

ALINEADORES DENTALES EN MOVIMIENTOS DE EXTRUSION, INTRUSIÓN, ROTACIÓN, INCLINACIÓN MESIODISTAL, VESTIBULOLINGUAL Y ALINEACIÓN. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Dental aligners in extrusion, intrusion, rotation, mesio-distal inclination, vestibulolingual and alignment movements. review of the literature

Urgilés Esquivel C.¹, Lima Illescas M.², Delgado López M.³

- ¹ Estudiante de Posgrado de Ortodoncia, de la Universidad Católica de Cuenca Azogues, Ecuador. Odontólogo.
- ² Odontóloga de la Universidad de Cuenca, Especialista en Ortodoncia, Dr. C., Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Docente Titular de la carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca, Coordinadora de Posgrado de Ortodoncia, Universidad Católica de Cuenca sede Azogues.
- ³ Odontóloga de la Universidad de Cuenca, Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, Especialista en Odon-topediatria, Docente Titular de la carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues.

DOI: <https://doi.org/10.26871/killcanasalud.v6i1.983>

Resumen

Introducción: Los alineadores dentales son una serie de férulas transparentes, termoplásticos de uso secuencial que son diseñados mediante tecnología 3D (CAD-CAM) **Objetivo:** Analizar la efectividad de los alineadores dentales en movimientos de extrusión, intrusión, rotación, inclinación mesio distal, vestibulo lingual y alineación. **Metodología:** La investigación es descriptiva apoyada de una revisión bibliográfica, para lo cual se analizaron documentos que fueron obtenidos de tres bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science las palabras claves se seleccionaron de “DECS”, “MESH” y “EMTREE”, usando operadores booleanos como AND y OR, los términos usados en la búsqueda fueron: Orthodontic appliance, tooth movements technique, accuracy, treatment, removable thermoplastic, Invisaling en diferentes combinaciones. Los criterios de inclusión fueron todos los documentos publicados desde enero del 2011 hasta octubre del 2021 sin distinción de idioma, artículos originales, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados, estudios prospectivos y retrospectivos, estudios observacionales, y revisiones bibliográficas. **Resultados:** La literatura científica evalúa la precisión del movimiento indicando que los movimientos de intrusión en dientes anteriores e inclinación de piezas posteriores tienen resultados relativamente predecibles lo que no ocurre con los movimientos de extrusión y rotación, para mejorar la predictibilidad de movimientos ortodónticos es necesario incorporar attachments, elásticos intermaxilares, desgastes interproximales e incluso mini implantes pues por si solos los alineadores no logran un buen control del movimiento. **Conclusiones:** Los alineadores dentales tienen mayor efectividad y precisión para realizar movimientos de intrusión, inclinación mesiodistal, vestibulo lingual y no para el control de rotación, extrusión e inclinación radicular.

Palabras Clave: Alineadores dentales; movimientos ortodónticos; eficacia

Abstract

Introduction: Dental aligners are a series of transparent, thermoplastic splints for sequential use that are designed using 3D technology (CAD-CAM) **Objective:** To analyze the effectiveness of dental aligners in extrusion, intrusion, rotation, mesio distal inclination, vestibule lingual and alignment movements. **Methodology:** The research is descriptive and supported by a bibliographic review, for which documents obtained from three databases were analyzed: PubMed, Scopus, Web of Science the keywords were selected from “DECS”, “MESH” and “EMTREE”, using binary operators such as AND and OR, the terms used in the search were: Orthodontic appliance, tooth movements technique, accuracy, treatment, removable thermoplastic, Invisaling in different combinations. The inclusion criteria were all documents published from January 2011 to October 2021 without distinction of language, original articles, systematic reviews, randomized and non-randomized clinical trials, prospective and retrospective studies, observational studies, and literature reviews. **Results:** The scientific literature evaluates the precision of the movement indicating that intrusion movements in anterior teeth and inclination of posterior pieces have relatively predictable results which does not occur with extrusion and rotation movements, to improve the predictability of orthodontic movements it is necessary to incorporate attachments, intermaxillary elastics, interproximal wear and even mini implants because aligners alone do not achieve good movement control. **Conclusions:** Dental aligners are more effective and accurate for intrusion, mesio distal inclination and lingual vestibule movements, but not for rotation, extrusion and root inclination control.

Key words: Dental aligners; Orthodontic movements; Effectiveness.

Introducción

La ortodoncia es la rama de la odontología encargada de realizar prevención, diagnóstico, y tratamiento de las mal oclusiones que son alteraciones del crecimiento óseo del maxilar o mandíbula y/o posición de los dientes a causa de factores genéticos o ambientales como caries, pérdida prematura de dientes temporales o permanentes y hábitos perniciosos, que dan lugar a alteraciones estéticas y funcionales (1). Gracias al avance de la tecnología se ha incorporado un método novedoso denominado alineadores dentales que se especulan son el futuro de la ortodoncia (2).

