

## The use of polyetherketoneketone in removable partial denture

Penggunaan polyetherketoneketone pada gigi tiruan sebagian lepasan

<sup>1</sup>St. Rakhmawati A., <sup>2</sup>Rifaat Nurrahma, Eri Hendra Jubhari

<sup>1</sup>Resident of Prosthodontic Department, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

<sup>2,3</sup>Prosthodontic Department, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

Makassar, Indonesia

Corresponding author, e-mail: [1rahmaamrullah@gmail.com](mailto:1rahmaamrullah@gmail.com)

### ABSTRACT

Cobalt-chromium and titanium alloys are widely used as prosthetic frameworks due to their high strength, stiffness, corrosion istance, and passivation properties. However, metal ions can potentially cause cytotoxicity, hypertension, and neoplasia. Polyetherketoneketone (PEKK) is an alternative polymer material that has physical, mechanical, and chemical properties suitable for use as denture framework material due to its high strength, low modulus of elasticity, and reduced risk of problems caused by metal frameworks such as allergies and potential metallic taste. In complex cases, the treatment plan and materials used for the denture are important to ensure predictability and long-term durability. This review evaluates PEKK as a suitable biomaterial for removable partial denture frameworks. It is concluded that PEKK material is an alternative material that can be used as a removable partial denture framework because it is a lightweight framework material, has good biocompatibility, and is easy to repair in case of bone resorption.

**Keyword:** PEKK, removable partial denture, edentulous

### ABSTRAK

Aloi kobalt-kromium dan titanium banyak digunakan sebagai kerangka gigi tiruan karena kekuatan dan kekakuannya yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan sifat pasivasi. Namun ion logam berpotensi menimbulkan sitotoksitas, hipertensi, dan neoplasia. *Polyetherketoneketone* (PEKK) adalah bahan polimer alternatif yang memiliki sifat fisik, mekanis, dan kimiawi yang cocok digunakan sebagai bahan kerangka gigi tiruan karena memiliki kekuatan tinggi, modulus elastisitas yang rendah serta mengurangi risiko masalah yang ditimbulkan dari kerangka logam seperti alergi dan potensi rasa logam. Pada kasus yang kompleks, rencana perawatan dan bahan yang digunakan untuk gigi tiruan merupakan hal yang penting untuk memastikan prediktabilitas dan ketahanan gigi tiruan dalam jangka panjang. Kajian ini mengevaluasi PEKK sebagai biomaterial yang sesuai untuk kerangka gigi tiruan sebagian lepasan. Disimpulkan bahwa PEKK merupakan bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai kerangka gigi tiruan sebagian lepasan karena merupakan bahan kerangka yang ringan, memiliki biokompatibilitas yang baik, mudah diperbaiki jika terjadi resorpsi tulang.

**Kata kunci:** PEKK, gigi tiruan sebagian lepasan, edentulus

Received: 10 December 2025

Accepted: 5 February 2026

Published: 1 April 2026

### PENDAHULUAN

Kehilangan gigi merupakan masalah kesehatan gigi dan mulut yang banyak muncul di masyarakat karena dapat menyebabkan terganggunya fungsi kunyah, bicara, estetis, bahkan sosial. Karies dan penyakit periodontal merupakan penyebab utama kehilangan gigi. Berdasarkan laporan Risesdas 2018, angka kehilangan gigi sebesar 19% dan semakin meningkat pada usia 65 tahun ke atas (30,6%). Tingginya angka kehilangan gigi dapat memengaruhi kondisi fisik dan psikologis seperti kurangnya percaya diri dan keterbatasan aktivitas sosial sehingga meningkat pula kebutuhan pemakaian gigi tiruan.<sup>1</sup>

Gigi tiruan sebagian lepasan (GTSL) merupakan perawatan yang terjangkau untuk menggantikan gigi yang hilang; merupakan gigi tiruan yang tidak hanya berguna secara fungsional, namun perlu juga dipertimbangkan dari segi estetikanya. GTSL yang ideal harus memiliki sifat biomekanis yang baik, retentif, dan stabil; harus memiliki *guide plane* dan *rest seat*, serta gigi penyangga harus memiliki *undercut* yang sesuai untuk lengan *clasp* agar gigi tiruan menjadi retentif.<sup>2</sup>

