



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOMÁXILOFACIAL

RELACIÓN ENTRE MALOCLUSIONES DENTARIAS Y LA PRECISIÓN DEL MOVIMIENTO
DENTARIO CON ALINEADORES IFACE. ESTUDIO DE COHORTE RETROSPECTIVO.

Tesis para optar al título de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentomáxilofacial.

ALEJANDRA TAPIA ID

Profesor Guía: Dr. Cristóbal Gajardo Gajardo.

Dr. Cristóbal García Izquierdo.

Dr. Rodrigo Oyonarte Weldt.

Santiago, Chile

2025

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| INDICE DE CONTENIDOS | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 1.1 Pregunta de investigación | 6 |
| 1.2 Objetivo general | 6 |
| 1.3 Objetivos específicos | 6 |
| 1.4 Hipótesis nula | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Ortodoncia con alineadores | 7 |
| 2.1.1 Historia y evolución de los alineadores | 7 |
| 2.1.2 Ventajas y limitaciones frente a la ortodoncia fija tradicional..... | 7 |
| 2.1.3 Factores que afectan la predictibilidad del movimiento dentario con alineadores | 11 |
| 2.2 Diagnóstico ortodóncico y planificación digital iFace..... | 14 |
| 2.2.1 Clasificación de maloclusiones..... | 14 |
| 2.2.2 Tipos de movimientos dentarios | 16 |
| 2.2.3 <i>Softwares</i> utilizados para el análisis digital | 16 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODO | 20 |
| 3.1 Aprobación ética | 20 |
| 3.2 Diseño del estudio..... | 20 |
| 3.3 Población objetivo y unidad muestral | 20 |
| 3.3.1 Población objetivo..... | 20 |
| 3.3.2 Tamaño muestral | 20 |
| 3.3.3 Criterios de inclusión..... | 20 |
| 3.3.4 Criterios de exclusión | 21 |
| 3.4 Definición de variables | 21 |
| 3.4.1 Variables dependientes | 21 |
| 3.4.2 Variables independientes | 21 |
| 3.5 Técnica de recolección de la información | 22 |

| | |
|---|----|
| 3.6 Análisis de datos | 22 |
| 3.7 Consideraciones éticas | 23 |
| 3.8 Fuentes de financiamiento..... | 23 |
| 4. RESULTADOS | 24 |
| 4.1 Estadística descriptiva..... | 24 |
| 4.2 Estadística inferencial | 34 |
| 4.3 Predictores de la precisión del movimiento: | 69 |
| 5. DISCUSIÓN..... | 72 |
| 6. CONCLUSIONES | 81 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 82 |

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la práctica de la ortodoncia ha experimentado transformaciones significativas, entre las cuales destaca la introducción de nuevas tecnologías que mejoran la eficiencia, la estética y la comodidad de la terapia para el paciente. En este contexto, los alineadores han surgido como una opción cada vez más popular en comparación con la aparatología fija convencional ya que son significativamente más estéticos e higiénicos, razón por la cual su demanda ha aumentado sobre todo en pacientes adultos (1). Sin embargo, a pesar de estas ventajas, existen limitaciones biomecánicas que afectan la precisión de los movimientos planificados.

Dentro de la literatura científica podemos encontrar publicaciones sobre la predictibilidad del movimiento al usar alineadores con resultados heterogéneos. Estudios previos como los de Kravitz y cols. (2) y Charalampakis y cols. (3), indican que los movimientos de extrusión, rotación de premolares y la traslación de molares tienen una tasa de éxito menor, en comparación con otros movimientos, tales como la inclinación o retrusión de incisivos. La tasa de precisión reportada presenta una amplia variabilidad, aunque en los estudios más recientes se sitúa en un promedio del 50% del movimiento simulado (4). Los diferentes resultados dependen del tipo de movimiento, de factores clínicos como la adhesión del paciente al tratamiento, su cooperación, el uso de aditamentos auxiliares como *attachments*, *bite ramps* o puntos de presión, y del diagnóstico inicial de la maloclusión (5). A pesar de toda la investigación realizada hasta esta fecha, persiste una laguna importante en cuanto a la relación directa entre la severidad o tipo de la maloclusión y el grado en que influye en la precisión del movimiento dentario durante la terapia con alineadores. La mayoría de los autores se enfocan en analizar los movimientos específicos, y las metodologías y la selección de pacientes varían ampliamente de un estudio a otro por lo cual resulta difícil comparar los resultados entre sí (3,6). Esto dificulta esclarecer si la variación en el rendimiento del alineador se debe al tipo de movimiento en sí, o a la complejidad del caso clínico. Por ejemplo, podemos identificar que la extrusión dentaria es de los movimientos menos predecibles con un 30% de rendimiento en general, y que los incisivos centrales superiores en específico solo logran un 18%, pero no está claro si el

grado de severidad de la mordida abierta, y el intento por lograr un adecuado *overbite* modifican significativamente el resultado (5).

Otra carencia dentro de la literatura es la falta de diversificación en el estudio de diferentes empresas y sistemas de alineadores termoformados, la gran mayoría usa como muestra pacientes en tratamiento con Invisalign (2,4,7,8), pero en nuestra realidad nacional existen otras marcas disponibles y económicamente más accesibles, que están teniendo cada vez más presencia en el mercado, las cuales no se han sometido a el escrutinio científico, como lo es iFace, generando una necesidad urgente de estudios independientes que analicen su comportamiento clínico en condiciones reales.

Ante este escenario, el presente estudio propone analizar la precisión del movimiento dentario en pacientes tratados con alineadores iFace, comparando el movimiento simulado, según la planificación digital inicial, con el movimiento real observado al momento de solicitar el primer refinamiento. No solo se buscará cuantificar el grado de efectividad general, sino también identificar movimientos específicos en cada diente y ver si existe una asociación significativa con la maloclusión tratada y su grado de severidad. Así, se buscará determinar si ciertas características iniciales del paciente aumentan o disminuyen el grado de predictibilidad terapéutica, lo cual tendría importantes repercusiones clínicas.

Este estudio busca encontrar resultados que podrían ayudar a mejorar la planificación del tratamiento, dado que esta modalidad depende en gran medida de su simulación digital previa. Poder cerrar la brecha entre el movimiento simulado y el real es fundamental para optimizar la resolución del caso clínico, mientras que recurrir reiteradamente a fases de refinamiento aumenta el costo y el tiempo para el paciente, lo cual reduce su adhesión al tratamiento y baja la satisfacción del proceso en general. Identificar qué tipo de maloclusión y saber el grado en el que afecta al movimiento, permitiría poder anticiparse, ya sea ajustando las expectativas del tratamiento, o diseñando estrategias más realistas y eficaces desde el inicio.

También, busca responder a una necesidad real en el campo de la ortodoncia contemporánea: evaluar la precisión del tratamiento con alineadores en función de la

maloclusión inicial. El enfoque metodológico al comparar modelos simulados con reales podrá proveer información valiosa y verídica, con la cual se obtendrán resultados que contribuirán a la práctica clínica. Al utilizar datos obtenidos del sistema iFace, permitirá rellenar un vacío en la literatura actual, generando conocimiento aplicable y relevante a nuestra realidad nacional, buscando ofrecer tratamientos más eficientes, personalizados y basados en la evidencia.

1.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la precisión del movimiento dentario en alineadores iFace y su relación con la maloclusión inicial?

1.2 Objetivo general

Evaluar la relación entre la precisión del movimiento dentario obtenido con alineadores de la empresa iFace y el diagnóstico de las maloclusiones iniciales, comparando el movimiento simulado con el real en la etapa de refinamiento.

1.3 Objetivos específicos

- a) Cuantificar la precisión del movimiento dentario al comparar el movimiento simulado y el real en la etapa de refinamiento.
- b) Analizar la relación entre la severidad de la maloclusión inicial y la desviación del movimiento real respecto al simulado.

1.4 Hipótesis nula

No existe una relación significativa entre la precisión del movimiento dentario con alineadores iFace y el diagnóstico de la maloclusión inicial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ortodoncia con alineadores

2.1.1 Historia y evolución de los alineadores

Los alineadores son dispositivos de tratamiento ortodóncico, removibles, transparentes y personalizados para cada paciente. Son diseñados para aplicar fuerzas ligeras y controladas sobre los dientes, generando movimientos específicos y graduales con tal de llegar a una posición deseada. El principio fundamental sobre el cual funcionan fue introducido por primera vez por H. D. Kesling en 1945, quien proponía que una serie de posicionadores dentarios fabricados en goma podrían ser usados para generar los movimientos deseados en el tratamiento de ortodoncia. En 1971, Pontiz llamó “retenedores invisibles” a una serie de placas transparentes termoformadas, generadas a partir de movimientos dentarios sobre una base de cera (7,9). En 1997, la empresa Align Technology introdujo el sistema Invisalign, siendo los primeros en comercializar alineadores transparentes computarizados, revolucionando el campo de la ortodoncia al combinar modelos virtuales con la planificación digital (10). Desde entonces, se han desarrollado nuevos materiales y aditamentos para expandir su uso y mejorar la precisión de esta herramienta. En la última década, múltiples empresas han ingresado al mercado, como iFace, ClearCorrect y KeepSmiling. Además, se ha visto un aumento en el interés científico en este tipo de tratamientos, incluyendo estudios sobre su eficacia clínica, predictibilidad y satisfacción del paciente (11).

2.1.2 Ventajas y limitaciones frente a la ortodoncia fija tradicional

Estética y confort del paciente: aunque en el inicio de ambas terapias se reporta una reducción de la calidad de vida en relación con la salud oral de los pacientes, esto ocurre en menor cuantía en el tratamiento con alineadores, además, estos presentan menor dolor respecto a la aparatología fija. Dado que son transparentes y estéticos tienen menos repercusiones psicológicas en el paciente y gracias a que son removibles generan menor impotencia funcional en la masticación (12).

Higiene oral: ambas terapias complican la higiene oral y empeoran el control de biofilm, aumentando la inflamación en comparación con pacientes sin aparatología, pero los alineadores al ser removibles y cubrir toda la superficie coronaria, tienen menor índice de placa bacteriana, inflamación gingival y profundidad de sondaje gingival, además no requiere aprender nuevas técnicas de higiene ni utilizar nuevos elementos para ésta (13).

Tiempo en clínica: si bien la fase de diagnóstico y planificación es similar entre ambas terapias, el tiempo clínico durante el tratamiento es menor en el caso de los alineadores ya que no requiere ir cambiando los elementos como arcos o brackets, además de que no es necesario realizar controles mensuales estrictos (14).

Cumplimiento del paciente: dado que los alineadores son removibles, la responsabilidad del paciente es crucial para el éxito de la terapia con un uso promedio de 22hrs diarias. Mientras que los aparatos convencionales, al ser fijos, solo requieren que el paciente evite alimentos duros para no desalojar brackets (14).

Biomecánica (15): el movimiento dental con alineadores es más dificultoso que con aparatos fijos, lo cual se puede atribuir a la ausencia de un punto específico de aplicación de fuerza, a la anatomía dentaria, tipo de material del alineador y sus propiedades. Los alineadores mueven los dientes por medio de múltiples placas sucesivas las cuales reposicionan el diente en pequeñas cantidades incrementales, mientras que la aparatología fija lo logra por medio de arcos de alambres con diferentes propiedades que entregan la fuerza a un punto específico del diente el cual viene con una prescripción precisa para lograr la posición deseada.

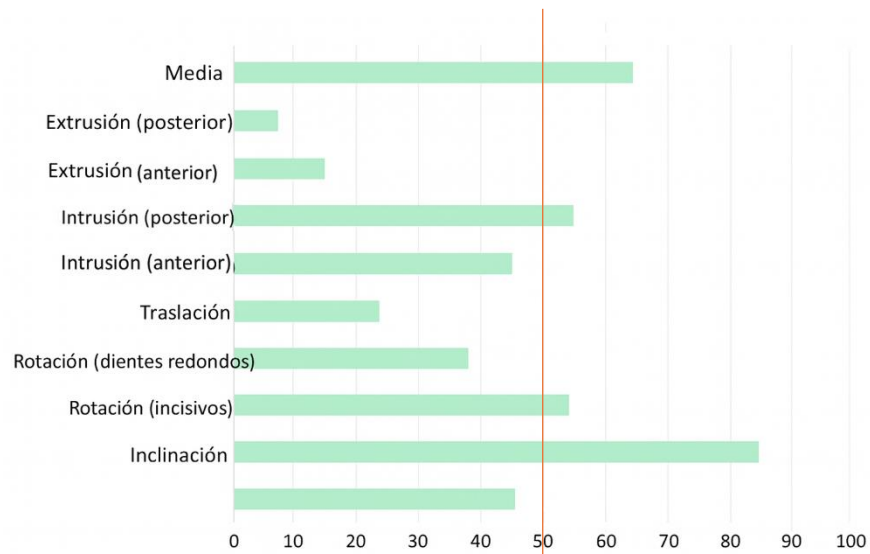
Los alineadores usan 2 mecanismos principales:

1. *“The shape molding effect”*: se “moldea” el movimiento deseado según la forma del alineador. El desfase de formas entre el alineador y el diente genera un sistema de fuerzas tridimensional que se distribuye por toda la superficie que entra en contacto.

2. Elementos auxiliares: *attachments* o *power ridges* ayudan a mejorar la predictibilidad del movimiento dentario ya que concentran la fuerza en áreas específicas.

La diferencia principal en la biomecánica de ambas terapias es que los alineadores empujan, mientras que los aparatos fijos tiran. Es por esto por lo que el movimiento más predecible en los alineadores es el tip no controlado, y el menos preciso el torque radicular. En la imagen 1, extraída del *paper* de Upadhyay y cols. (15) se puede observar un resumen de la predictibilidad de varios tipos de movimiento dentarios, con un promedio general del 50%.

Imagen 1. Eficiencia del movimiento dentario con alineadores (15).

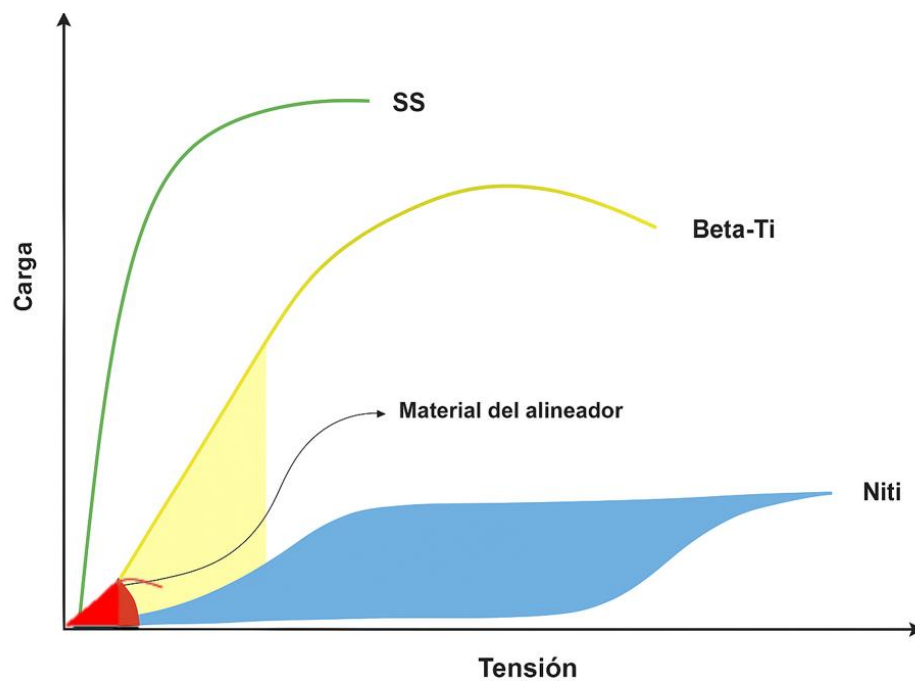


Diferencias principales entre ambas biomecánicas:

- Fuerza entregada: en aparatos fijos se pueden ingeniar diversos métodos para direccionar la fuerza como cambiar el módulo de elasticidad y las dimensiones con el tipo de arco o usar diferentes prescripciones de brackets. Mientras que los alineadores no presentan estas opciones, el plástico tiene una rigidez y flexibilidad predeterminada y su exposición prolongada al medio bucal tiende a reducir sus propiedades para entregar la fuerza a lo largo del tiempo.

- Disminución del estrés: se refiere a la constancia en la entrega de fuerza durante un periodo de tiempo. En ortodoncia se prefieren las fuerzas continuas, en alineadores se ve un efecto exponencial en la reducción de esta constancia con una caída importante durante las primeras horas de uso generada por la fatiga de material. Como se observa en la imagen 2 (15), los alineadores se comportan como un material viscoelástico, es decir, aplican fuerzas bajas y funcionan mejor con menos activaciones, tienen poca flexibilidad y pierden fuerza rápidamente. Los arcos metálicos son buenos absorbiendo energía y transfiriéndola a los dientes en un periodo de tiempo con un mínimo de fatiga, mientras que los alineadores absorben poca energía y la disipan rápidamente, transfiriendo muy poco al diente.

Imagen 2. Comparación entre diferentes materiales usados en ortodoncia (15).



- Activaciones: movimientos complejos como traslación o torque radicular requieren de la aplicación de fuerzas elevadas, lo cual en aparatos fijos se puede realizar por medio de dobleces en el arco o reposicionamiento de brackets, mientras que, en los alineadores, a mayor activación, más rápida es la disminución del estrés por lo cual los movimientos que requieren mucha fuerza son los más difíciles de conseguir.

- Reducción de propiedades mecánicas por exposición al medio oral: la exposición reduce el módulo elástico, se vuelven quebradizos y desarrollan fisuras, a diferencia de la aparatología fija, lo cual puede reducir la entrega de fuerzas al diente.

2.1.3 Factores que afectan la predictibilidad del movimiento dentario con alineadores

Tipo de movimiento dentario: es uno de los factores más estudiados en la literatura; se ha visto que los movimientos de proinclinación o retroinclinación son los más predecibles, mientras que las rotaciones de caninos e incisivos inferiores, la extrusión y el torque radicular son los que tienen menor eficacia en comparación a la planificación. Bilello y cols vieron en su estudio que el movimiento más predecible fue el tip V/L, mientras que la rotación de caninos, premolares e incisivo laterales fueron los menos predecibles (7). Kravitz y cols en 2009 reportan una predictibilidad promedio del 41%, el movimiento menos predecible fue el de la extrusión de incisivos laterales superiores y la rotación de caninos mandibulares, la cual disminuía aún más cuando se requiere un movimiento mayor a 15° (2). Si bien la predictibilidad en 2020 subió a un 50% según los estudios de Haouili y cols, persistió la rotación como el movimiento más complejo, con una eficacia del 28% en la mesiorrotación del primer molar inferior y 37% en la distorrotación del canino superior (4).

Diseño del sistema de alineadores: hay varios factores a considerar en este punto, tales como el uso de *attachments*, su diseño, la secuencia de movimientos, el tipo y rigidez del material y el uso de otros elementos auxiliares. Simon y cols vieron en su estudio que la rotación de premolares tenía un éxito del 46% en promedio que caía a 23.6% en rotaciones mayores a 15°, concordante con los resultados de Kravitz y cols, pero además observaron que si los movimientos eran planeados con rotaciones menores a 1.5° por alineador, la predictibilidad era mejor, teniendo una eficiencia del 41.8% en comparación a 23.2%, de lo cual podemos concluir que no es solo el tipo de movimiento lo que afecta la predictibilidad, sino que además la manera en que planeamos dichos movimientos y por lo tanto tenemos herramientas para mejorar el resultado (2,16).

La elección del material del alineador también es un factor crucial que influye en la eficacia biomecánica ya que afecta la magnitud, duración y distribución de la fuerza aplicada sobre el diente. Usualmente el material usado es un polímero termoplástico derivado del poliéster, poliuretano, PET-G (polietileno tereftalato glicol) y propileno, cada uno presenta características distintas en cuanto a elasticidad y resiliencia. Aquellos más rígidos generan fuerzas iniciales más elevadas que son útiles en movimientos de expansión o intrusión, como lo es el PET-G, mientras que los más delgados son más elásticos o resilientes, favoreciendo movimientos como rotaciones, como el TPU (poliuretano termoplástico). El grosor del material también cambia las propiedades biomecánicas, un alineador más grueso entrega más fuerzas y es útil en movimientos complejos como torque o traslación, mientras que aquellos más delgados entregan fuerzas más ligeras útiles para generar *tipping*. En la actualidad podemos encontrar alineadores multicapa tales como SmartTrack de la empresa Invisalign, o Zendura FLX. Estos son una sola estructura compuesta por materiales poliméricos distintos, una capa externa más rígida y una o más capas internas más flexibles o elásticas, lo cual permite generar fuerzas más estables y sostenidas en el tiempo, lo que a su vez aumenta la efectividad clínica (17).

Factores propios del paciente: para que la terapia con alineadores sea exitosa, depende de que el paciente efectivamente use los aparatos, a diferencia de la ortodoncia fija convencional que elimina este factor al ser activada por el profesional. El protocolo actual de la empresa Invisalign es el uso de al menos 20 a 22 horas diarias, realizando cambios de aparatos cada 7 días. La literatura actual no presenta estudios que validen el uso mínimo de horas diarias, pero sí hay investigaciones sobre la cantidad de días para el recambio. Monisha y cols realizaron una revisión sistemática al respecto y encontraron estudios en los cuales había mejores resultados al cambiar los alineadores cada 14 días, sobre todo en movimientos como intrusión molar superior, distoinclinación molar superior, torque vestibular en molares superiores y tanto intrusión como extrusión molar inferior. Otro estudio reportó diferencias en la percepción de dolor al comparar protocolos de 10 y 14 días. Concluyeron que no había diferencias significativas entre 7, 10 y 14 días en cuanto al

movimiento dental general, excepto en los específicos ya mencionados, por lo que sugieren adoptar un protocolo híbrido según el resultado deseado, basado en el juicio del profesional (18).

Planificación digital: trabajar con una empresa de alineadores implica enviar los modelos digitales con una serie de especificaciones para la planificación de movimientos y recibir a cambio una propuesta de tratamiento segmentada en la cantidad de aparatos a usar. Esta primera interacción muchas veces requiere de varias modificaciones por parte del profesional ya que el plan automático que provee el *software* subestima la efectividad del movimiento o ignora la necesidad de estrategias como IPR (reducción interproximal), uso de aditamentos o anclaje esquelético, llevando a la necesidad de realizar varios refinamientos con tal de lograr el objetivo deseado; mientras que un profesional capacitado y experimentado, conoce estrategias para maximizar la eficiencia de la terapia y realizará los ajustes necesarios.

El conocimiento biomecánico nuevamente juega un rol fundamental. Conocer cuáles movimientos son sinérgicos y cuáles antagónicos puede marcar la diferencia en el resultado deseado. Por ejemplo, realizar una compresión posterior de la arcada combinada con una protrusión del segmento anterior funcionará correctamente ya que la acción de un movimiento favorece a su reacción del otro. Por otro lado, realizar una expansión posterior y una protrusión anterior no es posible y generará efectos colaterales indeseados; si se desea generar una mecánica antagónica se debe tener en cuenta el uso de mecánicas adicionales como el anclaje esquelético (17).

Un estudio retrospectivo realizado por Meade y cols. evaluó cómo los dentistas realizaban modificaciones al plan de tratamiento en base a resultados exitosos con terapias de alineadores. Dentro de los resultados se puede observar un promedio de 3 planes previos a aceptar el definitivo, mayor en casos con extracciones debido a su complejidad, además de un aumento en la cantidad de alineadores (24 vs 26), mayor cantidad de *attachments* e IPR (19).

2.2 Diagnóstico ortodóncico y planificación digital iFace.

2.2.1 Clasificación de maloclusiones

La maloclusión dentaria se interpreta como cualquier desviación de la oclusión ideal que interfiera en la función, estética o salud oral. Incluye alteraciones en la alineación dentaria, la relación entre la arcada superior e inferior y en el desarrollo esquelético de las bases óseas maxilar y mandibular (20). Se pueden clasificar en 2 grandes grupos:

Maloclusiones intraarco: se caracterizan por una alteración en la alineación de los dientes dentro de una sola arcada. Se origina de una desarmonía dentomaxilar (DDM), es decir, una discrepancia entre el tamaño de los dientes y el espacio disponible en la base ósea (20).

- Apiñamiento dentario: DDM negativa, espacio insuficiente para acomodar a los dientes de forma alineada (9,21).
- Espaciamiento dental: DDM positiva, con exceso de espacio para acomodar los dientes por lo cual estos se encuentran separados entre sí (20).

Maloclusiones interarco: comprometen la relación entre la arcada superior e inferior, se pueden evaluar en los 3 sentidos del espacio

- Sagital: relación de las arcadas en sentido anteroposterior. La clasificación de Angle es uno de los sistemas diagnósticos más utilizados para caracterizar este tipo de maloclusión.
 - Clase I: la cúspide mesiovestibular del primer molar superior ocluye en el surco mesiovestibular del primer molar inferior. Esto a su vez da una relación canina en la cual el canino superior ocluye entre el canino inferior y el primer premolar inferior.
 - Clase II: la cúspide mesiovestibular del primer molar superior ocluye mesial del surco mesiovestibular del primer molar inferior. El canino superior también ocluye mesial al contacto entre el canino inferior y primer premolar inferior.

- Clase III: la cúspide mesiovestibular del molar superior ocluye distal al surco mesiovestibular del primer molar inferior. El canino superior también ocluye distal al contacto entre el canino inferior y primer premolar inferior (9,20,22).

La severidad de la maloclusión se puede graduar en cuartos de cúspide, utilizando el ancho de un premolar dividido en 4 para ver la distancia que se desvía la oclusión de la clase I (23).

Overjet o resalte: en el segmento anterior de la arcada también se pueden observar alteraciones en sentido sagital. El *overjet* es la distancia horizontal entre el borde incisal del incisivo central superior y la cara vestibular del incisivo inferior; la norma es 2 a 3mm de distancia.

- Aumentado: distancia mayor a 4mm
 - Negativo: los incisivos inferiores se proyectan por delante de los superiores (20). Esto se expresa como una mordida invertida anterior.
- Vertical: el *overbite* o sobremordida es la relación de superposición vertical entre incisivos superiores e inferiores y es la referencia utilizada para diagnosticar maloclusiones en este sentido del espacio. La norma es 1 a 3mm.
- Mordida abierta: *overbite* negativo.
 - Mordida profunda: *overbite* mayor a 4mm (20).
- Transversal: el elemento III de la oclusión ideal de Andrews identifica que la cúspide mediovestibular del primer molar inferior debe asentarse bajo la fosa mesial del primer molar superior, estableciendo una adecuada dimensión transversal (24). Una desviación de este parámetro da como consecuencia una maloclusión que se puede expresar como
- Mordida cruzada posterior: los dientes posteriores superiores quedan por lingual con respecto a los inferiores. Es en general por una estrechez de la arcada superior (20).
 - Mordida en tijera: desplazamiento vestibular de los dientes posteriores maxilares, con o sin contacto entre la superficie lingual de la cúspide lingual

maxilar y la superficie bucal del antagonista mandibular, causada por un exceso transversal del maxilar o un déficit mandibular (25).

2.2.2 Tipos de movimientos dentarios

Los movimientos dentarios en ortodoncia se clasifican según el tipo de desplazamiento que experimenta la corona y/o raíz del diente sobre el hueso alveolar. Estos son:

- Rotación: movimiento del diente sobre su eje longitudinal, este gira hacia mesial o distal dentro del alveolo (20).
- Extrusión: movimiento del diente en sentido vertical hacia oclusal o incisal dependiendo del tipo de diente (20).
- Intrusión: movimiento apical del diente hacia el hueso alveolar (20).
- Torque: movimiento de la corona o raíz dentaria hacia vestibular o lingual (palatino) (9).
- Traslación: movimiento de todo el volumen dentario en una dirección lineal sin generar inclinación de este. Ocurre cuando la línea de acción de la fuerza aplicada pasa por el centro de resistencia del diente y genera un movimiento de todo el cuerpo en la dirección a la que apunta (19,20)
- *Tip* o inclinación: es la forma más sencilla de movimiento y se da por la aplicación de una fuerza única contra la corona del diente, provocando que este bascule alrededor de su centro de resistencia (20).