Los alineadores dentales son una serie de férulas transparentes, termoplásticos de uso secuencial que son diseñados mediante tecnología 3D (CAD-CAM), estereolitografía y operados por un software de simulación especializado en observar movimientos dentales individualizados e incrementales en los tres planos del espacio (3). Cada alineador se programa para mover un diente o grupo de dientes de 0,25 a 0,33 mm cada 14 días (4). El uso de alineadores en ortodoncia se remonta a la década de 1940 con el Dr. Harold Kesling quien utilizó por primera vez un posicionador de goma flexible seriado con el propósito de cerrar los espacios dejados por las bandas al terminar la ortodoncia tradicional (5,6). En 1964 Nahoum uso aparatos al vacío, 1971 Ponitz incorporó un retenedor invisible con el cual se podía realizar movimientos dentarios limitados, mientras que McNamara propuso el uso de posicionadores elásticos elaborados por medio de sistema de enmuflado, en 1985 Truax y Rains fueron los primeros en tratar mal oclusiones leves y moderadas usando una serie de alineadores y previo a ellos adicionaron puntos de resina y cerámica sobre los dientes para favorecer los movimientos sobre todo los de rotación, en ese mismo año Kim presentó el sistema Clear Aligner que consistió en una serie de alineadores con grosores diferentes, en 1991 Rollet et al. Denominaron a esta nueva técnica como elastodoncia, en 1997 introduce Sheridan la técnica Essix que inicialmente usó desgastes interproximales y posteriormente divots q eran deformaciones sobre cada alineador con el fin de ejercer más precisión, en 1998 Chishti y Wirth fundaron Align Technology esta empresa incorporó el método de ortodoncia invisible llamado Invisalign la cual recibió la aprobación de la FDA (7) y a partir del 2001 se distribuyó en países europeos como Italia (8).

Esta técnica está evolucionando y perfeccionándose constantemente durante los últimos 20 años (6) debido a la alta demanda de tipo estético y de confort de pacientes que no desean vivir o revivir el tipo de ortodoncia tradicional, Robert Keim en el 2012 publicó en el Journal of Clinical Orthodontics, a los alineadores como uno de los más importantes avances en la ortodoncia posicionándola como un tratamiento ortodóntico alternativo de uso común (3).

Actualmente hablamos de diferentes sistemas de alineadores cada uno con diseño, material, modo de fabricación y aditamentos auxiliares propios que determinan su efectividad para mejorar su aplicación en casos más complicados o menos predecibles y direccionar de manera eficaz el movimiento algunos de estos sistemas a más del pionero Invisalign tenemos: Clear Aligner, Alineadent, Smile Aligner y Orthocaps entre otros (8) por ello no todos estos sistemas son iguales (7).

Mays. Al Nadawi et al (9). en su artículo "Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth

movement: A randomized clinical trial” publicado en el 2021, citó a varios autores que evaluaron la precisión del movimiento concluyendo que el movimiento más predecible es la contracción lingual (47,1 %) y el menos predecible la extrusión (29,6 %) y rotación (10). Se pretende obtener información concisa sobre la eficacia de los alineadores pues una de las limitaciones de este sistema destaca la falta de literatura fidedigna sobre el tema, pues para su aplicación los profesionales se apoyan en la opinión de expertos o de estudios científicos de bajo nivel o mal diseñados por lo cual, el objetivo es analizar la efectividad de los alineadores dentales en movimientos de extrusión, intrusión, rotación, inclinación mesiodistal, vestíbulo lingual y alineación, mediante la caracterización de su biomecánica identificando los factores determinantes para el movimiento dental con alineadores.

2. Metodología

Para desarrollar la presente revisión bibliográfica se realizó la búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus, Web OF Science. Las palabras claves se seleccionaron según los Descriptores De Ciencias de la Salud “DECS” y los Medical Subject Heading “MESH”, Medical Terms “EMTREE” usando operadores booleanos como AND y OR, fueron: Orthodontic appliance, tooth movements technique, accuracy, treatment, Removable thermoplastic, Invisaling.

Los criterios de inclusión fueron todos los artículos publicados desde enero del 2011 hasta octubre del 2021 sin distinción de idioma, artículos originales, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados, estudios prospectivos y retrospectivos, estudios observacionales, y revisiones bibliográficas; se excluyen los artículos que describan estudios in vitro, estudios en animales, casos clínicos y todos aquellos que no son de acceso libre. El método de búsqueda de información se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda

#	Criterios de búsqueda	PubMed	SCOPUS	WOS
1	Orthodontic appliance AND tooth movements technique AND accuracy	56	25	4
2	Orthodontic treatment AND tooth movements technique AND accuracy	84	40	21
3	Removable thermoplastic appliance AND tooth movements	20	21	12
4	Orthodontic Appliances, Removable AND tooth movements	1172	738	48
5	Removable AND thermoplastic AND tooth AND movements	223	25	9
Total		1555	849	94

Fuente. Elaboración propia

La búsqueda inicial arrojó un total de 2498 artículos que luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se obtuvieron 576 de los cuales se cribó los duplicados, y se analizaron según títulos y resúmenes obteniendo 47 artículos finalmente los que se usaron en la revisión fueron 22 artículos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del enfoque metodológico resultante (Figura 1).

