

# Wykorzystanie technologii cyfrowych w rehabilitacji protetycznej pacjentów po chirurgicznym leczeniu nowotworów głowy i szyi

## Application of digital technologies to prosthetic rehabilitation of patients after surgical treatment of head and neck neoplasms

*Anna Cybulska, Marcin Szerszeń*

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Department of Prosthodontics, Medical University of Warsaw

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Jolanta Kostrzeva-Janicka*

---

---

### HASŁA INDEKSOWE:

CAD/CAM, obturator, druk 3D

---

---

---

---

### KEY WORDS:

CAD/CAM, obturator, 3D-printing

---

---

### *Streszczenie*

Podstawowym leczeniem pacjentów z nowotworami głowy i szyi jest resekcja chirurgiczna. Powstały po zabiegu ubytek tkanek powoduje zaburzenia funkcji i estetyki. Dodatkowo w tej grupie pacjentów może dochodzić do szeregu zmian w zakresie układu stomatognatycznego, które utrudniają rehabilitację protetyczną. Nieustannie poszukiwane są metody optymalizacji technologii produkcji i zwiększenia precyzji wykonywanych prac protetycznych. Dynamicznie rozwijające się technologie CAD/CAM znajdują coraz szersze zastosowanie również w leczeniu pacjentów pooperacyjnych. Wykorzystanie wspomaganego komputerowo projektowania i wytwarzania, pozwala na tworzenie precyzyjnych uzupełnień, skrócenie czasu rehabilitacji, archiwizację danych oraz usprawnia komunikację między placówkami leczniczymi. Możliwość pozyskiwania danych z obrazów rezonansu magnetycznego (MRI), tomografii komputerowej (CT), fotogrametrii 3D czy skanowania wewnątrzustnego pozwala na dokładne planowanie zabiegów resekcji oraz projektowanie uzupełnień protetycznych, które pacjent może użytkować już od pierwszych dni po zabiegu w celu przywrócenia funkcji, este-

### *Summary*

Surgical resection is the primary treatment modality for patients with head and neck neoplasms. Tissue defects resulting from the procedure cause disturbances in function and aesthetics. In addition, numerous changes in the stomatognathic system may occur in this group of patients, making prosthetic rehabilitation difficult. Methods to simplify production technology and to increase the precision of prosthetic replacements are constantly sought. Dynamically developing CAD/CAM technologies are also more and more frequently used in the treatment of post-operative patients. The use of computer-aided design and manufacturing enables the creation of precise restorations, shortens the rehabilitation time, facilitates archiving of data and improves communication between different departments. The ability to obtain data from magnetic resonance images (MRI), computed tomography (CT), 3D photogrammetry and intra-oral scanning (IS) enables accurate planning of resection procedures and designing prosthetic restorations; patients can use them immediately following the surgery to restore function, aesthetics and comfort of life. The development of CAD/CAM techniques and

tyki i komfortu życia. Rozwój technik digitalnych i predestynowanych im materiałów pozwala na wytwarzanie nie tylko standardowych prac protetycznych, ale również uzupełnień atypowych. Nowoczesne systemy cyfrowe dają możliwość uproszczenia niejednokrotnie skomplikowanych tradycyjnych protokołów wykonawstwa uzupełnień protetycznych i stanowią obiecującą alternatywę w postępowaniu w perspektywie trudnych przypadków klinicznych dotyczących tej grupy pacjentów.

*materials allows producing not only standard prosthetic restorations, but also unconventional ones. Modern digital systems make it possible to simplify traditional production technologies that are often complex, and constitute a promising alternative in the prosthetic management of challenging clinical cases.*

