

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSET

Especialização Latu Senso em Implantodontia

APLICAÇÕES DO POLIMERO PEEK NA IMPLANTODONTIA

São José dos Campos - SP

2021

Marcos Antonio da Silva Junior

APLICAÇÕES DO POLIMERO PEEK NA IMPLANTODONTIA

Monografia apresentada ao curso de especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Implantodontia.

Orientador: Prof. Dr. Virgilio Villas Boas

Coorientador: Prof. Dr.

Área de concentração: Odontologia



Marcos Antonio da Silva Junior

APLICAÇÕES DO POLIMERO PEEK NA IMPLANTODONTIA

Monografia apresentada ao curso de especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Implantodontia.

Área de concentração: Odontologia

Aprovado em ___/___/___ pela banca constituída dos seguintes professores:

Prof. (a) _____

Prof. (a) _____

Prof. (a) _____

São José dos Campos, Julho de 2021

Aos meus familiares, Marcos, Fátima e Larissa por me apoiarem e sempre

acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

A minha namorada Larissa Prado por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis.

A meus pais por terem me dado todo suporte desde a graduação pois sem eles não estaria aqui

A toda equipe da Implant Team Brazil por toda base da minha formação como implantodontista

Aos meu orientador Virgilio Villas Boas, pelo conhecimento passado a mim

Aos Professores Lyncoln Siqueira, Rodrigo Nascimento e Fabrício por tantas horas dedicadas a me ensinar como ser um implantodontista melhor.

Aos meus amigos Claudio Moreira e Cassio Higashibara, por me tirarem tantas duvidas no decorrer de minha vida clínica e me motivarem a ser um cirurgião dentista melhor.

Resumo

A tecnologia proporciona à humanidade, avanços em diversas áreas da ciência, de forma cada vez mais rápida. Nota-se esse avanço também na odontologia, onde novas técnicas e materiais são testados e empregados na busca de um melhor resultado ao paciente. O PEEK está entre os novos materiais que vem sendo empregado em todas as áreas da odontologia, especialmente na implantodontia. Sua biocompatibilidade, conceito primordial para a seleção de materiais odontológicos, alta precisão adquirida por sua fresagem e baixo custo torna esse material de grande utilidade. Esse trabalho tem como objetivo relatar, mediante revisão da literatura, as empregabilidades do PEEK na implantodontia, relatando os benefícios de seu uso, bem como as suas limitações, validando dessa forma a importância deste material para o futuro da implantodontia. Concluindo assim o PEEK é um material já muito presente na implantodontia atual, e com muitos estudos sendo realizados no futuro podemos vir a tê-lo em mais campos e como estrutura definitiva.

Palavras-chave: PEEK, Implantodontia, prótese sobre implante

Abstract

Technology provides humanity with advances in various areas of science, increasingly faster. This advance can also be seen in dentistry, where new techniques and materials are tested and used in the search for a better result for the patient. PEEK is among the new materials that have been used in all areas of dentistry, especially in implant dentistry. Its biocompatibility, a primordial concept for the selection of dental materials, the high precision acquired by its milling and low cost makes this material very useful. This work aims to report, through a literature review, the employability of PEEK in implantology, reporting the benefits of its use, as well as its limitations, thus validating the importance of this material for the future of implantology. In conclusion, PEEK is a material that is already very present in implant dentistry today, and with many studies being carried out in the future, we may have it in more fields and as a definitive structure.

Keywords: PEEK, Implantology, prosthesis in implant

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
4 DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

Graças a tecnologia temos tido grandes avanços na área científica de uma forma muito rápida. Teses, teorias, protocolos de materiais são estudados e lançados a todo momento com intuito de facilitar a vida. Isso não acontece diferente na odontologia, ainda mais por ser uma profissão muito dependente da prática somada à tecnologias para poder ser empregada da melhor forma possível.

