

PRINTAREA 3D ÎN TEHNOLOGIA DENTARA — STATUSUL ACTUAL

Rezumat

Printarea 3D reprezintă o tehnologie a viitorului care permite laboratorului de tehnică dentară confecționarea prin procedee aditive a unor lucrări protetice cu geometrie spațială complexă. Printerul 3D multimaterial propulsează procedeele de confecționare aditivă a lucrărilor protetice la un nivel superior deoarece permite realizarea diverselor componente ale acestora mai simplu și mai rapid, reducând și prețul de cost. Printarea 3D a demonstrat de asemenea avantajul unei flexibilități nelimitate de design, al elaborării într-o singură etapă a unor lucrări protetice de mare complexitate structurală, prin prelucrarea fișierelor în format STL, și capacitatea de includere în fluxul tehnologic digital tip *chairside*. Valoarea restaurărilor protetice printate 3D necesită totuși studii clinice de durată privind biocompatibilitatea și integrarea lor funcțională cât și impactul ecologic.

Cuvinte cheie: tehnologii digitalizate, printare 3D, principii, indicații.

Summary

3D PRINTING IN DENTAL TECHNOLOGY — PRESENT STATUS

In dental laboratories 3D printing, as a technology of the future, allows to the additive procedures to obtain a complex spatial geometry of dental prosthesis. Due to multi material 3D printer the dental laboratory additive procedures are higher appreciated since the different parts of dental prosthesis are easier and faster made-up, leading to lower costs. The design flexibility of 3D printers is everlasting; the dental prosthesis of high configuration complexity they generate may be finished in one stage, based on STL file layout, and the last advantage of these printers relies on the capability to be included in the *chairside* digital technological flow. The assessment of dental prosthesis generated by 3D printing need long term clinical studies concerning the biocompatibility, functional integration, and ecological feedback.

Keywords: digital technologies, 3D printing, principles, indications.

Introducere

Deși printarea 3D reprezintă o tehnologie a viitorului, în stomatologie cunoaște deja un curs de implementare rapidă [1-5]. Concret, printerul 3D reprezintă un echipament capabil de a produce obiecte tridimensionale în laboratorul de tehnică dentară pe baza instrucțiunilor primite sub forma unui set de date digitale culese prin scanare [6-8].

Ca orice salt tehnologic revoluționar în mod firesc printarea 3D ridică din start două probleme majore, accesibilitatea noii tehnologii în laboratoarele de tehnică dentară și impactul asupra tehnicienilor vizând limitarea locurilor de muncă. O succintă trecere în revistă a acestor aspecte împeună cu feedback-ul cabinet-laborator-pacient pot creiona răspunsul adecvat în anii care vin.

Printarea 3D este în esență o modalitate de confecționare prin procedee aditive a unor obiecte cu geometrie spațială complexă care cuprinde 3 etape tehnologice principale:

- depunerea într-un plan orizontal (planul $x-y$) de straturi de material, supra-puse și polimerizate succesiv într-o orientare verticală de-a lungul axei z ;
- îndepărtarea unor structuri necesare susținerii obiectului în cursul confecționării și evitării deformării înaintea prizei de polimerizare, sub influența gravitației, a porțiunilor sale în consolă;
- îndepărtarea restului de material nepolimerizat;
- finisarea produsului printat [9].

Alexandru Andrei Iliescu,
conferențiar universitar
U.M.F. Craiova

Paula Perlea,
autor corespondent,
conferențiar universitar

Mihaela Georgiana Iliescu,
doctorand

Valeria Gorea,
studentă,

U.M.F. „Carol Davila“
București

Gheorghe Nicolau,
profesor universitar
U.S.M.F. „Nicolae
Testemițanu“

Comparativ cu tehnologia CAD-CAM substractivă de elaborare a unor lucrări protetice bazată pe frezare dirijată prin control numeric computerizat, printarea 3D oferă avantajul unei flexibilități nelimitate de design, al elaborării într-o singură etapă a unor lucrări protetice de mare complexitate structurală și a lejerității în exploatare grație prelucrării fișierelor accesate în format STL (*Surface-Tesselation-Language*) [9].

Evoluția tehnologică a ultimilor ani a permis printerele 3D ca de la elaborarea de prototipuri prin procedeul de prototipare rapidă (*rapid prototyping*) să ajungă în prezent să producă obiecte de mare precizie dintr-o paletă din ce în ce mai diversificată de materiale (plastic, metal, ceramică, țesuturi umane) [10, 11].

