proLékaře.cz | 15.2.2026

PRINCIPY INTRAORÁLNÍCH SKENERŮ A MĚŘENÍ JEJICH PŘESNOSTI

Přehledový článek

PRINCIPLES OF INTRAORAL SCANNERS AND MEASUREMENT OF THEIR ACCURACY

Literature review

Hyšpler P.[1], Dostálová T.[2,*]
[1]Stomatologické oddělení, Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha
[2]Stomatologická klinika dětí a dospělých, 2. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, a Fakultní nemocnice v Motole, Praha
[*]Korespondující autorka

SOUHRN

Úvod a cíl: Plně digitální workflow začíná ovládat naše ordinace. Přesnost a správnost některých intraorálních skenerů je nejenom dostatečná, ale výrazně překonává klasickou technologii otiskování (sádrový model) pro účely malých protetických rekonstrukcí. U velkých rekonstrukcí je ale situace zcela jiná. Cílem tohoto přehledu bylo shrnout současné poznatky o používaných technologiích intraorálních skenerů a měření jejich přesnosti. Dalším cílem bylo zhodnocení pomůcek/přípravků a postupů zpřesňujících intraorální skenování u velkých fixních protetických rekonstrukcí.

Metodika: V databázích PubMed/Medline, Scopus a Embase bylo provedeno vyhledávání na základě klíčových slov: „Intraoral scanner“, „CAD/CAM“, „Trueness“, „Precision“, „Optical impression“, „Custom-made measuring device“, „Guided implant scanning“, „Continuous scan strategy“. Výsledky byly omezeny na články publikované v anglickém jazyce v letech 2010–2024.

Výsledky: Kritéria pro zařazení do našeho článku splňovalo 37 publikací. Článků popisujících technologie, se kterými pracují dostupné intraorální skenery, bylo velmi málo. Publikací, které se zaměřovaly na zpřesnění intraorálního skenovaní pomocí nových postupů nebo přípravků, bylo 21. Zbylé zahrnuté články se zabývaly srovnáváním přesnosti intraorálních skenerů mezi různými výrobky nebo srovnáním s tradičními výrobními postupy. Většina studií porovnávajících přesnost intraorálních skenerů dříve využívala měření vzdálenosti a úhlové chyby. V novějších studiích převládá metoda překrývání povrchových dat získaných 3D skenery. Pouze jedna studie využívá pyramid replacement method s Prokrustovou analýzou.

Závěr: Článků zabývajících se principem intraorálních skenerů je velmi málo a ve stomatologických časopisech jde o raritu. Z analýzy dostupné literatury vyplývá, že možností zpřesnění intraorálního skenu je více. Jedná se zejména o optimalizaci trasy skenování a zapojení jiných přístrojů bez skládací chyby do protetických postupů. Nadějně vypadají zejména extraorální skenery, a hlavně zapojení protetických laboratorních skenerů. Zmenšení deformace intraorálních skenů pomocí různých přípravků pravděpodobně nepřinese požadované zpřesnění.

Klíčová slova: intraorální skener, CAD/CAM, pravdivost, preciznost, přípravky pro optický otisk, navigované skenování implantátů, strategie nepřetržitého skenování

SUMMARY

Introduction and aim: A fully digital workflow is increasingly dominating our surgeries. For small prosthetic reconstructions on teeth or implants, the precision and trueness of certain intraoral scanners are not only sufficient, but significantly better than the conventional technology – dental impression/plaster model. A completely different situation arises with large reconstructions. The aim of this literature review was to summarize the current knowledge on intraoral scanner technologies and their accuracy measurements. Another aim was to evaluate devices and procedures for improving the accuracy of intraoral scans in large fixed prosthetic reconstructions.

Methods: The PubMed/Medline, Scopus, and Embase databases were searched using the following keywords: “Intraoral scanner”, “CAD/CAM”, “Trueness”, “Precision”, “Optical impression”, “Custom-made measuring device”, “Guided implant scanning”, “Continuous scan strategy”. The results were limited to articles published in the English language between 2010 and 2024.

Results: Thirty-seven publications met the inclusion criteria. There are very few articles describing the technology used by currently available intraoral scanners. Twenty-one publications focused on improving the accuracy of intraoral scanning using new procedures or devices. The remainder of the included articles compared

proLékaře.cz | 15.2.2026

the accuracy of intraoral scanners across different products or compared to traditional prosthetic procedures. Most of the older studies comparing the accuracy of intraoral scanners used distance measurements and angular errors. In more recent studies, the method of superimposing surface data obtained by 3D scanners was predominant. Only one study employed the pyramid replacement method with Procrustean analysis.
Conclusion: Articles addressing the principles of intraoral scanners are scarce and rarely found in dental journals. An analysis of the available literature shows that there are multiple options to improve the accuracy of intraoral scanning. These strategies primarily involve optimizing the scanning path and incorporating additional devices to avoid merging errors in the prosthetic workflow. Extraoral scanners and the use of prosthetic lab scanners are especially promising. Reducing the merging error of intraoral scans using different devices probably does not have the potential to ensure the required accuracy.

Key words: intraoral scanner, CAD/CAM, trueness, precision, optical impression, custom-made measuring device, guided implant scanning, continuous scan strategy

Hyšpler P, Dostálová T.
Principy intraorálních skenerů a měření jejich přesnosti.
Čes. stomatol. Prakt. zub. lék. (Czech Dental Journal). 2025; 125(1): 13– 22. doi: 10.51479/cspzl.2025.002

ÚVOD

Cílem tohoto přehledu bylo shrnout současné poznatky o používaných technologiích intraorálních skenerů a měření jejich přesnosti. Dalším cílem bylo zhodnocení pomůcek/přípravků a postupů zpřesňujících intraorální skenování u velkých fixních protetických rekonstrukcí.

MATERIÁL A METODIKA

V databázích PubMed/Medline, Scopus a Embase bylo provedeno vyhledávání na základě klíčových slov: „Intraoral scanner“, „CAD/CAM“, „Trueness“, „Precision“, „Optical impression“, „Custom-made measuring device“, „Guided implant scanning“, „Continuous scan strategy“. Výsledky byly omezeny na články publikované v anglickém jazyce v letech 2010–2024.

