

Zastosowanie fotogrametrii w wykonawstwie uzupełnień protetycznych opartych na implantach u bezzębnego pacjenta w żuchwie metodą CAD/CAM – opis przypadku

Application of photogrammetry to CAD/CAM fabrication of an implant-supported prosthesis in an edentulous mandible – case report

Mariusz Kochanowski, Oliwia Ligocka, Gracjan Kowalczyk, Beata Dejak

Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Beata Dejak

HASŁA INDEKSOWE:

skaner wewnętrzny, stomatologia cyfrowa, implanty, leczenie bezzębia, PicDental

KEY WORDS:

intra-oral scanner, digital dentistry, implants, management of edentia, PicDental

Streszczenie

W trakcie leczenia implantoprotetycznego bezzębnych pacjentów można skorzystać z metod konwencjonalnych oraz cyfrowych. Metody konwencjonalne zapewniają bardzo dobrą dokładność dopasowania pracy protetycznej do wszczepów. Mają jednak wiele wad, takich jak czasochłonność, deformacje wycisku, czy znaczny dyskomfort dla pacjenta podczas samej procedury. Niedogodności te można wyeliminować dzięki zastosowaniu metod cyfrowych. Jednakże opierając się wyłącznie na cyfrowych wyciskach, otrzymanych za pomocą skanera wewnętrznego nie jest możliwe uzyskanie zadowalającej dokładności. Rozwiązaniem, które łączy dokładność metod konwencjonalnych z komfortem metod cyfrowych jest system PICDental. W jego skład wchodzi transfer w kształcie flag oraz zewnętrzny aparat PIC Camera. Zakodowane transfer przykręcane są bezpośrednio do implantów. Zlokalizowany 15-30 cm od ust pacjenta aparat wykonuje 50-60 zdjęć każdej pary implantów, których złożenie umożliwia uzyskanie obrazu 3D. Urządzenie pozwala na rejestrację pozycji oraz orientacji implantów z dokładnością 23-99 mikrometrów. Aby otrzymać pełny cyfrowy wycisk konieczne jest dodatkowe zeskanowanie tkanek miękkich podłoża protetycznego i połączenie obu plików w STL.

Summary

Implantoprosthetic treatment of edentulous patients may involve the use of conventional and digital methods. Conventional methods provide us with high degree of accuracy regarding the fit of the prosthesis to the implant. However, they are burdened with disadvantages such as time consumption, impression deformity or significant discomfort for the patient during the procedure. These inconveniences can be eliminated with digital methods. Yet, relying exclusively on digital impressions obtained with intra-oral scanner will not let us achieve adequate accuracy. The PICDental system, which combines the accuracy of conventional methods with the comfort of digital methods, seems to offer the satisfactory solution. It includes transfers in the shape of flags and extra-oral PIC Camera. Coded transfers are screwed directly to the implants. The camera, positioned 15-30 cm from the patient's mouth, takes 50-60 images of each pair of implants; their superimposition will produce a 3D image. The device enables the registration of position and orientation of the implants with the accuracy of 23-99 micrometers. In order to obtain a full digital impression, additional scans of soft tissues of the prosthetic base are necessary followed by convergence into an STL file format.

Wstęp

Jednym z głównych problemów podczas wykonywania uzupełnień implantoprotetycznych u pacjentów bezzębnych jest uzyskanie ich biernego dopasowania. Brak idealnego przylegania pracy protetycznej do wszczepów może prowadzić do utraty struktury kostnej wokół implantu, złamań śruby bądź uszkodzeń mechanicznych uzupełnienia protetycznego.¹⁻⁵