2.2.3 Softwares utilizados para el análisis digital

Existen diversos *softwares* especializados que permiten realizar análisis tridimensionales de la maloclusión inicial y cuantificar los movimientos simulados y los reales si disponemos el modelo final al tratamiento. Dentro de la literatura podemos encontrar:

- *Rhinoceros 3D* (7)
- *ProplanCMF (Materialise)* (8)

- Clincheck (Aling Technology) (2) (3)
- Geomagic Control (3D System) (26)
- iFaceLab (iFace)

Estos programas permiten importar archivos en formato STL (*Standard Tessellation Language* o *Standard Triangle Language*), correspondientes a modelos digitales obtenidos mediante escáner intraoral o de sobremesa, y generar mediciones detalladas de las maloclusiones (*overbite*, *overjet*, anchos intercaninos o intermolares, etc.) y cuantificar el movimiento, tanto simulado como real, mediante superposiciones de los modelos.

Para realizar estas mediciones se debe establecer un sistema de coordenadas tridimensionales. Dentro de la literatura vemos diferentes planos de referencia, siendo los más comunes:

- Plano oclusal: determinado por las cúspides mesiovestibulares de los primeros molares y el borde incisal de los incisivos centrales. Se usa principalmente para medir movimientos verticales tales como intrusión y extrusión. (7,26)
- Plano coronal: pasa por el punto medio entre los ejes faciales de los segundos molares y por el punto medio entre los bordes incisales. (26)
- Plano medio: pasa por el punto medio entre los incisivos y es perpendicular a los planos oclusal y coronal. (26)
- Eje facial de la corona clínica: eje longitudinal dentario expresado en la cara vestibular.

Luego de orientar el modelo y establecer los planos, se pueden aislar las coronas como entes unitarios para medir los movimientos en todos los sentidos del espacio.

Para la superposición de los modelos digitales, entre el de movimientos simulados con el real enviado al momento de refinamiento, consta generalmente de los siguientes pasos (2,3):

1. Importación de modelos STL: se carga tanto el modelo simulado como el real
2. Alineación inicial (*best-fit alignment*): por medio de un algoritmo, el software alinea las arcadas. Se puede realizar en base a diferentes puntos de referencias; algunos

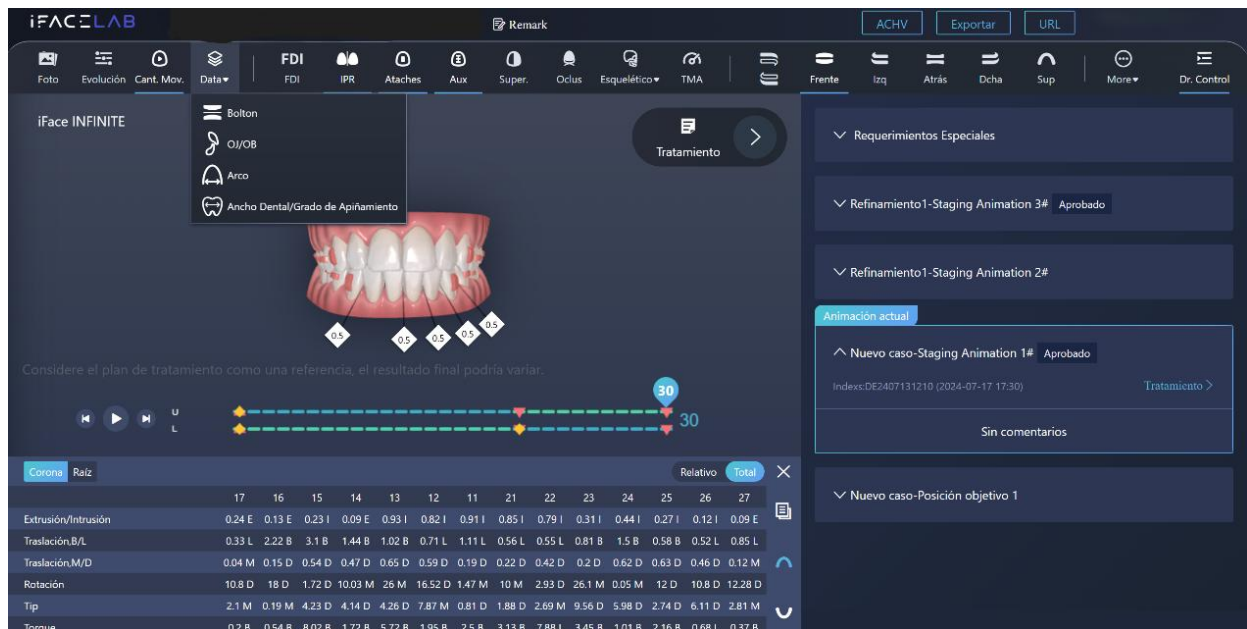
softwares permiten seleccionar los dientes que tuvieron la menor cantidad de movimiento o no se movieron, tales como molares o segundos premolares; o seleccionar implantes dentales. Otros utilizan zonas anatómicas estables, como las arrugas palatinas o la zona posterior mandibular

3. Comparación tridimensional: se genera un mapa de calor donde se muestra la discrepancia en milímetros y grados entre la posición planificada y la real.

El software de la empresa iFace permite medir:

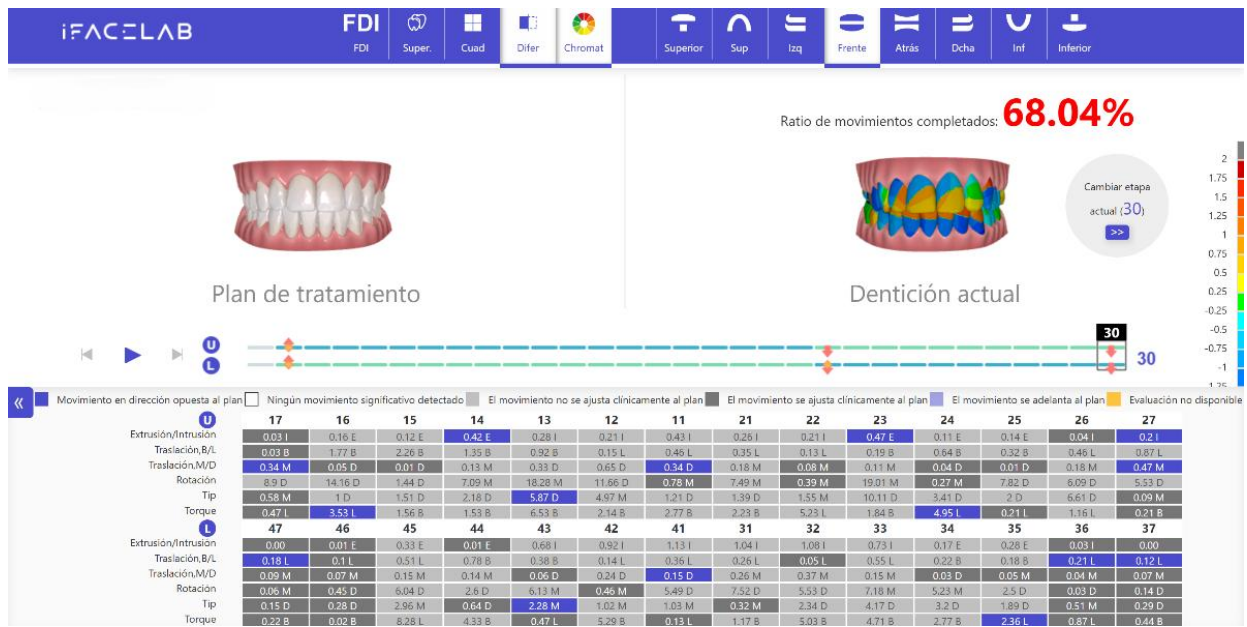
- *Overbite* y *overjet* en base a un promedio de los 4 incisivos superiores inferiores.
- Ancho intercanino en base a las cúspides de los caninos superiores e inferiores y ancho intermolar en base a las fosas centrales.
- Análisis de Bolton: mide el ancho de cada corona dentaria.
- Mediciones individualizadas: tiene la herramienta “medir”, la cual permite ver la distancia entre dos puntos seleccionados por el operador.
- Movimientos dentarios simulados: en cada alineador se puede observar todos los movimientos en cada pieza dentaria

Imagen 3. Herramientas de iFaceLab



Al realizar la superposición de los modelos tiene la opción de visualizar el mapa de calor y además entrega el porcentaje de éxito general entre los movimientos planificados y los logrados en la realidad, además de una tabla descriptiva de cada diente y cada movimiento para saber cuál fue el movimiento real obtenido, con una colorimetría específica la cual detalla si el movimiento se ajusta al plan, se adelanta, no se ajusta al plan, va en sentido contrario o no hay movimientos significativos.

Imagen 4. Superposición de modelo simulado y modelo solicitado para refinamiento



3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Aprobación ética

El proyecto cuenta con la aprobación del Comité de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad de los Andes, FIC-ODO Folio 422025. Además, se firmó un acuerdo de confidencialidad con la empresa iFace y se anonimizó la base de datos.

3.2 Diseño del estudio

Estudio observacional, retrospectivo basado en la comparación entre el movimiento dentario simulado y el real en pacientes tratados con alineadores iFace.

3.3 Población objetivo y unidad muestral

3.3.1 Población objetivo

Pacientes tratados con alineadores, confeccionados por la empresa iFace de forma consecutiva entre el 01/01/2024 y el 31/08/2025.

3.3.2 Tamaño muestral

El tamaño muestral fue por conveniencia considerando a todos los pacientes dentro de la base de datos que proporcionó la empresa iFace y que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. Se limitó la muestra a aquellos pacientes tratados desde el 01/01/2024 hasta el 31/08/2025 ya que en este período se utilizó siempre el mismo material para confeccionar los alineadores. Antes de la fecha de inicio utilizaban otro material, lo cual podría generar una variación en la biomecánica del movimiento dentario y llevar a un error en la comparación de los resultados.

3.3.3 Criterios de inclusión

- Pacientes tratados con alineadores iFace con al menos una etapa de refinamiento.

- Registros digitales disponibles antes del tratamiento y después de la primera fase de alineadores (previos al refinamiento).
- Diagnóstico inicial documentado mediante modelos digitales.

3.3.4 Criterios de exclusión

- Casos con pérdida de registros digitales.
- Pacientes con extracciones dentales planificadas o con denticiones mutiladas
- Pacientes con terceros molares.

3.4 Definición de variables

3.4.1 Variables dependientes

- Precisión del movimiento dentario: variable cuantitativa continua. Diferencia entre movimiento simulado y real, expresado en mm y grados

3.4.2 Variables independientes

- Sexo: variable categórica dicotómica
- Edad: variable cuantitativa continua.
- Maloclusión inicial:
 - Sagital:
 - Clase molar: variable categórica nominal. Clase I, II, III (graduadas en $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ cúspide).
 - Clase canina: variable categórica nominal. Clase I, II, III (graduadas en $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ cúspide).
 - *Overjet*: variable cuantitativa continua, expresado en mm.
 - Vertical:
 - *Overbite*: variable cuantitativa continua, expresado en mm.

- Transversal:
 - Diferencia entre el ancho transversal: variable cuantitativa continua, expresada en mm. Diferencia entre el ancho intermolar superior y ancho intermolar inferior utilizando primeros molares, expresada en mm.
- Interarcada:
 - Desarmonía dentomaxilar: variable categórica nominal. Determinación visual en arcada maxilar y mandibular, expresada como espaciada, alineada o apiñada.
- Movimientos específicos individuales a cada diente:
 - Rotación: variable cuantitativa continua, expresado en grados.
 - Inclinación: variable cuantitativa continua, expresado en grados.
 - Extrusión: variable cuantitativa continua, expresado en mm.
 - Intrusión: variable cuantitativa continua, expresado en mm.
 - Traslación: variable cuantitativa continua, expresado en mm.
 - Torque: variable cuantitativa continua, expresado en grados.

3.5 Técnica de recolección de la información

Los datos asociados a cada variable fueron obtenidos de la ficha clínica del paciente disponible en la plataforma de iFace y recolectados mediante el uso de una planilla Excel de forma anonimizada para su análisis. La maloclusión inicial se obtuvo de los modelos digitales iniciales. La plataforma de la empresa iFace cuenta con un software que identifica el grado de movimiento dentario generado desde el modelo inicial, datos que se recopilaron para el análisis posterior de precisión de movimiento.

3.6 Análisis de datos

- Análisis descriptivo: media, desviación estándar y rango de las diferencias entre el movimiento simulado y el real.

- Pruebas de normalidad: Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad de la distribución de datos.
- Comparación entre grupos:
 - ANOVA con test post-hoc de Bonferroni (distribución normal) o su equivalente no paramétrico (no normal) para evaluar si la precisión del movimiento varía entre diferentes maloclusiones.
 - Prueba t de muestras pareadas o test de Wilcoxon para comparar cada tipo de movimiento simulado v/s real.
- Análisis de correlación: Pearson o Spearman para evaluar la relación entre la severidad de la maloclusión y la precisión del movimiento.
- Regresión lineal tipo Lasso: determinar que maloclusiones iniciales son predictores del cambio en la precisión del movimiento dentario.

3.7 Consideraciones éticas

El protocolo de estudio contó con la aprobación del comité de investigación y de la Facultad de Odontología de la Universidad de los Andes.

Acceso a los datos: solo la investigadora principal tuvo acceso a la ficha clínica completa de los pacientes. Los datos recopilados en la planilla fueron anonimizados previo al análisis estadístico.

3.8 Fuentes de financiamiento

No se requieren fuentes de financiamiento.

4. RESULTADOS

4.1 Estadística descriptiva

De la base de pacientes de la empresa iFace, con un total de 1190 pacientes, a la cual se le aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, se llegó a un total final de 65 sujetos, 26 hombres y 39 mujeres con edades que oscilan entre 15 y 65 años (edad promedio 34.6, DS \pm 11.8), como se observa en la tabla 1. La prueba de Shapiro-Wilk reveló que la edad y la diferencia del ancho transversal no presentaban distribución normal con $p < 0,05$.

Tabla 1. Número de sujetos y distribución por edad y sexo

| | N (sujetos) | % (sujetos) | Media (edad) | DS (edad) | Mediana | Min-Max |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|---------|---------|
| Femenino | 39 | 60 | 34,9 | 11,5 | 33 | 15-62 |
| Masculino | 26 | 40 | 34,1 | 2,6 | 32.5 | 15-65 |

De las 65 fichas clínicas se recopiló la información sobre las maloclusiones y movimientos dentarios, equivalente a 2 mediciones de los 1820 dientes (simulación y refinamiento). La distribución de las variables evaluadas en el estudio se puede observar en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Distribución de las variables categóricas en el estudio

| n = 65 | |
|---|------------|
| Desarmonía Dentomaxilar Superior | |
| Alineada | 15 (23.1%) |
| Apiñada | 40 (61.5%) |
| Diastemada | 10 (15.4%) |
| Desarmonía Dentomaxilar Inferior | |
| Alineada | 7 (10.8%) |
| Apiñada | 50 (76.9%) |
| Diastemada | 8 (12.3%) |
| Clase Canina Simple Derecha | |
| Clase I | 19 (29.2%) |
| Clase II | 46 (70.8%) |
| Clase Canina (1/4 cúspide) Derecha | |
| Clase I | 19 (29.2%) |
| Clase II de ¼ cúspide | 28 (43.1%) |
| Clase II de ½ cúspide | 10 (15.4%) |
| Clase II de ¾ cúspide | 2 (3.1%) |
| Clase II completa | 6 (9.2%) |
| Clase Canina Simple Izquierda | |
| Clase I | 16 (24.6%) |
| Clase II | 46 (70.8%) |
| Clase III | 3 (4.6%) |
| Clase Canina (1/4 cúspide) Izquierda | |

| | |
|--|------------|
| Clase I | 16 (24.6%) |
| Clase II de ¼ cúspide | 27 (41.5%) |
| Clase II de ½ cúspide | 14 (21.5%) |
| Clase II de ¾ cúspide | 3 (4.6%) |
| Clase II completa | 2 (3.1%) |
| Clase III de ¼ cúspide | 3 (4.6%) |
| Clase Molar Simple Derecha | |
| Clase I | 43 (66.2%) |
| Clase II | 15 (23.1%) |
| Clase III | 7 (10.8%) |
| Clase Molar (1/4 cúspide) Derecha | |
| Clase I | 43 (66.2%) |
| Clase II de ¼ cúspide | 2 (3.1%) |
| Clase II de ½ cúspide | 4 (6.2%) |
| Clase II de ¾ cúspide | 4 (6.2%) |
| Clase II completa | 5 (7.7%) |
| Clase III de ¼ cúspide | 4 (6.2%) |
| Clase III de ½ cúspide | 3 (4.6%) |
| Clase Molar Simple Izquierda | |
| Clase I | 35 (53.8%) |
| Clase II | 15 (23.1%) |
| Clase III | 15 (23.1%) |
| Clase Molar (1/4 cúspide) Izquierda | |
| Clase I | 35 (53.8%) |
| Clase II de ¼ cúspide | 6 (9.2%) |
| Clase II de ½ cúspide | 3 (4.6%) |
| Clase II de ¾ cúspide | 4 (6.2%) |
| Clase II completa | 2 (3.1%) |
| Clase III de ¼ cúspide | 11 (16.9%) |
| Clase III de ½ cúspide | 4 (6.2%) |

Tabla 3. Distribución de las variables cuantitativas en el estudio

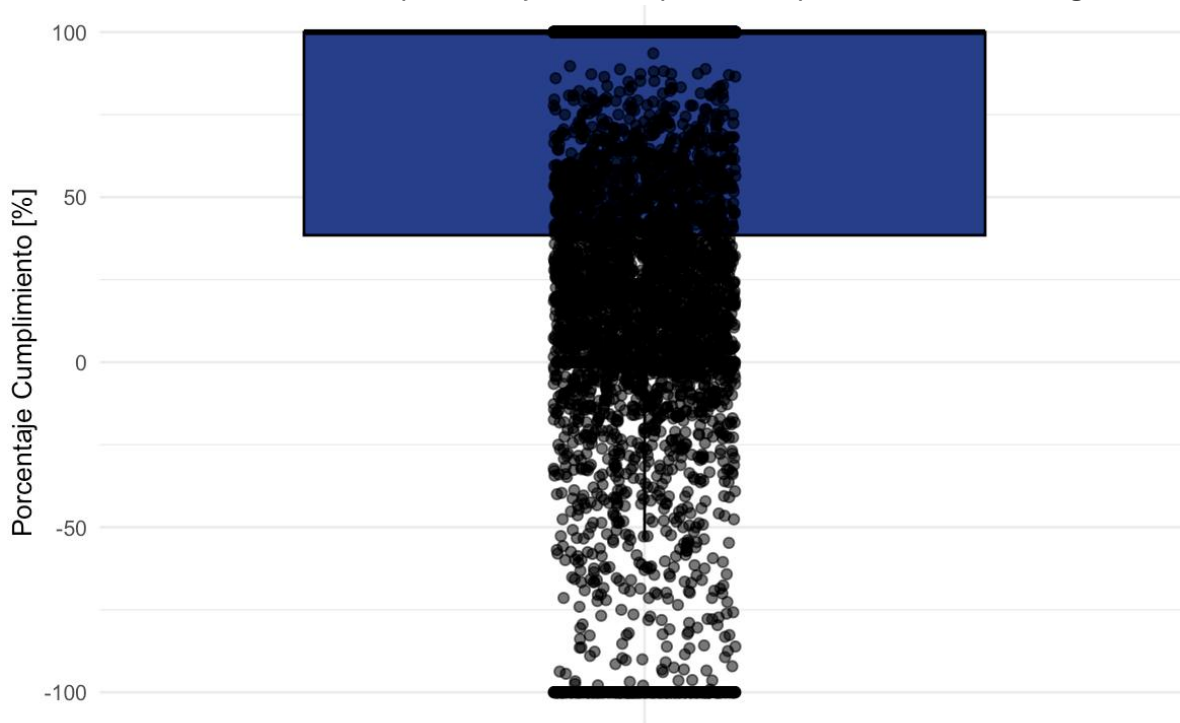
| | | |
|---------------------------------|---------------|--------------|
| Overjet (mm) | promedio ± sd | 2.54 ± 1.40 |
| | p50 (iqr) | 2.50 (1.90) |
| | min – max | -0.80 - 5.90 |
| Overbite (mm) | promedio ± sd | 2.18 ± 1.44 |
| | p50 (iqr) | 2.20 (2.40) |
| | min – max | -0.70 - 5.70 |
| Δ Ancho intermolar (mm)* | promedio ± sd | 3.84 ± 2.08 |
| | p50 (iqr) | 4.30 (2.30) |
| | min – max | -5.40 - 7.50 |

*No distribuye normal - Shapiro-wilk Test p-valor <0.05. Abreviaciones: sd – desviación estándar, p50 – mediana, iqr – rango intercuartílico, min – mínimo, max - máximo

Se obtuvo una precisión de movimiento general del 67.76% ± 53.03 de DS con un mínimo de -100% (movimiento en dirección opuesta) y un máximo de 100% (cumplimiento del objetivo en la dirección deseada). La mediana fue de 100 con un rango intercuartílico de 64.43. Se tomó como referencia el criterio de la *American Board of Orthodontics* en la cual se resta 1 punto a la finalización cuando se pesquisa una diferencia de 0,5mm de discrepancia en

medidas lineares, lo cual equivale a 2° en movimiento angulares. La prueba del Kolmogórov-Smirnov mostró que la muestra no tiene una distribución normal con un $p < 0,05$ como se puede observar en el gráfico 1.

Gráfico 1. Distribución del porcentaje de cumplimiento para el movimiento general



En cuanto al tipo de movimiento, el porcentaje de precisión se puede observar en la tabla 4. Los datos no se distribuyen normalmente según la prueba Shapiro-Wilk con $p < 0,05$.

Tabla 4. Porcentaje de precisión del movimiento dentario

| Movimiento | % | DS | Mediana | IQR | Min-Máx |
|-------------------------------|-------|-------|---------|-------|------------|
| Extrusión/Intrusión | 74.11 | 54.31 | 100 | 0 | -100 – 100 |
| Traslación bucolingual | 62.6 | 54.23 | 100 | 80.64 | -100 – 100 |
| Traslación mesiodistal | 76.46 | 47.04 | 100 | 0 | -100 – 100 |
| Rotación mesiodistal | 63.53 | 42.26 | 75.78 | 66.61 | -100 – 100 |
| Tip mesiodistal | 71.02 | 54.32 | 100 | 43.79 | -100 – 100 |
| Torque bucolingual | 62.08 | 63.11 | 100 | 61.59 | -100 – 100 |

Realizando el análisis según la dirección del movimiento, por ejemplo, si la rotación fue mesial o distal, el porcentaje de precisión del movimiento puede observarse en la tabla 5. Ningún movimiento distribuyó normal según la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 5. Porcentaje de precisión del movimiento dentario según la dirección de movimiento

| Movimiento | % | DS | Mediana | IQR | Min-Máx |
|---------------------------|-------|-------|---------|--------|------------|
| Extrusión | 75.83 | 58.53 | 100 | 0 | -100 – 100 |
| Intrusión | 66.34 | 56.63 | 100 | 74.65 | -100 – 100 |
| Traslación bucal | 60.12 | 57.10 | 100 | 81.3 | -100 – 100 |
| Traslación lingual | 59.94 | 53.50 | 100 | 83.70 | -100 – 100 |
| Traslación mesial | 88.17 | 35.94 | 100 | 0 | -100 – 100 |
| Traslación distal | 66.43 | 52.90 | 100 | 82.08 | -100 – 100 |
| Rotación mesial | 39.00 | 49.14 | 41.47 | 59.67 | -100 – 100 |
| Rotación distal | 46.64 | 40.86 | 46.70 | 47.99 | -100 – 100 |
| Tip mesial | 35.62 | 69.4 | 58.33 | 105.16 | -100 – 100 |
| Tip distal | 49.33 | 63.06 | 71.03 | 75.55 | -100 – 100 |
| Torque bucal | 23.84 | 77.14 | 48.09 | 145.49 | -100 – 100 |
| Torque lingual | 56.70 | 67.56 | 100 | 53.36 | -100 – 100 |

Llevado a un análisis más específico, en las siguientes tablas se puede ver el rendimiento de cada pieza dentaria según el tipo y dirección del movimiento.

