,61	129,74	3,94	0,831 NS
Deflexión craneal	27,88	2,18	28,44	2,53	0,302 NS

Tabla V. 2. Resultados de la base del cráneo.

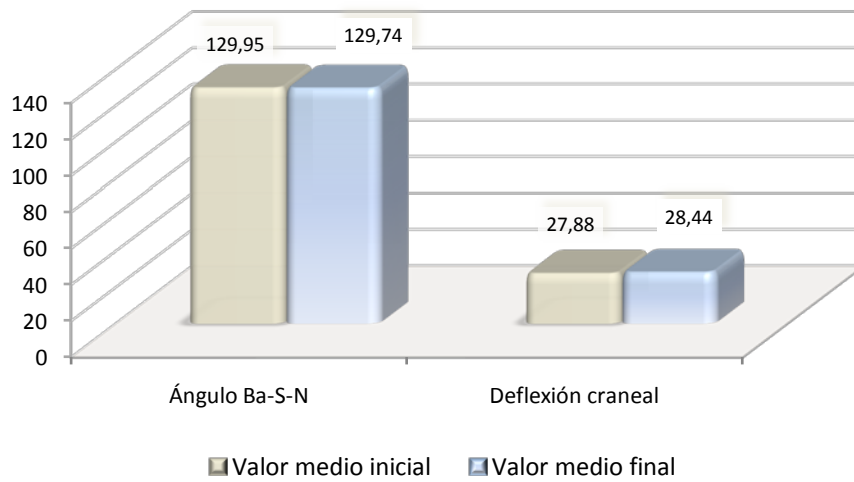


Figura V. 1. Resultados de la base del cráneo.

- **Maxilar Superior**

En la Tabla V.3 y Figura V.2 se muestran los cambios del maxilar superior. Entre antes y después del periodo de tratamiento sólo hubo diferencias significativas a nivel de medidas lineales (distancia ENA-ENP, que pasa de $47,03 \pm 4,62$ mm a $49,42 \pm 3,97$ mm; $p = 0,01$ y longitud maxilar, que pasa de $75,18 \pm 4,25$ mm a $79,31 \pm 4,26$ mm; $p < 0,001$), sin embargo las mediciones angulares (ángulo SNA y profundidad maxilar) permanecieron bastante estables.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNA	79,21	3,76	79,37	3,33	0,831 NS
Distancia ENA-ENP	47,03	4,62	49,42	3,97	<0,01 **
Profundidad Maxilar	88,71	2,74	88,98	2,91	0,672 NS
Longitud Maxilar (Co-A)	75,18	4,25	79,31	4,26	<0,001 ***

Tabla V. 3. Resultados del maxilar superior.

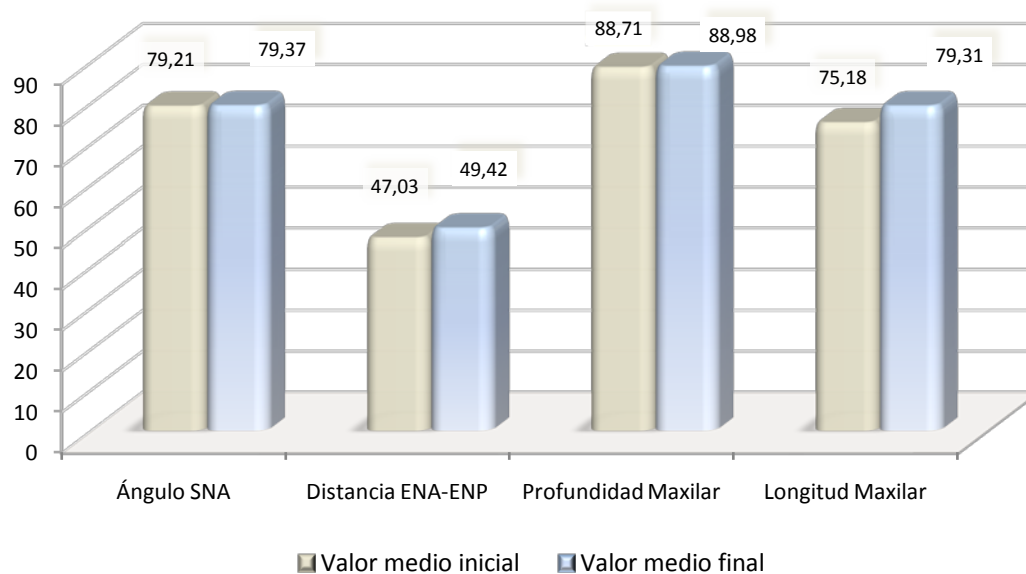


Figura V. 2. Resultados del maxilar superior.

- **Mandíbula**

Es el campo en el que se observaron mayores diferencias entre antes y después del tratamiento (Tabla V. 4 y Figura V. 3).

El ángulo SNB se redujo de una media de $80,38 \pm 3,39^\circ$ hasta los $76,96 \pm 2,92^\circ$, siendo esta diferencia altamente significativa ($p < 0,001$). El ángulo goníaco se cerró, pasando de los $132,32 \pm 4,57^\circ$ de media inicial a los $127,92 \pm 4,80^\circ$ de media final, y la sínfisis se estrechó, ($p < 0,001$), lo que es reflejo de colaboración, tal como se estableció en el diseño de este estudio.

Cabe destacar que la diferencia en la longitud mandibular (distancia Go-Gn) no mostró diferencias significativas.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNB	80,38	3,39	76,96	2,92	<0,001 ***
Ángulo Ar-Go-Me	132,32	4,57	127,92	4,80	<0,001 ***
Distancia Go-Gn	68,72	4,23	71,39	4,44	0,01 **
Plano Mandibular de Rickets	26,15	4,05	26,64	4,01	0,592 NS
Anchura Sínfisis	14,24	1,65	12,24	1,61	<0,001 ***
Longitud Mandibular (Co-Gn)	103,04	6,10	105,17	6,31	0,134 NS

Tabla V. 4. Resultados de la mandíbula.

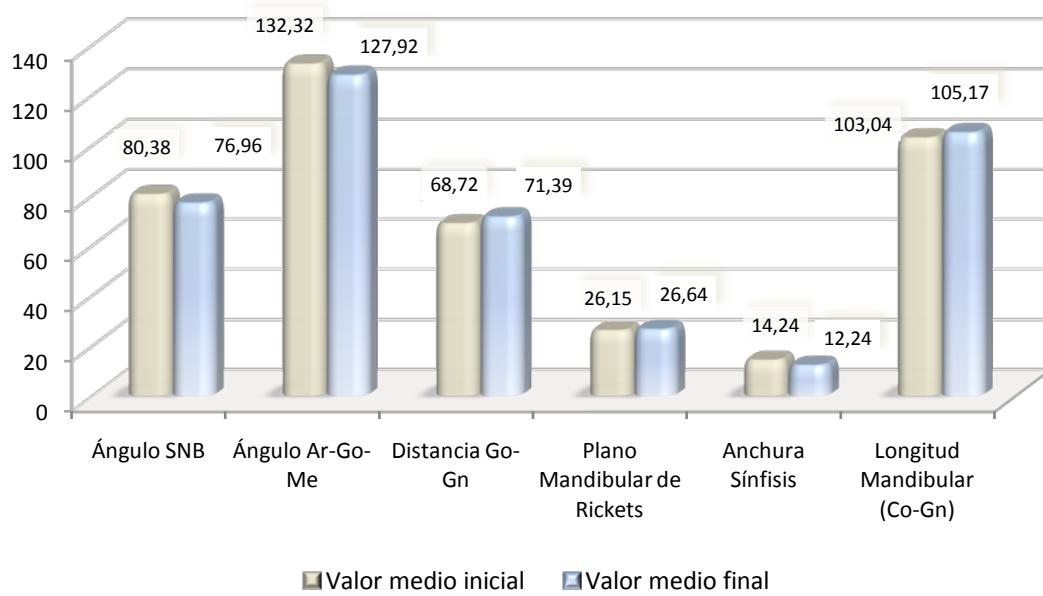


Figura V. 3. Resultados de la mandíbula.

- **Relación Intermaxilar**

Las tres variables indicativas de la relación esquelética experimentaron cambios estadísticamente significativos (Tabla V. 5 y Figura V. 4): el ángulo ANB pasó de $-0,33 \pm 2,36^\circ$ a $2,42 \pm 2,19^\circ$ ($p < 0,001$), la diferencia máxilo-mandibular descendió desde $27,89 \pm 4,23$ mm a $26,12 \pm 4,29$ mm ($p < 0,05$), por último el Wits pasó de $-7,20 \pm 4,49$ mm a $-1,73 \pm 3,01$ mm ($p < 0,001$).

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo ANB	-0,33	2,36	2,42	2,19	<0,001 ***
Diferencia Máxilo-Mandibular	27,86	4,23	26,12	4,29	<0,05 *
Wits	-7,20	4,49	-1,73	3,01	<0,001 ***

Tabla V. 5. Resultados de la relación intermaxilar.

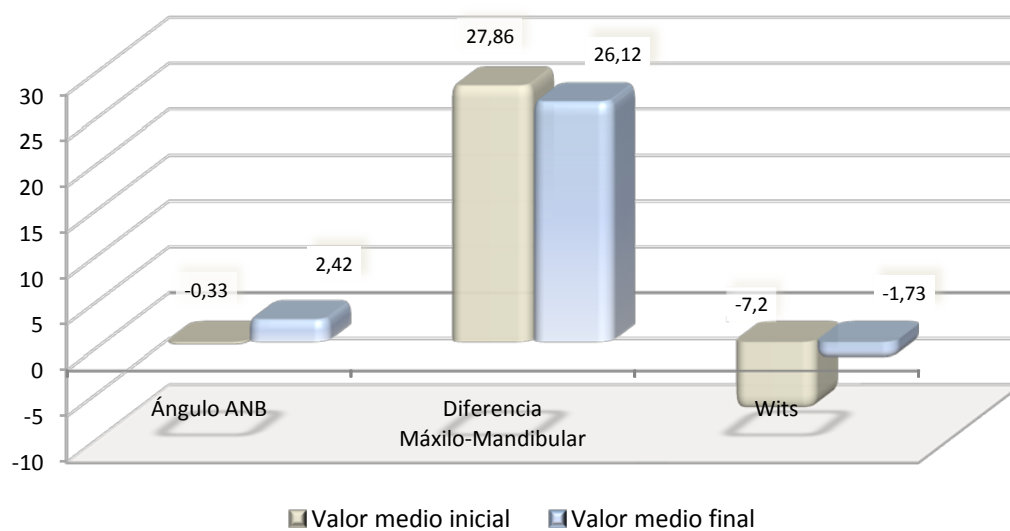


Figura V. 4. Resultados de la relación intermaxilar.

- **Campo Dentario**

En la Tabla V. 6 y Figura V. 5 se describen las variaciones a nivel de molares e incisivos. Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en la relación molar que pasó de $-4,95 \pm 2,58$ mm a $-2,13 \pm 2,19$ mm ($p < 0,001$) y en el resalte incisivo, de $-1,90 \pm 1,75$ mm a $3,07 \pm 1,35$ mm ($p < 0,001$), y por tanto mejoraron, encaminando la maloclusión sustancialmente hacia una relación de Clase I.

El incisivo superior experimentó una significativa vestibulización ($p < 0,01$), pasando de los $98,53 \pm 6,6^\circ$ iniciales a los $102,65 \pm 6,74^\circ$ al final del tratamiento. Sin embargo, no se apreciaron cambios significativos a nivel del incisivo inferior.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Relación Molar	-4,95	2,58	-2,13	2,19	<0,001 ***
Resalte Incisivo	-1,90	1,75	3,07	1,35	<0,001 ***
Ángulo INC SUP con SN	98,53	6,60	102,65	6,74	<0,01 **
Ángulo INC INF con Go-Gn	85,98	6,56	86,34	7,18	0,811 NS

Tabla V. 6. Resultados del campo dentario.

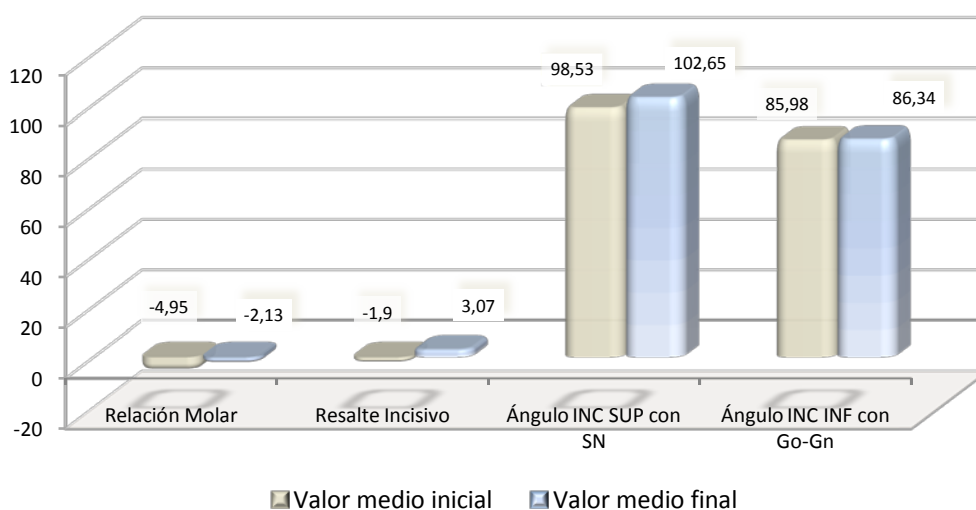


Figura V.5. Resultados del campo dentario.

- **Patrón Facial**

El último campo analizado fue el patrón facial, cuyos resultados aparecen descritos en la Tabla V.7 y Figura V.6. En este caso los resultados mostraron una postero-rotación mandibular, ya que se abrió el eje facial, desde los $91,01 \pm 3,74^\circ$ de media inicial, hasta los $87,39 \pm 4,09^\circ$ registrados al final del tratamiento ($p < 0,001$). Sin embargo, esta tendencia al aumento de las dimensiones verticales no se reflejó en la proporción de alturas faciales, ya que esta variable no experimentó diferencias significativas.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Eje Facial	91,01	3,74	87,39	4,09	<0,001 ***
Proporción alturas faciales (S-Go /N-Me) x 100	61,18	3,24	60,56	3,28	0,390 NS

Tabla V. 7. Resultados del patrón facial.

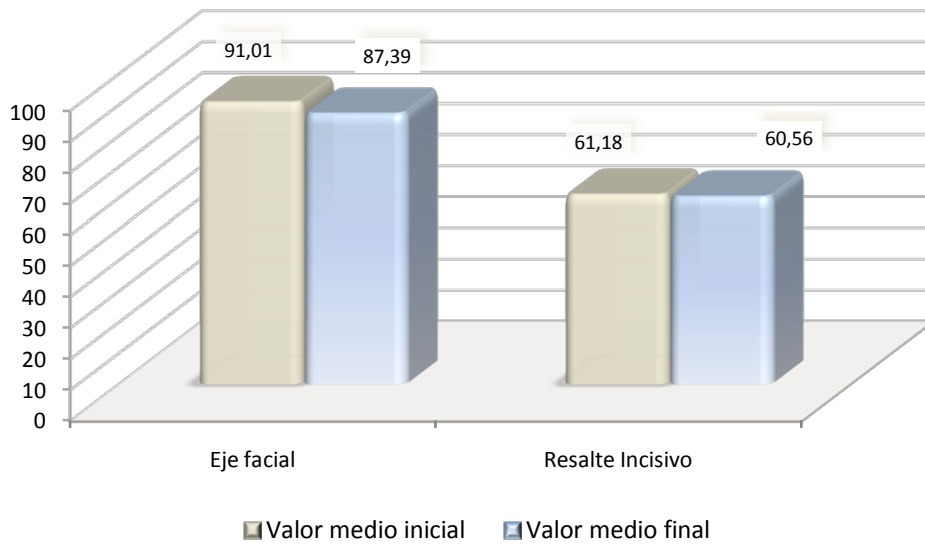


Figura V.6. Resultados del patrón facial.