*Polyetherketoneketone* (PEKK) merupakan bahan polimer baru yang menarik perhatian para peneliti karena sifat-sifatnya yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam banyak aplikasi.<sup>3</sup> PEKK adalah bahan termoplastik berperforma tinggi bebas metakrilat dan menjanjikan di bidang implan kranial dan ortopedi. Aplikasi biomedisnya yang luas karena kekuatan mekaniknya yang lebih tinggi dan adanya gugus keton kedua yang memungkinkan modifikasi permukaan yang lebih banyak. Saat ini PEKK digunakan pada GTSL sebagai *clasp* dan kerangka gigi dengan menggunakan teknologi digital.<sup>4</sup>

PEKK telah berhasil digunakan dalam kedokteran gigi sebagai biomaterial prostetik dan implan. Baru-baru ini, PEKK telah diterapkan di berbagai bidang kedokteran gigi karena sifat mekanisnya yang sesuai, ketahanan terhadap patah, peredam guncangan, dan distribusi tegangan yang lebih baik.<sup>5-8</sup> PEKK memiliki biokompatibilitas yang sangat baik karena menawarkan restorasi bebas logam, dan dianggap sebagai alternatif pengganti logam dan keramik.<sup>9</sup>

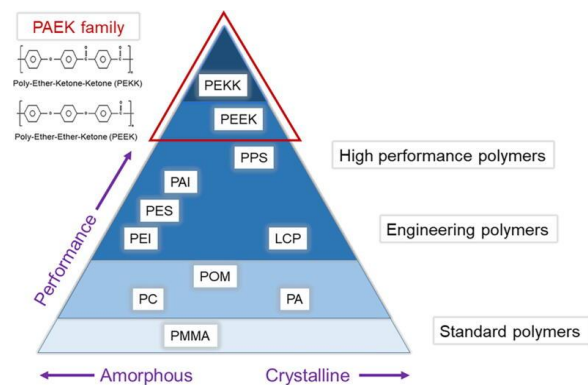
Meningkatnya kebutuhan akan perawatan gigi tiruan membutuhkan pemilihan bahan yang dapat meningkatkan keberhasilan implan

dan mengurangi potensi gagalnya implan dan prosthesis, sehingga perlu dilakukan eksplorasi terkait potensi bahan PEKK untuk GTSL.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Struktur PEKK

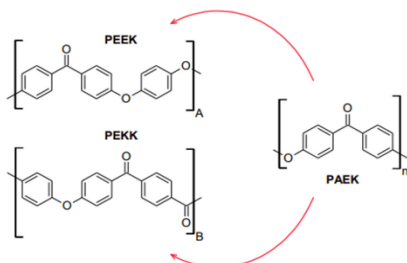
Polyaryletherketone (PAEK) merupakan *polyethylene* dengan berat molekul yang tinggi. Keluarga PAEK yang memiliki performa tinggi, yaitu *polyetheretherketone* (PEEK) dan PEKK. Struktur molekul PEEK dan PEKK memiliki cincin aromatik yang menandakan bahwa keduanya termasuk ke dalam grup ether- dan ketone-. Keluarga PAEK merupakan polimer termoplastik dan memiliki performa mekanis yang superior dengan resistensi kimia yang baik dibandingkan dengan komposit termoplastis yang lain.<sup>4</sup>



Gambar 1 Piramida polimer<sup>4</sup>

PEKK memiliki keunggulan dibandingkan dengan PEEK karena memiliki gugus ketone kedua, sehingga polaritasnya meningkat dan gugus utamanya rigid. Hal tersebut menyebabkan peningkatan pada *glass transition* dan penurunan suhu leleh. PEKK merupakan polimer termoplastik yang mengandung cincin benzene terikat kuat pada gugus ether atau ketone.<sup>10</sup> PEKK juga dapat diproduksi dari *diphenyl ether* dan iso- serta terephthaloyl chlorides dengan aluminium chloride ( $AlCl_3$ ) dan nitrobenzene.<sup>11</sup>