Tabla 6.1. Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en extrusión

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|-------|-----|
| Incisivo central superior | 27.93 | 84 | 100 | 149.97 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 68.61 | 60.11 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Canino superior | 94.8 | 26.82 | 100 | 0 | -62.5 | 100 |
| Primer premolar superior | 93.9 | 24.41 | 100 | 0 | -33.9 | 100 |
| Segundo premolar superior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Primer molar superior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Segundo molar superior | 47.08 | 79.43 | 100 | 125.23 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 19.61 | 89.46 | 61.7 | 200 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 69.1 | 60.22 | 100 | 18.83 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 78.77 | 53.43 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 84.4 | 40.68 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 98.67 | 10.9 | 100 | 0 | 10.81 | 100 |
| Primer molar inferior | 79.19 | 58.44 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 31.25 | 96.51 | 100 | 200 | -100 | 100 |

Tabla 6.2: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en intrusión

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 75.55 | 40.86 | 100 | 52.63 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 60.75 | 58.68 | 100 | 86.98 | -100 | 100 |
| Canino superior | 65.29 | 55.16 | 100 | 79.12 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 67.92 | 63.9 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 75.04 | 65.49 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 63.66 | 68.98 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 72.22 | 66.49 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 60.83 | 45.07 | 100 | 82.81 | -54.55 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 63.56 | 46.63 | 100 | 81.72 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 56.63 | 57.87 | 100 | 88.03 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 54.14 | 78.97 | 100 | 91.79 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 77.69 | 59.24 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 86.54 | 46.54 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 83.35 | 50.83 | 100 | 0 | -100 | 100 |

Tabla 6.3: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en rotación distal

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 48.77 | 34.57 | 43.61 | 55 | -22.05 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 46.02 | 42.73 | 48 | 45.33 | -100 | 100 |
| Canino superior | 38.31 | 58.39 | 47.59 | 70.6 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 40.38 | 49.44 | 38.51 | 50.06 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 42.77 | 35.37 | 42.5 | 44.35 | -76.04 | 100 |
| Primer molar superior | 47.24 | 35.66 | 46.7 | 30.94 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 40.67 | 44.12 | 44.03 | 45.2 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 52.76 | 40.66 | 48.83 | 58.1 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 51.52 | 49.15 | 54.7 | 65.59 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 48.56 | 42.81 | 53.6 | 45.03 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 45.52 | 42.25 | 47.63 | 35.98 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 47.53 | 31.64 | 41.48 | 48.95 | -31.2 | 100 |
| Primer molar inferior | 51.46 | 35.17 | 53.99 | 43.68 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 48.6 | 35.38 | 51.37 | 41.13 | -100 | 100 |

Tabla 6.4: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en rotación mesial

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 51.27 | 49.82 | 60.54 | 66.21 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 51.31 | 48.42 | 58 | 58.02 | -100 | 100 |
| Canino superior | 46.63 | 36.13 | 49.46 | 48.8 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 37.34 | 41.78 | 28.91 | 59.27 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 24.45 | 59.64 | 41.28 | 57.91 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 44.44 | 59.16 | 42.5 | 97.28 | -36.87 | 100 |
| Segundo molar superior | 61.03 | 34.55 | 52.11 | 62.55 | -7.14 | 100 |
| Incisivo central inferior | 30.89 | 62.58 | 38.2 | 68.18 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 29.91 | 57.88 | 38.42 | 70.15 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 42.1 | 38.34 | 39.36 | 40.82 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 28.79 | 50.82 | 32.82 | 43.84 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 20.22 | 42.36 | 12.7 | 28.01 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 25.05 | 55.56 | 28.28 | 49.14 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 43.43 | 52.31 | 49.74 | 65.38 | -100 | 100 |

Tabla 6.5: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en tip distal

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|------|-----|
| Incisivo central superior | 37.22 | 65.37 | 55.35 | 104.45 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 22.18 | 68.29 | 36.29 | 98.59 | -100 | 100 |
| Canino superior | 47.02 | 56.1 | 51.58 | 72.96 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 46.97 | 59.38 | 57.75 | 82.46 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 48.15 | 65.68 | 68.71 | 65.95 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 76.42 | 40.97 | 100 | 32.9 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 83.07 | 49.13 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 32.34 | 67.92 | 48.69 | 97.35 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 3.52 | 71.49 | 18.54 | 117.68 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 16.88 | 73.57 | 34.02 | 127.67 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 62.76 | 51.05 | 89.27 | 51.87 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 56.81 | 55.47 | 76.84 | 69.82 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 81.27 | 50.45 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 81.19 | 36.74 | 100 | 20 | -100 | 100 |

Tabla 6.6: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en tip mesial

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|--------|-------|---------|-----------------------|------|-----|
| Incisivo central superior | 45.01 | 64.23 | 60.23 | 88.18 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 43.17 | 59.96 | 57.72 | 80.97 | -100 | 100 |
| Canino superior | 33.99 | 72.09 | 54.01 | 109 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 38.32 | 69.66 | 62.05 | 110 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 40.89 | 75.48 | 71.9 | 129.27 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | -5.34 | 87.5 | -14.97 | 200 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 30.82 | 65.48 | 51.01 | 106.78 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 39.95 | 62.44 | 56.67 | 96.42 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 58.98 | 55.29 | 81.34 | 62.8 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 61.7 | 50.49 | 80.23 | 55.97 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 35.86 | 69.76 | 62.45 | 99.81 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 2.27 | 74.52 | 8.68 | 105.75 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | -14.91 | 71.08 | -14.18 | 132.62 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 6.22 | 91.96 | 0.37 | 200 | -100 | 100 |

Tabla 6.7: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en torque bucal

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|--------|-------|---------|-----------------------|------|-----|
| Incisivo central superior | 57.65 | 60.13 | 95.45 | 56.43 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 35.06 | 76.60 | 68.18 | 113.83 | -100 | 100 |
| Canino superior | 7.83 | 77.88 | 32.69 | 176.49 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | -36.13 | 74.05 | -65.24 | 121.01 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | -32.41 | 72.16 | -46.91 | 120.37 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | -26.35 | 81.73 | -69.42 | 160.71 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 34.93 | 93.63 | 100 | 200 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 53.54 | 58.19 | 76.53 | 61.94 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 54.94 | 55.63 | 72.3 | 61.94 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 42.05 | 62.4 | 55.86 | 82.71 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 39.03 | 68.64 | 55 | 87.91 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 3.61 | 75.11 | 9.91 | 129.73 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | -22.75 | 83.89 | -41.47 | 163.36 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 48.01 | 76.16 | 100 | 98.36 | -100 | 100 |

Tabla 6.8: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en torque lingual

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|------|-----|
| Incisivo central superior | 5.23 | 75.82 | 32.59 | 161.25 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 57.08 | 53.36 | 68.4 | 55.22 | -100 | 100 |
| Canino superior | 75.71 | 47.6 | 100 | 29.26 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 86.25 | 32.44 | 100 | 14.78 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 83.05 | 44.21 | 100 | 2.55 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 76.6 | 50.53 | 100 | 23.42 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 68.02 | 47.61 | 79.94 | 40.82 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | -4.86 | 69.13 | -9.15 | 121.69 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | -4.4 | 85.44 | -17.11 | 200 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 46.03 | 74.32 | 100 | 95.11 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 76.18 | 57.02 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 71.63 | 67.34 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 86.57 | 47.96 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 35.02 | 93.91 | 100 | 200 | -100 | 100 |

Tabla 6.9: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en traslación bucal

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 87.49 | 37.42 | 100 | 0 | -75.76 | 100 |
| Canino superior | 78.77 | 39.22 | 100 | 38.32 | -75 | 100 |
| Primer premolar superior | 63.75 | 45.32 | 100 | 73.6 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 61.41 | 58.48 | 100 | 74.79 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 59.86 | 62.94 | 100 | 87.8 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 41.35 | 94.51 | 100 | 139.87 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 70.61 | 43.6 | 100 | 71.28 | -24.53 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 51.01 | 54.87 | 47.95 | 82.77 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 64.47 | 52.26 | 100 | 79.97 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 50.83 | 60.75 | 100 | 87.88 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 46.96 | 61.58 | 88.27 | 92.42 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 36.82 | 70.77 | 75.45 | 113.49 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 52.79 | 75.28 | 100 | 93.26 | -100 | 100 |

Tabla 6.10: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en traslación lingual

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 55.05 | 39.02 | 47.27 | 82.22 | -4.92 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 38.15 | 63.88 | 33.71 | 103.39 | -100 | 100 |
| Canino superior | 55.64 | 68.19 | 100 | 90.59 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 53.27 | 75.1 | 100 | 83.47 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 97.29 | 11.18 | 100 | 0 | 53.89 | 100 |
| Primer molar superior | 69.79 | 63.49 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 72.53 | 53.11 | 100 | 31.9 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 39.2 | 48.72 | 26.52 | 97.97 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 43.96 | 44.95 | 30.07 | 91.73 | -62.16 | 100 |
| Canino inferior | 52.46 | 52.94 | 77.88 | 94.62 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 66.46 | 58.27 | 100 | 57.89 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 89.16 | 41.8 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 86.73 | 34.51 | 100 | 0 | -52.78 | 100 |
| Segundo molar inferior | 85.97 | 34.04 | 100 | 0 | -64.93 | 100 |

Tabla 6.11: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en traslación distal

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|-------|-----|
| Incisivo central superior | 81.88 | 37.37 | 100 | 0 | -34 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 72.04 | 49.2 | 100 | 67.01 | -100 | 100 |
| Canino superior | 64.36 | 52.53 | 100 | 84.59 | -100 | 100 |
| Primer premolar superior | 65.54 | 51.9 | 100 | 91.87 | -100 | 100 |
| Segundo premolar superior | 67.91 | 50.09 | 100 | 86.59 | -100 | 100 |
| Primer molar superior | 69.69 | 48.21 | 100 | 85.37 | -100 | 100 |
| Segundo molar superior | 58.85 | 54.4 | 100 | 94.26 | -100 | 100 |
| Incisivo central inferior | 59.17 | 53.68 | 100 | 90.42 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 65.67 | 55.21 | 100 | 74.91 | -100 | 100 |
| Canino inferior | 55.67 | 55.31 | 100 | 85.71 | -93.1 | 100 |
| Primer premolar inferior | 60.35 | 56.47 | 100 | 93.25 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 67.39 | 57.45 | 100 | 63.55 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 75.69 | 53.81 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 65.74 | 64.12 | 100 | 30.62 | -100 | 100 |

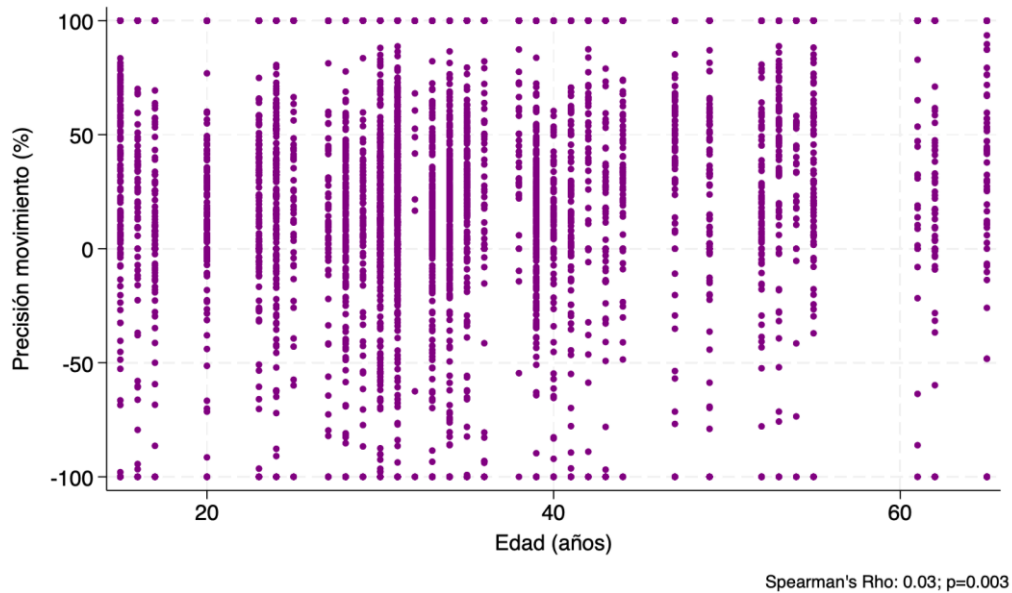
Tabla 6.12: Descripción del porcentaje de precisión de movimiento en traslación mesial

| Diente | Media | DS | Mediana | Rango intercuartílico | Min | Max |
|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|--------|-----|
| Incisivo central superior | 79.87 | 43.07 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral superior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Canino superior | 94.29 | 29.14 | 100 | 0 | -48.57 | 100 |
| Primer premolar superior | 97.13 | 15.74 | 100 | 0 | 13.79 | 100 |
| Segundo premolar superior | 95.11 | 28.5 | 100 | 0 | -66.21 | 100 |
| Primer molar superior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Segundo molar superior | 98.65 | 9.62 | 100 | 0 | 32.33 | 100 |
| Incisivo central inferior | 72.74 | 45.1 | 100 | 61.65 | -100 | 100 |
| Incisivo lateral inferior | 70.74 | 47.76 | 100 | 71.59 | -70.27 | 100 |
| Canino inferior | 77.3 | 49.24 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer premolar inferior | 95.45 | 30.15 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Segundo premolar inferior | 88.34 | 43.96 | 100 | 0 | -100 | 100 |
| Primer molar inferior | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 100 |
| Segundo molar inferior | 94.12 | 34.3 | 100 | 0 | -100 | 100 |

4.2 Estadística inferencial

Asociación entre edad y precisión del movimiento: se encontró una correlación positiva muy débil pero estadísticamente significativa entre la edad y la precisión del movimiento dentario con una ligera tendencia a mejor precisión a mayor edad (coeficiente de Spearman= 0.03, $p = 0.003$). A pesar de alcanzar significancia estadística, la magnitud del coeficiente indica que la relación carece de relevancia clínica.

Gráfico 2. Asociación entre edad y precisión del movimiento dentario



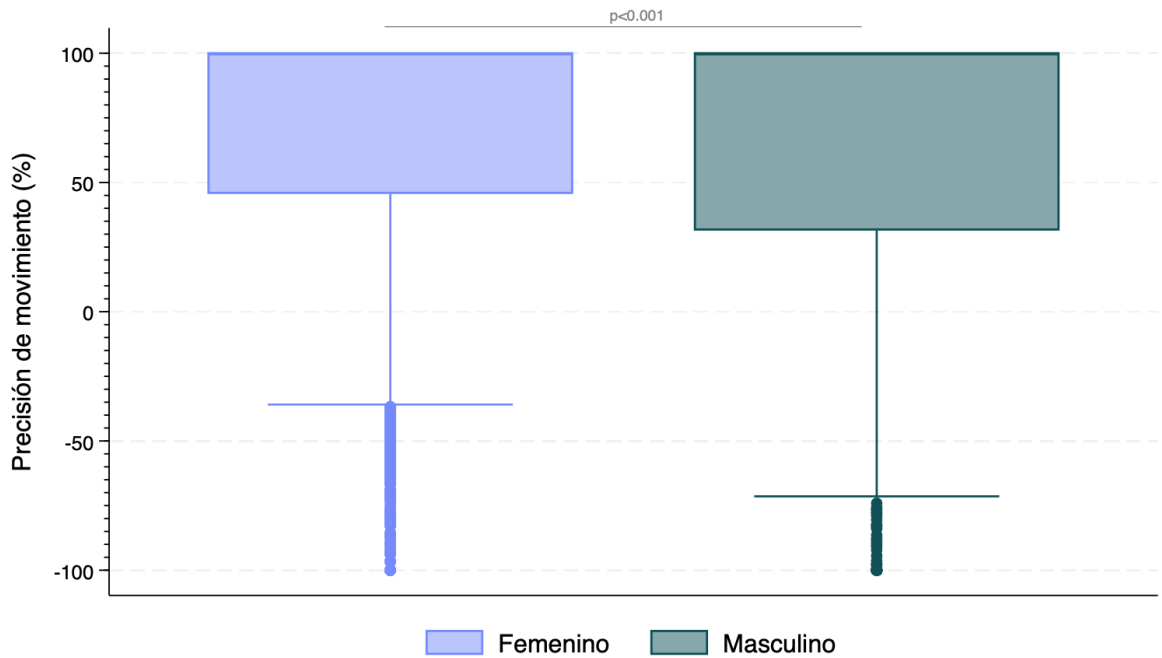
Asociación entre sexo y precisión del movimiento: si bien la precisión del movimiento dentario presentó una mediana de 100% tanto en hombres como en mujeres, se observa que la dispersión fue diferente entre ambos grupos (RIC = 68.61 en hombres vs 54.45 en mujeres), con una diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Mann-Whitney ($p < 0.001$). Los hombres, al mostrar una mayor variabilidad, sugiere que la precisión es menos consistente en ese grupo.

Tabla 7. Asociación entre sexo y precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Femenino 39 (60%) | Masculino 26 (40.%) | p-valort |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------|
| Precisión de Movimiento (%)* | promedio \pm ds | 70.41 \pm 52.12 | 65.13 \pm 54.77 | <0.001 |
| | p50 (iqr) | 100.00 (54.45) | 100.00 (68.61) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

*No distribuye normal, Test de Shapiro-wilk $p < 0.05$. †Test de Mann-Whitney

Gráfico 3. Asociación entre sexo y precisión del movimiento dentario



Mann-Whitney Test

Asociación entre DDM y precisión del movimiento

DDM superior: en la tabla 8 se puede observar los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para observar si existe asociación entre la precisión del movimiento dentario en diferentes movimientos y la desarmonía dentomaxilar superior. Sólo el movimiento de intrusión obtuvo un *p-value* < 0.001.

Tabla 8. Asociación entre DDMs y precisión del movimiento dentario

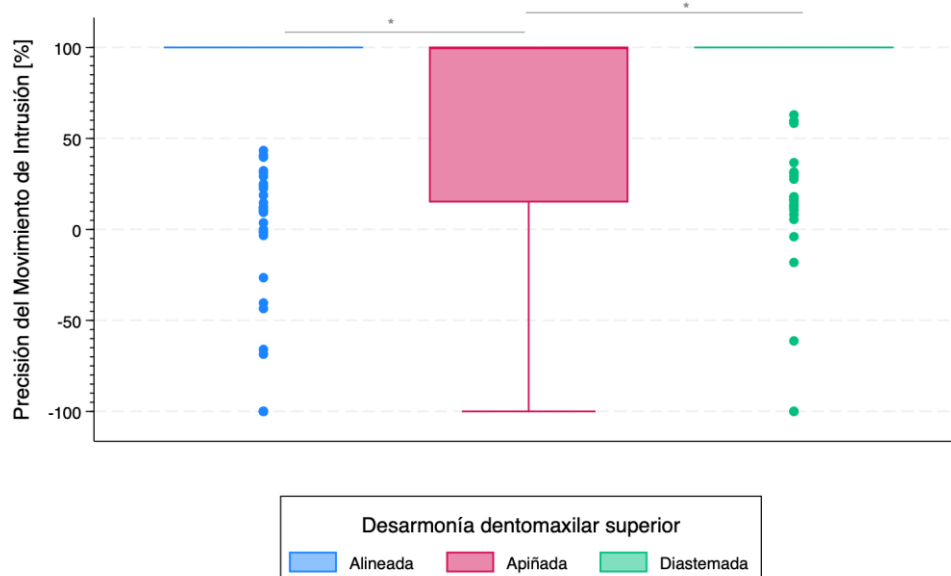
| | | Alineada | Apiñada | Diastemada | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | n (%) | 420 (23.08%) | 1120 (61.54%) | 280 (15.38%) | |
| Intrusión | n | 178 | 591 | 131 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 75.50 ± 54.18 | 60.25 ± 59.07 | 81.37 ± 42.81 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (85.22) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 173 | 352 | 105 | 0.571 |
| | promedio ± ds | 71.07 ± 61.67 | 76.75 ± 58.41 | 80.59 ± 53.40 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 420 | 1,120 | 280 | 0.240 |
| | promedio ± ds | 60.18 ± 51.18 | 63.55 ± 55.38 | 62.40 ± 54.09 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (84.56) | 100.00 (77.11) | 100.00 (80.80) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| Traslación Mesio-Distal | n | 420 | 1,120 | 280 | 0.461 |
| | promedio ± ds | 73.63 ± 51.70 | 76.63 ± 45.62 | 80.00 ± 45.14 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Rotación Mesio-Distal | n | 420 | 1,120 | 280 | 0.814 |
| | promedio ± ds | 62.39 ± 45.90 | 64.36 ± 40.86 | 61.93 ± 42.15 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (70.25) | 73.77 (64.52) | 62.21 (67.12) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Buco-Lingual | n | 420 | 1,120 | 280 | 0.925 |
| | promedio ± ds | 64.03 ± 60.46 | 61.54 ± 63.94 | 61.35 ± 63.83 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (55.30) | 100.00 (64.60) | 100.00 (58.91) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio-Distal | n | 420 | 1,120 | 280 | 0.767 |
| | promedio ± ds | 71.70 ± 52.59 | 70.56 ± 54.57 | 71.84 ± 56.01 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (44.80) | 100.00 (44.25) | 100.00 (31.27) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

Datos no distribuyen normal, Test de Shapiro-wilk $p < 0.005$. *Kruskal-Wallis Test.

Como se observa en el gráfico 4, el análisis post hoc de Dunn confirma que todas las comparaciones por pares fueron estadísticamente significativas para el movimiento de intrusión ($p < 0.001$). Al analizar la distribución de los valores se observa que los dientes alineados y diastemados tienen la mayor precisión con medianas del 100% y rangos intercuartílicos de 0, es decir, tienen alta concordancia entre el movimiento simulado y real. Por otro lado, la dentición apiñada tiene una menor precisión, con un rango intercuartílico amplio, lo que evidencia mayor variabilidad, es decir, menor predictibilidad del movimiento de intrusión en presencia de apiñamiento.

Gráfico 4. Asociación entre la precisión de la intrusión dentaria y la DDMs.



DDM inferior: en la tabla 9 se puede observar los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indicando si existe asociación entre la precisión del movimiento dentario en diferentes movimientos y la desarmonía dentomaxilar inferior. El movimiento de intrusión, traslación mesiodistal, rotación mesiodistal y torque bucolingual obtuvieron una relación estadísticamente significativa.

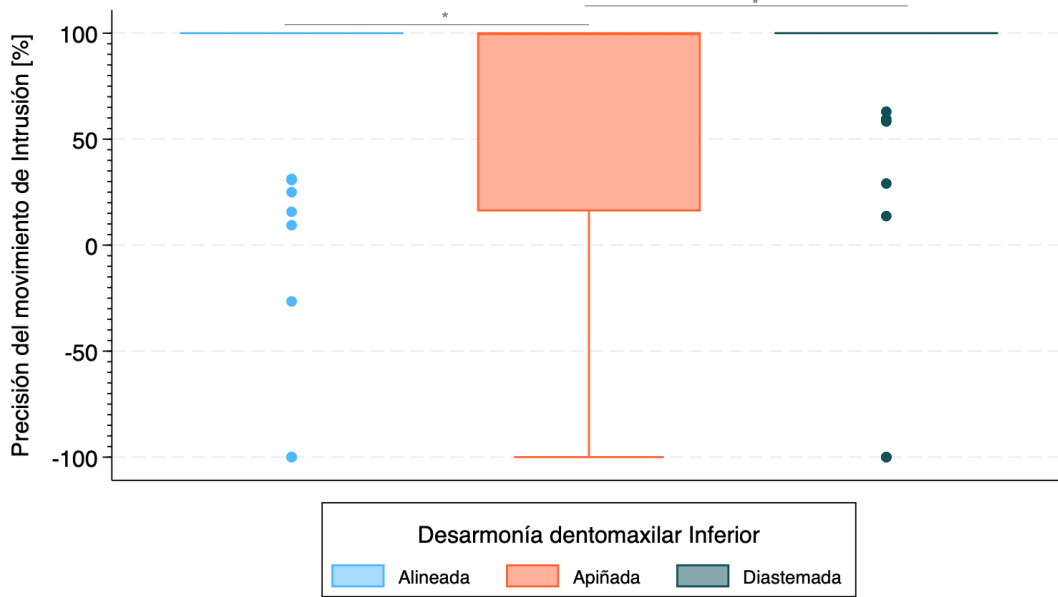
Tabla 9. Asociación entre DDMi y precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Alineada 420 (23.08%) | Apiñada 1120 (61.54%) | Diastemada 280 (15.38%) | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|
| Intrusión | n | 96 | 720 | 84 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 88.39 ± 40.20 | 60.97 ± 58.52 | 87.19 ± 44.37 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (84.11) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 61 | 475 | 94 | 0.186 |
| | promedio ± ds | 88.89 ± 40.02 | 74.33 ± 60.25 | 74.95 ± 59.25 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 196 | 1,400 | 224 | 0.143 |
| | promedio ± ds | 71.95 ± 42.99 | 61.13 ± 56.17 | 63.58 ± 49.87 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (59.52) | 100.00 (82.59) | 100.00 (79.62) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Mesio-Distal | n | 196 | 1,400 | 224 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 84.64 ± 35.22 | 74.28 ± 48.60 | 82.92 ± 44.87 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -31.58 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Rotación Mesio-Distal | n | 196 | 1,400 | 224 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 72.53 ± 39.60 | 61.23 ± 42.34 | 70.06 ± 42.48 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (55.66) | 66.44 (67.97) | 100.00 (63.38) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Buco-Lingual | n | 196 | 1,400 | 224 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 74.47 ± 56.93 | 59.93 ± 64.12 | 64.69 ± 60.77 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (69.59) | 100.00 (46.86) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio-Distal | n | 196 | 1,400 | 224 | 0.101 |
| | promedio ± ds | 76.71 ± 50.92 | 69.15 ± 55.69 | 77.77 ± 47.38 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (50.16) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

Datos no distribuyen normal, Test de Shapiro-Wilk p<0.005. *Kruskal-Wallis Test.

Como se observa en el gráfico 5, el movimiento de intrusión se comporta de manera similar a su relación con la DDM superior, siendo el grupo con apiñamiento el con mayor variabilidad y por lo tanto menor precisión de movimiento.

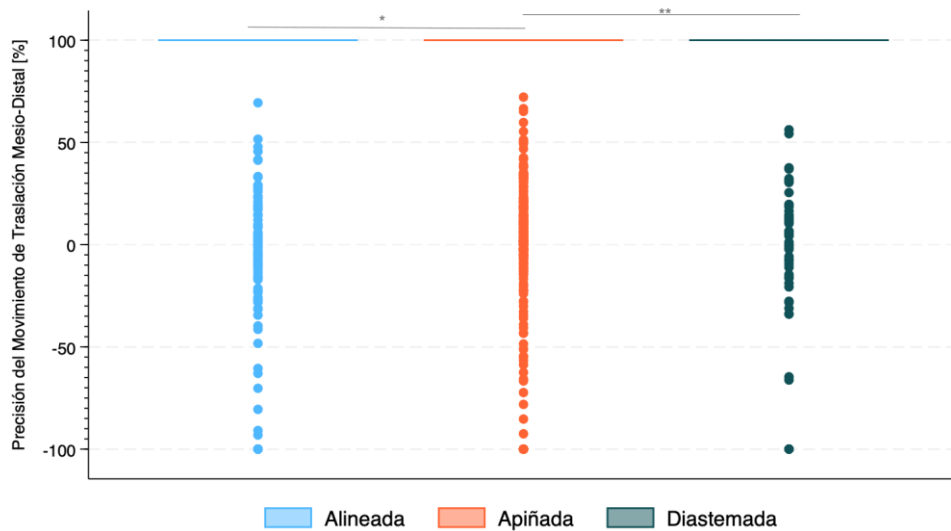
Gráfico 5. Asociación entre la precisión de la intrusión dentaria y la DDMi



* Dunn's post test; p<0.0001

En el gráfico 6 se puede observar que el análisis post hoc de Dunn mostró diferencias significativas entre los grupos alineado vs. apiñado ($p = 0.038$) y entre apiñado vs. diastemado ($p = 0.007$), mientras que no se observaron diferencias entre alineado y diastemado. Si bien los 3 grupos presentan medianas de 100 y RIC de 0, en el grupo apiñado hay recurrencia de valores negativos, es decir movimiento en sentido contrario, por lo cual este grupo presenta menor predictibilidad.

