proLékaře.cz | 19.11.2026

MODELY CHRUPU VYTVOŘENÉ POMOCÍ INTRAORÁLNÍHO SKENOVÁNÍ A 3D TISKU

Přehledový článek

DENTAL MODELS CREATED BY INTRAORAL SCANNING AND 3D PRINTING

Review

Šimek M.
Stomatologická klinika dětí a dospělých, Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

SOUHRN

Úvod a cíl: Modely chrupu jsou ve stomatologii široce používanou pomůckou. Přenos situace v ústní dutině mimo ústa pacienta ve formě modelů chrupu nám přináší informace v oblasti diagnostiky, plánování způsobu léčby a pro plánování výroby stomatologických produktů. Modely chrupu lze využít v každém stomatologickém oboru. Zcela neodmyslitelně jsou spjaty s protetikou, ortodoncií a maxilofaciální chirurgií.
Cílem tohoto přehledového článku je seznámit čtenáře s přínosy intraorálního skenování ve spojení s 3D tiskem. Dále popsat jejich základní principy a prezentovat nejvýhodnější technologie 3D tisku pro výrobu stomatologických produktů z poznatků dostupných v současné literatuře.
Materiál a metodika: Vyhledání a průzkum literatury byly zaměřeny na intraorální skenování a 3D tisk. Použity byly databáze PubMed, Scopus a Ebsco. Pro následné zařazení do přehledu byla zásadní aplikovatelnost ve stomatologii, zahrnutí kontrolní skupiny a stáří článku do pěti let.
Závěr: Ze zpracovaných studií vyplývá, že technologie přímého intraorálního skenování a 3D tisku jsou již dnes dobře klinicky použitelné a v budoucnosti lze očekávat jejich další rozvoj pro užívání v každodenní praxi.

Klíčová slova: modely zubů, intraorální skener, 3D tisk

SUMMARY

Introduction and aim: Dental models are widely used in dentistry. The transmission of oral cavity situation outside patient's mouth brings us information in the field of diagnostics, treatment planning, and the fabrication planning of dental products. Dental models can be used in any dental field. They are particularly linked to prosthodontics, orthodontics, and maxillofacial surgery.
The aim of this article is to report the benefits of the intraoral scanning in conjuction with 3D printing to the reader. Also, it describes their basic principles and presents the most useful technologies of 3D printing for production in dentistry according to the current literature.
Materials and methods: The literature search and survey were focused on intraoral scanning and 3D printing. PubMed, Scopus, and Ebsco databases were used to find the articles. Their applicability in dentistry, the inclusion of a control group, and the age of the article within five years were essential for their subsequent selection.
Conclusion: The included studies show that the technologies of direct intraoral scanning and 3D printing are already clinically usable today, and in the future we can expect their further development for everyday practice.

Key words: dental models, intraoral scanner, 3D printing

Šimek M.
Modely chrupu vytvořené pomocí intraorálního skenování a 3D tisku.
Čes stomatol Prakt zubní lék. 2023; 123(3): 68–76. doi 10.51479/cspzl.2023.005

ÚVOD

Pro přenos situace v ústní dutině mimo ústa pacienta se ve stomatologii používá proces otiskování, kdy po aplikaci modelového materiálu (sádry) do otisku získáme modely chrupu. Tyto modely mají využití nejen pro zaznamenání stavu chrupu ve formě dokumentačních modelů, ale zejména jsou používány pro výrobu protetických výrobků a aparátů pro využití v dentoalveolární chirurgii a ortodoncii. V ortodoncii slouží analýza samotných modelů k doplnění dalších nálezů, které vedou ke stanovení diagnózy [1]. Ačkoli je použití digitálních technologií spojeno se stomatologií téměř 50 let, v každodenní praxi stále převažuje klasický způsob výroby

proLékaře.cz | 19.11.2026

sádrových modelů. Ty jsou spojeny s nemožností opravy při výskytu defektů v záznamu, s vysokými nároky na prostor při archivaci a někdy též s nepříjemnými pacientovými pocity při jejich pořizování [2]. Digitální alternativa pomocí intraorálního skenování a 3D tisku umožňuje výrobu fyzických modelů chrupu či přímou výrobu stomatologických aparátů při eliminaci výše uvedených obtíží.

MATERIÁL A METODIKA

Vyhledání a průzkum literatury byl zaměřen na intraorální skenování a 3D tisk. Pro nalezení článků byly použity databáze PubMed, Scopus a Ebsco. Pro následné zařazení do přehledu byla zásadní aplikovatelnost ve stomatologii, zahrnutí kontrolní skupiny a stáří článku do pěti let.

POROVNÁNÍ KONVENČNÍHO A PŘÍMÉHO DIGITÁLNÍHO OTISKOVÁNÍ

Při srovnání konvenčních (alginátových, silikonových) a virtuálních otisků vzniklých pomocí intraorálního skenování lze nalézt mnohé rozdíly při pořizování otisku, jeho zpracování a také při jejich archivaci [3]. Nejvýraznější pozitiva a negativa jsou shrnuta v **tabulce 1.**

Intraorální skener je spojený s výpočetní jednotkou, na jejíž obrazovce lze pozorovat stav pořizovaného záznamu. Skenery jsou vybaveny navigačním systémem, který upozorňuje uživatele, zda probíhá skenování adekvátně. Nejčastěji se jedná o různé formy zvukového signálu. Pokud je v nasnímaném obrazu přítomen defekt, lze jej snadno opravit opětovným naskenováním poškozeného místa, jak uvádí Goracci a kol. U standardního otiskování je materiál při vyjímání otisku z úst již ztuhlý a případný defekt v otisku nelze jednoduše opravit. V praxi se tato situace řeší opakováním celé procedury, což zvyšuje náklady časové a finanční [4, 5].

