

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Odontología

AVANCE MANDIBULAR EN PACIENTES EN CRECIMIENTO. APARATOLOGIA TRADICIONAL VERSUS INVISALIGN.

Madrid, curso 2022/2023

Número identificativo: 42

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Introducción: La clase II esquelética de causa mandibular por retrognatismo o hipoplasia mandibular se trata idealmente durante el pico de crecimiento mediante dispositivos llevando la mandíbula en una posición avanzada para estimular su crecimiento. Entre los aparatos funcionales tradicionales se encuentran el Twin-Block, compuesto por dos bloques de acrílico, el Herbst caracterizándose por sus tubos deslizantes y el Bionator siendo un único bloque de acrílico. Recientemente, Invisalign propuso un sistema de avance mandibular mediante aletas de precisión, siendo así, una nueva alternativa de corrección sagital de la clase II. **Objetivos:** El objetivo principal del trabajo fue comparar la aparatología tradicional con Invisalign en el tratamiento del avance mandibular. Los dos secundarios fueron primero analizar el funcionamiento de la aparatología funcional en el avance mandibular enfocándose en los aparatos Twin-block, Herbst y Bionator y, segundo, evaluar el manejo del avance mandibular con Invisalign. **Materiales y métodos:** La búsqueda bibliográfica se realizó a través de plataformas cuales PUBMED, BIBLIOTECA CRAI de la universidad, SCOPUS... Se establecieron criterios de exclusión e inclusión para obtener una muestra de artículos de los últimos 10 años relevante con el trabajo. **Resultados:** Respectando los criterios de elegibilidad, 22 artículos fueron analizados en esta revisión examinando los cambios en ocho parámetros cefalométricos para cada aparato. **Conclusiones:** Todos los aparatos consiguieron una corrección anteroposterior de la clase II. El Twin-Block obtuvo los mejores resultados de corrección de la clase II. La aparatología funcional tradicional tiene la desventaja de ocasionar una compensación dentoalveolar. Invisalign procura un control de la inclinación de los incisivos permitiendo un avance exclusivamente esquelético. **Palabras claves:** Odontología, avance mandibular, aparatología funcional, Invisalign.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Introduction: Skeletal Class II due to retrognathism or mandibular hypoplasia is ideally treated during growth peak through devices that bring the mandible into a forward position in order to stimulate its growth. The traditional functional appliances include the Twin-Block consisting of two acrylic blocks, the Herbst being characterized by sliding tubes and the Bionator which is a single acrylic block. Recently, Invisalign proposed a mandibular advancement system using slide wings, thus being a new alternative for sagittal correction of class II. **Objectives:** The main objective of the study was to compare traditional appliances with Invisalign in the treatment of mandibular advancement. The two secondary objectives were firstly to analyse the performance of functional appliances in mandibular advancement, focusing on the Twin-block, Herbst and Bionator appliances and, secondly, to evaluate the management of mandibular advancement with Invisalign. **Materials and methods:** The literature search was carried out through platforms such as PUBMED, CRAI LIBRARY of the university, SCOPUS... Exclusion and inclusion criteria were established to obtain a sample of articles from the last 10 years relevant to the work. **Results:** Respecting the eligibility criteria, 22 articles were analysed in this review examining changes in eight cephalometric parameters for each appliance. **Conclusions:** All appliances achieved an anterior-posterior correction of Class II. The Twin-Block accomplished the best Class II correction results. Traditional functional appliances have the disadvantage of causing dentoalveolar compensation. Invisalign provides control of the incisors inclination, allowing a purely skeletal advancement. **Keywords:** Odontology, mandibular advancement, functional appliance, Invisalign.

ÍNDICE :

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Clasificación ósea:	1
1.1.1. Ángulo SNA:.....	3
1.1.2. Ángulo SNB:.....	4
1.1.3. Ángulo ANB:	5
1.1.4. Análisis de Wits:	6
1.1.5. Distancia efectiva mandibular:.....	7
1.1.6. Ángulo IMPA:.....	8
1.1.7. Ángulo incisivo central superior con plano palatino:	9
1.2. Clasificación dentaria:	10
1.3. Crecimiento mandibular/avance mandibular:.....	12
1.4. Maduración Cervical Vertebral	14
1.5. Aparatología funcional	16
1.5.1 Twin-Block	17
1.5.2 Herbst.....	17
1.5.3 Bionator.....	18
1.5.4 Invisalign.....	19
2. OBJETIVOS	22
3. METODOLOGÍA	22
4. RESULTADOS.....	23
5. DISCUSIÓN	42
5.1. Efectos esqueléticos	42
5.2. Efectos dentoalveolares	46
6. CONCLUSIÓN.....	50
7. BIBLIOGRAFÍA	52

1. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico temprano de maloclusiones y dismorfias dentofaciales es muy importante a la hora de establecer un plan de tratamiento.

Para obtener este diagnóstico se requieren varias informaciones sobre el paciente: el biotipo facial, el patrón esquelético, el estadio de crecimiento en el cual se encuentra y la maloclusión dentaria. (1)

La maloclusión de clase II es la más frecuente en la consulta ortodóncica. (2) La clase II esquelética se acompaña frecuentemente de este tipo de maloclusión aún si esta combinación no se aprecia siempre.

La aparatología funcional es un tratamiento interceptivo para tratar discrepancias óseas en pacientes en crecimiento activo. En el caso de la clase II esquelética, en la cual el 80% de los casos se asocia a una retrusión mandibular (3), este tratamiento permite un adelantamiento de la mandíbula hasta una relación de clase I ósea y dentaria.

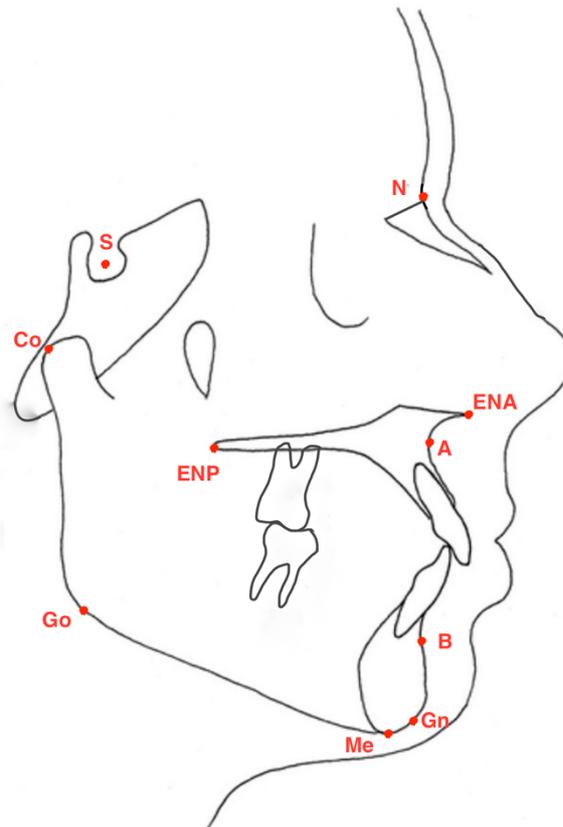
1.1. Clasificación ósea:

A nivel esquelético, diferenciamos tres clases óseas: (1,4)

- La clase I: las bases óseas crecen de manera coordinada, se considera normalidad y referencia a la hora de diagnosticar.
- La clase II, en la cual la arcada inferior se encuentra en una posición distal con respecto a la superior. Esta falta de coordinación de crecimiento puede tener diferentes orígenes: podría producirse por una alteración maxilar (prognatismo o hiperplasia), mandibular (retrognatismo o hipoplasia) en la cual nos centraremos en este trabajo, o de causa mixta.
- La clase III esquelética se refiere a una posición mesial de la arcada inferior con respecto a la superior: por prognatismo o hiperplasia mandibular, retrognatismo o hipoplasia maxilar o de causa mixta.

El hecho de presentar una Clase II puede ocasionar una afectación del perfil y apariencia física pudiendo generar malestar en los pacientes. (2)

Para obtener un diagnóstico esquelético se realiza un análisis cefalométrico. Este consiste en la medición de varios ángulos y planos a partir de puntos anatómicos de referencia. (Figura 1)



S: Silla

N: Nasion

Co: Condileon

Go: Gonion

ENP: Espina Nasal Posterior

ENA: Espina Nasal Anterior

A: Punto A

B: Punto B

Gn: Gnación

Me: Mentón

Figura 1 : Puntos cefalométricos (*elaboración propia*) (4)

1.1.1. Ángulo SNA:

S= Silla, N= Nasion, A= punto A

Descrito por Riedel, valora la posición anteroposterior del maxilar superior respecto a la base del cráneo.

Su valor normal (maxilar bien posicionado) es de $82 \pm 2^\circ$. Una magnitud superior a esta significa una protrusión del maxilar correspondiendo a una clase II esquelética de causa maxilar. Un valor inferior significa una retrusión del maxilar.

(Figura 2) (4)

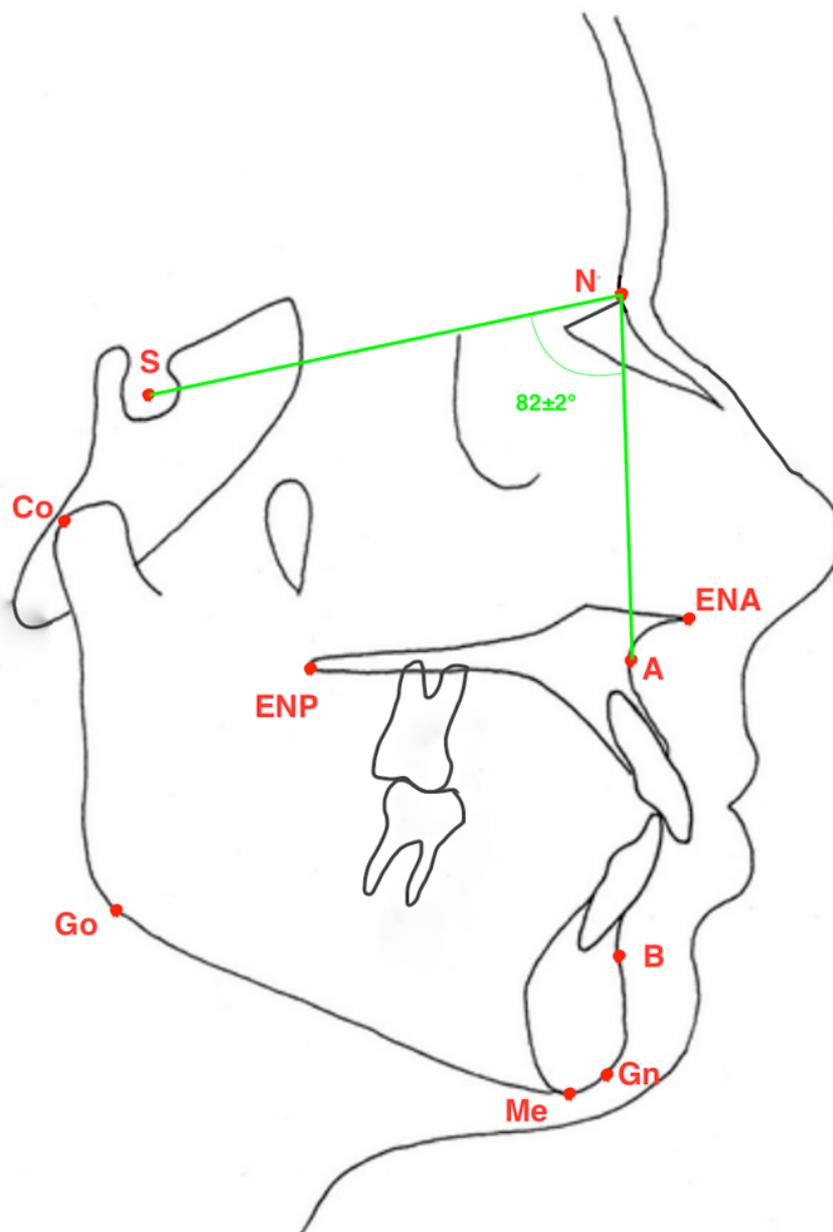


Figura 2: Ángulo SNA (*elaboración propia*)

1.1.2. Ángulo SNB:

S= Silla, N= Nasion, B= punto B

Descrito por Riedel, valora la posición anteroposterior de la mandíbula respecto a la base del cráneo.

Su valor normal (mandíbula bien posicionada) es de $80 \pm 2^\circ$. Una magnitud superior a esta significa un prognatismo mandibular. Un valor inferior corresponde a una retrusión mandibular pudiendo indicar una clase II esquelética de causa mandibular. (Figura 3) (4)

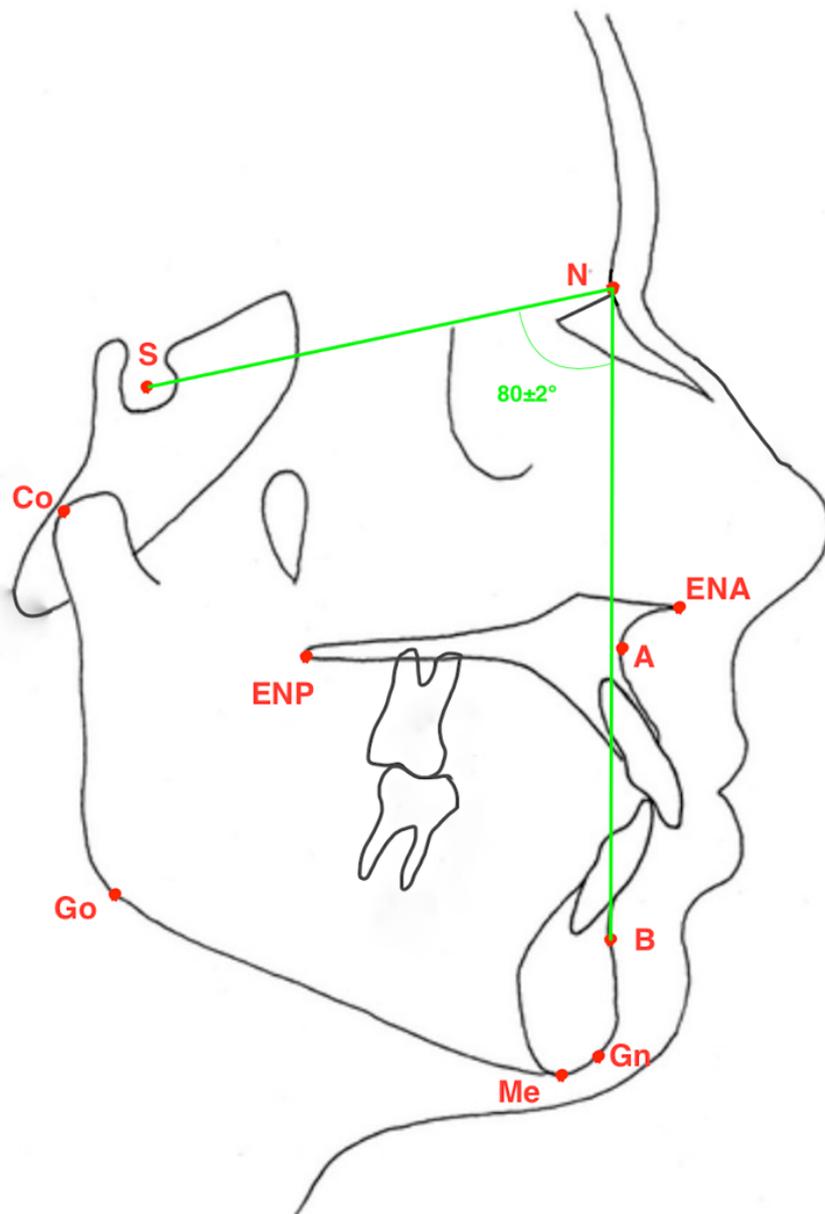


Figura 3: Ángulo SNB (elaboración propia)

1.1.3. Ángulo ANB:

El ángulo ANB define la relación entre las bases óseas y se obtiene haciendo la diferencia entre los ángulos SNA y SNB. Su valor normal es de 2°; si está aumentado, el diagnóstico correspondiente sería de clase II esquelética. Esta magnitud indica el pronóstico y la dificultad de tratamiento del caso. (Figura 4).