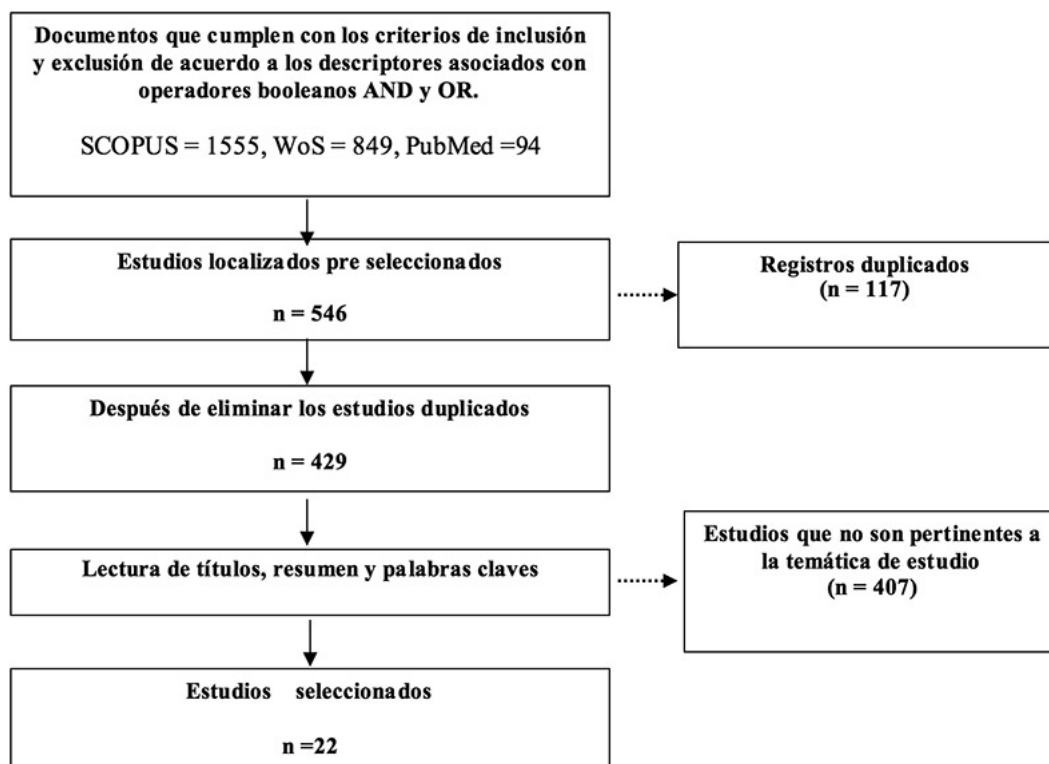


Figura 1. Diagrama de flujo del enfoque metodológico. Fuente: Elaboración propia, 2022

3. Resultados

3.1 Los Alineadores dentales: Una revisión necesaria

Los alineadores dentales son una serie de férulas secuenciales termoplásticas que son diseñados mediante tecnología 3D y operados por un software de simulación especializado en observar movimientos dentales individualizados e incrementales en los tres planos del espacio a partir de las características anatómicas que se obtienen de una tomografía axial computarizada (TAC) o a través de escaneo digital de manera personalizada (3). Cada una de las férulas se elaboran a medida con ayuda de un software uno de ellos es el ClinCheck, que visualiza cuantificando los resultados del tratamiento diferenciando la posición alcanzada de la predicha en cuanto a la inclinación vestibulo lingual, rotación mesiodistal y posición ocluso gingival de cada diente y permite compartir información con los pacientes durante la duración del tratamiento (11,12). Son fabricados de dos maneras: al vacío y a presión de aire mientras más presión mayor precisión logrando un adecuado ajuste del alineador al diente y mejorando trasmisión de fuerzas optimas (3).

Según el plan de tratamiento y complejidad de la mal oclusión varia el número total de férulas y la incorporación de aditamentos auxiliares para conseguir los movimientos deseados (13). El tiempo indicado de uso continuado es de 20 a 22 horas al día, retirándolas únicamente durante los momentos de comida y de higiene bucal, los cambios se realizan cada 7, 10, 15 días esto dependerá del estado periodontal, nivel de movimiento que se desea lograr, de la técnica y materiales que se utilicen, los controles se realizarán al cabo de 30 y 45 días caso contrario cuando no existe una supervisión adecuada, las férulas pueden ocasionar problemas oclusales, dentales, funcionales

(14). Joe Hennessy en su artículo menciona que Drake et al. en el 2012 luego de su investigación concluyó que durante la primera semana de uso de los alineadores ocurre la mayor parte de movimiento dental 4,4 veces más (5).

3.1.1. GENERACIONES

Existen en la actualidad 3 generaciones de alineadores:

Primera generación.- No tiene elementos auxiliares. Este tipo de alineador tiene resultados similares en cuanto a la alineación y angulación radicular; sin embargo, la inclinación labio lingual, relaciones oclusales, resalte, y en casos de mal oclusiones moderadas a severas fue significativamente mejor con aparatología fija q con esta generación de alineadores (5)(6).

Segunda generación.- Incorpora aditamentos como: botones de resina y elásticos intermaxilares, Kravitz et al. en el 2008 y 2009 evaluaron la precisión general de estos alineadores y concluyeron que la colocación o uso de estos accesorios no mejoran la precisión (5)(6).

Tercera generación.- Este tipo de alineadores tienen un mejor control para movimientos de extrusión y rotación, pues por medio de un software adiciona attachments siendo los más comunes los elipsoides, biselados y rectangulares los cuales se van volviendo más activos con el uso gradual; para mejorar el torque radicular lingual de incisivos superiores e inferiores es necesario elaborar muescas sobre las placas “ power ridges” para ejercer más presión sobre puntos específicos de la corona (6).

3.1.2. TIPOS DE ATTACHMENTS

Los attachments han ido evolucionando a lo largo del tiempo entre los más comunes están:

- Attachments elipsoidales horizontales.- Ideales para control de movimientos intrusivos.
- Attachments elipsoides de precisión.- Para desrotación individual en pares de incisivos caninos y premolares, para lograr movimientos radiculares sus medidas son 3mm de alto, 2mm de ancho y 0,75 – 1mm de grosor.
- Attachments rectangulares de 3 tipos: horizontales, verticales, biselados y de precisión (15).
- Attachments rectangulares de precisión.- Usados para generar movimiento mesiodistal, para cerrar espacios mediante movimiento corporal con el control axial de los dientes anteriores y enderezamiento de los dientes, des rotan caninos y premolares miden 3-5mm de alto, 2mm de ancho y 0,5-1mm de espesor (5).
- Attachments rectangulares horizontales.- Para intrusiones y extrusiones en premolares e incisivos, en premolares para aumentar la estabilidad del alineador al usar elásticos de clase II o III, para controlar curva de spee y mordida profunda
- Attachments rectangulares verticales.- Para desrotar caninos y premolares, realiza control axial de dientes anteriores y enderezamiento de piezas posteriores.