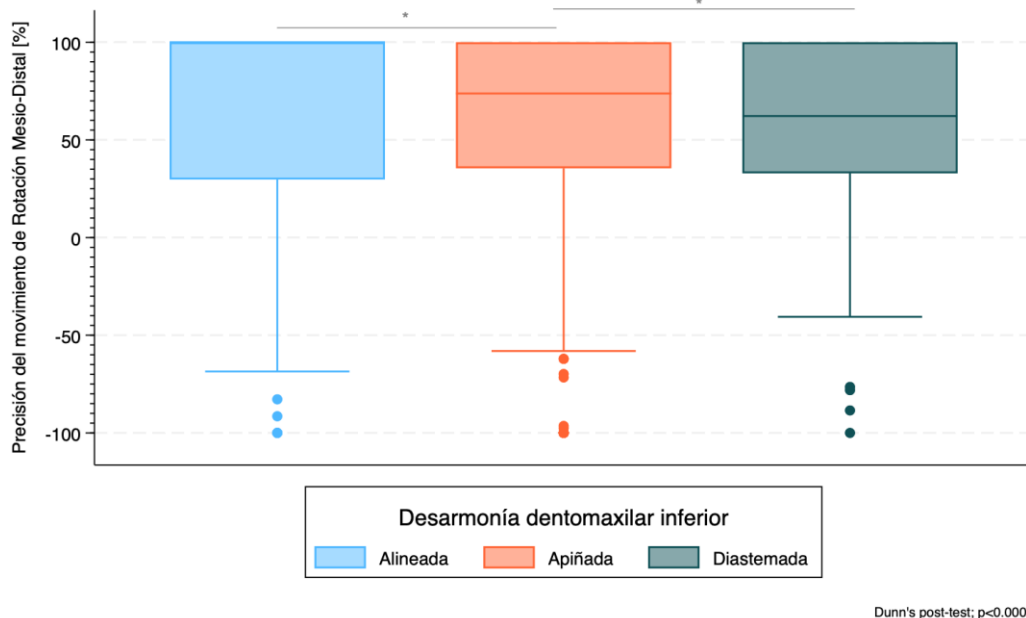
Gráfico 6. Asociación entre la precisión de la traslación mesiodistal y la DDMi



Dunn's post-test; *: $p=0.038$; **: $p=0.007$

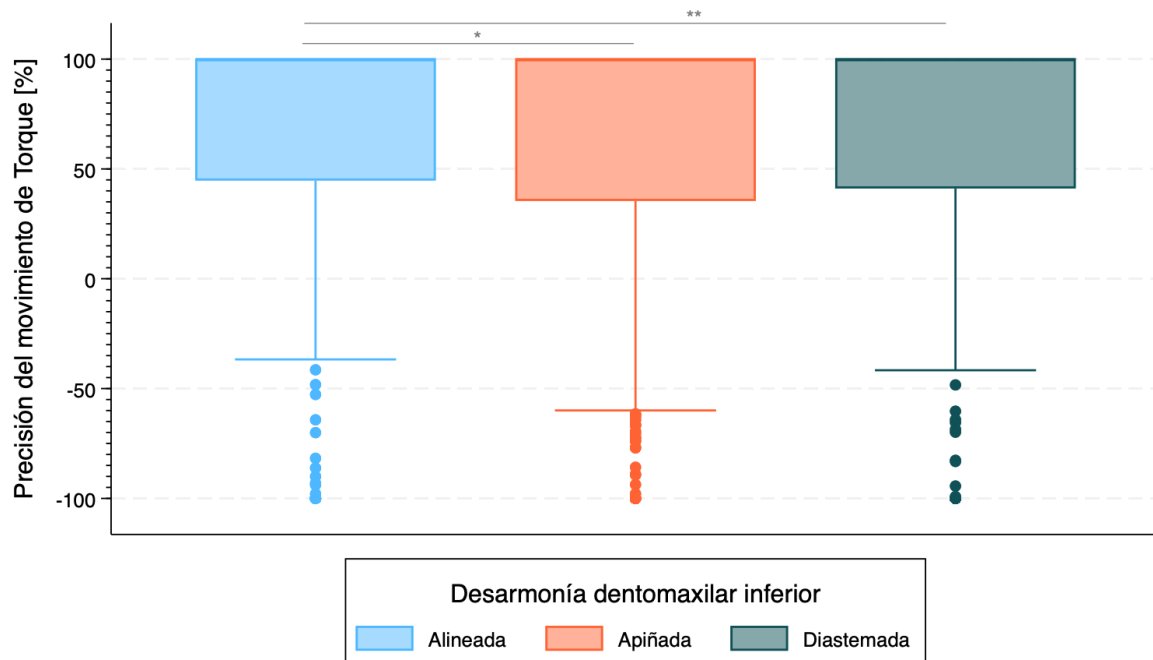
Para el movimiento de rotación mesiodistal, el análisis post hoc de Dunn reveló diferencias significativas entre los grupos alineado vs. apiñado ($p < 0.0001$) y entre apiñado vs. diastemado ($p < 0.0001$), mientras que no hubo diferencias entre alineado y diastemado. La mediana de precisión fue de 100% en los grupos alineado y diastemado, mientras que el grupo apiñado presentó una mediana significativamente menor (66.44%), además de una mayor dispersión, indicando que tiene una menor precisión en el del movimiento.

Gráfico 7. Asociación entre la precisión de la rotación mesiodistal y la DDMi



En el gráfico 8 se observa el análisis para el torque bucolingual. El análisis post hoc de Dunn mostró que los pacientes con dentición alineada presentaron una precisión mayor en comparación con los grupos apiñado ($p = 0.028$) y diastemado ($p = 0.0004$). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos apiñado y diastemado.

Gráfico 8. Asociación entre la precisión del torque bucolingual y la DDMi



Dunn's post-test; *;p=0.028; **;p=0.0004

Asociación entre clase canina y precisión del movimiento

Clase canina derecha (simplificada): el análisis presentó solo 2 grupos de comparación, clases I y II ya que no hubo pacientes con clase III canina derecha. Al aplicar la prueba de Mann-Whitney solo el movimiento de intrusión dio una relación estadísticamente significativa como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Asociación entre clase canina derecha simplificada y precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Clase I 532 (29.23%) | Clase II 1288 (70.77%) | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| Intrusión | n | 256 | 644 | 0.009 |
| | promedio ± ds | 74.43 ± 52.48 | 63.12 ± 57.93 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | (81.13) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 197 | 433 | 0.340 |
| | promedio ± ds | 81.88 ± 49.69 | 73.08 ± 62.00 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 532 | 1,288 | 0.987 |
| | promedio ± ds | 62.33 ± 54.60 | 62.71 ± 54.09 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (80.37) | 100.00 (80.74) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

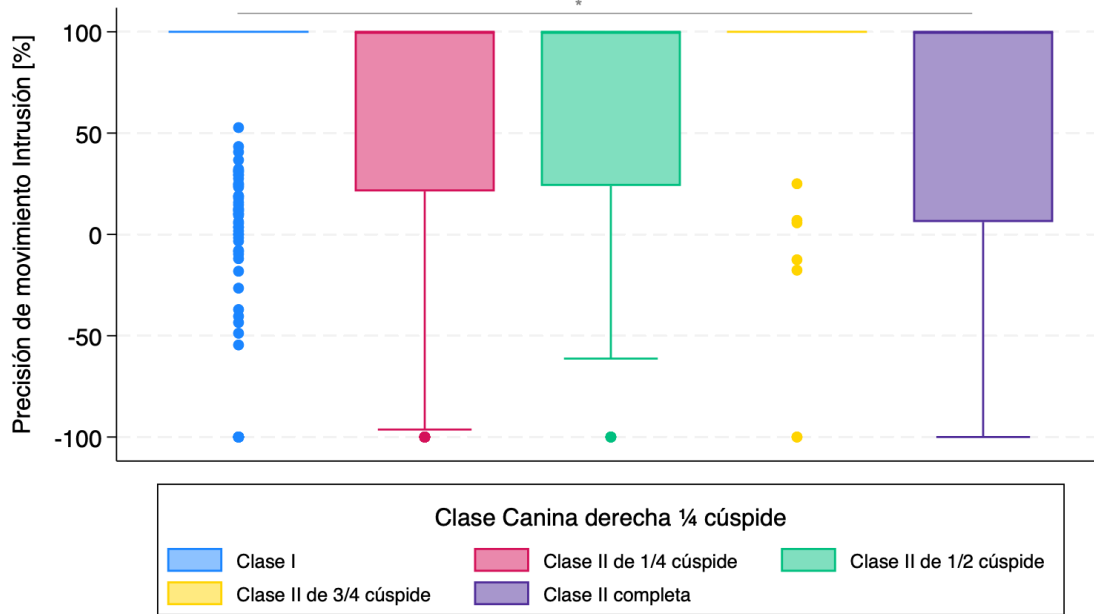
Tabla 11. Asociación entre clase canina derecha (¼ de cúspide) y precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Clase I 532 29.23% | Clase II de ¼ cúspide 784 43.08% | Clase II de ½ cúspide 280 15.38% | Clase II de ¾ cúspide 56 3.08% | Clase II completa 168 9.23% | p-valor* |
|-------------------------|---------------|-----------------------|--|--|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| | n | 256 | 372 | 138 | 33 | 101 | |
| Intrusión | promedio ± ds | 74.43 ± 52.48 | 64.79 ± 57.59 | 63.22 ± 53.62 | 72.95 ± 57.43 | 53.62 ± 64.36 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (78.78) | 100.00 (76.06) | 100.00 (0.00) | 100.00 (93.88) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.037 |
| | n | 197 | 250 | 116 | 23 | 44 | |
| Extrusión | promedio ± ds | 81.88 ± 49.69 | 78.07 ± 56.20 | 58.84 ± 73.98 | 91.30 ± 41.70 | 72.70 ± 62.68 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (63.38) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.254 |
| Traslación | n | 532 | 784 | 280 | 56 | 168 | |
| Buco-Lingual | promedio ± ds | 62.33 ± 54.60 | 62.78 ± 54.42 | 64.82 ± 50.19 | 63.36 ± 58.80 | 58.60 ± 57.40 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (80.37) | 100.00 (82.43) | 100.00 (75.03) | 100.00 (66.27) | 100.00 (82.38) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.925 |
| Traslación | n | 532 | 784 | 280 | 56 | 168 | |
| Mesio-Distal | promedio ± ds | 76.91 ± 46.71 | 81.42 ± 44.42 | 63.97 ± 50.70 | 70.53 ± 50.51 | 74.65 ± 48.82 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (87.80) | 100.00 (73.34) | 100.00 (24.20) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Rotación | n | 532 | 784 | 280 | 56 | 168 | |
| Mesio-Distal | promedio ± ds | 59.90 ± 46.07 | 66.12 ± 40.63 | 64.05 ± 38.60 | 69.97 ± 34.13 | 59.92 ± 44.64 | |
| | p50 (iqr) | 66.81 (70.31) | 100.00 (65.78) | 70.63 (64.32) | 74.91 (46.19) | 66.78 (70.55) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -71.61 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.219 |
| Torque | n | 532 | 784 | 280 | 56 | 168 | |
| Buco-Lingual | promedio ± ds | 59.25 ± 63.91 | 67.04 ± 58.27 | 62.55 ± 65.85 | 40.81 ± 77.08 | 54.22 ± 70.13 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (69.09) | 100.00 (50.00) | 100.00 (50.86) | 100.00 (108.78) | 100.00 (80.56) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.073 |
| | n | 532 | 784 | 280 | 56 | 168 | |
| TIP Mesio-Distal | promedio ± ds | 70.28 ± 53.74 | 71.22 ± 55.25 | 73.16 ± 51.83 | 72.27 ± 56.24 | 68.47 ± 55.63 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (46.89) | 100.00 (40.52) | 100.00 (38.25) | 100.00 (33.07) | 100.00 (55.54) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.869 |

No distribuye normal, test de Shapiro wilk p<0.05. * Test de Kruskal-Wallis

En el movimiento de intrusión, hay una diferencia significativa entre la clase I y la clase II completa, siendo la clase I la con menor dispersión de datos y mayor precisión de movimiento.

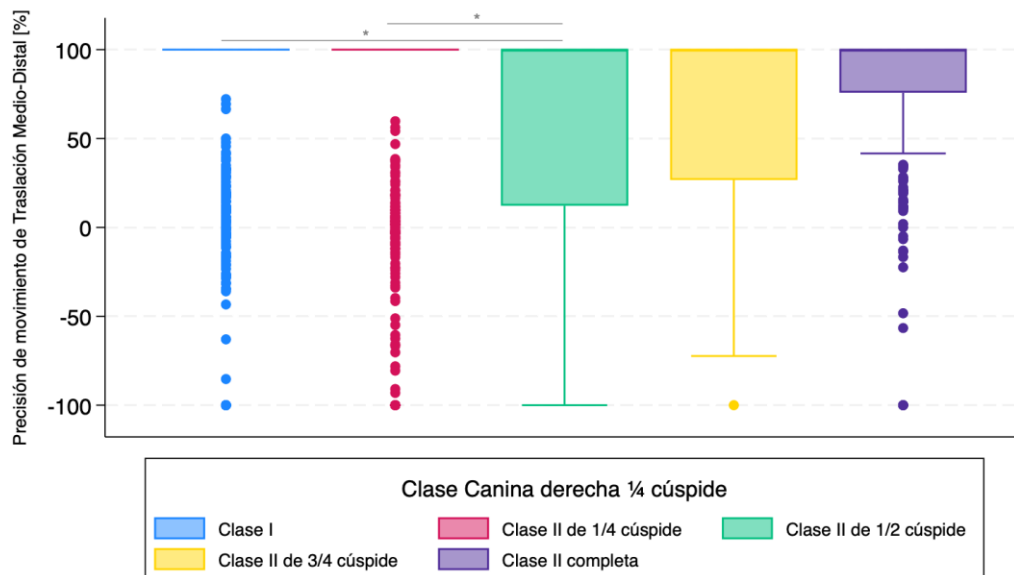
Gráfico 10. Asociación entre clase canina derecha (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de intrusión



Dunn's post-test; p=0.008

El movimiento de traslación mesiodistal tiene diferencias significativas entre la clase I y clase II ½ cúspide y entre la clase II ¼ de cúspide y II de ½ cúspide. La maloclusión de menor grado tiene menor dispersión de datos y mayor precisión de movimiento.

Gráfico 11. Asociación entre clase canina derecha (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.



Dunn's post-Test; p<0.0001

Clase canina izquierda (simplificada): la muestra arrojó 3 grupos, clase I, II y III. Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para ver asociación con la precisión del movimiento dentario y se observó una relación estadísticamente significativa para todos los movimientos menos para extrusión como se puede observar en la tabla 11.

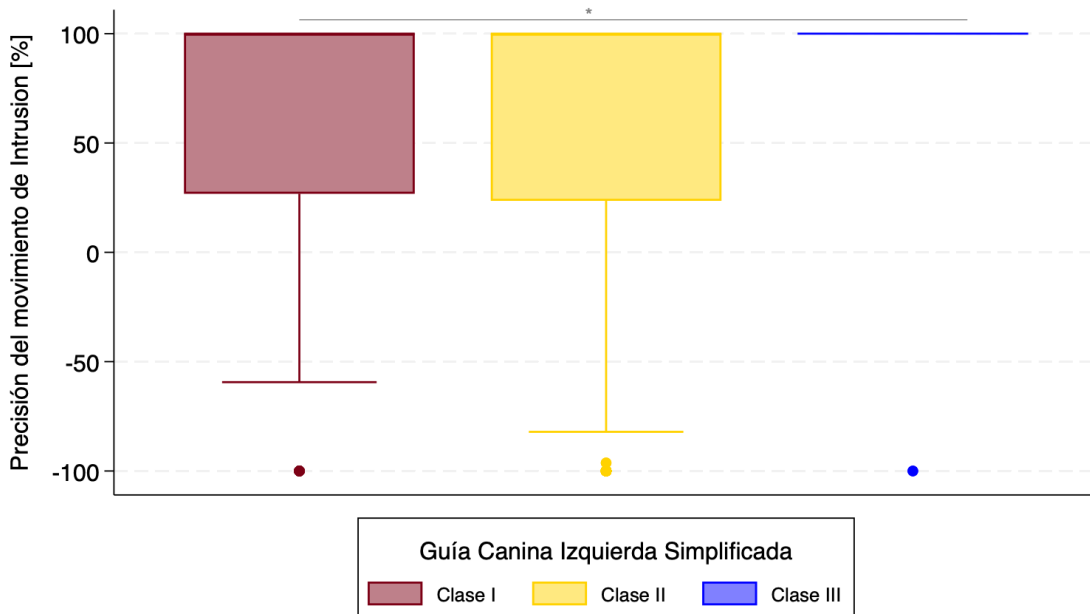
Tabla 12. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y la precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Clase I 448 (24.62%) | Clase II 1288 (70.77%) | Clase III 84 (4.62%) | p-valor |
|------------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|
| Intrusión | n | 220 | 654 | 26 | 0.046 |
| | promedio ± ds | 70.37 ± 51.08 | 63.95 ± 58.68 | 92.31 ± 39.22 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (73.20) | 100.00 (76.47) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 170 | 429 | 31 | 0.609 |
| | promedio ± ds | 73.45 ± 61.26 | 75.77 ± 58.53 | 89.73 ± 39.83 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -68.42 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 448 | 1,288 | 84 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 59.47 ± 54.56 | 61.77 ± 54.62 | 91.94 ± 34.82 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (83.63) | 100.00 (82.03) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Mesio-Distal | n | 448 | 1,288 | 84 | 0.015 |
| | promedio ± ds | 76.48 ± 47.54 | 75.16 ± 47.94 | 96.26 ± 15.75 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 10.96 - 100.00 | |
| Rotación Mesio-Distal | n | 448 | 1,288 | 84 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 57.26 ± 43.36 | 64.40 ± 41.58 | 83.69 ± 39.64 | |
| | p50 (iqr) | 54.52 (73.28) | 77.95 (65.10) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Buco- Lingual | n | 448 | 1,288 | 84 | 0.002 |
| | promedio ± ds | 60.70 ± 60.98 | 61.22 ± 64.36 | 82.69 ± 50.80 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (70.25) | 100.00 (63.63) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio- Distal | n | 448 | 1,288 | 84 | 0.035 |
| | promedio ± ds | 70.44 ± 54.11 | 70.11 ± 55.21 | 88.08 ± 36.23 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (52.33) | 100.00 (44.80) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

Variables no distribuye normal, test de Shapiro-Wilk $p < 0.05$. *Test de Kruskal-Wallis

En el movimiento de intrusión, el post hoc de Dunn indica una diferencia significativa entre la clase I y III, siendo la clase III la con menor dispersión de datos y mayor predicción del movimiento.

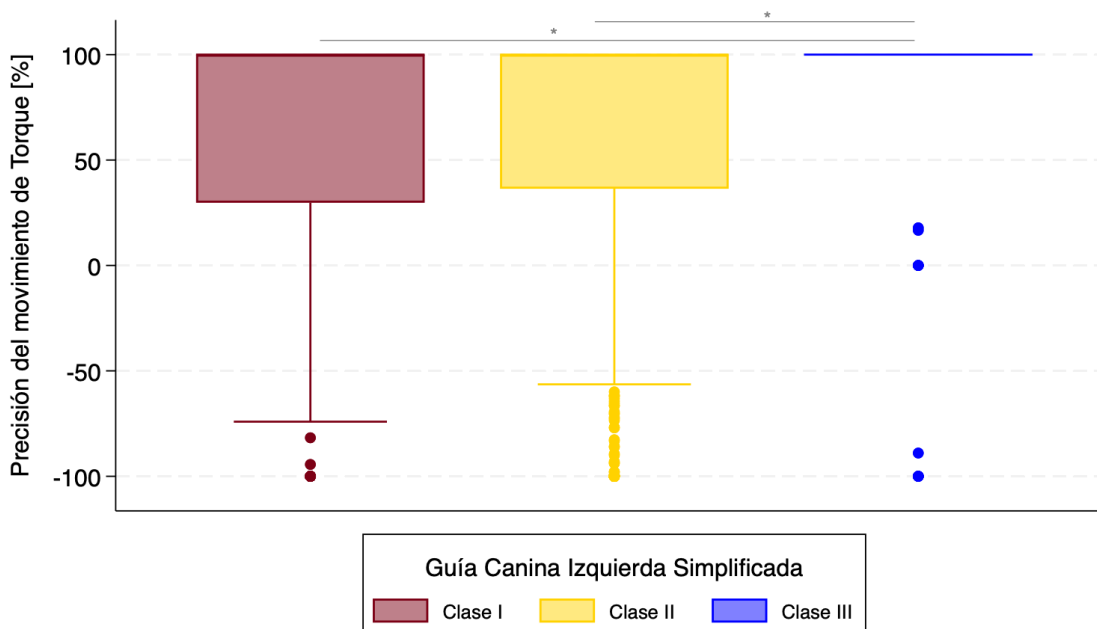
Gráfico 12. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de intrusión



Dunn's post-test; p=0.008

En cuanto al torque bucal, se encontró una diferencia significativa entre la clase I y III y entre la clase II y III, siendo la clase III la con menor dispersión de datos.

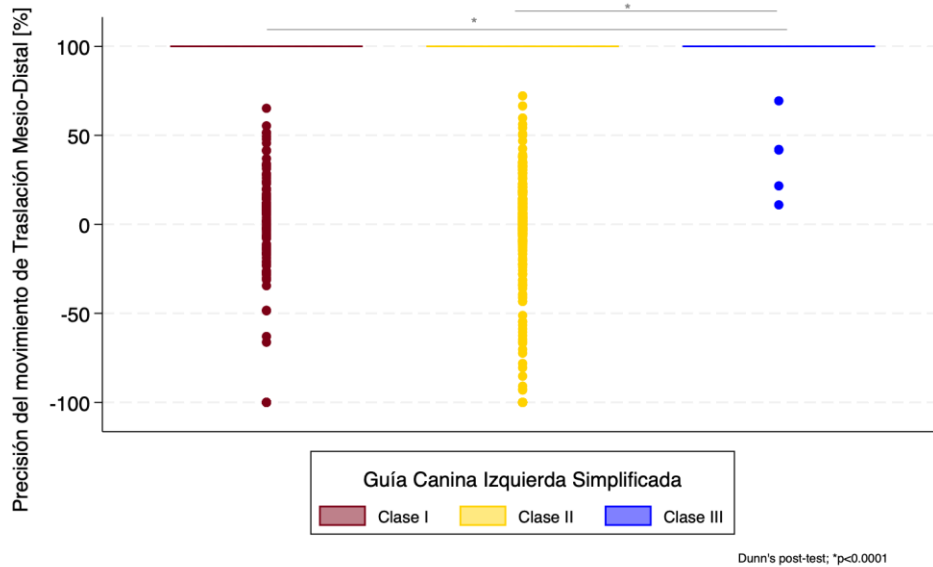
Gráfico 13. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de torque bucolingual



Dunn's post-test; *p<0.001

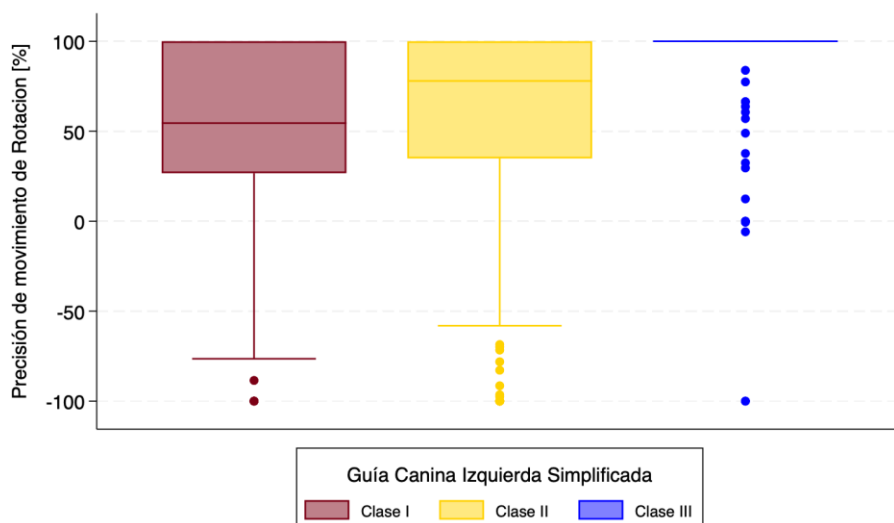
El movimiento de traslación mesiodistal tiene una diferencia significativa entre la clase I y III y entre la clase II y III. La clase III nuevamente presenta una menor dispersión de datos.

Gráfico 14. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.



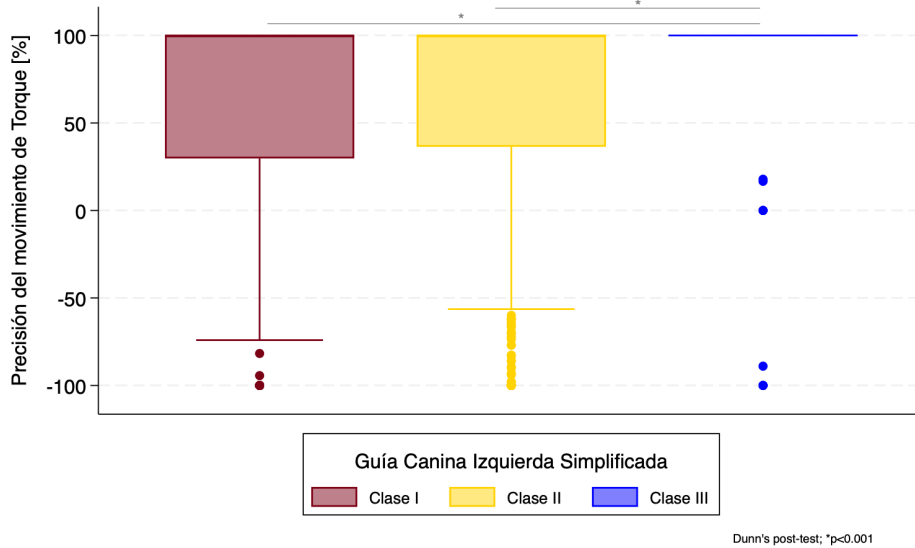
El movimiento de rotación mesiodistal si bien dio una relación estadísticamente significativa con la prueba de Kruskal-Wallis, el post hoc de Dunn no arrojó diferencias significativas entre los grupos, aunque la clase III mantiene la tendencia a la menor dispersión de datos.

Gráfico 15. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.



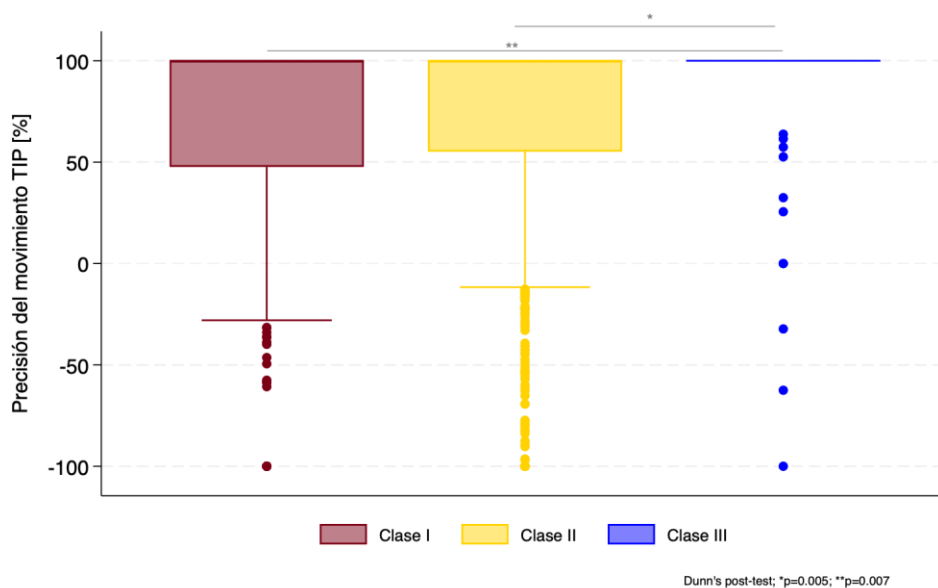
El movimiento de torque bucolingual tiene una diferencia significativa entre la clase I y III y entre la clase II y III, nuevamente la clase III presenta menor dispersión de datos.

Gráfico 16. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de torque bucolingual



El movimiento de tip mesiodistal también tiene una diferencia significativa entre clase I y III, y entre clase II y III. La clase III presentó menor dispersión de datos, siendo la de mayor predictibilidad de movimiento.

Gráfico 17. Asociación entre clase canina izquierda simplificada y precisión del movimiento de tip mesiodistal



Clase canina izquierda (¼ de cúspide): la muestra se dividió en 6 categorías, 1 clase I, 4 de clase II y 1 de clase III. Todos los movimientos mostraron una relación estadísticamente significativa a excepción de la extrusión, al igual que en la clase canina izquierda simplificada.

