



Araştırma

2023; 32 (Ek Sayısı):35-39

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM (CAD/CAM) YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN PROTEZ KAİDE MATERYALLERİNİN SU EMİLİMİ VE ÇÖZÜNÜRLÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ*
EVALUATION OF WATER SORPTION AND SOLUBILITY OF COMPUTER AIDED DESIGN AND COMPUTER AIDED MANUFACTURING (CAD/CAM) DENTURE BASE MATERIALS

Filiz YAĞCI¹, Aşkın Nur TUĞLUK¹

¹Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Kayseri

ÖZ

Diş hekimliğinde dijital teknolojilerin yaygınlaşması ile birlikte hareketli protezlerin bilgisayar destekli üretimi için polimetilmetakrilat (PMMA) ve polietereeterketon (PEEK) blok kaide materyalleri kullanılmaktadır. Bu materyallerin su emilimi ve çözünürlük gibi fiziksel özelliklerinin geleneksel yöntemle ısı ile polimerize edilen PMMA'dan daha üstün olduğu öne sürülmektedir. Bu çalışmada, blok PMMA, Titanyum dioksit (TiO₂) içerikli PEEK kaide materyallerinin ve PEEK'in veneerlenmesinde kullanılan bir indirekt laboratuvar kompozit rezininin su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin ısı ile polimerize olan PMMA ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Blok PMMA, TiO₂ içerikli PEEK, indirekt kompozit rezin ve ısı ile polimerize olan akrilikten 10×2 mm disk şeklinde örnekler hazırlanmıştır (n=40). Örnekler hassas terazide tartıldıktan sonra 7 gün süreyle distile suda 37°C'de saklanmıştır. Daha sonra hassas terazide tartılarak su emilimi oranı hesaplanmıştır. Çözünürlük ise örnekler tamamen kurutulduktan sonra tekrar tartılarak hesaplanmıştır. Su emilimi ve çözünürlük verileri Kruskal-Wallis ve post-hoc Tukey testleri ile analiz edilmiştir (p=0.05). Blok PMMA (%1.372), indirekt kompozit rezine (%0.389) ve PEEK'e (%0.212) göre daha fazla su emilimi gösterirken; ısı ile polimerize olan PMMA örnekler (%1.329) ise PEEK'e göre daha fazla su emilimi göstermiştir (p<0.001). Isı ile polimerize olan PMMA ile blok PMMA ve indirekt kompozit rezin arasında ise su emilimi açısından anlamlı fark görülmemiştir (p>0.05). Isı ile polimerize olan PMMA, en yüksek suda çözünürlüğü göstermiştir. PEEK örnekler blok PMMA'ya (p=0.003) ve ısı ile polimerize olan PMMA'ya (p=0.000) göre daha az suda çözünürlük göstermiştir. İndirekt kompozit, blok PMMA'ya (p=0,011) ve ısı ile polimerize olan akriliğe göre (p=0.000) daha az çözünürlük göstermiştir. Su emilimi ve çözünürlüğün hareketli protezlerde akrilik kaidenin mekanik özelliklerini, mikroorganizma tutulumunu, renklenmesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre TiO₂ içerikli PEEK ve yüzeyinin dişeti renginde veneerlenmesinde kullanılan indirekt kompozit rezinin kaide materyali olarak kullanıldığında her iki PMMA materyalden daha az su emilimi ve çözünürlük göstermesi biyolojik, mekanik ve estetik özellikler bakımından uzun vadede hareketli protezler için yarar sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Çözünürlük, indirekt kompozit rezin, polimetilmetakrilat, polietereeterketon, su emilimi

*23.02.2023-25.02.2023 tarihinde Kayseri/TÜRKİYE'de gerçekleştirilen ERDİŞ 2023, 2. Uluslararası Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Makale Geliş Tarihi : 31.05.2023
Makale Kabul Tarihi: 14.09.2023