Postępująca w stomatologii cyfryzacja, wypiera konwencjonalne metody pobierania wycisków. Cyfrowe wyciski (pobierane za pomocą skanerów wewnątrzustnych) w porównaniu do tradycyjnych metod są mniej czasochłonne, minimalizują nieprzyjemne doświadczenia dla pacjenta, dają możliwość obejrzenia podłoża protetycznego w powiększeniu i natychmiastowego wykonania korekt. Deformacja wycisku jest ograniczona do minimum, a postępowanie bardziej efektywne.^{6,7} Obraz podłoża może być od razu przesłany do pracowni i skonsultowany z technikami.^{8,9} Aby uzyskać dokładne odwzorowanie podłoża protetycznego podczas wykonywania wycisku cyfrowego skanowany obiekt powinien znajdować się w centrum rejestrowanego obszaru. Operator powinien posługiwać się płynnymi ruchami zachowując w miarę możliwości stały, 5-30 mm dystans między głowicą skanera a obiektem. Można posługiwać się ruchem liniowym rejestrując w pierwszej kolejności powierzchnie żujące oraz podniebienne/językowe całego łuku, następnie przechodząc do powierzchni przedsionkowych lub skanować każdy ząb osobno, zaczynając od powierzchni przedsionkowej, następnie okluzyjną oraz podniebienne/językową.^{10,11} Do najczęściej używanych skanerów wewnątrzustnych należą między innymi: CS 3700, 3Shape TRIOS 3 i TRIOS 4, CEREC Primescan AC, iTero Element 5D, Lava Chairside Oral Scanner C.O.S., Planmeca Emerald S.^{10,12}

Dokładność odwzorowania pola protetycznego na otrzymanych skanach różni się w zależności od zastosowanego systemu i wielkości skanowanego obszaru. Najwyższą dokładność podczas skanowania uzębionych łuków wykazywał Lava C.O.S., odpowiednio $38,0 \pm 14,3$ μm dla pomiarów prawdziwości oraz $37,9 \pm 19,1$ μm dla precyzji. Z kolei CEREC AC uzyskał $332,9 \pm 64,8$ μm podczas pomiarów prawdziwości i $99,1 \pm 37,4$ μm dla precyzji.¹²

W przypadku niewielkich braków zębowych dokładność skanów jest bardzo dobra.⁷ Jednak im większy brak, tym precyzja odwzorowania spada. W przypadku rozległych prac błąd wynosi 50-250 mikrometrów. Sytuacja jest najgorsza w przypadku dużych braków zębowych i obecności miękkich tkanek podłoża. W trakcie wykonywania prac opartych na implantach u bezzębnych pacjentów, błędy wynikające z braku anatomicznych punktów referencyjnych, ruchomej błony śluzowej oraz dużej powierzchni skanowania, uniemożliwiają uzyskanie zadowalającego dopasowania pracy protetycznej.¹³⁻¹⁶ Obecność śliny, zniekształcenie pola protetycznego podczas szerokiego otwarcia ust powodują zafałszowanie obrazu podłoża. Dodatkowo występują niekorzystne czynniki, takie jak niestabilna pozycja pacjenta oraz rąk operatora.⁶ Stąd konieczność poszukiwania innych metod, które pozwolą na precyzyjne wyciski w takich sytuacjach.

Jedną z możliwości dokładnego zarejestrowania pozycji wszczepów śródkostnych jest fotogrametria.¹⁷ Pierwsze jej użycie w stomatologii zostało opisane w roku 1994. Używano jej w celu badania zniekształceń prac protetycznych opartych na implantach. Metoda ta w późniejszym czasie znalazła zastosowanie do pomiaru odległości i orientacji implantów, oceny dopasowania uzupełnień protetycznych, dokonywania pomiaru recesji tkanek miękkich wokół wszczepów, opracowywania modeli 3D przedstawiających

twarze, bądź łuki zębowe pacjentów, rejestracji zwarcia, a także tworzenia planu leczenia i prowadzenia dokumentacji medycznej.¹⁸ Wykorzystanie fotogrametrii w bezzębnych łukach zębowych, w przypadku braku anatomicznych punktów orientacyjnych pozwala na precyzyjne określenie położenia oraz orientacji implantów.^{2,3}

