

ALINEADORES UNA OPCIÓN EN ORTODONCIA ESTÉTICA, revisión de literatura

Julián F Pineda Guerra*, Harold Marin**, Nestor Echeverri**.

*Estudiante de posgrado de ortodoncia UCC sede Medellín.

**Docentes posgrado de ortodoncia UCC sede Medellín

RESUMEN

Introducción: En los últimos años, la creciente demanda de tratamientos estéticos e invisibles, en cuanto a ortodoncia, ha llevado a un crecimiento exponencial del mercado de alineadores. Estos sistemas tienen un bajo impacto estético, además de ser capaces de guiar los dientes de manera efectiva y progresiva a sus posiciones programadas. ^(1,2,3) **Objetivo:** Reconocer el tratamiento de alineadores como una opción de ortodoncia estética a partir de la elaboración, utilización y la efectividad de estos, con el fin de ayudar a los ortodoncistas a entender este tipo de sistema, el cual puede ser es el futuro de la ortodoncia. **Materiales y métodos:** Se realizó la búsqueda de información en las bases de datos científicas para encontrar evidencia desde 2000 a 2020, esta búsqueda fue realizada en las bases de datos electrónicas como PubMed, Scopus, Google Scholar y los website de revistas indexadas. **Resultados:** Se obtuvo información sobre los materiales mas utilizados en alineadores, su elaboración y la planificación de este tipo tratamiento, además se realizó una descripción de limitaciones, ventajas, desventajas, efectividad y estabilidad. **Conclusión:** La elaboración y planificación del tratamiento con alineadores es un proceso que requiere tiempo y experiencia para lograr resultados predecibles y satisfactorios para los pacientes con fines funcionales y estéticos.

Palabras clave: “Aligners orthodontics”, “Invisalign”, “transparent aligners”, “Clear Aligner Appliance” y “Clear Aligner orthodontics”.

INTRODUCCIÓN

Los alineadores se definen como polímeros de resina transparente que son elaborados a la medida del paciente.⁽³⁾ Su proceso se caracteriza por ser secuencial e involucrar un diseño y manufactura asistida por tecnología 3D (CAD/CAM) Su aplicación terapéutica se enfoca en el manejo de un sistema especializado para virtualizar los movimientos dentales por medio de algoritmos matemáticos, a partir de las características anatómicas que se obtienen de una tomografía axial computarizada (TAC) o del escaneo digital de impresiones de polivinil-siloxano.^(4,5) Posteriormente se realiza una impresión de modelos estereolitográficos, en donde se logran movimientos dentales individualizados y progresivos en los tres planos del espacio.^(6,7)

El uso de alineadores en ortodoncia data del año 1946, cuando el Dr. Harold Kesling introdujo una serie de posicionadores termoplásticos con el objetivo de obtener la alineación dental en etapas finales del tratamiento. Este se caracterizaba por ser una pieza de caucho de vulcanita flexible fabricada en el laboratorio a partir de un

encerado en una oclusión clase I, sin embargo, el control de los dientes era complejo y solo permitía la inclinación de las coronas.^(3,9,10) A pesar de esta restricción, Kesling señaló que era posible lograr efectos importantes de manera secuencial, usando pequeños movimientos a medida que se avanza en el tratamiento.^(3,9,10) No obstante, este proceso se consideró tedioso, debido a la difícil planeación de esta secuencia para lograr grandes movimientos sin tener una idea muy clara de la posición final de los dientes.⁽¹¹⁾ Posteriormente el Dr. Ponitz en 1971 presentó un “Invisible Retainer” basado en la idea de Kesling de posicionar previamente los dientes en un modelo de estudio maestro. Al igual que el aparato original, solo podía producir movimientos menores de los dientes, logrando nuevamente sus resultados al inclinar las coronas.⁽¹²⁾ A principios de los años 90, Sheridan describió una técnica del uso de alineadores conjuntamente con stripping para lograr el movimiento dental, sin embargo, se debía realizar en cada cita de control una toma de modelos y realizar un nuevo encerado para lograr el objetivo planteado, por lo cual el proceso exigía de una gran cantidad de tiempo clínico y de laboratorio.⁽¹³⁾

La aprobación de la FDA a la empresa Align Technology Inc por el sistema Invisalign® en 1997, adaptó e incorporó tecnologías modernas para introducir el tratamiento de alineador tal como lo conocemos ahora (los materiales termoplásticos transparentes y tecnología informática (CAD-CAM, estereolitografía y software de simulación de movimiento de dientes) convirtiendo el concepto de Kesling en una opción de tratamiento de ortodoncia viable.^(3,9,10)

La empresa pionera emitió los primeros alineadores Proceed30 (PC30), que se constituía de un material flexible con mayor transparencia y resistencia a la fractura. Posterior a estos, lanzó el material polimérico Exceed30 (EX30), el cual exhibió una elasticidad 1.5 veces mayor que la de PC30, facilitando la extracción e inserción, además fueron cuatro veces más adaptables que los producidos con PC30. En 2013, después de 8 años de experimentación aparece el SmartTrack®, un material polimérico (LD30) constituido por poliuretano termoplástico con un elastómero integrado capaz de aplicar fuerzas ligeras continuas a los dientes y cuya mayor elasticidad debería garantizar mayor previsibilidad en términos de movimientos de ortodoncia.^(7,8,14)

En la actualidad, sin embargo, los otros fabricantes hacen un mayor uso del tereftalato de glicol de polietileno (PeT-G), seguido de polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliuretanos termoplásticos (TPU), acetato de etileno y vinilo (EVA) y muchos más.^(3,14)

