



Facultad de Ciencias de la Salud

Tema:

Características mecánicas de la fibra de carbono unidireccional y multidireccional en subestructuras implanto soportadas.

Revisión de Literatura

Trabajo de Titulación para la obtención de Título de Odontólogo.

Presentado por:

Katya Sofía Alvarado Rosero

Tutor:

Dra. Jennifer Castro

Coutor:

Dra. María Cristina Rockenbach

Quito, julio, 2021

RESUMEN

Objetivos: Comparar las características mecánicas de la fibra de carbono unidireccional y multidireccional en subestructuras implanto soportadas mediante la literatura científica del año 2015 al 2020. **Materiales y Métodos:** La búsqueda se realizó en la base de datos PubMed utilizando las palabras claves que respondieron al análisis PICO propuesto, P: Pacientes edentulos, I: Prótesis híbrida, C: Fibra de carbono unidireccional o multidireccional, O: Características mecánicas. De la búsqueda de la literatura en la base de datos PubMed se obtuvo un total de 13 artículos científicos, según los criterios de inclusión y exclusión se eliminaron 9 artículos, quedando 4 artículos los cuales fueron leídos a texto completo siendo posteriormente clasificados mediante el Software Microsoft Excel tomando en consideración Autor, Año, Título, Resultados. **Resultados:** El emplear fibra de carbono compuesta con filamentos multidireccionales disminuye el comportamiento anisotrópico de la fibra de carbono aumentando así sus características por encima de la fibra de carbono compuesta con filamentos unidireccionales, de esta manera la estructura protésica tendrá mejores características mecánicas. **Conclusiones:** La revisión de literatura ejecutada nos lleva a decir que la fibra de carbono con filamentos multidireccionales presenta mejores características mecánicas que la fibra de carbono con filamentos unidireccionales.

Palabras clave: Características, Edentulismo, Fibra de carbono, Sobredentadura.

DECLARACIÓN DE PRINCIPIOS

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Katya Alvarado

C.I 0401655543

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor para mis padres que desde pequeña me inculcaron a ser una persona dedicada y trabajadora, para poder servir a las personas que lo necesitan, gracias a su cariño, apoyo y confianza he logrado cumplir uno de los anhelos más grandes de mi vida.

Gracias a mis hermanos por su apoyo, por impulsarme a ser mejor persona, por acompañarme y ayudarme en esta etapa tan importante para poder ser una profesional.

Gracias a mis abuelitos, Enith Mora y Arturo Alvarado por enseñarme que con amor, dedicación, esfuerzo y humildad se puede llegar muy lejos. Cada esfuerzo y logro es por ustedes, porque desde pequeña confiaron en mi sueño de ser odontóloga y ahora estoy a un paso de serlo, aunque no estén presentes se que se sienten orgullosos de lo que he logrado y que desde el cielo guían mis pasos para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | 1 |
| DECLARACIÓN DE PRINCIPIOS | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| RESUMEN..... | 6 |
| ABSTRACT | 7 |
| INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| MATERIALES Y METODOS | 8 |
| DESARROLLO | 10 |
| 1. Edentulismo. | 10 |
| 2. Estructuras internas de las prótesis híbridas. | 11 |
| 3. Fibra de carbono en prótesis híbridas. | 12 |
| DISCUSIÓN | 13 |
| CONCLUSIÓN..... | 14 |
| REFERENCIAS | 15 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|---|
| Figura 1. Método de recopilación de artículos científicos. | 9 |
|--|---|

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Datos obtenidos de los 4 artículos empleados. | 10 |
|--|----|

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL Y MULTIDIRECCIONAL EN SUBESTRUCTURAS IMPLANTO SOPORTADAS

Katya Sofía Alvarado Rosero

ksalvarador@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

RESUMEN

Objetivos: Comparar las características mecánicas de la fibra de carbono unidireccional y multidireccional en subestructuras implanto soportadas mediante la literatura científica del año 2015 al 2020. **Materiales y Métodos:** La búsqueda se realizó en la base de datos PubMed utilizando las palabras claves que respondieron al análisis PICO propuesto, P: Pacientes edentulos, I: Prótesis híbrida, C: Fibra de carbono unidireccional o multidireccional, O: Características mecánicas. De la búsqueda de la literatura en la base de datos PubMed se obtuvo un total de 13 artículos científicos, según los criterios de inclusión y exclusión se eliminaron 9 artículos, quedando 4 artículos los cuales fueron leídos a texto completo siendo posteriormente clasificados mediante el Software Microsoft Excel tomando en consideración Autor, Año, Título, Resultados. **Resultados:** El emplear fibra de carbono compuesta con filamentos multidireccionales disminuye el comportamiento anisotrópico de la fibra de carbono aumentando así sus características por encima de la fibra de carbono compuesta con filamentos unidireccionales, de esta manera la estructura protésica tendrá mejores características mecánicas. **Conclusiones:** La revisión de literatura ejecutada nos lleva a decir que la fibra de carbono con filamentos multidireccionales presenta mejores características mecánicas que la fibra de carbono con filamentos unidireccionales.