- Attachments biselados de precisión.- Para extruir dientes posteriores en casos de mordida profunda, miden 2mm de alto de 3-5 mm de ancho y 0,25-1,25mm de espesor con un borde activo para limitar el deslizamiento entre el diente y el alineador.
- Attachments biselados personalizados pequeños en forma de lágrima.- Se colocan a lo largo del eje vertical del diente para evitar el efecto deslizante en casos de rotaciones múltiples, para guiar la desrotación de más de 2° en caninos.(15)
- Attachments de retención o anclaje.- Proporciona estabilidad o apoyo al alineador evitando movimientos dentales no deseados pueden ser de formas variables: semicasquete esférico, triangulares, cuadrangulares, rectangulares de ángulos biselados.
- Attachments activos para extrusión.- La fuerza que ejerce es en dirección oclusal sobre un plano inclinado, el más utilizado es el prismático.
- Attachments activo de doble inclinación mesio distal y disto mesial.- Son de forma semiesféricas o rectangular vertical, ejercen dos fuerzas de igual intensidad, pero en sentido contrario.
- Attachments activos de rotación.- Para movimientos de rotación simples son de forma de un cuarto de esfera (6).
- Power ridges o arco de torque.- Para mejorar la corrección el torque mayor a 3° y el control vertical del eje de los incisivos. Son hendiduras, surcos o líneas sobre los alineadores resultan indispensables incluso para proporcionar torque palatino radicular, movimientos de intrusión en dientes anteriores e inclinación de piezas posteriores (16).
- Rampas de mordida.- Son aditamentos horizontales que se aplican en la superficie lingual de los dientes superiores para corregir mordidas profundas y se aplican bucalmente solo en casos de mordida cruzada.
- Divots.- Son muescas, depresiones programadas y pre insertadas en los alineadores para guiar muchos movimientos (rotaciones, pequeños movimientos de inclinación garantizando la retención del alineador (8,15).

3.1.3. VARIABILIDAD

Los alineadores con el pasar del tiempo han ido prosperando y mejorando diferentes aspectos desde tipo de material usado, diseño del margen gingival hasta la necesidad de uso de auxiliares (8) y es que partir de la marca comercial Invisalign, actualmente han surgido una gran variedad de alineadores transparentes, los cuales se han ido introduciendo en el mercado con nuevas técnicas, materiales y marcas propias agrupándolas según categorías:

- a) Alineadores económicos con aplicación clínica limitada: Originator, Simpli 5, MTM, Clear Aligner y Clearguide System

- b) Alineadores caseros, que no requieren control por parte del ortodoncista: Crystal Braces, Smile Care Club
- c) Alineadores fabricados en laboratorios mediante escáneres e impresoras 3D dentro de estos tenemos: Orchestra, 3Shape y Suresmile
- d) Alineadores para control de movimiento dentales complejos en los tres planos del espacio: Invisalign, ClearCorrect, ClearPath, E Cligner, K Line y Orthocaps (3).

Italia es el país donde se ha realizado la mayoría de revisiones investigativas acerca de los alineadores, tenemos resultados de estudios prospectivos, retrospectivos e informes de casos que han consolidado una variedad de marcas comerciales cada una con su sistema propio de fabricación, diseño, tipo de material termoplástico, indicaciones, contraindicaciones, uso de attachments, divots, uso de auxiliares como mini implantes, elásticos o expansores todas estas características contribuyen a determinar la eficacia del sistema de alineadores (8).

Tabla 2. Variabilidad de Alineadores transparentes usados actualmente

NOMBRE	TIEMPO DE USO	ATTACHMENTS	DIVOTS	DISEÑO DEL MARGEN GINGIVAL	AUXILIARES
Airnivol	22h/14 días	Si	Si	Directamente al cenit gingival	Si
Clear Aligner	17h/14 días	Si	Si	Recto hasta 2mm del cenit gingival	Si
Dair	22h/14 días	Si	No	Directamente al cenit gingival	No
Instalador	22h/20 días	Si	No	Festoneada	No
Invisaling	22h/14 días	Si	No	Festoneada	Si
Invisible	22h/14 días	Si	No	Festoneada	Si
Ortocaps	20h/14 días	Si	No	Festoneada	Si
Smile Clear	22h/15 días	Si	Si	Festoneada	Si
Sorridi	22h/7 días	No	Si	Recto hasta 2mm del cenit gingival	Si

Fuente. Elaborado a partir del autor Putrino, Alessandra (8)

3.1.4. INDICACIONES

Casos predecibles (no hay desplazamiento radicular)

- En niños y adolescentes
- Pacientes con problemas periodontales pues su uso reduce el acumulo de placa bacteriana en comparación con la aparatología fija
- Pacientes con reabsorciones radiculares
- En casos de mordida abierta anterior leve ya que causa intrusión de piezas posteriores gracias a las fuerzas masticatorias sobre la pared oclusal de gran grosor de la placa.
- Pacientes con bruxismo

