proLékaře.cz | 10.11.2026

SOUHRN POZNATKŮ O 3D TISKU A JEHO VYUŽITÍ V ZUBNÍM LÉKAŘSTVÍ

Přehledový článek

SUMMARY OF KNOWLEDGE ABOUT 3D PRINTING AND ITS USE IN DENTISTRY

Review article

Savková N.[1,2], Harvan Ľ.[1], Jusku A.[1], Saygili S.[3], Jezdinská K.[4], Hulvert J.[5]
[1]I. stomatologická klinika UPJŠ LF a UN LP, Košice
[2]Klinika zubního lékařství, Lékařská fakulta Univerzity Palackého a Fakultní nemocnice, Olomouc
[3]Lékařská fakulta, Istanbul University, Turecko
[4]Soukromá ambulance, Brusel, Belgie
[5]Soukromá zubní klinika 3DK, Praha

SOUHRN

Úvod a cíl: Množství publikací a investic do 3D tisku jsou důkazem nárůstu zájmu o tuto výrobní metodu. Za objevitele s prvním patentem v oboru se považuje Američan Charles W. Hull. Principem 3D tisku je tisk žádaného předmětu ve vrstvách na základě jeho předlohy, nejčastěji ve formátu .stl (stereolitografie). Existuje sedm základních technologických procesů tisku, pět z nich má využití v zubním lékařství. Text se blíže zabývá třemi nejčastěji využívanými metodami Vat Polymerisation, Material Extrusion a Powder Bed Fusion. Ve stomatologii má strojová aditivní výroba významnou úlohu již delší dobu. Zejména v implantologii pro tisk chirurgických šablon a v ortodoncii pro tisk studijních modelů a takzvaných neviditelných rovnátek. Aditivní výroba umožňuje také tisk retenčních aparátů a usnadňuje autotransplantace zubů, přičemž postupně získává na důležitosti i v jiných sektorech stomatologie, jako v konzervačním zubním lékařství při dostavbě IV. Blackovy třídy, v navigované endodoncii a také v protetickém zubním lékařství při tisku kovových konstrukcí a dalších komponent, ať již ve fixní, nebo snímatelné protetice v zubní laboratoři. Mezi aktuální aplikace patří také tisk příslušenství, jako například ochranných masek a štítů, nebo tisk 3D modelů skutečných zubů a demonstračních modelů za účelem zlepšení pregraduálního, postgraduálního a kontinuálního vzdělávání. V medicíně se tisk používá například pro výrobu biomateriálů. Využití je tedy rozsáhlé a vliv 3D tisku na stomatologii nezpochybnitelný. Nedostatky tisku jsou podrobovány neustálému výzkumu a je tedy jenom otázka, kdy a do jaké míry nahradí konvenční postupy.

Cílem tohoto přehledového článku bylo roztřídit základní informace o 3D tisku týkající se jeho historie, principu a typech tisku, ale hlavně shrnout jeho užití v zubním lékařství.

Klíčová slova: 3D tisk, aditivní výroba, řízená implantologie, transparentní ortodontické dlahy, estetické prodloužení korunek, 3D tištěné zubní modely, vzdělávání

SUMMARY

Introduction, aim: The rise of research papers and investments made into 3D printing are the proof of the increased interest about this manufacturing method. The American Charles W. Hull is considered to be the inventor with the first patent in the field. The principle of 3D printing is printing the desired item in layers according to its template, most often present in .stl format. There are seven main technological processes of 3D printing, five of them are used in dentistry. Text deals with the three methods that are used the most: Vat Polymerisation, Material Extrusion and Powder Bed Fusion. In dentistry, additive manufacturing already has an important role for a longer period of time especially in implantology for the printing of surgical guides and in orthodontics for printing of study models and so-called invisible aligners. Additive manufacturing also allows to print retention appliances, and it facilitates the autotransplantation of teeth, while its importance is slowly rising in other sectors of dentistry such as in conservative dentistry in Class IV reconstruction or in guided endodontics and in prosthetic dentistry for printing of metal substructures and other components either in fixed or removable prosthetics in dental laboratory. Printing of accessories such as protective masks and face-shields or printing of 3D models of the real teeth and demonstration models in order to improve undergraduate, postgraduate and continuous education are among current applications. In medicine the printing is used for example for the production of biomaterials. The range of applications is therefore vast and the impact of 3D

proLékaře.cz | 10.11.2026

printing on dentistry is unquestionable. Shortcomings of printing are undergoing constant research and therefore it is just a matter of time until 3D printing will replace the conventional methods. The objective of this review paper was to sort the basic information about 3D printing with regards to its history, principle and types of printing but more importantly to summarise its use in dentistry.

Key words: 3D printing, additive manufacturing (AM), guided implantology, guided endodontics, clear aligner therapy (CAT), guided crown lengthening, 3D printed dental models, education

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

ÚVOD A CÍL PRÁCE

Třídimenzionální (3D) tisk představuje technologický postup, při kterém je produkt tištěný ve vrstvách. Tento proces je nazýván také strojovou aditivní výrobou (additive manufacturing) nebo pevnou volno-tvarovou výrobou (solid freeform fabrication). Zájem o tuto technologii prokazuje především nárůst vědeckých publikací a velikost trhu, který se této problematice věnuje.

Podle Nesice a kol. se množství publikovaných článků na téma 3D tisk v zubním lékařství za poslední desetiletí značně zvýšilo, s počtem 139 publikovaných článků a 1800 citací v roce 2019 [1]. Aditivní výroba získala významnou popularitu a v posledních letech nabyla jak na objemu trhu, tak na aplikacích. Podle Wohlersovy zprávy se objem trhu zvyšuje každým rokem o 33 %. Také uvádí, že 3D tisk se rozšířil do všech průmyslových odvětví, přičemž využití v zubním lékařství a medicíně pokrývá 16 % veškerého objemu [2, 3].

Cílem tohoto přehledového článku je roztřídit základní informace o 3D tisku týkající se historie, principu a typech tisku, ale hlavně shrnout jeho využití v zubním lékařství.

