



**Universidad
Europea**

**CEMENTADO INDIRECTO MEDIANTE
FLUJO DIGITAL**

Alumno: Fernanda Bastos Pereira Tessarin

Tutor: Fernando Calandria

Cementado indirecto mediante flujo digital.

Trabajo de Fin de Máster para optar al título de Máster Universitario en Ortodoncia Avanzada en La Universidad Europea de Madrid por Fernanda Bastos Pereira Tessarin, siendotutor/a del mismo el Dr. Fernando Calandria

Vº. Bº. Del Tutor/a: Dr. Fernando Calandria

Madrid, 21 de junio de 2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi marido, que fue el que me ha incentivado a empezar este máster y que siempre estuvo a mi lado apoyándome en los mejores y peores momentos.

A mis padres y hermanos que aun estando lejos siempre me han apoyado en los momentos importantes de mi vida.

A Dr. Fernando Calandria García, tutor de este presente trabajo, que me ha ayudado durante todas las etapas de este proyecto.

A mis compañeros, que durante estos 3 años fueron esenciales para que todo fluyera de manera más fácil y placentera, puedo decir que hemos formado una gran familia.

RESUMEN

Objetivos: Este proyecto es la continuación de un estudio piloto y tiene como objetivo verificar la fiabilidad de la transferencia de brackets metálicos a través del cementado indirecto completamente digitalizado, utilizando férula de acrílico 3D y analizar a través de una encuesta, el conocimiento de la técnica entre los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM.

Material y método: Se escanea la arcada dentaria del paciente y se envían los archivos STL pretratamiento al laboratorio Ortoplus (Málaga). Este laboratorio siguiendo las indicaciones del clínico, planifica virtualmente la posición de los brackets mediante el software de planificación OrthoAnalyzer de 3shape®. Esta planificación se envía al clínico para verificar la posición de los brackets, y si es correcta, se realiza la impresión, a través de una impresora 3D, de una férula de acrílico flexible de la marca NextDent, específica para cementado indirecto digital Ortho IBT, con la que se lleva a cabo el cementado indirecto.

Se toma un segundo escáner intraoral postcementado (el mismo día de este) y se comparan mediante el software digital NemoCast de Nemotec® los archivos. STL de la planificación con los archivos. STL postcementado. Tomamos como referencia a seguir, los modelos STL de la planificación digital y comparamos con los modelos STL postcementado de Brackets. Teniendo los archivos STL superpuestos, se tomaron medidas comparativas lineales en los dos planos de espacio, verticales (mesio-distal) y horizontales (ocluso-gingival). Se obtuvo la media, la desviación estándar y se realizó la prueba estadística de Mann-Whitney para muestras pareadas. Una encuesta con 8 preguntas sobre cementado indirecto digital fue entregada a los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM, los cuales participaron del procedimiento clínico.

Resultados: Un total de 190 brackets fueron cementados, 4 de ellos no se ha podido comparar porque al retirar la férula no quedaron cementados al diente. Cuando comparamos la media y desviación estándar para cada grupo de dientes tuvimos una distribución muy homogénea para todos los dientes, siendo el diente 13 y 24 los que presentaron mayores y menores desviaciones respectivamente.. Cuando comparamos maxilar y mandíbula el maxilar en la medida mesiodistal fue el que presentó mayores valores de desviación. En la comparación de errores, en valores brutos, hubo diferencias significativas solamente en los dientes posteriores en las dimensiones verticales para el maxilar y horizontales para la mandíbula ($p < 0,05$). Con respecto a las encuestas la mayoría de los estudiantes valoraron positivamente el uso de la técnica del cementado indirecto digital y la volverían a utilizar en su día a día clínico.

ABSTRACT

Objectives: This project is the continuation of a pilot study and aims to verify the reliability of the transfer of completely digitized indirect bonding of metal brackets using 3D acrylic splints and to analyze, through a survey, the knowledge of the technique among the students of the Master of Advanced Orthodontics at the UEM.

Material and method: The patient's dental arch is scanned and the pre-treatment STL files are sent to the Ortoplus laboratory. Following the clinician's instructions, this laboratory virtually plans the position of the brackets using 3shape OrthoAnalyzer planning software. This planning is sent to the clinician to verify the position of the brackets by the Orthodontist and if it is correct, an acrylic splint is made, through a 3D printer, with which the indirect bonding is carried out.

Then, a post-cemented intraoral scan is taken and the files are compared using Nemotec's NemoCast® digital software. Having the STL files superimposed, linear comparative measurements were taken in the two planes of space, vertical (mesio-distal) and horizontal (occluso-gingival). We take the STL models of the digital planning as a reference to follow and compare with the models Post-cemented STL of Brackets.

A survey with 8 questions on digital indirect cementation was applied to the students of the Master of Advanced Orthodontics of the UEM, who participated in the clinical procedure.

Results: A total of 190 brackets were cemented, 4 of them could not be compared because they did not remain cemented when removing the splint. When we compared the mean and standard deviation for each group of teeth, we had a very homogeneous distribution for all the teeth, with tooth 13 and 24 showing the highest and lowest deviations, respectively. When we compared the maxilla and mandible, the maxilla in the mesiodistal measurement was the one with the highest deviation values. In the comparison of errors, in raw values, there were significant differences only in the posterior teeth in the vertical dimensions for the maxilla and horizontal for the mandible ($p < 0.05$). With respect to the surveys, most of the students positively valued the use of the digital indirect cementation technique and would use it again in their clinical day-to-day.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
A. Criterios básicos de cementado	11
B. Conceptos de la odontología digital	12
B. Ventajas e inconvenientes del cementado indirecto digital	17
D. Digitalización del proceso.....	18
JUSTIFICACIÓN	22
HIPÓTESIS	23
OBJETIVOS	23
METODOLOGÍA	24
A. Fase clínica precementado	25
B. Fase de laboratorio	26
C. Fase clínica.....	31
D. Superposición de los modelos STL	32
E. Encuesta a los alumnos del máster de ortodoncia UEM.....	34
RESULTADOS	36
DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIÓN.....	47
BIBLIOGRAFIA	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Archivo .STL con agujeros y plegamientos.	14
Figura 2. Diferencia de resolución del archivo .STL. La parte izquierda de la esfera tiene una resolución más baja que la parte derecha. Observe que el contorno de la esfera en el lado derecho es más bien definido comparado con el lado izquierdo. Cuantos más puntos conformen el .STL mayor será la calidad del archivo	14
Figura 3. Superposición de archivos DICOM y STL para planificación ortodóncica teniendo en cuenta la posición de las raíces dentro del hueso alveolar	15
Figura 4. Set up para la planificación de un caso de cementado indirecto con el software OrthoAnalyzer de 3Shape	17
Figura 5. Ejemplo de técnicas de fabricación por adición (SLA y DLP)	22
Figura 6. Escaneo intraoral previo cementado de brackets	26
Figura 7. Plataforma de pedidos ORTODOCK del laboratorio Ortoplus	27
Figura 8. Segmentado digital de los dientes	28
Figura 9. Plataforma para verificación y validación de colocación de los brackets	29
Figura 10. Imagem ilustrativa de um Diseño CAD de férula de transferencia de brackets	30
Figura 11. Ortho IBT de Nextdent	31
Figura 12. Férula 3D impresa	31
Figura 13. Proceso clínico de la fase de cementado de Brackets con la férula 3D. a) Profilaxis de las aras vestibulares; b) Grabado con ácido ortofósfoico al 37%; c) Aplicación de adhesivo; d) Fotopolimerizado de 20seg; e) Cementado de brackets utilizando férula 3D; f) Fotopolimerizado 20 seg.; g) Retirada de la férula; h) Brackets cementados.	32
Figura 14. Archivo STL postcementado de brackets en boca	33
Figura 15. Unión BestFit o superposición, del modelo planificado digitalmente y el modelo postcementado de Brackets en boca	34
Figura 16. Selección de los 10 puntos para realización de la superposición	34
Figura 17. A: medidas ocluso gingival. Y B: medidas mesiodistal	35
Figura 18. Tabla de resultados de la media obtenida de las 3 mediciones horizontales para el maxilar y para la mandíbula. El diente 23 del paciente 1 y el diente 32 del paciente 9 no se quedaron cementados al retirar la férula	37

Figura 19. Tabla de resultados de la media obtenida de las 3 mediciones verticales para el maxilar y para la mandíbula. El diente 23 del paciente 1 y el diente 32 del paciente 9 no se quedaron cementados al retirar la férula	37
Figura 20. Resultado de la media y desviación estándar para cada grupo de dientes para medidas mesio distal y ocluso gingival, tanto para maxilar como para mandíbula	38
Figura 21. Resultado de la desviación estándar (SD) total para las medidas mesiodistal y ocluso gingival tanto para el maxilar como para la mandíbula	38
Figura 22. Prueba de Mann-Whitney, comparando las zona anterior y posterior para el maxilar y mandíbula en las dos dimensiones lineales. A: sin diferencia significativa ; B: con diferencia significativa. Nivel de significancia de 5% ($p < 0,05$)	39
Figura 23. Gráfico 1. Respuestas sobre consentimiento de participación en la encuesta	39
Figura 24. Gráfico 2. Respuestas sobre utilización previa de la técnica de cementado indirecto digital	40
Figura 25. Gráfico 3. Respuestas sobre valoración de la experiencia utilizando la técnica de cementado indirecto digital	40
Figura 26. Gráfico 4. Respuestas sobre cuando utilizarían la técnica de cementado indirecto digital	41
Figura 27. Gráfico 5 Respuestas sobre la precisión del cementado indirecto digital	41
Figura 28. Gráfico 6. Respuestas respecto al coste de la técnica de cementado indirecto digital	42
Figura 29 Respuesta respecto al tiempo de sillón	42

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de cementado de brackets en ortodoncia, el mayor desafío es lograr la posición ideal del mismo. La colocación precisa de los brackets en cada diente, es un componente fundamental para alcanzar los objetivos ortodóncicos y que se exprese la información incluida en cada bracket de manera correcta. El cementado indirecto permite una mayor precisión en la colocación de los brackets, al permitir la visión del posicionamiento dental en los tres planos del espacio, minimizando el reposicionamiento del bracket al final del tratamiento (1,2) El reposicionamiento de los brackets y las dobleces de compensación en los arcos para corregir posiciones dentales, son procedimientos que consumen mucho tiempo y pueden llevar a tiempos de tratamiento más prolongados(3)

Antes de la adhesión directa, había que embandar todos los dientes, porque no existían cementos que permitiesen la adhesión directa de los Brackets al diente. Pero cuando aparecieron los primeros cementos de adhesión directa, estos eran autopolimerizables y muy líquidos, lo que hacía que se tardase mucho en cementar y la posición de los Brackets no fuese tan precisa ya que el bracket se “resbalaba” por el diente mientras polimerizaba. Silverman (4) encontró la solución al problema, permitiendo cementar todos los Brackets a la vez mediante una cubeta de transferencia. El cementado indirecto clásico consiste en posicionar el bracket en el modelo dental de escayola y luego transferir este cementado a los dientes del paciente a través de la fabricación de una férula de transferencia individualizada(5). Desde entonces, varios materiales como férulas duras y blandas formadas al vacío, materiales de impresión con base de goma, siliconas, ceras, han sido utilizados para transferir los brackets a los dientes con el objetivo de minimizar todos estos problemas observados en el cementado directo, como el mayor tiempo de sillón y menor campo de visión a no permitir la visualización del bracket en las 3 dimensiones (6–12).

Con la aparición del cementado indirecto también surgieron preocupaciones sobre su influencia en cuanto a la disminución de la fuerza de adhesión(13–15), fallos(16,17) y precisión(18–26) en el cementado. En estos artículos cuando se comparan las técnicas de cementado directo con el indirecto no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre una técnica y otra en cuanto a estos 3 puntos anteriormente mencionados. Con respecto a mejor visibilidad durante el posicionamiento del bracket cuando comparamos el cementado directo con el cementado indirecto, algunos estudios(25,27–29) mostraron que este último proporciona mejor visibilidad, porque la etapa de laboratorio elimina factores como el control de la interposición

de la lengua y del labio del paciente, control de la saliva y también el estrés causado en el paciente por el largo tiempo de tratamiento sentado en el sillón (18,30)

La tecnología digital se está utilizando cada vez más en la odontología para obtener modelos 3D para mejorar el diagnóstico y planificación del tratamiento. (31,32) .Con la creación de los escáneres intraorales, el desarrollo de softwares de cementado digital y las impresoras 3D tenemos muchas más herramientas para lograr un cementado indirecto más preciso. Se ha demostrado que la toma de medida es más fiable cuando son realizados con un escáner intraoral (33). Además, los softwares de planificación permiten la posibilidad de superponer la imagen tomográfica del paciente en los modelos digitales para visualizar las raíces dentales y determinar la acción de los brackets en los dientes con más precisión (34–37)

La incorporación de la tecnología CAD/CAM en la odontología permite una digitalización completa del tratamiento de ortodoncia (31,32,38). La digitalización de la ortodoncia cuando hablamos del cementado digital de brackets consiste en que a partir de un modelo virtual 3D de los dientes del paciente, se realiza el posicionamiento virtual de los brackets y luego se fabrica una férula con la información de la posición del bracket que fue planificada y por último los brackets son cementados indirectamente en los dientes del paciente. Esta tecnología posibilita mayor precisión en el cementado de brackets al eliminar cualquier error manual causado por el operador durante este proceso (29,39).

