

Zastosowanie żywic akrylowych w leczeniu bezzębia z wykorzystaniem technologii cyfrowej – przegląd piśmiennictwa. Część 1 – CAD/CAM

Use of acrylic resins in digital technology in the treatment of edentia – A review article. Part 1 – CAD/CAM

Marta Wróblewska¹, Paula Aleksandra Łasica¹, Dorota Cylwik-Rokicka¹, Teresa Sierpińska¹, Ewa Stokowska²

¹ Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Department of Prosthodontics, Medical University of Białystok

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Teresa Sierpińska*

² Samodzielna Pracownia Gerostomatologii, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Independent Geriatric Dentistry Laboratory, Medical University of Białystok

Kierownik: dr hab. n. med. *Ewa Dąbrowska*

HASŁA INDEKSOWE:

żywica akrylowa, CAD/CAM, protezy całkowite, PMMA

KEY WORDS:

acrylic resin, CAD/CAM, complete dentures, PMMA

Streszczenie

Liczba pacjentów użytkujących stomatologiczne protezy całkowite zwiększa się ze względu na rosnącą średnią wieku życia. W związku z tym, wzrasta również potrzeba poprawy jakości protez oraz komfortu użytkowania wykonywanych uzupełnień. Wprowadzenie technologii cyfrowych w stomatologii, umożliwiło wykorzystanie ich głównie w protetyce, także w celu wykonania całkowitych protez akrylowych. Uważa się, że technologia cyfrowa jest w stanie zautomatyzować wiele etapów wykonania protez stomatologicznych. Ponadto, CAD/CAM zapewnia między innymi znaczną oszczędność czasu, precyzję, powtarzalność oraz sterylne warunki pracy. W metodzie tradycyjnej ograniczone właściwości mechaniczne żywic akrylowych, uważane są za główne źródło niepowodzeń. Tworzywo akrylowe wykorzystywane w CAD/CAM do wykonywania protez całkowitych jest zbliżone do tradycyjnego

Summary

The number of patients using complete dental prostheses is on the increase due to higher mean longevity. This, in turn, indicates the need for increased improvement of the quality of prostheses and their comfort of use. The application of digital technologies to dentistry, mainly prosthetics, has made it possible to produce complete acrylic prostheses. It is believed that digital technology has a potential to automatize a number of production stages of dental prostheses. Moreover, CAD/CAM provides, among others, considerable saving of time, precision, repeatability and sterile conditions of work. Acrylic resins and their inadequate mechanical properties are mainly blamed for failures in the manufacture of complete prostheses using the traditional method. Acrylic resins used in CAD/CAM for the manufacture of complete prostheses are similar to the traditional ones in terms of chemical properties; however,

pod względem chemicznym, lecz ma całkowicie odmienny sposób przetwarzania. Istnieje możliwość wyfrezowania protez całkowitych z jednego bloczka PMMA lub oddzielnych bloczków na płytę protezy i zęby sztuczne. Na rynku pojawiają się coraz to nowocześniejsze materiały akrylowe, których jakość według producentów ma przewyższać pod wieloma względami tradycyjne żywice akrylowe.

they have a totally different method of processing. It is possible to mill complete prostheses from a single polymethylmetacrylate (PMMA) block or separate blocks for the prosthesis' plate and artificial teeth. More and more modern acrylic materials, whose quality – according to the manufacturers – is considered to outweigh traditional acryl resins in many respects, are being launched on the market.

Wstęp

Liczba pacjentów użytkujących ruchome osiadające protezy stomatologiczne ma wciąż tendencję wzrostową.¹⁻³ Ma to związek ze wzrostem średniej wieku populacji. Tylko w USA, szacowano, że od 2015 do 2020 roku liczba użytkujących protezy całkowite osiągnie 61 milionów.⁴ W krajach Europy Zachodniej odsetek osób bezzębnych jest dość niski wynoszący 5% w Niemczech, Szwajcarii, Norwegii i Szwecji. Natomiast w Europie Środkowo-Wschodniej bezzębie waha się od 40% w Polsce i Słowacji do 78% w Bośni i Hercegowinie.⁵⁻⁷ W związku z tym, wzrasta również potrzeba poprawy jakości protez oraz komfortu użytkowania wykonywanych uzupełnień.

