Usporedba materijala i tehnologija za dentalne otiske

Stričak, Tena

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:157418

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Tena Stričak

USPOREDBA MATERIJALA I TEHNOLOGIJA ZA DENTALNE OTISKE

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Rad je ostvaren na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

Mentor rada: Davor Illeš, doc. dr. sc., Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Maja Tkalec, mag.edu.hrv.jezika i književnosti i mag. pedagogije
Lektor engleskog jezika: Vladimir Legac, doc. dr. sc. filologije i anglistike

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Davor Illeš
2. prof. dr. sc. Silvana Jukić Krmek
3. prof. dr. sc. Dubravka Knezović-Zlatarić

Datum obrane rada: 21. 09. 2017.

Rad sadrži: 38 stranica
5 tablica
7 slika
1 CD

Sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su doprinos autora diplomskog rada, osim ako nije drugačije navedeno. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Davoru Illešu na stručnoj pomoći, strpljenju i korisnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Posebno zahvaljujem svojim roditeljima, Siniši i Manueli, sestri Liviji, dečku Filipu i prijateljima na ljubavi, potpori i razumijevanju tijekom cijelog studiranja.

Usporedba materijala i tehnologija za dentalne otiske

Sažetak

Konvencionalna metoda otiskivanja podrazumijeva otisak pomoću žlice u koju se aplicira otisni materijal. Napredak tehnologije omogućio je razvoj dentalnih skenera kojima se skenira intraoralno (zubni luk) ili ekstraoralno (otisak ili izliveni model).

Usporedba materijala i tehnologija predmet je brojnih istraživanja čiji su rezultati pokazali da pacijenti bolje prihvaćaju digitalni otisni postupak. Konvencionalni otisni postupci imaju više faza pri uzimanju otiska pa je rizik od nastanka pogrešaka veći i vrijeme izvođenja takvog otiska produženo. Kod digitalnih otisaka postoji mogućnost arhiviranja, a omogućen je i prijenos digitalne slike između ordinacije i laboratorija što olakšava komunikaciju. Dosjed protetskih konstrukcija izrađenih na temelju digitalnog otiska bolji je u odnosu na nadomjeske izrađene konvencionalnim postupkom. Digitalne metode otiskivanja imaju neke nedostatke, a oni se odnose na visoku cijenu nabave i održavanja uređaja, nemogućnost izrade radova za koje je potreban radni model ukoliko se ne posjeduje 3D printer te na potrebnu dodatnu edukaciju doktora i dentalnih tehničara. Također, digitalne metode otiskivanja pokazuju veće lokalne devijacije naspram konvencionalnog načina otiskivanja kada se skenira cijeli zubni luk pa je, pri opsegu većih protetskih radova, precizniji otisak polieterom ili vinilsiloksaneterom. Rezultati usporedbe stolnih skenera, u odnosu na intraoralne, pokazuju da su stolni laboratorijski skeneri precizniji.

Konvencionalne i digitalne otisne tehnike imaju određene prednosti i nedostatke, no u konačnici obje tehnike mogu dati precizni otisak i kvalitetni nadomjestak.

Ključne riječi: dentalni otisni materijali; intraoralni skener; stolni laboratorijski skener; dentalni optički otisci; usporedba

A Comparison of Materials and Technologies for Dental Impressions

Summary

Conventional impression method means taking impression by using a tray in which the impression material is applied. The advancement of technology has enabled the development of dental scanners, with intraoral scans of the dental arch, or an extraoral digital impression of the dental model.

Material and technology comparison has been the subject of many studies and the results have shown that patients prefer digital over the conventional impressions and that the conventional method has more phases in the impression process, so the risk of errors is greater in the conventional than in the digital method and the time required for taking such impression is longer. With digital impressions there is a possibility of archiving and of sending digital images between the clinic and the laboratory what facilitates communication. The prosthetic constructions made on the basis of a digital imprint are better than the constructions made by a conventional method. Digital impression methods have some disadvantages, such as: high cost of the device and its maintenance, the necessity of additional education of doctors and dental technicians, and the inability of making prosthetic replacements that require a model if we do not own a 3D printer. Furthermore, digital impression methods show greater local deviation compared to conventional impressions when scanning an entire dental arch, so the impressions by polyether or vinylsiloxaneter are more accurate than the digital ones. The results of the comparison of laboratory scanners and intraoral ones have shown that lab scanners are more accurate.

Conventional and digital impression methods have certain advantages and disadvantages, but both techniques can ultimately provide accurate impressions and quality dental replacement.

Key words: dental impression materials; intraoral scanner; dental laboratory scanner; optical dental impression; comparison

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OTISNI MATERIJALI 4
2.1. Ireverzibilni hidrokoloidi – alginati 5
2.2. Silikoni adicijskog tipa (polivinilsiloksani) 7
2.3. Silikoni kondenzacijskog tipa 8
2.4. Polieteri 9
2.5. Vinilsiloksaneteri 11
2.6. Usporedba dentalnih otisnih materijala 12
3. TEHNOLOGIJE ZA DENTALNE OTISKE 15
3.1. Intraoralni skeneri 16
3.2. Usporedba intraoralnih skenera 20
3.3. Stolni laboratorijski skeneri 22
4. USPOREDBA KONVENCIONALNIH I DIGITALNIH OTISAKA 24
5. RASPRAVA 27
6. ZAKLJUČAK 30
7. LITERATURA 32
8. ŽIVOTOPIS 37

Popis skraćenica

STL – format datoteke porijeklom iz stereolitografskog CAD softvera (eng. *stereolitography*)

CAD – oblikovanje potpomognuto računalom *(*eng. *Computer Aided Design)*

CAD/CAM **–** oblikovanje potpomognuto računalom / računalno potpomognuta izrada *(*eng. *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)*

npr. – na primjer

tzv. **–** takozvani

3D **–** trodimenzionalni sustav

sur. **–** suradnici

1. UVOD

Dentalno otiskivanje svakodnevni je postupak u ordinaciji dentalne medicine (1). Osim konvencionalnog uzimanja otiska žlicom i otisnim materijalom, razvoj tehnologije omogućio je skeniranje intraoralnih struktura te dobivanje digitalnog otiska (2). Preciznost i točnost otisaka vrlo su poželjne osobine jer omogućuju vjernu reprodukciju intraoralnih individualnih karakteristika koje prenosimo na standardni izliveni ili virtualni model. Dentalne modele, osim za provođenje terapije, koristimo i za dijagnostiku te planiranje terapije (3, 4). Upravo je zbog toga dimenzijska točnost i stabilnost otisaka i modela jedan od osnovnih preduvjeta izrade idealnog stomatološkog nadomjeska ili naprave (5).

Standardni je način uzimanja otisaka žlicom u koju se aplicira otisni materijal i unosi se u usta pacijenta. Nakon stvrdnjavanja materijala, otisak se vadi iz usta, dezinficira se te se šalje u laboratorij gdje ga tehničar izlijeva. Na takav se način dobiva model. U tom postupku postoji mnogo koraka koji utječu na preciznost i stabilnost otiska te omogućavaju dupliciranje grešaka (6). Mnoga provedena istraživanja pokazala su gdje postoji mogućnost nastanka grešaka koje uvelike utječu na preciznost otiska: točnost reprodukcije ponajprije ovisi o vrsti otisnog materijala i rukovanju njime (7), no preciznost ovisi i o uvjetima u kojima su otisci skladišteni sve do izlijevanja modela (količina vlage, temperatura) (8), o vremenu proteklom do izlijevanja modela, vrsti i materijalu žlice u kojoj je uzet otisak (9), dezinfekciji otisaka (10), vrsti sadre, vremenskom kontaktu sadre s otisnim materijalom (11) i naposljetku, uvjetima u ustima koji su individualni za svakog pacijenta.

Razvojem tehnologije i digitalizacijom omogućeno je smanjivanje broja koraka u postupku dobivanja otisaka pa sve do izrade dentalnih modela, u odnosu na konvencionalni način. Time su greške, koje nastaju pri standardnom načinu, minimalizirane ili uklonjene (6). Izravnom i neizravnom digitalizacijom dostupne su dvije pristupne točke na CAD/CAM (oblikovanje potpomognuto računalom / računalno potpomognuta izrada (eng. Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) generiranim restauracijama. Izravnom ili direktnom digitalizacijom, uz intraoralno skeniranje, CAD/CAM uređaji potpuno su integrirani i moguće je izraditi protetsku restauraciju unutar stomatološke ordinacije (eng. chairside). U neizravnoj digitalizaciji otisci ili izliveni modeli skeniraju se stolnim skenerima, a CAD/CAM sustav ne nalazi se u stomatološkoj ordinaciji. Dakle, tri su mogućnosti digitalizacije dentalnih otisaka:

1. Skeniranje izlivenog modela stolnim skenerom u zubotehničkom laboratoriju
2. Skeniranje dentalnog otiska stolnim skenerom u zubotehničkom laboratoriju

3. Skeniranje intraoralnih struktura intraoralnim skenerom u dentalnoj ordinaciji (12).

Datoteke se obrađuju u različitim programskim paketima nakon skeniranja u STL formatu (format datoteke porijeklom iz stereolitografskog CAD softvera (eng. stereolitography)). Ograničenja novih metoda nastaju u mogućnostima vizualnoga pristupa i rezoluciji skenera koji se koristi za snimanje objekta (13).

