

Resistencia compresiva de tres materiales para elaborar placas oclusales, sometidos o no a un proceso de envejecimiento acelerado. Estudio in vitro.

Jessica Tatiana Cárdenas Rodríguez, Silvia Alejandra Rodríguez García, Jhoan Antonio Ramírez Bonilla y Darwin Moisés Medina.

Trabajo de grado para optar el título de Rehabilitador Oral

Director

María Alexandra Quijano García

Especialista en Rehabilitación Oral

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ciencias de la Salud

Especialización en Rehabilitación Oral

2024

Contenido

1. Introducción	8
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Justificación	11
2. Marco teórico	12
2.1. Articulación temporomandibular	12
2.2. Trastornos temporomandibulares	14
2.3. Clasificación de los trastornos temporomandibulares	15
2.3.1. Alteraciones complejo cóndilo – disco	15
2.3.2. Incompatibilidad estructural de las superficies estructurales	15
2.3.3. Trastornos inflamatorios de la ATM	16
2.3.4. Hipomovilidad mandibular crónica.	17
2.3.5. Trastornos de los músculos masticatorios	18
2.3.6. Bruxismo	20
2.3.7. Cómo se diagnostica el bruxismo	22
2.3.8. Tratamientos	22
2.3.9. Materiales para placas	31
2.3.10. Fuerzas de compresión	32
2.3.11. Envejecimiento acelerado	32
3. Objetivos	33
3.1. Objetivo general	33
3.2. Objetivos específico	33
4. Hipótesis	33

5. Materiales y métodos	34
5.1. Tipo de estudio	34
5.2. Población	34
5.3. Muestra y tipo de muestreo	34
5.4. Criterios de selección	35
5.4.1. Criterios de inclusión	35
5.4.2. Criterios de exclusión	35
5.5. Variables	35
5.6. Instrumento de recolección de datos	35
5.7. Procedimiento	35
6. Resultados	42
7. Discusión	48
7.1. Conclusiones	50
7.2. Recomendaciones	50
Referencias	52
Apéndices	56

Lista de figuras

Figura 1. <i>Articulación temporomandibular</i>	14
Figura 2. <i>Férula</i>	26
Figura 3. <i>Placa Ercolok</i>	38
Figura 4. <i>Maquina erko form 3d+, laminas de acero</i>	38
Figura 5. <i>Tiqueta de resina Prizma</i>	39
Figura 6. <i>Impresora anycubic photon M3 con resina, abierta</i>	39
Figura 7. <i>Impresora cerrada</i>	39
Figura 8. <i>Máquina de vacío Bioart Plastvac P7</i>	40
Figura 9. <i>Loquetas con acrílico y monedas</i>	40
Figura 10. <i>Maquina BEGO hydroterm</i>	41
Figura 11. <i>Maquina istrom</i>	41
Figura 12. <i>Lamina posicionada en maquina istrom</i>	42
Figura 13. <i>Desplazamiento</i>	45
Figura 14. <i>Tiempo</i>	45
Figura 15. <i>Fuerza Max</i>	45
Figura 16. <i>Lamina de resina Prizma 3D bio splint LCD sin envejecimiento</i>	46
Figura 17. <i>Lamina de resina Prizma 3D bio splint LCD con envejecimiento</i>	46
Figura 18. <i>Lamina de Erkolok sin envejecimiento</i>	47
Figura 19. <i>Lamina de Erkolok con envejecimiento</i>	47
Figura 20. <i>Lamina de acrílico sin envejecimiento</i>	47
Figura 21. <i>Lamina de acrílico con envejecimiento</i>	48

Lista de tablas

Tabla 1. *Valores Tiempo, fuerza y desplazamiento globales.* 43

Tabla 2. *Distribución de datos según material y grupo.* 44

Resumen

Introducción. Los tratamientos no invasivos más utilizados para los trastornos temporomandibulares debido a su seguridad y comodidad son las férulas oclusales. Estos dispositivos se pueden elaborar en diferentes materiales ofrecidos en el mercado. **Objetivo.** Determinar la resistencia a la fractura de tres materiales utilizados para elaborar placas oclusales sometidos o no a un ciclo de envejecimiento acelerado de 6 meses. **Métodos.** Se escogieron 3 materiales utilizados para realizar férulas oclusales. En total se usaron 54 láminas, 18 de cada material (acrílico de autocurado, resina Prizma 3D bio Splint LCD y Erkoloc), 9 unidades de cada grupo se sometieron a proceso de envejecimiento acelerado por medio de la máquina “BEGO hygrotherm” por un ciclo de 6 meses (27 láminas), posteriormente, todas las láminas fueron sometidas a fuerzas compresivas por medio de la máquina Instron, donde se evaluó el tiempo de máxima deformación en segundos, máxima deformación en milímetros y fuerza alcanzada en kilonewtons. Finalmente, las láminas se observaron en estereomicroscopio para verificar alteraciones en la superficie. **Resultados.** El comportamiento de los materiales presentó diferencias estadísticas significativas en las variables evaluadas (tiempo, material, resistencia, fuerza compresiva, envejecimiento acelerado y desplazamiento) excepto en la fuerza necesaria para generar la máxima deformación después del proceso de envejecimiento, en donde no se observaron diferencias significativas. Se evidencia que “Erkoloc” es el material que presenta mayores deformaciones con menor fuerza y mayor tiempo para lograrlas, lo que se interpreta como un material más moldeable y deformable, pero esa capacidad se pierde un poco, después del envejecimiento. Las láminas elaboradas con resina acrílica tenían más burbujas al ser observadas en estereomicroscopio y defectos superficiales fueron observados en todas las láminas de distintos materiales tanto en los sometidos a envejecimiento, como los que no. **Conclusión:** Ningún material llegó a la fractura y el más resistente fue el acrílico de autocurado.

Palabras Claves: férulas oclusales, fuerza compresiva, impresión tridimensional, resina acrílica.

Abstract

Introduction: The most used non-invasive treatments for temporomandibular disorders due to their safety and convenience are occlusal splints. These devices can be made from various materials available on the market. **Objective:** To determine the fracture resistance of three materials used for fabricating occlusal splints, either subjected to or not subjected to an accelerated aging cycle of 6 months. **Methods:** Three materials commonly used for making occlusal splints were selected: Prizma 3D bioSplint LCD resin, self-curing acrylic, and Erkoloc. The splints were divided into two groups: the first group consisted of splints subjected to compressive forces using the Instron machine, and the second group consisted of splints subjected to compressive forces plus accelerated aging. A total of 54 splints of different materials were used, with 18 units each of the 3 types (self-curing acrylic, Prizma 3D bioSplint LCD resin, and Erkoloc). Nine units were subjected to accelerated aging using the BEGO hygrotherm machine for a 6-month cycle (27 splints). Subsequently, all 54 splints were subjected to compressive forces using the Instron machine, where the maximum deformation time in seconds, maximum deformation in millimeters, and force achieved in kilonewtons were evaluated. Finally, the splints were examined under a stereomicroscope to check for surface alterations. **Results:** The materials exhibited statistically significant differences in the evaluated variables (time, force), except in the force required to achieve maximum deformation after the aging process, where no significant differences were observed. It was found that Erkoloc is the material that exhibited the greatest deformations with less force and longer time to achieve them, indicating a more moldable and deformable material, though this capability is somewhat reduced after aging. The splints made from acrylic resin had more bubbles when observed under the stereomicroscope, and surface defects were observed in all splints of different materials, both those subjected to aging and those that were not.

Keywords: occlusal splints, compressive force, 3D printing, acrylic resin.

1. Introducción

La presencia de trastornos temporomandibulares afectan las articulaciones y músculos de la masticación, muchos síntomas relacionados con estos son causados por efectos del estrés físico generando molestias alrededor de las estructuras como músculos de la mandíbula, cara y cuello, ligamentos, vasos sanguíneos, nervios y dientes; seguido de mala postura, dieta deficiente y falta de sueño. Su presencia es mas frecuente en mujeres que en hombres en edades que oscilan de los 35 a 44 años de edad. Existen tratamientos no quirúrgicos como las placas oclusales.

Las férulas oclusales sirven como un tratamiento adyuvante para los trastornos temporomandibulares (TTM). Estas demuestran resultados clínicos que pueden aliviar entre el 70% y 90% de los síntomas de TTM y relajan los músculos permitiendo que los cóndilos se asienten en relación céntrica, protegiendo los dientes y estructuras asociadas al bruxismo. Los materiales que se usan para la elaboración de estas placas deben tolerar fuerzas oclusales significativas.

Estos dispositivos se han fabricado de diferentes materiales que deben tolerar fuerzas oclusales significativas, entre ellos polietileno, resina acrílica autopolimerizable, termopolimerizable y fotopolimerizada. A pesar de que estas presentan grandes características, no se consideran óptimos por su incomodidad térmica, inestabilidad dimensional, forma o color indeseable, susceptibles a fracturas y además el proceso de fabricación se requiere de mucho tiempo (Gibreel et al., 2021)

En la actualidad, existen nuevas tecnologías que se basan en un diseño y fabricación asistidos por una computadora. Las férulas oclusales digitales mejoran el diseño oclusal, facilita y optimiza el proceso de fabricación. Estas placas han demostrado un rendimiento superior a las

férulas convencionales en ajuste, ahorro de tiempo, velocidad y estabilidad dimensional. Sin embargo, las propiedades mecánicas tienen relevancia clínica (Gibreel et al., 2021)

El objetivo de la presente investigación es evaluar la resistencia a la compresión de tres diferentes materiales para la elaboración de placas oclusales, sometidos o no a un proceso de envejecimiento.

1.1. Planteamiento del problema

Los trastornos temporomandibulares son considerados como una etiología multifactorial, afectada por sucesos como, traumatismos, hábitos parafuncionales como, bruxismo, estrés, iatrogenias entre otras, sobrepasando la tolerancia fisiológica de cada individuo, influenciada por factores locales como la estabilidad articular determinada por la oclusión, relaciones articulares anormales o ambas, factores genéticos, sexo, dieta y enfermedades (Saavedra et al., 2012)

Las opciones de tratamiento para los trastornos temporomandibulares se pueden dividir en tres categorías: No invasivo, mínimamente invasivo e invasivo. El tratamiento no invasivo incluye férulas oclusales, farmacoterapia y fisioterapia; el tratamiento mínimamente invasivo incluye inyecciones interarticulares y artrocentesis; y los enfoques invasivos incluyen la artroplastia y el reemplazo de la ATM (Zhang et al., 2020).

Los tratamientos no invasivos son los más utilizados debido a su seguridad y comodidad, la férula oclusal se usa debido a su bajo costo. Estos dispositivos son considerados como desprogramadores o reposicionadores mandibulares para establecer relaciones maxilomandibulares ideales y así aliviar el dolor y restaurar la función (Alqutaibi y Aboalrejal, 2015)

Existen diferentes tipos de materiales según su fabricación, uno de los materiales para férulas oclusales es la *resina acrílica de autocurado*, dando como resultado una superficie oclusal dura y rígida. Estas tienen ventajas como la dureza y la resistencia, lo cual permite ajustes fáciles y rápidos, fácil reparación, de ajuste más preciso, los métodos de fabricación son más accesibles, mayor longevidad, más estabilidad en el color y menor acumulación de restos de alimentos, por lo tanto, es el más utilizado en la práctica clínica (Alqutaibi y Aboalrejal, 2015).

En este sentido, las nuevas tecnologías digitales basadas en el diseño asistido por computadora han permitido el uso del flujo de trabajo digital en la fabricación de dispositivos oclusales u otras prótesis intraorales. Una de ellas es la resina translúcida para Form 2 es de alta calidad lo cual permite conseguir todos los detalles del modelo, proporcionando durabilidad y resistencia en las impresiones. Este material también es conocido como resinas estándar (Standard Resins) de Formlabs.