Digitální otisk intraorálním skenerem umožňuje snáze přiblížit důvod léčby pacientovi a usnadňuje komunikaci. Grünheid a kol. publikovali výsledky dotazníkové studie u pacientů, kteří měli možnost vyzkoušet metodu klasického otiskování a digitálního pořizování záznamu úst. Většina pacientů by upřednostnila optický záznam před klasickou metodou, protože pro ně byl mnohem příjemnější. U pacientů s vysokým dávivým reflexem či omezenou spoluprací se může jednat o metodu volby [6, 7].

Záznam jednoho zubního oblouku intraorálním skenerem trvá v průměru kolem tří minut, což není zásadní rozdíl v porovnání s klasickým otiskováním, kde pořízení jednoho otisku se pohybuje mezi třemi a pěti minutami podle zkušenosti lékaře a spolupráce pacienta, jak uvádí Lee a Galluci. Hlavní časová úspora intraorálního skenování spočívá v možnosti snadné opravy případného defektu v záznamu a v rychlejší komunikaci s laboratoří, která může být elektronická [4, 7, 8].

Záznamy digitálních otisků jsou uloženy v počítači, takže na rozdíl od sádrových modelů jsou snáze dohledatelné, mají malé nároky na skladovací prostory a nepodléhají otěru či jiné formě degradace. Nároky intraorálních skenerů na dezinfekci jsou minimální, používají se buď jednorázové návleky, nebo jsou jejich koncovky autoklávovatelné [4, 6, 9].

V porovnání se sádrovými modely umožňuje digitální otiskování zachytit větší množství dat, takže získáme nejen tvar nasnímaného povrchu, ale lze také zaznamenat informace ohledně barevného odstínu jednotlivých zubů či textury tkání. Vzniklé digitální modely lze propojit s dalšími digitálními záznamy pacienta (faciální sken, CBCT), a vytvořit tak plně virtuální model pacienta s možnou simulací výsledků léčby [4, 6, 10].

Intraorální skenování je bezkontaktní způsob zachycení stavu úst pacienta, a proto je nesnadné pořídit takový záznam, který pracuje s pružností sliznic v ústní dutině, např. funkční otisky pro celkové snímatelné náhrady nebo zaznamenání preparační linie

Tab. 1 Seznam nejvýznamnějších pozitiv a negativ digitálních modelů.
Tab. 1 *List of the most significant positives and negatives of digital model.*

Pozitiva digitálních modelů	Negativa digitálních modelů
Okamžité zobrazení náhledu	Každý obslužný software má odlišné ovládání a vyžaduje zaškolení
Lepší možnost využití při komunikaci s pacientem	Obtíže při zaznamenání pohyblivých struktur měkkých tkání
Jednoduchý dezinfekční protokol	Cena a údržba
Časová efektivita	
Prostorová nenáročnost	
Množství získaných informací	

proLékaře.cz | 19.11.2026

v subgingiválním prostoru. Ender a Kattadiyil ve svých studiích uvádí, že v případě rozsáhlejších protetických prací či snímatelných náhrad spíše doporučují zachovat konvenční způsob otiskování [11–15].

Přístroje pro intraorální skenování nabízí několik výrobců, u nichž se liší nejen použitá technologie, ale také systém ovládání a skenovací strategie pro záznam obrazu. Práce s přístrojem a virtuálními modely vyžaduje jistou dávku zkušeností. Yilmaz a kol. provedli studii, v níž byla porovnávána nejen samotná rychlost skenování s klasickým otiskováním, ale také doprovodná práce se softwarem s fyzickým měřením na sádrových modelech. Z výsledků studie vyplývá, že rychlost skenování nezáleží převážně na přístroji, ale zejména na zkušenosti operatéra. Pořízení otisku a následné měření na modelech bylo asi o třetinu rychlejší u digitální než u fyzické varianty (597 vs. 894 sekund) [6, 7, 16].

Při pořizování intraorálního skeneru je potřeba počítat nejen s vysokou pořizovací cenou přístroje, ale také je zapotřebí mít na paměti roční licenční poplatky, školení, aktualizace a údržbu [17].

Obr. 1
Intraorální skener iTero Elements.

Fig. 1
Intraoral scanner iTero Elements.



INTRAORÁLNÍ SKENERY

Intraorální skenery **(obr. 1)** jsou přístroje, které používají bezkontaktní povrchové skenovací technologie pro získání digitálního otisku ústní dutiny. Nejčastěji pracují na bázi optického záznamu ve formě videa nebo mnoha stovek jednotlivých snímků. První digitální intraorální skener představili Werner Mörmann a Marco Brandestini v 80. letech 20. století. Je znám pod komerčním názvem CEREC [18].

