

TRIMAČIO SPAUSDINIMO OTORINOLARINGOLOGIJOJE PERSPEKTYVOS

Nora Šiupšinskienė^{1,2}, Agnė Laukaitienė¹, Urtė Norkutė-Macijauskė¹, Sigutė Norkienė^{1,3}

¹ Klaipėdos universiteto Sveikatos mokslų fakultetas, ² Lietuvos sveikatos mokslų universiteto

Medicinos akademijos Ausų, nosies ir gerklės ligų klinika,

³ Klaipėdos jūrininkų ligoninė

Raktažodžiai: trimatis spausdinimas, adityvus gaminimas, otorinolaringologija.

Santrauka

Trimatis spausdinimas, arba adityvus gaminimas (angl. *additive manufacturing*) - tai vientiso, praktiškai bet kokios formos objekto gaminimo procesas iš skaitmeninio modelio, kai skirtingomis formomis sudedami sluoksniai. Nors ši technologija atsirado dar XX amžiaus devintame dešimtmetyje, iki XXI amžiaus antro dešimtmečio tokie spausdintuvai buvo naudojami tik komerciniais tikslais. Straipsnyje pateikiama mokslinės literatūros apžvalga apie trimačio spausdinimo tipus, technologijas ir trimačio spausdinimo panaudojimo galimybes otorinolaringologijoje.

Įvadas

Trimatis, arba (3D) spausdinimas, arba adityvus gaminimas (*additive manufacturing*) – tai trimačio, vientiso, praktiškai bet kokios formos objekto gaminimo procesas iš skaitmeninio modelio, kai skirtingomis formomis sudedami sluoksniai [1].

Nors ši technologija atsirado dar XX amžiaus devintame dešimtmetyje ir iki XXI amžiaus antro dešimtmečio tokie spausdintuvai buvo naudojami tik komerciniais tikslais. 3D spausdinimo technologiją pradėjo amerikiečių mokslininkas Chuck Hull 1986 metais savo įkurtoje kompanijoje „3D Systems Corp“ [2]. Per pastaruosius kelis dešimtmečius ši technologija labai evoliucionavo, tapo populiaru ir prieinama visuomenei.

Yra labai daug 3D spausdinimo pritaikymo sričių – ji svarbi architektūroje, elektronikos pramonėje, komercinėje gamyboje, edukaciniuose procesuose ir, žinoma, odontologijoje ir medicinoje. Proceso metu „sluoksnis po sluoksnio“ dėliojamos įvairios medžiagos, tokios kaip plastikas, metalas,

keramika, nailonas, akrilas, popierius, gyvi audiniai [1-3].

Šio darbo tikslas - atlikti šiuolaikinės literatūros analizę ir įvertinti trimačio spausdinimo technologijas, anatomicinius modelius bei šio metodo panaudojimo galimybes otorinolaringologijoje.

Darbo metodika

Atlikta duomenų paieška elektroninėse mokslinių duomenų bazėse PubMed, MEDLINE, EMBASE 2013-2018 metų laikotarpiu bei internetiniuose puslapiuose. Paieškos žodžiai: trimatis spausdinimas, 3D spausdinimas, adityvus gaminimas, otologija, rinologija, laringologija, otorinolaringologija. Atlikta trisdešimt keturių paskutinio penkmečio literatūros šaltinių apžvalga.

Rezultatai ir jų aptarimas

Technologijos. Šiandien yra daug 3D spausdinimo technologijų, tačiau kelios iš jų yra dažniausios:

- TIP - angl. *thermal inkjet printing* [3];
- FDM - angl. *fused deposition modeling* [4];
- SLS - angl. *selective laser sintering* [5].

TIP - „bekontaktė technika“. Šiuose spausdintuvuose, kaitinant spausdintuvo galvutę, sukuriama maži oro burbulai, kuriems subliūkstant sukuriama spaudimo pulsai, jie išstumiama rašalo „lašus“ iš išstūmoklio. Dydis – nuo 10 iki 150 pikolitrių. Dydis priklauso nuo temperatūros, pulso dažnio, rašalo klampumo (1 pav.) [3].