Stomatologiczna proteza całkowita składa się z płyty podstawowej oraz zębów sztucznych.⁸ Konwencjonalne metody projektowania i wykonywania protez całkowitych składają się z licznych etapów klinicznych i laboratoryjnych.^{1,9} Do tej pory, każda proteza była wykonywana ręcznie przez technika dentyścycznego, co skutkowało często bardzo zróżnicowaną ich jakością.⁸ Dodatkowo, do powikłań związanych z tradycyjnymi protezami całkowitymi, należy zaliczyć: pęknięcia, złamania, utratę retencji, stabilizacji i estetyki, a także obniżenie wysokości zwarcia centralnego.^{1,10-12} Należy zaznaczyć, że niepowodzenia związane z protezami całkowitymi zostały

przypisane w dużej mierze niedostatecznym właściwościom mechanicznym żywic akrylowych.¹³⁻¹⁶

Wprowadzenie technologii cyfrowych w stomatologii, umożliwiło wykorzystanie ich między innymi w celu wykonywania akrylowych protez całkowitych. Uważa się, że technologia cyfrowa jest w stanie zautomatyzować wiele etapów wykonywania protez stomatologicznych, a przede wszystkim uzyskać porównywalną ich jakość.⁸ Konieczne stało się więc poszukiwanie materiałów, które będąc kompatybilne z wybranym systemem cyfrowym, jednocześnie spełniałyby wszystkie wymagania tradycyjnych materiałów na protezy całkowite, a może nawet je przewyższały.

Obecnie, w stomatologii cyfrowej, do wykonania protez całkowitych stosowane są dwa systemy: wykorzystujące metodę ubytkową-subtraktywną (frezowanie- CAD/CAM) lub metodę addytywną (druk 3D).¹⁷ Systemom tym dedykowane są odmienne żywice akrylowe.

Celem przeglądu piśmiennictwa było usystematyzowanie dostępnej wiedzy na temat materiałów akrylowych wykorzystywanych w wykonawstwie protez całkowitych w technologii cyfrowej.

Dokonano przeglądu piśmiennictwa w latach 2011-2021, wykorzystując bazę danych PubMed oraz Google Scholar używając kluczowych słów: „acrylic resin”, „CAD/CAM”, „complete dentures”. Do analizy

zakwalifikowano w sumie 21 prac, spełniających założone kryteria. Po zawężeniu tematyki i dodaniu hasła „PMMA” wyodrębniono 15 prac, dotyczących nowoczesnych technologii cyfrowych i materiałów stosowanych do wykonawstwa protez całkowitych.

PMMA w tradycyjnej technologii

PMMA (polimetakrylan metylu) jest najczęściej stosowanym materiałem w technice dentystrycznej. Jest to bezwonny polimer kwasu akrylowego, który został po raz pierwszy przedstawiony przez Redtenbachera w 1843 roku.¹⁸ Dzięki swoim właściwościom: łatwość w przygotowaniu, akceptowalne właściwości mechaniczne, estetyka, niska cena oraz relatywnie niska toksyczność, od 1946 roku stał się on głównym materiałem do wykonywania protez dentystrycznych.^{18,19} Przed wprowadzeniem PMMA jako materiału do wytwarzania protez stosowano m.in.: złoto, porcelanę, ebonit, aluminium, celulozoid, bakelit, PVC (polichlorek winylu) czy stopy metali nieszlachetnych. Jednak wszystkie te tworzywa i surowce miały swoje wady, więc rozpoczęto badania nad optymalnym materiałem do wykonywania protez, które trwają do dziś.^{18,20-22} Należy zaznaczyć, że w ostatniej połowie XX wieku, PMMA obok zastosowania w wykonawstwie płyt protez stało się także często stosowanym tworzywem na aparaty ortodontyczne, obturatory, tymczasowe korony czy mosty.^{18,23}

Pod względem chemicznym PMMA jest syntetycznym polimerem powstającym w wyniku zależnej od wolnych rodników polimeryzacji metakrylanu metylu do polimetakrylanu metylu.²⁴ Polimeryzacja aktywowana jest chemicznie lub pod wpływem zewnętrznego czynnika: temperatury, światła lub mikrofal. Na etapie propagacji polimeryzacja jest kontynuowana poprzez wiązanie monomerów, a następnie zakończona poprzez przesunięcie wolnych elektronów na koniec łańcucha.¹⁸