Princip funkce optických skenerů je zaznamenávání světelných signálů, kdy přístroj snímá buď okolní (ambientní) osvětlení, nebo má vlastní světelný zdroj emitující koherentní světlo (pomocí laseru nebo LED diod). Světlo dopadá na skenovaný povrch ve formě teček, pruhů či jiných vzorů a přístroj analyzuje deformaci světla odraženého od objektu. Pro zachycení třetího rozměru obrazu (osy Z) je nutné přidat pohyb skenovací hlavice, tj. vhodnou skenovací strategii [19].

V další fázi dochází k výpočtu vzdáleností mezi jednotlivými body a vytvoří se rekonstrukce povrchu ve formě mraku bodů, který je následně převeden do polygonální sítě. Postupně se přidávají informace o textuře povrchu, světle, stínech, a tak se nakonec vytvoří simulace nasnímaného chrupu [17].

Pravdivost a preciznost jsou v případě intraorálních skenerů převážně závislé na pořizovacím/zpracovávacím softwaru, který má na starost složení prostorového obrazu z jednotlivých snímků. Pravdivostí (anglicky trueness) rozumíme průměr z velkého počtu měření, který se blíží skutečné hodnotě měřené veličiny (jedná se o míru statistického zkreslení). Preciznost (anglicky precision) se týká přesnosti shody mezi jednotlivými výsledky měření (jde o míru rozptylu). Při určování přesnosti daného zařízení je nutné určit, jak velké úseky chrupu jsou při měření posuzovány. Hack a kol. se zaměřili na přesnost intraorálních skenerů při porovnávání měření na jednom preparovaném pilíři (zubu). Při porovnání výsledků zjistili velmi dobrou pravdivost v porovnání s referenčním modelem, kdy na základě pravdivosti bylo

proLékaře.cz | 19.11.2026

stanoveno pořadí: Trios 3 (6,9 ± 0,9 µm), CareStream 3500 (9,8 ± 0,8 µm), iTero (9,8 ± 2,5 µm), True Definition (10,3 ± 0,9 µm), PlanScan (30,9 ± 10,8 µm) a CEREC Omnicam (45,2 ± 17,1 µm). Imburgia a kol. ve své studii porovnávali intraorální skenery CS 3600, Trios 3, Omnicam a True Definition na modelech s nekompletní a kompletní denticí. Z výsledků vyplynulo, že signifikantní rozdíly v pravdivosti (trueness) byly nalezeny mezi jednotlivými intraorálními skenery a záznamy částečně ozubené dentice byly přesnější než záznamy plně ozubeného modelu. Naopak v preciznosti (precision) se výsledky mezi jednotlivými skenery významně nelišily. V této studii vyšel jako nejpřesnější skener CS 3600. Renne a kol. porovnávali sedm digitálních skenerů, kde proběhlo měření na postranních sextantech a na celém zubním oblouku. V případě sextantů vyšel PlanScan jako přístroj s největší pravdivostí a precizností. U celého zubního oblouku to byl přístroj Trios 3, který nabídl nejlepší poměr mezi rychlostí a přesností. V dalších studiích, Gütha a kol., Roiga a kol. či Nedelcu a kol., je naměřená přesnost intraorálních skenerů na obdobné úrovni a je obtížné určit, který skener je nejpřesnější, protože výrobci používají odlišné technologie záznamu, vyžadují odlišné skenovací strategie a nezanedbatelný vliv má také zkušenost operatéra. Vhodná skenovací strategie, tj. trajektorie, po které se pohybuje hlavice skeneru při záznamu, má vliv na přesnost zaznamenaného obrazu a měla by být v souladu s doporučením výrobce, jak uvádí ve svých pracích Kašparová a kol. a Zarone a kol. [5, 20–28].

Z metaanalýzy Tsirogiannise a kol. vychází, že intraorální skenery nabízí podobné či lepší výsledky záznamu pro výrobu protetických prací menších rozměrů, jako jsou jednotlivé onlaye, korunky či fixní protetické práce do 4–5 členů, kdy zjištěný okrajový uzávěr u protetických pilířů je klinicky akceptovatelný [29].

3D TISK

3D tisk se stal populárním v posledních letech, kdy se rychle rozšířil do povědomí široké veřejnosti. Jedná se o metodu aditivní výroby, při níž dochází k postupnému vrstvení materiálu do doby, než je vytvořen celý objekt. Technologie aditivní výroby jsou používány více než 30 let, ale dříve se využívaly pouze pro výrobu prototypů. Mezi základní výhody aditivní výroby patří rychlost, tvorba složitých geometrických tvarů bez zvláštních příprav, možnost vyrábět individualizované produkty či malé série. S postupujícím vývojem se také rozšiřují materiálové možnosti (nyní převážně plasty, kovové slitiny a keramika). Své uplatnění tak nachází v letectví, automobilovém průmyslu, zlatnictví a ve zdravotnictví [30, 31].

Historie 3D tisku se píše od 80. let 20. století, kdy si Charles Hull nechal patentovat metodu stereolithografie (SLA) v roce 1986. Tato technologie funguje na principu osvitu laserovým paprskem, kdy dochází k polymerační reakci fotocitlivého materiálu v místě jeho expozice. Ve stejném roce pak založil společnost 3D Systems, která uvedla na trh první komerční 3D tiskárnu SL-1 [32].