En un esfuerzo por mejorar los resultados y lograr un mejor control de los movimientos con dispositivos de alineación, se han hecho intentos para alterar la forma en que los alineadores entregan la fuerza.⁽⁷⁾ Los aditamentos necesarios para generar movimientos de extrusión, rotación y cambios de torque son colocados automáticamente por el software del fabricante, no obstante, el operador puede solicitar que se coloquen dichos accesorios en las piezas donde considere que mejoren el movimiento. Sumado a lo anterior, se pueden realizar cambios en sus bordes para que la entrega de la fuerza generada por el alineador sea más efectiva.⁽⁷⁾

Actualmente podemos encontrar diferentes propuestas de "alineadores", los cuales son diseñados y distribuidos por diferentes compañías, agrupándose ampliamente en las siguientes categorías.⁽³⁾

Movimiento dental menor: Posicionadas como una alternativa más barata y rápida al tratamiento de ortodoncia integral. Esta categoría incluye productos como Originator® Clear Aligner System: Tp orthodontics, Inc., Simpli 5 Express, Aligner System: Ormco, SureSmile Clear Aligner: Dentsply sirona y Clearguide express aligner system: Ormco.^(3,15)

Alternativas directas al consumidor: Tratamiento para el paciente con un profesional que posiblemente ofrezca supervisión remota. Esta categoría incluye productos como Crystal Clear Aligners y Smile direct club.^(3,15)

Haz tus propio alineador: El software de planificación y tratamiento integrado con escáneres e impresoras 3D, permite la fabricación completa interna sin intermediarios. Los productos disponibles incluyen, SureSmile Clear Aligner: Dentsply sirona, Orchestrate 3D y 3 Shape.^(3,15)

Sistemas complejos e integrales: Tratamientos completos por medio de tecnología 3D(CAD/CAM), una planificación de tratamiento interactiva 3D computarizada y diseños de dispositivos. Estos productos incluyen Invisalign: Align Technology Inc, ClearCorrect, ClearPath aligner, eClinger, K Line y Orthocap creating smile.^(3,15)

MATERIALES Y METODOS

Se realizó la búsqueda de información en las bases de datos científicas para encontrar evidencia desde 2000 a 2020, esta búsqueda fue realizada en las bases de datos electrónicas como PubMed, Scopus, Google Scholar y los website de Journal of Clinical Orthodontics, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics y Angle Orthodontics, con el objetivo de conseguir evidencia científica de calidad sobre el tema a revisar. Se utilizaron inicialmente términos MeSH, como Aligners orthodontics, Invisalign, transparent aligners, Clear Aligner Appliance y Clear Aligner orthodontics.

Se utilizaron filtros como tipo de estudio y periodos de tiempo. Los criterios para selección de los artículos fueron: estudios realizados en humanos, estudios desde enero de 2000 hasta 2020, revisiones sistemáticas, revisiones de literatura, artículos de revisión, estudios transversales y longitudinales, prospectivos y retrospectivos, Estudios con full text disponible y Estudios en inglés.

Inicialmente fueron seleccionados 123 artículos. Después del primer proceso de selección, 10 se descartaron por encontrarse duplicados. Un total de 113 artículos fueron seleccionados para su revisión inicial donde se excluyeron 35 por el título y el abstract. Posteriormente se consideran 78 artículos para su lectura completa, lo cual determinó que 55 artículos que eran de relevancia en la revisión. (tabla.1)

Tabla. 1

| Términos 2000-2020 | PubMed | Scopus | Google scholar |
|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Aligners orthodontics | 1.641 | 208 | 4.700 |
| Invisalign | 2.145 | 259 | 4830 |
| transparent aligners | 1.071 | 44 | 3610 |
| Clear Aligner Appliance | 2.059 | 163 | 5.040 |
| Clear Aligner orthodontics | 225 | 108 | 4.440 |

Búsqueda inicial con términos MeSH

Materiales

Hoy en día los materiales termoplásticos se utilizan ampliamente en la fabricación de alineadores debido a sus excelentes características.⁽¹⁶⁾ En particular, el tereftalato de glicol de polietileno modificado (PET-G), el poliéster, el copoliéster, el policarbonato, los poliuretanos termoplásticos y el polipropileno son las mezclas dominantes de materiales termoplásticos utilizados para este fin.⁽¹³⁾ Estos permiten construir dispositivos de alta precisión a través de un proceso de termoformado sobre modelos 3D.^(16,17,18)

Los parámetros que influyen en la efectividad biomecánica de los alineadores son las características del material, el grosor, la capacidad de ajuste del alineador a los dientes o/a cualquier accesorio.^(3,16,17,18) El tiempo de uso y la cantidad de fuerza para generar el movimiento dental.⁽¹⁹⁾

Los alineadores pueden tener diferentes grosores que van desde 0,50 a 1,5 mm, aunque esto depende del distribuidor.^(14,16,17,18,19,20) El grosor está directamente relacionado a la cantidad de fuerza generada, por lo cual, cuando se presentan alteraciones en dicha propiedad, el rendimiento del material tiende a variar. Esto se debe a que los alineadores tienen propiedades viscoelásticas, este tipo de característica se observa cuando se produce una fuerza constante, la cual genera una deflexión del material viscoelástico.⁽¹⁹⁾ A ello le sumamos el tiempo que genera un aumento de la deflexión, disminuyendo la fuerza que produce el alineador.⁽¹⁹⁾ La curva de resistencia de los alineadores no es lineal sino más bien exponencial. Lo anterior asumiendo que la máxima tensión se expresa en el primer día, seguido de una fase de meseta a un nivel más bajo entre los días 2 y 15 de uso.⁽²⁰⁾

