

# Wykorzystanie technologii CAD/CAM w wykonawstwie ruchomych uzupełnień protetycznych

## Application of CAD/CAM technology to the fabrication of removable dental prostheses

**Anastasiia Horishna, Karolina Anna Ambroziak, Martyna Kotulska-Janowska**

**Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny**

Department of Prosthodontics, Medical University of Warsaw

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

---

---

### HASŁA INDEKSOWE:

protezy ruchome, skaner wewnątrzustny, druk 3D, CAD/CAM, frezowanie

---

---

---

---

### KEY WORDS:

removable dentures, intraoral scanner, 3D printing, CAD/CAM, milling

---

---

### Streszczenie

Rozwój technologii cyfrowych i coraz szersze ich wykorzystywanie w protetyce stomatologicznej stawia przed lekarzem i technikiem nowe problemy i oczekiwania. Tradycyjne wykonawstwo osiadających protez częściowych i całkowitych oraz obturatorów pooperacyjnych jest procesem czasochłonnym, narażonym na błąd ludzki, który może wpływać na jakość wykonanych uzupełnień. Wykorzystanie technologii cyfrowych pozwala skrócić i uprościć proces wytwarzania uzupełnień protetycznych, dając tym samym bardziej przewidywalne rezultaty pracy pod względem wytrzymałości mechanicznej. Dodatkowo cyfrowy przepływ danych pozwala na sprawną komunikację między lekarzem i technikiem oraz lekarzami z różnych placówek medycznych, a archiwizacja stworzonych projektów prac protetycznych pozwala na ich proste odtworzenie. Wykorzystanie skanerów wewnątrzustnych może być pomocne w rejestracji danych podłoża protetycznego w przypadku pacjentów, u których warunki anatomiczne nie pozwalają na wykonanie tradycyjnego wycisku. Należy jednak pamiętać o ograniczeniach cyfrowego przepływu pracy i możliwości odwzorowania bezżębnego podłoża protetycznego. Pomimo dynamicznego rozwoju technologii CAD/CAM, całkowicie cyfrowy przepływ pracy w wykonawstwie ruchomych uzupełnień protetycznych nadal

### Summary

Digital technologies advancement and their increasing application to prosthetic dentistry pose new challenges and expectations for both clinicians and dental technicians. The traditional fabrication of removable partial and complete dentures, as well as postoperative obturators, is a time-consuming process that is susceptible to human error, which may affect the quality of the final prosthetic restorations. The use of digital technologies makes it possible to shorten and simplify the manufacturing process of prosthetic restorations, thus providing more predictable outcomes in terms of mechanical strength. Additionally, the digital workflow enables efficient communication between the clinician and the dental technician, as well as between clinicians from different medical centres, while the archiving of designed prosthetic items facilitates their easy reproduction. The use of intraoral scanners may be useful for recording data of the prosthetic foundation in patients whose anatomical conditions exclude conventional impression taking. However, it should be remembered that digital workflows have limitations, particularly in accurately reproducing the edentulous prosthetic foundation. Despite the rapid development of CAD/CAM technology, the fully digital workflow for the

wykazuje istotne ograniczenia kliniczne. Największe trudności dotyczą odwzorowania podatności podłoża protetycznego, rejestracji granic pola protetycznego oraz skanowania rozległych ubytków pooperacyjnych. W wielu przypadkach klinicznych konwencjonalne wyciski czynnościowe nadal pozostają bardziej przewidywalną metodą diagnostyczno-terapeutyczną. Zastosowanie technologii cyfrowych w codziennej praktyce klinicznej wymaga dalszej oceny oraz optymalizacji protokołów postępowania.