Printarea 3D se realizează din metale prin procedeele SLS (*Selective Laser Sintering*) sau SLM (*Selective Laser Melting*) care folosesc în acest scop pulberi metalice depuse similar în straturi egale de ordinul micrometrilor (μm) și întărite prin fascicul laser prin sinterizare (SLS) sau prin topire (SLM) [1, 12-14].

Principiul de funcționare a printării 3D

O dată cu introducerea tehnologiei CAD-CAM în tehnologia confecționării protezelor dentare, sub aspect managerial și economic cu timpul s-a impus și regândirea procedurii inițiale tranzitorii între metodele convenționale și cele moderne care îmbina inițial designul CAD (*Computer-Aided Design*) cu turnarea după tiparul în ceară. În acest context s-a făcut pasul de la obținerea substractivă CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) a pieselor protetice prin frezajul blocurilor sau discurilor de material la confecționarea acestora prin procedee aditive, care au debutat prin stereolitografie, iar acum se dezvoltă prin printarea 3D [1].

Elaborarea unei lucrări protetice prin procedeul de printare 3D urmează două etape integrate organic:

- secționarea machetei digitale a viitoarei piese printate în mai multe straturi orizontale paralele virtuale cu prestabilirea exactă a grosimii acestora;
- printarea propriu-zisă cu obținerea piesei protetice tridimensionale propriu-zise, reale, grație adității progresive secvențiale a materialului dentar, strat cu strat, conform prelucrării virtuale prealabile [15].

Practic printarea 3D constă în inserarea unei platforme de confecționare a lucrărilor protetice propuse într-o baie cu rășină lichidă fotopolimerizabilă pe care se depune un strat uniform de rășină de ordinul micrometrilor (μm), conform programului CAD de proiectare 3D a acestor lucrări [1].

Odată polimerizat acest prim strat de material fotosensibil printr-un fascicul laser, se continuă procedura prin depunerea și polimerizarea stratificată succesivă de rășină fluidă până la relizarea formei finale a lucrării protetice. Întrucât obiectul printat 3D este conectat la platforma de confecționare prin niște elemente de susținere din același tip de rășină, după fina-

lizarea fotopolimerizării lucrarea protetică se separă de aceste elemente într-un cuptor fotooptic dedicat [1].

Avantaje și dezavantaje ale printării 3D

Avantajele printării 3D comparativ cu procedurile convenționale de laborator:

- acuratețea superioară a produsului elaborat grație tehnologiei aditive care, comparativ cu tehnicile substructive, permite reproducerea superioară a detaliilor;
- obținerea unor obiecte finale reproductibile;
- creșterea productivității muncii, putându-se elabora simultan mai multe lucrări protetice;
- reducerea consumului de materiale dentare;
- reducerea cheltuielilor de fabricație, inclusiv prin evitarea utilizării unor materiale costisitoare (o coroană printată este mai ieftină decât una turnată după modelarea în ceară);
- reducerea timpului de lucru, prin eliminarea mai multor etape tehnice convenționale [9].

Totuși, trebuie reținute și unele dezavantaje ale momentului, precum necesitatea unui design ireproșabil al lucrării protetice, costurile ridicate ale programelor de prelucrare digitală și chiar al printerelelor propriu-zise, accesibilitatea mai limitată a materialelor potrivite pentru printare comparativ cu tehnologiile substructive și obligativitatea finisării și lustruirii obiectului printat, cu precădere a celor metalice [9].

O altă opțiune este și confecționarea hibridă, prin combinarea procedeelelor substructive cu cele aditive, care crește precizia și eficiența. În cazul procedeelelor substructive de obținere prin frezare a lucrărilor protetice trebuie luate în considerare în afara preciziei de prelucrare a instalației și axele de frezat, proprietățile materialului și timpul cerut de procesul de frezare [16].

Indicații de utilizare ale printării 3D

- linguri de amprentă individuale;
- modele de studiu;
- modele de lucru;
- gutiere de ghidaj chirurgical pentru inserarea implanturilor dentare în os;
- șine de imobilizare;
- gutiere de redresare ortodontică (*clear aligner*);
- coroane provizorii și definitive;
- punți dentare provizorii și definitive;
- schelete pentru proteze parțiale;
- baze pentru proteze mobile;
- proteze mobile provizorii;
- tipare de turnare a aliajelor metalice sau presarea a ceramicii pentru coroane și punți [15, 17].

