

# Cyfrowe wyciski wykonywane z zastosowaniem optycznych skanerów wewnątrzustnych. Systematyczny przegląd piśmiennictwa. Część I: właściwości i zalety stosowania techniki wycisków cyfrowych w stomatologii oraz analiza cech pożądanego optymalnego systemu skanującego

**Intraoral scanners in dentistry – systematic review of literature. Part I: features and advantages of digital impressions in dentistry. Analysis of an ideal IOS system most-wanted features**

**Łukasz Grzegorz Łomżyński, Elżbieta Mierzwińska-Nastalska**

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

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

---

---

## HASŁA INDEKSOWE:

wyciski cyfrowe, skaner wewnątrzustny, stomatologia cyfrowa

---

---

---

---

## KEY WORDS:

digital impressions, IOS, intraoral scanner, digital dentistry

---

---

### *Streszczenie*

Stomatologia cyfrowa jest obecnie prężnie rozwijającym się obszarem oraz przedmiotem zainteresowania wielu ośrodków badawczych i klinicystów. Dotyczy to także cyfrowych wycisków wykonywanych z zastosowaniem skanerów wewnątrzustnych. Jednakże mnogość stosowanych rozwiązań oraz brak standaryzacji procedur sprawia, że często trudno jest klinicystom dokonać optymalnego wyboru.

**Cel pracy.** Celem pracy było przybliżenie właściwości i zalet techniki wycisków cyfrowych w stomatologii oraz analiza cech pożądanego optymalnego systemu skanującego.

**Material i metody.** Dokonano przeglądu piśmiennictwa wykorzystując bazę danych Scopus, używając kluczowych słów „TITLE-ABS-KEY (digital OR intraoral AND scanner OR impression) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, „DENT”))”. Do analizy zakwalifikowano w sumie 11 prac, spełniających założone kryteria.

**Wyniki.** Analiza piśmiennictwa wykazała róż-

### *Summary*

Digital dentistry is currently a rapidly expanding area and is of interest to many research centers and clinicians. This also applies to digital impressions performed using intraoral scanners. However, the multitude of applied solutions and the lack of standardization of procedures makes it often difficult for clinicians to make the optimal choice.

**Objectives.** The aim of the current paper was to present the features and advantages of the digital impressions technique in dentistry and to analyze the desired features of the optimal scanning system.

**Material and methods.** The literature was reviewed using the Scopus database, using the following phrase: „TITLE-ABS-KEY (digital OR intraoral AND scanner OR impression) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, „DENT,,))”. The analysis qualified 11 papers that met the assumed criteria.

**Results.** Literature analysis showed a wide variety of solutions in using optical intraoral scan-

norodność rozwiązań w zakresie stosowania optycznych skanerów wewnątrzustnych do sporządzania cyfrowych wycisków. Wyodrębniono zalety i ograniczenia techniki skanowania wewnątrzustnego. Wskazano czynniki związane ze skanowaniem podłoża oraz cechami systemu skanującego mające wpływ na dokładność uzyskiwanych w wyniku skanowania obrazów oraz podjęto próbę ustalenia pożądanych cech optymalnego systemu skanującego.

ners to take digital impressions. The advantages and limitations of intraoral scanning techniques were presented. The factors related to the scanned surfaces and features of the scanning system itself affecting the accuracy of the images obtained as a result of scanning were indicated and an attempt was made to determine the desired features of the optimal scanning system.