(4)

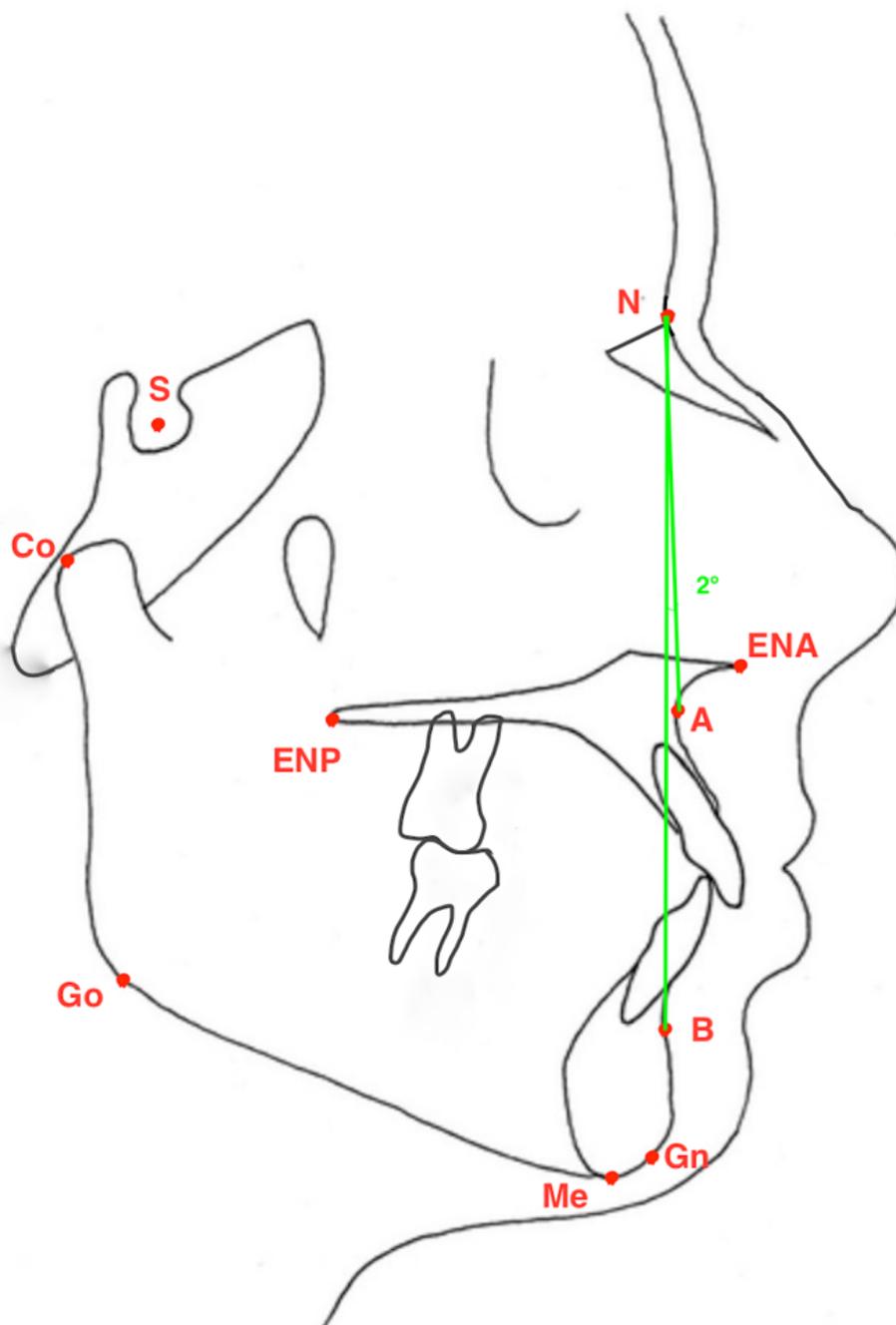


Figura 4: Ángulo ANB (*elaboración propia*)

1.1.4. Análisis de Wits:

El Wits, descrito por Jacobson, toma como referencia el plano oclusal (PO). Se trazará la perpendicular a este plano pasando por el punto A y otra perpendicular al PO pasando por el punto B. Se medirá la distancia entre los dos puntos obtenidos de la intersección de estas líneas con el PO (puntos AO y BO) y se obtendrá una medida de la discrepancia anteroposterior de los maxilares. Su valor normal es de $-1 \pm 3\text{mm}$, tanto que un valor aumentado indica una clase II esquelética. (Figura 5).(5)

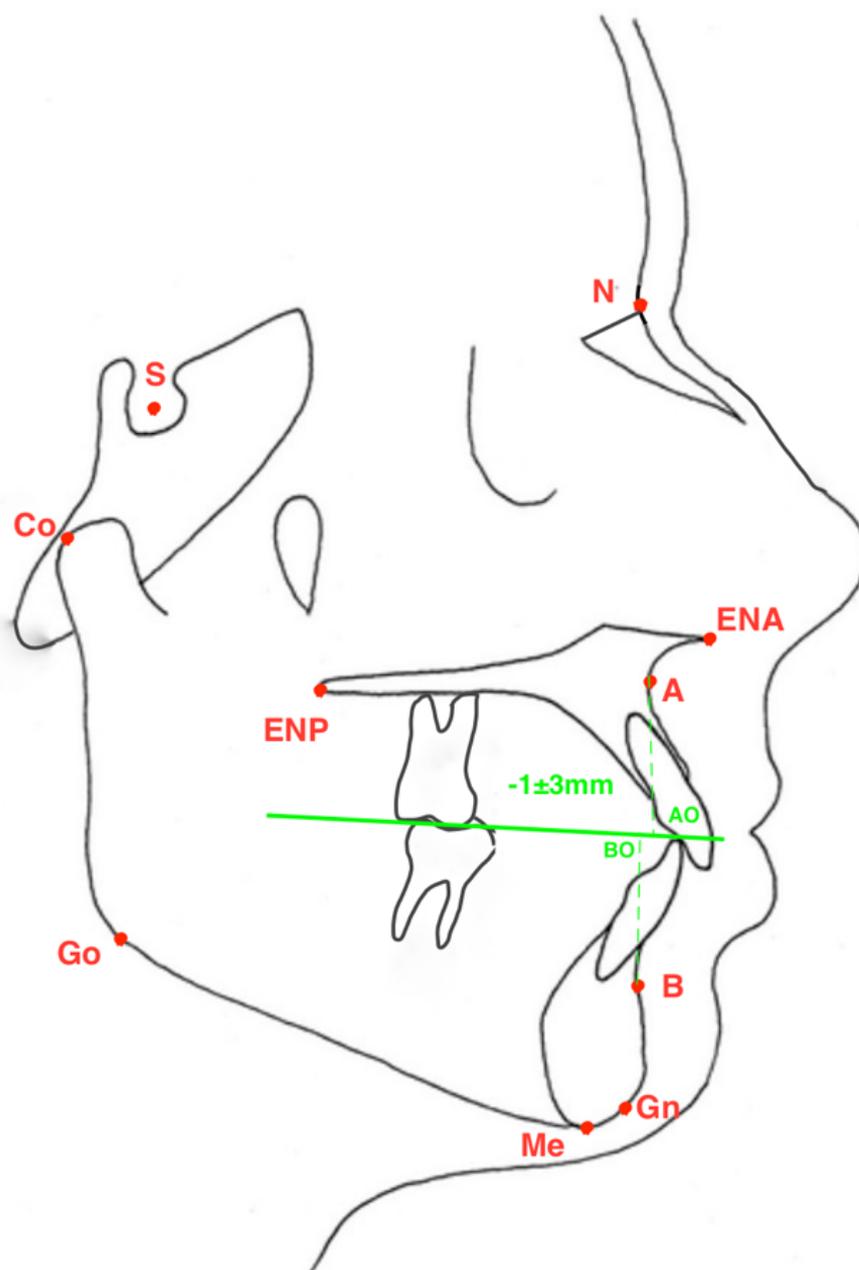


Figura 5: Análisis de Wits (*elaboración propia*)

1.1.5. Distancia efectiva mandibular:

Co= Condileon, Gn= Gnation

Esta distancia fue descrita por McNamara. La longitud de la mandíbula se mide linealmente desde el punto Co (punto más superoposterior del cóndilo) al punto Gn (entre mentón y pogonion) y permite valorar el crecimiento mandibular. (Figura 6). (1,5)

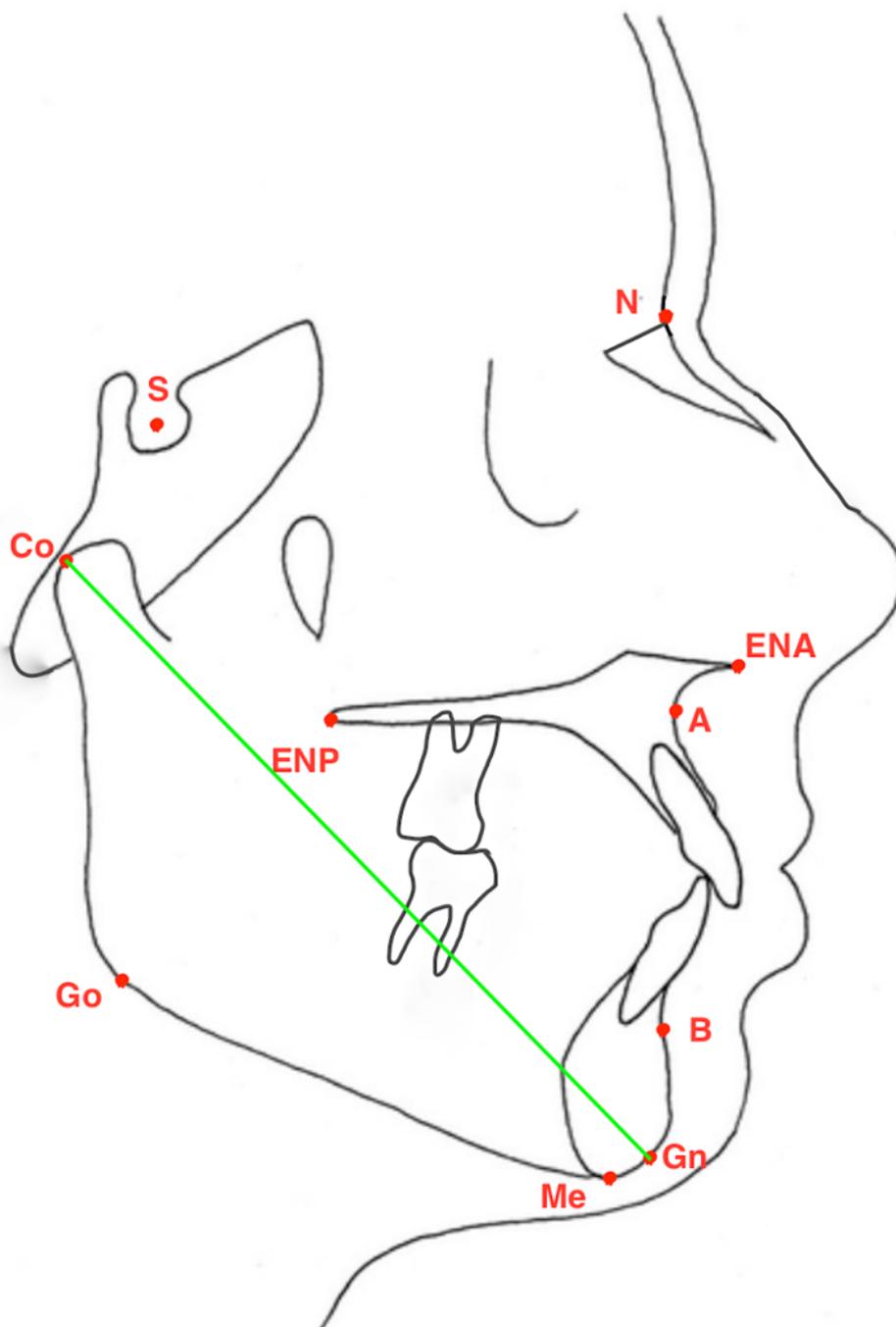


Figura 6: Distancia Co-Gn (*elaboración propia*)

1.1.6. Ángulo IMPA:

Este ángulo fue descrito por Downs e indica la inclinación de los incisivos inferiores con respecto a la base ósea de la mandíbula.

Se mide el ángulo resultante de la intersección entre plano mandibular (línea pasando por el punto Gognion y Menton) y el eje del incisivo central inferior. Su valor normal es de 90°. (Figura 7). (4,5)

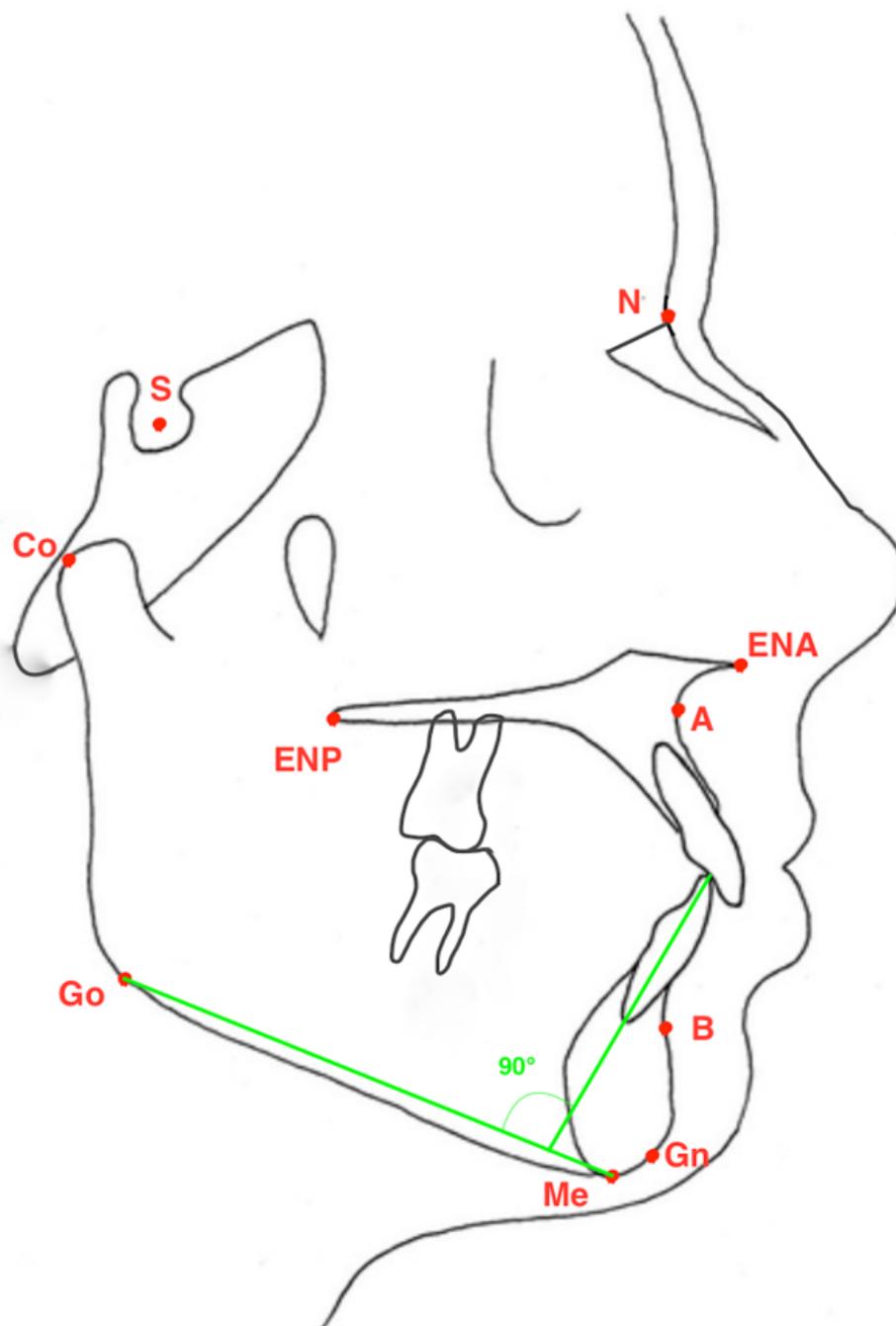


Figura 7: Ángulo IMPA (Incisivo mandibular) *(elaboración propia)*

1.1.7. Ángulo incisivo central superior con plano palatino:

Esta medida fue descrita por Downs y mide el ángulo resultante de la intersección del eje del incisivo superior con el plano palatino (línea que une la espina nasal posterior y la anterior). Permite valorar la inclinación de los incisivos superiores con respecto al maxilar superior. Su valor normal es de 114° . (Figura 8). (5)

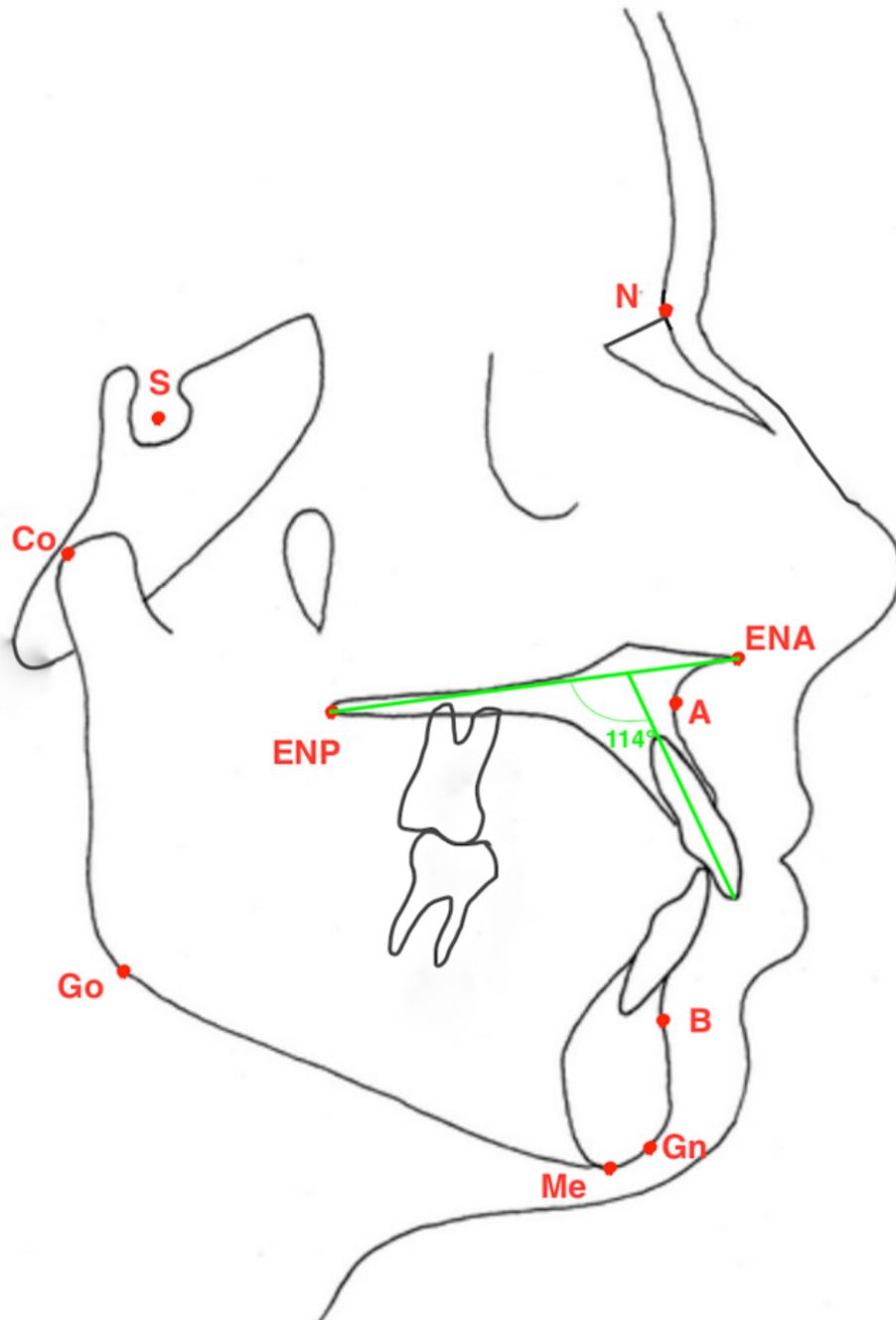


Figura 8: Ángulo IS^{PP} (incisivo superior con plano palatino) *(elaboración propia)*

1.2. Clasificación dentaria:

Angle clasifica y describe tres tipos de maloclusiones: las clases I, II y III. (4)

La clase I de Angle se considera como oclusión ideal y de referencia en sentido anteroposterior. Esta relación entre arcadas sería la finalidad esperada en los tratamientos ortodóncicos permitiendo un buen engranaje de las arcadas y su estabilidad.