Rezoluția printerelelor 3D

Rezoluția printerelelor 3D este definită prin două segmente de analiză spațială, verticală (rezoluția axei z) și orizontală (rezoluția axei xy). Rezoluția verticală

se referă la înălțimea stratului de material depus de printer de care depind atât calitatea suprafeței lucrării protetice printate cât și detaliile de design [15].

Chiar dacă la prima vedere principiul designului 3D al lucrării protetice și confecționării sale propriuzise de aceeași manieră stratificată par simple, calitatea finală a produsului printat depinde de o serie de parametri, dintre care gradul de tehnologizare al printerului reprezintă doar o parte [16].

O rezoluție înaltă presupune o suprafață extrem de fină și detaliată grație depunerii unor straturi subțiri de material în timp ce una redusă, prin depunerea unor straturi mai groase de material, generează o suprafață amorfă și cu asperități. De reținut raportul invers dintre calitatea suprafeței printate și viteza de printare. Ca atare, în cazul folosirii aceluiași printer 3D, o printare rapidă conduce la elaborarea unei suprafețe de calitate inferioară comparativ cu printarea mai lentă [15].

De amintit însă că în realitate acuratețea unui printer 3D este dată de rezoluția orizontală a axei xy definită de mărimea pixelilor proiecți pe stratul de material fotopolimerizabil, care la rândul său depinde de tipul tehnologiei de printare. Astfel, întrucât rezoluția depinde invers proporțional de mărimea pixelilor, în cazul unui printer 3D tip DLP cu pixeli de 75 μm lucrările protetice vor avea o înaltă acuratețe, care va permite printarea unor detalii de același ordin de mărime (75 μm) [15].

Trebuie subliniat că printerele 3D tip SLA au acuratețe de 2-3 ori mai redusă decât printerele tip DLP deoarece diametrul spotului laser este mai mare (140 μm) față de acestea din urmă (75 μm). De aceea stereolitografia cu printare laser este indicată pentru lucrări de precizie mai mică, precum lingurile de amprentă individuale, ghidajele chirurgicale și șinele de imobilizare [15].

În acest context trebuie reținută importanța rezoluției prin poziționarea axei xy , care dirijează precizia printării ca și a axei z , care decide profunzimea detaliilor de suprafață și reproducerea lor exactă [16].

Printarea structurii histo-anatomice a dinților

În prezent se dorește conceperea unui printer 3D capabil să reproducă în mai multe straturi structura histo-anatomică a dinților naturali, folosind *banca de date* a structurii dentare *Schweiger* pentru finalizarea confecționării lucrărilor dentare printr-un proces de adiție [18].

Noțiunea de structură histo-anatomică se referă la morfologia dentară combinată cu respectarea rapoartelor histologice dintre țesuturile dure dentare, smalț, dentină și cement. Cât privește *banca de date* a structurii dentare *Schweiger*, aceasta servește la confecționarea CAD-CAM a dintelui artificial pornind de la reconstruirea inițială a nucleului de țesut dentinar al dintelui, peste care ulterior se crează conturul morfologic extern de smalț și cement corespunzător dintelui natural [18].

Se urmărește obținerea unei reconstituiri protetice biomimetice care să reproducă atât forma și culoarea dinților autentici lipsă cât și proprietățile lor mecanice, grație depunerii stratificate în cursul printării a componentelor corespunzătoare țesuturilor naturale dentare, pulpă, dentină și smalț. Cu alte cuvinte, o lucrare protetică biomimetică trebuie să pună în acord proprietățile mecanice și optice ale dintelui natural vital și indemn de leziuni ale țesuturilor dure dentare [10, 18].

Clasificarea printerelor 3D

Conform normei de reglementare ISO/DIS 17296, după mecanismul de elaborare a lucrării protetice printerele 3D se grupează în [10]:

1. Printere bazate pe procedee adezive, care au ca scop producerea unui strat de material întărit (lichid, pulbere) corespunzător conturului obiectului vizat
 - stereolitografie (SLA) și DLP (*Direct Light Processing*);
 - sinterizare laser selectivă (SLM și DMLS);
 - printare 3D indirectă din pat de pulbere;
 - procedeul LOM (*Laminated Object Manufacturing*).
2. Printere bazate pe procedee separatoare
 - extruzie de material — FDM (*Fused Deposition Modeling*) și FFF (*Fused Filament Fabrication*);
 - printarea 3D directă;
 - extruzie 3D de paste;
 - Polyjet (depunerea de picături de fotopolimer).