Niezwykłe dynamiczny rozwój tzw. cyfrowej stomatologii powoduje, iż niemal każdego roku pojawiają się nowe urządzenia lub nowe generacje produktów mających zrewolucjonizować metodykę postępowania przy pobieraniu wycisków podczas leczenia protetycznego. Tzw. cyfrowe wyciski pobierane z zastosowaniem skanerów wewnątrzustnych usprawniają znacznie komunikację z laboratoriami protetycznymi, które już i tak w większości przypadków pracują z wykorzystaniem skanerów laboratoryjnych, przenosząc gipsowe modele do wirtualnego środowiska systemów wspomagających projektowanie uzupełnień protetycznych. Producenci skanerów wewnątrzustnych przekonują klinicystów o przewadze pracy z systemami cyfrowej rejestracji obrazu łuków zębowych oraz filarów protetycznych, jako eliminujących wady, możliwe błędy i odkształcenia mogące wynikać podczas pracy z masami wyciskowymi oraz związanych z procesem odlewania modeli gipsowych. Jednakże różnorodność stosowanych rozwiązań oraz brak standaryzacji procedur powoduje, że to bogactwo oferty rozwiązań cyfrowych często znacznie utrudnia decyzję lekarzom, którzy chcieliby zdecydować się na ich zakup oraz wprowadzenie do swojej pracy klinicznej. W takich sytuacjach pomocna zawsze okazywała się analiza aktualnego piśmiennictwa oraz badań naukowych na dany temat. Okazuje się jednak, że

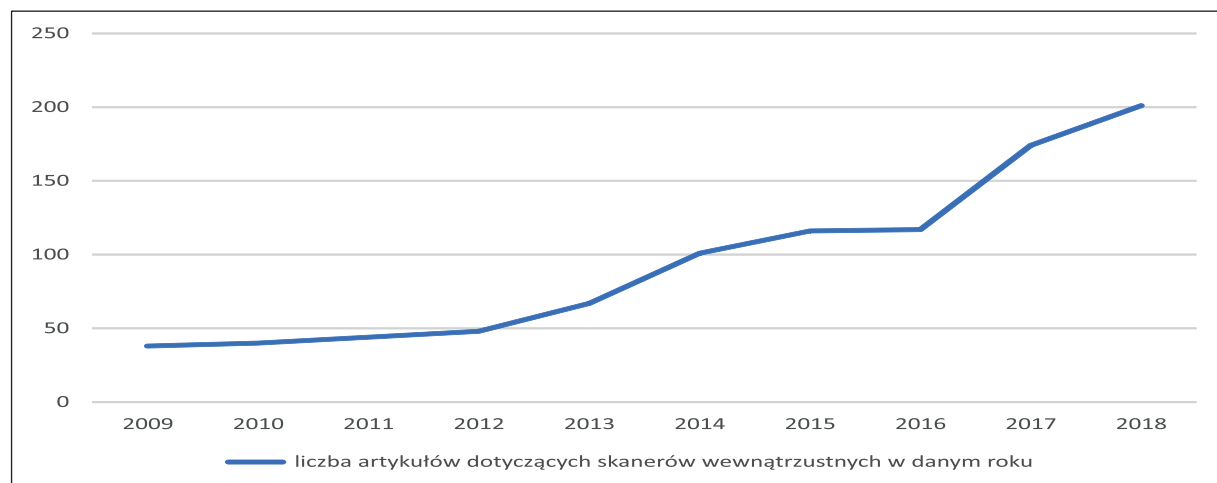
w kwestii skanerów wewnątrzustnych wyciągnięcie konstruktywnych wniosków na podstawie publikowanych badań naukowych nie jest wcale tak proste, jak to bywało w przeszłości.

Tematyka związana z szeroko pojętym wykorzystaniem skanerów wewnątrzustnych w stomatologii zdominowała w ostatnich latach piśmiennictwo branżowe, fora specjalistyczne oraz kongresy naukowe. Autorzy niniejszej publikacji postanowili przeanalizować aktualny stan wiedzy w tym temacie przeprowadzając odpowiednią selekcję publikacji. W samym 2018 roku w wyniku wyszukiwania frazy: „TITLE-ABS-KEY (digital OR intraoral AND scanner OR impression) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, «DENT»))”, która ograniczyła listę publikacji do czasopism z zakresu stomatologii, baza naukowa Scopus, skupiająca różnorodne czasopisma naukowe między innymi o tematyce stomatologicznej, zwraca 201 artykułów naukowych. Wzrost zainteresowania niniejszą tematyką zauważyć można najlepiej analizując coroczny wzrost liczby publikacji jej dotyczących. Zawężając okres wyszukiwania do ostatnich 10 lat, poczynając od roku 2009, w którym to ukazało się 38 takich publikacji, w kolejnych latach dane te przedstawiały się w rosnący sposób (tab. 1, ryc. 1).