V roce 2005 vypršely klíčové patenty k technologii 3D tisku na bázi vytlačování nahřátého materiálu, který je dodáván ve formě tiskových strun (filamentů) – Fused Deposition Modeling (FDM). Na University of Bath ve Velké Británii zahájil doktor Andrian Bowyer projekt, který měl vést k výrobě takové 3D tiskárny, která by mohla vyrobit co nejvíce součástí sebe sama. Projekt se nazýval RepRap a všechny informace o něm, včetně zdrojových kódů, jsou volně přístupné. Bowyer nazval svoji první tiskárnu Darwin [33].

Celý proces 3D tisku lze zjednodušeně shrnout do čtyř základních kroků:

1. vytvoření virtuálního modelu pomocí softwaru,
2. zpracování a rozdělení modelu do jednotlivých vrstev,
3. samotný tisk materiálu po vrstvách,
4. závěrečné očištění a opracování výrobku [34].

V **tabulce 2** jsou uvedeny metody 3D tisku s největším potenciálem pro využití ve stomatologii. Stavební materiál je dodáván buď ve formě tekutiny (tekuté fotopolymery), prášku (kovové slitiny, plasty), nebo struny (pevná forma). Jednotlivé metody 3D tisku jsou v textu dále popsány.

Tekuté fotopolymery (Vat Polymerisation)

Jde o kategorii 3D tisku, kdy stavebním materiálem jsou tekuté kompozitní materiály, které tuhnou po vystavení světelnému zdroji. Princip tisku je u většiny zástupců obdobný. Stavební podložka se zanořuje do nádoby s tekutým fotopolymerem a zastaví se těsně nad jejím dnem, podle výšky nastavené tiskové vrstvy. Síla tištěné vrstvy se běžně pohybuje mezi 25 a 150 µm. Světelný zdroj osvítí požadovanou oblast, kde dojde ke ztuhnutí fotopolymeru. Pak se stavební podložka opatrně zvedne ode dna nádoby, aby se objekt uvolnil, a zároveň dochází k zalití tiskové plochy čerstvým materiálem.

proLékaře.cz | 19.11.2026

Tab. 2 Technologie 3D tisku používané v zubním lékařství a jejich vlastnosti.
Tab. 2 *3D printing technologies used in dentistry and their propertie.*

Způsob polymerace	Technologie 3D tisku	Klady	Zápory
Světlo	Tekuté fotopolymery (SLA, DLP, MSLA, CLIP)	Přesný Rozšířený Dostupné množství fotopolymerů pro stomatologické využití Cenově dostupné	Malá stavební plocha Pouze kompozitní materiál
	Tryskání tekutého materiálu (Material jetting)	Rychlý Přesný Možnost barevného 3D tisku Tisk z více materiálů najednou	Vysoké pořizovací náklady Nižší kvalita povrchu
Teplo	Tisk z pevného materiálu (FDM)	Levný Rozšířený Dostupné velké množství materiálů	Méně přesný Nižší kvalita povrchu
	Spékání práškového materiálu (SLS, DMLS)	Možnost použití širokého spektra materiálů včetně kovů a keramiky Výsledný produkt má téměř izotropní vlastnosti	Nižší kvalita povrchu Vysoké náklady

Stavební podložka se pak opět ponoří do nádoby s tekutým kompozitem a zastaví se o něco výše, kdy vzdálenost mezi objektem a dnem nádoby odpovídá výšce vytvrzované vrstvy. Tento proces se neustále opakuje, dokud není tištěný objekt kompletní [35, 36].

3D tisk z tekutých fotopolymerů se dělí na pět základních technologických směrů. Hlavní rozdíl mezi nimi je v uspořádání hlavních komponent, jako je světelný zdroj, vlnová délka světla, stavební podložka a konstrukce nádoby s tekutým kompozitem.

SLA – Stereolithography

Zdrojem světla pro vytvrzování fotopolymeru je laser, nejčastěji pracující ve spektru UV světla, který je pomocí dvou krokových motorků (zrcadlových galvanometrů) usměrňován do správných souřadnic. Doba tisku jedné vrstvy je tak závislá na velikosti tiskové plochy, protože se musí vrstva vykreslit bod po bodu. Tato metoda 3D tisku je původní technologií vyvinutou Charlesem Hullem [31, 32, 37].

DLP – Digital Light Processing

DLP proces byl představen v roce 1987 Larrym Hornbackem. Při DLP 3D tisku dochází k osvitu celé tiskové vrstvy pomocí digitálního projektoru, který promítne obrázek tištěné vrstvy objektu na celou stavební plochu. Vytvrzuje tak tekutý kompozit v celé rovině XY najednou. Výhodou této technologie je nezávislost na zaplnění tiskové plochy, protože se vždy tiskne celá vrstva vcelku, což má pozitivní efekt na čas potřebný pro tisk. Umožňuje zároveň i zjednodušení pohyblivých částí tiskárny, protože se stavební podložka pohybuje pouze ve vertikální ose [30, 31, 36].

MSLA – Mask Stereolithography

Jde o proces, který je podobný principu DLP tisku, ale osvit tiskové platformy probíhá odlišným způsobem. Při osvitu světelným zdrojem na dno kádě musí světlo projít skrze LCD displej, jenž maskuje (zakrývá) celou tiskovou plochu. UV světlo může projít pouze v místě, kde jsou aktivovány pixely LCD displeje, takže v těchto bodech dochází k vytvrzování stavebního materiálu [35, 36].