Por lo tanto, tras la incorporación del CAD/CAM a la odontología, ha habido un número creciente de investigaciones dirigidas a refinar los protocolos de cementado indirecto en el intento de minimizar el error humano durante esta etapa crítica del plan de tratamiento que es el cementado de brackets (40–45)

Considerando que, si tenemos una mejoría en la precisión del cementado y una disminución del tiempo de sillón con el cementado digital cuando lo comparamos con otros tipos de cementado, este método podría contribuir para una mayor utilización por parte de los odontólogos a los sistemas digitales en lugar de utilizar la técnica directa o indirecta convencional. Por esta razón, el presente estudio tiene como objetivo verificar la fiabilidad de la transferencia in vivo, del cementado indirecto completamente digitalizado, de brackets de la técnica entre los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM. Además fue realizada una encuesta entre los mismo alumnos con el objetivo de saber el grado de conocimiento sobre la técnica del cementado indirecto digital y si como valoran su uso en el día a día clínico.

A. Criterios básicos de cementado

Es indispensable saber que para realizar un cementado correcto ya sea tanto con técnica convencional o mediante procesos digitales es fundamental conocer la técnica correcta de posicionamiento del bracket para obtener buenos resultados (46)

Debemos tener en cuenta, basándonos en llaves de la oclusión de Andrews, estos 5 puntos:

1- Control del TIP (angulación):

Ángulo formado por el eje facial de la corona clínica y la perpendicular al plano oclusal. Las aletas del bracket deben ser paralelas al eje mayor de la corona clínica y coincidir ambos lados a este eje.(47)

Es frecuente encontrar tip mesial en los primeros premolares. Se pueden hacer compensaciones del tip aumentando la inclinación del bracket respecto a su eje axial

2- Control IN-OUT

La arcada debe seguir la “línea de la tronera” se trata de una línea imaginaria a nivel del centro transversal del plano de la corona que conecta las partes más bucales de las áreas de contacto de las coronas cuando están posicionadas óptimamente.

Los errores de posicionamiento vertical del bracket afectarán a la posición vestibulopalatina del diente.(48)

3- Control de las rotaciones

En la arcada no pueden existir rotaciones, errores de cementado del Bracket en el eje mesiodistal de la cara vestibular pueden producir rotaciones indeseadas.

Las aletas del bracket deben coincidir con el eje mayor de la corona clínica y ser paralelas a este. Se puede cementar el bracket de manera que se sobrecompensen las rotaciones, es decir se pueden cementar más a mesial más a distal según el giro de rotación que se pretenda conseguir.

4- Control del torque (inclinación)

Determinado como el ángulo entre una línea perpendicular al plano oclusal y una línea paralela y tangente al eje mayor de la corona clínica en su punto medio.

Para tener un buen control de torque, el bracket se debe posicionar en el punto FA que se sitúa en la intersección entre el eje facial de la corona clínica (FACC) y el plano de Andrews, plano paralelo al plano oclusal en su punto medio

Un cementado incorrecto puede llevar a una inclinación indeseada del diente puesto que por cada 5° de torque anterior, añadimos 1 mm a la arcada, produciéndose un cambio de prescripción y si colocamos el bracket 1 mm por encima o por debajo de FA, variamos 5° de torque (49)

5- Control de la altura

Para un cementado correcto se utiliza la longitud de la corona anatómica como referencia vertical. Si la encía cubre el cuello anatómico se utiliza la corona clínica como referencia del tamaño, es posible que si la encía cubre excesivamente la corona sea necesario realizar una gingivectomía previa. También se debe tener en cuenta la morfología del diente que puede inducir a error en el proceso de cementado(50) si el diente presenta muescas o por ejemplo caninos muy puntiagudos podemos compensar las anomalías anatómicas poniendo los brackets más hacia gingival y hacer posteriormente el recontorneado del borde incisal o cúspide, o recontorear primero y dar la anatomía correcta al diente antes de cementar los brackets.

B. Conceptos de la odontología digital

- ARCHIVO STL (Standard Triangle Language o Standard Tesselation Language o Stereolithography)

El formato STL descompone todas las geometrías y las reduce a una sucesión de triángulos de diferentes formas y tamaños, que se adaptan a la geometría del objeto, dibujando exactamente todos sus contornos. El archivo STL excluye información como color, textura o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD. Si estos triángulos no están bien conformados pueden aparecer pliegues o agujeros en la malla lo que implicará defectos en la impresión (figura 1). Este archivo una vez integrado en el software recibe el nombre de malla.

La calidad de la malla dependerá de la cantidad de triángulos que lo formen, cuantos más triángulos conformen la malla, mayor precisión del archivo (figura 2). Existen escáneres con diferente precisión, pero la mayoría cumplen con los requisitos

adecuados. Se ha comprobado que en la toma de un escáner intraoral es importante no realizar muchas pasadas por la misma zona puesto que se pueden producir los pliegues mencionados anteriormente.

Actualmente muchos escáneres intraorales permiten la opción de hacer un primer escaneo y posteriormente rellenar la información que falta sin alterar el resto de la imagen.

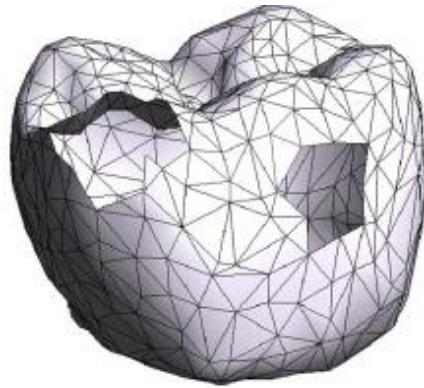


Figura 1. Archivo .STL con agujeros y plegamientos.

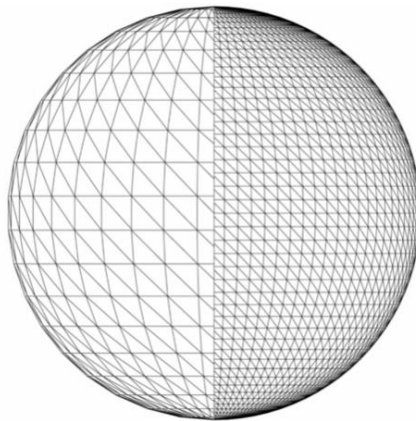


Figura2. Diferencia de resolución del archivo .STL. La parte izquierda de la esfera tiene una resolución más baja que la parte derecha. Observe que el contorno de la esfera en el lado derecho es más bien definido comparado con el lado izquierdo. Cuantos más puntos conformen el .STL mayor será la calidad del archivo

- ARCHIVO. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Se trata del protocolo estándar de intercambio de datos de tomografías computarizadas, este estándar es un formato de imagen digital y una estructura de datos para el almacenamiento e intercambio de imágenes biomédicas.

En general, el conjunto de datos DICOM consiste en una serie de archivos bajo la extensión .dcm, cada archivo del conjunto de datos normalmente es almacenado en CD-ROM junto con programas computacionales para su visualización (51)

Gracias al avance de las tecnologías se ha conseguido superponer ambos archivos (.STL y .DCM). Las imágenes dentales que proporciona un archivo .dcm contienen muchas interferencias y “ruido” por lo que es imprescindible unirlos con un archivo .STL del escaneado de los dientes si se quiere trabajar con estructuras dentarias.

En un CBCT aparecen las raíces a las cuales se pueden segmentar y hacer un diente completo al unirlos con la corona clínica.

Trabajar y planificar los casos de ortodoncia teniendo en cuenta la posición de las raíces dentro del hueso alveolar reduce algunas de las complicaciones derivadas del tratamiento como pueden ser las recesiones.

Unir ambos archivos permite la confección de aparatología de anclaje óseo como pueden ser los microtornillos o aparatología de expansión del maxilar (52), y también permite controlar la posición radicular con respecto a las corticales óseas, a fin de disminuir riesgos de recesiones y fenestraciones(53)

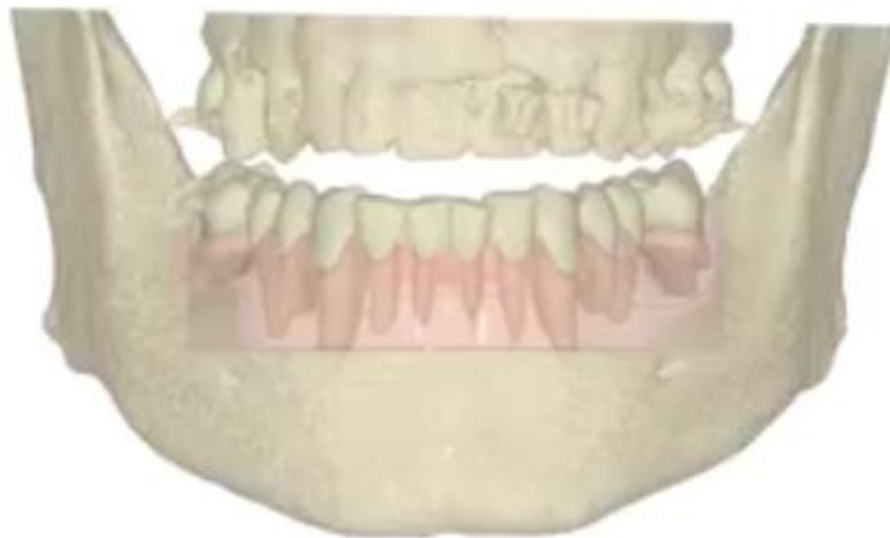


Figura 3. Superposición de archivos DICOM y STL para planificación ortodóncica teniendo en cuenta la posición de las raíces dentro del hueso alveolar.

- **IMPRESORA 3D**

Una impresora 3D es una máquina capaz de imprimir figuras con volumen (ancho, largo y alto), a partir de un diseño hecho por ordenador. En resumen, lo que hace es producir un diseño 3D virtual en un modelo 3D físico (real). Los diferentes tipos de impresión se describen posteriormente (54)

- **ESCANER INTRAORAL**

El escáner intraoral se trata de un aparato que realiza una toma de imágenes a través de su captador sin necesidad de usar un contraste mediante una combinación de luz óptica y láser (55)

El escáner proyecta luz sobre el objeto, en este caso las arcadas dentales con o sin brackets, pero también son capaces de captar otras estructuras como: scanbodies para realizar rehabilitaciones protésicas sobre implantes, arcadas con ausencias para poder fabricar posteriormente prótesis removibles o férulas de cirugía guiada o preparaciones dentarias para incrustaciones, carillas o restauraciones de recubrimiento total (56) Estas imágenes obtenidas por el captador son procesadas por el software propio del escáner generando una nube de puntos unidos por triangulación creando una malla 3D, es decir un archivo .STL (57)

Las impresiones con escáner intraoral reducen el discomfort del paciente (58,59)es más eficiente puesto que no es necesario repetir las impresiones y elimina muchos errores en la cadena de fabricación.(60) También permite una mejor comunicación con el paciente puesto que puede ver en una pantalla una réplica de sus arcadas dentarias y se puede realizar desde el escáner un set up aproximado en pocos minutos haciendo entender al paciente una idea aproximada de los objetos de tratamiento.

También permite una mejor comunicación con el laboratorio, sin olvidarnos de que estamos eliminando el factor medioambiental y el dinero del envío de modelos físicos.

El escáner intraoral junto con el software de planificación y diseño, han permitido mejorar la comunicación con el paciente, éste es capaz de comprender mejor los pasos de su tratamiento y su motivación aumenta cuando se le enseña el resultado final previamente al tratamiento.

- SET UP (establecer, crear, configurar)

Se trata de colocar los dientes en su posición final para poder realizar un diagnóstico y valorar como llegar a ese objetivo establecido. Previamente era una técnica tediosa en la que se requería seguetear cada uno de los dientes de escayola para moverlos dentro de modelo.

Como en tantos otros campos la odontología digital ha hecho que el set up sea mucho más rápido y factible de realizar. Mediante el set up se puede planificar el caso del paciente y establecer una colocación idónea de los brackets respecto a su posición final.

El cementado indirecto CAD/CAM guiado y planificado mediante software 3D nos permite planificar el cementado de los brackets de una manera más precisa con menos errores de posición, reduciendo los fallos en el proceso de cementado que alargan y dificultan el tratamiento ortodóncico del paciente (61)

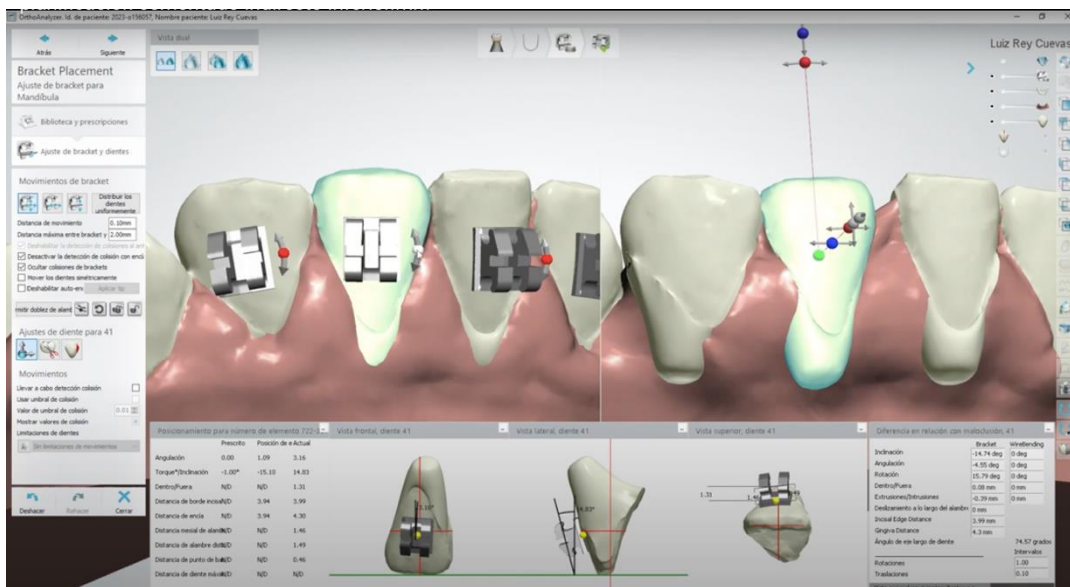


Figura 4. Set up para la planificación de un caso de cementado indirecto con el software OrthoAnalyzer de 3Shape.