- Casos de mordida cruzada anterior y posterior a partir de la desoclusión dental
- Pacientes con coronas de porcelana o metal
- Apiñamientos leves o diastemas de 1-5mm
- Mal oclusión clase II división 2 (sobre mordida)
- Recidivas de tratamientos de ortodoncia convencionales
- Desviación de la línea media menor o igual a 2mm
- Casos donde se necesita distalizar (7)
- Adecuados para pacientes con biotipos gingivales delgados para limitar el riesgo de desarrollar recesión gingival (17)

Casos menos predecibles

- Pacientes con apiñamiento o diastemas mayor a 5 mm
- Correcciones sagitales mayores a 3mm
- Discrepancias esqueléticas sagitales, transversales mayores a 2mm
- Dientes con rotaciones mayores a 20 °
- Casos de mordida abierta anterior o posterior
- Casos que requieran extrusión dental
- Pacientes con microdoncias
- Pacientes edéntulos parciales (7)

3.1.5. LIMITACIONES

La principal limitación es la reducida eficacia para realizar movimientos complejos de extrusión, rotaciones severas, verticalización de molares, corregir resalte, cerrar espacios post extracciones, control limitado del movimiento de radicular y conseguir una buena relación oclusal (11,12). No existe suficiente evidencia clínica científica sobre la previsibilidad de movimiento ortodóntico con el uso de los alineadores por ello muchos ortodoncistas confían en la opinión de expertos o en estudios de bajo nivel o en experiencia clínica (3).

3.1.6. VENTAJAS

Proporciona mejor estética, reduciendo problemas psicosociales pues son removibles, transparentes y de menor tamaño, provocan menos dolor e incomodidad sobre todo durante la primera semana de tratamiento a comparación de la aparatología fija, facilita la higiene bucal preservando la salud periodontal evitando gingivitis, periodontitis pues reducen la acumulación de bacterias periodontopáticas (3). Reduce caries, descalcificaciones (7) en caso de pérdidas se los pueden reem-

plazar por el anterior por un lapso de 2 semanas mientras son nuevamente fabricados. En ciertos casos se puede combinar con elásticos intermaxilares, botones linguales, dispositivos de anclaje o de expansión fijos, stripping o brazos de poder (3). Este movimiento gradual y segmentado podría minimizar la pro inclinación de los dientes (17).

3.1.7. DESVENTAJAS

Requiere colaboración por parte del paciente es incluso por ello es más recomendada para adultos sin embargo la marca Invisalign tiene a su disponibilidad el tipo Teen que incorpora un detector de colaboración en cada una de las férulas, causa mordida abierta posterior debido a la intrusión de piezas posteriores debido al grosor (0,06 micras) y fuerzas masticatorias y alto costo (7).

3.1.8. BIOMECÁNICA CON ALINEADORES

Para poder entender la biomecánica del movimiento dental es importante conocer conceptos a cerca del centro de resistencia que está localizado a un tercio del eje largo radicular desde la cresta alveolar, del centro de rotación que es el punto alrededor del cual gira un cuerpo, momento fuerza que es la fuerza que actúa en dirección opuesta al centro de resistencia, cupla que es la aplicación de un par de fuerzas iguales paralelas entre sí que se aplican en direcciones opuestas. Para que se dé un movimiento corporal evitando inclinaciones coronarias indeseables la fuerza debe pasar directamente por el centro de resistencia esto se puede lograr con la aplicación de fuerzas sobre los accesorios de que se usan con aparatología, fija esta es la razón por la cual los alineadores de primera y segunda generación presentan limitación en cuanto al control del movimiento sin embargo estos han ido evolucionando e incorporando aditamentos accesorios preajustados para lograr movimientos deseador en dientes específicos (5). La función de los attachments es controlar el movimiento dental y modificar la distancia aumentando la fuerza mientras más se aleja al centro de resistencia y del eje mayor del diente. La biomecánica se realiza a través de dos sistemas: de deslizamiento y por fuerza.

Sistema impulsado por deslizamiento.- Produce movimientos dentales y radiculares poco eficientes

Sistema impulsado por fuerza.- Utilizan puntos de presión y prominencias o arco de torque vestibular sobre partes específicas de los alineadores para a través de ellos transmitir las fuerzas que den lugar a movimientos ya sea de intrusión o enderezamiento, y proporcionar torque radicular, actualmente Invisalign “Smart Force” que incorpora a través del software Clincheck attachments específicos para direccionar el movimiento de intrusión, extrusión, rotación y torque radicular (6).

3.1.9. PREVISIBILIDAD Y EFECTIVIDAD DE MOVIMIENTOS DE: EXTRUSION, INTRUSIÓN, ROTACIÓN, INCLINACIÓN MESIODISTAL, VESTIBULOLINGUAL Y ALINEACIÓN CON ALINEADORES

3.1.9.1. PREVISIBILIDAD

Se describe poca previsibilidad en la mayor parte de los movimientos dentales complejos, varía según el diente, el tipo de movimiento que se desea realizar (12).

El fitting o adherencia del alineador sobre los dientes es ideal para que se logre transmitir fuerzas necesarias y producir el movimiento dental con eficacia y eficiencia, términos que se usan para describir los resultados que se desean conseguir con los alineadores en el menor tiempo posible e identificar la complejidad para lograr dichos movimientos de forma tan predecible y estable como los que se logra con la ortodoncia fija tradicional. Los movimientos en el plano vertical son los que mayores desviaciones estándar presentan (8,18).

Weir T. en su artículo "Clear aligners in orthodontic treatment" publicado en el 2017 sintetizó en una tabla la previsibilidad de movimientos con el uso de alineadores según reportes dados por las empresas Align Technology y ClearCorrect (3).