CLIP – Continuous Liquid Interface Production

Tumbleston a kol. v roce 2015 publikovali vylepšení procesu výroby objektů z fotocitlivé pryskyřice. Technologie CLIP využívá promítání celé vrstvy v rovině XY jako u DLP, ale stavební platforma se pohybuje plynule v ose Z, a tak je výroba objektu až 100× rychlejší. Tento proces lze nazvat „pravý 3D tisk“, protože se objekt vytváří zcela plynule [35, 38].

Tryskání materiálu (Material Jetting)

3D tiskárny tohoto typu aplikují tekutý stavební materiál obdobně jako kancelářské inkoustové tiskárny. Tiskové hlavy nanášejí pomocí trysek tekutý kompozit na stavební podložku ve formě drobných kapének, které jsou ihned vyhlazeny a následně vystaveny světlu o vlnové délce v UV spektru. Tento způsob 3D tisku umožňuje tisk ve velmi tenkých vrstvách, přístroje mohou tisknout z více druhů materiálu najednou, a proto mohou nabídnout i barevný 3D tisk [30, 32].

proLékaře.cz | 19.11.2026

Tisk z pevného materiálu (Fused Deposition Modeling)

Jde o nejrozšířenější a nejdostupnější metodu 3D tisku. Základním principem je vytlačování nataveného polymeru, který je dodáván ve formě drátu (filamentu) na cívce. Filament prochází krokovým podavačem do vyhřívané tiskové hlavy (extruderu), kde je filament vystaven teplotě těsně nad bodem tání. Tisková hlava je napojena na automatizovaný pojezdový systém, který nanáší roztavený materiál na stavební platformu podle XYZ souřadnic [31].

Výška tiskové vrstvy u FDM technologie se pohybuje mezi 0,05 a 0,4 mm. Nižší výška vede k lepšímu vykreslení detailních struktur objektu a hladšímu povrchu, ale také je tisk výrazně pomalejší [39].

Spékání práškového materiálu (Powder Bed Fusion)

SLS (Selective laser sintering) a DMLS (Direct metal laser sintering) jsou oblastí technologie aditivní výroby, která používá vysoce výkonný laser ke spékání malých částic práškového materiálu. Základní koncept je použití pohyblivého laserového paprsku k cílenému sintrování (spékání, nikoli tavení) práškového materiálu. Běžná výška tiskové vrstvy se pohybuje od 20 do 100 µm. Hlavními parametry určujícími kvalitu tisku jsou výkon laseru, rychlost navádění, síla jedné vrstvy a hrubost zrna materiálu. Výhodou této technologie je možnost vyrobit objekt, který má obdobné vlastnosti jako ten vyrobený konvenční metodou, kdy je finální produkt téměř izotropní a vykazuje dobrou pevnost mezi vrstvami, jak uvádí ve své práci Mangano a kol. [31, 40].

VYUŽITÍ 3D TISKU PRO VÝROBU STOMATOLOGICKÝCH MODELŮ CHRUPU A DALŠÍ APLIKACE

3D tištěné modely chrupu mohou být vyrobeny ve tvaru, který odpovídá běžným dokumentačním modelům. Z důvodu úspory materiálu však bývá často 3D tištěný model vyroben v redukované formě bez baze (ve tvaru podkovy), popř. ve tvaru podkovy s výztuhou v postranní části úseku **(obr. 2, 3)**.

Camardella a kol. se ve své práci zabývali možnou deformací u těchto různých druhů bazí a porovnávali je u technologií stereolitografie a tryskání materiálu (PolyJet). U stereolitografických modelů došlo u modelů ve tvaru podkovy ke statisticky signifikantním změnám v transverzálním směru, proto autoři doporučili aplikaci výztuhy v postranním úseku nebo pečlivé plánování umístění podpor při tisku [41].

Kim a kol. měřili ve své studii přesnost zubních modelů vyrobených pomocí různých technik 3D tisku, kdy byly porovnáni zástupci tisku z tekutých fotopolymerů (SLA a DLP), tryskání materiálu (PolyJet) a tisku z pevného materiálu (FDM). Pro zajištění jasných měřicích bodů aplikovali na modely referenční body ve formě polokoulí. Z výsledků studie plyne, že při měření přesnosti vykázaly technologie PolyJet (68 ± 9 µm) a DLP (76 ± 14 µm) vyšší přesnost než metoda SLA (88 ± 14 µm) a s vyšším odstupem skončila technologie FDM (99 ± 14 µm). Podle autorů nabízí FDM relativně bezpečný a levný 3D tisk, ale výsledná kvalita povrchu je nižší v porovnání s technologiemi tisku z tekutých kompozitů [42].

Přesnost modelů chrupu zhotovených pomocí technologie DLP a PolyJet se také zabýval Brown ve své studii, přičemž tyto modely srovnával se sádrovými modely chrupu. Studie prokázala dobrou shodu naměřených parametrů mezi jednotlivými druhy materiálů, kdy největšího rozdílu 0,29 mm bylo dosaženo při měření výšky klinických korunek a sádrových modelů [43].