Svrha je ovog diplomskog rada prikazati najčešće korištene dentalne otisne materijale pri konvencionalnom postupku otiskivanja i digitalizirane dentalne otisne postupke (intraoralnim i stolnim laboratorijskim skenerima), usporediti ih te istaknuti njihove prednosti i nedostatke jer upravo uzimanje preciznog otiska određuje uspješnost budućeg protetskog rada.

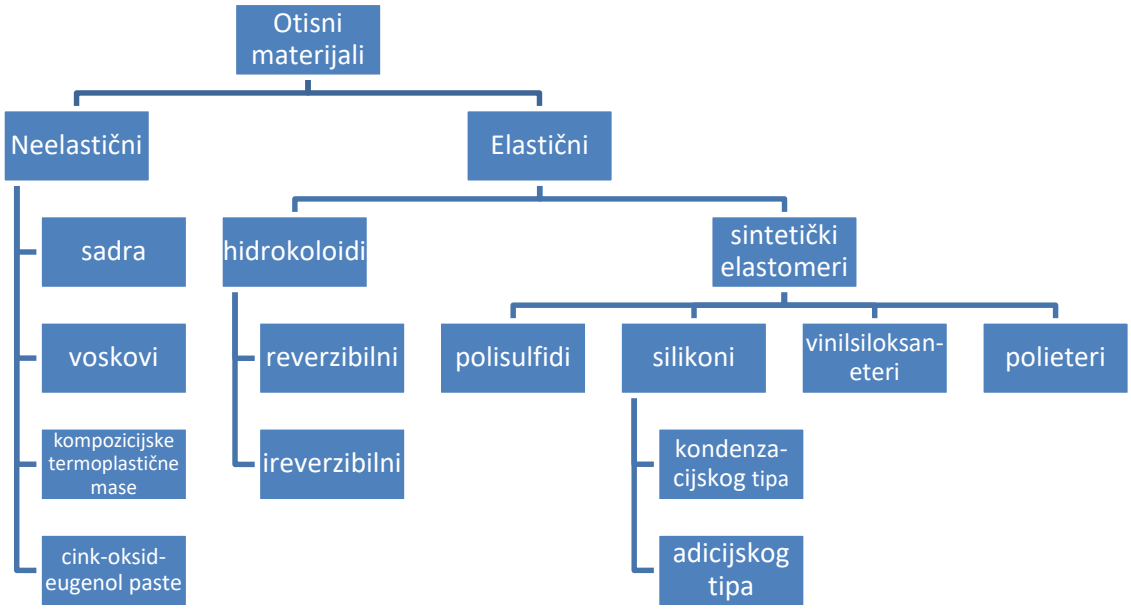
2. OTISNI MATERIJALI

Otisni se materijali u tekućem ili plastičnom stanju unose u usta pacijenta prikladnom žlicom, a njihovo stvrdnjavanje odvija se kemijskom reakcijom ili hlađenjem otisnog materijala u relativno kratkom vremenu nakon čega se oralne strukture reproduciraju u negativu (1).

Poželjno je da otisni materijali zadovoljavaju određene uvjete, od kojih su najvažniji:

- preciznost
- dimenzionalna stabilnost
- elastičnost
- kompatibilnost
- neškodljivost – netoksičnost i antialergenost
- ugodnost za pacijenta – ugodan okus i miris, primjereno vrijeme svezivanja, lagano vađenje iz usta
- otpornost na trganje
- mogućnost dezinfekcije
- ekonomičnost (14).

Podjela otisnih materijala radi se prema reološkim svojstvima materijala: prema viskozitetu, reakciji svezivanja, elastičnosti (14). Na Slici 1. prikazana je podjela otisnih materijala prema svojstvu elastičnosti.



Slika 1. Podjela otisnih materijala prema elastičnosti.

U današnjoj stomatološkoj praksi kao otisni materijali najčešće se koriste elastični materijali: ireverzibilni hidrokoloidi, silikoni adicijskog i kondenzacijskog tipa, vinilsiloksaneteri i polieteri.

2.1. Ireverzibilni hidrokoloidi – alginati

Ireverzibilni hidrokoloidi koji se primjenjuju u stomatološkoj struci su soli alginske kiseline – alginati (polisaharidi). Na tržište dolaze u obliku praha koji se miješa s vodom prema naputcima proizvođača, najčešće u omjeru 1:1. Prah ireverzibilnih hidrokoloida sastoji se od topivih soli alginske kiseline (natrijev, kalijev ili amonijev alginat), sporo topivih kalcijevih soli (npr. $CaSO_4$) i raznih dodatnih spojeva koji poboljšavaju svojstva alginata (korigensi okusa, fluoridi, kemijski indikatori koji mijenjaju boju). Kada se prah zamiješa s vodom, formira se sol-stanje te se soli alginske kiseline, kalcijeva sol i natrijev fosfat počinju otapati i međusobno reagirati. Kemijskom reakcijom stvara se netopiv elastični gel kalcijeva alginata. Niti gela međusobno se povezuju preko kalcijevih iona tijekom svezivanja materijala (1, 14).

Potrebno je poštivati određene zahtjeve tijekom manipulacije ovim otisnim materijalom kako bi se dobio što bolji otisak. Prah mora biti pohranjen na suhom mjestu, prije uporabe potrebno ga je dobro protresti kako bi se sastojci ravnomjerno rasporedili, a voda, koja se umiješa u prah, mora biti sobne temperature (14). Miješanje se odvija:

- ručno: u gumenoj šalici sa špatulom
- poluautomatizirano: u aparatima koji pojednostavljuju proces miješanja okretanjem gumene šalice i na taj način poboljšavaju homogenost otisne mase
- potpuno automatizirano: u aparatu u koji se stavljaju tekućina i prah, a nakon automatiziranog načina miješanja on daje pripremljeni materijal za otiskivanje. Time je omogućeno još brže miješanje, glađa i homogenija tekstura alginata bez inkluzije zraka i veća je stabilnost alginata nakon uzimanja otiska.
- u vakuumskim uređajima za pripremu gipsa i uložne mase (15).

Alginat se puni u metalne konfekcijske žlice nakon miješanja, no zbog slabe adhezije na metal, koriste se žlice sa zadebljanim rubom (rimlok žlice) ili perforirane žlice. Kada se postavi u usta, mora se mirno držati tijekom svezivanja te se otisak brzim pokretom vadi iz usta, nakon otprilike dvije minute. Nakon vađenja iz usta, otisak se ispire hladnom vodom kako bi se odstranila slina. Zatim se dezinficira prema uputama proizvođača i nakon toga prekriva vlažnom staničevinom u cilju sprječavanja sinereze. Na kraju se pohranjuje u zatvorenu polietilensku vrećicu, do izlijevanja (14).

Otisak je poželjno izliti što prije, do 1 sat nakon otiskivanja uzimajući u obzir svojstva alginata (sinereza, imbibicija, evaporacija) koja utječu na njegovu dimenzijsku stabilnost. Na tržištu su dostupni alginati s produženim vremenom izlijevanja (Hydrogum 5, Zhermack, Badia Polesine, Italija) koji zadržavaju preciznost do 5 dana nakon otiskivanja, za razliku od konvencionalnih alginata. Istraživanje Todd i sur. (2013.) pokazalo je da su najveće dimenzijske promjene bile kod otisaka pohranjenih na niskoj temperaturi, a najmanje su razlike bile kod otisaka pohranjenih na sobnoj temperaturi (16). Osim dimenzijske nestabilnosti, još jedno nepoželjno svojstvo alginata je slaba čvrstoća, odnosno slaba otpornost na trganje. Alginati su dovoljno elastični kako bi se tijekom vađenja otiska izvukli iz podminiranih predjela, no zbog slabe čvrstoće na kidanje može doći do njega u jako potkopanim predjelima što se pokušavalo smanjiti dodavanjem silikonskih polimera (17).

Iako su suvremeni alginati dovoljno niskoviskozni i omogućuju otiskivanje finih detalja u usnoj šupljini, ne rabe se za otiskivanje pri izradi visokopreciznih protetskih radova kao što su krunice, mostovi, inlayi, implantoprotetika... Ipak, u širokoj su uporabi za otiskivanje antagonističkih struktura (kontra), za izradu studijskih modela, ortodontskih naprava i mobilnih nadomjestaka (14, 17).