B. Ventajas e inconvenientes del cementado indirecto digital

Ventajas

El cementado indirecto presenta una serie de ventajas sobre el cementado directo como pueden ser:

- Se elimina la impresión intraoral con alginato o silicona lo que supone un discomfort para el paciente (58).
- Visión 360° de la posición del bracket, mejor visibilidad ya que estamos aumentando la imagen
- Se elimina gran parte del proceso manual ayudando así en la precisión del cementado (29)
- Parece lograrse una mayor fuerza de adhesión por el aislamiento que produce la férula de la lengua y las mejillas, aunque la adhesión también depende de factores ajenos a la técnica como puede ser la estructura del esmalte (18).
Aun así, no se ha demostrado que ninguna de las dos técnicas garantice un cementado perfecto. (62) Sin embargo si existen diferencias en otros artículos en el descementado de sectores posteroinferiores, existiendo mayor índice de descementado en los casos de cementado directo (16)
- Otra de las ventajas a tener en cuenta es que independientemente de la experiencia del operador, al ser un proceso completamente guiado, con el cementado indirecto pueden obtenerse resultados similares en operadores experimentados y en clínicos que estén en el comienzo de su carrera como ortodoncista (63)
- Se reduce el tiempo de sillón al realizarse el cementado de todos los brackets de la arcada al mismo tiempo.
- Tratamiento delegable con supervisión. No sería necesaria la presencia del ortodoncista únicamente en el cementado.

La mayor ventaja del proceso completamente digitalizado es el uso de la tecnología. Los avances tecnológicos facilitan el diagnóstico y la capacidad de poder ver el resultado final antes de comenzar el tratamiento.

Permiten reducir los tiempos, sobre todo en cuanto al diagnóstico se refiere.

Inconvenientes

- Curva de aprendizaje. Como todo nuevo protocolo a incorporar en la clínica se requiere un entrenamiento tanto del ortodoncista como del equipo auxiliar. En este aprendizaje se incluye la toma de impresión con un escáner intraoral y el cementado mediante una férula. (59)
- Inversión en un escáner intraoral (este inconveniente podría solventarse con la toma de impresiones convencionales y digitalizarlas en el laboratorio si no se dispone de un escáner intraoral) Por suerte cada vez la competencia es mayor y el precio de los escáneres ha disminuido en los últimos años.
- Aumento del coste del caso. La planificación de la posición de los brackets, el diseño 3D de la férula, la impresión de la férula y su envío (dentro de la Península Ibérica) cuesta entorno a los 50 euros por arcada.
- Los restos de cemento pueden ser mayores en el cementado indirecto puesto que no se puede acceder a todas las zonas antes de fotopolimerizar.
- Se podría considerar otro inconveniente la dependencia de los tiempos de laboratorio, inconveniente que se podría solventar si se realizase el proceso completo en la clínica, aunque esto conlleva una curva de aprendizaje e inversión mayores.

D. Digitalización del proceso

Como se ha descrito antes el proceso analógico, es tedioso y conlleva mucho tiempo de preparación, gracias a la aparición de los sistemas CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing), la mejora de los softwares de planificación, la

evolución en las impresoras 3D y los materiales de impresión, se puede imprimir directamente una férula de cementado indirecto, adaptada a la boca del paciente que permite un cementado preciso.

La impresión 3D, es decir la creación de objetos a partir de adición de material, es una tecnología avanzada basada en el diseño asistido por ordenador, usando materiales estandarizados para crear objetos 3D mediante procesos automatizados que ha permitido la mejora en la eficiencia y en la precisión en muchos campos de la odontología.

Para poder entender el protocolo digitalizado y la metodología de este trabajo es necesario presentar algunos conceptos básicos. Podemos resumir el flujo digital en 3 pasos:

1. Digitalización de los archivos
2. Diseño (CAD)
3. Producción (CAM)

1. Digitalización de archivos:

La digitalización de volúmenes 3D o estructuras en Odontología puede ser básicamente:

- Digitalización de volúmenes Completos:

Este tipo de digitalización se utiliza en radiología. Esta tecnología logra que las radiaciones ionizantes con capacidad de penetración en los tejidos por acción de los Rayos X, se conviertan en imágenes procesadas digitalmente que pasan a ser interpretadas por softwares de reformateado de dichas imágenes. Como ejemplo, actualmente, tenemos los aparatos de tomografía de haz cónico, que ofrecen una información de incalculable valor y que están a un nivel de calidad excelente. La información obtenida, almacenada en formato DICOM, es la que posteriormente se utiliza para todos los softwares de planificación de implantología

- De Superficies

La segunda fuente de digitalización es la que se obtiene de aparatología de escaneado de estructuras intra o extraoral. Ambos ofrecen los archivos en general en archivos de nubes de puntos (point clouds) o en sus conversiones en triángulos que unen dichos

puntos: archivos STL. Cuyo acrónimo es Stereolithography o Standard Triangle Language

Actualmente, la fiabilidad de los escáneres intraorales se puede garantizar, incluso con mejores resultados que los obtenidos por impresiones convencionales con hidrocoloides o elastómeros para aquellas preparaciones protésicas escaneadas en ausencia de sangre, saliva y con márgenes visibles.(43,64)

2. Diseño (CAD)

La fase CAD, es aquella que abarca todo lo correspondiente al diseño asistido por ordenador. Existen múltiples softwares que nos permiten trabajar los archivos digitales y diseñar nuevos productos. En este trabajo se ha utilizado el Software Ortoanalyzer de 3shape para el posicionamiento de brackets y diseño de la férula y el Software de Nemotec, Nemocast para comparar los archivos obtenidos.

Estos softwares nos permiten superponer varios archivos de distinta procedencia (STL y DICOM) lo que nos permite poder fusionar los modelos del paciente con su CBCT y trabajar simultáneamente con las coronas clínicas y con las raíces de los dientes y poder así determinar la inclinación exacta que debe tener el bracket siguiendo el eje axial de la raíz.

3. Producción (CAM)

El acrónimo de CAM es la fabricación asistida por ordenador.

- Técnicas de fabricación por sustracción:

- Fresado: la técnica de fresado se utiliza en odontología en su mayor parte para realizar rehabilitaciones protésicas. Los materiales más comunes son: zirconio, porcelana, titanio y PMMA (polimetilmetacrilato)

Se trata de una técnica en la que a partir de un bloque de uno de estos materiales se “esculpe” retirando material del bloque mediante fresas la forma que se haya diseñado previamente (diseño CAD).

Las fresadoras se componen de distintos ejes de fresado, cuantos más ejes de fresado mejor resultado se obtendrá en la pieza.

- Técnicas de fabricación por adición:

En la fabricación por adición un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de un material; según estos materiales se clasifica el método usado. En las impresoras de resina los dos procesos más comunes son:

- SLA (Estereolitografía).
- DLP (procesamiento de luz digital)

La tecnología SLA con Láser y la tecnología DLP con paneles de luz son las más utilizadas en Odontología para trabajar con resinas (figura 5).

Ambos procesos se basan en la exposición selectiva de resina líquida en una fuente de luz (un láser en el caso de la SLA y un proyector de luz en el del DLP). La tecnología DLP es más rápida pero el grosor de capa que se consigue es mayor que con la tecnología SLA. Para la impresión de las férulas se utiliza tecnología DPL, es decir, la fuente de polimerización de la resina es una fuente de luz. Se pueden imprimir modelos, férulas de cirugía guiada, provisionales, y como es en este caso férulas de cementado indirecto.

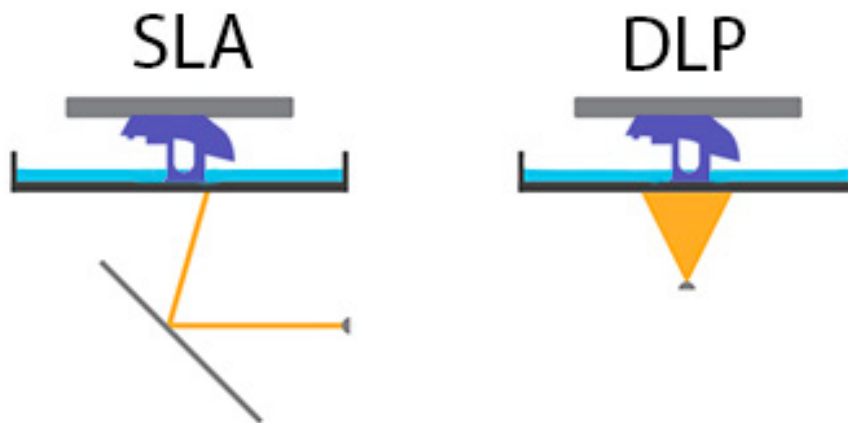


Figura 5. Ejemplo de técnicas de fabricación por adición (SLA y DLP).

JUSTIFICACIÓN

La transferencia de Brackets metálicos es una etapa crítica en el proceso de colocación de ortodoncia, ya que cualquier error en este procedimiento puede afectar negativamente el resultado final de tratamiento. La técnica de cementado indirecto completamente digitalizado, respaldada por el uso de una férula de acrílico 3D, se presenta como una alternativa que ofrece eficiencia en este proceso. Sin embargo, es fundamental asegurarse de la fiabilidad de esta técnica antes de su implementación. Es por eso que este proyecto se propone evaluar su efectividad. Al verificar su fiabilidad, se podrán identificar las ventajas y desafíos de esta técnica específica, proporcionando una base sólida para su eventual adopción por parte de los ortodontistas.

Además de evaluar la fiabilidad de la técnica, también es importante comprender el nivel de conocimiento y familiaridad de los alumnos de Máster de ortodoncia avanzada de la UEM con esta técnica en particular. Mediante la realización de una, podremos recopilar información sobre su grado de comprensión, experiencia previa y percepciones sobre el uso del cementado indirecto completamente digitalizado. Estos datos nos permitirán identificar posibles brechas en el conocimiento y, en caso necesario, implementar acciones formativas para mejorar la formación académica y práctica de los alumnos en esta técnica, ya que a cada día que pasa la ortodoncia se torna cada vez más digitalizada.

HIPÓTESIS

H0: no hay diferencias significativas con respecto a la precisión de la posición de los brackets, cuando se compara la planificación digital del cementado y su transferencia en boca utilizando férula de acrílico 3D.

H1: no hay diferencias significativas con respecto a la precisión de la posición mesiodistal y oclusio gingival de los brackets, cuando se compara maxilar y la mandíbula.

H2: no hay diferencias significativas cuando se compara la precisión de la posición de los brackets anteriores y posteriores tanto para el maxilar como para la mandíbula

H3: los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM no estaban familiarizados con la técnica de cementado indirecto digital de brackets utilizando férulas 3D.

H4: los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM no valoraran positivamente la utilización de la técnica de cementado indirecto digital.

OBJETIVOS

Este proyecto tiene como objetivos:

- Verificar la fiabilidad de la transferencia de brackets metálicos a través del cementado indirecto digitalizado, utilizando férula de acrílico 3D, comprobar los errores de posición superponiendo archivos STL obtenidos del proceso
- Analizar, a través de una encuesta, el conocimiento de la técnica entre los alumnos del Máster de Ortodoncia Avanzada de la UEM.
- Establecer un protocolo de cementado indirecto reproducible, predecible y repetible.

METODOLOGÍA

Este protocolo de investigación es la continuación de un proyecto piloto, y se ha llevado a cabo en la Universidad Europea de Madrid, todos los pacientes fueron previamente informados del procedimiento y de las ventajas e inconvenientes que suponía el tratamiento. Todos firmaron el consentimiento informado y el proyecto fue aprobado por el comité ético. En caso de pacientes menores de edad, el documento fue firmado por padre/madre/tutor.

Criterios de inclusión:

- Pacientes que vayan a comenzar un tratamiento de ortodoncia
- Que la hemiarcada a ser utilizada sea lo más simétrica posible
- Que no presenten restauraciones como coronas de metal porcelana/ porcelana/zirconio
- Dientes con coronas clínicas viables

Criterios de exclusión:

- Que el paciente sea portador de alguna rehabilitación de porcelana, zirconio o composite en la totalidad de la cara vestibular.
- Que las hemiarcadas sean asimétricas.
- Anomalías dentarias como dientes microdónticos o atricciones severas
- Dientes con coronas clínicas insuficientes
- Pacientes con apiñamiento severo

Protocolo

- A. Fase clínica precementado
- B. Fase de laboratorio
- C. Fase clínica de cementado
- D. Superposición de los modelos STL
- E. Encuesta a los alumnos del Máster de Ortodoncia de la UEM

A. Fase clínica precementado

A.1. Selección del paciente y toma de impresión

Siguiendo los criterios de inclusión y exclusión que han sido descritos anteriormente, 13 pacientes fueron seleccionados y un total de 19 arcadas.