## Wstęp

Zabiegi chirurgiczne są podstawową metodą leczenia nowotworów głowy i szyi. Resekcja tkanek prowadzi do powstania rozległego ubytku, zaburzeń estetyki twarzy, a w przypadku szczęki upośledzenia funkcji żucia, połykania, oddychania i mowy.<sup>1-3</sup> Zabiegi chirurgiczne prowadzą również do zmian anatomii podłoża protetycznego, powodują ściągające blizny, dochodzić może do zaburzenia czucia oraz upośledzenia funkcji układu mięśniowego.<sup>4-6</sup> Stosowane dodatkowo leczenie uzupełniające w postaci radioterapii i chemioterapii skutkować może zapaleniem błony śluzowej, kserostomią, próchnicą zębów czy popromienną martwicą kości, utrudniając rehabilitację protetyczną.<sup>1-3,7</sup> Leczenie protetyczne u pacjentów pooperacyjnych jest trudne, ponieważ obejmuje szereg skomplikowanych i czasochłonnych etapów klinicznych i laboratoryjnych. Wymaga doświadczenia i wiedzy zespołu składającego się z chirurga szczękowo-twarzowego, onkologa, lekarza protetyka oraz technika dentystycznego. Z tego powodu nieustannie poszukiwane są metody, które ułatwiłyby planowanie, projektowanie i wykonawstwo uzupełnień protetycznych dla tej grupy pacjentów.<sup>8,9</sup>

W protetyce stomatologicznej coraz szersze zastosowanie znajduje technologia CAD/

CAM.<sup>10-12</sup> Umożliwia ona rejestrację danych, ich przetwarzanie do postaci cyfrowej, tworzenie wirtualnego modelu oraz projektowanie i wytwarzanie określonych uzupełnień protetycznych.<sup>1,10,12,13</sup> Pozwala również na archiwizację danych, łatwe odtworzenie czy modyfikację zasięgu zaprojektowanego uzupełnienia oraz sprawną komunikację między lekarzem a pracownią techniki dentystycznej czy różnymi placówkami medycznymi.<sup>1,12</sup>

Skanowanie wewnątrzustne eliminuje konieczność pobierania wycisku metodą tradycyjną. Z tego powodu może być polecane u pacjentów ze stwierdzoną alergią na składniki mas wyciskowych, silnym odruchem wymiotnym czy obecnością rozchwianych zębów. Dodatkowo zwiększa komfort pacjenta i skracza czas zabiegu.<sup>1,8,14,15</sup> Wyciski cyfrowe mogą być pobierane bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta lub pośrednio poprzez skanowanie tradycyjnych wycisków, modeli czy też użytkowanych dotychczas uzupełnień protetycznych.<sup>12,16</sup> Obserwuje się szereg korzyści wynikających z pobrania wycisków cyfrowych u pacjentów pooperacyjnych. Występujące deformacje tkanek w obrębie jamy ustnej niejednokrotnie utrudniają dobór odpowiedniej łyżki wyciskowej. Ponadto w przypadku występowania ograniczonego zakresu otwierania ust, stosunkowo niewielkie rozmiary części

rejestrującej skanera wewnątrzustnego w porównaniu ze standardowymi łyżkami wyciskowymi, umożliwiają odzworowanie podłoża protetycznego. Wyciski cyfrowe u pacjentów po zabiegu resekcji szczęki eliminują ryzyko przedostania się masy wyciskowej do górnych dróg oddechowych.<sup>1,4,9,17</sup> Urządzenie skanujące nie wymaga kontaktu z tkankami podłoża, co w przypadku pacjentów po radioterapii, z zapaleniem błony śluzowej jamy ustnej, zapobiega jej mechanicznemu urazowi.<sup>1,9</sup> Ograniczenia zastosowania skanerów wewnątrzustnych wynikają z możliwości odzworowania nieruchomych elementów podłoża, natomiast w przypadku dużych obszarów pozbawionych wyraźnych punktów odniesienia, jak podniebienie czy rozległe braki międzyzębowe, mogą powstawać liczne niedokładności.<sup>1,18</sup> Opisywane są metody ustanowienia punktów orientacyjnych do skanowania dużych powierzchni, wykorzystujące materiały kompozytowe i kleje tkankowe lub pastę tlenkowo-cynkowo-eugenolową.<sup>18</sup> W przypadku, gdy konieczne jest uzyskanie obrazu ruchomych tkanek niezbędne staje się pobranie wycisku czynnościowego. Dodatkowo nie jest możliwe skanowanie głębokich ubytków podłoża protetycznego.<sup>1,12,18</sup>

