

ERGONOMSKE VODILICE U DENTALNOJ IMPLANTOLOGIJI

ERGONOMIC GUIDES IN DENTAL IMPLANTOLOGY

Nikola Šimunić¹, Tanja Jurčević Lulić²

¹ Veleučilište u Karlovcu, Trg J.J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac, Hrvatska, nsimunic@vuka.hr

² Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, 10000 Zagreb, Hrvatska, tjurcevic@fsb.hr

Sažetak: Posljednjih nekoliko godina u dentalnoj implantologiji razvijen je sustav dentalnih vodilica (engl. dental guides) za postavljanje implantata. Istraživanja pokazuju da upotreba dentalnih vodilica pozitivno utječe na točnost postavljanja implantata. U praksi je ujedno utvrđeno da još uvijek postoje znatna odstupanja pri korištenju dentalnih vodilica. Brojni su faktori koji utječu na točnost postavljanja implantata poput anatomije pacijenta, snimke računalne tomografije, iskustva kirurga, stabilnosti vodilica na tkivu pacijenta i sl.

U okviru ovog članka opisana je problematika postavljanja dentalnih implantata pomoću vodilica te je napravljen sistematični pregled istraživanja u području dentalne implantologije sa osvrtom na faktore koji utječu na točnost postavljanja implantata.

Ključne riječi: dentalna implantologija, dentalne vodilice, točnost

Abstract: In the last few years, dental implantology has developed a dental guides system for implant placement. Research has shown that the use of dental guides positively affects the accuracy of implant placement. In practice, it has also been found that there are still significant deviations in the use of dental guides. There are many factors that affect the accuracy of implant placement such as patient anatomy, computer tomography recordings, surgeon's experience, stability of the guide on patient's tissue, etc.

In this paper, the problem of dental implants positioning by means of a guide is described and a systematic overview of research in dental implantology is carried out with a review of the factors affecting implant positioning.

Keywords: dental implantology, dental guides, accuracy.

1. UVOD

Napredne 3D tehnologije u posljednjih nekoliko godina počele su se intenzivno primjenjivati u području medicinske protetike [1, 2]. U člancima [2, 3, 4] navedena su mnogobrojna istraživanja iz različitih područja medicine koja pokazuju da planiranje operacije na temelju podataka dobivenih računalnom tomografijom i upotreba pacijentu prilagođenih kirurških vodilica (engl. *surgical guides*) pozitivno utječu na točnost kod postavljanja implantata. Točno postavljanje vijka u kost postaje izuzetno važno kad

postanemo svjesni da ljudska anatomska građa tj. spletovi krvnih žila i živaca slijede neke generalizirane putanje, ali su opet kod svakog pojedinca specifični. Naime, implantat se mora postaviti na mjesto koje ima dovoljnu količinu kompaktne kosti kako bi se mogao pričvrstiti, mora biti dovoljno udaljen od ostalih korijena zuba, mora izbjeći sve živce i krvne žile.

Kirurške vodilice su konstruirane na način da naliježu na tkivo i savršeno odgovaraju anatomiji pacijenta kako bi se plan operacije lako mogao prenijeti s računala u operacijsku salu. Glavni zadatak medicinskih vodilica je osigurati planirane putanje za rezanje ili bušenje kod izvođenja operacije te za usmjereno (navođeno) pričvršćivanje implantata. U ovom slučaju, pažnja je pretežno usmjerena na primjenu medicinskih vodilica u dentalne svrhe, tj. vodilice koje se koriste u dentalnoj implantologiji.

2. DENTALNE VODILICE

Dentalni implantati služe kao nadomjestak u slučaju dentalne traume kao što je gubitak najmanje jednog zuba, a najviše cjelokupnog zubnog luka u pacijenta. Dentalni nadomjestak najčešće ima nekoliko dijelova kao što su vijak (implantat u kosti), podložak za korigiranje nagiba i porculanska kruna. Kako bi se donekle eliminirao ljudski faktor kod ručnog postavljanja implantata (vijka) razvijen je sustav dentalnih vodilica (engl. *dental guides*) koje osiguravaju točnije pozicioniranje, smanjuju traumu (engl. *flapless surgery*) i omogućuju da i stomatolozi (kliničari) koji nemaju puno iskustva mogu sa određenom dozom sigurnosti postaviti dentalni implantat.

