

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Férula de Michigan obtenida mediante tecnología CAD-CAM. Revisión de alcance

Andrea V. Ciliberti.¹ y Daniela Marchesini.²

Profesora de la Facultad de Odontología de la Universidad Santa María, Venezuela.

RESUMEN

Historial del artículo

Recibo: 01-09-24

Aceptado: 06-09-24

Disponible en línea:

01-09-2024

Palabras Clave:

occlusal splint,
Michigan splint,
CAD-CAM.

Introducción: La férula de Michigan es una férula de estabilización la más usada en el mundo en cuanto al tratamiento de los trastornos temporomandibulares y el bruxismo. Hoy en día se usa cada vez más la tecnología CAD-CAM para su fabricación. En este trabajo se determinará la eficiencia, la resistencia al desgaste y a la fractura de férulas Michigan con tecnología CAD-CAM en comparación a otros métodos de fabricación. **Material y método:** Se realizó una revisión en la base de datos Medline/Pubmed, utilizando las palabras clave: “*occlusal splint*”, “*michigan splint*”, “CAD-CAM”, del 2019 al 2024. Tras aplicar los filtros de búsqueda se seleccionaron 13 artículos. **Resultados:** La resistencia al desgaste y a la fractura son casi igual con todos los métodos de fabricación, aunque las férulas fresadas mediante la tecnología CAD-CAM tienen más durabilidad en el tiempo. Un buen pulido da propiedades físicas y mecánicas mejores, lo que otorga longevidad a la férula. **Conclusiones:** La tecnología CAD-CAM para dispositivos Michigan ofrece calidad y resistencia comparables a los métodos tradicionales, con mayor eficacia y menores costos. Facilita el almacenamiento y reproducción de férulas, optimizando la producción. Sin diferencias significativas en eficacia y retención, CAD-CAM es superior. Evaluar fresado e impresión determinará el método más eficiente en odontología.

Autora de correspondencia: Daniela Marchesini correo: marchesinidanielap@gmail.com

Michigan splint obtained by CAD-CAM technology. A scoping review

ABSTRACT

Introduction: The Michigan splint is the most widely used stabilization splint in the world for the treatment of temporomandibular disorders and bruxism. Nowadays CAD-CAM technology is increasingly used for its fabrication. This work will determine the efficiency, strength and fracture resistance of Michigan splints using CAD-CAM technology in comparison with other manufacturing methods. **Methodology:** A review in the the database Medline/PUBMED, from 2019 to 2024 was conducted. **Results and Discussion:** Wear and fracture resistance are almost equal with all fabrication methods although splints milled using CAD-CAM technology have more durability over time. Good polishing gives better physical and mechanical properties, which gives longevity to the splint. **Conclusions:** CAD-CAM technology for Michigan devices offers quality and durability comparable to traditional methods, with greater efficiency and lower costs. It facilitates the storage and reproduction of splints, optimizing production. With no significant differences in efficacy and retention, CAD-CAM is superior. Evaluating milling and printing will determine the most efficient method in dentistry.

Keywords: "occlusal splint", "michigan splint", "CAD-CAM".

Introducción

La férula de Michigan es un dispositivo ortopédico fundamental en la odontología moderna, diseñado para modificar los contactos oclusales entre los dientes maxilares y mandibulares. La odontología tiene como objetivo restablecer una buena función de toda la boca, y en este contexto, las férulas oclusales juegan un papel crucial ¹. Estas férulas, hechas generalmente de resina, se utilizan principalmente durante la noche, aunque en algunos casos pueden ser necesarias también durante el día. Pueden adoptar diversas formas y ubicarse tanto en el maxilar como en la mandíbula, dependiendo de las necesidades específicas del paciente. La indicación y la fabricación de una férula deben responder a un diagnóstico preciso y ser ajustadas adecuadamente por el odontólogo.

La férula de Michigan es un tipo específico de férula oclusal, conocida también como férula de estabilización, férula de descarga, férula de miorrelajación o neuroprogramación muscular. Es ampliamente utilizada en la odontología para tratar la maloclusión y el bruxismo ^{2,3}. Según la Real Academia Nacional de Medicina de España, la maloclusión se define como la “oclusión defectuosa entre piezas dentales opuestas de ambas arcadas, ya sea por causa dental u ósea”. El bruxismo, por su parte, es el “rechinamiento inconsciente de los dientes, en general durante el sueño y a veces durante la vigilia, lo cual puede ocasionar traumatismos oclusales y agravar las enfermedades periodontales” ⁴.

