



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

EVALUACIÓN IN VITRO DE LA
MICRODUREZA SUPERFICIAL DE
MATERIALES TERMOPLÁSTICOS
UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE
ALINEADORES EXPUESTOS A
BEBIDAS CARBONATADAS.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
ORTODONCIA

CAROL CHRISTIAN GARCIA PASTOR

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

MG. CARLOS YURI LIÑAN DURAN

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. MIGUEL BENJAMIN PEREA PAZ

PRESIDENTE

DR. CARLOS VLADIMIR ESPINOZA MONTES

VOCAL

DRA. KELLY KATHERING ACHACHAO ALMERCÓ

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA.

A mis padres , por su amor incondicional y
por enseñarme la perseverancia.

A mi esposo, por su constante apoyo y comprensión.

A mi abuelito lucho, quien aunque ya no está físicamente,
sigue presente en mi corazón y cada logro alcanzado.

AGRADECIMIENTOS.

A mis asesores y docentes, por su paciencia y dedicación.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	GARCIA PASTOR CAROL CHRISTIAN

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertencientes al programa de la **MAESTRÍA EN ORTODONCIA**, autores del trabajo titulado: **EVALUACIÓN IN VITRO DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE ALINEADORES EXPUESTOS A BEBIDAS CARBONATADAS.**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN ORTODONCIA** bajo la modalidad de **PORTAFOLIO**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	LIÑAN DURAN CARLOS YURI	FAEST	MAESTRÍA

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **10%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2806818069**; fecha de entrega: **07-11-2025**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 10 de noviembre de 2025**

Firma del asesor
N° DNI: 10490448
ORCID: 0000-0003-2669-842X

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESARROLLO TEMÁTICO	3
II.1. Docencia universitaria estomatológica	3
II.2. Análisis crítico de literatura estomatológica	9
II.3. Proyecto de investigación en estomatología	32
III. CONCLUSIONES	63
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
V. ANEXOS	

RESUMEN

Introducción: Los alineadores transparentes son ampliamente aceptados en la ortodoncia contemporánea por sus ventajas estéticas y funcionales. En este contexto, los materiales termoplásticos se han establecido como componentes fundamentales para su fabricación, gracias a sus propiedades versátiles que combinan resistencia, flexibilidad, transparencia y biocompatibilidad para garantizar su eficiencia clínica. **Desarrollo temático:** En el presente portafolio se han desarrollado los siguientes temas: Docencia universitaria estomatológica en la que se elaboró un sílabo sobre los sistemas de alineadores de ortodoncia y complicaciones, análisis crítico de literatura estomatológica y proyecto de investigación. **Conclusiones:** La elaboración del sílabus permitió estructurar de manera clara la enseñanza de la ortodoncia digital, destacando la importancia de una prescripción clínica asertiva para lograr movimientos dentarios predecibles e identificar posibles errores y complicaciones en el uso de alineadores. El análisis crítico de literatura proporcionó las herramientas necesarias para la evaluación rigurosa de artículos científicos, fortaleciendo las competencias de interpretación y aplicación de evidencia clínica. Finalmente, el desarrollo del proyecto de investigación constituye un primer paso para evaluar experimentalmente el impacto de factores externos, como las bebidas carbonatadas, sobre las propiedades físicas de los materiales termoplásticos, lo que tiene implicaciones directas en la durabilidad y efectividad de los alineadores transparentes.

PALABRAS CLAVE: ALINEADORES DENTALES, ORTODONCIA, TECNICAS IN VITRO, SOLUCIONES, POLIURETANOS, INMERSION.

ABSTRACT

Introduction: Clear aligners are widely accepted in contemporary orthodontics for their aesthetic and functional advantages. In this context, thermoplastic materials have established themselves as fundamental components for their manufacture, thanks to their versatile properties that combine strength, flexibility, transparency, and biocompatibility to ensure their clinical effectiveness. **Thematic development:** The following topics have been developed in this portfolio: University dental teaching in which a syllabus was developed on orthodontic aligner systems and complications, critical analysis of dental literature, and a research project. **Conclusions:** The development of the syllabus allowed for a clear structuring of digital orthodontic teaching, highlighting the importance of an assertive clinical prescription to achieve predictable tooth movements and to identify potential errors and complications in the use of aligners. The critical analysis of the literature provided the necessary tools for the rigorous evaluation of scientific articles, strengthening the skills of interpretation and application of clinical evidence. Finally, the development of this research project constitutes a first step toward experimentally evaluating the impact of external factors, such as carbonated beverages, on the physical properties of thermoplastic materials, which has direct implications for the durability and effectiveness of clear aligners.

KEYWORDS: DENTAL ALIGNERS, ORTHODONTICS, IN VITRO TECHNIQUES, SOLUTIONS, POLYURETHANES, IMMERSION

I. INTRODUCCIÓN

Los alineadores transparentes son ampliamente aceptados en la ortodoncia contemporánea por sus ventajas estéticas y funcionales. En este contexto, el presente portafolio se desarrolla en tres partes. La primera parte corresponde a un sílabo de docencia estomatológica universitaria, cuyo tema central es los sistemas de alineadores de ortodoncia, su predecibilidad, errores y complicaciones. En esta sección se abordaron los aspectos teóricos y prácticos. Así como los protocolos clínicos y las planificaciones digitales de casos reales, con el objetivo de brindar una formación integral en esta área innovadora de la ortodoncia.


La segunda parte consiste en un análisis crítico de la literatura estomatológica, desarrollado a través de una revisión sistemática que evaluó la eficacia de la terapia con alineadores transparentes frente a los aparatos fijos convencionales en el control del movimiento ortodóncico y su precisión. Para ello, se aplicó la metodología PRISMA para revisiones sistemáticas, y la calidad metodológica de los estudios incluidos fue valorada mediante la herramienta CASPe para revisiones sistemáticas.

Finalmente, la tercera parte corresponde al proyecto de investigación titulado “Evaluación *in vitro* de la microdureza superficial de materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de alineadores expuestos a bebidas carbonatadas”. Este estudio propone analizar cómo diferentes sustancias químicas afectan las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la confección de

alineadores, contribuyendo así al conocimiento científico aplicado en la práctica clínica.

II. DESARROLLO TEMÁTICO

II.1. Docencia universitaria estomatológica

 UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA
FACULTAD ESTOMATOLOGÍA
UNIDAD DE POSGRADO Y ESPECIALIZACIÓN
SÍLABO

I. DATOS GENERALES

1.1	Nombre de la asignatura	Sistemas de alineadores de Ortodoncia
1.2	Código	M2025
1.3	Carrera(s)	Curso postgrado
1.4	Semestre Académico	2025-II
1.5	Tipo de la asignatura	Electivo
1.6	Prerrequisitos	NINGUNA
1.7	Créditos	03 créditos Horas Teóricas: 36 horas Horas Prácticas: 12 horas Estudio independiente: 20 horas
1.8	Duración	Del: 06 Octubre de 2025 Al: 27 Noviembre de 2025
1.9	Profesor coordinador	Esp. Carol Christian Garcia Pastor [REDACTED]

II. SUMILLA

El curso es de naturaleza teórico-práctica de educación continua dirigido a odontólogos especialistas en ortodoncia de forma semipresencial. El propósito del curso es capacitar al especialista en ortodoncia en los diferentes sistemas de alineadores disponibles para su aplicación clínica actual.

El contenido del curso comprende tres unidades : (1) Sistemas de alineadores: Conceptos esenciales, (2) Manejo de maloclusiones: Protocolos basado en casos clínicos, (3) Complicaciones de los alineadores

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El estudiante será capaz de:

- Realizar la planificación digital del ClinCheck mediante una prescripción asertiva para lograr movimientos más predecibles.
- Elaborar planificaciones digitales y protocolos clínicos en las diferentes maloclusiones.
- Identificar los errores y complicaciones del uso de los alineadores mejorando la predictibilidad y potenciando los resultados clínicos.

IV. CONTENIDOS

UNIDAD 1: Sistemas de alineadores: conceptos esenciales

- Planificación digital: elaboración de ClinCheck
- Biomecánica de los attachments: selección correcta y aplicación clínica
- IPR: Planificación y ejecución clínica
- Dinámica de desplazamiento dental

UNIDAD 2: Manejo de maloclusiones: Protocolos basado en casos clínicos

- Maloclusión clase I
- Maloclusión clase II y subdivisiones
- Maloclusión clase III y mordidas cruzadas
- Mordida abierta y mordida profunda
- En niños y adolescentes

UNIDAD 3: Complicaciones de los alineadores

- Predictibilidad de movimiento dentario
- Tracking dental: control y prevención de desajustes
- Errores comunes y su corrección temprana

V. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

La asignatura desarrolla sesiones de aprendizaje presenciales y no presenciales, haciendo uso del Entorno Virtual para el Aprendizaje (EVA), herramienta de videoconferencia Zoom y los recursos tecnológicos.

Las metodologías empleadas son clases magistrales, seminarios, asesorías, talleres y prácticas de casos clínicos.

VI. EVALUACIÓN

Las evaluaciones se desarrollan en modalidad presencial y no presencial.

Las evaluaciones en modalidad no presencial se realizan a través del Entorno Virtual para el Aprendizaje (EVA), herramienta de videoconferencia Zoom y los recursos tecnológicos.

Para la nota final del curso se considera el siguiente porcentaje:

(Actividad o producto de aprendizaje)	(Peso)
Práctica calificada unidad 1	10%
Práctica calificada unidad 2	10%
Práctica calificada unidad 3	10%
Talleres de casos clínicos (práctica) unidad 2	20%
Presentación de caso clínico: proyecto unidad 2	50%
TOTAL	100%

El estudiante deberá cumplir con la aprobación de las evaluaciones tanto teórica como práctica para la obtención de su certificación. La certificación debe tener una nota mínima de 11, en caso contrario solo se entrega una constancia.

Nota: En los casos en que la evaluación se realice en la modalidad no presencial y se pierda conectividad, deberá enviar su justificación al coordinador del curso con copia a la Secretaria Académica de la Facultad de Estomatología.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Kau CH, Soh J, Christou T, Mangal A. Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina (Mex)* [Internet]. 2023 [consultado el 12 de mayo de 2025];59(10):1773. doi: <https://doi.org/10.3390/medicina59101773>
2. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater* [Internet]. 2023 [consultado el 12 de mayo de 2025]; 22:384-403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.10.006>
3. Bhate M, Nagesh S. Assessment of the Effect of Thermoforming Process and Simulated Aging on the Mechanical Properties of Clear Aligner Material. *Cureus* [Internet]. 2024 [consultado el 3 de junio de 2025]; 16(7):e64933. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.64933>.

4. Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, et al. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials* [Internet]. 2021 [consultado el 6 de junio de 2025]; 14(7):1799. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14071799>
5. Clear Aligners Market Size & Share | Industry Report, 2030 [Internet]. [consultado el 6 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/clear-aligners-market>
6. Golkhani B, Weber A, Keilig L, Reimann S, Bourauel C. Variation of the modulus of elasticity of aligner foil sheet materials due to thermoforming. *J Orofac Orthop* [Internet]. 2022 [consultado el 4 de mayo de 2025]; 83(4):233-43. doi: <https://doi.org/10.1007/s00056-021-00327-w>
8. Porojan L, Toma FR, Bîrdeanu MI, Vasiliu RD, Maticescu A. Topographical and Optical Characteristics of Thermoplastic Dental Appliances Materials Related to Water Sorption. *J Funct Biomater* [Internet]. 2023 [consultado el 1 de mayo de 2025]; 14(4):190. doi: <https://doi.org/10.3390/jfb14040190>
9. Condò R, Mampieri G, Giancotti A, Cerroni L, Pasquantonio G, Divizia A, et al. SEM characterization and ageing analysis on two generation of invisible aligners. *BMC Oral Health* [Internet]. 2021 [consultado el 2 de mayo de 2025]; 21:316. doi: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01676-z>
10. Asefi S, Nejatifard M, Kayyal S, Shahabi S. Investigation of the Mechanical Properties of Thermoplastic Materials Influenced by Different Chemicals. *Turk J Orthod* [Internet]. 2024 [consultado el 7 de mayo de 2025]; 37(2):91-7. doi: <https://doi.org/10.4274/TurkJOrthod.2023.2022.176>
11. Chen SM, Huang TH, Ho CT, Kao CT. Force degradation study on aligner plates immersed in various solutions. *J Dent Sci* [Internet]. 2023 [consultado el 2 de mayo de 2025]; 18(4):1845-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.06.017>
12. Staderini E, Chiusolo G, Guglielmi F, Papi M, Perini G, Tepedino M, et al. Effects of Thermoforming on the Mechanical, Optical, Chemical, and Morphological Properties of PET-G: In Vitro Study. *Polymers* [Internet]. 2024 [consultado el 3 de mayo de 2025]; 16(2):203. doi: <https://doi.org/10.3390/polym16020203>
13. Tamburrino F, D'Antò V, Bucci R, Alessandri-Bonetti G, Barone S, Razionale AV. Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study. *Dent J* [Internet]. 2020 [consultado el 1 de mayo de 2025]; 8(2):47. doi: <https://doi.org/10.3390/dj8020047>
14. Alhendi A, Khounganian R, Ali R, Syed SA, Almudhi A. Structural Conformation Comparison of Different Clear Aligner Systems: An In Vitro Study. *Dent J* [Internet]. 2022 [consultado el 2 de mayo de 2025]; 10(5):73. doi: <https://doi.org/10.3390/dj10050073>

VIII. PROFESORES DEL CURSO E INVITADOS

Grado o Título	Nombre	Apellidos	Condición	Correo electrónico
Esp.	Carol Christian	Garcia Pastor	Contratado	

IX PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

N° de Sesión	Fecha	Horario	Contenido	Actividades de aprendizaje	Docente
1	06 Octubre	10 AM—1:00 PM	Introducción a los sistemas de alineadores	CLASE MAGISTRAL – VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
2	09 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Sistema de alineadores: elaboración de ClinCheck	CLASE MAGISTRAL - VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
3	13 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Sistema de alineadores: elaboración de ClinCheck	CLASE MAGISTRAL-TALLER- PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor
4	16 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Sistema de alineadores: Biomecánica de los attachment	CLASE MAGISTRAL-SEMINARIO- VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
5	20 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Sistema de alineadores IPR: Planificación y ejecución clínica	CLASE MAGISTRAL-ASESORÍA-VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
6	23 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Sistema de alineadores Dinámica de desplazamiento dental	CLASE MAGISTRAL TALLER- PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor
7	27 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Manejo de maloclusiones	CLASE MAGISTRAL-VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
8	30 Octubre	10 AM—1:00 PM	Tema: Manejo de maloclusiones	SEMINARIO– VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
9	03 Noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Manejo de maloclusiones	TALLER - PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor

10	06 Noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Manejo de maloclusiones	TALLER- PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor
11	10 Noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Complicaciones de los alineadores	CLASE MAGISTRAL - VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
12	13 Noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Complicaciones de los alineadores: Predictibilidad de movimiento	CLASE MAGISTRAL- SEMINARIO- VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
13	17 Noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Complicaciones de los alineadores :Tracking dental	CLASE MAGISTRAL- SEMINARIO- VIRTUAL	Esp. Carol Garcia Pastor
14	20 noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Complicaciones de los alineadores: Errores comunes	CLASE MAGISTRAL- TALLER- PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor
15	24 noviembre	10 AM—1:00 PM	Tema: Manejo de maloclusiones	PRACTICAS DE CASOS CLÍNICOS- PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor
16	27 noviembre	10 AM—1:00 PM	PRESENTACION DE CASO CLINICO-	EVALUACIÓN DE PROYECTO - PRESENCIAL	Esp. Carol Garcia Pastor

II.2. Análisis Crítico de literatura estomatológica

II.2.1. Información general

Información	Descripción
Título	Eficacia de la terapia con alineadores transparentes sobre aparatos fijos convencionales en el control del movimiento ortodóncico: Una revisión sistemática
Autores	AbdulMajeed AlMogbel, Ebrahim S. Alshawy y Abdulmageed Alhusainy
Revista	Journal of Orthodontic Science
Año de Publicación	2024
País	India
Tipo de estudio	Revisión sistemática
Objetivo:	
Responder a la pregunta de investigación clínica “¿Es eficaz la terapia con alineadores transparentes (CAT) para controlar el movimiento ortodóncico?” reuniendo la información más actualizada sobre la evidencia disponible para CAT.	
Metodología:	
Se siguió la guía de Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA) para llevar a cabo esta revisión de la manera adecuada. Se desarrollaron preguntas PICO para determinar qué estudios serían más apropiados para responder la pregunta de investigación 1 Población: Pacientes indicados para tratamiento de ortodoncia; 2 Intervención: Tratamiento con alineadores transparentes; 3 Comparación: terapia con CAT eficaz para controlar el movimiento de ortodoncia frente a aparatos fijos convencionales; 4 Resultado: movimiento dental de ortodoncia. El 1 de enero de 2023, se realizó una búsqueda en PubMed, ERIC, Embase y CINAHL para cualquier trabajo de investigación publicado en los 10 años anteriores que proporcionara una visión general de las preguntas PICO. Además de eso, también se buscó manualmente en los editores de alojamiento (Wiley, ScienceDirect Springer), además de una búsqueda que se realizó de forma independiente en las reconocidas revistas de implantes. Para que los estudios sean considerados para su inclusión en la revisión sistemática debían cumplir criterios de inclusión: Artículos escritos en idioma inglés, investigación original realizada tanto prospectiva como retrospectivamente sujetos con dientes de dentición permanente, estudios sobre la eficacia del tratamiento de ortodoncia utilizando alineadores transparentes, estudios que describieron adecuadamente los materiales utilizados y los métodos que se aplicaron, estudios que analizaron adecuadamente las estadísticas. Tanto los títulos como los resúmenes de los estudios seleccionados fueron evaluados independientemente por dos autores diferentes, y si había algún desacuerdo entre los dos autores de la revisión, se incorporó un tercer revisor para resolverlo.	
Resultados:	
La búsqueda inicial produjo un total de 64 resultados (PubMed: 26, Scopus: 0, ERIC: 0 CINAHL: 38). Después de deshacernos de cualquier duplicado y revisar los títulos y resúmenes, se decidió llevar a cabo una investigación	

adicional sobre un total de diez textos completos. De esos diez, solo cinco cumplieron con los requisitos para ser incluidos en esta revisión, por lo que los otros cinco fueron eliminados. Esto se presenta en el diagrama de flujo de PRISMA que exhibe el proceso de selección del estudio.

Entre los estudios incluidos, tres fueron no aleatorizados retrospectivos y dos estudios fueron ensayos clínicos aleatorizados prospectivos. Varios autores informaron mejores resultados para los aparatos de ortodoncia fijos que para el tratamiento con CAT en relación con la inclinación del incisivo mandibular. La puntuación media del sistema de clasificación objetiva para el alineamiento dental fue mejor para los Brackets que para CAT sin diferencias clínicamente significativas, mientras que la estadificación para la rotación de premolares tuvo un impacto significativo en la eficacia del tratamiento con CAT. Tampoco se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre el pre-tratamiento y después del tratamiento con distalización secuencial con CAT para SN-GoGn. Sin embargo, en la posición lineal de los molares superiores (6-PP, 7-PP) así como en el parámetro de relación de clase molar (MR), se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones:

Los resultados de este estudio sugieren que los alineadores transparentes pueden ser una alternativa eficaz a los brackets tradicionales, la CAT puede manejar eficazmente las rotaciones y distalizaciones de los molares superiores siendo eficaz para prevenir el movimiento molar anormal. Sin embargo, creemos que los casos difíciles aún no son adecuados para la CAT; por lo tanto, se necesita más investigación para confirmar estos hallazgos y determinar el tamaño óptimo de futuros estudios prospectivos que evalúen este tratamiento.

II.2. 2. Calidad del Reporte: Declaración PRISMA 2020. Guía para la publicación de Revisiones sistemáticas:

Sección/ Tema	Ítem	Recomendación	Descripción	Página
Título				
Título	1	Identifica la publicación como una revisión sistemática.	Sí presenta: Eficacia de la terapia con alineadores transparentes sobre aparatos fijos convencionales en el control del movimiento ortodóncico: Una revisión sistemática.	1
Resumen				
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración.	Sí Presenta: OBJETIVO: El propósito de la presente revisión sistemática fue responder a la pregunta de investigación clínica “¿Es eficaz la terapia con alineadores transparentes (CAT) para controlar el movimiento ortodóncico?” reuniendo la información más actualizada sobre la evidencia disponible para CAT. METODOLOGÍA: El 1 de enero de 2023, se realizó una búsqueda en PubMed, ERIC, Embase y CINHALL para cualquier trabajo de investigación publicado en los 10 años anteriores que proporcionara una visión general de las preguntas PICO. Tanto los títulos como los resúmenes de los estudios seleccionados fueron evaluados independientemente por dos autores diferentes, y si había algún desacuerdo entre los	1

			<p>dos autores de la revisión, se incorporó un tercer revisor para resolverlo.</p> <p>RESULTADOS: Entre los estudios incluidos, tres fueron no aleatorizados retrospectivos y dos estudios fueron ensayos clínicos aleatorizados prospectivos. Varios autores informaron de mejores resultados para los aparatos de ortodoncia fijos que para el tratamiento con alineadores transparentes (CAT) en relación con la protrusión del incisivo mandibular. La puntuación media del sistema de clasificación objetiva fue mejor para los brackets que para CAT sin diferencias clínicamente significativas, mientras que la estadificación tuvo un impacto significativo en la eficacia del tratamiento.</p> <p>CONCLUSIÓN: Los resultados de este estudio sugieren que los alineadores transparentes pueden ser una alternativa eficaz a los brackets tradicionales, pero se necesita más investigación para confirmar estos hallazgos y determinar el tamaño óptimo de futuros estudios prospectivos que evalúen este tratamiento.</p>	
Introducción				
Justificación	3	Describe la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	<p>Sí presenta:</p> <p>Este ítem está presente en la introducción, y se menciona lo siguiente: Existe desacuerdo en la literatura con respecto a las aplicaciones clínicas de este sistema. Esto es posible que se deba a la falta de conocimiento sobre el</p>	1

			tratamiento de ortodoncia con aparatos termoplásticos removibles. Por lo que no se pueden hacer afirmaciones definitivas sobre la eficacia del procedimiento de ortodoncia. Por lo tanto, los clínicos que deseen emplear CAT en sus pacientes deben confiar en evidencia anecdótica, opinión de expertos y la evidencia publicada limitada.	
Objetivos	4	Proporciona una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	Sí presenta: El propósito de la revisión sistemática actual fue responder a la pregunta de investigación clínica “¿Es el CAT eficaz para controlar el movimiento de ortodoncia?” reuniendo la información más actualizada sobre la evidencia disponible para CAT.	2
Métodos				
Criterios de elegibilidad	5	Especifica los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	Sí presenta: Para que los estudios sean considerados para su inclusión en la revisión sistemática, primero deben demostrar que cumplen con los criterios de inclusión que se presentan en los siguientes párrafos: <ul style="list-style-type: none"> • Artículos escritos en idioma inglés. • Investigación original realizada tanto prospectiva como retrospectivamente sujetos con dentición permanente. • Estudios sobre la eficacia del tratamiento de ortodoncia utilizando alineadores transparentes. • Estudios que describieron adecuadamente los 	2