Uzupełnienia protetyczne w technologii CAD/CAM mogą być wytwarzane metodami subtraktywnymi lub addytywnymi. Podczas frezowania dochodzi do strat materiału, w przeciwieństwie do druku 3D, który jest procesem bardziej wydajnym, pozwalającym na pozyskiwanie większych obiektów o dowolnym kształcie.<sup>1,12,19,20</sup> Szeroko opisywane w piśmiennictwie jest wykorzystanie metod cyfrowych do projektowania i wytwarzania stałych uzupełnień protetycznych, komponentów implantologicznych, takich jak: szablony, indywidualne łączniki czy elementy precyzyjne, oraz coraz częściej również uzupełnień ruchomych.<sup>1,21,22</sup>

Po resekcji tkanek w zakresie podniebienia wskazane jest jak najszybsze uzupełnienie powstałego ubytku w celu przywrócenia funkcji i

poprawy jakości życia. W tej grupie pacjentów stosowane są uzupełnienia protetyczne z obturatorem, których zadaniem jest wypełnienie ubytku tkanek i przywrócenie utraconych funkcji.<sup>3,17,18,23,24</sup> Obturator uzupełniający rozległy ubytek tkanek podniebienia, ze względu na ciężar oraz siłę grawitacji może prowadzić do braku retencji uzupełnienia na podłożu.<sup>2,3</sup> W celu zmniejszenia masy protezy wykorzystywane są obturatory otwarte o kształcie kielicha, jednak zbierająca się w nich ślina i wydzielina z jamy nosowej może powodować nieprzyjemny zapach i stanowi podłoże dla rozwoju drobnoustrojów. Rozwiązaniem tego problemu są obturatory zamknięte puste, które dodatkowo zapewniają lepsze podparcie tkanek.<sup>23</sup> Opisywano różne metody wytwarzania obturatorów zamkniętych pustych, które były czasochłonne i skomplikowane technicznie oraz nie zapewniały równej grubości ścian uzupełnienia.<sup>2,3,23,25</sup> Dostępne obecnie oprogramowania CAD/CAM umożliwiają precyzyjne projektowanie uzupełnień protetycznych z obturatorem, a wykorzystanie wspomaganego komputerowo wytwarzania pozwala na ich wykonawstwo.<sup>3,10,17,23</sup> Podczas frezowania tego rodzaju uzupełnień problemy może stwarzać złożona morfologia powierzchni, obecność głębokich podcieni oraz brak dostępności bloków żywicy akrylowej o odpowiedniej wysokości. Wykorzystanie techniki druku 3D pozwala na wytwarzanie uzupełnień z pustym obturatorem zamkniętym o dużej dokładności.<sup>3,26</sup> Dodatkowo badania wykazały, iż grubość ścian tak wykonanych uzupełnień, zapewniająca odpowiednią szczelność i wytrzymałość mechaniczną, wynosi 2 mm.<sup>27</sup>

Wykorzystanie technologii cyfrowych umożliwia pozyskiwanie danych nie tylko z wycisków cyfrowych, ale również z obrazów rezonansu magnetycznego, tomografii komputerowej czy fotogrametrii 3D.<sup>1,7,9,24,28</sup> Dostępne oprogramowania komputerowe pozwalają na składanie danych z różnych źródeł w celu

precyzyjnego planowania leczenia, m.in. chirurgicznego oraz implantologicznego, do wytwarzania indywidualnych elementów zespalających odłamy kostne, szablonów do implantacji czy uzupełnień protetycznych.<sup>1,4,9,21,28</sup>

*Kortes* i wsp. przedstawili opis przypadku cyfrowego wytwarzania natychmiastowej płytki pooperacyjnej z obturatorem zamkniętym pustym w technologii druku 3 D, wykorzystując dane ze skanów rezonansu magnetycznego (MRI) i tomografii komputerowej (CT), wykonanych przed zabiegiem resekcji.<sup>29</sup> Według *Sun* i wsp. błąd pomiarów systemów obrazowania medycznego, takich jak MRI i CT, wynosi około 1 mm.<sup>30</sup> Możliwość wykorzystania danych z badań obrazowych, wykonywanych u pacjenta w procesie diagnostyki zmian nowotworowych, do planowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych pozwala na natychmiastowe uzupełnienie ubytku tkanek po zabiegu resekcji, przywrócenie utraconych funkcji, lepsze gojenie rany oraz poprawia komfort życia.<sup>4,29</sup>