Estos pacientes pasaron por una consulta previa al cementado del Brackets, para que fuera realizado el escaneo intraoral inicial (figura 6) para posterior planificación digital del caso. El escáner intraoral utilizado fue el iTero Element 5D y el protocolo de escaneo utilizado fue el descrito por la casa comercial.



Figura 6. Escaneo intraoral previo cementado de brackets

A.2. Envío de los modelos digitales

Envío de los archivos .STL obtenidos al laboratorio ORTOPLUS. Se dan indicaciones a los técnicos sobre el cementado específico para cada caso y también se suben las fotos intra y extraorales y las radiografías de cada paciente (figura 7).

Observations about treatment:

Por favor enviarme la férula entera y no partida. Cementar hasta los 6's y hacer l a férula más retentiva en la zona de los t ubos. Muchas gracias!

Order date: 09-03-2023

Requested for: 23-03-2023

Message to Ortoplus about treat ment:

Send

Notice:

A technician has uploaded a 3D file so you can see the result of your treatment.

Open 3D Viewer

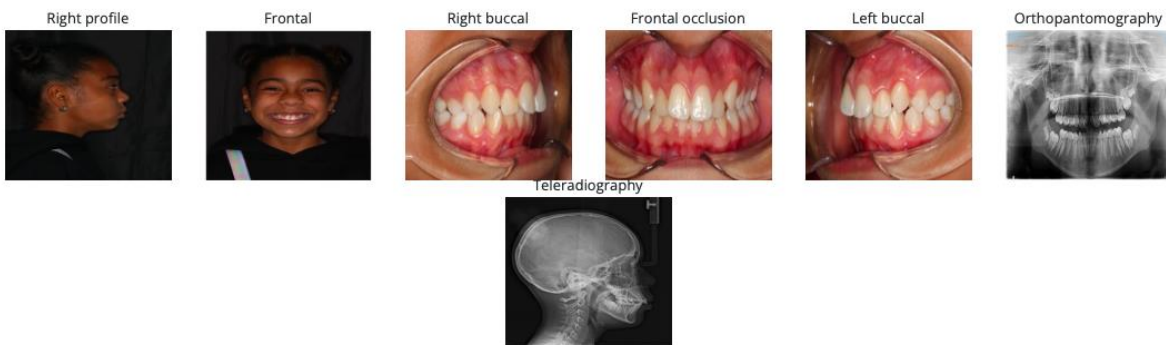
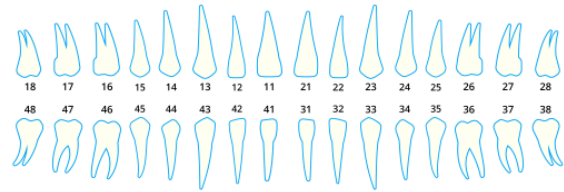
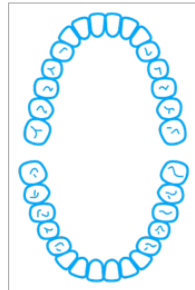


Figura 7. Plataforma de pedidos ORTODOCK del laboratorio Ortoplus.

B. Fase de laboratorio

B.1. Preparación de modelos y colocación virtual de los Brackets.

Los modelos esterolitograficos (STL) generados por el escáner intraoral se integraron en el software de planificación 3D OrthoAnalyzer (3Shape, Copenhagen, Denmark). El proceso es el siguiente:

- Los modelos requieren una fase previa de orientación y zocolado virtual. Esta orientación se puede realizar con una fotografía del paciente lo que interferirá en la toma de decisiones teniendo en cuenta su sonrisa.
- Se realiza el segmentado digital de los dientes. Este segmentado permite individualizar cada diente del STL (figura 8).
- Se determina el centro de la corona de cada diente. Este paso es común en ambos cementados, pero en el caso del cementado indirecto lo realiza el software de manera automática teniendo en cuenta la anchura y altura de los dientes, posteriormente se pueden realizar pequeños ajustes.

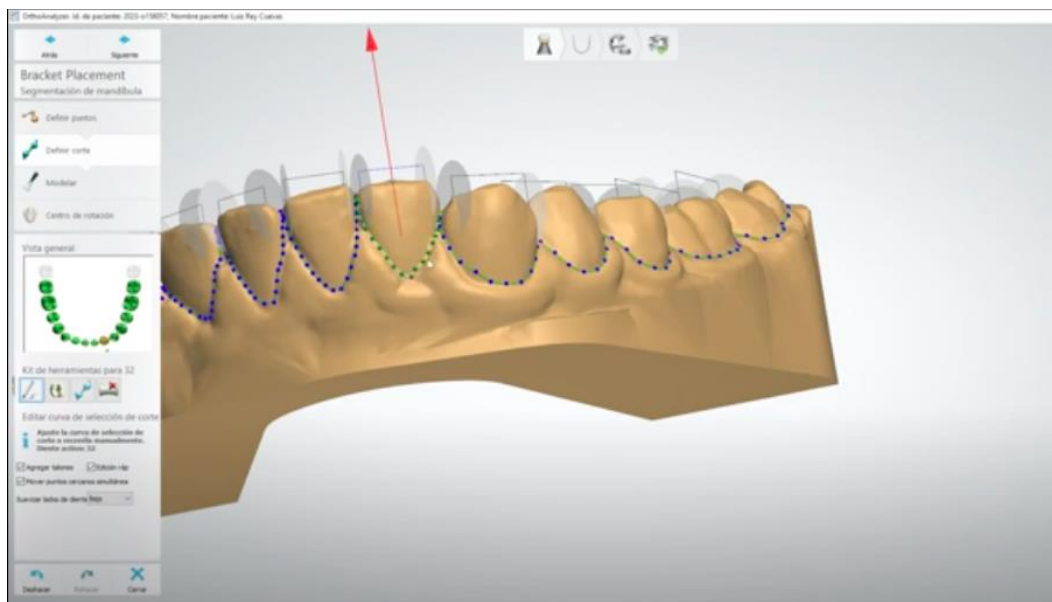


Figura 8. Segmentado digital de los dientes

Una vez los dientes están segmentados y se ha determinado el centro de la corona clínica y el eje axial del diente se colocan los brackets en el modelo digital. El software contiene librerías de brackets de distintas casas comerciales con distintos modelos, si en la librería de brackets no aparece la marca y el modelo a utilizar se puede escanear el juego de brackets y añadirlo a la librería.

En este caso los brackets seleccionados fueron 3:

- Tip-Edge Plus (TP Orthodontics)
- Damon Q
- Brackets convencionales (equilibrium 2 -Dentaurum)

Una vez seleccionada la marca y el modelo, los brackets son colocados automáticamente por el software en el centro de la corona clínica.

En esta parte del proceso es donde el técnico de laboratorio sigue las instrucciones del ortodoncista modifica la posición de los Brackets (Figura 4).

B.3. Validación

Una vez terminada la planificación, se envía el STL con los Brackets colocados al ortodoncista y este realiza la validación de la planificación (Figura 9). Si el ortodoncista posee el software de planificación puede modificar la posición de los brackets desde su ordenador, en caso de no tenerlo lo que recibe el ortodoncista es un archivo. STL que únicamente puede visualizar y medir y pedirá los cambios pertinentes a técnico. En este caso la validación fue realizada por el investigador responsable.

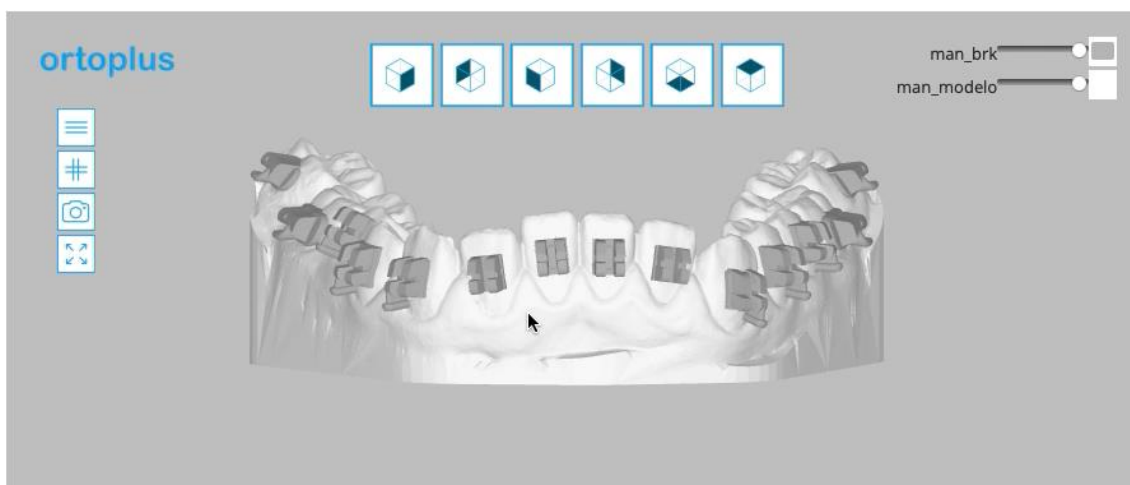


Figura 9. Plataforma para verificación y validación de colocación de los brackets

B.4. Diseño CAD de la férula

Hecha la validación del caso se diseña la férula o matriz de cementado indirecto.

El set up digital es incorporado en Appliance Designer software (3Shape) y el software, determinando ciertos parámetros, crea automáticamente la férula (Figura 10).

Es importante que el diseño de la férula cubra casi la totalidad del bracket por su cara oclusal y vestibular dejando el mínimo espacio necesario para poder introducir el bracket dentro.

En caso de que la férula no sea retentiva no es posible realizar el cementado indirecto puesto que en el momento de la transferencia los brackets se pueden caer.

La férula presenta el siguiente diseño:

- Cobertura de toda la superficie del bracket
- Extensión de la férula hasta la mitad de la cara palatina en incisivos, caninos y premolares.
- Cobertura de caras oclusales completa.
- El grosor de la férula desde las cúspides hasta la cara oclusal de la férula se estableció en un mínimo de 1.5mm

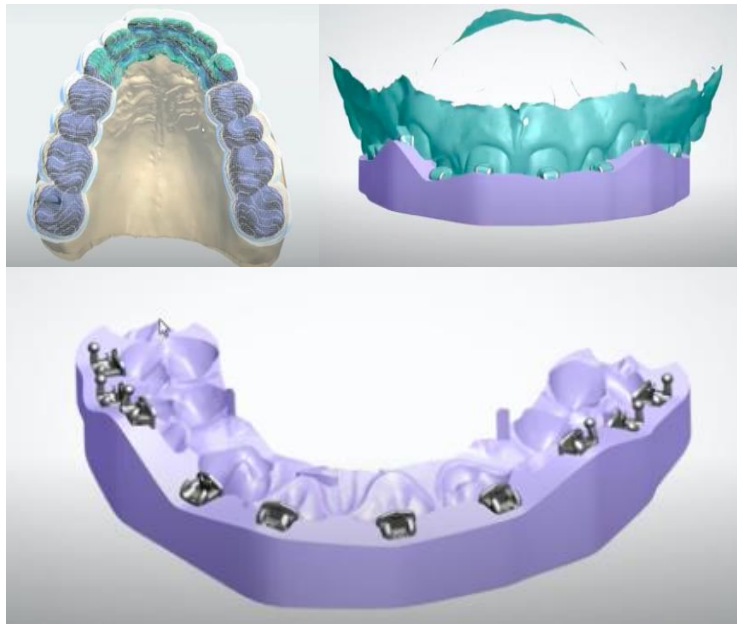


Figura 10. Imagem ilustrativa de um Designo CAD de férula de transferencia de brackets

B.5. Impresión de la Férula y envío

Todas las férulas han sido impresas con el mismo material Ortho IBT de Nextdent (Figura 11), se trata de un material que permite cierta flexibilidad en la férula lo que permite insertarla en la boca de manera estable y que pueda ser retirada fácilmente tras el cementado.

Se ha utilizado la misma impresora para todas las férulas, se trata de la impresora MAX de la marca ASIGA® que utiliza tecnología DLP (procesamiento de luz digital) y tiene una precisión de impresión HD de 62 μm .

Una vez la férula ha sido impresa (Figura 12) es preciso realizar un postprocesado que se lleva a cabo según las especificaciones del fabricante, incluyendo la eliminación del material de soporte que permite la impresión de la férula, la limpieza de las férulas durante 6 minutos en

isopropanol (96%) activado en una cubeta de ultrasonidos y posteriormente secado y proceso de fotocurado de 10 minutos.

El envío de las férulas se realiza a la clínica mediante correo ordinario a través de una empresa de mensajería.