V. 1. 3. GRUPO CONTROL

- **Base del Cráneo**

Tampoco en este caso se apreciaron variaciones en las variables cefalométricas utilizadas para estudiar la base del cráneo, lo que indica que las angulaciones analizadas permanecieron estables a lo largo del periodo observado (Tabla V. 8 y Figura V.7).

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		<i>p</i>
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo Ba-S-N	129,11	3,94	128,73	4,31	0,712 NS
Deflexión craneal	28,70	1,90	29,30	1,97	0,234 NS

Tabla V. 8. Resultados de la base del cráneo.

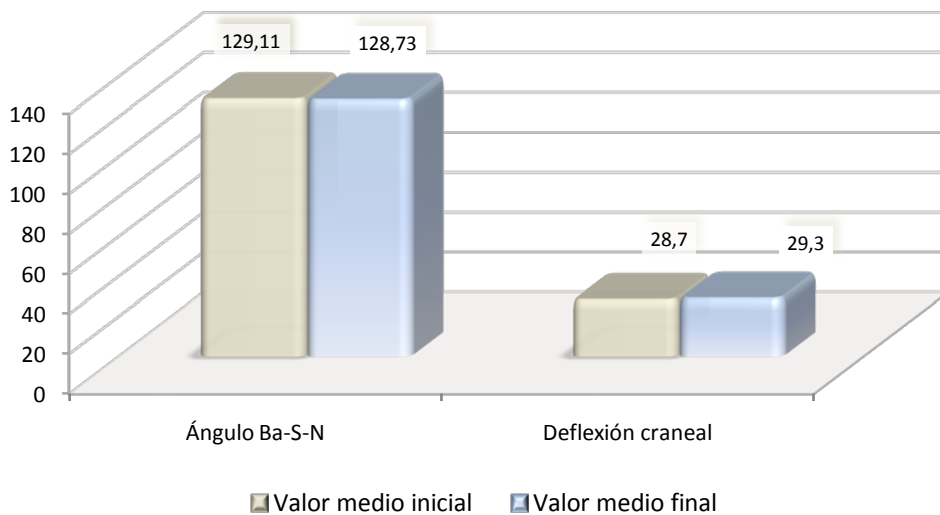


Figura V. 7. Resultados de la base del cráneo.

- **Maxilar Superior**

Como vemos en la Tabla V. 9 y Figura V. 8 el maxilar superior de los pacientes con Clase III sin tratar se comportó del mismo modo que en el grupo tratado con mentonera, es decir que hubo diferencias estadísticamente significativas en las mediciones lineales (distancia ENA-ENP que pasó de $48,08 \pm 2,51$ mm a $49,96 \pm 2,48$ mm; $p < 0,01$; y longitud maxilar, de $75,97 \pm 3,87$ mm a $78,71 \pm 3,92$ mm; $p < 0,01$), pero no en las angulares.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNA	79,09	3,28	78,58	3,45	0,561 NS
Distancia ENA-ENP	48,08	2,51	49,96	2,48	<0,01 **
Profundidad Maxilar	88,24	2,82	88,13	2,92	0.886 NS
Longitud Maxilar (Co-A)	75,97	3,87	78,71	3,92	<0,01 **

Tabla V. 9. Resultados del maxilar superior.

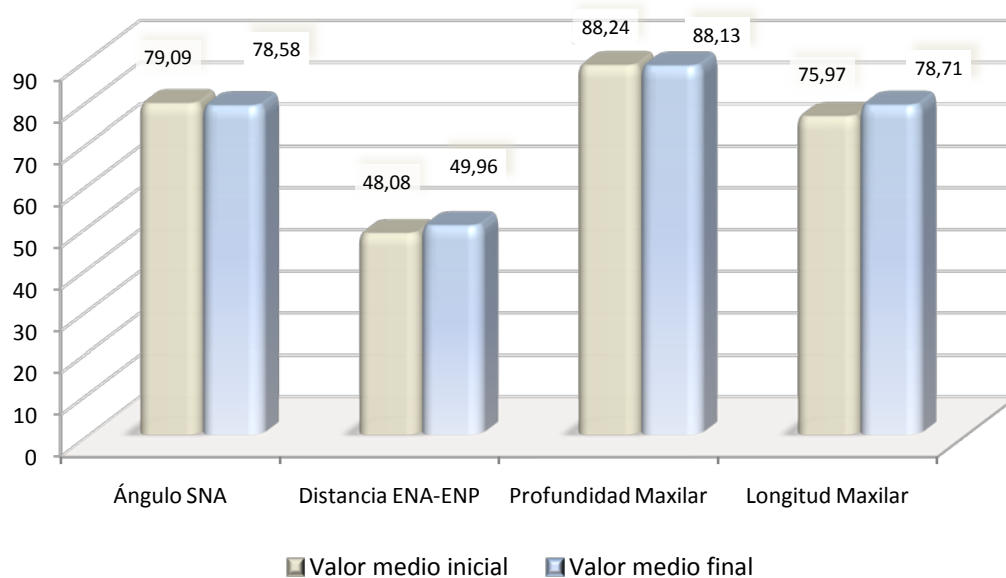


Figura V. 8. Resultados del maxilar superior.

- **Mandíbula**

La mandíbula creció significativamente, pasando la distancia Go-Gn de 71,06 \pm 4,92 mm a 74,74 \pm 3,93 mm ($p < 0,01$) y la longitud mandibular de 105,47 \pm 5,96 mm a 111,03 \pm 4,7 mm ($p < 0,001$) (Tabla V. 10 y Figura V.9). El ángulo SNB y el ángulo goníaco no experimentaron variaciones significativas a lo largo de este periodo.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		<i>p</i>
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNB	79,45	3,21	80,43	3,47	0,257 NS
Ángulo Ar-Go-Me	130,59	5,93	130,5	6,22	0,953 NS
Distancia Go-Gn	71,06	4,92	74,74	3,93	<0,01 **
Plano Mandibular de Rickets	26,26	4,48	25,41	5,71	0,529 NS
Anchura Sínfisis	14,92	1,70	15,90	1,63	<0,05 *
Longitud Mandibular (Co-Gn)	105,47	5,96	111,03	4,70	<0,001 ***

Tabla V. 10. Resultados de la mandíbula.

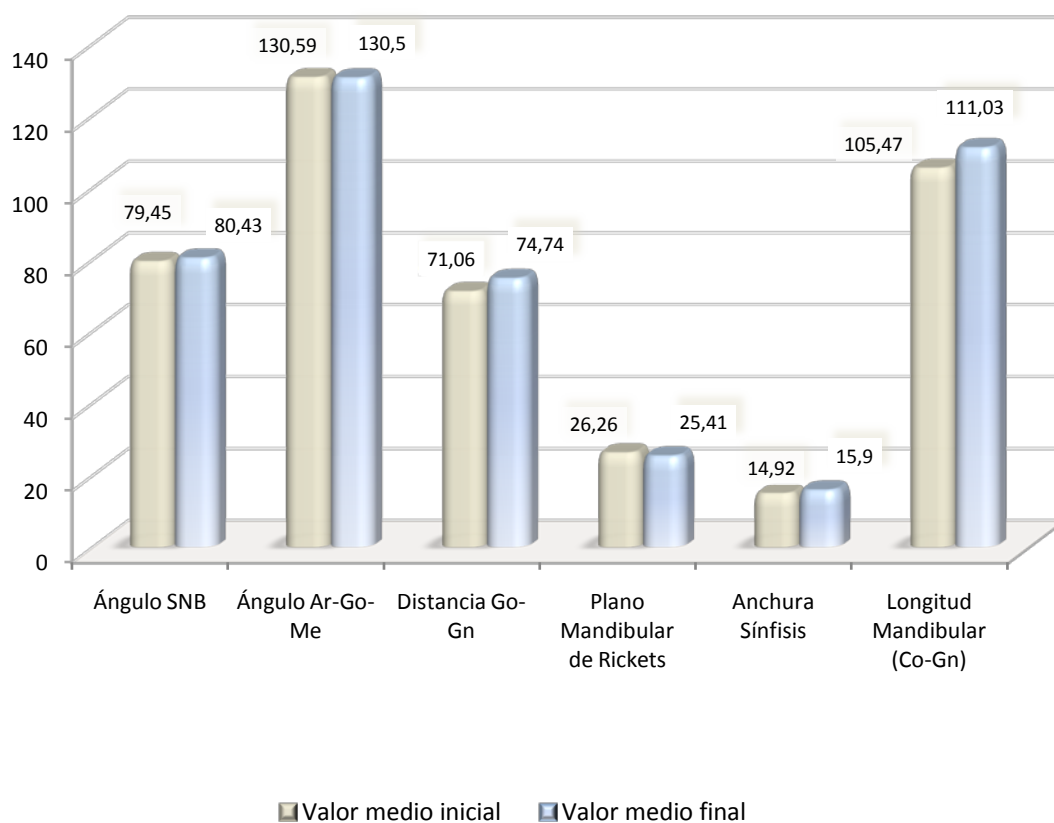


Figura V. 9. Resultados de la mandíbula.

- **Relación Intermaxilar**

Las tres variables cefalométricas que relacionan sagitalmente maxilar y mandíbula experimentaron cambios estadísticamente significativos en el sentido de aumentar la severidad de la Clase III (Tabla V. 11 y Figura V.10).

El ángulo ANB cambió de $-0,35 \pm 2,04^\circ$ a $-1,80 \pm 1,76^\circ$ ($p < 0,01$) y la diferencia máxilo-mandibular varió de $29,5 \pm 5,19$ mm a $32,33 \pm 4,52$ mm ($p < 0,05$).

Cabe destacar el paso del Wits de $-5,51 \pm 2,93$ mm de media inicial a $-7,49 \pm 2,70$ mm de media final ($p < 0,01$).

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo ANB	-0,35	2,04	-1,80	1,76	<0,01 **
Diferencia Máxilo-Mandibular	29,50	5,19	32,33	4,52	0,031 *
Wits	-5,51	2,93	-7,49	2,70	<0,01 **

Tabla V. 11. Resultados de la relación intermaxilar.

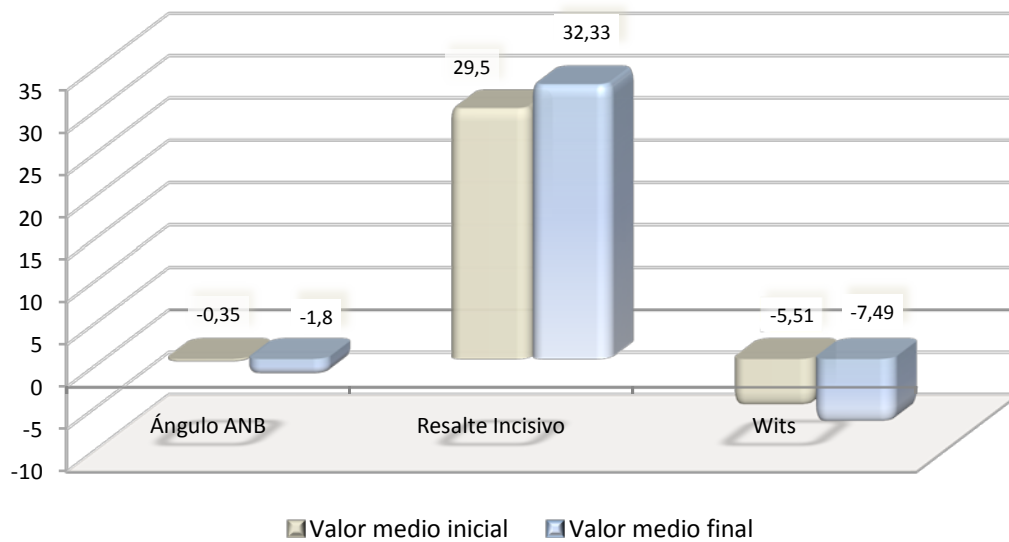


Figura V. 10. Resultados de la relación intermaxilar.

- **Campo Dentario**

A nivel dentario no se observó ningún cambio estadísticamente significativo (Tabla V. 12 y Figura V.11), la clase III molar permaneció, el resalte siguió siendo negativo y no variaron las angulaciones de los incisivos con respecto a sus bases óseas.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Relación Molar	-4,36	1,61	-5,21	2,46	0,111 NS
Resalte Incisivo	-1,37	2,31	-1,55	2,45	0,776 NS
Ángulo INC SUP con SN	98,38	7,47	101,29	7,17	0,128 NS
Ángulo INC INF con Go-Gn	87,43	6,23	86,24	5,83	0,446 NS

Tabla V. 12. Resultados del campo dentario.

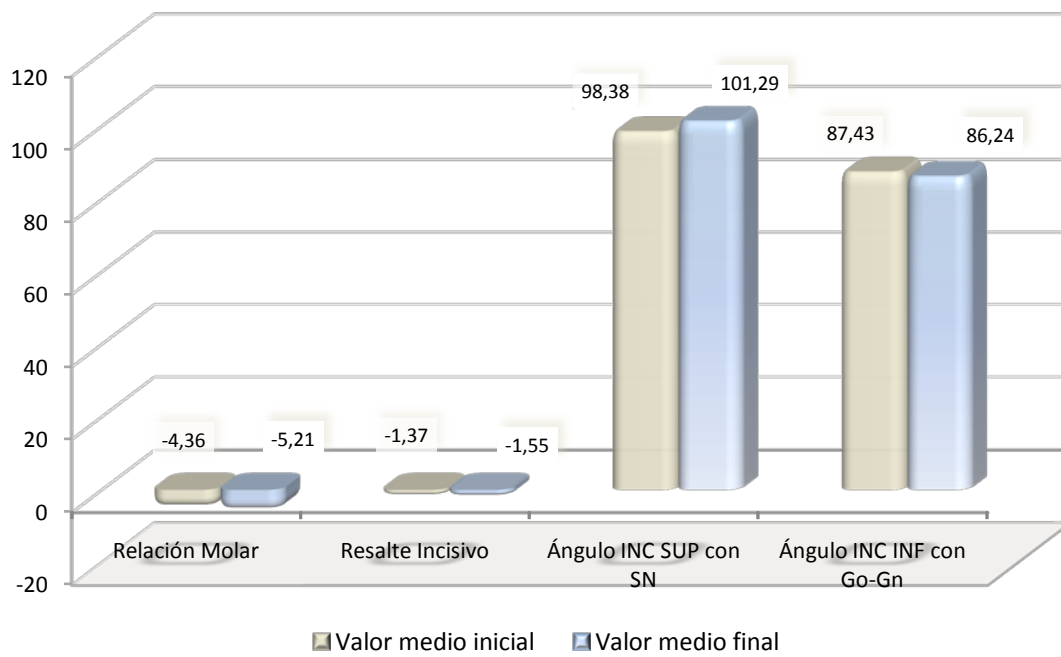


Figura V. 11. Resultados del campo dentario.

- **Patrón Facial**

Por último en la Tabla V. 13 y Figura V. 12 se muestran los parámetros que reflejan el patrón de crecimiento. Las variables no experimentaron cambios significativos, el eje facial prácticamente no varió, al igual que la proporción de las alturas faciales, por lo que el crecimiento espontáneo no conllevó cambios en el patrón de crecimiento.

PARÁMETROS	INICIAL		FINAL		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Eje Facial	89,58	3,80	89,44	3,97	0,894 NS
Proporción alturas faciales (S-Go /N-Me)x100	61,47	3,39	62,02	4,00	0,570 NS

Tabla V. 13. Resultados del patrón facial.