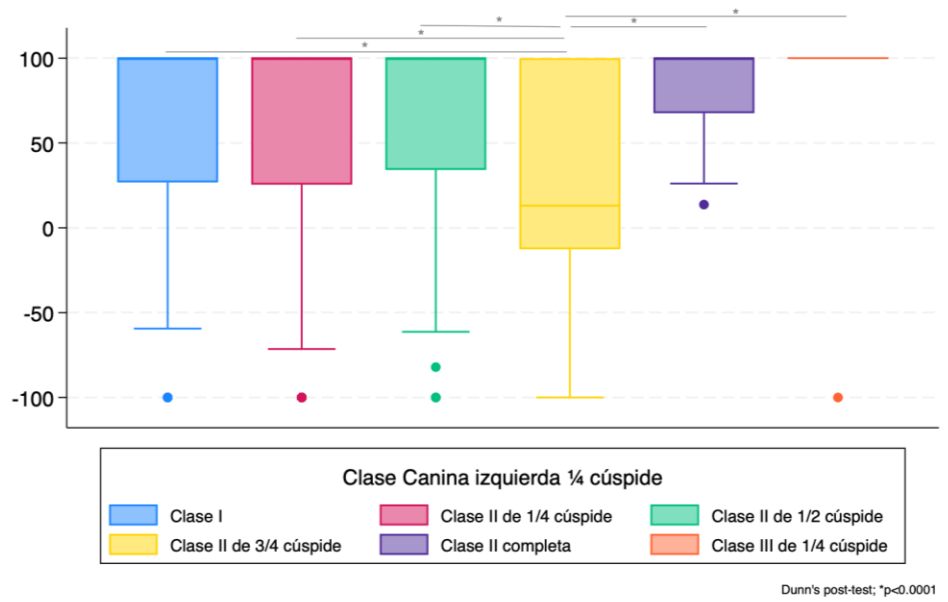
Tabla 13. Asociación entre clase canina izquierda (¼ de cúspide) y la precisión del movimiento dentario

| | n (%) | Clase I 448 24.62% | Clase II de ¼ cúspide 756 41.54% | Clase II de ½ cúspide 392 21.54% | Clase II de ¾ cúspide 84 4.62% | Clase II completa 56 3.08% | Clase III de ¼ cúspide 84 4.62% | p-valor* |
|---|---------------|-----------------------|--|--|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| Intrusión | n | 220 | 371 | 195 | 60 | 28 | 26 | |
| | promedio ± ds | 70.37 ± 51.08 | 65.76 ± 58.53 | 70.59 ± 51.55 | 21.67 ± 73.25 | 84.33 ± 27.39 | 92.31 ± 39.22 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (73.20) | 100.00 (74.55) | 100.00 (65.85) | 13.07 (112.65) | 100.00 (32.40) | 100.00 (0.00) | <0.001 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 13.70 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 170 | 251 | 150 | 16 | 12 | 31 | |
| | promedio ± ds | 73.45 ± 61.26 | 80.57 ± 51.77 | 66.73 ± 68.08 | 91.98 ± 32.08 | 66.67 ± 77.85 | 89.73 ± 39.83 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -28.33 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -68.42 - 100.00 | 0.706 |
| Traslación Buco- Lingual | n | 448 | 756 | 392 | 84 | 56 | 84 | |
| | promedio ± ds | 59.47 ± 54.56 | 60.84 ± 54.08 | 66.75 ± 49.82 | 30.82 ± 72.23 | 85.81 ± 43.88 | 91.94 ± 34.82 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (83.63) | 100.00 (82.88) | 100.00 (74.05) | 28.50 (112.39) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Traslación Mesio- Distal | n | 448 | 756 | 392 | 84 | 56 | 84 | |
| | promedio ± ds | 76.48 ± 47.54 | 78.21 ± 47.27 | 68.07 ± 48.85 | 70.35 ± 55.76 | 90.75 ± 26.35 | 96.26 ± 15.75 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (83.40) | 100.00 (32.47) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -20.34 - 100.00 | 10.96 - 100.00 | <0.001 |
| Rotación Mesio- Distal | n | 448 | 756 | 392 | 84 | 56 | 84 | |
| | promedio ± ds | 57.26 ± 43.36 | 63.37 ± 41.18 | 67.86 ± 39.61 | 47.94 ± 54.87 | 78.76 ± 27.68 | 83.69 ± 39.64 | |
| | p50 (iqr) | 54.52 (73.28) | 73.18 (67.05) | 100.00 (63.00) | 52.84 (75.67) | 100.00 (44.45) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 7.11 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Torque Buco- Lingual | n | 448 | 756 | 392 | 84 | 56 | 84 | |
| | promedio ± ds | 60.70 ± 60.98 | 61.21 ± 63.55 | 65.40 ± 63.07 | 29.64 ± 77.30 | 79.50 ± 46.97 | 82.69 ± 50.80 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (70.25) | 100.00 (64.75) | 100.00 (48.14) | 53.27 (122.88) | 100.00 (19.95) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| TIP Mesio- Distal | n | 448 | 756 | 392 | 84 | 56 | 84 | |
| | promedio ± ds | 70.44 ± 54.11 | 68.06 ± 56.72 | 74.32 ± 52.29 | 62.91 ± 56.94 | 79.13 ± 49.86 | 88.08 ± 36.23 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (52.33) - | 100.00 (53.80) - | 100.00 (0.00) | 100.00 (65.95) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | 100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.023 |

No distribuye normal, test de Shapiro wilk p<0.05. * Test de Kruskall-Wallis

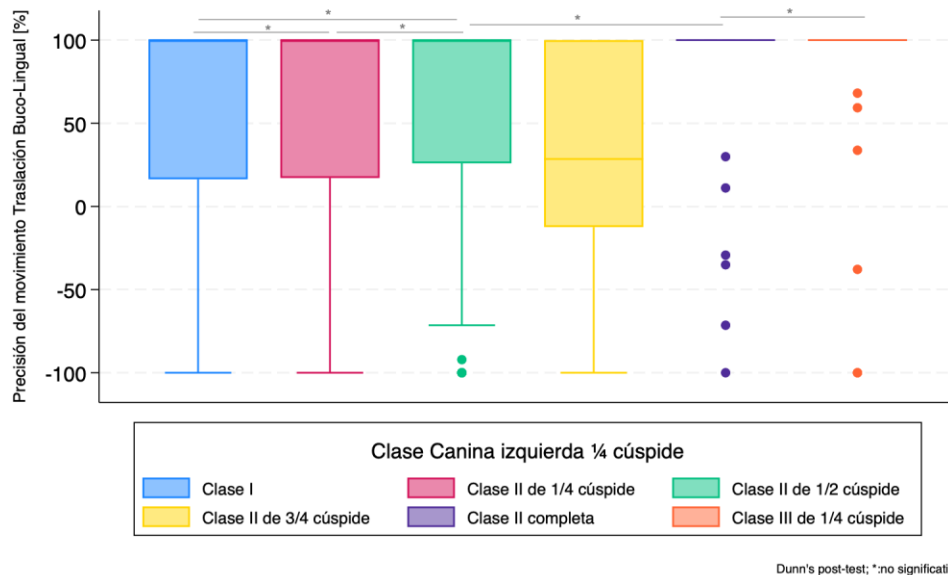
En el movimiento de intrusión mostró diferencias entre varios grupos como se observa en el gráfico 18. La clase II ¾ de cúspide tuvo la mayor dispersión y una mediana menor, mostrando la menor estabilidad en la precisión de movimiento.

Gráfico 18. Asociación entre clase canina izquierda (1/4 de cúspide) y precisión del movimiento de intrusión



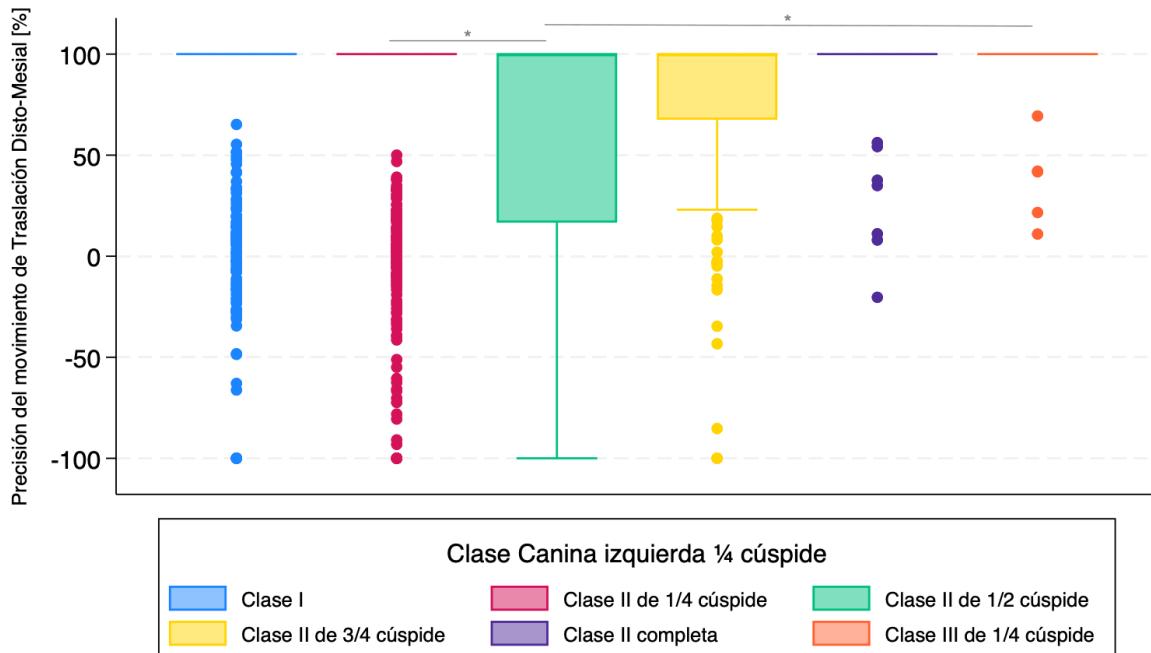
El movimiento de traslación bucolingual también presentó diferencias significativas entre los grupos mostrados en el gráfico 19. Las clases I, II 1/4, II 1/2, II completa y III 1/4 presentaron medianas del 100%, pero las primeras 3 tuvieron mayor dispersión de datos. La clase II 3/4 presentó una mediana menor y una mayor dispersión de los datos, con lo que indica una menor estabilidad en la precisión del movimiento de traslación bucolingual.

Gráfico 19. Asociación entre clase canina izquierda (1/4 de cúspide) y precisión del movimiento de traslación bucolingual



En el movimiento de traslación mesiodistal todas las categorías tuvieron medianas del 100%, las con mayor dispersión de datos fueron la clase II ½ y II ¾. Solo presentaron diferencias significativas la clase II ¼ con II ½ y la clase II ½ con las III ¼. La clase II ½ cúspide presenta la mayor inestabilidad de precisión de movimiento.

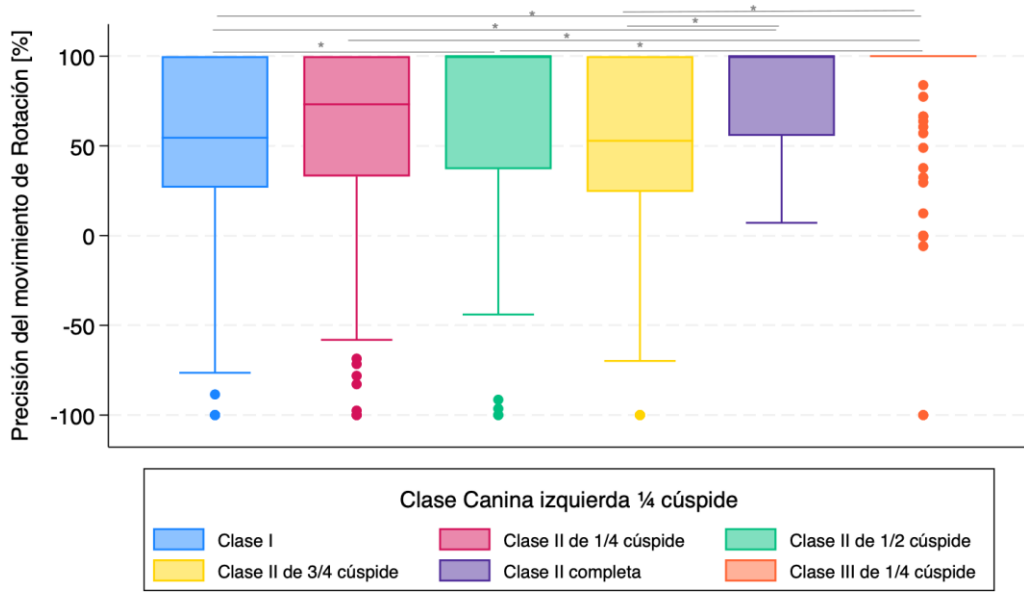
Gráfico 20. Asociación entre clase canina izquierda (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de traslación mesiodistal



Dunn's post-test; *p<0.001

En el movimiento de rotación mesiodistal solo la clase II ½, II completa y III ¼ tuvieron medianas del 100%, la clase I obtuvo 54,52%, II ¼ 73,18% y II ¾ 52,84%. Se encontró diferencias significativas entre varios grupos. La clase II ¾ presenta la mayor inestabilidad de precisión del movimiento.

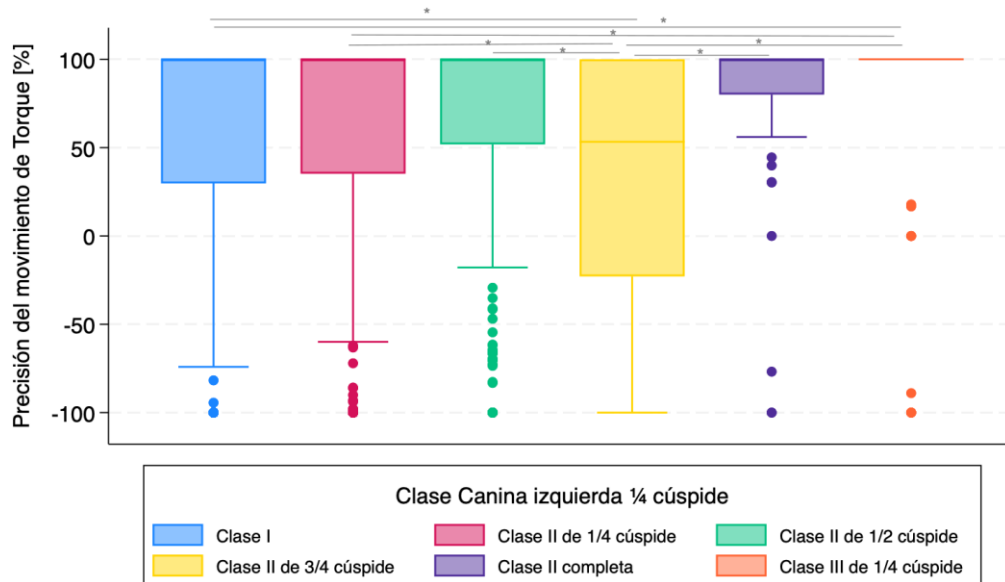
Gráfico 21. Asociación entre clase canina izquierda (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de rotación mesiodistal



Dunn's post-test; *p<0.001

El movimiento de torque bucolingual también presentó diferencias significativas entre varios grupos. Todas las categorías tuvieron medianas de 100% excepto la clase II ¾, la cual presenta la mayor inestabilidad de precisión del movimiento.

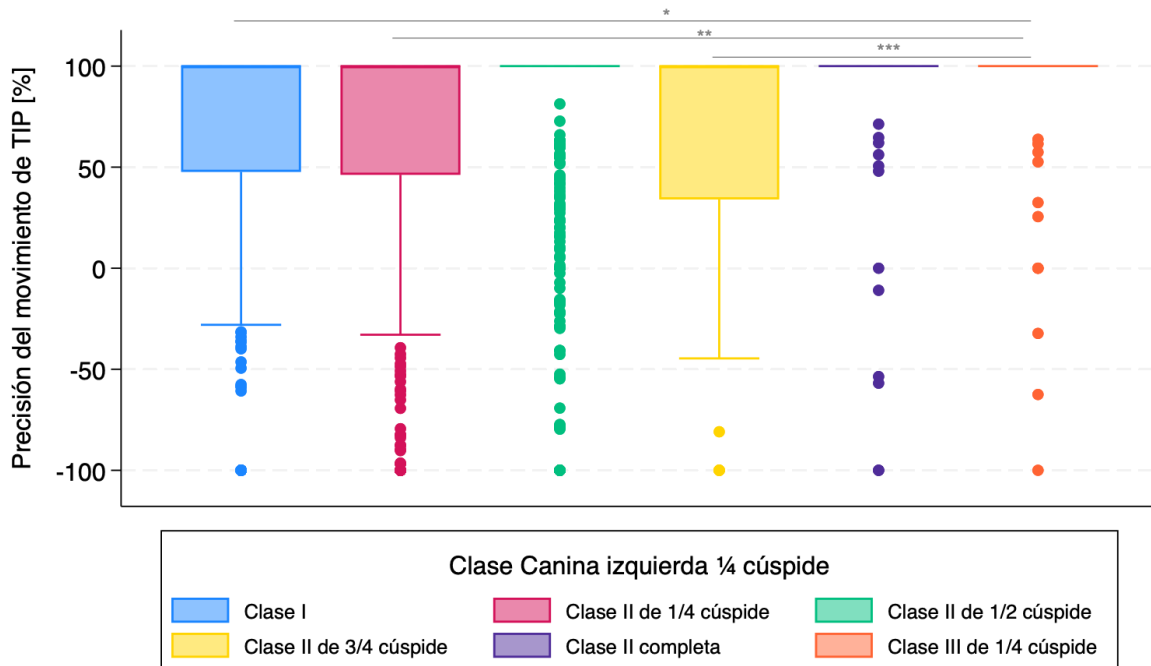
Gráfico 22. Asociación entre clase canina izquierda (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de torque bucolingual



Dunn's post-test; p<0.001

El movimiento de tip mesiodistal obtuvo diferencias significativas entre la clase I y III ¼, entre clase II ¼ y III ¼, y entre la clase II ¾ y III ¼. Todas obtuvieron medianas del 100%. Nuevamente la clase II ¾ tiene la mayor dispersión de datos y la menor estabilidad en la precisión de movimiento.

Gráfico 23. Asociación entre clase canina izquierda (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de tip mesiodistal.



Dunn's post-test; *p=0.03, **p=0.007, ***p=0.004

Asociación entre clase molar y precisión del movimiento

Clase molar derecha (simplificada): la prueba de Mann-Whitney indicó diferencias estadísticamente significativas en el movimiento de traslación bucolingual y de rotación mesiodistal en relación con la clase molar derecha.

Tabla 14. Asociación entre clase molar derecha simplificada y la precisión del movimiento dentario

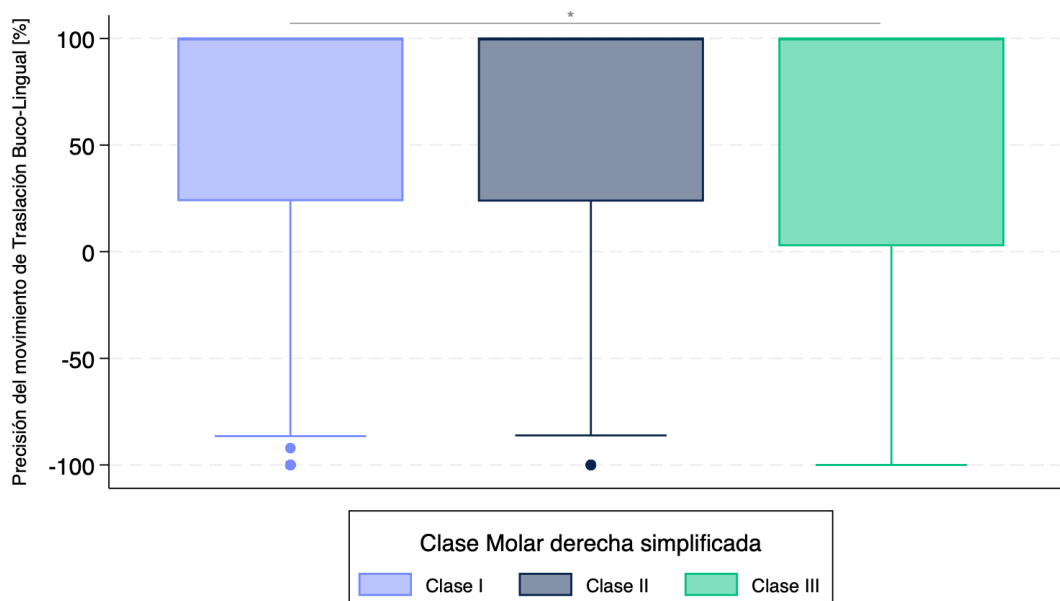
| | | Clase I | Clase II | Clase III | p-valor* |
|------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | n (%) | 1204 66.15% | 420 23.08% | 196 10.77% | |
| | n | 588 | 222 | 90 | |
| | promedio ± ds | 68.86 ± 54.21 | 63.47 ± 60.51 | 56.94 ± 61.41 | |
| Intrusión | p50 (iqr) | 100.00 (73.77) | 100.00 (77.23) | 100.00 (85.86) | 0.282 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | n | 442 | 126 | 62 | |
| Extrusión | promedio ± ds | 74.59 ± 59.81 | 77.89 ± 57.48 | 80.50 ± 51.53 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 0.874 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |
| | n | 1,204 | 420 | 196 | |
| Traslación Buco-Lingual | promedio ± ds | 64.77 ± 52.66 | 62.18 ± 54.93 | 50.15 ± 60.46 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (76.28) | 100.00 (76.50) | 100.00 (97.45) | 0.011 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |
| | n | 1,204 | 420 | 196 | |
| Traslación Mesio-Distal | promedio ± ds | 78.49 ± 44.29 | 74.21 ± 49.21 | 68.79 ± 56.92 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (72.88) | 0.270 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |
| | n | 1,204 | 420 | 196 | |
| Rotación Mesio-Distal | promedio ± ds | 65.18 ± 41.16 | 65.23 ± 41.18 | 49.75 ± 48.52 | |
| | p50 (iqr) | 81.71 (64.63) | 75.87 (64.53) | 43.30 (83.69) | <0.001 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |
| | n | 1,204 | 420 | 196 | |
| Torque Buco-Lingual | promedio ± ds | 63.65 ± 62.52 | 60.33 ± 65.60 | 56.22 ± 61.17 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (56.60) | 100.00 (64.66) | 100.00 (76.00) | 0.068 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |
| | n | 1,204 | 420 | 196 | |
| TIP Mesio-Distal | promedio ± ds | 71.82 ± 54.25 | 71.75 ± 53.22 | 64.55 ± 56.87 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (39.45) | 100.00 (42.95) | 100.00 (69.90) | 0.233 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| | | | | | |

No distribuye normal, test de Shapiro-Wilk $p < 0.05$. * Test de Kruskal-Wallis

El movimiento de traslación bucolingual presenta una diferencia significativa entre clases I y III según el post hoc de Dunn ($p = 0.01$). La clase I presenta una menor dispersión de datos.

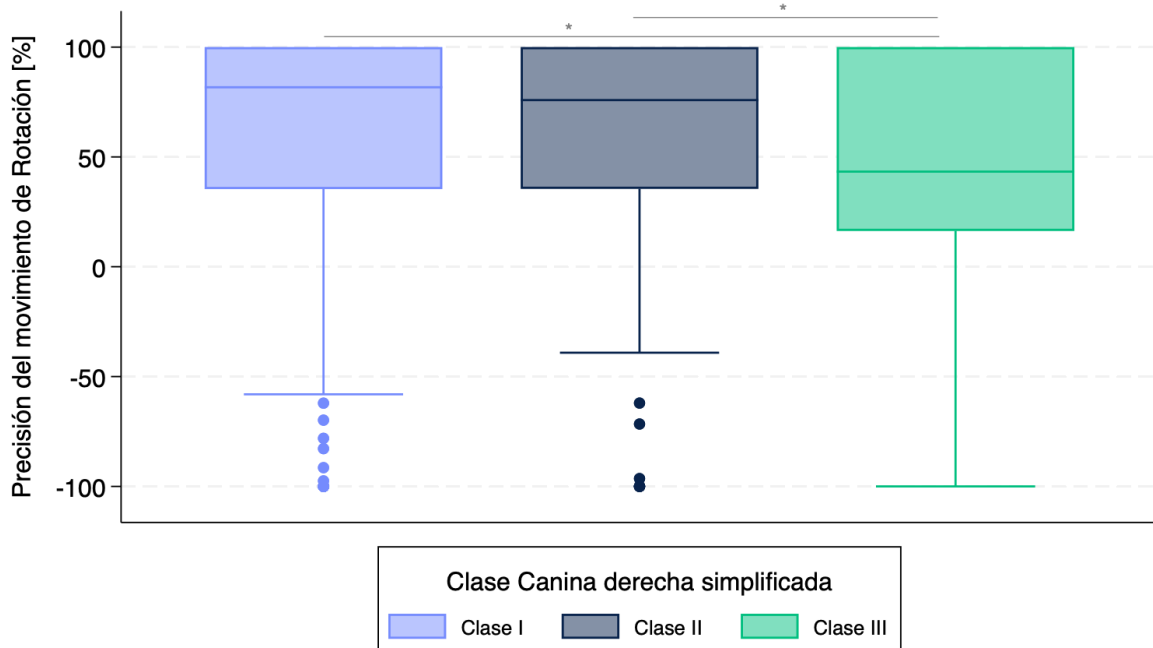
Gráfico 24. Asociación entre clase molar derecha simplificada y precisión del movimiento de traslación bucolingual



Dunn's post-test; * $p = 0.001$

El movimiento de rotación mesiodistal presenta una diferencia significativa entre clase I y III y entre clase II y III según el post hoc de Dunn ($p < 0.0001$). La clase III tiene mayor dispersión de datos y menor mediana.

Gráfico 25. Asociación entre clase molar derecha simplificada y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.



Dunn's post-test; $p < 0.0001$

Clase molar derecha (¼ de cúspide): todos los movimientos, a excepción de la extrusión y el tip mesiodistal, tuvieron una relación estadísticamente significativa.