Kako dentalne vodilice prilikom operacije naliježu na anatomiju pacijenta možemo ih podijeliti u tri glavne skupine [5, 6] (Slika 1):

- a) Vodilice koje za potporu koriste kost (engl. *bone-supported*),
- b) Vodilice koje za potporu koriste meko tkivo (sluznicu) (engl. *mucosa-supported*),
- c) Vodilice koje za potporu koriste zube (engl. *tooth-supported*).



Slika 1: Tri glavne skupine dentalnih vodilica

Općeniti postupak izrade i primjene dentalnih vodilica opisan je u nastavku [6]:

- Digitalizacija unutarnje anatomske građe pacijenta pomoću računalne tomografije,
- Digitalizacija geometrije vanjske anatomije pacijenta pomoću 3D skenera,
- Poklapanje vanjske i unutarnje anatomije pomoću markera ili „best fit“ metodom,
- Planiranje pozicija i orijentacije implantata,
- Konstruiranje dentalne vodilice za pozicioniranje implantata,
- Izrada dentalne vodilice na uređaju za aditivnu proizvodnju,
- Primjena.

Kako je prije navedeno, dentalne vodilice pozitivno utječu na točnost u odnosu na ručni postupak, ali još uvijek postoji mogućnost odstupanja od planiranog. U istraživanju [7] navodi se kako još uvijek nisu poznata odstupanja svih tehničkih parametara pri izradi dentalnih vodilica što u konačnici rezultira ukupnim odstupanjem do $\pm 2\text{mm}$. Ovaj podatak odnosi se općenito na sve vrste dentalnih vodilica, a ako se kao oslonac dentalnih vodilica uzima kruta površina (zubi), njegov iznos je manji.

3. PREGLED UTJECAJNIH FAKTORA

Brojne studije [6 - 11] pokazuju da primjena dentalnih vodilica poboljšava točnost kod postavljanja implantata, ali postojeće razvijene procedure još uvijek nisu savršene i uzrokuju odstupanja od planiranog. Istraživanje [7] navodi kako su kod komercijalnih sustava pronađena ujedno i značajna odstupanja između planiranih pozicija implantata i onih ostvarenih. Također, neka istraživanja [12] kod dentalnih vodilica koje se oslanjaju na zube i sluznicu navode točnost pozicioniranja u tolerancijama do $\pm 0,5\text{mm}$ što se smatra zadovoljavajućim ishodom. Pregledom literature može se jedino zaključiti kako postoje različiti rezultati o ostvarenoj točnosti pozicioniranja implantata u znanstvenoj zajednici te je potrebno zasebno promatrati svaki segment postupka postavljanja implantata kako bi se razlučili značajno utjecajni faktori.

U nastavku su detaljnije opisani i navedeni parametri koji utječu na točnost postavljanja implantata pomoću dentalnih vodilica te je dan pregled dosadašnjih istraživanja prema parametru utjecaja [13].

3.1 Anatomska građa pacijenta

U literaturi [14, 15] se navodi kako debljina sluznice i gustoća kosti mogu imati utjecaj na točnost pozicioniranja implantata. Navodi se kako sa povećanjem debljine sluznice dolazi do smanjenja točnosti. Isto tako kod kostiju s manjom gustoćom implantati su postavljeni dublje od planiranog i obrnuto. Navodi se kako ne postoji značajna razlika između gornje čeljusti (maxille) i donje čeljusti (mandibule). U Istraživanju [14] se ujedno navodi pristupačnost anatomiji kod operacije kao moguć važni utjecaj.