VYNÁLEZ

První zařízení a materiály na aditivní výrobu byly vyvinuty na začátku osmdesátých let minulého století [4]. V roce 1984 se nápadu 3D tisku poprvé věnuje skupina tří francouzských vědců – Jean-Claude André, Alain le Méhauté a Olivier de Wiite [5]. Patent na stereolitografii získal v roce 1986 Američan Charles W. Hull. Pracoval v té době jako zaměstnanec firmy, která používala ultrafialové světlo k polymeraci tenkých vrstev plastových dýh na stolní desky a nábytek. Uvědomil si, že pokládáním mnoha velmi tenkých vrstev plastu na sebe by dokázal vymodelovat trojrozměrný objekt. Svůj vynález popisuje jako systém pro vytváření trojrozměrných objektů spojením velkého množství průřezů cíleného objektu [6, 7]. O pouhé dva roky později vznikají nezávisle na sobě další dvě metody využívané při 3D tisku. První je Selective Laser Sintering (SLS), která byla objevena Carlem Deckardem [8]. Poslední metoda, která dala základ modernímu 3D tisku, je Fused Deposition Modeling (FDM), patentována Stevenem Scottem Crumpem [9].

PRINCIP 3D TISKU

Přestože koncept 3D tisku je poměrně jednoduchý, jednotlivé technologické fáze celého procesu jsou komplexní a zahrnují více rozličných stadií. Prvním krokem je naskenování či vymodelování daného předmětu díky computer-aided design (CAD) softwaru neboli programu na počítačem podporované navrhování. Dalším krokem je exportování daného designu do 3D souboru, který je zpravidla ve stereolitografickém neboli .stl formátu. Této zkratce bylo později připsáno více termínů, jako standard tesselation language, surface tessellation language, standard triangle language, solid-to-layer, nebo také standard template library. Po dokončení těchto kroků se STL soubor musí zpracovat pomocí softwaru „slicer“, který převede model na řadu tenkých vrstev a vytvoří G-kód soubor obsahující instrukce uzpůsobené konkrétnímu typu 3D tiskárny. Tento G-kód je pak vytištěn za použití uživatelského softwaru, který dokáže informace načíst a využít k instruktáži 3D tiskárny v průběhu výrobního procesu. Po vytištění produktu následuje fáze následného zpracování neboli post-processing, jehož úkolem je příprava předmětu k použití [10]. Jako příklad této fáze můžeme uvést máčení vytištěného produktu v izopropylalkoholu (Form Wash) za účelem odstranění nepolymerizované nebo jen částečně polymerizované pryskyřice, nebo také setrvání produktu v zařízení zvaném Form Cure s cílem dosažení maximální tvrdosti u tiskáren značky Formlabs® (Form 3) a Prusa3D®

proLékaře.cz | 10.11.2026

Tab. 1 Sedm základních technologických procesů 3D tisku
Tab. 1 *Seven main 3D printing technological processes*

Vat polymerisation „Káďová polymerace“	SLA (Stereolithography) DLP (Digital light processing) CDLP/CLIP (Continuous digital light processing)
Material extrusion ,,Vytlačování materiálu“	FDM (Fused deposition modelling)
Powder bed fusion „Spékání práškové vrstvy“	MJF (Multi jet fusion) SLS (Selective laser sintering) SLM/DMLS (Selective laser melting) EBM (Electron beam melting)
Material jetting	MJ (Material jetting) NPJ (Nano particle jetting) DOD (Drop on demand)
Binder jetting	BJ (Binder jetting)
Direct energy deposition	LENS (Laser engineering net shape) EBAM (Electron beam additive manufacture)
Sheet lamination	LOM (Laminated object manufacturing)

(Original Prusa S l1) využívající principu stereolitografie. Délka jednotlivých etap a teplota, při kterých se tyto procesy dějí, musí vždy odpovídat doporučení výrobce. U některých typů tiskáren následuje odstranění podpůrných struktur neboli podpěr, které slouží jako opora vystouplých či převislých částí tištěného předmětu. Tiskárna nemůže tisknout „do vzduchu“, nepodložené části předmětu by se zdeformovaly [11, 12].

HLAVNÍ METODY 3D TISKU

Popisuje se následujících sedm základních technologických procesů 3D tisku, přičemž prvních pět má využití v zubním lékařství **(tabulka 1)**. Níže jsou popsány některé z nejdůležitějších procesů výroby v zubním lékařství [10].

„Káďová polymerace“ (Vat polymerisation) – SLA, DLP a CDLP

Základním principem stereolitografie (SLA) je využití fotosenzitivní pryskyřice. Po vystavení ultrafialovému záření určité vlnové délky exponované dvourozměrné vzory tuhnou a postupným skládáním na sebe vzniká trojrozměrný objekt. Po dokončení polymerace první vrstvy se platforma posune o vrstvu výš nebo níž, záleží na typu tiskárny. Cyklus tisku se několikrát opakuje, čímž se vytvoří další dílčí vrstvy, až nakonec vznikne celý požadovaný trojrozměrný objekt. Velkou výhodou oproti jiným metodám je schopnost tisku z kvalitních materiálů, což umožňuje tisk detailnějších a propracovanějších předmětů [13, 14]. Jako u mnoha dalších 3D technologií i tato vyžaduje přítomnost podpůrných struktur. Podpěry jsou tištěné ze stejného materiálu jako samotný předmět a jsou manuálně odstraněny po vytištění. SLA tisk dosahuje detailnějších výsledků v porovnání s níže popisovaným typem tisku (FDM), ale je časově náročnější [15].

„Vytlačování materiálu“ (Material extrusion) – FDM

Tyto tiskárny fungují na principu extruze zahřátého termoplastického vlákna a jeho ukládání na podložku, čímž se vytváří jednotlivé vrstvy, které se kladou jedna na druhou, a tím postupně vzniká trojrozměrný objekt. Po vytištění jsou patrné jednotlivé vrstvy materiálu. Výtisk tedy není tak detailní jako u výše uvedené SLA metody. Pokud přepokládáme pevnost výrobku, je důležité si rozmyslet, jaká bude orientace modelu na podložce. Výtisk má totiž menší pevnost ve směru rovnoběžném s vrstvami než kolmo na vrstvy. Z vytištěného objektu je nutné odstranit podpůrné struktury, pokud si je design předmětu vyžadoval. U některých novějších typů tiskáren jsou tyto struktury rozpustné, čímž je dosaženo hladšího výsledného povrchu. Další fáze následného zpracování, jako je úprava povrchu leštěním nebo barvením, nejsou povinné. Tato metoda je vhodná zejména pro tisk prototypů [10, 15].

„Spékání práškové vrstvy“ (Powder bed fusion) – MJF, SLS, SLM/DMLS, EBM

Selective laser sintering (SLS) je technika založená na zpracovávání prášku. Prášek je selektivně spájen laserovým paprskem tak dlouho, dokud spojením jednotlivých vrstev nedojde k vytvoření 3D objektu. Klíčovou výhodou této metody však je, že na rozdíl od SLA nebo FDM nejsou zapotřebí podpěry,

proLékaře.cz | 10.11.2026

neboť tištěný objekt se nachází po dobu tisku v prášku. Nevyhnutelnou součástí následného zpracování je odstranění volného prášku z produktu. Tento typ tisku je vhodný pro výrobu produktů vyžadujících pevnost a komplexní geometrii [13, 15, 16].