Tabla 15. Asociación entre clase molar derecha (¼ de cúspide) y la precisión del movimiento dentario

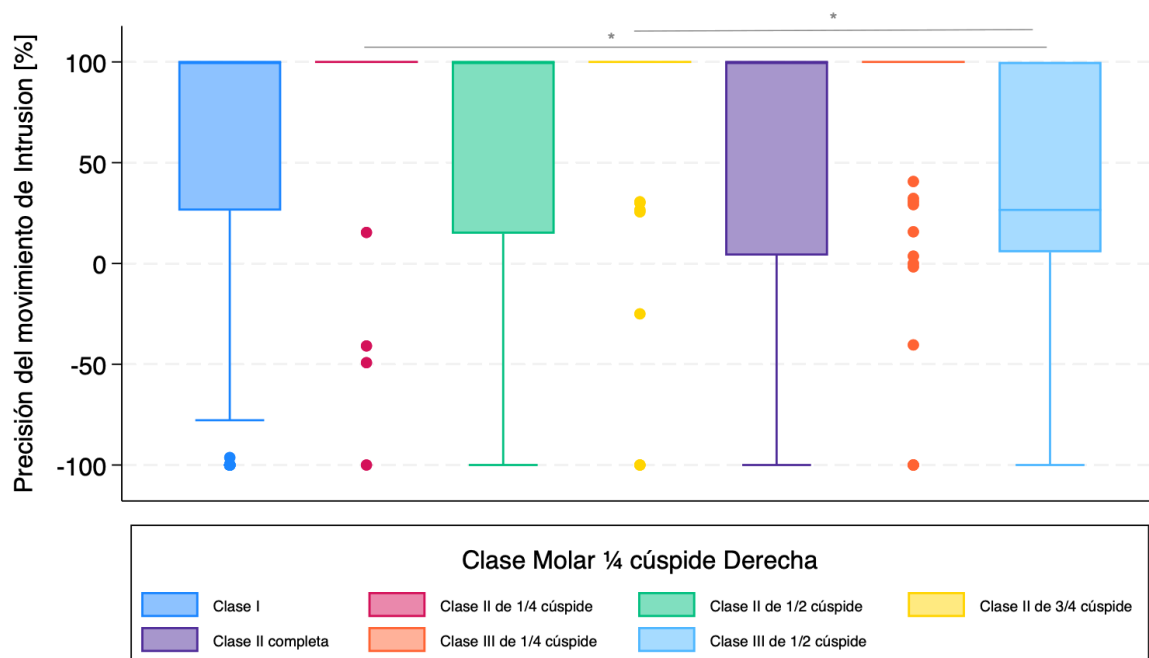
| | | Clase I | Clase II de ¼ cúspide | Clase II de ½ cúspide | Clase II de ¾ cúspide | Clase II completa | Clase III de ¼ cúspide | Clase III de ½ cúspide | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| | n (%) | 1204 (66.15%) | 56 (3.08%) | 112 (6.15%) | 112 (6.15%) | 140 (7.69%) | 112 (6.15%) | 84 (4.62%) | |
| Intrusión | n | 588 | 31 | 53 | 53 | 85 | 50 | 40 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 68.86 ± 54.21 | 81.46 ± 51.19 | 55.07 ± 63.73 | 84.68 ± 44.68 | 48.94 ± 65.47 | 72.20 ± 56.37 | 37.85 ± 62.78 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (73.77) | 100.00 (0.00) | 100.00 (85.25) - | 100.00 (0.00) | 100.00 (96.08) | 100.00 (0.00) | 26.58 (94.43) | |
| | min - max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 442 | 13 | 36 | 33 | 44 | 32 | 30 | 0.853 |
| | promedio ± ds | 74.59 ± 59.81 | 100.00 ± 0.00 | 61.54 ± 71.62 | 83.82 ± 52.82 | 80.29 ± 54.29 | 81.97 ± 48.90 | 78.93 ± 54.99 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (38.63) - | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min - max | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -68.42 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 1,204 | 56 | 112 | 112 | 140 | 112 | 84 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 64.77 ± 52.66 | 55.30 ± 60.05 | 54.51 ± 56.03 | 84.98 ± 33.01 | 52.83 ± 60.96 | 55.86 ± 55.58 | 42.54 ± 65.99 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (76.28) | 100.00 (92.06) | 100.00 (92.08) - | 100.00 (0.00) | 100.00 (86.89) | 100.00 (89.87) | 100.00 (100.00) | |
| | min - max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -50.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Mesio-Distal | n | 1,204 | 56 | 112 | 112 | 140 | 112 | 84 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 78.49 ± 44.29 | 65.85 ± 58.41 | 76.28 ± 50.09 | 80.91 ± 40.35 | 70.54 ± 50.64 | 86.12 ± 44.12 | 45.69 ± 63.73 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (82.12) | 100.00 (0.00) - | 100.00 (0.00) | 100.00 (70.65) | 100.00 (0.00) | 100.00 (101.73) | |
| | min - max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -56.60 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

| | n | 1,204 | 56 | 112 | 112 | 140 | 112 | 84 | |
|------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| Rotación Mesio-Distal | promedio ± ds | 65.18 ± 41.16 | 63.95 ± 40.18 | 58.40 ± 42.02 | 75.49 ± 35.31 | 63.01 ± 44.03 | 50.46 ± 48.61 | 48.81 ± 48.66 | |
| | p50 (iqr) | 81.71 (64.63) | 76.12 (69.24) | 57.89 (70.31) | 92.22 (38.42) | 88.47 (71.29) | 41.61 (80.30) | 46.69 (92.04) | <0.001 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -39.13 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Bucolingual | n | 1,204 | 56 | 112 | 112 | 140 | 112 | 84 | |
| | promedio ± ds | 63.65 ± 62.52 | 64.37 ± 56.04 | 61.77 ± 64.30 | 82.40 ± 47.43 | 39.91 ± 76.22 | 64.00 ± 63.50 | 45.84 ± 56.63 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (56.60) | 100.00 (65.45) | 100.00 (55.48) | 100.00 (0.00) | 100.00 (105.39) | 100.00 (48.53) | 54.22 (100.00) | <0.001 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio-Distal | n | 1,204 | 56 | 112 | 112 | 140 | 112 | 84 | |
| | promedio ± ds | 71.82 ± 54.25 | 66.73 ± 54.72 | 71.62 ± 52.19 | 79.16 ± 47.07 | 67.94 ± 57.77 | 69.70 ± 55.38 | 57.68 ± 58.42 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (39.45) | 100.00 (59.20) | 100.00 (57.29) | 100.00 (0.00) | 100.00 (46.74) | 100.00 (45.61) | 100.00 (82.55) | 0.218 |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

No distribuye normal, test de Shapiro wilk p<0.05. * Test de Kruskal-Wallis

En el movimiento de intrusión, hay diferencias significativas entre la clase II ¼ con la clase III ½ y entre la clase II ¾ y clase III ½. La clase III ½ tuvo la mayor dispersión de datos y la menor mediana, siendo la clase con menor precisión del movimiento.

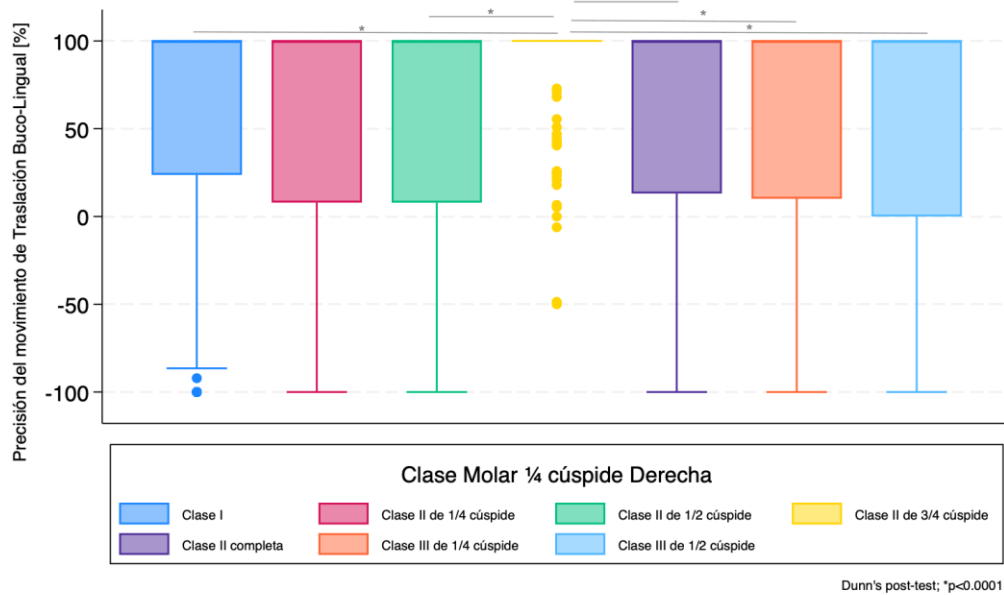
Gráfico 26. Asociación entre clase molar derecha (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de intrusión



Dunn's post-test; *p<0.0001

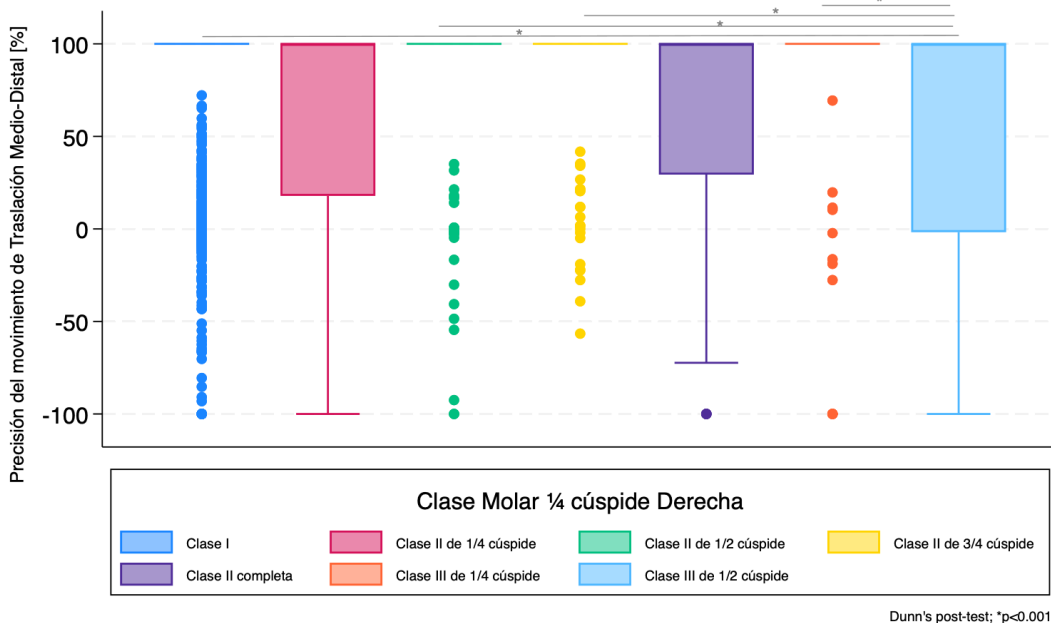
La traslación bucolingual tuvo varias diferencias entre los grupos de clases. La clase II ¾ de cúspide presentó una mediana del 100% y RIC de 0 siendo la con mayor precisión del movimiento.

Gráfico 27. Asociación entre clase molar derecha (¼ de cúspide) y precisión del movimiento de traslación bucolingual



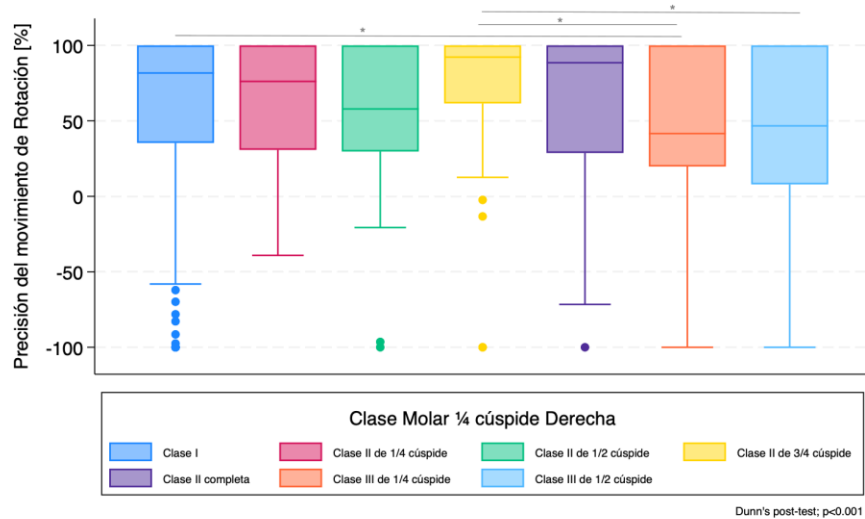
En el movimiento de traslación mesiodistal, en general se presentaron diferencias con la clase III ½ cúspide la cual se observa mayor dispersión de datos y menor mediana, siendo la clase con menor precisión del movimiento.

Gráfico 28. Asociación entre clase molar derecha (¼ cúspide) y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.



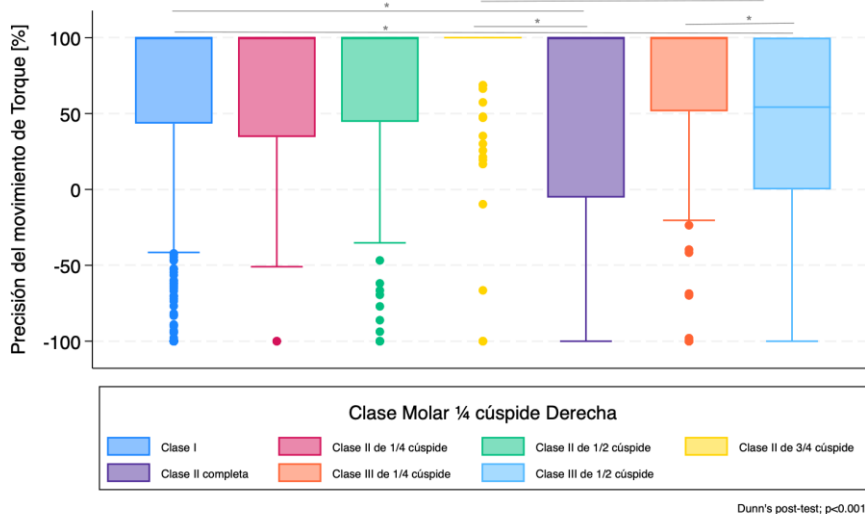
La rotación mesiodistal tuvo medianas más bajas en las clases molares que el resto de los movimientos. Hubo diferencias entre la clase I y III ¼, II ¾ con III ¼ y II ¾ con III ½. Las clases III tuvieron mayor dispersión de datos y medianas más bajas.

Gráfico 29. Asociación entre clase molar derecha (¼ cúspide) y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.



El movimiento de torque bucolingual presenta varias diferencias entre grupos. Destaca la clase II completa con la mayor dispersión de datos; y la clase III ½ cúspide con la mediana más baja.

Gráfico 30. Asociación entre clase molar derecha (¼ cúspide) y precisión del movimiento de torque bucolingual.



Clase molar izquierda (simplificada): solo el el movimiento de traslación mesiodistal tiene una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 16. Asociación entre clase molar izquierda simplificada y la precisión del movimiento dentario.

| | n (%) | Clase I 980 53.85% | Clase II 420 23.08% | Clase III 420 23.08% | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------|
| Intrusión | n | 466 | 248 | 186 | 0.636 |
| | promedio ± ds | 68.63 ± 53.84 | 64.39 ± 60.72 | 63.19 ± 57.85 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (75.00) | 100.00 (73.02) | 100.00 (76.06) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 347 | 120 | 163 | 0.677 |
| | promedio ± ds | 76.51 ± 56.75 | 68.68 ± 67.25 | 79.65 ± 55.20 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 980 | 420 | 420 | 0.639 |
| | promedio ± ds | 63.23 ± 51.80 | 59.42 ± 58.73 | 64.29 ± 55.06 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (81.27) | 100.00 (82.76) | 100.00 (76.37) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Mesio-Distal | n | 980 | 420 | 420 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 81.55 ± 42.49 | 63.91 ± 52.60 | 77.11 ± 48.99 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (87.53) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Rotación Mesio-Distal | n | 980 | 420 | 420 | 0.344 |
| | promedio ± ds | 62.79 ± 41.83 | 66.02 ± 41.82 | 62.76 ± 43.71 | |
| | p50 (iqr) | 72.60 (67.52) | 81.51 (63.39) | 76.27 (67.69) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Buco-Lingual | n | 980 | 420 | 420 | 0.388 |
| | promedio ± ds | 61.79 ± 62.62 | 58.16 ± 68.02 | 66.68 ± 58.86 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (65.46) | 100.00 (64.81) | 100.00 (48.58) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio-Distal | n | 980 | 420 | 420 | 0.996 |
| | promedio ± ds | 71.16 ± 54.36 | 70.34 ± 55.34 | 71.38 ± 53.29 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (42.19) | 100.00 (43.15) | 100.00 (46.16) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

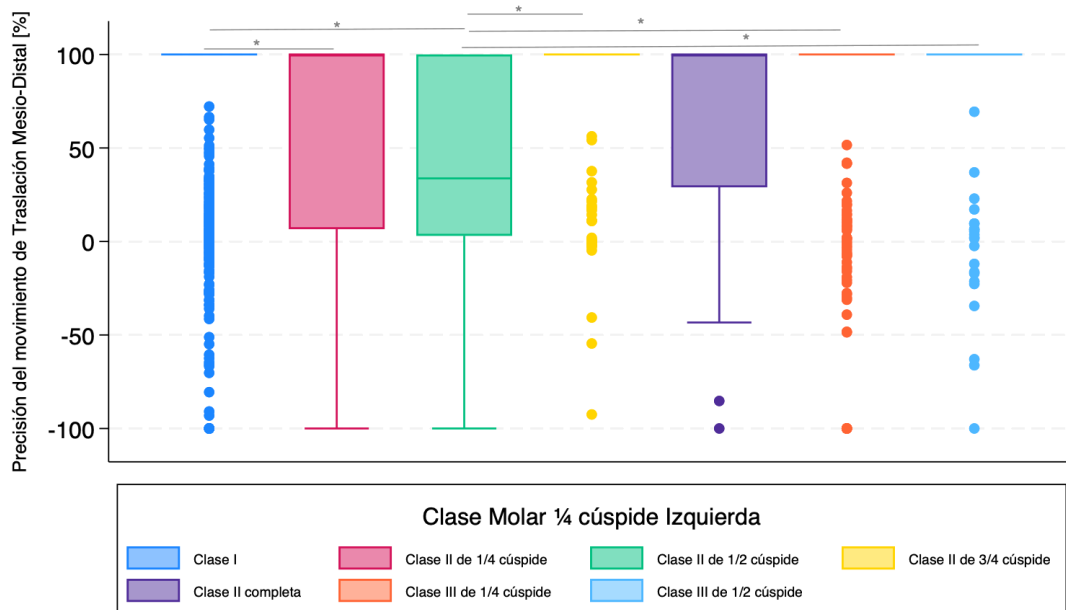
No distribuye normal, test de Shapiro wilk p<0.05.*Test de Kruskal-Wallis

El movimiento de traslación mesiodistal tiene diferencias significativas entre la clase I y III y entre la clase II y III, la clase II es la que presenta mayor dispersión de datos.

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| Traslación | n | 980 | 168 | 84 | 112 | 56 | 308 | 112 | |
| Buco-Lingual | promedio ± ds | 63.23 ± 51.80 | 60.41 ± 51.44 | 61.82 ± 57.53 | 65.94 ± 53.87 | 39.78 ± 83.07 | 63.91 ± 54.21 | 65.36 ± 57.58 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (81.27) | 100.00 (80.00) | 100.00 (77.11) | 100.00 (85.02) | 100.00 (146.25) | 100.00 (75.25) | 100.00 (83.75) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.764 |
| Traslación | n | 980 | 168 | 84 | 112 | 56 | 308 | 112 | |
| Mesio-Distal | promedio ± ds | 81.55 ± 42.49 | 61.87 ± 55.41 | 46.18 ± 52.74 | 77.29 ± 43.07 | 69.84 ± 54.06 | 76.47 ± 50.20 | 78.89 ± 45.66 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (93.43) | 33.74 (96.97) | 100.00 (0.00) | 100.00 (71.03) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -92.50 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Rotación | n | 980 | 168 | 84 | 112 | 56 | 308 | 112 | |
| Mesio-Distal | promedio ± ds | 62.79 ± 41.83 | 66.16 ± 37.19 | 66.59 ± 41.19 | 67.35 ± 43.32 | 62.11 ± 52.48 | 60.85 ± 43.21 | 68.04 ± 44.82 | |
| | p50 (iqr) | 72.60 (67.52) | 74.15 (64.35) | 79.72 (59.24) | 100.00 (67.13) | 83.31 (57.70) | 67.66 (68.89) | 100.00 (63.68) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.392 |
| Torque | n | 980 | 168 | 84 | 112 | 56 | 308 | 112 | |
| Buco-Lingual | promedio ± ds | 61.79 ± 62.62 | 63.59 ± 62.97 | 44.42 ± 77.58 | 63.89 ± 62.58 | 50.98 ± 75.66 | 67.47 ± 59.89 | 64.51 ± 56.13 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (65.46) | 100.00 (54.96) | 100.00 (100.00) | 100.00 (45.72) | 100.00 (99.65) | 100.00 (43.34) | 100.00 (66.20) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.494 |
| TIP Mesio-Distal | n | 980 | 168 | 84 | 112 | 56 | 308 | 112 | |
| | promedio ± ds | 71.16 ± 54.36 | 75.20 ± 46.59 | 58.53 ± 64.85 | 74.13 ± 53.07 | 65.86 ± 66.12 | 69.12 ± 56.41 | 77.58 ± 43.17 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (42.19) - | 100.00 (41.88) | 100.00 (76.44) - | 100.00 (9.35) | 100.00 (33.25) | 100.00 (54.63) | 100.00 (18.11) | |
| | min – max | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.738 |

No distribuye normal, test de Shapiro wilk p<0.05. * Test de Kruskal-Wallis

Gráfico 32. Asociación entre clase molar izquierda (¼ cúspide) y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.



Dunn's post-test; *p<0.0001

Asociación entre overjet y precisión del movimiento: se agruparon los datos de la variable en <1mm, entre 1 y 3mm y >3mm para poder generar un análisis aplicable al diagnóstico de las maloclusiones y relevante a la práctica clínica. Todos los movimientos presentaron una diferencia estadísticamente significativa a excepción del movimiento de extrusión dentaria.

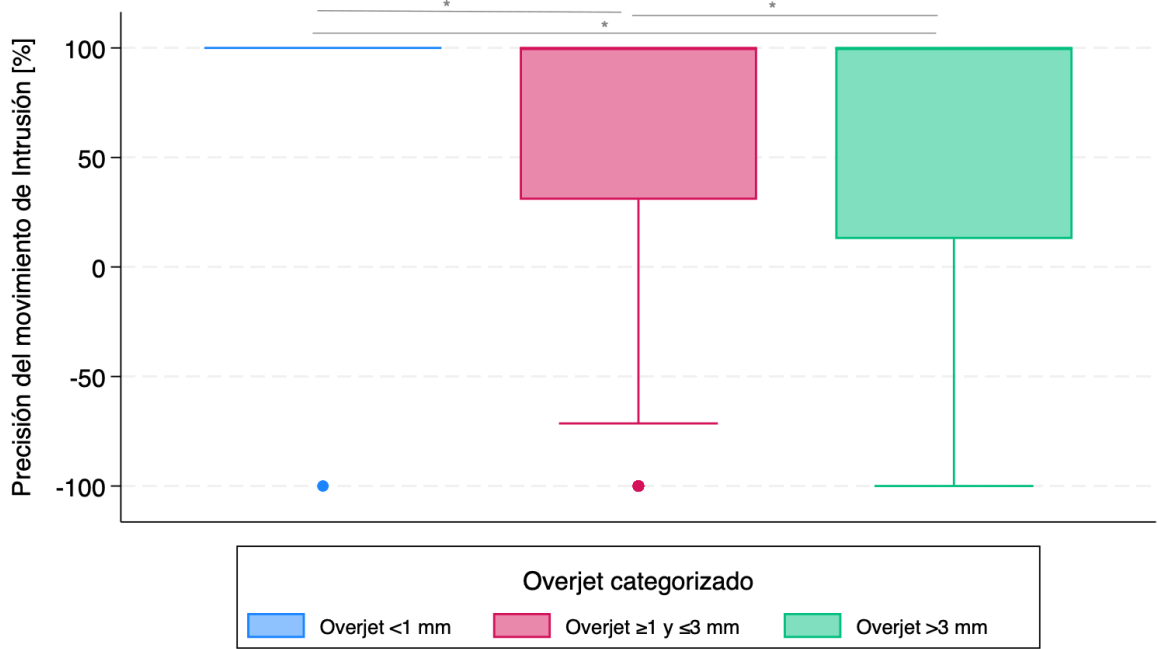
Tabla 18. Asociación entre *overjet* y la precisión del movimiento dentario.

| | n (%) | Overjet <1 168 (9.23%) | Overjet ≥1 y ≤3 1064 (58.46%) | Overjet >3 588 (32.31%) | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------|
| Intrusión | n | 55 | 511 | 334 | <0.001 |
| | promedio ± ds | 96.36 ± 26.97 | 68.44 ± 56.98 | 58.17 ± 57.84 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (69.32) | 100.00 (87.21) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Extrusión | n | 66 | 405 | 159 | 0.878 |
| | promedio ± ds | 72.80 ± 59.27 | 76.28 ± 57.36 | 75.95 ± 61.44 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Buco-Lingual | n | 168 | 1,064 | 588 | 0.004 |
| | promedio ± ds | 77.34 ± 43.83 | 61.00 ± 53.50 | 61.27 ± 57.57 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (15.95) | 100.00 (82.32) | 100.00 (81.27) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Traslación Mesio-Distal | n | 168 | 1,064 | 588 | 0.002 |
| | promedio ± ds | 93.05 ± 26.63 | 74.04 ± 49.67 | 76.09 ± 45.79 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -90.91 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Rotación Mesio-Distal | n | 168 | 1,064 | 588 | 0.002 |
| | promedio ± ds | 71.69 ± 45.09 | 62.48 ± 41.13 | 63.10 ± 43.27 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (56.34) | 69.98 (67.88) | 73.46 (64.52) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| Torque Buco-Lingual | n | 168 | 1,064 | 588 | 0.009 |
| | promedio ± ds | 74.91 ± 55.67 | 61.03 ± 63.82 | 60.33 ± 63.50 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (64.70) | 100.00 (66.80) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |
| TIP Mesio-Distal | n | 168 | 1,064 | 588 | 0.008 |
| | promedio ± ds | 84.21 ± 42.96 | 69.40 ± 55.33 | 70.19 ± 54.93 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (51.52) | 100.00 (44.30) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | |

Datos no distribuyen normal, Test de Shapiro-Wilk $p < 0.005$. *Kruskal-Wallis Test.

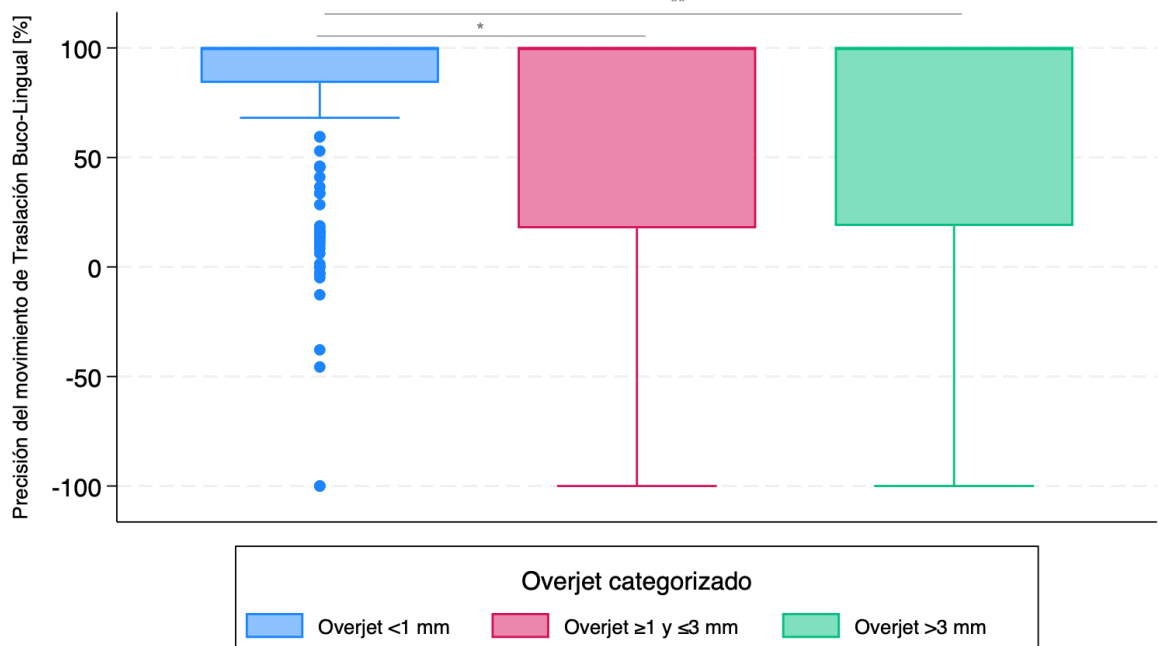
En el movimiento de intrusión, se identificó diferencias entre todos los grupos. El grupo con OJ disminuido presento la mayor estabilidad en la precisión del movimiento dentario el con el OJ aumentado la peor estabilidad. Esta tendencia se repitió a lo largo de todos los movimientos con diferencias estadísticamente significativas, como se puede observar en los gráficos 33 a 38.

Gráfico 33. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de intrusión.



Dunn's post-test; * $p < 0.001$

Gráfico 34. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de traslación bucolingual.



Dunn's post-test; * $p = 0.0004$, ** $p = 0.002$

Gráfico 35. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.