Entre as áreas da odontologia, temos a implantodontia que busca reabilitar o paciente com estruturas fixas aos ossos. As pesquisas nessa área iniciaram em 1952, em que Brånemark iniciou testes em animais utilizando parafusos de titânio, sendo posteriormente publicadas validando o termo osseointegração. Dessa forma, possibilitou-se iniciar uma nova era nas reabilitações através da utilização de fixações denominados implantes, são capazes de receber cargas funcionais sem sofrer grandes alterações e possibilitando uma longevidade e conforto. (Brånemark et al., 1983).

A partir desse momento iniciou-se um processo de evolução e pesquisa em busca de criar soluções para reabilitar de várias maneiras áreas edêntulas, buscando devolver a capacidade funcional e estética a região com os mais variados materiais e técnicas.

O titânio ainda é o material de primeira escolha para as reabilitações para implantes dentários, sendo utilizado tanto na estrutura do implante como em seus intermediários, que tem como finalidade conectar a estrutura restauradora (coroa dentária) ao implante ósseo integrado. Porém sua coloração escura acaba causando certa dificuldade nas reabilitações de áreas estéticas, pois devido a espessura gengival ou até mesmo retrações no tecido, essa coloração acinzentada acaba ficando evidente, o que pode gerar um desconforto visual. (Özkurt & Kazazoğlu, 2011)

Buscando solução para esse problema, novas técnicas e materiais vem sendo desenvolvidos e empregados. Uma das soluções encontradas foi a utilização de estruturas em zircônia, que pode estar presente tanto no implante como nos intermediários.

Sua biocompatibilidade e seu alto módulo de elasticidade, mostrou-se eficiente nas reabilitações implantes-suportadas, comprovando em estudos sua semelhança às propriedades observadas no titânio. (Özkurt & Kazazoğlu, 2011)

O composto poliaromático de cadeia linear semicristalino PEEK (poliéter-cetona) foi estudado pela engenharia por sua capacidade termoplástica e alta resistência à temperatura. Devido à sua alta resistência química, mecânica e biocompatibilidade, vem sendo empregado e testado a mais de duas décadas na área da saúde, em especial nos implantes espinhais, ortopédicos e posteriormente odontológicos. Suas características físicas e visuais se assemelham muito ao dente, o que levou ele a se tornar uma ótima opção para solucionar algumas dificuldades estéticas dentro da implantodontia. (Schwitalla & Müller, 2013).

2 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo relatar a empregabilidade do polímero PEEK, por meio de revisão de literatura, na implantodontia, mostrando seus avanços e importância em cada área, demonstrar as pesquisas que vêm sendo realizadas e as possíveis novas empregabilidades para esse material, além da tendência que temos de tê-lo cada vez mais presente em nossa prática clínica que já se faz presente pela sua adoção em algumas marcas comerciais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

PEEK ou Poli(éter-éter-cetona) - composto poliaromático, com cadeia linear e semicristalino, demonstra ótimo arranjo de rigidez, durabilidade, resistência química e mecânica. O PEEK é um polímero termoplástico orgânico incolor na família da poli(alril-éter-cetona) (PAEK), é comumente usado no contexto de engenharia. Mishra & Chowdhary (2018) cita que o PEEK foi sintetizado pela primeira vez em 1977 e introduzido no mercado pela empresa Victrex PLC, Imperial Chemical Industries (ICI) no início dos anos 80

Skirbutis & Dzingutė (2017) analisando o PEEK constataram que pode atuar em temperatura -60°C a 260°C , sendo seu ponto de fusão próximo a 330°C , sua cor se assemelha muito ao dente, tem módulo de elasticidade de 360MPa em natura se assemelhando ao módulo de elasticidade do osso humano, pode ser reforçado com outros materiais, como fibras de carbono o que leva seu módulo elástico a 1800MPa, sendo comprável a resistência do osso cortical e dentina. Além disso as propriedades de tração do material são semelhantes a dentina, esmalte e osso, o que leva a colocá-lo como um ótimo material restaurador.