Największy wzrost liczby publikacji w tej dziedzinie stomatologii przypada na okres ostatnich 5 lat i spodziewać się można utrzymania

Tabela 1. Liczba artykułów dotyczących skanerów wewnątrzustnych w danym roku

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
38	40	44	48	67	101	116	117	174	201



Ryc. 1. Artykuły dotyczące skanerów wewnątrzustnych w danym roku.

tej tendencji wzrostowej w związku z nieustającym rozwojem opisywanej technologii oraz technik jej wykorzystania w pracy klinicznej. Przystępując do niniejszej publikacji mającej na celu ocenę aktualnego stanu wiedzy autorzy postanowili ograniczyć liczbę analizowanych publikacji do ostatnich 5 lat, co pozwoliło na zmniejszenie pierwotnej liczby 946 publikacji do 709. Dalsze filtrowanie wyników wyszukiwania polegało na dodaniu frazy „trueness OR accuracy OR precision”, co pozwoliło na wyeliminowanie prac nie dotyczących oceny dokładności działania opisywanych technik skanowania wewnątrzustnego, pozostawiając 283 prace naukowe opublikowane w ostatnich pięciu latach. W związku z koniecznością dalszego ograniczenia materiału źródłowego do analizy w niniejszej publikacji dodana została jeszcze fraza: (LIMIT-TO (DOCTYPE, «re»)), pozwalając na pozostawienie w wynikach wyszukiwania jedynie 14 prac,<sup>1-14</sup> które same w sobie były już systematycznymi analizami piśmiennictwa dotyczącego wyszukiwanych zagadnień.

Z tak powstałej listy publikacji, na potrzeby niniejszego artykułu wyeliminowano kolejne trzy prace dotyczące nawigacji cyfrowej w implantologii,<sup>2</sup> oceny metod badań zużycia materiałów stosowanych w protetyce uzupełnień stałych oraz tkanek zębów w wyniku długotrwałego działania sił żucia<sup>4</sup> oraz pracę analizującą techniki skanowania modeli gipsowych, a nie kliniczne systemy skanowania wewnątrzustnego.<sup>14</sup> Pozostałych 11 systematycznych przeglądów piśmiennictwa na temat dokładności technik skanowania wewnątrzustnego zostało przez autorów przeanalizowanych i ich główne wnioski zostaną przedstawione w niniejszej pracy. Dodatkowo do piśmiennictwa włączona została jedna praca z 2017 roku<sup>15</sup> w formie analizy aktualnego stanu wiedzy na temat pożądanых cech skanerów wewnątrzustnych, ich zalet i wad w stosunku do technik konwencjonalnych. Autorzy powyższej publikacji porównują cechy dostępnych na rynku rozwiązań oraz usiłują ustalić zakres wskazań oraz przeciwwskazań do stosowania powyższej technologii w pracy klinicznej.

Tak duże ograniczenie liczby prac naukowych z pierwotnych 1197 do jedynie 11 dotyczących stricte oceny dokładności technik skanowania wewnątrzustnego ukazuje znaczny niedobór rzetelnych badań naukowych prowadzonych zgodnie z zasadami, których wyniki pozwoliłyby na uzyskanie wiarygodnych wskazań dla klinicystów w kwestii skuteczności i ewentualnej przewagi stosowania techniki cyfrowych wycisków nad metodami konwencjonalnymi. Może to być częściowo związane z trudnościami związanymi z uzyskaniem optymalnych warunków badawczych w warunkach *in vivo*, stąd większość analiz opiera się na badaniach *in vitro*, które zapewniają większą powtarzalność podczas prowadzenia badań, oraz skupiają się na technikach wyciskowych dotyczących implantologii, a w mniejszym stopniu wycisków zębów własnych pacjentów przygotowanych do stałych prac protetycznych.