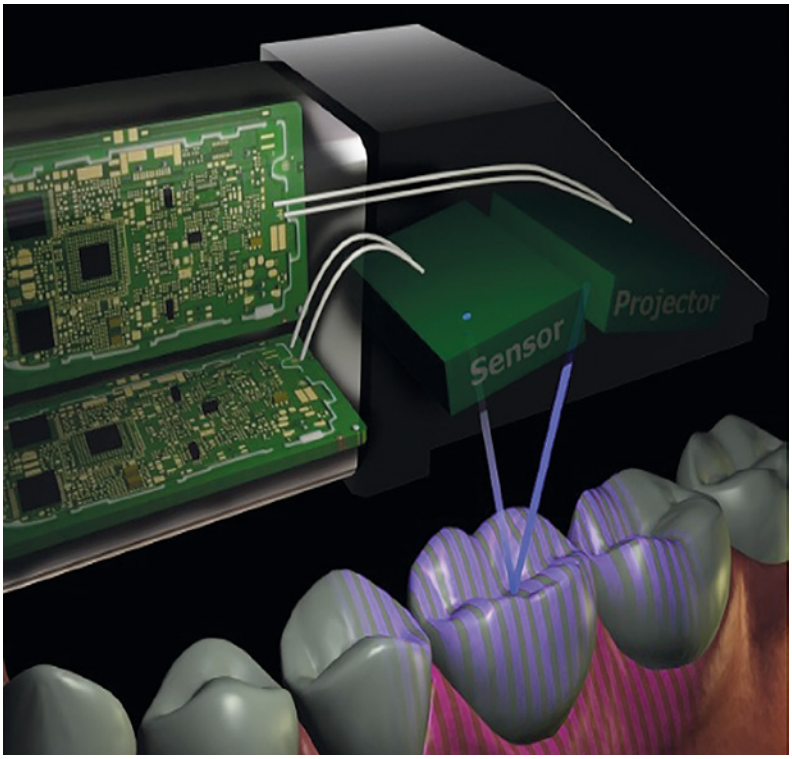
VÝSLEDKY

Kritéria pro zařazení splňovalo 37 publikací. Článků popisujících technologii, s níž pracují dostupné intraorální skenery, bylo velmi málo. Publikací, které se zaměřovaly na zpřesnění intraorálního skenovaní pomocí nových postupů nebo přípravků, bylo 21. Zbylé zahrnuté články se zabývaly srovnáváním přesnosti intraorálních skenerů mezi různými výrobky nebo srovnáním s tradičními výrobními postupy.

PRINCIPY INTRAORÁLNÍCH SKENERŮ

Intraorální skenery pracují s využitím několika principů [1]. Nejdéle používanou technologií je aktivní triangulace, která je v klinické praxi od druhé poloviny 80. let [2]. Její princip je založen na promítání obrazců pomocí projektoru na měřený objekt a podle deformace obrazců snímaných detektorem je počítána vzdálenost jednotlivých bodů na měřeném zubu. Protože známe vzdálenost detektoru a projektoru i jejich úhel, lze vzdálenost měřeného bodu spočítat pomocí jednoduchých matematických triangulačních metod **(obr. 1)**.

U prvních dostupných skenerů se na povrch promítaly proužky. Na tomto principu pracoval již skener CEREC 1 (Sirona Dental System GMBHDE, Bensheim, Německo) v roce 1987. U některých skenerů byly linie nahrazeny koncentrickými kružnicemi, např.



Obr. 1
Princip triangulačních skenerů. Převzato z [2], kde publikováno jako open access pod licencí CC-BY 4.0.

Fig. 1
Principle of triangulation scanners. Reproduced from [2], where published as open access under CC-BY 4.0 licence. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

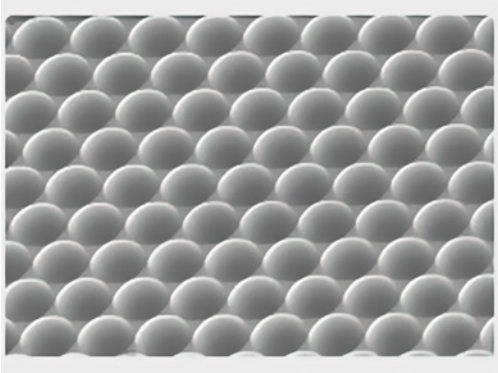
proLékaře.cz | 15.2.2026

Obr. 2
Nejčastěji používaná strukturovaná světla. Převzato z [3], kde publikováno jako open access pod licencí umožňující pouze nekomerční použití.

Fig. 2
The most frequently used structured lights. Reproduced from [3], where published as open access and may be used for noncommercial purposes only.

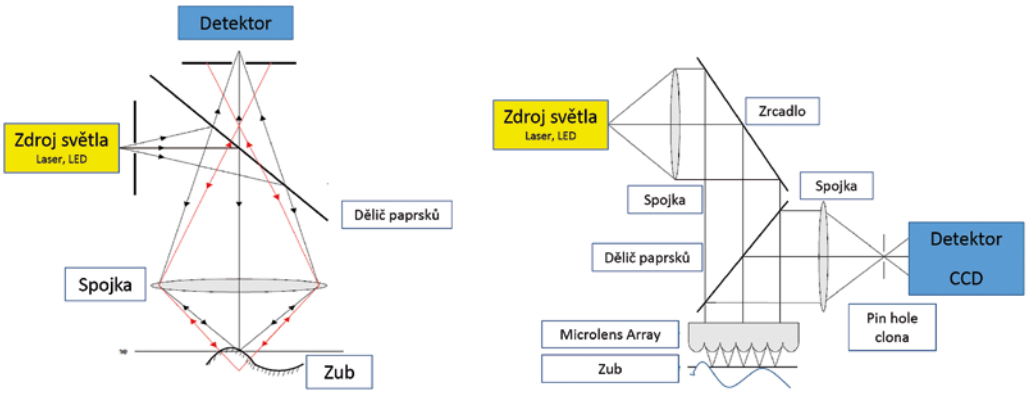
CS 3500 (Carestream Dental LLC, Atlanta, USA), nebo náhodnými čtverci, které mění svoji pozici, např. Virtuo Vivo (Dental Wings, Montréal, Kanada). Dnešní triangulační skenery často kombinují jeden projektor se dvěma detektory, např. Medit i500 (MEDIT corp., Soul, Korejská republika). U prvních typů skenerů byl problém se zahlcením kamery pomocí odlesků od lesklých ploch (sklovina, kovové korunky atd.). Tento problém se řešil zmatněním povrchu zubu nanášením speciálního prášku pomocí spreje. U moderních skenerů je tento problém potlačen použitím jinak strukturovaného světla, použitím více detektorů nebo detektorů s větším rozsahem. Pro zajímavost uvádíme nejčastější používané obrazce strukturovaného světla **(obr. 2)** [3]. Většina dostupných intraorálních skenerů využívá tento princip.