En una clase I, se toma como referencia la cúspide mesiovestibular (MV) del primer molar superior coincidiendo con el surco mesiovestibular del primer molar inferior. (Figura 9). (4,6)

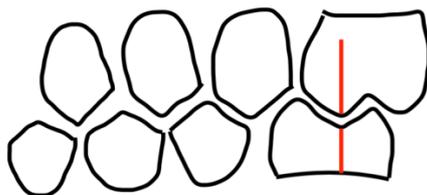


Figura 9: Clase I de Angle (*elaboración propia*)

Por otra parte, se considera una clase II de Angle cuando la cúspide MV del primer molar superior se encuentra mesializada al surco MV del primer molar inferior; la arcada inferior se encuentra entonces en una posición distalizada con respecto a la superior. (Figura 10). Esta clase II tiene dos divisiones, la primera división implica tener los incisivos superiores vestibularizados, provocando un resalte aumentado. Por contrario, en la segunda división, los incisivos superiores se encuentran lingualizados. (Figuras 11 y 12). Estas divisiones tendrán repercusiones al momento de planificar el tratamiento de los pacientes.(6)

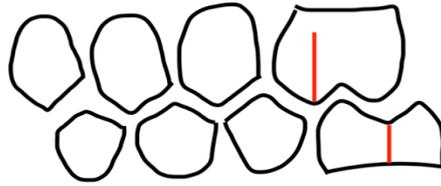


Figura 10: Clase II de Angle (*elaboración propia*)

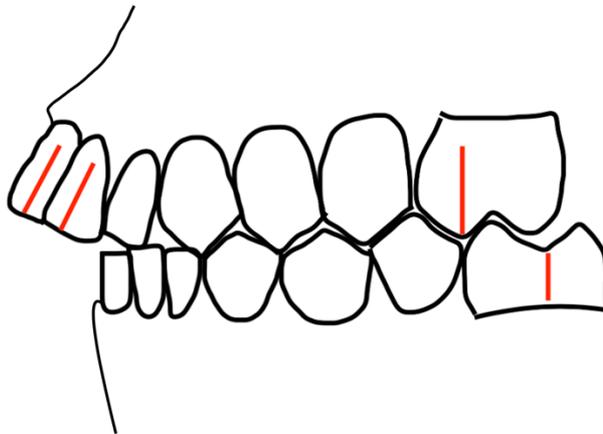


Figura 11: Clase II división 1 (*elaboración propia*)

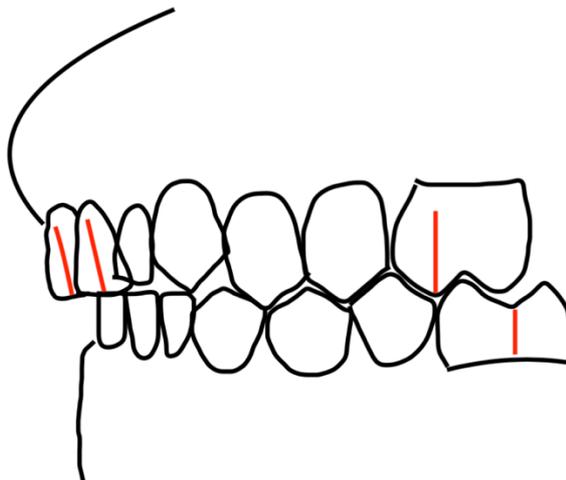


Figura 12: Clase II división 2 (*elaboración propia*)

En la clase III de Angle observamos que la cúspide MV del primer molar superior se encuentra por distal del surco MV del primer molar inferior. (4)

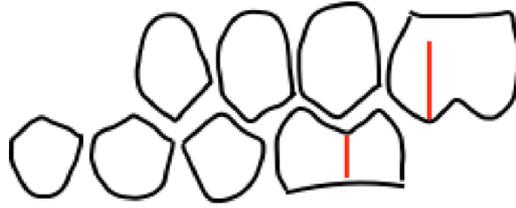


Figura 13: Clase III de Angle (*elaboración propia*)

1.3. Crecimiento mandibular/avance mandibular:

Para poder realizar un correcto avance mandibular en un paciente, necesitamos entender el crecimiento mandibular y los efectos que tendrá nuestro tratamiento. La mandíbula se forma por osificación intramembranosa alrededor del cartílago del primer arco faríngeo (Meckel).

Además del crecimiento propio de los huesos (osificación membranosa), existen cartílagos secundarios presentes en el cóndilo, la sínfisis, la apófisis coronoides y el ángulo de la mandíbula. Estos cartílagos secundarios difieren por su estructura y respuesta a estímulos exteriores. (7,8)

La sínfisis mandibular se queda abierta hasta los ocho meses de vida, impidiendo el crecimiento transversal por el cartílago sinfisario más allá de esta edad. El crecimiento mandibular se hará entonces por procesos de remodelación.

La mandíbula se va desplazando en sentido anteroinferior a expensas de la rama mandibular creando una zona de aposición (predominante) posterior y una zona de reabsorción anterior mientras va aumentando de tamaño por crecimiento hacia atrás y arriba. Este crecimiento permitirá que los molares permanentes tengan el espacio suficiente para erupcionar. (7)

Se producirá igualmente un crecimiento transversal del cuerpo mandibular por aposición en vestibular y reabsorción en lingual y un crecimiento vertical por aposición inferior excepto en la zona de la escotadura antegonial. (6)

La apófisis coronoides, va modificando su orientación a lo largo del crecimiento proporcionando tres direcciones de crecimiento: superior, medial y posterior.

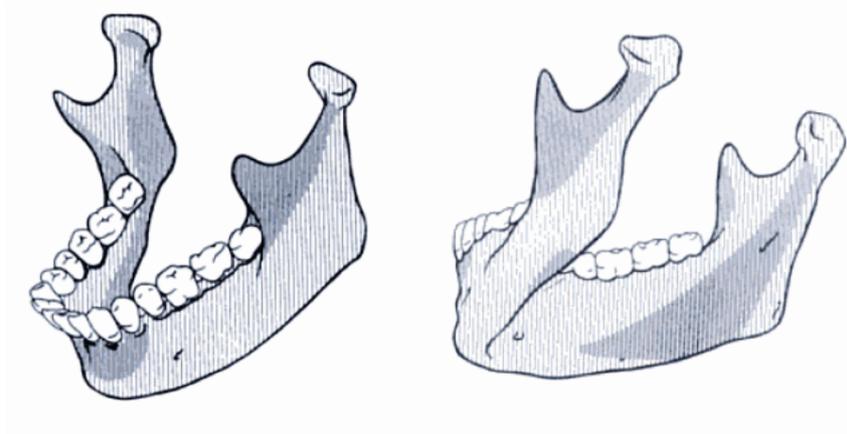


Figura 14: Zonas reabsortivas en gris oscuro y aposicionales en gris claro de la mandíbula según Enlow. (8)

El cóndilo y la rama de la mandíbula siguen remodelándose gracias al desplazamiento mandibular que puede ser primario (desplazamiento generado por propio crecimiento intrínseco de la mandíbula) o bien secundario (por la influencia de otras regiones: fosa glenoidea principalmente). Este cartílago secundario presente en el cóndilo se va adaptando a estímulos exteriores como la masticación o las exigencias funcionales. (7)

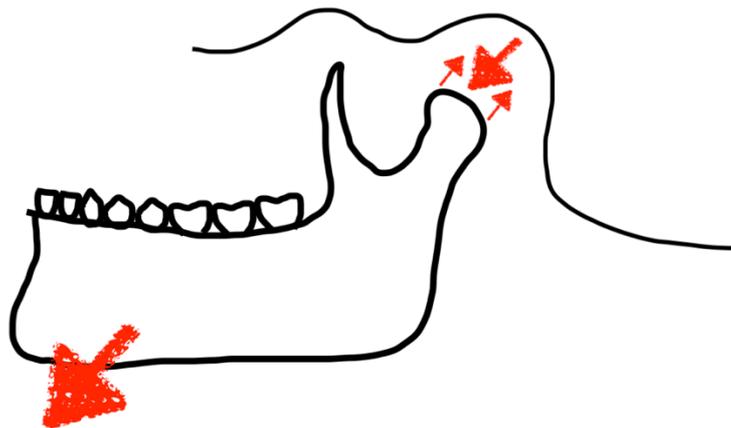


Figura 15: Se desplaza la mandíbula hacia adelante y abajo por crecimiento del cóndilo hacia atrás, arriba y afuera. *(elaboración propia)*

Rotación mandibular:

En 1969, el Dr. Björk publica un artículo en el cual describe el crecimiento mandibular gracias a una investigación realizada sobre 100 niños entre 4 y 24 años. Este estudio consistía en la colocación de implantes en la mandíbula de los niños con y sin maloclusiones, siendo así puntos fijos de referencia para poder apreciar los cambios producidos en el tiempo. (9) Gracias a la superposición de cefalometrías, pudo identificar zonas estables en la mandíbula como el canal del nervio dentario inferior o bien el borde inferior de la sínfisis y así, los cambios rotacionales de la mandíbula. (6) La rotación anterior favorece el prognatismo mandibular siendo entonces un punto clave en el tratamiento de la clase II de causa mandibular.

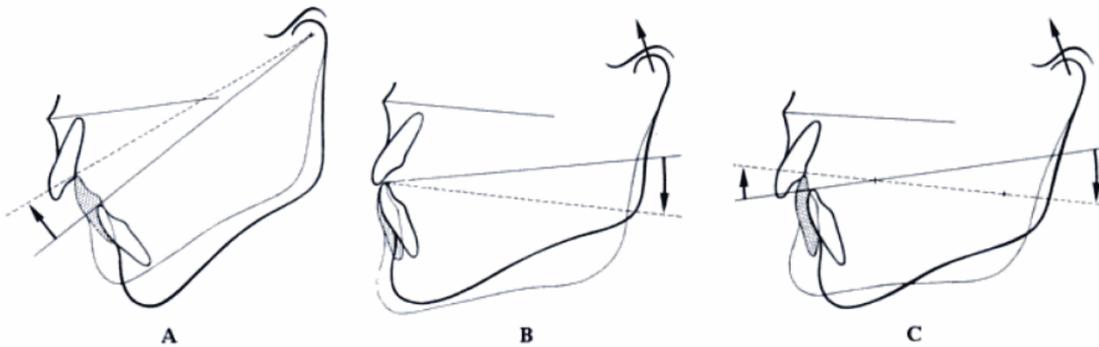


Figura 16: Rotación anterior de la mandíbula según Björk (9)

1.4. Maduración Cervical Vertebral

Para obtener resultados óptimos en el avance mandibular, uno de los factores más importantes es el momento del tratamiento. Para realizar un avance mandibular, es fundamental que la corrección coincida con el pico de crecimiento del paciente en el cual apreciamos el mayor grado de desarrollo condilar. Si la edad del paciente no es un indicador fiable de la madurez esquelética craneofacial por varias razones (sexo, genética, nutrición...), existen otras maneras relevantes y eficaces de identificar la madurez esquelética mandibular. (10)

Entre esas, la más usada consiste en analizar la morfología y tamaño de los cuerpos vertebrales de la segunda hasta la sexta vertebra cervical: "cervical vertebral

maturation” (CMV). Esta técnica tiene la ventaja de poder valorarse directamente sobre la radiografía lateral del cráneo.

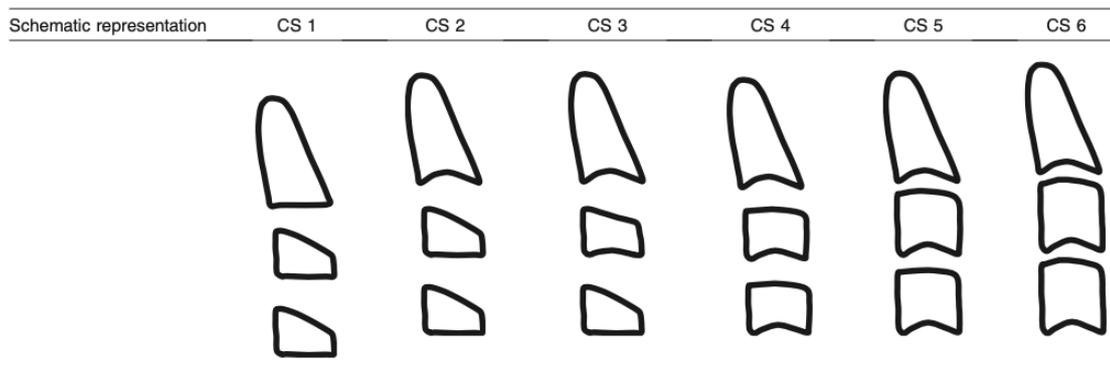


Figura 17: Representación esquemática de las etapas de maduración vertebral cervical (10)

Se diferencian seis estadios de la CMV: (5)

La fase 1 (cervical stage 1 (CS1)), en la cual los bordes inferiores de los cuerpos vertebrales de todas las vértebras son planos y los cuerpos de las vértebras C3 y C4 son trapezoidales con un borde posterior más alto que el anterior. Esta fase ocurre dos años antes del pico de crecimiento.

La fase 2 (CS2) se caracteriza por la concavidad en el borde inferior de la segunda vértebra, los bordes de C3 y C4 quedan planos y de forma trapezoidal. Ocurre un año antes del pico de crecimiento.

La fase 3 (CS3) se caracteriza por la aparición de una concavidad en el borde inferior de C3 además de C2. El borde inferior de C4 se queda plano y la morfología de las vértebras sigue siendo trapezoidal aún si C3 y C4 empiezan gradualmente a tener una forma más rectangular y horizontal.

Durante la fase 4 (CS4) aparece una concavidad en el borde inferior de C4. Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal.

Entre las fases CS3 y CS4 se encuentra el pico de crecimiento, siendo así el momento ideal de tratamiento del avance mandibular.

En la fase 5 (CS5), no se tomarán en cuenta las concavidades en los bordes inferiores ya que todas las vértebras la presentan bien marcada. Los cuerpos de C3 y C4 tienen una forma casi cuadrada. Cuando llegamos a este estadio, la mayoría del crecimiento craneofacial ya se ha realizado.

La fase 6 (CS6) requiere medir la longitud de los bordes posteriores e inferiores de las vértebras C3 y C4: por lo menos una de estas dos vértebras tiene una forma rectangular vertical (más alto que ancho). El hueso cortical en esta fase se encuentra más definido. Cuando el paciente se encuentra en CS6, ya no presenta crecimiento, el tratamiento sería entonces correctivo (cirugía, camuflaje...).

1.5. Aparatología funcional

El objetivo del uso de la aparatología funcional es de modificar y redireccionar el crecimiento mandibular.

Efectos de la aparatología funcional sobre el crecimiento mandibular:

La aparatología funcional produce varios efectos a nivel mandibular. Se aprecia una restricción del crecimiento maxilar, un cambio en la posición de la fosa glenoidea, una variación de la magnitud del ángulo goniaco, una estimulación con cambios celulares del crecimiento condilar, así como un cambio en su dirección de crecimiento. (11,12) También afecta a la proyección horizontal del mentón.