PEKK memiliki keunggulan dibandingkan dengan PEEK karena memiliki gugus ketone kedua, sehingga polaritasnya meningkat dan gugus utamanya rigid. Hal tersebut menyebabkan peningkatan pada *glass transition* dan penurunan suhu leleh. PEKK merupakan polimer termoplastik yang mengandung cincin benzena terikat kuat pada gugus ether atau ketone.<sup>10</sup> PEKK juga dapat diproduksi dari *diphenyl ether* dan iso-serta terephthaloyl chlorides dengan aluminium chloride ( $AlCl_3$ ) dan nitrobenzene.<sup>11</sup>



Gambar 2 Struktur molekul polimer PAEK, PEEK, dan PEKK<sup>11</sup>

PEKK juga menunjukkan bentuk yang cenderung *amorphous* dan *crystalline*, sehingga dapat menghasilkan berbagai macam produk, salah satunya digunakan dalam kedokteran gigi. PEKK dengan perbandingan 60% gugus utama dan 40% segmen dapat meleleh pada suhu 305°. Selain itu, gugus ketone tambahan dalam PEKK memiliki ikatan polimer yang kuat dan menunjukkan sifat fisik dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan PEEK. Hal tersebut dapat dilihat dari *compressive strength* yang dimiliki oleh PEKK lebih baik dibandingkan dengan PEEK.<sup>12</sup>

### Sifat mekanis dan fisika PEKK

Saat ini tren pemanfaatan PEKK dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi semakin meningkat karena sifat biomekaniknya yang diinginkan dan menjanjikan, seperti kekuatan tekan, tarik, dan lentur. Selain itu, penambahan gugus keton dalam struktur molekulnya membuat bahan lebih fleksibel dalam modifikasi permukaan, pengikatan, dan peningkatan suhu leleh dibandingkan dengan PEEK. Semakin banyak gugus keton pada PEKK meningkatkan kemampuan modifikasi kimia permukaan karena keberadaan  $-SO_3H$  akan lebih besar pada PEKK dibandingkan PEEK.<sup>13</sup>

Modulus elastisitas PEKK juga sangat mirip dengan tulang dan memiliki sifat peredam kejut dalam simulasi lingkungan intraoral. Sementara itu, PEEK adalah bahan termoplastik yang tidak diklasifikasikan karena memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi di antara termoplastik dalam database.<sup>14</sup>

PEKK menunjukkan sifat fisik dan mekanis yang sangat baik, seperti suhu leleh yang tinggi dan *compressive strength* yang lebih baik dibandingkan dengan bahan polimer yang lain. Jika dibandingkan dengan PEEK, PEKK menunjukkan sifat mekanis yang lebih baik, seperti *flexure strength*, *tensile strength*, dan *compressive strength*. Selain itu, penambahan titanium dioksida ( $TiO_2$ ) pada PEKK meningkatkan kekerasan dan *wear resistance*.<sup>15</sup>

Batas *fatigue* PEKK (754 N) dilaporkan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan zirkonia (422 N), dan NiCr (586 N). Demikian pula, batas kelelahan mahkota molar veneer komposit PEKK juga sebanding dengan CoCr dan polimetilmetakrilat (PMMA) (750 N). Menurut klasifikasi Burke, *fracture code* PEKK didistribusikan antara kode satu dan dua sedangkan Zr dan NiCr menunjukkan kode satu dan distribusi antara kode 1 dan 4, masing-masing, ketika mengalami pembebanan di bawah batas kelelahan kelompok.<sup>16</sup>

Penyerapan guncangan dengan kekuatan yang sesuai (65 MPa)

dan sifat ketahanan terhadap patah PEKK meningkatkan kemungkinan penggunaannya sebagai bahan restorasi. PEKK memiliki kekuatan kompresi yang serupa dengan modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan dentin.<sup>13</sup>