*fabrication of removable dentures still presents significant clinical limitations. The greatest challenges involve mapping the compliance of the basal seat, registering the boundaries of the, and scanning extensive postoperative defects. In many clinical cases, conventional impressions remain a more predictable diagnostic and therapeutic method.*

Ruchome uzupełnienia protetyczne nadal pozostają najczęściej wykonywanymi pracami, na co wpływ mają czynniki anatomiczne i ekonomiczne.<sup>1,2</sup> Konwencjonalne metody wytwarzania protez ruchomych wiążą się z koniecznością odbycia przez pacjenta kilku wizyt klinicznych oraz z czasochłonnymi etapami wykonawstwa laboratoryjnego.<sup>1-4</sup> Systemy cyfrowe umożliwiają uproszczenie tradycyjnych protokołów pracy. Pozwalają ponadto ograniczyć liczbę i skrócić czas trwania wizyt pacjenta w gabinecie oraz obniżyć koszty wykonania uzupełnień protetycznych.<sup>2,5-10</sup> Możliwość archiwizacji danych pozwala na łatwe odtworzenie czy modyfikację zasięgu zaprojektowanego uzupełnienia protetycznego oraz sprawną komunikację między lekarzem a pracownią techniki dentystycznej czy różnymi placówkami medycznymi.<sup>11-13</sup>

System komputerowego wspomaganie projektowania i wytwarzania (CAD/CAM) został wprowadzony do stomatologii w ostatnim ćwierćwieczu XX wieku. W latach 70-tych XX wieku Francois Duret z Francji wprowadził system Duret i stał się pionierem w dziedzinie optycznego wycisku, na podstawie którego projektował korony protetyczne i frezował je na frezarce sterowanej numerycznie. Następnie opracował system Sopha, który miał wpływ na rozwój systemów CAD/CAM w stomatologii na świecie. W latach 80-tych na Uniwersytecie

w Zurychu w Szwajcarii Werner Mormann i Marco Brandestini zaprezentowali pierwsze komercyjne rozwiązanie CAD/CAM. System CEREC umożliwiał dentystom wykonywanie wielu prac protetycznych bezpośrednio w gabinecie przy fotelu pacjenta. Na początku lat 80-tych XX wieku, ze względu na wzrost cen złota, stopy niklowo-chromowe były stosowane jako jego zamiennik. Jednak problemem były alergie na metale, zwłaszcza w Europie Północnej, stąd zaproponowano wykorzystanie stopów tytanu. Ponieważ precyzyjne odlewanie tytanu było wówczas trudne, Andersson podjął próbę wytworzenia podbudowy tytanowej metodą erozji iskrowej, tworząc system Procera i wprowadzając technologię CAD/CAM do procesu odbudowy licowanej kompozytem.<sup>14-16</sup> Pierwsze wzmianki o wykonaniu protez całkowitych w technologii CAD-CAM datuje się na lata 90-te XX wieku.<sup>7,17</sup> Obecnie technologia CAD/CAM jest szeroko wykorzystywana w protetyce stomatologicznej do wytwarzania modeli, prac stałych i szablonów implantologicznych. Rozwój technologii obrazowania cyfrowego pozwolił również na coraz skuteczniejsze wykonywanie w technologii CAD/CAM uzupełnień ruchomych.<sup>3,17,18</sup> Pomimo dynamicznego rozwoju technologii skanowania wewnątrzustnego, całkowicie cyfrowe odwzorowanie bezzębego podłoża protetycznego nadal stanowi istotne wyzwanie kliniczne.

Gładka powierzchnia błony śluzowej, obecność śliny oraz brak charakterystycznych punktów referencyjnych mogą prowadzić do utraty orientacji skanera i powstawania błędów rekonstrukcji obrazu. Szczególne trudności obserwuje się u pacjentów po leczeniu chirurgicznym nowotworów części twarzowej czaszki, zwłaszcza w przypadku rozległych ubytków tkanek oraz obecności połączeń między jamą ustną a jamą nosową lub zatoką szczękową. W takich przypadkach konwencjonalne wyciski czynnościowe nadal pozostają metodą bardziej przewidywalną klinicznie.

