

Skanery wewnątrzustne – możliwości zastosowania w codziennej praktyce

Intraoral scanners – application opportunities in everyday practice

Karolina Białoskórska, Przemysław Szczyrek

Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny WUM

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Elżbieta Mierzwińska-Nastalska*

HASŁA INDEKSOWE:

skaner wewnątrzustny, wycisk wirtualny, model wirtualny, wycisk konwencjonalny

KEY WORDS:

intraoral scanner, digital impression, virtual model, conventional impression

Streszczenie

Od czasu pojawienia się w latach 80-tych pierwszych udanych prób, stworzenia modeli wirtualnych i ich praktycznego wykorzystania, ta gałąź stomatologii uległa znacznemu postępowi. Prężny rozwój cyfryzacji ma na celu nie tylko ułatwienie pracy lekarzowi – dentyście oraz pracownikom technicznej ale w głównej mierze wyeliminowanie błędów możliwych do powstania w trakcie wieloetapowości wycisków tradycyjnych. Pomimo znacznego postępu w dziedzinie materiałoznawstwa, w dalszym ciągu pobranie konwencjonalnego wycisku jest trudne, często pracochłonne i mało przyjemne dla pacjenta. Rozwijaną od lat alternatywną metodą jest pobranie wycisku wirtualnego i komputerowe planowanie uzupełnienia protetycznego. Celem pracy jest przegląd kierunków rozwoju i możliwości zastosowania w codziennej praktyce skanerów wewnątrzustnych. Przedstawiono krótką charakterystykę tych urządzeń, uwzględniając zarówno wady jak i zalety, a także porównanie z konwencjonalnymi metodami pobierania wycisków i skanerami zewnątrzustnymi. Stomatologia cyfrowa jest prężnie rozwijającą się dziedziną, która daje wiele możliwości w konkretnych przypadkach klinicznych, jednakże wymaga dalszych modernizacji aby poszerzyć obecny zakres wskazań do stosowania systemów CAD/CAM

Summary

Since the first successful attempts in the 1980s to create virtual models and to find their practical application, this branch of dentistry has progressed significantly. The dynamic development of digitalization is aimed not only at facilitating the work of the dentist and the technical laboratory, but also at eliminating errors that may occur during the multi-stage process of traditional impression taking. Despite significant advances in material science, the conventional impression is still difficult to take, is often laborious and uncomfortable for the patient. An alternative method that has been developed over the years is taking a virtual impression and computer planning of prosthetic restorations. The aim of the study is to review the directions of development and possibilities of using intraoral scanners in everyday practice. A short description of these devices is presented, taking into account their advantages and disadvantages. Also included is the comparison of intraoral scanners with conventional methods of taking impressions and extraoral scanners. Digital dentistry is a rapidly evolving field that offers many possibilities in specific clinical cases, but requires further upgrades to extend the current range of indications for use with CAD/CAM systems.

Proces leczenia protetycznego pacjenta opiera się na ścisłej współpracy lekarza – dentystry i technika, aby współpraca, jak i powodzenie było w pełni osiągnięte, istotne jest dokładne przeniesienie warunków jamy ustnej do laboratorium technicznego. Jedynym znanym sposobem jest wykonanie precyzyjnego wycisku konwencjonalnego, bądź cyfrowego. Postępujący rozwój cyfryzacji ma na celu wyeliminowanie błędów możliwych do powstania w trakcie wieloetapowości procedur wyciskowych w metodach tradycyjnych.¹ Pomimo znacznego postępu w dziedzinie materiałoznawstwa, w dalszym ciągu pobranie konwencjonalnego wycisku jest trudne, często pracochłonne i mało przyjemne dla pacjenta. Rozwijaną od lat alternatywną metodą jest pobranie wycisku wirtualnego i komputerowe planowanie uzupełnienia protetycznego.²