Taikant FDM technologiją, vietoj „rašalo“ naudojami išlydyti plastiko rutuliukai. Spausdintuvo galvutei judant išstumiamas plonas būsimo objekto sluoksnis, procesas kartojamas daug kartų [4]. Kadangi medžiaga kaitinama ją išstumiant, ji sulimpa su prieš tai buvusiu sluoksniu. Sluoksniai laipsniškai kietėja (2 pav.).

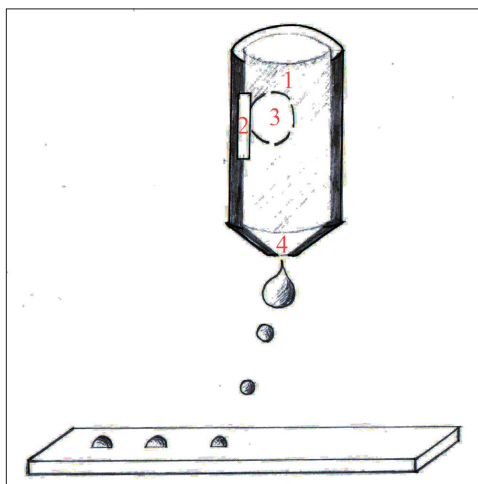
SLS - spausdinimo medžiaga miltelių pavidalo. Lazeris piešia objekto figūrą milteliuose, juos kaitindamas. Karto-

jama pasluoksniui, kiekvienas sluoksnius dedamas aukščiau prieš tai buvusio. Procesas kartojamas, kol baigiamas objektas (3 pav.) [5, 6].

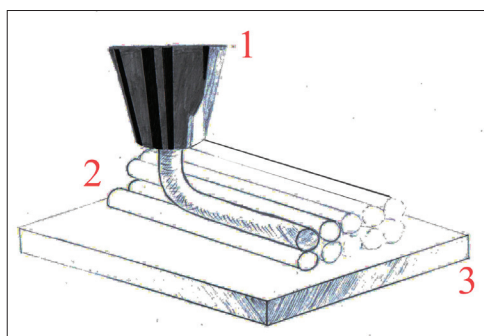
Pastaraisiais metais 3D spausdinimas pradėtas naudoti ir otorinolaringologijoje. Pradėta medicininių implantų, protezų, edukacinių modelių gamyba pagal realių pacientų duomenis. Taip pat audinių ir organų gamyba, farmaciniai tyrimai [3-7].

Anatominiai modeliai. 3D spaudinimu sukuriama tikslūs anatomiciniai modeliai pagal individualią organo struktūrą. Modeliai gaminami pagal konkretaus paciento kompiuterinės tomografijos (KT) ir magnetinio rezonanso tyrimo (MRT) vaizdus [7-9]. Gaminiai iš dalies skaidrūs, pagaminti iš mažai

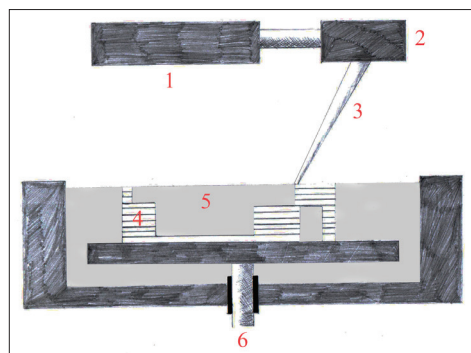
kainuojančios akrilo dervos ar polivilalkoholio medžiagų, kurių sudėtyje yra vandens ir jų tekstūra yra panaši į gyvus audinius, sukuriančius tikros chirurginės operacijos vaizdą. Jie – ekonomiškai, aiškios struktūros – galimi be šalutinių ligų, juos galima naudoti neribotą kartų kiekį. Pavyzdžiui, mokslininkų sukurti nosies, sinusų ir kaukolės pamato modeliai naudojami endoskopinių operacijų treniravimuisi [7, 10-12]. Otorinolaringologijos rezidentai turi galimybę išmokti tikslią operacijos techniką, atskirti simuliacinėse operacijose tokias svarbias anatomines struktūras kaip antai pleištinį antį, vidinę miego arteriją, regos nervą, turkišką balną ir pakylą. [10-12]. O sukurti smilkinkaulio modeliai įgalina įsisavinti visų ausies dalių anatomiją, detalai įvertinti klausos kauliukų – plaktuko, priekalo ir kilpos topografinę anatomiją, ovalųjį langą, speninę ataugą, pusratinius sraigės kanalus bei