Mora et al. Efectividad de los tratamientos de las lesiones endoperiodontales: revisión sistemática. Rev Venez Invest Odont IADR. 2024;12(1): 52-67.

La férula de Michigan fue desarrollada por primera vez en la década de 1950 en la Universidad de Michigan, de donde toma su nombre. Su historia comienza con el Dr. Bernard Jankelson, quien trató a muchos pacientes con cefaleas, dolor mandibular y un desgaste significativo debido al bruxismo. Jankelson desarrolló esta férula tras múltiples investigaciones y experimentaciones con diferentes técnicas. Inicialmente, las férulas estaban hechas principalmente de resina acrílica mediante un proceso de confección a medida. Estas primeras versiones eran abultadas y, a menudo, se ajustaban de manera inadecuada a la boca del paciente, proporcionando incomodidad y dificultad en el habla^{5, 24}.

Con el tiempo, los avances tecnológicos y la introducción de nuevos materiales en el ámbito de la odontología permitieron el mejoramiento de las férulas de Michigan. Hoy en día, se utilizan técnicas de diseño, impresiones digitales y fabricación asistida por ordenador (CAD-CAM), que solucionan los problemas iniciales de mala adaptación en boca. El uso de nuevos materiales como la resina termoplástica y el nylon proporciona una mejor flexibilidad y resistencia, reduciendo el espesor de la férula inicial.^{25, 30}

Los objetivos de la férula de Michigan son diversos y corresponden a sus múltiples ventajas. El primer objetivo es proteger los dientes. La férula de Michigan actúa como una barrera protectora entre los dientes superiores e inferiores, previniendo el desgaste del esmalte debido al bruxismo y protegiendo así los dientes de fracturas, erosiones u otras lesiones⁶. En segundo lugar, la férula ayuda a reducir el dolor y la tensión muscular. El bruxismo genera trastornos musculares en la mandíbula, cabeza y cuello. La férula de Michigan, al proporcionar una superficie de contacto adecuada con apoyo suave y reducir las fuerzas y presiones, ayuda a aliviar la tensión y el dolor muscular.^{14,15}

Otro objetivo es restaurar la función adecuada de la mordida. La férula establece un patrón oclusal adecuado, lo que permite restaurar una masticación y función apropiadas de los dientes. Si el bruxismo es debido a una maloclusión, esta férula puede ayudar en la corrección de esta situación, siempre que se use regularmente. Además, la férula de Michigan reeduca los músculos y la articulación temporomandibular, permitiendo a la mandíbula adoptar una posición más relajada y estable. Por último, la férula de Michigan puede mejorar la calidad del sueño al reducir el ruido y la fricción causados por el bruxismo, proporcionando así una atmósfera de sueño más saludable.

Sin embargo, la férula de Michigan también presenta algunos inconvenientes, entre los cuales destaca su costo, que puede ser elevado, especialmente si no está cubierta por el seguro médico-odontológico⁷. Además, en algunos casos, la férula puede necesitar ajustes periódicos para asegurar el alineamiento correcto de los maxilares. Estos ajustes requieren visitas frecuentes al dentista, lo que puede resultar restrictivo para algunos pacientes. Asimismo, no todos los pacientes son adecuados para usar una férula de Michigan. Pacientes con tramos edéntulos, dientes que necesitan una mayor protección,

sobremordida moderada o grave, así como aquellos que tienen náuseas, pueden no ser elegibles para este tipo de férula.²⁶

Las indicaciones de uso de una férula de Michigan incluyen el tratamiento de problemas neuromusculares o afecciones de la articulación temporomandibular, como la disfunción de la articulación temporomandibular, dolor de mandíbula y chasquidos al abrir y cerrar el aparato masticatorio^{1,7}. También, se utiliza para tratar el dolor de mandíbula y las articulaciones temporomandibulares, así como el bruxismo, protegiendo los dientes y las articulaciones temporomandibulares de los daños causados por este trastorno. Además, se indica para prevenir o reducir el desgaste dental debido al bruxismo.

En resumen, la férula de Michigan es una herramienta invaluable en el tratamiento de la maloclusión y el bruxismo, ofreciendo múltiples beneficios para la salud oral y la calidad de vida del paciente, a pesar de algunos inconvenientes.

Con este trabajo determinaremos la eficiencia, la resistencia al desgaste y a la fractura de férulas Michigan con tecnología CAD-CAM en comparación a otros métodos de fabricación.