Além dessas propriedades mecânicas excelentes, Wang et al. (2016) em um estudo analítico de materiais implantáveis ressaltou nas estruturas de PEEK reforçados com fibras de carbono uma radioluscência natural, resistência magnética e compatibilidade com imagens radiográficas.

Em um estudo de Neumann & Villar et al (2014) de materiais para utilização como implantes, comparando o titânio ou zircônia ao PEEK, o PEEK apresenta baixos índices de osteocondução, o que levaram várias pesquisas a buscar soluções para melhora dessa bioatividade, pois analisando as propriedades elásticas do PEEK podemos observar características melhores que o titânio e zircônia na transferência de tensões para os ossos, o que no longo prazo resultaria em uma menor reabsorção óssea da região. Porém devido aos baixos índices de osteocondução estas teses não se comprovaram pela dificuldade da utilização do PEEK como implante.

Em um estudo de Wang et al. (2016) na linha de pesquisa de transformar o PEEK como implante, analisou a cicatrização tecidual em contato com estruturas de PEEK considerou a modificação estrutural do PEEK com Fibra de Carbono (CFRPEEK) e seu tratamento de superfície com plasma para criar nanoestruturas de TiO₂. Dessa forma notou-se uma proliferação e diferenciação de fibroblastos consideravelmente significativa e benéfica, principalmente no período inicial de cicatrização, muito devido ao baixo acúmulo de bactérias e biofilme, favorecendo assim a longevidade dos implantes. Com isso, esse material se tornou benéfico para estruturas de cicatrização.

Em um levantamento literário de Rahmitasari et al. (2017) ele analisou algumas das modificações estruturais e superficiais realizadas no PEEK na busca de tornar possível sua utilização com implante. Nesse levantamento ele cita os mais diversos tratamentos de superfície, como pulverização de plasma de titânio e hidroxiapatita, plasma de íon de dióxido de titânio, tratamento com gás de plasma de oxigênio e até aplicação de BMP2. Porém ele demonstra que nenhum dos estudos foi conclusivo devido muitas vezes a impossibilidades de resistência as modificações aplicadas ao PEEK, sendo necessário se aprofundar mais nos experimentos para possibilitar sua aplicação como implante.

Em um estudo comparativo de Schwitalla et al. (2017) 10 implantes de cada grupo foram produzidos, sendo um grupo de PEEK, outro de PEEK reforçado com fibra de carbono (CFRPEEK) e outro de titânio, com o objetivo de avaliar a resistência ao torque de inserção (TI). Os resultados medidos foram PEEK puro 22,6 +/- 0,5N.cm, CFRPEEK 20,2 +/- 2,5N.cm e titânio 92,6 +/- 2,3N.cm, sendo o titânio significativamente maior. Com isso pode-se concluir que o PEEK e o CFRPEEK não possuem uma resistência necessária para técnicas de carga imediata. Entretanto a resiliência de torque alcançada permite o uso do implante em duas fases, ou seja, carga tardia após 6 meses. podendo no futuro com alterações na geometria alterar os valores para estabilidade primária.

Mishara et al. (2018) fez uma revisão sistemática sobre PEEK o colocando como uma alternativa ao titânio, além de observar e discorrer sobre as modificações estruturais e tratamentos de superfície.

Rahmitasari et al., (2017), colocou como um ponto de ótimo desempenho do PEEK sua utilização como pilar de implantes. Colocando como ponto favorável o baixo acúmulo de biofilme em relação ao titânio e a zircônia, o fato de não gerar perda óssea e retração gengival, mas notificando que em sua forma pura o PEEK apresenta uma resistência ao desgaste abrasivo inferior ao titânio, recomendando sua utilização em pilares provisórios fixos, que devem permanecer em boca no período de 1 a 3 meses.