Druhým používaným principem je paralelní konfokální mikroskopie [4]. Princip je založen na konfokálním mikroskopu, který patentoval sice již v roce 1957 M. Minski, ale prvním použitelným byl „Tandem Scanning Confocal Microscope“, který patentovali o deset let později M. Petráň a M. Hadravský z Lékařské fakulty UK v Plzni. Konfokální mikroskopy jsou založeny na „pin hole“ clonách umístěných v ohnisku spojky. Velmi zjednodušeně lze říci, že tak oko (detektor) vidí pouze objekty v ohnisku čočky. Tzv. rastrovací konfokální skenery jsou ale klinicky nepoužitelné, protože jsou velmi pomalé. Zrychlení umožnila paralelní konfokální technologie, která využívá „microlens array“ – destičku s několika stovkami malých čoček **(obr. 3)**.



Obr. 3
Microlens array. Převzato z https://www.accscicn.com/en/nanofabrication/microlens-arrays/.

Fig. 3
Microlens array. Reproduced from https://www.accscicn.com/en/nanofabrication/microlens-arrays/.



Obr. 4
Princip konfokálního a paralelně konfokálního skenování (autor P. Hyšpler).

Fig. 4
Principle of confocal and parallel confocal scanning (author P. Hyšpler).

proLékaře.cz | 15.2.2026

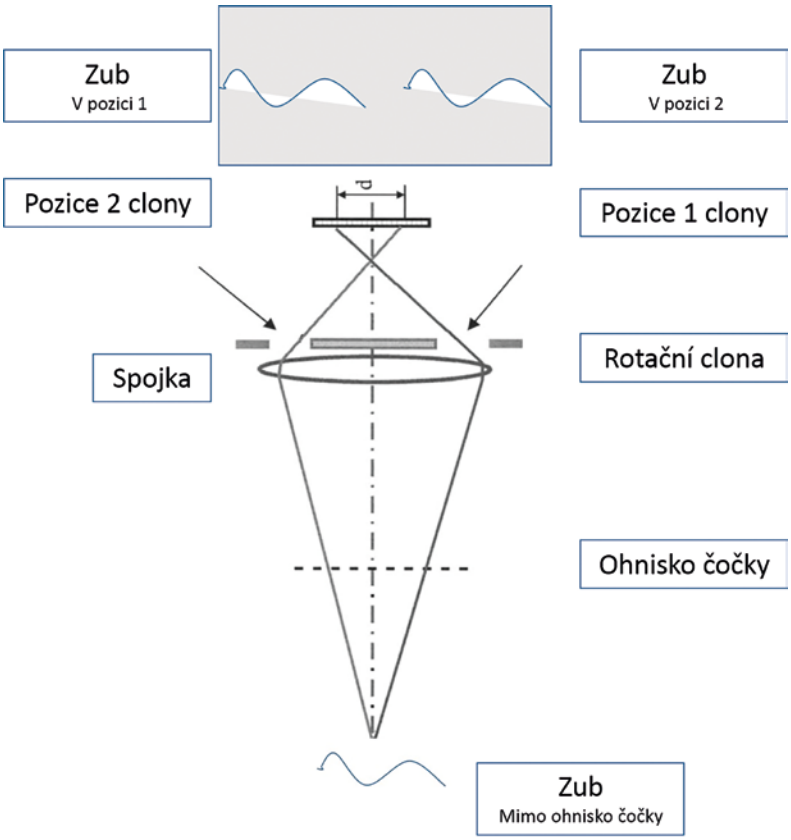
Detektor tak vidí stejně vzdálené body najednou. Prostým pohybem optické soustavy lze proměřovat více vrstev. Do této skupiny patřily, v době psaní tohoto článku, pouze výrobky TRIOS 3-5 (3Shape A/S, København, Dánsko), iTero Element 2-5, (Align Technology, Inc., Tempe, AZ, USA) a PrimeScan (Sirona Dental System GmbH, Bensheim, Německo). Princip konfokálního a paralelně konfokálního skenování je na **obr. 4**.

Další velmi malou technologickou skupinou je „active wavefront sampling (WS)“ [5]. Pokud za spojku umístíme clonu se dvěma otvory, na detektoru vzniknou dva obrazce a ze vzdálenosti obou obrazců lze vypočítat vzdálenost skenovaného bodu. Active WS používá rotační clonu nebo zrcátkový čip. Jediným zástupcem této skupiny na trhu je skener Lava™ Chairside Oral Scanner (COS), (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) **(obr. 5)**.

Další technologickou skupinou je interferometrie bílého světla [6]. Tato technologie (Optical coherent tomography – OCT), která má potenciál být rekordně nejpřesnější, využívá fyzikálního jevu interference neboli skládání vlnění světla. Detektor a software tedy analyzují tzv. interferenční obrazce. Tuto technologii je však nutné používat v kombinaci s některou ze tří výše uvedených technologií, protože nedokáže sama zmapovat veliký povrch. Firma D4D Technologies LLC, která se jako jediná pokoušela uvést na trh intraorální skener na tomto principu, pravděpodobně již neexistuje. Tento skener kombinoval konfokální technologii s OCT. Až budoucnost ukáže, zda tak vysoké rozlišení a přesnost jsou skutečně klinicky potřebné.

Obr. 5
Princip „active wavefront sampling“ s rotační clonou (autor P. Hyšpler).

Fig. 5
The principle of "active wavefront sampling" with a rotating aperture (author P. Hyšpler).



MĚŘENÍ PŘESNOSTI INTRAORÁLNÍCH SKENERŮ

Podle Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization) a jeho normy (ISO 5725-1:1994) je přesnost měření (accuracy) kombinací pravdivosti (trueness), dříve správnosti, a preciznosti (precision), dříve shodnosti.

Pravdivost (správnost) znamená, že průměr velkého počtu měření se blíží skutečné hodnotě měřené veličiny; jedná se o systematickou chybu, tedy o míru statistického zkreslení.

Preciznost (shodnost) se týká těsnosti shody mezi výsledky měření; jedná se o míru rozptylu **(obr. 6)**.

Ke stanovení přesnosti intraorálních skenerů existuje mnoho metod [7]. Společným jmenovatelem všech metod je nutnost získání standardního 3D modelu měřeného objektu, tzv. zlatého standardu. Pro jeho získání se v zásadě používají tři skupiny přístrojů: Coordinate measuring machine (CMM), průmyslové 3D skenery a stomatologické laboratorní skenery. Bohužel těmito přístroji nejsme schopni změřit reálného pacienta, a jsme proto odkázáni na měření in vitro.