Uno de los materiales más utilizado es el poliuretano termoplástico (LD30), propiedad de la empresa a Align Technology Inc.⁽²¹⁾ empleado para investigaciones in-vitro con el objetivo de determinar la cantidad de fuerza inicial entregada por el alineador. Tomaron una muestra experimental donde observaron la fuerza inicial generada por el alineador sobre el incisivo superior (6.7 y 7.9 N.mm), en el molar para distalización (1N) y el premolar para rotación (entre 1.2 y 8.8 N.mm).⁽²⁰⁾ Ellos refieren que estos valores corresponden a los reportados en la literatura para este tipo de movimientos dentales. Por último, concluyen que el sistema Invisalign logra hasta 1° de torque del incisivo por 0,25 mm de traslación con cada alineador usado.⁽²⁰⁾

Otro material utilizado en alto porcentaje por empresas como Smartee Denti-Technology, Shanghai, China. Duran (Scheu Dental, Iserlohn, Germany) y eCligner (eCligner, Seoul, Korea), entre otras, es el tereftalato de glicol de polietileno modificado (PET-G).^(17,19,22) Usado en investigaciones in-vitro para poder determinar la cantidad de fuerza generada por los alineadores a las piezas dentarias. Se realizó por medio de simulación y modelos experimentales.^(18,19) La fuerza inicial que se observó fue de 0.2N y se determinó que es un material con cierta elasticidad que permite una mayor resistencia a la abrasión, ayudando a mantener la eficiencia del alineador para generar una fuerza más constante en el tiempo.^(18,19) En otro estudio experimental con el mismo objetivo, pero específicamente sobre la rotación del canino inferior, observaron en su modelo experimental fuerzas de 31.12Nmm para la distorsión y 27.49Nm para la mesiotorción del canino, siendo elevadas para este tipo de correcciones según lo reportado por la literatura.⁽²³⁾ El aumento de la fuerza está asociado al grosor del material y a la anatomía de la pieza, que no permite un ajuste adecuado del alineador. Ellos reportan que este tipo de movimientos debe realizarse acompañado de aditamentos, para evitar sobrecargas y efectos secundarios sobre la pieza.⁽²³⁾

En una revisión sistemática se analizaron 6 tipos de alineadores (Biolon, Erkodur, IdealClear, Duran, All-In, Invisalign), donde evaluaron el espesor del alineador, el tipo de movimiento generado y material. Seleccionaron 13 estudios experimentales para su revisión. Adicionalmente realizaron un metaanálisis sobre 2 artículos que cumplieron con las características de homogeneidad. El análisis cuantitativo refiere que no hay diferencias significativas con la cantidad de movimiento y el grosor de 0,5 y 0.75 mm de los alineadores de tereftalato de glicol de polietileno modificado (PET-G) sobre la inclinación del incisivo superior.⁽²⁴⁾ En el análisis cualitativo de los 13 artículos sobre el espesor del alineador basados en este material, concluyen que este tipo de alineador debe ser manejado en secuencia de 0.4, 0.5, 0.75 mm para lograr una baja rigidez inicial y evitar una sobrecarga de las piezas dentales. Por otro lado, el grosor de 0.7mm usado por el sistema invisalign se encuentra dentro del rango de fuerzas de ortodoncia aceptable.⁽²⁴⁾ Por último, los movimientos de inclinación del incisivo central superior e intrusión canina inferior son factibles con el uso de alineadores PET-G, pero los movimientos corporales y de torque son más exigentes para este tipo de material, por ende, se requiere de aditamentos para su corrección. Finalmente informan que el sistema invisalign tiene el potencial de entregar los niveles de fuerza necesarios para la corrección de rotaciones, movimientos corporales, distalización de molar y de torque cuando se realiza una planeación con los aditamentos correctos.⁽²⁴⁾

Otros cambios que afectan las propiedades mecánicas de los alineadores están relacionados con el envejecimiento intraoral. Se afirma que el desgaste de la superficie oclusal influye en la duración de la carga y en las fuerzas entregadas.^(16,17) De hecho, la temperatura, la humedad, las enzimas salivales, la actividad parafuncional y la deformación elástica pueden influir en la efectividad del alineador. Por tal motivo se ha disminuido el tiempo en que se debe cambiar este (7 a 14 días) en cada etapa del tratamiento, evitando así alteraciones estructurales.^(16,17) En particular se ha encontrado una mayor rigidez después del uso intraoral debido a una

alteración de la cristalinidad del polímero.^(14,16,17) En investigaciones donde se observaron las variaciones morfológicas después del envejecimiento clínico o in vitro, se reconocieron características en el material como la absorción de la capa externa, microgrietas, abrasión en las puntas de las cúspides y calcificación localizada.⁽¹⁶⁾

En un estudio clínico prospectivo donde evaluaron los cambios en el grosor de la superficie oclusal de los alineadores (PET-G) después de 10 días de uso intraoral de forma activa y pasiva, fue realizado en 18 individuos donde usaron inicialmente un alineador pasivo por 10 días y posteriormente utilizaban el activo. Los cambios en el grosor reportados para ambas muestras no correspondían a una diferencia clínicamente relevante entre ellas, pero si presentaban una falta de homogeneidad (entre 0,38 a 0.69 mm) en toda la superficie oclusal del alineador en comparación con el alineador original (0.79mm), ellos asocian este desgaste al proceso adaptativo de la oclusión lo cual puede generar un aumento de la actividad muscular inicial al tratamiento.⁽¹⁶⁾