Slika 2. Alginatni otisak.

2.2. Silikoni adicijskog tipa (polivinilsiloksani)

Polivinilsiloksani su sastavljeni od organskog hidrogensiloksana i složenog silanskog spoja s vinilskim skupinama. Reaktor je spoj koji sadrži plemeniti metal, obično platinske soli. Dobili su naziv adicijski silikoni jer polimeriziraju adicijskom reakcijom bez stvaranja nusprodukata, što ih razlikuje od silikona kondenzacijskog tipa. Takve reakcije vode do stvaranja umrežene silikonske gume. Ta vrsta polimerizacije omogućava im dimenzijsku stabilnost i preciznost otiska s 0,05 % kontrakcije (14, 17).

Na tržištu su dostupni kao dvokomponentni materijali kod kojih se bazni materijal i katalizator nalaze u tubama ili plastičnim kutijama. Mogu se miješati ručno, uporabom kartuša i „aplikacijskog pištolja“ ili automatizirano u električnom aparatu (17).

Adicijski su silikoni hidrofobni, no dodatkom surfaktanata dobivaju hidrofilna svojstva s poboljšanom mogućnošću ovlaživanja površine. Otisci su osjetljivi na vlagu nakon otiskivanja pa moraju biti pohranjeni na suhom kako bi zadržali dobru dimenzijsku stabilnost. Nije ih poželjno izlijevati do 30 minuta nakon otiskivanja, a taj period može iznositi i do 2 sata. To je vrijeme potrebno za završetak polimerizacije, tj. njegovo definitivno svezivanje. Nakon tog vremena, ako su pohranjeni u suhoj sredini, otisci mogu biti odloženi bez utjecaja na preciznost i do nekoliko dana. Čvrstoća im je veća od kondenzacijskih silikona, ali manja nego kod polietera. Pogodniji su od polietera za primjenu kod parodontoloških pacijenata jer imaju viši modul elastičnosti koji im omogućuje lakše izvlačenje iz usta (1, 17).



Slika 3. Otisak polivinilsiloksanom.

2.3. Silikoni kondenzacijskog tipa

Osnovu kondenzacijskog tipa silikona (polisiloksana) čini polisiloksan s OH-skupinama, tako da se pri njegovom svezivanju oslobađaju nusprodukti – alkohol ili vodik. Ako se oslobađa alkohol, otisak se može skvrčiti i izgubiti na težini. Ako se oslobađa vodik, on može dovesti do nepoželjnog nagrizanja površinskog sloja sadre. Zbog oslobađanja nusprodukata tijekom reakcije polimerizacije, silikoni kondenzacijskog tipa imaju manju preciznost i veće dimenzijske promjene od polivinilsiloksana, vinilsiloksanetera i polietera. U fazi doziranja i miješanja važno je strogo pridržavanje uputa proizvođača jer će svaka improvizacija

promijeniti željena svojstva otisnog materijala. Preporuka je da se nakon dezinficiranja otisci pohrane u suhoj sredini te izliju najranije 30 minuta nakon vađenja iz usta, a najkasnije do 6 sati nakon otiskivanja jer poslije tog vremena linearna kontrakcija prelazi 0,5 % što je, prema standardima, gornja granica deformacije otisnog materijala koja se još može tolerirati (17).

Kondenzacijski silikoni najčešće se upotrebljavaju pri uzimanju funkcijskog otiska za izradu protetskih nadomjestaka (1).



Slika 4. Otisak silikonom kondenzacijskog tipa.

2.4. Polieteri

Polieteri u promet dolaze kao dvokomponentni materijali u tubama. Osnovnu baznu pastu čini nezasićeni polieter s epiminskim skupinama na kraju, plastifikator i razna punila, a pasta reaktora sadržava jedan aromatski sulfonat te plastifikatore i punila. Miješaju se ručno, u kartušama i aplikacijskom pištolju, a najčešće automatiziranim načinom u električnim aparatima u kojima aparat sam pravilno dozira i miješa komponente, a mi određujemo količinu potrebnog materijala. Pomiješane paste polimeriziraju pomoću kationa koji potječe iz paste reaktora. Dolazi do otvaranja prstena te se tako epiminske skupine mogu umrežavati (1,

14, 17). Na tržištu je dostupan u različitim viskozitetima, a indiciran je pri otiskivanju finih intraoralnih detalja pri preparaciji zuba za krunice, mostove, ljuskice, inlaye, onlaye, overlaye, totalne proteze (1).

Povoljno je svojstvo polietera prirodna hidrofilnost, što sprječava slinu i vlagu u kompromitiranju rubne točnosti i integriteta otiska (17). Osim toga, veoma je precizan otisni materijal i dimenzijski izuzetno stabilan, pogotovo ako se otisci pohranjuju u suhoj sredini. Vrijeme svezivanja u ustima je kratko (5 minuta) (14).

Polieter posjeduje i neke nedostatke. Vrlo je čvrst nakon stvrdnjavanja pa se teško vadi iz podminirajućih područja, stoga nije indiciran za otiskivanje parodontopatičnih zubi ili u slučajevima gdje preostaje veći broj nebrušenih zubi. Još je jedno negativno svojstvo polietera neugodan okus što često pri pacijentima potiče nagon za povraćanjem. Za izlijevanje otisaka potrebno je koristiti tvrdu sadru tipa IV zato što zbog velike čvrstoće otisnog materijala može doći do oštećenja sadrenog modela prilikom odvajanja otiska (1, 14, 17).



Slika 5. Otisak polieterom.

2.5. Vinilsiloksaneteri

Evolucijom dentalnih materijala razvijena je nova generacija otisnih materijala – vinilsiloksaneteri. Oni su kombinacija najpoželjnijih svojstava polivinilsiloksana (adicijski tip silikona) i polietera. Vinilsiloksaneter je novi kemijski spoj razvijen kombiniranjem polieterskih polimera i vinilnih skupina iz polivinilsiloksana. Na tržište dolazi u srednjoj konzistenciji, vrlo viskoznim ili rijetko viskoznim, normalno- ili brzo-stvrdnjavajućim oblicima. Razvoj ovog materijala usmjeren je prema jednovremenom uzimanju otisaka, bilo jednim (monofazno) ili dvama materijalima (tzv. sandwich otisak). Indikacije za uzimanje otisaka ovim materijalom su: krunice, mostovi, ljuskice, inlay / onlay / overlay otisci pri implantoprotetskim radovima i funkcijski otisak (18, 19).

Prednosti vinilsiloksanetera su:

- visoka dimenzijska preciznost uz jednostavno uklanjanje otiska iz podminiranih područja (20)
- izvanredna hidrofilnost – omogućava precizan otisak u vlažnom mediju (slina, sulkusna tekućina) s najnižim mogućim kontaktnim kutem (manji od 10^{o} nakon 1 s)
- svojstva tiksotropnog fluida – kada se materijal nanese oko površine zuba, termosenzitivno svojstvo omogućava mu povećanje fluidnosti i prodor materijala sve do najužih dijelova sulkusa čime se ocrtavaju detalji i ispod granice preparacije. Iako je visokofluidan, ostaje na mjestu kada je apliciran i ne istječe u stražnji dio usne šupljine.
- poboljšano vrijeme rukovanja: dugo radno vrijeme (poželjno svojstvo polietera) i kratko vrijeme svezivanja materijala (karakteristično za polivinilsiloksane)
- bez mirisa i okusa – nema izazivanja nagona na povraćanje (uklonjen neugodan okus polietera)
- jednostavno izlijevanje bez mogućnosti loma modela prilikom odvajanja otisaka (uklonjeno negativno svojstvo polietera)
- kompatibilnost s komercijalno dostupnim sredstvima za dezinfekciju otisaka (19).

2.6. Usporedba dentalnih otisnih materijala

U usporedbi alginata s ostalim elastičnim materijalima, sintetičkim elastomerima (kondenzacijskim i adicijskim silikonima, polieterima te vinilsiloksaneterima) alginati imaju određene prednosti i nedostatke.

