

## Proteza dziecięca nowej generacji wykonana w technologii 3D – opis przypadku

## *New generation children's denture obtained with 3D technology – a case report*

Ivo Domagała<sup>1</sup> **A B D E F** (ORCID ID: 0000-0002-7976-0605)

Marcel Firlej<sup>2</sup> **A B D E F** (ORCID ID: 0000-0002-4680-0770)

Ewa Firlej<sup>3</sup> **A B D E F** (ORCID ID: 0000-0002-4070-1210)

Anna Szponar-Żurowska<sup>4</sup> **A B D E F** (ORCID ID: 0000-0002-9226-1704)

Barbara Biedziak<sup>5</sup> **A B D E F** (ORCID ID: 0000-0002-6150-9957)

**Wkład autorów:** **A** Plan badań **B** Zbieranie danych **C** Analiza statystyczna **D** Interpretacja danych  
**E** Redagowanie pracy **F** Wyszukiwanie piśmiennictwa

**Authors' Contribution:** **A** Study design **B** Data Collection **C** Statistical Analysis **D** Data Interpretation  
**E** Manuscript Preparation **F** Literature Search

<sup>1,2,3,4,5</sup> Klinika Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu  
*Department of Facial Developmental Defects, Karol Marcinkowski Medical University in Poznań*

### Streszczenie

Utrata zębów mlecznych u dzieci z powodu procesu próchnicowego stanowi nadal problem kliniczny. W celu odtworzenia ciągłości łuków zębowych i przywrócenia okluzji wykonuje się różnego rodzaju protezy dziecięce lub aparaty ortodontyczne, które warunkują dalszy prawidłowy rozwój narządu żucia. Intensywny rozwój technologii cyfrowej stwarza możliwości wykonywania precyzyjnych prac protetycznych i aparatów ortodontycznych z materiałów nowej generacji. Tradycyjne wyciski, służące do wykonania modeli gipsowych,

### Abstract

In children, loss of deciduous teeth due to caries is still a clinical problem. In order to restore the continuity of dental arches and to restore occlusion various types of children's dentures or orthodontic appliances have been made because they determine further correct development of the masticatory organ. Thanks to intensive development of digital technology it is possible to manufacture precise prosthetic restorations and orthodontic appliances using new generation materials. Traditional impressions used to

<sup>1</sup> Lek. dent. / DDS

<sup>2</sup> Lek. dent. / DDS

<sup>3</sup> Lek. dent., specjalista ortodonta / DDS, specialist in orthodontics

<sup>4</sup> Dr n. med., specjalista ortodonta / PhD, specialist in orthodontics

<sup>5</sup> Dr hab. n. med., specjalista ortodonta, Kierownik Kliniki Wad Rozwojowych Twarzy / PhD, specialist in orthodontics, Head of the Department of Facial Developmental Defects

Dane do korespondencji/Correspondence address:

Klinika Wad Rozwojowych Twarzy

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

ul. Bukowska 70, Poznań

e-mail: Ivo.m.domagala@gmail.com

są zastępowane cyfrowymi odpowiednikami /skanami/ i modelami wirtualnymi. Odpowiednie oprogramowanie daje możliwość dokładnego planowania przestrzennego i wytwarzania prac w nowoczesnych technologiach cyfrowych. **Cel.** Celem pracy było prezentacja wykonania protezy dziecięcej spełniającej rolę utrzymywacza przestrzeni, przy użyciu nowoczesnej technologii cyfrowej i nowego materiału polieteroeteroketonu (PEEK). **Materiał i metody.** Materiał pracy stanowiły modele wirtualne uzyskane na podstawie skanów wewnątrzustnych oraz proteza dziecięca wykonana w technologii komputerowego frezowania. W procesie laboratoryjnym zastosowano nowoczesny materiał PEEK. **Wyniki.** Dzięki zastosowaniu technologii cyfrowej i nowoczesnego materiału uzyskano precyzyjne, funkcjonalne i estetyczne uzupełnienie protetyczne. **Wnioski.** Technologia cyfrowa i materiał PEEK mogą być alternatywą dla tradycyjnych rozwiązań w ortodoncji, zastępując powszechne materiały wyciskowe i gips dentystyczny oraz metal. Rozwój urządzeń do skanowania, a w szczególności skrócenie czasu skanowania, zmniejszenie rozmiaru głowic skanujących oraz obniżanie cen skanerów z pewnością spowodują, że ta technologia będzie coraz częściej stosowana przez lekarzy. (Domagała I, Firlej M, Firlej E, Szponar-Żurowska A, Biedziak B. Proteza dziecięca nowej generacji wykonana w technologii 3D – opis przypadku. *Forum Ortod* 2019; 15: 153-8).

