

Usporedbe suvremenih otisnih materijala i digitalnog otiskivanja

Patrun, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:489693>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Lucija Patrun

USPOREDBE SUVREMENIH OTISNIH MATERIJALA I DIGITALNOG OTISKIVANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

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

Mentor rada: Davor Illeš, doc.dr.sc. , Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Nataša Mrkonjić, mag.educ.philol.croat.

Lektor engleskog jezika: Nevenka Borčilo, prof. engleskog i talijanskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____

2. _____

3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 36 stranica

2 tablice

4 slike

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drugačije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. 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.

Zahvala

Hvala mentoru doc.dr.sc. Davoru Illešu na stručnim savjetima kojima mi je pomogao prilikom pisanja ovog rada te na prenesenom znanju tijekom studiranja.

Najveće hvala mojim roditeljima, sestri, braći i nećaku Kreši na beskrajnoj podršci, ljubavi i razumijevanju. Bez vas nikada ne bih došla do svog cilja.

Hvala mojim prvim pacijentima Ivani, Josipi, Ivanu i Branimiru na hrabrosti i ukazanom povjerenju.

Hvala svoj rodbini i prijateljima koji su na bilo koji način uljepšali i olakšali ovo razdoblje moga života.

USPOREDBE SUVREMENIH OTISNIH MATERIJALA I DIGITALNOG OTISKIVANJA

Sažetak

Uzimanje otisaka čest je postupak u ordinaciji dentalne medicine. Svrha otiska je točno i precizno prikazati dimenzijski stabilan negativ koji predstavlja trenutnu situaciju u usnoj šuljini. Otisni se materijali kontinuirano razvijaju kako bi im se poboljšala preciznost, ugodna za pacijenta te lakoća korištenja. Suvremeni materijali su precizni, hidrofilni, dimenzionalno stabilni te se mogu automatski zamiješati. Usporedno s razvojem konvencionalnih otisnih materijala došlo je i do pojave intraoralnih skenera za digitalno otiskivanje. Oni dijele neka od dobrih svojstava otisnih materijala, no postoje prednosti i nedostaci karakteristični za svaku od tehnologija. Unatoč digitalizaciji i virtualizaciji otisaka, konvencionalna tehnika otiskivanja i dalje je potrebna u kliničkoj praksi, pogotovo za subgingivne preparacije, otiskivanje cijelih zubinih lukova i funkcijske otiske.

Ključne riječi: dentalni otisak, otisni materijali, intraoralni skeneri, digitalno otiskivanje

DIGITAL VERSUS ANALOGUE IMPRESSION – MAKING TECHNIQUES

Summary

Taking impressions is a necessary procedure in most dental practices. Its principal goal is to produce an accurate, precise and dimensionally stable negative imprint which shows the current status in the oral cavity. Impression material has evolved and improved the precision of procedure, patient comfort and the ease of use. Modern materials are precise, hydrophilic, dimensionally stable and can be automatically mixed. In parallel with the development of the conventional impression material, intraoral scanning devices have been introduced. Both methods share some good characteristics when it comes to impression materials, but they both have their own advantages and disadvantages. Despite the application of digital impressions technologies in daily clinical practice, analogue method is still needed, especially for deep subgingival areas, full arch impressions and functional impressions.

Key words: dental impression, impression materials, intraoral scanners, digital impression

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. VRSTE OTISNIH MASA S OBZIROM NA KONZISTENCIJU I NJIHOVO ZNAČENJE ZA KLINIČKU PRAKSU	4
2.1. Hidrokoloidi.....	5
2.2. Polivinilsiloksani	5
2.3. Polieteri.....	6
2.4. Etervinilsiloksani.....	6
3. FIZIKALNA SVOJSTVA OTISNIH MASA I NJIHOV UTJECAJ NA PRECIZNOST.....	8
3.1. Preciznost.....	9
3.2. Vlaženje / hidrofilnost	9
3.3. Vrijeme i način stvrdnjavanja.....	11
3.4. Elastičnost.....	14
3.5. Dimenzionalna stabilnost	15
4. TEHNIKE KORIŠTENJA OTISNIH MASA I VRSTE OTISAKA - INOVACIJE I NAPREDAK	18
5. DIGITALNO OTISKIVANJE	22
6.RASPRAVA.....	25
7. ZAKLJUČAK	29
8. LITERATURA.....	31
9. ŽIVOTOPIS	35

Popis skraćenica

ISO - eng. The International Organization for Standardization, hrv. Međunarodna organizacija za standardizaciju

AI – eng. artificial intelligence, hrv. umjetna inteligencija

Jedan od postupaka koji se često izvodi u ordinacijama dentalne medicine uzimanje je otisaka čija je funkcija što preciznije prikazati situaciju u usnoj šupljini. Otisak prikazuje strukture usne šupljine u negativu te se nakon izlijevanja modela u sadri dobije pozitiv, tj. vjerna kopija situacije u ustima pacijenta. Otiske koristimo za dijagnostiku, planiranje i provođenje terapije (1).