Abrahamsson et al, (1998) realizou um experimento em beagles, para avaliar a importância do material utilizado como intermediário durante o período cicatricial, foram divididos em 4 grupos: grupo 1 - intermediário de titânio, grupo 2 - com intermediário em cerâmica sintetizada, grupo 3 - com intermediário ouro e o grupo 4 - intermediário curto de titânio com aplicações de porcelana e ouro. Comparados esses 4 grupos após o período de cicatrização de 4 meses, o grupo 1 e 2 o tecido se apresentou saudável dentro dos padrões necessários para região periimplantar, já o grupo 3 e 4 não apresentaram saúde periimplantar apresentando em alguns casos retração gengival.

Considerando o estudo de Rea et al., (2016) realizou um experimento em Labradores instalando implantes com pilares de cicatrização divididos em 4 grupos: titânio, PEEK cimentado em uma base de titânio, PEEK puro e PEEK rugoso (sem acabamento). Após 4 meses foi possível observar uma maior reabsorção da crista óssea vestibular no grupo de PEEK cimentado sobre titânio, comparado ao grupo de titânio, mas com dimensões periimplantares semelhantes. Não houve diferença significativa entre o PEEK puro e o PEEK rugoso, a extensão apical média do epitélio juncional não excedeu o ombro do implante em nenhum dos casos. Foi concluído que o uso do PEEK como pilar de cicatrização é uma possibilidade clínica.

Neumann & Villar et al. (2014) relatou a possibilidade de uso do PEEK como intermediário, observamos grande vantagens, além de suas propriedades mecânicas que permitem uma resistência de até 1200N para deformação e 1383N para fratura, ele não gera acúmulo de biofilme o que leva o tecido periimplantar a se manter em ótimas condições, além de ser mais semelhante à cor da dentina, o que favorece os casos em que o tecido gengival tem pouca espessura, onde o uso de componentes metálicos pode resultar em acinzentamento.

Em uma revisão de literatura de Schwitalla et al. (2013) relatou que a estrutura PEEK como pilar intermediário teria pouca longevidade por conta de sua baixa resistência ao torque interno, necessário para sua estabilização sobre o implante, e em caso de estruturas unitárias onde se faz necessário a geometria anti-rotacional os pilares sofrem desgastes devido as forças de cisalhamento geradas durante a mastigação, perdendo a característica anti-rotacional em até 3 meses.

Najeeb et al. (2016) que fez um levantamento sobre a aplicabilidade do PEEK nas próteses dentais. Sua utilização com coping tem sido uma boa escolha em casos estéticos, por ser um material facilmente fresado, sendo fabricado com alta precisão. Já em casos múltiplos, a barra em PEEK para protocolos tem sido uma alternativa muito viável, uma estrutura leve, estética e com baixo risco de alergia, ausência de condutibilidade térmica e elétrica, boa absorção de cargas e precisão possível graças a fresagem do material, vem sendo uma opção cada vez mais utilizado na odontologia, principalmente quando lidamos com protocolos imediatos onde o fator tempo influencia no sucesso da técnica.

Skirbutis et al. (2017) realizou uma revisão de literatura para analisar a utilização do PEEK na prótese dentaria, destacou sua característica estética seu módulo de elasticidade favorável estando próximo ao esmalte e dentina, suas possibilidades de reforço estrutural o que leva a poder empregá-lo em outras vertentes dentro da prótese pelo aumento de resistência a fratura conseguido (2354N), sendo mais resistente que o dissilicato de lítio (950N), alumínio (815) ou zircônia (981 a 1331N), porem ressalta que não a dados clínicos sobre sua resistência a abrasão com outras estruturas. Concluindo que o PEEK é um material possível de ser empregado na prótese dentária, mas devem se realizar mais estudos para se aprofundar nas possibilidades e limitações clinicas.

Pelegrine et al (2020) demonstrou o uso do PEEK como estrutura de técnicas de enxertia para ganhos horizontais (técnica de Barbell), onde ele é preso junto a cabeça do parafuso simulando uma tenda, onde o material de enxertia fica por dentro dessa estrutura em contato com o osso, revestido por uma membrana, ajudando a preservar a forma durante todo processo de formação óssea.