Preciznost elastomera, pogotovo adicijskih silikona i polietera, znatno je bolja u odnosu na alginate zbog odlične dimenzijske stabilnosti (21). U istraživanju Ender i sur. (2016.) uspoređivana je preciznost dentalnih materijala međusobno i digitalnih tehnologija. Alginat je pokazao najlošiju preciznost (22). Uzrok toj nepreciznosti alginata je u tome što se oni miješaju ručno dok su se ostale otisne mase umiješale automatski u posebnim aparatima. U istraživanju (Najman, Stričak, 2017.) je dobiven otisak preciznosti reda veličine preciznosti polietera potpuno automatiziranim načinom miješanja alginata (15). Također, viskoznost alginata drugačija je u usporedbi s drugim ispitivanim materijalima pa je logično da manje viskozni materijali produciraju manji broj zračnih inkluzija i da su one manje veličine. Stoga su i blaze, koje se dobivaju odlijevanjem takvog otiska, manje izražene i nisu brojne, a to takve modele čini površinski sličnijima, dakle preciznijima (22, 15). Još jedan uzrok nepreciznosti alginata može biti u dimenzijskim promjenama do izlijevanja (preporuča ga se izliti unutar 15 do 45 min od otiskivanja (17)) te osjetljivosti na uvjete pohrane (vlažnost, temperaturu i sl.) (14, 17). Napretkom tehnologije u ovom području poboljšani su noviji alginatni materijali do te mjere da se izlijevanje može obaviti do 5 dana nakon otiskivanja bez značajnih deformacija (23, 24).

Nedostatak silikona, u usporedbi s alginatima, odnosi se na loše vlaženje površine zbog njihove izrazite hidrofobnosti zbog čega je otežano izlijevanje otiska i uzimanje otiska u vlažnim uvjetima usne šupljine. Alginat je hidrofilni materijal što omogućuje otiskivanje u vlažnom mediju, no zbog ovog svojstva potrebno je obratiti pažnju na uvjete prilikom pohrane otisaka (17, 22).

U odnosu na polietere, alginati se lako vade iz podminiranih područja zbog dobre elastičnosti. Mogućnost loma modela pri odvajanju otiska je minimalna. Ugodnog su okusa te jedan od najdugovječnijih i najkorištenijih otisnih materijala (15, 17).

Tablica 1. Usporedba suvremenih sintetičkih elastomera (sastavljeno prema 18, 22).

Svojstva	Kondenzacijski silikon	Adicijski silikon	Polieter	Vinilsiloksaneter
Elastični povrat	99%	99,5%	98,5%	≥ 99%
Dimenzionalna stabilnost	-0,6%	-0,15%	-0,2%	≈ -0,2%
Preciznost	+	++	+++	++/+++
Radno vrijeme (23^0C)	3,3 min	2-4 min	3 min	1,3 min
Vrijeme stvrdnjavanja (37^0C)	8,9 min	4-6,5 min	6 min	5,5 min
	• hidrofobnost • manja preciznost i veće dimenzijske promjene zbog oslobađanja nusprodukata pri polimerizaciji • dugo radno vrijeme	• hidrofobnost (hidrofilan uz dodatak surfaktanta) • lako uklanjanje iz podminiranih područja	• hidrofilan • teško vađenje iz usta • neugodan okus, visoka cijena • mogućnost loma modela pri odvajnju otiska	• hidrofilan • tiksotropni fluid • preciznost i dimenzijska stabilnost

U Tablici 1. prikazana je usporedba svojstava sintetičkih elastomera. Kondenzacijski silikoni imaju najlošiju preciznost i najmanju dimenzijsku stabilnost u usporedbi s adicijskim silikonima, polieterima i vinilsiloksaneterima, zato što tijekom vezivanja nastaje nusprodukt koji uzrokuje kontrakciju materijala te dolazi do nepoželjnih dimenzijskih promjena (17). Oni imaju vrlo dugo vrijeme stvrdnjavanja u odnosu na ostale elastomere, pa ih zato najčešće koristimo za uzimanje funkcijskih otisaka (14).

Svi sintetički elastomeri imaju izrazito visoki elastični povrat, što ide u prilog visokoj preciznosti otisaka (18).

Adicijski silikon je, za razliku od polietera i vinilsiloksana, hidrofoban materijal, no uz dodatak surfaktanata postaje hidrofilan što omogućava otiskivanje u relativno vlažnom okolišu. Izuzetno je precizan i dimenzijski stabilan (22).

Polieter je jedan od najpreciznijih otisnih materijala uz dobru dimenzijsku stabilnost i veliki elastični povrat. Negativne su strane polietera njegova velika čvrstoća nakon stvrdnjavanja, teško vađenje iz podminiranih područja te neugodan okus (21).

Potreba za usavršavanjem polietera, ali i adicijskih silikona, dovela je do razvoja nove generacije visokopreciznih materijala – vinilsiloksanetera, koji ujedinjuju njihove dobre strane. Imaju visoku preciznost, dobru elastičnost, hidrofilnost, svojstva tiksotropnog fluida, lako se uklanjanjaju iz podminiranih područja i ugodnog su okusa (18). Vinilsiloksaneteri su relativno novi otisni materijali na tržištu. Provedeno je svega nekoliko kliničkih istraživanja s njima, što pokazuje potrebu za dodatnim istraživanjima.

3. TEHNOLOGIJE ZA DENTALNE OTISKE

S ciljem poboljšanja preciznosti i točnosti otisaka, uz sveprisutnu digitalizaciju, sredinom 1980-ih godina počeli su se razvijati dentalni skeneri. Oni su najprije našli primjenu u dentalnim laboratorijima, a danas sve više u ordinacijama dentalne medicine kao intraoralni skeneri (25). Digitalizacijom otisaka i povezivanjem s pripadajućim računalnim programima i softverima, koji dolaze uz intraoralne i laboratorijske skenere, omogućena je dijagnostika, planiranje terapije, oblikovanje protetskih nadomjestaka i drugih intraoralnih naprava, a u znanstvenim radovima služe i za analizu, mjerenje i uspoređivanje površina (npr. Oracheck (Cyfex AG), a koristi se uz CEREC AC sustave) (26).

Na tržištu su dostupni stolni dentalni skeneri kojima se skeniraju već otisnuti otisci ili izliveni modeli i intraoralni skeneri kojima se skeniraju intraoralne strukture ili otisci i modeli u istraživačke svrhe.

Stolni digitalni skeneri, odnosno laboratorijski skeneri sa svojim pripadajućim programskim paketima, omogućuju nam iznimno kvalitetnu dijagnostiku, analizu, planiranje i usporedbu dentalnih otisaka i modela. Njima upravlja dentalni tehničar koji dizajnira budući nadomjestak i zatim te informacije šalje u stroj koji izrađuje protetski rad (25).

Danas su sve popularniji intraoralni skeneri. Oni pojednostavljuju postupak otiskivanja jer se čeljust pacijenta pomoću senzora kamere direktno prenosi na ekran te se u pripadajućim programima otisak analizira, izrađuje se plan terapije i dizajnira se budući nadomjestak (27). Kako nema konvencionalnog načina uzimanja otisaka otisnim materijalima i izlijevanja modela, tako se umanjuje broj faza izrade protetskog rada što u konačnici rezultira manjim brojem pogrešaka (25, 27).

Ako je CAD/CAM uređaj potpuno integriran uz intraoralno skeniranje, moguće je izraditi protetsku restauraciju unutar stomatološke ordinacije (eng. chairside) što uvelike ubrzava izradu protetskog rada jer nema potrebe za slanjem i izradom u dentalnom laboratoriju. U ovoj se tehnici koriste tvornički izrađeni keramički blokovi, a restauracija se glođe u posebnim glodalicama koje su sastavni dio svakog CAD/CAM uređaja. Proces obično traje vrlo kratko i restauracija može biti gotova za manje od dva sata, ovisno o uređaju (25).

3.1. Intraoralni skeneri

Da bi se dobio intraoralni optički otisak, kamera se postavlja iznad prethodno isprepariranog zuba. Skener, koji se nalazi na kameri, emitira infracrvene zrake koje prolaze kroz leću i zatim padaju na zub. Linije padaju u svjetlijim i tamnijim uzorcima te se nakon toga reflektiraju natrag i dolaze u fotoreceptor, također smješten na kameri. Intenzitet reflektiranog svjetla registrira se kao napon koji se naknadno pretvara u digitalnu formu. Tamniji dijelovi isprepariranog zuba višeg su napona, a svjetliji dijelovi nižeg (27, 28).

Za oblikovanje CAD/CAM nadomjeska potrebno je trodimenzionalno prezentirati podatke dobivene skeniranjem (optičkim otiskom) kojim su dobivene veličina i vrijednost faze (napona) za svaku skeniranu točku (piksel). Ta je vrijednost u izravnoj vezi s dubinom skenirane točke. Tako se na ekranu mogu prepoznati razna područja prepariranoga zuba s obzirom na dubinu: svjetlija područja označavaju izdignuta područja, a tamnija područja – sive boje, dublja, podminirana područja. Uporabom tako interpretiranih podataka trodimenzionalno oblikovanje može se izvesti u nekoliko slojeva (28).