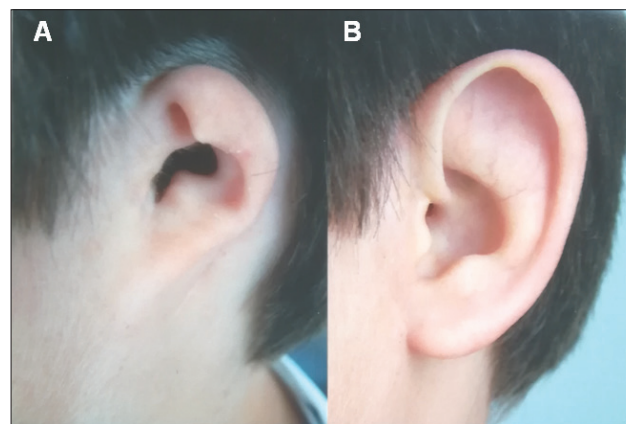
1 pav. Bekontaktės technikos (TIP) spausdinimo schema: 1 - rašalas, 2 - rezistorius, 3 - burbulas, 4 - purkštukas. Iliustracija: Nauris Laukaitis



2 pav. FDM spausdinimo schema, kai vietoje "rašalo" naudojami išlydyti plastiko rutuliukai: 1 – purkštukas, išskiriantis išlydytą plastiką, 2 – nusėdusi medžiaga (sumodeliuota dalis), 3 – kontroliuojamas kilnojamas stovas. Iliustracija: Nauris Laukaitis



3 pav. Stereolitografijos prietaisas, 1 – lazeris, 2 – skenavimo sistema, 3 – lazerio spindulys, 4 – sukietėjusi medžiaga, 5 – skysta medžiaga, 6 – platforma ir stūmoklis. Iliustracija: Nauris Laukaitis



4 pav. Trimačiu spausdintuvu pagamintas ausies kaušelio protezas. A: kairio ausies kaušelio defektas; B – atkurtas ausies kaušelis, atsižvelgiant į sveiką ausį (modelis iš Georgy G. Gion kompanijos medicalartprosthetics.com pavyzdžių)

identifikuoti veidinio nervo kanalo eigą [13]. Neseniai buvo sukurti modeliai, skirti nosies tamponados praktikavimuisi. Tokie modeliai sujungti su hidrauline sistema, todėl galima stebėti priekines ir užpakalines etmoidines arterijas, stabdyti kraujavimą iš užpakalinės nosies dalies, pavyzdžiui, iš *a. sphenopalatina* ir priekinės dalies kraujavimą – iš Kiesselbach rezginio [14]. Taip pat 3D modelių naudojimas padeda pacientams geriau suprasti patologijas, būsimas operacijas ir jų rezultatus. Pagerėja bendradarbiavimas tarp gydytojo ir paciento [15].

Otologija. 3D spausdinimas svarbus klausos atkūrimui. Apie 60 proc. lėtinųjų vidurinės ausies ligų yra susiję su klausos kauliukų defektais, kurie lemia kondukcinį klausos sutrikimą [7]. Klausai grąžinti, esant indikacijų, galima naudoti klausos kauliukų protezus, kurie geresni už įprastus, plastiškesni, ilgaamžiai, stabilesni, individualiai sukurti kiekvienam ligos atvejui [16-18]. 3D spausdinimą taip pat galima panaudoti klausos reabilitacijoje. Yra du pagrindiniai orinio laidumo šiuolaikinių klausos aparatų tipai: užausiniai ir įausiniai (kanaliniai). Pastarieji yra efektyvesni, tačiau ir brangesni, kadangi individualiai pritaikyti pagal paciento ausies landą [7, 19]. Šiandien pasaulyje yra daugiau nei dešimt milijonų 3D spausdintuvu pagamintų klausos aparatų, kurie yra patogesni ir pigesni nei naudojant įprastą gaminimo technologiją [19-21].