Materiales y métodos

Formulación de la pregunta PICO

Siguiendo la estrategia PICO (*Patient; Intervention; Comparison; Outcome*), se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la efectividad y la resistencia de férulas Michigan con tecnología CAD-CAM en comparación a otros métodos de fabricación. ?

- P: Estudios que incluyen dispositivos oclusales.
- I: Férulas oclusales, férulas de Michigan fabricado mediante tecnología CAD-CAM.
- C: La comparación se hizo con diferentes técnicas de fabricación de las férulas: convencional, CAD-CAM e impresión 3D siendo diferentes maneras y materiales de fabricación.
- O: Resultados, reporte de eficacia y resistencia.

Estrategias de búsqueda

Se realizó una revisión bibliográfica de estudios publicados durante el periodo de tiempo desde el año 2019 hasta la actualidad, en la principal fuente y base de datos biomédicos: PubMed. Empleando las palabras clave: "occlusal splint", "michigan splint", "CAD-CAM".

Fuentes de información

Tras la lectura de los estudios, se llevó a cabo la extracción de datos y posterior tabulación (Tabla 1).

Tabla 1: Búsqueda realizada mediante los operadores booleanos y resultados.

| Base de datos | Palabras Claves | Números artículos iniciales |
|---------------|---|-----------------------------|
| PubMed | (occlusal splint) OR (michigan splint) AND (CAD-CAM). | 164 |
| | Michigan splint AND CAD-CAM | 14 |
| | fabrication of michigan splints AND CAD-CAM | 4 |
| | Michigan splint AND occlusal splint | 53 |
| Total | | 235 |

Criterios de búsqueda

Idioma

Se seleccionaron artículos en inglés, español, sin importar el lugar y/o país de la publicación.

Tiempo

Se utilizaron estudios en un periodo comprendido entre los años 2019 y 2024.

Filtros

En cuanto, a la fuente de información electrónica PudMed para obtener información más específica respecto al tema a estudiar, se utilizaron los filtros prediseñados en las fuentes de información consultadas, tales como: "texto disponible (textavailability)", y "fechas de publicación".

Estrategias de selección

Cada uno de los estudios fue analizado mediante la técnica skimming&scanning, revisando con precaución las secciones: introducción y materiales y métodos, con la finalidad de que los artículos cumplieran los criterios de inclusión, los cuales se describen a continuación. De esta manera, descartamos progresivamente aquellos que no cumplían con nuestros requerimientos y seleccionamos los aptos para la investigación.

Criterios de inclusión

- Se utilizaron estudios en un periodo comprendido entre los años 2019 y 2024.
- Escritos en español e inglés.
- Disponibles en texto completo
- Estudios sobre férulas de Michigan, y CAD-CAM de ensayos clínicos controlados aleatorios o no aleatorios, estudios de cohorte, estudios casos-controles, estudios in vitro, estudios transversales, estudios de caso único.

Criterios de exclusión

Se excluyeron estudios con las siguientes características:

- En otros idiomas que no fueran inglés y español.
- Ensayos de revisiones sistemáticas, meta-análisis, revisiones paragua.
- Publicaciones que involucran áreas distintas a la odontología.
- Publicados antes del 2019.

Resultados**Descripción del proceso de búsqueda y selección de estudios**

En esta revisión se encontraron 235 artículos. Luego de revisar los títulos, resúmenes/abstracts, y palabras clave/keywords, se descargaron 83 estudios para ser examinados con mayor profundidad por medio de la lectura del texto completo. Finalmente, luego de una evaluación exhaustiva, y de eliminar textos duplicados, se incluyeron 13 artículos.

Tabla 2: Información editorial y demográfica de los estudios.

| Artículo | Información Editorial | Demografía |
|--|---|--------------------|
| Herpel y cols. ²⁸ 2023. | Journal dentistry (J Dent). | Inglaterra. |
| Buduru y cols. ¹⁷ 2019. | Revista chimie | Romania. |
| Abad-coronel y cols. ²⁹ 2023. | Molecular Diversity Preservation International Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Materials basel). | Suiza. |
| Valenti, c. Y cols. ³² 2024. | Clinical oral investigations | Alemania. |
| Grymark y cols. ²⁰ 2021. | Journal of the mechanical behavior of biomedical materials (Journal Mech Behav Biomed Mater). | Holanda. |
| Wesemann y cols. ²² 2021. | Journal of the mechanical behavior of biomedical materials (Journal Mech Behav Biomed Mater). | Holanda. |
| Patzelt y cols. ¹³ 2022. | Molecular Diversity Preservation International Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Materials basel). | Suiza. |
| Grymark y cols. ²³ 2022. | Journal of the mechanical behavior of biomedical materials (Journal Mech Behav Biomed Mater). | Holanda. |
| Gibreel y cols. ¹⁹ 2021. | Journal of the mechanical behavior of biomedical materials (Journal Mech Behav Biomed Mater). | Holanda. |
| Simeon y cols. ³¹ 2024. | Journal of the mechanical behavior of biomedical materials (Journal Mech Behav Biomed Mater). | Holanda. |
| Blasi y cols. ²⁷ 2023. | Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry (Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al). | Inglaterra. |
| Orgev y cols. ³³ 2023. | Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. | Estados Unidos. |
| Marcel y cols. ³⁴ 2020 | Clinical oral investigations. | Alemania. |
| Lin y cols. ³⁵ 2023 | Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. | Estados Unidos. |