Intraoralne skenere moguće je podijeliti prema raznim kriterijima:

- s obzirom na kondicioniranje površine razlikuju se sustavi kod kojih nije potrebno kondicioniranje površine (iTero, Trios, PlanScan, CEREC Omnicam AC) i sustavi koji zahtijevaju kondicioniranje skenirane površine prahom ili sprejom (npr. CEREC, Apollo Di, Lava COS). Sredstva za kondicioniranje površine djeluju kao kontrastna sredstva, preveniraju refleksiju svjetla s površine zuba, a ujedno i povećavaju debljinu bataljka. Sustavi kod kojih nije potrebno kondicioniranje površine precizniji su zbog toga što sredstva za kondicioniranje mogu utjecati na hrapavost površine koja se skenira.
- prema načinu rada razlikuju se sustavi koji se koriste aktivnom triangulacijom, konfokalnom tehnikom ili aktivnim uzorkovanjem valne fronte
- prema kompatibilnosti s drugim sustavima razlikujemo otvorene i zatvorene sustave. U zatvorenim sustavima podaci se obrađuju samo u pripadajućim računalnim softverima i onemogućeno je slanje preko Interneta ili snimanje datoteke na računalo. Otvoreni sustavi omogućuju slobodan eksport i obradu i u

programima drugih proizvođača. Podaci se eksportiraju u obliku STL formata koji je univerzalan u području 3D tehnologije (29).

U nastavku su navedeni često korišteni intraoralni skeneri i njihove specifikacije.

CEREC Bluecam (Sirona)

CEREC Bluecam u postupku prikupljanja digitaliziranih podataka primjenjuje načela aktivne triangulacije tako što se mjere udaljenosti između projicirane i reflektirane zrake. Okidaju se pojedinačne slike koje se zatim generiraju u 3D model (22). Idealan je za snimanje pojedinačnih zuba ili zubnog kvadranta. Kamera pruža mogućnost rada na automatski i manualni način te može biti položena direktno na zube. Prilikom snimanja cijelo je područje, koje se skenira, potrebno kondicionirati slojem praha titanovog oksida (Sirona OptiSpray) kako bi se izbjeglo reflektiranje s površine zuba (30). Visoko je precizan, jednostavan za korištenje i omogućuje brzu akviziciju kondicioniranih površina, no ne i snimanje u boji (31).

CEREC Omnicam (Sirona)

Sirona je 2012. godine promovirala novu intraoralnu kameru CEREC Omnicam kod koje osnovu postupka čini prikaz digitaliziranog objekta u prirodnoj boji i izrada videozapisa bez potrebe kondicioniranja površine prahom, što je omogućilo digitalizaciju zubnog luka u cjelini. CEREC Omnicam također radi na principu aktivne triangulacije. Snimanje se provodi pomicanjem kamere od 0 do 15 mm iznad površine zuba (22). Da bi digitalizacija bila uspješna, uvjet je da zubi budu suhi, bez tragova sline i krvi, a primjenom anti-shake funkcije eliminiraju se zapisi u kojima su prisutna zamućenja. Pogodan je za snimanje većih površina, može se snimati pojedinačni zub, kvadrant ili cijela čeljust (32).

Lava COS (3M ESPE)

Lava COS uređaj čine mobilna kolica s računalom, touch-monitorom i kamerom za skeniranje čiji je intraoralni dio manji od kamere CerecBluecam uređaja. Intraoralna kamera

radi na principu aktivnog uzorkovanja valne fronte. Snimanje je kontinuirano. Aktivno skeniranje zubnog luka omogućeno je tehnikom 3D-in-motion. Ta tehnika uključuje snimanje trodimenzionalnih podataka u video sekvenci u stvarnom vremenu, obradu slike pomoću algoritma i stvaranje preciznog virtualnog modela na monitoru (2). Površina mora biti osušena prije snimanja i potrebno je kondicioniranje prahom na bazi titanovog oksida (22). Kada je skeniranje završeno, zubi su na monitoru prikazani bijelo, a crvene površine moraju se dodatno skenirati. Potrebno je napraviti i snimku suprotne čeljusti. Dobiveni se modeli obje čeljusti artikuliraju na monitoru i ako su podaci ispravni, šalju se u zubotehnički laboratorij (2, 22).

True Definition (3M ESPE)

True Definiton intraoralni skener također radi na principu aktivnog uzorkovanja valne fronte. Snimanje je kontinuirano i površina se prije snimanja mora kondicionirati prahom titanovog oksida (22, 33). 3M™ Mobile True Definition Scanner nova je inačica True Definition skenera, a značajan je po tome što je to prvi mobilni intraoralni skener koji radi preko tableta. Izuzetno je precizan i vrlo jednostavan za rukovanje (33).

Trios (3Shape)

Trios je intraoralni skener koji radi na principu konfokalne tehnike, omogućuje kontinuirano snimanje čeljusti, visoko je precizan i nije potrebno kondicioniranje površine koja se snima (22). Za razliku od mnogih drugih skenera ima uključeno kontinuirano ažuriranje softvera i dodatne module za stomatološku obradu. Iskustvo pacijenata poboljšano je time što se smanjuje vrijeme skeniranja i omogućeno je skeniranje u realnim bojama, a kamera je bežično povezana s radnom jedinicom Triosa. Od programa su u ponudi 3Shape Implant Studio, 3Shape Orthodontics ili 3Shape TRIOS Designe Studio (34).

PlanScan (Planmeca)

PlanScan prvi je intraoralni skener koji je u potpunosti integriran u stomatološku radnu jedinicu. Radi na principu aktivne triangulacije, a izvor svjetla je plavi laser. Snima brzinom od 10 setova podataka u minuti s rezolucijom i preciznošću manjom od 25 mikrona. Spada u otvorene sustave, što znači da podatke pohranjuje u otvorenom STL formatu čime je omogućen eksport i obrada i u drugim računalnim programima. Dijeljenje je podataka jednostavno jer je omogućen rad na prijenosnom računalu. Uz standardni nastavak kamere, postoje manji nastavci prilagođeni snimanju u teže dostupnim područjima usne šupljine. Nastavak za skeniranje moguće je zamijeniti i sterilizirati autoklavom što omogućava potpunu kontrolu infekcije. PlanScan posjeduje sistem koji kontrolira vlagu tako što se nastavak na skeneru automatizirano prilagođeno zagrijava što omogućava da se intraoralno stakalce skenera ne zamagljuje pri snimanju. Za snimanje nije potrebno kondicioniranje površine. Vrlo je jednostavan za korištenje zbog poboljšane ergonomije i brzine snimanja optičkog otiska. Indiciran je i kod pojedinačnih restauracija i kod snimanja cijelih zubnih lukova (31).

iTero (Cadent)

Cadent iTero radi na principu konfokalne tehnike pojedinačnim snimanjem slika u boji koje generira u 3D model. Površinu nije potrebno kondicionirati prije snimanja. Pogodan je za skeniranje preparacija zuba za krunice, mostove, inlaye, ljuskice i onlaye. Za svaku stranu preparacije, facijalnu, lingvalnu i distoaproksimalnu, potrebno je otprilike 15 do 20 sekundi (22, 35, 36). Njegova poboljšana verzija iTero Element ima 20 puta veću brzinu skeniranja, 40 % je manji i ima više svjetla od iTero skenera. Bilježi skenove svakih 40 do 50 milisekundi što znači da snima 20 setova podataka po sekundi, za razliku od iTero skenera koji bilježi jedan sken u sekundi. Moguće je skeniranje u boji, posjeduje zaslon na dodir koji reagira i preko rukavica od lateksa, nitrilnih i vinilnih (35).

3.2. Usporedba intraoralnih skenera

U Tablici 2. navedene su specifikacije te prednosti i mane pojedinih prethodno navedenih intraoralnih skenera.

Tablica 2. Svojstva pojedinih intraoralnih skenera (sastavljeno prema 22, 31-36).

Svojstva	CEREC Bluecam (Sirona)	CEREC Omnicam (Sirona)	Lava COS (3M ESPE)	True Definition (3M ESPE)	Trios (3Shape)	PlanScan (Planmeca)	iTero Element (Cadent)
Način rada	aktivna triangulacija	aktivna triangulacija	aktivno uzorkovanje valne fronte	aktivno uzorkovanje valne fronte	konfokalna tehnika	aktivna triangulacija	konfokalna tehnika
Kondicio-niranje površine	+	-	+	+	-	-	-
Prednosti		-mogućnost snimanja cijelog zubnog luka -snimanje u prirodnoj boji zuba -*anti-shake* funkcija	-mala intraoralna kamera -kontinuirano snimanje	-kontinuirano snimanje	-bežična kamera skenera -kontinuira-no snimanje -skeniranje u realnim bojama	-skener integriran u stomatološku radnu jedinicu -vrlo brzo snimanje, visoka preciznost -otvoreni sustav -mogućnost sterilizacije -sistem koji kontrolira vlagu	-maleni intraoralni dio skenera -velika brzina skeniranja
Nedostaci	-nemogu-ćnost snimanja u boji -snimanje pojedinog zuba ili kvadranta	-potrebno je da zubi budu suhi, bez sline ili krvi	-suha i kondicionira-na površina	-potrebno kondicioni-ranje			

Najbitnije je svojstvo skenera preciznost i točnost reprodukcije intraoralnih struktura jer ono direktno utječe na prilijeganje buduće restauracije. To svojstvo ispitivano je u mnogim istraživanjima koja su uspoređivala preciznost intraoralnih i laboratorijskih stolnih skenera (2, 12, 13, 22, 36-38), a neka su međusobno uspoređivala digitalne i konvencionalne otiske (6, 22, 39).