Możliwość pozyskiwania danych z różnych źródeł znajduje zastosowanie również przy wytwarzaniu epitez. Wykorzystywane są obrazy z tomografii komputerowej, rezonansu magnetycznego, fotogrametrii czy skanowania wewnątrzustnego do projektowania przyszłych uzupełnień protetycznych.<sup>7,8,17,31</sup> W zakresie protetyki, po raz pierwszy badanie tomografii komputerowej wykorzystane zostało jako źródło danych w 1999 roku przez *Penkera* i wsp. przy wytwarzaniu epitez usznych.<sup>32</sup> Przeprowadzony przez *Suresh* i wsp. przegląd systematyczny pokazał, że najlepsze efekty przy wytwarzaniu epitez nosa uzyskuje się w przypadku pozyskiwania danych cyfrowych ze skanerów, w przypadku protez małżowiny usznej ze skanerów oraz połączenia tomografii komputerowej z fotografią cyfrową. W przypadku oczodołu jednak żadna technologia pozyskiwania danych cyfrowych nie wydawała się odpowiednia ze względu na ograniczoną liczbę dostępnych badań. Podczas projektowania

uzupełnień protetycznych przy dużych defektach twarzy korzystnie jest wykorzystanie obrazów fotografii cyfrowej i stereofotogrametrii.<sup>7</sup> Ektoprotezy mogą być drukowane bezpośrednio jako gotowe uzupełnienie lub pośrednio jako forma lub szablon. Technika bezpośredniego wytwarzania w technologii CAD/CAM skraca czas wykonawstwa pracy, eliminuje etap kontroli próbnej protezy, jednak dotychczas, jak podają niektóre źródła, obserwowana była niesatysfakcjonująca adaptacja brzeżna, mniejsza odporność mechaniczna i brak możliwości indywidualnego barwienia wewnętrznego materiału protezy. Technologia cyfrowa pozwala natomiast na archiwizację danych zaprojektowanego uzupełnienia i daje możliwość jego odtworzenia w przypadku zniszczenia czy zużycia.<sup>17,31</sup>

Rozwojowi technik CAD/CAM towarzyszy również dynamiczny rozwój technologii materiałowych.<sup>1</sup> Pojawiają się pytania dotyczące właściwości mechanicznych tych materiałów w porównaniu z materiałami wykorzystywanymi w tradycyjnych technikach wykonawstwa uzupełnień protetycznych. Należy zauważyć również, że ruchome protezy wykonywane u pacjentów pooperacyjnych wymagają częstych modyfikacji i podścielania.

*Fouda* i wsp. przeprowadzili badania porównujące wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości i twardość żywic akrylowych wykorzystywanych do wykonawstwa płyt protez w technologii frezowania (Avadent, AvaDent Digital Dental Solutions, USA i IvoCad, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), druku 3D (DentaBASE, ASIGA, Niemcy; Denture 3D+, NextDent, Holandia; Denture Base Resin LP, Formlabs Inc., USA) oraz polimeryzowanych na gorąco. Wyniki badań wykazały, że żywice frezowane miały lepszą wytrzymałość na zginanie i twardość w porównaniu z akrylem polimeryzowanym termicznie i żywicami drukowanymi. Próbkę drukowaną wykazywały najniższe wartości badanych właściwości, jednak

były one powyżej wartości dopuszczalnych klinicznie.<sup>33</sup> Jednak ciągły rozwój technologii materiałów CAD/CAM sprawia, iż obserwuje się poprawę właściwości mechanicznych materiałów z tej grupy.<sup>34</sup>