Elaboración

La tomografía computarizada de haz cónico y la impresión 3D demostraron ser métodos eficientes para diseñar y fabricar alineadores termoplásticos en comparación con las alternativas convencionales en términos de precisión.^(3,17,25) En general se emplean dos tipos de procedimientos de termoformado para estos materiales: al vacío y alta presión. Los dispositivos para termoformados de alta presión entregan fuerzas significativamente mayores, mejorando el ajuste del alineador.⁽³⁾ El proceso más actual para la fabricación de los alineadores es por medio de escáneres intraorales, estos permiten generar un archivo STL, el cual se puede modificar e imprimir un modelo 3D para posteriormente termoformar el alineador con una precisión mayor en comparación con la impresión de polivinil-siloxano y en consecuencia fabricar alineadores con errores geométricos mínimos.^(26,27) Este método permite mejorar la planificación del tratamiento, brindar una mayor eficiencia y permitir nuevos métodos de producción. También ha proporcionado el almacenamiento de datos, la reproducibilidad de la información, la documentación del tratamiento y la comunicación entre profesionales y el paciente.^(27,28) Para reducir aún más estos errores se puede imprimir un alineador en 3D, el cual serviría de uso directo en el paciente eliminando los pasos intermedios que comprometen las imprecisiones que afectan el alineador.^(17,25)

Para obtener un diseño y una fabricación asistida por computador (CAM/CAD), se requieren modelos virtuales de los dientes, utilizados para la planificación y la realización de dispositivos en ortodoncia. Además, los datos adquiridos por escaneo intraoral y tomografía computarizada se pueden fusionar para lograr mayor efectividad de los tratamientos.⁽²⁶⁾ La forma de lograr homogeneidad de las imágenes escaneadas para la realización de alineadores es lograr un patrón de escaneo continuo y siguiendo las indicaciones del fabricante sobre el producto. Entre las variables que afectan la precisión de la imagen están la contaminación de la sangre o la saliva, variación de los tejidos blandos, la presencia de varios tipos de materiales dentales y el patrón de escaneo.⁽²⁷⁾

Un escáner con mayor precisión ofrece resultados más consistentes después de escaneos repetidos.⁽²⁷⁾ En un estudio experimental in-vitro donde evaluaron los efectos de 4 patrones de escaneo sobre la veracidad y la precisión de 4 escáneres digitales diferentes (1. Software-Planmeca/Emeraldv5.9.4, 2. software-3ShapeTRIOS3colormodelv1.17.2.4, 3. software iTero Element v1.5.0 .361 y 4. hardware CEREC Omnicam v2.24 y software v4.5.2.) sobre un tipodonto fabricado con un índice de refracción muy similar a los dientes, determinaron que en los tres primeros no se encontraron diferencias significativas en la veracidad entre los patrones de escaneo probados en cada sistema. Sin embargo, el patrón de escaneo afectó la veracidad, precisión y velocidad de los tres escáneres digitales. Hay que tener en cuenta que el tiempo de representación del modelo depende en gran medida de la potencia informática de la computadora utilizada. Además, afirmaron que la mejor combinación de velocidad, veracidad y precisión, fue el patrón que utilizaba 5 trayectorias comenzando con el diente más posterior en el arco de un lado y continuando hacia el canino contralateral para luego regresar al diente inicial. Este patrón consiste en capturar primero la superficie lingual en un ángulo de 45 grados y 90 grados, luego la superficie oclusal y finalmente la vestibular. Por último, el usuario repite el patrón comenzando desde el canino y pasando al diente más posterior contralateral al diente inicial original. En conclusión, el tipo de escáner y su adecuado uso afecta directamente los resultados a obtener.⁽²⁷⁾

Planificación

Los softwares actuales proporcionan el punto de partida para cualquier interacción entre el ortodoncista y la compañía de alineadores. El programa ofrece un modelo virtual tridimensional el cual permite realizar una evaluación de la oclusión, planificar el plan de tratamiento y generar una comunicación asertiva con el paciente sobre los objetivos a cumplir en su tratamiento. Después de realizar un diagnóstico por parte del profesional, la compañía envía una propuesta de tratamiento, donde el profesional puede revisar cada movimiento dental por alineador permitiendo hacer correcciones antes de validar el plan de tratamiento. Los cambios se realizan a través del programa hasta que el resultado logrado sea del agrado del clínico. Solo entonces se hacen y envían los alineadores reales.⁽²⁹⁾

En un estudio donde se evaluaron el movimiento real de los primeros molares superiores y los incisivos centrales durante el cierre de espacio en casos con extracción de premolares, utilizando el sistema Invisalign y comparándolos con el movimiento dental pronosticado en el clincheck, mostraron que el movimiento dental logrado no era del todo consistente con el movimiento dental predicho, ya que se planeó una inclinación distal promedio de 2.9° para los primeros molares superiores y lo que realmente ocurrió fue una inclinación a mesial de 2.9° durante el tratamiento. Este es un efecto que se esperaba debido a la fuerza aplicada en la corona del molar durante el cierre del espacio. Aunque no fue estadísticamente significativo, porque se esperaba una inclinación a mesial de 5.3°, incluso si la angulación del diente estuviera prácticamente estable. Por otro lado, establecieron que una inclinación distal de 6.6° en los primeros molares dentro del plan de tratamiento podría ayudar a mantener

clínicamente la angulación de los dientes anteriores permitiendo un movimiento corporal.⁽³⁰⁾