Figura 11. Ortho IBT de Nextdent

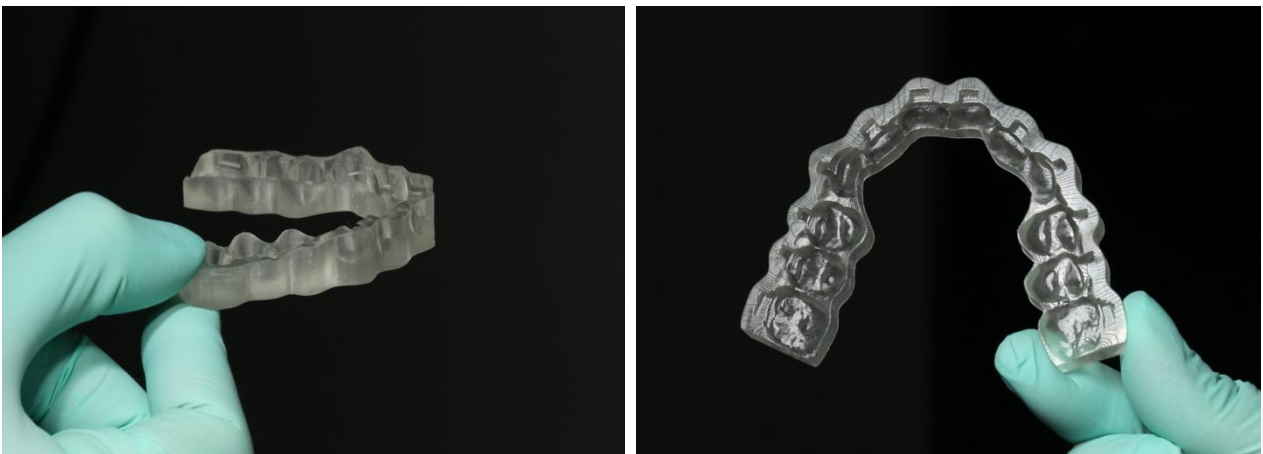


Figura 12. Férula 3D impresa

C. Fase clínica

- Profilaxis de todas las caras vestibulares de los dientes, utilizando cepillo y pasta de profilaxis.
- Se comprueba que las férulas se ajustan bien en boca, sin los Brackets ubicados en ella.
- Se graba la superficie del diente 20 segundos con ácido ortofosfórico al 37%
- Se aplica adhesivo 3M™ Transbond™ con un aplicador frotando la superficie durante 20 segundos.
- Se fotopolimeriza durante 20 segundos
- Se coloca manualmente los Brackets en su lugar correspondiente dentro de la férula y se aplica el cemento (3M™ Transbond™ XT) a la superficie del bracket.
- Se lleva la férula de cementado indirecto a la boca y se presiona ligeramente cada uno de los Brackets
- Se fotopolimeriza de nuevo durante 20 segundos
- Se retira la férula de cementado indirecto y se vuelve a fotopolimerizar durante 20 segundos

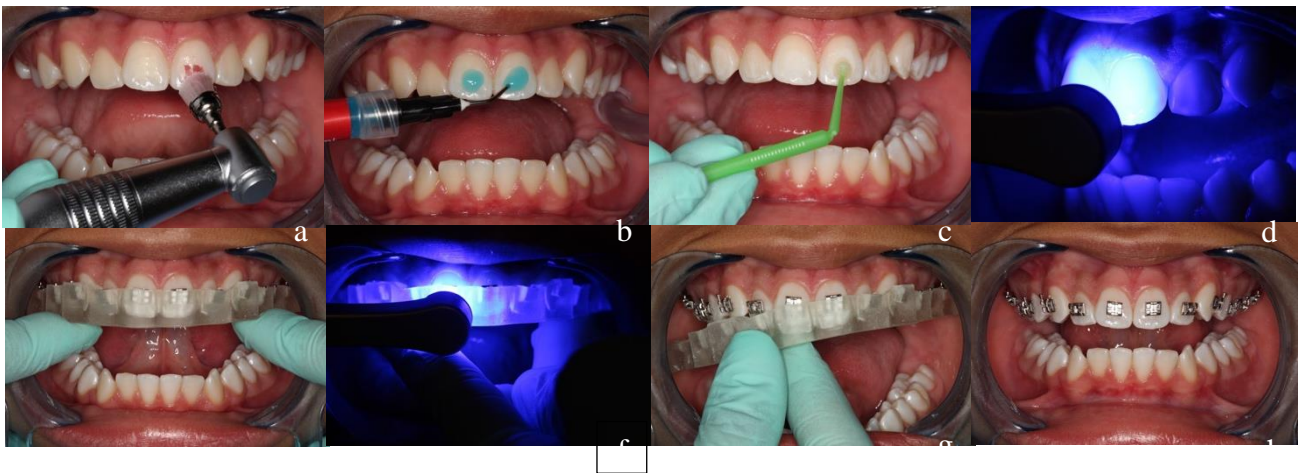


Figura 13. Proceso clínico de la fase de cementado de Brackets con la férula 3D. a) Profilaxis de las caras vestibulares; b) Grabado con ácido ortofósfoico al 37%; c) Aplicación de adhesivo; d) Fotopolimerizado de 20seg; e) Cementado de brackets utilizando férula 3D; f) Fotopolimerizado 20 seg.; g) Retirada de la férula; h) Brackets cementados.

Terminado el cementado y antes de poner el arco se escanean de nuevo las arcadas siguiendo el mismo protocolo de escaneo precementado (Figura 14) .



Figura 14. Archivo STL postcementado de brackets en boca.

D. Superposición de los modelos STL

Con el software Nemotec Nemocast que permite superponer archivos y tomar medidas lineales ya que la representación digital es a escala real, se realizó la superposición de los 2 archivos obtenidos: los archivos STL de la planificación digital y los archivos STL post cementado, mediante la unión BestFit (Figura 15).

Para realizar esta superposición se han seleccionados 10 puntos estratégicos en ambos modelos, estos puntos son fácilmente identificables en ambos modelos y se trata de las cúspides vestibulares de cada diente: caninos y premolares o del borde incisal (Figura 16).

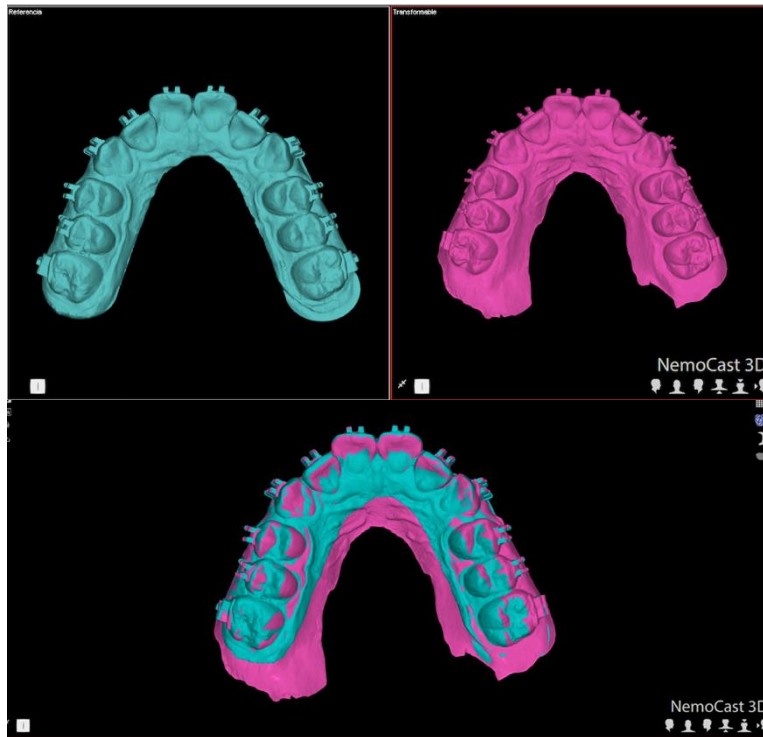


Figura 15. Unión BestFit o superposición, del modelo planificado digitalmente y el modelo postcementado de Brackets en boca

El rango de error RMS de superposición de los modelos fue de 0,14 a 0,20.

El modelo de planificación de cementado fue considerado el modelo de referencia y el modelo postcementado fue considerado el modelo a comparar.

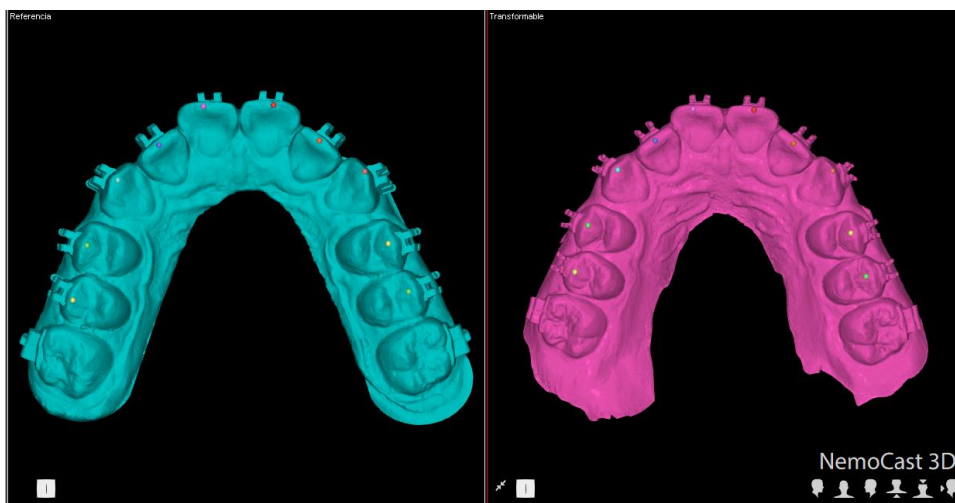


Figura 16. Selección de los 10 puntos para realización de la superposición

D.1. Medidas

Se midieron 2 parámetros. La diferencia en la altura oclusogingival y la diferencia en la posición mesiodistal. Solo se tomaron medidas lineales.

Para evaluar la diferencia de posición en cuanto al eje ocluso gingival se tomaron 3 mediciones en diferentes puntos de la aleta incisal del bracket, 2 medidas en su zona más oclusal y una medida en la zona más gingival. Para evaluar la diferencia de posición mesiodistal se tomaron 3 medidas: 2 en lado izquierdo y 1 en lado derecho (Figura 17).



Figura 17. A: medidas ocluso-gingival. y B: medidas mesiodistal

E. Encuesta a los alumnos del máster de ortodoncia UEM

Se realizó una encuesta de 7 preguntas sobre el cementado indirecto digital, y se aplicó a los alumnos del Máster de ortodoncia de la UEM que participaran del cementado indirecto en clínica. Un total de 13 personas han contestado.

Esta encuesta tenía como objetivo verificar el conocimiento y opinión sobre la técnica de cementado indirecto digital entre los alumnos que participaran del estudio.

Las 8 preguntas realizadas y sus opciones de respuestas fueron:

- 1- ¿Hasta el momento había usted utilizado la técnica de cementado indirecto alguna otra vez?
Si o No
- 2- ¿Como valora su experiencia utilizando esta técnica?
Positiva o Negativa
- 3- ¿Volvería a utilizar esta técnica?

Si, para todos los casos de cementado de Brackets

Si, para algunos casos específicos

No

4- ¿Le parece una técnica más precisa cuando la compara con la técnica de cementado directo?

Si, similares en cuanto a precisión

No, menos precisa

5- ¿Le parece una técnica:

Costosa

Asequible

Barata

6- En cuanto al tiempo de sillón:

Disminuye en comparación a la técnica convencional

Similar en ambas técnicas

Aumenta en comparación a la técnica convencional

7- ¿Qué le impide a no utilizar esta técnica en su día a día clínico?

RESULTADOS

Un total de 150 brackets han sido cementados, en 11 pacientes y 15 arcadas.

De los 150 brackets cementados 4 de ellos se decrementaron en el momento de quitar la férula, debido al poco control de la humedad o por la férula no estar bien colocada en una zona en concreto.

Inicialmente fueron realizados analices descriptivos a partir de los valores originales. Los datos obtenidos de las superposiciones fueron introducidos en el programa Excel 2017 (Microsoft Corp, Redmond, USA), donde se sacó la media de las tres medidas realizadas para cada diente de cada paciente en las dos dimensiones (verticales y lineales (Figura 19).

	Medidas MESIODISTAL - MAXILAR									
	Diente 11	Diente 12	Diente 13	Diente 14	Diente 15	Diente 21	Diente 22	Diente 23	Diente 24	Diente 25
Paciente 1	0,13	0,13	0,03	0,01	0,24	0,25	0,12		0,14	0,25
Paciente 2	0,22	0,14	0	0,16	0	0,11	0,31	0,19	0,11	0
Paciente 3	0,16	0,23	0,19	0,18	0,28	0,25	0,16	0,22	0,26	0,14
Paciente 4	0	0	0,16	0,19	0,15	0,03	0,13	0,09	0,07	0,13
	Medidas MESIODISTAL - MANDÍBULA									
	Diente 31	Diente 32	Diente 33	Diente 34	Diente 35	Diente 41	Diente 42	Diente 43	Diente 44	Diente 45
Paciente 1	0,13	0,13	0,18	0,19	0,22	0,12	0,12	0,17	0,12	0,16
Paciente 2	0,13	0,11	0,11	0,11	0,14	0,21	0,05	0,08	0,17	0,14
Paciente 3	0,17	0,16	0,22	0,29	0,33	0,08	0,16	0,14	0,16	0,21
Paciente 4	0,19	0,12	0,18	0,28	0,11	0,18	0,28	0	0,09	0,16
Paciente 5	0,17	0,21	0,26	0,22	0,26	0,21	0,15	0,12	0,09	0,15
Paciente 6	0,09	0,2	0,22	0,12	0,19	0,16	0,11	0,16	0,25	0,25
Paciente 7	0,15	0,15	0,23	0,13	0,18	0,18	0,15	0,21	0,14	0,14
Paciente 8	0,12	0,08	0,14	0,14	0,16	0	0,09	0,07	0,13	0,13
Paciente 9	0,14		0,15	0,09	0,18	0,27	0,21	0,14	0,12	0,19
Paciente 10	0,09	0,16	0,19	0,19	0,03	0,05	0,14	0,17	0,14	0,18
Paciente 11	0,07	0,11	0,08	0,17	0,19	0,11	0	0,11	0,09	0,23

Figura 18. Tabla de resultados de la media obtenida de las 3 mediciones horizontales para el maxilar y para la mandíbula. El diente 23 del paciente 1 y el diente 32 del paciente 9 no se quedaron cementados al retirar la férula.