Din perspectiva acurateții, recomandabil de utilizat deocamdată pentru confecționarea lucrărilor protetice doar procedeele SLS, DLP/SLS, SLM sau Polyjet [10].

Tipuri de printare 3D

a) Printare bazată pe extruzie [15, 19]:

- *Fused Filament Fabrication (FFF)*

Printarea piesei protetice începe de la bază prin depunerea progresivă stratificată printr-un ștuț de dimensiuni filiforme a unui material termoplastice extrudat, după prealabilă sa fluidificare.

Avantaje: cost mai redus, ușurința manipulării.

Dezavantaje: acuratețe și rezoluție insuficiente pentru o lucrare dentară.

Indicații de utilizare: prototipuri

— *Inkjet 3D Printing (PolyJet Printing)*

Avantaje: poate folosi simultan în printare mai multe materiale.

Dezavantaje: ritm lent de printare, dificultăți în printarea pivoților radiculari, preț de cost ridicat.

Indicații: confecționarea modelelor de lucru și a machetelor pentru turnare.

b) Printare bazată pe folosirea de pulberi [15, 19]:

— *BinderJet*

Printarea se bazează pe solidificarea progresivă secvențială stratificată de pulberi cu ajutorul unui lichid adeziv.

Avantaje: permite obținerea unui produs multicolor prin introducerea de coloranți în lichidul adeziv.

Dezavantaje: rezoluție insuficientă pentru lucrările dentare.

Indicații: prototipuri, mulaje anatomice.

— *Selective Laser Sintering (SLS)*

Printarea se bazează pe solidificarea progresivă secvențială stratificată a unei pulberi metalice, de sticlă sau material plastic prin intermediul procesului de sinterizare laser.

Indicații: baza protezelor mobile, scheletul punților, restaurări unidentare, cape.

c) Printare bazată pe fotopolimerizare [15, 19]:

— *Stereolitografia (SLA)*

Printarea se bazează pe solidificarea strat cu strat a unui polimer lichid fotopolimerizabil sub iradiere laser.

Avantaje: acuratețe maximă comparativ cu celelalte procedee de printare 3D.

Dezavantaje: timp prelungit de procesare.

— *Digital Light Processing (DLP)*

Funcționează pe un principiu de printare similar SLA de care se deosebește însă prin înlocuirea fascicoului de polimerizare laser cu un proiector DLP.

Avantaje: polimerizare semnificativ mai rapidă a fiecărei depuneri stratificate de rășină (câteva secunde) și preț de cost minimal prin economisirea de material. Este o metodă preferată a laboratoarelor centralizate de tehnică dentară, cu profil industrial.

Indicații: modele de lucru, machete de lucrări pentru turnarea metalului, ghidaje chirurgicale în implantologie, șine de imobilizare, lucrări provizorii de scurtă durată.

Evoluția actuală a printării 3D în tehnica dentară

Printerul 3D multimaterial propulsează procedeele de confecționare aditivă a lucrărilor protetice la un nivel superior deoarece permite realizarea diverselor componente ale acestora mai simplu și mai rapid, reducând și prețul de cost.

Un printer 3D multimaterial (*Stratasys*) permite utilizarea unei game foarte întinse de materiale (elastice, rigide, transparente, opace) în 360.000 tonuri de culoare [19]. Există deja din 2014 două printere 3D multimaterial *Objet260 Dental Selection (Stratasys)* și *Objet500 Dental Selection (Stratasys)* care funcționează pe baza tehnologiei Polyjet.

Un alt printer 3D multimaterial *Stratasys J750 (Stratasys)* poate utiliza 6 materiale diferite cu proprietăți mecanice distincte și folosi până la 360.000 tonuri de culoare. Grație tehnologiei Polyjet o primă utilizare clinică este macheta estetică provizorie din rășini fotopolimerizabile, care permite evaluarea esteticii (formă, culoare) și funcționalității (rapoarte ocluzale, fonație) a viitoarei lucrări protetice (coroane, punți) pe parcursul a 24 ore [10].