VYUŽITÍ V ZUBNÍM LÉKAŘSTVÍ

Mezi hlavní obory, kde se 3D tisku využívá, patří medicína, letectví, architektura, stavitelství, móda, potravinářství a farmakologie. Další odvětví postupně přibývají. Jedním z hlavních důvodů, proč k tomu dochází, je, že se tato technologie stává stále více dostupnou díky expiraci předešlých patentů. Tím mají výrobci možnost vyvíjet nové 3D tiskárny. Nedávný rozvoj způsobil také snížení cen tiskáren a rozšířil jejich aplikaci v různých odvětvích [13, 17–25].

Využití v zubním lékařství je stále širší, přičemž někdy je možné ihned zhotovit finální produkt a někdy pouze meziprodukt. Pro přehlednost jsou uvedeny veškeré dnes nám známé aplikace v **tabulce 2**. Příklady užití zachycuje obrazová dokumentace **(obr. 1–7)**.

Konzervační zubní lékařství

V konzervačním zubním lékařství je vhodné použití pryskyřičných indexů při přímých kompozitních dostavbách. Například při traumatu, zvláště ve frontálním úseku, je zhotovení pryskyřičného klíče na základě scanu vyrobeného ještě před úrazem poměrně jednoduché a velmi praktické. V případě, že původní scan nemáme k dispozici, je možné vymodelovat virtuální wax-up, podle kterého se pak navrhne a vytiskne transparentní klíč z pryskyřice, který ulehčí realizaci přímé kompozitní dostavby. Podobný postup může být použit i při náhradě starších barevně nevyhovujících výplní ve frontálním úseku [10].

V klinické endodoncii nachází aditivní výroba aplikaci při resekci kořenového hrotu a u trepanace kosti. Šablony, které jsou tištěné pomocí 3D technologie, mohou být užitečnou úsporou času u kanálků s neobvyklými anatomickými variacemi či kalcifikacemi [26–31]. V klinické studii autorů Van der Meer a kol. byly digitální technologie využity pro ošetření horního centrálního řezáku s obliterovaným kořenovým kanálkem. Pacientovi byl zhotoven intraorální digitální otisk (.stl) a CBCT (Cone Beam Computed Tomography) a pomocí prohlížeče DICOM byly následně spojeny do jednoho souboru. Na základě těchto dat vytvořili autoři přístupovou šablonu na zabezpečení trepanace kanálku ve správném směru bez perforací [32].

Tab. 2 Využití 3D tisku v zubním lékařství
Tab. 2 *The use of 3D printing in dentistry*

Využití 3D tisku v zubním lékařství (ZL)	**Konzervační ZL**	navigovaná endodoncie, vedená resekce kořenového hrotu dostavba Bl.IV třídy u traumatu nebo výměny již přítomné výplně pomocí pryskyřičného indexu dlahy na bělení zubů
	Čelistní ortopedie (ortodoncie)	studijní modely série průhledných dlah retenční dlahy a retenční aparáty šablony na přímé a nepřímé lepení zámečků šablony pro zavedení dočasných kotvicích zařízení (temporary anchorage devices, TADs) individualizované zámečky a vedoucí šablony při chirurgii impaktovaných/retinovaných zubů (snímatelné aparáty, aparáty na spánkovou apnoe – ve výzkumu)
	Dentoalveolární a maxilofaciální chirurgie	plánovaní ortognátních operací (např. adaptace a ohýbání chirurgických platniček používaných při rekonstrukci na modelu před zákrokem, interdisciplinární komunikace) lešení (scaffolds) při vedené kostní regeneraci (guided bone regeneration, GBR) maxilofaciální implantáty repliky zubů při autotransplantaci
	Implantologie a parodontologie	šablony na zavádění implantátů, miniimplantátů, šablony na kostní augmentaci estetické prodlužování korunky – šablony na provedení gingivektomie/ostektomie a osteoplastiky (individualizované implantáty – ve výzkumu)
	Protetické ZL	studijní modely provizorní korunky, můstky, mock-up šablony na preparaci zubů individuální otiskovací lžíce částečné i celkové náhrady okluzní dlahy proti bruxismu kovové struktury, jako substruktura neboli suprastruktura na implantáty kovové části skeletových náhrad neboli výztuže parciálních náhrad
	Příslušenství	masky, štíty, savka na aerosol individualizovaný držák na fyziologický roztok a jiné
	Vzdělávání	3D tištěné endodontické modely zubů 3D tištěné zuby na preparaci 3D tištěné kosti lebky na nácvik chirurgických zákroků demonstrační modely

proLékaře.cz | 10.11.2026

Ortodoncie

Jednou z nejčastějších aplikací 3D tisku je výroba anatomických studijních modelů, která je v současnosti široce užívána zejména v ortodoncii [33]. Daná data lze digitálně uschovat a vytisknout pouze v případě potřeby. To vede k velkým úsporám prostor, které jsou nezbytné pro skladování fyzických modelů [3]. Využitím digitálních dat získaných intraorálními nebo extraorálními skenery, popřípadě CBCT, lze plánovat léčbu nebo také vyrobit ortodontický aparát [33]. Digitálním plánováním změn pohybu zubů a navrhováním individualizovaných zámečků a jejich přesným umístěním pomocí 3D šablon je možné získat preferované výsledky ošetření. Taktéž snímatelné ortodontické aparáty, jako Andersen a aparáty na spánkovou apnoe, mohou být vyrobené pomocí aditivní výroby, která zaručuje jejich uspokojivý dosed [33].

Změnou v ortodonci bylo zavedení léčby průhlednými dlahami (clear aligner therapy, CAT). Jako první představila své počítačem navrhované průhledné dlahy zvané Invisalign® společnost Align Technology (Align Technology Inc., San Jose, California, USA) již v roce 1998 [10]. Systém Invisalign® umožňuje po naskenovaní digitálně postavit zuby pacienta do ideálního oblouku [1]. Na základě 3D tištěných modelů se následně vyrobí série průhledných rovnátek, které postupně mění postavení zubů do požadované polohy. Tyto dlahy se doporučuje nosit minimálně 20 hodin denně po dobu 7–14 dnů a poté jsou vyměněny za další v sérii [34]. Invisalign® (Align Technology Inc., San Jose, California, USA,) je dnes však jen jeden z mnoha typů fólií pracujících na tomto principu [35].