Tabla 3. Previsibilidad de Alineadores sin aditamentos

MOVIMIENTO DENTAL	PREVISIBLE CON ALINEADORES SIN ADITAMENTOS	
	PREVISIBLE	NO PREVISIBLE
Espaciamiento por arco	Hasta 6mm	> 8mm
Rotación incisivo central	Hasta 40°	>50 °
Rotación incisivo lateral	Hasta 30°	>40 °
Rotación incisivo canino premolar	Hasta 45°	>55 °
Rotación molar	Hasta 20°	>30 °
Extrusión anterior por arcada	Hasta 2,5mm	>3mm
Intrusión anterior por arcada	Hasta 0,5mm	>1mm
Intrusión posterior por arcada	Hasta 0,5mm	>1mm
Extrusión posterior por arcada	Hasta 0mm	>0,5mm
Torque lingual de la raíz del incisivo	0 - 10°	>15 °
Torque lingual de la raíz de piezas posteriores	0 - 5°	>10 °
Distalización de piezas posteriores superiores	0-2mm	>4mm
Mesialización de piezas posteriores superiores	0-1mm	>2mm

Fuente. Elaborado a partir del autor Putrino, Alessandra (8)

Previsibilidad en movimientos verticales.- Los movimientos de extrusión de dientes anteriores son más predecibles que los de intrusión.(12)

Movimientos de Intrusión: Son de mayor precisión (0,72mm) teniendo: Intrusión de incisivos centrales superiores en 45% y 47% en los inferiores e intrusión de incisivos laterales superiores en 33%.

Movimientos de Extrusión: Son de menor previsibilidad (0,56mm) teniendo: Extrusión de incisivos centrales superiores 18% y 25% en los inferiores. (19)

Previsibilidad en movimientos horizontales.- La inclinación mesio distal es más precisa que la inclinación vestibulo lingual. Los movimientos de rotación sobre todo de caninos y premolares son los más difíciles de conseguir. (12)

Movimientos de rotación: Presentan una precisión de 32% para caninos superiores, 29% para caninos inferiores, 41,8% para premolares, 55% para incisivos centrales superiores y 52% para incisivos laterales inferiores.

Inclinación Mesio distal: Con una precisión de 39% para incisivos centrales superiores, 43% para incisivos laterales superiores y 27% para los inferiores.

Inclinación buco lingual: Para incisivos superiores la inclinación lingual tiene una precisión de 53% mayor a la inclinación vestibular con 38%.(19)(16)

Previsibilidad en movimientos transversales.- El ancho de la arcada inferior es más previsible que el de la arcada superior.(12)(20)

3.1.9.2. EFICACIA Y EFECTIVIDAD

La eficacia de los alineadores está influenciada por factores determinantes como: el material termoplástico con el que están confeccionados, grosor del material, su diseño a nivel gingival y la posibilidad de utilizar aditamentos tomando en consideración su forma y posición o alternativas de movimiento como divots y auxiliares además de la secuencia de movimiento y grado de sobre ingeniería programada por softwares (21).

Existen tres tipos de materiales termoplásticos que se pueden emplear para su fabricación poliuretano, poliéster y el tereftalato de poli etilenglicol (PETG), siendo el poliuretano de alta dureza y módulo de elasticidad, de menor resistencia al deslizamiento comparado con los (PETG) y son más sensibles al cambio de coloración, alteración de la integridad del material, después de la segunda semana de uso es decir que con el paso del tiempo las propiedades del material se altera por acción de Bofill o esto influye de forma adversa en la eficacia, estabilidad y transmisión de fuerzas. La deflexión de los alineadores aumenta con el tiempo cuando es sometido a fuerzas constantes de baja intensidad y al disminuir las cargas se da una relajación de la tensión, estas propiedades del material del alineador, el tiempo y la cantidad de activación influyen en la fuerza de ortodoncia es decir si hay fuerzas excesivas sobre el diente dará lugar a dolor, mientras que una fuerza mínima no proporciona el movimiento requerido (22).

Grosor de los alineadores (0.5, 0.625, 075 mm) varía según el sistema, el tipo de tratamiento y la intensidad de fuerzas variables que ejerce para que simulan al tratamiento de ortodoncia fija, cuando el grosor de la placa es mayor a lo establecido afecta los movimientos vestibulares o palatinos, pero no los de rotación e inclinación.

Inicialmente es necesario tener una impresión muy precisa de los modelos, para poder obtener de ajuste del alineador a los dientes y cualquier accesorio y diseñar una cobertura gingival más recta cortado 2 mm por encima del cenit gingival, con ello obtengo mayor adherencia reduciendo la incorporación de otros aditamentos con fines retentivos, precisión en el control de movimiento del

sector posterior más complicados. Precisión Los alineadores que se fabrican a presión sobre los 100 psi presentan mayor precisión y generación de fuerza según Nahúm.

Según el diseño del margen gingival tenemos tipos de alineadores según el festoneado:

Festoneado.- Sigue al festoneado gingival normal del paciente

Recto.- A nivel del cenit gingival

Recto extendido 2 mm más allá del cenit gingival (3) (8) (13).

La presencia de attachments es cuestionada por algunas marcas de alineadores que proponen su ausencia casi total y la introducción de otras herramientas para el control de movimientos, como los divots. El uso de auxiliares como elásticos o mini implantes sin duda ha ampliado las indicaciones de uso para terapias de ortodoncia de cierta complejidad que los alineadores por sí solos no serían capaces de gestionar de forma predecible (3) (23). Entre otros factores a considerar se debe valorar cantidad de activación presente en cada alineador, la densidad ósea del paciente, así como la morfología de corona y raíz (23).