Do najbardziej rozpowszechnionych w

protetyce należą żywice akrylowe polimeryzujące pod wpływem temperatury. Stosowane są w tzw. tradycyjnej metodzie wykonywania całkowitych protez akrylowych. Występują one w postaci proszku (polimer) i płynu (monomer). Reakcja polimeryzacji rozpoczyna się w momencie zmieszania proszku z płynem w odpowiednich proporcjach, a do aktywacji inicjatora reakcji wymaga zewnętrznej energii w postaci ciepła, na przykład kąpieli wodnej w autoklawie. Wysoki poziom polimeryzacji jest niezbędny by uzyskać wymagane właściwości fizyczne akrylu. Należy zaznaczyć, że to właśnie polimeryzacja, jej prawidłowy przebieg i warunki są odpowiedzialne za jakość przyszłej protezy.^{18,25}

Uzupełnienia protetyczne stosowane w jamie ustnej muszą spełniać szereg wymagań. Dlatego też, PMMA było wielokrotnie badane i modyfikowane pod względem chemicznym, biologicznym, fizycznym i mechanicznym. Materiał na płyty protez całkowitych musi być biokompatybilny i nie powodować reakcji podrażniających, toksycznych czy mutagennych na błonę śluzową jamy ustnej. Według badaczy, optymalny materiał na płyty protez całkowitych powinien spełniać dodatkowo następujące kryteria: nierozpuszczalny w ślinie i innych płynach jamy ustnej, kompatybilny z materiałami na zęby sztuczne, o wysokim module elastyczności, odpowiedniej abrazyj, odporny na złamania i pęknięcia, lekki, stabilny objętościowo, estetyczny, tani, łatwy w naprawie i higienie, a także co bardzo ważne o długiej przeżywalności.^{18,26} Niestety, tradycyjne żywice akrylowe nie spełniają wszystkich wymagań. Nieprawidłowa procedura polimeryzacji może przynieść wiele powikłań: porowatą strukturę akrylu, smugi, podatność na pęknięcia i złamania, znaczny skurecz objętościowy czy zwiększoną zawartość monomeru resztkowego, odpowiedzialnego za podrażnienia błony śluzowej i alergię. Wszystko to spowodowało, że zaczęto szukać alternatywy dla tradycyjnych

żywie akrylowych, a wydaje się, że technologie cyfrowe mogą temu sprostać.

PMMA w CAD/CAM

Technologia CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing – Komputerowo Wspomagane Projektowanie/Komputerowo Wspomagane Wykonawstwo) składa się z trzech głównych elementów: skanera, oprogramowania i urządzenia wykonującego. Technologia miała swój początek w latach 70-tych, kiedy to przeprowadzono pierwsze próby wykorzystania systemu w stomatologii.²⁷⁻²⁹ Dotychczas było niewiele doniesień na temat wykonawstwa protez całkowitych tą metodą. Najprawdopodobniej spowodowane jest to złożonością etapów zarówno klinicznych, jak i laboratoryjnych, które są niezbędne by otrzymać protezy optymalnie wkomponowane funkcjonalnie i estetycznie w układ stomatognatyczny pacjenta.³⁰ W technologii cyfrowej wydaje się być to znacznie trudniejsze niż w metodzie tradycyjnej. Technologia cyfrowa ma jednak wiele niepodważalnych zalet: zmniejszenie liczby wizyt koniecznych do przeprowadzenia leczenia, co skutkuje oszczędnością czasu pacjenta, lekarza i technika. Obserwuje się również dokładniejsze dopasowanie części dośluzówkowej protezy, większą wytrzymałość płyty protezy i zmniejszoną jej porowatość. Frezowanie z materiału prepolimeryzowanego pozwala na uniknięcie skurczu polimeryzacyjnego. W porównaniu z protezami konwencjonalnymi protezy wykonane z zastosowaniem systemów CAD/CAM mają zmniejszoną objętość, co zwiększa komfort i zdolności adaptacyjne pacjenta.³¹ Istnieje również możliwość szybkiego wyfrezowania duplikatu protezy na podstawie danych zapisanych w programie.³⁰ Na rynku dostępnych jest wiele systemów CAD/CAM przeznaczonych do produkcji protez całkowitych. Wszystkie one wykorzystują PMMA. Pomimo, że żywice stosowane w metodzie tradycyjnej i technologii CAD/CAM są