Systemy CAD/CAM wykorzystywane w protetyce stomatologicznej składają się z trzech głównych elementów służących do rejestrowania danych, projektowania oraz wytwarzania prac protetycznych.<sup>14,15</sup> Dokładne odwzorowanie podłoża protetycznego jest konieczne do wykonania funkcjonalnych uzupełnień protetycznych. Procedurę tę można wykonać za pomocą konwencjonalnych metod wyciskowych lub używając skanera.<sup>18-20</sup> Skanować można bezpośrednio podłoża protetyczne, wycisk lub model uzyskany na podstawie tradycyjnego wycisku, co w przypadku cyfrowego wytwarzania protez całkowitych pozwala na przeniesienie do oprogramowania obrazu podłoża z wycisków czynnościowych.<sup>18,20,21</sup> Konwencjonalne metody wyciskowe wiążą się z dyskomfortem pacjenta, a jakość uzyskanego na ich podstawie modelu gipsowego i przyszłej pracy protetycznej zależy od wielu czynników związanych z materiałami, sprzętem, transportem oraz doświadczeniem lekarza i technika. Skanowanie wewnątrzustne eliminuje błędy powstające podczas pobierania tradycyjnego wycisku, takie jak: przeciągnięcia czy skurcz podczas wiązania.<sup>18,19</sup> Należy jednak pamiętać, że wyciski cyfrowe nie uciskają podłoża, a tym samym nie ma możliwości odwzorowania podatności tkanek.<sup>18,19</sup> Procedura cyfrowa pozwala na wychwycenie błędów skanowania w trakcie i ich korektę, w przeciwieństwie do

nieudanego wycisku konwencjonalnego, którego ocena możliwa jest po wyjęciu związanej masy z jamy ustnej.<sup>18,22-24</sup> Wyciski cyfrowe pozwalają ponadto uzyskać obraz podłoża protetycznego u pacjentów z zębami w II stopniu ruchomości, z odruchem wymiotnym, w przypadku występowania ograniczonego rozwarcia szczęk oraz u pacjentów z deformacjami podłoża wywołanymi wadami wrodzonymi (np. rozszczepy podniebienia) lub nabytymi (np. urazy czy choroby nowotworowe), gdzie występują trudności z wyborem odpowiedniej łyżki wyciskowej lub jej wprowadzeniem do jamy ustnej.<sup>9,11,12,18,20,25,26</sup> Rozwój technologiczny skanerów umożliwia pobieranie wycisków cyfrowych również bezzębnego podłoża protetycznego.<sup>20,22,27</sup> Trudności w tej grupie pacjentów wynikające z konieczności zobrazowania gładkiej powierzchni o prostej geometrii, pokrytej śliną, bez charakterystycznych punktów odniesienia, można rozwiązać przez stosowanie znaczników z pasty wyciskowej lub kulek kompozytowych, a rejestrację mukodynamicznego obrazu tkanek miękkich przez skanowanie wycisków czynnościowych lub modeli.<sup>1,11,20,28,29</sup>

Wdrożenie cyfrowego przepływu pracy wiąże się z kosztami wynikającymi z zakupu urządzeń, oprogramowania i przeszkolenia personelu. Na rynku dostępnych jest wiele, niejednokrotnie kosztownych, programów do cyfrowego projektowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych.<sup>3,4,21</sup> W piśmiennictwie przedstawiane są również możliwości wykorzystania ogólnodostępnych i często bezpłatnych programów. *Cybulska* i wsp.<sup>9,12,25-27</sup> przedstawili cyfrowy przepływ pracy w wykonawstwie płytek pooperacyjnych dla pacjentów leczonych chirurgicznie z powodu nowotworów głowy i szyi, projektowanych na podstawie skanów wewnątrzustnych w programach Blue Sky Plan 4 (Blue Sky Bio, USA) i Meshmixer (Autodesk, USA), a następnie drukowanych z żywicy 3D do płyt protez dentystycznych.