			<p>materiales utilizados y los métodos que se aplicaron.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios que analizaron adecuadamente las estadísticas. <p>Los siguientes se incluyeron en los criterios de exclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios en pacientes con síndromes genéticos y graves deformidades faciales. • Estudios que utilizan técnicas quirúrgicas de ortodoncia. • Estudios en pacientes: informes de casos, revisiones, resúmenes, y otros tipos de estudios que involucran a menos de 10 pacientes y estudios realizados en animales. 	
Fuentes de información	6	<p>Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.</p>	<p>Sí presenta: Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, ERIC, Embase y CINHALL de cualquier artículo de investigación publicado en los 10 años anteriores que describiera las preguntas PICO.</p>	2
Estrategia de búsqueda	7	<p>Presenta las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de</p>	<p>Sí presenta: El primero de enero de 2023, se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, ERIC, Embase y CINHALL de cualquier artículo de</p>	2

		datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	investigación publicado en los 10 años anteriores que describiera las preguntas PICO. Las palabras claves que utilizaron fueron: Alineador transparente, clear correct, ortodoncia fija convencional, odontología basada en la evidencia, odontología, Invisalign, ortodoncia invisible, terapia ortodóncica, revisión sistemática. Mediante el uso del método de búsqueda, se descubrieron todos los documentos relevantes. Además de eso, la lista de referencias de cada artículo relevante también se buscó manualmente para obtener información. Se realizó una búsqueda manual en los editores de alojamiento (Wiley, ScienceDirect y Springer) para localizar estudios adicionales que fueran relevantes para este, además de una búsqueda que se realizó de forma independiente en las reconocidas revistas de implantes.	
Proceso de selección de los estudios	8	Especifica los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación	Sí presenta: Dos investigadores, AA y EA, revisaron de forma independiente los títulos de investigación, los resúmenes y las listas de palabras clave de las publicaciones relevantes para determinar si cumplían o no los criterios de elegibilidad. Después de eso, se recuperaron los textos completos de todos los documentos potencialmente elegibles y se examinaron meticulosamente para localizar investigaciones que satisfagan todos los requisitos de inclusión. Después de la resolución de	2

		recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	cualquier diferencia de opinión con el tercer revisor, se recopiló una lista de los artículos que se considerarán para su inclusión en esta evaluación .	
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Sí presenta: Dos autores diferentes, cada uno de los cuales fue responsable de examinar los títulos y seleccionar los resúmenes para la inclusión del texto completo, evaluaron los resúmenes y los títulos de los estudios elegidos de forma independiente. Al emplear los terminos de Mesh y adhering a los criterios de inclusión y exclusión, pudimos recuperar todos los artículos de texto completo pertinentes. Se incorporó a un tercer revisor para resolver cualquier desacuerdo que surgiera entre los dos autores de la revisión.	2

Lista de datos	10a	<p>Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos.</p> <p>Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.</p>	<p>Sí presenta:</p> <p>Se menciona parcialmente la comparación de los resultados en la tabla 1, que compara la intervención, comparación y resultados de los diferentes estudios retrospectivos, randomizados, prospectivos y ensayos clínicos.</p>	2
	10b	<p>Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación).</p> <p>Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente</p>	<p>Sí presenta:</p> <p>La siguiente información se extrajo de los datos del estudio: autor, año de publicación, diseño del estudio, detalles de la intervención, la comparación, resultados y información estadística.</p> <p>Los estudios individuales que tenían tamaños de muestra que oscilaban entre 10 y 75. Las muestras que se evaluaron contenían personas con edades comprendidas entre 22.7 y 32.9 años cuando comenzaron el tratamiento con alineadores.</p>	3

		(missing) o incierta.		
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	No presenta	-
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	No presenta	-
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué	Sí presenta: La búsqueda inicial	3

		estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.85).	produjo un total de 64 resultados (PubMed: 26, Scopus: 0, ERIC: 0 CINAHL: 38). Después de eliminar los duplicados y revisar los títulos y resúmenes, se decidió llevar a cabo una investigación adicional sobre un total de diez textos completos. De esos diez, solo cinco cumplieron con los requisitos para ser incluidos en esta revisión, por lo que los otros cinco fueron eliminados.	
	13 b	Describe cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	Sí presenta: Entre los estudios incluidos, tres fueron retrospectivos no aleatorizados y dos estudios fueron ensayos clínicos aleatorizados prospectivos. El número de pacientes involucrados en el estudio fue de 225, con estudios individuales que tenían tamaños de muestra que oscilaban entre 10 y 75. Las muestras que se evaluaron contenían personas con edades comprendidas entre 22.7 y 32.9 años cuando comenzaron el tratamiento con alineadores. En la investigación, los investigadores utilizaron alineadores fabricados por Invisalign para realizar su trabajo. La Tabla 1, resume la comparación entre la terapia con alineadores transparentes y los aparatos	3

			fijos convencionales.	
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	Sí presenta: El diagrama de flujo de PRISMA que exhibe el proceso de selección del estudio se presenta en la Fig. 1.	3
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	Sí presenta: En la investigación, los investigadores utilizaron alineadores fabricados por Invisalign para realizar su trabajo. La Tabla 1 resume la comparación entre la terapia con alineadores transparentes y los aparatos fijos convencionales.	3
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	No presenta	-
	13f	Describa los análisis de	No presenta	-

		sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.		
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	No presenta	-
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	No presenta	-
RESULTADOS				
Selección de los estudios	16a	Describe los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión,	Sí presenta el diagrama de flujo.	3

		idealmente utilizando un diagrama de flujo.		
	16 b	Cita los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	<p>Presenta parcialmente : Después de eliminar cualquier duplicado y revisar los títulos y resúmenes, se decidió llevar a cabo una investigación adicional sobre un total de diez textos completos. De esos diez, solo cinco cumplieron con los requisitos para ser incluidos en esta revisión, por lo que los otros cinco fueron eliminados.</p> <p>Entre los estudios incluidos, tres fueron retrospectivos no aleatorizados y dos estudios fueron ensayos clínicos aleatorizados prospectivos. El número de pacientes involucrados en el estudio fue de 225, con estudios individuales que tenían tamaños de muestra que oscilaban entre 10 y 75. Las muestras que se evaluaron contenían personas con edades comprendidas entre 22.7 y 32.9 años cuando comenzaron el tratamiento con alineadores. En este estudio los investigadores utilizaron alineadores fabricados por Invisalign para realizar su trabajo.</p>	3
Características de los estudios	17	Cita cada estudio incluido y presente sus características.	<p>Sí presenta en la tabla 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simon et al. (2014): estudio retrospectivo n=30 - Hennessy et al. (2016): ensayo clínico aleatorizado prospectivo n=22 	4

			<ul style="list-style-type: none"> - Sfondrini et al. (2018): estudio retrospectivo n=75 - Caruso et al. (2019): estudio retrospectivo n=10 - Lin et al. (2021): ensayo controlado aleatorizado prospectivo n=34 	
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	No presenta	-
Resultados de los estudios individuales	19	Presenta, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	<p>Sí presenta parcialmente:</p> <p>Hennessy et al. Formuló una mejoría en el resultado para el tratamiento ortodóncico convencional que para el tratamiento con alineadores transparentes (CAT) para la proclinación del incisivo mandibular (brackets: $5.3 \pm 4.3^\circ$; CAT: $3.4 \pm 3.2^\circ$). Sin embargo, la diferencia entre las dos técnicas no fue estadísticamente significativa ($P > .05$) entre los brackets y el CAT para la inclinación bucolingual de los incisivos en su ensayo controlado aleatorizado.</p> <p>Simon et al. Encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos cuando el torque del incisivo central superior fue soportado por un aditamento elipsoide horizontal o por una geometría de alineador alterada (precisión media: 51.5; SD = 0.2%). Sin embargo, Caruso et</p>	3

			<p>al. observó una diferencia estadísticamente significativa para $\angle I^{\text{PP}}$ (la inclinación incisiva superior) ($P < 0.01$). Sfondrini et al. en su estudio retrospectivo comparó CAT con brackets convencionales y autoligables para el torque incisal superior y notó que $\angle I^{\text{ANS-PNS}}$ (ángulo formado por el eje incisal superior con el plano palatino) y $\angle I^{\text{OCL}}$ (ángulo determinado por el eje del incisivo superior y el plano oclusal) los ángulos exhibieron la mayor cantidad de variación numérica al usar brackets convencionales, mientras que los alineadores informaron los valores más bajos en general. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre los diversos enfoques utilizados para ninguna de las perspectivas ($P > 0.05$).</p> <p>Además, la variación del valor lineal $I^{\text{+ TVL}}$ (distancia lineal del punto más avanzado de la superficie vestibular del incisivo superior desde la verdadera línea vertical) no exhibió ninguna diferencia significativa entre los diversos grupos que se examinaron ($P > 0.05$).</p> <p>Lin et al. en su ensayo controlado aleatorizado informó una mejora de la puntuación de calificación objetiva (OGS) para los resultados oclusales con aparatos fijos y alineadores transparentes. La puntuación media de OGS fue mejor para los brackets que para el CAT sin una diferencia</p>
--	--	--	--

			<p>clínicamente significativa. Por otro lado, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en lo que respecta a las puntuaciones totales de OGS o el componente individual, ya sea en el momento del despegado o después de 6 meses de retención. Durante el período posterior al tratamiento, las inclinaciones bucolinguales y las relaciones oclusales mejoraron, mientras que la alineación y el overjet empeoraron significativamente en el grupo que había estado usando alineadores. Durante el mismo período de tiempo, las inclinaciones bucolinguales se hicieron más prominentes en el grupo de brackets, mientras que la alineación se volvió más torcida.</p> <p>Simon et al. informó que la estadificación tuvo una influencia significativa en el resultado del tratamiento: para la rotación de premolares con una estadificación de $<1.5^\circ$/alineador total fue 41.8% (SD = 0.3%), mientras que para las rotaciones de premolares con una estadificación de $>1.5^\circ$/alineador, la exactitud disminuyó a 23% (SD = 0.2%).</p> <p>Caruso et al. reportó ninguna diferencia estadísticamente significativa ($P = 0.421$) entre el pre-tratamiento y después del tratamiento con distalización secuencial con alineadores de ortodoncia para SN-GoGn y se observó una variación media de $0.1 \pm 2^\circ$.</p>
--	--	--	--

			Sin embargo, en la posición lineal de los molares superiores (6-PP, 7-PP) así como en el parámetro de relación de clase molar (MR), se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un valor de P de al menos menos de 0.01.	
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resume brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	No presenta	-
	20b	Presenta los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad	<p>Sí presenta parcialmente en la tabla 1:</p> <p>Si presenta en la tabla 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simon et al. (2014): T2/Clin T2 (P .05): Derrotación de premolares con aditamentos, derrotación de premolares sin aditamentos, torque de incisivos con aditamentos, torque de incisivos con PR. - Hennessy et al. (2016): Proclinación del incisivo mandibular. Los aparatos fijos produjeron $5.3 \pm 4.3^\circ$ y los alineadores transparentes inclinaron los incisivos mandibulares en $3.4 \pm 3.2^\circ$ (P > 0.05) - Sfondrini et al. (2018): 11^ANS-PNS: bracket 	4

		<p>estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.</p>	<p>convencional 6.11, Autoligado 5.64, Alineador 5.13 (P>0.05) 11^OCL: Convencional 6.88, Autoligado 5.17, Alineador 4.60 P I+TVL: Convencional 1.56, Autoligado 1.62, Alineador 1.47 (P >0.05)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caruso et al. (2019): S-Go/N-Me: T0-0.62, T1-0.63; P, 6-PP: T0-25, T1-23; P <0.0001), 7-PP: T0-16, T1-13; (p<0.0001), 1^PP: T0-118.3,° T1-104.8°; P<0.0001), MR: T0-3.1, T1-1.2; (P <0.0001) - Lin et al. (2021): Puntuación OGS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ puntuación media general: 17 (brackets);12(alineadores transparentes) ▪ Alineación: 3.0(brackets); 2.0 (alineadores transparentes) ▪ Inclinación bucolingual: 2.0 (brackets); 2.0 (alineadores transparentes) ▪ Contactos oclusales: 2.0 (brackets); 1.0 (alineadores transparentes) ▪ Overjet: 2.5 (brackets); 1.0 (alineadores transparentes) 	
--	--	--	---	--