Funcționând pe principiul FFF (*Fused Filament Fabrication*) un alt printer 3D multimaterial, *Startup Arfona (Brooklyn)*, poate confecționa din material ter-

moplastice nylon-poliamide (*Valplast*) proteze mobile parțiale cu croșete care, sunt în plus biocompatibile, prin eliminarea riscului de alergii de la monomerii și fotoinițiatorii utilizați de sistemele DLP (*Direct Light Processing*) de printare 3D [20].

Prevăzut cu două capete de printare (ștuțuri) printerul 3D permite utilizarea simultană atât a *Valplastului* cât și a unui material special de susținere a protezei. În locul *Valplastului* se pot folosi și alte materiale parțial elastice precum PMMA, POM, PLA sau PETG [20].

Indicațiile majore actuale de utilizare a printereilor 3D funcționând pe principiul FFF (*Fused Filament Fabrication*) sunt lingurile de amprentă individuale, baza protezelor și modelele de monitorizare [15, 20].

Precum scanarea câmpului protetic sau confecționarea tot prin procedee digitalizate de frezare CAM a unei lucrări protetice, în mod asemănător și printarea 3D se poate face într-un sistem digital deschis sau într-unul închis [15].

Sistemele încadrate într-un flux tehnologic digital închis, precum *3D Systems* sau *Stratasys*, folosesc rășini fotopolimerizabile speciale elaborate exclusiv de firmele respective. Paradoxal în aceeași categorie intră și unele printere 3D dedicate sistemelor deschise deoarece firmele în cauză nu fac cunoscute materialele sau programele computerizate de prelucrare [15].

Sub aspect tehnic și managerial tendința laboratoarelor dentare este de a folosi printere 3D în sistem deschis deoarece acestea permit utilizarea unei game extinse de materiale de printare, alegerea materialului în sine depinzând practic numai de parametrii de prelucrare ai printerului din dotare [15].

În plus, în cazul fluxului tehnologic digital *chair-side* prin scanarea intraorală urmată de printarea 3D printr-un printer DLP se pot obține rapid direct în cabinet modele de studiu, modele ortodontice, linguri de amprentă individuale, gutiere de ghidaj chirurgical, atele de imobilizare sau punți provizorii [15].

Postprocesarea lucrărilor printate, cuprinzând etapele mai jos enumerate, variază în funcție de tipul de printer 3D:

- spălare sub jet de apă timp îndelungat pentru îndepărtarea structurilor de suport;
- încălzire în cuptoare dedicate pentru îndepărtarea prin topire a structurilor de suport;
- folosirea mai multor agenți de curățare;
- detașare mecanică a structurilor de suport, spălare în baie ultrasonică de alcool izopropilic, polimerizare în UV [15].

Cât privește parametrii de precizie a printării, aceștia depind decisiv de [16]:

- adaptabilitatea confecționării strat cu strat a lucrării protetice pentru împiedicarea contracției volumetrice a materialului în cursul prelucrării;
- poziționarea lucrării protetice pe platforma de confecționare;
- geometria sprijinului pe platforma de confecționare a printerului;

- manevrarea corectă a procesului tehnologic cu evitarea sedimentării rășinii și dereglărilor fotopolimerizării;
- respectarea polimerizării finale.

Polimerizarea finală este o cerință primordială a procesului de printare 3D în vederea obținerii unei lucrări protetice stabile volumetric și ireproșabile sub aspect medico-biologic. Polimerizarea în profunzime asigură stabilitatea în timp a lucrărilor protetice plasate în cavitatea orală. Din acest motiv polimerizarea completă este mai puțin importantă pentru modelele de lucru sau șabloanelor de frezaj chirurgical, unde contactul cu țesuturile cavității orale lipsește sau este limitat în timp [16].

Polimerizarea finală este garantată de expunerea de regulă în lumină UV cu lungimea de undă de 300-550 nm timp de 10 minute, sub controlul funcționării corecte a sursei de UV. În caz contrar, pentru obținerea garantată a unei complete polimerizări, este obligatorie înlocuirea lămpii. De reținut totuși că în cazul LED-urilor rareori se obține acest spectru al luminii de polimerizare [16].

Funcționalitatea restaurărilor protetice printate 3D trebuie atestată de proprietăți corespunzătoare ale materialelor, ceea ce necesită studii clinice de durată. Similar trebuie studiată și precizia lucrărilor protetice, atât *in vivo* cât și *in vitro*.

Lucrările protetice de durată confecționate prin printare 3D impun de asemenea o certificare medicală pentru produse de uz medical Clasa I-a, ceea ce deocamdată nu corespunde în suficientă măsură standardelor [16].