ABSTRACT

With widespread use of digital technologies in dentistry, polymethylmethacrylate (PMMA) and polyetheretherketone (PEEK) block denture base materials are used for computer-aided manufacturing of removable dentures. It is suggested that the physical properties of these materials such as water sorption and solubility are superior to PMMA produced by the traditional heat polymerization method. In this study, it was aimed to compare the water sorption and solubility of block PMMA, Titanium Dioxide (TiO₂) containing PEEK denture base materials and an indirect laboratory composite resin used for veneering of PEEK with heat polymerized PMMA. 10×2 mm disc-shaped specimens were prepared from block PMMA, PEEK containing TiO₂, indirect laboratory composite resin and heat polymerized acrylic resin (n=40). After weighing the samples on an analytical balance, they were stored in distilled water at 37°C for 7 days. Then, the water sorption ratios were calculated by weighing specimens again. After the specimens getting completely dried, they were weighed again and the solubility ratios were calculated. Water sorption and solubility data were analyzed by Kruskal-Wallis and post-hoc Tukey tests (p=0.05). While block PMMA (1.372%) showed more water sorption than indirect composite resin (0.389%) and PEEK (0.212%); heat polymerized PMMA specimens (1.329%) showed more water sorption than PEEK (p<0.001). There was no significant difference in terms of water sorption between heat polymerized PMMA with block PMMA and indirect composite resin (p>0.05). Heat polymerized PMMA showed the highest water solubility value. PEEK showed less water solubility than block PMMA (p=0.003) and heat polymerized PMMA (p=0.000). Indirect laboratory composite showed less solubility than block PMMA (p=0.011) and heat polymerized PMMA (p=0.000). It is known that water sorption and solubility adversely affect the mechanical properties, microorganism uptake and coloration of the acrylic base in removable dentures. According to the results of this study, the fact that PEEK denture base containing TiO₂ and indirect composite resin used for veneering its surface in gingival color show less water sorption and solubility than both PMMA materials may be advantageous for removable dentures in long term in terms of biological, mechanical and esthetic properties.

Keywords: Solubility, indirect composite resin, polymethylmethacrylate, polyetheretherketone, water sorption

Sorumlu Yazar: Arş. Gör. Aşkın Nur TUĞLUK, Köşk Mahallesi Prof Dr N. Taker Caddesi 38039 Melikgazi/Kayseri, dishkemiasinnur@gmail.com, 0009-0009-8032 8359
Doç. Dr Filiz YAĞCI, ftesar@erciyes.edu.tr, 0000-0002-1917-0822

GİRİŞ

Diş eksikliği olan bireylerde hareketli protezler sıklıkla kullanılan tedavi seçeneklerinden biridir. Dental implantlar, hareketli protezlere alternatif bir tedavi yaklaşımı sağlasa da, tedavinin karmaşıklığı, cerrahi işlem gerektirmesi ve maliyet açısından hareketli protezler birçok hasta için hala kaçınılmaz bir tedavi seçeneğidir. Polimetilmetakrilat (PMMA) rezin, 1930'lu yılların sonlarından beri hareketli protezlerde kullanılmaktadır (1). Yıllar içerisinde PMMA rezininin fiziksel özellikleri iyileştirilmiş olmakla birlikte konvansiyonel yöntemlerle üretilen tam protezler, reaksiyona girmemiş artık monomerlerin varlığı (2), Candida Albicans'ın neden olduğu kandidiyazis riski (3), su emilimi, kırılma dayanıklılık ve çözünürlük göstermeleri gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (4). Günümüzde bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemlerinin geliştirilmesi ile önceden polimerize edilmiş akrilik rezin bloklardan hareketli protez imalatının bu potansiyel dezavantajların birçoğunun azaltılmasına yardımcı olabileceği öne sürülmektedir (3,5-8).

Polietereterketon (PEEK), yüksek performanslı işlenebilir bir polimerdir. Biyouyumluluğu, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri nedeniyle geleneksel Kobalt-Krom (Co-Cr) iskeletlere (9-11) umut verici bir alternatiftir (12,13). PEEK son zamanlarda diş hekimliğinde hareketli protez kaidelerinin (14) ve iskeletlerinin, abutmentlerin, implant destekli barların, diş implantlarının ve sabit bölümlü protez altyapılarının imalatında kullanılmaktadır (15). Ancak sabit protezler için translüsent olmaması ve grimsi görünümü nedeniyle monolitik bir restorasyon üretimine uygun değildir (16). Bu nedenle, PEEK altyapılı restorasyonlarda iyi bir estetik elde etmek için bir indirekt kompozit rezin ile veneerlenmesine ihtiyaç vardır (16).