Tabla 3: Resultados de los artículos discutidos.

| Autor/año | Comparación | Resultados | Tipo de Estudio |
|---|--|---|--|
| Herpel y cols. ²⁸ 2023. | Comparar el desempeño clínico de férulas oclusales impresas en resina termo-flexible con férulas fresadas. | Todas las férulas sobrevivieron, pero las complicaciones menores fueron pequeñas grietas en 6 férulas impresas y 4 fresadas. Las férulas fresadas e impresas en 3d tuvieron un rendimiento similar en términos de satisfacción del paciente y tasas de complicaciones. | Ensayos clínicos controlados aleatorios. |
| Buduru y cols. ¹⁷ 2019. | Comparar dos métodos diferentes de producción fresada e impresa para determinar la solución más adecuada para los pacientes en términos de tiempo, costes y eficacia. | Las férulas oclusales cad-cam mostraron un buen ajuste interno, así como una excelente suavidad, lo que permitió una guía oclusal libre e ininterrumpida. Los costes de la férula impresa en 3d fueron inferiores a los de la férula fresada. | Estudio comparativo. |
| Abad-coronel y cols. ²⁹ 2023. | Comparar la resistencia a la fractura de férulas oclusales fabricadas con diferentes materiales después del envejecimiento termomecánico. | Existen diferencias en la resistencia a la fractura entre los cuatro materiales investigados, donde la mayor resistencia se observó en la férula fresada. Un sistema cad/cam posee reducción significativa en el tiempo de producción. | Estudio comparativo. |
| Valenti, c. Y cols. ³² 2024. | Analizar las propiedades mecánicas y biológicas de los materiales de 3d, cadcam y compararlos con los fabricados convencionalmente. | Los materiales de férulas fresadas no han demostrado un mejor rendimiento mecánico en comparación con la resina acrílica curada con calor convencional. El polieteretercetona tiene un gran potencial y necesita ser investigado más a fondo. | Estudio comparativo. |
| Grymark y cols. ²⁰ 2021. | Evaluar la capacidad de pulido de las férulas oclusales fabricadas mediante cuatro métodos diferentes: curado por calor, fresado cad, formado al vacío e impresión 3d. | El pulido y la dureza superficial dependen del ángulo de impresión de los materiales de férula oclusal impresos en 3d. Con un ángulo de impresión de 0°, todos los materiales impresos en 3d mostraron el mayor brillo y la menor rugosidad superficial. Los materiales de férula oclusal impresos a 90° requirieron pulido con fresas, piedra pómez y alto brillo para reducir la rugosidad de la superficie y las líneas finas creadas durante la fabricación aditiva. | Estudio comparativo. |
| Wesemann y cols. ²² | Investigar la precisión del moldeo por inyección en comparación con cuatro | No existen diferencias en la precisión de fabricación, el número de contactos y la retención entre las férulas. Las tecnologías mostraron mayores | Estudio comparativo. |