Prije pojave suvremenih otisnih materijala otisci su se uzimali voskom, cink-oksidi eugenol pastom te sadrom. Godine 1925. na tržištu se pojavljuju hidrokoloidi, nakon njih 1950. u upotrebu dolaze polisulfidi, a zatim polieteri 1965. Polivinilsiloksani su predstavljani 1975. godine, a njihova hidrofilnija inačica dolazi na tržište tek jedanaest godina kasnije. Svakim novim materijalom pokušalo se unaprijediti kvalitetu otisaka te približiti svojstvima koja bi trebao imati idealan materijal za otiske. Sve otisne materijale unosimo u usnu šupljinu u plastičnom obliku gdje oni nakon stvrdnjavanja prelaze u elastični oblik i mogu se izvaditi iz usta. Nakon završenog postupka otiskivanja, otisak je potrebno dezinficirati te do trenutka izlivanja pohraniti prema uputama proizvođača. Na kvalitetu otiska utječe odabir materijala za otiskivanje, tehnika otiskivanja i pomoćni materijali za otiskivanje. Bitna svojstva koja mora imati svaki materijal za otiskivanje su elastičnost, dimenzionalna stabilnost, preciznost, mogućnost dezinfekcije te moraju biti ugodni za pacijenta (2). Od pojave prvih materijala za otiskivanje pa sve do danas na tržištu se pojavljuju materijali sa sve boljim svojstvima. Osim poboljšavanja postojećih materijala, pojavljuju se i novi, takozvani hibridni materijali, koji objedinjuju dobra svojstva već poznatih materijala. Na taj se način pokušava ukloniti mogućnost pojave pogreške prilikom otiskivanja.

Osim napredovanja konvencionalnih materijala i tehnika otiskivanja sve je više zastupljeno i digitalno otiskivanje intraoralnim skenerima. Digitalizacijom otiskivanja nastoji se smanjiti broj koraka koji su potrebni prilikom konvencionalnih tehnika otiskivanja i na taj se način pokušava izbjeći kumulacija pogrešaka i nezadovoljavajući krajnji rezultat. Digitalna tehnika otiskivanja smanjila je nelagodu za pacijente i pojavu nagona na povraćanje prilikom otiskivanja. Također je moguće ponavljanje i dorađivanje samo dijela otiska, a sam postupak je znatno ubrzan. Olakšana je i komunikacija s dentalnim laboratorijem jer se gotovi otisci, za razliku od tradicionalnih, odmah internetom šalju u digitalnom obliku u laboratorij (1,2).

Zbog velikog izbora na tržištu, prilikom odabira zadovoljavajućeg otisnog materijala bitno je upoznati se sa svim prednostima i nedostacima te na temelju toga odabrati odgovarajući

materijal za određeni otisak. Uzimanje otisaka važan je korak te svaka pogreška ima izravan utjecaj na krajnji rezultat terapije.

Svrha je ovog diplomskog rada upoznati i opisati materijale koji se danas koriste za otiskivanje, prokomentirati novitete i njihov utjecaj na tehniku i uspješnost otiskivanje te ih usporediti s metodom digitalnog otiskivanja.

2. VRSTE OTISNIH MASA S OBZIROM NA KONZISTENCIJU I NJIHOVO ZNAČENJE ZA KLINIČKU PRAKSU

2.1. Hidrokoloide

Hidrokoloide su otisni materijali koji su u upotrebu uvedeni tridesetih godina prošlog stoljeća. Njihova je glavna karakteristika hidrofilnost koja se očituje mijenjanjem svojstava materijala ovisno o prisutnoj količini vode. Razlika u količini vode dovodi do skvrčavanja ili bubrenja materijala (1). Glavna podjela hidrokoloida je na reverzibilne i ireverzibilne, a temelji se na stvrdnjavanju nastalom nakon kemijske reakcije (ireverzibilni) ili promjene temperature (reverzibilni) (2,3). Zbog jednostavnosti primjene svoje mjesto u praksi pronašli su uglavnom ireverzibilni hidrokoloide tzv. alginati (1). U kliničkoj praksi alginati se upotrebljavaju prilikom uzimanja otisaka za anatomske modele, otiske antagonista, za izradu privremenih protetskih radova te u izradi ortodontskih naprava (1,2). Kako se nalazimo u dobu moderne tehnologije, dodatni napredak je i mogućnost skeniranja alginatnih otisaka. Još jedan novitet među alginatima su i polikromatski materijali koji vizualno različitim bojama prikazuju određene stadije rada. Od početka miješanja materijala pa do završenog otiska mijenjaju se tri boje. Prva boja označava vrijeme miješanja samog materijala, druga boja predstavlja vrijeme rada, a treća vrijeme stvrdnjavanja. Na taj način olakšan je rad kliničaru i umanjena je vjerojatnost pogreške prilikom uzimanja otiska. Uz to postoje alginati s dodatkom okusa te bez laktoze i glutena kojima nastojimo pacijentima olakšati sam postupak uzimanja otiska (4).