Palabras clave: Características, Edentulismo, Fibra de carbono, Sobredentadura.

ABSTRACT

Objectives: Compare the mechanical characteristics of unidirectional and multidirectional carbon fiber in implant-supported substructures through the scientific literature from 2015 to 2020. **Materials and methods:** The search was carried out in the PubMed database using the keywords that responded to the analysis. Proposed PICO, P: Edentulous patients, I: Hybrid prosthesis, C: Unidirectional or multidirectional carbon fiber, O: Mechanical characteristics. From the literature search in the PubMed database, a total of 13 scientific articles were obtained, according to the inclusion and exclusion criteria, 9 articles were eliminated, leaving 4 articles which were read in full text and were later classified using Microsoft Software Excel taking into consideration Author, Year, Title, Results. **Results:** Using composite carbon fiber with multidirectional filaments reduces the anisotropic behavior of carbon fiber, thus increasing its characteristics over composite carbon fiber with unidirectional filaments, in this way the prosthetic structure will have better mechanical characteristics. **Conclusions:** The literature review carried out leads us to say that carbon fiber with multidirectional filaments has better mechanical characteristics than carbon fiber with unidirectional filaments.

Key words: Carbon fiber; Characteristics; Edentulous; Overdenture.

INTRODUCCIÓN

La ausencia parcial o total de piezas dentales se define como edentulismo. Esta pérdida dental tiene consecuencias negativas para los tejidos orofaciales del paciente destacando principalmente un deterioro de crestas alveolares (Gupta et al., 2019). Usualmente se emplean prótesis híbridas para rehabilitar esta pérdida dental, las cuales tienen una estructura interna anclada a implantes que será la encargada de proveer de características estructurales como la rigidez, distribuyendo las fuerzas oclusales propias del acto de masticación, disipando el estrés hacia los implantes y posteriormente al tejido óseo (Menini et al., 2015, 2017).

Las estructuras internas de las prótesis híbridas generalmente son elaboradas empleando elementos metálicos como el Ti (Titanio) o aleaciones como el Cr-Co (Cromo Cobalto), sin embargo ambos poseen un módulo de elasticidad de 107Gpa y 225Gpa correspondientemente (Brizuela et al., 2019), sin embargo estos valores son distantes al valor de 20Gpa que presenta el tejido óseo. Esta desemejanza entre ambos módulos de elasticidad puede provocar una reabsorción ósea y un fracaso de los implantes (Rahmitasari et al., 2017).

El desarrollo de hipersensibilidad a las aleaciones metálicas ha desencadenado una búsqueda por desarrollar materiales los cuales presenten mayor biocompatibilidad y mejores propiedades físico mecánicas (Cekic-Nagas, Egilmez, Ergun, Vallittu, & Lassila, 2018; Ouzer, 2015). Como respuesta a esta búsqueda, en los últimos años se han empleado materiales poliméricos como la fibra de carbono (FC) (Rahmitasari et al., 2017).

Las estructuras elaboradas con fibra de carbono (FC) se componen de un refuerzo de filamentos de carbono los cuales soportan las cargas oclusales proporcionando una mejor distribución de fuerzas y una matriz polimérica la cual une estos filamentos, transfiere la carga en dirección perpendicular al eje axial y proporciona disipación térmica. (Pesce et al., 2019; Smith, 2018) Sin embargo, la fibra de carbono (FC) no es un material isotrópico al estar estructurado mediante la superposición de diferentes capas de filamentos de carbono en distintas direcciones, por lo tanto las propiedades mecánicas son variables dependiendo de la dirección en la que sean medidas (Pesce et al., 2019).

Frente a lo expuesto el objetivo del presente trabajo es comparar las características mecánicas de la fibra de carbono unidireccional y multidireccional en subestructuras implanto soportadas mediante la literatura científica del año 2015 al 2020.