4. Discusión

Weir T(3). en su artículo titulado “Clear aligners in orthodontic treatment” citó un estudio realizado por Buschang et al. acerca de la eficacia de los alineadores en el que concluye que el uso de alineadores es ideal para tratamiento de mal oclusiones simples pues alinea y nivela arcos eficazmente consiguiendo movimientos de intrusión e inclinación buco lingual posteriores de manera predecible, sin embargo, afirma que es muy difícil realizar movimientos de extrusión anterior, rotación e inclinación buco lingual de piezas anteriores y sugiere de igual manera que Simon et al. (16) el uso de uso aditamentos o auxiliares para tener control tridimensional de movimientos durante el tratamiento de mal oclusiones complejas, y así mejorar la previsibilidad de estos movimientos.

De la misma manera Gabriele Rossini, en su revisión sistemática (19) describió los movimientos de extrusión y de rotación como los más difíciles de controlar con alineadores teniendo una previsibilidad del 30% y 29% respectivamente, y movimientos de intrusión una precisión del 47% , menor previsibilidad al realizar movimientos de inclinación bucal 38% y lingual 53%, los movimientos de inclinación mesio distal tienen un 41% de precisión siendo mayor a nivel de incisivos laterales superiores e inferiores y menor en incisivos centrales y caninos inferiores debido a que los alineadores no tienen un buen control de movimiento radicular mesio distal en dientes con raíces de gran tamaño inclinando rápidamente las coronas pero no las raíces esto es corroborado por Tepedino (23) y Pineda (11) que en sus manuscritos dicen que la alineación y nivelación se logra fácilmente a expensas de la inclinación coronal pero sin un buen control radicular siendo esto la causa probable de las recidivas ambos autores discrepan con Simon (16) y Aikaterine (15) mencionan q hay una elevada precisión de movimiento corporal con el uso de accesorios por ello incluso la distalización

de molares superiores se puntualizó una previsibilidad elevada de 88% junto con la ayuda de auxiliares.

Aunado a lo expuesto, Nada Haouili (21) en su estudio prospectivo en el 2020 determinó la precisión media de Invisaling un tipo de alineador dental, demostrando que el hallazgo más alentador fue el incremento de la precisión en movimientos de extrusión en piezas anteriores, 56% de precisión para la inclinación buco lingual anterior debido a que el material se flexiona más en dirección vestíbulo lingual, 46% la precisión de movimientos de rotación mejorando la rotación mesial que la distal para caninos e incisivos superiores y concordando con Orfeas (20), Advhoo (6) y Pineda (11) mencionan que la precisión aumenta con la ayuda de desgastes interproximales, la precisión del 35% para movimientos de intrusión anterior debido a la falta de anclaje posterior 51% para la intrusión posterior y 37% para la extrusión posterior debido a ello menciona la eficacia para tratar mordida abierta anterior. Además, indicó una precisión media del 50% para todos los movimientos dentales con Invisaling lo que difiere del estudio realizado por Kravitz et al. (4) quien evaluó la eficacia de movimientos anteriores encontró una precisión solo del 41% el aumento en la precisión se debe al perfeccionamiento de la tecnología y mayor experiencia del operador y del estudio de Lombardo (10) que habló de una previsibilidad de movimiento del 73.6% porque logran una precisión del 82,5% en inclinaciones mesio distales.

Mays. Al Nadawi et al. (9) en su artículo "Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: A randomized clinical trial" publicado en el 2021, cita a Kravitz et al. quien en el 2009 evaluó la precisión del movimiento de los dientes anteriores con Invisalign concluyendo que el movimiento más predecible en la inclinación vestíbulo lingual (47,1 %) y el menos predecible la extrusión (29,6 %).

Pineda (11) en su estudio exhibe que los alineadores no muestran efectividad en movimientos de extrusión, inclinación buco lingual posterior, rotación, y engranaje oclusal a causa de una falta de acople y control de torque posterior, este autor recomienda más evidencia científica para determinar la efectividad de los alineadores dentales.

En el artículo "Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study realized" en el 2021 por Theresa Karras et al.(18) y Krieger et al. (24) concluyen que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la cantidad de movimiento dental que se predijo y la cantidad que se logró, determinó que hubo una precisión de 63,2% en la desrotación de caninos y premolares mientras que el movimiento de extrusión de incisivos y caninos solo obtuvo una precisión de 47,6% (18) a diferencia del estudio realizado por Orfeas et al. en el 2018 donde manifiesta que los movimientos más inexactos son de intrusión de incisivos y rotación de caninos.

Conclusiones

Los alineadores dentales son eficaces para el control de movimiento de intrusión, inclinación vestíbulo lingual anterior e inclinación mesio distal y son capaces de alinear y nivelar a expensas

de la inclinación coronal, no obstante para realizar movimientos de extrusión, inclinación vestibulo lingual posterior y rotación son muy difíciles de conseguir, a pesar de ello la literatura reporta que el uso de aditamentos o auxiliares ayudan a efectuar este tipo de movimientos y mejorar con ello su previsibilidad .

En realidad, no existe suficiente evidencia clínica científica sobre la previsibilidad de movimiento ortodóntico con el uso de los alineadores, es necesario realizar más estudios controlados aleatorizados para esclarecer su eficacia y previsibilidad, por ello muchos ortodoncistas confían en la opinión de expertos o en estudios de bajo nivel o en experiencia clínica que indican que dicha eficacia es cada vez más precisa, gracias al material termoplástico con el que están confeccionadas las férulas, grosor del material, diseño a nivel gingival y la aplicación de protocolos operatorios para la cementación del propio atache y del material y de la incorporación aditamentos o auxiliares.