Nadesłano: 19.02.2019

Przyjęto do druku: 14.05.2019

**Słowa kluczowe:** PEEK, system CAD/CAM, utrzymywacz przestrzeni

## Wstęp

W ostatnich latach w medycynie obserwuje się intensywny rozwój technologii 3D, dlatego w coraz powszechniejszym użyciu są skanery wewnątrzustne i skanery twarzy służące do przestrzennego obrazowania jamy ustnej i twarzy. Dzięki tym narzędziom diagnostyka staje się coraz bardziej precyzyjna. Równocześnie pojawiają się materiały nowej generacji, które są wypadkową rozwoju technologii 3D.

Jednym z obiecujących nowych materiałów jest PEEK (polieteroeteroketon). Jest to wielopierścieniowy, aromatyczny i termoplastyczny polimer, który ma liniową strukturę. PEEK ma dobre właściwości mechaniczne, a zwłaszcza cechuje się odpornością na wysoką temperaturę i hydrolizę, dzięki czemu nadaje się do sterylizacji. Ponadto, ze względu na bardzo dobrą tolerancję tkankową, nie ma cech materiału kancerogennego (1). Najbardziej charakterystyczną cechą PEEK jest niski moduł sprężystości, zbliżony do modułu kości (3,6 GPa), dlatego pierwsze zastosowanie PEEK miało miejsce w ortopedii, jako materiału zastępującego tkankę kostną do wykonywania protez ortopedycznych takich struktur, jak kręgi, staw biodrowy,

create gypsum models are replaced with digital equivalents /scans/ and virtual models. Using appropriate software it is possible to prepare a precise spatial design and to manufacture devices using modern digital technologies. **Aim.** The aim of the paper was to present a children's denture acting as a space maintainer using modern digital technology and new material: polyetheretherketone (PEEK). **Material and methods.** The material used in the work included virtual models obtained based on intraoral scans and a children's denture manufactured using digital milling technology. Modern material PEEK was used in laboratory processing. **Results.** Using digital technology and modern material precise, functional and aesthetic prosthetic restoration was obtained. **Conclusions.** Digital technology and PEEK may be alternatives to traditional solutions in orthodontics and they can replace commonly used impression materials, dental gypsum and metal. The development of scanners, and in particular shortening the scanning time, reducing the size of scanning heads and lowering the price of scanners will certainly make this technology more and more popular among doctors. (Domagała I, Firlej M, Firlej E, Szponar-Żurowska A, Biedziak B. New generation children's denture obtained with 3D technology – a case report. *Orthod Forum* 2019; 15: 153-8).

Received: 19.02.2019

Accepted: 14.05.2019

**Key words:** PEEK, CAD/CAM system, space maintainer

## Introduction

In recent years, medicine has seen intensive development of 3D technology, therefore the use of intraoral scanners and facial scanners for spatial imaging of the oral cavity and face is becoming more and more common. With these tools, diagnosis has become more and more precise. At the same time, new generation materials are emerging, which are the result of the development of 3D technology.