Tabela 1. Porównanie etapów wykonawstwa protez ruchomych w metodzie konwencjonalnej, hybrydowej oraz cyfrowej

Etapy w wykonawstwie konwencjonalnym	Metoda hybrydowa	Etapy w wykonawstwie cyfrowym
Wyciski anatomiczne	możliwy skan podłoża i wykonanie łyżki indywidualnej	skan
Wyciski czynnościowe	możliwy skan wycisku czynnościowego lub modelu roboczego	brak możliwości odwzorowania podatności podłoża
Ustalenie centralnego zwarcia	możliwy skan wzorników zwarciowych	rejestracja łuku górnego i dolnego na etapie skanu bez kontroli podparcia tkanek miękkich
Kontrola próbných protez	brak możliwości wykonania kontroli próbných protez	brak możliwości wykonania kontroli próbných protez
Oddanie gotowych protez	oddanie gotowych protez	oddanie gotowych protez

W wykonawstwie protez ruchomych w technologii cyfrowej najczęściej wykorzystywane są techniki addytywne (druk 3D) lub substraktywne (frezowanie).<sup>2-5,7</sup> W druku 3D protez ruchomych żywica z postaci płynnej polimeryzowana jest za pomocą światła warstwa po warstwie.<sup>4,5,30</sup> Uzupelnienia protetyczne wytwarzane metodą frezowania powstają z polimeryzowanych fabrycznie dysków i charakteryzują się lepszymi parametrami wytrzymałościowymi, jednak proces ten generuje duże straty materiału.<sup>2,4,5,31</sup> Uzupelnienia ruchome wytwarzane są najczęściej z żywicy akrylowej – polimetakrylanu metylu (PMMA).<sup>2,4,31,32</sup> Do zalet protez akrylowych należy dobra estetyka, łatwość naprawy oraz przystępna cena. Konwencjonalna metoda polimeryzacji prowadzi jednak do liniowego odkształcenia przez skurcz, który może wynosić 6%. W trakcie polimeryzacji powstają naprężenia wewnętrzne, uwalniające się po wyjęciu protezy z formy gipsowej i puszki, co powoduje skręcanie, zginanie i zmiany wymiarów płyty protezy. Klinicznie, te odkształcenia mogą powodować utratę dokładności i retencji.<sup>2,31,32</sup> Pozostały po procesie polimeryzacji resztkowy monomer może działać drażniaco na błonę śluzową jamy ustnej.<sup>2,4,31,33</sup> Krążki PMMA do technologii

frezowania są polimeryzowane przemysłowo w wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem, co eliminuje skurcz i porowatość uzupelnień protetycznych. Ponadto ten rodzaj polimeryzacji sprzyja tworzeniu dłuższych łańcuchów polimerowych, co prowadzi do wyższego poziomu konwersji monomeru przy niższych wartościach monomeru resztkowego.<sup>4,5,31,34</sup> W technologii druku 3D po zakończeniu procesu, proteza wymaga oczyszczenia w rozpuszczalniku (alkoholu izopropylowym) oraz końcowego etapu polimeryzacji światłem, stąd możliwe jest wystąpienie skurczu polimeryzacyjnego. Ponadto podczas demontażu częściowo spolimeryzowanej protezy z platformy roboczej może dojść do jej odkształcenia.<sup>4,5,30,35</sup> Długoczasowe protezy ruchome najczęściej wykonywane są w technologii frezowania, natomiast druk 3D wykorzystywany jest do zaopatrzenia pacjenta w uzupelnienie tymczasowe.<sup>5,9,12,25,26,35</sup> Frezowane protezy zębowe wykazują lepsze właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości przy zginaniu, granica plastyczności, wytrzymałość, właściwości powierzchniowe i stabilność koloru, w porównaniu z protezami drukowanymi w technologii 3D.<sup>7,36-38</sup> Jednak koszt wykonania protezy ruchomej