Sin embargo, en los últimos años, la impresión 3D ha surgido como una tecnología transformadora en diversas áreas, siendo la odontología una de las más beneficiadas. Esta tecnología, también conocida como fabricación aditiva, permite la creación de modelos tridimensionales a partir de archivos digitales, lo que ofrece una gran precisión y personalización en los tratamientos odontológicos (Bertolitti et al, 2021).

El desarrollo de materiales biocompatibles y duraderos para la impresión 3D ha sido clave para su adopción en odontología. Los avances en resinas, cerámicas y metales específicos para impresión 3D han permitido la creación de dispositivos dentales que no solo son precisos y funcionales, sino también estéticamente agradables y resistentes al desgaste. Según estudios recientes, los materiales utilizados para la impresión 3D de restauraciones dentales son cada vez más similares a los materiales tradicionales en cuanto a resistencia y durabilidad (Mangano, 2017).

La impresión 3D no solo ha mejorado la calidad y eficiencia de los tratamientos, sino que también ha permitido el desarrollo de nuevos materiales que están comenzando a reemplazar los procesos clínicos y de laboratorio convencionales. En el pasado, la toma de impresiones dentales convencionales requería el uso de materiales como alginato o silicona, que podrían ser incómodos para el paciente y generar impresiones imprecisas debido a la distorsión o errores de manipulación. Con la impresión 3D, los escáneres intraorales digitales han reemplazado los moldes físicos,

capturando modelos precisos de la boca del paciente. Esta tecnología elimina el uso de materiales tradicionales para impresiones y permite obtener modelos digitales instantáneamente que pueden ser procesados y utilizados en la creación de prótesis, coronas y otros dispositivos dentales. La digitalización no solo mejora la precisión, sino que también reduce el tiempo de tratamiento y mejora la experiencia del paciente (Kang et al, 2021).

Markertechlab ha desarrollado una resina impresa en 3D conocida como Bio Splint LCD transparente a base de alcohol lo cual es rígida y duradera para férulas dentales, así mismo es fotopolimerizable y con un polímero de base para crear estructuras removibles de uso terapéutico. Su fabricación aditiva proporciona un alto nivel de eficiencia al reducir varios pasos y costos de materiales. También aporta un mayor grado de flexibilidad de diseño digital, este proceso requiere un scanner, una impresora y una unidad de curado para conformar el sistema, así el flujo de trabajo digital mejora el diseño oclusal y simplifica optimizando considerablemente el proceso tradicional de fabricación de las férulas (Gibreel et al., 2021).

Las recién mencionadas de modo digital han demostrado un rendimiento superior a las tradicionales en términos de ajuste, control cuantitativo, ahorro de tiempo, velocidad y estabilidad dimensional, ofrecen una opción de bajo costo y alta personalización en comparación con los métodos tradicionales (Mangano, 2017); sin embargo, no hay suficiente evidencia que demuestre su estabilidad a través del uso y del tiempo (Gibreel et al., 2021).

En la actualidad el especialista en rehabilitación oral encuentra con mayor frecuencia, problemas a nivel de la *Articulación Temporomandibular*, ya sea por causas de origen oclusal o muscular. El bruxismo es uno de esos problemas, y a nivel mundial tiene alta prevalencia en la población adulta, entre 5,9% y 49% (Fluerașu et al., 2022) en este orden de ideas algunos investigadores como Nishigawa et al., (2001) emplearon una férula equipada para calcular la

fuerza de bruxismo durante el bruxismo nocturno en el primer molar y determinaron que la fuerza estimada fue de 200 ± 127 N. (Sagl et al., 2022). Estas fuerzas son las causantes de desgaste, fracturas, lesiones articulares, dolor muscular, entre otros y por lo tanto uno de los procedimientos más utilizados tanto para el tratamiento de dichos trastornos es el uso de férulas oclusales.

Bajo el mismo orden de ideas, las propiedades mecánicas de las resinas fotopoliméricas son fundamentales para asegurar que las restauraciones y otros dispositivos impresos puedan soportar las fuerzas masticatorias y las condiciones ambientales dentro de la cavidad bucal. La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes para los materiales dentales, ya que las restauraciones dentales, como las coronas y los puentes, están a veces a fuertes fuerzas de compresión durante la masticación. Las resinas fotopoliméricas utilizadas en odontología deben tener una resistencia a la compresión similar a la de los materiales dentales convencionales, como las porcelanas y las cerámicas para garantizar que puedan soportar las cargas masticatorias sin fracturarse ni deformarse. Aunque algunas resinas fotopoliméricas de impresión 3D han mostrado una resistencia a la compresión suficiente para aplicaciones temporales, las resinas avanzadas, como las compuestas híbridas o aquellas modificadas con nanopartículas de cerámica, pueden mejorar la resistencia y acercarse más a la de los materiales tradicionales. (Da Silva et al, 2021; García et al, 2020)

Por eso es importante conocer cuál de los materiales es más resistente a las fuerzas compresivas con el paso del tiempo.

1.2. Justificación

Los trastornos temporomandibulares (TTM) y el bruxismo son condiciones que pueden impactar significativamente la calidad de vida de quienes los padecen, causando dolor y dificultad

en la función mandibular. Las placas oclusales se han identificado como una opción de tratamiento eficaz, ayudando a aliviar los síntomas al promover la relajación muscular y el correcto posicionamiento del cóndilo mandibular. Los diversos materiales con los cuales son elaborados nos llevan al error en la elección del más adecuado para nuestros pacientes, ya sea un material que soporte las cargas excesivas generadas en movimientos parafuncionales sin lesionar la articulación temporomandibular, absorbiendo las fuerzas excesivas producidas en hábitos nocturnos y diurnos.

Por lo tanto, es imprescindible conocer el material más apropiado para estas fuerzas, para asegurar un tratamiento adecuado. De acuerdo con las pruebas de los estudios que hacen referencia a la efectividad, existen diversas técnicas para reducir el dolor provocado por el trastorno, sin embargo, las placas fueron las únicas que eliminaron el impulso eléctrico del músculo. Por otro lado, en Hardy y Bonsor (2021) señalan una disminución de los episodios por hora a algo menos de la mitad.

Las placas o férulas de descarga requieren materiales con una alta resistencia a la compresión, ya que estas estructuras deben resistir las fuerzas de los dientes durante el ajuste del tratamiento o en el caso de pacientes con bruxismo (rechinar los dientes). Si el material de la placa es incapaz de resistir estas, puede producirse una destrucción o pérdida de fuerzas de la forma del dispositivo, lo que afectaría negativamente los resultados del tratamiento (Mangano et al., 2018).

En un estudio realizado por Zhao et al. (2021), se encontró que las resinas fotopoliméricas con aditivos cerámicos mejoraron significativamente la resistencia a la compresión, haciendo que los dispositivos impresos en 3D fueran más adecuados para restauraciones a largo plazo. Además, estos materiales muestran un comportamiento mecánico superior en condiciones de carga cíclica, lo que los hace adecuados para prótesis removibles y retenedores ortodónticos.

Por otro lado, las pruebas presentadas por Gibreel et al., revelaron ciertos materiales fresados con CAD-CAM con mayor resistencia a la fractura que los materiales de resina acrílica y los fabricados con PMMA (Gibreel et al., 2021); según este estudio, la pregunta que surge es si el material de resina para impresoras es equivalente o superior al fresado con CAD-CAM al lograr tener una comprensión sobre el costo que tiene la adquisición de estas placas para las personas con este padecimiento, las consecuencias del no obtenerlas puede ser fatal para su salud oral, es así que logrando investigar la resistencia de estos materiales, podemos reducir el número de placas que pueden adquirir los pacientes permitiéndoles un mayor acceso a la salud oral. La colaboración entre profesionales de la salud y los investigadores es fundamental para mejorar la calidad de los productos de rehabilitación oral. Al compartir conocimientos y resultados, se pueden identificar los materiales más resistentes y duraderos, lo que resulta en tratamientos más efectivos para los pacientes. Esta unión no solo beneficia a los profesionales y a la ciencia detrás de los materiales, sino que también tiene un impacto directo en la calidad de vida de las personas, aliviando las afecciones asociadas con los trastornos de la articulación temporomandibular (ATM).

2. Marco teórico

2.1. Articulación temporomandibular

La articulación temporomandibular (ATM) permite el movimiento de la mandíbula en relación con el maxilar. La porción mandibular de la articulación está compuesta por el cóndilo mandibular. La cabeza del cóndilo es oblicua, siendo más larga medio lateralmente que anteroposteriormente. El cóndilo mandibular se articula con la fosa mandibular del hueso temporal y timpánico, en la base del cráneo (Young, 2015).

Tanto el cóndilo como la fosa de la ATM están revestidos de tejido conectivo fibroso. Esto difiere de la mayoría de las articulaciones en otras partes del cuerpo, que generalmente están revestidas con cartílago hialino. El tejido conectivo fibroso muestra comparativamente menos daño con el tiempo y tiene mejores propiedades de reparación (Young, 2015)

Entre el cóndilo y el hueso temporal se encuentra el disco articular, también hecho de tejido conectivo fibroso denso. Tiene forma bicóncava, con la porción más delgada cerca de su centro. El borde posterior es más grueso que el borde anterior y el borde medial es más grueso que el borde lateral. Estos bordes más gruesos ayudan a mantener el disco en su lugar sobre la cabeza redonda del cóndilo (Young, 2015).

El disco articular también se mantiene en su lugar mediante tejidos blandos adicionales adheridos circunferencialmente. En la porción posterior, se inserta el tejido retrodiscal. Se compone de tres partes básicas. La sección superior está formada por las fibras elásticas de la lámina retrodiscal superior. Esta lámina se une desde el disco articular a la lámina timpánica. La sección inferior del tejido retrodiscal está formada por las fibras colágenas de la lámina retrodiscal inferior. Esta lámina se une desde el disco articular al cóndilo mandibular. Entre estas dos láminas se encuentra el plexo venoso, que se llena de sangre durante la protrusión de la mandíbula (Young, 2015).

En la porción anterior del disco articular, también hay tres inserciones básicas. La sección superior está unida al hueso temporal por fibras colágenas. La sección inferior está unida al cóndilo, también por fibras colágenas. Entre las inserciones superior e inferior se encuentra el músculo pterigoideo lateral (Young, 2015).

Las porciones medial y lateral del disco articular están unidas al cóndilo por ligamentos colaterales o discales (Young, 2015)

Las células endoteliales del revestimiento sinovial secretan líquido sinovial. Este líquido es atraído y empujado desde los límites hasta los espacios entre las superficies articulares por el movimiento articular (Young, 2015).

Figura 1. *Articulación temporomandibular*



Tomado de: (Okeson y Bell, 1999)

2.2. Trastornos temporomandibulares

Los trastornos temporomandibulares es un término colectivo para el dolor y la disfunción de los músculos masticatorios y la articulación temporomandibular. Sus características más comunes son dolor regional en la cara y área preauricular, limitaciones en los movimientos mandibulares y ruidos de la ATM (List y Jensen, 2017).

2.3. Clasificación de los trastornos temporomandibulares

2.3.1. Alteraciones complejo cóndilo – disco

2.3.1.1. Desplazamientos discales. Es una disfunción de la rotación normal del disco sobre el cóndilo, se puede dar por alteraciones en la oclusión, macrotrauma o microtrauma. Se presenta ruido articular en apertura y cierre y hay amplitud normal de movimientos mandibulares, limitación por dolor y no por disfunción (Okeson, 2019b).