İndirekt kompozitler, inley, overlay, endokron yapımında kullanılabilir (17). PEEK ve blok PMMA materyallerine estetik görünüm kazandırmak amacıyla yüzey veneerlenmesinde de kullanılan diş eti kompoziti olarak da yaygınlaşan sistemler, çeşitli renk seçenekleri sunarak protezin estetik ve mekanik özelliklerine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı dijital olarak üretilen PMMA ve PEEK blok kaide materyalleri ve onların üzerine uygulanan indirekt kompozit materyallerin su emilimi ve suda çözünürlüğünün geleneksel ısı ile polimerize olan PMMA ile karşılaştırılmasıdır. Test edilen başlangıç hipotezi blok kaide materyalleri ve üzerine uygulanan indirekt kompozitin su emilimi ve çözünürlüğünün ısı ile polimerize olan PMMA'dan farklı olmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada ısı ile polimerize olan PMMA (Weropress, Merz Dental, Almanya), blok PMMA (Yamahachi, Japonya), titanyum dioksit (TiO₂) içerikli PEEK (Juvora Ltd, Lancashire, İngiltere) ve indirekt laboratuvar kompoziti (Gradia, GC, Almanya) olmak üzere 4 farklı materyalden 10×2 mm boyutlarında disk şeklinde örnekler hazırlanmıştır (n=10). TiO₂ içerikli PEEK ve blok PMMA 3 boyutlu tasarım yazılımında (Exocad, ABD) belirtilen boyutlarda tasarlanarak CAD-CAM (Yenadent, Türkiye) aracılığıyla üretilmiştir. Isı ile polimerize olan akrilik örnekler ise mum modelaj sonrası geleneksel muflalama işle-

mi yapılarak üretilirken indirekt kompozit örnekler teflon kalıp içerisinde kompozit polimerizasyon (Vhf Camfacture AG, Almanya) ünitesinde polimerize edilmiştir. Örneklerin yüzeyleri incelenerek pörözite içermemesine dikkat edilmiştir. Kompozit rezin örnekler parlatma diskleri (3M™ Sof-Lex™, ABD) ile polisajlanmıştır. Isı ile polimerize olan PMMA ve blok PMMA örnekler su-pomza karışımı ve ardından alçı-alkol karışımı ile polisajlanmıştır. PEEK örneklerin yüzeyi ise 1200 gritlik zımpara ile zımparalanmıştır. Tüm örnekler etil alkol içeren ultrasonik temizleyicide beş dakika süreyle bekletilerek temizlenmiş, ardından kurumaya bırakılmıştır.

Her bir örnek, kalibre edilmiş, 0.01 mg hassasiyete sahip laboratuvar terazisinde (AUW22D, Shimadzu, Japonya) üçer kez tartılmış ve değerlerin ortalaması alınarak başlangıç ağırlığı (M1) belirlenmiştir. Daha sonra örnekler yedi gün boyunca 4 ml kapalı tüpler içinde distile suda, 37°C'de inkübatör (EN 025, Nüve, Türkiye) içerisinde bekletilmiştir. Yedi günün sonunda örnekler yüzeylerindeki fazla sudan arındırmak için ipliksiz peçete ile kurulandıktan sonra tekrar tartılmış ve değerler kaydedilmiştir (M2). Örnekler 3 hafta boyunca tamamen kurumaya bırakıldıktan sonra tekrar tartılarak değerler kaydedilmiştir (M3).

Örneklerin su emilimi ve çözünürlükleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (18).