Tabela 2. Możliwości i ograniczenia wykorzystania technologii CAD/CAM w wykonawstwie ruchomych uzupełnień protetycznych

Etap	Możliwości cyfrowe	Ograniczenia
Rejestracja podłoża	Szybkie skanowanie i archiwizacja danych	Brak możliwości odwzorowania podatności podłoża
Rejestracja bezzębne-go podłoża	Możliwość wykonania skanu	Trudność wykonania wynikająca z braku punktów referencyjnych, brak możliwości odwzorowania granicy ruchomej i nieruchomej błony śluzowej oraz podatności podłoża
Rejestracja ubytków pooperacyjnych	Możliwość wykonania skanu i projektowania obturatorów	Ryzyko utraty orientacji skanera przy rozległych ubytkach tkanek
Rejestracja zwarcia	Cyfrowa rejestracja szczęki w stosunku do żuchwy	W przypadku rozległych braków konieczność wykonania wzorników zwarciowych lub bazowanie na dotychczas użytkowanych uzupełnieniach
Kontrola próbnych protez	Częściowa cyfrowa wizualizacja	Brak kontroli estetyki tkanek miękkich, fonetyki oraz okluzji statycznej i dynamicznej

z wykorzystaniem technologii druku jest niższy ze względu na niższy koszt urządzeń i żywic do druku oraz mniejsze straty materiałowe.<sup>4,5,7,37</sup> Badania *Srinivasan* i wsp.<sup>7</sup> wykazały, że protezy całkowite wykonane zarówno w technologii frezowania, jak i druku 3D spełniają standardy wykonawstwa ruchomych uzupełnień protetycznych i z klinicznego punktu widzenia nie są gorsze od wykonanych metodami konwencjonalnymi.

Przegląd piśmiennictwa autorstwa *Wang* i wsp.<sup>35</sup> wykazał, że protezy ruchome wytworzone w technologii CAD/CAM wykazywały podobną dokładność i dopasowanie do podłoża jak protezy wykonane konwencjonalnie. *Baba* i wsp.<sup>39</sup> dokonali przeglądu obecnie dostępnych technik wytwarzania całkowitych protez CAD/CAM i doszli do wniosku, że właściwości fizyczne frezowanych protez z PMMA są lepsze od wykonanych konwencjonalnie. Dodatkowo zauważyli, że wykorzystanie technologii CAD/CAM do projektowania

i wykonawstwa protez całkowitych usprawnia etapy kliniczne i laboratoryjne, co budzi pewne wątpliwości związane z ograniczeniami technologii cyfrowej (tab.1). Pomimo licznych zalet technologii CAD/CAM, całkowicie cyfrowy przepływ pracy w wykonawstwie ruchomych uzupełnień protetycznych nadal wykazuje istotne ograniczenia kliniczne. Możliwości oraz ograniczenia wykorzystania technologii cyfrowych przedstawiono w tabeli 2.

Przegląd systematyczny *Batisse* i wsp.<sup>2</sup> porównujący protezy wykonywane techniką tradycyjną i frezowania wykazali, że żywice do frezowania płyt protez dentystycznych mają podobne, a nawet lepsze właściwości mechaniczne niż żywice konwencjonalne. Należy jednak pamiętać, że właściwości te wynikają nie tylko z technik wykonawstwa, ale również ze składu chemicznego. Dalszych badań klinicznych wymaga ocena trwałości płyt protez, poprzez analizę procesu starzenia żywic i odporności na zmęczenie.