chemicznie podobne, proces ich produkcji jest całkowicie odmienny.¹ Należy zaznaczyć, że szczególne ich wytwarzania są pilnie strzeżone przez producentów. Jednak niektóre jej etapy pozostają niezmiennie. Proszek mieszany jest z płynem, a otrzymywane ciasto akrylowe przetrzymywane jest w niskiej temperaturze (-18°C) przez 24 godziny. Następnie, ciasto akrylowe przekładane jest do odpowiednich form, prasowane, a następnie stopniowo polimeryzowane poprzez stopniowe podnoszenie temperatury. Głównym celem tego sposobu wytwarzania PMMA jest zwiększenie poziomu polimeryzacji bez stworzenia pustych przestrzeni (porów) wewnątrz struktury materiału. W rezultacie otrzymywany jest produkt o bardzo długich łańcuchach polimeru oraz wysokiej twardości.³²

Płyta protezy jest frezowana z różowego bloczka, a zęby z białego PMMA o ulepszonych właściwościach.³¹ Dyski na zęby sztuczne produkowane są według kolornika Vita w odcieniach A1-C4. Zęby te wklejane są w wyfrezowane otwory w płycie podstawowej przy pomocy bondu i materiału samopolimeryzującego. Istnieją również bloczki multilayer, umożliwiające frezowanie płyty wraz zębami z jednego bloczka żywicy.³² Akryl, z którego wykonane są bloki jest lepiej spolimeryzowany, mniej porowaty i według Bidra i wsp. pozbawiony wolnego monomeru resztkowego.³³ Wpływa to na zmniejszenie kolonizacji płyty protezy przez bakterie i *Candida albicans* odpowiedzialnych za stomatopatie protetyczne. Stwierdzono również zmniejszone przyleganie resztek pokarmowych.¹⁸ Ponadto lepsza polimeryzacja ogranicza możliwe podrażnienia wywołane wolnym monomerem, a także zwiększa wytrzymałość protezy.^{30,32} Dodatkowo brak jest ryzyka termicznego zniekształcenia płyty protezy, jakie może mieć miejsce w metodzie tradycyjnej.¹ Wszystko to wpływa na poprawę jakości użytkowanych uzupełnień. Według Al-Qarni i wsp. nie ma

potwierdzenia aby żywice w CAD/CAM były odporniejsze na przebarwienia w porównaniu z tradycyjnymi.³⁴ Należy również zaznaczyć, że istnieją publikacje m.in. *Perea-Lowery* i wsp.¹ czy *Steinmassl* i wsp.,⁸ które nie potwierdzają doniesień o mniejszym wydzieleniu wolnego monomeru czy też lepszych właściwościach mechanicznych protez wykonywanych w technologii CAD/CAM. Autorzy Ci wskazują raczej na podobieństwo żywic stosowanych w technologii cyfrowej do materiałów tradycyjnych.^{1,8} Ponadto, system ten wymaga kosztownego sprzętu, częstej aktualizacji oprogramowania oraz wykwalifikowanego personelu.³⁵ Nadal konieczne jest zastosowanie wielu konwencjonalnych etapów wykonawstwa protez: pobranie tradycyjnego wycisku w celu wykonania łożki indywidualnej, a następnie zeskanowanie wycisku czynnościowego lub odlanego z niego z modelu oraz rejestracja wysokości zwarcia. Metoda ta, w wielu częściach świata, jest wciąż droższa w porównaniu z tradycyjną. Dodatkowo, podczas frezowania bloczków akrylowych tracone są znaczne ilości materiału oraz wytwarzane są drobinki żywicy, które przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska.³⁶ Przeciwwskazaniem do wykonania protez całkowitych akrylowych jest nadwrażliwość na polimetakrylan metylu.³⁷

Podsumowanie

Technologia cyfrowa jest niezaprzeczalnie przyszłością stomatologii, a przede wszystkim protetyki.

Do głównych zalet protez akrylowych wykonanych w technologii CAD/CAM należą:^{36,38-43}

- biokompatybilność,
- oszczędność czasu,
- niezwykła dokładność,
- powtarzalność,
- dobra estetyka,
- odporność na odkładanie się płytki

nazębnej,

- możliwość wizualizacji efektu końcowego,
- eliminacja konieczności użycia mas wyciskowych i gipsu,
- sterylne warunki pracy.