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relaciones oclusales: 2.0 (brackets); 2.0 (alineadores transparentes) 	
	20c	Presenta los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	No presenta	
	20d	Presenta los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	No presenta	
Sesgos en la publicación	21	Presenta las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	No presenta	

Certeza de la evidencia	22	Presenta las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	No presenta	
DISCUSIÓN				
Discusión	23a	Proporciona una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	Sí presenta: Según los hallazgos de la revisión sistemática actual, los alineadores se pueden utilizar en maloclusiones simples con mordida abierta, que es difícil de tratar. Cuando se comparó otros movimientos dentales, la extrusión es el que requiere la menor cantidad de precisión para lograr control de la dimensión vertical y, por lo tanto, es un remedio perfecto para el tratamiento de hiperdivergencia o mordida abierta. Además, investigaciones anteriores han demostrado que los alineadores son tan efectivos como los aparatos fijos para prevenir la oclusión bucal vertical, y este efecto persiste durante años después de que finaliza el tratamiento.	4
	23b	Argumenta las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	No Presenta	-

	23c	Argumenta las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	No presentaa	-
	23d	Argumenta las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones. .	Sí presenta: Se necesita más investigación para confirmar estos hallazgos y determinar el tamaño óptimo de futuros estudios prospectivos que evalúen este tratamiento.	5
OTRA INFORMACIÓN				
Registro y Protocolo	24a	Proporciona la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	No presenta registro en prospero	-
	24b	Indica dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	No presenta	-
	24c	Describe y explique	No presenta	-

		cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.		
Financiación	25	Describe las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	Sí presenta: Agradecimiento Los investigadores desean agradecer al Decanato de Investigación Científica de la Universidad de Qassim por financiar la publicación de este Proyecto. Apoyo financiero y patrocinio Ninguno.	5
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	Sí presenta pero es ambigüo. Conflictos de interés No existen conflictos de interés.	6
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de	No presenta	-

		los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.		
--	--	---	--	--

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71 For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

II.2. 3. Calidad metodológica del estudio: CASPe para revisiones sistemáticas

Preguntas	S í	N o	N o sé	¿Por qué?	Págin a
A/ ¿Los resultados de la revisión son válidos?					
<p>1 ¿Se hizo la revisión sobre un tema claramente definido?</p> <p>PISTA: Un tema debe ser definido en términos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La población de estudio. - La intervención realizada. - Los resultados ("outcomes") considerados. 	x			<p>P: pacientes indicados para tratamiento de ortodoncia. I: tratamiento con alineadores transparentes. C: terapia con alineadores transparentes eficaz para controlar el movimiento de ortodoncia frente a aparatos fijos convencionales. O: movimiento dental de ortodoncia.</p>	2
<p>2 ¿Buscaron los autores el tipo de artículos adecuado?</p> <p>PISTA: El mejor "tipo de estudio" es el que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se dirige a la pregunta objeto de la revisión. - Tiene un diseño apropiado para la pregunta. 		x		<p>El tipo de estudios evaluados en la revisión sistemática fueron 3 estudios retrospectivos no aleatorizados y 2 estudios de ensayos clínicos aleatorizados prospectivos, es decir no buscaron artículos adecuados.</p>	3

				Deberían solamente haber incluidos ensayos clínicos aleatorizados. Sin embargo se logro responder la pregunta clinica correspondiente.	
<p>3 ¿Crees que estaban incluidos los estudios importantes y pertinentes?</p> <p>PISTA: Busca:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qué bases de datos bibliográficas se han usado. - Seguimiento de las referencias. - Contacto personal con expertos. - Búsqueda de estudios no publicados. - Búsqueda de estudios en idiomas distintos del inglés. 	x			Las bases de datos consultadas en la presente revision fueron: PubMed, ERIC, Embase y CINHALL. Se realizó una búsqueda manual en los editores de alojamiento (Wiley, ScienceDirect y Springer) para localizar estudios adicionales que fueran relevantes. Se incluyeron solo estudios en el idioma ingles.	2
<p>4 ¿Crees que los autores de la revisión han hecho suficiente esfuerzo para valorar la calidad de los estudios incluidos?</p> <p>PISTA: Los autores necesitan considerar el rigor de los estudios</p>	x			Los articulos fueron evaluados por 2 investigadores, AA y EA, los cuales revisaron de forma independiente	2

<p>que han identificado. La falta de rigor puede afectar al resultado de los estudios ("No es oro todo lo que reluce" El Mercader de Venecia. Acto II)</p>			<p>los títulos, los resúmenes y las listas de palabras clave de las publicaciones relevantes para determinar si cumplían o no con los criterios de elegibilidad. Después de la resolución de cualquier diferencia de opinión con el tercer revisor, se recopiló una lista de los artículos que se consideró para su inclusión en esta evaluación (AA).</p>	
<p>5 Si los resultados de los diferentes estudios han sido mezclados para obtener un resultado "combinado", ¿era razonable hacer eso?</p> <p>PISTA: Considera si</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los resultados de los estudios eran similares entre sí. - Los resultados de todos los estudios incluidos están claramente presentados. - Están discutidos los motivos de cualquier variación de los resultados. 	<p>x</p>		<p>Las características de los estudios de esta revisión se presentaron en la tabla (1). Tres estudios fueron retrospectivos no aleatorizados y dos estudios fueron de ensayos clínicos aleatorizados prospectivos. En dos estudios se realizaron una evaluación cefalomérica de la incinación del</p>	<p>4</p>

				<p>incisivo inferior en un pre y pos tratamiento con CAT y aparatos fijos. Así también mediante el uso de la superposición digital de puntos de inicio y la evaluación de la retención mediante un sistema de puntuación (OGS).</p>	
B/ ¿Cuáles son los resultados?					
<p>6 ¿Cuál es el resultado global de la revisión?</p> <p>PISTA: Considera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si tienes claro los resultados últimos de la revisión. - ¿Cuáles son? (numéricamente, si es apropiado). - ¿Cómo están expresados los resultados? (NNT, odds ratio, etc.). 				<p>Se encontró mejores resultados para los aparatos de ortodoncia fijos que para el tratamiento con CAT en relación con la inclinación del incisivo mandibular, para brackets: $5.3 \pm 4.3^\circ$ y para CAT: $3.4 \pm 3.2^\circ$. La puntuación media del sistema de clasificación objetiva para el alineamiento dental fue mejor para los brackets que para CAT sin diferencias clínicamente significativas,</p>	3-4

				<p>mientras que la estadificación para la rotación de premolares tuvo un impacto significativo en la eficacia del tratamiento con CAT. Para la rotación de los premolares con estadificación de $<1.5^\circ$/alineador fue un total fue 41.8% (SD = 0.3%), mientras que para las rotaciones de premolares con una estadificación de $>1.5^\circ$/alineador, la exactitud disminuyó a 23% (SD = 0.2%).</p> <p>Tampoco se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre el pre-tratamiento y pos-tratamiento en distalización secuencial con CAT para SN-GoGn y se observó una variación media de $0.1 \pm 2^\circ$. Sin embargo, en la posición lineal de los molares</p>	
--	--	--	--	--	--

			<p>superiores (6-PP, 7-PP) así como en el parámetro de relación de clase molar (MR), se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Al igual que los resultados obtenidos cuando el torque del incisivo central superior fue soportado por un aditamento elipsoide horizontal o por una geometría de alineador alterada encontrando una precisión media: 51.5; SD = 0.2%.</p>	
<p>7 ¿Cuál es la precisión del resultado/s?</p> <p>PISTA: Busca los intervalos de confianza de los estimadores.</p>	x		<p>Porque los resultados mostraron valores de las medidas utilizadas como posición lineal de molares, ángulos cefalométricos pre y pos tratamiento y porcentaje de estadificación de los alineadores ante rotaciones de premolares.</p>	

				<p>Para la proclinación del incisivo mandibular obtuvieron ($P > 0.05$), en la inclinación incisiva superior ($P < 0.01$). en los angulos formados $11^{\wedge}ANS-PNS$ y $11OCL$ ($P > 0.05$), en la posición lineal de los molares superiores (6-PP, 7-PP) así como en el parámetro de relación de clase molar (MR) ($P < 0.01$).</p> <p>No consideraron intervalos de confianza.</p>	
C/¿Son los resultados aplicables en tu medio?					
<p>8 ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</p> <p>PISTA: Considera si</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes cubiertos por la revisión pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio. 				<p>El estudio se puede extrapolar completamente ya que se cuenta con la población, con profesionales preparados para realizar las mediciones y con los materiales e instrumentos necesarios. Contamos con el mismo sistema de</p>	

				alineadores transparentes utilizados en los estudios así también bastante población con aparatología fija de ortodoncia.	
9 ¿Se han considerado todos los resultados importantes para tomar la decisión?	x			La revisión sistemática evaluó la eficacia de la terapia con alineadores transparentes sobre aparatos fijos convencionales en el control del movimiento ortodóntico. Esto se evaluó mediante análisis cefalométricos de medición de ángulos y puntos de incisivos, posición de molares y estadificación de premolares en terapia con alineadores transparentes y aparatología fija de pre y pos tratamiento. Sin embargo, se necesita más investigación para confirmar estos hallazgos	

				y determinar el tamaño óptimo de futuros estudios prospectivos que evalúen este tratamiento.	
<p>10¿Los beneficios merecen la pena frente a los perjuicios y costes?</p> <p>Aunque no esté planteado explícitamente en la revisión, ¿qué opinas?</p>	x			<p>Aunque los resultados no son estadísticamente significativos para la mayoría de los estudios creo que hacen un gran aporte, ya que sugieren que los alineadores transparentes pueden ser una alternativa eficaz a los brackets tradicionales teniendo como principal eficacia en la distalización de molares superiores sin sus movimientos anormales. Sin embargo, se necesita mas información para confirmar estos hallazgos.</p>	

II.3. Proyecto de investigación en estomatología

TÍTULO

Evaluación *in vitro* de la microdureza superficial de materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de alineadores expuestos a bebidas carbonatadas.

RESUMEN

Antecedentes: Los materiales termoplásticos se han consolidado como componentes esenciales en la fabricación de dispositivos odontológicos, gracias a su versatilidad, propiedades físico-mecánicas y biocompatibilidad. Entre los polímeros más empleados destacan el polietileno tereftalato glicol-modificado (PETG), los poliuretanos termoplásticos (TPU) y copoliésteres. Sin embargo, sus propiedades pueden alterarse por factores externos como temperatura, contacto prolongado con saliva, tiempo de uso, higiene inadecuada y, especialmente, la interacción con bebidas carbonatadas y otras sustancias químicas.

Objetivo: Evaluar la microdureza superficial de los materiales termoplásticos Essix® y Taglus® tras su exposición a bebidas carbonatadas (Coca-Cola®, Inca Kola®) y agua destilada. **Materiales y métodos:** Estudio experimental *in vitro*. Se utilizará laminas termoplásticas fabricadas por 2 marcas, Taglus Premium 0.76 mm y Essix ACE® 0.75 mm. Se confeccionarán especímenes de 25 x 25 mm de las laminas de termoformado. Las muestras se colocarán en recipientes con 100 mL de cada solución. Tanto la marca Taglus® como Essix® se distribuirán en 4 grupos:

G1=sin inmersión, G2=inmersión en agua destilada, G3=inmersión en Coca Cola® , G4=inmersión en Inka Cola® . Se sumergirán 22 horas al día durante 14 días, a 37 °C. Para la medición de la microdureza superficial se empleará un microdurómetro Vickers. Se ejercerá una carga de 100 gr por 30 s para lo cual se realizarán 4 indentaciones en forma de rombo de igual tamaño en cada superficie, con una distancia aproximada de 0,5 mm de la hendidura adyacente. Se promediarán los valores de los 4 puntos y ese será el valor promedio de cada superficie.