En otra investigación se realizó una superposición de los modelos 3D obtenidos de 20 paciente que necesitaban un refinamiento ortodóntico utilizado el sistema invisalign. Se evaluaron los modelos iniciales de planeación y los modelos de finalización con el programa clincheck, realizando superposiciones de los movimientos programados y los obtenidos en el paciente. Como resultado no se hallaron diferencias importantes entre los movimientos predichos y los logrados en el plano horizontal, La mayor diferencia se encontró en el ancho intercanino maxilar. Las diferencias lineales más notables se encontraron en los movimientos verticales como la intrusión en particular, que fue la más impredecible. Estos tenían diferencias que iban de 0,8 a 1,5 mm, especialmente para los incisivos. Todas las rotaciones logradas fueron significativamente más pequeñas que las pronosticadas en diferentes cantidades, esto lo asociaban a las formas coronales de las piezas. Los investigadores informan que es importante tomar los datos con precaución por la heterogeneidad de las maloclusiones y la pequeña muestra. Además, aceptan la importancia de realizar este tipo de investigaciones con tomografías para disminuir el margen de error.⁽³¹⁾

Indicaciones

Los avances tecnológicos en las últimas décadas han permitido una evolución de los aparatos en ortodoncia con visibilidad reducida y mayor aceptabilidad por los pacientes. Un estudio realizado en adultos en los Estados Unidos mostró que los alineadores transparentes y los brackets linguales tenían una tasa de aceptación del 90%, seguidos por los brackets de cerámica.⁽³²⁾ La demanda de estética por parte de los pacientes es una las primeras indicaciones para el uso de alineadores y su utilidad depende del criterio del ortodoncista. Align Technology, Inc. afirmó que el 90% de los pacientes ortodónticos son candidatos para un tratamiento con Invisalign®.⁽³⁾ esto incluye aquellos pacientes con apiñamiento leve a moderado y arcos espaciados (1-6mm), correcciones transversales de origen dental, casos que han presentado recidiva tras el tratamiento mediante aparatología fija, intrusión de uno o dos dientes, casos de extracción de incisivos inferiores y distalización de molares. También apoyan el uso de alineadores para pacientes con acortamiento de la raíz y controlados periodontalmente.^(2,33) La mayoría de empresas de alineadores son muy claras en el tipo de maloclusiones que se puede corregir con los alineadores, la clave es la experiencia que tenga el profesional para manejar este tipo de herramientas.

Limitaciones

Entre las limitaciones para corregir ciertos movimientos se encuentran la extrusión, la corrección de rotaciones severas, la verticalización de los molares y el cierre de los espacios de extracción, siendo más difíciles de lograr, esto asociado a la complejidad de la maloclusión.^(1,34,35) Los sistemas de alineadores en la búsqueda de mejorar la efectividad de los movimientos se han adherido al uso de aditamentos fuera de los attachment, como por ejemplo los mini tornillos, las mecánicas elásticas y

distalizadores tipo Carrier, aumentando los costos de los tratamientos o creando mecánicas más complejas para algún tipo de maloclusión. Otra limitación que puede afectar el éxito del tratamiento es la experiencia del profesional, ya que se debe seleccionar el caso ideal según la pericia del clínico para determinar los objetivos y por ende, que estén dentro de las posibilidades biomecánicas prescritas por el sistema. Por último, la forma y la continuidad del uso de los alineadores están relacionados con el compromiso que tiene el paciente con su tratamiento, ya que a menor uso menor efectividad, generando tratamientos prolongados y costosos. ^(36,37)

Ventajas

La estética es su principal ventaja frente a la técnica convencional. Al tratarse de férulas transparentes y de un grosor pequeño, son casi invisibles a cierta distancia. Los attachments que se colocan en los dientes se realizan con resina del mismo color del diente evitando cambios en la estética. ⁽³⁸⁾ La posibilidad de ser retirado durante la alimentación y durante el cepillado, mejora la percepción de calidad de vida de los pacientes. ⁽³⁸⁾ Esto también permite que los índices de higiene oral y de salud periodontal sean buenos. ⁽²⁾ Debido a la planificación virtual es posible mostrar al paciente una simulación del final de su tratamiento y/o de diversas opciones antes de iniciar, además mejora la comunicación con el paciente. ^(29,30) En la planificación virtual del tratamiento se pueden realizar movimientos independientes para cada diente, permitiendo crear biomecánicas estables y reproducibles que logren corregir la maloclusión. ^(29,30) Otra ventaja es la disminución del efecto de la reabsorción radicular inducida por ortodoncia convencional. Esta es comparable con la producida por los sistemas de autoligado en casos de maloclusión clase I con apiñamiento leve o moderado. ⁽³³⁾ Los alineadores producen menos dolor en comparación con los dispositivos convencionales durante la etapa inicial del tratamiento. En general al terminar el tratamiento ortodóntico, se observa una reducción en la tasa de reporte de dolor. ⁽³⁹⁾ Las citas de control con los pacientes se reducen, en comparación con los tiempos necesarios para el tratamiento convencional. ⁽³⁵⁾ Por último los alineadores son una alternativa para los pacientes con alergias a los metales. ^(16,17)