Příkladem tisku s využitím více než jednoho typu materiálu mohou být dlahy používané k nepřímé aplikaci zámečků, které se tisknou jak z rigidního, tak z flexibilního materiálu pro přesné umístění zámečků [36]. Šablony na zavedení dočasných kotvicích zařízení (temporary anchorage devices, TADs) mohou také hrát v budoucnu významnou roli [37, 38].

Nevyhnutelnou součástí ortodontické léčby je retence. Existuje mnoho různých aparátů, které ji umožňují. Jednou z možností po použití Invisalign® léčby jsou průhledné retenční dlahy s názvem Vivera® (Align Technology Inc., San Jose, California, USA). Ty jsou vytvářeny podobným procesem jako průsvitné dlahy Invisalign, mohou být vakuově vyprodukované na základě 3D modelu .stl souboru vytvořeného buď podle plánovaných pohybů v CAD softwaru, nebo na základě scanu po ukončení léčby [10]. Technologie 3D také umožňuje tisk fixních a snímatelných retenčních aparátů [39]. 3D tisk byl také využit při tvorbě individuálních ortodontických zámků u terapie impaktovaných špičáků, které vyžadovaly chirurgickou intervenci. Nagib a kol. na základě CBCT vytvořili individualizovaný ortodontický biokompatibilní zámek z pryskyřice. Při designování zámečku byla vzata v úvahu pozice impaktovaného zubu, pokrytí kostí a směr dlouhé osy se snahou usnadnit chirurgickou intervenci. Báze zámečku byla uzpůsobena na palatinální stranu špičáku, aby došlo k vytvoření dobré adheze a minimalizaci selhání po dobu ortodontické trakce [40].



Obr. 1
Čerstvý výtisk okluzální dlahy s přítomnými podpůrnými strukturami před post-processingem

Fig. 1
Freshly printed occlusal splint with its support structures before the post-processing

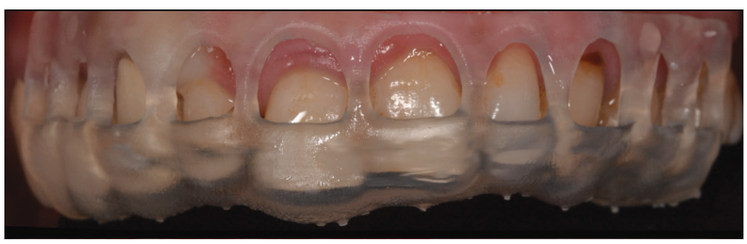
Podobný postup zvolili Faber a kol., kteří však vytiskli zámeček z kovu. V tomto případě byl vytištěn také celý model horní čelisti, který byl použit jak na diagnostiku, tak na plánování zákroku.

Chirurgie, implantologie a parodontologie

Cone beam computed tomography (CBCT) se stala široce dostupnou technologií v ordinacích zubních lékařů, která pomáhá upřesnit diagnostiku a léčbu [41, 42]. Po analýze tohoto 3D snímku v plánovacím softwaru získáváme virtuální model s ideální pozicí

Obr. 2a
Vodicí šablona připravená v horní čelisti na gingivektomii laserem

Fig. 2a
Maxillary guide prepared for laser gingivectomy



proLékaře.cz | 10.11.2026



Obr. 2b
Peroperační pohled, nalevo už byl zákrok proveden, napravo ne

Fig. 2b
Peroperative view, with the surgery having been performed on the left, not yet on the right side

implantátu, kterou můžeme přenést pomocí 3D tištěné šablony do úst pacienta při chirurgickém zákroku [43]. Celý postup probíhá bez fyzických modelů. Spojením CBCT a intraorálního scanu je možné připravit virtuální design chirurgické šablony, která je následně vytištěna 3D tiskárnou. Používání šablon k implantační terapii se tedy stává běžné [44]. Chirurgický zákrok je díky nim přesnější, rychlejší, méně invazivní a výsledek předvídatelnější [45].



Obr. 3
Vytisknutý dočasný můstek

Fig. 3
3D Printed temporary bridge

Strojová aditivní výroba se také využívá u mukogingiválních zákroků ve frontální oblasti ústní dutiny. Používají se na míru vytištěné šablony, které jsou následně využity například u gingivektomie [46]. Tyto šablony jsou známé svou přesností a adaptací [3].

Dalším využitím, které popisuje literatura, je provedení autotransplantace zubů za pomoci 3D plánování a 3D tisku. Zubní autotransplantace spočívá v přenesení zubu z jeho původní pozice do extrakčního lůžka po vyjmutí jiného zubu nebo do lůžka uměle vytvořeného během chirurgického zákroku [47]. Jedním z klíčových faktorů úspěšné autotransplantace je správně připravené lůžko v místě transplantace kořene transplantovaného zubu, a tedy minimalizace počtu zkušebních pokusů u transplantovaného zubu během zákroku, protože každým pokusem se zvyšuje pravděpodobnost poškození buněk periodontálního ligamenta a zvyšuje se i extraalveolární lhůta [50]. Na splnění výše uvedených podmínek existuje více doporučení, přičemž jedním z nich je využití počítačové tomografie (CT) nebo CBCT na výrobu plastové nebo kovové repliky donorského zubu za účelem vyzkoušení jeho vsazení do lůžka ještě před samotnou transplantací [51–53].

Strojová aditivní výroba se využívá taktéž při plánování, simulacích a provádění maxilofaciálních operací [54]. Dále při tisku anatomických modelů, které umožňují předohýbání destiček pro osteosyntézu, při tisku vodicích šablon na vykonání osteotomie, při odběru kosti, umístění šroubů a při tisku personalizovaných implantátů, které jsou přesně uzpůsobeny anatomii pacienta. Z dostupné literatury vyplývá, že použití 3D tisku je spojené s výrazným zkrácením délky operace [55].

Protetické zubní lékařství

Jednou z nejčastějších aplikací v protetice jsou pryskyřičné dočasné korunky. Mohou být vyrobeny jak pro zub, tak i pro abutment implantátu. Proces jejich vytvoření je zcela digitální již od prvního získání dat prostřednictvím intraorálního skeneru [10].

V protetice však není 3D tisk limitován jenom na dočasné práce, podle některých studií může být také použit na definitivní komponenty vyrobené z keramiky (líthium, disilikát, zirkon) nebo z kovu [56, 57].