2.3.1.2. Luxación discal con reducción. El disco se encuentra más adelante y hacia el medio, se presenta ruido solo al abrir, durante la apertura se reduce el disco y se produce una desviación apreciable en el trayecto (Okeson, 2019b).

2.3.1.3. Luxación discal sin reducción. El disco está permanentemente desplazado y no se recepta al abrir la boca, se asocia con traumatismos, apertura limitada más o menos entre 25 y 30 mm, puede o no haber ruido (Okeson, 2019a).

2.3.2. Incompatibilidad estructural de las superficies estructurales

2.3.2.1. Alteración morfológica. Se asocia al aplanamiento del cóndilo o fosa o protuberancia ósea en el cóndilo. Esta alteración morfológica se puede presentar en cóndilo, fosa y disco. Se puede observar alteración del trayecto de apertura y cierre, puede haber o no dolor (Okeson, 2019a).

2.3.2.2. Adherencia. Trauma boca cerrada ocasionando sangrado dentro de la articulación o hemartrosis temporal. Al despertar el paciente reporta ruido tipo clic y dificultad para abrir la boca y no presenta dolor.

2.3.2.3. Subluxación (hipermovilidad). Alteraciones anatómicas en la eminencia. Se observa salto del cóndilo hacia adelante, una depresión preauricular al abrir la boca adelante del oído (extraoral). Puede ser bilateral y hay desviación al inicio o unilateral y hay deflexión hacia el lado no afectado (Okeson, 2019a).

2.3.2.4. Luxación espontanea (bloqueo abierto). Se puede presentar alteraciones anatómicas en la eminencia, el paciente puede presentar espasmo o calambre muscular y hay bloqueo abierto (Okeson, 2019b).

2.3.3. Trastornos inflamatorios de la ATM

2.3.3.1. Sinovitis/capsulitis. Sinovitis es la inflamación de tejidos sinoviales y capsulitis es la inflamación del ligamento capsular. Se asocian a traumatismo. El paciente presenta limitación de apertura secundaria al dolor con un end feel blando, presenta dolor muscular estático y aumenta con el movimiento, puede presentar desoclusion posterior homolateral y dolor a la palpación en polo externo del cóndilo (Okeson, 2019b).

2.3.3.2. Retrodiscitis. Se trata de la inflamación de los tejidos retrodiscales por macrotrauma, el paciente presenta artralgia, dolor peri auricular constante, desengrane de los dientes posteriores y contacto intenso e caninos, end feel blando, maloclusión aguda apretamiento de dientes aumenta el dolor y puede presentar tumefacción de los tejidos (Okeson, 2019b).

2.3.3.3. Osteoartritis. Se asocia a sobrecarga mecánica de estructuras articulares, a luxación discal o retrodiscitis. El paciente puede presentar dolor articular unilateral, limitación en apertura, end feel blando o end feel duro.

2.3.3.4 Tendinitis del temporal. Se presenta por una hiperactividad crónica del temporal, hay aparición del dolor durante la función y dolor retro orbitario (Okeson, 2019b).

2.3.4. Hipomovilidad mandibular crónica.

2.3.4.1. Anquilosis fibrosa. Se puede producir entre el cóndilo y disco o entre el disco y la fosa, se asocia a la progresión continuada de las adherencias articulares. El paciente presente limitación del movimiento hacia el lado no afectado, no presenta dolor, apertura aproximadamente de 25 mm y durante la apertura presenta deflexión hacia el lado no afectado.

2.3.4.2. Anquilosis ósea. Se produce entre el cóndilo y la fosa, es un trastorno crónico y amplio. El paciente presenta limitación de la apertura, sin dolor, apertura aproximada de 25 mm, movimientos laterales limitados, limitación del movimiento hacia el lado no afectado (Okeson, 2019b) .

2.3.4.3. Fibrosis capsular. Consecuencia de una inflamación producida por traumatismo, el paciente presenta hipomovilidad mandibular y restringe solo los límites más amplios del movimiento (Okeson, 2019b).

2.3.4.4. Contractura miostática. Impedimento del alargamiento pleno de un músculo durante un tiempo prolongado. Limitación indolora del movimiento articular prolongado (Okeson, 2019a)

2.3.4.5. Contractura miofibrotica. Es consecuencia de adherencias hísticas, aparece después de una miositis o traumatismo muscular. El paciente presenta limitación indolora del movimiento articular prolongado (Eguia del Valle et al., 2003)

2.3.4.6. Choque coronarioideo. El choque coronarioideo ocurre cuando la apófisis coronarioidea de la mandíbula se alarga o queda atrapada en tejido fibroso, lo que impide los movimientos normales de la mandíbula, especialmente en la protrusión. Esto se asocia con la hiperactividad del músculo temporal y la hipermovilidad de la articulación temporomandibular, causando una limitación indolora. El tratamiento suele ser quirúrgico para corregir el crecimiento óseo anormal (Eguia del Valle et al., 2003)

2.3.5. Trastornos de los músculos masticatorios

2.3.5.1. Co-contracción protectora. Hay alteración del estímulo sensitivo o propioceptivo, se asocia al estrés emocional. El paciente presenta reducción de la amplitud de movimiento, pero alcanza amplitud normal cuando se le pide. Hay dolor en reposo mínimo y aumenta durante la función y sensación de debilidad muscular (Okeson, 2019a).

2.3.5.2. Dolor muscular local. Se asocia a co-contracción protectora prolongada, traumatismo tisular local o empleo no habitual del musculo. El paciente no puede desarrollar el rango de movilidad máximo, hay dolor mínimo en reposo y aumenta durante la función, presenta debilidad muscular y dolor a la palpación.

2.3.5.3. Dolor miofascial. Se asocia al estrés, alteraciones del suelo, hábitos, posturas, distensiones y enfriamientos. El efecto más usual es el dolor referido como una cefalea tensional. El paciente presenta una ligera disminución de velocidad y rango de movimiento, dolor heterotópico incluso en reposo y aumenta con la función y se observan puntos de gatillo (Okeson, 2019a).

2.3.5.4. Mioespasmo Es la contracción muscular tónica involuntaria inducida por el Sistema nervioso central. El paciente presenta restringido el movimiento mandibular, común mal oclusión aguda. Hay presencia de dolor en reposo y aumenta el dolor con la función. A la palpación muscular presenta dolor y hay sensación generalizada de tensión muscular (Okeson, 2019b).

2.3.5.5. Mialgia de mediación central, miositis crónica. Se presenta en el sistema nervioso central y no en el sistema masticatorio. Es un dolor miógeno primario constante con historia de molestias musculares constantes, hay ligera disminución de la velocidad y rango de movimiento del maxilar inferior. Presenta dolor en reposo y aumenta durante la función hay músculos tirantes y a la palpación muscular duele (Okeson, 2019b).

2.3.6. Bruxismo

El bruxismo es una actividad involuntaria en la que apretamos o rechinamos los dientes, y puede ocurrir tanto cuando estamos despiertos como cuando dormimos. Antes se creía que solo sucedía mientras dormíamos, pero ahora sabemos que puede pasar en ambos estados y estar relacionado con otros factores, como el estrés o incluso para proteger los dientes de daños (Manfredini et al., 2024)

2.3.6.1. Tipos de bruxismo

Bruxismo mientras dormimos: Ocurre durante el sueño y se manifiesta cuando los músculos de la mandíbula se mueven de manera rítmica o no rítmica. No se considera un problema del sueño o un trastorno en personas sanas (Manfredini et al., 2024).

Bruxismo mientras estamos despiertos: Sucede cuando estamos alertas y consiste en apretar o hacer que los dientes se toquen constantemente sin darnos cuenta. Está muy relacionado con el estrés o hábitos adquiridos (Manfredini et al., 2024).

2.3.6.2. Consecuencias del bruxismo. El bruxismo puede causar diferentes problemas, entre ellos:

- *Desgaste de los dientes:* Rechinar o apretar los dientes continuamente desgasta su superficie, lo que puede llevar a que los dientes se vuelvan sensibles o se rompan (Manfredini et al., 2024)
- *Dolor en la mandíbula y dolores de cabeza:* Los músculos de la mandíbula pueden cansarse y doler debido al esfuerzo constante. Esto puede provocar dolores de cabeza, especialmente en la mañana (Manfredini et al., 2024)

- *Problemas en la articulación de la mandíbula:* El bruxismo puede afectar la articulación que conecta la mandíbula con el cráneo, haciendo que duela o produzca ruidos al abrir y cerrar la boca (Manfredini et al., 2024).

- *Músculos faciales grandes:* Apretar los dientes con frecuencia puede hacer que los músculos de la mandíbula crezcan, cambiando el contorno de la cara (Manfredini et al., 2024)

2.3.6.3. Causas del bruxismo. El bruxismo puede estar relacionado con diversos factores, como:

- *Estrés y ansiedad:* Estas emociones son uno de los principales desencadenantes del bruxismo mientras estamos despiertos. Muchas personas tienden a apretar los dientes cuando están estresadas (Manfredini et al., 2024)

- *Problemas del sueño:* Condiciones como la apnea del sueño (interrupciones en la respiración mientras dormimos) pueden desencadenar episodios de bruxismo (Manfredini et al., 2024).

- *Genética:* Si alguien en la familia tiene bruxismo, es más probable que otra persona también lo tenga (Manfredini et al., 2024).

- *Sustancias estimulantes:* El consumo de cafeína, alcohol, tabaco o ciertos medicamentos puede aumentar el riesgo de desarrollar bruxismo o empeorarlo (Manfredini et al., 2024).

2.3.7. Cómo se diagnostica el bruxismo

Para identificar el bruxismo, se utilizan diferentes métodos:

- *Autoevaluación:* El paciente informa sobre sus hábitos, como apretar o rechinar los dientes durante el día o la noche (Manfredini et al., 2024).
- *Evaluación clínica:* Un dentista o especialista revisa los signos físicos, como desgaste de los dientes o músculos faciales agrandados (Manfredini et al., 2024).
- *Uso de dispositivos tecnológicos:* Para el bruxismo nocturno, se pueden usar herramientas como sensores que detectan los movimientos de la mandíbula durante el sueño (Manfredini et al., 2024).

2.3.8. Tratamientos

2.3.8.1. Placas oclusales. Una férula oclusal es un aparato rígido o flexible que se utiliza para mantener en su sitio y proteger una parte dañada del sistema masticatorio, que tiene como propósito mejorar la estabilidad oclusal. Este término describe a todos los aparatos que son utilizados con diferentes fines como el de obtener la estabilidad oclusal del paciente, aliviar espasmos musculares y el dolor de la ATM (Okeson, 1966).

Las férulas oclusales representan un elemento de gran importancia para el tratamiento de las manifestaciones disfuncionales que sirven para aliviar el dolor y corregir las interferencias oclusales, su acción está en juego durante los periodos de inactividad de la mandíbula (Okeson, 1966).

En el campo de la DTM (disfunción Temporomandibular), los aparatos ortopédicos más utilizados son las férulas oclusales, aparatos removibles elaborados con mayor frecuencia con acrílico de autocurado. Estos se ajustan sobre las piezas dentarias del maxilar superior la mayoría de las veces, estableciendo un determinado esquema oclusal (Okeson, 1966).

Su objetivo principal es proporcionar un método indirecto para modificar la oclusión aislando la relación de contacto de los dientes. Todos los tipos de férulas tienen objetivos y funciones en común (estabilización oclusal y articular, eliminación de interferencias oclusales, reducción de la actividad parafuncional de los músculos masticadores, protección de los dientes contra excesivos desgastes, efecto placebo, proporcionar descanso a los tejidos afectados y distribuir las cargas sobre todo el maxilar) (Okeson, 1966).