Los aparatos funcionales tienen también una repercusión dentoalveolar llevando los dientes mandibulares mesialmente y los maxilares distalmente.

El tratamiento funcional es un mecanismo por el cual conseguimos que un paciente de clase II ósea pase a una clase I. Este mecanismo usa las fuerzas del sistema estomatognático y no directamente del aparato. Los aparatos funcionales permiten adelantar la mandíbula reduciendo así el resalte presente en boca, sería entonces ideal descompensar las clases II división 2 a unas clases II división 1 para dejar el espacio al avance mandibular. (11)

Después de un correcto estudio del caso y diagnóstico realizados gracias a una toma de registros, modelos de estudio, estudio fotográfico y cefalométrico, se pasará a la elección y realización del aparato funcional. Para la fabricación de la aparatología, será necesario realizar una mordida constructiva con un registro de cera y llevar la mandíbula del paciente a la posición adelantada deseada para la realización del aparato o incluso más adelantada para prevenir las frecuentes recidivas al acabar el tratamiento. (2) Esta mordida constructiva tendrá que tomar en cuenta el centrado de las líneas medias y la correcta altura vertical (dependiendo del tipo facial y del aparato; si el avance es muy grande, la apertura tiene que ser reducida para no estirar demasiado los músculos). (13)

1.5.1 Twin-Block

El Twin-block es un aparato funcional descrito por William L. Clark. (2,14) Este se compone de dos bloques de acrílico independientes (uno maxilar y uno mandibular) guiando la mandíbula a una posición adelantada al cerrar la boca.

Sus componentes son: bloques acrílico con planos inclinados (70°) (15), ganchos en molares y premolares, arco vestibular para retrusión de incisivos superiores si necesario.

El sistema del twin-block busca una elongación de la mandíbula estimulando el crecimiento condilar : los cóndilos se encuentran desplazados de la fosa glenoidea reduciendo la presión en estos y aumentando así el crecimiento endocondral.(14,16)

Los componentes pueden presentar variaciones dependiendo de las características de cada paciente o bien de las preferencias de los profesionales.

Debe usarse 24 horas al día pudiendo quitarse para comer.



Figura 18: Twin-Block (17)

1.5.2. Herbst

El Herbst es un aparato funcional bimaxilar diseñado para el avance mandibular por Emil Herbst en el 1909. (2)

Se compone de tubos deslizantes (telescopicos) conectando la arcada superior con la inferior dejando la mandíbula en una posición avanzada forzada de manera continua a diferencia del twin-block y su sistema de guías de acrílico.

Estos tubos pueden encontrarse por vestibular o bien por oclusal gracias a variaciones en la conformación del acrílico.

Puede ser fijo o removible y admite un cierto número de modificaciones en su diseño en función de las necesidades del paciente o la comodidad.

Los cóndilos se encuentran entonces igualmente en una posición anteroinferior con respecto a la posición original de este en la fosa glenoidea. (18)

El aparato Herbst se lleva 24 horas (fijo) o bien de manera removible.



Figura 19: Aparato Herbst con tubos deslizantes por vestibular (11)

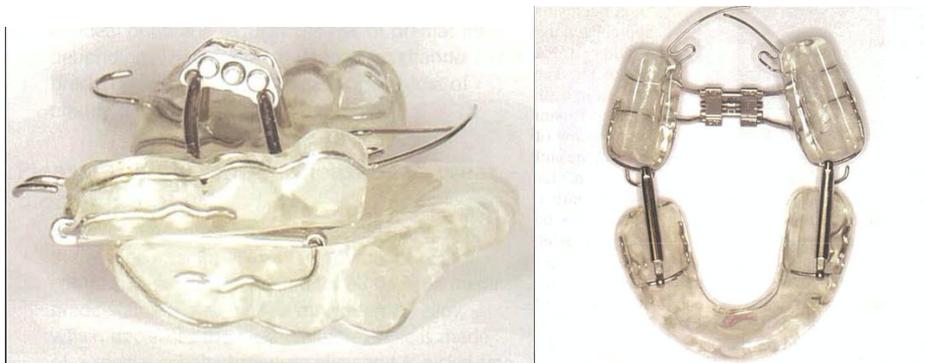


Figura 20: Aparato Herbst con tubos deslizantes por oclusal (19)

1.5.3. Bionator

El Bionator es un aparato funcional monobloque desarrollado por William Balters. (2)

Este aparato removible se compone de acrílico, extensiones laterales, arco palatino/coffin y arco vestibular.

El bionator modula la actividad muscular, eliminando factores exteriores y armonizando el papel de la lengua, los labios y las mejillas: está especialmente recomendado para pacientes siguiendo con hábitos de succión o respiradores orales. (13)

Se usa todo el día excepto durante las comidas.



(20)



(13)

Figura 21: Bionator

1.5.4. Invisalign

Invisalign fue creado en el 1998 por Align Technology (Santa Clara, CA, USA). No obstante, el pionero de esta tecnología fue de Harold Kesling en el 1946 con el “Tooth Positioner”. Esta idea fue luego desarrollada y mejorada por varios autores (McNamara, Ponitz..) (21) llegando a usar escáneres intraorales, simulaciones de resultados e impresión 3D de materiales termoplásticos transparentes para conseguir fabricar los alineadores.

Estos alineadores permiten el avance de la mandíbula en pacientes en crecimiento para la corrección de las clases II de causa mandibular. Las “aletas de precisión” o bien “slide wings” situadas por vestibular de los sectores posteriores son aditamentos que ayudan a la corrección. (22–24). Al cerrar la boca, el diseño y la posición de estas hacen que entren en contacto guiando así la mandíbula a una posición más avanzada. (23,24) En la posición correcta en contacto formarán un ángulo de 180° una con la otra.

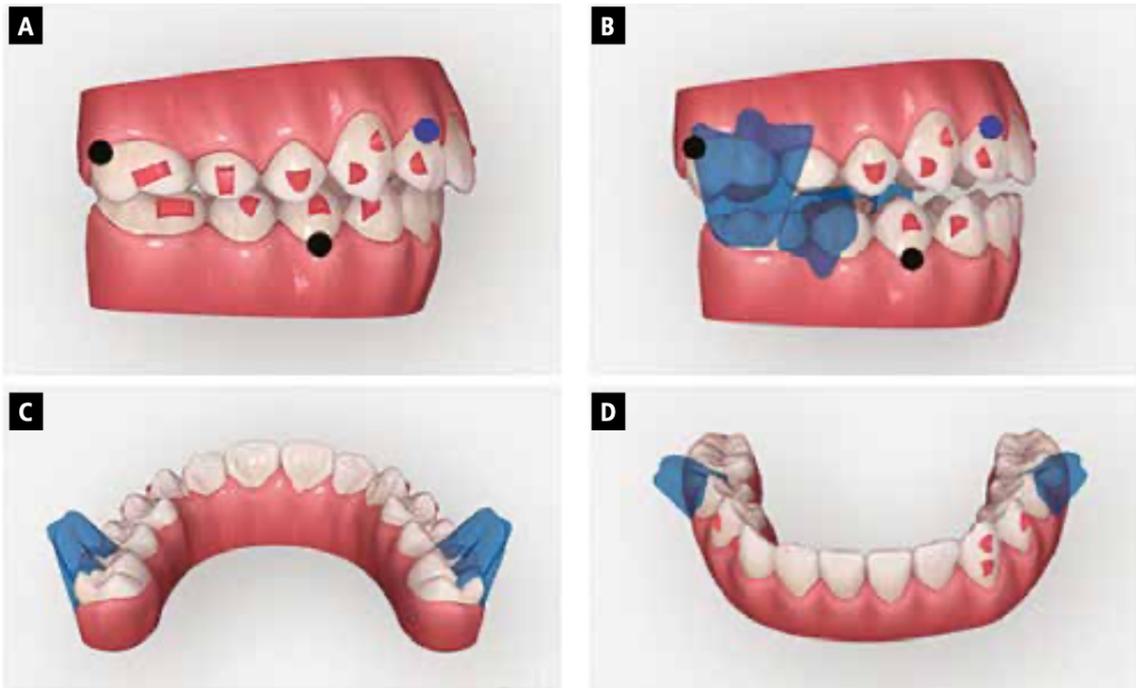


Figura 22: A = Vista vestibular sin aletas de precisión B= Vista vestibular con aletas de precisión C = Vista oclusal de la arcada superior con aletas de precisión D = Vista oclusal de la arcada inferior con aletas de precisión (23)

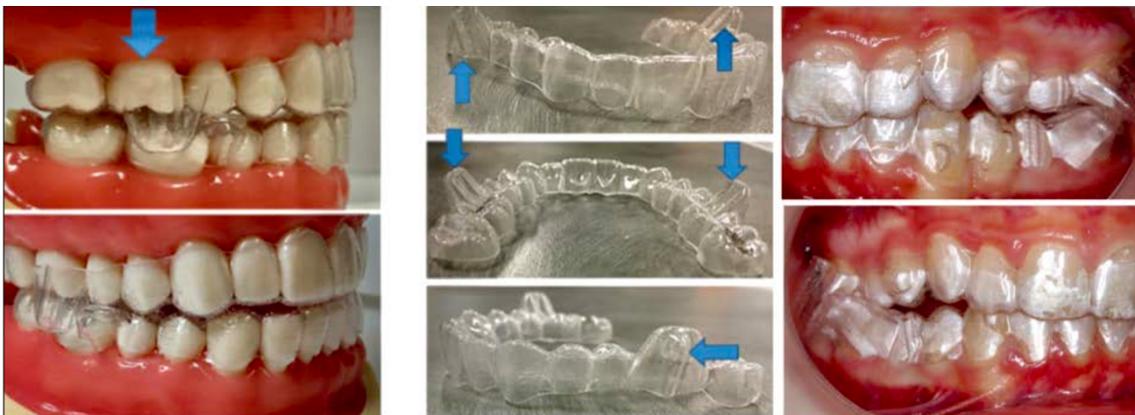


Figura 23: Invisalign first de avance mandibular con precisión wings (24)

Este sistema de avance mandibular con Invisalign requiere un protocolo preciso con varias fases de tratamiento: (25)

- Primero se escanearán las arcadas y la oclusión del paciente con un escáner intraoral. Se sacarán también fotos intraorales que se mandarán a Invisalign.

- Con estos datos, el sistema prepara el plan de tratamiento y la simulación de la corrección ortodóntica del paciente.
- Se hará luego una fase de pretratamiento, conocida como pre-avance, necesaria para corregir interferencias oclusales, curva de Spee (el paciente no debe presentar una sobremordida superior a 7mm), discrepancias transversales, desrotación de molares... pudiendo interferir en la posición de las aletas.
- La fase de avance mandibular se realiza en seguida acompañada de movimientos dentales simultáneos. En esta fase, se realizarán saltos incrementales de 2mm cada 8 etapas, cambiando de alineador cada semana.
- Al acabar el avance entraremos en una fase de transición estabilizando la mordida en su nueva posición.

JUSTIFICACIÓN

La alta prevalencia de clase II en la población (12-32%) (25), la alteración funcional que conlleva a la afectación del perfil y apariencia física pudiendo generar malestar en los pacientes, indujo décadas de desarrollo y búsquedas de tratamientos. (2). La elección del plan de tratamiento adecuado con un dispositivo ortodóntico se realiza dependiendo de una serie de factores como son el diagnóstico, el crecimiento del paciente o bien la preferencia de cada profesional. Algunos de los aparatos funcionales más usados hoy en día en la consulta para corregir las clases II esqueléticas de causa mandibular son el Twin-block, el Herbst y el Bionator. Recientemente, con una perspectiva de mejora de estética, comodidad y eficacia, Invisalign presentó su sistema de avance mandibular con alineadores invisibles convirtiéndose en una nueva alternativa de tratamiento.

Muy pocos estudios comparan esta aparatología tradicional con el sistema Invisalign por su reciente aparición, por lo tanto, resulta legítimo entender el funcionamiento de cada aparato, catalogar sus resultados, ventajas y desventajas comparándolos unos con otros.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal fue comparar la aparatología funcional tradicional con Invisalign en el tratamiento de avance mandibular.

Los objetivos secundarios fueron:

- Analizar el funcionamiento de la aparatología funcional en el avance mandibular enfocándose en los aparatos Twin-block, Herbst y Bionator.
- Evaluar el manejo del avance mandibular con Invisalign.

3. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos de este trabajo se realizó una revisión bibliográfica. Se llevó a cabo la búsqueda usando como fuente de información diferentes plataformas: PUBMED, BIBLIOTECA CRAI de la Universidad Europea, SCOPUS y MEDLINE. Los artículos fueron encontrados a través de los términos de búsqueda: *“mandibular advancement”, “functional appliances”, “invisalign teen”, “clear aligner”, “invisalign first”, “skeletal class II”, “twin block appliance”, “herbst appliance”, “bionator appliance”, “growing patient”*.

Para obtener una información relevante se eligieron los siguientes criterios de inclusión: artículos de menos de 10 años, en inglés y español, artículos de alto impacto teniendo relevancia con la temática de este trabajo provenientes de revistas como *“European Journal of Orthodontics”, “The Angle Orthodontics”*...

Los criterios de exclusión fueron: artículos de más de 10 años, en idiomas que no sean el inglés o el español, artículos a propósito de un solo caso, artículos sin relevancia con la temática (uso de otra aparatología, pacientes que no están en crecimiento, clases II de causa maxilar, pacientes con síndromes craneofaciales o trastornos temporo-mandibulares). Fueron también descartados los estudios con tratamientos con extracciones dentarias, cirugías, pacientes previamente tratados ortodónticamente o los que no usan análisis cefalométrico.

La ecuación de búsqueda para este trabajo fue la siguiente: ((((((invisalign) OR (twin block)) OR (herbst)) OR (bionator))) AND (mandibular advancement)) AND (class II).

4. RESULTADOS

Diagrama de flujo:

Al empezar la búsqueda manual y electrónica, un total de $n = 175$ artículos fue encontrado. De este número se eliminaron los duplicados, los textos de acceso limitado y los que no cumplían los criterios de inclusión y exclusión previamente elegidos para llegar a un total de $n = 46$ artículos. Se realizó la lectura completa de los artículos resultantes y al ser relevantes se seleccionó un número final de $n = 22$ artículos para desarrollar este trabajo.

Se ilustra la estrategia de búsqueda en el siguiente diagrama:

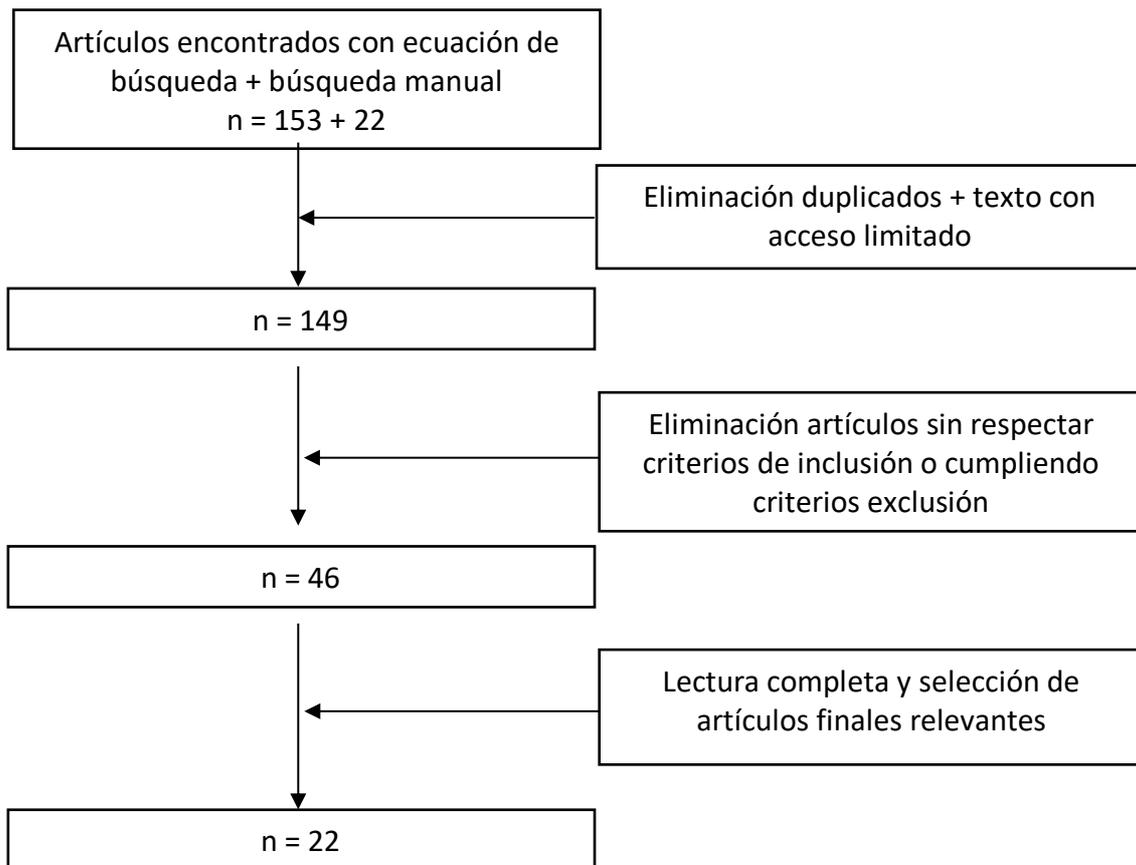


Figura 24: Diagrama de flujo

Estudios seleccionados y sus características:

<i>Tabla 1: Características de los estudios elegidos en este trabajo</i>								
Autores y año	Tipo Estudio	Tamaño muestra					Edad (años)	Duración tratamiento (meses)
		TB	HB	B	IL	C		
<i>J. Kochel y col. 2012. (20)</i>	Retrospectivo	-	-	50	-	-	9,93±1,51	36*
<i>A. Baysal y col. 2013 (26)</i>	Prospectivo	20	20	-	-	20	TB: 13,0±1,32 HB: 12,74±1,43	TB: 16,20±7,54 HB: 15,81±5,96
<i>A. Baysal y col. 2013(27)</i>	Prospectivo	24	23	-	-	20	TB : 13,0±1,32 HB : 12,74±1,43	TB: 16,20±7,54 HB: 15,81±5,96
<i>G. Jakobsone y col. 2013(28)</i>	Prospectivo	-	40	-	-	18	13,6±1,3	12
<i>D. Rocha Goes Landazuri y col. 2013(29)</i>	Prospectivo	-	-	28	-	14	9*	14,7
<i>Ahmad S. Burhan y col. 2015(30)</i>	Prospectivo	20	-	-	-	-	11,7±1,2	12
<i>Giuntini y col. 2015(31)</i>	Retrospectivo	28	-	-	-	27	12,4±1	13,2*
<i>F. Ahmadian-Babaki y col. 2017(32)</i>	Retrospectivo	17	-	16	-	-	[10,3-10,9]	ND
<i>Zelderloo y col. 2017(33)</i>	Retrospectivo	-	-	30	-	-	11,9±1,64	12,1±6,04
<i>Andrew T. DiBiase y col. 2020(34)</i>	Prospectivo	52	-	-	-	-	[11-14]	15
<i>Ravera S. y col. 2021(35)</i>	Prospectivo	-	-	-	40	32	[8-15]	18
<i>S. Caruso y col. 2021(23)</i>	Retrospectivo	10	-	-	10	-	10±1,05	ND
<i>N. Martins Insabralde y col. 2021(36)</i>	Retrospectivo	-	41	-	-	25	11,3	14
<i>M. Amuk y col. 2022(37)</i>	Retrospectivo	-	30	-	-	60	15,23	ND
<i>Sabouni y col. 2022(24)</i>	Retrospectivo	-	-	-	32	-	[9,9 – 14,8]	[7,5—13,8]

<i>E. Cretella Lombardo y col.</i> 2023(17)	Retrospectivo	35	-	-	21	15	TB: 12,0±1,3 IL: 11,2±1,1	TB: 21,6* IL: 30*
<i>Jungbaueur y col.</i> 2023(38)	Retrospectivo	-	-	18	-	-	9,8±1,5	42*
<i>Yanqi Wu, Qian Yu y col.</i> 2023(39)	Retrospectivo	12	11	-	14	12	TB: 11±1,04 HB: 11,55±0,69 IL: 12,11±1,16	TB: 10,16±5,46 HB: 10,18±3,06 IL: 22,84±8,98

TB = Twin-Block, HB = Herbst, B = Bionator, IL = Invisalign, C = Control, * = valores no originales de los estudios (obtenidos a partir de cálculos), ND = No Disponible.

La Tabla 1 ilustra varias características de los estudios encontrados para esta revisión bibliográfica. En total, 18 artículos fueron elegidos al ser relevantes con respecto a los criterios de inclusión y exclusión citados previamente. De estos 18 estudios, 11 son estudios retrospectivos y 7 son prospectivos. Los dos artículos de A. Baysal & T. Uysal se refieren a la misma muestra de pacientes pero analizan en uno los efectos dento-esqueléticos y en el otro los efectos sobre los tejidos blandos.(26) El artículo de W. Sabouni no se considera artículo de alto impacto (revista clasificada Cuartil 3) pero se incluyó en esta revisión al cumplir los otros criterios, al ser citado en varios artículos de alto impacto y al presentar datos relevantes para este trabajo. (24)

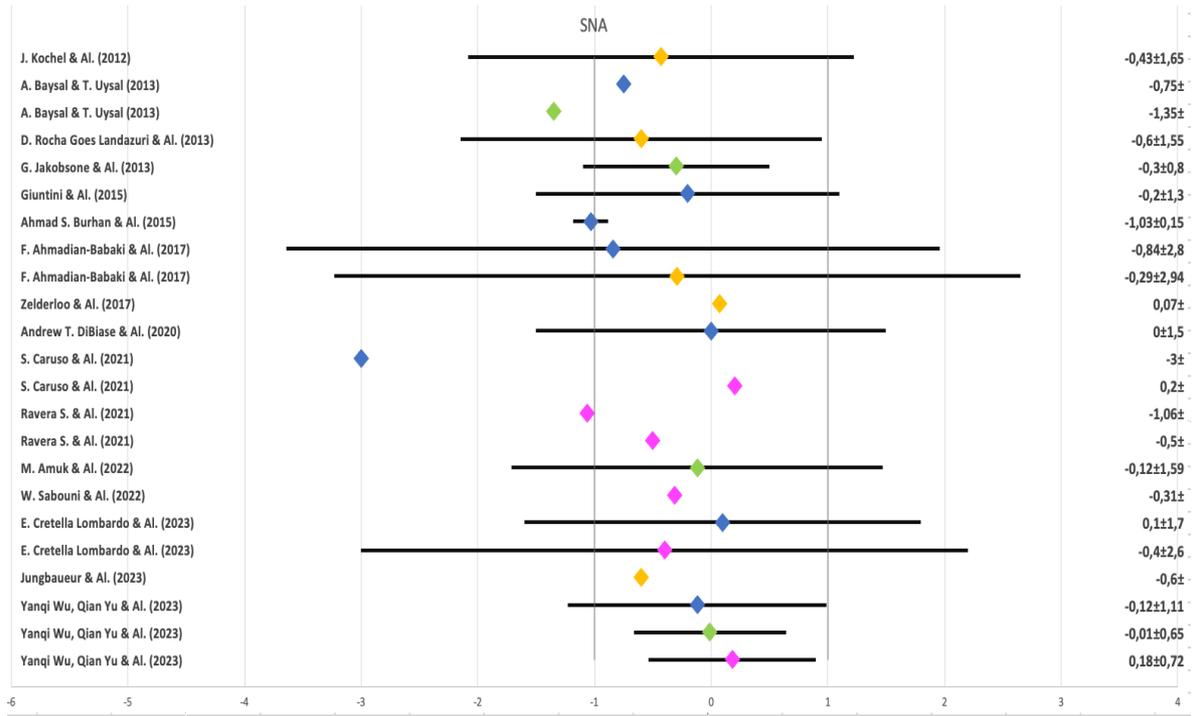
En este trabajo, examinamos ocho parámetros cefalométricos: SNA, SNB, ANB, Wits, Resalte, IS[^]PP, IMPA y Co-Gn. Se organizan los resultados (diferencia entre T0 = pre-tratamiento y T1 = al finalizar la fase de avance mandibular) de cada parámetro en tablas y gráficas en función de los estudios seleccionados y de los aparatos usados con el fin de compararlos.

- **SNA :**

16 estudios de los 18 elegidos analizaron los efectos de la aparatología funcional sobre el SNA. Entre ellos, 8 estudiaron el Twin-Block, 4 el aparato de Herbst, 5 el Bionator y 5 el sistema Invisalign.

Tabla 2: Diferencia de valores de SNA entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento.

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel y col. (2012)</i>	-	-	-0,43 ± 1,65	-
<i>A. Baysal & T. Uysal (2013)</i>	-0,75	-1,35	-	-
<i>D. Rocha Goes Landazuri y col. (2013)</i>	-	-	-0,6 ± 1,55	-
<i>G. Jakobson y col. (2013)</i>	-	-0,3 ± 0,8	-	-
<i>Giuntini y col. (2015)</i>	-0,2 ± 1,3	-	-	-
<i>Ahmad S. Burhan y col. (2015)</i>	-1,03 ± 0,15	-	-	-
<i>F. Ahmadian-Babaki y col. (2017)</i>	-0,84 ± 2,80	-	-0,29 ± 2,94	-
<i>Zelderloo y col. (2017)</i>	-	-	0,07	-
<i>Andrew T. DiBiase y col. (2020)</i>	0,0 ± 1,5	-	-	-
<i>S. Caruso y col. (2021)</i>	-3	-	-	0,2
<i>Ravera S. y col. (2021)</i>	-	-	-	CMV2 : -1,06 CMV3 : -0,5
<i>M. Amuk y col. (2022)</i>	-	-0,12 ± 1,59	-	-
<i>W. Sabouni y col. (2022)</i>	-	-	-	-0,31
<i>E. Cretella Lombardo y col. (2023)</i>	0,1 ± 1,7	-	-	-0,4 ± 2,6
<i>Jungbaeur y col. (2023)</i>	-	-	-0,6	-
<i>Yanqi Wu, Qian Yu y col. (2023)</i>	0,12 ± 1,11	-0,01 ± 0,65	-	0,18 ± 0,72



Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

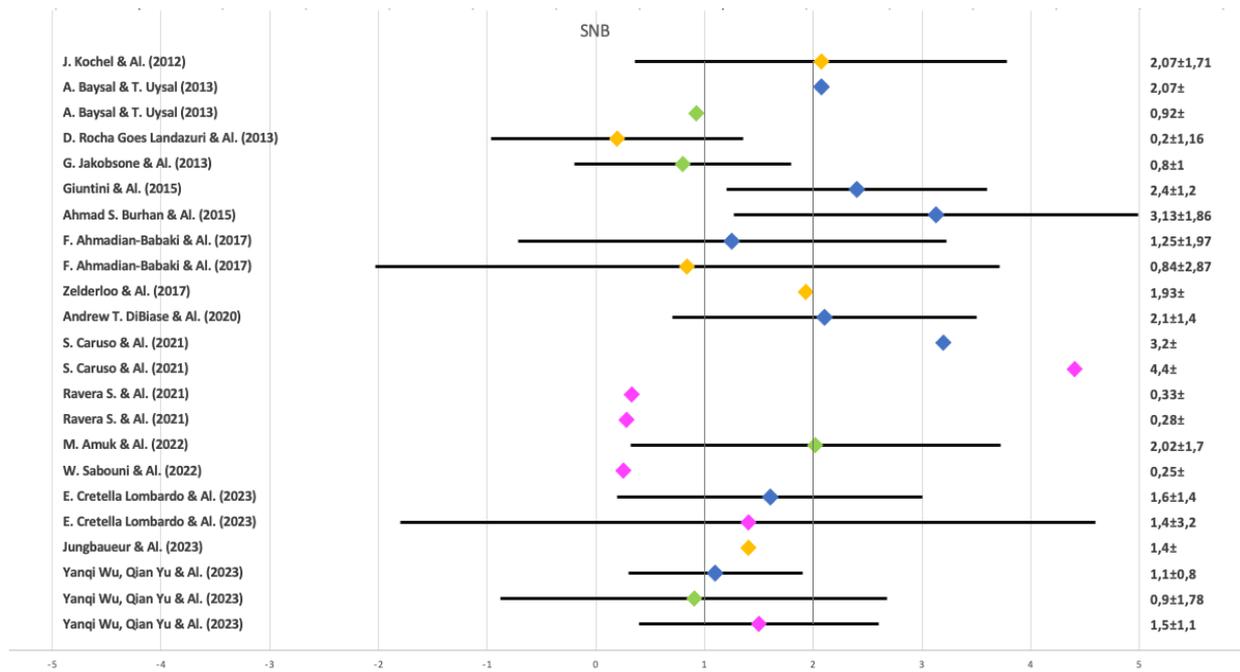
Gráfica 1 : Repartición de los valores de SNA obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **SNB :**

De la misma manera 16 estudios de los 18 estudiaron los resultados de SNB.

Tabla 3 : Diferencia de valores de SNB entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento.

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel y col. (2012)</i>	-	-	2,07 ± 1,71	-
<i>A. Baysal & T. Uysal (2013)</i>	2,07	0,92	-	-
<i>D. Rocha Goes Landazuri y col. (2013)</i>	-	-	0,2 ± 1,16	-
<i>G. Jakobson y col. (2013)</i>	-	0,8 ± 1,0	-	-
<i>Giuntini y col. (2015)</i>	2,4 ± 1,2	-	-	-
<i>Ahmad S. Burhan y col. (2015)</i>	3,13 ± 1,86	-	-	-
<i>F. Ahmadian-Babaki y col. (2017)</i>	1,25 ± 1,97	-	0,84 ± 2,87	-
<i>Zelderloo y col. (2017)</i>	-	-	1,93	-
<i>Andrew T. DiBiase y col. (2020)</i>	2,1 ± 1,4	-	-	-
<i>S. Caruso y col. (2021)</i>	3,2	-	-	4,4
<i>Ravera S. y col. (2021)</i>	-	-	-	CMV2 : 0,33 CMV3 : 0,28
<i>W. Sabouni y col. (2022)</i>	-	-	-	0,25
<i>M. Amuk y col. (2022)</i>	-	2,02 ± 1,70	-	-
<i>E. Cretella Lombardo y col. (2023)</i>	1,6 ± 1,4	-	-	1,4 ± 3,2
<i>Jungbaeur y col. (2023)</i>	-	-	1,4	-
<i>Yanqi Wu, Qian Yu y col. (2023)</i>	1,10 ± 0,80	0,90 ± 1,78	-	1,50 ± 1,10



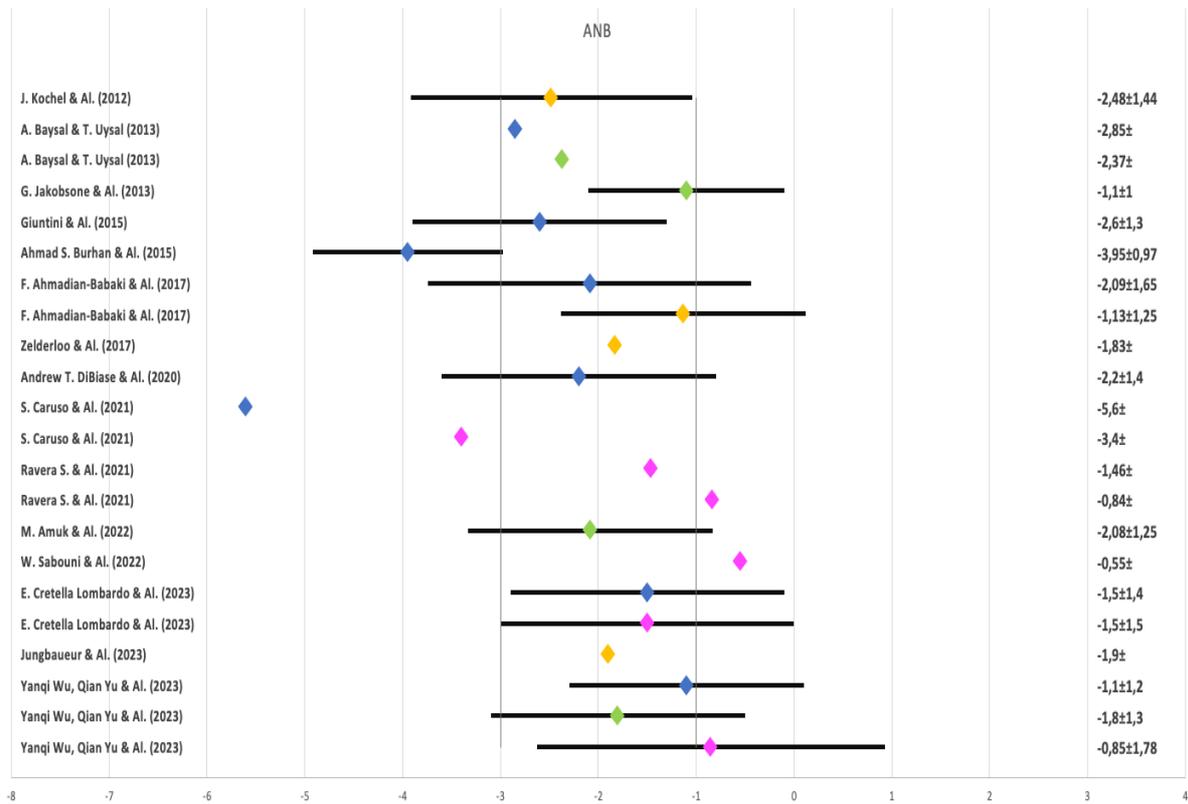
Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

Gráfica 2 : Repartición de los valores de SNB obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **ANB :**
15 estudios registraron valores de ANB.

Tabla 4 : Diferencia de valores de ANB entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento.