- Su emilimi=100 x (M2-M1/M1)
- Çözünürlük=100 x (M1-M3/M1)

İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Statistical Package of Social Sciences (SPSS, Versiyon 24.0, IBM Inc. Armonk, ABD) bilgisayar yazılımı kullanıldı. Su emilimi ve çözünürlük verileri Kruskal-Wallis ve post-hoc Bonferroni correction testleri ile analiz edildi. Normal dağılmayan veriler medyan (%25 ve %75) olarak verilmiştir. İstatistiksel anlamlılık değeri p<0.05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Blok PMMA (%1.372), indirekt kompozite (%0.389) ve PEEK'e (%0.212) göre daha fazla su emilimi gösterirken; ısı ile polimerize olan PMMA örnekler (%1.329) ise PEEK'e göre daha fazla su emilimi göstermiştir (p<0.001) (Tablo I).

Isı ile polimerize olan PMMA ile blok PMMA ve indirekt kompozit rezin arasında ise su emilimi açısından anlamlı fark görülmemiştir (p>0.05) (Tablo II).

Suda çözünme değerlerine bakıldığında ise ısı ile polimerize olan PMMA, en yüksek suda çözünme değerini göstermiştir (Tablo III). PEEK, blok PMMA'ya (p=0.003) ve ısı ile polimerize olan akriliğe (p=0.000) göre daha az suda çözünürlük göstermiştir. İndirekt kompozit, blok PMMA'ya göre (p=0.011) ve ısı ile polimerize olan akriliğe göre (p=0.000) daha az çözünürlük göstermiştir (Tablo IV).

TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre blok PMMA, indirekt kompozite ve PEEK'e göre daha fazla su emilimi gösterirken; ısı ile polimerize olan PMMA ise PEEK'e göre daha fazla su emilimi göstermiştir. Suda çözünme

Tablo I. Su emilimi değerlerinin (ağırlıkça,%) Kruskal Wallis testi analizi ile karşılaştırılması

	Medyan	%25	%75
Sıcak Akril	1.329	1.286	1.374
Blok PMMA	1.372	1.363	1.379
PEEK	0.212	0.203	0.219
Kompozit	0.389	0.384	0.427
P Değeri	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Tablo II. Su emilimi değerlerinin ikili karşılaştırılması

Karşılaştırma	Difference ranks	of q	p
Blok PMMA ve PEEK	275.000	7.439	<0.001
Blok PMMA ve Kompozit	175.000	4.734	<0.001
Blok PMMA ve Sıcak Akril	50.000	1.353	
Sıcak Akril ve PEEK	225.000	6.086	<0.001
Sıcak Akril ve Kompozit	125.000	3.381	
Kompozit ve PEEK	100.000	2.705	

*İkili karşılaştırmalarda Bonferroni correction testi kullanılmıştır.

Tablo III. Suda çözünme değerlerinin Kruskal Wallis testi analizi ile karşılaştırılması.

	Medyan	%25	%75
Sıcak Akril	0.122	0.111	0.223
Blok PMMA	0.105	0.101	0.115
PEEK	0.024	0.018	0.028
Kompozit	0.028	0.018	0.034
P değeri	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Tablo IV. Suda çözünme değerlerinin ikili karşılaştırılması

Karşılaştırma	Test İstatistik	Standart Hata	p
PEEK ve Kompozit	-2.000	5.228	1.000
PEEK ve Blok PMMA	18.300	5.228	0.003
Blok PMMA ve Sıcak Akril	-5.400	5.228	<0.001
PEEK ve Sıcak Akril	23.700	5.228	<0.001
Kompozit ve Blok PMMA	16.300	5.228	0.011
Kompozit ve Sıcak Akril	21.700	5.228	<0.001

*İkili karşılaştırmalarda Bonferroni correction testi kullanılmıştır.

değerlerine bakıldığında ise ısı ile polimerize olan PMMA en yüksek suda çözünme değerini göstermiştir. PEEK, blok PMMA'ya ve ısı ile polimerize olan akriliğe göre daha az suda çözünürlük göstermiştir. İndirekt laboratuvar kompoziti, blok PMMA ve ısı ile polimerize olan akriliğe göre daha az çözünürlük göstermiştir. Bu bulgular neticesinde blok kaide materyalleri ve üzerlerine uygulanan indirekt kompozitin su emilimi ve suda çözünürlüğün ısı ile polimerize olan akrilik rezinden farklı olmayacağı yönündeki başlangıç hipotezi reddedilmiştir.