*Fouda* i wsp.<sup>17</sup> przeprowadzili badania porównujące wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości i twardość żywic akrylowych wykorzystywanych w wykonawstwie płyt protez w technologii frezowania, druku 3D 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 dopuszczalne klinicznie. Dynamiczny rozwój technologii materiałów CAD/CAM sprawia, iż właściwości mechaniczne materiałów z tej grupy ulegają nieustannej poprawie.<sup>11</sup>

## Podsumowanie

Pomimo dynamicznego rozwoju technologii CAD/CAM, całkowicie cyfrowy przepływ pracy w wykonawstwie ruchomych uzupełnień protetycznych nadal wykazuje istotne ograniczenia kliniczne. Największe trudności dotyczą odwzorowania podatności podłoża protezy, rejestracji granic pola protetycznego oraz skanowania rozległych ubytków pooperacyjnych. W wielu przypadkach klinicznych konwencjonalne wyciski czynnościowe nadal pozostają bardziej przewidywalną metodą diagnostyczno-terapeutyczną.

Obecnie największą wartość kliniczną wydaje się mieć postępowanie hybrydowe, łączące techniki cyfrowe i konwencjonalne. Dalszy rozwój technologii skanowania oraz materiałów CAD/CAM może w przyszłości zwiększyć możliwości całkowicie cyfrowego wykonawstwa protez ruchomych, jednak wymaga to dalszych badań klinicznych. Możliwość wykorzystania technologii CAD/CAM skraca czas i upraszcza etapy wykonawstwa ruchomych prac protetycznych. Pozwala to osiągać bardziej przewidywalne efekty leczenia pacjentów przez eliminację potencjalnych błędów

ludzkich. Możliwość zmniejszenia liczby wizyt pozwala na szybszą poprawę funkcji żucia, mowy połykania i jakości życia. Jest to szczególnie istotne zwłaszcza u pacjentów onkologicznych po resekcji zmian nowotworowych w jamie ustnej. Dynamiczny rozwój materiałów do technologii cyfrowych pozwala na wytwarzanie protez o optymalnych parametrach mechanicznych.

Należy jednak pamiętać o ograniczeniach związanych z protokołem cyfrowym, który może wręcz zbyt upraszczać wykonanie protez ruchomych, nie dając zadowalającej retencji, stabilizacji, ani zadowalających efektów estetycznych dla pacjenta. Pomimo rozwoju technologii cyfrowych, nadal obserwuje się ograniczenia całkowicie cyfrowego przepływu pracy w przypadku uzupełnień ruchomych, głównie związane z brakiem możliwości odwzorowania podatności podłoża, granicy między błoną śluzową ruchomą i nieruchomą, a także wykonania etapu kontroli próbnych protez. Technologie CAD/CAM mogą być rozwiązaniem pomocnym w przypadku uzupełnień zaopatrzonych w obturatory, które mogą zapewnić dodatkową retencję uzupełnień, lub jako pierwszy etap leczenia w przypadku planowania protez natychmiastowych. Wymaga to jednak dalszych badań lub uwzględnienia również etapów z protokołu konwencjonalnego.

## Piśmiennictwo

1. *Cywoniuk E, Sierpińska T, Sulewska M:* Wykonanie protez całkowitych w technologii CAD/CAM – przegląd piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2021; 71(4): 332-342.
2. *Batisse C, Nicolas E:* Comparison of CAD/CAM and Conventional Denture Base Resins: A Systematic Review. *Appl. Sci.* 2021; 11(13):5990.
3. *Melon V, Dejak B:* Wykonanie protez całkowitych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii CAD/CAM. Część 1 – postępo-