System PIC Dental jest oparty na fotogrametrii. W jego skład wchodzi transfer w kształcie flag oraz zewnętrzny aparat – PIC Camera. Urządzenie posiada lampę błyskową na podczerwień, która stale oświetla fotografowany obiekt oraz eliminuje rzucanie cieni przez światło otoczenia. Podczas rejestracji PIC Camera zlokalizowana jest 15-30 cm od ust pacjenta, bez bezpośredniego kontaktu z fotografowanym obiektem, pod maksymalnym kątem 45 stopni względem flag. Stereoskopowa kamera wykonuje 50 do 60 zdjęć każdej pary implantów w czasie 60 sekund. Procedura jest prowadzona do momentu, w którym urządzenie zlokalizuje położenie wszystkich implantów, trójwymiarowo je ze sobą korelując. Fotogrametria korzystając z algorytmu pozwala na dostarczenie wektorów opisujących położenie implantów wraz z pozycjami i orientacją w ustalonej przestrzeni. Złożenie zdjęć umożliwia uzyskanie obrazów 3D.^{2,3,19}

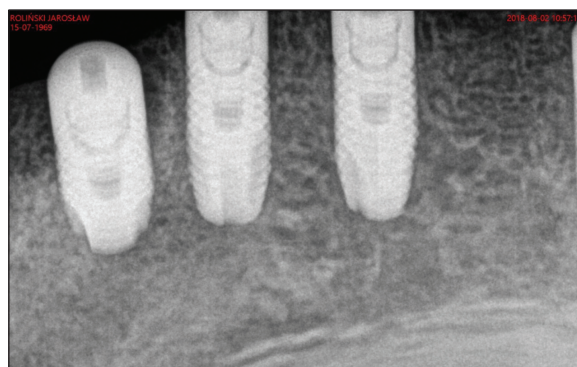
Dokładność pomiarów w zależności od badań wynosi 23-99 mikrometrów, co daje satysfakcjonujący wynik względem skanerów wewnętrznych, których margines błędu wynosi 100 mikrometrów, a kąt wprowadzania implantu powyżej 0,4 stopnia. Dodatkową zaletą powyższej metody jest fakt, że obecność śliny czy krwi nie wpływa na precyzję pomiarów. Jednym z niewielu ograniczeń tej techniki jest to, że nie rejestruje ona tkanek miękkich pacjenta. Zmusza to do tworzenia drugiego pliku STL poprzez zeskanowanie modelu odlanego na podstawie wycisku bądź bezpośredni skan tkanek miękkich wewnątrzustnie.^{1,14,20}

Opis przypadku

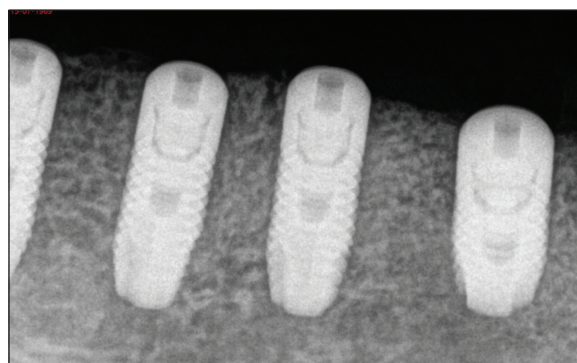
W 2018 roku pacjent w wieku 49 lat zgłosił się celem wykonania uzupełnienia protetycznego w bezzębnej żuchwie. Przeprowadzono badanie przedmiotowe i podmiotowe, podczas analizy dotychczasowego zwarcia stwierdzono obniżony wymiar pionowy zwarcia i konieczność jego rekonstrukcji.

Na podstawie badania radiologicznego techniką tomografii stożkowej określono wymiar kości, położenie kanału nerwu zębodołowego dolnego oraz pozycję centralną w stawach skroniowo-żuchwowych. Pacjenta zakwalifikowano do leczenia implantoprotetycznego.

Wszczepiono 7 implantów Astra Tech OsseoSpeed EV, dwa o długości 9 mm w okolicy zębów trzonowych, pozostałe o długości 11 mm w odcinku przednim (Dentsply Sirona). Uzyskano stabilizację pierwotną w zakresie 35-40 Ncm (ryc. 1, 2).



Ryc. 1. Zdjęcie rtg wszczepionych implantów Astra Tech OsseoSpeed EV.



Ryc. 2. Zdjęcie rtg wszczepionych implantów Astra Tech OsseoSpeed EV.



Ryc. 3. Całkowita proteza osiadająca przed zeskanowaniem.

Celem oceny estetyki zeskanowano wcześniej użytą protezę całkowitą osiadającą i na jej podstawie wykonano uzupełnienie próbne (ryc. 3).