Lėtinis vidurinės ausies uždegimas esti labai dažna patologija, kasmet paliečianti apie 30 mln. pacientų, iš kurių daliai pasireiškia būgnelio perforacijos, reikalingos chirurginės intervencijos. Šiandien perforacijos uždarymui dažniausiai naudojama *m. temporalis* fascija ar ausies kaušelio kremzlė [7]. Nors dažniausiai toks gydymas efektyvus, dėl šių audinių, ypač fascijos struktūros, būdingų defektų, pasitaiko reperforacijų. Daugiasluoksnis būgnelio lopas, sukurtas naudojant trimatį spausdinimą, gali pašalinti būgnelio plastikos naudojant *m. temporalis* fasciją trūkumus ir pagerinti operacijos baigtis [22]. Kozin ir bendraautorių tyrimas atskleidė, kad trimačiu spausdinimu sukurtas būgnelio lopas turi panašias į *m. temporalis* fasciją akustines savybes, o jo mechaninės savybės yra geresnės už fascijos – sukurtas būgnelio lopas yra stipresnis ir atsparesnis deformacijoms [22]. Buvo atlikti tyrimai su šinšilomis ir 3D spausdintuvu sukurtais būgnelio lopais, naudojant fibroblastus ir epiderminius augimo faktorius [23]. Rezultatai parodė, jog visų gyvūnų gijimas sklandus, geros klausos galimybės. Remiantis šiais rezultatais galima tikėtis ateityje 3D spausdinimo pritaikymo būgnelio perforacijų gydyme.

Šią naują technologiją galima panaudoti ir išorinės ausies rekonstrukcijai (4 pav.) [24, 25]. Apžvelgus užsienio literatūrą, rasta, jog yra trys pacientai, kuriems buvo atstatytas išorinės ausies vaizdas naudojant 3D technologijas. Pagal

esamą išorinę ausį sukurtas tokios pačios struktūros, spalvos, dizaino implantas.

Rinologija. 3D spausdinimas taip pat svarbus rinologijoje, pirmiausia gydant nosies defektus ir nosies pertvaros perforacijas [26]. Pagal KT vaizdus sukuriamas virtualus trūkstamos dalies brėžinys ir pagal jį sukuriamas silikoninis protezas. Protezas gali būti didelis, nelygiais kraštais, atitinkantis perforaciją [27]. Literatūroje aprašomi mokslininkų rezultatai – geri, nepriklausantys nuo chirurgo patirties. Buvo atlikti tyrimai su triušiais, kuomet buvo panaudoti 3D spausdintuvo atspausdinti nosies pertvaros implantai, į kuriuos įsodinti chondrocitai bei fibrinas [28]. Po trijų mėnesių stebėtas teigiamas efektas, nekilo uždegiminių reakcijų.

Taip pat 3D spausdinimu buvo sukurti apatinio žandikaulio implantai. Pirminis buvo įsodintas 83 metų vyrui, sergančiam apatinio žandikaulio osteomielitu, antrasis – 29 metų vyrui, patyrusiam motociklo avariją [29]. Be to, SLS spausdintuvu buvo sukurtas titaninis implantas vyrui, sergančiam ameloblastoma. Praėjus vieneriems metams, nustatyti geri gijimo rezultatai – gera žandikaulio funkcija, veido simetriškumas [7]. Paskelbti pirmieji duomenys apie onkologinių pacientų, sergančių sinusų vėžiu, kuriems atlikta abipusė maksilektomija, pooperacinę gomurio defektų rekonstrukciją trimačiu spausdintuvu sukurtais protezais [25, 30].