PALABRAS CLAVES: ALINEADORES DENTALES, ORTODONCIA, TECNICAS IN VITRO, SOLUCIONES, POLIURETANOS, INMERSIÓN

INTRODUCCIÓN

Los materiales termoplásticos se han establecido como componentes fundamentales en la fabricación de dispositivos odontológicos debido a sus propiedades versátiles, que combinan resistencia, flexibilidad, transparencia y biocompatibilidad.^{1-3,5} Entre los polímeros más empleados se encuentran el polietileno tereftalato glicol-modificado (PETG), los poliuretanos termoplásticos (TPU) y distintos copoliésteres.¹⁻³ Inicialmente se utilizaban materiales monocapa relativamente rígidos; sin embargo, el desarrollo tecnológico ha dado lugar a sistemas multicapa y polímeros con memoria de forma, capaces de ofrecer un mejor control de fuerza y adaptación intraoral. Estas innovaciones han optimizado el comportamiento mecánico y la resistencia química de los dispositivos, ampliando sus aplicaciones clínicas y mejorando la experiencia terapéutica de los pacientes.³⁻⁷

Esta evolución ha sido clave para el surgimiento de los alineadores transparentes, dispositivos removibles diseñados para generar movimientos dentarios controlados de forma estética y funcional. Gracias a la incorporación de tecnologías CAD/CAM, impresión 3D y materiales termoplásticos de alto rendimiento, los alineadores han pasado de ser simples posicionadores a sistemas digitales avanzados. Actualmente constituyen una alternativa eficaz frente a la aparatología fija convencional, especialmente en casos leves y moderados, debido a su estética, comodidad y capacidad de planificación digital precisa.⁵⁻¹⁰

A pesar de sus ventajas, las propiedades físico-mecánicas de los materiales empleados en la confección de alineadores pueden verse alteradas durante su uso

clínico por factores como la temperatura intraoral, la humedad constante, el tiempo prolongado de uso, la exposición a la saliva, los métodos de higiene inadecuados y, especialmente, el contacto con bebidas carbonatadas y otras sustancias químicas.³⁻

7, 12-15

Estudios recientes han explorado parcialmente este fenómeno. Warnecki et al. en el 2022 evaluaron los cambios superficiales de alineadores tras su inmersión en Coca-Cola y zumo de naranja, encontrando alteraciones en la textura y microestructura después de breves periodos de exposición.⁴ Asefi et al. en el 2024 analizaron los efectos mecánicos y químicos de líquidos similares sobre materiales termoplásticos, reportando variaciones significativas en la dureza superficial sin alteraciones químicas relevantes.³ Sin embargo, la evidencia disponible es limitada y fragmentaria, ya que existen pocos estudios in vitro que evalúen de manera sistemática el efecto de las bebidas carbonatadas sobre las propiedades físico-mecánicas de los materiales empleados en la fabricación de alineadores. Esta situación plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de las bebidas carbonatadas sobre la microdureza superficial en materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de alineadores?

La creciente popularidad de los alineadores transparentes como alternativa a la ortodoncia convencional ha incrementado la necesidad de comprender con mayor profundidad el comportamiento de los materiales frente a factores externos. La microdureza superficial es una propiedad clave, ya que determina la resistencia del material al desgaste mecánico y químico, así como su durabilidad frente a agentes

ambientales.^{3,4} El consumo frecuente de bebidas carbonatadas representa un riesgo potencial que puede comprometer la integridad estructural del material y afectar negativamente la biomecánica del tratamiento. Esta problemática no solo podría derivar en resultados clínicos subóptimos, sino también en mayores costos, tratamientos más prolongados y menor satisfacción del paciente, lo que hace indispensable contar con evidencia científica sólida que respalde recomendaciones clínicas y guíe la selección de materiales más resistentes¹⁵⁻¹⁸

Este estudio busca generar información relevante que contribuya a optimizar la selección de materiales y establecer pautas clínicas basadas en evidencia, garantizando así la eficiencia terapéutica, la durabilidad de los alineadores y la calidad del tratamiento ortodóncico.^{17,18} Es así que el propósito de la presente investigación es evaluar la microdureza superficial de materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de alineadores expuestos a bebidas carbonatadas.

OBJETIVOS

Objetivos general

Evaluar la microdureza superficial de los materiales termoplásticos Essix® y Taglus® tras su exposición a bebidas carbonatadas (Coca-Cola®, Inca Kola®) y agua destilada.

Objetivos específicos

1. Comparar la microdureza superficial del material termoplástico Essix® tras su exposición a Coca-Cola®, Inca Kola® y agua destilada.
2. Comparar la microdureza superficial del material termoplástico Taglus® tras su exposición a Coca-Cola®, Inca Kola® y agua destilada.
3. Comparar la microdureza superficial de los materiales termoplásticos Essix® y Taglus® tras su exposición a bebidas carbonatadas (Coca-Cola®, Inca Kola®) y agua destilada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo del estudio

Experimental *in vitro*

Muestra

La muestra estará constituida por especímenes de 25 x 25 mm de las láminas de termoformado de las siguientes marcas Taglus Premium 0.76 mm (Taglus, Mumbai, India) y Essix ACE 0.75 mm (Dentsply Sirona Deutschland, Bensheim, Alemania)

El tamaño de muestra para cada subgrupo será determinado por un estudio piloto. Para este se emplearán tres muestras por grupo.

Los grupos experimentales serán:

- Grupo 1: Essix
- Grupo 2: Taglux

Los subgrupos experimentales serán:

- Subgrupo 1: Sin inmersión.
- Subgrupo 2: Después de inmersión en agua destilada.
- Subgrupo 3: Después de inmersión en Coca-Cola.
- Subgrupo 4: Después de inmersión en Inca Kola.

Criterios de selección

Se seleccionarán láminas de termoformado, pertenecientes a un mismo lote de fabricación de cada marca comercial seleccionada y preparadas para el estudio. De igual manera se seleccionarán las bebidas de un mismo lote de fabricación de cada marca comercial.

Definición operacional de variables (ANEXO 1)

Las variables con las que se trabajará serán las siguientes:

Variable independiente

Sustancias de inmersión: Conceptualmente, son líquidos utilizados para sumergir una muestra que puede o no producir alguna alteración en sus propiedades. Operacionalmente, son sustancias con la que se realizan la inmersión de los materiales termoplásticos. Variable cualitativa politómica, nominal. Las categorías son: Agua destilada, Coca-Cola, Inca Kola.

Variable dependiente

Microdureza superficial : Conceptualmente, es la propiedad mecánica que evalúa la resistencia de la superficie del material a la deformación permanente luego de aplicar una fuerza mediante un indentador. Operacionalmente, es la resistencia de la superficie del material termoplástico a la deformación permanente luego de

aplicar una fuerza. Variable cuantitativa, de razón. Los valores serán expresados en kgf/mm^2 .

Materiales termoplásticos : Conceptualmente, son láminas de polímeros termoplásticos que pueden reblandecerse repetidamente con el calor y solidificarse al enfriarse. Operacionalmente, son láminas de polímero termoplásticos que se utilizan para hacer alineadores. Variable cualitativa dicotómica, nominal. Las categorías son: Taglus Premium 0.76 mm (Taglus, Mumbai, India), Essix ACE 0.75 mm (Dentsply Sirona Deutschland, Bensheim, Alemania)

Procedimientos y técnicas

Se utilizarán para el estudio la muestra calculada con la fórmula después de la prueba piloto. Esta prueba piloto se realizará con un tamaño de muestra de 3 por grupo. Se utilizará laminas termoplasticas fabricadas por 2 marcas, Taglus Premium 0.76 mm (Taglus, Mumbai, India), Essix ACE 0.75 mm (Dentsply Sirona Deutschland, Bensheim, Alemania) que serán obtenidos de la casa comercial Dentoshop.

Se solicitará el permiso al laboratorio de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para el recorte de las muestras.

- A) Confección de especímenes: Se confeccionarán especímenes de 25 x 25 mm de las laminas de termoformado. Para la confección, los especímenes de 25 mm × 25 mm se recortarán directamente de las láminas utilizando una

máquina de corte láser Flux Beambox Pro 50 W (Fabricaciones Digitales del Perú S.A. ©, Perú). Todos estos especímenes estarán debidamente codificados por una persona ajena al estudio y se determinará un estudio ciego al momento de una evaluación posterior.

B) Inmersión en bebidas: Las muestras se colocarán en recipientes que contengan 100 mL de cada solución. Tanto la marca Taglus como Essix se distribuirán en cuatro grupos experimentales: G1 = sin inmersión, G2 = inmersión en agua destilada, G3 = inmersión en Coca-Cola y G4 = inmersión en Inca Kola. Las muestras permanecerán sumergidas durante 22 horas diarias por un periodo de 14 días, a una temperatura controlada de 37 °C, con el fin de simular las condiciones orales. Las 2 horas restantes del día se destinarán al tiempo simulado de higiene y alimentación. Cada día, las muestras se enjuagarán dos veces con agua corriente y se secarán al aire antes de ser nuevamente sumergidas. Asimismo, se realizará el cambio de las soluciones de inmersión cuatro veces al día para mantener la estabilidad química de las bebidas y garantizar la reproducibilidad de las condiciones experimentales.

C) Microdureza superficial

Para la medición de la microdureza superficial se empleará un microdurómetro Vickers. Lo primero que se realizará será la calibración del

microdurómetro Vickers para asegurar la confiabilidad de los resultados. Asimismo, se procederá verificando que el indentador y el lente esten limpios. Se verificará que el microdurómetro este nivelado y se configurará la carga y el tiempo a utilizar. Se colocará la muestra en el portamuestras y se ejercerá una carga de 100 gr por 30 s para lo cual, se realizarán 4 indentaciones en forma de rombo de igual tamaño en cada superficie, con una distancia aproximada de 0,5 mm de la hendidura adyacente. Se utilizará un microscopio con aumento de 40x y escala incorporada para la medición de las diagonales de cada indentación. Se promediarán los valores de los 4 puntos y ese será el valor promedio de cada superficie. Todo ello se realizará en el laboratorio de High Technology.

Consideraciones éticas

La presente investigación solicitará la evaluación del Comité Institucional de Ética (CIE) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para su registro y evaluación, sin embargo el presente estudio será experimental in vitro por lo que no hay participación de animales ni de humanos. Se solicitará permiso al laboratorio de materiales dentales de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Siguiendo todas las medidas éticas correspondientes se realizará el presente estudio.