Trudności w uzyskaniu wiążących wyników badań mogą wynikać również z racji bardzo szybkich zmian wprowadzanych przez producentów systemów skanerów cyfrowych, co wiąże się z tym, że zanim ukażą się wyniki rzetelnie prowadzonych prac naukowych, systemy oprogramowania są już bardziej zaawansowane i za pomocą częstych aktualizacji dotyczących zarówno oprogramowania, jak i sprzętu pokonują kolejne ograniczenia, przez co badania często są już nieaktualne w momencie ich publikacji.

Autorzy wszystkich powyższych publikacji o charakterze systematycznego przeglądu piśmiennictwa, niezależnie od zaplanowanego szczegółowego zakresu badanych cech skanerów, stwierdzają trudności w procesie selekcji odpowiednich badań naukowych, które pozwalałyby na rzetelne ustalenie wskazań do stosowania technik cyfrowych w protetyce stomatologicznej. Szczególnie badanie własności tych urządzeń *in vivo* stanowi niezwykle wyzwanie, zwłaszcza przy próbach porównywania urządzeń kilku producentów, choć i prace

dotyczące powtarzalności wyników skanowania jednym urządzeniem przysparzają wielu kłopotów związanych z obiektywnym zapewnieniem powtarzalnych warunków podczas kolejnych prób skanowania. Autorzy wskazują na szereg czynników mogących niekorzystnie wpływać na przebieg oraz dokładność odczytów urządzeń skanujących. Czynniki te można podzielić na związane z samym skanowanym podłożem, takie jak:

- długość bezzębnego odcinka łuku zębowego,
- suchość skanowanego obszaru,
- typ skanowanej preparacji, głównie w aspekcie preparacji poddziałowej,
- trudności w skanowaniu okolicy punktów stycznych.

Pozostałe czynniki mogą być już związane z cechami danego systemu skanującego, takimi jak:

- typ i rozmiar głowicy skanującej,
- konieczność stosowania proszku kontrastującego,
- szybkość procesu skanowania,
- oświetlenie pola roboczego (tzw. ambient lighting),
- cechy związane z dostępnym dla danego skanera pakietem oprogramowania.

W oparciu o aktualne piśmiennictwo można stwierdzić, iż do zalet skanowania wewnątrzustnego można zdecydowanie zaliczyć:

- mniejszy dyskomfort pacjentów, niż w przypadku stosowania klasycznych metod wyciskowych,
- oszczędność czasu (głównie w kwestii komunikacji z laboratorium protetycznym, dzięki możliwości natychmiastowego przesłania cyfrowych wyników skanu do laboratorium, choć również, w przypadku niektórych systemów, stwierdzono oszczędność czasu samego skanowania w porównaniu do czasu pobierania klasycznych wycisków z zastosowaniem mas wyciskowych),

- brak konieczności wytwarzania prac protetycznych z wykorzystaniem klasycznych modeli gipsowych,
- uproszczenie procedur klinicznych (zakładając pokonanie bariery związanej z nauką nowych procedur wyciskowych, skanowanie ułatwia pobieranie wycisków w trudnych przypadkach, zwłaszcza prac opartych na wielu implantach, oraz daje możliwość odcinkowej korekty skanowania, bez konieczności pobierania całego wycisku od nowa),
- uproszczenie procedur laboratoryjnych (brak konieczności transportu wycisków do laboratorium oraz odlewania modeli gipsowych – wynik skanowania może od razu być poddany procedurom cyfrowego projektowania uzupełnienia protetycznego, a w przypadku posiadania w gabinecie urządzenia frezującego pracującego w technologii CAD/CAM istnieje, w niektórych przypadkach, możliwość całkowitego pominięcia współpracy z laboratorium zewnętrznym),
- możliwość wykorzystywania trójwymiarowych wizualizacji stanu uzębienia pacjentów w celu wspomoczenia komunikacji z pacjentem.