| | | | |
|--|---|---|----------------------|
| 2021. | técnicas de diseño asistido por ordenador (cad) y fabricación asistida por ordenador (cam) para la fabricación de dispositivos oclusales. | desviaciones que, sin embargo, podrían no ser clínicamente relevantes. | |
| Patzelt y cols. ¹³ 2022. | Comparar la duración de la fabricación de la férula utilizando dos flujos de trabajo diferentes y Evaluar el desgaste de los diferentes materiales. | Un flujo de trabajo digital es más eficiente en tiempo para la fabricación de férulas oclusales que un flujo de trabajo convencional, el ajuste de las férulas fabricadas digitalmente fue superior al de las fabricadas convencionalmente. El desgaste de los dos materiales diferentes mostró resultados comparables. | Estudio invitro. |
| Grymark y cols. ²³ 2022. | Evaluar la pérdida vertical y volumétrica, así como, el cambio en el área de superficie de contacto durante la prueba de desgaste de los materiales de los dispositivos oclusales. | El material de férula oclusal de fresado con cad presentó la mayor resistencia al desgaste. La resistencia al desgaste de los materiales impresos en 3d fue significativamente inferior a la de los materiales fresados con cad y termopolimerizados. El ángulo de construcción de 0° tuvo la mayor resistencia al desgaste, seguido de los ángulos de 45° y 90°, respectivamente. | Estudio comparativo. |
| Gibreel y cols. ¹⁹ 2021. | Medir la resistencia a la flexión, el módulo e, la dureza vickers, la tenacidad a la fractura, el trabajo de fractura, la sorción de agua y la solubilidad en agua de 5 materiales de resina fresados con cad-cam, uno autopolimerizable y uno termopolimerizado. | Los materiales para férulas a base de policarbonato cad-cam exhiben una mayor tenacidad y resistencia a la fractura, así como una menor absorción y solubilidad de agua que las basadas en polimetacrilato de metilo. Las características mecánicas de los materiales de férula fresados cad-cam evaluados no fueron típicamente superiores a las de la resina polimerizada por calor convencional. Sin embargo, algunos de ellos superaron a la resina acrílica autopolimerizante en términos de resistencia a la flexión, microdureza superficial, absorción de agua y solubilidad en agua. | Estudio invitro. |
| Simeon y cols. ³¹ 2024. | Evaluar la resistencia al desgaste y las propiedades de flexión de un material de férula impreso con estereolitografía (sla) y tratamiento digital de la luz (dlp). Y comparar estas férulas impresas en 3d con un material de férula fabricado sustractivamente | El comportamiento de desgaste y las propiedades de flexión dependen en gran medida del propio material impreso en 3d. Actualmente, las férulas fresadas exhiben una mayor resistencia al desgaste y propiedades de flexión en comparación con los materiales de férula impresos en 3d. Ambos materiales impresos con digital de la luz (dlp) no mostraron diferencias significativas en la orientación de impresión. | Estudio invitro. |

| | | | |
|--------------------------------------|--|--|----------------------|
| Blasi y cols. ²⁷ 2023. | Evaluar los cambios volumétricos en la superficie oclusal de los dispositivos oclusales de diseño cad-cam en comparación con los fabricados con un flujo de trabajo analógico. | Los dispositivos oclusales fabricados que siguen un flujo de trabajo totalmente digital son similares en términos de ajustes oclusales cuando se realiza una evaluación volumétrica 3d, a los fabricados siguiendo un flujo de trabajo analógico. La evaluación semicuantitativa de la misma discrepancia medida con los valores de la escala visual analógica fue estadísticamente significativa para el método digital en comparación con el dispositivo oclusal analógico. | Estudio piloto. |
| Orgev y cols. ³³ 2023. | Investigar los efectos de las tecnologías de fabricación en la precisión de la superficie (veracidad y precisión) de las férulas oclusales diseñadas y fabricadas mediante diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (cad-cam). | Las tecnologías de fabricación afectaron significativamente la veracidad y precisión de las férulas oclusales tanto en las superficies intaglio como cameo. Las unidades de fresado de 5 ejes podrían considerarse para lograr la precisión superficial de las férulas oclusales. | Estudio comparativo. |
| Marcel y cols. ³⁴ 2020 | Investigar la precisión de las férulas de mordida fabricadas con cad/cam en función del método de fabricación (fresado vs impresión 3d), la posición (horizontal vs vertical), la selección del material y el método de medición de desviaciones. | Las férulas fresadas muestran una mayor veracidad que las impresas en 3d, mientras que estas últimas revelan una mayor reproducibilidad. Las desviaciones calculadas varían según el método de medición utilizado. | Estudio piloto. |
| Lin y cols. ³⁵ 2023 | Comparar la precisión de los aparatos de estabilización oclusal fabricados mediante flujos de trabajo digitales con los fabricados mediante flujos de trabajo convencionales. | Las férulas de estabilización fabricadas con un flujo de trabajo digital mostraron mejor precisión que las férulas fabricadas convencionalmente en términos de contacto oclusal, rendimiento básico y precisión de ajuste. | Estudio comparativo. |

Discusión

El objetivo de esta revisión fue determinar la eficiencia y la resistencia de férulas Michigan con tecnología CAD-CAM en comparación a otros métodos de fabricación según la literatura disponible en la actualidad.