Plan de análisis

Los datos serán analizados utilizando el software Stata 19 (IBM, Armonk, NY, EE. UU.). Se verificará la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se realizará un análisis de varianza de tres vías (ANOVA) con la prueba post hoc de Tukey para evaluar el efecto según la marca de la lámina de termoformado. El intervalo de confianza se establecerá en 95 % y se considerará significativo un valor de $p < 0.05$. En caso de que los datos no presenten distribución normal, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para comparar los valores de microdureza entre ambas superficies, se empleará la prueba de Wilcoxon, manteniendo el mismo nivel de significancia ($p < 0.05$) y un intervalo de confianza del 95 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bichu YM, Batra P, Ponnambalam A, Pavaskar R, Pradhan D, Alrahabi M. Advances in orthodontic clear aligner materials. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(10):802–10
2. Kau CH, Soh J, Christou T, Mangal A. Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina (Mex)* [Internet]. 2023 [consultado el 12 de mayo de 2025];59(10):1773
3. Asefi S, Nejatifard M, Kayyal S, Shahabi S. Investigation of mechanical properties of thermoplastic materials exposed to different chemical substances. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2024;37(2):91–97.
4. Warnecki M, Sarul M, Kozakiewicz M, Zięty A, Babiarczuk B, Kawala B, Jurczyszyn K. Surface evaluation of aligners after immersion in Coca-Cola and orange juice. *Materials*. 2022;15(18):6341
5. Lee SY, Kim H, Kim HJ, Chung CJ, Choi YJ, Kim SJ, et al. Thermo-mechanical properties of 3D printed photocurable shape memory resin for clear aligners. *Scientific Reports*. 2022;12(1):6246
6. Šimunović L, Čekalović Agović S, Marić AJ, Bačić I, Klarić E, Uribe F, Meštrović S. Color and chemical stability of 3D-printed and thermoformed polyurethane-based aligners. *Polymers (Basel)*. 2024;16(8):1067
7. Choi JY, Kim H, Kim SH, Kim SJ, Cha JY, Lee SY, et al. Mechanical and viscoelastic properties of a temperature-responsive photocurable resin for 3D printed orthodontic clear aligners. *Scientific Reports*. 2025;15(1):23530

8. Staderini E, Chiusolo G, Guglielmi F, Papi M, Perini G, Tepedino M, et al. Effects of Thermoforming on the Mechanical, Optical, Chemical, and Morphological Properties of PET-G: In Vitro Study. *Polymers*. 2024;16(2):203.
9. Bhate M, Nagesh S. Assessment of the Effect of Thermoforming Process and Simulated Aging on the Mechanical Properties of Clear Aligner Material. *Cureus*. 2024;16(7):64933.
10. Porojan L, Toma FR, Bîrdeanu MI, Vasiliu RD, Matichescu A. Topographical and Optical Characteristics of Thermoplastic Dental Appliances Materials Related to Water Sorption. *J Funct Biomater*. 2023;14(4):190.
11. Taglus. Material Safety Data Sheet – Taglus Premium Thermoforming Material (PETG) [Internet]. Mumbai (India): Taglus; 2021 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.taglus.com/wp-content/themes/taglus/images/downloads/msds-taglus-premium.pdf>
12. Taglus. Taglus Premium – Product Information Sheet [Internet]. Mumbai (India): Taglus; 2021 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.taglus.com/taglus-premium>
13. Dentsply Sirona. Essix® ACE Plastic – Safety Data Sheet [Internet]. Bensheim (Alemania): Dentsply Sirona; 2019 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://site-ir-scdlab.s3.amazonaws.com/MSDS/Essix%20Ace%20Plastic.pdf>
14. Dentsply Sirona. Essix® ACE Plastic – Instructions for Use [Internet]. Bensheim (Alemania): Dentsply Sirona; 2019 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/product-procedure->

[brand-categories/orthodontics/plastics/essix/essix-ace/dfu/ORT-DFU-Essix-ACE-Plastic.pdf](#)

15. Tamburrino F, Doldo T, Vena F, Festa F, Michelotti A. Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2020;13(11):2386.
16. Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Caprioglio A, Gallo LM. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials (Basel)*. 2021;14(7):1794.
17. Castroflorio T, Garino F, Debernardi CL, Siciliani G. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod*. 2022;23(1):22.
18. Bhate M, Nagesh S. Assessment of the Effect of Thermoforming Process and Simulated Aging on the Mechanical Properties of Clear Aligner Material. *Cureus [Internet]*. 2024 [consultado el 3 de junio de 2025]; 16(7):e64933

PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Presupuesto

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo und (S/.)	Costo total (S/.)
Materiales				
Láminas termoplásticas Taglus (0,76 mm)	caja	2	S/. 1300	S/. 2600
Láminas termoplásticas Essix (0,75 mm)	caja	2	S/. 900	S/. 1800
Coca-Cola	botella 500 mL	15	S/. 46	S/. 45
Inca Kola	botella 500 mL	15	S/. 45	S/. 45
Agua destilada	litro	8	S/. 5	S/. 40
Recipientes plásticos para inmersión	unidad	80	S/. 500	S/. 500
Etiquetas, marcadores y material de rotulación	paquete	-	S/. 300	S/. 200
Papel bond e impresiones	paquete/servicio	80	S/. 350	S/. 150
Servicios				
Ensayo de microdureza (uso de durómetro Vickers)	servicio	45	S/. 1500	S/. 1500
Uso de laboratorio y equipamiento	servicio	1	S/. 1200	S/. 1000
Análisis estadístico de resultados	servicio	1	S/. 1500	S/. 1500
Asesoría y revisión de estilo de tesis	servicio	1	S/. 500	S/. 500
Total general (S/.)				S/. 9930

Cronograma

Actividades	Noviembre 2025	Diciembre 2025	Enero 2025	Febrero 2025	Marzo 2025	Abril 2025	Mayo 2025
Presentación del protocolo	X						
Aceptación del protocolo		X	X	X			
Recojo de datos					X		
Procesamiento de datos						X	
Análisis de los resultados						X	
Informe final							X

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo	Escala de medición	Valores y categorías
Microdureza superficial	Resistencia de la superficie de un cuerpo a la indentación o penetración permanente luego de aplicada la fuerza.	Resistencia de la superficie del material termoplástico a la deformación permanente luego de aplicar una fuerza.	Valores obtenidos del microdurometro Vickers	Cuantitativa	De razon	kgf/mm ²
Materiales termoplásticos	Láminas de polímeros termoplástico que pueden reblandecerse	Tipos de láminas de polímero termoplásticos que se utilizan	Marca comercial de las laminas de polímeros	Cualitativa-dicotómica	Nominal	- Taglus - Essix

	repetidamente con el calor y solidificarse al enfriarse.	para hacer alineadores.				
Sustancias de inmersión	Líquido utilizado para sumergir una muestra que puede o no producir alguna alteración en sus propiedades.	Sustancia con la que se realiza la inmersión de los materiales termoplásticos.	Marca comercial	Cualitativa-politómica	Nominal	- Inca kola (experimental) - Coca-Cola (control positivo) - Agua destilada (control negativo)

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

Marca comercial	Subgrupo	Código	Valor de microdureza (kgf/mm²)
Taglus	Sin inmersión	T-SI	
	Agua destilada	T-AD	
	Coca-Cola	T-CC	
	Inca Kola	T-IK	
Essix	Sin inmersión	E-SI	
	Agua destilada	E-AD	
	Coca-Cola	E-CC	
	Inca Kola	E-IK	

III. CONCLUSIONES

A través de este trabajo se concluye lo siguiente:

1. El sílabo es un instrumento que permite estructurar de manera clara la enseñanza de la ortodoncia digital, destacando la importancia de una prescripción clínica asertiva para lograr movimientos dentarios predecibles e identificar posibles errores y complicaciones en el uso de alineadores.
2. El análisis crítico de la literatura constituye una herramienta fundamental para la evaluación rigurosa de artículos científicos, ya que fortalece las competencias de interpretación y aplicación de la evidencia clínica. Utilizando instrumentos como PRISMA, que orienta la elaboración y revisión de revisiones sistemáticas, y CASPe, que permite valorar la calidad metodológica de los estudios incluidos.
3. El proyecto de investigación busca evaluar experimentalmente el impacto de factores externos, como las bebidas carbonatadas, sobre la microdureza superficial de los materiales termoplásticos, lo que tiene implicaciones directas en la durabilidad y efectividad de los alineadores transparentes.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Bichu YM, Batra P, Ponnambalam A, Pavaskar R, Pradhan D, Alrahabi M. Advances in orthodontic clear aligner materials. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(10):802–10
- 2 Kau CH, Soh J, Christou T, Mangal A. Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina (Mex)* [Internet]. 2023 [consultado el 12 de mayo de 2025];59(10):1773
- 3 Asefi S, Nejatifard M, Kayyal S, Shahabi S. Investigation of mechanical properties of thermoplastic materials exposed to different chemical substances. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2024;37(2):91–97.
- 4 Warnecki M, Sarul M, Kozakiewicz M, Zięty A, Babiarczuk B, Kawala B, Jurczyszyn K. Surface evaluation of aligners after immersion in Coca-Cola and orange juice. *Materials*. 2022;15(18):6341
- 5 Lee SY, Kim H, Kim HJ, Chung CJ, Choi YJ, Kim SJ, et al. Thermo-mechanical properties of 3D printed photocurable shape memory resin for clear aligners. *Scientific Reports*. 2022;12(1):6246
- 6 Šimunović L, Čekalović Agović S, Marić AJ, Bačić I, Klarić E, Uribe F, Meštrović S. Color and chemical stability of 3D-printed and thermoformed polyurethane-based aligners. *Polymers (Basel)*. 2024;16(8):1067
- 7 Choi JY, Kim H, Kim SH, Kim SJ, Cha JY, Lee SY, et al. Mechanical and viscoelastic properties of a temperature-responsive photocurable resin for 3D printed orthodontic clear aligners. *Scientific Reports*. 2025;15(1):23530

- 8 Staderini E, Chiusolo G, Guglielmi F, Papi M, Perini G, Tepedino M, et al. Effects of Thermoforming on the Mechanical, Optical, Chemical, and Morphological Properties of PET-G: In Vitro Study. *Polymers*. 2024;16(2):203.
- 9 Bhate M, Nagesh S. Assessment of the Effect of Thermoforming Process and Simulated Aging on the Mechanical Properties of Clear Aligner Material. *Cureus*. 2024;16(7):64933.
- 10 Porojan L, Toma FR, Bîrdeanu MI, Vasiliu RD, Matichescu A. Topographical and Optical Characteristics of Thermoplastic Dental Appliances Materials Related to Water Sorption. *J Funct Biomater*. 2023;14(4):190.
- 11 Taglus. Material Safety Data Sheet – Taglus Premium Thermoforming Material (PETG) [Internet]. Mumbai (India): Taglus; 2021 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.taglus.com/wp-content/themes/taglus/images/downloads/msds-taglus-premium.pdf>
- 12 Taglus. Taglus Premium – Product Information Sheet [Internet]. Mumbai (India): Taglus; 2021 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.taglus.com/taglus-premium>
- 13 Dentsply Sirona. Essix® ACE Plastic – Safety Data Sheet [Internet]. Bensheim (Alemania): Dentsply Sirona; 2019 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://site-ir-scdlab.s3.amazonaws.com/MSDS/Essix%20Ace%20Plastic.pdf>
- 14 Dentsply Sirona. *Essix® ACE Plastic – Instructions for Use* [Internet]. Bensheim (Alemania): Dentsply Sirona; 2019 [citado 10 oct 2025]. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/product-procedure->

[brand-categories/orthodontics/plastics/essix/essix-ace/dfu/ORT-DFU-Essix-ACE-Plastic.pdf](#)

- 15 Tamburrino F, Doldo T, Vena F, Festa F, Michelotti A. Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2020;13(11):2386.
- 16 Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Caprioglio A, Gallo LM. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials (Basel)*. 2021;14(7):1794.
- 17 Castroflorio T, Garino F, Debernardi CL, Siciliani G. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod*. 2022;23(1):22.
- 18 Bhate M, Nagesh S. Assessment of the Effect of Thermoforming Process and Simulated Aging on the Mechanical Properties of Clear Aligner Material. *Cureus [Internet]*. 2024 [consultado el 3 de junio de 2025]; 16(7):64933
- 19 Wagner JL, Smith KJ, Johnson C, Hilaire ML, Medina MS. Best Practices in Syllabus. *Design. Am J Pharm Educ*. 2023 Apr;87(3):ajpe8995
- 20 Aranzabal Navarrete AE. Predictibilidad de los movimientos dentarios en el tratamiento ortodóncico con alineadores según diseño de la línea de corte gingival [trabajo académico de segunda especialidad]. Lima (Perú): Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2024.
- 21 AlMogbel A, Alshawy ES, Alhusainy A. Efficacy of clear aligner therapy over conventional fixed appliances in controlling orthodontic movement: A systematic review. *J Orthod Sci*. 2024;13(1):23.

22 McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;

V. ANEXOS

Anexo 1. Artículo empleado para el análisis crítico de literatura estomatológica

Review Article

Access this article online

Quick Response Code:



Website:
www.jorthodsci.org

DOI:
10.4103/jos.jos_176_23

Efficacy of clear aligner therapy over conventional fixed appliances in controlling orthodontic movement: A systematic review

AbdulMajeed AlMogbel, Ebrahim S. Alshawy and Abdulmageed Alhusainy¹

Abstract

OBJECTIVE: The purpose of the current systematic review was to answer the clinical research question "Is Clear Aligner Therapy (CAT) effective in controlling the orthodontic movement?" by bringing together the most up-to-date information about the available evidence for CAT.