### Sifat biologis PEKK

Dalam hal manufaktur digital, PEKK menawarkan lebih banyak polimer yang dapat dicetak dibandingkan PEEK karena posisi ikatan keton pada cincin aromatik dapat berubah, sehingga memungkinkan terjadi perubahan suhu leleh dan laju kristalisasi. Hal ini memiliki tampilan estetika yang lebih menyenangkan dan keausan serta gesekan yang lebih baik. Dalam polimer PEKK, penambahan gugus keton kedua ke tulang punggung polimer menciptakan unit berulang dari dua bentuk isomer. Hasilnya, tidak terlalu terpengaruh oleh pendinginan, sehingga daya rekat lebih baik dan lebih sedikit lengkungan.<sup>14</sup>

Mengenai aktivitas antibakteri, dibandingkan dengan PEEK yang digunakan dalam industri ortopedi, PEKK menunjukkan lebih sedikit bakteri yang melekat pada permukaannya. Tanpa antibiotik, terjadi penurunan adesi dan pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* sekitar 50% pada PEKK setelah 5 hari inkubasi. Selain itu, perlekatan *Staphylococcus epidermidis* pada permukaan PEKK 37% lebih sedikit. Berbagai penelitian telah menunjukkan tindakan anti-inflamasi PEKK dan adesi bakteri yang lebih sedikit dibandingkan dengan PMMA konvensional dan PEEK.<sup>4</sup>

### Penggunaan PEKK dalam kedokteran gigi

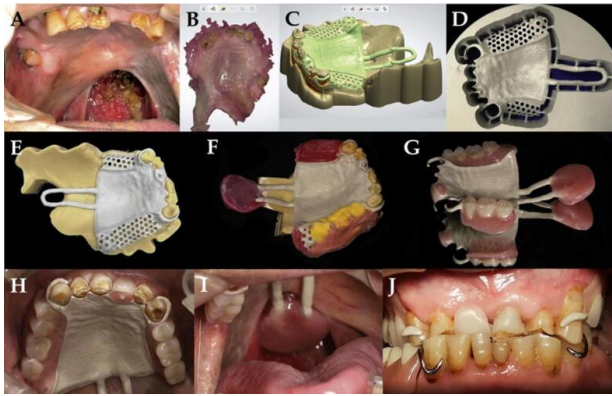
Estetika menjadi perhatian besar bagi pasien yang menjalani prosedur perawatan gigi. Untuk meningkatkan kepuasan pasien, faktor estetika harus diperhitungkan saat merancang prosedur gigi, khususnya perawatan prostetik. Pasien yang, karena alasan estetika, lebih memilih GTSL dengan jepitan non-logam menggunakan GTSL berbasis resin termoplastik, menghadapi kelemahan elemen logam yang kurang kaku dan dukungan yang tidak memadai pada gigi penyangga.<sup>14</sup>

Namun, dalam penelitian pendahuluan dan penerapannya, PEEK dan PEKK banyak digunakan sebagai implan gigi, penyangga sementara, obturator, *clasp* gigi tiruan, dan lain-lain karena fitur biologis, mekanis, kosmetik, dan penanganannya yang sangat baik. Selama dua dekade terakhir, para peneliti dan dokter gigi telah berupaya menyempurnakan alternatif bebas logam dibandingkan implan, penyangga, dan restorasi gigi tradisional. Zirkonium dioksida adalah salah satu bahan tersebut. Sayangnya, bahan ini mengalami kerusakan pada suhu rendah dan modulus Young yang tinggi.<sup>17</sup>

Sun et al dalam penelitiannya membuat protesis *speech bulb* pada pasien pascaperawatan *oral squamous cell carcinoma* pada palatum lunak. Sebelumnya, pasien telah menggunakan *speech bulb* yang GTSL-nya dibuat dari aloi logam CoCr dan resin akrilik. Pasien mengeluh kerangka gigi tiruannya terlalu rigid dan berat, serta kerangka logamnya membuat pasien merasa mual.<sup>18</sup>