Celem pracy jest przegląd kierunków rozwoju i możliwości zastosowania w codziennej praktyce skanerów wewnątrzustnych. W latach 80-tych został stworzony system CAD/CAM, czyli komputerowe projektowanie/komputerowe sterowanie wykonawstwa prac protetycznych, którego celem było zwiększenie dokładności wykonywanych uzupełnień oraz ułatwienie pracy lekarza i technika. Początkowo korzystano z wykonanego modelu gipsowego, który następnie skanowano, ponieważ było wyjątkowo trudno wykonać wirtualny skan wewnątrzustny, który dokładnie odwzorowywał granice szlifowania. Dziś system CAD/CAM znacznie się rozwinął i jest stosowany w wielu dziedzinach stomatologii.³

Pierwsze próby zastosowania systemu CAD/CAM w stomatologii były przeprowadzone w latach 70-tych przez *Bruce'a Altschulera* (USA), *Francois Duret* (Francja), *Werner Mörmann* i *Marco Brandestini* (Szwajcaria). Pomysł wykorzystania oprzyrządowania optycznego do opracowania wewnątrzustnego systemu skanowania jamy ustnej został wprowadzony w 1977r. przez *Young'a* i *Altschuster'a*. Wiosną

1983r. wykonano pierwszy skan jamy ustnej. Rok później w 1984 r. *Duret* przedstawił system zwany *Sopha Bioconcept* (*Sopha Bioconcept, Inc.* Los Angeles, USA), który jednakże ze względu na złożoność i koszty nie odniósł sukcesu na rynku dentystycznym. Pierwszym udanym komercyjnym systemem był *CEREC 1* (*Sirona Dental Systems, Bensheim, Niemcy*) opracowany przez *Mörmann* i *Brandestini* w 1987 r.

Dostępne są trzy metody odwzorowania pola protetycznego w jamie ustnej pacjenta i przeniesienie do pracowni technicznej. Jest to: wykonanie tradycyjnych wycisków łącznie z rejestracją zwarcia i następnie odlanie oraz montaż modeli w artykulatorze, skanowanie modeli przez skaner zewnątrzustny lub wykonanie wycisku wirtualnego łącznie z cyfrową rejestracją zwarcia. Model 3D jamy ustnej można osiągnąć dwoma różnymi metodami, poprzez skanowanie wewnątrz- i zewnątrzustne. Oba urządzenia wykorzystują ten sam system pomiarów optycznych oparty na wiązce światła (*structured light system – SLS*). Aktualnie technologia ta stała się popularna w urządzeniach CAD/CAM, ze względu na szybkość pomiaru, zastosowanie nieskomplikowanych urządzeń optycznych i możliwość pracy w zmieniających się warunkach świetlnych otoczenia.⁴ *Cerec Omnicam* (*Dentsply Sirona, Bensheim, Germany*) automatycznie wykonuje kilka zdjęć po naprowadzeniu na powierzchnię zęba,² system bazuje na triangulacji światła, oznacza to, że 3 wiązki światła koncentrują się na jednym punkcie, jeżeli powierzchnia wykazuje nierówne właściwości rozpraszania światła, może to obniżyć dokładność skanowania. Odwrotnie *Trios* (*3Shape, Copengagen, Denmark*), opiera się na bardzo szybkim optycznym sekcjonowaniu i mikroskopii współogniskowej/konfokalnej, gdzie system sam reguluje odchylenia w ustawieniu ostrości powierzchni. W tej technice można zrekonstruować opakerowe