3.2 Digitalizacija vanjske i unutarnje anatomije

Snimanje unutarnje anatomije pacijenta u dentalne svrhe vrši se pomoću CT ili CBCT uređaja. Istraživanje [14] navodi pomicanje pacijenta za vrijeme CT snimanja kao moguć utjecajni faktor kod točnog postavljanja implantata. U Literaturi [16] navedeno je da se pomoću CT uređaja mogu dobiti preciznije snimke za razliku od CBCT uređaja. Isto tako, kao važan utjecajni faktor navodi se veličina pogreške kod poklapanja snimaka (engl. *image registration error*) vanjske i unutarnje geometrije [17]. Istraživanje [18] navodi iznose i veličine pogrešaka zbog segmentacije slike (izrada 3d modela na temelju računalne tomografije), kliničara i same registracije (poklapanje snimke vanjske i unutarnje geometrije). U članku [19] navodi se preciznost segmentacije slike za različite CBCT uređaje. Ujedno se navodi na kojim mjestima anatomije (zubima) se pojavljuju netočnosti pri segmentaciji i kreiranju 3d modela. Digitalizacija vanjske anatomije vrši se pomoću 3d skeniranja odljevka anatomske građe pacijenta ili direktno oralnim 3d skenerom. Brojna istraživanja navode točnost i usporedbe točnosti između dvije od navedenih metoda [20, 21,

22]. Ujedno jedna studija [20] navodi i pozicije na zubima (pretkutnjaci i kutnjaci) gdje se nalaze najveće razlike u snimkama između digitalizacije odljevka i direktnog intraoralnog 3d snimka.

3.3 Tehnologija izrade dentalnih vodilica

Dentalne vodilice najčešće se zbog složenosti proizvode postupcima aditivne proizvodnje, ali su dokumentirani i slučajevi gdje su proizvedene ručnim postupkom ili CNC obradom [23, 24, 25]. Pri korištenju postupaka aditivne proizvodnje najčešće se koristi stereolitografija (SLA). Dokumentirana točnost izrade je do 50 μm (specifikacija proizvođača). Nije pronađena literatura u kojoj se navodi geometrijska točnost gotovih dentalnih vodilica te na koji način slojevita izrada utječe na njihovu geometriju.

3.4 Stabilnost vodilica na anatomiji pacijenta

Pod stabilnošću dentalnih vodilica smatra se pozicioniranje vodilice na anatomiji pacijenta na način da se onemogućiti bilo kakvi pomak (klizanje ili poskakivanje) za vrijeme operacije. Iako brojna istraživanja [7, 14, 26, 27] podrazumijevaju stabilnost vodilica na anatomiji, ona se ne provjerava te se javljaju pogreške. Generalno se smatra da ako vodilice savršeno odgovaraju anatomiji da su i apsolutno stabilne, što nije uvijek slučaj. U preglednom radu [7] navodi se kako su detektirane netočnosti povezane s lošim oslanjanjem vodilica na zube ili nedostatkom stabilnosti pri oslanjanju na tkivo. U [14] se navodi kako se devijacije događaju zbog nestabilnosti vodilica za vrijeme bušenja. Stabilnost vodilica možemo direktno povezati s ostalim utjecajnim parametrima, a neki od njih su: anatomija pacijenta, postupci digitalizacije, tehnologija izrade i naravno primjena od strane kirurga. Pod stabilnost vodilica može se svesti i deformiranje dentalnih vodilica prilikom upotrebe što može negativno utjecati na točnost. Ovakve studije nisu pronađene, ali postoje naznake da su ovakve informacije potrebne kako bi se utjecaji kirurga i/ili pacijenta na vodilice mogli isključiti [7].

3.5 Iskustvo kliničara

Postoje brojne studije koje pokušavaju povezati iskustvo kirurga sa upotrebom dentalnih vodilica. Istraživanje [28] navodi podatke o točnosti čisto ručnog bušenja kosti pod određenim kutom bez navođenja ($\pm 4^\circ$). Studije [29, 30] iznose zaključke da veće iskustvo kliničara doprinosi točnijem postavljanju implantata, dok istraživanje [31] navodi kako iskustvo kirurga nema nikakvog značajnog utjecaja na točnost postavljanja implantata. Zaključak je da u znanstvenoj zajednici postoje oprečna stajališta, ali činjenica je da bi primjenom dentalnih vodilica ljudski faktor trebao biti eliminiran.

4. ZAKLJUČAK

Dakle, pretraživanjem literature utvrđeno je da kod primjene dentalnih vodilica još uvijek dolazi do odstupanja koja utječu na točnost ugradnje implantata. Okvirni ciljevi budućih područja istraživanja mogu se podijeliti u nekoliko područja. Prvi segment obuhvaća proučavanje parametara koji utječu na pozicioniranje vodilica na anatomiji pacijenta kao što su: oblik i građa tkiva pacijenta, postupci digitalizacije anatomije, tehnologija izrade, iskustvo kirurga i sl. Potrebno je utvrditi pouzdanost (točnost) svakog koraka te dati

preporuke za poboljšanja procedure postavljanja dentalnih implantata pomoću vodilica. Nastavno u drugoj fazi mogu se promatrati postojeći matematički modeli stabilnosti, s ciljem izvođenja novih modela za predikciju stabilnosti. Navedeno bi trebalo dati podlogu za ispunjenje glavnog cilja, a to je unaprjeđenje dizajna vodilica s obzirom na maksimalnu moguću točnost pri ugradnji implantata.