MATERIALES Y METODOS

Se planteó una revisión bibliográfica de artículos que evaluaron las características mecánicas de la fibra de carbono unidireccional y multidireccional en subestructuras implanto soportadas; la búsqueda se realizó en la base de datos PubMed utilizando las palabras claves que respondieron al análisis PICO propuesto, P: Pacientes edéntulos, I: Prótesis híbrida, C: Fibra de carbono unidireccional o multidireccional, O: Características mecánicas, en un periodo comprendido desde el 2015 al 2020.

De la búsqueda de la literatura en la base de datos PubMed se obtuvo un total de 13 artículos científicos, los criterios de exclusión que se tomaron en cuenta fueron estudios que involucren fibra de carbono reforzada con Peek (Polieteretercetona), estudios que se realizaron en pacientes edentulos parciales y estudios fuera del periodo de tiempo comprendido.

Como criterios de inclusión fueron considerados estudios *in vitro*, estudios *in vivo*, revisiones bibliográficas, revisiones sistemáticas, estudios retrospectivos y estudios prospectivos.

Luego de una revisión según los criterios de inclusión y exclusión se eliminaron 9 artículos, quedando 4 artículos los cuales fueron leídos a texto completo (**Figura 1**), siendo posteriormente clasificados mediante el Software Microsoft Excel tomando en consideración Autor, Año, Título, Resultados. (**Tabla 1**)

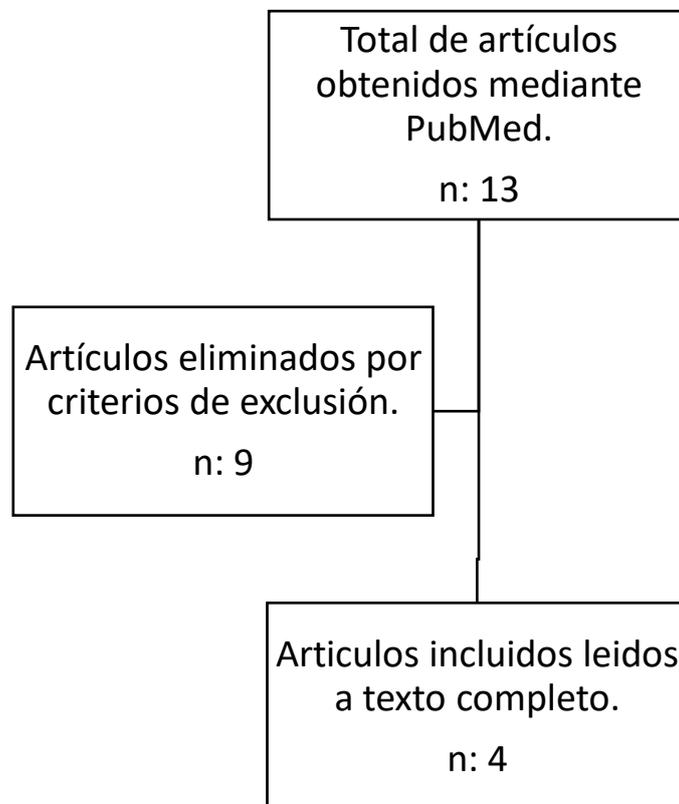


Figura 1. Método de recopilación de artículos científicos.

| Autor | Año | Título | Resultados |
|----------------------------|------------|--|---|
| Pesce Paolo, et al | 2019 | Mechanical characterisation of multi vs. uni-directional carbon fiber frameworks for dental implant applications | La fibra de carbono multidireccional en estructuras unitarias puede disminuir la anisotropía del material. La fibra de carbono unidireccional se adapta fácilmente a la anatomía del arco dental, por lo cual es óptima para el uso en arcos completos. |
| Menini Maria, et al | 2017 | Biological and mechanical characterization of carbon fiber frameworks for dental implant applications | Empleando capas unidireccionales, se puede obtener una estructura de rendimiento mecánico extremadamente alto. |
| Castorina Giuseppe | 2019 | Carbon-Fiber Framework for Full-Arch Implant-Supported Fixed Dental Prosthesis Supporting Resin-Based Composite and Lithium Disilicate Ceramic Crowns: Case Report and Description of Features | Estructuras de Fibra de carbono reforzadas con grafito (CGFP) presentan fracturas en los pilares distales. El uso de Fibra de Carbono reforzada con PMMA, merma este problema. |
| Pera, F. et al | 2017 | Carbon fibre versus metal framework in full-arch immediate loading rehabilitations of the maxilla – a cohort clinical study | La fibra de carbono multidireccional provee de característica isotrópica al material. |

Tabla 1. Datos obtenidos de los 4 artículos empleados.