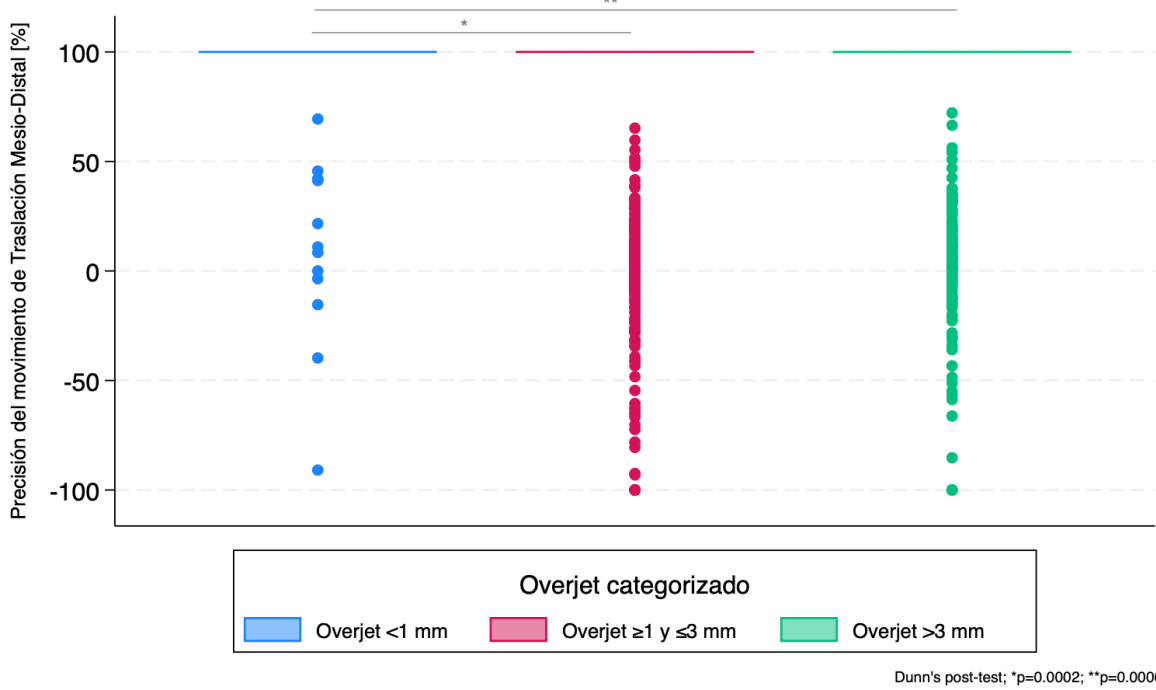


Gráfico 36. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.

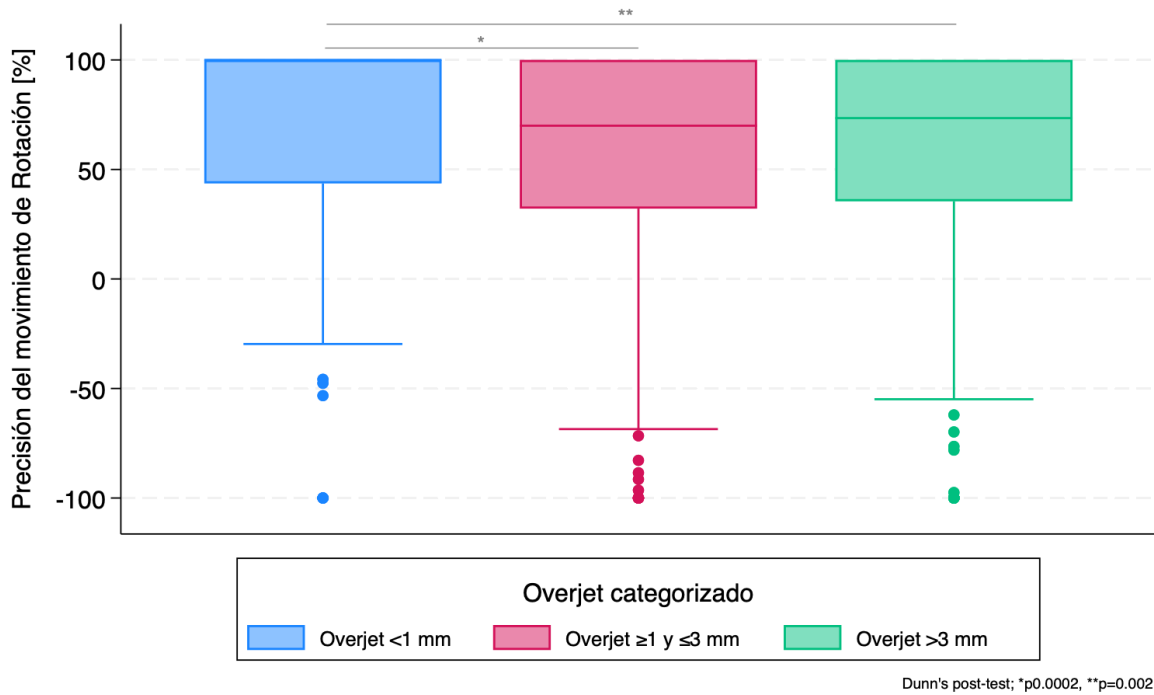


Gráfico 37. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de torque bucolingual

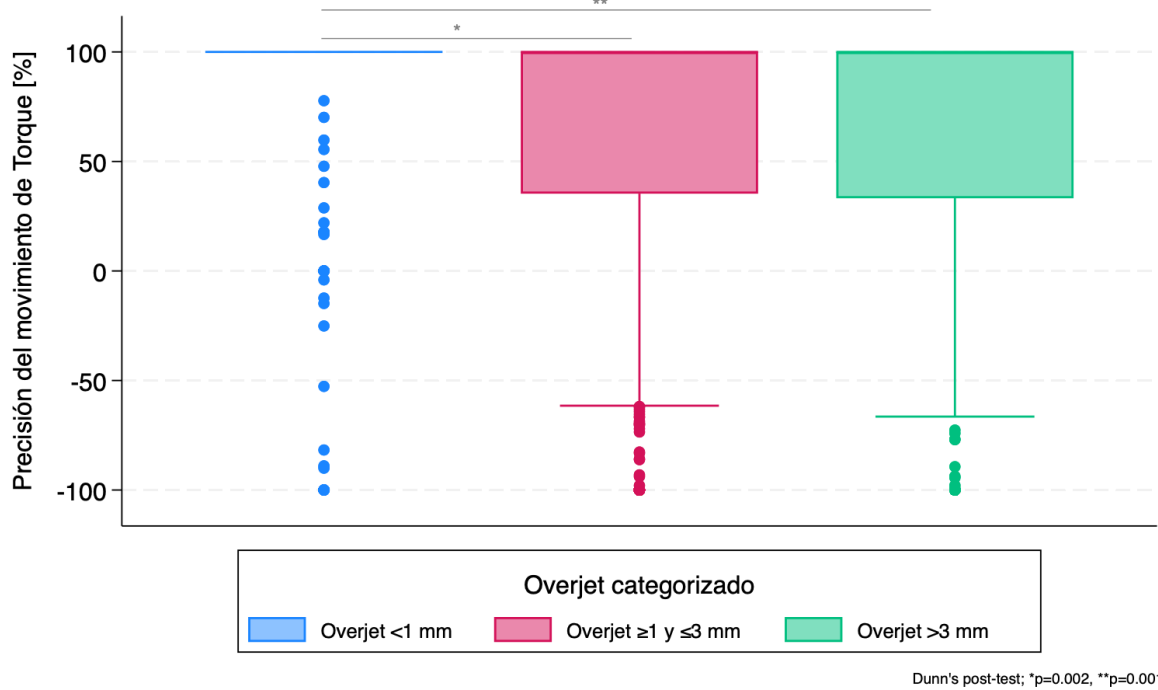
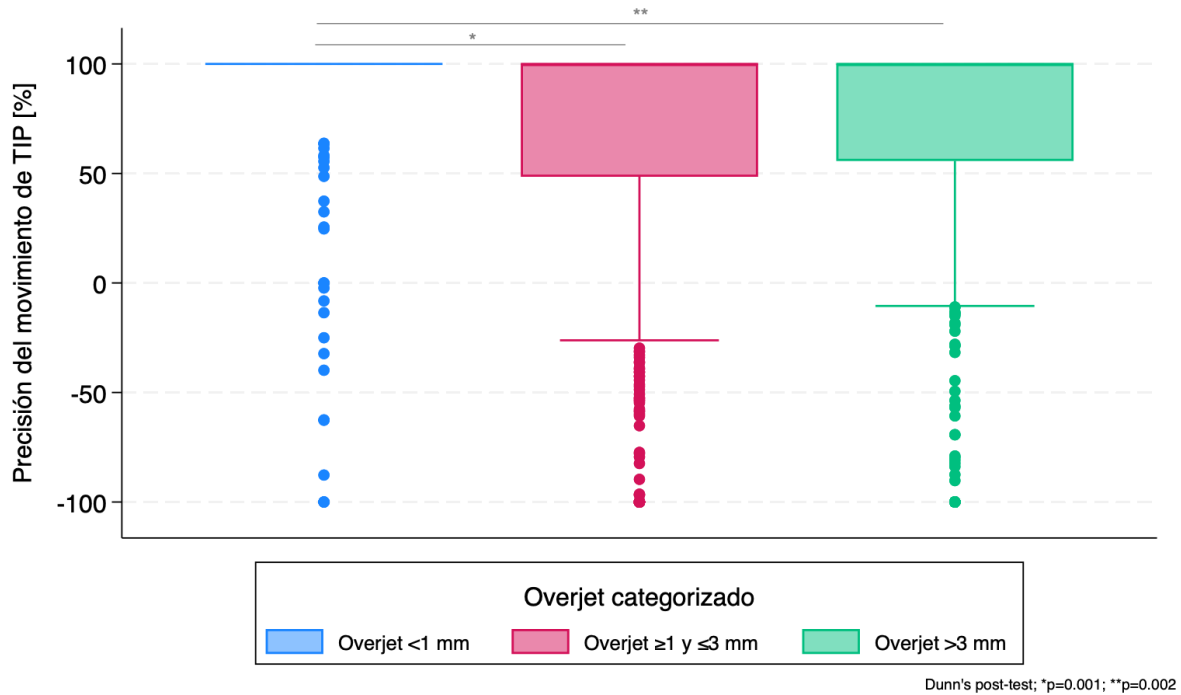


Gráfico 38. Asociación entre *overjet* y precisión del movimiento de tip mesiodistal.



Asociación entre *overbite* y precisión del movimiento: esta variable también se agrupó en tres grupos para poder tener una interpretación clínica; OB <1mm, entre 1 y 4mm y

>4mm. El movimiento de intrusión, traslación mesiodistal, rotación mesiodistal y torque bucolingual indicaron tener diferencias estadísticamente significativas como se observa en la tabla 19.

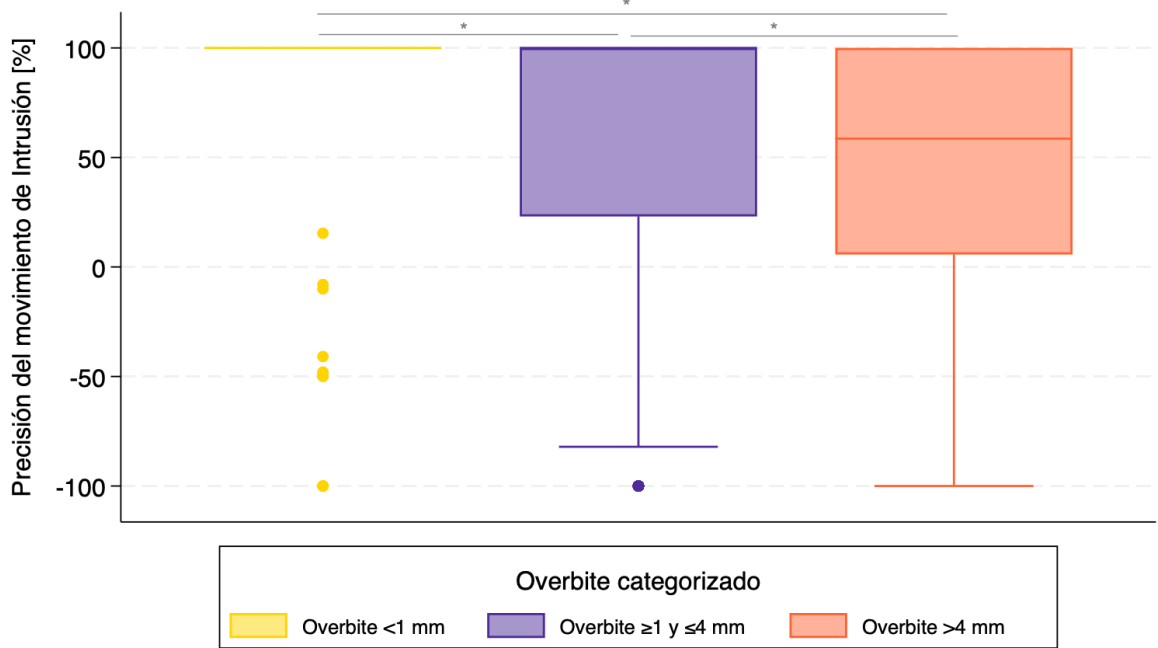
Tabla 19. Asociación entre *overbite* y la precisión del movimiento dentario.

| | n (%) | Overbite <1 392 (21.54%) | Overbite ≥1 y ≤4 1288 (70.77%) | Overbite >4 140 (7.69%) | p-valor* |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------|
| Intrusión | n | 139 | 682 | 79 | |
| | promedio ± ds | 84.96 ± 48.60 | 64.97 ± 56.96 | 45.40 ± 58.16 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (76.92) | 58.59 (94.29) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Extrusión | n | 160 | 436 | 34 | |
| | promedio ± ds | 74.15 ± 58.62 | 77.61 ± 56.62 | 60.93 ± 78.73 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.722 |
| Traslación Buco-Lingual | n | 392 | 1,288 | 140 | |
| | promedio ± ds | 67.54 ± 51.90 | 60.83 ± 54.81 | 65.02 ± 54.61 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (73.56) | 100.00 (82.41) | 100.00 (74.95) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.097 |
| Traslación Mesio-Distal | n | 392 | 1,288 | 140 | |
| | promedio ± ds | 80.45 ± 48.05 | 74.47 ± 47.50 | 83.55 ± 37.85 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (13.92) | 100.00 (0.00) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -51.16 - 100.00 | 0.033 |
| Rotación Mesio-Distal | n | 392 | 1,288 | 140 | |
| | promedio ± ds | 71.82 ± 41.47 | 61.33 ± 41.97 | 60.52 ± 44.52 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (58.20) | 66.52 (68.28) | 65.28 (69.38) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | <0.001 |
| Torque Buco-Lingual | n | 392 | 1,288 | 140 | |
| | promedio ± ds | 69.17 ± 59.89 | 59.85 ± 64.26 | 62.81 ± 60.13 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (35.66) | 100.00 (69.16) | 100.00 (63.14) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.022 |
| TIP Mesio-Distal | n | 392 | 1,288 | 140 | |
| | promedio ± ds | 77.07 ± 49.37 | 69.63 ± 55.14 | 66.85 ± 58.83 | |
| | p50 (iqr) | 100.00 (0.00) | 100.00 (48.33) | 100.00 (47.81) | |
| | min – max | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | -100.00 - 100.00 | 0.081 |

Datos no distribuyen normal, Test de Shapiro-wilk $p < 0.005$. *Kruskall-Wallis Test.

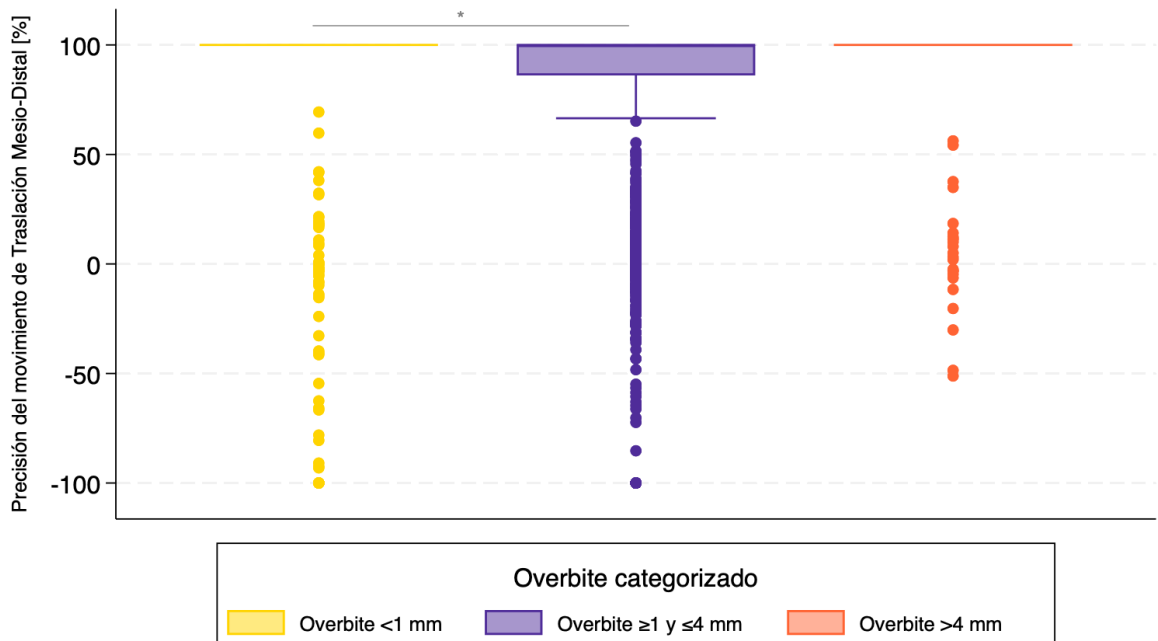
En el movimiento de intrusión hubo diferencias entre los distintos grupos. Al igual que el overjet, el grupo disminuido presentó mayor estabilidad, mientras el OB aumentado tiene mayor dispersión de datos y mediana más baja indicando menor precisión en el movimiento dentario. Esta tendencia se repitió en los demás movimientos como se ve en los gráficos 39 a 42.

Gráfico 39. Asociación entre *overbite* y precisión del movimiento de intrusión.



Dunn's post-test; * $p < 0.0001$

Gráfico 40. Asociación entre *overbite* y precisión del movimiento de traslación mesiodistal.



Dunn's post-test; * $p = 0.01$

Gráfico 41. Asociación entre *overbite* y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.

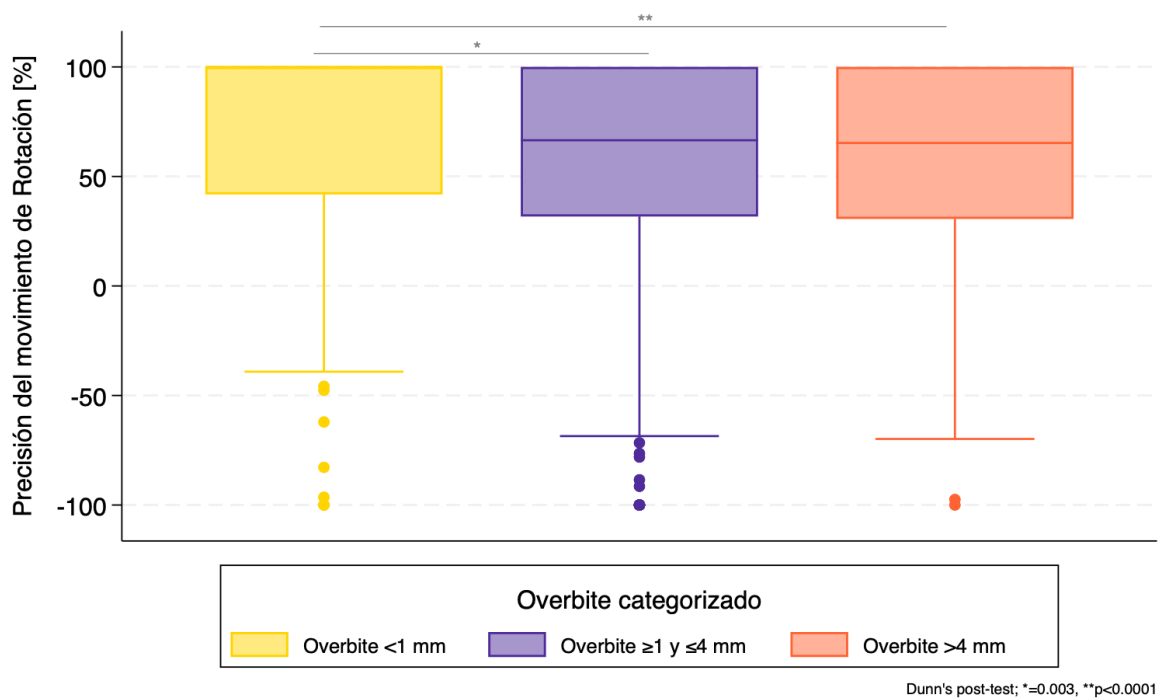
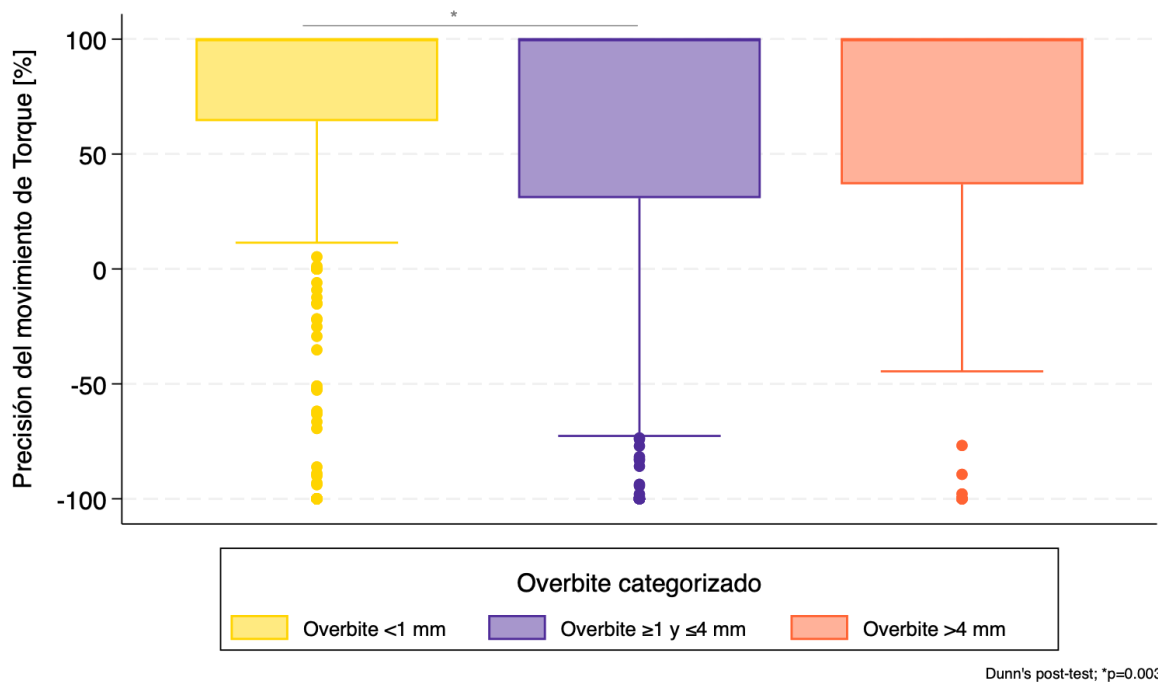


Gráfico 42. Asociación entre *overbite* y precisión del movimiento de torque bucolingual.

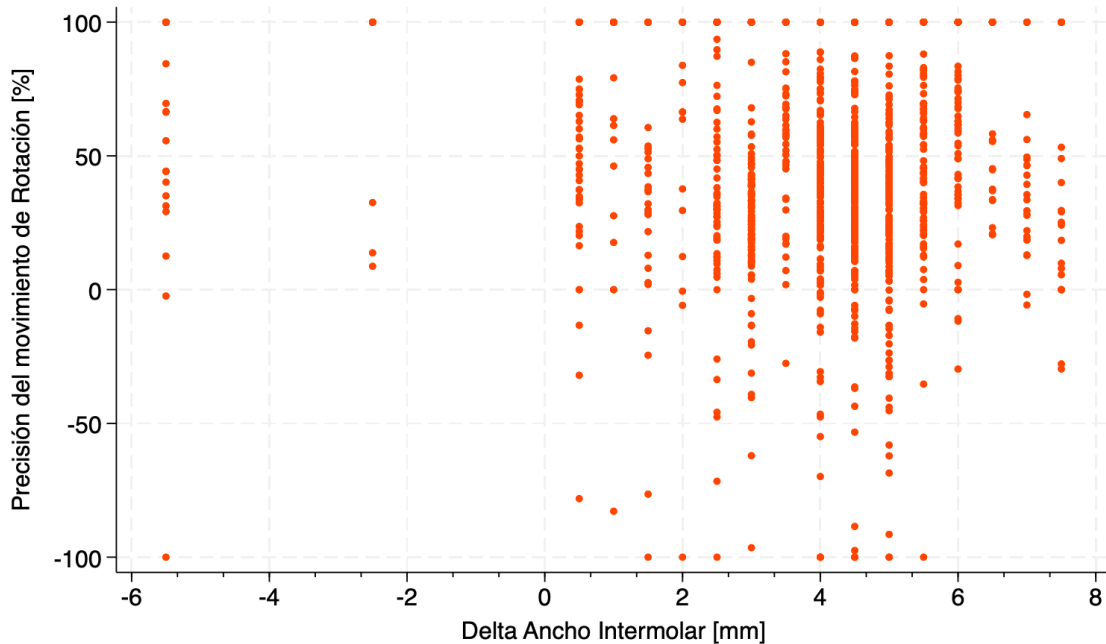


Asociación entre Δ ancho intermolar y precisión del movimiento: para determinar si existía relación entre el ancho Intermolar y la precisión de los distintos movimientos, primero se redondeó cada ancho intermolar al 0.5 más cercano. Luego se realizó una correlación de Spearman para determinar el grado de asociación entre las variables. En la siguiente tabla se ven los resultados (Rho Spearman y valor-p) para cada movimiento. Sólo el movimiento de rotación mesiodistal presenta una asociación con el ancho intermolar estadísticamente significativa (0.0002) pero con una fuerza de asociación negativa y débil.

Tabla 20. Asociación entre Δ ancho intermolar la precisión del movimiento dentario.

| Tipo de Movimiento | Spearman's Rho | p-valor |
|---------------------------|----------------|---------------|
| Intrusión | 0.05 | 0.148 |
| Extrusión | -0.05 | 0.173 |
| Extrusión / Intrusión | -0.02 | 0.329 |
| Traslación Buco – Lingual | -0.01 | 0.546 |
| Traslación Mesio – Distal | -0.03 | 0.182 |
| Rotación Mesio – Distal | -0.09 | 0.0002 |
| Torque Buco – Lingual | -0.016 | 0.497 |
| TIP Mesio – Distal | 0.02 | 0.308 |

Gráfico 43. Asociación entre Δ ancho intermolar y precisión del movimiento de rotación mesiodistal.



4.3 Predictores de la precisión del movimiento:

Se aplicó regresión LASSO (*least absolute shrinkage and selection operator*) usando validación cruzada de 10 pliegues. Se seleccionó $\lambda.1$ para obtener un modelo más robusto. Tras obtener los resultados, se aplicó un *Bootstrap stability selection* con 1000 repeticiones para evaluar la consistencia de los predictores seleccionados.

En los movimientos de extrusión, traslación bucolingual y tip no se seleccionó ningún predictor.

Intrusión: el modelo final seleccionó a solo 3 predictores que se describen en la tabla 21. Se observa que a mayor OB, menor porcentaje de cumplimiento del movimiento de intrusión, al igual que en el caso de presentar apiñamiento y clase canina de $\frac{3}{4}$ de cúspide izquierda.