4 DISCUSSÃO

Como ponto inicial temos as principais estruturas de PEEK presentes no mercado, onde encontramos sua forma pura, reforçado com fibra de carbono, reforçado com fibra de vidro ou reforçado com titânio, sendo os mais encontrados a sua forma pura, devido ao baixo custo e reforçado com fibra de carbono (CFRPEEK) devido sua estabilidade física e mecânica alcançada. (Rahmitasari et al., 2017)

Avaliando suas propriedades como demonstrado no estudo de Schwitalla et al. (2013) esse material é interessante para o uso com implantes, devido seu potencial elástico semelhante ao osso cortical (osso 14GPa, PEEK forma pura 3,6GPa, PEEK reforçado com carbono 18GPa e PEEK reforçado com fibra de vidro 12GPa). O PEEK tem se mostrado um material muito interessante para reabilitações em implantodontia. Utilizando a lei de Wolff como precedente, o material apresenta módulo de elasticidade muito próximo ao osso cortical, com isso o estresse gerado seria muito menor que o gerado pelo titânio (110GPa) trazendo longevidade.

Porém como apresentado no mesmo estudo, ele não é capaz de gerar uma osseointegração relevante, apesar de suas características biocompatíveis (Schwitalla et al., 2013).

Para tentar para modificar a superfície desse polímero, processos foram instaurados, com objetivo de estimular a osseointegração e torná-lo uma opção viável para a substituição do titânio (Schwitalla et al., 2013; Rahmitasari et al., 2017)

A criação de superfícies nanoestruturadas com a utilização de materiais bioativos como hidroxiapatita através da aplicação por jato de plasma foram realizados, porém isso se mostrou um grande obstáculo, primeiro a espessura da camada de hidroxiapatita para materiais tão pequenos os deixa mais sujeitos a falha, e as altas temperaturas para utilização do jato de plasma (340,8°C) tendem a causar danos a superfície do PEEK devido sua baixa temperatura de fusão (Rahmitasari et al., 2017).

Outras formas de revestimento vêm sendo pesquisadas, como por rotação e aplicação de hidroxiapatita, gravação por gás de plasma e até mesmo a utilização com BMP-2, mas todas sem resultados conclusivos (Schwitalla et al., 2013).

Apesar de inúmeras tentativas os estudos demonstram que não houveram resultados conclusivos em relação a osseointegração, sendo necessário mais pesquisas para ter sua empregabilidade como implante.

Uma opção extremamente viável é a utilização do PEEK como pilares de implantes. Como avaliado por Mishara et al. (2018) observou-se que não há diferenças significativas na inflamação nos tecidos adjacentes, podendo até ser menor comparado ao titânio ou zircônia, devido a capacidade de baixo acúmulo de biofilme o PEEK mantém a gengiva saudável protegendo de inflamações ou retrações principalmente no período de cicatrização, se tornando uma ótima opção como cicatrizador.

Isso já é comprovado tendo em vista que grandes marcas têm fabricado peças em PEEK com intuito de utilizá-lo como cicatrizador personalizável.

Sua utilização como cicatrizador personalizável é extremamente eficiente, sendo a integração peri-implantar mais rápida com estruturas em PEEK devido o baixo acúmulo de bacteriano (Wang et al., 2016).

Em um estudo de Rea et al., (2016) isso foi reforçado, ao comparar a cicatrização de áreas com PEEK, PEEK cimentado sobre titânio, titânio e PEEK sem acabamento, mostrando que não houve diferenças significativas na distância da margem gengival ao ombro do implante.

Porém ao medir sua resistência ao torque interno e principalmente sua resistência ao cisalhamento, a considerarmos um pilar anti-rotacional, o PEEK se demonstrou menos resistente que o titânio, sendo comprovado isso em um estudo de Schwitalla et al. (2013), não possibilitando sua utilização como estrutura definitiva, porém tendo indicação como material provisório devendo permanecer em função no período máximo de 3 meses.