Na następnej wizycie przykręcono do łóż implantów multiprofile z siłą 30 Ncm. Następnym etapem pracy było zeskanowanie pozycji implantów przy użyciu PIC kamery. Do rejestracji ich położenia konieczne było dokręcenie do multiprofilu flag – transferów PIC. Przy użyciu zewnętrznej kamery zarejestrowano ich obraz. W rezultacie otrzymano plik STL zawierający informację o geometrii, wzajemnych odległościach i nachyleniu przymocowanych transferów (ryc. 4, 5).



Ryc. 5. Flagi przykręcone do śrub gojących.

Do otrzymania kompletnego, trójwymiarowego obrazu konieczne było dodatkowo użycie skanera wewnątrzustnego, który dostarczył informacji o strukturach anatomicznych wokół

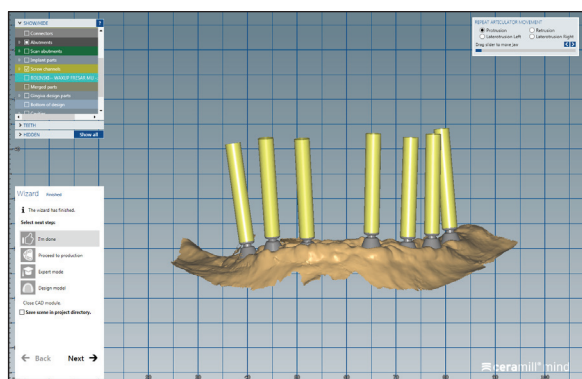


Ryc. 4. System PIC Dental.

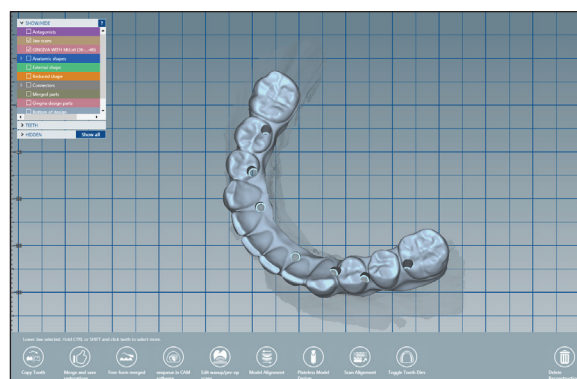
wszczepów. Skany wykonano przy użyciu skanera Carestream 3600. W programie Ceramill Mind połączono otrzymany obraz z plikiem STL uzyskanym za pomocą systemu PICDental oraz zaprojektowano uzupełnienie tymczasowe (ryc. 6, 7, 8). Uzupełnienie tymczasowe wykonano z materiału akrylowego Ceramill A-Temp



Ryc. 6. Skaner wewnątrzustny Carestream CS 3600.



Ryc. 7. Plik STL powstały po połączeniu skanu wewnątrzdnego z zewnątrzdnym.



Ryc. 8. Projekt pracy tymczasowej.



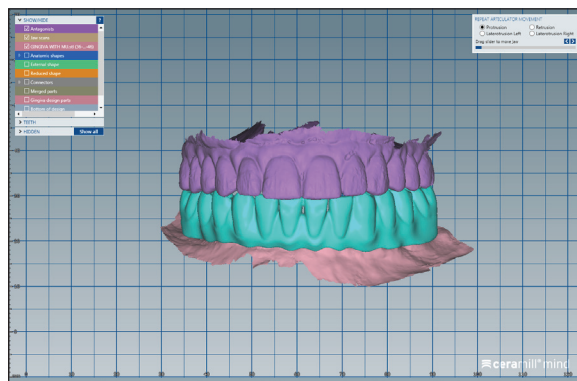
Ryc. 9. Praca tymczasowa.



Ryc. 10. Przykręcone uzupełnienie tymczasowe.



Ryc. 11. Sliding guide.



Ryc. 12. Skan wewnątrzdnym z uzupełnieniem tymczasowym.

w technice CAD/CAM i przymocowano je na multi unitach na czas wykonania pracy ostatecznej (ryc. 9, 10).