2.3.8.2. Clasificación de las férulas oclusales. Estas pueden ser clasificadas de acuerdo con su material (férulas rígidas y férulas blandas), a su función (Permisivas o directrices) y su cobertura (parcial y completa).

2.3.8.2.1. Férulas rígidas. Son confeccionadas de resinas auto y termopolimerizables, se encuentran también como láminas de acetato de celulosa que pueden ser de diferentes calibres.

Es un aparato construido con material de acetato de celulosa que se adapta a los dientes maxilares y también pueden ser confeccionadas en resina auto y termopolimerizables

Uno de los mayores objetivos consiste en obtener un contacto uniforme y simultaneo con los dientes antagonistas. En muchos casos es difícil conseguir la exactitud puesto que la mayoría del material no se ajusta con facilidad las exigencias del Sistema Neuromuscular

Estas placas están indicadas como protector de las estructuras dentales, además se utiliza como guía quirúrgica y ayuda a disipar algunas de las fuerzas de carga intensas que se producen durante las actividades parafuncionales (Okeson, 1966).

2.3.8.2.2. Férulas blandas. Es un aparato construido con material elástico que suele adaptarse a los dientes maxilares.

Para lograr Un objetivo terapéutico se debe obtener un contacto uniforme y simultaneo con los dientes antagonistas.

Este dispositivo reduce la posibilidad de lesiones de las estructuras bucales por traumatismos las utilizan los deportistas.

Estas placas están indicadas como protector para personas que pueden sufrir traumatismos en ambas arcadas, para pacientes con epilepsia y ayuda a disipar algunas de las fuerzas intensas que se producen durante la actividad parafuncional.

Los dispositivos de protección para los deportistas reducen las posibilidades de lesión de las estructuras bucales cuando se sufre un traumatismo (Okeson, 1966).

También se han recomendado las férulas blandas a las pacientes que presentan un grado elevado de bruxismo y que aprietan los dientes. Parece razonable que deban ayudar a disipar algunas de las fuerzas de carga intensas que se producen durante la actividad parafuncional. No se ha demostrado que los dispositivos blandos reduzcan la actividad de bruxismo (Okeson, 1966)

Okeson (1966) comprobó que la actividad EMG nocturna de los maseteros estaba aumentada en 5 de 10 individuos con dispositivos blandos; en el mismo estudio, 8 de 10 individuos presentaron una reducción significativa de la actividad de EMG nocturna con una férula de relajación muscular.

Otros estudios en los que se ha valorado la eficacia de las férulas duras y blandas para estos síntomas han evidenciado que, aunque las segundas pueden reducirlos, las primeras parecen hacerlo con mayor rapidez y eficacia.

En un estudio más reciente se ha podido comprobar que el uso de los aparatos blandos durante poco tiempo alivio los síntomas de los TTM mejor que el tratamiento paliativo o la ausencia de tratamiento. Los datos científicos existentes 3-8-45-47 respaldan el empleo de férulas

duras para la reducción de los síntomas producidos por la actividad parafuncional. Las férulas blandas no están bien documentadas en la literatura científica (Okeson, 1966).

Se recomendó usar aparatos blandos en pacientes con sinusitis crónicas o repetidas que hacen que los dientes posteriores sean muy sensibles. En algunos casos de sinusitis maxilar, los dientes posteriores (con raíces que se extiendan hasta el área sinusal) son extremadamente sensibles a las fuerzas oclusales. Una férula blanda ayuda a reducir los síntomas, mientras se aplica un tratamiento definitivo orientado a resolver la sinusitis.

Las características más importantes del material de fabricación para las férulas es que deben tener resistencia al desgaste, sinsabor, Inodoro y de un grosor adecuado (Okeson, 1966).

2.3.8.3. Según su función

2.3.8.3.1. Férulas permisivas. Son aquellas que se han proyectado para desbloquear la oclusión y eliminar así el contacto con las vertientes oclusales que ocasionan el desvío de los dientes.

Permite el libre movimiento de la mandíbula en relación con el contacto con los dientes antagonistas. Tienen diseños muy heterogéneos y tienen como misión dirigir a los cóndilos a una posición músculo esquelética más estable (relación céntrica)

Las férulas permisivas se utilizan en caso de pérdida soporte del hueso periodontal, cuando hay actividad parafuncional. Al llevar este aparato se puede reducir los efectos dañinos de las fuerzas parafuncionales (Okeson, 1966).

Los objetivos principales de este tipo de férula son:

- Evitar que se sigan presentando este bruxismo y a su vez minimizar o terminar por completo las alteraciones dentales, musculares y articulares que este acto compulsivo produce.
- Busca reproducir los movimientos funcionales de una oclusión normal dando como resultado un reposicionamiento mandibular.
- Ayuda a proteger el complejo cóndilo-disco lo cual evita el trauma oclusal, y sus consecuencias (movimiento de los dientes en su alveolo, abrasión).

Figura 2. Férula



Tomado de: (Okeson y Bell, 1999)

2.3.8.3.2. Tipo Michigan. Es la férula de más amplia utilización, ya que posee pocas contraindicaciones y es efectiva en el tratamiento de casi todos los tipos de disfunción muscular. Posee pocas contraindicaciones.

Es efectiva en el tratamiento de casi todos los tipos de disfunción muscular (incluido el bruxismo). Se trata de una férula construida en acrílico transparente maxilar, ya que es en esta arcada donde suele ser más estética y estable.

Mecanismo de acción de las férulas tipo Michigan.

- Hace variar la trayectoria de cierre muscular, colocando la mandíbula en una posición muscular ventajosa.
- Reposicionan los cóndilos. Al construir nuestras férulas en relación céntrica o lo más cercano posible a ella, se reposicionan los cóndilos y disminuye la hiperactividad muscular
- Aumento de la dimensión vertical. Esto solo resulta una ventaja en caso de que el paciente tuviera la dimensión vertical disminuida, por lo que debemos provocar que el resto de los casos que le aumento de la dimensión vertical sea mínimo.
- Bloquea el arco reflejo nociceptivo. Que está incrementando el tono muscular, mediante dos mecanismos: Elimina las prematuridades y las interferencias; y al existir un espesor de placa, disminuye la información que le llega a los propioceptores periodontales (Dawson, 1991).

2.2.8.3.3. Férulas directrices. Cuando el disco se encuentra adelantado o luxado, estas férulas se usan para tratar trastornos de alteración discal, provocando clics de apertura o bloqueos.

Su fabricación es en acrílico transparente de autocurado.

Estas férulas tienen como objetivo llevar la mandíbula en una posición de Protrusiva, para que el cóndilo pueda relacionarse con el disco, en vez de quedarse situado en una posición posterior a él. Se puede situar en la arcada maxilar o mandibular, pero su posicionamiento en la arcada maxilar puede ser más cómoda para el paciente y más estética.

Dirigir el cóndilo a funcionar en el disco y evitar la carga sobre los tejidos retrodiscales. Este tipo de férula se usa para alteraciones internas relacionadas con una mala relación en el ensamblaje del disco con el cóndilo.

Las férulas directrices ayudan a liberar los músculos elevadores al dejar separadas las caras oclusales de los premolares y molares, además, ayudan con las alteraciones discales provocadas por interferencias en el disco, tales como desplazamientos (Okeson, 1966).

2.3.8.4. Según su cobertura

2.3.8.4.1. Cobertura parcial. Cubre los dientes anterosuperiores. Superficie incisal y oclusal plana: Contacto en céntrica de los anteroinferiores durante el cierre oclusal mandibular

Sus indicaciones son en desórdenes mandibulares, limitación de la apertura bucal debido a espasmos musculares o dolor miofascial.

Elimina contactos posteriores disminuyendo la fuerza de contracción muscular. Su periodo de uso debe ser corto, por dos semanas o 3 horas diarias por 3 semanas (Okeson, 1966).

2.3.8.4.2. Cobertura completa. Son de una superficie funcional plana generando un contacto bilateral y simultaneo en todas las piezas antagonistas en relación céntrica. Cuando el plano de estabilización es ajustado a una altura adecuada evita clics de cierre (Okeson, 1966).

Sus principales indicaciones están dadas para diversos trastornos temporomandibulares como Patología inflamatoria de las ATM asociada a dolor articular por la sobrecarga mecánica, ruidos articulares (clics reciproco), desplazamiento discal con reducción asociado a bloqueo articular, presencia de bruxismo: céntrico y excéntrico, osteoartritis y osteoartrosis asociada a crepitación dura y manejo postquirúrgico articular

2.3.8.5. Mecanismos de acción de las férulas oclusales

Teoría oclusal de contactos adversos: propone que la colocación de un aparato con las relaciones oclusales apropiadas reemplace las relaciones oclusales inadecuadas ya existentes temporalmente.

Teoría de la dimensión vertical: está basada en la idea de que es necesario restaurar la oclusión con una adecuada dimensión vertical para lograr una actividad del músculo apropiada.

Teoría de la reposición maxilomandibulares: propone colocar a la mandíbula en una posición estable, libre de interferencias (puntos prematuros de contacto) con el uso de la férula oclusal.

Teoría de la reposición de la ATM: se basa en un cambio de la posición del disco articular para mejorar la función de la articulación y eliminar los síntomas presentes.

Teoría del conocimiento cognoscitivo: menciona que la presencia de cualquier dispositivo dentro de la boca del paciente es un recordatorio del paciente para alterar los modelos de conducta anteriores influyendo en la percepción del paciente sobre las posiciones o actividades inadecuadas. Las férulas tienen como función básica, la de evitar que la oclusión existente controle la relación intermaxilar en máxima intercuspidadación (Dawson, 1991)

Las férulas oclusales requieren de ciertas características para su buen funcionamiento, entre ellas están permitir una relación de contacto estable, ser estética, no debe dificultar el habla, no debe afectar la mucosa, debe tener estabilidad oclusal, debe tener una dimensión vertical adecuada y una estabilidad dimensional (Dawson, 1991).

La colocación de cualquier aparato producirá un aumento en la actividad de las glándulas salivales. Se aconseja al paciente que durante unos días a veces semanas habrá un aumento de la

actividad salival, mientras el paciente se acostumbra a usar el aparato, además presentará disconformidad al empezar a usar la férula ya que invade el espacio de la boca y la zona oclusal de los dientes, las encías, labio, mejilla y lengua. Es una reacción normal ya que es la respuesta de las estructuras en los primeros días al llevar el aparato. Es necesario el factor tiempo para que empiece a utilizar el aparato (Dawson, 1991)

El paciente puede percibir incomodidad al deglutir, ya que este es diferente mientras se lleva el aparato, por lo que se siente inseguro de poder deglutir, ya que cree que no podrá, por lo que debe confiar en hacerlo mientras use la férula (Dawson, 1991)

Puede haber alguna reacción a nivel temporomandibular, que se puede caracterizar como dolor o tensión. Si los síntomas persisten por más de 7 días, el paciente debe discontinuar el uso del aparato y buscar ayuda dental, más allá de la ayuda médica (Dawson, 1991)

Los usos más comunes para las férulas oclusales son en pacientes con problemas trastornos temporomandibulares, pacientes aprehensivos emocionalmente con discrepancias entre oclusión, hábitos y RC, pacientes en rehabilitación bucal, pacientes con tratamiento ortodóntico y temporalmente en pacientes que hayan recibido ajuste oclusal (Dawson, 1991).