- wanie kliniczne. *Prosthodontics* 2024; 74(1): 47-54.
4. *Dejak B, Melon V*: Wykonanie protez całkowitych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii CAD/CAM. Część 2 – postępowanie laboratoryjne. *Prosthodontics* 2024; 74(1): 55-62.
  5. *Kalberer N, Mehla A, Schimmel M, Muller F, Srinivasan M*: CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent* 2019; 121(4): 637-643.
  6. *Cywniuk E, Sierpińska T*: Wykorzystanie technologii cyfrowych w wykonawstwie uzupełnień protetycznych na podstawie piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2019; 69(2): 207-216.
  7. *Srinivasan M, Kalberer N, Fankhauser N, Naharro M, Maniewicz S, Muller F*: CAD-CAM complete removable dental prostheses: A double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3D – printed dentures. *J Dent* 2021; 115:2-11.
  8. *Cybulska A, Mańka-Malara K, Krasowski M, Sokółowski J, Zwoliński J, Rafalski A, Kostrzewa-Janicka J*: The Effect of Sterilization Methods on the Mechanical Properties of 3D-Printed and Conventional PMMA Materials for Denture Bases of Immediate Obturators. *Polymers* 2025; 17(9), 1279.
  9. *Cybulska A, Mierzwińska-Nastalska E*: Płytką obturacyjną w technologii druku 3D dla pacjenta młodocianego po resekcji tkanek podniebienia z powodu raka śluzowo-naskórkowego – opis przypadku. *Nowa Stomatol* 2024; 29(2): 47-51.
  10. *Cybulska A, Rolski D*: Historia sposobów odbudowy protetycznej ubytków w obrębie części twarzowej czaszki od czasów starożytnych do współczesnych. *Protet Stomatol* 2022; 72(3): 288-296.
  11. *Cybulska A, Szerszeń M*: Wykorzystanie technologii cyfrowych w rehabilitacji protetycznej pacjentów po chirurgicznym leczeniu nowotworów głowy i szyi. *Protet Stomatol* 2023; 73(1): 57-64.
  12. *Cybulska A, Mydlak A, Kostrzewa-Janicka J*: Połączenie techniki cyfrowej i konwencjonalnej w wykonawstwie natychmiastowej protezy całkowitej – opis przypadku, *Protet Stomatol* 2024; 74 (1): 63-68.
  13. *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.
  14. *Abdullah AO, Muhammed FK, Zheng B, Liu Y*: An Overview of Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) in Restorative Dentistry. *JDMT* 2018; 7(1): 1-10.
  15. *Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y*: A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28(1): 44-56.
  16. *Miyazaki T, Hotta Y*: CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J* 2011; 56(1): 97-106.
  17. *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.
  18. *Białoskórska K, Szczyrek P*: Skanery wewnętrzne – możliwości zastosowania w codziennej praktyce. *Protet Stomatol* 2019; 69(4): 419-426.
  19. *Laskowska K, Majchrzak K*: Porównanie wycisków cyfrowych z wyciskami konwencjonalnymi na podstawie piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2023; 73(3): 275-281.
  20. *de la Cerda Obraniak M, Cybulska A*: Możliwości wykorzystania wycisków cyfrowych przy wykonawstwie różnych rodzajów uzupełnień protetycznych. *Twój Przegląd Stomatol* 2022; 8-9: 95-98.