	Medidas OCLUSO GINGIVAL - MAXILAR									
	Diente 11	Diente 12	Diente 13	Diente 14	Diente 15	Diente 21	Diente 22	Diente 23	Diente 24	Diente 25
Paciente 1	0,23	0,18	0,15	0,31	0,14	0,24	0,1		0,12	0,07
Paciente 2	0,19	0	0	0,23	0	0	0	0,28	0,12	0,15
Paciente 3	0,19	0,15	0,19	0,23	0,26	0,14	0,21	0,15	0,14	0,21
Paciente 4	0,25	0,12	0,11	0,19	0,18	0	0,11	0,11	0,16	0,21
	Medidas OCLUSO GINGIVAL - MANDÍBULA									
	Diente 31	Diente 32	Diente 33	Diente 34	Diente 35	Diente 41	Diente 42	Diente 43	Diente 44	Diente 45
Paciente 1	0,23	0,23	0,21	0,41	0,25	0,23	0,23	0,22	0,17	0,05
Paciente 2	0,11	0,06	0,12	0,08	0,09	0,13	0,13	0,15	0,12	0,21
Paciente 3	0,23	0,15	0,42	0,35	0,44	0,11	0,12	0,14	0,23	0,41
Paciente 4	0,11	0,17	0,14	0,22	0,13	0,23	0,11	0,09	0,28	0,31
Paciente 5	0	0	0,19	0,12	0,19	0	0,23	0,36	0,45	0,39
Paciente 6	0,36	0,17	0,28	0,26	0,2	0,29	0,33	0,48	0,31	0,31
Paciente 7	0,32	0,32	0,3	0,21	0,2	0,28	0,21	0,18	0,13	0,17
Paciente 8	0,13	0,18	0,25	0,25	0,12	0,13	0,19	0,19	0,16	0,23
Paciente 9	0,08		0,24	0,13	0,14	0	0,13	0,11	0,23	0,18
Paciente 10	0,53	0,41	0,32	0,17	0,11	0,39	0,37	0,38	0,14	0,11
Paciente 11	0	0,23	0,15	0,12	0,12	0,14	0,23	0,35	0,15	0,15

Figura 19. Tabla de resultados de la media obtenida de las 3 mediciones verticales para el maxilar y para la mandíbula. El diente 23 del paciente 1 y el diente 32 del paciente 9 no se quedaron cementados al retirar la férula.

Posteriormente se realizó la media y la desviación estándar de cada grupo de diente tanto para las medias horizontales como verticales (Figura 20). Se aceptaron los límites de desviaciones de 0,5mm para las dimensiones lineales (altura y posición mesiodistal).

Cuando observamos la media de cada diente, podemos ver que todos los valores son menores que 0,5mm, por lo que los resultados obtenidos en este estudio entran dentro de un rango clínicamente aceptable.

La desviación estándar (SD) fue calculada para medir la variabilidad o dispersión del conjunto de datos, cuanto más alta la SD más alejados de la media. Podemos observar que la SD fue muy homogénea para todos los dientes en ambas medidas, siendo el valor más alto el de 0,283 que corresponde a la medida horizontal del diente 13 y el más bajo el de 0,02 que corresponde a la medida vertical del diente 24 (Figura 20).

Medidas MESIODISTAL - MAXILAR										
	Diente 11	Diente 12	Diente 13	Diente 14	Diente 15	Diente 21	Diente 22	Diente 23	Diente 24	Diente 25
MEDIA	0,127	0,125	0,095	0,135	0,167	0,16	0,18	0,166	0,145	0,13
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,092	0,094	0,283	0,084	0,244	0,228	0,258	0,188	0,241	0,102
Medidas MESIODISTAL - MANDÍBULA										
	Diente 31	Diente 32	Diente 33	Diente 34	Diente 35	Diente 41	Diente 42	Diente 43	Diente 44	Diente 45
MEDIA	0,131	0,135	0,133	0,175	0,18	0,142	0,132	0,143	0,145	0,186
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,037	0,035	0,054	0,066	0,077	0,079	0,074	0,048	0,046	0,04
Medidas OCLUSO GINGIVAL - MAXILAR										
	Diente 11	Diente 12	Diente 13	Diente 14	Diente 15	Diente 21	Diente 22	Diente 23	Diente 24	Diente 25
MEDIA	0,215	0,112	0,112	0,24	0,145	0,095	0,105	0,18	0,14	0,18
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,03	0,078	0,081	0,05	0,108	0,117	0,085	0,08	0,02	0,04
Medidas OCLUSO GINGIVAL - MANDÍBULA										
	Diente 31	Diente 32	Diente 33	Diente 34	Diente 35	Diente 41	Diente 42	Diente 43	Diente 44	Diente 45
MEDIA	0,19	0,192	0,238	0,21	0,18	0,175	0,207	0,24	0,215	0,229
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,162	0,117	0,089	0,102	0,098	0,121	0,085	0,129	0,1	0,114

Figura 20. Resultado de la media y desviación estándar para cada grupo de dientes para medidas mesio distal y ocluso gingival, tanto para maxilar como para mandíbula.

Debido a la importancia de reconocer la naturaleza del error medio y diferenciar la naturaleza de su corrección, se realizaron análisis considerando la media del error puro. Es decir, cuanto menor era el valor de del SD, menor era el error. Para eso se sacó la SD total, considerando todos los dientes por cada arcada (Figura 21). Se obtuvo valores similares, excepto para las medidas horizontales (mesiodistal en el maxilar, que fue más alto, así podemos decir que este grupo fue el que presentó mayor dispersión de los datos, siendo así una mayor desviación en la posición de los brackets (Figura 21).

Medidas MESIODISTAL	MAXILAR	MANDÍBULA
SD TOTAL	0,14	0,02
Medidas OCLUSO GINGIVAL	MAXILAR	MANDÍBULA
SD TOTAL	0,03	0,02

Figura 21. Resultado de la desviación estándar (SD) total para las medidas mesiodistal y ocluso gingival tanto para el maxilar como para la mandíbula.

Posteriormente, utilizando el programa estadístico GraphPad Prism 8 (California, San Diego, USA), se realizó la prueba Mann-Whitney para muestras pareadas con el fin de comparar la diferencia de errores entre la zona anterior y posterior de cada arcada y para cada dimensión lineal (Figura 22).

	Anterior	Posterior
Max. OG	0,11 + 0,07 A	0,17 + 0,075 B
Mand. OG.	0,20 + 0,11 A	0,20 + 0,10 A
Max. MD	0,14 + 0,08 A	0,14 + 0,09 A
Mand. MD	0,14 + 0,06 A	0,16 + 0,06 B

Figura 22. Prueba de Mann-Whitney, comparando las zona anterior y posterior para el maxilar y mandíbula en las dos dimensiones lineales. A: sin diferencia significativa ; B: con diferencia significativa. Nivel de significancia de 5% ($p < 0,05$)

Analizando los valores de la figura 22, los resultados muestran que hubo diferencias significativas en la zona posterior, tanto del maxilar como de la mandíbula, para las dimensiones ocluso gingival y mesiodistal, respectivamente. Todos los resultados se consideraron significativos para un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$).

Encuestas

Un total de 15 personas han contestado la encuesta realizada entre los alumnos del Máster de Ortodoncia de la UEM que participaran de este estudio. El 100% dieron su consentimiento de participación en la encuesta de manera voluntaria (Gráfico 1).

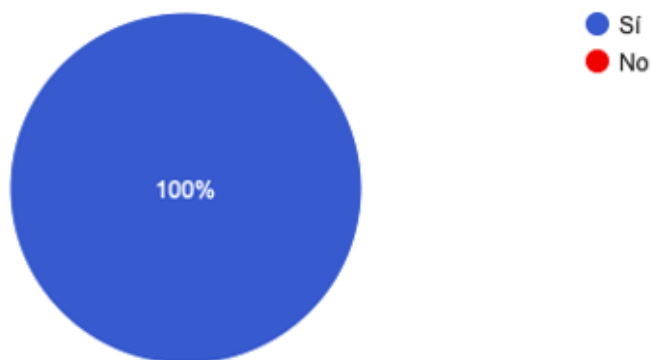


Gráfico 1. Respuestas sobre consentimiento de participación en la encuesta

En cuanto a la utilización de la técnica, 69,2% dijeron nunca haber utilizado la técnica de cementado indirecto antes, y 30,8% afirmaron que ya la habían utilizado antes (Gráfico 2).

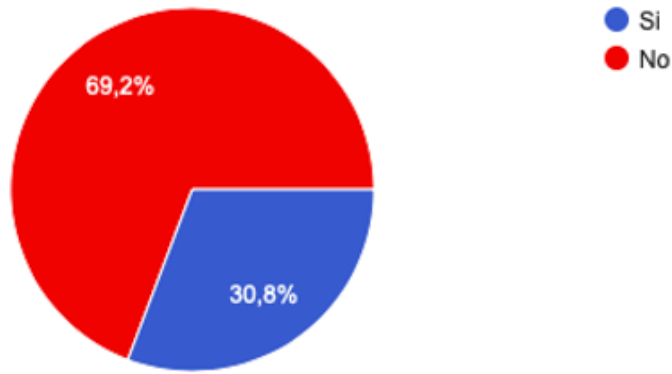


Gráfico 2. Respuestas sobre utilización previa de la técnica de cementado indirecto digital.

Cuando se preguntó a los participantes sobre como valoraba su experiencia utilizando la técnica de cementado indirecto con férulas 3D, 100% de ellos respondieron que su experiencia fue positiva (Gráfico 3). Un porcentaje de 53,8% afirmaron que volverían a utilizar esta técnica para todos los casos de cementado de brackets y 46,2% dijeron que si la volverían a utilizar, pero para algunos casos específicos (Gráfico 4).

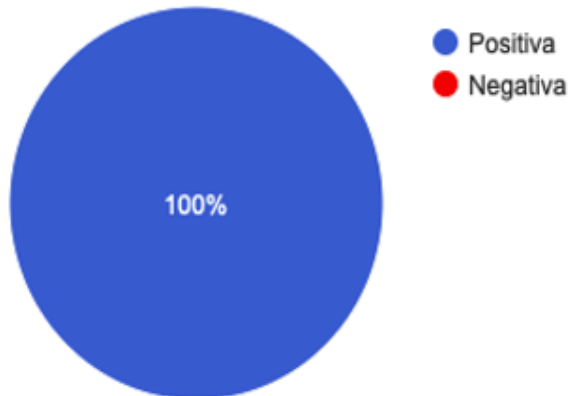


Gráfico 3. Respuestas sobre valoración de la experiencia utilizando la técnica de cementado indirecto digital.



Gráfico 4. Respuestas sobre cuando utilizarían la técnica de cementado indirecto digital.

Al 69,2% de los participantes, la técnica de cementado indirecto digital les parece similar, en cuanto a precisión, cuando la compara con la técnica de cementado directo de brackets, ya el 30,8% dijeron que les parece una técnica mucho más precisa cuando la compara con la técnica de cementado directo. Ninguno de los participantes ha elegido la opción de que el cementado indirecto digital fuera una técnica menos precisa cuando comparada con la técnica de cementado directo de brackets (Gráfico 5).

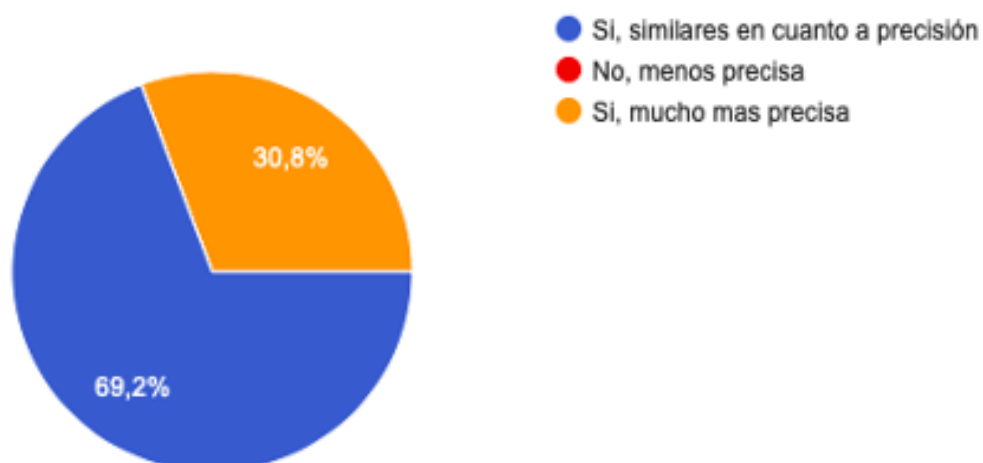


Gráfico 5. Respuestas sobre la precisión del cementado indirecto digital

En cuanto al coste de la técnica indirecta digital 69,2% afirmaron ser una técnica asequible contra 23,1% que dijeron ser una técnica bastante asequible. Apenas 7,7 % afirmaron ser una técnica costosa (Grafico 6).