Su emilimi ve çözünürlüğün hareketli protezlerde akrilik kaidenin mekanik özelliklerini, mikroorganizma tutulumunu ve renklenmesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Günümüzde dijital teknolojilerin gelişmesi ile beraber hareketli protezlerin de dijital üretimi yaygınlaşmaktadır. Isı ile polimerize olan geleneksel akrilik rezin protez üretiminin yerini önceden polimerize edilmiş akrilik rezin kaideler almaya başlamıştır. Önceden polimerize edilmiş PMMA bloklar, yüksek ısı ve basınç altında, nem içermeyen ortamda polimerize edilmekte ve sonuçta pörözite içermeyen, yüksek oranda çapraz bağlı polimer elde edilmektedir. Bunun sonucunda da gelişmiş fiziksel özelliklere ulaşılmaktadır.

Hada ve ark. ısı ile polimerize olan PMMA'nın su emili-

minin blok PMMA'dan fazla olduğunu bulmuşlardır (19). Bizim çalışmamızda ise bu materyaller arasında su emilimi yönünden anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Mensitieri ve ark. hem amorf hem de yarı kristal PEEK için elde edilen su emilimi değerlerinin, bu tür yüksek performanslı termoplastik polimerin iyi nem ve sıvı direncini doğruladığını belirtmiştir (20). Şimdiki çalışmanın sonuçları da PEEK'in su emilimi ve çözünürlüğünün çalışmadaki diğer materyallere göre üstünlüğünü göstermiştir.

Greyson ve ark. PEEK'in suda çözünürlük değerinin 35°C'de ağırlıkça %0.44 iken 95°C'de ağırlıkça %0.55 olduğunu bulmuşlardır (21). Bizim çalışmamızda örnekler 37°C'de bekletilmiş olup çözünürlük değeri ağırlıkça % 0.212 olarak bulunmuştur.

İskender ve ark.'nın çalışmasında 4 farklı indirekt kompozit markasından üretilen örnekler 7 gün süre ile distile su içinde bekletilmiş, ardından su emme değerleri incelenmiştir. Dört farklı marka arasında su emme yönünden anlamlı bir fark görülmezken Gradia indirekt kompozitin su emme değeri $3.88 \pm 1.7 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak bulunmuştur. Bu çalışmada yazarlar su emiliminin geleneksel kompozitlerle benzer olduğu sonucuna varmışlardır (22).

Şahin ve ark.'nın çalışmasında ısı ile polimerize olan PMMA, blok PEEK ve blok PMMA'nın fiziksel özellikleri

kıyaslanmıştır. PEEK grubu en düşük su emilimi değerini gösterirken, blok PMMA'nın su emilimi de ısı ile polimerize olan PMMA'dan daha düşük bulunmuştur. CAD/CAM ile üretilen PEEK grubu, suda çözünürlük açısından diğer iki gruptan daha yüksek değerler göstermiş ancak istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir. Suda çözünürlük açısından ısı ile polimerize olan PMMA grubu ile CAD/CAM ile üretilen PMMA grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmemiştir. Termal döngü uygulanıp uygulanmaması tüm test örnekleri için su emilimi ve çözünürlüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı farka neden olmamıştır (23). Bu çalışmada kullanılan ısı ile polimerize olan PMMA'nın bizim çalışmamızdan farklı bir marka olması sonuçlardaki bu farklılığın sebebi olabilir.

Liebermann ve ark.'nın PEEK ve indirekt kompozit ve blok PMMA inceledikleri çalışmalarında su emiliminin suda kalma süresi ile doğru orantılı arttığı söylemişlerdir; ancak blok PEEK örneklerin en düşük suda çözünme ve su emilimi gösterdiğini belirtmişlerdir (24). Bir polimer ne kadar homojen olursa, su emmesi ve suda çözünürlüğü azalma eğilimindedir (25). Endüstriyel olarak üretilmiş CAD/CAM malzemelerinin gözenek ve porözite gösterme riskinin düşük olması sayesinde daha yüksek ve daha katı mekanik özellikler göstermesi nedeniyle (26) materyallerin suda kalma süresinin uzaması su emme miktarında artışla sonuçlanmayabilir.