PEEK (polyetheretherketone) is one of the promising new materials. It is a polycyclic, aromatic and thermoplastic polymer with a linear structure. PEEK has good mechanical properties and is particularly resistant to high temperatures and hydrolysis, therefore it is suitable for sterilisation. In addition, as it is extremely well tolerated by tissues, it does not have the properties of a carcinogenic material (1). The most characteristic feature of PEEK is its low elastic modulus, similar to that of bone (3.6 GPa), therefore the first use of PEEK was in orthopaedics, as replacement for bone tissue for orthopaedic prostheses of such structures as vertebrae, hip joint and knee joint. Polyetheretherketone is a material resistant to mechanical injuries and fractures. It also shows a low degree of adhesion to the bacterial biofilm, and therefore its use seems to be highly interesting in dentistry (1, 2).

*New generation children's denture obtained with 3D technology – a case report*

staw kolanowy. Polieteroeteroketon jest materiałem odpornym na urazy mechaniczne i złamania. Wykazuje także niski stopień adhezji do biofilmu bakteryjnego, co sprawia, że budzi duże zainteresowanie w stomatologii (1, 2).

Do tej pory zabieg rekonstrukcji utraconych struktur kostnych odbywał się przy wykorzystaniu fragmentów kości pobranych od pacjenta i ręcznie modelowanych przez operatora. Niestety, bardzo często dochodziło do resorpcji przeszczepów w okresie trudnym do przewidzenia, dlatego nowoczesnym rozwiązaniem terapeutycznym wydają się być implanty wykonywane w technologii 3D. Dzięki tej technice, na podstawie skanów oraz tomografii komputerowej, możliwe stało się stworzenie złożonego, indywidualnego implantu odtwarzającego równocześnie kilka kości (3).

Materiał PEEK znalazł szerokie zastosowanie również w protetyce stomatologicznej. Przy użyciu skanerów wewnątrzustnych i technologii druku 3D możliwe stało się wykorzystanie polieteroeteroketonu w wykonywaniu uzupełnień protetycznych, takich jak pojedyncze klamry protetyczne, protezy szkieletowe, korony teleskopowe, korony, endokorony, mosty, łączniki i belki w implantologii (4, 5, 6, 7, 8). W ortodontacji znajduje on zastosowanie jako materiał zastępujący metal. Zachrisson oraz Doldo i wsp. opisali technologię wytwarzania retainerów nowej generacji wykonanych z PEEK. Autorzy podkreślają, że oprócz walorów estetycznych, ostatnio tak bardzo ważnych dla pacjenta, materiał wykazuje biogodność, odpowiednią wytrzymałość i sprężystość (9, 10). Technologia 3D pozwala na precyzyjne odwzorowanie kształtu zębów, dzięki czemu uzyskuje się bardzo dokładne przyleganie do ich powierzchni. Ponadto gładka struktura retainerów wykonanych z PEEK zapobiega osadzaniu się płytki nazębnej, chroniąc tkanki przyzębia.

## Cel

Celem pracy jest przedstawienie zastosowania nowoczesnych technologii 3D oraz materiału PEEK wykorzystanego przy wykonaniu utrzymywacza przestrzeni.

## Materiał i metody

Materiał pracy stanowiły modele wirtualne wykonane na podstawie skanów wewnątrzustnych, wykonane przy użyciu skanera wewnątrzustnego 3Shape TRIOS.

## Opis przypadku

Dziecko w wieku 5 lat i 5 miesięcy zgłosiło się do Kliniki Wad Rozwojowych Twarzy w Poznaniu po utracie zęba 84 w wyniku procesu próchnicowego. Zaplanowano wykonanie utrzymywacza przestrzeni, z uzupełnieniem protetycznym utraconego zęba, w celu odtworzenia ciągłości łuku zębowego i kontaktów przeciwstawnych. Protezę dziecięcą wykonano w technologii 3D i zamiast tradycyjnych wycisków wykonano

Until now, the reconstruction of lost bone structures has been performed using bone fragments collected from the patient and manually modelled by the operator. Unfortunately, transplant resorption was very often observed in a period that was difficult to predict, therefore 3D implants seem to be a modern therapeutic solution. Thanks to this technique, on the basis of scans and computed tomography, it has become possible to create a complex, individual implant that can be used for the reconstruction of several bones at the same time (3).