Dilakukan *intraoral scanning* untuk mendapatkan data 3D gigi geligi dan palatum lunak pasien, kemudian data ditransfer ke *software CAD* dan disurvei untuk mendapatkan *path of insertion* dari protesis. *Undercut* pada gigi kaninus dipilih untuk memberikan retensi yang baik pada GTSL lalu diberikan warna orange atau merah. Kemudian ketebalan plat *palatal* dan *clasp* diatur sehingga menghasilkan data desain GTSL. Data tersebut ditransfer ke mesin *milling* untuk mencetak kerangka GTSL dari PEKK *dental disc*. Kemudian dilakukan pencetakan *resin cast* dari data IOS menggunakan *3D printing system*.<sup>18</sup>

Pada kunjungan kedua, dilakukan pasang coba kerangka PEKK untuk mengecek apakah kerangka RPD sudah fit. Setelah itu dilaku-



Gambar 3 Pembuatan *speech bulb* dan GTSL menggunakan PEKK<sup>18</sup>

kan pencetakan oklusi dan area edentulus menggunakan bahan cetak. Cetakan dirangkai dengan *resin cast* dan direkatkan, lalu dilakukan penyusunan gigi, kemudian dilakukan *trial denture* dan evaluasi oklusi serta estetika GTSL. GTSL dibuat secara konvensional dan diinsersikan kepada pasien. Evaluasi dan *occlusal adjustment* dilakukan untuk menyempumakan gigi tiruan.<sup>18</sup>

## PEMBAHASAN

Kehilangan gigi berarti kehilangan identitas kunci dan itu sangat merugikan karena memengaruhi tampilan, pengunyahan dan efisiensi bicara, sehingga diperlukan penggantian gigi yang hilang dengan memakai gigi tiruan. Terdapat berbagai metode yang tersedia untuk pengelolaan kehilangan gigi sebagian, yaitu dengan menggunakan GTSL, gigi tiruan cetak (GTT) dan implan.<sup>4</sup>

Pemilihan bahan prosthesis yang tepat dapat meminimalisasi terjadinya radang pada rongga mulut. Sifat-sifat bahan yang melekat tidak hanya akan mempengaruhi jumlah mikroorganisme, tetapi juga profil dan kekuatan adhesinya pada permukaan bahan. Selain itu, gigi tiruan harus memiliki permukaan yang halus untuk meminimalkan retensi plak dan organisme mikro.<sup>19,20</sup> Untuk itu, kekasaran permukaan gigi tiruan gigi tidak boleh melebihi ambang batas 0,2  $\mu\text{m}$ .<sup>19,21</sup>

Polimer menjadi salah satu bahan penting dalam kedokteran gigi, memiliki sifat fisik, mekanik yang sangat baik dan dilaporkan memiliki biokompatibilitas yang sangat baik. Berbagai peranti lepasan, restorasi, implan, dan bahan basis gigi tiruan dibuat dari polimer.<sup>10</sup> PEKK merupakan bahan polimer baru yang menarik perhatian para peneliti karena sifat-sifatnya yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam banyak aplikasi.<sup>3</sup>

Saat ini bahan kerangka logam yang sering untuk GTSL adalah aloi CoCr. Meskipun memiliki sifat mekanis yang kuat, logam ini juga memiliki beberapa efek samping, terutama pada penderita alergi lo-

gam. Hal tersebut menyebabkan diperlukan bahan alternatif yang tidak menyebabkan alergi logam, dan memiliki sifat biomekanis yang lebih baik, salah satunya adalah bahan PEKK. Jika dibandingkan dengan CoCr, PEKK memiliki beberapa kelebihan, yaitu lebih retentif dan deformitasnya yang lebih rendah. Hal tersebut membuat gigi tiruan dengan kerangka PEKK menjadi lebih retentif dan stabil dalam jangka panjang.<sup>22</sup>

PEKK telah digunakan sebagai bahan alternatif untuk kerangka GTSL, GTC, dan penyangga implan.<sup>12,23</sup> Bahan ini memiliki kekuatan tekan 80% lebih tinggi dan sifat kelelahan jangka panjang yang lebih baik daripada PEEK tanpa perkuatan. PEKK telah digunakan sebagai kerangka karena beratnya yang ringan dan cocok dengan berbagai bahan pelapis.<sup>12</sup>