Desventajas

Los pacientes que son tratados con alineadores en la mayoría de los casos requieren una etapa de refinamiento durante el tratamiento. En un estudio realizado en el 2004, se afirmaba que esta cifra ascendía a un 70-80% de los casos, los cuales necesitaban una nueva planeación del clincheck e incluso la conversión por aparatología fija. ⁽⁴⁰⁾ En estudios más actuales donde valoraron la efectividad del tratamiento por medio del índice PAR, determinaron la tasa de refinamiento para invisalign, varió de un 33% al 37%. Estas mejoras las asociaban a los nuevos materiales, a los aditamentos y a la mayor experiencia de los clínicos. ^(41,42) La aparición de mordida abierta posterior al finalizar el tratamiento con alineadores, la cual está asociada al grosor de los alineadores sobre las superficies oclusales de los dientes, puede interferir con el asentamiento de la oclusión. Por lo tanto, se requiere biomecánicas elásticas para permitir el ajuste oclusal posterior o utilización de alineadores de asentamiento oclusal. ⁽⁴³⁾

Efectividad

Las diferentes revisiones sistemáticas donde se reportaba la efectividad de los tratamientos con alineadores determinaron que los alineadores pueden producir resultados clínicamente aceptables comparados con la ortodoncia convencional en el manejo de la inclinación bucolingual de los incisivos inferiores. (1,34,35,36,43)

La previsibilidad de los movimientos verticales es baja referente a otro tipo de movimientos.⁽³⁶⁾ En el manejo de los apiñamientos leves o moderados, los movimientos verticales y en la corrección de las rotaciones, el uso de stripping o el aumento del ancho intercanino son las mejores opciones.^(1,36,43) Con el sistema invisalign, en tratamientos de pacientes adultos de clase I donde se realizan extracciones, se requiere más tiempo en comparación con ortodoncia convencional. Debido a la dificultad para corregir la inclinación buco-lingual posterior y los contactos oclusales.^(34,37,38)

En una revisión sistemática se analizaron dos investigaciones que evaluaron la efectividad del tratamiento con invisalign en comparación con la ortodoncia convencional. Ambos estudios realizaron la comparación por medio del sistema de calificación objetiva (ABO), para determinar la validez del tratamiento (la alineación, crestas marginales, inclinación bucolingual, contactos oclusales, relaciones oclusales, overjet, contactos interproximales y angulación de la raíz). Uno de los estudios determinó una pérdida de puntos significativa del sistema invisalign en comparación con ortodoncia convencional y el otro no encontró diferencias significativas. El resultado del meta-análisis ilustra que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambas investigaciones en la puntuación de la calificación objetiva (WMD = 8.38, 95% CI [- 0.17, 16.93]; P = 0.05). La alta heterogeneidad fue evidente entre los estudios incluidos (P = 0.004, I² = 88%). Las mediciones donde más se encontraron diferencias significativas fueron la inclinación bucolingual y los contactos oclusales. Mientras tanto, no se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones de alineación, crestas marginales, contactos interproximales y angulación de la raíz entre los dos grupos.⁽⁴⁴⁾ Otros dos estudios analizaron la efectividad del tratamiento de ambos tipos de ortodoncia utilizando el índice de evaluación por pares (PAR). La puntuación PAR se utilizó para evaluar ocho componentes: alineación del segmento anterior maxilar, alineación del segmento anterior mandibular, discrepancia anteroposterior, discrepancia transversal, discrepancia vertical, overjet, sobremordida y línea media. Los resultados de dos estudios mostraron que no hubo diferencias significativas en la reducción total de la puntuación PAR o en los cambios de los ocho componentes entre dos grupos.⁽⁴⁴⁾ Los autores concluyeron, que para poder verificar la efectividad de los alineadores se requiere más evidencia, ya que los estudios utilizados para hacer la revisión sistemática tienen una diferencia en tiempo de 10 años lo cual afecta la puntuación del sistema invisalign, el cual está siempre en evolución. Además, no se observa homogeneidad de las investigaciones para proponer una investigación de este tipo como es el meta-análisis.⁽⁴⁴⁾

Los contactos oclusales y la inclinación bucolingual posterior son los movimientos con menor efectividad en el tratamiento con alineador. Las diferentes investigaciones

atribuyen la falta de acople posterior a la interferencia generada por el grosor del alineador, además no existe buen control del torque posterior. Esto asociado al poco control radicular que tiene el alineador. La corrección anteroposterior de la oclusión y el overjet, también es un desafío para el sistema de alineadores, pero con las extracciones, el uso de minitornillos y aditamentos tipo Carrier es posible este tipo de correcciones. La alineación y la nivelación son objetivos ortodónticos de fácil cumplimiento para el sistema, sin embargo, se logra a expensas de la inclinación de la corona y no de movimiento propio de la raíz, situación que genera una mayor tasa de recidiva en los tratamientos. Las rotaciones en caninos y premolares son movimientos complejos por la forma de la corona y su adherencia al alineador, pero el uso de attachmets, reducción interproximal o aditamentos adicionales permiten su adecuada corrección.^(1,34,35,36,43,44,45)

Estabilidad

La literatura sobre la estabilidad del tratamiento con alineadores es limitada, ya que las revisiones sistemáticas están enfocadas en el cumplimiento de los objetivos ortodónticos. La primera investigación sobre la recidiva con este tipo de sistema data de 2007, donde se realizó una comparativa de la finalización por medio de los parámetros de calificación objetiva (ABO), para los tratamientos con alineadores y ortodoncia convencional. La medición se realizó al año de haber terminado el tratamiento, reportando una pérdida de la alineación en sector anterior superior e inferior para ambos sistemas, pero sin diferencias significativas. Para el sistema invisalign se presentó un mayor porcentaje en el sector anterior superior y para la ortodoncia convencional en el arco inferior.⁽⁴⁶⁾ En otro estudio retrospectivo donde se realizó una evolución por medio del índice PAR, en pacientes tratados entre 2005 y 2015, se reportó una recidiva de menos de 1,5mm en el puntaje del índice de Little, considerado por ellos sin importancia estadística, comparándolo con los resultados de los pacientes con ortodoncia convencional. Ambos estudios refieren la importancia de la retención para evitar la recidiva de los tratamientos.⁽⁴²⁾ Es de importancia obtener más investigaciones que corroboren estos hallazgos, además de abarcar otro tipo de maloclusiones, ya que solo enfatizan en la alineación del sector anterior.