2.3.9. Materiales para placas

2.3.9.1. Acrílico autocurado: son compuestos orgánicos que se derivan del etileno (polímeros) y resultan de la reacción entre el metilpolimetacrilato y el metilmetacrilato, normalmente suministrados en forma de polvo y en forma líquida. Las resinas acrílicas autocurables se activan químicamente: pueden polimerizarse a temperatura ambiente y requieren

de un activador químico (una amina terciaria: di-metil-para-toluidina). Este acrílico tiende a ser biocompatible, no tienen sabor ni olor, tienen cualidades térmicas satisfactorias, se pueden pulir, poseen buena estabilidad dimensional y son fáciles de manipular y rápidos de reparar (Silva et al., 2021). El acrílico de autocurado es resistente al desgaste moderado, lo que lo convierte en un material adecuado para férulas de descarga y otras aplicaciones donde las placas están expuestas a fricción constante, como en el bruxismo (Bertolotti, 2021). Sin embargo, sus limitaciones, como la fragilidad, la propensión al amarilleo y la deformación bajo cargas prolongadas, hacen que no sea la opción ideal para todos los pacientes o para aplicaciones que requieren una alta resistencia o flexibilidad. Es importante considerar estas ventajas y desventajas para determinar si el acrílico de autocurado es la mejor opción en función de las necesidades específicas del paciente y el tipo de tratamiento que se está proporcionando (Bertolotti, 2021).

2.3.9.2. Resina Bio Splint LCD transparente: resina a base de alcohol es fotopolimerizable, con un polímero de base para crear estructuras removibles, para restauraciones terapéuticas, es decir férulas oclusales, utilizando proceso de fabricación aditiva. La resina junto con un scanner, una impresora y una unidad de curado conforman el sistema.

La placa que se utiliza en este material debe cumplir ciertas medidas como un espesor de pared lateral de 1.5 mm y una superficie oclusal de 2.2 mm. Teniendo en cuenta que su grosor mínimo oclusal es de 2 mm.

Dentro de las ventajas es posible destacar su alta estética, excelente flexibilidad, lo que le permite adaptarse cómodamente a las estructuras dentales del paciente, biocompatibilidad, La resina es ideal para ser utilizada en impresoras 3D con tecnología LCD (Liquid Crystal Display), que permite obtener una precisión excepcional en la fabricación de placas (Zhao et al., 2021). Por

otro lado, dentro sus desventajas se encuentra la Resistencia Limitada a la Compresión, posibilidad de pigmentarse, alto costo, requieren un proceso de curado preciso para evitar deformaciones (Santis et al, 2020).

2.3.9.3. Placas Erkoloc: son placas oclusales termoformadas, fabricadas mediante el proceso termo vacío. La capa dura del Erkoloc está hecha de tereftalato de polietileno glicol y la capa blanda interna está hecha de un material termoplástico, poliuretano. Estas placas termoformadas son recomendadas para disminuir fuerzas oclusales inapropiadas debido al bruxismo nocturno (Gabriel et al., 2024)

Las placas Erkoloc, fabricadas mediante impresión 3D, ofrecen varias ventajas en el campo de la odontología. En primer lugar, su proceso de fabricación digital permite una personalización precisa y rápida, lo que asegura un ajuste óptimo en el paciente, mejorando así la comodidad y la eficacia del tratamiento (Kumar et al., 2020). Además, la utilización de materiales biocompatibles en su fabricación puede contribuir a una menor irritación de los tejidos orales y una reducción en el riesgo de reacciones alérgicas. Por otro lado, las desventajas incluyen el costo inicial elevado de la tecnología de impresión 3D y la posible variabilidad en la calidad de las placas, dependiendo de la experiencia del operador y del equipo utilizado. También, la durabilidad de los materiales empleados en impresiones 3D puede ser inferior a la de los métodos tradicionales, lo que podría resultar en una menor vida útil de las placas (Nguyen et al., 2021).

2.3.9.4. Placas CAD/CAM: las placas diseñadas por CAD/CAM, se fabrican a partir de materiales prefabricados y estándar, como policarbonato, polieteretercetona (PEEK) y discos de PMMA. Todo el flujo de trabajo de las férulas oclusales digitales mejora el diseño oclusal y simplifica y optimiza considerablemente el proceso tradicional de fabricación de férulas oclusales.

las férulas CAD-CAM se fresan a partir de piezas de polímero de alto rendimiento prepolimerizadas procesadas a altas temperaturas y valores de presión, se han relacionado con una menor porosidad y menos errores humanos individuales durante las operaciones técnicas. Estas placas han demostrado un rendimiento superior a las tradicionales en términos de ajuste, control cuantitativo, ahorro de tiempo, velocidad y estabilidad dimensional (Gabriel et al., 2024).

Sin embargo, también existen desventajas, como el alto costo de adquisición y mantenimiento de los equipos, lo que puede ser una barrera para muchas clínicas, especialmente las más pequeñas (Rao et al., 2021). Además, la curva de aprendizaje asociada a la utilización de estas tecnologías puede ser un desafío para algunos profesionales, y la dependencia de software especializado puede generar problemas si surgen fallas técnicas.

2.3.10. Fuerzas de compresión

Una carga compresiva aplicada a un cuerpo le provoca tensiones de reacción que, cuando son superadas, harán que este comience primero a deformarse elásticamente, para luego y aumentada la carga a hacerlo permanentemente, hasta que finalmente si la carga es de tal magnitud que vence la resistencia que el cuerpo le opone como reacción, se fracturará o romperá (Banda Valdivia, 2013).

2.3.11. Envejecimiento acelerado

Hoy día hay disponibilidad de maquinaria capaz de someter a un material a pruebas de envejecimiento acelerado para predecir su comportamiento ante el paso del tiempo.

Los daños sufridos por un material se pueden manifestar en forma de cambio de color, pérdida de brillo, pérdida de resistencia, agrietamiento, oxidación y fractura del producto. Entre

las principales causas del envejecimiento se encuentran la luz solar (especialmente la ultravioleta), las altas temperaturas y la humedad; ya sea en forma de lluvia, rocío o altos valores de humedad.

2.4. Máquina de ensayos

La máquina de ensayos Instron es una herramienta ampliamente utilizada en la investigación y pruebas de materiales, especialmente para evaluar las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión. Esta máquina es conocida por su alta precisión y capacidad para medir la deformación de los materiales bajo diferentes tipos de carga, incluyendo fuerzas compresivas, que son esenciales para aplicaciones en odontología, como la evaluación de materiales utilizados en prótesis y restauraciones dentales. Las máquinas Instron están equipadas con celdas de carga y sistemas de control avanzados que permiten realizar ensayos bajo condiciones específicas de temperatura y humedad, lo que asegura resultados reproducibles y precisos en la medición de las propiedades mecánicas de materiales como resinas, acrílicos y cerámicas utilizados en el campo odontológico (Instron, 2020).

El uso de las máquinas Instron para evaluar la resistencia a la compresión en materiales odontológicos, como las resinas fotopoliméricas de impresión 3D o las prótesis acrílicas, es fundamental para garantizar que los dispositivos fabricados sean capaces de soportar las fuerzas generadas durante la masticación y otras actividades orales. En estos ensayos, las muestras se colocan entre dos placas de compresión y se aplica una carga gradual hasta que el material falla o alcanza un límite de deformación. Este tipo de prueba es crucial para determinar la viabilidad de los materiales para aplicaciones clínicas a largo plazo, asegurando que los dispositivos sean lo suficientemente robustos para resistir las condiciones dentro de la cavidad bucal sin sufrir fracturas o deformaciones (Jung et al., 2020).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia a la compresión de los materiales para elaboración de placas; acrílico de autocurado, resina Prizma 3D bio Splint LCD y Erkoloc, sometidos o no a un proceso de envejecimiento acelerado de 6 meses.

3.2. Objetivos específico

- Determinar la deformación o fractura ante fuerzas compresivas de cada uno de los materiales; acrílico de autocurado, resina Prizma 3D bio Splint LCD y Erkoloc sometidos o no a un ciclo de envejecimiento de 6 meses.
- Evaluar el deterioro de las placas de acrílico de autocurado, resina Prizma 3D bio Splint LCD y Erkoloc sometidos o no a un ciclo de envejecimiento acelerado de 6 meses.
- Establecer el tiempo de fractura o de máxima deformación de cada material para la placa, sometidos o no a un ciclo de envejecimiento acelerado.

4. Hipótesis

H₁ Las muestras en resina Prizma 3D bio splint LCD tiene mayor resistencia compresiva en comparación a la placa en acrílico de autocurado posterior a proceso de envejecimiento acelerado

H_0 No existe diferencia en la resistencia compresiva hasta la fractura de las muestras realizadas en material Erkoloc y resina Prizma 3D bio splint LCD posterior a proceso de envejecimiento acelerado

5. Materiales y métodos

5.1. Tipo de estudio

La presente investigación fue un estudio experimental *in vitro* caracterizado por ser un estudio de evaluación o de intervención sin asignación aleatoria en relación con su exposición. Como en cualquier experimento hay una variable de exposición y de respuesta y una hipótesis a contrastar (Donis, 2013)

5.2. Población

Para llevar a cabo los procedimientos se utilizaron materiales para realizar placas, como resina de autocurado, resina Prizma 3D bio splint LCD y Erkoloc

5.3. Muestra y tipo de muestreo

La muestra fue conformada por 54 láminas de materiales usados en placas oclusales divididos en 3 grupos de la siguiente manera: 18 láminas en material de resina acrílica de autocurado, 18 láminas en resina Prizma 3D bio splint LCD para el sistema digital y 18 láminas de Erkoloc, así mismo se usaron 9 láminas de cada material en ciclo de envejecimiento por 6 meses y 9 láminas de cada material en tiempo cero cumpliendo con los criterios de selección. Muestreo por conveniencia.

5.4. Criterios de selección

5.4.1. Criterios de inclusión

- Láminas en acrílico de autocurado, Erkoloc y resina Prizma 3D bio splint LC

5.4.2. Criterios de exclusión

- Láminas en resina que presenten anomalías en el material de fabricación

5.5. Variables

Se evaluaron las variables de tiempo, material, resistencia, fuerza compresiva, envejecimiento acelerado y desplazamiento (ver apéndice A)

5.6. Instrumento de recolección de datos

Se diseñó un formato para recolectar los datos observados de las láminas en materiales usados para placas oclusales (ver apéndice B).

5.7. Procedimiento

Para llevar a cabo este estudio, se seleccionó una muestra de 54 láminas para la fabricación de placas oclusales utilizando tres variedades de materiales distintos, con dimensiones de 33mm de longitud x 15mm de anchura x 3mm de alto, diseñadas con el programa "EXOCAD".

Para sustentar físicamente las láminas, se necesitó la elaboración de un modelo de 30mm de longitud, 15mm de anchura y 3mm de altura en acero inoxidable.

Según la distribución de los grupos de estudio, el primero corresponde a "Erkoloc Pro" (ver figura 3), que consiste en una lámina de termoformado con un grosor de 3 mm. Esta lámina se

colocó en el anillo tensor de la máquina "ERKO FORM 3D+" (ver figura 4). A continuación, se dispusieron tres láminas de acero en la bandeja de trabajo, asegurando una distancia de 15 mm entre cada una. Se esperó a alcanzar una temperatura de 165 °C para llevar a cabo la termoconformación al vacío de las muestras. Finalmente, las láminas se cortaron con un disco de carburo para individualizarlas y se pulieron utilizando un pimpollo de grano amarillo.

Figura 3. *Placa Ercolok*



Figura 4. *Maquina erko form 3d+, laminas de acero*



El segundo material, correspondiente al grupo 2, fue la "resina Prizma 3D Bio Splint LCD" (ver figura 5). Esta resina fue diseñada en el software mencionado, utilizando las medidas establecidas, e impresa en la máquina "Anycubic Photon M3" (ver figuras 6 y 7).