powierzchnie.⁵ Z kolei iTero Element (Align Technology, California, USA) nagrywa kolor obrazu (zęb) gdy skaner jest ustawiony w odpowiedniej odległości ogniskowej od zęba. System Lava (3M ESPE, St. Paul, Minn) opiera się na wykonaniu filmu video skanowanego obszaru.² Ząb, tak jak i niektóre uzupełnienia protetyczne jest translucyentny, oznacza to, że część światła padająca na jego powierzchnię jest odbijana, część rozchodzi się wewnątrz obiektu, część przechodzi na wskroś, a co więcej część światła odbitego ponownie wraca do obiektu.⁶ W badaniach przeprowadzonych *in vitro* stwierdzono, że przezierność materiału ma wpływ na dokładność wykonanego skanu, poprzez przesunięcie granicy preparacji i zaokrąglenie kątów. Im bardziej obiekt jest przezierany tym większe są odchylenia. Warstwy tego samego obiektu mogą różnić się wartościami przezierności. Przesunięcie i zaokrąglenie granicy preparacji wpływa negatywnie na jednoznaczne umieszczenie przyszłej korony na filarze oraz na szczelne przyleganie do stopnia. Znaczące przesunięcie może się zdarzyć w przypadku obiektów o przezierności powyżej S1-M (Cerec Blocs)/A1C (Vita), a zaokrąglenie dotyczy wszystkich przezieranych obiektów.⁶ W przeszłości producenci poszczególnych systemów zalecali pokrycie skanowanego obszaru kontrastem przed wykonaniem wycisku cyfrowego, aby zapewnić jednolitą zdolność odbijania światła przez obiekt.⁷ Zdania dotyczące stosowania środków kontrastujących były w dużym stopniu podzielone. Luthard i wsp. donieśli, że proszek może doprowadzić do błędu wielkości 40 μm .⁸ Nedelcu i wsp. stwierdzili, że właściwości skanowanego obiektu mają znaczenie tylko gdy był używany skaner bez proszku.⁹ Potwierdza to część badań, które dowodzą, że zastosowanie proszku w postaci dwutlenku silikonu przed skanowaniem eliminuje problem przezierności zębów, jednakże istnieje

ryzyko nałożenia zbyt grubej warstwy i pojawienia się niedokładności w wirtualnym modelu.^{6,10,11} Obecnie stosuje się głównie systemy bezproszkowe.

Przyleganie korony do stopnia zależy od dokładności wycisku. Złe przyleganie może prowadzić do akumulacji płytki, czego rezultatem będzie próchnica lub zapalenie przyzębia skutkujące niepowodzeniem leczenia protetycznego.¹² Mimo, że granica akceptowalności wymiaru przylegania korony do stopnia nie została ściśle określona, przyjmuje się, że wynosi ona od 100 μm do 120 μm .¹² Dla konwencjonalnej metalowej korony jest to wartość 50 μm , a dla korony cyrkonowej w systemie CAD-CAM od 49 μm do 83 μm .^{12,13} Obecne badania potwierdzają, że przyleganie koron cyrkonowych jest akceptowalne bez różnicy czy są wykonane z wycisku konwencjonalnego czy wirtualnego.^{12,13} W badaniach porównawczych, w których oceniano przyleganie do stopnia korony cyrkonowej, wykonanej na podstawie wycisku konwencjonalnego (masą PVS – masa silikonowa addycyjna) i skanu wewnętrznego (3M True Definition Scanner, 3M ESPE, Seefeld, Germany plus proszek) przez doświadczonego klinicystę nie wykazały znamienych statystycznie różnic. Dodatkowo stwierdzono, że korony wykonane z wykorzystaniem wycisku wirtualnego wymagały zdecydowanie rzadszego lub mniejszego dostosowywania w warunkach zwarcio-nych, co mogło być wynikiem wyeliminowania silikonowego rejestratora.¹² Z kolei inne badania o podobnym założeniu, porównujące wycisk konwencjonalny ze skanem systemu Lava Chairside Oral Scanner C.O.S. (3M ESPE, Seefeld, Germany), wykazały lepsze przyleganie w przypadku wycisków wirtualnych.¹³ Błąd może narastać wraz ze wzrostem długości łuku, jednakże jest to na granicy akceptowalności, a w przypadku uzupełnień cementowanych rolę kompensującą spełnia grubość cementu.³ Równie istotny wpływ na