Celem uzyskania prawidłowych relacji w stawach skroniowo-żuchwowych przeprowadzono deprogramację krótkoczasową przy użyciu Sliding Guide, następnie wykonano skan wewnątrzdnym z uzupełnieniem tymczasowym, rejestrując zwanie pacjenta (ryc. 11, 12).

Po odkręceniu uzupełnienia tymczasowego, przykręcono klucz tytanowy mający na celu sprawdzenie poprawności pozycji implantów zarejestrowanej w poprzednich etapach leczenia. Dokładność dopasowania na całym łuku zębowym wynosiła 8 mikronów (ryc. 13).

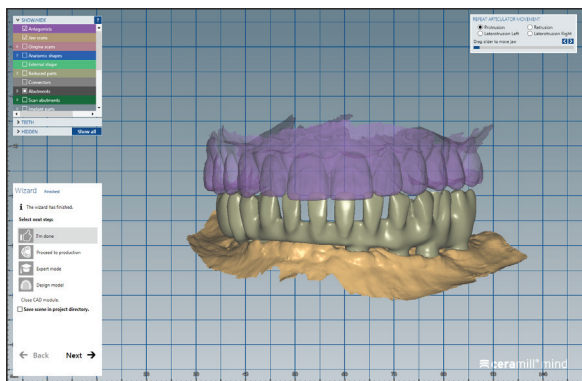
W celu sprawdzenia dopasowania oraz ilości przestrzeni okluzyjnej na materiał licujący, zamontowano podbudowę wykonaną ze stopu



Ryc. 13. Przykręcony klucz tytanowy.



Ryc. 14. Kontrola podbudowy ze stopu chromo-kobaltowego.



Ryc. 15. Skan z podbudową chromo-kobaltową.



Ryc. 16. Przykręcona praca długoczasowa.

chromo-kobaltowego w technice CAD/CAM. Dzięki zastosowaniu w poprzednich etapach technologii PICDental w połączeniu ze skanem wewnątrzustnym udało się uzyskać zadowalające dopasowanie (ryc.14, 15).

W pracowni technicznej podbudowa została wykończona przy użyciu ceramiki dwukrzemianu litu. Następnie praca została przymocowana na śruby (ryc. 16).

Dzięki użyciu skanera wewnątrz- i zewnątrzustnego wykonano w pełni cyfrowe uzupełnienie protetyczne, uzyskano prawidłowe relacje w układzie stomatognatycznym, poprawie uległa fonetyka i estetyka twarzy pacjenta.

Dyskusja

W trakcie wykonywania uzupełnień protezycznych opartych na implantach do rejestracji ich pozycji można skorzystać z metod analogowych. Jednak w tych przypadkach każdy

z etapów pracy wiąże się z ryzykiem powstania błędów wynikających z właściwości materiałów, pracy lekarza i technika dentystycznego. Pomimo uzyskiwania akceptowalnych wyników, wiąże się to z dużą liczbą niedogodności. Jedną z głównych wad jest zmiana objętości masy wyciskowej od czasu pobrania wycisku do momentu odlania modelu przez technika.^{2,15,21} Masy poliwinylsiloksanowe o addycyjnym charakterze wiązania po 24 godzinach od pobrania wycisku wykazują zmianę kształtu -0,15%, a masy polieterowe od -0,19 do -0,24%.²² Istnieje ryzyko deformacji wycisku podczas wyjmowania go z ust. Ponadto sama procedura pobierania wycisków, nieraz kilkakrotnie powtarzana, wydłuża czas wizyty, zmuszając tym samym pacjenta do przyjmowania przez dłuższy czas niekomfortowej pozycji, niekiedy wywołując dodatkowo odruch wymiotny.^{2,15,21}

Powyższe problemy można wyeliminować dzięki zastosowaniu technik cyfrowych.