DESARROLLO

1. Edentulismo.

De acuerdo al Glosario de términos prostodónticos, el edentulismo se caracteriza por ser el estado de ausencia de piezas dentales (Anas El-Wegoud, Fayyad, Kaddah, & Nabhan, 2018), es una condición irreversible que se evidencia en mayor frecuencia en grupos de mayores de 65 años (Olofsson, Ulander, Gustafson, & Hörnsten, 2018). A pesar de estar considerado como un proceso normal del envejecimiento esta pérdida dental está estrechamente ligada a factores de riesgo como son caries, patologías periodontales,

patologías pulpares, traumatismos y tabaquismo (Silva, Batista, & da Luz Rosário de Sousa, 2019).

El edentulismo siempre está acompañado de una reducción de la calidad de vida, debido a que el habla y la fonética y función masticatoria se ven afectados por la ausencia de las piezas dentales (Ali, Baker, Shahrbafe, Martin, & Vettore, 2019), además de esto, biomecánicamente se produce un aumento en la tasa de reabsorción de las crestas residuales, lo que genera una reducción del apoyo de prótesis y la altura facial (Anas El-Wegoud et al., 2018; Shah, Yilmaz, & McGlumphy, 2017). Numerosos estudios han demostrado que las prótesis híbridas son un tratamiento eficaz para rehabilitar arcos edéntulos completos, con tasas de éxito que van de 94% al 100% (Anas El-Wegoud et al., 2018).

Las prótesis híbridas son elementos protésicos fijos compuestos por una estructura metálica comúnmente revestida con materiales y dientes acrílicos o resinosos (López, Saka, Rada, & Valenzuela, 2016), implantes sustentados donde los implantes actúan como métodos para mejorar las deficiencias que presentan las prótesis removibles (Gibreel et al., 2019). El uso de este tipo de prótesis está indicado en pacientes que han sufrido una alteración anatómica en los tejidos de soporte. Se ha demostrado que tiene una mejor retención y estabilidad a comparación de otras prótesis, siendo estos dos factores importantes para determinar la satisfacción del paciente promoviendo una mejora en el estilo de vida (Lavery et al., 2017).

2. Estructuras internas de las prótesis híbridas.

Las estructuras internas de estas prótesis comúnmente metálicas se emplean para proveer de rigidez, reduciendo las probabilidades de una fractura en la misma (Menini et al., 2015). La literatura informa que la rigidez de estas estructuras internas es requisito fundamental para la osteointegración de los implantes dentales de carga inmediata y evitar una reabsorción ósea a largo plazo (Menini et al., 2017). Las aleaciones metálicas permiten su fabricación incluso si el espacio prostodóntico es limitado, pese a esto su fabricación conlleva un tiempo extenso y un costo elevado sumado al posible desarrollo de hipersensibilidad (Cekic-Nagas et al., 2018), por este motivo, están surgiendo posibles sustitutos de estas aleaciones metálicas, siendo uno de ellos la fibra de carbono (FC) (Menini et al., 2017).

3. Fibra de carbono en prótesis híbridas.

Las estructuras internas elaboradas con fibra de carbono (FC) pueden distribuir cargas de manera adecuada hacia los implantes evitando un aumento en la actividad de reabsorción ósea (Rahmitasari et al., 2017), los filamentos de carbono químicamente puro que posee el material en su composición tienen un diámetro entre 5 - 10 μ m y proporcionan al material alta rigidez, bajo peso estructural y una óptima resistencia a la fatiga, la matriz polimérica que une a estos filamentos le da la característica de ser un material resistente a la fluencia, buena conductividad eléctrica y compatibilidad biológica (Menini et al., 2017; Smith, 2018). La fibra de carbono (FC) no es un material isotrópico, disminuyendo o aumentando sus características dependiendo de la disposición de los filamentos de carbono en la matriz polimérica (Pesce et al., 2019).

Siendo la fibra de carbono (FC) un material anisotrópico, la disposición de los filamentos de carbono alterará sus propiedades físico mecánicas, ya que empleando filamentos multidireccionales se puede disminuir la anisotropía dado que los filamentos ocuparan dos planos espaciales, por otra parte, el emplear fibra de carbono (FC) compuesta por filamentos unidireccionales en la elaboración de arcos protésicos se adaptará de mejor manera a la anatomía del arco edéntulo (Pesce et al., 2019).