szczelność mają parametry syntezy cyrkonu czy odlewania, możliwe zatem, że wysoka dokładność skanerów nie powinna być przeceniana.¹ Ender i wsp. porównali precyzyjność wycisków konwencjonalnych z wirtualnymi w przypadku całego łuku zębowego i stwierdzili, że skanery mają co prawda większe miejscowe odchylenia, ale w efekcie dają wyższą precyzyjność niż wyciski z masy hydrokoloidalnej, niższą w porównaniu do masy poliwinylsiloksanowej i porównywalną do masy polieterowej.^{14,15} Część badań wskazuje, że powtarzalność pozycji implantów z wycisków optycznych jest kontrowersyjna.¹⁶ Inne dowodzą, że dopasowanie matrycy i patrycy w przypadku leczenia implantoprotetycznego z użyciem systemów CAD/CAM, pokrywa się z obrazem klinicznym.¹⁷ Konwencjonalne wykonywanie odbudowy protetycznej obejmuje: dobranie łyżki, założenie nitki retrakcyjnej, osuszenie, pobranie wycisku, dezynfekcję, wysłanie do pracowni, odlanie modelu i wykonanie uzupełnienia. W przypadku wycisków wirtualnych postępowanie polega na: włączeniu komputera z oprogramowaniem, założeniu nitki, osuszeniu, wykonaniu skanu, przesłaniu pliku do pracowni, uzyskaniu wirtualnego modelu i wykonaniu uzupełnienia.² W badaniach porównawczych dotyczącym czasu pobrania wycisku w przypadku preparacji jednego, dwóch czy wszystkich zębów, skanery wewnętrzne charakteryzują się krótszym czasem niż metody konwencjonalne. Na zakończenie program formatuje skan by był gotowy do wysłania. W zależności od wielkości skanu, algorytmów oprogramowania i parametrów technicznych sprzętu komputerowego czas ten może zostać wydłużony. Skanowanie wewnętrzne umożliwia obejrzenie modelu wirtualnego zaraz po zakończeniu skanowania, dzięki czemu można go na bieżąco ocenić i poprawić.²

Skanery znalazły zastosowanie w takich dziedzinach jak: protetyka stomatologiczna,

implantoprotetyka oraz ortodoncja.³ Wyciski wirtualne są zwłaszcza polecane w wykonawstwie pojedynczych protez stałych,^{1,8,18,19} a w przypadku posiadania całego specjalistycznego sprzętu możliwe jest wykonanie bezpośrednio w gabinecie kompletnych uzupełnień ceramicznych, takich jak inlay, onlay, korony, mosty, a także szablony do osadzania implantów i korony tymczasowe na implantach.^{3,14} Wśród innych wskazań należy wymienić: możliwość zastosowania u pacjentów z zębami w II stopniu rozchwiania,³ z odruchem wymiotnym lub ograniczonym rozwarciem szczęk szczękosciskiem,² u pacjentów lękliwych, z rozszczepem podniebienia, u których standardowe łyżki są nieodpowiednie, a także u pacjentów aktualnie leczonych stałymi aparatami ortodontycznymi. Modele wirtualne wykorzystywane są również w projektowaniu oraz symulowaniu pacjentowi wyników leczenia ortodontycznego lub protetycznego.⁷