*Mert* i wsp. porównali wytrzymałość na ścinanie wiązania między żywicami stosowanymi w wykonawstwie płyt protez metodą frezowania (IvoBase CAD, Wieland Dental, Niemcy; Ivotion A2/Pink V Denture Disc, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), druku 3D (NextDent Denture 3D+, NextDent BV, Holandia) i polimeryzacji na gorąco (ProBase Hot, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) a żywicą PMMA do podścielania (ProBase Cold, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Wyniki badań wykazały, że wytrzymałość na ścinanie podścielonych żywic drukowanych w 3D była niższa niż wytrzymałość żywic frezowanych i akrylowych polimeryzowanych termicznie.<sup>11</sup> Z kolei *Gad* i wsp. przeprowadzili badania oceniające wpływ obróbki powierzchniowej na wytrzymałość połączenia na ścinanie między żywicą akrylową polimeryzowaną termicznie (Major Base.20, Major Prodotti Dentari Spa, Włochy), frezowaną (IvoCad, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein; AvaDent, AvaDent Digital Dental Solutions, USA) i drukowaną w 3D (DentaBASE, ASIGA, Niemcy; Denture 3D+, NextDent, Holandia; Denture Base Resin LP, Formlabs Inc., USA) a akrylową żywicą do naprawy płyt protez (Major repair, Major Prodotti Dentari SPA, Włochy). Próbkę podzielono na trzy grupy zależnie od obróbki powierzchni: brak obróbki, aplikacja monomeru i piaskowanie. Wyniki wykazały, że żywicą polimeryzowaną termicznie oraz frezowana, charakteryzowały się wysoką siłą wiązania z żywicą do naprawy w porównaniu z drukowaną. Zastosowanie monomeru zwiększało siłę wiązania w próbkach polimeryzowanych termicznie i frezowanych, natomiast wszystkie materiały poddane piaskowaniu wykazywały wyższą siłę wiązania z materiałem do naprawy.<sup>20</sup> W badaniach przeprowadzonych

przez *Awad* i wsp. oceniano między innymi siłę wiązania elastycznych (Coe Soft, GC, Japonia i PermaSoft, Dentsply Sirona, USA) i twardych (Tokuyama Rebase II, Tokuyama Dental, Japonia; Kooliner, GC, Japonia i ProBase Cold, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) materiałów do podścielania protez z materiałami na płyty protez frezowanymi (IvoBase CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) i drukowanymi (Denture Base LP Resin; Formlabs Inc, USA). Materiały drukowane miały niższe wartości wytrzymałości na rozciąganie niż frezowane, jednak wszystkie próbki użyte w tym badaniu charakteryzowały się wartościami siły wiązania wystarczającymi do zastosowania klinicznego.<sup>35</sup> Liczba dostępnych badań dotyczących właściwości mechanicznych materiałów CAD/CAM przeznaczonych do protez ruchomych jest ograniczona, a uzyskane wyniki są rozbieżne, zależnie od przyjętych projektów, stąd konieczne są dalsze analizy.

## Podsumowanie

Zmiany zachodzące w podłożu protetycznym pacjentów leczonych z powodu nowotworów głowy i szyi wymagają indywidualnego podejścia do planowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych. Niejednokrotnie lekarze i technicy dentyści napotykają szereg trudności w wykonawstwie protez dla tej grupy pacjentów, a opracowane dotychczas metody ich wytwarzania są skomplikowane i czasochłonne. Możliwość wykorzystania technologii CAD/CAM oraz dynamiczny rozwój oprogramowania do projektowania uzupełnień protetycznych oraz materiałów, pozwala już dziś na jej zastosowanie w wykonawstwie uzupełnień protetycznych u pacjentów z ubytkami tkanek twarzowej części czaszki oraz daje nadzieję na możliwość cyfrowego przepływu pracy w przyszłości i stworzenie jasnych protokołów postępowania przy rehabilitacji protetycznej skomplikowanych wad podłoża.