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel & Al. (2012)</i>	-	-	-2,48 ± 1,44	-
<i>A. Baysal & T. Uysal (2013)</i>	-2,85	-2,37	-	-
<i>G. Jakobson & Al. (2013)</i>	-	-1,1 ± 1,0	-	-
<i>Giuntini & Al. (2015)</i>	-2,6 ± 1,3	-	-	-
<i>Ahmad S. Burhan & Al. (2015)</i>	-3,95 ± 0,97	-	-	-
<i>F. Ahmadian-Babaki & Al. (2017)</i>	-2,09 ± 1,65	-	-1,13 ± 1,25	-
<i>Zelderloo & Al. (2017)</i>	-	-	-1,83	-
<i>Andrew T. DiBiase & Al. (2020)</i>	-2,2 ± 1,4	-	-	-
<i>S. Caruso & Al. (2021)</i>	-5,6	-	-	-3,4
<i>Ravera S. & Al. (2021)</i>	-	-	-	CMV2 : -1,46 CMV3 : -0,84
<i>W. Sabouni & Al. (2022)</i>	-	-	-	-0,55
<i>M. Amuk & Al. (2022)</i>	-	-2,08 ± 1,25	-	-
<i>E. Cretella Lombardo & Al. (2023)</i>	-1,5 ± 1,4	-	-	-1,5 ± 1,5
<i>Jungbaeur & Al. (2023)</i>	-	-	-1,9	-
<i>Yanqi Wu, Qian Yu & Al. (2023)</i>	-1,10 ± 1,20	-1,80 ± 1,30	-	-0,85 ± 1,78



Legenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

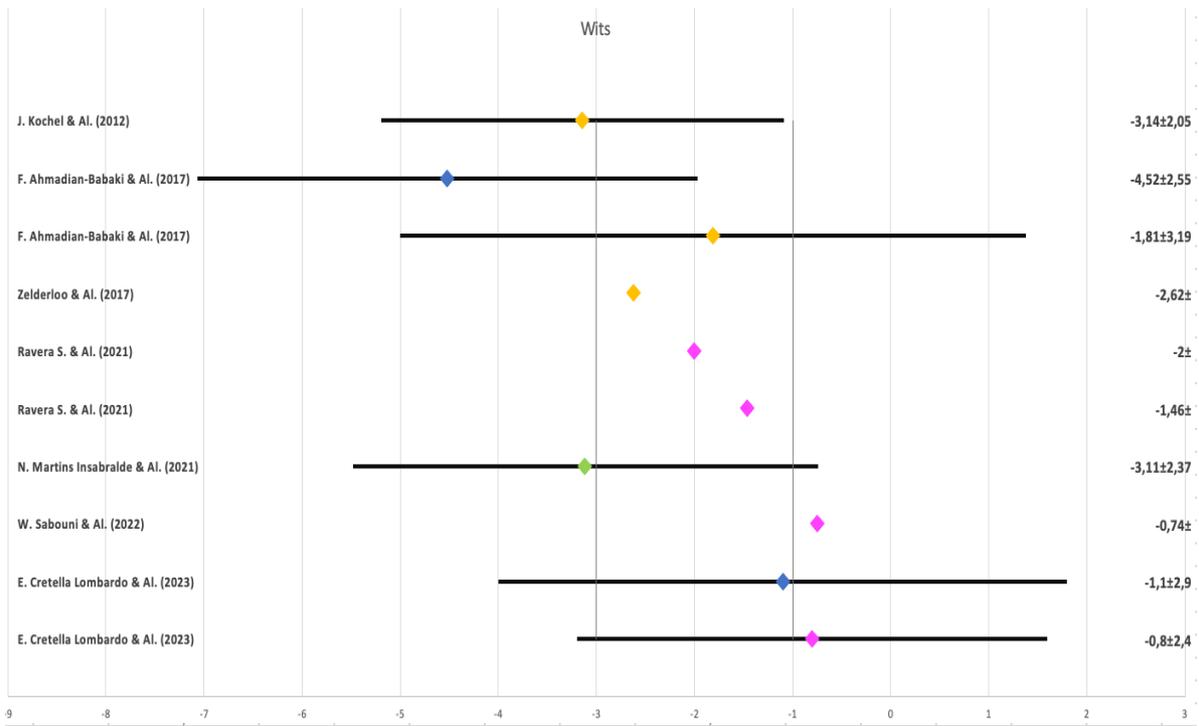
Gráfica 3 : Repartición de los valores de ANB obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **Wits :**

7 artículos repertoriaron valores de Wits.

Tabla 5 : Diferencia de valores de Wits entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento.

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel & Al. (2012)</i>	-	-	-3,14 ± 2,05	-
<i>F. Ahmadian-Babaki & Al. (2017)</i>	-4,52 ± 2,55	-	-1,81 ± 3,19	-
<i>Zelderloo & Al. (2017)</i>	-	-	-2,62	-
<i>Ravera S. & Al. (2021)</i>	-	-	-	CMV2 : -2 CMV3 : -1,46
<i>N. Martins Insabralde & Al. (2021)</i>	-	-3,11 ± 2,37	-	-
<i>W. Sabouni & Al. (2022)</i>	-	-	-	-0,74
<i>E. Cretella Lombardo & Al.</i>	-1,1 ± 2,9	-	-	-0,8 ± 2,4



Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

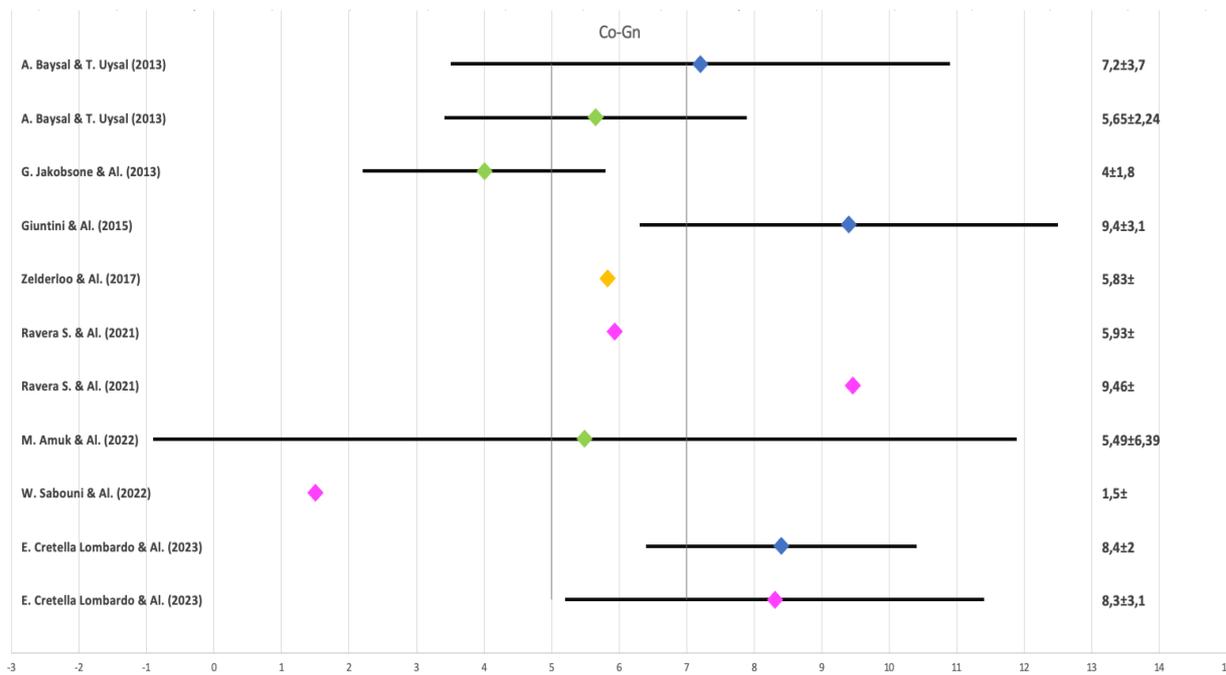
Gráfica 4 : Repartición de los valores de Wits obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **Co-Gn :**

8 artículos repertoriaron valores de Co-Gn.

Tabla 6: Diferencia de valores de Co-Gn entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
A. Baysal & T. Uysal (2013)	7,20 ± 3,70	5,65 ± 2,24	-	-
G. Jakobsone & Al. (2013)	-	4,0 ± 1,8	-	-
Giuntini & Al. (2015)	9,4 ± 3,1	-	-	-
Zelderloo & Al. (2017)	-	-	5,83	-
Ravera S. & Al. (2021)	-	-	-	CMV2 : 5,93 CMV3 : 9,46
W. Sabouni & Al. (2022)	-	-	-	1,5
M. Amuk & Al. (2022)	-	5,49 ± 6,39	-	-
E. Cretella Lombardo & Al. (2023)	8,4 ± 2,0	-	-	8,3 ± 3,1



Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

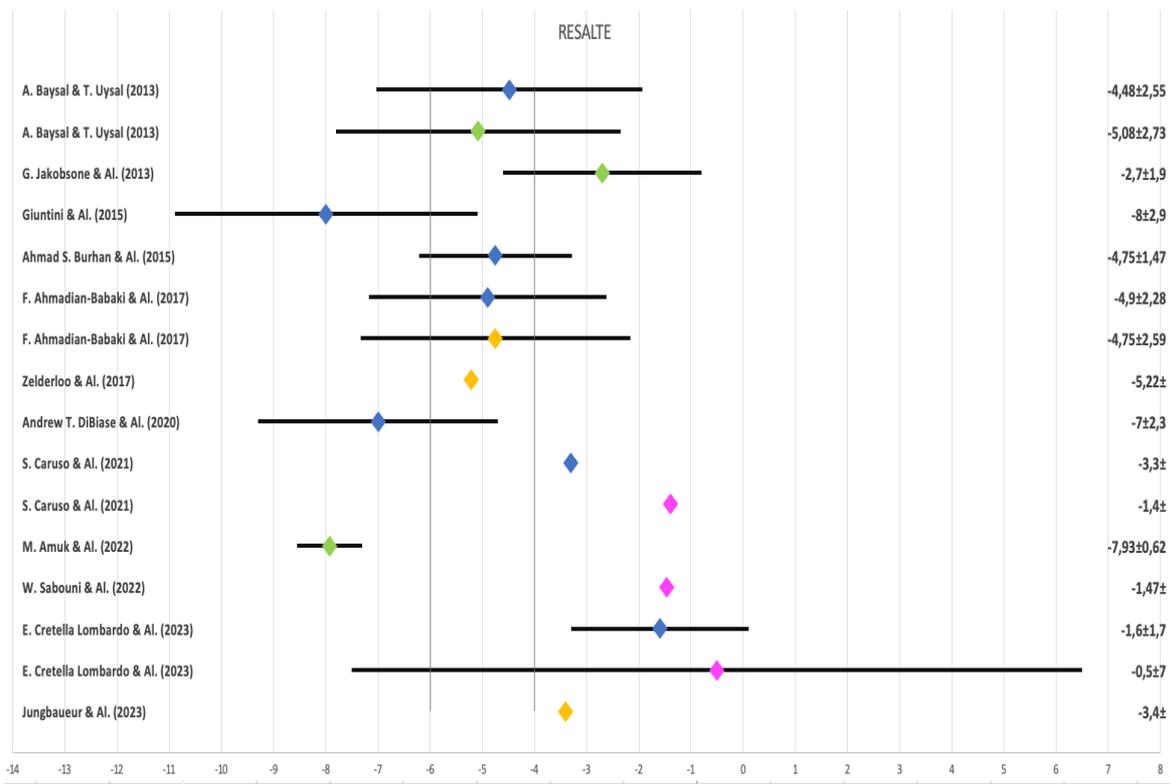
Gráfica 5 : Repartición de los valores de Co-Gn obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **Resalte :**

12 artículos estudiaron el resalte de los pacientes.

Tabla 7: Diferencia de valores de Resalte entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>A. Baysal & T. Uysal (2013)</i>	-4,48 ± 2,55	-5,08 ± 2,73	-	-
<i>G. Jakobsone & Al. (2013)</i>	-	-2,7 ± 1,9	-	-
<i>Giuntini & Al. (2015)</i>	-8,0 ± 2,9	-	-	-
<i>Ahmad S. Burhan & Al. (2015)</i>	-4,75 ± 1,47	-	-	-
<i>F. Ahmadian-Babaki & Al. (2017)</i>	-4,90 ± 2,28	-	-4,75 ± 2,59	-
<i>Zelderloo & Al. (2017)</i>	-	-	-5,22	-
<i>Andrew T. DiBiase & Al. (2020)</i>	-7,0 ± 2,3	-	-	-
<i>S. Caruso & Al. (2021)</i>	-3,3	-	-	-1,4
<i>W. Sabouni & Al. (2022)</i>	-	-	-	-1,47
<i>M. Amuk & Al. (2022)</i>	-	-7,93 ± 0,62	-	-
<i>E. Cretella Lombardo & Al. (2023)</i>	-1,6 ± 4,8	-	-	-0,5 ± 7,0
<i>Jungbaueur & Al. (2023)</i>	-	-	-3,4	-



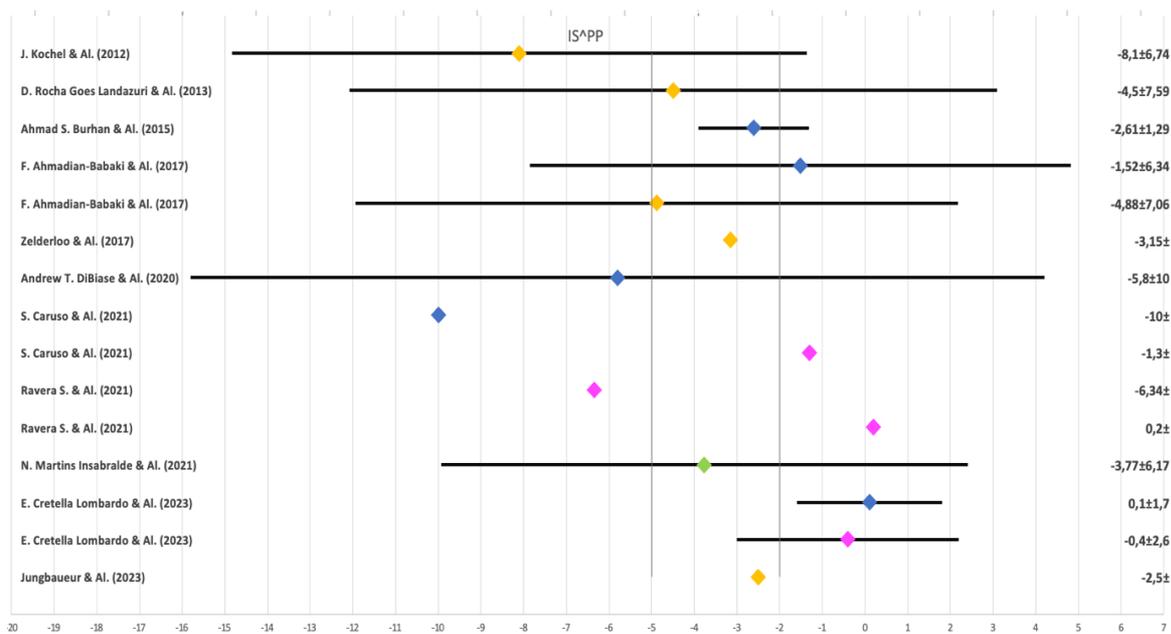
Legenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

Gráfica 6 : Repartición de los valores de resalte obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **IS^{APP}** :
11 artículos analizaron el ángulo IS^{APP}.

Tabla 7: Diferencia de valores de IS^{APP} entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel & Al. (2012)</i>	-	-	-8,10 ± 6,74	-
<i>D. Rocha Goes Landazuri & Al. (2013)</i>	-	-	-4,5 ± 7,59	-
<i>Ahmad S. Burhan & Al. (2015)</i>	-2,61 ± 1,29	-	-	-
<i>F. Ahmadian-Babaki & Al. (2017)</i>	-1,52 ± 6,34	-	-4,88 ± 7,06	-
<i>Zelderloo & Al. (2017)</i>	-	-	-3,15	-
<i>Andrew T. DiBiase & Al. (2020)</i>	-5,8 ± 10,0	-	-	-
<i>S. Caruso & Al. (2021)</i>	-10	-	-	-1,3
<i>Ravera S. & Al. (2021)</i>	-	-	-	CMV2 : -6,34 CMV3 : 0,2
<i>N. Martins Insabralde & Al. (2021)</i>	-	-3,77 ± 6,17	-	-
<i>E. Cretella Lombardo & Al. (2023)</i>	0,1 ± 1,7	-	-	-0,4 ± 2,6
<i>Jungbaueur & Al. (2023)</i>	-	-	-2,5	-



Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

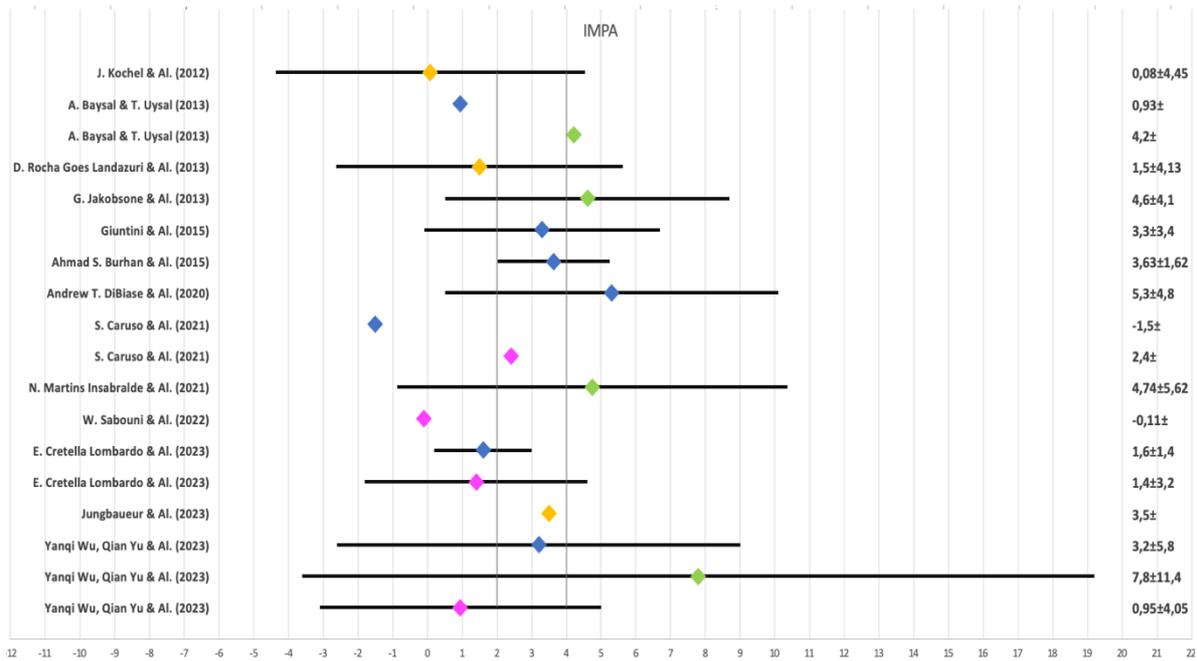
Gráfica 7 : Repartición de los valores de IS^{PP} obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

- **IMPA:**

13 artículos incluyeron valores del IMPA.