Figura 5. *Tiqueta de resina Prizma*



Figura 6. *Impresora anycubic photon M3 con resina, abierta*

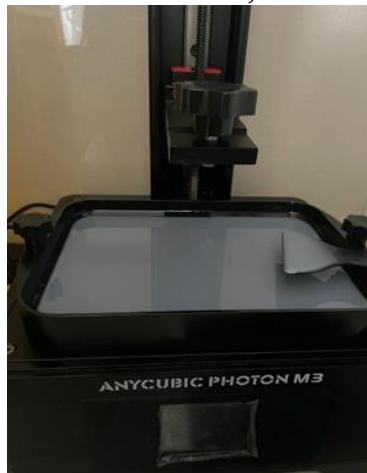
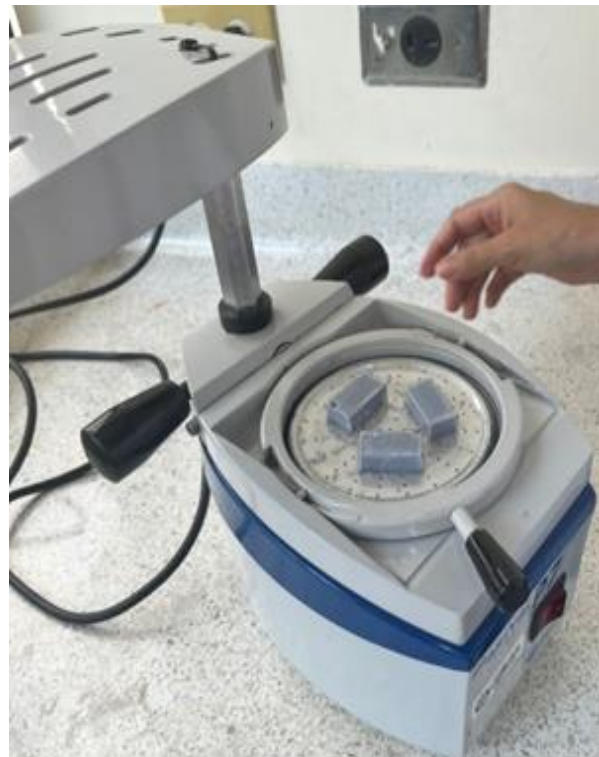


Figura 7. *Impresora cerrada*



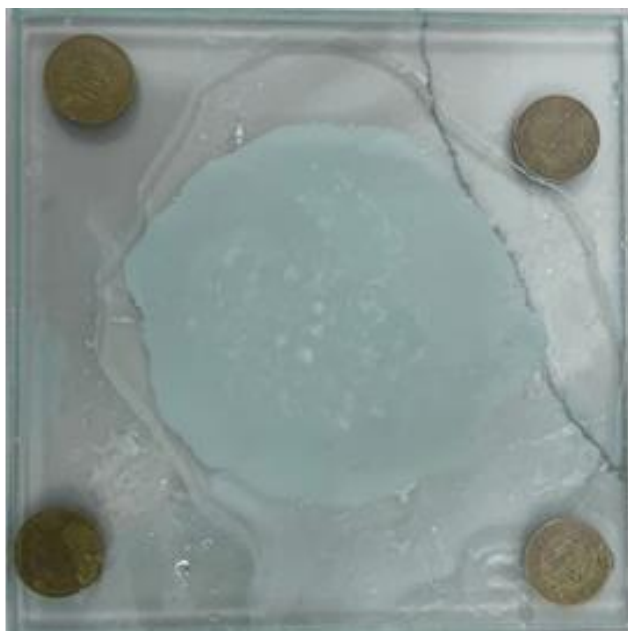
El tercer material, correspondiente al grupo 3, fue el "Acrílico de Autocurado". El proceso comenzó utilizando la máquina de vacío "Bioart Plastvac P7" (ver figura 8), donde se llevó a cabo la termoconformación del acetato de 0.6 mm sobre tres láminas de acero inoxidable. Una vez enfriado, se cortaron con discos de acero.

Figura 8. Máquina de vacío Bioart Plastvac P7



A continuación, se preparó una mezcla de acrílico de autocurado translúcido, utilizando proporciones de 3 partes de polvo por 1 parte de líquido. Durante la fase 4 (Plástica) del acrílico, se manipuló la mezcla formando una bola, que fue posicionada entre dos losetas de vidrio, comprimiéndolas. En cada esquina de las losetas se colocaron monedas de 100 pesos para determinar el grosor (ver figura 9).

Figura 9. *Losetas con acrílico y monedas*



Posteriormente, las láminas de acero se posicionaron en el acetato boca abajo, y se colocó el acrílico sobre la lámina. Tras el tiempo necesario y la completa polimerización del material, se procedió a pulir los bordes de las muestras divididas con pimpollo de grano amarillo para eliminar las irregularidades generadas por los cortes del disco.

Para continuar con el proceso, se dividieron las láminas en dos grupos, cada uno compuesto por nueve unidades de cada material utilizado en la presente investigación. El primer grupo consistió en 27 láminas (cada lámina fue numerada de acuerdo al grupo del material

correspondiente), las cuales fueron expuestas a un ciclo de envejecimiento acelerado. Para ello, se utilizaron las instalaciones de la máquina "BEGO Hydroterm", situada en la Universidad del CIEO en Bogotá.

Es importante resaltar que, dentro de las condiciones que ofrece la máquina, las placas estuvieron sumergidas en agua a una temperatura de 37 °C (ver figura 10) durante un mes. Este periodo de exposición equivale a aproximadamente seis meses de envejecimiento bajo condiciones de uso cotidiano. Por otro lado, el segundo grupo de láminas no fue sometido a condiciones de envejecimiento acelerado, sirviendo como un control para la evaluación de los efectos del envejecimiento en el primer grupo.

Figura 10. *Maquina BEGO hydroterm*



Una vez finalizado el proceso de envejecimiento acelerado en el primer grupo de muestras, todas las láminas fueron trasladadas a la máquina de pruebas de fuerzas compresivas (ver figuras 11 y 12), que corresponde al equipo universal de pruebas de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. En esta fase, se realizó una evaluación durante un tiempo predeterminado de 10 minutos, aplicando una fuerza en kilonewtons (kN) de manera automática, ajustada según las condiciones de resistencia y flexibilidad de cada material evaluado.

Este procedimiento permitió analizar el comportamiento de las láminas fabricadas con tres materiales diferentes en términos de resistencia a la fractura, rugosidad y porosidad. Para ello, se utilizó un estereomicroscopio, con el objetivo de evaluar las diferencias en el estado del material entre los dos grupos de láminas: el que fue sometido a envejecimiento acelerado y el que sirvió como control. Esta comparación proporcionará información valiosa sobre cómo las condiciones de envejecimiento afectan las propiedades mecánicas y estructurales de los materiales evaluados.

Figura 11. *Máquina istron*



Figura 12. Lámina posicionada en máquina instron



Finalmente, toda la información recopilada durante el proceso de evaluación se organizó en una base de datos en Excel. Este registro permitió una objeción de datos detallados, utilizando el software STATA 14, facilitando la obtención de resultados precisos. Los datos analizados serán fundamentales para llevar a cabo un análisis exhaustivo, así como para la posterior discusión de los hallazgos, la formulación de conclusiones y la elaboración de recomendaciones basadas en los resultados obtenidos. Este enfoque sistemático garantizará que se tomen en cuenta todas las variables relevantes y se logre una comprensión integral de los efectos del envejecimiento acelerado en las propiedades de los materiales evaluados.

6. Resultados

El experimento arrojó los siguientes datos.

Los promedios generales presentados en las tres variables (tiempo, fuerza y desplazamiento), mostraron que Erkoloc obtuvo un tiempo de 297,8 segundos y una deformación o desplazamiento de 4,96mm superiores a la resina y el acrílico. El material que requirió mayor fuerza para la máxima deformación fue el acrílico de autocurado con 1,33Kn con respecto al Erkoloc y resina 3D fueron muy similares en 0,80Kn. Tabla 1.

Tabla 1. Valores Tiempo, fuerza y desplazamiento globales.

Materiales	Tiempo(seg) Mediana (RIQ)	Fuerza Kn Mediana (RIQ)	Desplazamiento mm Mediana (RIQ)
Acrílico	178,9(127,7-270,9)	1,33(0,92-1,59)	2,98(2,12-4,51)
Erkoloc	297,8(243,2-338,3)	0,80(0,75-0,95)	4,96(4,045-5,63)
Resina Prizma 3D bio splint LCD	78(63,7-94,3)	0,80(0,57-1,10)	1,29(1,06-1,57)

Nota: Mediana y RIQ (rangos intercuartílicos), Seg segundos, Kn Kilonewtons, mm Milímetros.

Las propiedades de los materiales utilizados para placas muestran diferencias estadísticas significativas en las características evaluadas, excepto en la fuerza necesaria para generar la máxima deformación después del proceso de envejecimiento, en donde no se observaron diferencias significativas. El acrílico de autocurado muestra una reducción de la fuerza necesaria para generar una deformación similar a la generada en el material sin envejecimiento. El material Erkoloc y la resina Prizma 3D bio splint LCD, mostraron un mayor valor de la fuerza necesaria y una reducción del tiempo para generar la máxima deformación en el material y la deformación fue menor para estos dos materiales. Sin embargo, se evidencia que Erkoloc es el material que presenta mayores deformaciones con menor fuerza y mayor tiempo para lograrlas, lo que se interpreta como un material más moldeable y deformable, pero esa capacidad se disminuye después del envejecimiento. El material que menor desplazamiento tiene en deformación es la resina Prizma 3D bio splint LCD, al igual que el tiempo es menor en comparación a los demás. Sin embargo, en fuerza fue similar al de Erkoloc.

Antes del envejecimiento, el material que requiere más fuerza para lograr deformación es el acrílico de autocurado, duplicando los otros dos materiales, pero después del envejecimiento, esta fuerza necesaria para generar cambios en el material es muy similar y siguen siendo más evidentes los cambios en la forma del material acrílico de autocurado y Erkoloc. Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de datos según material y grupo.

Materiales	Tiempo1 Me(RIQ)	Tiempo 2 Me(RIQ)	Fuerza 1 Me(RIQ)	Fuerza 2 Me(RIQ)	Desplazamiento1 Me(RIQ)	Desplazamiento2Me(RIQ)
Acrílico de autocurado	177,4(127-200)	180,5(161,9-270,9)	1,41(1,13-1,59)	1,1(0,7-1,49)	2,95(2,12-3,33)	3,0(2,69-4,51)
Erkoloc	338,3(310,7-348,5)	264,3(234,7-295,9)	0,76(0,753-0,8)	0,95(0,81-1,18)	5,63(5,17-5,80)	4,4(3,91-4,93)
Resina Prizma 3D bio splint LCD	89,5(70,87-101,3)	74,0(51,3-83,0)	0,64(0,46-0,84)	1,1(0,7-1,20)	1,49(1,18-1,68)	1,2(0,85-1,38)
Valor p	*0,0001 +0,381	*0,0008	*0,0033 +0,377	*0,61	*0,0001 +0,38	*0,0008

Nota: *kruskall-wllis , +Prueba de rangos. Tiempo 1 material sin uso, tiempo 2 material post envejecimiento. Me mediana, RIQ rango intercuartílico.

En estas gráficas de cajas y bigotes se evidencia que el material de Erkoloc y resina Prizma 3D bio splint LCD, redujeron la resistencia a la compresión y el acrílico de autocurado mantuvo su resistencia, respecto a la fuerza máxima ejercida para diferenciar los materiales se evidencio que el acrílico de autocurado requirió mayor fuerza y el envejecimiento redujo su resistencia, finalmente el Erkoloc generó mayor deformación tanto en las fuerzas compresivas como en los otros materiales. ver figura 3-5.