PEEK has been also widely used in dental prosthetics. Using intraoral scanners and 3D printing technology, it has become possible to use polyetheretherketone for prosthetic restorations such as single prosthetic brackets, skeletal dentures, telescopic crowns, crowns, endocrowns, bridges, connectors and beams in implantology (4, 5, 6, 7, 8). In orthodontics, it is used as metal replacement. Zachrisson and Doldo et al. described the technology of manufacturing new generation retainers made of PEEK. The authors emphasise that apart from the aesthetic values, which have recently become so important for patients, the material shows biocompatibility, adequate strength and elasticity (9, 10). 3D technology allows for precise representation of the shape of teeth, and consequently, very precise adhesion to their surface can be achieved. In addition, the smooth structure of PEEK retainers prevents plaque build-up, protecting the periodontal tissues.

## Aim

The aim of the work is to present the application of modern 3D technologies and PEEK used in the manufacture of a space maintainer.

## Material and methods

The work material consisted of virtual models made on the basis of intraoral scans, made with the 3Shape TRIOS intraoral scanner.

## Case report

A child aged 5 years and 5 months was admitted to the Department of Facial Developmental Defects in Poznań after loss of the tooth 84 as a result of caries. A space maintainer with prosthetic restoration of a lost tooth was planned in order to restore the continuity of the dental arch and contacts on antagonist teeth. The child's denture was made in 3D technology and digital models were made instead of traditional impressions. Using the 3Shape TRIOS scanner, anatomical conditions of dental arches (Fig. 1. a, b) and their mutual relations in occlusion (Fig. 2. a, b, c) were represented.

Then, the images were sent digitally to a prosthetic laboratory. Thanks to the use of CAD compatible software,

modele cyfrowe. Przy użyciu skanera 3Shape TRIOS odwzorowano warunki anatomiczne łuków zębowych (Ryc. 1. a, b) i ich wzajemne relacje w zgryzie (Ryc. 2. a, b, c).

Następnie obrazy zostały przesłane drogą cyfrową do laboratorium protetycznego. Dzięki zastosowaniu zgodnego oprogramowania CAD możliwe było zaprojektowanie protezy na przesłanych plikach (Ryc. 3. a, b).

Konstrukcja protezy została zaplanowana po analizie wypukłości zębów i miejsc retencyjnych dla wzmocnienia utrzymania. Następnie plik z projektem protezy przesłano do frezarki, która wycięła utrzymywacz przestrzeni z bloku materiału PEEK. W drugim etapie zamontowano ząb akrylanowy dla odtworzenia funkcji i punktów styčných dla zębów antagonistycznych (Ryc. 4.).

Następnie wykonano kondycjonowanie wewnętrznej powierzchni protezy przez wypiaskowanie tlenkiem aluminium o średnicy 110 µm pod ciśnieniem 2,5 bara, dbając o to, aby dysza nie znajdowała się w większej odległości niż 3 cm od obiektu. Kolejnym etapem laboratoryjnym było nałożenie światłoutwardzalnego PMMA & Kompozyt Primer „visio.link” i jego utwardzenie przez 90 sekund dla zwiększenia retencji z tkankami zęba.

Po otrzymaniu protezy z laboratorium oczyszczono powierzchnie zębów przy użyciu szczoteczki rotacyjnej i pasty polerskiej bez fluoru. Po wypolerowaniu zęby filarowe protezy zostały odizolowane od reszty jamy ustnej w celu wytrawienia ich 36% kwasem ortofosforowym przez 30 sekund. Ze względu na tymczasowy charakter pracy, aby zmniejszyć siłę adhezji, nie użyto primera ani bondu (11, 12). Ostatecznym krokiem na etapie cementowania było użycie kompozytu typu flow jako materiału łączącego. Po osadzeniu protezy sprawdzono okluzję (Ryc. 5. a, b).