Tabla 8: Diferencia de valores de IMPA entre cefalometría pre-tratamiento y post-tratamiento

AUTORES Y AÑO	TWIN-BLOCK	HERBST	BIONATOR	INVISALIGN
<i>J. Kochel & Al. (2012)</i>	-	-	0,08 ± 4,45	-
<i>A. Baysal & T. Uysal (2013)</i>	0,93	4,2	-	-
<i>D. Rocha Goes Landazuri & Al. (2013)</i>	-	-	1,5 ± 4,13	-
<i>G. Jakobsone & Al. (2013)</i>	-	4,6 ± 4,1	-	-
<i>Giuntini & Al. (2015)</i>	3,3 ± 3,4	-	-	-
<i>Ahmad S. Burhan & Al. (2015)</i>	3,63 ± 1,62	-	-	-
<i>Andrew T. DiBiase & Al. (2020)</i>	5,3 ± 4,8	-	-	-
<i>S. Caruso & Al. (2021)</i>	-1,5	-	-	2,4
<i>N. Martins Insabralde & Al. (2021)</i>	-	4,74 ± 5,62	-	-
<i>W. Sabouni & Al. (2022)</i>	-	-	-	-0,11
<i>E. Cretella Lombardo & Al. (2023)</i>	1,6 ± 1,4	-	-	1,4 ± 3,2
<i>Jungbaeur & Al. (2023)</i>	-	-	3,5	-
<i>Yanqi Wu, Qian Yu & Al. (2023)</i>	3,20 ± 5,80	7,80 ± 11,40	-	0,95 ± 4,05



Leyenda colores : azul = Twin-Block, naranja = Bionator, verde = Herbst, rosa = Invisalign

Gráfica 8 : Repartición de los valores de IMPA obtenidos en los varios estudios con su desviación estandar

5. DISCUSIÓN

5.1. Efectos esqueléticos

SNA

La tabla 2 y la gráfica 1 enseñan unos resultados similares entre autores y entre aparatos. En efecto, la mayoría de los estudios no encontraron cambios significativos. Para el tratamiento con Twin-Block, los autores Baysal, Giuntini, Burhan, Ahmadian, DiBiase, Lombardo y Wu encontraron resultados parecidos (respectivamente $-0,75$; $-0,2 \pm 1,3$; $-1,03 \pm 0,15$; $-0,84 \pm 2,80$; $0,0 \pm 1,5$ y $0,1 \pm 1,7$) evidenciando unos cambios mínimos en la posición del maxilar superior al acabar el tratamiento funcional. (17,26,30–32,34,39) Esta variación mínima es un resultado esperable al tratar pacientes con Clase II esquelética de causa mandibular y teniendo el maxilar bien posicionado.

Sin embargo, Caruso contrasta con estos valores al encontrar una diferencia significativa de -3° . Esta modificación podría ser en parte debida a la remodelación del hueso alveolar a nivel del punto A por la retroinclinación de los incisivos superiores. (23)

Con respecto al Herbst, ninguno de los autores evidenció una diferencia significativa de la posición del maxilar después del tratamiento: Baysal $-1,35$; Jackobsone $-0,3 \pm 0,8$; Amuk $-0,12 \pm 1,59$ y Wu $-0,01 \pm 0,65$. Estos resultados concuerdan con los del Bionator y del Invisalign (se aprecia en la gráfica 1 la repartición homogénea de los valores).

Ahmadian encontró una mayor reducción del SNA con el Twin-block con respecto al Bionator pero la diferencia sigue siendo irrelevante.

Al acabar el tratamiento con Invisalign, el estudio de Caruso refiere una diferencia entre el Twin-Block (-3) y Invisalign ($0,2$). Esta diferencia podría ser debida a la discrepancia de valores a T0 en cada grupo ($85,2 \pm 4,87$ para TB (maxilar protruido) y $79,5 \pm 1,5$ para IL), además, Lombardo en su estudio comparando de la misma manera el Twin-Block con el Invisalign no identificó una diferencia significativa ($-0,4 \pm 2,6$ para Invisalign).

Según Mc Namara, el SNA en un paciente en crecimiento aumenta, su disminución en varios estudios podría significar una restricción del crecimiento del maxilar superior. (32)

SNB

Los 16 estudios analizaron el SNA y el SNB de los pacientes. En la tabla 3 así como en la gráfica 2, se aprecia una mayor heterogeneidad de los valores. La mayoría de los 8 estudios examinando el efecto del Twin-Block sobre dicha medida evidenció una diferencia significativa. Así, el menor aumento de SNB con este aparato fue de $1,25 \pm 1,97$ en el estudio de Ahmadian(32) y el mayor de 3,2 para Caruso(23) (refiere que sus resultados fueron similares a los de Baysal y Burhan)(30,26) siendo los dos significativos y confirmando la eficacia del Twin-block en la corrección de la Clase II mandibular. De igual manera que el punto A, tendremos que tomar en cuenta la remodelación ósea a la hora de valorar la posición del punto B encontrándose en una zona influenciada por la inclinación de los incisivos inferiores y entonces de su correcto control como lo veremos a continuación.(39) En cuanto al aparato Herbst, tres de los cuatro autores encontraron diferencias similares : Baysal 0,92; Jakobsone $0,8 \pm 1,0$ y Wu $0,90 \pm 1,78$.(26,28,39) Estos valores fueron significativos para Jakobsone y Wu junto con Amuk identificando un cambio superior a los otros autores de $2,02 \pm 1,70$.(37) Al contrario, el valor de Baysal no resultó significativo y demostró un efecto menor del Herbst con respecto al Twin-Block. (26) El tratamiento con Bionator provocó un aumento del SNB para todos los autores. Sin embargo, se aprecia en la gráfica 2 la dispersión de los resultados : entre $0,2 \pm 1,16$ para Landazuri y $2,07 \pm 1,71$ para Kochel (diferencia significativa).(20,29) El aumento del SNB de los pacientes tratados con Bionator fue menor que los tratados con Twin-Block en el estudio de Ahmadian.(32) De la misma manera, los datos obtenidos de los tratamientos con Invisalign fueron bastante diversos entre autores. En efecto, Ravera y Sabouni encontraron valores reducidos de 0,33; 0,28 y 0,25 respectivamente. (24,35) Por otro lado, los cambios de Lombardo y Wu fueron parecidos : $1,4 \pm 3,2$ y $1,5 \pm 1,10$ sin llegar a ser significativos.(17,39) Mientras que Caruso consiguió un aumento del SNB de 4,4 siendo significativo y el valor más alto de todos (validez cuestionable al tener un tamaño muestral reducido y al no especificar el tiempo de tratamiento).

Se aprecia así la ausencia de homogeneidad en los resultados de los autores siendo para unos significativos y no para otros. Esta constatación fue la misma en varias Metaanálisis (15,40,41) analizando tanto los efectos de aparatos funcionales removibles como fijos. El aumento de SNB sigue siendo controvertido, en este trabajo, la mayoría de los autores

encontraron un aumento de este valor demostrando la eficacia de los aparatos funcionales pero los cambios al ser mínimos podrían ser debidos al propio crecimiento del paciente en su mayor parte.

ANB

Según los valores reportados en la tabla 4 y gráfica 3, se aprecia una disminución del ángulo ANB en cada estudio con una tendencia a ser mayor para el Twin-Block. Efectivamente, Baysal, Giuntini, Ahmadian y DiBiase notaron cifras semejantes, respectivamente: $-2,85$; $-2,6 \pm 1,3$; $-2,09 \pm 1,65$; $-2,2 \pm 1,4$.(26,31,32,34) Baysal indica una mayor corrección esquelética del plano sagital de los pacientes tratados con Twin-Block con respecto a los tratados con Herbst, de la misma forma, el Twin-Block da mejores resultados que el Bionator en el estudio de Ahmadian.(26,32) Caruso y Burhan encontraron una mayor disminución del ángulo ($5,6$ y $-3,95 \pm 0,97$), los resultados de Caruso concuerdan con los valores de SNA aumentados comentados anteriormente.(23,30) Lombardo y Wu identificaron un cambio menor pero significativo confirmando el efecto del Twin-Block sobre la corrección de la clase II esquelética. El Herbst y el Bionator tuvieron resultados similares de corrección de la clase II. De hecho, la diferencia de valores fue siempre significativa. Invisalign demostró una mejoría de la relación anteroposterior entre las bases óseas parecida entre los varios autores: $-0,85 \pm 1,78$ para Wu, $-1,5 \pm 1,5$ para Lombardo siendo unos cambios significativos, así como los de Ravera, Sabouni y Caruso. No obstante el resultado obtenido por Caruso (valor mayor obtenido con Invisalign) de $-3,4$ difiere mucho con el valor de Sabouni de $-0,55$.(17,23,24,35,39) Caruso compara el efecto del Twin-Block con lo de Invisalign e indica una mayor corrección con el Twin-Block, esta diferencia significativa contrasta con los resultados de Lombardo que no pudo llegar a la misma conclusión.(17,23)

El ANB permite demostrar la corrección sagital de la Clase II. Esta mejoría fue obtenida con todos los aparatos. No obstante, varios factores influyen en su modificación (restricción maxilar, inclinación de los incisivos). Zymperdikas en su metaanálisis indicó un cambio significativo del ANB debido a la restricción del maxilar y del crecimiento de la mandíbula a partes iguales.(42)

Wits

El valor del Wits fue disminuido después del tratamiento funcional en todos los estudios analizándolo como se aprecia en la tabla 5 y la gráfica 4. Ravera y Sabouni obtuvieron una reducción significativa del Wits al tratar los pacientes con Invisalign (-2 para la muestra CMV2 y -1,46 en CMV3 para Ravera y -0,74 para Sabouni).(24,35) Kochel, Ahmadian y Zelderloo encontraron resultados similares con el uso del Bionator : respectivamente $-3,14 \pm 2,05$ (diferencia significativa); $-1,81 \pm 3,19$ y $-2,62$. (20,32,33) Insabralde fue el único de los autores seleccionados en analizar el Wits de pacientes tratados con Herbst y alcanzó un cambio significativo de $-3,11 \pm 2,37$.(36) Los dos estudios analizando el Twin-Block dieron resultados disímiles : $-4,52 \pm 2,55$ para Ahmadian (mayor corrección de la clase II que con el Bionator) y $-1,1 \pm 2,9$ para Lombardo. (17,32)

Co-Gn

El aumento de la longitud efectiva mandibular es una manera de valorar los cambios esqueléticos producidos por los tratamientos funcionales. Se aprecia en la tabla 6 y la gráfica 5 la dispersión de los resultados indicando una discrepancia entre autores y aparatos. Los autores estudiando el aparato Herbst encontraron aumentos significativos y comparables de Co-Gn: $5,65 \pm 2,24$ para Baysal, $4,0 \pm 1,8$ para Jakobsone y $5,49 \pm 6,39$ para Amuk.(27,28,37) Zelderloo obtuvo un aumento similar con el Bionator : $5,83$.(33) El tratamiento con Twin-Block proporcionó un incremento importante de la longitud mandibular. Efectivamente los tres autores : Baysal, Giuntini y Lombardo consiguieron unos resultados significativos (respectivamente $7,20 \pm 3,70$; $9,4 \pm 3,1$ y $8,4 \pm 2,0$)(17,27,31). Sin embargo, Ahmadian refiere un mayor aumento de la longitud mandibular con el uso del Bionator con respecto al uso del Twin-Block.(32) En cuanto a Invisalign, los valores obtenidos fueron heterogéneos. Lombardo midió un aumento de $8,3 \pm 3,1$; resultado similar al Twin-Block en este artículo.(17) En contraste, Sabouni aprecia un incremento mínimo de 1,5mm.(24) Ravera pone en relieve la diferencia obtenida entre CMV2 = 5,93 (mayoritariamente dentoalveolar) y CMV3 = 9,46 (mayoritariamente esquelético), gracias a este estudio se destaca la importancia del momento de tratamiento con Invisalign, pudiendo explicar la falta de crecimiento óseo

en unas muestras.(35) El valor obtenido por Ravera a CMV3 es comparable al efecto del Twin-Block del estudio de Giuntini y parece prometedor para Invisalign. El sistema de alineadores permite, a diferencia de la aparatología tradicional, un control del avance: Ravera realizó 2mm de avance cada 2 meses para maximizar la replicación celular a nivel del cóndilo y de la fosa glenoidea.(35)

No obstante, a la hora de medir el desarrollo del hueso mandibular, sería interesante tomar en cuenta el crecimiento fisiológico antero-posterior de la mandíbula por erupción de los dientes de estos pacientes en crecimiento.(34) De allí la importancia de tener un grupo control con las mismas características (patrón de crecimiento) como el grupo de estudio(36).

Otros autores midieron el aumento de la longitud mandibular tras medidas cefalométricas diversas. Así, Insabralde indica un incremento de la longitud con el Herbst usando Co-Pog.(36) Igualmente, Wu obtuvo un incremento similar de Co-Pog para los 3 aparatos estudiados (HB : $3,84 \pm 2,31$; TB: $4,87 \pm 2,26$ y IL: $4,93 \pm 1,59$).(39)

Sumándose a la controversia del avance mandibular, autores como DiBiase o Ehsani en sus metaanálisis informan de la importancia del crecimiento vertical de la mandíbula durante el tratamiento pudiendo ser al origen de los aumentos de dimensión de la mandíbula y así camuflar el avance real.(15,34)

5.2. Efectos dentoalveolares

Resalte (tabla 7 y gráfica 6)

Los efectos de los aparatos sobre el resalte fueron variados. La gráfica 6 ilustra una potencial diferencia entre la aparatología tradicional (tendencia a una mayor corrección) con respecto a Invisalign. Justamente, los estudios tratando del Twin-Block evaluaron una disminución significativa del resalte al finalizar el tratamiento. Giuntini encontró la mayor disminución con un valor de $-8,0 \pm 2,9$ concordando con DiBiase ($-7,0 \pm 2,3$).(31,34) Sin embargo, estos resultados fueron en parte la consecuencia de la retroinclinación significativa de los incisivos superiores (compensación dentoalveolar y no únicamente esquelética).(31) Baysal, Burhan, Ahmadian y Caruso obtuvieron

igualmente una mejoría anteroposterior pero más moderada que los dos autores precedentes.(23,27,30,32) Se establece así la gran eficacia del Twin-Block para corregir el resalte a pesar de los resultados de Lombardo que contrastaron con los varios estudios (-1,6±4,8).(17) En armonía con estos resultados, el Bionator y el Herbst consiguieron resultados parecidos de disminución del resalte. La mayor reducción de resalte para el Herbst fue obtenida por Amuk : -7,93±0,62.(37) Los tres estudios analizando los efectos de Invisalign coincidieron en sus resultados : -1,4 para Caruso, -1,47 para Sabouni y -0,5±7 para Lombardo. A pesar de las diferencias de reducción de resalte entre aparatos, lo interesante es de entender si esta reducción fue producida por un real avance mandibular esquelético o bien una compensación de la inclinación de los incisivos.