Laringologija. 3D spausdinimu galima atkurti trachėjos defektus [31]. Tracheomalacija – dažna liga naujagimystėje, sukelianti sunkiai gydomą kvėpavimo nepakankamumą. JAV keliems kūdikiams buvo atspausdinti trachėjos-bronchų įtvarai [32, 33]. KT tyrimų metu buvo nuskenotos tikslios trachėjų formos ir pagal juos sukurti kompiuteriniai tuščiaiduriai įtvarai SLS spausdintuvu iš polikaprolaktono. Gaminant įtvarus buvo atsižvelgta ne tik į tai, kad jie būtų lankstūs ir jais galėtų judėti oras, bet ir kad atitiktų kiekvieno berniuko augimo greitį, galėtų temptis. Praėjus metams pooperacinių komplikacijų nebuvo registruota [7, 25]. Žvelgiant į ateitį, tai galėtų būti puikus gydymo būdas onkologiniams pacientams, esant ūmioms būklėms, pavyzdžiui, gerklų stenozei, nereikalaujantis papildomos imunosupresijos, sumažinantis infekcijos riziką.

Naujausia sisteminė 3D spausdinimo medicinoje klinikinio veiksmingumo analizė, apėmusi laikotarpį iki 2017 metų sausio mėnesio ir išanalizavusi 350 atrinktų tyrimų duomenis, parodė, kad visose medicinos srityse trimatis spausdinimas buvo efektyvus [34]. Daugiausia tyrimų atlikta burnos ir veido ir žandikaulių chirurgijos srityse (58,3 proc. visų tyrimų), toliau sekė raumenų ir kaulų sistemos tyrimai [23, 7 proc.]. Tačiau autoriai pabrėžė, kad trūksta gero dizaino, aukšto įrodymų lygio tyrimų, kurie tinkamai pagrįstų trimačių printerių platesnį naudojimą medicinoje.

Viena iš ateities vizijų būtų sukurti gerai funkcionuojančius organus, o tai dar nepavyksta dėl organų kraujotakos subtilybių, galimybių spausdinti organų dalis tik iš vienos medžiagos, nemaišant skirtingų medžiagų. Išsprendus šias problemas, tikimasi gerų baigčių ne tik otorinolaringologijoje, bet ir visoje medicinoje, naudojant 3D spausdinimą organų gamyboje ir implantavime.

Išvados

1. Šiandien trijų dimensijų spausdinimas otorinolaringologijoje naudojamas kuriant anatominius edukacinius modelius, planuojant sudėtingas operacijas bei individualių protezų ir implantų gamybą.

2. Mokomieji anatominiai ir operaciniai modeliai įgalina geresnę struktūrų vaizdinimą, gerina topografijos suvokimą; jų pagalba galima išmokyti naujų operacijų, treniruoti chirurginius įgūdžius, numatyti galimas operacijos rizikas ir išmokyti jas spręsti taip gerinant pacientų gydymo kokybę.

3. Priešoperacinis individualių modelių sukūrimas padeda planuoti būsimas sudėtingas operacijas, ypač onkologijoje, ir išvengti svarbių struktūrų pažeidimo operacijos metu.

4. Iki šiolei didelė dalis klinikinio pritaikymo tyrimų panaudojant rekonstrukcinius lopus, protezus ar implantus atlikti su gyvūnais ir tik nedaugelis yra pritaikyti tikriems pacientams. Todėl ateityje reikia gero dizaino klinikinio tyrimų, kurie pagrįstų trimačio audinių spausdinimo klinikinę ir ekonominę naudą.

Literatūra

1. Miller DT, Nye JS, editors. *Defense 2045: Assessing the future security environment and implications for defense policymakers*. CSIS Reports. Washington: Rowman & Littlefield 2015; 24-28.
2. Liaw CY, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication* 2017; 9(2):024102. <https://doi.org/10.1088/1758-5090/aa7279>
3. Cui X, Boland T, D'Lima DD, Lotz MK. Thermal inkjet printing in tissue engineering and regenerative medicine. *Recent Pat Drug Deliv Formul* 2012;6(2):149-55. <https://doi.org/10.2174/187221112800672949>
4. Marro A, Bandukwala T, Mak W. Three-dimensional printing and medical imaging: a review of the methods and applications. *Curr Probl Diagn Radiol* 2016; 45(1):2-9. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.07.009>
5. Mazzoli A. Selective laser sintering in biomedical engineering. *Med Biol Eng Comput* 2013;51(3):245-56. <https://doi.org/10.1007/s11517-012-1001-x>
6. Shirazi SF, Gharehkhani S, Mehrali M, Yarmand H, Metselaar HS, Adib Kadri N. et al. A review on powder-based additive manufacturing for tissue engineering: selective lasersintering

and inkjet 3D printing. *Sci Technol Adv Mater* 2015;16(3): 033502.