Observado todas essas características, pilares PEEK se mostram uma ótima alternativa para estruturas provisórias em áreas estéticas onde a saúde do tecido gengival é de extrema importância para se conservar a estética rosa. (Mishara et al., 2018)

O PEEK como material para prótese sobre implante tem se mostrado uma ótima opção para a reabilitação, tanto em dentes unitários como nos protocolos. Por sua alta força de cisalhamento, módulo elástico próximo ao osso e dente, e por sua qualidade estética, tem sido usado tanto como base estrutural até como material de revestimento (em casos provisórios (Najeeb et al., 2016).

Isso se comprova por um estudo de Najeeb et al., (2016) que fez um levantamento sobre a aplicabilidade do PEEK em próteses. Demonstrando seu ótimo desempenho como estrutura interna, principalmente em protocolos.

Estruturas complexas em PEEK não são viáveis, por enquanto, por não haver aprofundamento em experimentos clínicos na resistência a abrasão de estruturas PEEK com demais materiais, como metais, cerâmicas, dentina e esmalte (Skirbutis et al., 2017).

Aumentos ósseos bidirecionais horizontais principalmente em maxilas tem sido um desafio para implantodontia. Estabilizar tarrachas, telas de titânio e blocos ósseos são tarefas difíceis, que acabam por tornar as cirurgias mais complexas e demoradas. A fim de facilitar o processo de reconstruções horizontais a técnica de Barbell foi desenvolvida (Pelegrine et al., 2020).

Isso se comprova em um estudo de Pelegrine et al. (2020) sobre a Barbell Technique em que o PEEK é utilizado como uma cápsula que fica presa ao parafuso que está fixo a superfície óssea. Essa cápsula de PEEK impede a compressão dos tecidos moles sobre a região enxertada, por ter sido especificamente desenvolvido para essa técnica, as cápsulas de PEEK além de apresentarem boa lisura, possibilitam maiores proliferações de osteoblastos e fibroblastos gengivais, quando comparados ao titânio. (Pelegrine et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

Mediante o exposto, podemos concluir que:

- O PEEK é uma boa alternativa para estruturas provisórias na implantodontia devido sua capacidade de conservar os tecidos adjacentes;
- Sua aplicação como tampa do parafuso da Barbell Technique pode colaborar com técnicas de enxertia, melhorando resultados para ganhos horizontais e verticais;
- Futuramente talvez seja possível vermos novas aplicações do PEEK na implantodontia.

REFERÊNCIAS

Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. **Intra-osseous anchorage of dental prostheses**. I. Experimental studies. Scand J Plast Reconstr Surg. 1969.

Abrahamsson, I., Berglundh, T., Wennstrom, J. & Lindhe, J. **The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog**. Clinical Oral Implants Research 1996

Abrahamsson, I., Berglundh, T., Glantz, P.O. & Lindhe, J. **The mucosal attachment at different abutments. An experimental study in dogs**. Journal of Clinical Periodontology. 1998

Dr Robert Mathys Foundation, Bischmattstr. **Nonresorbable polymers in bone surgery**. Injury, Vol. 31, Suppl. 4. 2000

Santing H, Meijer H, Raghoobar G, Özcan M. **Fracture Strength and Failure Mode of Maxillary Implant-Supported Provisional Single Crowns: A Comparison of Composite Resin Crowns Fabricated Directly Over PEEK Abutments and Solid Titanium Abutments**. Clinical Implant Dentistry and Related Research, 2010.

Ozkurt Z, Kazazoglu E. **Zirconia Dental Implants: A Literature Review**. Literature review. Journal of Oral Implantology. Vol. XXXVII/No. Three. 2011.