Ve fixní a snímatelné protetice se dá terapie plánovat a upravovat v softwaru CAD poměrně jednoduše. Data vzniklá tímto postupem se dají využít k frézování nebo tisku provizorních korunek a můstků, abutmentů a struktur můstků. 3D tisk může být použit pro výrobu kovových struktur buďto nepřímo, vytištěním modelů z vosku nebo pryskyřice, se kterými se dále pracuje, nebo přímo tištěným z kovů či kovových slitin [58].

Přímá výroba uplatňuje nákladnější technologie. Má vlastní specifické požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, takže je zapotřebí výrazných úprav předtím, než daný produkt můžeme klinicky uplatnit [59]. V některých případech se kombinuje frézování a obrábění s 3D tiskem, například při výrobě konstrukcí můstků nesených implantáty. Využívá se zde výhodných vlastností 3D tisku, který je schopen zajistit výrobu komplexních tvarů s minimálním odpadem a frézování, které zajistí vysokou přesnost spojovacích ploch [33].

Proces tvorby klasických snímatelných zubních náhrad je časově náročný a vyžaduje si

proLékaře.cz | 10.11.2026

zkušeného zubního technika. Problém je zejména u pacientů s nadměrným dávivým reflexem, u pacientů po resekci tumoru, u pacientů se zjizvenými rty po resekci a s temporomandibulárními defekty nebo s orálními deformitami [60–62].

V současnosti probíhající výzkum prokazuje pozitivní výsledky fyzikálních a technických vlastností parciálních a totálních náhrad vytvořených aditivní metodou [63]. Jejich výhodou je, že v porovnání s konvenčním postupem má sníženou polymerační kontrakci [10]. Jejich nevýhodou je, že kvalita materiálu nedosahuje stejných výsledků jako u konvenčních materiálů a výsledná estetika také zatím zaostává.

Literatura popisuje také možnost zhotovení 3D tištěné šablony na vedenou preparaci zubů při zhotovování fixní protetické práce. V práci Lee a kol. byl rehabilitován pacient s výrazně abradovaným chrupem. Cílem bylo provedení minimálně invazivní preparace kvůli zvýšení skusu a rekonstrukci okluze. Na základě intraorálního digitálního otisku byla provedena 3D analýza a určena budoucí výška skusu. Následně byl vymodelován digitální wax-up, podle kterého mohla být určena míra preparace zubů. Oblasti zubů, které nesplňovaly minimální 1,5mm prostor pro budoucí náhradu, byly vyznačeny barevně. Následně byla navržena šablona pro preparaci zubů, která byla poté vytištěna z pryskyřice. Zuby byly minimálně preparovány pomocí šablony a kvalita i přesnost preparace byla zkontrolována superpozicí intraorálního scanu preparovaných zubů a virtuální preparace v diagnostickém programu [64, 65].



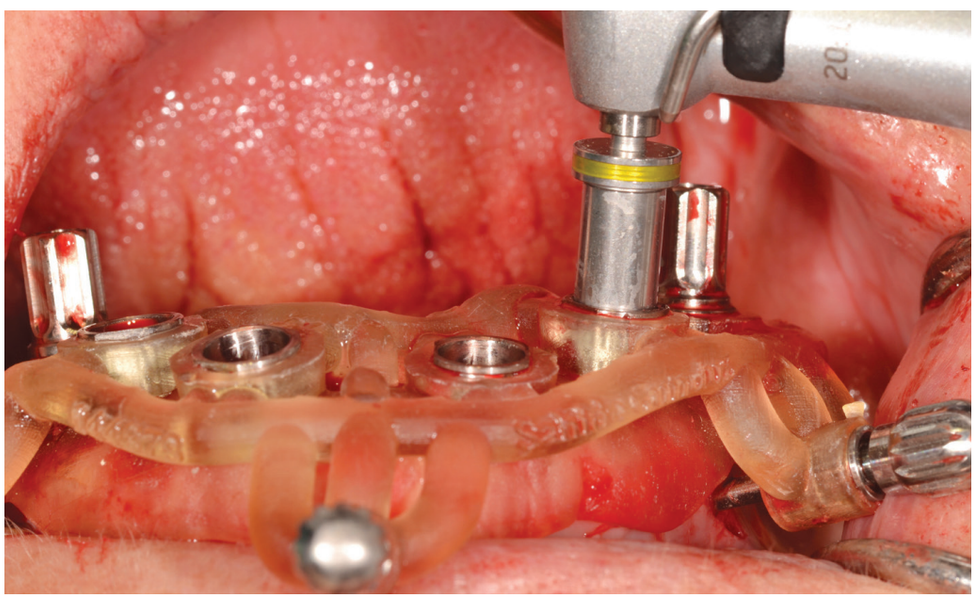
Obr. 4
3D vytištěný zubní model ze šedé pryskyřice s přípravou protetické rehabilitace

Fig. 4
3D printed dental model from grey resin with preparation for the prosthetic rehabilitation

Příslušenství

Světová zdravotnická organizace vyhlásila nové onemocnění koronavirem 2019 (COVID-19) za světovou pandemii dne 12. března 2020 [66]. V průběhu pandemie došlo ve všech oblastech světa k nedostatku ochranných pomůcek. Rozšířila se řada producentů po celém světě, kteří s pomocí 3D tisku vyrobili velká kvanta těchto chybějících ochranných prostředků [67]. Mezi osobní ochranné prostředky, které byly tištěny po dobu pandemie, se zařadily i obličejové štíty, přilby a různé typy masek a respirátorů [68, 69].

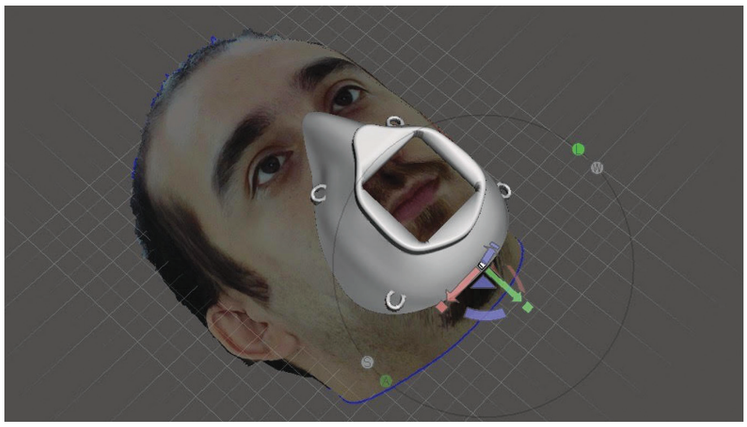
3D tiskem byla dosažena lepší adaptace příslušenství na jednotlivce, a to díky experimentování s různými flexibilními materiály, nebo skenování povrchu obličeje extraorálním skenerem (EOS), na který byl daný prostředek vytvářen [67].