Odlehčení modelů v nepohledových částech je vítanou úsporou materiálu při 3D tisku. Sherman a kol. provedli studii, kde tiskli modely chrupu pomocí technologie DLP v různých výškách vrstev, modely plné či odlehčené a s různým rozmístěním na stavební podložce. Výsledky měření neodhalily klinicky významné rozdíly mezi jednotlivými typy modelů [44].

V oblasti virtuálního plánování chirurgických výkonů se 3D tisk nejčastěji uplatňuje při výrobě různých druhů šablon, které pomáhají zlepšit přesnost a rychlost chirurgických výkonů, např. při zavádění nitrokostních implantátů, u autotransplantací zubů nebo při plánování čelistních operací [45, 46].

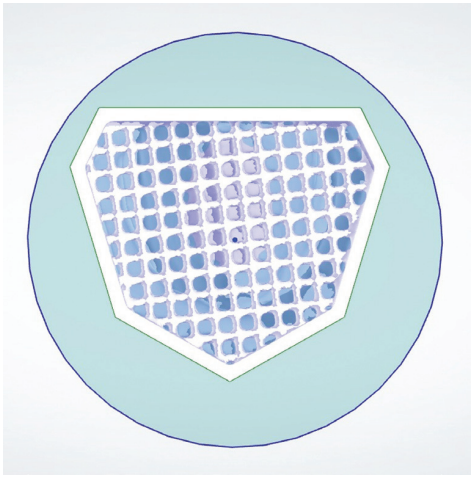
V protetické technologii uvádí Methani a kol. ve své studii, že 3D tištěné fixní protetické práce mají přesnost a okrajový uzávěr na úrovni frézovaných konstrukcí. 3D tisku lze také využít pro výrobu pomocných prvků, jako jsou např. individuální otiskovací lžíce. V případě výroby rozsáhlých kovových konstrukcí, ať pro fixní, nebo snímatelné náhrady, lze využít metod SLS nebo DMLS **(obr. 4)** [40, 47–49].

proLékaře.cz | 19.11.2026



Obr. 2
3D tištěné modely chrupu.

Fig. 2
3D printed dental models.

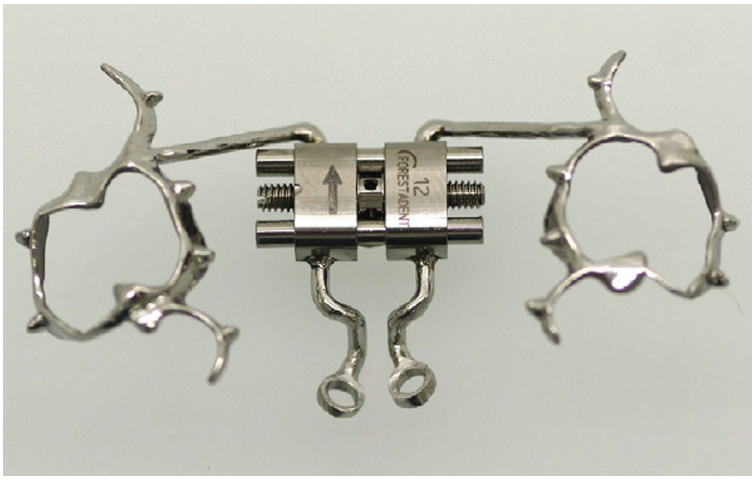


Obr. 3
Model chrupu s odlehčením.

Fig. 3
Dental model with hollowing.

Obr. 4
Hybridní hyrax vytvořený za pomoci metody DMLS.

Fig. 4
Hybrid hyrax created using the DMLS method.



V případě endodoncie poskytne 3D tisk výhodu zejména v oblasti výuky. Lze vyrobit modely zubů se složitou anatomií kořenového systému pro nácvik správného postupu při preparaci kavity, opracování kořenových kanálků a jejich následné zaplnění [50].

V ortodoncii je využití 3D tisku dobře známé. Nejvýraznějším přínosem je možnost vytvářet virtuální návrhy léčebných postupů, které pak lze aplikovat pomocí foliových aparátů (alignerů). Foliové aparáty lze buď přímo vytvořit na 3D tiskárně, nebo se vyrobí modely pro každý jednotlivý krok léčby a aparát se zhotoví z termoformního materiálu. Kromě výroby dokumentačních či pracovních modelů chrupu lze také vytvořit další prvky, které pomáhají v ortodontické léčbě, jako jsou nosiče zámků pro nepřímé lepení, zaváděcí šablony pro dočasná kotevní zařízení či výroba částí ortodontických aparátů, např. aparátu hyrax [43, 51–57].

ZÁVĚR

Kombinace intraorálního skenovaní a 3D tisku se stále častěji objevuje ve stomatologických ordinacích. Možnosti využití jsou široké, ať se jedná o výrobu dokumentačních modelů, navigačních šablon nebo protetických náhrad. S pokračujícím vývojem dochází ke zjednodušení a zrychlení klinických protokolů, kdy digitální otisk netrvá déle než otisk konvenčním otiskovacím materiálem, ale distribuce dat do laboratoře a následný návrh s produkcí požadovaného výrobku mohou být významně urychleny. S budoucím rozvojem biokompatibilních materiálů u 3D tisku lze předpokládat, že bude docházet k stále častějšímu výskytu 3D tištěných výrobků v klinické praxi.