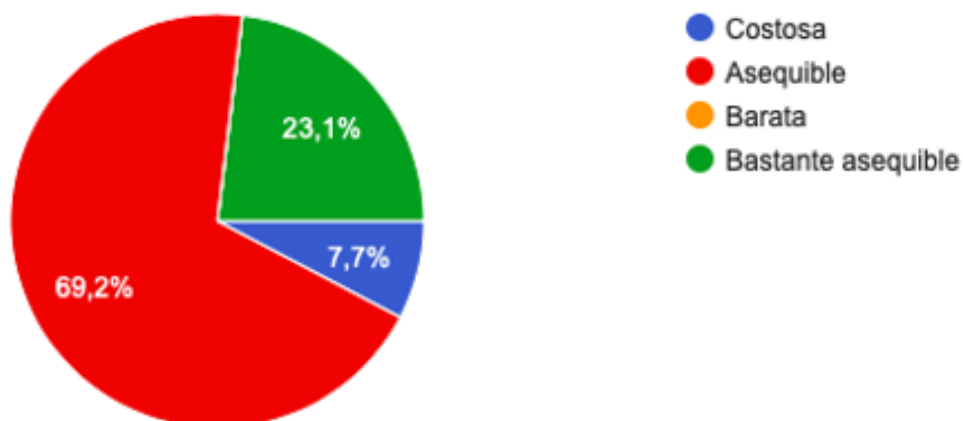


Gráfico 6. Respuesta respecto al coste de la técnica de cementado indirecto digital.

En cuanto al tiempo de sillón 69,2% les parece que disminuye en comparación a la técnica convencional, y 30,8% cree es mucho más rápido que en la técnica directa (Grafico 7).

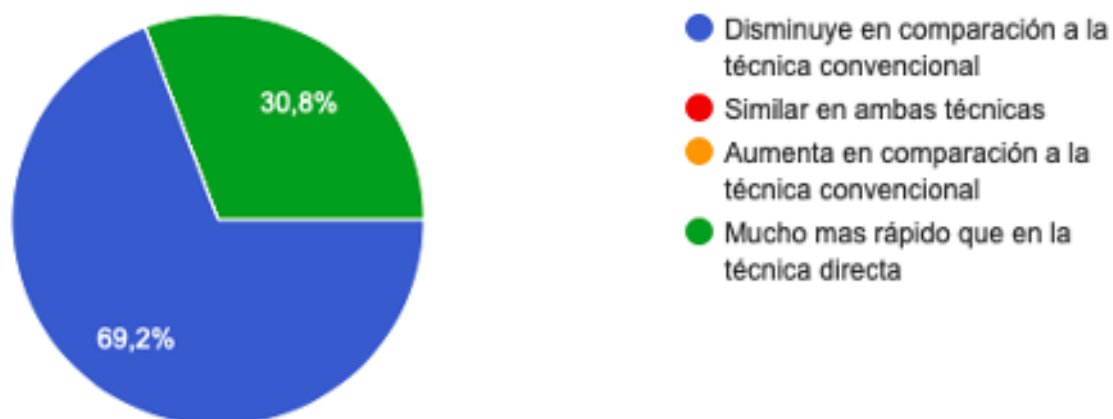


Gráfico 7. Respuestas respecto al tiempo de sillón.

DISCUSIÓN

Este estudio fue realizado para verificar si el cementado indirecto planificado digitalmente, en el momento de transferir la férula de transferencia a la boca del paciente, es fiable con lo que fue planificado inicialmente.

Los resultados de este estudio mostraron que cuando se compara la planificación digital y la transferencia de los brackets a la boca del paciente, la precisión de la transferencia es fiable a lo planificado digitalmente, es decir, cumple con las diferencias en mm aceptables clínicamente.

El posicionamiento preciso de los brackets es de importancia crítica, ya que nos lleva a una correcta expresión de la información contenida en los brackets y con ello una mejor biomecánica del tratamiento. El cementado indirecto es conocido por proporcionar un posicionamiento más preciso de los brackets, por permitir una mayor visibilidad y tiempo para posicionar el bracket lo que lleva a una mayor precisión cuando se compara con el cementado directo (29). Sin embargo, otros estudios no encontraron diferencias significativas en la precisión del cementado cuando se compara ambas técnicas (22,26,28,30). Eso se explica, por el hecho de que el posicionamiento del bracket puede ser alterado a la hora de hacer la transferencia a la boca del paciente por problemas como contaminación, interferencias de la férula con los tejidos blandos, diferencias en el espesor del cemento, tipo de material utilizado para fabricación de la férula de transferencia (9).

Estos resultados no concuerdan con estudios como el de Koo et al (19) que indican que la técnica de cementado indirecto proporciona mayor precisión de cementado cuando se compara con la técnica directa, afirmando que eso se debe a que hay un menor riesgo de contaminación o interferencia de los tejidos blandos.

Así mismo, los hallazgos del estudio de Oliveira et al (29) ha comparado la precisión del cementado directo con el cementado indirecto digital en las tres dimensiones (horizontal, vertical y angular), y considerando un límite clínico de 0,5mm de desviación para las medidas lineares, y 1° para la medida angular, ha concluido que el cementado digital obtuvo una mayor precisión en la posición de los brackets, sobre todo para la dimensión vertical, cuando se compara comparada con la técnica de cementado directo.

Frente a una variedad de férulas fabricada por diferentes tipos de materiales, desde polímero a base de silicona (transparentes u opacos) hasta materiales termoplásticos (6,7,43,62,65), estudios compararon cuales de estos materiales presentan mayor fiabilidad a la hora de transferir los brackets a la boca del paciente,

Thomas et al (7) compararon férula de transferencia de acrílico rígida realizada en CAD/CAM con férulas de silicones blanda, y los resultados de transferencia de los brackets son aceptables para ambas férulas, pero con mejores resultados para las férulas blandas de silicona. Estos resultados no concuerdan con los resultados encontrados en el estudio de Hoffman et al (12) que encontraron resultados similares de precisión de transferencia entre férulas 3D y férulas de silicona.

En el estudio de Castilla et al(6), donde se compararon férulas de silicona con férulas termoplásticas formadas al vacío, aunque las diferencias en la posición de los brackets fueron relativamente pequeñas, las férulas a base de silicona tuvieron una precisión consistentemente alta en la transferencia de brackets, mientras que las férulas termoplásticas formadas al vacío fueron menos consistentes. En el estudio de Niu et al (10) donde se compararon férulas 3D con férulas fabricadas al vacío, obtuvieron mejores resultados para las férulas 3D.

También se trata de un factor importante el diseño de la férula puesto que puede influir y alterar los resultados del cementado indirecto. Julius von Glasenapp et al.(39) comparan la diferencia de precisión de dos diseños distintos de férula (uno que cubría la totalidad de la superficie del bracket y otra que dejaba sin cubrir las aletas del bracket) y llegan a la conclusión de que no presentaban diferencias significativas entre ellos en cuanto a la precisión, sin embargo, si presentaban diferencias a la hora del manejo clínico siendo la férula que cubría todas las superficies del bracket la más manejable.

En este estudio el material utilizado para la fabricación de las férulas fue el Ortho IBT de NextDent, que es una resina acrílica flexible, que es específica para fabricación de férula de cementado indirecto digital y la férula cubría toda la anchura mesiodistal del bracket, dejando descubierta solamente una parte de las aletas gingivales.

Muchos estudios comparan la técnica de cementado indirecto con la directa(13,14,16–19,21,22,26,29,30,66,67) , pero pocos hablan de la fiabilidad de la transferencia de las férulas utilizadas en el cementado indirecto.

En este estudio para evaluar la posición de los brackets en las dimensiones horizontales y verticales, tras la superposición de los modelos, el investigador utilizó una posición estándar para que las mediciones pudieran ser realizadas. Esta posición fue utilizada para todos los modelos, ya que según Horton et al (45) esto aumenta la precisión del método de medida.

Kim et al (41) evaluó la precisión del sistema de cementado indirecto digital para coronas con diferentes alturas, comparando las diferencias entre la posición del bracket en la planificación digital y post transferencia en boca, y los resultados encontrados fueron que no hubo diferencias estadísticamente significantes en la transferencia de los brackets, pero con mayores discrepancias para coronas más altas. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos en este presente estudio, lo que significa que la transferencia en boca fue precisa.

Duarte et al (43) en un estudio in vitro con 33 modelos y 33 férulas de transferencia, estudiaron la fiabilidad de la transferencia de la planificación digital del cementado indirecto a la boca del paciente para dos tipos de brackets. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significantes cuando se compara la planificación digital y la posición final de los brackets en la boca del paciente. La dimensión mesiodistal fue la que presentó mayores discrepancias, pero que fueron clínicamente irrelevantes. Estos resultados son similares a los encontrados en este actual estudio, donde la desviación estándar para la dimensión mesiodistal para el maxilar fue la que presentó mayores desviaciones cuando comparado a la dimensión oclusolingival.

En este estudio, cuando se compara la zona anterior y posterior del maxilar y de la mandíbula, en la zona posteriores fue donde hubo diferencias significativas en la posición de los brackets. Estos resultados concuerdan con el estudio de Pottier et al (7), donde los resultados mostraron errores de posición significativos entre los grupos en la zona de los premolares. Según el autor eso ocurre por la falta de precisión de las férulas CAD/CAM en las áreas posteriores, y que la impresión 3D es menos precisa en la dirección transversal de las áreas posteriores.

En este estudio se ha empleado la impresora MAX de la marca ASIGA® que tiene una precisión de impresión HD de 62 µm, el valor numérico de la precisión en la impresión corresponde al grosor de cada capa de impresión, lo que entra dentro de los valores aceptables.

Oliveira et al (63) ha comparado la precisión del cementado indirecto digital entre odontólogos con experiencia y alumnos de máster. Los resultados mostraron que los odontólogos con experiencia tuvieron una influencia positiva en la precisión en la posición del brackets, sobre todo en la dimensión angular. Sin embargo, Duarte et al (43) comenta que no hubo influencia significativa la experiencia del ortodoncista y los años de práctica clínica en las posiciones de los brackets durante el cementado. En este estudio la cimentación digital fue realizada por el mismo técnico de laboratorio para minimizar errores, pero la transferencia en boca fue realizada por diferentes alumnos del último año del máster de ortodoncia, lo que puede explicar las diferencias encontradas en la posición de los brackets, lo que puede haber disminuido la precisión de la técnica.

Czolgosz et al (30) demostraron que el tiempo de sillón gastado para realizar un cementado indirecto es significativamente menor cuando se compara con el cementado directo tradicional. En este estudio no fue posible realizar la contabilización del tiempo, ya que para cada paciente la cimentación indirecta fue realizada por un operador diferente. Ahorrar tiempo es crucial en la práctica diaria de ortodoncia, ya que permite al ortodoncista atender más pacientes al día. Además, el cementado indirecto permite que el ortodoncista pueda delegar el cementado a la higienista dental, pudiendo mientras estar atendiendo a otros pacientes a la vez. Sin embargo, el tiempo total gastado en la técnica de cementado indirecto digital (tiempo de sillón + tiempo de la planificación digital), es significativamente mayor que el tiempo gastado en la técnica de cementado directo (18,28), pero cuando se compara solamente el tiempo de sillón, la técnica de cementado indirecto digital es menor cuando se compara con la técnica de cementado directo (22)

En este estudio no fue posible contabilizar el tiempo clínico utilizado para cementar un caso completo, pues como comentado a cima cada caso fue realizado por un operador diferente, lo que hace inviable e irreal la contabilización del tiempo.

Con respecto a las encuestas realizadas, podemos decir que casi 70% de los alumnos que participaron del estudio dijeron nunca haber utilizado la técnica de cementado indirecto digital antes, lo que puede haber influido en los resultados de este estudio. Sin embargo 100% de los participantes valoraran la experiencia como positiva y más de la mitad afirmaron que volverían a utilizar esta técnica para todos los casos de cementado de brackets, aunque la otra parte afirma que volverían a utilizarla solamente para algunos casos específicos. Los ortodoncistas han aceptado muy bien la llegada de la era digital en la clínica, como por ejemplo los casos tratados con alineadores transparentes, donde se tiene un flujo de trabajo totalmente digitalizado, sin embargo, existe una barrera cuando se habla de tratamientos con brackets, donde la mayoría de los ortodoncistas, aunque conozcan y sepan que la técnica indirecta digital es fiable no la incorporan en su día a día clínico.

El coste adicional de la técnica de cementado indirecto digital podría ser una de las razones por la cuales su utilización en la consulta no se lleve a cabo con frecuencia, pero según la encuesta realizada en este estudio, casi 70% de los participantes creen ser una técnica asequible para ser implementada en la consulta, y solamente 7,7% cree ser una técnica costosa. Se puede entender que antiguamente el coste de realizar un cementado indirecto digital en la consulta era casi inviable, pero al día de hoy la digitalización de este proceso es cada vez más asequible.