Souřadnicový měřicí stroj

Souřadnicový měřicí stroj (CMM) je zařízení, které měří geometrii objektů snímáním diskrétních bodů na povrchu objektu pomocí sondy [8]. Používají se různé typy sond, nejběžnější jsou mechanické a laserové senzory. Existují také optické senzory a senzory bílého světla. Nevýhodou souřadnicových měřicích strojů je zejména malý počet bodů získaných z povrchu modelu a pomalá rychlost. Velmi omezená je možnost měřit složité tvary [9]. Do přístroje je třeba zadat přibližné souřadnice povrchu, před měřením je proto nezbytná informace o tvaru měřeného objektu. CMM s mechanickou sondou nemůže detekovat malé morfologické struktury, jakými jsou fisury a okraje dásní, protože hrot taktilní sondy má daný průměr, který omezuje rozlišení měření. Pravdivost a preciznost používaných přístrojů jsou uvedeny v **tabulce 1**.

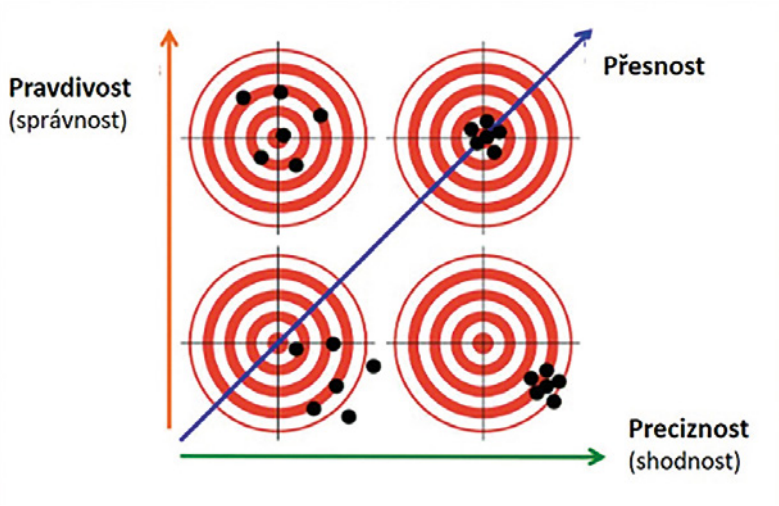
proLékaře.cz | 15.2.2026

Průmyslové 3D skenery

Průmyslové 3D skenery využívají převážně triangulační metody. Používají různé typy strukturovaného světla. Na rozdíl od CMM mohou průmyslové 3D skenery zachytit miliony bodů na povrchu objektu současně, i když je tvar povrchu složitý. V současnosti dostupné průmyslové 3D skenery zobrazují maximální odchylky v řádu několika mikrometrů [10]. Přesnost průmyslových skenerů se pohybuje od 1 do 10 µm. Pravdivost a preciznost používaných přístrojů je uvedena v **tabulce 2**.

Stomatologické laboratorní skenery

Stomatologické laboratorní skenery jsou v principu průmyslové 3D skenery upravené pro použití ve stomatologických laboratořích k digitalizaci dentálních modelů, otisků a různých přípravků. Přesnost laboratorního skeneru se pohybuje od 2 do 10 µm. Přesnost digitálních otisků získaných zubními laboratorními skenery je podobná jako přesnost průmyslového 3D skeneru [11]. Poslední studie dokonce ukazují, že pro digitalizaci dentálních modelů jsou přesnější než průmyslové 3D skenery [12] **(tab. 3)**.



Obr. 6
Vztah přesnosti, pravdivosti a preciznosti (autor P. Hyšpler).

Fig. 6
The relationship between accuracy, trueness and precision (author P. Hyšpler).

STANOVENÍ PŘESNOSTI INTRAORÁLNÍCH SKENERŮ

K popisu přesnosti intraorálních skenerů se nejčastěji používá měření vzdálenosti a úhlové chyby a metoda překrývání povrchových dat získaných 3D skenery. Velmi novou metodou k porovnávání skenů je „Pyramid Replacement Method“ využívající Prokrustovu analýzu.

Tab. 1 Souřadnicové měřicí stroje (CMM).
Tab. 1 *Coordinate measuring machine (CMM).*

Přístroj	Výrobce	Přesnost (accuracy)	Pravdivost (trueness) µm	Preciznost (precision) µm
CONTURA	Zeiss, Jena, Německo		0,7 (výrobce) 1,5 + L/350 (Kim)	0,55
Crista-Apex	Mitutoyo,Teplice, ČR		1,9 + 3L/1000 µm	
DEA Mistral	Brown & Sharpe, Providence, USA		3,5 + L/250 µm	

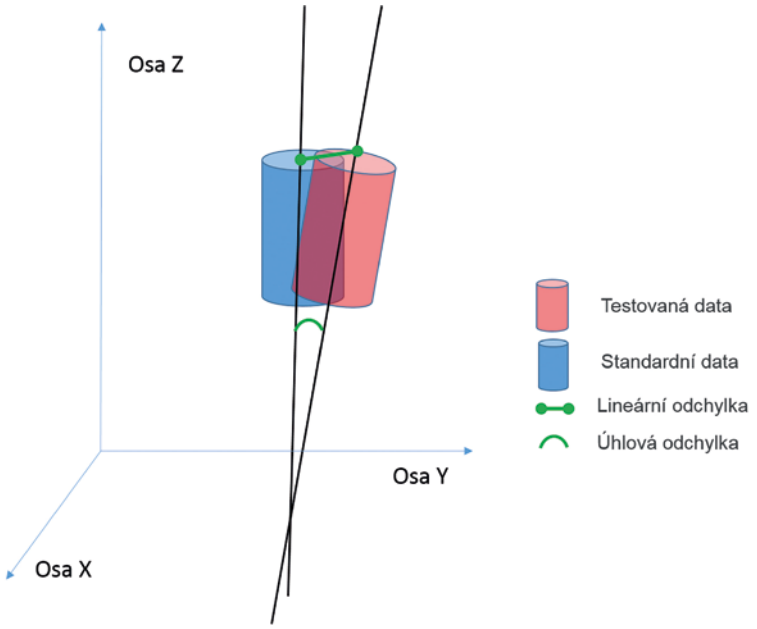
Tab. 2 Průmyslové skenery.
Tab. 2 *Industrial scanners.*

Skener	Výrobce	Přesnost (accuracy)	Pravdivost (trueness) µm	Preciznost (precision) µm
ATOS Core 80	GOM, Zeiss, Jena, Německo	4 (0,6)		
Infinite Focus Standard	Alicona Imaging,Raaba, Rakousko		5,3 ± 1,1	1,6 ± 0,6
ScanRider	ScanRider, Boloňa, Itálie		5–10	15–30

Tab. 3 Stomatologické laboratorní skenery.
Tab. 3 *Dental laboratory scanners.*

Skener	Výrobce	Přesnost (accuracy)	Pravdivost (trueness) µm	Preciznost (precision) µm
Activity 880 scanner	Smart Optics,Oslo, Norsko			10
D-250(3Shape)	3 Shape, 3Shape A/S København, Dánsko	2		
Freedom UHD®	DOF,Gardena, USA	5		
ISCAN D103I	Imetric,Dubai, Spojené Arabské Emiráty	6		
ISCAN D104I	Imetric,Dubai, Spojené Arabské Emiráty		< 5	< 10

proLékaře.cz | 15.2.2026



Obr. 7
Lineární a úhlová odchylka (autor P. Hyšpler).