Autorzy przytaczanych publikacji zauważają, że ograniczenia związane ze stosowaniem technologii wycisków cyfrowych związane były głównie:

- z trudnościami skanowania preparacji poddziąsłowych (jest to jeden z najczęściej opisywanych problemów związanych ze stosowaniem skanerów wewnątrzustnych, zwłaszcza w przypadku obecności krwawienia z okolicznych tkanek miękkich). Jest to związane z brakiem możliwości penetracji tych okolic przez światło, co nie stanowi zwykle znaczącej przeszkody w przypadku stosowania klasycznych metod wyciskowych,
- z koniecznością nauki przez lekarzy

zupełnie nowego procesu obrazowania warunków klinicznych w porównaniu do klasycznych metod wyciskowych, a w związku z brakiem jednoznacznych wytycznych w kwestii procedur i przewagi jednych technik skanowania nad innymi, nierzadko dochodzi do nieporozumień i frustracji klinicystów zainteresowanych zaadoptowaniem tych technologii w swojej praktyce klinicznej,

- z kosztami zakupu oraz utrzymania nowych urządzeń skanujących (ceny urządzeń skanujących cały czas wahają się w granicach 80-150 tys. zł. Można się spodziewać, że wzrost liczby systemów opartych na skanowaniu wewnątrzustnym spowoduje spadek cen tych urządzeń, natomiast pamiętać należy również o kosztach związanych z corocznymi opłatami licencyjnymi za opiekę serwisową oraz za kolejne aktualizacje oprogramowania. Dodatkowo część producentów stosuje opłaty za każdorazowe przesłanie skanu do laboratorium, a niektóre systemy skanujące są tzw. systemami zamkniętymi, uniemożliwiając dowolny wybór współpracującego laboratorium lub też systemu CAM frezującego prace protetyczne).

Kolejne pytania stawiane przez autorów dostępnych publikacji usiłujących analizować właściwości skanerów wewnątrzustnych związane są z dokładnością uzyskiwanych w tej metodyce obrazów w porównaniu do klasycznych wycisków oraz pracy na modelach gipsowych, co powinno być najistotniejszą pożądaną cechą takiego systemu skanowania. Piśmiennictwo anglojęzyczne rozróżnia dokładność skanerów na dwa następujące, oddzielne terminy: trueness – rozumiane, jako dokładność odwzorowania skanu w stosunku do wzorcowego obiektu fizycznego oraz precision, czyli powtarzalność w czasie wyników skanowania tego samego obiektu

Wzorcowy system skanujący powinien

cechować się wysokimi wartościami zarówno w kwestii pierwszej, jak i drugiej z wyżej wymienionych cech, natomiast możliwe jest teoretycznie, że dany skaner będzie dokładny, ale z dużymi rozpiętościami wyników przy powtarzaniu obrazowania, a inny cechować się będzie wysoką wartością w zakresie powtarzalności wyników, ale przy niskiej dokładności w stosunku do geometrii obiektu rzeczywistego.

Generalnie badania wykazują, że skanery są porównywalne w kwestii dokładności obrazowania do klasycznych wycisków w zakresie pojedynczych prac (inlay, onlay, overlay, korona) oraz niezbyt rozległych mostów (do 4-5 koron), natomiast w zakresie rozległych prac lub skanów pełnego łuku zębowego wciąż dokładność wycisków klasycznych jest istotnie statystycznie wyższa. Należy tu pamiętać o wspomnianym wcześniej szybkim postępie w kwestii udoskonalania technik skanowania wewnątrzustnego, więc spodziewać się można, iż te wady skanerów związane z błędami obrazowania pełnego łuku zębowego zostaną niebawem zminimalizowane.