LITERATURA

- [1] Tetsworth, K.; Block, S.; Glatt, V.: Putting 3D modelling and 3D printing into practice: virtual surgery and preoperative planning to reconstruct complex post-traumatic skeletal deformities and defects. *SICOT Journal*. (2017), doi: 10.1051/sicotj/2016043.
- [2] Tack, P.; Victor, J.; Gemmel, P.; Annemans, L.: 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomedical Engineering Online*. (2016), doi: 10.1186/s12938-016-0236-4.
- [3] Dahake, SW.; et al.: Applications of medical rapid prototyping assisted customized surgical guides in complex surgeries. *Rapid Prototyping Journal*. (2016), pp. 934-946. doi: 10.1108/RPJ-02-2015-0021
- [4] Popescu, D.; Laptoiu, D.: Rapid prototyping for patient-specific surgical orthopaedics guides: A systematic literature review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. (2016), doi: 10.1177/0954411916636919.
- [5] Ramasamy, M.; Giri, Raja, R.; Subramonian; Karthik; Narendrakumar, R.: Implant surgical guides: From the past to the present. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. (2013), pp. 90-102. doi: 10.4103/0975-7406.113306.
- [6] Turbush, SK.; Turkyilmaz, I.: Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: an in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, (2012), pp.181-8, ISSN1600-051X. doi: 10.1016/S0022-3913(12)60145-0.
- [7] D'haese, J.; Van De Velde, T.; Komiyama, A.; Hultin, M.; De Bruyn, H.: Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. (2012), pp. 321-35. doi: 10.1111/j.1708-8208.2010.00275.x.
- [8] Ersoy, AE.; Turkyilmaz, I.; Ozan, O.; McGlumphy, EA.: Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *Journal of Periodontology*. (2008), pp. 1339-45. doi: 10.1902/jop.2008.080059
- [9] Cristache, CM.; Gurbanescu, S.: Accuracy Evaluation of a Stereolithographic Surgical Template for Dental Implant Insertion Using 3D Superimposition Protocol. *International Journal of Dentistry*. (2017), doi: 10.1155/2017/4292081.
- [10] Neumeister, A.; Schulz, L.; Glodecki, C.: Investigations on the accuracy of 3D-printed drill guides for dental implantology. *International Journal of Computerized Dentistry*. (2017), pp.35-51.
- [11] Verstraete, MA.; et al.: 3D printed guides for controlled alignment in biomechanics tests. *Journal of Biomechanics*. (2016), doi: 10.1016/j.jbiomech.2015.12.036.
- [12] Geng, W.; Liu, C.; Su, Y.; Li, J.; Zhou, Y.: Accuracy of different types of computer-aided design/ computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. (2015), pp. 8442-9.
- [13] Jinneng, L.; Guomin, O.: Accuracy of computer-guided implant placement and influencing factors. *West China Journal of Stomatology*. (2017), pp.93-98, doi: 10.7518/hxkq.2017.01.015
- [14] Ochi, M.; Kanazawa, M.; Sato, D.; Kasugai, S.; Hirano, S.; Minakuchi, S.: Factors affecting accuracy of implant placement with mucosa-supported stereolithographic surgical guides in edentulous mandibles. *Computers in Biology and Medicine*. (2013), pp.1653-60. doi:10.1016/j.compbimed.2013.07.029