Długą listę zalet otwiera możliwość wizualizacji modelu w celach diagnostycznych, szybszy i łatwiejszy transport do laboratorium, eliminacja możliwości uszkodzenia gipsowego modelu, konieczności kilkukrotnego odlewania modelu roboczego, zniekształceń w procesie odlewniczym (np. pęcherze), brak potrzebnego miejsca do przechowywania modeli gipsowych.^{7,20} Jeśli istnieje potrzeba, model może być wydrukowany przy pomocy drukarki 3D.²⁰ Eliminacja wad związanych z masą wyciskową dotyczących: podatności na powstawanie pęcherzy powietrza, rozrwanie/oderwanie fragmentu, za mała lub za duża objętość masy, nieprawidłowe przyleganie masy do łyżki, uszkodzenie materiału wyciskowego w wyniku dezynfekcji, czy też nie odpowiednia wielkość łyżki. W przeciwieństwie do nieudanego wycisku konwencjonalnego w przypadku wycisku wirtualnego nie ma konieczności powtarzania całej czynności, łączącej się z zużyciem dodatkowej porcji materiału i powtórzeniem nieprzyjemnej

procedury.⁴ Operator może przerwać skanowanie w każdym momencie, ocenić obraz oraz zdecydować czy wymaga on dodatkowego skanowania.^{2,4} *Lee* i *Galluci* porównali efektywność wykonania wycisku konwencjonalnego i elektronicznego przez studenta stomatologii w przypadku wykonywania korony na pojedynczym implancie. Stwierdzono, że czas wykonania wycisku wirtualnego był o połowę krótszy (12 min, konwencjonalny 24 min).²¹ Prawdopodobnie skaner jest prostszy w obsłudze niż wykonanie wycisku konwencjonalnego dla osoby mało doświadczonej. Część badań wskazała, że pacjenci preferują wyciski wirtualne w porównaniu z tradycyjnymi.¹² Na chwilę obecną wykonanie wycisku wirtualnego jest szybsze niż pobranie go masą PVS ale dłuższe niż masą alginatową.²⁰ Część skanerów posiada dodatkową funkcję doboru koloru przyszłego uzupełnienia (np. Trios, 3shape). Na proces skanowania negatywnie wpływa szereg czynników, takich jak: ruchy pacjenta, ograniczona przestrzeń jamy ustnej, obecność śliny i wilgoci, nieodpowiednia metoda skanowania.^{2,3} Szczególnie trudno utrzymać suchość przy ostatnich zębach trzonowych i zębach przednich żuchwy, choć jest to zalecane w instrukcji.²⁰ Obszarem, który wyjątkowo trudno zeskanować jest dno jamy ustnej²⁰ oraz powierzchnia wargowa zębów przednich żuchwy.⁷ W przypadku odbudowy jednego zęba system wydaje się być wystarczający, jednak skanowanie większych powierzchni wymaga skalania mnóstwa pojedynczych obrazów co w rezultacie może prowadzić do zniekształceń i mniejszej dokładności. Część badań wskazuje, że skan całego łuku wykazuje większe odchylenia od rzeczywistości niż w przypadku wycisków tradycyjnych.^{1,22}

Porównując skanery wewnątrzustne do zewnątrzustnych, należy nadmienić, iż te ostatnie pomimo często mniejszych wymiarów i szybszego czasu pracy mają niższy limit zakresu każdego skanu, co więcej stworzony STL