## Dyskusja

Rewolucja w stomatologii dokonuje się na naszych oczach. Metody cyfrowe są coraz dokładniejsze, a ich dostępność stale rośnie. Te nowoczesne techniki dają możliwość stosowania materiałów, które do tej pory nie znajdowały zastosowania w ortodoncji. Dalszy rozwój materiałów ortodontycznych dedykowanych dla technologii cyfrowych skupia się wokół poprawy ich niedoskonałości, które w ich wcześniejszych zastosowaniach, np. w ortopedii, nie grały ważnej roli. Jednym z takich zagadnień jest estetyka uzupełnień wykonanych z polieteroeteroketonu, która wymaga jeszcze poprawy, jeśli ma znaleźć zastosowanie w estetycznych aparatach ortodontycznych (1). Badania z zastosowaniem materiału PEEK w ortodoncji są jak na razie bardzo nieliczne, dlatego konieczne jest dalsze pogłębianie naszej wiedzy o tym materiale. Możliwe są również zastosowania druku 3D jako alternatywy do prac frezowanych z tego materiału. Skanery wewnątrzustne stanowią alternatywę dla tradycyjnych metod pobierania wycisków. Do ich zalet należą: przyspieszenie wykonania

it was possible to design a denture using the uploaded files (Fig. 3. a, b).

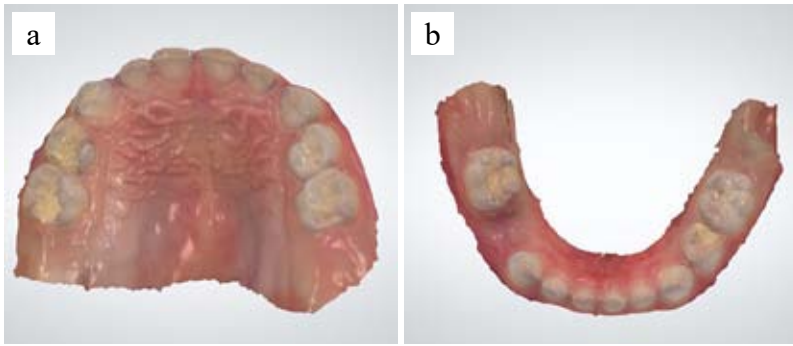
The construction of a denture was designed after the analysis of convexity of teeth and retention sites to strengthen the support. The file with a denture design was then sent to a milling machine that cut the space maintainer out of a PEEK block. In the second stage, an acrylic tooth was mounted to restore the functions and contact points for antagonist teeth (Fig. 4.).

Then, the internal surface of the denture was conditioned by sandblasting with aluminium oxide with the diameter of 110 µm at a pressure of 2.5 bar, ensuring that the nozzle was not further away than 3 cm from the object. The next laboratory step included the application of light-curing PMMA & Composite Primer “visio.link” and its curing for 90 seconds in order to increase retention with tooth tissues.

When the denture was received from the laboratory, tooth surfaces were cleaned with a rotary brush and a fluoride-free polishing paste. After polishing, the pillar teeth of the denture were isolated from the rest of the oral cavity in order to etch them with 36% orthophosphoric acid for 30 seconds. Due to the temporary nature of the denture, neither primer nor bonding was used to reduce adhesion (11, 12). The final step at the cementation stage was the use of flow composite as bonding material. The occlusion was evaluated after the denture was placed (Fig. 5. a, b).

## Discussion

The revolution in dentistry is happening right in front of our eyes. Digital methods are becoming more and more accurate, and their availability is constantly increasing. These modern techniques make it possible to use materials that have not been used in orthodontics so far. Further development of orthodontic materials dedicated for digital technologies focuses on improving their disadvantages, which did not play an important role in previous applications, for example in orthopaedics. One such issue is the aesthetics of restorations made of polyetheretherketone, which still needs to be improved if it is to be used in aesthetic orthodontic appliances (1). Studies on the use of PEEK in orthodontics have so far been very limited, therefore it is necessary to further deepen our knowledge about this material. It is also possible to use 3D printing as an alternative to elements milled from this material. Intraoral scanners are an alternative to traditional methods of taking impressions. Their advantages include: acceleration of production in a prosthetic laboratory, a possibility of precise evaluation of scans taken, better acceptance of this medical procedure by patients, as well as the sterility of individual stages of work (13). An additional advantage of digital impressions over traditional ones is that colours can be easily matched when using colour scanners. During laboratory processing, when using the right CAD software it is easier to change a design of the denture compared to traditional methods. The new technology will certainly continue to grow