Obr. 5
Zavádění implantátu pomocí chirurgické vodicí šablony

Fig. 5
Implant placement using surgical guide

proLékaře.cz | 10.11.2026



Obr. 6
Pohled na design personalizované ochranné masky se skenem obličeje Dr. Saygiliho

Fig. 6
View of the design of personalised protective mask with the face scan of Dr. Saygili

Mezi jedno z environmentálních řešení využívaných po dobu pandemie patří například držák na kliku dveří s cílem zamezit kontaminaci virem [70]. Využít 3D tisk je možné na zhotovení prototypů k inovaci nebo k produkci běžných nástrojů nebo přístrojů používaných v každodenní praxi. Dawood a kol. tak například vytiskli držák na fyziologický roztok, který byl uzpůsoben na jejich zubní křeslo [33].



Obr. 7
3D replika skutečného zubu, konkrétně horní molár se čtyřmi kořenovými kanálky a replika zubní korunky s kariézní lézi (https://biovoxel.tech/shop/)

Fig. 7
3D printed tooth replica , specifically upper molar with four root canals and replica of tooth's crown with a decay (https://biovoxel.tech/shop/)

3D tisk a biomateriály

Biomateriály v orofaciální oblasti mohou být začleněny do následujících podskupin:

a) Biomedicínské produkty, jako protézy a ortézy zhotovené na míru u kraniofaciálních defektů po úrazu nebo resekci tumoru.
b) Biokompatibilní pomůcky užívané při rekonstrukcích, jako výše zmíněné šablony, fixační zařízení a jiné. Jejich cílem je usnadnit chirurgickou intervenci.
c) Regenerace kosti nebo měkkých tkání a stimulace osteogeneze. Existují dvě metody tvorby tkaní, například kosti. První představuje 3D tisk acelulárního lešení (scaffold) a následné vsazení buněk. Druhá metoda, zvaná biotisk (bioprinting), umožňuje tisk lešení a buněk najednou (buňky se nacházejí již v materiálu do tiskárny, tzv. bio-ink. Tyto aplikace jsou stále předmětem dalších výzkumů [1, 73].

Vzdělávání

Významnou úlohu mohou sehrávat 3D tištěné pomůcky při vzdělávání pregraduálních a postgraduálních studentů, ale také zubních lékařů při kontinuálním vzdělávání. Prostřednictvím skenování pacientů a získáváním reálných modelů dutiny ústní si mají studenti či lékaři možnost procvičit praktické zručnosti na fantomovém modelu, který je tradičně využíván. Tento koncept může být použit na provedení endodontického ošetření, preparaci rotovaných zubů nebo zubů s výplněmi [1, 71]. Zakomponování 3D tisku do výuky i postgraduálních studentů představuje významnou taktilní složku vzdělávání při chirurgických zákrocích, kde si můžou budoucí chirurgové nejdřív v in vitro podmínkách nacvičit daný úkon [10, 72].

ZÁVĚR

3D zobrazení a CAD technologie mají ve stomatologii velmi slibnou perspektivu [33]. Široké možnosti návrhů, individualizace a tvorba komplexních struktur jsou velkými výhodami 3D tisku [13]. Předměty vytvořené strojovou aditivní výrobou nevedou sice ke zkrácení celé procedury, avšak zkracuje se doba práce u samotného pacienta [74]. Výsledná kvalita práce je méně závislá na zkušenostech operátora, což může být výhodou u začínajících lékařů [27].

Výhodou 3D tisku je usnadnění komunikace mezi kolegy a také mezi ošetřujícím a pacientem, zejména v případech týkajících se plánování chirurgických zákroků. Ty se díky této technologii stávají více prediktabilní a méně invazivní [33].

3D tisk má obrovský potenciál na zlepšení péče o orální zdraví, ve výzkumu, v klinické léčbě, ale také ve vzdělávání v zubním lékařství [3]. Zakomponování této technologie do každodenní praxe si vyžaduje časovou a finanční investici. Každý musí zvážit individuálně, zda je jeho ambulance připravena na takový krok a jaké benefity to v dané situaci přinese.

Poděkování
Děkuji Dr. Miguelovi Cevallosovi za užitečné odborné připomínky a Dr. Paulíne Minčíkové za neustálou podporu při psaní.

MDDr. Natália Savková
Palackého 1
040 01 Košice
Slovenská republika
e-mail: dr.nataliasavkova@gmail.com

proLékaře.cz | 10.11.2026

LITERATURA

1. Nesic D, Schaefer BM, Sun Y, Saulacic N, Sailer I. 3D printing approach in dentistry: the future for personalized oral soft tissue regeneration. J Clin Med. 2020; 9(7): 2238. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: /pmc/articles/PMC7408636/?report=abstract

2. Verhoef LA, Budde BW, Chockalingam C, García Nodar B, van Wijk AJM. The effect of additive manufacturing on global energy demand: An assessment using a bottom-up approach. Energy Policy. 2018; 112: 349–360. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.034

3. Nejat Hasirci V, Wey Yong K, Agis H, Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, et al. 3D printing-encompassing the facets of dentistry. Front Bioeng Biotechnol. 2018; 1: 172. [cit. 11. 8. 2020]. Dostupné z: www.frontiersin.org

4. Gokhare VG, Raut DN, Shinde D. A review paper on 3D-printing aspects and various processes used in the 3D-printing. Int J Eng Res Technol. 2017.

5. Mendoza HR, Le Méhauté A. The man who submitted patent for SLA 3D printing before Chuck Hull – 3DPrint.com The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. 2015. [cit. 4.10.2020]. Dostupné z: https://3dprint.com/65466/reflections-alain-le-mehaute/

6. Hull CW, Arcadia C. United States Patent (19) Hull (54) (75) (73) 21) 22 (51) 52) (58) (56) Apparatus For Production Of Three-Dmensonal Objects By Stereo Thography.

7. Ponsford M, Glass N. "The night I invented 3D printing" – CNN. 2014. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://edition.cnn.com/2014/02/13/tech/innovation/the-night-i-invented-3d-printing-chuck-hall/index.html

8. Deckard CR, Beaman JJ, Darrah JF. Method and Apparatus for Producing Parts by Selective Sintering. US Pat 4,863,538. 1992; 12. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://patentimages.storage.googleapis.com/d2/84/74/eaf2b3d455fe5e/US4863538.pdf

9. Crump S Scott, Priedeman WR, Hanson JJ. Rapid prototype injection molding. US 7,125,512 B2; 2006. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://patentimages.storage.googleapis.com/51/07/73/991795f842c06e/US7125512.pdf

10. Ahmad I, Al-Harbi F. 3D printing in dentistry – 2019/2020. 1st ed. Quintessence Publishing; 2019.

11. Walker W, Keeter M. Systems and methods of post-processing features for additive fabrication. US 10, 011, 075 B2; 2018.