Kalachandra dört farklı içerikli indirekt kompozit ve ısı ile polimerize olan PMMA'nın su emilimini karşılaştırdığı çalışmada kompozitlerin su emiliminin PMMA'dan daha fazla olduğunu bulmuştur (27). Kompozitlerin içerisinde yer alan doldurucu matrisin suyun difüzyonunu kolaylaştırabildiğini belirtmiştir.

Bu çalışmanın bir limitasyonu farklı üreticiler tarafından üretilen farklı içeriğe sahip PEEK, indirekt kompozit veya akrilik rezinlerin bu çalışmada kullanılan materyallere göre farklı su emilimi ve çözünürlük değerleri gösterebilmesidir. Ayrıca çalışmada tercih edilen yedi gün bekleme süresinin artırılması su emilimi ve çözünürlük değerlerini etkileyebilir. Bu durum çalışmanın diğer bir limitasyonunu oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın sonucuna göre,

1. TiO₂ içerikli PEEK ve yüzeyinin dişeti renginde veneerlenmesinde kullanılan indirekt kompozit rezinin her iki PMMA materyalden daha az su emilimi göstermesi uzun vadede hareketli protezler için avantajlı olabilir.
2. Ayrıca ısı ile polimerize olan PMMA'ya göre blok PMMA, PEEK ve indirekt kompozit rezin materyallerin daha az çözünürlük göstermesi hem mekanik hem biyolojik yönden yarar sağlayacaktır.
3. İleri klinik takip çalışmaları ile yeni nesil materyallerin su emilimi ve çözünürlük açısından uzun dönem performansının değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Etik Beyan

Erciyes Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş, "etik açıdan sakıncalı olmadığı için Etik Kurul onayına gerek yoktur" kararı alınmıştır (Sayı:96681246-051-99).

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yer alan yazarların herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür

Çalışma örneklerini hazırlayan Setdent Diş Laboratuvarı'na ve çalışmanın istatistiksel analizini gerçekleştiren Doç. Dr. Taner ÖZTÜRK'e teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Murray MD, Darvell BW. The evolution of the complete denturebase, Theories of complete denture retention-a review, Part 1. Aust Dent J 1993; 38: 216-219. doi: 10.1111/j.1834-7819.1993.tb03067.x
2. Lung CY, Darvell BW. Minimization of the inevitable residual monomer in denture base acrylic. Dent Mater 2005; 21: 1119-1128. doi: 10.1016/j.dental.2005.03.003
3. Steinmassl PA, Klauzner F, Steinmassl O, et al. Evaluation of currently available CAD/CAM denturesystems. Int J Prosthodont 2017; 30: 116-122. doi: 10.11607/ijp.5031.
4. Kippax A, Watson CJ, Basker RM, et al. How well are complete dentures copied?. Br Dent J 1998; 185: 129-133.
5. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, et al. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. J Prosthet Dent 2012; 107: 34-46. doi: 10.1016/S0022-3913(12)60015-8.
6. Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Baba NZ. CAD/CAM completedentures: a review of two commercial fabrication systems. J Calif Dent Assoc 2013; 41: 407-416. PMID: 23875432
7. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, et al. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. J Prosthet Dent 2015; 114: 818-825. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.08.001.PMID: 26412000.
8. Bidra AS, Farrell K, Burnham D, et al. Prospective cohort pilot study of 2-visit CAD/CAM monolithic complete dentures and implant-retained overdentures: Clinical and patient-centered outcomes. J Prosthet Dent 2016; 115: 578-586. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.023. PMID: 26794695.
9. Zoidis P, Papathanasiou I, Polyzois G. The use of a modified poly-etherether-ketone (PEEK) as an alternative framework material for removable dental prostheses. A clinical report. J Prosthodont 2016; 25: 580-584. doi: 10.1111/jopr.12325.PMID:262 16668.
10. Ichikawa T, Kurahashi K, Liu L, et al. Use of a polyetheretherketone clasp retainer for removable partial denture: A case report. Dent J (Basel) 2019; 7: 4. doi: 10.3390/dj7010004. PMID: 30609778.
11. Harb IE, Abdel-Khalek EA, Hegazy SA. CAD/CAM constructed polyetheretherketone (PEEK) framework of Kennedy class I removable partial denture: A clinical report. J Prosthodont 2019; 28: e595-8. doi: 10.1111/jopr.12968. PMID: 30345575
12. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, et al. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. BMC Oral Health 2020; 20: 217. doi: 10.1186/s12903-020-01202-7. PMID: 32741366
13. Kurahashi K, Matsuda T, Ishida Y, et al. Effect of