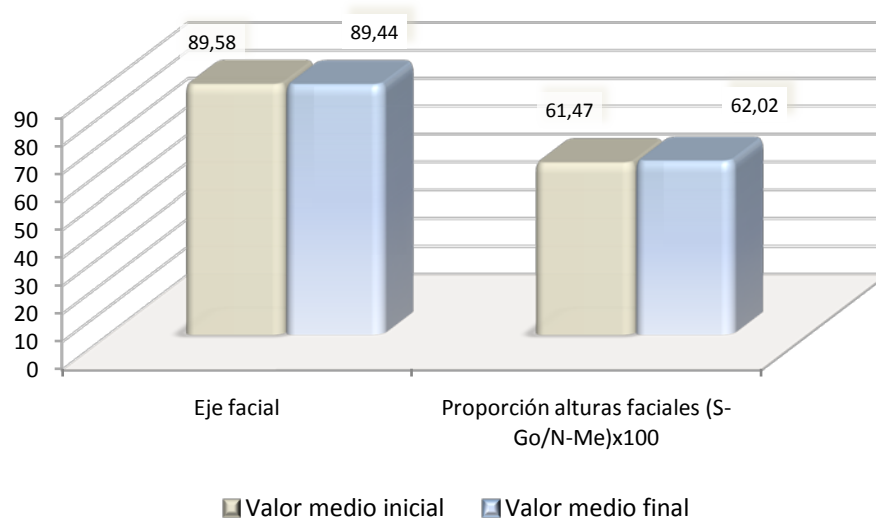


Figura V. 12. Resultados del patrón facial.

V. 1. 4. COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS ENTRE EL GRUPO MENTONERA Y EL GRUPO CONTROL

- **Base del cráneo**

No se apreciaron diferencias entre ambos grupos (Tabla V. 14 y Figura V. 13) por lo que el crecimiento de la base del cráneo fue similar en ambas muestras.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo control		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo Ba-S-N	-0,21	1,96	-0,39	2,86	0,891 NS
Deflexión craneal	0,56	2,00	0,60	1,89	0,928 NS

Tabla V. 14. Comparación de los resultados de la base del cráneo.

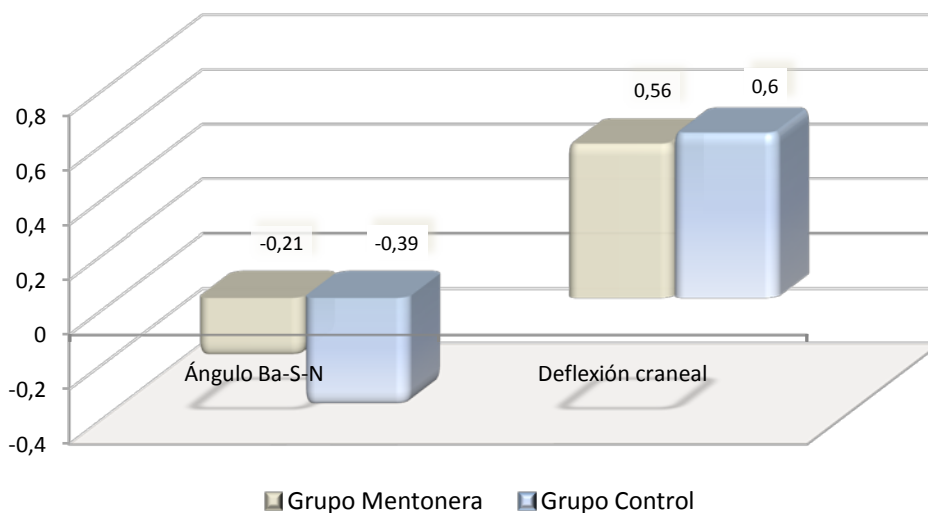


Figura V. 13. Comparación de los resultados de la base del cráneo.

- **Maxilar Superior**

Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los cambios que presentaron las variables cefalométricas seleccionadas para analizar el maxilar superior, ni en las angulares ni en las lineales (Tabla V. 15 y Figura V. 14). Desde este punto de vista el maxilar superior, creció igual en pacientes tratados con mentonera y en pacientes sin tratamiento. Las dimensiones sagitales (distancia ENA-ENP y longitud maxilar) se incrementaron de modo similar en ambas poblaciones, y los cambios en la posición del maxilar con respecto a la base del cráneo tampoco mostraron variaciones entre ambos grupos durante el periodo de estudio.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo control		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNA	0,17	2,35	-0,51	1,19	0,445 NS
Distancia ENA-ENP	2,39	3,58	1,88	2,71	0,689 NS
Profundidad Maxilar	0,27	3,11	-0,11	1,75	0,530 NS
Longitud Maxilar (Co-A)	4,13	2,61	2,74	2,69	0,211 NS

Tabla V. 15. Comparación de los resultados del maxilar superior.

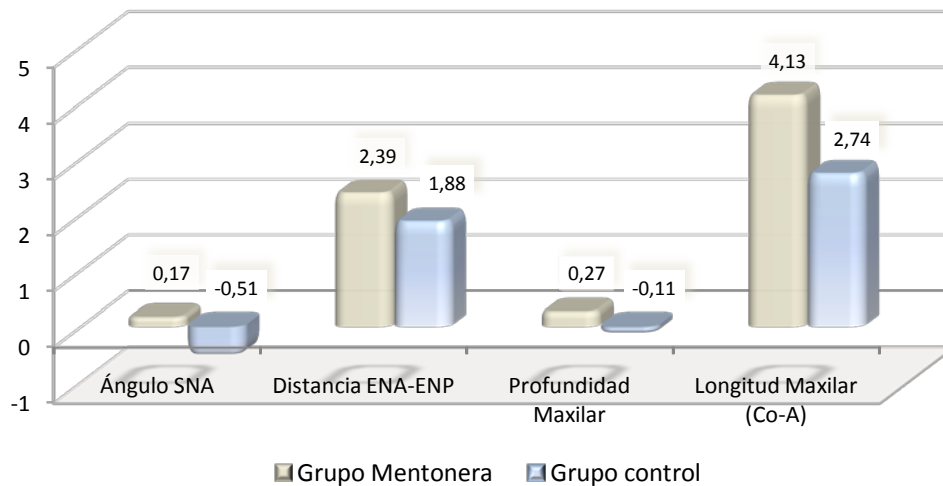


Figura V. 14. Comparación de los resultados del maxilar superior.

- **Mandíbula**

En este campo encontramos diferencias estadísticamente significativas en todas las variables analizadas, reflejando el grado de acción de la mentonera sobre la mandíbula a todos los niveles (Tabla V. 16 y Figura V. 15). La mandíbula siguió creciendo en el grupo tratado con mentonera, como reflejaron los aumentos de la distancia Go-Gn y la longitud mandibular, pero en mucho menor grado que en el grupo control ($p < 0,05$ y $p < 0,001$ respectivamente), lo que contribuyó a la corrección de la Clase III esquelética. El ángulo SNB también se comportó de modo diferente en ambos grupos: en el grupo tratado se redujo una media de $3,43^\circ$ con respecto al grupo control, en el que además, siguió aumentando ($0,98^\circ$).

Por último destacar que en el grupo tratado se produjo un cierre del ángulo goníaco frente al grupo control, en el que dicho ángulo se abrió ($p < 0,001$), reflejando así un cambio en la forma de la mandíbula por efecto de la mentonera.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo control		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo SNB	-3,43	2,69	0,98	1,34	<0,001 ***
Ángulo Ar-Go-Me	-4,40	3,01	-0,09	2,60	<0,001 ***
Distancia Go-Gn	2,67	2,30	3,68	2,91	<0,05 *
Plano Mandibular de Rickets	0,49	2,17	-0,85	2,77	<0,05*
Anchura Sínfisis	-2,00	0,69	0,98	0,80	<0,001 ***
Longitud Mandibular (Co-Gn)	2,14	3,37	5,57	3,80	<0,001 ***

Tabla V. 16. Comparación de los resultados de la mandíbula.

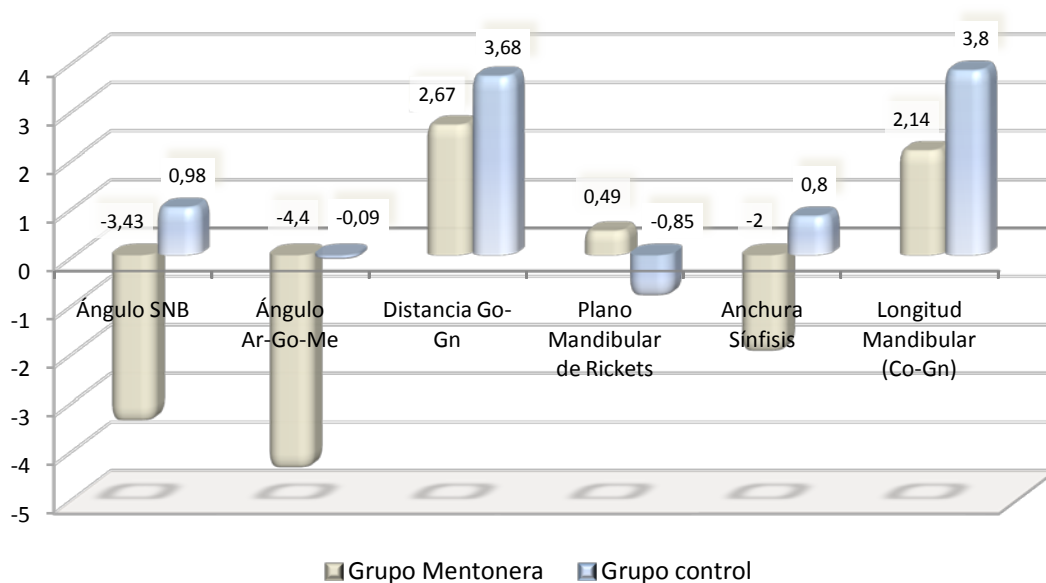


Figura V. 15. Comparación de los resultados de la mandíbula.

- **Relación Intermaxilar**

En este campo también se observaron diferencias estadísticamente significativas en las tres variables cefalométricas ($p < 0,001$) (Tabla V. 17 y Figura V. 16). Los resultados fueron congruentes con una mejora de la Clase III esquelética en el grupo tratado con mentonera. El cambio más significativo es el que acontece a nivel del Wits, fiel informador de la relación intermaxilar. En el grupo tratado con mentonera el Wits se modificó 5,48 mm, cuando su comportamiento por crecimiento es modificarse -1,98 mm, es decir a hacerse más negativo, o lo que es lo mismo, a agravar la Clase III.

El ángulo ANB en el grupo mentonera pasó de $-0,33^\circ$ a $2,42^\circ$ mejorando la Clase III esquelética mientras en el grupo control pasó de $-0,35^\circ$ a $-1,80^\circ$

empeorando notablemente la severidad de la Clase III. En la diferencia máxilo-mandibular los resultados de ambos grupos fueron también muy diferentes, en el grupo mentonera se redujo pasando de $27,89 \pm 4,23$ mm a $26,12 \pm 4,29$ mm y en el grupo control aumentó de $29,5 \pm 5,19$ mm a $32,33 \pm 4,52$ mm.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo Control		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Ángulo ANB	2,75	2,34	-1,46	1,16	<0,001 ***
Diferencia Máxilo-Mandibular	-1,74	2,57	2,82	2,67	<0,001 ***
Wits	5,48	4,25	-1,98	1,80	<0,001 ***

Tabla V. 17. Comparación de los resultados de la relación intermaxilar.

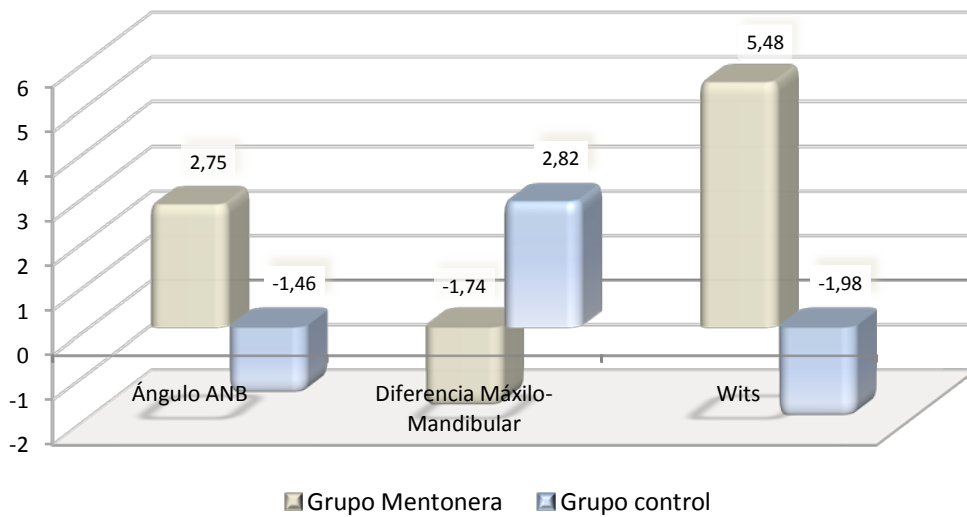


Figura V. 16. Comparación de los resultados de la relación intermaxilar.

- **Campo Dentario**

A nivel dentario sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos a nivel de la relación molar y del resalte incisivo ($p < 0,001$) como podemos observar en la Tabla V. 18 y Figura V. 17. La relación molar mejoró hacia una clase I en el grupo tratado (2,82 mm) y el resalte se hizo positivo (4,97 mm), mientras que en el grupo control ambos empeoraron (relación molar -5,21 mm y el resalte continuó siendo negativo -1,51 mm).

Las angulaciones de incisivos superior e inferior siguieron las mismas pautas en ambos grupos.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo Control		p
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS	
Relación Molar	2,82	2,12	-0,86	2,95	<0,001 ***
Resalte Incisivo	4,97	2,25	-0,18	1,29	<0,001 ***
Ángulo INC SUP con SN	4,12	8,21	2,92	5,34	0,357 N.S.
Ángulo INC INF con Go-Gn	0,36	6,75	-1,19	3,97	0,431 N.S.

Tabla V. 18. Comparación de los resultados del campo dentario.

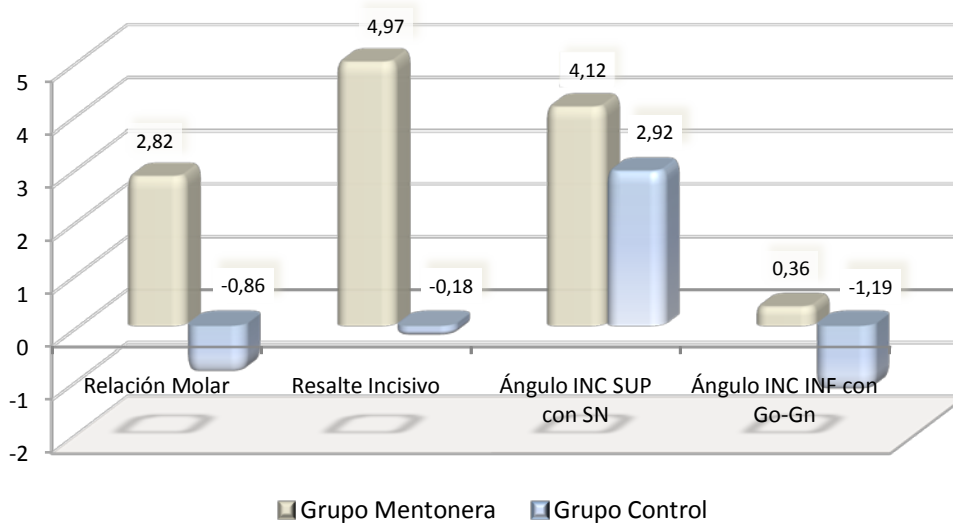


Figura V. 17. Comparación de los resultados del campo dentario.

- **Patrón Facial**

El patrón de crecimiento también se modificó en el grupo tratado con respecto al grupo control (Tabla V. 19 y Figura V. 18), en el sentido de que la mandíbula rotó posteriormente y hubo una tendencia a un incremento vertical en los pacientes tratados con respecto a los no tratados, en los que apenas hubo variación en el patrón facial. El eje facial varió $-3,62^\circ$ en los pacientes tratados con mentonera, mientras que en los no tratados solo hubo un cambio ligero de $-0,14^\circ$. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa ($p < 0,001$) y reflejó que la mandíbula, rotó posteriormente con lo que también mejoró la relación sagital entre ambos maxilares.

La proporción de alturas faciales de los pacientes tratados con mentonera manifestó que estos pacientes se hicieron más dólicos, en contraste con los no tratados, que prácticamente no modificaron su patrón de crecimiento.