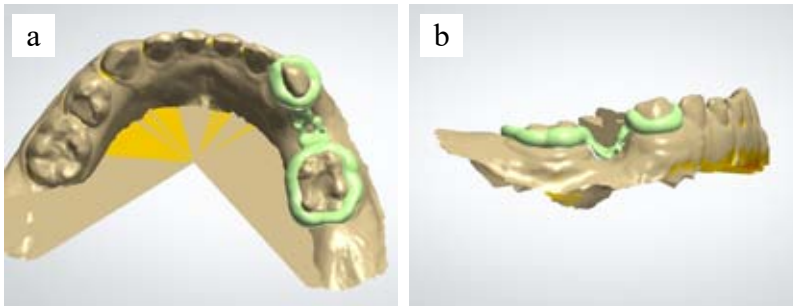
Rycina 1. ab. Skany wewnątrzustne: a) górnego i b) dolnego łuku zębowego.

Figure 1. ab. Intraoral scans of: a) upper and b) lower dental arch.



Rycina 2. abc. Modele wirtualne: a) widok z przodu, b) strona prawa, c) strona lewa.

Figure 2. abc. Virtual models: a) front view, b) right side, c) left side.



Rycina 3. ab. Cyfrowy project konstrukcji protezy: a) widok od strony żującej, b) widok od strony przedsionka jamy ustnej.

Figure 3. ab. Digital design of the denture construction: a) view from the chewing side, b) view from the side of the oral vestibule.



Rycina 4. Fotografia utrzymywacza przestrzeni.

Figure 4. Photo of a space maintainer.

Rycina 5. ab. Fotografia wewnątrzustna zacementowanej protezy dziecięcej: a) widok od strony żującej, b) widok od strony przedsionkowej jamy ustnej.

Figure 5. ab. Intraoral photograph of a cemented child's denture: a) view from the chewing side, b) view from the vestibular side of the oral cavity.

prac w laboratorium protetycznym, możliwość precyzyjnej oceny pobranych skanów, lepsza akceptacja tej procedury medycznej przez pacjentów, a także jałowość poszczególnych etapów pracy (13). Dodatkową przewagą wycisków cyfrowych nad tradycyjnymi jest ułatwienie dobrania koloru

rapidly, providing ever more accuracy and acceleration of the scanning process, which is now comparable to traditional impressions in terms of duration.

w przypadku pracy skanerami kolorowymi. W trakcie obróbki laboratoryjnej, przy użyciu właściwego oprogramowania typu CAD, istnieje możliwość łatwiejszej zmiany projektu pracy, niż przy zastosowaniu tradycyjnych metod. Nowa technologia z pewnością będzie dalej dynamicznie się rozwijać, zapewniając coraz większą dokładność i przyspieszenie procedury skanowania, która czasowo jest teraz porównywalna z tradycyjnym wyciskiem.

## Wyniki

W opisywanym przypadku zastosowanie nowoczesnych technik i materiałów umożliwiło stworzenie precyzyjnej, funkcjonalnej pracy, przy jednoczesnym spełnieniu funkcji estetycznej.

## Wnioski

Materiał PEEK może z powodzeniem znaleźć zastosowanie w nowoczesnej, cyfrowej ortodontcji XXI wieku. Daje nowe możliwości tworzenia protez dziecięcych, które charakteryzuje doskonała właściwość biozgodna, oraz pełniących również rolę utrzymywaczy przestrzeni. Ważną cechą tego materiału jest niski poziom adhezji do biofilmu, co redukuje osadzanie się płytki nazębnej. Dzięki wykorzystaniu technik cyfrowych proces wykonania protez dziecięcych może być przyjemniejszy dla dziecka, stomatologa jak i technika dentystycznego. Konieczne są oczywiście długofalowe obserwacje i analizy w przypadku zastosowania polieteroeteroketonu zarówno w ortodontcji, jak i w innych dziedzinach stomatologii, w których ta technologia okazuje się być alternatywą dla dotychczas stosowanych stopów metali.