<https://doi.org/10.1088/1468-6996/16/3/033502>

7. Zhong N, Zhao X. 3D printing for clinical application in otorhinolaryngology. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274(12):4079-89. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4743-0>
8. Owusu JA, Boahene K. Update of patient-specific maxillofacial, implant. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2015; 23(4):261-64. <https://doi.org/10.1097/MOO.000000000000175>
9. Zadpoor AA. Design for additive bio-manufacturing: from patient-specific medical devices to rationally designed biomaterials. *Int J Mol Sci* 2017;18(8):1607. <https://doi.org/10.3390/ijms18081607>
10. Chan HH, Siewerdsen JH, Vescan A, Daly MJ, Prisman E, Irish JC. 3D rapid prototyping for otolaryngology-head and neck surgery: applications in image-guidance, surgical simulation and patient-specific modeling. *PLoS One* 2015;10(9):e0136370. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136370>
11. Nogueira Júnior JF, Cruz DN. Real models and virtual simulators in otolaryngology: review of literature. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010;76(1):129-35.
12. Chen G, Ling F. A new plastic model of endoscopic technique training for endonasal transsphenoidal pituitary surgery. *Chin Med J (Engl)* 2010;123(18):2576-79.
13. Cohen J, Reyes SA. Creation of a 3D printed temporal bone model from clinical CT data. *Am J Otolaryngol* 2015;36(5):619-24. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2015.02.012>
14. Chiesa Estomba CM, González Fernández I, Iglesias Otero MI. How we do it: anterior and posterior nosebleed trainer, the 3D printing epistaxis project. *Clin Otolaryngol* 2018;43(2):765-66. <https://doi.org/10.1111/coa.12711>
15. Sander IM, Liepert TT, Doney EL, Leevy WM, Liepert DR. Patient education for endoscopic sinus surgery: preliminary experience using 3D printed clinical imaging data. *J Funct Biomater* 2017; 8(2). pii: E13. <https://doi.org/10.3390/jfb8020013>
16. Kuru I, Maier H, Müller M, Lenarz T, Lueth TC. A 3D-printed functioning anatomical human middle ear model. *Hear Res* 2016;340:204-13. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.12.025>
17. Hirsch JD, Vincent RL, Eisenman DJ. Surgical reconstruction of the ossicular chain with custom 3D printed ossicular prosthesis. *3D Print Med* 2017;3(1):7.
18. Kamrava B, Gerstenhaber JA, Amin M, Har-El YE, Roehm PC. Preliminary model for the design of a custom middle ear prosthesis. *Otol Neurotol* 2017;38(6):839-45. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001403>
19. Tognola G, Parazzini M, Svelto C, Galli M, Ravazzani P,