Istraživanje iz 2015. koje su proveli Gary D. Hack i Sebastian B. M. Patzelt (39) ocjenjivalo je točnost i preciznost 6 intraoralnih skenera: Trios, CS 3500, iTero, True Definition, PlanScan i CEREC Omnicam. Tablica 3. prikazuje njihove rezultate.

Tablica 3. Točnost i preciznost intraoralnih skenera (sastavljeno prema 39).

Intraoralni skener	Točnost	Preciznost
TRIOS	6,9 ± 0,9 µm	4,5 ± 0,9 µm
CS 3500	9,8 ± 0,8 µm	7,2 ± 1,7 µm
iTero	9,8 ± 2,5 µm	7,0 ± 1,4 µm
True Definition	10,3 ± 0,9 µm	6,1 ± 1,0 µm
PlanScan	30,9 ± 10,8 µm	26,4 ± 5,0 µm
CEREC OmniCam	45,2± 17,1 µm	16,2± 4,0 µm

U istraživanju provedenom 2016. godine Renne W. i sur. (37) ocjenjivali su preciznost 6 intraoralnih i 1 laboratorijskog skenera (3Shape D800, iTero, 3Shape TRIOS, Carestream 3500, Planscan, CEREC Omnicam i CEREC Bluecam). Rezultati su pokazali da za skeniranje sekstanta, od intraoralnih skenera, Planscan ima najveću točnost i preciznost, dok za skeniranje cijelog zubnog luka 3Shape Trios ima najbolji omjer brzine i preciznosti. Poredak prema točnosti skeniranja cijelog zubnog luka je sljedeći: 3Shape D800 > iTero > 3Shape TRIOS 3 > Carestream 3500 > Planscan > CEREC Omnicam > CEREC Bluecam, dok je poredak prema preciznosti za cijeli zubni luk: CS3500 >iTero >3Shape D800 >3Shape TRIOS 3 >CEREC Omnicam >Planscan >CEREC Bluecam (37).

3.3. Stolni laboratorijski skeneri

Digitalni se stolni skeneri najčešće koriste u zubotehničkom laboratoriju i njima upravlja dentalni tehničar. Oni se koriste za skeniranje izlivenih modela i povezani su s glodalicom ili aparatom za printanje nadomjestaka. Kod manjeg broja skenera moguće je direktno skeniranje otisaka (koji mogu i ne moraju biti kondicionirani prahom) i potom izrada modela 3D printerima na kojima se kasnije ručno ili strojno izrađuje nadomjestak ili naprava (15, 22).

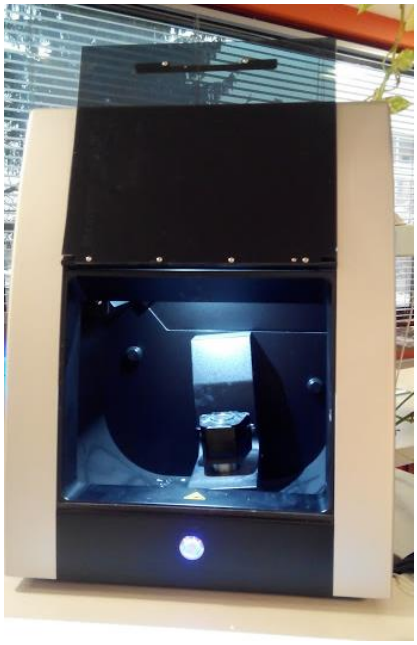
Laboratorijski su skeneri znatno precizniji i pokazuju manje distorzije u odnosu na intraoralne skenere (12, 13, 36, 37). Od vodećih tvrtki u proizvodnji laboratorijskih stolnih skenera valja spomenuti tvrtku 3Shape (Kopenhagen, Danska) i Amann Girrbach GmbH (Koblach, Austrija).

Vrlo je ubrzan razvoj laboratorijskih skenera tvrtke 3Shape (Kopenhagen, Danska) i trenutno su na tržištu skeneri D i E serije. Predstavnici D i E serije, sa svojim specifikacijama, prikazani su u Tablici 4. (40, 41).

Tablica 4. 3Shape laboratorijski skeneri i njihova svojstva (sastavljeno prema 40, 41).

3Shape laboratorijski skeneri							
Tehničke specifikacije	**E skeneri**			**D skeneri**			
	E1	**E2**	**E3**	**D500**	**D810**	**D1000**	**D2000**
Kamera	2x5MP, plava LED, višelinijski	2x5MP, plava LED, višelinijski	2x5MP, plava LED, višelinijski	2x1.3MP, plava LED, višelinijski	2x5MP, plava LED, višelinijski	4x5MP, plava LED, višelinijski	4x5MP, plava LED, višelinijski
Preciznost	(ISO 12836 / implant): 10µm/12 µm	(ISO 12836 / implant): 10µm/12 µm	(ISO 12836 / implant): 7 µm/10 µm	< 20 µm	< 15 µm	(ISO 12836 / implant): 5 µm/8 µm	(ISO 12836 / implant): 5 µm/8 µm
Vrijeme skeniranja luka	40s	30s	24s	160s (za most od 3 člana)	100s (za most od 3 člana)	16s	16s
Vrijeme skeniranja bataljka	25s	20s	18s	50s	25s	15s	15s
Vrijeme skeniranja otiska (punog luka)	130s	90s	80s	-	-	65s	65s
Skeniranje teksture	ne	crno-bijela	u boji	-	-	u boji	u boji

Tvrtka Amann Girrbach GmbH (Koblach, Austrija) trenutno na tržištu ima dva skenera: Ceramill Map 200+ i Ceramill Map 400+ (15). Na Slici 6. prikazan je skener Ceramill Map 400+. Visoko-senzitivnim 3D senzorima i novo razvijenom "DNA brzinom skeniranja", koja reducira brzinu skeniranja za gotovo 50%, ozbiljno konkuriraju tvrtki 3Shape. Preciznost skeniranja im je konzistentna, a cijeli je zubni luk moguće skenirati za 24 sekunde s preciznošću od 6μm (42).



Slika 6. Laboratorijski skener Ceramill Map 400+ .



Slika 7. Snimka ekrana računala tijekom postupka skeniranja otiska.

4. USPOREDBA KONVENCIONALNIH I DIGITALNIH OTISAKA

U sljedećoj tablici prikazane su prednosti i nedostaci konvencionalnih i digitalnih intraoralnih postupaka.

Tablica 5. Prednosti i nedostaci konvencionalnih i intraoralnih digitalnih postupaka (sastavljeno prema 27).

	KONVENCIONALNI OTISAK	DIGITALNE TEHNIKE OTISKIVANJA
PREDNOSTI	• mogućnost izrade većih protetskih radova za koje je potreban model • mogućnost otiskivanja dubljih subgingivnih preparacija • ekonomičnost	• vrijeme skeniranja relativno kratko (nekoliko min) • kontrola preparacije • obilježavanje ruba preparacije • skeniranje u ustima • prijenos podataka Internetom • trenutna laboratorijska kontrola • točnost, preciznost • udobnost za pacijenta • mogućnost arhiviranja
NEDOSTACI	• točnost otiska ovisi o kvaliteti otiska (izbor materijala) • postupak otiskivanja ima više koraka (odabir žlice, adheziv, aplikacija otisnog materijala, unošenje žlice u usta, stvrdnjavanje materijala) • ljudski faktor utječe na preciznost • relativno neugodan za pacijenta	• troškovi nabave i održavanja uređaja • duboke preparacije • vlaga i krv izrazito utječu na preciznost otiska • nemogućnost izrade radova za koje je potreban radni model (ukoliko se ne posjeduje 3D printer) • dodatna edukacija • potrebno nanošenje praha za kondicioniranje površine

Prikaz konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisnih postupaka, njihova usporedba, kao i prikaz njihovih prednosti i nedostataka, tema su istraživanja brojnih znanstvenih studija iz područja dentalne medicine (6, 22, 39, 43-45).