Alineadores y su efecto funcional

La relación entre la postura y la oclusión es un tema controversial y más cuando hablamos de los efectos que pueden generar los alineadores sobre el sistema estomatognático. Estos sistemas comprometen la oclusión en el plano vertical generada por la interferencia del material. La literatura sobre dicho tema es escasa, pero en una investigación reportada en el 2017, donde evaluaron los efectos de la postura con respecto a los alineadores utilizados, un examen llamado rasterstereographic, el cual puede determinar los cambios posturales por medio de imágenes fotográficas. Ellos realizaron un seguimiento a 6 meses donde observaron mejoría en la posición de la columna y los contactos oclusales de todos los pacientes en comparación con el grupo control. Los resultados lo asociaban al equilibrio oclusal que se logra con los tratamientos ortodónticos en general, y por ende permiten un

mejor equilibrio muscular, lo cual afecta directamente la posición de la columna. Ellos refieren que estos resultados se deben tomar con precaución por que se requiere de estudios más específicos, con mayor seguimiento y muestra.⁽⁴⁷⁾

En la actualidad, no hay datos sobre los efectos de los alineadores en la actividad de los músculos masticatorios o los trastornos temporomandibulares (TMD). Por ejemplo, en cuanto a los alineadores existen afirmaciones basadas en opiniones sobre el hecho de que podrían aumentar o disminuir los síntomas de TMD o la actividad muscular. Lo cual lo asocian al grosor (0.77 mm) y al tipo de material.^(48,49)

Los alineadores no se pueden comparar con ningún dispositivo disponible que se haya estudiado hasta ahora. No son duros ni blandos, ya que están contruidos con una lámina de resina termoplástica dura de bajo espesor y representan la capacidad de recuperación del material. Además, la lámina termoplástica no permite controlar el espesor con respecto a los procedimientos habituales para construir aparatos de resina dura. Por lo tanto, sus efectos en la actividad muscular probablemente no sean comparables con los dispositivos de resina dura o blanda.⁽⁴⁸⁾

En una investigación evaluaron los efectos a corto plazo de los alineadores en la actividad muscular durante el sueño en 19 individuos sanos mediante el uso de una grabadora portátil en el entorno del hogar. Todos los individuos se sometieron a una grabación de dos noches sin los alineadores, luego tuvieron una noche libre y otras dos noches usándolos. Los resultados mostraron que todos los parámetros de actividad muscular no cambiaron significativamente durante las cuatro noches de grabación.⁽⁴⁸⁾

En otro estudio, evaluaron el efecto del tratamiento Invisalign sobre los comportamientos parafuncionales y las actividades electromiográficas de los músculos masticatorios en periodo de 6 meses. Se incluyeron 23 pacientes de sexo femenino a los cuales se registraron las actividades electromiográficas de superficie de los músculos temporal anterior bilateral, masetero y esternocleidomastoideo en la postural mandibular en reposo y durante la contracción voluntaria máxima. Determinaron que la actividad muscular del temporal aumentó en los primeros 3 meses y disminuyó a nivel del masetero y esternocleidomastoideo, posteriormente en la evaluación de los 6 meses se presentó una disminución en la actividad de los 3 músculos. En conclusión, se observaron efectos funcionales sobre el sistema orofacial y la actividad electromiográficas de los músculos, pero se requiere investigaciones que corroboren estos efectos a largo plazo sobre los músculos masticatorios o los trastornos temporomandibulares.⁽⁴⁹⁾ Otra investigación donde evaluaron el efecto de los alineadores en los pacientes con bruxismo. Realizaron un seguimiento a 6 meses de los pacientes con tratamiento de alineadores en comparación con paciente que usaba férulas rígidas y férula placebo, por medio electromiografía del masetero. El estudio reporta aumento de la actividad muscular durante los primeros 3 meses la cual disminuye en el tiempo. además, no encontraron diferencias significativas entre los tres grupos después de los 3 meses en la actividad muscular.⁽⁵⁰⁾