PARÁMETROS	Grupo Mentonera		Grupo Control		p
	\dot{X}	DS	\dot{X}	DS	
Eje Facial	-3,62	2,50	-0,14	1,72	<0,001 ***
Proporción alturas faciales (S-Go /N-Me)x100	-0,63	2,18	0,54	2,32	<0,05 *

Tabla V. 19. Comparación de los resultados del patrón facial.

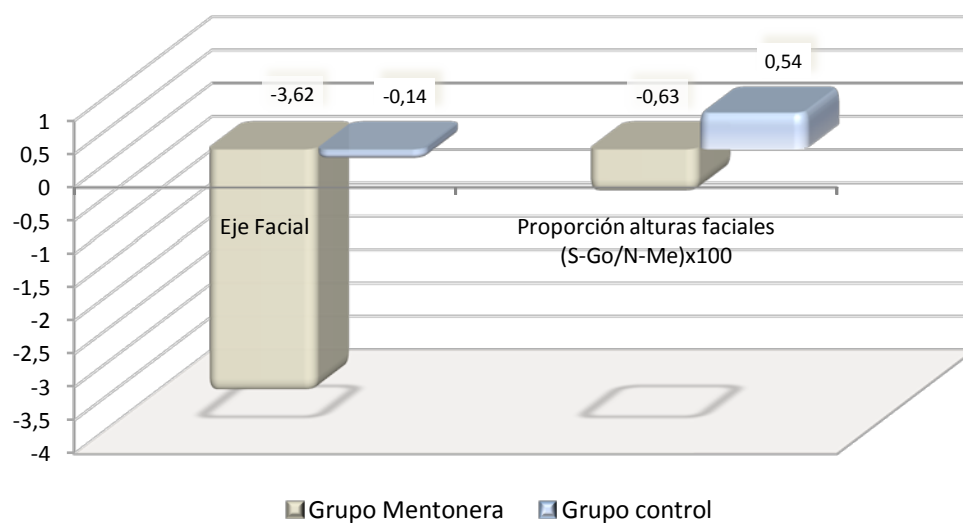


Figura V. 18. Comparación de los resultados del patrón facial.

V. 2. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

En el grupo tratado el test de permutación señaló diferencias estadísticamente significativas en la forma de la mandíbula antes y después del tratamiento con mentonera en las distancias procusteanas ($d = 0.035$; $p < 0.001$). En el grupo control no hubo cambios en la forma de la mandíbula ($d = 0.015$; $p = 0.07$). Al comparar la forma de las mandíbulas de los dos grupos al final del periodo del estudio los resultados indicaron que las mandíbulas eran significativamente diferentes ($d = 0.04$; $p < 0.001$). Estos resultados implican que la mentonera modificó la forma de la mandíbula en los niños que recibieron tratamiento. La Figura V. 19 muestra gráficamente la forma promedio de las mandíbulas antes y después del estudio. Los detalles del cambio de forma mandibular en el grupo tratado se reflejan en la deformación que sufrió la malla TPS, e indican que la mentonera tuvo un profundo efecto sobre toda la geometría de la mandíbula.

Pueden describirse numerosas modificaciones en la forma de la mandíbula directamente atribuibles al uso de la mentonera, destacando:

- La relación entre el cuerpo y la rama de la mandíbula se hizo más rectangular.
- Compresión antero-posterior de las distancias relativas entre el cóndilo (punto 5) y la apófisis coronoides (punto 2).
- Compresión vertical del borde posterior de la rama mandibular (entre los puntos 5, 6 y 7).
- Compresión del área goniaca (puntos 8-10), dando lugar a una disminución del ángulo goníaco y a una acentuación de la escotadura antegoniaca (punto 11).
- Incremento en la curvatura del borde inferior del cuerpo mandibular.
- Aumento en la altura y estrechamiento antero-posterior de la sínfisis (puntos 18,14).

- Lingualización del incisivo inferior, como refleja la reducción relativa entre los puntos 20 y 21.

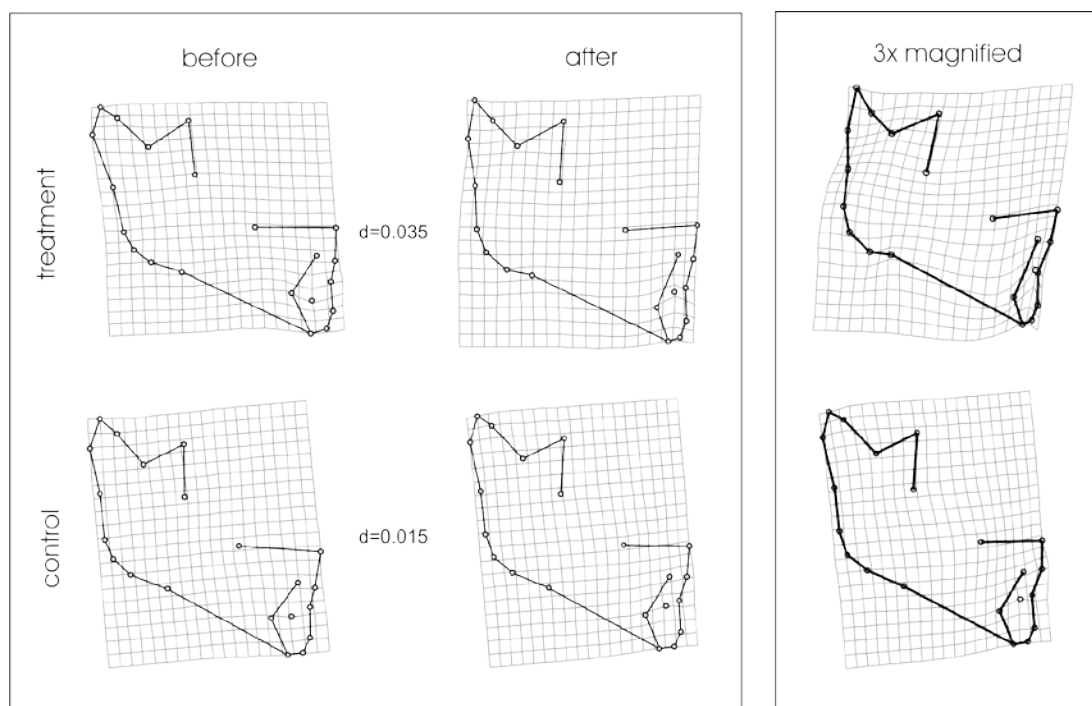


FIGURA V. 19. Mandíbulas promedio antes y después del tratamiento.



VI. DISCUSIÓN

VI. 1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Los niños con Clase III esquelética por prognatismo mandibular que constituyeron las muestras analizadas en el presente estudio empezaron el tratamiento con la mentonera o el periodo de observación, en el estadio de maduración esquelética CS1, que es cuando suelen obtenerse los mejores resultados ortopédicos (*Sakamoto, 1981, Sugawara and Mitani, 1997b*).

Como grupo control se seleccionaron niños con similares morfologías dento-esqueléticas que el grupo tratado, no habiendo diferencias significativas en las variables cefalométricas entre ambos grupos antes del inicio del estudio. Este grupo control se habilitó para poder separar los efectos provocados por el crecimiento normal y los provocados por el uso de la mentonera. Se escogieron niños prognáticos con Clase III porque presentan un crecimiento diferente que sujetos con una Clase I ósea, siendo por tanto más comparables (*Baccetti et al., 2007, Deguchi et al., 2002, Sugawara and Mitani, 1997b*). Las diferencias sexuales no se tuvieron en cuenta ya que el dimorfismo sexual suele manifestarse más tardíamente, si bien se han descrito leves diferencias por sexos en las etapas de maduración ósea CS1, CS2 y CS3, como son un acortamiento de la base craneal anterior mayor en niñas que en niños. No obstante, los demás parámetros dentofaciales (incluyendo la mandíbula) no comienzan a mostrar un dimorfismo sexual significativo hasta los 13 años de edad aproximadamente (*Baccetti et al., 2005b*), momento en que ya habíamos finalizado nuestra investigación. En cualquier caso, para reducir posibles vías por este factor se igualó el número de niños y niñas en las dos muestras analizadas.

VI. 2. ANÁLISIS DE LOS DATOS

VI. 2. 1. CEFALOMETRÍA

VI. 2. 1. 1. *Efectos de la mentonera sobre la Base del Cráneo*

Las variables ángulo Ba-S-Na y deflexión craneal se comportaron de manera similar en ambos grupos, por lo que podemos deducir que la mentonera no parece ser capaz de producir cambios en la base craneal. Estos resultados están en consonancia con los hallados por diversos autores que investigaron los efectos de la mentonera (*Barrett et al., 2010, Takada et al., 1993, Sakamoto et al., 1984*) y era lo esperado, ya que ortopédicamente es muy difícil modificar el crecimiento y la morfología de la base del cráneo, por su situación, más lejana a la aplicación de la mentonera, así como por el marcado control genético de su crecimiento.

No obstante en la literatura podemos encontrar otros trabajos, como los llevados a cabo por Ritucci, donde utilizando la misma muestra y el mismo grupo control que en un estudio previo de Wendell, (10 niñas japonesas con Clase III tratadas con mentonera durante 3 años y 7 niñas japonesas con Clase III, de la misma edad y el mismo patrón facial, que sirvieron de control) (*Ritucci and Nanda, 1986, Wendell et al., 1985*) observaron que el ángulo Ba-S-Na tendió a cerrarse más en el grupo tratado con mentonera que en el grupo control. También Graber (*Graber, 1975*) describió en su estudio una disminución del crecimiento de la base craneal anterior tras el empleo de la mentonera.

Las consecuencias de la alteración de alguno de estos ángulos de la base del cráneo influirían en la Clase III esquelética; así por ejemplo un aumento de la deflexión craneal reflejaría un arrastre de la fosa glenoidea hacia delante, con el consiguiente avance mandibular, por dependencia anatómica. Por el contrario si al crecer, el ángulo de la base del cráneo se abre, la fosa glenoidea se traslada hacia

atrás y la mandíbula se situaría más posteriormente, con lo que el exceso de crecimiento mandibular se vería compensado. La base del cráneo sería en definitiva un determinante necesario de la posición antero-posterior de la mandíbula (Hopkin, 1969).

VI. 2. 1. 2. Efectos de la mentonera sobre el Maxilar Superior

La mayoría de los trabajos encuentran alterado el maxilar superior en pacientes con Clase III esquelética, bien por presentar un déficit general de su tamaño (Hopkin, 1969), bien por ser hipoplásico en el plano vertical o predominantemente pequeño en el plano sagital, como vieron Williams y Andersen (Williams and Andersen, 1986). Comparado con poblaciones con Clase I ósea habría indicios de que el crecimiento del maxilar superior en la Clase III es más lento, tanto en sentido antero-posterior como en su crecimiento vertical (Wucherpfenning and Ferre, 1990). Para evitar inconvenientes en nuestro estudio escogimos como criterio de inclusión que el maxilar superior estuviese normal, en base al ángulo SNA ($82 \pm 2^\circ$).

Si estudiamos por separado los cambios del maxilar superior en cada grupo vemos que el maxilar ha ido creciendo en sentido antero-posterior, por ello han aumentado los valores de las variables cefalométricas lineales, como la distancia ENA-ENP y la longitud maxilar. Sin embargo no se ha modificado la dirección de crecimiento ni su relación con respecto a la base del cráneo pues las variables cefalométricas que informan de ello (ángulo SNA y profundidad maxilar) prácticamente no variaron. Estos resultados nos llevan a considerar que no existen diferencias entre los pacientes tratados con mentonera y los del grupo control, indicándonos que el comportamiento del maxilar superior sigue unos patrones similares en ambas poblaciones durante el periodo de tiempo observado.

Estos hallazgos indican que en nuestro estudio la mentonera no tuvo efectos sobre el maxilar superior, siendo este resultado también lógico y esperado, puesto

que la mentonera no se dirige sobre el maxilar y es común a numerosos estudios sobre tratamiento de pacientes con Clase III esquelética con mentonera efectuados a lo largo de los años: Sakamoto, Mitani o Asensi en los años 80 (*Asensi, 1987, Mitani and Fucazawz, 1986, Sakamoto et al., 1984*), Ferre en 1990, (*Ferre, 1990*), Deguchi y McNamara en 1999 (*Deguchi and McNamara, 1999*), o más actualmente, el estudio de Barrett (*Barrett et al., 2010*).

Sin embargo, nuestros resultados no coinciden con lo descrito por otros autores en sus investigaciones. De este grupo habría que eliminar la mayoría de los estudios que encontramos donde concluyen que sí existe una mejoría en el maxilar superior, por utilizar mentonera en combinación con otros aparatos de actuación en el maxilar superior. De estos podemos destacar el estudio de Alhajja y Richardson, donde utilizaron además de la mentonera un aparato removible de proinclinación de incisivos superiores (*Abu Alhajja and Richardson, 1999*) o el estudio de Lin y cols., donde se trataron pacientes con mentonera y tracción anterior del maxilar (*Lin et al., 2007*).

En otros estudios que solo utilizaron la mentonera, como el de Ritucci y Nanda, los autores describieron una inhibición del crecimiento del maxilar en su porción posterior, si bien no pudieron objetivar cambios en sentido sagital (*Ritucci and Nanda, 1986*).

VI. 2. 1. 3. Efectos de la mentonera sobre la Mandíbula

En nuestro estudio la mandíbula se convirtió en la auténtica diana de la mentonera, pues se vio afectada significativamente, experimentando cambios importantes en su tamaño, forma y posición.

Las tres mediciones cefalométricas lineales que informan sobre el tamaño mandibular mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos

del estudio, atribuibles al uso de la mentonera. La distancia Go-Gn, la anchura de la sínfisis y la longitud mandibular, aumentaron en los pacientes tratados con mentonera, pero comparativamente aumentaron significativamente menos que en los sujetos del grupo control. Estos resultados nos indican una importante inhibición del crecimiento de la mandíbula por acción directa de la mentonera.

También se observaron modificaciones en la forma de la mandíbula, reflejado porque en el grupo tratado se cerró el ángulo goníaco, como indica la reducción de $4,40^\circ$ del ángulo Ar-Go-Me, mientras que en el grupo control este ángulo apenas experimentó cambios.

Finalmente, también hallamos cambios en la posición de la mandíbula, ya que en sentido sagital se desplazó posteriormente, lo que sin duda contribuyó a la mejora de la Clase III esquelética. El ángulo SNB siguió aumentando en el grupo control con el paso de los años, empeorando la relación sagital de Clase III, mientras que en el grupo tratado con mentonera no sólo se frenó esta tendencia hacia el empeoramiento espontáneo, sino que además se redujo una media de $3,43^\circ$. Este efecto sobre el ángulo SNB puede interpretarse como debido a una mezcla del freno en el crecimiento de la mandíbula y a un desplazamiento posterior de la misma por efecto de la mentonera.

En referencia a los efectos de la mentonera sobre la mandíbula, los primeros estudios que destacamos en la literatura son los de Armstrong y Thilander en 1961 y 1963 respectivamente. El primero sólo encontró un leve desplazamiento de la mandíbula hacia atrás y hacia abajo sin poder evidenciar cambios significativos en la forma y tamaño mandibular. Como podemos ver es totalmente opuesto a nuestros hallazgos aunque según el autor la falta de colaboración de los pacientes pudo hacer fracasar la acción de la mentonera (Armstrong, 1961). El segundo autor, tras el estudio de 60 pacientes de entre 5 y 16 años tratados con mentonera de tracción combinada cervical y temporal con una fuerza de 250 gr por lado, observó que solo los

problemas más graves mostraron una postero-rotación de la mandíbula, concluyendo que no podía asegurarse que la mentonera inhibiera el crecimiento a nivel condilar (*Thilander, 1963*). Este mismo autor, dos años más tarde, publicó una continuación de su anterior trabajo reduciendo la muestra en 45 pacientes y llegando a la misma conclusión (*Thilander, 1965*).