Figura 13. *Desplazamiento*

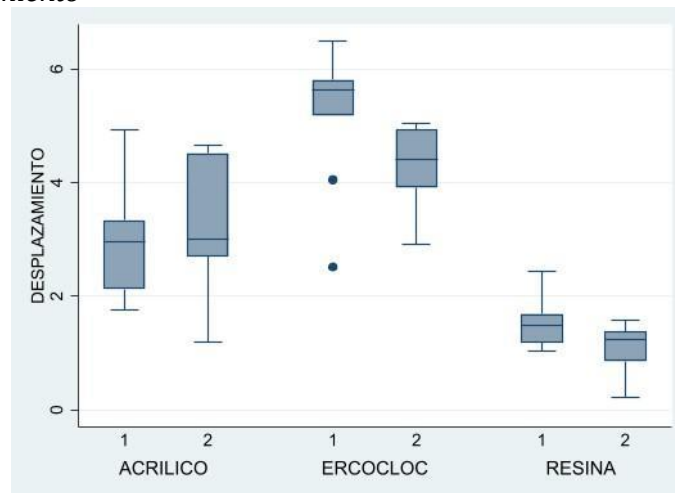


Figura 14. *Tiempo*

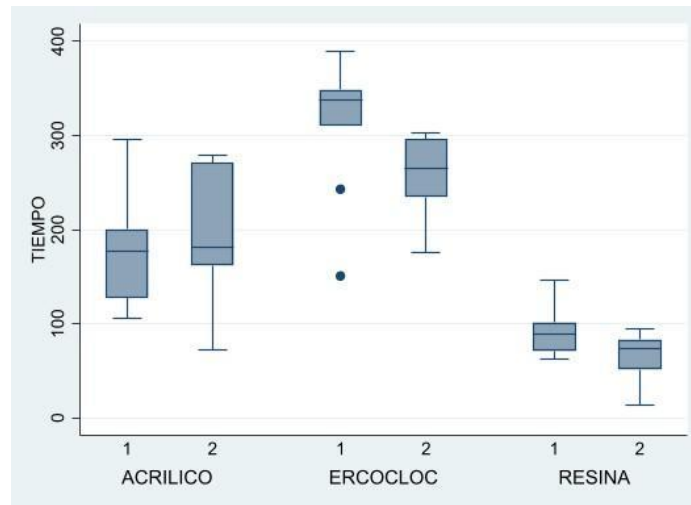
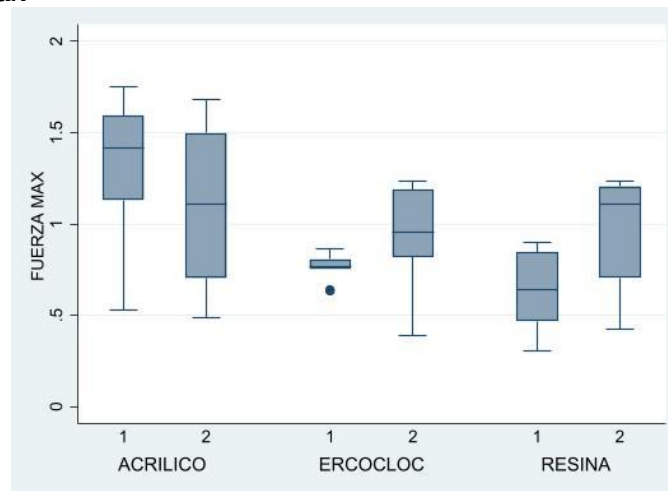


Figura 15. *Fuerza Max*



Las láminas se pasaron por un estereomicroscopio, donde no se observó mayor diferencia entre el grupo que se realizó envejecimiento y los que no. Se observaron burbujas en las láminas realizadas con acrílico. Figuras 6-11.

Figura 16. *Lamina de resina Prizma 3D bio splint LCD sin envejecimiento*

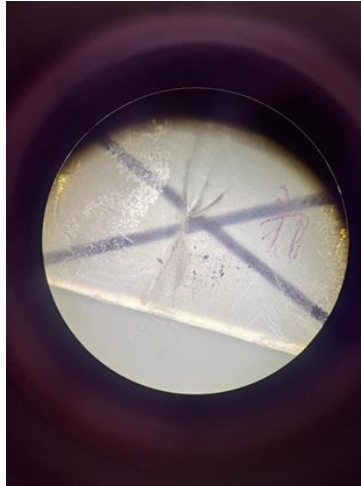


Figura 17. *Lamina de resina Prisma 3D bio splint LCD con envejecimiento*



Figura 18. *Lámina de Erkoloc sin envejecimiento*

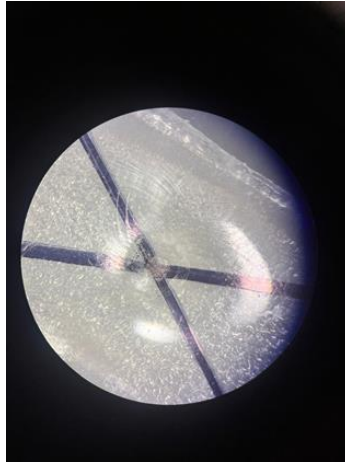


Figura 19. Lámina de Erkoloc con envejecimiento

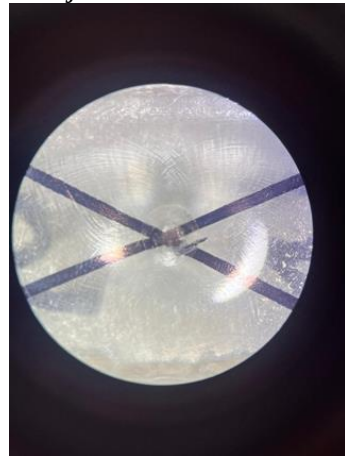


Figura 20. Lámina de acrílico sin envejecimiento

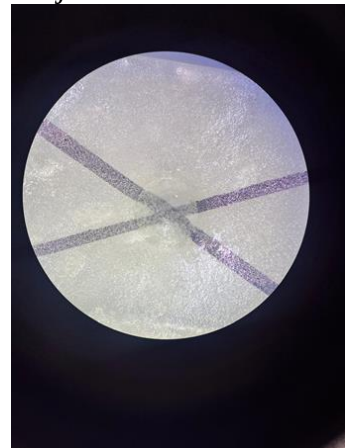
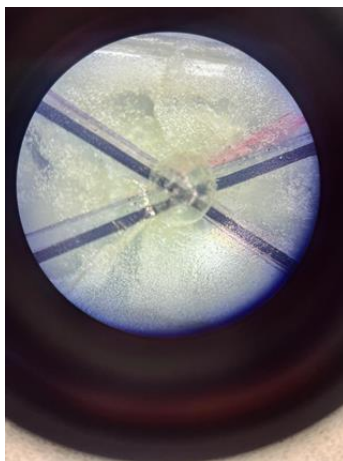


Figura 21. Lámina de acrílico con envejecimiento



7. Discusión

En la actualidad existen materiales como los anteriormente estudiados, propuestos para la elaboración de placas, sin embargo, no hay suficiente evidencia que permita identificar cuál de ellos es mejor, por lo tanto, el propósito de esta investigación fue evaluar la resistencia a la compresión y a la fractura de las placas elaboradas con materiales, acrílico de autocurado, resina Prizma 3D bio Splint LCD y Erkoloc, posterior a un proceso de envejecimiento acelerado, donde el material Erkoloc resultó siendo más resistente a la deformación, con menor fuerza 0,765 Nw; a diferencia de Wulff et al., (2024) quienes encontraron que el envejecimiento de las muestras disminuye el comportamiento mecánico de los materiales, además menciona que los materiales impresos o contruidos, mostraron mayor resistencia flexural en un ángulo de 90 grados, por otro lado, en nuestro estudio el Erkoloc evidenció un mayor tiempo para lograr la deformación máxima de 264,3seg demostrando ser el material más moldeable y deformable. Por el contrario, en el estudio de Benli y Özcan (2023) se encontró que las placas de material duro de 3 mm tuvieron la mayor resistencia de máxima mordida con $658 \pm 22.6\text{Nw}$, en este estudio se compararon 2 materiales duros (acrílico de autocurado - resina Prizma 3D bio Splint LCD) y uno mixto (Erkoloc) en láminas de 3mm encontrando una máxima fuerza compresiva de 1,33Nw en acrílico, seguido

por Erkoloc y resina Prizma 3D bio Splint LCD. Estas grandes diferencias se explican porque se utilizaron diferentes técnicas de medición.

Es relevante señalar que en investigaciones previas se ha determinado que los materiales impresos no deben ser vistos como la opción principal para tratamientos prolongados debido a sus limitadas características mecánicas y químicas, incluso se les considera citotóxicos. En el mismo estudio, Benli, et al., (2023) identifican que las placas elaboradas con PMMA tienen mejores propiedades mecánicas y químicas. Por otro lado, (Rosello Jimenez et al., 2023) menciona que las resinas impresas de dimetacrilato pueden ser usadas en lugar de las de metacrilato, porque resiste a altas fuerzas masticatorias a más largo plazo en los tratamientos. Esto corrobora nuestro estudio que observó que el material en resina impresa llega a su máxima deformación en poco tiempo, no siendo un material de elección para tratamientos de larga duración.

El material de resina Prizma 3D bio splint LCD es un material a base de alcohol que reduce la resistencia a la compresión después del envejecimiento, en este sentido; El material acrílico de autocurado mantuvo la resistencia y su mayor fuerza máxima, y en el envejecimiento redujo su resistencia.

La literatura no muestra suficiente evidencia que determine cual material para placa oclusal es más efectiva en casos de bruxismo, por lo que, se requieren estudios más minuciosos como lo menciona Hardy (2021).

Este estudio permite identificar un material más asertivo a la hora de realizar una placa oclusal para los tratamientos según las necesidades de los pacientes, sabiendo el comportamiento de cada uno de ellos. El Erkoloc, parece ser el material más apropiado, sin embargo, es necesario estudiar otras características del material y su comportamiento en boca.

Una de las limitaciones de esta investigación estuvo en la consecución de algunos materiales pues, no se encontraban a disposición inmediata, uno de ellos fue la resina Prizma 3D bio Splint LCD, seguido del alto costo de desarrollo de la prueba de estos materiales que no son financiados por las casas comerciales. Entre las fortalezas de este estudio, esta que es un estudio novedoso ya que no se encuentra evidencia de estudios invitro de los materiales aquí evaluados.

7.1. Conclusiones

Ningún material llegó a la fractura.

El material Erkoloc cuenta con propiedades que le permite ser más moldeable y deformable pero una vez envejecido pierde las características de resistencia a la deformación, el tiempo y fuerza.

Se rechaza la hipótesis alterna de que la resina Prizma 3D bio splint LCD, tenga mayor resistencia pues el material que soporta mayores fuerzas fue el acrílico de autocurado.

Se acepta la hipótesis nula pues se evidenció que los materiales Erkoloc y resina Prizma 3D bio Splint LCD tienen propiedades similares después del proceso de envejecimiento.

7.2. Recomendaciones

Se sugiere a futuro realizar estudio acerca de las características del material y su comportamiento en boca.

Se sugiere uso de equipos de ingeniería biomédica de la más alta tecnología y de diferente función para la confirmación de los resultados.

Este estudio servirá como guía a los profesionales a la hora de elegir el material para las placas oclusales de acuerdo con sus necesidades

Se sugiere uso de equipos de ingeniería que realicen pruebas de fricción y de diferente función para la confirmación de los resultados.