METHODOLOGY: On January 1, 2023, a search was conducted in PubMed, ERIC, Embase, and CINHAL for any research papers published in the previous 10 years that provided an overview of the PICO questions. Both the titles and abstracts of the selected studies were evaluated independently by two different authors, and if there was any disagreement between the two review authors, a third reviewer was brought in to settle it.

RESULTS: Among included studies, three were retrospective non-randomized and two studies were prospective randomized clinical trials. Various authors reported better outcome for fixed orthodontic appliances than for clear aligner treatment (CAT) in relation to mandibular incisor proclination. The mean objective grading system score was better for braces (17) than for CAT (12) with no clinically significant difference, while staging had a significant impact on treatment efficacy.

CONCLUSION: The results of this study suggest that clear aligners may be an effective alternative to traditional braces, but more research is needed to confirm these findings and determine the optimal size of future prospective studies evaluating this treatment.

Keywords:

Clear aligner, clear correct, conventional fixed orthodontics, evidence-based dentistry, dentistry, Invisalign, invisible orthodontics, orthodontic therapy, systematic review

Department of
Orthodontics and Pediatric
Dentistry, College
of Dentistry, Qassim
University, Buraydah
52571, Saudi Arabia,
¹Department of
Conservative Dentistry,
College of Dentistry,
Qassim University,
Buraydah 52571,
Saudi Arabia

Address for
correspondence:
Dr. AbdulMajeed
AlMogbel,
Department of
Orthodontics and
Pediatric Dentistry,
College of Dentistry,
Qassim University,
Buraydah - 52571,
Saudi Arabia.
E-mail: A.almogbel@
qu.edu.sa

Submitted: 03-Oct-2023
Revised: 10-Dec-2023
Accepted: 03-Jan-2024
Published: 08-May-2024

Introduction

In recent years, there has been a rise in the number of a group of adults seeking orthodontic treatment,^[1] and these patients have voiced a need for more esthetically pleasing and functional alternatives to traditional fixed appliances.^[2] In 1946,^[3] Kesling came up with the idea of using a series of thermoplastic tooth positioners to gradually move misaligned teeth to improved positions. This paved the way

This is an open access journal, and articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 license, which allows others to remix, tweak, and build upon the work non-commercially, as long as appropriate credit is given and the new creations are licensed under the identical terms.

For reprints contact: WKHLRPMedknow_reprints@wolterskluwer.com

for the option to use clear orthodontic appliances, which were originally published in the same year. In 1997, a company based in Santa Clara, California, called Align Technology adapted recent technologies to publicize the benefits of clear aligner therapy (also known as CAT), as is known today. This made Kesling's idea a practicable orthodontic treatment option.^[4] There have only been a scarcity of literature predicting the outcome of orthodontic treatment, despite the fact that clear aligner therapy has been touted as a comfortable, harmless, and esthetically pleasing orthodontic treatment for the adult patient.^[4,5] The manufacturer

How to cite this article: AlMogbel A, Alshawy ES, Alhusainy A. Efficacy of clear aligner therapy over conventional fixed appliances in controlling orthodontic movement: A systematic review. J Orthodont Sci 2024;13:23.

of Invisalign claims that the product can successfully perform major tooth movements, including bicuspid derotation of up to 50 degrees and root movements of upper central incisors of up to 4 mm.^[6] However, there is disagreement in the literature regarding the clinical applications of this system.^[7] It is possible that this is due to the lack of knowledge regarding orthodontic treatment using removable thermoplastic appliances. Previous publications on Invisalign primarily focus on the technical aspects, various material studies, and various case reports).^[4,8] Only two studies were included in a review of the effectiveness of Invisalign therapy published in 2005 by Lagravere and Flores-Mir (2005).^[7] According to the authors, definitive statements cannot be made about the efficacy of the orthodontic procedure. Therefore, clinicians who wish to employ CAT on their patients must, therefore, rely on anecdotal evidence, expert opinion, and the limited published evidence.^[7]

The purpose of the current systematic review was to answer the clinical research question “Is CAT effective in controlling the orthodontic movement?” by bringing together the most up-to-date information about the available evidence for CAT.

Materials and Methods

The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guideline was followed in order to conduct this review in the appropriate manner. Due to the nature of the investigation that was currently being conducted, permission from an institutional review board was not required.

Focused PICO question

PICO questions were developed in order to determine which studies would be most appropriate to answer: “Is CAT effective in controlling the orthodontic movement?” 1 Population: Patients indicated for orthodontic treatment; 2 Intervention: Clear aligner treatment; 3 Comparison: clear aligner therapy (CAT) effective in controlling the orthodontic movement vs conventional fixed appliances; 4 Outcome: orthodontic tooth movement.

Search strategy

On the first of January 2023, a search was conducted in the databases PubMed, ERIC, Embase, and CINAHL for any research papers published in the previous 10 years that outlined the PICO questions. Through the use of the search method, all of the relevant papers were discovered. In addition to that, every relevant article’s reference list was also manually searched for information. In order to locate additional studies that were relevant to this one, a manual search was conducted on the hosting publishers (Wiley, ScienceDirect, and

Springer), in addition to a search that was conducted independently on the renowned implant journals.

Eligibility criteria

In order for studies to be considered for inclusion in the systematic review, they must first demonstrate that they meet the inclusion criteria that are presented in the following paragraphs:

- Articles written in the English language.
- Original research conducted both prospectively and retrospectively subjects with permanent dentition teeth.
- Studies on the effectiveness of orthodontic treatment using clear aligners.
- Studies that adequately described the materials used and the methods that were applied.
- Studies that adequately analyzed the statistics.

The following were included in the criteria for exclusion:

- Studies on patients with genetic syndromes and severe facial deformities.
- Studies using surgical orthodontic techniques.
- Studies on patients: Case reports, reviews, abstracts, and other types of studies involving fewer than 10 patients and studies carried out on animals.

Selected studies

Two researchers, AA and EA, independently reviewed the research titles, abstracts, and keyword lists of the relevant publications in order to determine whether or not they met the criteria for eligibility. After that, the full texts of all potentially eligible papers were retrieved and meticulously examined in order to locate research that satisfies all the inclusion requirements. Following the resolution of any differences of opinion with the third reviewer, a list of the articles that will be considered for inclusion in this assessment was compiled (AA).

Gathering of data

Two different authors, each of whom was responsible for screening the titles and selecting the abstracts for full-text inclusion, evaluated the abstracts and titles of the chosen studies independently. By employing the mesh terms and adhering to the inclusion and exclusion criteria, we were able to retrieve all the pertinent full-text articles. A third reviewer was brought in to settle any disagreements that arose between the two review authors. The following pieces of information were extracted from the study’s data: author, year of publication, study design, specifics of the intervention and comparison, outcomes, and statistical information.

Results

The initial search produced a total of 64 hit results (PubMed: 26, Scopus: 0, ERIC: 0 CINAHL: 38).

After getting rid of any duplicates and looking over the titles and abstracts, it was decided to conduct additional research on a total of ten full texts. Out of those ten, only five fulfilled the requirements to be included in this review, so the other five were eliminated. The PRISMA flowchart exhibiting the study selection process is presented in Figure 1.

Among included studies, three^[9-11] were retrospective non-randomized and two studies^[12,13] were prospective randomized clinical trials. The number of patients involved in the study was 225, with individual studies having sample sizes ranging from 10 to 75. The samples that were evaluated contained people ranging in age from 22.7 to 32.9 years old when they first began the aligner treatment. In the research, researchers utilized aligners made by Invisalign to do their work. Table 1, summarizing the comparison between clear aligner therapy and conventional fixed appliances.

Effects of interventions

Buccolingual tipping

Hennessy *et al.*^[12] reported improved outcome for conventional orthodontic treatment than for clear aligner treatment (CAT) for mandibular incisor proclination (braces: $5.3 \pm 4.3^\circ$; CAT: $3.4 \pm 3.2^\circ$). However, the difference between two techniques was statistically non-significant ($P > .05$). Similarly, Lin *et al.*^[13] also observed no statistical difference between braces and CAT for bucco-lingual inclination of incisors in their randomized controlled trial. Simon *et al.*^[9] found no significant differences between the results obtained

when the upper central incisor torque was supported by a horizontal ellipsoid attachment or by an altered aligner geometry (mean accuracy: 51.5 percent; SD = 0.2%). However, Caruso *et al.*^[11] observed a statistically significant difference for 1° PP (the upper incisive inclination) ($P < 0.01$). Sfondrini *et al.*^[10] in their retrospective study compared CAT with conventional and self-ligating brackets for upper incisal torque and noticed that 11° ANS-PNS (angle formed by the upper incisal axis with the palatal plane) and 11° OCL (angle determined by the axis of upper incisor and the occlusal plane) angles exhibited the greatest amount of numerical variation when using conventional brackets while aligners reported the lowest values overall. However, there was not a significant difference between the various approaches utilized for either perspective ($P > 0.05$). In addition, the I+ TVL (linear distance of the most advanced point of the vestibular surface of the upper incisor from the true vertical line) linear value variation did not exhibit any significant differences between the various groups that were examined ($P > 0.05$).

Aligning

Lin *et al.*^[13] in their randomized controlled trial reported an improvement of the objective grading score (OGS) for occlusal outcomes with fixed appliances and clear aligners. The mean OGS score was better for braces (17) than for CAT (12) with no clinically significant difference. On the other hand, there were no statistically significant differences between the groups when it came to the total OGS scores or the individual component either at the time of debonding or after 6 months of retention. During the post-treatment period, buccolingual inclinations and occlusal relations improved, while alignment and overjet significantly worsened in the group that had been using aligners. During the same time period, buccolingual inclinations became more prominent in the braces group, while alignment became more crooked.

Rotation

Simon *et al.*^[9] reported that staging had a significant influence on treatment outcome: for rotation of premolars with a staging of $<1.5^\circ$ /aligner, the total efficacy was 41.8% (SD = 0.3%), whereas for premolar rotations with staging of $>1.5^\circ$ /aligner, the accuracy decreased to 23% (SD = 0.2%).

Vertical dentoskeletal dimension

Caruso *et al.*^[11] reported no statistically significant difference ($P = 0.421$) between pre-treatment and after treatment with sequential distalization with orthodontic aligners for SN-GoGn and a mean variation of 0.1 ± 2.0 degrees was noted. However, in the linear position of the upper molars (6-PP, 7-PP) as well as in the molar class relationship parameter (MR), statistically significant differences were found with a P value of at least less than 0.01.