Razlika između konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisaka, koja se najčešće spominje, vrijeme je trajanja samog postupka otiskivanja. Za konvencionalni način potrebno je više koraka (odabir i proba žlice, nanošenje adheziva, aplikacija otisnog materijala,

unošenje žlice u usta, stvrdnjavanje otisnog materijala, vađenje otiska iz usta, dezinficiranje i pohranjivanje) te se samim time produžuje vrijeme njegovog trajanja. Vrijeme potrebno za konvencionalno uzimanje otiska jednim od otisnih materijala u prosjeku iznosi 10 minuta, dok se kod digitalnog intraoralnog otiska cjelokupno vrijeme potrebno za otiskivanje smanjuje na svega 4 minute. Pritom treba obratiti pažnju i na dodatno vrijeme koje je potrebno za uzimanje otiska suprotne čeljusti i registraciju međučeljusnih odnosa. Za uzimanje otiska suprotne čeljusti kod konvencionalnih tehnika prosječno je potrebno oko 4 minute i još oko 90 sekundi za registraciju međučeljusnih odnosa. Potrebno vrijeme za registraciju međučeljusnih odnosa kod digitalnih otisaka znatno se smanjuje i iznosi svega oko 14 sekundi, dok je za uzimanje otiska suprotne čeljusti potrebno oko 90 sekundi (43).

Osim po vremenu trajanja otiska, pacijenti zbog ugodnosti prednost daju digitalnim otiscima. Prema anketi koju su 2014. godine proveli Yuzbasioglu i sur. (43) čak 100% ispitanika ističe da po pitanju mirisa i okusa, osjetljivosti gingive, refleksa povraćanja i otežanog disanja prilikom otiskivanja prednost daje digitalnim otiscima (27, 43).

Rezultati dosadašnjih istraživanja koja uspoređuju digitalne otiske skenirane intraoralnim skenerima s konvencionalnim otiskivanjem pokazuju veću preciznost konvencionalnih metoda pred digitalnima (22, 46). Digitalne su metode otiskivanja manje točne, precizne i vjerne, pokazuju drugačije uzorke dimenzijskih devijacija u usporedbi s konvencionalnim metodama (22, 46). U istraživanju Endera i sur. 2015. godine (22), u kojem je uspoređivana preciznost konvencionalnih metoda u odnosu na digitalne, prikazana je značajna razlika pri otiskivanju cijelog zubnog luka. Najveća preciznost postignuta je vinilsiloksaneterom (12,3 μm). Digitalne metode otiskivanja pokazuju veće lokalne devijacije kada se skenira cijeli zubni luk, međutim, postižu jednaku ili veću preciznost kao i konvencionalni otisni materijali pri skeniranju pojedinih dijelova zubnog luka (22). Stoga, logično je pretpostaviti da u dogledno vrijeme konvencionalni otisci u preciznosti nemaju alternativu u digitalnim intraoralnim sustavima u potpunosti, posebice gdje njihove dimenzijske devijacije dolaze do izražaja, npr. pri skenovima kompletnih čeljusti. Međutim, sistemi digitalnih intraoralnih otisaka nastavljaju se ubrzano razvijati (22, 27).

Istraživanja su pokazala da je dosjed protetskih konstrukcija izrađenih na temelju digitalnog otiska bolji nego kod radova koji su izrađeni na temelju otisaka uzetih nekom od konvencionalnih metoda (44, 45). Henkel u svojoj studiji provedenoj 2007. godine navodi da

krunice izrađene na temelju digitalnog otiska zahtijevaju manje intervencija prilikom postavljanja na bataljak te da je 85% krunica izrađenih digitalnim sustavom otiskivanja zadovoljilo kliničke zahtjeve, za razliku od 74% krunica izrađenih na temelju konvencionalnog otiska (44).

Joda i Brägger u svojoj su znanstvenoj studiji proučavali razlike između digitalnih i konvencionalnih otisnih postupaka s aspekta uloženog novca i vremena. Istraživanja su pokazala da su, unatoč većim troškovima nabave i održavanja intraoralnih dentalnih skenera, digitalni postupci otiskivanja 18 % isplativiji u odnosu na konvencionalne otisne postupke (45).

5. RASPRAVA

Bitan je dio svake protetske terapije uzimanje preciznog i kvalitetnog otiska kako bi se na kraju dobio estetski i funkcijski zadovoljavajući nadomjestak. Otisak je moguće uzeti konvencionalnim (otisnim materijalom) ili digitalnim otisnim tehnikama (intraoralni skeneri). Osim toga, otisak se može digitalizirati skeniranjem laboratorijskim stolnim skenerima.

Konvencionalni otisni postupci imaju nekoliko faza u uzimanju otiska (odabir i proba žlice, nanošenje adheziva, aplikacija otisnog materijala, unošenje žlice u usta, stvrdnjavanje materijala u ustima, vađenje otiska iz usta pacijenta, dezinfekcija, pohranjivanje, izrada radnog modela) i samim je time rizik od nastanka pogrešaka veći, a vrijeme izvođenja takvog otiska produženo u odnosu na digitalne tehnike (43). Svi navedeni koraci kod digitalnih se otisaka ne odvijaju, ali je potrebno utrošiti vrijeme na unošenje podataka o pacijentu te naloga za laboratorij u računalo. Optički otisci imaju sposobnost pohranjivanja snimljenih podataka na neodređeno vrijeme te prijenos digitalne slike između ordinacije i laboratorija što olakšava komunikaciju. Osim toga, pacijenti navode da su ugodniji (43), a istraživanja su pokazala da je i dosjed protetskih konstrukcija izrađenih na temelju digitalnog otiska bolji nego kod radova koji su izrađeni na temelju konvencionalnih otisaka (44, 45). Međutim, digitalne metode otiskivanja imaju neke nedostatke, a oni se odnose na visoku cijenu nabave i održavanja uređaja, nemogućnost izrade radova za koje je potreban radni model ukoliko se ne posjeduje 3D printer te na potrebnu dodatnu edukaciju doktora i dentalnih tehničara (27). Iako su troškovi nabave i održavanja uređaja kod digitalnih metoda veći, konvencionalne tehnike zahtijevaju utrošak materijala, kako za otiskivanje, tako i za izradu radnog modela. Gledajući s aspekta uloženog novca i vremena, Joda i Brägger su u svojoj znanstvenoj studiji zaključili da su digitalni postupci otiskivanja čak 18 % isplativiji u odnosu na konvencionalne otisne postupke (45). Preciznost i točnost digitalnih intraoralnih i stolnih skenera raste sukladno razvoju tehnologije, s time da su stolni skeneri precizniji od intraoralnih (12, 13, 36, 37). Istraživanja Endera i sur. (22, 46) pokazala su da digitalne metode otiskivanja pokazuju veće lokalne devijacije naspram konvencionalnog načina otiskivanja kada se skenira cijeli zubni luk pa tako konvencionalne metode u preciznosti prednjače pred digitalnim. Kod usporedbe preciznosti u skeniranju / otiskivanju pojedinih sekvenci zubnog luka digitalne metode postižu jednaku ili veću preciznost od konvencionalnih (22). Dakle, što se tiče preciznosti otisaka, konvencionalni otisci u dogledno vrijeme nemaju alternativu u digitalnim intraoralnim sustavima u potpunosti, posebice pri skenovima kompletnih čeljusti. Međutim, sistemi digitalnih intraoralnih otisaka nastavljaju se ubrzano razvijati i budućnost je svakako u digitalnom načinu otiskivanja (6, 22, 27).

Konvencionalne i digitalne otisne tehnike imaju određene prednosti i nedostatke, no u konačnici obje tehnike mogu dati precizan otisak i kvalitetan nadomjestak. Na doktoru dentalne medicine je da odluči koja mu od navedenih tehnika najbolje odgovara i kojom će tehnikom postići najbolje rezultate.

6. ZAKLJUČAK

Uzimanje otisaka svakodnevni je postupak u stomatološkoj praksi, a otisak služi za dijagnostiku, planiranje terapije i za samu provedbu terapije. Dva su načina dobivanja otiska: konvencionalni, u kojem se koriste dentalni otisni materijali i digitalni optički otisak koji se dobiva skenerima. Dva su tipa dentalnih skenera na tržištu: intraoralni i stolni. Intraoralnim skenerom skeniraju se zubne strukture, dok stolni skener služi za skeniranje konvencionalnih otisaka ili izlivenih modela.

Uvođenjem dentalnih skenera u stomatologiju postupak otiskivanja postaje ugodniji za pacijenta i vremenski kraći od konvencionalnih metoda otiskivanja. Prednosti su digitalnog optičkog otiska: brzina, učinkovitost, visoka preciznost, mogućnost arhiviranja STL setova podataka, pojednostavljen prijenos podataka između dentalne ordinacije i zubotehničkog laboratorija. Kod digitalnog načina otiskivanja znatno je umanjen ljudski faktor što smanjuje mogućnost pogrešaka koje mogu nastati pri konvencionalnom načinu otiskivanja.