Referencias bibliográficas

1. Graber TM, Chung DD, Aoba JT. Dentofacial orthopedics versus orthodontics. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 1967 [citado 21 de septiembre de 2021];75(5):1145-66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1967.0331>
2. Pithon MM, Baião FCS, Sant Anna LID de A, Paranhos LR, Cople Maia L. Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2019 [citado 13 de noviembre de 2021];10(4):e12455. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31478355/>
3. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J* [Internet]. 2017 [citado 13 de octubre de 2021];62(1):58-62. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/adj.12480>
4. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2009 [citado 20 de septiembre de 2021];135(1):27-35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.018>
5. Hennessy J, Al-Awadhi E. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod* [Internet]. 2016 [citado 10 de octubre de 2021];43(1):68-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1179/1465313315Y.0000000004>
6. Kaduskar A, Kanade A. Research Article Evolution of the Efficiency and Predictability of Clear Aligner Therapy : a. *Int J Curr Res* [Internet]. 2020 [citado 21 de septiembre de 2021];12(08):13074-9. Disponible en: <http://journalcra.com/article/evolution-efficiency-and-predictability-clear-aligner-therapy-narrative-review>
7. Prada J, Turienzo A, Nieto I, Cruz J, Diaz I. Bases y funcionamiento de los sistemas de ortodoncia invisible. *Rev Española Ortod* [Internet]. 2018 [citado 13 de octubre de 2021];48(1):14-9. Disponible en: <https://docplayer.es/207819838-Bases-y-funcionamiento-de-los-sistemas-de-ortodoncia-invisible.html>
8. Putrino A, Barbato E, Galluccio G. Clear aligners: Between evolution and efficiency—a scoping review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 [citado 16 de julio de 2021];18(6):1-16. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/2870>
9. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: A randomized clinical trial. *Angle Orthod* [Internet]. 2021 [citado 20 de septiembre de 2021];91(2):157-63. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8028485/>
10. Lombardo L, Arreghini A, Ramina F, Huanca Ghislanzoni LT, Siciliani G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Prog Orthod* [Internet]. 2017 [citado 20 de septiembre de 2021];18(1):35. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40510-017-0190-0>
11. Pineda JF, Marin H., Echeverri NJ. Alineadores una opción en ortodoncia estética, revisión de literatura [Internet]. 2021 [citado 12 de noviembre de 2021] p. 17. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/33318>
12. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res* [Internet]. 2020 [citado 13 de octubre de 2022];23(2):133-42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31651082/>
13. Elkholy F, Panchaphongsaphak T, Kilic F, Schmidt F, Lapatki BG. Kraft- und Drehmomentübertragung von Alignern aus PET-G bei labialen und palatinalen Bewegungen eines mittleren oberen Schneidezahnes. *J Orofac Orthop* [Internet]. 2015;76(6):460-75. Disponible en: ht-

- [tps://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26446503/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26446503/)
14. Graf I, Puppe C, Schwarze J, Höfer K, Christ H, Braumann B. Evaluation of effectiveness and stability of aligner treatments using the Peer Assessment Rating Index. *J Orofac Orthop* [Internet]. 2021 [citado 28 de noviembre de 2021];82(1):23-31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32960313/>
 15. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod* [Internet]. 2018 [citado 12 de noviembre de 2021];19(1). Disponible en: <https://progressinorthodontics.springeropen.com/articles/10.1186/s40510-018-0235-z>
 16. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health* [Internet]. 2014 [citado 3 de diciembre de 2021];14(1):1-7. Disponible en: [https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-14-68#:~:text=The overall mean efficacy was,%25 \(SD %3D 0.2\).](https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-14-68#:~:text=The overall mean efficacy was,%25 (SD %3D 0.2).)
 17. Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health* [Internet]. 2019 [citado 14 de junio de 2021];19(1):1-10. Disponible en: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-018-0695-z>
 18. Karras T, Singh M, Karkazis E, Liu D, Nimeri G, Ahuja B. Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2021 [citado 13 de noviembre de 2021];160(2):250-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34217574/>
 19. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod* [Internet]. 2015 [citado 9 de octubre de 2021];85(5):881-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8610387/>
 20. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2018 [citado 13 de noviembre de 2021];154(1):47-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.11.028>
 21. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2020 [citado 13 de noviembre de 2021];158(3):420-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.12.015>
 22. Son HJ, Lee KH, Sim JY, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Pressure Differences from Clear Aligner Movements Assessed by Pressure Sensors. *Biomed Res Int* [Internet]. 2020 [citado 12 de noviembre de 2021];2020(8376395):4. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2020/8376395/>
 23. Tepedino M, Paoloni V, Cozza P, Chimenti C. Movement of anterior teeth using clear aligners: a three-dimensional, retrospective evaluation. *Prog Orthod* [Internet]. 2018 [citado 21 de septiembre de 2022];19(1):9. Disponible en: <https://progressinorthodontics.springeropen.com/articles/10.1186/s40510-018-0207-3>
 24. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign®-Behandlungen im Frontzahnbereich: Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht? *J Orofac Orthop* [Internet]. 2012 [citado 24 de noviembre de 2021];73(5):365-76. Disponible en: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22890691/#:~:text=Conclusion%3A Performed with aligners \(Invisalign,arch length\) seems well predictable.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22890691/#:~:text=Conclusion%3A Performed with aligners (Invisalign,arch length) seems well predictable.)

Recibido: 5 noviembre 2021

Aceptado: 13 diciembre 2021