Debido a que los filamentos unidireccionales consiguen ocupar únicamente un plano espacial, al emplear capas de filamentos de carbono unidireccionales superpuestos uno sobre otro y disminuyendo el espacio de matriz polimérica entre ellos se puede obtener una estructura protésica con un rendimiento mecánico extremadamente alto (Menini et al., 2017).

La disposición de los filamentos de carbono deben ocupar la mayor cantidad de planos posibles con el fin de proveer de la característica isotrópica al material, para lo cual precisa el uso de filamentos de carbono multidireccionales, esto con objetivo de proveer de características óptimas a la estructura protésica (Pera et al., 2017).

El uso de filamentos de carbono unidireccionales con refuerzo de PMMA (Polimetilmetacrilato) brinda al material de mayor resistencia, ya que estructuras internas de prótesis híbridas elaboradas con filamentos de carbono unidireccional con un refuerzo de CGFP (Grafito) presentan un alto índice de fracturas en los pilares distales (Castorina, 2019).

DISCUSIÓN

El emplear filamentos multidireccionales disminuye el comportamiento anisotrópico de la fibra de carbono (FC) aumentando así sus características por encima de la fibra de carbono (FC) estructurada con filamentos unidireccionales (Castorina, 2019; Pera et al., 2017; Pesce et al., 2019). Así mismo se ha determinado que emplear filamentos unidireccionales en el material, ocasiona una disminución en las características de las estructuras protésicas, lo que puede resultar en una fractura de las estructuras, una carencia de disipación térmica y una transferencia de estrés inadecuada sobre los implantes (Castorina, 2019).

Estudios previos han determinado que disminuir el espacio de matriz polimérica en la fibra de carbono (FC) estructurada con filamentos de carbono unidireccional superpuestos uno sobre el otro, disminuye la anisotropía del material, sin embargo las características físico mecánicas no llegan a ser semejantes a las de la fibra de carbono (FC) estructurada por filamentos multidireccionales, esto debido a que los filamentos unidireccionales no pueden ocupar los tres planos espaciales, sagital, frontal y transversal (Menini et al., 2017).

Una de las limitaciones encontradas en la ejecución del estudio, constituyó la poca literatura existente sobre el tema, los cuatro estudios existentes refieren evaluaciones del material en determinadas condiciones limitándolo, de esta forma los resultados y por ende la comparación con materiales existentes de forma tradicional para este fin. Hace falta por tanto que nuevas investigaciones se ejecuten considerando la variabilidad del material existente, sus aplicaciones y modificaciones existentes, investigaciones que aborden tanto a través de pruebas mecánicas su desempeño como a través de testes biológicos, como pruebas microbiológicas, una gran labor espera a los investigadores para poder profundizar en el tema.

El uso de fibra de carbono (FC) en la confección de estructuras protésicas, brinda características como una alta rigidez, bajo peso, adecuado módulo de elasticidad, buena biocompatibilidad, adecuada distribución del estrés y disipación térmica (Skirbutis, Dzingutė, Masiliūnaitė, Šulcaitė, & Žilinskas, 2018; Smith, 2018). Pese a esto, dichas características se ven alteradas debido a la disposición de los filamentos de carbono en la matriz polimérica del material (Pesce et al., 2019), por lo que se sugiere emplear fibra de

carbono (FC) estructurada con filamentos multidireccionales.(Castorina, 2019; Pera et al., 2017; Pesce et al., 2019).

CONCLUSIÓN

La revisión de literatura ejecutada nos lleva a decir que la fibra de carbono con filamentos multidireccionales presenta mejores características mecánicas que la fibra de carbono con filamentos unidireccionales.