Mimo, iż według niektórych badań protezy całkowite wykonane w systemie CAD/CAM nie odbiegają pod wieloma względami od metody tradycyjnej, to wiele ich zalet, a także coraz większa dostępność sprzętu, przemawiają za prawdopodobnym zastąpieniem metody tradycyjnej przez pracę w pełni cyfrową..

Piśmiennictwo

1. *Perea-Lowery L, Minja IK, Lassila L, Ramakrishnaiah R, Vallittu PK*: Assessment of CAD-CAM polymers for digitally fabricated complete dentures. *J Prosthet Dent* 2021; 125(1):175-181.
2. *Carlsson GE, Omar R*: The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *J Oral Rehabil* 2010; 37:143-156.
3. *Douglass CW, Shih A, Ostry L*: Will there be a need for complete dentures in the United States in 2020? *J Prosthet Dent* 2002; 87: 5-8.
4. *Oliveira da Rosa WL, Simone Oliveira GD, Rosa CH, Fernandes da Silva A, Lund RG, Piva E*: Current trends and future perspectives in the development of denture adhesives: an overview based on technological monitoring process and systematic review. *J Biomedical Sci* 2015; 4: 1-7.
5. *Polzer I, Schimmel M, Müller F, et al.*: Edentulism as part of the general health problems of elderly adults. *Int Dent J* 2010; 60(3): 143-155.
6. *Zitzmann NU, Haggmann E, Weiger R*: What is the prevalence of various types of prosthetic dental restorations in Europe? *Clin Oral Impl Res* 2007; 18: 20-33.
7. *Monitoring Zdrowia Jamy Ustnej*. Polska 2009. Stan zdrowia i jego uwarunkowania oraz potrzeby profilaktyczno-lecznicze dzie-

- ci i osób dorosłych w wieku 65-74 lata. 2009. ISBN 978-83-7637-046-0.
8. *Steinmassl PA, Wiedemair V, Huck C, Klaunzer F, Steinmassl O, Grunert I, Dumfahrt H*: Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clin Oral Investig* 2017; 21(5): 1697-1705.
 9. *Cunha TR, Della Vecchia MP, Regis RR, Ribeiro AB, Muglia VA, Mestriner W, et al.*: A randomised trial on simplified and conventional methods for complete denture fabrication: masticatory performance and ability. *J Dent* 2013; 41: 133-142.
 10. *Dorner S, Zeman F, Koller M, Lang R, Handel G, Behr M*: Clinical performance of complete dentures: a retrospective study. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 410-417.
 11. *Bilhan H, Erdogan O, Ergin S, Celik M, Ates G, Geckili O*: Complication rates and patient satisfaction with removable dentures. *J Adv Prosthodont* 2012; 4: 109-115.
 12. *Takamiya AS, Monteiro DR, Marra J, Compagnoni MA, Barbosa DB*: Complete denture wearing and fractures among edentulous patients treated in university clinics. *Gerodontology* 2012; 29: 728-734.
 13. *Ateş M, Cilingir A, Sülün T, Sünbülöğlü E, Bozdağ E*: The effect of occlusal contact localization on the stress distribution in complete maxillary denture. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 509-513.
 14. *Ali IL, Yunus N, Abu-Hassan MI*: Hardness, flexural strength, and flexural modulus comparisons of three differently cured denture base systems. *J Prosthodont* 2008; 17: 545-549.
 15. *Wong DM, Cheng LY, Chow TW, Clark RK*: Effect of processing method on the dimensional accuracy and water sorption of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 300-304.
 16. *Vallittu PK*: Dimensional accuracy and stability of polymethyl methacrylate reinforced with metal wire or with continuous glass fiber. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 617-621.
 17. *Wróbel-Bednarz K, Surowiecki D*: Application and properties of 3D printing technology, the future of prosthodontics. *Prosthodontics* 2016; 66(6): 453-460.
 18. *Zahar MS*: Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers (Basel)* 2020; 12(10): 2299.
 19. *Peyton FA*: History of resins in dentistry. *Dent Clin North Am* 1975; 19: 211-222.
 20. *Gautam R, Singh RD, Sharma VP, Siddhartha R, Chand P, Kumar R*: Biocompatibility of polymethylmethacrylate resins used in dentistry. *J Biomed Mater Res Part B*. 2012; 100: 1444-1450.
 21. *Khindria S, Mittal S, Sukhija U*: Evolution of denture base materials. *J Indian Prosthodont Soc* 2009; 9: 64.
 22. *Kedjarune U, Charoenworoluk N, Koontongkaew S*: Release of methyl methacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: Cytotoxicity testing related to residual monomer. *Aust Dent J* 1999; 44: 25-30.
 23. *Frazer RQ, Byron RT, Osborne PB, West KP*: PMMA: An essential material in medicine and dentistry. *J Long Term Eff Med* 2005; 15: 629-639.
 24. *Ali U, Karim KJBA, Buang NA*: A Review of the properties and applications of poly (methyl methacrylate) (PMMA) *Polym Rev* 2015; 55: 678-705.
 25. *Alla R, Raghavendra K, Vyas R, Konakanchi A*: Conventional and contemporary polymers for the fabrication of denture prosthesis: Part I – overview, composition and properties. *Int J Appl Dent Sci* 2015; 1: 82.
 26. *Rickman LJ, Padipatvuthikul P, Satterthwaite JD*: Contemporary denture base resins: Part 1. *Dent Update* 2012; 39: 25-30.
 27. *Blatz MB, Conejo J*: The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am* 2019; 63(2): 175-197.
 28. *Białoskórska K, Szczyrek P*: Intraoral scanners