Wykorzystanie skanera wewnątrzustnego pozwala nam na uzyskanie wycisków obu łuków zębowych w ciągu kilku minut. Wycisk cyfrowy jest precyzyjny, z dokładnością dopasowania porównywalną z dokładnością uzyskiwaną podczas wykorzystania techniki wycisku na łyżce otwartej z zszynowanymi transferami wyciskowymi. Jest to technika, która daje lepsze efekty, w porównaniu z łyżką zamkniętą, zwłaszcza u pacjentów bezzębnych.^{23,24} Ostateczny efekt jest uzależniony od takich czynników jak rozległość bezzębnego odcinka oraz ruchomość błony śluzowej.^{2,14,17,23} Podczas wykonywania skanu w przypadku bezzębnych łuków z uwagi na duży dystans pomiędzy poszczególnymi scan body oraz brak stabilnych punktów referencyjnych na błonie śluzowej występują problemy z łączeniem poszczególnych zdjęć. Skutkuje to nierzadko brakiem możliwości uzyskania kompletnego skanu, a w sytuacji otrzymania całkowitego obrazu spadkiem jego dokładności.^{2,14} Chcąc zastosować skaner wewnątrzustny w dolnym łuku zębowym napotyka się na dodatkowe problemy, takie jak: mocno zredukowane podłoże kostne oraz obecność języka. Sprawia to, że sama procedura skanowania jest trudniejsza aniżeli w górnym łuku zębowym.^{25,26} Również dopasowanie scan body do implantu, bądź analogu jest potencjalnym źródłem błędów podczas rejestracji pozycji implantów.²⁴

Fotogrametria może być dobrą alternatywą dla konwencjonalnych metod wyciskowych.¹⁵⁻¹⁷ Badania dowodzą, że dzięki zastosowaniu tej technologii uzyskuje się statystycznie lepszą precyzję oraz prawdziwość dopasowania pracy protetycznej do implantu.^{9,27} Obserwacje długoterminowe co do przeżywalności wszczepów i uzupełnień protetycznych oraz zaniku kości wokół implantu nie wykazują znaczących różnic między powyższymi metodami.²⁸ Dzięki użyciu technologii cyfrowych liczba etapów koniecznych do otrzymania długoczasowego uzupełnienia protetycznego

może zostać zredukowana.^{28,29} Dodatkowo, sama procedura rejestracji pola protetycznego jest zdecydowanie bardziej komfortowa zarówno dla lekarza jak i pacjenta.²⁸

Dzięki zastosowaniu, u powyższego pacjenta, systemu PICDental w połączeniu ze skanerem wewnątrzustnym Carestream 3600 rejestrującym tkanki miękkie udało się wyeliminować konieczność użycia konwencjonalnych materiałów wyciskowych, uzyskując klinicznie akceptowalne dopasowanie pracy protetycznej do implantów. Dodatkowo dzięki wykorzystaniu w pełni cyfrowego protokołu leczenie pacjenta przebiegło w warunkach znacznie bardziej komfortowych aniżeli podczas wykorzystania mas wyciskowych.

Piśmiennictwo

1. *Tohme H, Lawand G, Chmielewska M, Makhzoume J*: Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2023; 129(2): 354-362. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.05.006
2. *Amin S, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P*: Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(11): 1360-1367. doi: 10.1111/clr.12994
3. *Carr AB, Gerard DA, Larsen PE*: The response of bone in primates around unloaded dental implants supporting prostheses with different levels of fit. *J Prosthet Dent* 1996; 76(5): 500-509. doi: 10.1016/s0022-3913(96)90008-6
4. *Akça K, Cehreli MC, Iplikcioglu H*: A comparison of three-dimensional finite element stress analysis with in vitro strain gauge measurements on dental implants. *Inter J Prosthodont* 2002; 15(2): 115-121.
5. *Wulfman C, Naveau A, Rignon-Bret C*:

- Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2020; 124(2): 161-167. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.06.014
6. Kent Jon Howell, Johnston WM, Drago C, Knapik GG: Comparison of the Accuracy of Biomet 3i Encode Robocast Technology and Conventional Implant Impression Techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28(1): 228-240.
 7. Dejak B: Vademecum wykonywania protez stałych i ruchomych. 2ed. Med Tour Press International; Otwock 2020.
 8. Lee SJ, Gallucci GO: Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(1): 111-115. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02430.x
 9. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J: Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. *J Prosthodont* 2015; 25(4): 282-287. doi: 10.1111/jopr.12410
 10. Zhang YJ, Qian SJ, Lai HC, Shi JY: Accuracy of photogrammetric imaging versus conventional impressions for complete-arch implant-supported fixed dental prostheses: A comparative clinical study. *J Prosthet Dent* 2023; 130(2): 212-218. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.09.035
 11. Cheng J, Zhang H, Liu H, Li J, Wang HL, Tao X: Accuracy of edentulous full-arch implant impression: An in vitro comparison between conventional impression, intraoral scan with and without splinting, and photogrammetry. *Clin Oral Implants Res* 2024. doi: 10.1111/clr.14252
 12. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguié G, Viennot S, Robinson P, et al.: Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthcare Engineering* 2017; 1-9. doi: 10.1155/2017/8427595
 13. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S: Intraoral scanning systems – a current overview. *Inter J Computer Dent* 2015; 18(2): 101-129.
 14. Patzelt SBM, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W: Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clinic Oral Investigations* 2013; 18(6): 1687-1694. doi: 10.1007/s00784-013-1132-y
 15. Ma Bergin J, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ: An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthetic Dent* 2013; 110(4): 243-251. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60370-4
 16. Andriessen FS, Rijkens DR, van der Meer WJ, Wismeijer DW: Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: A pilot study. *J Prosthetic Dent* 2014; 111(3): 186-194. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.07.010
 17. Kim RJY, Benic GI, Park JM: Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position. Bencharit S, editor. *PLoS One* 2019; 14(11): e0222070. doi: 10.1371/journal.pone.0222070
 18. Jemt T, Bäck T, Petersson A: Photogrammetry – an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study. *Inter J Prosthodont* 1999; 12(4): 363-368.
 19. Wee AG, Aquilino SA, Schneider RL: Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature. *Inter J Prosthodont* 1999; 12(2): 167-178.
 20. Iturrate M, Eguiraun H, Solaberrieta E: Accuracy of digital impressions for implant-supported complete-arch prosthesis, using an auxiliary geometry part –An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30(12): 1250-1258. doi: 10.1111/clr.13549
 21. Agustín-Panadero R, Peñarrocha-Oltra D, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diogo M: Stereophotogrammetry for Recording the Position of Multiple Implants: Technical Description. *Inter J Prosthodont* 2015; 28(6): 631-636. doi: 10.11607/ijp.4146

22. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B: Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2015; 27(4): 465-472. doi: 10.1111/clr.12567
23. Tan M, Yee S, Wong K, Tan Y, Tan K: Comparison of Three-Dimensional Accuracy of Digital and Conventional Implant Impressions: Effect of Interimplant Distance in an Edentulous Arch. *Inter J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34(2): 366-380. doi: 10.11607/jomi.6855
24. Iturrate M, Eguiraun H, Solaberrieta E. Accuracy of digital impressions for implant-supported complete-arch prosthesis, using an auxiliary geometry part – An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30(12): 1250-1258. doi: 10.1111/clr.13549
25. Duret F, Preston JD: CAD/CAM imaging in dentistry. *Current Opinion in Dentistry Curr Opin Dent* 1991; 1(2): 150-154.
26. Peñarrocha-Diago M, Balaguer-Martí JC, Peñarrocha-Oltra D, Balaguer-Martínez JF, Peñarrocha-Diago M, Agustín-Panadero R: A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete-arch, implant-supported prostheses: A randomized controlled pilot clinical trial. *J Prosthetic Dent* 2017; 118(5): 596-603. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.12.015
27. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ: An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthetic Dent* 2013; 110(4): 243-251. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60370-4
28. Gómez-Polo M, Barmak AB, Ortega R, Rutkunas V, Kois JC, Revilla-León M: Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry systems for acquiring 3D dental implant positions: A systematic review. *J Prosthodont* 2023; 32(S2): 208-224. doi: 10.1111/jopr.13751
29. Mizumoto RM, Alp G, Özcan M, Yilmaz B: The effect of scanning the palate and scan body position on the accuracy of complete-arch implant scans. *Clin Implant Dent Related Res* 2019; 21(5): 987-994. doi: 10.1111/cid.12821
- Zaakceptowano do druku: 19.03.2026 r.
Adres autorów: 92-213 Łódź, ul. Pomorska 251.
© Zarząd Główny PTS 2026.