La modificación de la inclinación de los incisivos aporta informaciones claves a la hora de valorar el manejo de un aparato. Justamente, es un factor influenciando a varias otras medidas cefalométricas: remodelación ósea a nivel de los puntos A y B afectando a los resultados de SNA, SNB y por lo tanto ANB (ejemplo: a mayor retroinclinación de los incisivos superiores, mayor aumento del SNA). La disminución del resalte producida por un aparato funcional podría ser consecuencia de un avance mandibular esquelético, pero también de una compensación dentoalveolar al tener una falta de control de los incisivos, la interpretación de la corrección antero-posterior sería entonces en parte dentoalveolar y no un avance real mandibular. Así, Perinetti, Ehsani, Zymperdikas y Yang en sus metaanálisis concluyeron un predominio de los efectos dentoalveolares sobre los esqueléticos así como Jakobson identificando un 66% de efectos dentales y 34% esqueléticos.)(15,28,40-42)

IS[^]PP (Incisivo superior - plano palatino) (tabla 8, gráfica 7)

Acorde a varios estudios, la tendencia general fue obtener una retroinclinación de los incisivos superiores al realizar un tratamiento con aparato funcional. Sin embargo, parece que Invisalign destaca sobre los demás por sus valores menores. Efectivamente, Caruso, Ravera (pacientes en CMV3) y Lombardo con unos valores respectivamente de -1,3; 0,2 y -0,4±2,6 encontraron diferencias mínimas. En cambio, en su muestra CMV2, Ravera encontró una disminución de -6,34° demostrando una vez más la importancia

del correcto momento de tratamiento para obtener resultados esqueléticos o dentoalveolares (Wu confirmó este predominio dentoalveolar al estudiar una muestra en CMV2).(39) Ravera indica que podría ser una ventaja en una edad temprana para la reducción de los traumatismos dentarios.(35) El Twin-Block, el Herbst y el Bionator provocaron una mayor retroinclinación de los incisivos superiores. Landazuri (-4,5±7,59), Ahmadian (-4,88±7,06), Zelderloo (-3,15) y Jungbaueur (-2,5) encontraron resultados similares con el uso del Bionator, tomando en cuenta que la muestra de pacientes de Jungbaueur presentaba una proinclinación menor de los incisivos superiores a T0 con respecto a los otros estudios explicando posiblemente la menor reducción.(29,32,33,38) Kochel en vez encontró una mayor retroinclinación: -8,10±6,74.(20) Ahmadian compara los efectos del TB y del Bionator y señala una mayor retroinclinación de los incisivos superiores con el Bionator (diferencia no significativa). De hecho, los resultados enumerados del Twin-Block fueron muy heterogéneos, yendo de 0,1±1,7 para Lombardo (resultado comparable a Invisalign y en contradicción con Caruso) hasta -10° para Caruso.(17,23) Burhan y Ahmadian encontraron valores más moderados entorno a -2°. Giuntini afirmó también haber encontrado una retroinclinación significativa de los incisivos superiores causando la reducción del resalte.(31)

La importancia del correcto control de la retroinclinación de los incisivos superiores se manifiesta también por la necesidad de mantener espacio para poder realizar un avance mandibular sin obstáculo.(17)

IMPA (tabla 9, gráfica 8)

Al igual que apreciamos una compensación dentoalveolar de los incisivos superiores, apreciamos una proinclinación de los incisivos inferiores en el proceso de avance mandibular con aparatología funcional debido a la fuerza ejercida hacia mesial. De tal forma, Baysal, Jakobsone, Insabralde y Wu demostraron la ausencia de control de los incisivos inferiores con el Herbst: proinclinación respectivamente de 4,2; 4,6±4,1; 4,74 ± 5,62 y 7,80 ± 11,40.(26,28,36,39) Al acabar un tratamiento con Twin-Block, Giuntini, Burhan, DiBiase y Wu obtuvieron valores similares de proinclinación siendo esa

significativa para Burhan a pesar de las extensiones de acrílico del TB a nivel de los incisivos.(30,31,34,39)

Caruso afirma la ausencia de compensación dentoalveolar a nivel de los incisivos inferiores en su estudio tanto con el uso de Invisalign como con el Twin-Block a pesar de presentar una diferencia de $-1,5^\circ$ para Twin-Block y $+2,4$ para Invisalign.(23) Lombardo ($1,6 \pm 1,4$) y Baysal (0,93) encontraron una menor proinclinación que los otros autores con un Twin-Block, de hecho, Baysal obtuvo una inclinación mayor con el aparato Herbst.(17,26) Los resultados del Bionator divergen, así, Kochel y Landazuri refieren valores mínimos : $0,08 \pm 4,45$ y $1,5 \pm 4,13$.(20,29) Landazuri explica el control de la inclinación por la colocación de una extensión acrílica a nivel de los incisivos inferiores impidiendo la inclinación. Sin embargo, Jungbaueur indicó una modificación de $3,5^\circ$.(38) Zelderloo, estudiando igualmente el Bionator no midió el IMPA pero indicó una proinclinación significativa de los incisivos inferiores, hace hincapié sobre la importancia de la posición inicial de los incisivos a la hora de planificar el tratamiento.(33) El avance con Invisalign dio resultados similares para Sabouni, Lombardo y Wu traduciéndose por el mantenimiento de la inclinación de los incisivos inferiores o por una muy ligera inclinación (Wu explica en su estudio que esta mínima compensación podría conseguir más espacio para que el aparato pueda guiar la mandíbula en una posición avanzada de manera más eficaz y así realizar su efecto esquelético).(17,24,39) Ravera no analizó el IMPA pero si la inclinación de los incisivos inferiores demostrando una disminución de la proinclinación (control de los incisivos mientras se adelanta la mandíbula). (35)

Invisalign con la ayuda de power ridge controla la inclinación vestibulo-lingual de los incisivos al englobar la corona de los dientes en su totalidad. Este control de la inclinación podría ser clave a la hora de conseguir la oclusión final, así, parece que Invisalign propone una solución a una de las limitaciones de la aparatología tradicional. (23)

6. CONCLUSIÓN

1) Se destaca la gran ventaja del control de los incisivos con Invisalign con respecto a la aparatología tradicional, reduciendo considerablemente la compensación dentoalveolar. El efecto esquelético alcanzado fue mayor con el uso del Twin-Block aún si el componente dentoalveolar y el propio crecimiento del paciente tienen que tomarse en cuenta.

Todos los aparatos fueron eficaces para la corrección antero-posterior de la Clase II consiguiendo así una mejoría del perfil del paciente.

2) El Twin-Block, el Herbst y el Bionator consiguieron una corrección sagital de la Clase II siendo esta mayor con el Twin-Block. El avance mandibular solo esquelético sigue siendo controvertido al presentar una compensación dentoalveolar importante. Los principales cambios cefalométricos fueron obtenidos con el valor Co-Gn (longitud mandibular). Salvo los aparatos con modificaciones de extensión de acrílico, la inclinación de los incisivos superiores e inferiores no está controlada con la aparatología funcional.

3) Invisalign obtuvo resultados heterogéneos. A pesar de conseguir una mejoría antero-posterior de la clase II, los cambios esqueléticos de avance mandibular alcanzados en varios estudios podrían ser parecidos al crecimiento fisiológico de los pacientes. La inclinación de los incisivos se mantiene gracias al control de los alineadores a la vez que se trata la nivelación y alineación.

A la hora de tratar un paciente poco colaborador (frecuente en edad de crecimiento) la posibilidad de colocación del aparato fijo (aparatología tradicional) sigue siendo una mejor opción de tratamiento. La disciplina necesaria para el cambio y el uso de alineadores es una limitación. Sin embargo, con un paciente dispuesto a comprometerse, la estética y la posibilidad de una correcta higiene predomina con Invisalign.

Limitaciones

La comparación entre Invisalign con la aparatología tradicional se ve afectada por varios factores:

- Heterogeneidad de los estudios (edad de los pacientes, tiempo de tratamiento, presencia de grupo control).
- Los artículos utilizados muestran resultados de estudios a corto plazo (diferencia entre valores pre-tratamiento y al acabar el tratamiento funcional). Para poder llegar a conclusiones definitivas habría que analizar los resultados y la estabilidad del tratamiento a largo plazo (valoración de recidiva).
- Falta de literatura para determinar la eficacia del sistema Invisalign para la corrección de la clase II con avance debido a su reciente incorporación al mercado.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Gregoret J, Tuber E. Ortodoncia y cirugía ortognática: diagnóstico y planificación. España: Espaxs; 2003.
2. Nishanthi. R, Saravana Pandian, Vignesh Ravindran, Functional Appliances in The Treatment and Management of Mandibular Retrognathism - A Literature Review. Int J Pharm Res. 2020;12(02):2809-15. DOI: 10.31838/ijpr/2020.12.02.375
3. Pavoni C, Lione R, Lugli L, Loberto S, Cozza P. Treatment Timing Considerations for Mandibular Advancement with Clear Aligners in Skeletal Class II Malocclusions. J Clin Orthod. agosto de 2022;Vol. 56(8):464-471.
4. Velarde Yositomi JC. Atlas de aparatología funcional y aparatología auxiliar. Madrid: Ripano; 2010.
5. Uribe Restrepo GA. Ortodoncia: teoría y clínica. 1a ed. Medellín, Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2004.
6. Simões WA. Ortopedia funcional de los maxilares a través de la rehabilitación neuro-oclusal. 3ª ed. Sao Paulo: Artes Médicas; 2004.
7. Canut Brusola JA. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2ª ed., [reimp.]. Amsterdam: Elsevier-Masson; 2009.
8. Romero Peláez CM, Torres Murillo EA, Pinto Parada YA. Crecimiento del cartílago condilar. Una revisión de la literatura. Odontol Sanmarquina. 20 de junio de 2018;21(2):131-139. DOI: 10.15381/os.v21i2.14779
9. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. Am J Orthod. junio de 1969;55(6):585-99. DOI: 10.1016/0002-9416(69)90036-0
10. McNamara JA, Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 1 de marzo de 2018;88(2):133-43. DOI: 10.2319/111517-787.1
11. DiBiase AT, Cobourne MT, Lee RT. The use of functional appliances in contemporary orthodontic practice. Br Dent J. febrero de 2015;218(3):123-8. DOI: 10.1038/sj.bdj.2015.44
12. Atresh A, Cevidanes LHS, Yatabe M, Muniz L, Nguyen T, Larson B, et al. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients with different vertical facial patterns treated with the Herbst appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop. agosto de

2018;154(2):238-248.e1. DOI: 10.1016/j.ajodo.2017.11.037

13. Jungbauer R, Koretsi V, Proff P, Rudzki I, Kirschneck C. Twenty-year follow-up of functional treatment with a bionator appliance: *A retrospective dental cast analysis*. Angle Orthod. 1 de marzo de 2020;90(2):209-15. DOI: 10.2319/042419-292.1

14. Khan MI, Neela PK, Unnisa N, Jaiswal AK, Ahmed N, Purkayastha A. Dentoskeletal effects of Twin Block appliance in patients with Class II malocclusion. Med Pharm Rep 2021;95(2):191-196 DOI: 10.15386/mpr-1989

15. Ehsani S, Nebbe B, Normando D, Lagravere MO, Flores-Mir C. Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod. abril de 2015;37(2):170-6. DOI: 10.1093/ejo/cju030

16. Singh MG, Vashisth P, Chaudhary S, Sinha A. Early treatment outcomes of class II malocclusion with twin-block facial profile and cephalometric changes. J Oral Biol Craniofacial Res. enero de 2012;2(1):61-6. DOI: 10.1016/S2212-4268(12)60015-3

17. Lombardo EC, Lione R, Franchi L, Gaffuri F, Maspero C, Cozza P, et al. Dentoskeletal effects of clear aligner vs twin block—a short-term study of functional appliances. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 2023. DOI: 10.1007/s00056-022-00443-1

18. Fan Y, Schneider P, Matthews H, Roberts WE, Xu T, Wei R, et al. 3D assessment of mandibular skeletal effects produced by the Herbst appliance. BMC Oral Health. diciembre de 2020;20(1):117-26. DOI: 10.1186/s12903-020-01108-4

19. Vela-Hernandez A, Lasagabaster-Latorre F, Ponce de León JM, Rico-Lillo I. Clinical management of the Herbst Occlusal Hinge appliance. J Clin Orthod JCO. noviembre de 2004;38(11):590-9.

20. Kochel J, Meyer-Marcotty P, Witt E, Stellzig-Eisenhauer A. Effectiveness of bionator therapy for Class II malocclusions: A comparative long-term study. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. abril de 2012;73(2):91-103. DOI: 10.1007/s00056-011-0066-8

21. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent J. marzo de 2017;62:58-62. DOI: 10.1111/adj.12480

22. Zybutz T, Drummond R, Lekic M, Brownlee M. Investigation and comparison of patient experiences with removable functional appliances: Angle Orthod. 1 de julio de 2021;91(4):490-5. DOI: 10.2319/050520-393.1

23. Caruso S, Nota A, Caruso S, Severino M, Gatto R, Meuli S, et al. Mandibular advancement with clear aligners in the treatment of skeletal Class II. A retrospective controlled study. *Eur J Paediatr Dent.* 2021;22(1):26-30. DOI: 10.23804/ejpd.2021.22.01.05
24. Sabouni W, Hansa I, Al Ali SM, Adel SM, Vaid N. Invisalign treatment with mandibular advancement: A retrospective cohort cephalometric appraisal. *J Clin Imaging Sci.* 2022;12(42):1-5. DOI: 10.25259/JCIS_64_2022
25. Lozano Zafra J, Palma Moya S. *Aligner techniques in orthodontics.* Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2020.
26. Baysal A, Uysal T. Soft tissue effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* 2013;35(1):71-81. DOI: 10.1093/ejo/cjq187
27. Baysal A, Uysal T. Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* 2014;36(2):164-72. DOI: 10.1093/ejo/cjt013
28. Jakobsone G, Latkauskiene D, McNamara Jr JA. Mechanisms of Class II correction induced by the crown Herbst appliance as a single-phase Class II therapy: 1 year follow-up. *Prog Orthod.* 2013;14(1):27-36. DOI: 10.1186/2196-1042-14-27
29. Landázuri DRG, Raveli DB, Santos-Pinto A dos, Dib LPS, Maia S. Changes on facial profile in the mixed dentition, from natural growth and induced by Balters' bionator appliance. *Dent Press J Orthod.* 2013;18(2):108-15. DOI: 10.1590/S2176-94512013000200022
30. Burhan AS, Nawaya FR. Dentoskeletal effects of the Bite-Jumping Appliance and the Twin-Block Appliance in the treatment of skeletal Class II malocclusion: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 2015;37(3):330-7. DOI: 10.1093/ejo/cju052
31. Giuntini V, Vangelisti A, Masucci C, Defraia E, McNamara Jr JA, Franchi L. Treatment effects produced by the Twin-block appliance vs the Forsus Fatigue Resistant Device in growing Class II patients. *Angle Orthod.* 2015;85(5):784-9. DOI: 10.2319/090514-624.1
32. Ahmadian-Babaki F, Araghbidi-Kashani S, Mokhtari S. A Cephalometric Comparison of Twin Block and Bionator Appliances in Treatment of Class II Malocclusion. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(1):107-111. DOI: 10.4317/jced.53031

33. Zelderloo A, Cadenas de Llano-Pérula M, Verdonck A, Fieuws S, Willems G. Cephalometric appraisal of Class II treatment effects after functional and fixed appliances: a retrospective study. *Eur J Orthod.* 2016;39(3):334-41. DOI: 10.1093/ejo/cjw064
34. DiBiase AT, Lucchesi L, Qureshi U, Lee RT. Post-treatment cephalometric changes in adolescent patients with Class II malocclusion treated using two different functional appliance systems for an extended time period: a randomized clinical trial. *Eur J Orthod.* 2020;42(2):135-43. DOI: 10.1093/ejo/cjz059
35. Ravera S, Castroflorio T, Galati F, Cugliari G, Garino F, Deregibus A, et al. Short term dentoskeletal effects of mandibular advancement clear aligners in Class II growing patients. A prospective controlled study according to STROBE Guidelines. *Eur J Paediatr Dent.* 2021;22(2):119-24. DOI: 10.23804/ejpd.2021.22.02.6
36. Insabralde NM, Rodrigues de Almeida M, Rodrigues de Almeida-Pedrin R, Flores-Mir C, Castanha Henriques JF. Retrospective comparison of dental and skeletal effects in the treatment of Class II malocclusion between Herbst and Xbow appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;160(4):544-51. DOI: 10.1016/j.ajodo.2020.05.021
37. Amuk M, Gul Amuk N, Yilmaz S. Treatment and posttreatment effects of Herbst appliance therapy on trabecular structure of the mandible using fractal dimension analysis. *Eur J Orthod.* 2022;44(2):125-33. DOI: 10.1093/ejo/cjab048
38. Jungbauer R, Bock NC, Schmid A, Proff P, Rudzki I. Twenty-year follow-up of functional treatment with a bionator appliance (part 2): a retrospective cephalometric analysis of skeletal and dentoskeletal changes. *Angle Orthod.* 2023;93(3):269-274 DOI: 10.2319/062922-462.1
39. Wu Y, Yu Q, Xia Y, Wang B, Chen S, Gu K, et al. Does mandibular advancement with clear aligners have the same skeletal and dentoalveolar effects as traditional functional appliances? *BMC Oral Health.* 2023;23(1):65-77. DOI: 10.1186/s12903-023-02709-5
40. Perinetti G, Primožič J, Franchi L, Contardo L. Treatment Effects of Removable Functional Appliances in Pre-Pubertal and Pubertal Class II Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. *PLOS ONE.* 2015;10(10):1-36. DOI: 10.1371/journal.pone.0141198
41. Yang X, Zhu Y, Long H, Zhou Y, Jian F, Ye N, et al. The effectiveness of the Herbst

appliance for patients with Class II malocclusion: a meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(3):324-33. DOI: 10.1093/ejo/cjv057

42. Zymperdikas VF, Koretsi V, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of fixed functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(2):113-26. DOI: 10.1093/ejo/cjv034