2.2. Polivinilsiloksani

Polivinilsiloksani ili drugim nazivom adicijski silikoni materijali su koji se sastoje od baze i katalizatora. Baza se sastoji od hidrogensiloksana i složenog silanskog spoja s vinilnim skupinama, a katalizator je spoj koji sadržava platinske soli (2). Zbog dobrih svojstava kao što su preciznost, elastičnost, dimenzionalna stabilnost, otpornost na trganje i sl. danas se koriste u implantologiji, u izradi krunica, mostova, inlaya, onlaya (1,5). Noviji otisni materijali imaju i svojstvo radioopaktnosti kako bi lakše prepoznali materijal koji je zaostao subgingivno. Osim toga, kako se nalazimo u vremenu sve brže digitalizacije, bitno je naglasiti i mogućnost skeniranja otisaka bez upotrebe opaknih sprejeva ili prašaka (4,6). Adicijski silikoni se na tržištu pojavljuju u 5 standardnih konzistencija: kitasti materijali (*putty*), visokoviskozni (*heavy body* i *heavy body universal*), materijali srednje viskoznosti (*regular body*),

niskoviskozni materijali (*light body flow, light body standard*) i jako niskoviskozni materijali (*ultra light body*) (7).

2.3. Polieteri

Polieteri su otisni materijali koji se sastoje od dvije komponente, baze i katalizatora. Baza se sastoji od lanaca polieterskog kopolimera na čijim se krajevima nalaze atomi kisika, metilenske i reaktivne grupe. Katalizator se sastoji od kationskih inicijatora, punila i boja (1). Jedan od glavnih nedostataka polietera bila je izrazita čvrstoća koja je otežavala vađenje otisaka iz podminiranih područja i izlijevanje sadrenih modela. Pojavom novih *soft* verzija polietera taj je nedostatak uklonjen. Time je omogućena njegova upotreba u fiksnoj protetici gdje se često susrećemo s podminiranim dijelovima (1,2). Osim u fiksnoj protetici polieter se koristi i za funkcijske otiske i u implantoprotetici. S obzirom na konzistenciju razlikujemo tri vrste polietera: *heavy body, medium body* i *light body* (8). Jedno od bitnih svojstava polietera je i tiksotropnost. To je svojstvo materijala da mu se pod utjecajem vanjske sile smanji viskoznost te da se nakon prestanka djelovanja iste, viskoznost vrati na početnu vrijednost. To svojstvo omogućuje polieterima izvrsno vlaženje zuba (1,8). Jedan od uzroka tog svojstva je prisutnost triglicerida u materijalu. Kristalizacijom trigliceridi formiraju trodimenzionalnu rešetku koja ogrlašuje tekuće dijelove materijala i daje mu potrebnu stabilnost. Djelovanjem sile dolazi do pomicanja kristala i smanjenja viskoznosti. Nakon prestanka djelovanja vanjske sile kristali se vraćaju u prvobitan položaj (8).

2.4. Etervinilsiloksani

Etervinilsiloksani su najnovija skupina otisnih materijala koja objedinjuje najbolja svojstva polivinilsiloksana i polietera (1,2). Karakteristike koje su preuzeli od polivinilsiloksana su bolja elastičnost, koja omogućava jednostavnije vađenje otiska iz usne šupljine, te prihvatljiviji okus i miris kojim se nastoji smanjiti refleks povraćanja kod pacijenata. S druge strane, od polietera su preuzeli intrizičnu hidrofilnost, dobru dimenzionalnu stabilnost i izrazitu preciznost otiska. Objedinjujući svojstva dvaju materijala, postignuta je široka

indikacija za primjenu. U kliničkoj praksi može se koristiti za otiskivanje kod izrade krunica, mostova, inlaya, onlaya, za funkcijske otiske te u implantoprotetici. Etervinilsiloksani su na tržištu prisutni u šest različitih konzistencija: *putty*, *heavy body rigid*, *heavy body*, *medium body (monophase)*, *light body* i *extra light body* (9,10).