## Results

In this case report, the use of modern techniques and materials made it possible to create a precise, functional denture, and at the same time aesthetic functions were also met.

## Conclusions

PEEK can be successfully used in modern, digital orthodontics of the 21st century. It gives new possibilities to create children's dentures, which are characterised by excellent biocompatibility, and they can also act as space maintainers. An important feature of this material is its low degree of adhesion to the biofilm, consequently, plaque build-up is reduced. Thanks to the use of digital techniques, the process of making children's dentures can be more pleasant for a child, dentist and a dental technician alike. Long-term follow-up and analyses are of course necessary for the use of polyetheretherketone in orthodontics as well as in other fields of dentistry in which this technology has proven to be an alternative to metal alloys used so far.

## Piśmiennictwo / References

1. Ierardo G, Luzzi V, Lesti M, Voza I, Brugnoletti O, Polimeni A, Bossù M. Peek polymer in orthodontics: A pilot study on children. *J Clin Exp Dent* 2017; 9: 1271-5.
2. Skirbutis G, Dzingutė A, Masiliūnaitė V, Šulcaitė G, Žilinskas J. PEEK polymer's properties and its use in prosthodontics. A review. *Stomatol, Baltic Dent Maxillofac J* 2018; 20: 54-8.
3. Kurtz S, Devine J. Peek Biomaterials in Trauma, Orthopedic, and Spinal Implants. *Biomaterials* 2007; 28: 4845-69.
4. Ichikawa T, Kurahashi K, Liu L, Matsuda T, Ishida Y. Use of a Polyetheretherketone Clasp Retainer for Removable Partial Denture: A Case Report. *Dent J* 2019; 7: 4.
5. Tekin S, Cangül S, Adıgüzel Ö, Değer Y. Areas for use of PEEK material in dentistry. *Int Dent Res* 2018; 8: 84-92.
6. Jaros O, Pinheiro De Carvalho G, Franco A, Kreve S, Lopes P, Dias S. Biomechanical Behavior of an Implant System Using Polyether Ether Ketone Bar: Finite Element Analysis. *J Int Soc Prev Community Dent* 2018; 8: 446-50.
7. Bakiri E, Polyzois G, Zoidis P. Using Modified Polyetheretherketone (PEEK) as an Alternative Material for Endocrown Restorations: a short-term clinical report. *J Prosthet Dent* 2017; 117: 335-9.
8. Stawarczyk B, Beuer F, Wimmer T, Jahn D, Sener B, Roos M. Polyetheretherketone-a suitable material for fixed dental prostheses? *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2013; 101: 1209-16.
9. Maekawa M, Kanno Z, Wada T, Hongo T, Doi H, Hanawa T, Ono T, Uo M. Mechanical properties of orthodontic wires made of super engineering plastic. *Dental Materials J* 2015; 34: 114-9.
10. Doldo T, Di Vece L, Ferrari Cagidiaco E, Nuti N, Parrini S, Carboncini F, Ferrari M. A new generation of orthodontic retainer using 3D printing technology: report of two cases. *J Osseointegr* 2018; 10: 142-8.
11. Eichberger M. The Effect of Surface Modification On the Retention Strength of Polyetheretherketone Crowns Adhesively Bonded to Dentin Abutments [Internet]. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 1489-97.
12. Zhou L, Qien Y, Zhu Y, Liu H, Gan K, Guo J. The effect of different surface treatments on the bond strength of PEEK composite materials. *Dent Mater J* 2014; 30: 209-15.
13. Groth Ch, Kravitz N, Jones P, Graham J, Redmond R. Three-Dimensional Printing Technology. *J Clin Orthod* 2014; 48: 475-85.