En los años 70 los distintos autores que realizaron estudios empiezan a encontrar cambios significativos en la mandíbula tras el uso de la mentonera. Así, Irie y Nakamura constataron cambios en la forma mandibular al disminuir el ángulo goníaco, y en la posición mandibular, al disminuir el ángulo SNB (*Irie and Nakamura, 1975*). En el mismo año Graber introdujo un grupo control para comparar los efectos con los de niños tratados. La muestra tratada la formaron 30 niños con maloclusión de Clase III tratados con mentonera de tiro occipital con una fuerza de 500 gr por lado y con un uso de 12 horas diarias, utilizándolo desde los 6 a los 9 años. La muestra control la formaron 16 niños de características semejantes. Concluyó que el uso de la mentonera provocaba un retraso en el crecimiento vertical de la rama, una rotación distal de la mandíbula, un cierre del ángulo goníaco y una nueva dirección del crecimiento mandibular, menos horizontal y más vertical (*Graber, 1975*).

Algunos de estos autores, ante el amplio abanico de resultados obtenidos, centraron sus esfuerzos en buscar el factor determinante que hacía que los cambios encontrados fueran tan dispares. Lavergne y Gasson concluyeron que según la morfología mandibular la mentonera provocaba unos resultados u otros. Los casos proclives a la antero-rotación tuvieron unos resultados favorables, mientras que los casos que exhibieron una postero-rotación mandibular mostraron un resultado más pobre (*Lavergne and Gasson, 1977*). Sakamoto, estudiando 61 niños de edades comprendidas entre los 4 y 13 años tratados con mentonera y 300 gr de fuerza por lado, observó que los mejores resultados esqueléticos dependían de la precocidad del comienzo de tratamiento y de la menor gravedad inicial del caso (*Sakamoto, 1981*), mientras que Nakasuda determinó que el factor predominante del éxito era la edad



de comienzo, así entre 4 y 5 años obtiene resultados excelentes, entre los 6 y 9 años, buenos y entre los 9 y 13 años, modestos (*Nakasuda, 1982*).

En los años 80, Uka encontró cambios en la forma, tamaño y traslación distal de la mandíbula. Con un período de seguimiento de 3 años, señaló que los cambios en la forma y en el tamaño conseguidos eran estables, mientras que los cambios en la traslación distal recaían discretamente durante el primer año de observación (*Uka, 1982*). Sakamoto hizo un estudio comparativo del crecimiento de 26 niñas, entre 6 y 9 años, tratadas con mentonera durante un año con 300 gr por lado, y que fueron seguidas al menos dos años cefalométricamente, tras interrumpir el uso de la mentonera. Concluyó que existía un enlentecimiento del crecimiento longitudinal del cuerpo mandibular, así como de la altura de la rama y de la longitud total de la mandíbula, mediante el cierre del ángulo goníaco. Tras la eliminación de la mentonera esta acción enlentecedora del crecimiento desaparecía, como efecto rebote o de recuperación, y sólo observó una pequeña antero-rotación mandibular durante el primer año de observación (*Sakamoto et al., 1984*). Comparando el crecimiento mandibular de dos muestras, una control y otra tratada con mentonera con una fuerza de 250 gr por lado, Wendell encontró que la mentonera era capaz de reducir el ritmo de crecimiento de la longitud de la rama mandibular, del cuerpo y de la longitud total, en un 60% aproximadamente y que en el grupo tratado el ángulo goníaco y el plano mandibular tendían a cerrarse (*Wendell et al., 1985*). Por último, Asensi, en 1987, evaluó una muestra de 25 pacientes, con 7,1 años de edad media al inicio del tratamiento, tratados con mentonera durante una media de 2,6 años; observó inhibición del crecimiento del cuerpo mandibular, mientras que la rama creció más de lo normal, el ángulo goníaco se cerró, y hubo postero-rotación de la mandíbula, pero sin que aumentara el plano mandibular (*Asensi, 1987*).

En los 90, destaca el pormenorizado estudio de Ferre, cuyos resultados están muy en consonancia con los hallados en la presente investigación en cuanto a los

efectos de la mentonera sobre el tamaño, forma y posición de la mandíbula (*Ferre, 1990*).

Más recientemente, Arman y cols., en 2004, aunque centrados en los cambios del perfil, apreciaron una disminución del ángulo SNB (*Arman et al., 2004a*); Tuncer y cols., en 2009, tras comparar a 20 niños con Clase III esquelética tratados con mentonera con una fuerza de 500 gr por lado durante 9,78 meses con otros 20 niños sin tratar, observaron una disminución del ángulo SNB debido a una retro-posición mandibular (*Tuncer et al., 2009*); Barrett y cols., en 2010, encontraron importantes cambios en la mandíbula debido sobre todo a cambios dentoalveolares (*Barrett et al., 2010*). Por último, Almeida y cols., en 2011, señalaron que se producen cambios en la mandíbula tras el uso de mentonera siempre y cuando sea aplicada de forma precoz (*Almeida et al., 2011*).

Tras la revisión de los diferentes estudios realizados a través de los años sobre los efectos de la mentonera en la mandíbula se aprecia una gran variabilidad en los resultados comunicados. Esta falta de consenso en los resultados de la actuación de la mentonera sobre la mandíbula fue una de las razones que nos llevó a ampliar nuestro estudio analizando los cambios mediante morfometría geométrica, como discutiremos posteriormente.

VI. 2. 1. 4. Efectos de la mentonera sobre la Relación Intermaxilar

Como consecuencia de las acciones de la mentonera sobre la mandíbula, el efecto inmediato es la mejora de la relación esquelética intermaxilar, de modo que en todos los pacientes tratados con mentonera se redujo o corrigió la Clase III esquelética.

Lo más llamativo son los cambios que experimentó el Wits. Esta variable cefalométrica es la que más fielmente nos ayuda en el diagnóstico de la Clase III esquelética, pues es la medida que guarda una mayor correlación con la severidad de la Clase III molar, seguida de la diferencia máxilo-mandibular y, con mucha menos seguridad, por el ángulo ANB (*Wucherpfenning and Ferre, 1990*).

En nuestro estudio el Wits aumentó una media de 5,48 mm en el grupo tratado, cuando su evolución espontánea es hacerse cada vez más negativo, como ocurrió en el grupo control (-1,98 mm). También resulta importante destacar los cambios a nivel de la diferencia máxilo-mandibular de McNamara, que llega a reducirse en el grupo tratado una media de 1,74 mm, acercándose a valores de Clase I ósea. Como ya describimos anteriormente la mentonera no produjo cambios a nivel del maxilar superior por lo que esta mejora de la diferencia máxilo-mandibular puede atribuirse a las acciones directas sobre la mandíbula.

El ángulo ANB también mejoró en el grupo tratado, aumentando una media de 2,75 grados. Esta variable cefalométrica se utiliza habitualmente en ortodoncia para valorar la relación sagital intermaxilar, sin embargo presenta problemas cuando queremos estudiar poblaciones con Clase III esqueléticas y es que toma como referencia el punto N, que suele estar retrasado en estos pacientes, por lo que su información puede estar viciada. En este sentido Allen y cols., encontraron una mejora del Wits, aunque no hallaron cambios significativos en el ángulo ANB tras tratar una muestra de 23 pacientes con Clase III en dentición mixta con una mentonera modificada con un levante que proinclinaba los incisivos superiores liberando así la oclusión (*Allen et al., 1993*).

Prácticamente todos los estudios que valoran la acción de la mentonera sobre pacientes con Clase III obtienen mejoras en la relación intermaxilar, independientemente de los efectos descritos a nivel mandibular, maxilar o base del

cráneo (Ferre, 1990, Asensi, 1987, Wendell et al., 1985, Sakamoto et al., 1984, Uka, 1982, Graber, 1975, Irie and Nakamura, 1975).

VI. 2. 1. 5. Efectos de la mentonera a nivel Dentario

En los pacientes tratados con mentonera se produjo una notable mejora de la relación molar y del resalte incisivo, no apreciándose otras diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control. Las angulaciones de incisivo superior respecto a SN e incisivo inferior con respecto a Go-Gn, no mostraron diferencias significativas, lo cual puede interpretarse como que la mejora de la Clase III se debió más a cambios óseos que a movimientos dentarios compensatorios que pudiesen camuflar el problema óseo de fondo.

Los efectos de la mentonera a nivel dentario muestran grandes discrepancias entre los diferentes estudios publicados, básicamente en cuanto a la posición e inclinación de los incisivos. Distinguimos dos grandes tendencias; con respecto al incisivo superior hay autores que, como en nuestro estudio, no hallan acción sobre el incisivo superior (Sugawara and Mitani, 1997b), mientras que otros estudios destacan una vestibuloversión del mismo (Asensi, 1987, Graber, 1975, Irie and Nakamura, 1975, Thilander, 1965, Thilander, 1963).

Con respecto al incisivo inferior hay varios trabajos que señalan una lingualización tras el uso de la mentonera como un efecto directo del aparato (Asensi, 1987, Irie and Nakamura, 1975, Thilander, 1965, Thilander, 1963, Armstrong, 1961) no habiéndose observado tal tendencia en los pacientes de nuestro estudio.

VI. 2. 1. 6. Efectos de la mentonera sobre el Patrón Facial

El último campo cefalométrico analizado también refleja cambios estadísticamente significativos en los sujetos tratados con mentonera. Los resultados no dejan lugar a dudas, mientras que la población del grupo control mantiene su patrón de crecimiento prácticamente invariable a lo largo del periodo de observación, en los pacientes que usaron la mentonera hubo postero-rotación mandibular (el eje facial se abrió $3,62^\circ$ de media) y un crecimiento más vertical. Estos resultados coinciden con los publicados por Allen y cols. y Arman y cols. (*Arman et al., 2004b, Allen et al., 1993*).

Pensamos que estas acciones sobre el patrón de crecimiento se derivan de la dirección de aplicación de la fuerza de la mentonera sobre el mentón del paciente, pues ejerce su acción en una línea oblicua que favorece la rotación mandibular en sentido horario. En nuestro estudio decidimos emplear la relación entre la altura facial posterior (S-Go) y la altura facial anterior (N-Me), obteniendo la proporción de alturas faciales. Con este criterio observamos cómo, tras el periodo de uso de la mentonera, esta población se movió hacia el lado dólico (-0,63), mientras que en el grupo control la muestra se movía hacia el lado braqui (0,54).

Esta tendencia de la cara a hacerse más larga en el grupo tratado con mentonera viene condicionada por el hecho de que se reducen más las alturas faciales posteriores que las alturas faciales anteriores (*Ferre, 1990*).

VI. 2. 2. MORFOMETRÍA

Para completar la información aportada por la cefalometría sobre los efectos de la mentonera en nuestros pacientes hemos incorporado la morfometría geométrica, como herramienta de evaluación de los cambios que acontecen específicamente sobre la forma de la mandíbula. Con análisis cefalométricos sólo podemos observar los cambios de forma arbitraria con respecto a un punto escogido de antemano y en una dirección determinada y además la evolución de un paciente difiere según el tipo de análisis cefalométrico utilizado (*Krogman and Sassouni, 1957*).

Moss afirma que la cefalometría convencional tiene tres limitaciones importantes (*Moss et al., 1986*):

- Los puntos anatómicos que se estudian suelen estar demasiado espaciados para realizar mediciones fiables.
- Sólo se puede analizar el movimiento de los puntos seleccionados y registrados.
- No es capaz de distinguir si los puntos registrados se encuentran en crecimiento activo o no.

Así pues, la cefalometría convencional no es capaz de describir los cambios en el tiempo de las formas biológicas y su localización (*Padrós and Creus, 2002*), como es el caso de la mandíbula.

Los puntos seleccionados de la silueta de la mandíbula sobre las telerradiografías laterales de cráneo tomadas antes y después del tratamiento o periodo de observación, fueron analizados mediante morfometría geométrica: Análisis Procusteano y TPS. El Análisis Procusteano indicó cambios significativos en

la forma mandibular en los niños prognáticos tratados con mentonera mientras que no se encontraron cambios en el grupo control. El grupo tratado y el grupo control exhibieron configuraciones mandibulares diferentes después del tratamiento o del periodo de observación.

De una forma general, la malla de deformación TPS indicó una configuración mandibular más rectangular, una orientación del cóndilo más hacia delante, una compresión del área goníaca y un estrechamiento de la sínfisis en los niños tratados. Además, el análisis TPS complementó esta información señalando de qué modo la mentonera alteró la forma mandibular. Se identificaron muchos cambios específicos en la forma incluyendo una compresión antero-posterior de la distancia entre el cóndilo y la apófisis coronoides y una compresión vertical en la zona posterior de la rama de la mandíbula. Este resultado se puede interpretar como un cambio en la orientación del cóndilo mandibular desde una posición más hacia atrás y hacia arriba antes del tratamiento, hasta una posición más hacia delante y hacia arriba después del tratamiento. El cóndilo también sufrió una compresión de su cuello y como consecuencia de ello el crecimiento mandibular no se expresó a lo largo de la longitud total de la mandíbula, mejorando la maloclusión. En el grupo no tratado el cóndilo continuó creciendo hacia atrás y hacia arriba y el crecimiento mandibular se manifestó a lo largo de la longitud total de la mandíbula, empeorando la maloclusión.

En el grupo tratado también se observó una compresión del área goníaca, que provocó que el ángulo goníaco se cerrara, hecho que no se evidencia en el grupo control. Este efecto también provocó una relación entre el cuerpo y la rama mandibular más rectangular.

Además, la porción inferior de la sínfisis se estrechó, probablemente debido a que la fuerza directa de la mentonera se aplica en esta zona y provoca una compresión, impidiendo el crecimiento espontáneo hacia delante y contribuyendo así a la restricción del crecimiento mandibular. La aplicación de la fuerza directamente

sobre la sínfisis también provocó una reducción de la distancia relativa entre los puntos 20 y 21, lo que indica una linguoversión de los incisivos inferiores. Así pues, la mejora de la maloclusión de Clase III también se produjo a través de estos efectos dentoalveolares que permitieron una mejora del resalte incisivo.

La combinación de estas modificaciones morfológicas dio como resultado una reducción de la longitud total de la mandíbula (distancia Co-Gn) lo cual mejoró la maloclusión de Clase III.

Apenas hay estudios publicados que utilicen métodos morfométricos para evaluar los efectos de la mentonera en niños prognáticos. Tan solo podemos mencionar los resultados encontrados por Liu y cols., en un estudio piloto de dos niños con prognatismo tratados con mentonera y dos niños con prognatismo no tratados. Utilizaron el análisis TPS para ver los cambios morfológicos de la mandíbula encontrando resultados muy dispares (Liu et al., 2004). El reducido número de casos junto con la variedad de los resultados no nos permiten comparativas fiables con nuestro estudio, si bien se puede apreciar un paralelismo en el hecho de que en el grupo control los cambios son prácticamente nulos mientras que en los dos sujetos tratados se aprecian cambios en la forma de la mandíbula tras el tratamiento.

Los resultados del presente análisis morfométrico complementan y amplían, en términos generales, la información proporcionada por los análisis cefalométricos realizados anteriormente (Gokalp and Kurt, 2005, Arman et al., 2004b, Deguchi et al., 2002, Sugawara and Mitani, 1997b, Allen et al., 1993). La morfometría geométrica es más ventajosa que la cefalometría porque detalla el patrón y la localización exacta de los cambios anatómicos mandibulares, clarificando el origen de la mejora del prognatismo mandibular.

Futuros análisis morfométricos en tres dimensiones seguramente proporcionarán una información más completa y específica sobre los efectos de la mentonera.



VII. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y tras el análisis de los mismos hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. A nivel esquelético la mentonera mejora la relación máxilo-mandibular de Clase III, observándose los mayores efectos sobre la mandíbula. Produce un menor crecimiento mandibular, cierre del ángulo goníaco, desplazamiento posterior y postero-rotación. No se observan efectos sobre la base del cráneo ni sobre el maxilar superior.
2. A nivel dentario la mentonera mejora la clase III molar y el resalte, sin apreciarse cambios cefalométricos en el incisivo inferior.
3. La mentonera modifica significativamente la forma de la mandíbula en pacientes con prognatismo mandibular en crecimiento, siendo éste uno de sus principales mecanismos de acción. Tras el uso de mentonera se observa una configuración mandibular más rectangular, una orientación del cóndilo más hacia delante, compresión del área goníaca y estrechamiento y aumento de la altura de la sínfisis.
4. La forma de la mandíbula de niños con Clase III esquelética por prognatismo mandibular permanece estable durante el crecimiento espontáneo.
5. El tratamiento temprano con mentonera produce cambios morfológicos significativos sobre la mandíbula que contribuyen a la corrección de la maloclusión de Clase III. Se necesitan estudios a largo plazo para determinar si estos cambios en la forma mandibular permanecen estables.



VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ABU ALHAIJA, E., AL-KHATEEB, S. & AL-NIMRI, K. 2005. Prevalence of malocclusion in 13-15 year old North Jordanian school children *Community Dent Health*, 22, 266-271.
- ABU ALHAIJA, E. S. & RICHARDSON, A. 1999. Long-term effect of the chin-cap on hard and soft tissues. *Eur J Orthod*, 21, 291-8.
- ALARCÓN, J. 2003. Signos de alerta para el diagnóstico precoz de la Clase III. *Revista odontológica granadina*, 4, 21-23.
- ALARCÓN, J., LÓPEZ, C. & FERRE, C. 1999. Factores pronósticos del crecimiento espontáneo y del resultado del tratamiento con mentonera en Clase III. *Ortod Esp*, 39, 11-21.
- ALEXANDER, A., MCNAMARA, J., FRANCHI, L. & BACCETTI, T. 2009. Semilongitudinal cephalometric study of craniofacial growth in untreated class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 135, 700-714.
- ALMEIDA, M., ALMEIDA, R., OLTRAMARI-NAVARRO, P., CONTI, A., NAVARRO, R. & CAMACHO, J. 2011. Early treatment of class III malocclusion: 10 year clinical follow up. *J Appl Oral Sci*, 4, 431-439.
- ALLEN, R., CONNOLLY, I. & RICHARDSON, A. 1993. Early treatment of class III incisor relationship using the chin-cap appliance. *Eur Orthod Soc*, 15, 371-376.
- ANDERSON, G. 1973. *Ortodoncia Práctica*, Buenos Aires.
- ANGLE, E. 1899. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos*, 41, 248-264.
- ANGLE, E. 1968. Some studies in occlusion. *Angle Orthod*, 38, 79-81.
- ARAT, Z., AKCAM, M. & GÖKALP, H. 2003. Long-term effects of chin-cap therapy on the temporomandibular joints. *Eur Orthod Soc*, 25, 417-475.
- ARMAN, A., TOYGAR, T. & ABUHIJLEH, E. 2004a. Profile changes associated with different orthopedic treatment approaches in class III malocclusions. *Angle Orthod*, 74, 731-738.
- ARMAN, A., TOYGAR, T. U. & ABUHIJLEH, E. 2004b. Profile changes associated with different orthopedic treatment approaches in Class III malocclusions. *Angle Orthod*, 74, 733-40.
- ARMSTRONG, C. 1961. A clinical evaluation of the chin cup. *Aust Dent J*, 6, 638-646.
- ARNETT, G. & BERGMAN, R. 1993. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 103, 299-312.
- ARRIETA, P. & VARELA, M. 2009. Análisis de la molcusión de una muestra de 4047 pacientes ortodóncicos de la Comunidad de Madrid. *Rev Esp Ortod*, 39, 67-74.
- ASENSI, C. 1987. *Análisis de prognatismos mandibulares tratados ortodóncicamente*. De Valencia.
- BACA-GARCÍA, A., BRAVO, M., BACA, P., BACA, A. & JUNCO, P. 2004. Malocclusions and orthodontic treatment needs in a group of spanish adolescents using the dental Aesthetic Index. *Int Dent J*, 54, 138-142.

- BACCETTI, T. & FRANCHI, L. 1997. Shape-coordinate and tensor analysis of skeletal changes in children with treated class III malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 112, 622-633.
- BACCETTI, T., FRANCHI, L. & MCNAMARA, J. 1999. Thin-plate spline analysis of treatment effects of rapid maxillary expansion and face mask therapy in early class III malocclusions. *Eur J Orthod*, 21, 275-281.
- BACCETTI, T., FRANCHI, L. & MCNAMARA, J. J. 2005a. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod*, 11, 119-129.
- BACCETTI, T., FRANCHI, L. & MCNAMARA, J. J. 2007. Growth in the untreated Class III subject. *Semin Orthod*, 13, 130-142.
- BACCETTI, T., REYES, B. & MCNAMARA, J. 2005b. Gender differences in Class III malocclusion. *Angle Orthod*, 75, 510-520.
- BADE SPIRGIMM, E. 1965. Oral manifestations of Marfan's syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 19, 757-770.
- BAEK, S., MOOM, H. & YANG, W. 2002. Cleft type and Angle's classification of malocclusion in Korean cleft patients. *Eur J Orthod*, 24, 647-653.
- BARRETT, A., BACCETTI, T. & MCNAMARA, J. J. 2010. Treatment effects of the light-force chincup. *Am J orthod Dentofac Orthod*, 138 (4), 468-476.
- BATTAGEL, J. 1993. The aetiology of Class III malocclusion examined by tensor analysis. *Br J Orthod*, 20, 283-295.
- BISHARA, A. 1988. Stability of the Le Fort I one-piece maxillary osteotomy. *AJO*, 94, 184-200.
- BISHARA, S. 2001. Treatment of Class III malocclusion in the primary and mixed dentition. *Textbook of orthodontics*, 21, 375-411.
- BOOKSTEIN, F. 1984. A statistical method for shape comparisons. *J Theor Biol*, 107, 475-520.
- BOOKSTEIN, F. 1986. Size and shape spaces for landmarks data in two dimensions. *Stat Sci*, 1, 181-242.
- BOOKSTEIN, F. 1989a. Principal warps_ thin-plate splines and the decomposition of deformation. *IEEE T Pattern Anal*, 11, 567-585.
- BOOKSTEIN, F. 1989b. Size and shape: a comment on semantics. *Sistematic Zoology*, 38, 173-180.
- BOOKSTEIN, F. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology* University Press.
- BOOKSTEIN, F. 1996a. Biometrics biomathematics and the morphometric sintesis. *Bull Math Biol*, 58, 313-365.
- BOOKSTEIN, F. 1996b. Combining the tools of Geometric Morphometrics. *Advances in Morphometrics*, 1, 131-151.
- BORRACHINA, C. 1986. *Análisis epidemiológico de la agenesia dentaria y su influencia en la morfología craneofacial: un estudio sobre 6000 casos*.
- BORZA BADI-FARACHANI, A. 2009. Malocclusion and occlusal traits in an urban Iranian population. An epidemiological study of 11 to 14 year old children. *Eur J Orthod*, 31, 477-484.



- BOZZANO, F., FLORIS, M. & GAETA, M. 2005. Geological setting and gravity-induced evolution of volcanic cliffs in northern Latium (Italy). *Bollettino della societa geologica italiana*, 124, 413-436.
- BRAVO, L. 2001. *Etiología y clasificación de las maloclusiones. Clase III*.
- BRKIC, H., KAIC, Z., POJE, Z. & SINGER, Z. 1994. Shape of the craniofacial complex in patients with Klinefelter syndrome. *Angle Orthod*, 64, 371-376.
- BUKHARY, M. 2005. Comparative cephalometric study of Class III malocclusion in Saudi and Japanese adult females. *J Oral Sci*, 47, 83-90.
- BYTHEWAY, J. 2005. 3-D landmark coordinate data for sex determination of the adult human fragmented os coxa and potentiality of Euclidean distance matrix analysis. *Am J Phy Anthr*, 82, 40-43.
- CANUT, J. 2000. *Ortodoncia clínica y terapéutica*, Salvat 2000.
- CANUT, J., PLASENCIA, E. & ASENSI, C. 1985. La estabilidad a largo plazo de casos de clase III tratados en un estudio de seguimiento. *Rev Esp Ortod*, 15, 25-31.
- CANUT, J. & VILA, F. 1975. Distribución de maloclusiones en pacientes de ortodoncia. *Rev Esp Ortod*, 5, 123-129.
- CASE, C. 1921. *Dental Orthopedics*, Chicago.
- CERAJEWSKA, T. & SINGH, G. 2001. Changes in soft tissue facial profile of craniofacial microsomia patients: geometric morphometrics. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 16, 61-71.
- CERVERA, A. 1955. Informe sobre examen estomatológico de mil niños de 6 a 16 años. *Rev Sdad Esp Ortod*, 1, 37-40.
- CEVIDANES, L., FRANCO, A., GERING, G., PROFFIT, W., SLICE, D., ENLOW, D., LEDERMAN, H., AMORIM, L., SCANAVINI, M. & VIGORITO, J. 2005a. Comparison of relative mandibular growth vectors with high-resolution 3-dimensional imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 128, 27-31.
- CEVIDANES, L., FRANCO, A., GERING, G., PROFFIT, W., SLICE, D., ENLOW, D., YAMASHITA, H., KIM, Y., SCANAVINI, M. & VIGORITO, J. 2005b. Assesment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 128, 16-26.
- COURANT, F., DAVID, B. & LAURIN, B. 1997. Quantification of cranial convergences in arviculids. *Biologic J ofe linnean Soc*, 62, 505-517.
- CRAYSON, B. 1985. Cranial base in craniofacial anomalies. *Cleft Palatel Journal*, 22, 75-87.
- CRUZ, R., KRIEGER, H., FERREIRA, R., MAH, J., HARTSFIELD, J. J. & OLIVEIRA, S. 2008. Major gene and multifactorial inheritance of mandibular prognathism. *Am J Med Genet A*, 1; 146A 71-77.
- CHANG, H. 1985. Components of class III malocclusion in Taiwanese. *Kaohsiung J Med Sci*, 1, 144-155.
- CHANG, H., CHUANG, M. & YANG, Y. 2005a. Maxillofacial growth in children with unilateral cleft lip

- and palate following secondary alveolar bone grafting: an interim evaluation. *Plast Reconstr Surg*, 35, 687-695.
- CHANG, H., LIU, P. & CHANG, C. 2003. Morphogenetic basis for Class III malocclusion in Asians. *J Dent Res*, 82, 23-24.
- CHANG, H., TSENG, Y. & CHOU, T. 2005b. An enlarged sella turcica on cephalometric radiograph. *Dentomaxillofac Radiol*, 34, 308-312.
- CHANG, J., CHANG, H., CHEN, Y., YAO, J., LIU, P. & CHANG, F. 2005c. Evaluation of the changes in midfacial configuration after face mask therapy in skeletal class III growing patients by morphometric analysis techniques. *J Formos Med Assoc*, 104, 935-941.
- CHANG, Z., CHEN, Y. & CHANG, F. 2006. Morphometric analysis of mandibular growth in skeletal class III malocclusion. *J Formos Med Assoc*, 105, 318-328.
- CHANSON, P. & SALENAVE, S. 2008. Acromegaly. *Orphanet J Rare Dis*, 25, 3-17.
- CHATEAU, M., CHATEAU, A. & DE GALL, I. 1980. Esquema general de las indicaciones terapéuticas de hoy en ortopedia dentofacial. *Rev Asoc Argent Ortop Func Mas*, 14, 69-77.
- CHEN, S., LESTREL, P., KERR, W. & MCCOLL, J. 2000. Describing shape changes in the human mandible using elliptical Fourier functions. *Eur J Orthod*, 22, 205-216.
- CHEW, M. 2006. Spectrum and management of dentofacial deformities in a multiethnic Asian population. *Angle Orthod*, 76, 806-809.
- CHINNERY, B. 2004. Morphometric analysis of evolutionary trends in the ceratopsian postcranial skeleton. *J Vert Pal*, 24, 591-609.
- CHU, C., CHOY, B. & LO, E. 2009. Occlusion and orthodontic treatment demand among Chinese Young adults in Hong-Kong. *Oral Health Prev Dent*, 83-91.
- DA SILVA, O., DE FREITAS, S. & CAVASSAN, O. 1990a. Prevalence of normal occlusion and malocclusion in Bauru (Sao Paulo) students. 1. Sagittal relation. *Rev Odontol Univ Sao Paulo*, 4, 130-137.
- DA SILVA, O., DE FREITAS, S. & CAVASSAN, O. 1990b. Prevalence of normal occlusion and malocclusion in Bauru (Sao Paulo) students. 2. Influence of socioeconomic level. *Rev Odontol Univ Sao Paulo*, 4, 180-196.
- DACOSTA, O. 1999. The prevalence of malocclusion among a population of Northern Nigeria school children. *West Afr J Med*, 18, 91-96.
- DAHLBERG, G. 1940. *Statistical methods for medical and biological students*, London.
- DANAIE, S., ASADI, Z. & SALEHI, P. 2006. Prevalence of malocclusion types in 7-9-year-old Iranian children. *East Mediterr Health J*, 12, 236-240.
- DATTONO, J. 2001. Euclidean Distance Matrix. Convex Optimization and Euclidean Distance Geometry. *Co & Eg*, 5, 385-485.
- DE MÛELENAERE, K. & WILTSHIRE, W. 1995. The status of the developing occlusion of 8-9 year old children from a lower



- socioeconomic group in a developing country. *J Dent Assoc S Af*, 50, 113-118.
- DEGUCHI, T., KURODA, T., HUNT, P. & GRABER, T. 1999. Long-term application of chincup force alters the morphology of the dolichofacial class III mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 116, 610-615.
- DEGUCHI, T., KURODA, T., MINOSHIMA, Y. & GRABER, T. M. 2002. Craniofacial features of patients with Class III abnormalities: growth-related changes and effects of short-term and long-term chincup therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 121, 84-92.
- DEGUCHI, T. & MCNAMARA, J. 1999. Craniofacial adaptations induced by chincup therapy in Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 115 (2), 175-82.
- DEWEY, M. & ANDERSON, G. 1942. *Practical Orthodontics*, St Louis, Missouri, Mosby Company.
- DIETRICH, U. 1970. The morphological variability of skeletal class III as revealed by cephalometric analysis. *Trnas Eur Orthod Soc*, 46.
- DIEWERT, V. 1983. A morphometric analysis of craniofacial growth and changes in spatial relations during secondary palatal development in human embryos and fetuses. *Am J Anat*, 167, 495-522.
- DODO, Y. 1986. A study of the facial flatness in several cranial series form East Asia and North America. *J Anthropol Soc Nippon*, 94, 81-93.
- DOWS, W. 1928. Studies in the causes of dental anomalies. *J Dent Res*, 8, 367-379.
- DOWS, W. 1956. Analysis of dentofacial profile. *Angle Orthod*, 26, 191-212.
- DRYDEN, I. & MARDIA, K. 1998. *Statistical shape analysis*. Wiley.
- EL-MANGOURY, N. & MOSTAFA, Y. 1990. Epidemiologic panorama of dental occlusion. *Angle Orthod*, 60, 207-214.
- ELLIS, E. R. & MCNAMARA, J. J. 1984. Components of adult Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg*, 42, 295-305.
- FARAH, J. & CRAIG, R. 1974. Finite element stress analysis of a retored axisymmetric first molar. *J Dent Res*, 53, 859-866.
- FARAH, J., HOOD, J. & CRAIG, R. 1975. Effects of cement bases on the stresses in amalgam restorations. *J Dent Res*, 54, 10-15.
- FERRE, F. 1990. Acciones de la mentonera en clases III entre 5 y 10 años con seguridad de su utilización. *Orthod Esp*, 31, 123-146.
- FERRE, F. 1993. Enfoque del tratamiento de la Clase III dependiendo de la edad y la severidad. *Ortod Esp*, 23, 135-146.
- FINKELSTEIN, M. 1988. The role of cluster analysis on traditional cephalometric dimensions. *Angle Orthod*, 59, 97-106.
- FRANCHI, L., BACCETTI, T. & MCNAMARA, J. 2001. Thin-plate spline analysis of mandibular growth. *Angle Orthod*, 71, 83-89.
- FRANKEL, R. 1970. Maxillary retrusion in Class III and treatment with the functional corrector III. *Eur Orthod Soc*, 46, 249-259.