El dispositivo conocido como férula de Michigan está diseñado específicamente para prevenir el contacto y/o deterioro entre los dientes. Su producción incluye varios métodos ya sea: tradicionales como en laboratorios de prótesis, mecanizados o impresión 3D.

Se ha demostrado que la resistencia al desgaste depende de muchos factores sobre todo el método de fabricación, así como el material de fabricación. Patzelt y cols en 2022 evaluaron la resistencia al desgaste y concluyeron con el hecho que los dos materiales usados convencional o digital no tenían muchas diferencias sino que fueron comparables, siendo para ellos más eficiente en tiempo la fabricación con un flujo de trabajo digital ¹³, otros autores como Valenti y cols ³² y Herpel y cols ²⁸ también concuerdan que las férulas fresadas e impresas en 3D tuvieron un rendimiento similar en términos de satisfacción del paciente, tasas de complicaciones y comportamiento de uso. Simeon y colaboradores ³¹ explicaron que el comportamiento de desgaste y las propiedades de flexión dependen en gran medida del propio material impreso en 3D, sus resultados demostraron que las férulas fresadas poseen una mayor resistencia al desgaste y propiedades de flexión en comparación con los materiales de férula impresos en 3D.

No obstante, en 2021 Grymark y cols. ²⁰ comprobaron que el material polieteretercetona conocido como PEEK fue el de mejor calidad aunque, un año después, ²³ declararon que las férulas fresadas tenían mejor resistencia al desgaste que las termoplásticas y aún más que las férulas imprimidas en 3D. En 2023, Abad-Coronel y cols.²⁹ revelaron que las férulas impresas, las fabricadas con resina rígida para flexión tenían una buena resistencia, pero fueron las férulas fresadas las más resistentes a la fractura. Por otro lado, Valenti y colaboradores explican que el polieteretercetona tiene un gran potencial y necesita ser investigado más a fondo, dicen que se necesitan pruebas biológicas en poblaciones celulares orales para confirmar la biocompatibilidad a largo plazo de estos materiales.

La eficacia de la férula de Michigan depende crucialmente de su precisión al momento de su fabricación. Es fundamental considerar aspectos como el número de contactos oclusales, la capacidad de retención y la dimensión vertical. En un estudio realizado por Wesemann y colaboradores ²² en el año 2021, se exploró la precisión mediante la comparación de dos métodos distintos: uno aditivo, que implica la impresión de la férula, y otro sustractivo, basado en el fresado. Un hallazgo notable fue que el método aditivo demostró ser más preciso que el sustractivo. Aunque tanto las férulas convencionales como las digitales mostraron un alto nivel de precisión, los investigadores destacaron que las férulas impresas en SLA, a pesar de tener más puntos de contacto oclusal, resultaron ser las más exactas. Buduru y colaboradores ¹⁷ exponen que las férulas oclusales CAD-CAM mostraron un buen ajuste interno así como una excelente suavidad, lo que permitió una guía oclusal libre e ininterrumpida. a su vez Lin y cols. ³⁵ comprobaron que férulas fabricadas con un flujo de trabajo digital mostraron mejor precisión que las férulas fabricadas convencionalmente en términos de contacto oclusal, rendimiento básico y precisión de ajuste. En contraste el autor Orgev y su equipo ³³ expusieron que férulas

fabricadas con tecnología afectaron significativamente la veracidad y precisión de las mismas, al igual que el autor Marcel y colaboradores quienes muestran que las férulas fresadas poseen una mayor veracidad que las impresas en 3D.

Con respecto a la dimensión vertical, Blasi y colaboradores ²⁷ en el año 2023 enfrentaron un flujo de trabajo totalmente digital con un flujo de trabajo análogo y se pusieron de acuerdo frente a los resultados que no hay diferencia significativa en cuanto al respecto de la dimensión vertical.

Otro aspecto a considerar para la calidad de una buena férula Michigan, es el pulido. Grymark y colaboradores en el estudio del año 2021 ²⁰ compararon las diferencias en término de pulido dependiendo del método de fabricación de las férulas, dando como resultado que las de fresado CAD y las impresas 3D no tenían una gran necesidad de pulido al contrario de las obtenidas convencionalmente.. Según ellos permite la mejora del módulo de flexión, la resistencia a la flexión y las férulas pulidas fueron más duraderas que las no pulidas. Podemos averiguar que un buen pulido es de importancia clínica en los procedimientos de post fabricación para el ajuste, la calidad y la longevidad de las férulas. Varios autores, como Buduru ¹⁷, Abad-Coronel ²⁹ y Patzel ¹³, concuerdan que los costos de la férula impresa en 3D fueron inferiores a los de la férula fresada, comprobándose así que las férulas digitales poseen una reducción significativa en el tiempo de producción.