## Piśmiennictwo

1. *Juszczyszyn K, Rolski D, Mierzwińska-Nastalska E*: Wykorzystanie technologii CAD/CAM w rehabilitacji protetycznej pacjentów leczonych z powodu nowotworów środkowego piętra twarzy. *Protet Stomatol* 2019; 69(3): 313-321.
2. *Nimonkar SV, Belkhode VM, Asiri AM, Aldossary MF, Nimonkar PV*: A method of hollowing the obturator prosthesis and an overview on the pros and cons of the various materials used for hollowing. *J Med Life* 2021; 14(3): 383-389.
3. *Alfaraj A, Su FY, Lin WS*: CAD-CAM Hollow Obturator Prosthesis: A Technical Report. *J Prosthodont* 2022; 31(7): 635-638.
4. *Vosselman N, Alberga J, Witjes MHJ, Raghoobar GM, Harry Reintsema H, Vissink A, Korfage A*: Prosthodontic rehabilitation of head and neck cancer patients – Challenges and new developments. *Oral Dis* 2021; 27(1): 64-72.
5. *Juszczyszyn K*: Wpływ resekcji szczęki oraz protez zaopatrzonych w obturator na funkcje układu oddechowego pacjentów leczonych z powodu nowotworów środkowego piętra twarzy – na podstawie piśmiennictwa i doświadczeń własnych. *Protet Stomatol* 2021; 71(2): 185-190.
6. *Łazarz-Półkoszek MJ, Loster JE*: Zmiany podłoża protetycznego u pacjentów onkologicznych – przegląd piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2020; 70(1): 80-89.
7. *Suresh N, Janakiram Ch, Nayar S, Krishnapriya VN, Mathew A*: Effectiveness of digital data acquisition technologies in the fabrication of maxillofacial prostheses – A systematic review. *J Oral Biol Craniofac Res* 2022; 12(1): 208-215.
8. *Beri A, Pisulkar SK, Bagde AD, Bansod A, Dahihandekar C, Paikrao B*: Evaluation of accuracy of photogrammetry with 3D scanning and conventional impression method for craniomaxillofacial defects using a software analysis. *Trials* 2022; 27, 23(1): 1048.
9. *Soriano CM, Vega PC, Devesa AE, Salas EJ, López Lopez J*: Frequency and type of digital procedures used for the intraoral prosthetic rehabilitation of patients with head and neck cancer: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2022; 127(5): 811-815.
10. *Elbashti ME, Sumita YI, Kelimu S, Aswehlee AM, Awuti S, Hattori M*: Application of Digital Technologies in Maxillofacial Prosthetics Literature: A 10-Year Observation of Five Selected Prosthodontics Journals. *Int J Prosthodont* 2019; 32(1).
11. *Mert D, Kamnoedboon P, Husain NAH, Ozcan M, Srinivasan M*: CAD-CAM complete denture resins: Effect of relining on the shear bond strength. *J Dent* 2023; 131: 1-8.
12. *Pillai S, Upadhyay A, Khayambashi P*: Dental 3D-printing: transferring art from the laboratories to the clinics. *Polymers (Basel)* 2021; 13:157.
13. *Soltanzadeh P, Su JM, Habibabadi SR, Kattadiyil MT*: Obturator fabrication incorporating computer-aided design and 3-dimensional printing technology: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2019; 121(4): 694-697.
14. *De La Cerda Obraniak M, Cybulska A*: Możliwości wykorzystania wycisków cyfrowych przy wykonawstwie różnych rodzajów uzupełnień protetycznych. *Twój Przegląd Stomatologiczny* 2022; 8-9: 95-98.
15. *Białoskórska K, Szczyrek P*: Skanery wewnętrzne – możliwości zastosowania w codziennej praktyce. *Protet Stomatol* 2019; 69(4): 419-426.
16. *Ye H, Wang Z, Sun Y, Zhou Y*: Fully digital workflow for the design and manufacture of prostheses for maxillectomy defects. *J Prosthet Dent* 2021; 126(2): 257-261.
17. *Farook TH, Jamayet NB, Abdullah JY, Asif JA, Rajion ZA, Alam MK*: Designing 3D prosthetic templates for maxillofacial defect