Konvencionalne tehnike otiskivanja široko su rasprostranjene i prihvaćene među stomatolozima te ih većina preferira. One omogućuju precizan i točan otisak te izradu kvalitetnog nadomjeska ili naprave. U otiskivanju / skeniranju cijelog zubnog luka, konvencionalne metode otiskivanja pokazale su se preciznijima.

Sistemi digitalnih otisaka nastavljaju se ubrzano razvijati te će u budućnosti prevladati nad konvencionalnom metodom otiskivanja otisnim materijalima.

7. LITERATURA

1. Čatović A, Komar D, Čatić A i suradnici. Klinička i fiksna protetika – krunice. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 49-63 p.
2. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. Compend Contin Educ Dent. 2008; 29(8): 494-505.
3. Hoist S, Blatz MB, Bergler M, Goellner M, Wichmann M. Influence of impression material and time on the 3-dimensional accuracy of implant impressions. Quintessence Int. 2007; 38(1).
4. Del'Acqua MA, Arioli-Filho JN, Compagnoni MA, Mollo F Jr de A. Accuracy of impression and pouring techniques for an implant-supported prosthesis. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008; 23(2): 226–36.
5. Peutzfeldt A, Asmussen E. Accuracy of alginate and elastomeric impression materials. Eur J Oral Sci. 1989; 97(4): 375-9.
6. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. Clin oral investig. 2013; 17(7): 1759-64.
7. Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. J Contemp Dent Pract. 2008; 9(4): 59-66.
8. Chandran DT, Jagger DC, Jagger RG, Barbour ME. Two-and three-dimensional accuracy of dental impression materials: effects of storage time and moisture contamination. Biomed Mater Eng. 2010; 20(5): 243-9.
9. Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. J Prosthodon. 2002; 11(2): 98-108.
10. Taylor RL, Wright PS, Maryan C. Disinfection procedures: their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum casts. Dent Mater. 2002; 18(2): 103-10.
11. Marquezan M, Jurach EM, Guimarães VD, Valentim RGA, Nojima LI, Nojima MDCG. Does the contact time of alginate with plaster cast influence its properties?. Braz Oral Res. 2012; 26(3): 197-201.
12. Güth JF, Keul C, Stimmelmayr M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. Clin oral investig. 2013; 17(4): 1201-8.
13. Vlaar ST, Vander Zel JM. Accuracy of dental digitizers. Int Dent J. 2006; 56(5): 301–9.

14. Jerolimov V, editor. Osnove stomatoloških materijala [monograph on the Internet]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet. 2005; 161-6.
15. Najman I, Stričak T, Usporedba preciznosti otisaka dobivenih različitim metodama miješanja alginata. [Rektorova nagrada] Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. 2017; 1-17.
16. Todd JA, Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Dimensional changes of extended-pour alginate impression materials. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013; 143(4 Suppl): S55-63.
17. Mehulić K. i suradnici. Dentalni materijali. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2016. 261-4 p.
18. Shetty RM. Vinyl Polysiloxane Ether: A Breakthrough in Elastomeric Impression Material. World. 2014; 5(2): 134-7.
19. Stober T, Johnson GH, Schmitter M. Accuracy of the newly formulated vinyl siloxanether elastomeric impression material. J Prost Dent. 2010; 103(4): 228-39.
20. Pattanaik B, Nazirkar G, Shailendra S, Neha G, Aishwarya T, Snehal M. The dimensional accuracy of vinyl Siloxane ether and polyvinyl Siloxane in one step and two step impression techniques when the finish line is subgingival. IJR. 2017; 9(2): 46658-61.
21. Krhen P, Petričević N. Materijali za funkcijske otiske u mobilnoj protetici i njihova primjena. Sonda. 2012; 13(24): 53-6.
22. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016; 115(3): 313-20.
23. Tingting J, Sang-Mi L, Yanan H, Xin C, Hyeon-Shik H. Evaluation of digital dental models obtained from dental cone-beam computed tomography scan of alginate impressions. Korean J Orthod. 2016; 46(3): 129–36.
24. Rohanian A, Shabestari GO, Zeighami S, Samadi MJ, Shamshiri AR. Effect of storage time of extended-pour and conventional alginate impressions on dimensional accuracy of casts. J Dent (Tehran). 2014; 11(6): 655-64
25. Miyazaki T, Hotta Y, Kunni J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater. 2009; 28(1): 44 − 56.
26. Cyfex AG [Internet]. Cyfex.com c2017 [cited 2017 Jul 30]. Available from: https://www.cyfex.com/en/dental/oracheck/features

27. Lukačević F, Lukić N, Jelinić Carek A. Usporedba konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisaka. Sonda. 2015; 16(29): 54-7.
28. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. stoljeća. Acta Stomatol Croat. 2001; 35(1): 43-50.
29. Wolfart S. Implantoprotetika – koncept usmjeren na pacijenta. 1. izd. Zagreb: Media ogled d.o.o; 2015. 221-33 p, 361-93 p.
30. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of Intra-Oral Dental Scanners in the Digital Workflow of Implantology. PLoS One. 2012; 7(8): e43312.
31. Planmeca PlanScan [Internet]. Excent.eu c2017 [cited 2017 Jul 30]. Available from: https://www.excent.eu/Public/Docs/Intra%20Oral%20Scanners/PlanScan_bro_en_low_factsheet.pdf
32. Restauracije sa CEREC-om | Sirona Dental [Internet]. Sirona.hr c2017 [cited 2017 Aug 1]. Available from: http://www.sirona.hr/hr/restoracije-sa-cerec-om/#section3
33. 3M [Internet]. 3m.com c2017 [cited 2017 Aug 1]. Available from: http://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/3M-Mobile-True-Definition-Scanner-78032?N=5002385+3291729214&rt=rud
34. 3Shape [Internet]. 3shape.com c2017 [cited 2017 Aug 1]. Available from: http://www.3shape.com/products/trios/intraoral-scanners
35. iTero [Internet]. Itero.com c2017 [cited 2017 Aug 1]. Available from: http://www.itero.com/en-us/products
36. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013; 144(3): 471-8.
37. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent. 2016; S0022-3913(16): 30514-5.
38. Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. J Prosthet Dent. 2015; 113(4): 310-5.
39. Hack GD, Patzelt SBM. Evaluation of the Accuracy of Six Intraoral Scanning Devices: An in-vitro Investigation. ADA Prof. 2015; 10(4): 1-5.

40. Desktop 3D dental scanners [Internet]. 3D Dental Solutions. c2017 [cited 2017 Aug 3]. Available from: http://www.dental3dsolutions.com/3d-dental-products/dental-scanners/d810-3shape/Dental
41. Lab scanners [Internet]. 3Shape.com c2017 [cited 2017 Aug 3]. Available from: http://www.3shape.com/new-products/dental-labs/lab-scanners
42. Scan [Internet]. Amanngirrbach.com c2017 [cited 2017 Jun 4]. Available from: https://www.amanngirrbach.com/en/products/scan/
43. 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): 10.
44. Henkel GL. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. Compend Contin Educ Dent. 2007; 28(8): 422-31.
45. Joda T, Brägger, U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. Clin oral implant res. 2015; 26(12): 1430-5.
46. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. J Prosthet Dent. 2013; 109(2): 121-8.

8. ŽIVOTOPIS

Tena Stričak rođena je 9. travnja 1993. godine u Čakovcu gdje završava I. osnovnu školu Čakovec i opći smjer Gimnazije Josipa Slavenskog. Maturirala je s odličnim uspjehom 2011. godine nakon čega iste godine upisuje studij Dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studija se educira na brojnim stručnim kongresima, prisustvuje edukaciji „ABC hitnih stanja“ iz KPR-AVD-a i prve pomoći, radi kao asistent u „Dentalnom studiju dr. O“, volontira na Zavodu dječje i preventivne dentalne medicine, sudjeluje u projektu „Zubić“ i „Geronto“. Dobitnica je Stipendije grada Čakovca na temelju izvrsnosti i jednokratne potpore studentima Međimurske županije za svih šest godina studiranja. Dobitnica je *Nagrade dr. Vinko Žganec* na temelju izvrsnosti za 2015. i 2016. godinu. Akademske godine 2016./2017. dobila je *Rektorovu nagradu* za individualni znanstveni rad za kliničku eksperimentalnu studiju pod naslovom „Usporedba preciznosti otisaka dobivenih različitim metodama miješanja alginata“. Apsolvirala je 2017. godine s odličnim uspjehom.