- surface treatments on shear bond strength of polyetheretherketone to autopolymerizing resin. *Dent J (Basel)* 2019; 7(3):82. doi: 10.3390/dj7030082. PMID: 31374927
14. Zoidis P, Bakiri E, Papatianasiou I, et al. Modified PEEK as an alternative crown framework material for weak abutment teeth: a case report. *Gen Dent*. 2017;65(5):37-40. PMID: 28862587.
 15. Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 2007;28(32):4845-69. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.07.013. PMID: 17686513
 16. Rosentritt M, Preis V, Behr M, et al. Shear bond strength between veneering composite and PEEK after different surface modifications. *Clin Oral Investig* 2015;19(3):739-44. doi: 10.1007/s00784-014-1294-2. PMID: 25096670
 17. Miara P. Aesthetic guidelines for second-generation inlays and onlay composite restorations. *Prac Periodont Aesthet Dent* 1998; 10(4):423-31. PMID: 9655049.
 18. Yagci F, Balkaya H, Demirbuga S. Discoloration Behavior of Resin Cements Containing Different Photoinitiators. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. May/June 2021. 41(3):e113-e120. doi: 10.11607/prd.5376. PMID: 34076647.
 19. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, et al. Comparison of Mechanical Properties of PMMA Disks for Digitally Designed Dentures. *Polymers*. 2021 26;13(11):1745. doi: 10.3390/polym13111745. PMID: 34073564.
 20. Mensitieri G, Apicella A, Kenny JM, et al. Water Sorption Kinetics in Polyaryl Ether Ether Ketone. *J Appl Polym Sci*. 37 381-92. doi.org/10.1002/app.1989.070370207
 21. Grayson MA, Clarence JW. The solubility and diffusion of water in poly(aryl ether-ether-ketone) (PEEK). *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 1987, 25.1: 31-41.
 22. Iskender N, Ersoz B, Aydın N. et al. Investigation of Water Absorption and Color Change of Indirect Composite Resins. *EADS*. 2021. 48 (2), 46-51.
 23. Sahin Z, Ergun G, Atal A. CAD/CAM ile üretilmiş PEEK ve PMMA ile geleneksel protez kaide materyallerinin bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması. *Mersin Univ Sağlık Bilim Dergisi* 2021; 14(3): 484-494. doi: 10.26559/mersinsbd.926864.
 24. Lieberman A, Wimmer T, Schmidlin PR, et al. Physicomechanical characterization of polyetheretherketone and current esthetic dental CAD/CAM polymers after aging in different storage media, *J Prosthet Dent* 2016; 115(3): 321-8.e2. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.004. PMID: 26548869.
 25. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013;17(1):227-35. doi: 10.1007/s00784-012-0702-8. PMID: 22411261
 26. Stawarczyk B, Eichberger M, Uhrenbacher J, et al. Three-unit reinforced polyetheretherketone composite FDPs: Influence of fabrication method on load-bearing capacity and failure types. *Dent Mater J* 2015; 34:7-12 doi: 10.4012/dmj.2013-345. PMID: 25311236.
 27. Kalachandra S. Influence of fillers on the water sorption of composites, *Dent Mater*, 1989 Jul; 5(4): 283-288. doi: 10.1016/0109-5641(89)90077-8. PMID: 2638273.