Fig. 7
Linear and angular deviation (author P. Hyšpler).

Měření vzdálenosti a úhlové chyby

Lineární chyba [13] se měří jako odchylka určeného bodu mezi referenčními a testovacími daty v souřadnicovém prostoru XYZ. Pokud známe XYZ souřadnice testovaného bodu a referenčního bodu, vzdálenost se vypočítá:

$$\sqrt{(X_{test} - X_{standard})^2 + (Y - Y_{standard})^2 + (Z_{test} - Z_{standard})^2}$$

Úhlová chyba se určuje porovnáním úhlu dlouhé osy snímaného tělesa mezi referenčními daty a testovacími daty **(obr. 7)**.

Překrývání povrchových dat získaných 3D skenery

Data z testovaného a standardního skenu jsou přiřazena k sobě do jednoho prostoru pomocí best fit algoritmu [14, 15]. Vzdálenost skenů se počítá jako vzdálenost cloud-cloud, tj. vzdálenost bodu od nejbližšího bodu porovnávaného skenu. Nebo se počítá cloud-mash, tedy nejbližší vzdálenost bodu k ploše modelu **(obr. 8)**.

U těchto metod se dobře vizualizují data jako barevné mapy a výsledky jsou dobře pochopitelné. Mezi hlavní nevýhody patří značný vliv best fit algoritmů na výsledek, tedy závislost na použitém softwaru [16]. Tento nedostatek nabývá na významu, zejména pokud porovnáváme skeny s rozdílnou hustotou bodů. Například konfokální skeny mají různou hustotu bodů, protože v oblasti preparovaného zubu je vzdálenost mezi body poloviční. Část skenu s hustší sítí je přiložena přesněji. Značná část softwarů neuvádí algoritmus výpočtu (cloud-cloud/cloud-mash), a porovnávané skeny proto mohou vykazovat jiné výsledky.

Pyramid replacement method

Tato nová metoda spočívá v přiřazení upraveného virtuálního abutmentu s definovanými body pomocí jehlanů do skenu. Takto získané body jsou podrobeny registraci a následně Prokrustově analýze [17].

SLUČOVACÍ CHYBA – MERGING ERROR

Všechny intraorální skenery mají omezenou použitelnost u velkých fixních prací, ať nesených zuby, nebo implantáty. Snížená přesnost IO skenerů u velkých prací je způsobena principem tvorby 3D modelů celé čelisti. Z důvodu velikosti skenovací hlavice intraorální skenery vytvoří pouze malé 3D modely povrchu (velikost je závislá na typu skeneru) a ty jsou následně softwarově spojovány do většího modelu **(obr. 9)**.

Přesnost tohoto spojení je závislá na velikosti překrývajících se nepohyblivých ploch [1]. Dnes můžeme považovat za prokázané, že velikost této odchylky se zvětšuje s prodloužením skenovací dráhy a s nedostatkem referenčních ploch [18]. Postupů, jak snížit tuto chybu, bylo publikováno již značné množství [19]. Jednou z možností je optimalizace trasy skenování. Passos a kol. [20] porovnávali tři strategie skenování na modelu horní čelisti skenované pomocí TRIOS® Pod scanner (3Shape A/S, København, Dánsko). Strategie A primárně skenovala vestibulární plochy a poté orální, strategie B skenovala nejdříve orální plochy a následně vestibulární, třetí strategie C skenovala cik-cak (vestibulo-orálně). Standard byl vytvořen pomocí průmyslového skeneru Infinite Focus Standard (Alicona Imaging, Raaba, Rakousko). Pravdivost byla A = 18 ± 16 µm; B = 17 ± 13 µm; C = 27 ± 15 µm a preciznost A = 35 ± 51 µm; B = 8 ± 6 µm; C = 9 ± 6 µm. Výsledky potvrzují klinickou zkušenost – kratší dráha skenování se projeví v menší chybě neboli merging error.

Další možností je usnadnění napojování jednotlivých malých skenů (matching) tvorbou různých pomocných pomůcek, které jsou vyráběny v ústech nebo mimo ústa. Klinicky je poměrně běžnou strategií spojování skenovacích tělísek různými materiály (vosk, modelovací pryskyřice, materiály na razidlové

proLékaře.cz | 15.2.2026

provizorní mosty, zubní nit [21]). Tímto postupem se zvětšuje plocha, kterou softwary používají k napojování jednotlivých dílčích skenů. Známou a dobře dokumentovanou technikou je „Continuous Scan Strategy“ (CSS) [22].

Imburgia spojoval skenovací tělíska termoplastickou pryskyřicí u 35 „full arch“ můstků a dalších deseti zirkoniových mostů velkého rozsahu. Bohužel přesnost výsledných prací byla hodnocena pouze vizuálně a rentgenologicky.