Poděkování

Děkuji prof. MUDr. Taťjáně Dostálové, DrSc., MBA, za podporu a odbornou korekturu textu.

Podpořeno projektem Ministerstva zdravotnictví koncepčního rozvoje výzkumné organizace 00064203 FN Motol.

MDDr. Michal Šimek
Stomatologická klinika
dětí a dospělých
2. LF UK a FN v Motole
V Úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: mi.simek@post.cz

proLékaře.cz | 19.11.2026

LITERATURA

1. Kamínek M, et al.
Ortodoncie. 1. vydání. Praha: Galén; 2014, 45–49.
2. Hubálková H, Krňoulová J.
Materiály a technologie v protetickém zubním lékařství. 1. vydání. Praha: Galén; 2009, 135–158.
3. 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.e12. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.12.017. Epub 2016 Mar 2. PMID: 26946916.
4. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S.
Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. 2017; 17: 149. doi: 10.1186/s12903-017-0442-x
5. 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. doi: 10.1093/ejo/cjv077. Epub 2015 Oct 20.
6. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S.
Intraoral scanning systems – a current overview. Int J Comput Dent. 2015; 18(2): 101–129. English, German. PMID: 26110925.
7. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE.
Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. Am J Orthop Dentofac Orthod. 2014; 146(5): 673–682. doi:10.1016/j.ajodo.2014.07.023. Epub 2014 Oct 28.
8. Lee SJ, Gallucci G.
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. Epub 2012 Feb 22.
9. Akyalcin S, Dyer DJ, English JD, Sar C.
Comparison of 3-dimensional dental models from different sources: diagnostic accuracy and surface registration analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013; 144(6): 831–837. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.08.014
10. Joda T, Brägger U, Gallucci G.
Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. Int J Oral Maxillofac Implants. 2015; 30(2): 330–337. doi: 10.11607/jomi.3852
11. Lim JH, Park JM, Kim M, Heo SJ, Myung JY.
Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. J Prosthet Dent. 2018; 119: 225–232. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.05.002. Epub 2017 Jul 8.
12. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG.
Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2017; 17(1): 92. doi: 10.1186/s12903-017-0383-4
13. Marghalani A, Weber HP, Finkelman M, Kudara Y, El Rafie K, Papaspyridakos P.
Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. J Prosthet Dent. 2018; 119: 574–579. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.002. Epub 2017 Sep 18.
14. 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(3): 313–320. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.011. Epub 2015 Nov 6.
15. Kattadiyil MT, Mursic Z, Airumaih H, Goodacre CJ.
Intraoral scanning of hard and soft tissues for partial removable dental prosthesis fabrication. J Posthet Dent. 2014; 112(3): 444–448. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.03.022. Epub 2014 May 29.
16. Yilmaz H, et al.
Time efficiency and accuracy of three-dimensional models versus dental casts: A clinical study. Turk J Orthod. 2019; 32(4): 214–218. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2019.19034. eCollection 2019 Dec.
17. Ahmad I, Al-Harbi F.
3D printing in dentistry 2019/2020. 1. vydání. London: Quintessence, 2019, 22–46.
18. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006; 137(Suppl.): 7S–13S.
19. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A.
Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. Optics Lasers in Engineering. 2014; 54: 203–221.
20. Hack GD, Sebastian B, Panzelt M.
Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: An in-vitro investigation. ADA Professional Product Rev. 2015; 10: 1–5.
21. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG.
Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2017; 17(1): 92. doi: 10.1186/s12903-017-0383-4
22. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A.
Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: an in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent. 2017; 118(1): 36–42. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.09.024. Epub 2016 Dec 23.
23. Roig E, Garza LC, Álvarez-Maldonado N, Maia P, Costa S, Roig M, Espona J.
In vitro comparison of the accuracy of four intraoral scanners and three conventional impression methods for two neighboring implants. PLoS ONE. 2020; 15(2): e0228266. doi: 10.1371/journal.pone.0228266. eCollection 2020.
24. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Thor A.
Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. BMC Oral Health. 2018; 18: 27. doi: 10.1186/s12903-018-0489-3
25. Nedelcu R, Persson ASK.
Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. J Prosthet Dent. 2014; 112: 1461–1471. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.05.027. Epub 2014 Aug 16.
26. Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayr M, Edelhoff D, Keul C.
Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. Clin Oral Investig. 2017; 21(5): 1445–1455. doi: 10.1007/s00784-016-1902-4. Epub 2016 Jul 12.
27. Kašparová M, Halamová S, Dostálová T, Procházka A.
Intra-oral 3D scanning for the digital evaluation of dental arch parameters. Appl Sci. 2018; 8: 1838.
28. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R.
Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. J Prosthet Dent. 2020; 124: e1-e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.07.017. Epub 2020 Oct 24.
29 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; 16(3): 328-335. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.028. Epub 2016 Apr 7.