- FRAZIER-BOWERS, S., RINCÓN-RODRÍGUEZ, R., ZHOU, J., ALEXANDER, K. & LANGE, E. 2009. Evidence of linkage in a Hispanic cohort with a Class III dentofacial phenotype. *J Dent Res*, Jan; 88 (1), 56-60.
- GELGÖR, I., KARAMAN, A. & ERCAN, E. 2007. Prevalence of malocclusion among adolescents in central anatolia. *Eur J Orthod*, 1, 125-131.
- GOKALP, H. & KURT, G. 2005. Magnetic resonance imaging of the condylar growth pattern and disk position after chin cup therapy: a preliminary study. *Angle Orthod*, 75, 568-75.
- GOLD, J. 1949. A new approach to the treatment of mandibular prognathism. *Am J Orthod*, 35, 893-912.
- GOODALL, C. 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *J R Stat Soc B*, 53, 285-339.
- GRABER, L. 1975. *Craniofacial alterations of human skeletal class III malocclusion produced by chin cup orthopaedic force: a three year longitudinal cephalometric study*. Northwestern.
- GRABER, L. 1977. Chin cup therapy for mandibular prognathism. *Am J Orthod*, 72, 23-41.
- GRAINGER, R. 1968. Orthodontic treatment priority index. *US Public Health Service*, 25.
- GRANDO, G., YOUNG, A., VEDOVELLO FILHO, M., VEDOVELLO, S. & RAMIREZ-YAÑEZ, G. 2008. Prevalence of malocclusions in a young Brazilian population. *Int J Orthod Milwaukee*, 19, 13-16.
- GUABA, K., ASHIMA, G., TEWARI, A. & UTREJA, A. 1998. Prevalence of malocclusion and abnormal oral habits in North Indian rural children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 16.
- GUYER, E., ELLIS, E., MCNAMARA, J. J. & BEHRENTS, R. 1986. Components of Class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod*, 56, 7-30.
- HALAZONETIS, D. 1991. Quantitative description of the shape of the mandible. *Am J Orthod Dentof Orthop*, 99, 49-56.
- HARRISON, R. & DAVID, D. 1996. Dental malocclusion in native children of British Columbia, Canada. *Community Dent Oral Epidemiol*, 24, 217-221.
- HASUND, A. 1973. *Klinische hephalometrie für die Bergen technik*. University of Bergen.
- HAY, A. & SINGH, G. 2000. Mandibular transformations in prepuberal patients following treatment for craniofacial microsomia: thin-plate spline analysis. *Clin J Anat*, 13, 361-372.
- HENS, S. 2003. Growth and sexual dimorphism in Orangutan crania: A three-dimensional approach. *Am J Phy Anthr*, 121, 19-29.
- HODGE, G. 1977. A medical history of the Spanish Habsburgs as traced in portraits. *JAMA*, 238, 1169-1174.
- HOGEMAN, K. 1951. Surgical orthopedic correction of mandibular protusion. *Acta Chir Scand Suppl*, 159-167.
- HOPKIN, G. 1969. The cranial base as an etiologic factor of malocclusion. *Angle Orthod*, 38, 250-255.



- [HTTP://BELLMAN.CIENCIAS.UNIOVI.ES/D EXPERIMENTOS/D EXPERIMENTOS ARCHIVOS/SR.PDF](http://bellman.ciencias.uniovi.es/d_experimentos/d_experimentos_archivos/sr.pdf). [Accessed].
- [HTTP://WWW.ISBE.MAN.AC.UK/BIM/](http://www.isbe.man.ac.uk/bim/). [Accessed].
- HUNTER, J. 1778. The natural history of the human teeth. Part II. A practical treatise on the disease of the teeth intended as a supplement to the national history of those parts. *Johnson*.
- IRIE, M. & NAKAMURA, S. 1975. Orthopedic approach to severe skeletal Class III malocclusions. *Am J Orthod* 67, 377-392.
- ISHIDA, H. 1992. Flatness of facial skeletons in Siberian and other circum-Pacific populations. *Z Morphol Anthropol*, 79, 53-67.
- ISHII, N., DEGUCHI, T. & HUNT, N. 2002. Craniofacial differences between Japanese and British Caucasian females with skeletal Class III malocclusion. *Eur J Orthod*, 24, 493-499.
- IWAKI, H. 1938. Hereditary influence of malocclusion. *Am j Orthod Oral Surg*, 24, 328-336.
- IZE-IYAMU, I. & UMWENI, A. 2006. Assessment of malocclusion in pre-school children in Benin City using the incisor classification of malocclusion. *Afr J Med Med Sci*, 325-328.
- JACOBSON, A. 1974. Mandibular prognathism. *Am J Orthod*, 66, 140-171.
- JACOBSON, A. 1975. The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod*, 67, 125-138.
- JARABAK, J. & FIZZEL, J. 1972. *Technique and treatment with lightwire appliances*, St Louis.
- JONES, W. 1987. Malocclusion and facial types in a group of Saudi Arabian patients referred for orthodontic treatment: a preliminary study. *Br J Orthod*, 14, 143-146.
- KAJIKAWA, N. 2002. Relative position of foramen magnum and changes in male Japanese skulls with time, an approach using digital photographs and Elliptical Fourier Functions Analysis. *Homo-journal of comparative human biology*, 53, 185-186.
- KESKI-NISULA, K., LEHTO, R., LUSA, V., KESKI-NISULA, L. & VARELA, J. 2003. Occurrence of malocclusion and need of orthodontic treatment in early mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124, 631-638.
- KHAN, R. & HORROCKS, E. 1991. A study of adult orthodontic patients and their treatment in London. *Br J Orthod*, 18, 183-194.
- KIESER, J., TOWNSEND, G. & QUICK, A. 2003. The Down syndrome patient in dental practice, part I: Pathogenesis and general and dental features. *N Z Dent J*, 99, 5-9.
- KRAUS, B., WISE, W. & FRIE, R. 1959. Heredity and the craniofacial complex. *Am J Orthod*, 45, 172-217.
- KROGMAN, W. & SASSOUNI, V. 1957. *A syllabus of roentgenographic cephalometry*.
- KUC-MICHALSKA, M. & BACCETTI, T. 2010. Duration of the pubertal peak in skeletal class I and class III subjects. *Angle Orthod*, 80, 54-57.
- KUHL, F. & GIARDINA, C. 1982. Elliptical Fourier features of a closed contour. *Comp Grph Imag Proc*, 18, 236-258.

- LAMAZZA, L. 2009. Craniometaphyseal dysplasia: a case report. *Oral Surg Oral Med*, 1, 23-27.
- LAUC, T. 2003. Orofacial analysis on the Adriatic islands: an epidemiological study of malocclusions on Hvar Island. *Eur J Orthod*, 25, 273-278.
- LAVERGE, J. & GASSON, N. 1978. The influence of jaw rotations in the morphogenesis of malocclusions. *Am J Orthop*, 73, 658-666.
- LAVERGNE, J. & GASSON, N. 1977. Rotational pattern of the mandible, an indicator for treatment of class III malocclusions with chin cup. *Trans Eur Orthod Soc*, 53, 237-243.
- LE GALL, M., PHILIP, C. & BANDON, D. 2009. The functional mandibular prognathism. *Arch Pediatric*, 16 (1), 77-83.
- LEGOVIC, M., MADY, L. & PELLIZZER, S. 1998. Orthodontic anomalies in primary and permanent dentition. A longitudinal study. *Coll Antropol*, 22, 133-137.
- LELE, S. 1991. Some comments on coordinate-free and scale-invariant methods in morphometrics. *Amer J of Physic Anthropol*, 85, 415-427.
- LELE, S. & RICHTSMEIER, J. 2001. *An invariant approach to statistical analysis of shapes*.
- LIN, H. C., CHANG, H. P. & CHANG, H. F. 2007. Treatment effects of occipitomentale anchorage appliance of maxillary protraction combined with chin cup traction in children with Class III malocclusion. *J Formos Med Assoc*, 106, 380-91.
- LINDQUIST, W., LEE, S. & COKER, D. 1996. Medial axis analysis of void structure in three-dimensional tomographic images of porous media. *J Geophys Research-solid earth*, 101, 8297-8310.
- LIPPOLD, C., VAN DEN BOS, L., HOHOFF, A., DANESH, G. & EHMER, U. 2003. Interdisciplinary study of orthopedic and orthodontic findings in pre-school infants. *J Orofac Orthop*, 64, 330-340.
- LISCHER, B. 1900. *Principles and methods of orthodontia*, Philadelphia.
- LIU, P., CHANG, C., CHANG, H. & CHANG, H. 2004. Treatment effects of chin cup appliance on mandible in class III malocclusion: strain tensor analysis. A pilot study. *Quintessence Int*, 35, 621-629.
- LUX, C., DÜCHER, B., PRITSCH, M., KOMPOSCH, G. & NIEKUSCH, U. 2009. Occlusal status and prevalence of occlusal malocclusion traits among 9-year-old schoolchildren in Germany. *Eur J Orthod*, 31, 294-299.
- LLOMBART, D., LLOMBART, J., CORTADA, M. & BRUFAU, M. 1992. Un nuevo enfoque en el estudio de las interferencias. *Av odontoestomatol*, 8, 153-160.
- MARTINS, M. & LIMA, K. 2009. Prevalence of malocclusions in 10-to-12 years old schoolchildren in Ceará, Brazil. *Oral Health Prev Dent*, 7, 217-223.
- MAYORAL, J. & MAYORAL, G. 1977. *La ortodoncia, principios fundamentales*, Barcelona.
- MCINTYRE, G. & MOSSEY, P. 2003. Size and shape measurement in contemporary cephalometric. *Eur J Orthod*, 25, 231-242.



- MCNAMARA, J. 1984. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod*, 86, 449-469.
- MCNAMARA, J. 1987. An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients. *J Clin Orthod*, 21, 598-608.
- MIGALE, D. & BARBATO, E. 2009. Oral health and malocclusion in 10 to 11 years old children in southern of Italy. *Eur J Paediatr Dent*, 10, 13-18.
- MITANI, H. 2007. Recovery growth of the mandible after chin cup therapy: Fact of fiction. *Semin Orthod*, 13, 186-199.
- MITANI, H. & FUCAZAWZ, H. 1986. Effects of chin cup force on the timing and amount of mandibular growth associated with anterior occlusion during puberty. *Am j Orthod Dentofac Orthop*, 90, 454-463.
- MONTELEONE, L. & DUVIGNEAUD, J. 1963. Prognathism. *J Oral Surg*, 21, 190-195.
- MOSS, M., MOSS-SALENTJIN, L. & SKALAK, R. 1986. *Finite-element modeling of craniofacial growth and development*.
- MOSS, M., SKALAK, R. & PATEL, H. 1984. An allometric network model of craniofacial growth. *Am J Orthod*, 85, 316-332.
- MOSS, M., SKALAK, R. & PATEL, H. 1985. Finite element method modeling of craniofacial growth. *Am J Orthod*, 87, 453-472.
- MOYERS, R. 1988. *Handbook of orthodontics*, Chicago.
- MOYERS, R. & BOOKSTEIN, F. 1979. The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod*, 75, 599-617.
- MTAYA, M., BRUDVIK, P. & ASTROM, A. 2009. Prevalence of malocclusion and its relationship with socio-demographic factors, dental caries and oral hygiene in 12 to 14 year old Tanzanian schoolchildren. *Eur J Orthod*, 31, 467-476.
- MURCIA, M. & BRAVO, L. 1998. Epidemiología de la maloclusión dentaria en población murciana de 13 a 16 años de edad. *Rev Esp Ortod*, 28, 103-116.
- NAKASUDA, S. 1982. The longitudinal study or orthopaedic effect caused by chin cup treatment. *Tohoku Univ Dent*, 1, 1-17.
- NGAN, P., HÄGG, U., YIU, C., MERWIN, D. & WEI, S. 1997. Cephalometric comparisons of Chinese and Caucasian surgical Class III patient. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 12, 177-188.
- NIETO, V., NIETO, M., LACALLE, J. & ABDELKADER, L. 2001. Oral health of school children in Ceuta. Influences of age, sex, ethnic background and socioeconomic level. *Rev Esp Salud Pública* 75, 541-549.
- NOJIMA, K., MCLAUGHLIN, R., ISSIHIKI, Y. & SINCLAIR, P. 2001. A comparative study of Caucasian and Japanese mandibular clinical arch forms. *Angle Orthod*, 71, 195-200.
- OJEDA, S. & DE LA TEJA, E. 1990. Prevalence of crossbite in Mexican children. *Pract Odontol*, 11, 11-2.14-5.
- OKA, T. & KAWAMOTO, T. 1994. Craniofacial patterns of Japanese adults with various types of malocclusion: a counterpart

- analysis. *J Osaka Dent Univ*, 28, 1-16.
- ONYEASO, C. 2004. Prevalence of malocclusion among adolescents in Ibadan, Nigeria. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 126, 604-607.
- ONYEASO, C., ADERINOKUN, G. & AROWOJOLU, M. 2002a. The pattern of malocclusion among orthodontic patients seen in Dental Centre, University College Hospital, Ibadan, Nigeria. *Afr J Med Med Sci*, 31.
- ONYEASO, C., SOTE, E. & AROWOJOLU, M. 2002b. Need for preventive and interceptive orthodontic treatment in 3-5 year old Nigerian children in two major cities. *Afr J Med Med Sci*, 31, 115-118.
- ORAKDOGEN, E. & GIRGIN, K. 2005. Direct determination of influences lines and surfaces by FEM. *Structural engineering and mechanics*, 20, 279-292.
- OWENS, E., GOODACRE, C., LOH, P., HANKE, G., OKAMURA, M., JO, K., MUÑOZ, C. & NAYLOR, W. 2002. A multicenter interracial study of facial appearance Part 2: A comparison of intraoral parameters. *Int Prosthodont*, 15.
- PADRÓS, E. & CREUS, M. 2002. Revisión de los métodos para estudiar el crecimiento craneofacial en ortodoncia. *Ortodoncia clínica*, 5, 100-116.
- PAE, E., LOWE, A. & FLEETHAM, J. 1997. A thin-plate spline analysis of the face and tongue in obstructive sleep apnea patients. *Clin Oral Invest*, 1, 178-184.
- PASCOE, J., HAYWARD, J. & COSTICH, E. 1960. Mandibular prognathism: its etiology and a classification. *J Oral Surg* 18, 21-24.
- PELO, S., CACUCCI, L., BONIELLO, R., MORO, A., DELI, R., GRIPPAUDO, C., DI ROCCO, C., TAMBURRINI, G., MASSIMI, L., CALDARELLI, M. & GASPARINI, G. 2009. BaS analysis: a new cephalometric study for craneofacial malformations. *Childx Nerv Syst*, 25, 997-1006.
- PENROSE, L. 1954. Distance, size and shape. *Annals of Eugenics*, 18, 337-343.
- PERILLO, L. 2010. Prevalence of orthodontic treatment need in southern Italia-schoolchildren. *Eur J Orthod*, 32, 49-53.
- PERINETTI, G., CORDELLA, C., PELLEGRINI, F. & ESPOSITO, P. 2008. The prevalence of malocclusal traits and their correlations in mixed dentition children: results from the Italian OHSAR Survey. *Oral Health Prev Dent*, 6, 119-129.
- PÉRTIGA, S. & PITA, S. 2001. Métodos paramétricos para la comparación de dos medias, t de Student. *Cad Aten Primaria*, 8, 37-41.
- PETROVIC, A. & STUTZMANN, J. 1986. *The concept of mandibular tissue-level growth potential and responsiveness to a functional appliance.*, St Louis, Mosby Company.
- PHILLIPS, P., WHITLOCK, M. & FOWLER, K. 2001. Inbreeding changes the shape of the genetic covariance matrix in *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, 158, 1137-1145.