- Grandori F. Design of hearing aid shells by three dimensional laser scanning and mesh reconstruction. *J Biomed Opt* 2004;9(4):835-43.
<https://doi.org/10.1117/1.1756595>
20. Pai I, Rojas P, Jiang D, Obholzer R, Coward T. The use of 3D printed external and internal templates for Bonebridge implantation - technical note. *Clin Otolaryngol* 2017;42(5):1118-120.
<https://doi.org/10.1111/coa.12599>
21. Mukherjee P, Cheng K3, Flanagan S, Greenberg S. Utility of 3D printed temporal bones in pre-surgical planning for complex Bonebridge cases. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274(8):3021-28.
<https://doi.org/10.1007/s00405-017-4618-4>
22. Kozin ED, Black NL, Cheng JT, Cotler MJ, McKenna MJ, Lee DJ. et al. Design, fabrication, and in vitro testing of novel three-dimensionally printed tympanic membrane grafts. *Hear Res* 2016;340:191-203.
<https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.03.005>
23. Kuo CY, Wilson E, Fuson A, Gandhi N, Monfaredi R, Jenkins A. et al. Repair of tympanic membrane perforations with customized bioprinted ear grafts using chinchilla models. *Tissue Eng Part A* 2018;24(5-6):527-35.
<https://doi.org/10.1089/ten.tea.2017.0246>
24. Bos EJ, Scholten T, Song Y, Verlinden JC, Wolff J, Forouzanfar T. et al. Developing a parametric ear model for auricular reconstruction: a new step towards patient-specific implants. *J Craniomaxillofac Surg* 2015;43(3):390-5.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2014.12.016>
25. Crafts TD, Ellsperman SE, Wannemuehler TJ, Bellicchi TD, Shipchandler TZ, Mantravadi AV. Three dimensional printing and its applications in otorhinolaryngology-head and neck surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;156(6):999-1010.
<https://doi.org/10.1177/0194599816678372>
26. Onerci Altunay Z, Bly JA, Edwards PK, Holmes DR, Hamilton GS, O'Brien EK. et al. Three dimensional printing of large nasal septal perforations for optimal prosthetic closure. *Am J Rhinol Allergy* 2016; 30(4):287-93.
<https://doi.org/10.2500/ajra.2016.30.4324>
27. Choi YD, Kim Y, Park E. Patient-specific augmentation rhinoplasty using a three dimensional simulation program and three dimensional printing. *Aesthet Surg J* 2017;37(9):988-98.
<https://doi.org/10.1093/asj/sjx046>
28. Kim YS, Shin YS, Park DY, Choi JW, Park JK, Kim DH. et al. The application of three-dimensional printing in animal model of augmentation rhinoplasty. *Ann Biomed Eng* 2015; 43(9):2153-162.
<https://doi.org/10.1007/s10439-015-1261-3>
29. World's first patient- specific jaw implant [Internet] [Žiūrėta 2018 spalio 30]. Available from: [http:// www.layerwisecom/the-worldsfirst-patient-specific-am-lower-jaw](http://www.layerwisecom/the-worldsfirst-patient-specific-am-lower-jaw).
30. Tasopoulos T, Kouveliotis G, Polyzois G2, Karathanasi V. Fabrication of a 3D printing definitive obturator prosthesis: a clinical report. *Acta Stomatol Croat* 2017; 51(1):53-58.
<https://doi.org/10.15644/asc51/1/7>
31. Kaye R, Goldstein T, Aronowitz D, Grande DA, Zeltsman D, Smith LP. Ex vivo tracheomalacia model with 3D printed external tracheal splint. *Laryngoscope* 2017;127(4):950-55.
<https://doi.org/10.1002/lary.26213>
32. Kaye R, Goldstein T, Zeltsman D, Grande DA, Smith LP. Three dimensional printing: a review on the utility within medicine and otolaryngology. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2016; 89:145-48.
<https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.08.007>
33. Robert J. Morrison, Scott J. Hollister, Matthew F. Niedner. et al. Mitigation of tracheobronchomalacia with 3D printed personalized medical devices in pediatric patients. *Sci Transl Med* 2015;7(285):285ra64.
<https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3010825>
34. Diment LE, Thompson MS, Bergmann JHM. Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review. *BMJ Open* 2017;7(12):e016891.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016891>

THE PERSPECTIVES OF THREE DIMENSIONAL PRINTING IN OTORHINOLARYNGOLOGY

N.Šiupšinskienė, A.Laukaitienė, U.Norkutė-Macijauskė, S.Norkienė

Key words: three dimensional printing, additive manufacturing, otorhinolaryngology.

Summary

Three dimensional 3D printing, also known as Additive Manufacturing (AM), refers to processes used to create a three dimensional objects'. Objects can be of almost any shape or geometry and typically are produced using digital model data from a 3D model or another electronic data source, when layers are composed of different shapes. Although this technology appeared in the middle of the nine decade of the 20th century until the second decade of the 21st century, such printers were used exclusively for commercial purposes. This paper provides an literature overview of the types of three dimensional printing, and the possibilities of using it in otorhinolaryngology.

Correspondence to: norai_s@yahoo.com

Gauta 2018-11-26