William Becker, John Doerr, Burton E. Becker. **A Novel Method for Creating an Optimal Emergence Profile Adjacent to Dental Implants**. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. DOI 10.1111/j.1708-8240.2012.00525.x. 2012

Schwitalla A, Muller WD. **PEEK Dental Implants: A Review of the Literature.** Literature Review. Journal of Oral Implantology. Vol XXXIX/No. Six, 2013.

Neumann E, Villar C, França F. **Fracture resistance of abutment screws made of titanium, polyetheretherketone, and carbon fiber-reinforced polyetheretherketone.** Original Research Implantology, 2014.

Najeeb S, Zafar M, Khurshid Z, Siddiqui F. **Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics.** Literature Review. Japan Prosthodontic Society. Published by Elsevier Ireland, 2015.

Schwitalla A, Abou-Emara M, Spintig T, Lackmann J, Müller WD. **Finite element analysis of the biomechanical effects of PEEK dental implants on the peri-implant bone.** Journal of Biomechanics, 2015.

Xiao Wang, Tao Lu, Jin Wen, Lianyi Xu, Deliang Zeng, Qianju Wu, Lingyan Cao, Shuxian Lin, Xuanyong Liu, Xinquan Jiang. **Selective responses of human gingival fibroblasts and bacteria on carbon fiber reinforced polyetheretherketone with multilevel nanostructured TiO₂.** Biomaterials 83 207 – 208, 2016

Najeeb S, Khurshid Z, Zohaib S, Sohail Zafar M. **Bioactivity and Osseointegration of PEEK Are Inferior to Those of Titanium: A Systematic Review.** Systematic Review. Journal of Oral Implantology, 2016.

Schwitalla AD, Abou-Emara M, Zimmermann T, Spintig T, Beuer F, Lackmann J, Müller WD. **The applicability of PEEK-based abutment screws.** Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2016.

Massimiliano Rea, Sara Ricci, Paolo Ghensi, Niklaus P. Lang, Daniele Botticelli, Claudio Soldini. **Marginal healing using Polyetheretherketone as healing abutments: an experimental study in dogs.** Clinical Oral Implant Research 0. 2016

Rahmitasari F, Ishida Y, Kurahashi K, Matsuda, Watanabe M, Ichikawa T. **PEEK with Reinforced Materials and Modifications for Dental Implant Applications.** Literature Review. Dentistry Journal, 5, 35, 2017.

Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. **The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review.** Literature Review. BMC Oral Health, 2017

Skirbutis G, Dzingutė A, Masiliūnaitė V, Sulcaitė G, Zilinskas J. **A review of PEEK polymer's properties and its use in prosthodontics.** Literature Review. Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal, Vol. 19, No. 1, 2017.

Schwitalla AD, Zimmermann T, Spintig T, Abou-Emara M, Lackmann J, Müller WD, Houshmand A. **Maximum Insertion Torque of a Novel Implant- Abutment-Interface Design for PEEK Dental Implants.** Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2017.

Mishra S, Chowdhary R. **PEEK material as na alternative to titanium in dental implants: A systematic review.** Systematic Review and Meta-Analysis. Wiley Periodicals, 2018.

Bathala L, Majeti V, Rachuri N, Singh N, Gadela S. **The Role of Polyether Ether Ketone (Peek) in Dentistry – A Review.** Literature Review. Journal of Medicine and Life, Vol. 12, Inssue 1, 2019.

Cabello-Domínguez G, Pérez-López J, Veiga-López B, González D, **Revilla-León M.** **Maxillary zirconia and mandibular composite resin-lithium disilicateemodified PEEK fixed implant-supported restorations for a completely edentulous patient with an atrophic maxilla and mandible: A clinical report.** Clinical Report. The Journal of Prosthetic Dentistry, 2019.

Pelegrine A, Scavove de Macedo LG, Aloise AC, Karyen Moy P. **Barbell Technique: A Novel Approach for Bidirectional Bone Augmentation: Technical Note.** Journal of Oral Implantology, 2020.