proLékaře.cz | 19.11.2026

30. Oberoi G, Nitsch S, Edlmayer M, Janijć K, Müller AS, Agis H.
3D-Encompassing the fact of dentistry. Front Bioeng Biotechnol. 2018; 6: 172. doi: 10.3389/fbioe.2018.00172. eCollection 2018.
31. Wu H, et al.
Recent developments in polymers/polymer nanocomposites for additive manufacturing. Progress in Materials Science. 2020; 111: 100638.
32. Jockusch J, Özcan M.
Additive manufacturing of dental polymers: an overview on processes, materials and applications. Dent Mater J. 2020;39(3):345-354. doi: 10.4012/dmj.2019-123. Epub 2020 Feb 7.
33. Jones R, Haufe P, Sells E, et al.
RepRap – the replicationg rapid prototyper. Robotica. 2011; 29: 177–191.
34. Chia HN, Wu BM.
Recent advantages in 3D printing of biomaterials. J Biol Eng. 2015; 9: 4.
35. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X.
Photo-curing 3D printing technique and its challenges. Bioact Mater. 2020; 5: 110–115. doi: 10.1016/j.bioactmat.2019.12.003. eCollection 2020 Mar.
36. Stříteský O, Průša J, Bach M.
Základy 3D tisku s Josefem Průšou. 1. vydání. Praha: Prusa Research; 2019.
37. Schaub DA, Chu KR, Montgomery DC.
Optimizing stereolithography throughput. J Manuf Syst. 1997; 16(4): 18–27.
38. Tumbleston JR, Shirvanyants D, Ermoshkin N, Janusziewicz R, Johnson AR, Kelly D, Chen K, Pinschmidt R, Rolland JP, Ermoshkin A, Samulski ET, DeSimone JM.
Additive manufacturing. Continuous liquid interface production of 3D objects. Science. 2015; 347(6228): 1349–1352. doi: 10.1126/science.aaa2397. Epub 2015 Mar 16. PMID: 25780246.
39. Fernandez-Vicente M, Caller W, Ferrandiz S, Conejero A.
Effect of infill parameters on tensile mechanical behavior in deskop 3D printing. 3D printing and additive manufacturing. 2016; 3(3): 183–192. doi: 10.3390/polym12122962
40. Mangano F, Chambrone L, van Noort R, Miller C, Hatton P, Mangano C.
Direct metal laser sintering titanium dental implants: a review of the current literature. Int J Biomater. 2014; 2014: 461534. doi: 10.1155/2014/461534. Epub 2014 Dec 1.
41. Camardella LT, de Vasconcellos Vilella O, Breuning H.
Accuracy of printed dental models made with 2 prototype technologies and different designs of model bases. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017; 151(6): 1178–1187. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.03.012
42. Kim SY, et al.
Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018; 153: 144-153. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.05.025
43. Brown GB, Currier GF, Kadioglu O, Kieri JP.
Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018; 154: 733–739. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.06.009
44. Sherman SL, Kadioglu O, Currier GF, Kierl JP, Li J.
Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2020; 157: 422–428. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.10.012
45. Erickson DM, et al.
An opinion survey of reported benefits from the use of stereolithographic models. J Oral Maxillofac Surg. 1999; 57; 1040–1043. doi: 10.1016/s0278-2391(99)90322-1
46. Moztarzadeh O, Hrušák D, Bolek L, Bolek M.
On site 3D printing in oral and maxillofacial surgery. Plzeň. Lék Sborník. 81, 2015: 29–32.
47. Methani MM, Revilla-León M, Zandinejad A.
The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: A review. J Esthet Restor Dent. 2020; 32(2): 182–192. doi: 10.1111/jerd.12535. Epub 2019 Nov 7.
48. Ahmad I, Al-Harbi F.
3D printing in dentistry 2019/2020. 1. vydání. London: Quintessence, 2019, 136–153.
49. Azari A, Nikzad S.
The event of rapid prototyping in dentistry: a review. Rapid Prototype J. 2009; 15: 216–225.
50. Byun C, Kim C, Cho S, Baek SH, Kim G, Kim SG, Kim SY.
Endodontic treatment of an anomalous anterior tooth with the aid of a 3-dimensional printed physical tooth model. J Endod. 2015; 41(6): 961–965. doi: 10.1016/j.joen.2015.01.016. Epub 2015 Feb 27.
51. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI.
A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. J Orthod. 2008; 35: 191–201. doi: 10.1179/146531207225022626
52. Creekmore TD, Kunik RL.
Straight wire: the next generation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1993; 104(1): 8–20. doi: 10.1016/0889-5406(93)70023-H
53. Graf S, Cornelis MA, Hauber Gameiro G, Cattaneo PM.
Computer-aided design and manufacture of hyrax devices: Can we really go digital? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017; 152(6): 870–874. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.06.016
54. Edelmann A, English JD, Chen SJ, Kasper FK.
Analysis of the thickness of 3-dimensional-printed orthodontic aligners. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2020; 158: e91–e98. doi: 10.1016/j.ajodo.2020.07.029
55. Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P.
Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2019; 156(5): 694–701. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.05.012.
56. Šrubař M, Dostálová T, Hofmanová P, Foltán R, Eliášová H.
Úvod do 3D plánování ortognátních operací. 3D simulace ortognátní operace v programu Dolphin Imaging 3D. Čes stomatol Prakt zubní lék. 2015; 115(2): 36–45. doi: 10.51479/cspzl.2015.007
57. Savková N, Harvan Ľ, Jusku A, Saygili S, Jezdinská K, Hulvert J.
Souhrn poznatků o 3D tisku a jeho využití v zubním lékařství. Čes stomatol Prakt zubní lék. 2021; 121(2): 55–64. doi: 10.51479/cspzl.2021.008