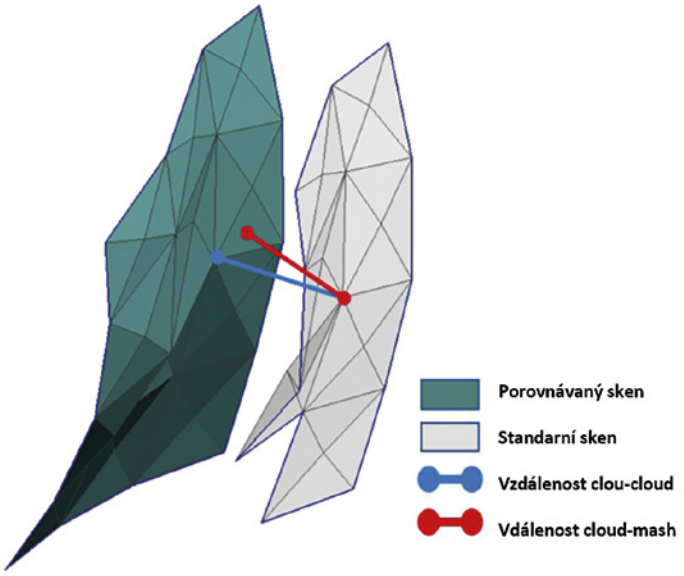
Na podobném principu pracují různé snímatelné přípravky zhotovené 3D tiskem, které se nasazují přes skenovací tělíska. Tyto přípravky jsou navrhovány jako snímací náhrada se zuby s otvory pro skenovací tělíska [23, 24] nebo s geometrickými útvary (kužel, krychle, koule) mezi tělísky [25]. Jsou známy i pokusy o univerzální přípravky ve formě jakési okluzní lžíce s reliéfem zubů, které se přikládají ke skenovacím tělískům [26]. Benefity těchto metod ale nejsou nijak potvrzeny. Verifikována byla pouze metoda s přípravkem obsahujícím zuby [27]. M. Tallarico a kol. zkoušeli tuto metodu na tištěných modelech se čtyřmi a šesti skenovacími tělísky (skenovací tělíska byla součástí tištěného modelu). Hodnocení probíhalo pomocí superimpozice ploch skenovacích tělísek a pomocí úhlové odchylky tělísek. Zjistili, že nemuseli opakovat skeny s přípravkem, zatímco skeny bez přípravku museli opakovat ve 13 případech. Úhlová odchylka byla u modelu se čtyřmi tělísky statisticky významná, a to 0,134° ± 0,053° s přípravkem a 0,252° ± 0,068° bez přípravku. Pro model s šesti tělísky 0,100° ± 0.029° s přípravkem a 0,373° ± 0,117° bez přípravku. Tento rozdíl ale nebyl statisticky významný.

I poslední výzkumy obdobně naznačují, že u moderních skenerů metody zvětšující skenovaný povrch slučovací chybu nesnižují, pouze usnadňují a v některých složitých případech, zejména u dolní bezzubé čelisti, umožňují i skenování [28].

Podobně usnadní pořízení skenu změna strategie skenování, kdy skenujeme nejdříve skenovací tělíska, která vymažeme a doskenováváme profil gingivy [20]. V některých případech, například u bezzubé čelisti, je vhodné usnadnit skenování pomocí různých 3D značek [29] vytvořených například flow kompozitem, tekutým kofferdamem nebo zinkoxideugenolovým cementem [30].

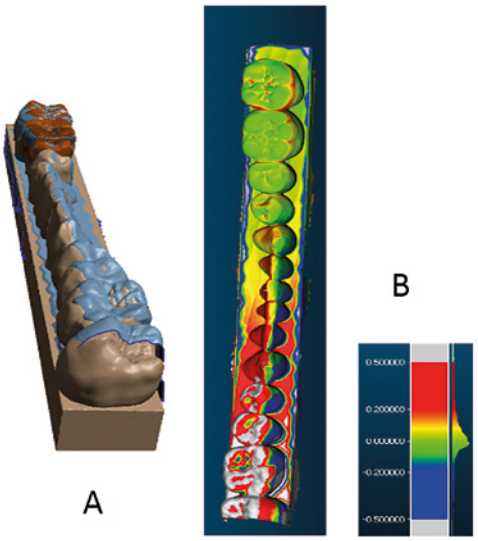
Další možností eliminace merging error je zapojení přístrojů, které skenují celou čelist najednou a nemají výše zmíněnou chybu vzniklou spojováním dílčích 3D modelů. Je známé použití extraorálních skenerů, které jsou dnes dostupné i komerčně [31]. Tyto skenery využívají metodu pasivní triangulace, někdy nazývanou pasivní stereovize nebo fotogrammetrie. Tato technika je založena na zpracování dvou stereosnímků získaných ze dvou kamer, jejichž poloha a úhel jsou konstantní.

Revilla-León a kol. [32] porovnávali extraorální skener (PG system) s dvěma intraorálními skenery (iTero Element Align Technology, Inc., Tempe, AZ, USA, a TRIOS 3, 3Shape A/S, København, Dánsko) a konvenčním otiskem A-silikonem na modelu horní čelisti se šesti implantáty. Přesnost vyhodnocovali souřadnicovým měřicím strojem (CMM Contura G2



Obr. 8
Vzdálenost cloud-cloud a cloud-mash (autor P. Hyšpler).

Fig. 8
Cloud-cloud and cloud-mash distance (author P. Hyšpler).



Obr. 9
Vizualizace slučovací chyby (merging error) na tištěném lineárním modelu zubů.
A Překrytí tištěného modelu a jeho skenu (oblast přiložení znázorněna žlutě).
B Barevná vizualizace vzdálenosti modelu a skenu (CloudCompare)
(autor P. Hyšpler).

Fig. 9
Visualization of a merging error on a 3D printed linear model of teeth.
A *Superposition of the 3D printed model and its scan (the merge area is yellow).*
B *Color visualization of the distance between the model and the scan (CloudCompare) (author P. Hyšpler).*

proLékaře.cz | 15.2.2026

10/16/06 RDS, Zeiss, Jena, Německo). Celková 3D diskrepance u konvenčního otisku byla 11,7 µm; při použití iTero Element 18,4 µm, při použití TRIOS 3 21,1 µm a u extraorálního skeneru 77,6 µm. Sallorenzo a Gómez-Polo [33] porovnávali extraorální skener (PiC camera, Madrid, Španělsko) a intraorální skener (TRIOS3, 3Shape A/S, København, Dánsko) pomocí CMM na modelu horní čelisti se šesti implantáty. Celková chyba extraorálního skeneru byla 10 µm a 0,084° a 23 µm (p = 0,179) a 0,529° pro intraorální skener. Použití některých extraorálních skenerů je tedy pravděpodobně přínosné, ale klinicky komplikované zejména u velkých protetických prací kombinujících implantáty a zbývající chrup. V těchto případech je obtížná zejména kombinace dat z extraorálního a intraorálního skeneru.

Publikováno bylo použití CBCT k tvorbě virtuálního modelu implantátů [34, 35]. V poslední době byla zkoumána i možnost softwarové úpravy intraorálních skenů na základě dat z CBCT [36]. Tyto možnosti zatím ale naráží na nízké rozlišení většiny CBCT přístrojů. Nezanedbatelná je i další expozice pacienta RTG záření.