Conclusiones

- El método y el material de fabricación tienen un impacto sobre la resistencia al desgaste y a la fractura de una férula, es un factor no negligible para la longevidad de la férula.
- Se ha descubierto que la eficacia y la retención de la férula no presentan diferencias significativas al elegir una producción digital en lugar de los métodos convencionales. La posibilidad de fabricar una férula de Michigan mediante procesos digitales avanzados permite optimizar el tiempo desde la captura de las impresiones dentales hasta la entrega al paciente, este enfoque también ayuda a reducir los costos asociados. Además, las férulas producidas con tecnología CAD-CAM ofrecen la ventaja de poder ser almacenadas y reproducidas fácilmente.

Referencias

1. Carra, M, Huynh N, Lavigne G. Sleep bruxism: A comprehensive overview for the Dental clinician interested in sleep Medicine. *Dent Clin N Am* 2012 ; 56 : 387-413.
 2. Hidalgo Ordoñez S, Mora Rojas M, Velásquez Ron B, Hidalgo Ordoñez S, Mora Rojas M, Velásquez Ron B. Efecto de las férulas oclusales en la disfunción temporomandibular: revisión sistemática. *Av En Odontostomatol.* junio de 2021;37(2):67-77.
 3. Nidhi D, Kanika J, Rajat C, Amardeep K. Initial Prosthetic Treatment of Patients with Occlusal Wear: Fabrication of Michigan Splint- A Case Report. *Int J Health Sci.* 2017;(7).
 4. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.7 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [2024].
 5. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2018 Apr;119(4):545-551.
 6. Rosales AM, Hernández GET, Goetz MCA, Morales MAE. La técnica CAD CAM en laboratorio dental. 2020 [acceso 30/06/2022];20.
 7. Crout DK. Anatomy of an occlusal splint. *Gen Dent.* 2017. Mar-Apr;65(2):52-59.
 8. Lukic N, Saxer T, Hou M, Zumbunn Wojczyńska A, Gallo LM, Colombo V. Short-term effects of NTI-tss and Michigan splint on nocturnal jaw muscle activity: A pilot study. *Clin Exp Dent Res.* junio de 2021;7(3):323-30.
 9. Badel T, Simonic Kocijan S, Lajnert V, Dulcic N, Zadavec D. Michigan splint and treatment of temporomandibular joint. *Med Flum.* 12 de abril de 2013;49.
 10. Ré JP, Chossegros C, El Zoghby A, Carlier JF, Orthlieb JD. Gouttières oclusales. Mise au point [Occlusal splint: state of the art]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2009 Jun;110(3):145-9.
 11. Tomer AK, Rastogi D, Mittal N. CAD/CAM: Une aubaine pour la dentisterie. Editions Notre Savoir; 2022. 80 p.
 12. Busch R. CAD / Diseño asistido por ordenador | Siemens Software . Siemens; 2022 [acceso 30/06/2022].
 13. Patzelt SBM, Krügel M, Wesemann C, Pieralli S, Nold J, Spies BC, et al. In Vitro Time Efficiency, Fit, and Wear of Conventionally- versus Digitally-Fabricated
- Mora et al. Efectividad de los tratamientos de las lesiones endoperiodontales: revisión sistemática. *Rev Venez Invest Odont IADR.* 2024;12(1): 52-67.

Occlusal Splints. *Materials*. 30 de enero de 2022;15(3):1085.