Tabla 21. Predictores que alteran la precisión del movimiento de intrusión.

| Predictor | Coefficiente (β) | Seleccionado | <i>Bootstrap stability selection</i> (1000 repeticiones) |
|---|--------------------------|---------------------|---|
| (Intercepto) | 69.48 | Sí | |
| OB | -0.82 | Sí | 99.3% |
| Apiñamiento inferior | -3.82 | Sí | 96% |
| Clase canina II $\frac{3}{4}$ cúspide izquierda | -4.90 | Sí | 98% |
| Todos los demás predictores | 0 | No seleccionados | |

Rotación: el modelo final seleccionó 5 predictores que se describen en la tabla 22. El *Bootstrap stability selection* arrojó que solo 3 predictores presentaron una alta estabilidad (>75%), lo que evidencia una elevada robustez del proceso de selección de las variables.

Tabla 22. Predictores que alteran la precisión del movimiento de rotación.

| Predictor | Coefficiente (β) | Seleccionado | <i>Bootstrap stability selection</i> (1000 repeticiones) |
|--|--------------------------|--------------|---|
| (Intercepto) | 66.46 | Si | |
| Apiñamiento inferior | -3.48 | Si | >75% |
| Clase canina II $\frac{3}{4}$ cúspide izquierda | -1.86 | Si | |
| Clase canina III $\frac{1}{4}$ cúspide izquierda | 3.53 | Si | >75% |
| Clase molar III simplificada derecha | -4.16 | Si | >75% |

| Predictor | Coeficiente (β) | Seleccionado | Bootstrap stability selection (1000 repeticiones) |
|---|-------------------------|---------------------|--|
| Clase canina III simplificada izquierda | 0.01 | Si | |
| Todos los demás predictores | 0 | No seleccionados | |

Torque: el modelo fina seleccionó 4 predictores como se observa en la tabla 23. Tras aplicar el *Bootstrap stability selection*, ninguno logra una estabilidad >75%, es decir, ninguno de ellos es remuestreado como predictor en más del 75% de los casos. Solo la clase canina II $\frac{3}{4}$ cúspide izquierda obtiene el valor más alto, pero este corresponde a un 71.6% por lo que se decide no seleccionar ningún predictor para el movimiento de torque.

Tabla 23. Predictores que alteran la precisión del movimiento de torque.

| Predictor | Coeficiente (β) | Seleccionado |
|---|-------------------------|------------------|
| (Intercepto) | 83,03 | Si |
| Sexo | -0.22 | Si |
| Clase molar II $\frac{3}{4}$ cúspide derecha | 0.06 | Si |
| Clase molar II completa derecha | -4.53 | Si |
| Clase canina II $\frac{3}{4}$ cúspide izquierda | -13.31 | Si |
| Todos los demás predictores | 0 | No seleccionados |

Traslación mesiodistal: el modelo fina seleccionó 17 predictores como se observa en la tabla 24. Tras aplicar el *Bootstrap stability selection*, 6 predictores alcanzaron una alta estabilidad (>75%).

Tabla 24. Predictores que alteran la precisión del movimiento de traslación mesiodistal.

| Predictor | Coeficiente (β) | Seleccionado | Bootstrap stability selection (1000 repeticiones) |
|--|-------------------------|--------------|--|
| (Intercepto) | 83,03 | Si | |
| Δ Ancho Intermolar | -0,01 | Si | |
| Apiñamiento inferior | 2,69 | Si | |
| Clase molar II $\frac{1}{4}$ cúspide derecha | -0.40 | Si | |
| Clase molar II $\frac{1}{2}$ cúspide derecha | -3.53 | Si | |
| Clase molar II $\frac{3}{4}$ cúspide derecha | 8.44 | Si | |
| Clase molar III $\frac{1}{2}$ cúspide derecha | -33.36 | Si | >75% |
| Clase molar II $\frac{1}{4}$ cúspide izquierda | -1.08 | Si | |
| Clase molar II $\frac{1}{2}$ cúspide izquierda | -16.70 | Si | >75% |
| Clase molar III $\frac{1}{2}$ cúspide derecha | 9.29 | Si | |

| Predictor | Coeficiente (β) | Seleccionado | Bootstrap stability selection (1000 repeticiones) |
|---|-------------------------|------------------|--|
| Clase canina II ¼ cúspide derecha | 0.0002 | Si | |
| Clase canina II ½ cúspide derecha | -10.15 | Si | >75% |
| Clase canina II completa derecha | 11.84 | Si | >75% |
| Clase canina III ¼ cúspide izquierda | 1.79 | Si | >75% |
| Clase molar II simplificada izquierda | -12.19 | Si | >75% |
| Clase canina II simplificada izquierda | -1.19 | Si | |
| Clase canina III simplificada izquierda | 0.01 | Si | |
| Todos los demás predictores | 0 | No seleccionados | |

5. DISCUSIÓN

Los alineadores llevan más de 25 años siendo una opción viable para el tratamiento ortodóncico. Hemos podido ver que el movimiento simulado no siempre se ajusta a la realidad, y la literatura científica se ha centrado en poder cuantificar la diferencia y en buscar mecánicas para cerrar la brecha entre lo esperado y lo obtenido.

En este estudio, la precisión general del movimiento dentario con alineadores iFace alcanzó un $67.76\% \pm 53.03\%$, con una mediana de 100 y un RIC de 64.43% , en una muestra de 65 pacientes con dentición completa permanente. Estos valores demuestran un desempeño clínico favorable dentro del rango reportado en la literatura, aunque con diferencias metodológicas relevantes que dificultan la comparación directa.

Kravitz y cols. reportaron una precisión global de $41\% \pm 35.9\%$ al evaluar el desempeño de alineadores Invisalign en dientes anteriores, en una muestra más pequeña de 37 pacientes; sin especificar la distribución de la muestra (2). Por otra parte, Haouili y cols. estudiaron el movimiento en la dentición completa de 38 pacientes y reportan una precisión del 50% ; no reportan la desviación estándar ni la distribución de la muestra (4). Simon y cols. informaron una precisión general de $59,3 \pm 0.2\%$ en 30 pacientes, indicando una distribución normal, pero limitaron el análisis a solo 3 tipos de movimiento, lo cual reduce la comparabilidad con estudios de alcance más amplio como el presente (16). Bilello y cols. observaron 86% de precisión, un resultado bastante alto pero se debe tener en consideración que solo obtuvieron una muestra de 10 pacientes, limitación que los autores reportan en su análisis (7). Sachdev y cols. es uno de los pocos estudios donde se analiza la precisión del movimiento que no sean Invisalign, ya que usaron alineadores confeccionados *in-house* con la herramienta de OrthoAnalyzer, reportando una precisión del 56.18% en una muestra de 30 pacientes (27).

Si bien existe una variabilidad considerable entre los estudios, es importante reconocer que muchos de ellos no reportan la distribución de los datos ni las medidas de dispersión completas. En muestras que no distribuyen de forma normal, el enfoque más adecuado es la comparación entre medianas y RIC; sin embargo, la literatura disponible entrega

información insuficiente para realizar una comparación rigurosa. Por esta razón la comparación se limita a los promedios.

Cabe destacar que este estudio presenta una muestra mayor que la de las demás publicaciones, realiza un análisis de todos los tipos de movimiento en todos los dientes y, aun así, mantiene una precisión de movimiento bastante alta. Una razón por la cual esta marca de alineadores podría presentar un mejor rendimiento se podría atribuir a que los encargados de realizar las simulaciones de tratamiento, posteriores a las indicaciones del dentista a cargo, son ortodoncistas y no técnicos capacitados. Tanto el grado de formación y la experiencia clínica son valores agregados que podrían explicar que los movimientos estén mejor planificados y, por lo tanto, se cierre un poco más la brecha entre la simulación virtual y la realidad.

Un aporte relevante de este estudio es la evaluación detallada no solo de la precisión según el tipo de movimiento dentario, sino que además se identifica según la dirección del movimiento y la pieza dentaria, abarcando los planos vertical, transversal y sagital tanto en medidas lineales como angulares. Esto permitió observar que algunos dientes se mueven en dirección contraria a la planificada, lo que explica que la base de datos se mueva entre valores mínimos de -100% y máximos de 100%.

En términos generales, el movimiento de traslación mesiodistal fue el más preciso con un promedio de 76,46%, seguido del movimiento de extrusión/intrusión con un 74.11% y el tip mesiodistal con 71,02% en tercer lugar. El movimiento menos preciso fue el torque bucolingual con 62.08%, seguido de la traslación bucolingual con 62.6%, y de la rotación mesiodistal con 63.53%. Según lo descrito por Upadhyay y cols. el movimiento de torque es uno de los más difíciles de realizar ya que requiere de movimiento radicular e implica fuerzas elevadas que el alineador no puede entregar; mientras que movimientos coronarios como la inclinación suelen ser más efectivos, lo cual concuerda con el rendimiento observado en traslación mesiodistal (que se da por una serie de inclinaciones y rectificaciones) y tip (15).

Al analizar la dirección del movimiento, la traslación mesial mostró el rendimiento más alto (88,17%), seguida de la extrusión (75.83%). Los movimientos menos precisos fueron el torque bucal (23.84%), el tip mesial (35.62%) y la rotación mesial (39%). A nivel individual se observaron diferencias marcadas; por ejemplo, en extrusión, el incisivo central inferior presentó una baja precisión (19.61%), mientras que el segundo premolar y el primer molar superior alcanzaron el 100%. En el torque bucal el primer molar superior mostró movimiento en dirección contraria con un -36.13%.

Al comparar estos resultados con la literatura se observan coincidencias importantes. Kravitz y cols. reportaron una precisión de extrusión especialmente baja para incisivos inferiores del 24,5%, similar a lo observado en este estudio, lo cual podría repercutir en la corrección de mordidas abiertas. También encontró que la rotación de caninos era poco predecible, patrón repetido en este estudio, donde se observa que el canino superior presenta el rendimiento más bajo en rotación distal (38,31%) (2). Haouili describió que la rotación fue uno de los movimientos menos precisos (46%) con diferencias significativas en la dirección del movimiento (52% mesial vs 37% distal); este estudio también encontró diferencias aunque con la tendencia opuesta lo cual demuestra la falta de estudios que investiguen la direccionalidad del movimiento (4).

Castroflorio y cols. identifican al tip y el torque como los movimientos más difíciles de controlar y señalan que los peores resultados se dan en molares y premolares, hallazgo comparable con los resultados de este estudio al menos en tip mesial de primeros molares superiores e inferiores y en el torque bucal de molares y premolares; indican que el movimiento de torque se da peor en los segmentos terminales ya que es donde el alineador pierde más fuerza (26). Los estudios de Bilello y Sachdev, reportan variaciones por tipo de diente y dirección del movimiento, observando una tendencia a mayor precisión en movimientos coronarios simples y menos precisión en torque y rotación, en concordancia con los resultados de este estudio (7,27). En conjunto, la evidencia sugiere que, independientemente del sistema de alineadores utilizado, los movimientos radiculares (especialmente el torque) y las rotaciones complejas tienden a mostrar menor precisión. No se debe olvidar que el análisis de los movimientos de manera individualizada y aislada

es sobresimplificar una realidad mucho más compleja ya que no se dan de forma independiente, sino que un mismo diente realiza más de un movimiento simultáneamente.

En relación con las variables demográficas, este estudio evaluó si la edad y el sexo influían en la precisión del movimiento dentario. La muestra estuvo compuesta por 65 pacientes, 40% hombres y 60% mujeres con edades entre 15 y 65 años (promedio $34,6 \pm 11,8$). Se identificó una correlación positiva, aunque muy débil, entre la edad y la precisión general del movimiento, lo que indica que hay una ligera tendencia a mejorar la precisión a mayor edad, lo cual podría ser por que los adultos adhieren mejor al tratamiento; pero es tan baja la relación que no parece ser un factor determinante. En cuanto al sexo, la prueba de Mann-Whitney mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$), donde las mujeres presentaron menor dispersión en los resultados, lo que podría interpretarse como una mayor estabilidad en la precisión del movimiento dentario.

Sin embargo, la literatura que aborda estas asociaciones es escasa. Estudios previos como los de Castroflorio y cols. y Harandi y cols. no encontraron diferencias significativas entre sexo o edad, lo que sugiere que estos factores no son determinantes importantes en la precisión de los alineadores. Las discrepancias con este estudio podrían deberse a diferencias metodológicas, el tipo de alineador o características de las muestras analizadas (26,28).

El objetivo principal de este estudio, además de evaluar la precisión del movimiento de los alineadores iFace, es ver la relación con el diagnóstico de la maloclusión inicial. A la fecha, no existe ningún estudio que se centre específicamente en esto, pero si hay algunos que evalúan factores individuales dentro de su metodología.

Iniciando con la variable de desarmonía dentomaxilar se observaron diferencias relevantes según las categorías de alineado, apiñado y diastemado. En la arcada superior, únicamente el movimiento de intrusión mostró diferencias significativas ($p < 0.001$) según la prueba de Kruskal-Wallis. El análisis post hoc de Dunn reveló diferencias entre los grupos alineado vs. apiñado y apiñado vs. diastemado, siendo el grupo apiñado el que presentó un RIC mayor, lo que indica una menor precisión y una mayor dispersión de los resultados. Esto es

coherente con la biomecánica, dado que la intrusión requiere espacio disponible en la arcada, por lo que los casos apiñados presentan mayores limitaciones para lograr el movimiento planificado.

En la DDM inferior, los movimientos de intrusión, traslación mesiodistal, rotación mesiodistal y torque bucolingual presentaron diferencias significativas ($p < 0.001$). En general, se repitió el patrón observado en la arcada superior, con diferencias principalmente entre alineado v/s apiñado y apiñado v/s diastemado, excepto en el torque bucolingual, donde las diferencias se dieron entre alineado v/s apiñado y alineado v/s diastemado. Nuevamente, el grupo apiñado mostró mayor dispersión y RIC más amplios, que lo confirma como el menos predecible. En rotación mesiodistal, el grupo diastemado presentó una mediana más baja que el apiñado, aunque con una dispersión similar, lo que sugiere que tanto la falta como el exceso de espacio pueden afectar la eficiencia en este tipo de movimiento.

En el estudio de las maloclusiones sagitales se investigaron las relaciones caninas, molares y el *overjet*. En cuanto a las clases se usó una clasificación simplificada obteniendo clases I, II y III, y otra clasificación graduada en $\frac{1}{4}$ de cúspide para añadir el grado de severidad y necesidad de corrección. En la clase canina derecha simplificada, solo el movimiento de intrusión indicó una diferencia estadísticamente significativa siendo la clase II la con menor precisión de movimiento con respecto a la clase I. En cuanto a la graduación por $\frac{1}{4}$ de cúspide, tanto la intrusión como la traslación mesiodistal mostraron diferencias significativas. El post hoc de Dunn evidenció que la discrepancia se daba con la clase II más severa lo cual puede deberse a que, al aumentar el grado de distoclusión, existe mayor compensación dentaria y alteración del plano oclusal, lo cual dificulta en mayor grado lograr los objetivos terapéuticos. Además, se debe tener nuevamente en consideración que ocurren varios movimientos simultáneamente, la corrección de la relación mesiodistal más severa, podría influir en la intrusión al realizarse al mismo tiempo.

En la case canina izquierda casi todos los movimientos presentaron diferencias significativas, a excepción de la extrusión. La clase III presentó la menor dispersión de datos lo que indica mayor predictibilidad de los movimientos, aunque en el análisis por $\frac{1}{4}$ de

cúspide, solo se encontró clases III $\frac{1}{4}$, es decir, clases III leves y más fáciles de corregir que clases II más severas y se condice con los resultados en cuanto a que la traslación mesial tuvo mejor predictibilidad de movimiento que la traslación distal, sobre todo a nivel del canino superior, que en traslación mesial fue de 94.29% y la distal de 64.36% indicando que sería más fácil corregir una clase III que una II por medio de la traslación de este diente.

Al analizar la clase molar, se vio en el lado derecho una diferencia para los movimientos de traslación bucolingual y rotación mesiodistal donde la clase III presentó mayor dispersión de datos y una mediana más baja lo que sugiere menor precisión de movimiento. En la clasificación por $\frac{1}{4}$ de cúspide hubo diferencias en todos los movimientos excepto en extrusión y tip mesiodistal, siendo la clase III $\frac{1}{2}$ cúspide la con mayor variabilidad. Esto resulta contradictorio con los resultados de la clase canina, dado que los molares presentan resultados similares en movimiento en traslación mesial y distal. En la clase molar izquierda solo el movimiento de traslación mesiodistal tuvo una diferencia significativa sobre todo con la clase II que tuvo la menor precisión de movimiento, especialmente la clase II $\frac{1}{2}$ cúspide que se diferenció de casi todos los demás grupos. La diferencia de resultados por lado de arcada podría explicarse por la distribución de datos, por ejemplo, clase III en el lado derecho fue más del doble que el lado izquierdo. Estudios más precisos y con una distribución más balanceada entre clases podrían ayudar a esclarecer esta diferencia.

Otra variable de maloclusión sagital estudiada fue el *overjet* inicial. Para el análisis se clasificó la muestra en <1 mm, 1–3 mm y >3 mm para obtener una interpretación clínica significativa. Todos los movimientos presentaron una diferencia a excepción de la extrusión dentaria. La tendencia observada es que a menor OJ la precisión del movimiento es menos dispersa y más estable. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos como el de Djeu y cols. que describieron que la corrección sagital de maloclusiones severas es menos eficiente con alineadores que con aparatología fija; Kravitz y cols. a su vez indicaron que el tip bucolingual se ve influenciado por la severidad del OJ inicial (2,29). Además, los resultados de esta tesis muestran una marcada asimetría en la eficiencia según el sentido de movimiento, el torque bucal de incisivos superiores supera ampliamente al torque

palatino (57,65% vs 5.23%), y la traslación bucal también es más precisa que la palatina (81.88% vs 55.05%). Esto sugiere que los movimientos a vestibular son más estables y predecibles, dado que hacia esta dirección hay espacio disponible no así a lingual, lo que explica por qué corregir un OJ disminuido que requiere vestibularización resulta más eficiente que corregir uno aumentado en base a retroinclinación incisivos superiores.

En cuanto a maloclusiones verticales, este estudio vio el comportamiento del *overbite* en relación con la precisión del movimiento dentario. Se clasificó en <1 mm, 1–4 mm y >4 mm para poder tener resultados de interpretación clínica, donde se encontró una diferencia significativa en los movimientos de intrusión, traslación mesiodistal, rotación mesiodistal y torque bucolingual. En general, los casos con OB disminuido presentaron una menor dispersión de datos lo que sugiere una mayor estabilidad y precisión en los movimientos planificados. Esto se condice con lo que la literatura reporta; Blundell y cols. reportaron que el tratamiento con alineadores solo logra un 39.2% de corrección del OB, siendo más difícil la normalización cuanto más severa sea la condición (30). En contraste, los resultados de esta tesis muestran que, si bien la extrusión es más predecible que la intrusión, la extrusión específicamente de incisivos es bastante más baja que la intrusión (27.93% vs 75.55% en superiores y 19.61% vs 60.83% en inferiores). Pensando que la corrección no se debe solo a movimientos verticales puros, sino que también implica un grado de angulación, tampoco se condice con los resultados ya que se vio que el torque bucal es más predecible que el lingual de manera general y específica a incisivos por lo cual corregir una mordida profunda debería ser más fácil que corregir una mordida abierta.

La única variable transversal observada en este estudio fue la diferencia entre los anchos molar superior e inferior. Por motivos de propiedad intelectual, iFace no puede entregar información sobre cómo se realizaban estas mediciones, por lo cual no se sabe cuál sería el criterio diagnóstico para interpretar un exceso o déficit transversal. De todos modos, se hizo el cruce entre la diferencia de ambas mediciones con la predicción del movimiento dentario y solo se vio una diferencia estadísticamente significativa con el movimiento de rotación mesiodistal. Si bien la relación existe y reduce la precisión del movimiento, es débil que no debe ser considerada significativa.

Este estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, su naturaleza retrospectiva implica la imposibilidad de controlar el sesgo de selección inherente al uso de registros previamente existentes. Para intentar controlar el sesgo se incluyeron casos en forma consecutiva y se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión a toda la base de datos para obtener la mayor cantidad de casos.

En segundo lugar, la base de datos fue proporcionada por la empresa y no por los dentistas tratantes por lo cual no es posible acceder a sus fichas clínicas ni conocer o controlar múltiples factores clínicos relevantes que pueden influir en la precisión del movimiento dentario. Entre ellos está la frecuencia de recambio de alineadores, el uso de mecánicas accesorias como elásticos intermaxilares o anclaje esquelético. Tampoco se puede evaluar la adherencia del paciente al tratamiento al uso diario recomendado de los alineadores, ni saber la experiencia o entrenamiento de los distintos ortodoncistas involucrados en el tratamiento.

Finalmente, aunque la literatura disponible aborda la precisión del movimiento dentario, no existe un estándar universal para la superposición de modelos ni para las mediciones lineales y angulares, lo que dificulta la comparación directa entre estudios. Además, la muestra analizada corresponde exclusivamente a pacientes que requirieron refinamiento, lo que implica que el tratamiento inicial no logró el resultado esperado, por lo cual los hallazgos no necesariamente son extrapolables a aquellos pacientes que sí lograron el objetivo en el primer intento, sin necesidad de esta fase adicional.

A pesar de las limitaciones, este estudio constituye una contribución relevante para ampliar el conocimiento disponible sobre la precisión del movimiento dentario en alineadores distintos de Invisalign, y abre una nueva línea de investigación acerca de la relación con las maloclusiones iniciales. Esto constituye un inicio en la comprensión de cómo las condiciones iniciales del paciente pueden incluirse en la toma de decisiones terapéuticas.

El impacto potencial de este trabajo podría repercutir en el ámbito clínico, académico y social. En el ámbito clínico ya que permite al ortodoncista tomar mejores decisiones basadas en la evidencia, identificar limitaciones y personalizar la terapia a cada paciente

según su diagnóstico inicial. En el ámbito académico aporta nueva información a lo que ya se conoce sobre la mecánica de alineadores y podría abrir nuevas líneas de investigación sobre cómo mejorar la biomecánica según el grado de maloclusión inicial. Finalmente, en el ámbito social ya que un tratamiento basado en un estudio exhaustivo inicial permite personalizar la terapia a cada paciente y, potencialmente, someterlos a procedimientos más predecibles, acotados en tiempo y costo, y con mayores garantías de éxito.

Futuros estudios, idealmente prospectivos y con condiciones clínicas controladas, podrían superar las limitaciones metodológicas de la presente investigación. Además, sería beneficioso desarrollar investigaciones que incluyan diferentes marcas de alineadores para construir una base comparativa más amplia y representativa de la realidad clínica. Por último, se vuelve evidente la necesidad de estandarizar los métodos de cálculo de precisión del movimiento, las técnicas de superposición de modelos y los criterios de medición del movimiento, con el fin de mejorar la reproducibilidad entre estudios y facilitar la comparación directa.

6. CONCLUSIONES

- La precisión general del movimiento dentario con alineadores iFace fue de $67.76\% \pm 53.03$, con una mediana de 100% y un RIC de 64.43, lo que demuestra una variabilidad considerable entre pacientes, pero un rendimiento global comparable o superior al reportado en estudios previos con otras marcas de alineadores.
- Los diferentes tipos de movimiento no se comportan de manera uniforme. La traslación mesiodistal y la extrusión fueron los movimientos más predecibles, mientras que el torque y la traslación bucolingual fueron los peores. Hay una diferencia estadísticamente significativa según la dirección del movimiento.
- La edad mostró una correlación positiva pero clínicamente irrelevante con la precisión, mientras que el sexo sí presentó una diferencia estadísticamente significativa con menor dispersión y mayor estabilidad en mujeres; lo cual contrasta con la literatura disponible.
- El diagnóstico inicial de las maloclusiones sí influyó en la precisión del movimiento, especialmente la discrepancia dentomaxilar. En general, el apiñamiento y las maloclusiones con mayor severidad sagital y vertical mostraron una tendencia a una menor predictibilidad. Más estudios en esta línea podrían contribuir a desarrollar estrategias biomecánicas para mejorar los resultados clínicos.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod*. 28 de septiembre de 2018;19(1):37.
2. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. enero de 2009;135(1):27-35.
3. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. julio de 2018;154(1):47-54.
4. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. septiembre de 2020;158(3):420-5.
5. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod*. septiembre de 2015;85(5):881-9.
6. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod*. noviembre de 2017;87(6):809-15.
7. Bilello G, Fazio M, Amato E, Crivello L, Galvano A, Currò G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Prog Orthod*. 11 de abril de 2022;23(1):12.
8. Li B, Xu YM, Shi RY, Hu YR, Liu SY, Gu ZX. Accuracy of Invisalign Progress Assessment with Clear Aligners: A Retrospective Study. *J Nurs Healthc*. 10 de diciembre de 2022;7(4):78-84.
9. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. 6th ed. Philadelphia, PA; 2017. 1104 p.
10. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc*. abril de 2007;73(3):263-6.
11. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod*. 28 de septiembre de 2018;19(1):37.

12. Li Q, Du Y, Yang K. Comparison of pain intensity and impacts on oral health-related quality of life between orthodontic patients treated with clear aligners and fixed appliances: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 24 de noviembre de 2023;23:920.
13. Di Spirito F, D'Ambrosio F, Cannatà D, D'Antò V, Giordano F, Martina S. Impact of Clear Aligners versus Fixed Appliances on Periodontal Status of Patients Undergoing Orthodontic Treatment: A Systematic Review of Systematic Reviews. *Healthcare*. 6 de mayo de 2023;11(9):1340.
14. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc*. abril de 2007;73(3):263-6.
15. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod*. febrero de 2022;11(1):12-21.
16. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*. 11 de junio de 2014;14:68.
17. Li J, Si J, Xue C, Xu H. Seeking orderness out of the orderless movements: an up-to-date review of the biomechanics in clear aligners. *Prog Orthod*. 18 de noviembre de 2024;25(1):44.
18. Monisha J, Peter E. Efficacy of clear aligner wear protocols in orthodontic tooth movement-a systematic review. *Eur J Orthod*. 1 de junio de 2024;46(3):cjae020.
19. Meade MJ, Weir T. Treatment planning protocols with the Invisalign appliance: an exploratory survey. *Angle Orthod*. 1 de septiembre de 2023;93(5):501-6.
20. Proffit WR, Fields H, Larson B, Sarver DM. *Ortodoncia contemporánea*. 5ta ed. Elsevier Health Sciences; 2019. 740 p.
21. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod*. 1 de noviembre de 1975;68(5):554-63.
22. Tafala I, Bourzgui F, Othmani MB, Azmi M. Automatic Classification of Malocclusion. *Procedia Comput Sci*. 1 de enero de 2022;210:301-4.
23. Janson G, Sathler R, Fernandes TMF, Zanda M, Pinzan A. Class II malocclusion occlusal severity description. *J Appl Oral Sci*. agosto de 2010;18:397-402.
24. Tamburrino RK, Boucher NS, Vanarsdall RL, Secchi A. The Transverse Dimension: Diagnosis and Relevance to Functional Occlusion. *RWISO Journal*. septiembre de 2010;

25. Pinho T, Gonçalves S, Rocha D, Martins ML. Scissor Bite in Growing Patients: Case Report Treated with Clear Aligners. *Children*. 27 de marzo de 2023;10(4):624.
26. Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, Garino F, Reverdito M, Capuozzo R, et al. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod*. 16 de enero de 2023;24:2.
27. Sachdev S, Tantidhnazet S, Saengfai NN. Accuracy of Tooth Movement with In-House Clear Aligners. *J World Fed Orthod*. diciembre de 2021;10(4):177-82.
28. Harandi MT, Abu Arqub S, Warren E, Kuo CL, Da Cunha Godoy L, Mehta S, et al. Assessment of clear aligner accuracy of 2 clear aligners systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. diciembre de 2023;164(6):793-804.
29. 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 Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. septiembre de 2005;128(3):292-8; discussion 298.
30. Blundell HL, Weir T, Kerr B, Freer E. Predictability of overbite control with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. noviembre de 2021;160(5):725-31.