PEKK menunjukkan sifat fisik dan mekanik yang sangat baik, seperti suhu leleh dan kuat tekan dibandingkan bahan polimer lainnya. Dibandingkan dengan PEEK (murni dan diperkuat kaca), PEKK menunjukkan sifat mekanik yang lebih baik dalam hal *flexural strength*, *compressive strength*, dan *tensile strength*. Gading Pekkton® (Cendres + Métaux, SA, Swiss), produk PEKK memiliki kuat tekan 80% lebih tinggi dari pada PEEK murni.<sup>5</sup> Penambahan TiO<sub>2</sub> pada PEKK meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus.<sup>15</sup>

Gigi tiruan dengan kerangka yang rigid menunjukkan distribusi tekanan yang baik pada area gigi tiruan. Sebuah studi oleh Keilig et al mengungkapkan bahwa terdapat pengaruh besar tegangan yang merata pada kerangka GTC kecil (tiga dan empat unit). Selain itu, jaringan di sekitarnya tidak terpengaruh oleh ketegangan di sekitarnya karena pemilihan bahan. Hal ini menegaskan bahwa polimer PEKK bisa menjadi alternatif kerangka logam.<sup>24</sup> Hal tersebut juga didukung dengan penelitian oleh Lee et al yang menunjukkan bahwa kerangka gigi tiruan berbahan PEKK memiliki efek *shock-absorbing* pada area yang terjadi tekanan kompresif. Tekanan yang lebih tinggi ditransfer ke area yang lebih jauh dari *loading area* karena adanya peningkatan *tensile stress*.<sup>8</sup>

Disimpulkan bahwa PEKK merupakan bahan polimer alternatif yang dapat digunakan sebagai implan dan gigi tiruan karena memiliki biokompatibilitas yang baik, memiliki sifat-sifat biomaterial seperti tingginya modulus elastisitas, *tensile strength*, *flexural strength*, dan *compressive strength* yang dapat menyebarkan beban ke bagian tertentu gigi tiruan, namun pemilihan bahan perlu disesuaikan dengan rencana terapi dan kasus yang sesuai. Meskipun demikian, bahan PEKK juga memiliki kelemahan berupa *dislodging force* yang cukup tinggi.

Perlu evaluasi jangka panjang mengenai penggunaan PEKK karena penggunaan bahan kerangka gigi tiruan dengan modulus elastisitas yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan beban pada struktur gigi tiruan yang lain dan dapat menyebabkan berkurangnya keamanan gigi tiruan dalam jangka waktu yang lama

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan RI. Riskesdas 2018. Lap Nas Riskesdas 2018. 2018;44(8).
2. Refai OM, Nawar NH, Lebshtien IT. Assessment of retention of CAD-CAM milled PEKK vs PEEK double crown-retained removable partial dentures: a randomized clinical trial. *J Contemp Dent Pract* 2021;22(11):1250-6. doi:10.5005/jp-journals-10024-3233
3. Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *J Prosthodont Res* 2016; 60(1):12-19. doi:10.1016/j.jpor.2015.10.001
4. Alqurashi H, Khurshid Z, Syed AUY, Rashid Habib S, Rokaya D, Zafar MS. Polyetheretherketone (PEKK): An emerging biomaterial for oral implants and dental prostheses. *J Adv Res* 2021;28:87-95. doi:10.1016/j.jare.2020.09.004
5. Alsadon O, Wood D, Patrick D, Pollington S. Fatigue behavior and damage modes of high performance poly-ether-ketone-ketone PEKK bilayered crowns. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;110. doi:10.1016/j.jmbm.2020.103957
6. Elkabbany A, Kern M, Elkhadem AH, Wille S, A. Amer A, Chaar MS. Retention of metallic and non-metallic double-crown-retained mandibular overdentures on implants: An in-vitro study. *J Prosthodont Res* 2020;64(4):384-90. doi:10.1016/j.jpor.2019.11.001
7. Nishihara H, Haro Adanez M, Att W. Current status of zirconia implants in dentistry: preclinical tests. *J Prosthodont Res* 2019;63:1-14. doi:10.1016/j.jpor.2018.07.006
8. Lee KS, Shin SW, Lee SP, Kim JE, Kim JH, Lee JY. Comparative evaluation of a four-implant-supported polyetheretherketone framework prosthesis: a three-dimensional finite element analysis based on cone beam computed tomography and computer-aided design. *Int J Prosthodont* 2017;30(6):581-