- application opportunities in everyday practice. *Prosthodontics* 2019; 69(4): 419-426.
29. *Łasica PA, Sierpińska T, Cylwik-Rokicka D*: Uzupełnienia tymczasowe w technologii cyfrowej – przegląd piśmiennictwa. *Prosthodontics* 2021; 71(3): 234-243.
30. *Lisiakiewicz W, Mierzwińska-Nastalska E*: Protezy całkowite wykonywane w oparciu o technologię CAD/CAM. *Protet Stomatol* 2016; LXVI, 4: 307-310.
31. *Cywniuk E, Sierpińska T, Sulewska M*: Complete removable dentures manufacturing
32. in CAD/CAM: literature review. *Protet Stomatol* 2021; 71(4): 332-342.
33. *Raszewski Z*: Acrylic resins in the CAD/CAM technology: A systematic literature review. *Dent Med Probl* 2020; 7(4): 449-454.
34. *Bidra A, Taylor T, Agar J*: Computeraided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 2013; 109: 361-366.
35. *Al-Qarni FD, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Baba NZ, Paravina RD*: Stainability of acrylic resin materials used in CAD-CAM and conventional complete dentures. *J Prosthet Dent* 2020; 123(6): 880-887.
36. *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(S2): 113-124.
37. *Sierpińska T*: Stomatologia cyfrowa. Quintessence Publishing Polska 2021; 5-8.
38. *Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Guth JF*: CAD/CAMgenerated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int* 2012; 43(6): 457-467.
39. *Shenoy VK, Prabhu MB*: Computer-aided design/computer-aided manufacturing in dentistry – Future is present. *J Interdisciplinary Dent* 2015; 5(2): 60.
40. *Rogula J, Kuźniar-Folwarczny A, Sulewski M, Błaszczyk A, Sulewska A, Kosior P, Dobrzyński M*: Charakterystyka kompozytowych materiałów stomatologicznych stosowanych w gabinetowych systemach CAD/CAM. *Inżynier i Fizyk Medyczny* 2020; 9: 57-61.
41. *Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Clovis Cardoso Vieira L, Güth JF*: Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig* 2014; 18(2): 515-523.
42. *Cywniuk E, Sierpińska T*: Wykorzystanie technologii cyfrowych w wykonawstwie uzupełnień protetycznych na podstawie piśmiennictwa. *Prosthodontics* 2019; 69(2): 207-216.
43. *Czelej-Piszcz E, Piórkowska-Skrabucha B, Sarna-Boś K, Szabelska A, Borowicz J*: Conductivity of heat produced during the polymerization of materials for temporary restorations by the dentin layer. *Prosthodontics* 2012; 62(2): 110-114.

Zaakceptowano do druku: 8.08.2022 r.

Adres autorów: 15-276 Białystok,
ul. M. Skłodowskiej-Curie 24

© Zarząd Główny PTS 2022.