În aceeași ordine de idei se înscriu și consecințele prelucrării lucrărilor protetice după printare și stabilite punctual măsurile de protecție, atât de natură medicală cât și ecologică [16].

Concluzii

Printarea 3D reprezintă o tehnologie a viitorului care cunoaște în tehnica dentară o implementare rapidă. Comparativ cu tehnologia CAD-CAM substractivă, printarea 3D oferă avantajul unei flexibilități nelimitate de design și al elaborării într-o singură etapă a unor lucrări protetice de mare complexitate structurală prin prelucrarea fișierelor în format STL.

Avantajele printării 3D față de procedurile convenționale de laborator constau în acuratețea superioară a produsului elaborat grație reproducerii superioare a detaliilor, reducerea timpului de lucru și cheltuielilor de fabricație.

Inclusă în fluxul tehnologic digital tip *chairside* printarea 3D oferă posibilitatea obținerii directe în

cabinet a modelor de studiu, modelor ortodontice, lingurilor de amprentă individuale, gutierelor de ghidaj chirurgical sau lucrărilor provizorii.

Bibliografie

1. Köhler K. Zukunftsfähig durch Versatilität. In: Oemus TR (editor). *Jahrbuch digitale dentale Technologien 2016*, Oemus Media AG, Leipzig, 2016, 156-158.
2. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental Materials* 2012;28:3-12.
3. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60:72-84.
4. Tapie L, Lebon N, Mawussi B, Fron Chabouis H, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations — the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint. *Int J Comput Dent* 2015;18:21-44.
5. Abdel-Aziz T, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Maxillary and mandibular rehabilitation in the esthetic zone using a digital impression technique and CAD/CAM-fabricated prostheses: a multidisciplinary clinical report. *Oper Dent* 2015;40:350-356.
6. Porojan L, Porojan S, Topală F, Savencu C. Procedee computerizate aplicate în tehnologia protezelor dentare fixe. *Ed.Eurobit, Timișoara*, 2015, 13-20.
7. Cristache CM. Fluxul tehnologic digital. In: Cristache CM, Totu EE. CAD-CAM: o tehnologie a mileniului trei în stomatologie. *Ed.Didactică și Pedagogică*, București, 2016, 31-69.
8. Iliescu AlA, Perlea P, Iliescu MG, Gorea V, Nicolau Gh. Practica stomatologică în era digitalizării: quo vadimus? *Medicina Stomatologică* 2017;44:11-15.
9. Grant GT. Direct digital manufacturing. In: Masri R, Driscoll CF. Clinical applications of digital dental technology. *Wiley Blackwell*, Oxford, 2015, 41-55.
10. Güth JF, Kieschnick A, Schweiger J. Der Multimaterial-3D-Druck in der dentalen Anwendung. *Dental Digital* 2017, 1:40-47.
11. Mai HN, Lee KB, Lee DH. Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *J Prosthet Dent* 2017;118:208-215.
12. Mercelis P, Kruth J. Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyp J* 2006;12:254-265.
13. Vandenbrouckhe B, Kruth JP. Selective laser melting of biocompatible metals for rapid manufacturing of medical parts. *Rapid Prototyp J* 2007;13:196-213.
14. Hiemenz J. Electron beam melting. *Advanc Mater Process* 2009;165:45-46.
15. Jaroslaw B, Lambertson C, Frye C, Weatherby S. A dental technician's guide to 3D printing. *Dental Technology Solutions, WhipMix*, 2017.
16. Arnold C, Riquier R, Winterlik S. Aktueller Stand der 3-D-Drucktechnik — Verfahren, Workflow und Lösungen. *Quintessenz Zahntech* 2017;43:1211—1214.
17. Kaufmann-Jinoian V. 3D-Druck und Zahntechnik — Mehrwert fürs Labor? Teil 2. *Dental Labor* 2016;64:74-83.
18. Schweiger J, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Magne P, Güth JF. Histo-anatomic 3D printing of dental structures. *Br Dent J* 2016;221:555-560.
19. Klaus N. 3-D-Druck für alle. *Quintessenz Zahntech* 2017;43:819-820.
20. IDS-Vorschau. 3-D-Druck: was es gibt, was noch vor uns liegt. *Quintessenz Zahntech* 2017;43:219-225.

Data prezentării: 20.11.2017