Cuando les preguntamos sobre la precisión del cementado, casi 70% de los estudiantes dijeron creer que la técnica de cementado indirecto digital les parece similar, en cuanto a precisión, cuando se compara con la técnica de cementado directo, y casi 40% han dicho ser una técnica mucho más precisa cuando comparada con el cementado directo. Puede que la duda sobre si realmente es o no una técnica más precisa que la técnica tradicional de cementado de brackets, sea una de las cosas que impidan a que los ortodoncistas empiecen a utilizar más la técnica indirecta digital.

En cuanto al tiempo de sillón todos los que contestaron han dicho creer que es una técnica que tarda menos cuando se compara a la técnica de cementado directo. Casi 70% dijo creer que disminuye el tiempo de sillón y los otros 30% dijeron que es una técnica mucho más rápida que la técnica de cementado directo. Todos están de acuerdo de que se tarde menos tiempo con el paciente en el sillón, y esta podría ser una de las razones de las cuales algunos ortodoncistas han incorporado la técnica del cementado indirecto digital en su día a día clínico. Me atrevo a decir que otra gran ventaja de esta técnica es la posibilidad de delegar este tratamiento a una higienista de confianza y que esté entrenada para ejecutarlo, una práctica que antes era imposible de ser realizada por otra persona a no ser por el ortodoncista, hoy se puede decir que ya es una realidad.

CONCLUSIÓN

1- La planificación digital del cementado, cuando se compara con el resultado obtenido tras transferencia en boca, usando una férula de transferencia, cumple con las diferencias, en mm, aceptables clínicamente, y por lo que es un método fiable a la hora de posicionar indirectamente los brackets.

2- Sin embargo, la posición mesiodistal de los brackets cementados indirectamente en la arcada maxilar, cuando se compara con la posición mesiodistal de los brackets inferiores, presentan una menor precisión a la hora de su transferencia. Asimismo, cuando se compararon los brackets de dientes anteriores y posteriores, tanto maxilares como mandibulares, se encontró una menor precisión a la hora de transferir los brackets posteriores. Pero en los dos casos, estas diferencias son insignificantes clínicamente.

3- Con respecto a las encuestas, concluimos que la mayoría de los estudiantes no estaban familiarizado con la técnica de cementado indirecto digital;

- Todos los alumnos que contestaran la encuesta valoraran positivamente su experiencia utilizando la técnica, y más de la mitad afirmaron que volvería a utilizar la técnica para todos los casos de cementado de brackets.

BIBLIOGRAFIA

1. Rainer R, Miethke DBMDP. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1999;116.
2. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015 Jun 1;147(6):654–62.
3. Andrews LF. The straight-wire appliance. *Br J Orthod*. 1979;6(3):125–43.
4. Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, City A. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets.
5. Kalange JT, Thomas RG. Indirect Bonding: A Comprehensive Review of the Literature. *Semin Orthod*. 2007 Mar;13(1):3–10.
6. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthodontist*. 2014;84(4):607–14.
7. Pottier T, Brient A, Yann &, Turpin L, Chauvel B, Meuric V, et al. Accuracy evaluation of bracket repositioning by indirect bonding: hard acrylic CAD/CAM versus soft one-layer silicone trays, an in vitro study. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03256-x>
8. Schmid J, Brenner D, Recheis W, Hofer-Picout P, Brenner M, Crismani AG. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques—an in vitro study with 3D scanned models. *Eur J Orthod*. 2018 Sep 28;40(5):549–55.
9. Grünheid T, Lee MS, Larson BE. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. *Angle Orthodontist*. 2016 May 1;86(3):468–74.
10. Niu Y, Zeng Y, Zhang Z, Xu W, Xiao L. Comparison of the transfer accuracy of two digital indirect bonding trays for labial bracket bonding. *Angle Orthodontist*. 2021 Jan 1;91(1):67–73.
11. Seol-Hee Shin, Kee-Joon Lee, Su-Jung Kim, Hyung-Seog Yu, Chung-Ju Hwang, Jung-Yul Cha. Accuracy of bracket position using thermoplastic and 3D-printed indirect bonding trays. *Int J Comput Dent*. 2021 Jun 4;24(2):133–45.
12. Hoffmann L, Sabbagh H, Wichelhaus A, Kessler A. Bracket transfer accuracy with two different three-dimensional printed transfer trays vs silicone transfer trays. *Angle Orthodontist*. 2022 May 1;93(2):364–71.
13. Milne JW, Andreassen GF, Jakobsen JR. Bond strength comparison: A simplified indirect technique versus direct placement of brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1989 Jul;96(1):8–15.
14. Linn BJ, Berzins DW, Dhuru VB, Bradley TG. A comparison of bond strength between direct- and indirect-bonding methods. *Angle Orthod*. 2006 Mar;76(2):289–94.
15. Hocevar RA, Vincent HF. Indirect versus direct bonding: Bond strength and failure location. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988 Nov;94(5):367–71.
16. Menini A, Cozzani M, Sfondrini MF, Scribante A, Cozzani P, Gandini P. A 15-month evaluation of bond failures of orthodontic brackets bonded with direct versus indirect bonding technique: a clinical trial. *Prog Orthod*. 2014 Dec 30;15(1):70.

17. Thiagarajah S, Spary DJ, Rock WP. A clinical comparison of bracket bond failures in association with direct and indirect bonding. *J Orthod.* 2006 Sep;33(3):198–204.
18. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. Vol. 5, *American Journal of ORTHODONTICS* Founded in 191. 1982.
19. Koo BCCCHVR. Comparison Of accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding technique. *American Association of Orthodontists.* 1999;116:1–4.
20. Mohammadi A, Seyed •, Moslemzadeh H. Comparison of the Accuracy of Bracket Placement with Height Bracket Positioning Gauge and Boone Gauge [Internet]. *Dental Clinics, Dental Prospects J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2011. Available from: <http://dentistry.tbzmed.ac.ir/joddd>
21. Demirovic K, Slaj M, Spalj S, Slaj M, Kobaslija S. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using direct and indirect bonding methods in vitro and in vivo. *Acta Informatica Medica.* 2018;26(2):125–9.
22. Zheng W, Li Y, Mei L, Wei J, Yan X, Zhang X, et al. Effectiveness, efficiency and adverse effects of using direct or indirect bonding technique in orthodontic patients: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2019 Jul 8;19(1).
23. Nichols DA, Gardner G, Carballeyra AD, Marsh CM. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2013 Nov;144(5):770–6.
24. Nawrocka A, Lukomska-Szymanska M. The indirect bonding technique in orthodontics-A narrative literature review. *Materials.* 2020 Feb 1;13(4).
25. Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2007 Dec;132(6):738–42.
26. Aboujaoude R, Kmeid R, Gebrael C, Amm E. Comparison of the accuracy of bracket positioning between direct and digital indirect bonding techniques in the maxillary arch: a three-dimensional study. *Prog Orthod.* 2022 Dec 1;23(1).
27. Gange P. The evolution of bonding in orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2015 Apr 1;147(4):S56–63.
28. Vinicius Bozelli J, Bigliuzzi R, Medeiros Barbosa HA, Lucia C, Ortolani F, Antonio Bertoz F, et al. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. Vol. 18. 2013.
29. de Oliveira NS, Gribel BF, Neves LS, Lages EMB, Macari S, Pretti H. Comparison of the accuracy of virtual and direct bonding of orthodontic accessories. *Dental Press J Orthod.* 2019 Jul 1;24(4):46–53.
30. Czolgosz I, Cattaneo PM, Cornelis MA. Computer-aided indirect bonding versus traditional direct bonding of orthodontic brackets: Bonding time, immediate bonding failures, and cost-minimization. A randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 2021 Apr 1;43(2):144–51.
31. da CUNHA T de MA, Barbosa I da S, Palma KK. Orthodontic digital workflow: devices and clinical applications. *Dental Press J Orthod.* 2021;26(6).
32. Christensen LR. Digital workflows in contemporary orthodontics. *APOS Trends in Orthodontics.* 2017 Feb 1;7:12–8.
33. Botsford KP, Frazier MC, Ghoneima AAM, Utreja A, Bhamidipalli SS, Stewart KT. Precision of the virtual occlusal record. *Angle Orthodontist.* 2019;89(5):751–7.
34. Christensen LR. Digital workflows in contemporary orthodontics. *APOS Trends in Orthodontics.* 2017 Feb 1;7:12–8.

35. Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: Effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod.* 2016 Jan 1;46(1):3–12.
36. Müller-Hartwich R, Jost-Brinkmann PG, Schubert K. Umsetzungsgenauigkeit virtueller Set-ups mit CAD/CAM-gefertigten Bögen. *Journal of Orofacial Orthopedics.* 2016 Jan 1;77(1):1–8.
37. Camardella LT, Rothier EKC, Vilella O v., Ongkosuwito EM, Breuning KH. Virtual setup: application in orthodontic practice. *Journal of Orofacial Orthopedics.* 2016 Nov 1;77(6):409–19.
38. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, di Corato F, Trovati F, Scribante A. Computerized casts for orthodontic purpose using powder-free intraoral scanners: Accuracy, execution time, and patient feedback. *Biomed Res Int.* 2018 Apr 23;2018.
39. von Glasenapp J, Hofmann E, Süpple J, Jost-Brinkmann PG, Koch PJ. Comparison of Two 3D-Printed Indirect Bonding (IDB) Tray Design Versions and Their Influence on the Transfer Accuracy. *J Clin Med.* 2022 Mar 1;11(5).
40. Kalra RK, Mittal S, Gandikota C, Sehgal V, Gupta R, Bali Z. Comparison of accuracy of bracket placement by direct and indirect bonding techniques using digital processing-an in-vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2018 Sep 1;12(9):ZC07-ZC11.
41. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2018 Feb 1;153(2):298–307.
42. El-Timamy AM, El-Sharaby FA, Eid FH, Mostafa YA. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2016 Jun 1;149(6):928–31.
43. Duarte MEA, Gribel BF, Spitz A, Artese F, Miguel JAM. Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays. *Angle Orthodontist.* 2020;90(1):92–9.
44. Pottier T, Brient A, Yann &, Turpin L, Chauvel B, Meuric V, et al. Accuracy evaluation of bracket repositioning by indirect bonding: hard acrylic CAD/CAM versus soft one-layer silicone trays, an in vitro study. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03256-x>
45. Horton HMI, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthodontist.* 2010 Mar;80(2):254–61.
46. Carlson SK, Johnson E. Bracket positioning and resets: Five steps to align crowns and roots consistently. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2001 Jan;119(1):76–80.
47. Thomas JL, Hayes C, Zawaideh S. The effect of axial midline angulation on dental esthetics. *Angle Orthod.* 2003 Aug;73(4):359–64.
48. Andrews LF. The Straight-Wire Appliance. *Br J Orthod.* 1979 Jul 5;6(3):125–43.
49. O’Higgins EA, Kirschen RH, Lee RT. The influence of maxillary incisor inclination on arch length. *Br J Orthod.* 1999 Jun;26(2):97–102.
50. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1999 Sep;116(3):329–35.
51. Dean Bidgood W, Horii SC, Prior FW, van Syckle DE, Bidgood WD. Understanding and Using DICOM, the Data Interchange Standard for Biomedical Imaging. Vol. 4, *Journal of the American Medical Informatics Association.*

52. Cantarella D, Savio G, Grigolato L, Zanata P, Berveglieri C, lo Giudice A, et al. <p>A New Methodology for the Digital Planning of Micro-Implant-Supported Maxillary Skeletal Expansion</p>. *Medical Devices: Evidence and Research*. 2020 Mar;Volume 13:93–106.
53. Xue C, Xu H, Guo Y, Xu L, Dhimi Y, Wang H, et al. Accurate bracket placement using a computer-aided design and computer-aided manufacturing–guided bonding device: An in vivo study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2020 Feb 1;157(2):269–77.
54. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021 Jul 17;2021:1–19.
55. Ting-shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *Journal of Prosthodontics*. 2015 Jun 1;24(4):313–21.
56. Martin CB, Chalmers E v., McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: What’s available? *J Orthod*. 2015 Jun 1;42(2):136–43.
57. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2017 Jun 2;17(1).
58. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients’ perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes [Internet]. 2014. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1472-6831/14/10>
59. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2017 Jun 2;17(1).
60. Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res*. 2016 Dec 1;27(12):e185–9.
61. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: A systematic review of the clinical evidence. Vol. 38, *European Journal of Orthodontics*. Oxford University Press; 2016. p. 422–8.
62. Ciuffolo F, Epifania E, Duranti G, De Luca V, Raviglia D, Rezza S, et al. Rapid prototyping: A new method of preparing trays for indirect bonding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006 Jan;129(1):75–7.
63. De Oliveira NS, Rossouw E, Lages EMB, Macari S, Pretti H. Influence of clinical experience on accuracy of virtual orthodontic attachment bonding in comparison with the direct procedure. *Angle Orthodontist*. 2019;89(5):734–41.
64. Zarauz C, Valverde A, Martinez-Rus F, Hassan B, Pradies G. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clin Oral Investig*. 2016 May;20(4):799–806.
65. Wendl B, Droschl H, Muchitsch P. Indirect bonding - A new transfer method. *Eur J Orthod*. 2008 Feb;30(1):100–7.
66. Hocevar RA, Vincent HF. Indirect versus direct bonding: Bond strength and failure location.
67. Vinicius Bozelli J, Bigliuzzi R, Medeiros Barbosa HA, Lucia C, Ortolani F, Antonio Bertoz F, et al. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. Vol. 18. 2013.