składa się ze syntezowanych w dużej ilości plików, które łączone w całość mogą spowodować pewne zniekształcenie.³ Z drugiej strony skanery zewnątrzustne pracują na bazie modeli wykonanych z wycisku, wszystkie błędy na etapie wycisku czy procesu odlewniczego mogą zostać utrwalone w skanie.³ W doświadczeniu zestawiającym model wykonany z wycisku pobranego masą hydrokoloidalną nieodwracalną z wirtualnym z wykorzystaniem skanera Trios, stwierdzono, że wymiary modelu wirtualnego zwłaszcza w wymiarze poprzecznym i strzałkowym były nieco większe niż na modelu gipsowym. W tym badaniu dowiedziono, że gipsowy model ma większą dokładność niż wirtualny, chociaż dokładność Trios w porównaniu do gipsowego modelu jest klinicznie akceptowalna.²⁰ W badaniach porównujących skanery Trios (3shape), D250 extraoral (3Shape), Cerec Bluecam (Sirona Dental Systems), Cerec InEos (Sirona Dental Systems) nie stwierdzono znamienych różnic w ich dokładności. W przypadku Cerec Bluecam i Cerec InEos odchylenie od normy było nieznacznie wyższe w wymiarach powierzchni zwarciowych i powierzchni przyszyjkowej.²³ *Flügge* i wsp.²⁴ donieśli, że dokładniejszy skan całego łuku otrzymali przy użyciu skanera zewnątrzustnego D250 niż wewnątrzustnego iTero. Jednakże skaner zewnątrzustny rejestrował większe błędy przy skanowaniu powierzchni międzyzębowej. Autorzy przypisali niedokładność skanerów wewnątrzustnych potrzebą pobierania dodatkowych skanów pod różnymi kątami. *Luthard* i wsp.⁸ zaobserwowali większą dokładność skanów opracowanych zębów z użyciem skanera zewnątrzustnego, *Mehl* oraz *Güthel* zaobserwowali, że skanery wewnątrzustne były bardziej dokładne w przypadku protez stałych, w tym inlay, onlay i skan całego łuku.²⁵⁻²⁷ *Mehl* i *Ender* wykazali podobną dokładność wycisków konwencjonalnych i skanerów wewnątrzustnych.²⁵ W doświadczeniu

in vitro porównano 5 skanerów: CS 3500 (Dental Imaging, Carestream Health Inc., Brunn am Gebirge, Austria), Zfx Intrascan (Zfx GmbH, Dachau, Germany), Cerec AC Bluecam (Sirona, Bensheim, Germany), Cerec AC Omnicam (Sirona, Bensheim, Germany), True Definition (3 M ESPE Dental Products, Seefeld, Germany) z grupą kontrolną: skaner laboratoryjny D-810 (Dental System 3Shape, Copenhagen, Denmark) i wycisk konwencjonalny. Stwierdzono, że True Definition wykazał się najlepszymi wynikami, na drugim miejscu sklasyfikowano CS 3500, słabsze wyniki uzyskano w przypadku wycisku tradycyjnego i skanera zewnątrzustnego, najgorzej sprawdził się Zfx Intrascan i oba skanery Cerec. Najlepsze wyniki odnośnie dokładności i powtarzalności odniósł CS 3500 i True Definition, na drugim miejscu D-810 i oba skanery Cerec, najgorzej wypadł Zfx Intrascan.⁴ W przypadku systemu Lava C.O.S. lub iTero korona cyrkonowa nie przylegała lepiej niż z wycisku tradycyjnego, pomimo większej dokładności modelu wirtualnego, co może być spowodowane wadami CAD/CAM.^{18,28}

W badaniach porównawczych dotyczących czasu pobrania wycisku skanery wewnątrzustne charakteryzują się krótszym czasem niż metody konwencjonalne. Zwłaszcza korzystnie wypada CEREC AC z Bluecam dla opracowanego jednego zęba lub dwóch, w przypadku opracowanego całego łuku najszybszy okazał się system Lava C.O.S. (w porównaniu do Cerec AC, iTero). Różnice mogą polegać na innym oprogramowaniu i sprzęcie komputerowym, a także na różnych technologiach używanych do otrzymywania obrazu.²³ Co ciekawe w badaniach porównujących wpływ doświadczenia na efekt skanowania, stwierdzono, że wraz ze wzrostem umiejętności posługiwania się iTero, uzyskiwano lepszy obraz, podczas gdy korzystanie z systemu Trios nie wykazało takiej zależności. Okazuje się, że system Trios nie wymaga

długoczasowego szkolenia, co skutkuje łatwiejszym zastosowaniem w praktyce klinicznej.^{14,15}

Podsumowując należy zauważyć, że prężny postęp technologiczny umożliwia ciągłe poszerzanie wskazań do stosowania wycisków cyfrowych, które poprzez swoje zalety ułatwiają pracę zarówno lekarzowi dentyście, jak i pracownikowi technicznej. Wyciski wirtualne z dużym prawdopodobieństwem mają szansę w przyszłości całkowicie zastąpić metody konwencjonalne. Jednakże obecne są aspekty, które wymagają dalszych badań i nowych rozwiązań technicznych.