CONCLUSIONES

- El material utilizado para la realización de alineadores, es una base fundamental para el éxito del tratamiento. Según la revisión, se requieren más estudios clínicos que permitan corroborar la eficacia de los materiales disponibles actualmente.
- La elaboración y planificación del tratamiento con alineadores es un proceso que requiere tiempo y experiencia para lograr resultados predecibles y satisfactorios para los pacientes.
- Una de las principales ventajas e indicaciones de los alineadores sigue siendo la estética, por su alta grado de aceptación en los pacientes.
- Entre las limitaciones del sistema son los movimientos complejos como la extrusión, la corrección de rotaciones severas, la verticalización de molares y el cierre de los espacios de extracción, los cuales pueden realizarse con el uso de elásticos, mini tornillos y aditamentos de distalización, sumado a la experiencia del profesional con el uso del sistema.
- Los contactos oclusales y la inclinación bucolingual posterior son los movimientos con menor efectividad en el tratamiento con alineador.
- Se requieren más investigaciones para corroborar la efectividad y la estabilidad del tratamiento con alineadores comparado con los brackets convencionales. Lo anterior con el fin de determinar si es posible mejorar a la ortodoncia convencional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rossini G, Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *The Angle Orthodontist* September 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 881-889.
2. Rossini G, Periodontal health during clear aligners treatment: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2015;37(5):539–543.
3. Weir T, Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. 2017; 62 Supl. 1: 58–6.
4. Kravitz ND, How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(1):27–35
5. Melkos AB. Advances in digital technology and orthodontics: a reference to the Invisalign method. *Med Sci Monit*. 2005;11(5):39-42
6. Djeu G, Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128(3):292–298
7. Chang C, Introduction to Invisalign® Smart Technology: Attachments Design, and RecallChecks. *JDigital Orthod* 2019;54:80-95.
8. Morton, J. Design of the Invisalign system performance. *Seminars in Orthodontics*, (2017) 23(1), 3–11
9. Hennessy J, Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *Journal of Orthodontics*, (2016) 43(1), 68–76.
10. Kesling HD, The philosophy of tooth positioning appliance. *Am J Orthod* 1945; 31:297–304.
11. D'Apuzzo F, Clear aligner treatment: different perspectives between orthodontists and general dentist, *Prog Orthod*. 2019 Mar 11;20(1):10.
12. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod* 1971; 59: 266–272.
13. Sheridan JJ, Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 1993; 27: 37-45.
14. Lombardo L, Optical properties of orthodontic aligners spectrophotometry analysis of three types before and after aging. *Prog Orthod* 2015;16:41.

15. Gierie WV. Clear aligner therapy: An overview. *J Clin Orthod.* 2018;52(12):665-674.
16. Bucci R, Thickness of orthodontic clear aligners after thermoforming and after 10 days of intraoral exposure: a prospective clinical study. *Prog Orthod.* 2019;20(1):36.
17. Ryu JH, Effects of thermoforming on the physical and mechanical properties of thermoplastic materials for transparent orthodontic aligners. *Korean J Orthod.* 2018 Sep;48(5):316-32.
18. Naohisa K, Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. *Angle Orthod* 1 May 2013; 83 (3): 476–483.
19. Skaik A, Effects of time and clear aligner removal frequency on the force delivered by different polyethylene terephthalate glycol modified materials determined with thin-film pressure sensors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;155(1):98-107.
20. Simon M, Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(6):728-736.
21. Condo R, Mechanical properties of "two generations" of teeth aligners: Change analysis during oral permanence. *Dent Mater J.* 2018;37(5):835–84.
22. Inoue S, Influence of constant strain on the elasticity of thermoplastic orthodontic materials. *Dent Mater J.* 2019;10.4012.
23. Elkholy F, Mechanical load exerted by PET-G aligners during mesial and distal derotation of a mandibular canine: An in vitro study. *J Orofac Orthop.* 2017;78(5):361-370.
24. Iliadi A, Forces and moments generated by aligner type appliances for orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(4):248-258.
25. Jindal P, Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(5):694–701.
26. Flügge T. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(3):471–478.
27. Latham J. Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners. *J Prosthet Dent.* 2020;123(1):85–95.

28. Garino F. The iTero intraoral scanner in Invisalign treatment: a two-year report. *J Clin Orthod.* 2014;48(2):98–106.
29. Krieger E, Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved?. *Orofac Orthop* 2012 Sep; 73:365-76.
30. FanFan Dai, Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod* 1 September 2019; 89 (5): 679–687.
31. Charalampakis O. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;154(1):47–54.
32. Rosvall MD, Atractivo, aceptabilidad y valor de los aparatos de ortodoncia. *Am J Orthod Orthop dentofacial* . 2009; 135 (3): 27.
33. Eissa O, Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study. *J Orthodont Sci* 2018;7:11
34. Papadimitriou A. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod.* 2018;19(1):37.
35. Zheng M, Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2017;20:127–133.
36. Robertson L,. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23(2):133-142.
37. Buschang P, Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod* 1 May 2014; 84 (3): 391–396.
38. Alansari RA, Adult Perceptions of Different Orthodontic Appliances. *Patient Preference Adherence.* 2019;13:2119-2128.
39. Fujiyama K, Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy. *Prog Orthod.* 2014;15(1):64.
40. Sheridan JJ. The readers' corner.
2. What percentage of your patients are being treated with Invisalign appliances? *J Clin Orthod* 2004;38:544-5.
41. Gu J, Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(2):259-266.

42. Lanteri V, The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index. *Quintessence Int.* 2018;49(7):581-587.
43. Galan L, A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019 May;49(3):140-149.
44. Ke Y, A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):24.
45. Pithon MM, . Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review. *J Investig Clin Dent.* 2019;10(4):e12455.
46. Kuncio D, Invisalign and Traditional Orthodontic Treatment Postretention Outcomes Compared Using the American Board of Orthodontics Objective Grading System. *Angle Orthod* 1 September 2007; 77 (5): 864–869.
47. Parrini S, Postural changes in orthodontic patients treated with clear aligners: A rasterstereographic study. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;38:44-48.
48. Manfredini D, Effects of invisible orthodontic retainers on masticatory muscles activity during sleep: a controlled trial. *Prog Orthod.* 2018;19(1):24.
49. Panpan L. Assessment of oral parafunctional behaviors and electromyographic activities of the masticatory muscles in young female patients with orthodontic Invisalign treatment *Int J Clin Exp Med* 2017;10(11):15323-15328.
50. Castrolorio T, Effects of clear aligners on sleep bruxism: randomized controlled trial. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2018;32(2 Suppl. 2):21-29.