- PROFFIT, W., FIELDS, H. & MORAY, L. 1998. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 13, 97-106.
- PÚBLICA, D. G. D. S. 2002. Primera encuesta epidemiológica de salud bucodental en la Comunidad Autónoma de Extremadura 2001, Badajoz. Consejería de Sanidad y consumo. Junta de Extremadura.
- RAKOSI, T. & SCHILLI, W. 1984. Class III anomalies: a coordinated approach to skeletal dental and soft tissue problems. *J Oral Maxillofac Surg*, 42, 295-305.
- RAO, C. & SURYAWANSHI, S. 1998. Statistical analysis of shape through triangulation of landmarks: a study of sexual dimorphism in hominids. *Nation Acad of Scienc of USA*, 95, 4121-4125.
- RICKETTS, R. 1961. Cephalometric analysis and sythesis. *Angle Orthod*, 31, 141-156.
- RIEDEL, R. 1952. The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod*, 22, 142-145.
- RIOLO, M., MOYERS, R., MCNAMARA, J. & HUNTER, W. 1974. *An atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from the University School Growth Study*. University of Michigan.
- RITUCCI, R. & NANDA, R. 1986. The effect of chin cup therapy and development of the cranial base and midface. *Am J Orthod Dentof Orthop*, 90, 475-483.
- ROHLF, F. 1996. *Morphometric spaces, shape components and the effects of linear transformations*, New York, Plenum Press.
- ROHLF, F. 1999. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *J Classif*, 16, 197-223.
- ROHLF, F. & MARCUS, L. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends Ecol Evol*, 8, 129-132.
- ROHLF, F. & SLICE, D. 1990. Extensions o the Procrustes method for the optimal superimposition of landmark data. *Systematic Zoology*, 39, 40-59.
- RUBBRECHT, O. 1939. A study of the heredity of the anomalies of the jaws. *Am j Orthod Oral Surg*, 25, 751-779.
- RWAKATEMA, D., NGANGA, P. & KEMOLI, A. 2006. Prevalence of malocclusion among 12-15-years-old in Moshi, Tanzania, using Bjork's criteria. *East Afr Med J*, 83, 372-379.
- SAKAMOTO, T. 1981. Efective timing for the application of orthopaedic force in skeletal class III. *Am J Orthod*, 80, 411-416.
- SAKAMOTO, T., IWASE, I., UKA, A. & NAKAMURA, S. 1984. A roentgenocephalometric analysis of skeletal changes during and after chin cup treatment. *Am J Orthod*, 85, 341-345.
- SALDIVAR, O. 1999. Maloclusiones clase III. *Dentista y paciente*, 1, 299-312.
- SALEH, F. 1999. Prevalence of malocclusion in a sample of Lebanese schoolchildren: an epidemiological study. *East Mediterr Health J*, 5.

- SALUD-OSAKIDETZA, S. V. D. 1990. Estudio epidemiológico de la salud buco-dental infantil en la Comunidad Autónoma Vasca. Documentos técnicos de salud pública dental, serie B, Vitoria.
- SANBORN, R. 1955. Differences between the facial skeletal pattern of Class III malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod*, 25, 208-222.
- SÁNCHEZ, T., SÁENZ, L. & ALFARO, P. 1991. Occlusion distribution in a 7 to 14 years old student population in Mexico. *Rev ADM*, 48, 52-55.
- SAYIN, M. & TÜRKKAHRAMAN, H. 2004. Malocclusion and crowing in an orthodontically referred Turkish population. *Angle Orthod*, 74, 635-639.
- SCHOENWETTER, R. 1974. A possible relationship between certain malocclusions and difficult or instrument deliveries. *Angle Orthod*, 44, 336-340.
- SCHOPF, P. 2003. Indication for and frequency of early orthodontic therapy or interceptive measures. *J Orofac Orthop*, 64, 186-200.
- SCHULHOF, R., NAAKAMURA, S. & WILLIAMSON, W. 1977. Prediction of abnormal growth in Class III malocclusions. *Am J Orthod*, 71, 421-430.
- SCHULZE, C. & WIESE, W. 1965. On the heredity of prognathism *Fortschr Kieferorthop*, 26, 213-229.
- SEGNER, D. 1986. The shape of the human face recorded by use of contour photography and spline function interpolation. *Eur J Orth* 8, 112-117.
- SELIGMAN, D., PULLINGER, A. & SOLBERG, W. 1988. The prevalence of dental attrition and its association with factors of age, gender, occlusion and TMJ symptomatology. *J Dent Res*, 67, 1323-1333.
- SEVERT, T. & PROFFIT, W. 1997. The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 12, 171-176.
- SHARMA, J. 2009. Epidemiology of malocclusions and assessment of orthodontic treatment need for the population of Eastern Nepal. *World J Orthod*, 10, 311-316.
- SIDLAUSKAS, A. & LOPATIENE, K. 2009. The prevalence of malocclusion among 7-15 years old Lithuania schoolchildren. *Medicina*, 45, 147-152.
- SILVA, R. & KANG, D. 2001. Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119, 313-315.
- SIMON, P. 1922. *Grundzüge einer systematischen diagnostik der Gebiss-Anomalien*, Berlín, Meusser.
- SINGH, G. & CLARK, W. 2001. Localitazion of mandibular changes in patients with Class II division 1 malocclusions treated with twin-block appliances: finite element scaling analysis. *Am J Orthod*, 119, 419-425.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1997a. Localization of deformations of the midfacial complex in subjects with class III malocclusions employing thin-plate spline analysis. *J Anat*, 191, 595-602.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1997b. Morphometry of the cranial base in



- subjects with class III malocclusion. *J Dent Res*, 76, 694-703.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1997c. Spline analysis of the mandible in human subjects with class III malocclusion. *Arch Oral Biol*, 42, 345-353.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1997d. Thin-plate spline of the cranial base in subjects with class III malocclusion. *Eur J Orthod*, 19, 341-353.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1998. Components of soft tissue deformations in subjects with untreated Angle's class III malocclusions: thin-plate spline analysis. *Craniofac Genet Develop Biol*, 18, 219-227.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 1999. Soft tissue thin-plate spline analysis of prepubertal Korean and European-Americans with untreated Angle's class III malocclusions. *J Craniofac Genet Develop Biol*, 19, 94-101.
- SINGH, G., MCNAMARA, J. & LOZANOFF, S. 2000. Midfacial morphology of Koreans with class III malocclusions investigated with finite-element scaling analysis. *J Craniofac Genet Dey Biol*, 20, 10-18.
- SINGH, G. & THIND, B. 2003. Effects of the headgear-activator Teuscher appliance in the treatment of class II division 1 malocclusion: a geometric morphometric study. *Orthod Craniofac Res*, 6, 88-95.
- SIRIWAT, P. & JARABAK, J. 1985. Malocclusion and facial morphology is there a relationship? An epidemiological study. *Angle Orthod*, 55, 127-138.
- SKALAK, R., MOSS, M. & SHINOZOUKA, M. 1983. Statistical testing of an allometric centered model of craniofacial growth. *Am J Orthod*, 83, 5-18.
- SOCIALES, C. D. S. Y. S. 1994. Estudio epidemiológico sobre salud bucodental en escolares asturianos. Consejería de Sanidad y Servicios de Asturias.
- SOH, J., SANDHAM, A. & CHAN, Y. 2005a. Malocclusion severity in Asian men in relation to malocclusion type and orthodontic treatment need. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 128, 648-652.
- SOH, J., SANDHAM, A. & CHAN, Y. 2005b. Occlusal status in Asian male adults: prevalence and ethnic variation. *Angle Orthod*, 75, 814-820.
- STANG, R. & THOMSON, W. 1958. *A text-book of orthodontia*, Philadelphia.
- STAUDT, C. & KILIARIDIS, S. 2009a. Different skeletal types underlying Class III malocclusion in a random population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136, 715-721.
- STAUDT, C. & KILIARIDIS, S. 2009b. Divergence in prevalence of mesiocclusion caused by different diagnostic criteria. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 135, 323-327.
- STEIGMAN, S., KAWAR, M. & ZILBERMAN, Y. 1983. Prevalence and severity of malocclusion in Israeli Arab urban children 13 to 15 years old age. *Am J Orthod*, 4, 337-343.

- STEINER, C. 1953. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod*, 39, 729-755.
- STILES, K. & LUKE, J. 1953. The inheritance of malocclusion due to mandibular prognathism. *J Hered*, 44, 241-245.
- STRAUSS, R. & BOOKSTEIN, F. 1982. The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Systematic Zoology*, 31, 113-135.
- SUGAWARA, J., ASANO, T., ENDO, N. & MITANI, H. 1990. Long-term effects of chincap therapy on skeletal profile in mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 98, 127-133.
- SUGAWARA, J. & MITANI, H. 1997a. Facial growth of skeletal class III malocclusion and the effects, limitations and long-term dentofacial adaptations to chincap therapy. *Seminars in Orthodontics*, 3, 244-254.
- SUGAWARA, J. & MITANI, H. 1997b. Facial Growth of skeletal Class III malocclusion and the effects, limitations and long-term dentofacial adaptations to chincap therapy. *Semin Orthod*, 3, 244-254.
- SUSAMI, R. 1967. A cephalometrics study of dentofacial growth in mandibular prognathism. *J Jpn Orthod Soc*, 26, 1-34.
- SUSAMI, R., ASAI, Y., HIROSE, K., HOSOI, T. & HAYASHI, I. 1972. Prevalence of malocclusion in Japanese school children. *J Jpn Orthod Soc*, 31, 319-324.
- SUSAMI, R., KUSHIDA, S. & ONISHI, K. 1968. Clinical information of mandibular prognathism cases. *J Jpn Orthod Soc*, 27, 118-124.
- SUZUKI, S. 1961. Studies on the so-called reverse occlusion. *J Nihon Univ Sch Dent*, 3, 51-58.
- TAHMIRA, K., TANAKA, E. & TANNE, K. 2000. Craniofacial morphology in orthodontically treated patients of Class III malocclusion with stable and unstable treatment outcomes. *Am J orthod Dentofac Orthod*, 117, 681-690.
- TAKADA, K., PETDACHAI, S. & SAKUDA, M. 1993. Changes in dentofacial morphology in skeletal class III children treated by a modified maxillary protraction headgear and a chin cup: a longitudinal cephalometric appraisal. *Eur Orthod Soc*, 15, 211-221.
- TANAKA, H., LESTREL, P. & UETAKE, T. 2000. Sex differens in proximal humeral outline shape: Elliptical Fourier functions. *J Forensic Sci*, 45, 292-302.
- TANG, E. 1994a. Occlusal features of Chinese adults in Hong-Kong. *Aust Orthod J*, 13, 159-163.
- TANG, E. 1994b. The prevalence of malocclusion amongst Hong-Kong male dental student. *Br J Orthod*, 21, 57-63.
- THILANDER, B. 1963. Treatment of class III malocclusion with chin cup. *Trans Eur Orthod Soc*, 384-398.
- THILANDER, B. 1965. Chin-cup treatment for Angle class III malocclusion. *Trans Eur Orthod Soc*, 311-327.
- THILANDER, B., PENA, L., INFANTE, C., PARADA, S. & DE MAYORGA, C. 2001. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogotá, Colombia. An epidemiological study related



- to different stages of dental development. *Eur J Orthod*, 23, 153-167.
- TOLLARO, I., BACCETTI, T., BASSARELLI, V. & FRANCHI, L. 1994. Class III malocclusion in the deciduous dentition: a morphological and correlation study. *Eur J Orthod*, 1994, 401-408.
- TORT, A. 2003. Elliptical fourier functions as a morphological descriptor of the genus *Stenosarina*. *Mathemat Geology*, 35, 873-885.
- TRAVESÍ, J. 1990. Estudio cefalométrico de 1000 casos de maloclusión dentaria en población española I. Análisis de Steiner. *Ortod Esp*, 31, 11-24.
- TROTTMAN, A. & ELSBACH, H. 1996. Comparison of malocclusion in preschool black and white children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 110, 69-72.
- TUNCER, B., KAYGISIZ, E., TUNCER, C. & YÜKSEL, S. 2009. Pharyngeal airway dimensions alter chin cup treatment in class III malocclusion subjects. *J Oral Rehabil*, 36, 110-117.
- TURLEY, P. 1988. Orthopedic correction of class III malocclusion with palatal expansion and custom protraction headgear. *J Clin Orthod*, 22, 314-325.
- TWEED, C. 1966. *Clinical Orthodontics*, St Louis, Mosby Company.
- UKA, A. 1982. Roentgenocephalometric analysis on the post-treatment stability of skeletal class III cases treated with the chin cup. *Tohoku Univ Dent*, 1, 33-45.
- URQUIETA, R. & VARGAS, M. 1990. Analisis of 1000 cases of dentomaxillary anomalies. *REv Dent Chile*, 81, 116-123.
- USLU, O. & AKCAM, M. 2009. Long-term follow up of patients with a skeletal angle class III relationship treated with chin caps. *World J Orthod*, 10, 317-322.
- VAN VUUREN, C. 1991. A review of the literature on the prevalence of Class III malocclusion and the mandibular prognathic growth hypotheses. *Aust Orthod J*, 12, 23-28.
- VOORHIES, J. & ADAMS, J. 1951. Poligonic interpretation of cephalometric findings. *Angle Orthod*, 41, 194-215.
- WALTHER, D. (ed.) 1966. *Current Orthodontics*, Wright, Bristol.
- WANG, X., ZHANG, J., ZHANG, W., LI, N. & SHI, N. 2009. A stability study of hard tissue changes in patients with skeletal class III malocclusion after orthodontic-orthognathic treatments. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 27, 60-63.
- WARD, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize and objective function. *J Am Statist Assoc*, 58, 236-244.
- WEINBERGER, B. 1926. *Orthodontics: an historial review of its origins and evolution*, St. Louis.
- WENDELL, P., NADA, R., SAKAMOTO, T. & NAAKAMURA, S. 1985. The effects of chin cup therapy on the mandible: a longitudinal study. *Am J Orthod*, 87, 265-274.
- WILLIAMS, S. & ANDERSEN, C. 1986. The morphology of the potencial Class III skeletal pattern in the growing child. *Am J Orthod*, 89, 302-311.
- WISHART, D. 1987. *Clustan user manual*, Edinburgh.

- WOLFF, G., WIENKER, T. & SANCER, H. 1993. On the genetics of mandibular prognathism: analysis of large European noble families. *J Med Genet*, 30, 112-116.
- WOLLKOFF, V. 1984. Elogio de a diferencia: el complejo de Procusto. *Cuadernos ínfimos I*, 113, 1-3.
- WOON, K., THONG, Y. & ABDUL, R. 1989. Permanent dentition occlusion in Chinese, Indian and Malay groups in Malaysia. *Aust Orthod J*, 11, 45-48.
- WUCHERPFENNING, B. & FERRE, F. 1990. Estudio morfológico y evolutivo de la clase III entre los 5 y 10 años. *Ortod Esp*, 31, 147-166.
- XU, Y., CAI, B. & LU, X. 2009. Preliminary investigation of orthodontic treatment in compilanse with dentofacial development in patients with skeletal class III malocclusion and open bite. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 44, 594-597.
- YAMAGUCHI, B. 1973. Facial flatness measurements of the Ainu and Japanese crania. *Bull Natl Sci Mus Tokyo*, 16, 161-171.
- YAMAGUCHI, T., PARK, S. & NARITA, A. 2005. Genome-wide linkage analysis of mandibular prognathism in korean and japanese patients. *J Dent Res*, 84, 255-259.
- YEONG, P. & HUGGARE, J. 2004. Morphology of Syngapore Chinese. *Eur J Orthod*, 26, 605-612.
- YETTRAM, A. & WRIGHT, K. 1976. Finite element stress analysis of the crowns of normal and restored teeth. *J Dent Res*, 55, 1004-1011.
- YOUNG, K., SEUNG-HAK, B. & MAHJAMES, Y. 2004. Determinats of sccessful chincup therapy in skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial* 126, 33-41.
- ZELDITCH, M., SWIDERSHI, D., SHEETS, H. & LINK, W. 2004. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*, San Diego.
- ZENTNER, A., DOLL, G. & PEYLO, S. 2001. Morphological parameters as predictors of successful correction of class III malocclusion. *Eur Orthod Soc*, 23, 383-392.