REFERENCIAS

- Ali, Z., Baker, S. R., Shahrabaf, S., Martin, N., & Vettore, M. V. (2019, January 1). Oral health-related quality of life after prosthodontic treatment for patients with partial edentulism: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.003>
- Anas El-Wegoud, M., Fayyad, A., Kaddah, A., & Nabhan, A. (2018, April 1). Bar versus ball attachments for implant-supported overdentures in complete edentulism: A systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/cid.12551>
- Brizuela, A., Herrero-Climent, M., Rios-Carrasco, E., Rios-Santos, J. V., Pérez, R. A., Manero, J. M., & Mur, J. G. (2019). Influence of the elastic modulus on the osseointegration of dental implants. *Materials*, *12*(6), 980. <https://doi.org/10.3390/ma12060980>
- Castorina, G. (2019). Carbon-Fiber Framework for Full-Arch Implant-Supported Fixed Dental Protheses Supporting Resin-Based Composite and Lithium Disilicate Ceramic Crowns: Case Report and Description of Features. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, *39*(2), 175–184. <https://doi.org/10.11607/prd.2964>
- Cekic-Nagas, I., Egilmez, F., Ergun, G., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. J. (2018). Load-bearing capacity of novel resin-based fixed dental prosthesis materials. *Dental Materials Journal*, *37*(1), 49–58. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-367>
- Gibreel, M. F., Khalifa, A., Said, M. M., Mahanna, F., El-Amier, N., Närhi, T. O., ... Vallittu, P. K. (2019, March 1). Biomechanical aspects of reinforced implant overdentures: A systematic review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.12.006>
- Gupta, A., Felton, D. A., Jemt, T., & Koka, S. (2019, June 1). Rehabilitation of Edentulism and Mortality: A Systematic Review. *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jopr.12792>
- Laverty, D. P., Green, D., Marrison, D., Addy, L., & Thomas, M. B. M. (2017). Implant retention systems for implant-retained overdentures. *British Dental Journal*, *222*(5),

347–359. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.215>

- López, C. S., Saka, C. H., Rada, G., & Valenzuela, D. D. (2016). Impact of fixed implant supported prostheses in edentulous patients: Protocol for a systematic review. *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009288>
- Menini, M., Pesce, P., Bevilacqua, M., Pera, F., Tealdo, T., Barberis, F., & Pera, P. (2015). Effect of Framework in an Implant-Supported Full-Arch Fixed Prosthesis: 3D Finite Element Analysis. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(6), 627–630. <https://doi.org/10.11607/ijp.4345>
- Menini, M., Pesce, P., Pera, F., Barberis, F., Lagazzo, A., Bertola, L., & Pera, P. (2017). Biological and mechanical characterization of carbon fiber frameworks for dental implant applications. *Materials Science and Engineering C*, 70, 646–655. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.09.047>
- Olofsson, H., Ulander, E. L., Gustafson, Y., & Hörnsten, C. (2018). Association between socioeconomic and health factors and edentulism in people aged 65 and older – a population-based survey. *Scandinavian Journal of Public Health*, 46(7), 690–698. <https://doi.org/10.1177/1403494817717406>
- Ouzer, A. (2015). The Evolution and Fabrication of Implant-supported Full-arch Hybrid Prostheses. From Conventional Casted Metal to an All-Ceramic Zirconia. *The New York State Dental Journal*, 81(6), 44–49. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26749784>
- Pera, F., Pesce, P., Solimano, F., Tealdo, T., Pera, P., & Menini, M. (2017). Carbon fibre versus metal framework in full-arch immediate loading rehabilitations of the maxilla – a cohort clinical study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 44(5), 392–397. <https://doi.org/10.1111/joor.12493>
- Pesce, P., Lagazzo, A., Barberis, F., Repetto, L., Pera, F., Baldi, D., & Menini, M. (2019). Mechanical characterisation of multi vs. uni-directional carbon fiber frameworks for dental implant applications. *Materials Science and Engineering C*, 102, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.04.036>
- Rahmitasari, F., Ishida, Y., Kurahashi, K., Matsuda, T., Watanabe, M., & Ichikawa, T. (2017). PEEK with Reinforced Materials and Modifications for Dental Implant Applications. *Dentistry Journal*, 5(4), 35. <https://doi.org/10.3390/dj5040035>

- Shah, K., Yilmaz, B., & McGlumphy, E. (2017). Fabrication of a Mandibular Implant-Supported Overdenture with a New Attachment System: A Review of Current Attachment Systems. *The International Journal of Prosthodontics*, 30(3), 245–247. <https://doi.org/10.11607/ijp.5068>
- Silva, M. F., Batista, M. J., & da Luz Rosário de Sousa, M. (2019). Risk factors for tooth loss in adults: A population-based prospective cohort study. *PLoS ONE*, 14(7), e0219240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219240>
- Smith, M. (2018). New developments in carbon fiber. *Reinforced Plastics*, 62(5), 266–269. <https://doi.org/10.1016/j.repl.2017.07.004>