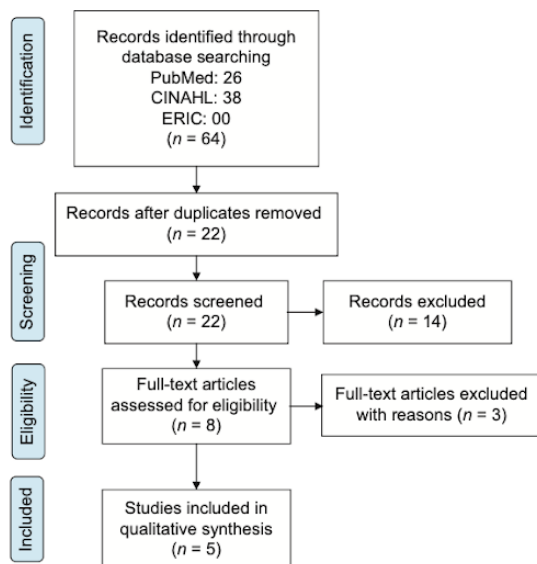


Figure 1: PRISMA flowchart for the study selection

Table 1: Clear aligner therapy over conventional fixed appliances comparison summary

Author/Year	Study design	Patient no.	Mean Age (yrs)	M: F	Intervention	Comparison	Outcomes
Simon <i>et al.</i> (2014) ^[9]	Retrospective study	30	32.9	11:19	Superimposition of initial and final digital casts of Invisalign treatment	Treatment starting point and predicted movement made with Clin-Check	T2/Clin T2 ($P<.05$): Premolar derotation with attachments Premolar derotation without attachments Incisor torque with attachments Incisor torque with PR
Hennessy <i>et al.</i> (2016) ^[12]	randomized, prospective clinical trial	fixed labial appliance: 22 Clear aligners: 22	26.4	17:27	Pre-treatment and post-treatment with Invisalign, measurement of mandibular incisor proclination	Outcomes of fixed labial appliance	Mandibular incisor proclination: Fixed appliances produced $5.3\pm 4.3^\circ$ Clear aligners proclined the mandibular incisors by $3.4\pm 3.2^\circ$ ($P>0.05$).
Sfondrini <i>et al.</i> (2018) ^[10]	Retrospective study	Conventional brackets: 25 self-ligating appliance: 25 Clear aligners: 25	25.5	NR	Pre-treatment and post-treatment with Invisalign, position changes of upper central incisors using lateral cephalographs	Outcomes of Conventional brackets & self-ligating appliance	11^ANS-PNS: Conventional 6.11, Self-ligating 5.64, Aligner 5.13 ($P>0.05$) 11^OCL: Conventional 6.88, Self-ligating 5.17, Aligner 4.60 ($P>0.05$) I+TVL: Conventional 1.56, Self-ligating 1.62 Aligner 1.47 ($P>0.05$)
Caruso <i>et al.</i> (2019) ^[11]	Retrospective study	10	22.7	2:8	Sequential distalization with Invisalign; pre-treatment and post-treatment cephalometric landmarks for occlusal vertical dimensions	Pre-treatment and post-treatment cephalometric landmarks	S-Go/N-Me: T0-0.62, T1-0.63; ($P=0.421$) 6-PP: T0-25, T1-23; ($P<0.0001$) 7-PP: T0-16, T1-13; ($P<0.0001$) 1^PP: T0-118.3, T1-104.8; ($P<0.006$) MR: T0-3.1, T1-1.2; ($P<0.0001$)
Lin <i>et al.</i> (2021) ^[13]	randomized controlled trial	fixed-appliance: 34 Clear aligners: 32	fixed-appliance: 25.9 Clear aligners: 26.7		Pre-treatment, post-treatment and 6-month retention OGS score after treatment with Invisalign	OGS scores of fixed appliances	OGS score: mean overall score: 17 (braces); 12 (Clear aligners) Alignment: 3.0 (braces); 2.0 (Clear aligners) Buccolingual inclination: 2.0 (braces); 2.0 (Clear aligners) Occlusal contacts: 2.0 (braces); 1.0 (Clear aligners) Overjet: 2.5 (braces); 1.0 (Clear aligners) Occlusal relations: 2.0 (braces); 2.0 (Clear aligners)

Discussion

According to the findings of the current systematic review, the aligners can be utilized in simple malocclusion with open bite which is difficult to treat.^[14] When compared to other tooth movements, extrusion is the one that requires the least amount of accuracy to achieve with CAT,^[4] and it can lead to larger deviation.^[5] This inefficiency could be caused by the fact that it is difficult for the appliance to generate enough force to extrude teeth in a meaningful way. Upper molar distalization with orthodontic aligners, on the other hand, ensures a good

control of the vertical dimension and is therefore a perfect remedy for hyperdivergent or open-bite treatment.^[11] Also, previous research has shown that aligners are just as effective as fixed appliances in preventing vertical buccal occlusion, and this effect persists for years after treatment has ended.^[15-18]

According to Elsevier 2018,^[19] the amount of force necessary to cause tipping is comparable to the amount of force necessary to cause rotation of a tooth about its long axis. This could be because of spread of force to periodontal ligament than vertical strip.

As a result, it is difficult to put on a purely rotational force to the tooth without causing the tooth to tip in its socket. Using a backward-looking study design,^[9] Simon *et al.* analyzed rotation of premolar $>10^\circ$ and found that the amount of movement per aligner and the use of attachments significantly affected the predictability of the treatment. Previous prospective studies^[4,20] found that rotations were generally difficult to control and predictable. Orhan C. Tuncay (Editor)^[21] also found that incisors rotated 60% of the way they were predicted to, while canines and premolars rotated only about 40% of the way (39%). So, it appears that CAT has a harder time rotating teeth with rounded crowns. In addition,^[20] Kravitz *et al.* noted the positive rotation correction by interproximal reduction, and^[16] Djeu *et al.* advocated the use of attachments to enhance the precision of this motion. Although there is lack of evidence on rotation control, it is always suggested to plan overcorrections, especially when rotations exceed 15° , to make use of attachments and to reduce staging to less than 1.5° aligners per aligner.

Because of the lack of control over tooth movement, it is widely assumed that clear aligners can simply tip crowns than root. According to^[22] Drake *et al.* research, it is not possible to move teeth bodily while undergoing clear aligner treatment. The study analysis revealed a fundamental flaw in treatment planning while recording staging more than twice, which has doubled the rate per aligner that is currently prescribed for the treatment of patients. Consequently, if the maximum 2-week activation was reduced to 0.25 mm or less from 0.5 mm, a higher precision should be achieved. On the other hand,^[9] Simon *et al.* discovered that when a distalization of the upper teeth of at least 1.5 mm was ordered, the patient's teeth move bodily with a high degree of accuracy. The authors found that when the motion was supported by tooth attachment, accuracy is increased. Furthermore, they emphasized the value of staging in identifying a treatment's potential for success. Difficulties in applying a pair of force with this kind of appliances may account for the conflicting results reported in the reviewed literature concerning the CAT tipping control. It appears that the root control can be enhanced by employing different aligner geometries and attachments.^[9] For this reason, well-designed randomized controlled trials are required to determine whether or not CAT is actually effective in shifting crowns and roots along the arch.

The distalization of the upper molars and the sagittal vertical pattern were found to be adversely affected by a number of orthodontic appliances. These effects included a clockwise rotation of the mandibular arch and an increase in the anterior facial height, among others.^[23-26] Based on these results, it seems that distalizing the upper

molars is not advised for hyperdiverse individuals. Caruso *et al.*^[11] 2019 found no divergence of subject which can be observed by variation of the SN-GoGn angle $<1^\circ$, which they interpret to mean that clear aligners permit a good control of mandibular divergence in case distalizing molars. These findings are consistent with the unintended consequence that^[27] Ravera *et al.* reported. Therefore, digitally planned orthodontic aligners appear to allow a good control of the vertical dimension and may recognize an effective alternative for upper molar distalization, especially in hyperdivergent or open-bite subjects, for distal molar movements of up to 2–3 mm.

One randomized controlled trial^[13] found that CAT was as effective as fixed appliances at aligning the arches, with even better results for minimal crowding. The rate of relapse, which appears to be higher in the case of permanently installed devices, warrants special consideration.^[17] It has been assumed that teeth that were moved using aligners did not go through the typical stages of movement^[17] that were described by Krishnan and Davidovitch, 2006.^[28] This hypothesis is based on the fact that aligners exert intermittent forces on the teeth. Orthodontic tooth movement can be achieved with less cellular damage in the periodontium using intermittent forces, whereas periodontium intermittently perceives orthodontic forces.^[29,30] This suggests that the orthodontist, rather than the method, is the driving force behind these outcomes.

Conclusion

In conclusion, CAT is a reliable method for straightening the teeth of patients who are looking for esthetic treatment. Even with rounded teeth, CAT is able to effectively manage rotations. When a distalization of 1.5 mm is prescribed for the upper molars, CAT is effective in preventing abnormal molar movement. The use of aligners is only one component of CAT. Auxiliary devices (modified aligner geometries, attachments, and interarch elastics) are used to increase the accuracy of predicted orthodontic movement. The results of this study suggest that clear aligners may be an effective alternative to traditional braces, but we believe that difficult cases are still not suitable for CAT. Therefore, more research is needed to confirm these findings and determine the optimal size of future prospective studies evaluating this treatment.

Acknowledgement

Researchers would like to thank the Deanship of Scientific Research, Qassim University for funding publication of this Project.

Financial support and sponsorship

Nil.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- Melsen B. Northcroft lecture: How has the spectrum of orthodontics changed over the past decades? *J Orthod* 2011;38:134-43; quiz 145.
- Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:276.e1-12; discussion 276-277.
- Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg* 1946;32:285-93.
- 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 Dentofacial Orthop* 2009;135:27-35.
- Krieger E, Seifert J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: Were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop* 2012;73:365-76.
- Aligntech Institute. Tooth movement assessment. Aligntech Institute; 2023. Available from: <http://www.aligntechinstitute.com/GetHelp/Documents/pdf/ToothAssessment.pdf>. [Last accessed on 2023 May 11].
- Lagravère MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: A systematic review. *J Am Dent Assoc* 2005;136:1724-9.
- Wong BH. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:540-1.
- 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* 2014;14:68.
- Sfondrini MF, Gandini P, Castroflorio T, Garino F, Mergati L, D'Anca K, et al. Buccolingual inclination control of upper central incisors of aligners: A comparison with conventional and self-ligating brackets. *BioMed Res Int* 2018;2018:9341821. doi: 10.1155/2018/9341821.
- Caruso S, Nota A, Ehsani S, Maddalone E, Ojima K, Tecco S. Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: A retrospective study. *BMC Oral Health* 2019;19:182.
- Hennessy J, Garvey T, Al-Awadhi EA. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *Angle Orthod* 2016;86:706-12.
- Lin E, Julien K, Kesterke M, Buschang PH. Differences in finished case quality between invisalign and traditional fixed appliances. *Angle Orthod* 2022;92:173-9.
- Greenlee GM, Huang GJ, Chen SS-H, Chen J, Koepsell T, Hujoel P. Stability of treatment for anterior open-bite malocclusion: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:154-69.
- Clements KM, Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:502-8.
- Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:292-8; discussion 298.
- Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. *Angle Orthod* 2007;77:864-9.
- Kassas W, Al-Jewair T, Preston CB, Tabbas S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO model grading system. *J World Fed Orthod* 2013;2:e61-4.
- Elsevier. *Contemporary Orthodontics*. 6th ed. Elsevier; 2018. Available from: <https://www.elsevier.com/books/contemporary-orthodontics/proffit/978-0-323-54387-3>.
- Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *Angle Orthod* 2008;78:682-7.
- Tuncay OC, editor. *The Invisalign System*. United Kingdom: Quintessence Publishing Company, Ltd.; 2023. Available from: <https://www.quintessence-publishing.com/gbr/en/product/the-invisalign-system>.
- Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT. Orthodontic tooth movement with clear aligners. *ISRN Dent* 2012;2012:657973. doi: 10.5402/2012/657973.
- Mossaz CF, Byloff FK, Kiliaridis S. Cervical headgear vs pendulum appliance for the treatment of moderate skeletal Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132:616-23.
- Angelieri F, de Almeida RR, Janson G, Castanha Henriques JF, Pinzan A. Comparison of the effects produced by headgear and pendulum appliances followed by fixed orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 2008;30:572-9.
- Caprioglio A, Fontana M, Longoni E, Cozzani M. Long-term evaluation of the molar movements following pendulum and fixed appliances. *Angle Orthod* 2013;83:447-54.
- Al-Thomali Y, Basha S, Mohamed RN. Pendulum and modified pendulum appliances for maxillary molar distalization in Class II malocclusion - a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2017;75:394-401.
- Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: A multicenter retrospective study. *Prog Orthod* 2016;17:12.
- Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:469.e1-32.
- Nakao K, Goto T, Gunjigake KK, Konoo T, Kobayashi S, Yamaguchi K. Intermittent force induces high RANKL expression in human periodontal ligament cells. *J Dent Res* 2007;86:623-8.
- Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Strains in periodontal ligament and alveolar bone associated with orthodontic tooth movement analyzed by finite element. *Orthod Craniofac Res* 2009;12:120-8.