Klinicky zajímavou možností je zapojení laboratorního protetického skeneru do digitálního workflow, protože většina dentálních CAD/CAM laboratoří je jím již vybavena, a nepředstavuje to tedy další finanční náklady. Mandelli a kol. [37] publikovali postup, kdy tiskli speciální „Solid index“, kam vlepovali otiskovací piny pomocí modelační pryskyřice. Z tohoto Solid indexu s vlepenými otiskovacími čepy vyrobili zjednodušený sádrový model, který skenovali pomocí laboratorního skeneru. Přesnost tohoto postupu verifikovali na modelu horní čelisti s osmi implantáty [38]. Porovnávali Solid index s dvěma intraorálními skenery (CS 3700®, Carestream Dental LLC, Atlanta, GA, USA, a Emerald™ S, Planmeca Oy, Helsinki Finsko). Standard získávali pomocí laboratorního skeneru. Hodnocení prováděli superimpozicí zkoušeného a standardního skenu. Průměrná pravdivost byla 29 ± 26 µm pro model odvozený od SI, oproti 42,4 ± 14,7 µm pro CS 3700® a 52,2 ± 4,6 µm pro Emerald™ S.

Hyšpler a kol. [39] navrhli „Reverse scan (RS) technique“, kde používají tištěný provizorní most, který je rozdělen na fragmenty obsahující po jednom abutmentu. Poté jsou fragmenty znovu slepeny v ústech. Na abutmenty provizorního mostu jsou našroubovány speciální skenovatelné pracovní čepy a následně je most skenován laboratorním skenerem. Není tedy potřeba žádný model. V další práci Hyšpler a kol. [17] srovnávali tuto metodu s otiskem a intraorálním skenerem (TRIOS3, 3Shape A/S, København, Dánsko). K získání standardu používali laboratorní skener. Vyhodnocovali data pomocí Pyramid Replacement metody a Prokrustovy analýzy. Prokrustova vzdálenost byla u RS techniky 5,6–6,9 µm (medián 6,2 µm), u otisku 5,4–7,1 µm (medián 6,5 µm) a u intraorálního skeneru 4,5–41,2 µm (medián 5,8 µm).

ZÁVĚR

Během posledních let byly mnohokrát publikovány benefity plně digitálního workflow, mezi které patří přesnost, rychlost, komfort pacienta, strmější křivka učení u mladých lékařů, menší vliv lidské chyby atd. Mezi hlavní nedostatky zatím patří pořizovací náklady a malá použitelnost u velkých protetických prací. Z analýzy dostupné literatury vyplývá, že možností zpřesnění intraorálního skenu je více. Jedná se zejména o optimalizaci trasy skenování a zapojení jiných přístrojů bez „merging error“ do protetických postupů. Z dostupné literatury a následného vlastního ověření je nejlépe hodnoceno použití extraorálních skenerů a zapojení protetických laboratorních skenerů. Naopak snížení deformace intraorálních skenů pomocí různých přípravků pravděpodobně nepřinese požadované zpřesnění.

Poděkování

Studie vznikla za podpory Výzkumného záměru 00064203 Fakultní nemocnice v Motole, Praha, Česká republika.

Prohlášení o střetu zájmů

Autoři nemají žádný střet zájmů, který by mohl ovlivnit obsah nebo zpracování tohoto rukopisu.

Prohlášení o použití umělé inteligence

K tvorbě nebyla použita umělá inteligence (AI).

Podíl autorů na publikaci

Oba autoři mají stejný podíl na publikaci.

Korespondující autorka
prof. MUDr. Taťjana Dostálová, DrSc., MBA
Stomatologická klinika dětí a dospělých
2. lékařská fakulta, Univerzita Karlova
Fakultní nemocnice v Motole
V úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: tatjana.dostalova@fnmotol.cz

proLékaře.cz | 15.2.2026

LITERATURA

1. Logozzo S, Zanetti 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: 203–221. doi: 10.1016/j.optlaseng.2013.07.017

2. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y.
Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. PLoS One. 2012; 7(8): e43312. doi: 10.1371/journal.pone.0043312

3. Geng J.
Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. Adv Opt Photonics. 2011; 3(2): 128. doi: 10.1364/AOP.3.000128

4. Handbook of biological confocal microscopy, revised edition. James B. ed. New York and London: Pawley Plenum Press; 1990, 1989.

5. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al.
Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. J Healthc Eng. 2017; 2017: 1–9. doi: 10.1155/2017/8427595

6. Schmitt JM.
Optical coherence tomography (OCT): a review. IEEE J Sel Top Quantum Electron. 1999; 5(4): 1205–1215. doi: 10.1109/2944.796348

7. Sanda M, Miyoshi K, Baba K.
Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review. Int J Implant Dent. 2021; 7(1): 97. doi: 10.1186/s40729-021-00352-9

8. Alsharbaty MHM, Alikhasi M, Zarrati S, Shamshiri AR.
A clinical comparative study of 3-dimensional accuracy between digital and conventional implant impression techniques. J Prosthodont. 2019; 28(4): e902–e908. doi: 10.1111/jopr.12764

9. Fukazawa S, Odaira C, Kondo H.
Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. J Prosthodont Res. 2017; 61(4): 450–459. doi: 10.1016/j.jpor.2017.01.005

10. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A.
Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. J Dent. 2018; 69: 110–118. doi: 10.1016/j.jdent.2017.12.006

11. Ajioka H, Kihara H, Odaira C, Kobayashi T, Kondo H.
Examination of the position accuracy of implant abutments reproduced by intra-oral optical impression. Bencharit S, editor. PLoS One. 2016; 11(10): e0164048. doi: 10.1371/journal.pone.0164048

12. Piedra-Cascón W, Methani MM, Quesada-Olmo N, Jiménez-Martínez MJ, Revilla-León M.
Scanning accuracy of nondental structured light extraoral scanners compared with that of a dental-specific scanner. J Prosthet Dent. 2021; 126(1): 110–114. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.04.009

13. Pozzi A, Agliardi E, Lio F, Nagy K, Nardi A, Arcuri L.
Accuracy of intraoral optical scan versus stereophotogrammetry for complete-arch digital implant impression: An in vitro study. J Prosthodont Res. 2023; 68(1): 172–180. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00251

14. Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO.
Accuracy of digital versus conventional implant impressions. Clin Oral Implants Res. 2015; 26(6): 715–719. doi: 10.1111/clr.12375

15. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O.
Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2019; 19(1): 101. doi: 10.1186/s12903-019-0792-7

16. Son K, Lee WS, Lee KB.
Effect of different software programs on the accuracy of dental scanner using three-dimensional analysis. Int J Environ Res Public Health. 2021; 18(16): 8449. doi: 10.3390/ijerph18168449

17. Hyspler P, Urbanová P, Dostalova T.
Comparison of the reverse scan technique with an intraoral scanner and the traditional impression technique. J Prosthet Dent. 2024: S0022-3913(24)00583-3. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.08.012. Epub ahead of print.

18. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O.
Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2019; 19(1): 101. doi: 10.1186/s12903-019-0792-7

19. Paratelli A, Vania S, Gómez-Polo C, Ortega R, Revilla-León M, Gómez-Polo M.
Techniques to improve the accuracy of complete-arch implant intraoral digital scans: A systematic review. J Prosthet Dent. 2021; 129(6): 844– 854. doi: org/10.1016/j.prosdent.2021.08.018

20. Passos L, Meiga S, Brigagão V, Street A.
Impact of different scanning strategies on the accuracy of two current intraoral scanning systems in complete-arch impressions: an in vitro study. Int J Comput Dent. 2019; 22(4): 307–319.

21. Mizumoto RM, Yilmaz B, McGlumphy EA, Seidt J, Johnston WM.
Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. J Prosthet Dent. 2020; 123(1): 96–104. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.01.003

22. Imburgia M.
Continuous Scan Strategy (CSS): A novel technique to improve the accuracy of intraoral digital impressions. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2020; 28(3): 128. doi: 10.1922/EJPRD_2105Imburgia14

23. Iturrate M, Minguez R, Pradies G, Solaberrieta E.
Obtaining reliable intraoral digital scans for an implant-supported complete-arch prosthesis: A dental technique. J Prosthet Dent. 2019; 121(2): 237–241. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.03.008

24. Ahmed WM, Verhaeghe TV, McCullagh APG.
Maxillary complete-arch implant-supported restoration: A digital scanning and maxillomandibular relationship workflow. J Prosthet Dent. 2021; 125(2): 216–220. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.01.010

25. Beretta M, Poli PP, Tansella S, Aguzzi M, Meoli A, Maiorana C.
Cast-free digital workflow for implant-supported rehabilitation in a completely edentulous patient: A clinical report. J Prosthet Dent. 2021; 125(2): 197–203. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.12.009

26. Espona J, Roig E, Ali A, Roig M.
Immediately loaded interim complete-arch implant-supported fixed dental prostheses fabricated with a completely digital workflow: A clinical technique. J Prosthet Dent. 2020; 124(4): 423–427. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.08.008

27. Tallarico M, Lumbau A, Scrascia R, Demelas G, Sanseverino F, Amarena R, et al. Feasibility of using a prosthetic-based impression template to improve the trueness and precision of a complete arch digital impression on four and six implants: an in vitro study. Materials. 2020; 13(16): 3543. doi: 10.3390/ma13163543

28. Effect of splinting scan bodies on trueness of complete-arch implant impression using different intraoral scanners: an in vitro study. Int J Comput Dent. 2023; 26(1): 19–28. doi: 10.3290/j.ijcd.b2599297

29. Negreiros WM, Jamjoom FZ, Gallucci G, Hamilton A. Designing a complete-arch digital trial tooth arrangement for completely edentulous patients by using an open-source CAD software program: A dental technique. J Prosthet Dent. 2021; 125(3): 387–391. doi; 10.1016/j.prosdent.2020.01.036

proLékaře.cz | 15.2.2026

30. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. J Prosthet Dent. 2018; 119(5): 733–735. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.05.008

31. 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 Prosthet Dent. 2017; 118(5): 596. doi:10.1016/j.prosdent.2016.12.015

32. Revilla-León M, Att W, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. J Prosthet Dent. 2021; 125(3): 470–478. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.03.005

33. Sallorenzo A, Gómez-Polo M. Comparative study of the accuracy of an implant intraoral scanner and that of a conventional intraoral scanner for complete-arch fixed dental prostheses. J Prosthet Dent. 2021; 128 (5): 1009–1016. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.01.032

34. Kim YH, Jung BY, Han SS, Woo CW. Accuracy evaluation of 3D printed interim prosthesis fabrication using a CBCT scanning based digital model. PLoS One. 2020; 15(10): e0240508. doi: 10.1371/journal.pone.0240508

35. Corominas-Delgado C, Espona J, Lorente-Gascón M, Real-Voltas F, Roig M, Costa-Palau S. Digital implant impressions by cone-beam computerized tomography: a pilot study. Clin Oral Implants Res. 2016; 27(11): 1407–1413. doi: 10.1111/clr.12754

36. Gómez-Polo M, Ballesteros J, Padilla PP, Pulido PP, Revilla-León M, Ortega R. Merging intraoral scans and CBCT: a novel technique for improving the accuracy of 3D digital models for implant-supported complete-arch fixed dental prostheses. Int J Comput Dent. 2021; 24(2): 117–123.

37. Mandelli F, Zaetta A, Cucchi A, Mangano FG. Solid index impression protocol: a hybrid workflow for high accuracy and passive fit of full-arch implant-supported restorations. Int J Comput Dent. 2020; 23(2): 161–181.

38. Mangano FG, Bonacina M, Mandelli F, Marchiori F. Solid index versus intraoral scanners in the full-arch implant impression: in vitro trueness evaluation. BMC Res Notes. 2020; 13(1): 504. doi: 10.1186/s13104-020-05353-2

39. Hyspler P, Strnad J, Sala R, Dostalova T. Reverse scan technique: A verification method for the implant position in intraoral scans. J Prosthet Dent. 2023: S0022-3913(23)00406-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.06.008. Epub ahead of print.

FDI YOUNG DENTISTS FORUM 2025

Mladí stomatologové opět dostali jedinečnou příležitost zúčastnit se mezinárodního fóra FDI Young Dentists Forum, které je součástí světového kongresu FDI World Dental Congresss 2025 (9.–12. 9. 2025, Šanghaj).

Každá členská organizace FDI mohla delegovat jednoho kandidáta. ČSK na základě výzvy zveřejněné v newsletteru ČSK nominovala za Českou republiku **MDDr. Filipa Hromčíka, Ph.D.**, s přednáškou **Peri-implantitis Non-Surgically? A Step-Wise Concept.**

Výběr vítěze z navržených kandidátů provede Výbor pro vzdělávání FDI. Vítěz bude mít možnost přednést 45minutovou přednášku v rámci FDI Young Dentists Forum.

Připomeňme, že na loňském kongresu FDI v Istanbulu nás úspěšně reprezentoval MDDr. Jan Stibal.

Více informací o FDI Young Dentists Forum:
https://www.fdiworlddental.org/young-dentists-forum
Informace a registrace na FDI World Dental Congresss 2025:
https://2025.world-dental-congress.org

Kancelář ČSK