12. Prusa3D – 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši. [cit. 1. 11. 2020]. Dostupné z: https://www.prusa3d.cz/

13. Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KTQ, Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. 2018. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012

14. Wang X, Jiang M, Zhou Z, Gou J, Hui D. 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. Composites Part B: Engineering. Elsevier; 2017; 110: 442–458.

15. Redwood B, Schffer F, Garret B. The 3D printing handbook. Technologies, design and applications. 1st ed. 2017. [cit. 28. 10. 2020]. Dostupné z: https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/3199991

16. Utela B, Storti D, Anderson R, Ganter M. A review of process development steps for new material systems in three dimensional printing (3DP). J Manufacturing Processes. Elsevier BV; 2008, 96–104.

17. Chen RK, Jin Y, Wensman J, Shih A. Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses-A review. Additive Manufacturing. Elsevier BV; 2016, 77–89.

18. Jin YA, Plott J, Chen R, Wensman J, Shih A. Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses – A review. In: Procedia CIRP. Elsevier BV; 2015, 199–204.

19. Jia W, Gungor-Ozkerim PS, Zhang YS, Yue K, Zhu K, Liu W, et al. Direct 3D bioprinting of perfusable vascular constructs using a blend bioink. Biomaterials. 2016; 106: 58–68.

20. Goyanes A, Wang J, Buanz A, Martínez-Pacheco R, Telford R, Gaisford S, et al. 3D printing of medicines: engineering novel oral devices with unique design and drug release characteristics. Mol Pharm. 2015; 12(11): 4077–4084. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.molpharmaceut.5b00510

21. Ursan I, Chiu L, Pierce A. Three-dimensional drug printing: A structured review. J Am Pharm Assoc. 2013; 53(2): 136–144.

22. Kang HW, Lee SJ, Ko IK, Kengla C, Yoo JJ, Atala A. A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity. Nat Biotechnol. 2016; 34(3): 312–319. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.nature.com/articles/nbt.3413

23. Wu P, Wang J, Wang X. A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. Vol. 68, Automation in Construction. Elsevier BV; 2016, 21–31.

24. Sun L, Zhao L. Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry. Fash text. 2017; 4(1): 1–16. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://link.springer.com/articles/10.1186/s40691-017-0110-4

25. Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R. An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. In: Procedia Manufacturing. Elsevier BV; 2019, 1286–1296.

26. Connert T, Zehnder MS, Amato M, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. Int Endod J. 2018; 51(2): 247–255. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/iej.12809

27. Moreno-Rabi C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. Medicine; Internation Endodont J. 2019. 28. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. Int Endod J. 2018; 51(9): 1005–1018. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/iej.12917

29. Ye S, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: A case report. BMC Oral Health. 2018; 18(1): 1–7. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://link.springer.com/articles/10.1186/s12903-018-0546-y

30. Sutter E, Lotz M, Rechenberg DK, Stadlinger B, Rücker M, Valdec S. Guided apicoectomy using a CAD/CAM drilling template. Int J Comput Dent. 2019; 22(4): 363–369. [cit. 11.10.2020]. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31840144

31. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided endodontics: A novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. Dent Traumatol. 2016; 32(3): 240–246. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26449290/

32. van der Meer WJ, Vissink A, Ng YL, Gulabivala K. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. J Dent. 2016; 45: 67–72. [cit. 10. 1. 2021]. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.007

33. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. I N B R I E F 3D printing in dentistry. Nat Publ Gr.; 2015.

34. Tuncay Orhan. The invisalign system. 1st ed. United Kingdom: Quintessence Publishing; 2006.

35. Kamínek M. Ortodoncie. Praha: Galén; 2014, 1–246.

36. Ciuffolo F, Epifania E, Duranti G, De Luca V, Raviglia D, Rezza S, et al. Rapid prototyping: A new method of preparing trays for indirect bonding. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2006; 129(1): 75–77.

37. Al Mortadi N, Eggbeer D, Lewis J, Williams RJ. CAD/CAM/AM applications in the manufacture of dental appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2012; 142(5): 727–733.

38. Cassetta M, Altieri F, Di Giorgio R, Barbato E. Palatal orthodontic miniscrew insertion using a CAD-CAM surgical guide: description of a technique. Int J Oral Maxillofac Surg. 2018; 47(9): 1195–1198. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: http://www.ijoms.com/article/S0901502718301048/fulltext

39. Koizumi S, Seimiya K, Park H, Nakashizu T, Suzuki K, Otsuka T, et al. A metal retainer manufactured by 3D printing. Orthod Waves; 2020. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13440241.2020.1814522

40. Nagib R, Szuhanek C, Moldoveanu B, Negrutiu ML, Sinescu C, Brad S. Custom designed orthodontic attachment manufactured using a biocompatible 3D printing material. Mater Plast. 2017; 54(4): 757–758. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://www.revmaterialeplastice.ro

41. Worthington P, Rubenstein J, Hatcher DC. The role of cone-beam computed tomography in the planning and placement of implants. J Am Dent Assoc. 2010; 141(10 suppl.): 19S–24S.

42. Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The applications

proLékaře.cz | 10.11.2026

of cone-beam computed tomography in endodontics: A review of literature. Iranian Association of Endodontics. Iranian Endodont J. 2015; 16–25. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: /pmc/articles/PMC4293575/?report=abstract

43. Flügge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, Metzger MC. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: Simplifying guided implant surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2013; 71(8): 1340–1346.

44. Fortin T, Champleboux G, Lormée J, Coudert JL. Precise dental implant placement in bone using surgical guides in conjunction with medical imaging techniques. J Oral Implantol. 2000; 26(4): 300–303. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://meridian.allenpress.com/joi/article-pdf/26/4/300/2033147/1548-1336

45. Dawood A, Tanner S, Hutchison I. Computer guided surgery for implant placement and dental rehabilitation in a patient undergoing sub-total mandibulectomy and microvascular free flap reconstruction. J Oral Implantol. 2013; 39(4): 497–502. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://meridian.allenpress.com/joi/article-pdf/39/4/497/2058338/aaid-joi-d-11-00142.pdf

46. Li Z, Liu YS, Ye HQ, Liu YS, Hu WJ, Zhou YS. Diagnossis and treatment of complicated anterior teeth esthetic defects by combination of whole-process digital esthetic rehabilitation with periodontic surgery. Beijing Da Xue Xue Bao. 2017; 49(1): 71–75. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28203007

47. Ashkenazi M, Shashua D, Kegen S, Nuni E, Duggal M, Shuster A. Computerized three-dimensional design for accurate orienting and dimensioning artificial dental socket for tooth autotransplantation. General dentistry. Quintessence Int. 2018; 49(8): 663–671.