- rehabilitation: A comparative analysis of different virtual workflows. *Comput Biol Med.*2020; 118: 103646.
18. *Alqarni H, Kattadiyil MT, Aponte-Wesson R, Alfaifi M, Alsayed H*: Integration of intraoral scanning and conventional processing to fabricate a definitive obturator: A dental technique. *J Prosthet Dent* 2021; 126(4): 596-599.
  19. *Alaseef N, Albasara S, Hanan Abdulghani H, Al-Harbi F, Gad MM, Akhtar S, Khan SQ, Ateeq IS, Al-Karni FD*: CAD-CAM Fabricated Denture Base Resins: In Vitro Investigation of the Minimum Acceptable Denture Base Thickness. *J Prosthodont* 2022; 31(9): 799-805.
  20. *Gad MM, Albazroun Z, Aldajani F, Elakel AM, El Zayat M, Akhtar S, Khan SQ, Ali S, Rahoma AM*: Repair Bond Strength of Conventionally and Digitally Fabricated Denture Base Resins to Auto-Polymerized Acrylic Resin: Surface Treatment Effects In Vitro. *Materials (Basel)* 2022; 19, 15(24): 9062.
  21. *Miljanovic D, Seyedmahmoudian M, Horan B, Stojcevski A*: Novel and accurate 3D-Printed surgical guide for mandibular reconstruction with integrated dental implants. *Comput Biol Med* 2022; 151(Pt B): 106327.
  22. *Wróblewska M, Łasica PA, Cylwik-Rokicka D, Sierpińska T, Stokowska E*: Zastosowanie żywic akrylowych w leczeniu bezzębia z wykorzystaniem technologii cyfrowej – przegląd piśmiennictwa. Część 1 – CAD/CAM. *Protet Stomatol* 2022; 72(3): 265-271.
  23. *Koyama S, Kato H, Harata T, Sato N, Hanawa S, Sasaki K*: Evaluation of water absorption properties and fabrication of hollow obturator model using 3D digital dentistry. *Dent Mater J* 2018; 37(4): 521-525.
  24. *Tasopoulos T, Chatziemmanouil D, Karaiskou G, Kouveliotis G, Wang J, Zoidis P*: Fabrication of a 3D-printed interim obturator prosthesis: A contemporary approach. *J Prosthet Dent* 2019; 121(6): 960-963.
  25. *Ding L, Chen X, Zhang J, Wang R., Wu G*: Digital fabrication of a maxillary obturator prosthesis by using a 3-dimensionally-printed polyetheretherketone framework. *J Prosthet Dent* 2023; 129(1): 230-233.
  26. *Alfaraj A, Yang CC, Levon JA*: The trueness of obturator prosthesis base manufactured by conventional and 3D printing techniques. *J Prosthodont* 2022; 31: 221-227.
  27. *Koyama S, Sato N, Mito T*: Hermeticity of a hollow obturator model using CAD and rapid prototyping technologies. *J Prosthet Dent* 2020; 124: 123-127.
  28. *Chen J, Yang R, Shi B, Xu Y, Huang H*: Obturator Manufacturing for Oronasal Fistula after Cleft Palate Repair: A Review from Handicraft to the Application of Digital Techniques. *J Funct Biomater* 2022; 17, 13(4): 251.
  29. *Kortes J, Dehnad H, Kotte ANT, Fennis WMM, Rosenberg AJWP*: A novel digital workflow to manufacture personalized three-dimensional-printed hollow surgical obturators after maxillectomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2018; 47(9): 1214-1218.
  30. *Sun J, Xi J, Chen X, Xiong Y*: A CAD/CAM system for fabrication of facial prostheses. *Rapid Prototyping J* 2011; 17(4): 253-261.
  31. *Farook TH, Jamayet NB, Abdullah JY, Rajion ZA, Alam MK*: A systematic review of the computerized tools and digital techniques applied to fabricate nasal, auricular, orbital and ocular prostheses for facial defect rehabilitation. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2020; 121(3): 268-277.
  32. *Penkner K, Santler G, Mayer W, Pierer G, Lorenzoni M*: Fabricating auricular prostheses using three-dimensional soft tissue models. *J Prosthet Dent* 1999; 82(4): 482-484.
  33. *Fouda SM, Gad MM, Abualsaud R, Ellakany P, Al Rumaih HS, Khan SQ, Akhtar S, Al-Qarni FD, Al-Harbi FA*: Flexural Properties and Hardness of CAD-CAM Denture Base Materials. *J Prosthodont* 2022; 1-7.

34. *De Oliveira Limirio JPJ, De Luna Gomes JM, Rezende MCRA, Lemos CAA, Del Rei Daltro Rosa CD, Pellizzer EP: Mechanical properties of polymethyl methacrylate as a denture base: Conventional versus CAD-CAM resin - A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. J Prosthet Dent 2022; 128(6): 1221-1229.*
35. *Awad AN, Cho SH, Kesterke MJ, Chen JH:*

Comparison of tensile bond strength of denture relined materials on denture bases fabricated with CAD-CAM technology. *J Prosthet Dent* 2021; S0022-3913(21)00365-6.

Zaakceptowano do druku: 20.03.2023 r.

Adres autorów: 02-097 Warszawa, ul. Binińskiego 6.

© Zarząd Główny PTS 2023.