21. *Kropiwnicka A, Kowalewska-Jarosz B, Sierpińska T*: Modele cyfrowe i modele gipsowe w technice dentystrycznej i ortodontycznej – przegląd piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2017; 67(1): 45-57.
22. *Eggmann F, Blatz MB*: Recent Advances in Intraoral Scanners. *J Dent Res* 2024; 103(13): 1349-1357.
23. *Patzelt SBM, Lamprinos C, Stampf S, Att W*: The time efficiency of intraoral scanners An in vitro comparative study *JADA* 2014; 145(6): 542-551.
24. *Chang M, Woong J, Chang DS, Sang C, Park*: Interactive marching cubes algorithm for intraoral scanners. *Int J Adv Manuf Technol* 2017; 89: 2053-2062.
25. *Cybulska A, Mydlak A, Zwoliński J, Dominiak K, Szerszeń MP, Kostrzewa-Janicka J*: Natychmiastowa płytka obturacyjna w technologii druku 3D dla pacjenta z zaplanowaną resekcją zmiany nowotworowej – opis przypadku. *Protet Stomatol* 2023; 73(3): 193-201.
26. *Cybulska A, Dominiak K, Mydlak A, Kostrzewa-Janicka J*: Natychmiastowa płytka obturacyjna i jej modyfikacja w technologii CAD/CAM dla pacjenta po resekcji tkanek podniebienia z powodu nowotworu – opis przypadku. *Prosthodontics* 2024; 74(2): 153-157.
27. *Cybulska A, Mierzwińska-Nastalska E, Kostrzewa-Janicka J*: Płytki obturacyjna w technologii druku 3D dla pacjenta po resekcji szczęki z powodu nowotworu – opis przypadku. *Protet Stomatol* 2024; 74(3): 232-237.
28. *Unkovskiy A, Wahl E, Zander AT, Huettig F, Spintzyk S*: Intraoral scanning to fabricate complete dentures with functional borders: a proof-of-concept case report. *BMC Oral Health* 2019; 19(1): 46.
29. *Rasaie V, Abduo J, Hashemi S*: Accuracy of Intraoral Scanners for Recording the Denture Bearing Areas: A Systematic Review. *J Prosthodont* 2021; 30(6): 520-539.
30. *Łasica PA, Wróblewska M, Cylwik-Rokicka D, Sierpińska T, Stokowska E*: Zastosowanie żywicy akrylowych w leczeniu bezzębia z wykorzystaniem technologii cyfrowej – przegląd piśmiennictwa. Część 2 – Druk 3D. *Protet Stomatol* 2022; 72(4): 312-321.
31. *Wróblewska M, Łasica PA, Cylwik-Rokicka D, Sierpińska T, Stokowska E*: Zastosowanie żywicy akrylowych w leczeniu bezzębia z wykorzystaniem technologii cyfrowej – przegląd piśmiennictwa. Część 1 – CAD/CAM. *Protet Stomatol* 2022; 72(3): 265-271.
32. *Gharechahi J, Asadzadeh N, Shahabian F, Gharechahi M*: Dimensional Changes of Acrylic Resin Denture Bases: Conventional versus Injection-Molding Technique. *J Dent Tehran Iran* 2014; 11: 398-405.
33. *Lee H-J, Kim C-W, Kim Y-S*: The Level of Residual Monomer in Injection Molded Denture Base Materials. *J Korean Acad Prosthodont* 2003; 41: 360-368.
34. *Murakami N, Wakabayashi N, Matsushima R, Kishida A, Igarashi Y*: Effect of High-Pressure Polymerization on Mechanical Properties of PMMA Denture Base Resin. *J Mech Behav Biomed Mater* 2013; 20: 98-104.
35. *Wang C, Shi YF, Xie PJ, Wu JH*: Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent* 2021; 125(2): 249-256.
36. *Srinivasan M, Kamnoedboon P, McKenna G, Angst L, Schimmel M, Özcan M, Müller F*: CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. *J Dent* 2021; 113: 103777.
37. *Zeidan AAEL, Sherif AF, Baraka Y, Abualsaud R, Abdelrahim RA, Gad MM, Helal MA*: Evaluation of the Effect of Different Construction Techniques of CAD-CAM Milled, 3D-Printed, and Polyamide Denture

- Base Resins on Flexural Strength: An In Vitro Comparative Study. *J Prostodont* 2023; 32(1): 77-82.
38. *Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M*: CAD/CAM Complete Denture Resins: An In Vitro Evaluation of Color Stability. *J Prosthodont* 2021; 30(5): 430-439.
39. *Baba NZ, Goodacre BJ, Goodacre CJ, Müller F, Wagner S*: CAD/CAM Complete Denture Systems and Physical Properties: A Review of the Literature. *J Prosthodont* 2021; 30: 113-124.

Zaakceptowano do druku: 5.06.2026 r.

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

© Zarząd Główny PTS 2026.