Kolejnym aspektem opisywanym przez autorów publikacji są porównania poszczególnych systemów skanujących w zakresie dokładności. Stwierdzono, że jest tych prac wciąż niewiele, co może być związane z opisywanymi wcześniej trudnościami z prowadzeniem badań porównawczych *in vivo*. Stąd większość prac porównujących własności systemów skanujących jest przeprowadzana *in vitro* w warunkach powtarzalnego obrazowania dla kolejnych skanerów. Trudności w uzyskaniu rzetelnych wyników wynikają również z różnic w zakresie technik skanowania dla poszczególnych systemów, oraz właściwości samego oprogramowania dedykowanego dla danego skanera. Ponadto różnice rozciągają się również na współpracujące z poszczególnymi skanerami systemy oprogramowania laboratoryjnego, różne systemy CAM oraz druku w

technologii 3D, których dokładność również wpływać będzie na wynik oceny skanowania. Ważnym elementem różnicującym dostępne na rynku systemy skanerów wewnątrzustnych jest ich przynależność do tzw. systemów otwartych lub zamkniętych, rozumianych jako możliwość współpracy danego skanera z systemami frezowania i druku 3D spoza systemu danego producenta (systemy otwarte) lub też brak takiej możliwości, co wymusza pracę takiego skanera wyłącznie z wybranym lub oferowanym przez producenta skanera systemem CAM (systemy zamknięte). Brak możliwości swobodnego dysponowania plikami STL lub konieczność wnoszenia opłat licencyjnych jest z pewnością istotnym czynnikiem wpływającym na wybór danego systemu skanowania wewnątrzustnego przez potencjalnych użytkowników.

Opisane powyżej właściwości dostępnych aktualnie systemów skanowania wewnątrzustnego oraz pożądane cechy idealnego systemu, który minimalizowałby wady systemów obecnie dostępnych, stanowią wstęp do drugiej części niniejszej publikacji, w której opisane zostaną rodzaje zastosowań klinicznych skanerów wewnątrzustnych oraz ograniczenia, a nawet pewne przeciwwskazania do stosowania opisywanych technik cyfrowych w pracy klinicznej zarówno w protetyce stomatologicznej, jak i ortodoncji oraz chirurgii implantologicznej.

## Piśmiennictwo

1. Flügge T, van der Meer WJ, Gonzalez BG, Vach K, Wismeijer D, Wang P: The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res 2018; 29: 374-392.
2. Wismeijer D, Joda T, Flügge T, Fokas G, Tahmaseb A, Bechelli D, Bohner L, Bornstein M, et al.: Group 5 ITI Consensus Report: Digital technologies. Clin Oral Implants Res 2018; 29: 436-442.

3. Mizumoto RM, Yilmaz B: Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2018; 120 (3): 343-352.
4. Wulfman C, Koenig V, Mainjot AK: Wear measurement of dental tissues and materials in clinical studies: A systematic review. *Dent Mater* 2018; 34 (6): 825-850.
5. Takeuchi Y, Koizumi H, Furuchi M, Sato Y, Ohkubo C, Matsumura H: Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *J Oral Sci* 2018; 60 (1): 1-7.
6. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U: Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont* 2018; 27 (1): 35-41.
7. Rutkunas V, Gečiauskaite A, Jegelevičius D, Vaitiekunas M: Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2017; 10: 101-120.
8. Tsirogiannis P, Reissmann DR, Heydecke G: Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016; 116 (3): 328-335.
9. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M: Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: A systematic review of the clinical evidence. *Eur J Orthod* 2016; 38 (4): 422-428.
10. Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D: Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: A systematic review. *Eur J Orthod* 2016; 38 (4): 429-434.
11. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C: Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016; 116 (2): 184-190.
12. Alghazzawi TF: Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016; 60 (2): 72-84.
13. Moreira AHJ, Rodrigues NF, Pinho ACM, Fonseca JC, Vilaça JL: Accuracy Comparison of Implant Impression Techniques: A Systematic Review. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015; 17: e751-e764.
14. De Luca Canto G, Pachêco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW: Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: A systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2015; 18 (2): 65-76.
15. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S: Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health* 2017; 17: 149: 1-11.

Zaakceptowano do druku: 31.01.2019 r.

Adres autorów: 02-006 Warszawa, ul. Nowogrodzka 59.

© Zarząd Główny PTS 2019.