Piśmiennictwo

1. *Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C*: Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. *Clin Oral Invest* 2017; 21: 1445-1455.
2. *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.
3. *Fukazawa S, Odaira C, Kondo H*: Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. *J Prosthodontic Res* 2017; 61(4): 450-459.
4. *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.
5. *Logozzo S, Znetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A*: Recent advances in dental optics. Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng* 2014; 54: 203-212.
6. *Li H, Lyu P, Wang Y, Sun Y*: Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *J Prosthet Dent* 2017; 117: 93-101.
7. *Bosio JA, Rozhitsky F, Jiang SS, Conte M, Mukherjee P, Thomas J, Cangialosi TJ*: Comparison of scanning times for different

- dental cast materials using an intraoral scanner. *J World Federation Orthodontists* 2017; 6: 11-14.
8. *Luthardt R.G, Loos R, Quaas S*: Accuracy of intraoral data acquisition in comparison to the conventional impression. *Int J Comput Dent* 2005, 8: 283-294.
 9. *Nedelcu RG, Persson AS*: Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 1461-1471.
 10. *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 Prosthet Dent* 2014; 111: 186-194.
 11. *Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W*: Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig*. 2014; 18: 1687-1694.
 12. *Nawapat S, Chalernpol L*: Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *J Prosthet Dent* 2017; 118: 386-391.
 13. *Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J*: Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010; 38: 553-559.
 14. *Jung-Hwa L, Ji-Man P, Minji K, Seong-Joo H, Ji-Yun M*: Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent* 2018; 119(2): 225-232.
 15. *Ender A, Attin T, Mehl A*: In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent* 2016; 115: 313-320.
 16. *De França DG, Morais MH, Das Neves FD, Barbosa GA*: Influence of CAD/CAM on the fit accuracy of implant-supported zirconia and cobalt-chromium fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* 2015; 113: 22-28.
 17. *Nayyar N, Yilmaz B, McGlumphy E*: Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant-supported, cement – retained restorations. *J Prosthet Dent* 2013; 109: 210-215.
 18. *Almeida E, Silva J S, Erdelt K, Edelhoff D, Araujo E, Stimmelmayr M, Vieira LC*: Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig* 2014; 18: 515-523.
 19. *Seelbach P, Brueckel C, Westmann B*: Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1759-1764.
 20. *Camardella L.T, Breuning H, Vasconcellos Vilella O*: Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner *J Orofac Orthop* 2017; 78: 211-220.
 21. *Lee SJ, Gallucci GO*: Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(1): 111-115.
 22. *Ender A, Mehl A*: Accuracy of complete-arch dental impressions: anew method of measuring trueness and precision. *JProsthet Dent* 2013, 109: 121-128.
 23. *Bohner L.O.L, Luca Canto G, Marció B.S, Cruz Laganá D, Sesma N, Tortamano Neto P*: Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *J Prosthet Dent* 2017; 118(5): 617-623.
 24. *Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger M*: Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Ortop* 2013; 144: 471-478.
 25. *Ender A, Mehl A*: Full arch scans: conventional versus digital impressions: an in-vitro study.

- Int J Comput Dent 2011; 14: 11-21.
26. *Güth, JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D*: Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. Clin Oral Investig 2013; 17: 1201-1208.
27. *Mehl A, Ender A, Mörmann W, Attin T*: Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. Int J Comput Dent 2009; 12: 11-28.
28. *Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F,*

Edelhoff D, Guth JF: Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization – a laboratory study. Dent Mater 2014, 30: 400-407.

Zaakceptowano do druku: 25.09.2019 r.

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

© Zarząd Główny PTS 2019.