14. Aslanidou K, Kau C, Vlachos C, Saleh T. The fabrication of a customized occlusal splint based on the merging of dynamic jaw tracking records, cone beam computed tomography, and CAD-CAM digital impression. *J Orthod Sci*. 2017;6(3):104.
15. Farahat AMS, Ghali RM, Bahig DE. Effect of low-level LASER therapy versus CAD/CAM Michigan splint on patients with Temporomandibular Muscle Disorders: a randomized clinical trial. *Braz Dent Sci*. 2023;26(4):e3940.
16. Tangpothitham S, Pongprueksa P, Inokoshi M, Mitirattanakul S. Effect of post-polymerization with autoclaving treatment on monomer elution and mechanical properties of 3D-printing acrylic resin for splint fabrication. *J Mech Behav Biomed Mater*. febrero de 2022;126:105015.
17. Buduru S, Talmaceanu D, Baru O, Buduru R, Szuhanek C, Mesaros A. CAD-CAM Occlusal Splints: Milling and Printing Methods. *Rev Chim*. 15 de enero de 2019; 69(12) :3461-3.
18. Dental RG. Métodos CAD/CAM en prótesis. *Gaceta Dental*. 2011 [acceso 16/07/2022]; 23(220)
19. Gibreel M, Perea-Lowery L, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of occlusal splint materials: CAD-CAM versus conventional resins. *J Mech Behav Biomed Mater*. diciembre de 2021;124:104813.
20. Grymak A, Aarts JM, Ma S, Waddell JN, Choi JJE. Comparison of hardness and polishability of various occlusal splint materials. *J Mech Behav Biomed Mater*. Marzo de 2021;115:104270.
21. Medical Group D. El sistema CAD/CAM dental: una técnica diferenciada . *Dental Medical Group*; 2017 [acceso 2/07/2022].
22. Wesemann C, Spies BC, Schaefer D, Adali U, Beuer F, Pieralli S. Accuracy and its impact on fit of injection molded, milled and additively manufactured occlusal splints. *J Mech Behav Biomed Mater*. Febrero de 2021;114:104179.
23. Grymak A, Waddell JN, Aarts JM, Ma S, Choi JJE. Evaluation of wear behaviour of various occlusal splint materials and manufacturing processes. *J Mech Behav Biomed Mater*. febrero de 2022;126:105053.
24. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011 Jul;55(3):559-70, ix. doi: 10.1016/j.cden.2011.02.011.
25. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental Mora et al. Efectividad de los tratamientos de las lesiones endoperiodontales: revisión sistemática. *Rev Venez Invest Odont IADR*. 2024;12(1): 52-67.

- CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J.* 2009 Jan;28(1):44-56.
26. McLaren E. CAD/CAM Dental technology. *Compend Contin Educ Dent.* 2011 May;32(4):73-6, 78-80, 82.
 27. Blasi A, Henarejos-Domingo V, Palacios-Bañuelos R, Vidal-Ponsoda C, Aparicio C, Roig M. CAD-CAM and analog occlusal splints comparison based on the amount of occlusal adjustments. 3D analysis of the volumetric changes: A pilot study. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al.* diciembre de 2023;35(8):1271-8.
 28. Herpel C, Kykal J, Rues S, Schwindling FS, Rammelsberg P, Eberhard L. Thermo-flexible resin for the 3D printing of occlusal splints: A randomized pilot trial. *J Dent.* 2023 Jun;133:104514.
 29. Abad-Coronel C, Ruano Espinosa C, Ordóñez Palacios S, Paltán CA, Fajardo JI. Comparative Analysis between Conventional Acrylic, CAD/CAM Milled, and 3D CAD/CAM Printed Occlusal Splints. *Materials (Basel).* 2023 Sep 19;16(18):6269.
 30. Mehl A, Hickel R. A new optical 3D-scanning system for CAD/CAM technology. *Int J Comput Dent.* 1999 Apr;2(2):129-36.
 31. Simeon P, Unkovskiy A, Saadat Sarmadi B, Nicic R, Koch PJ, Beuer F, Schmidt F. Wear resistance and flexural properties of low force SLA- and DLP-printed splint materials in different printing orientations: An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2024 Apr;152:106458.
 32. Valenti, C., Federici, M. I., Coniglio, M., Betti, P., Pancrazi, G. P., Tulli, O., Masciotti, F., Nanussi, A., & Pagano, S. (2024). Mechanical and biological properties of polymer materials for oral appliances produced with additive 3D printing and subtractive CAD-CAM techniques compared to conventional methods: a systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*, 28(7), 396.
 33. Orgev, A., Levon, J. A., Chu, T. G., Morton, D., & Lin, W. S. (2023). The effects of manufacturing technologies on the surface accuracy of CAD-CAM occlusal splints. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 32(8), 697–705. <https://doi.org/10.1111/jopr.13610>
 34. Marcel, R., Reinhard, H., & Andreas, K. (2020). Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clinical oral investigations*, 24(12), 4607–4615. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03329-x>
 35. Lin, R., Yan, Y. Q., Sun, J., & Yu, C. H. (2023). A Comparison of the Accuracy Between a Digital Fabrication Workflow and a Conventional Fabrication Workflow

for Occlusal Appliances: A Pilot Study. *The International journal of prosthodontics*, 36(4), 501–507. <https://doi.org/10.116>