Referencias

- Alqutaibi, A. Y., y Aboalrejal, A. N. (2015). Types of Occlusal Splint in Management of Temporomandibular Disorders (TMD). *Journal of Arthritis*, 04(04). <https://doi.org/10.4172/2167-7921.1000176>
- Banda Valdivia, G. K. (2013). *Resistencia a la compresión en el sector posterior de placas miorelajantes, elaboradas en acrílico de termocurado, acrílico de autocurado con base de lámina de acetato y lámina de acetato, en modelos de stock* [Trabajo de grado]. Universidad Católica Santa María.
- Benli, M., Al-Haj Husain, N., y Ozcan, M. (2023). Mechanical and chemical characterization of contemporary occlusal splint materials fabricated with different methods: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 27(12), 7115–7141. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05360-0>
- Benli, M., y Özcan, M. (2023). Short-term effect of material type and thickness of occlusal splints on maximum bite force and sleep quality in patients with sleep bruxism: a randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 27(8), 4313–4322. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05049-4>
- Bertolotti, L., Iodice, G. y Mezzalana, S. (2021). El impacto de las tecnologías de impresión 3D en la ortodoncia: una revisión de la literatura. *Revista Europea de Ortodoncia*, 43 (5), 570-
<https://doi.org/10.1093/ejo/cjaa067>
- Da Silva, AP, Munoz , JA y Valandro, LF (2021). Propiedades mecánicas de resinas impresas en 3D para aplicaciones dentales: una revisión sistemática. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126 (5), 617-625 . <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.04.010>
- Dawson, P. (1991). *Evaluación, Diagnóstico y tratamiento de los problemas oclusales*. Editorial Salvat.

https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Evaluaci%C3%B3n%2C+Diagn%C3%B3stico+y+Tratamiento+de+los+problemas+oclusales&btnG=

Donis, J. H. (2013). Tipos de diseños de los estudios clínicos y epidemiológicos. *Avances en Biomedicina*, 2(2), 76–99. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331327989005>

Eguia del Valle, A., Uribarri Etxebarria, A., Martínez-Conde Llamosas, R., López Vicente, J., Ginestal, E., y Aguirre Urizar, J. M. (2003). Avances en odontoestomatología. *Avances en Odontoestomatología*, 27(5), 241–244. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852011000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Fluerașu, M. I., Bocșan, I. C., Țig, I. A., Iacob, S. M., Popa, D., y Buduru, S. (2022). The Epidemiology of Bruxism in Relation to Psychological Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph19020691>

Gabriel, T., Gavrilă, R., Bechir, A., Nicolau, A. C., y Sever Bechir, E. (2024). *Patients' Satisfaction after the Treatment of Moderate Sleep Apnea and Nocturnal Bruxism with Botox or/and Thermoformed Occlusal Splints: Preliminary Study*. <https://doi.org/10.20944/preprints202408.1851.v1>

García, DR, Ríos, JE, y Baelum, V. (2020). Propiedades mecánicas y biológicas de resinas dentales impresas en 3D. *Journal of Dentistry*, 98, 103332. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103332>

Gibreel, M., Perea-Lowery, L., Vallittu, P. K., y Lassila, L. (2021). Characterization of occlusal splint materials: CAD-CAM versus conventional resins. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 124, 104813. <https://doi.org/10.1016/J.JMBBM.2021.104813>

Hardy, R. S., y Bonsor, S. J. (2021). The efficacy of occlusal splints in the treatment of bruxism: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 108, 103621. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2021.103621>

Instron. (2020). Sistemas de *prueba universales* . Recuperado de <https://www.instron.com>

Jung, RE, Sailer, I. y Zembic, A. (2020). Propiedades mecánicas de los materiales dentales: implicaciones para aplicaciones clínicas. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123 (4), 352-358. <https://doi.org/10.1016/j.prodent.2019.07.012>

Kang, S., Jeong, SH y Lee, KW (2021). Avances en odontología digital: una revisión de la tecnología de impresión 3D para ortodoncia. *Journal of Dental Research*, 100 (6), 587-596 . <https://doi.org/10.1177/00220345211000124>

Kumar, R., Yadav, S. y Singh, S. (2020). Avances en la tecnología de impresión 3D en odontología: una revisión. **Journal of Dental Materials**, 39(3), 302-318

List, T., y Jensen, R. H. (2017). Temporomandibular disorders: Old ideas and new concepts. En *Cephalalgia* (Vol. 37, Número 7, pp. 692–704). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0333102416686302>

Manfredini, D., Ahlberg, J., Aarab, G., Bender, S., Bracci, A., Cistulli, P. A., Conti, P. C., De Leeuw, R., Durham, J., Emodi-Perlman, A., Ettlin, D., Gallo, L. M., Häggman-Henrikson, B., Hublin, C., Kato, T., Klasser, G., Koutris, M., Lavigne, G. J., Paesani, D., ... Lobbezoo, F. (2024). Standardised Tool for the Assessment of Bruxism. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 29–58. <https://doi.org/10.1111/joor.13411>

Mangano, F., Shibli, JA y Samaranayake, L. (2017). Aplicaciones actuales de la impresión 3D en odontología: una revisión. *BMC Oral Health*, 17 (1) <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0411-9>

- Mangano, F., Gernet, W., y De Masi, G. (2018). Impresión 3D de restauraciones dentales: técnicas, materiales y perspectivas futuras. *Revista Internacional de Odontología Computarizada*, 21 (1) <https://doi.org/10.1186/1023-2234-3276>
- Nguyen, T., Lee, S. y Kim, H. (2021). Fabricación aditiva en odontología :Una revisión sobre técnicas, aplicaciones y desafíos de la impresión 3D. **Materiales**, 14(19), 5797.
- Okeson, J. P. (1966). *Oclusión y Afecciones Temporomandibular* (3ra Edition). Mosby-Doyma.
- Okeson, J. P. (2019a). *Management of temporomandibular disorders and occlusion-E-book Elsevier Health Science 2019. Part III: Treatment of Funcional Disturbances of the Masticatory System*. Elsevier.
- Okeson, J. P. (2019b). *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares*. ELSEVIER. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=ne-2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=2ALNknMxrc&sig=ZWYFa_7l9bd9eLVDCEX96BZf9gQ
- Okeson, J. P., y Bell, W. E. (1999). *Dolor orofacial según Bell*. Editorial Quintessence.
- Rao, K. , Nandhini, A., y Sathia Raj, S. (2021). Desafíos en la implementación de la tecnología CAD/CAM en odontología. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, 15(4), ZC25-ZC28.
- Rosello Jimenez, J. R., Fuchs, F., Schmohl, L., Schulz-Siegmund, M., y Koenig, A. (2023). Aging Processes and Their Influence on the Mechanical Properties of Printable Occlusal Splint Materials. *Polymers*, 15(23), 4574. <https://doi.org/10.3390/polym15234574>
- Saavedra, J., Balarezo, J., y Castillo, D. (2012). Férulas oclusales. *Rev Estomatol Herediana*, 22(4), 242–248. <https://doi.org/10.20453/reh.v22i4.92>
- Sagl, B., Schmid-Schwap, M., Piehslinger, E., Kundi, M., y Stavness, I. (2022). Effect of facet inclination and location on TMJ loading during bruxism: An in-silico study. *Journal of Advanced Research*, 35, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.04.009>

- Santis, MD, D'Addona, A. y Mangano, F. (2020). Propiedades mecánicas y rendimiento clínico de resinas impresas en 3D para aplicaciones dentales: una revisión sistemática. *BMC Oral Health*, 20, 2. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01-1>
- Silva, A. S., Carvalho, A., Barreiros, P., de Sá, J., Aroso, C., y Mendes, J. M. (2021). Comparison of Fracture Resistance in Thermal and Self-Curing Acrylic Resins—An In Vitro Study. *Polymers*, 13(8), 1234. <https://doi.org/10.3390/polym13081234>
- Wulff, J., Rauch, A., Schmidt, M. B., y Rosentritt, M. (2024). Biaxial Flexural Strength of Printed Splint Materials. *Materials*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/ma17051112>
- Young, A. L. (2015). Internal derangements of the temporomandibular joint: A review of the anatomy, diagnosis, and management. En *Journal of Indian Prosthodontist Society* (Vol. 15, Número 1, pp. 2–7). Medknow Publications. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.156998>
- Zhang, S. H., He, K. X., Lin, C. J., Liu, X. D., Wu, L., Chen, J., y Rausch-Fan, X. (2020). Efficacy of occlusal splints in the treatment of temporomandibular disorders: a systematic review of randomized controlled trials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 78(8), 580–589. <https://doi.org/10.1080/00016357.2020.1759818>
- Zhao, D., Yang, Y. y Li, H. (2021). Propiedades mecánicas de las resinas de impresión 3D para aplicaciones dentales. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125 (6), 882-889. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.06.014>

Apéndices

Apéndice A. Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Naturaleza	Escala de Medición	Valores
Tiempo (variable dependiente)	Es una magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos.	Duración que se mide en segundos durante un proceso	Cuantitativo	Razon	Segundos
Material (variable independiente)	materias primas transformadas mediante procesos físicos y/o químicos, preparadas y disponibles para fabricar productos	Elementos que se pueden transformar mediante procesos físicos y químicos	Cualitativo	Nominal	-Resina acrílica de autocurado -Resina clear resina Prizma 3D bio splint LCD
Resistencia (variable dependiente)	capacidad física que posee un cuerpo para soportar una resistencia externa durante un tiempo determinado.	Fuerza que se opone un cuerpo a la acción de otra fuerza	Cuantitativa	Ordinal	Rangos de fuerza
Fuerza (variable dependiente)	Fenómeno que modifica el movimiento de un cuerpo o bien lo deforme	Acción que se ejerce sobre un cuerpo y modifica su estado	Cuantitativo	Ordinal	Rangos de fuerza
Envejecimiento (variable independiente)	Muestra signos de deterioro como arrugas, manchas y pérdida de elasticidad.	Evidencia de desgaste, porosidad y perdida de las propiedades físicas del material con el tiempo	Cualitativo	Nominal	Si o no

Desplazamiento (variable dependiente)	movimiento realizado por un cuerpo que se desplaza, que se traslada, de un lugar a otro.	traslado de un cuerpo de un lugar a otro	cualitativo	Nominal	Si o No
---	---	--	-------------	---------	---------

Apéndice B. Formato de recolección

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE DOS MATERIALES PARA ELABORAR PLACAS OCLUSALES, ACRÍLICO DE AUTOCURADO Y PMMA DEL SISTEMA CAD- CAM, POSTERIOR A UN PROCESO DE TERMOCICLAJE		
Formato de recolección				
FECHA				
OBJETIVO		Evaluar la resistencia de la fuerza a la compresión de placas de autocurado y resina del sistema digital, posterior a un ciclo de envejecimiento acelerado		
Material fracturado 1. Acrílico Autocurado _____ 2. Erkoloc _____ 3. resina Prizma 3D bio splint LCD _____		Tiempo de envejecimiento acelerado 1. Tiempo cero (0) _____ 2. Tiempo seis meses (6) _____		
#	Máximo esfuerzo	Tiempo a maximo desplazamiento	Desplazamiento	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Apéndice C. Análisis Univariado

Variable	Naturaleza	Prueba estadística
Máximo esfuerzo	Cualitativa	Media, mediana y moda de RIQ
Tiempo de maximo desplazamiento	Cuantitativa	Media, mediana y moda de RIQ
Desplazamiento	Cuantitativo	Media, mediana y moda de RIQ

Apéndice D. Análisis Bivariado

Variable dependiente	Variable independiente	Naturaleza	Prueba estadística
Fractura SI O NO	Material 1 nuevo /material envejecido	Cualitativo	
	Máximo esfuerzo o fuerza	Cuantitativo	Prueba de normalidad y kruskal wallis
	Tiempo para máximo desplazamiento	Cuantitativo	Prueba de normalidad y kruskal wallis
	Desplazamiento	Cuantitativo	Prueba de normalidad y kruskal wallis