5. doi:10.11607/ijp.5369
9. Schwitala AD, Spintig T, Kallage I, Müller WD. Flexural behavior of PEEK materials for dental application. *Dent Mater* 2015;31(11):1377-84. doi:10.1016/j.dental.2015.08.151
10. Rokaya D, Srimanepong V, Sapkota J, Qin J, Sirileartmukul K, Siriwongrungson V. Polymeric materials and films in dentistry: An overview. *J Adv Res* 2018;14:25-34. doi:10.1016/j.jare.2018.05.001
11. Kewekordes T, Wille S, Kern M. Wear of polyetherketoneketones-Influence of titanium dioxide content and antagonistic material. *Dent Mater* 2018;34(3):560-67. doi:10.1016/j.dental.2017.12.009
12. Dawson JH, Hyde B, Hurst M, Harris BT, Lin WS. Polyetherketoneketone (PEKK), a framework material for complete fixed and removable dental prostheses: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2018;119(6):867-72. doi:10.1016/j.prosdent.2017.09.008
13. Song CH, Choi JW, Jeon YC. Comparison of the microtensile bond strength of a polyetherketoneketone (PEKK) tooth post cemented with various surface treatments and various resin cements. *Mater (Basel)* 2018;11(6):1-14. doi:10.3390/ma11060916
14. Zol SM, Alauddin MS, Said Z. Description of poly(aryl-ether-ketone) materials (PAEKs), polyetheretherketone (PEEK) and polyetherketoneketone (PEKK) for application as a dental material: a materials science review. *Polymers (Basel)* 2023;15(9). doi:10.3390/polym15092170
15. Han KH, Lee JY, Shin S. Implant- and tooth-supported fixed prostheses using a high-performance polymer (Pekkton) framework. *Int J Prosthodont* 2016;29(5):451-54. doi:10.11607/ijp.4688
16. Fuhrmann G, Steiner M, Freitag-Wolf S, Kern M. Resin bonding to three types of polyaryletherketones (PAEKs) - durability and influence of surface conditioning. *Dent Mater* 2014;30(3):357-63. doi:10.1016/j.dental.2013.12.008
17. Ma R, Tang T. Current strategies to improve the bioactivity of PEEK. *Int J Mol Sci* 2014;15(4):5426-45. doi:10.3390/ijms15045426
18. Sun F, Shen X, Zhou N. A speech bulb prosthesis for a soft palate defect with a polyetherketoneketone (PEKK) framework fabricated by multiple digital techniques: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2020;124(4):495-9. doi:10.1016/j.prosdent.2019.10.020
19. Berglundh T, Armitage G, Araujo MG. Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol* 2018;45:S286-S291. doi:10.1111/jcpe.12957
20. Hahnel S, Wieser A, Lang R, Rosentritt M. Biofilm formation on the surface of modern implant abutment materials. *Clin Oral Implant Res* 2015;26:1297-1301. doi:10.1111/cir.12454
21. Coli P, Christiaens V, Sennerby L, de Bruyn H. Reliability of periodontal diagnostic tools for monitoring peri-implant health and disease. *Periodontol 2000* 2017;73(1):203-17. doi:10.1111/prd.12162
22. Peng PW, Chen MS, Peng TY, Huang PC, Nikawa H, Lee WF. *In vitro* study of optimal removable partial denture clasp design made from novel high-performance polyetherketoneketone. *J Prosthodont Res* 2024. doi:10.2186/jpr.d\_23\_00080
23. Klur T, Hasan I, Ottersbach K. PEKK-made indirect temporary crowns and bridges: a clinical pilot study. *Clin Oral Investig* 2019;23(2):771-7. doi:10.1007/s00784-018-2493-z
24. Keilig L, Stark H, Bourauel C. Does the material stiffness of novel high-performance polymers for fixed partial dentures influence their biomechanical behavior? *Int J Prosthodont* 2016:595-7. doi:10.11607/ijp.4940