- [15] D'haese, J.; De Bruyn, H.: Effect of smoking habits on accuracy of implant placement using mucosally supported stereolithographic surgical guides. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. (2013), pp.402-11. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00353.x.
- [16] Widmann, G.; et al.: Cone Beam Computed Tomography vs Multislice Computed Tomography in Computer-Aided Design/Computer-Assisted Manufacture Guided Implant Surgery Based on Three-Dimensional Optical Scanning and Stereolithographic Guides: Does Image Modality Matter? *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. (2016), pp. 527-33. doi: 10.11607/jomi.4222.
- [17] Ketcha, MD.; et al.: Fundamental limits of image registration performance: Effects of image noise and resolution in CT-guided interventions. *Proceedings of SPIE – The International society for Optical Engineering*. (2017), doi: 10.1117/12.2256025.
- [18] Mani, VRS.; Rivazhagan, S.: Survey of Medical Image Registration. *Journal of Biomedical Engineering and Technology*. (2013), pp.8-25. doi: 10.12691/jbet-1-2-1
- [19] Eijnatten, VM.; et al.: Influence of CT parameters on STL model accuracy. *Rapid Prototyping Journal*. (2017), pp.678-685. doi: 10.1108/RPJ-07-2015-0092
- [20] Rhee, YK.; Huh, YH.;, Cho, LR.; Park, CJ.: Comparison of intraoral scanning and conventional impression techniques using 3-dimensional superimposition. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. (2015), pp. 460-7, doi: 10.4047/jap.2015.7.6.460.
- [21] Kuo, RF. et al.: Digital Morphology Comparisons between Models of Conventional Intraoral Casting and Digital Rapid Prototyping. *5th International Conference on Biomedical Engineering in Vietnam*. (2015), IFMBE Proceedings, vol 46. Springer.
- [22] Richert, R.: Intraoral Scanner Technologies: A review to make a successful impresion. *Journal of Healthcare Engineering*. (2017), doi: 10.1155/2017/8427595.
- [23] Ritter, L.; Palmer, J.; Bindl, A.; Irsen, S.; Cizek, J.; Karapetian, VE.; Zöllner, JE.: Accuracy of chairside-milled CAD/CAM drill guides for dental implants. *International Journal of Computerized Dentistry*. (2014), pp.115-24. doi: org/10.5167/uzh-106147.
- [24] Dawood, A.; Marti Marti, B.; Sauret-Jackson, V.; Darwood, A.: 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*. (2015), pp. 521-9. doi: 10.1038/sj.bdj.2015.914.
- [25] Lee, WC.; Huang, CH.; Chung, SC.; Wei, CC.: An efficient and accurate approach for fabricating dental implant surgical guides. *Biomedical materials and Engineering*. (2014), pp. 2689-95. doi: 10.3233/BME-141086.
- [26] Li, H.; Qu, X.; Mao, Y.; Dai, K.; Zhu, Z.: Custom Acetabular Cages Offer Stable Fixation and Improved Hip Scores for Revision THA With Severe Bone Defects. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. (2016), pp. 731-40. doi: 10.1007/s11999-015-4587-0.
- [27] Vercruyssen, M.; Hultin, M.; Van Assche, N.; Svensson, K.; Naert, I.; Quirynen, M.: Guided surgery: accuracy and efficacy. *Periodontology 2000*. (2014), pp.228-46. doi: 10.1111/prd.12046.
- [28] Brioschi, V.; Cook, J.; Arthurs, GI.: Can a surgeon drill accurately at a specified angle? *Veterinary Record Open*. (2016). doi: 10.1136/vetreco-2016-000172
- [29] Cushen, SE.; Turkyilmaz, I.: Impact of operator experience on the accuracy of implant placement with stereolithographic surgical templates: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. (2013), pp.248-54. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60053-0.
- [30] Hinckfuss, S.; Conrad, HJ.; Lin, L.; Lunos, S.; Seong, WJ.: Effect of surgical guide design and surgeon's experience on the accuracy of implant placement. *The Journal of Oral Implantology*. (2012), pp.311-23. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-10-00046.
- [31] Van de Wiele, G.; et al.: The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clinical Oral Implants Research*. (2015), pp.1489-94. doi: 10.1111/clr.12494.
- [32] Van den Broeck, J.; Wirix-Speetjens, R.; Vander Sloten, J.: Preoperative analysis of the stability of fit of a patient-specific surgical guide. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. (2015), pp.38-47, ISSN 1476-8259.
- [33] Mattheijer, J.; Herder, JL.; Tuijthof, GJM.; Valstar, ER.: Docking Robustness of Patient Specific Surgical Guides for Joint Replacement Surgery. *Journal of Mechanical Design*. (2015), ISSN 0161-8458.