48. Kafourou V, Tong HJ, Day P, Houghton N, Spencer RJ, Duggal M. Outcomes and prognostic factors that influence the success of tooth autotransplantation in children and adolescents. Dent Traumatol. 2017; 33(5): 393–399. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/edt.12353

49. Denys D, Shahbazian M, Jacobs R, Laenen A, Wyatt J, Vinckier F, et al. Importance of root development in autotransplantations: A retrospective study of 137 teeth with a follow-up period varying from 1 week to 14 years. Eur J Orthod. 2013; 35(5): 680–688. [cit. 28. 10. 2020]. Dostupné z: https://academic.oup.com/ejo/article/35/5/680/496280

50. Anssari Moin D, Derksen W, Verweij JP, Van Merkesteyn R, Wismeijer D. A novel approach for computer-assisted template-guided autotransplantation of teeth with custom 3D designed/printed surgical tooling. An ex vivo proof of concept. J Oral Maxillofac Surg. 2016; 74(5): 895–902.

51. Shahbazian M, Jacobs R, Wyatt J, Denys D, Lambrichts I, Vinckier F, et al. Validation of the cone beam computed tomography-based stereolithographic surgical guide aiding autotransplantation of teeth: Clinical case-control study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2013; 115(5): 667–675.

52. Honda M, Uehara H, Uehara T, Honda K, Kawashima S, Honda K, et al. Use of a replica graft tooth for evaluation before autotransplantation of a tooth. A CAD/CAM model produced using dental-cone-beam computed tomography. Int J Oral Maxillofac Surg. 2010; 39(10): 1016–1019.

53. Cousley RRJ, Gibbons A, Nayler J. A 3D printed surgical analogue to reduce donor tooth trauma during autotransplantation. J Orthod. 2017; 44(4): 287–293. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14653125.2017.1371960

54. Louvrier A, Marty P, Barrabé A, Euvrard E, Chatelain B, Weber E, et al. How useful is 3D printing in maxillofacial surgery? J Stomat Oral Maxillofac Surg. Elsevier Masson SAS. 2017; 118: 206–212.

55. Serrano C, van den Brink H, Pineau J, Prognon P, Martelli N. Benefits of 3D printing applications in jaw reconstruction: A systematic review and meta-analysis. J Cranio-Maxillofac Surg. 2019; 47(9): 1387–1397.

56. Pimenta MA, Frasca LC, Lopes R, Rivaldo E. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. J Prosthet Dent. 2015; 114(2): 223–228.

57. Homsy FR, Özcan M, Khoury M, Majzoub ZAK. Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate inlays fabricated with milling, 3D printing, and conventional technologies. J Prosthet Dent. 2018; 119(5): 783–790.

58. Venkatesh KV, Nandini VV. Direct metal laser sintering: A digitised metal casting technology. J Indian Prosthodontist Soc. Springer. 2013; 389–392. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://link.springer.com/article/10.1007/s13191-013-0256-8

59. Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Vult Von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: A comparative in vitro study. Dent Mater. 2011; 27(4): 356–363.

60. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: Evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014; 14(1): 1–7. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://link.springer.com/articles/10.1186/1472-6831-14-10

61. Kim JE, Kim NH, Shim JS. Fabrication of a complete, removable dental prosthesis from a digital intraoral impression for a patient with an excessively tight reconstructed lip after oral cancer treatment: A clinical report. J Prosthet Dent. 2017; 117(2): 205–208.

62. Unkovskiy A, Spintzyk S, Brom J, Huettig F, Keutel C. Direct 3D printing of silicone facial prostheses: A preliminary experience in digital workflow. J Prosthet Dent. 2018; 120(2): 303–308.

63. Chen J, Ahmad R, Suenaga H, Li W, Sasaki K, Swain M, et al. Shape optimization for additive manufacturing of removable partial dentures - a new paradigm for prosthetic CAD/CAM. PLoS One. 2015; 10(7): e0132552. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0132552

64. Liu CX, Gao J, Zhao YW, Fan L, Jia LM, Hu N, et al. Precise tooth preparation technique guided by 3D printing guide plate with quantitative hole. Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2020; 38(3): 350–355. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32573148/

65. Lee H, Fehmer V, Kwon KR, Burkhardt F, Pae A, Sailer I. Virtual diagnostics and guided tooth preparation for the minimally invasive rehabilitation of a patient with extensive tooth wear: A validation of a digital workflow. J Prosthet Dent. 2020; 123(1): 20–26. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31079881/

66. Coronavirus disease (COVID-19). [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019

67. Tino R, Moore R, Antoline S, Ravi P, Wake N, Ionita CN, et al. COVID-19 and the role of 3D printing in medicine. 2020. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://doi.org/10.1186/s41205-020-00064-7

68. Ishack S, Lipner SR. Applications of 3D printing technology to address COVID-19 – related supply shortages. Am J Med. 2020; 133(7): 771–773. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7172844/

69. Choong YYC, Tan HW, Patel DC, Choong WTN, Chen CH, Low HY, et al. The global rise of 3D printing during the COVID-19 pandemic. Nat Rev Mater Nat Res. 2020; 5: 637–639. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: www.winsun3d.com/En/News/news_inner/id/543

70. Hands-Free Door opener to prevent the spread of coronavirus – materialise. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.materialise.com/en/hands-free-door-opener

71. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. Eur J Dent Educ. 2017; 21(4): e119–125. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/eje.12229

72. Werz SM, Zeichner SJ, Berg BI, Zeilhofer HF, Thieringer F. 3D printed surgical simulation models as educational tool by maxillofacial surgeons. Eur J Dent Educ. 2018; 22(3): e500–505. [cit. 11. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29479802/

73. Maroulakos M, Kamperos G, Tayebi L, Halazonetis D, Ren Y. Applications of 3D printing on craniofacial bone repair: A systematic review. J Dent. 2019; 80: 1–14.

74. Martelli N, Serrano C, Van Den Brink H, Pineau J, Prognon P, Borget I, et al. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. Surgery (United States). 2016; 159(6): 1485–1500. [cit. 4. 10. 2020]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26832986/