3. FIZIKALNA SVOJSTVA OTISNIH MASA I NJIHOV UTJECAJ NA PRECIZNOST

3.1. Preciznost

Jedan od glavnih nedostataka alginata bila je nedovoljna preciznost. Prilikom vezivanja, kemijska reakcija se najprije odvija na mjestima više temperature, tj. uz zube koje otiskujemo, što može dovesti do distorzije materijala i posljedično dovodi do manje preciznosti (2). Razvojem materijala s boljim svojstvima došlo je i do poboljšanja preciznosti alginata te danas na tržištu postoje alginati preciznosti i do 5 μm (4).

Preciznost je svojstvo materijala koje se očituje mogućnošću reprodukcije najsitnijih detalja u usnoj šupljini. Po mjerilima Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) elastomer mora biti u mogućnosti prikazati u otisku urez širine 75 (*putty*), 50 (*heavy body*) odnosno 20 (*medium* i *light body*) mikrometara, ovisno o konzistenciji materijala (2).

U istraživanju Khatri et al. iz 2020. godine uspoređivana je preciznost reprodukcije detalja elastomera nakon njihove dezinfekcije. Materijali koji su se koristili u istraživanju su polivinilsiloksani, polieteri i etervinilsiloksani. Proučavala se preciznost reprodukcije linije od 50 μ po slijedećem principu:

- dobro definirana, oštra, kontinuirana linija
- kontinuirana linija s povremenim gubitkom oštine
- pogoršanje rubnih detalja ili gubitak kontinuiteta linije
- neuspjeh reprodukcije linije

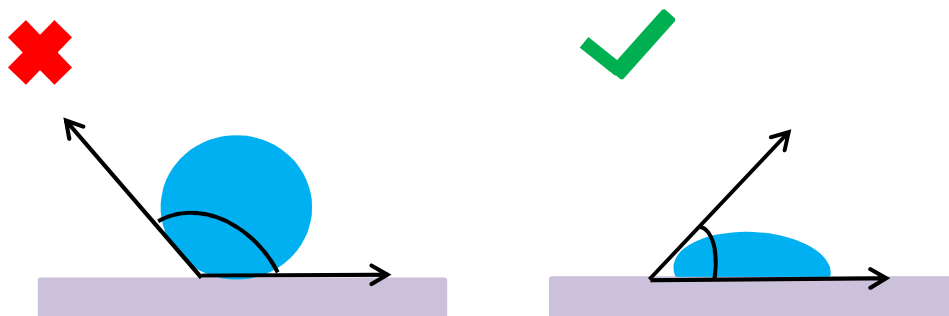
Mjerenje je provedeno nakon uranjanja otisaka na 10 minuta u dezinficijens. Dobiveni rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike između dezinficiranih i nedezinficiranih primjeraka. Svi materijali pokazali su preciznost unutar zadanih standardiziranih vrijednosti (11).

3.2. Vlaženje / hidrofilnost

Hidrokoloidi su materijali koji se sastoje od vode i disperznog sredstva. Iz samog sastava materijala proizlazi i njegova velika hidrofilitnost (1). Posljedica velike hidrofilitnosti osjetljivost je na promjenu u količini vode što dovodi do nepreciznosti otiska. Poznata su tri

fenomena koja negativno utječu na preciznost otiska, a to su imbibicija, evaporacija i sinereza. Imbibicija je pojava do koje dolazi kada je otisak u vodi. Otisak dodatno upija vodu, bubri i dimenzijski se mijenja. S druge strane evaporacija je pojava isparavanja vode iz otiska koji je ostavljen na zraku. Dolazi do isušivanja otiska i njegove deformacije zbog čega je bitno brzo izlivanje modela. Kada se na površini otiska pojavi eksudat vode i komponenta hidrokoloida, radi se o fenomenu sinereze. S obzirom na visoku osjetljivost materijala na prisutnost vode, do izlivanja otisak je potrebno držati u hermetički zatvorenim posudama (2,3).

Polivinilsiloksani su sami po sebi hidrofobni, međutim, dodavanjem surfaktanta dolazi do poboljšanja hidrofilnosti i mogućnosti vlaženja površine (1,2). Hidrofilnost materijala bitno je svojstvo jer omogućava preciznije otiskivanje detalja u vlažnom okruženju kao što je usna šupljina. Kod polivinilsiloksana bitna nam je vrijednost kontaktnog kuta. Kontaktni kut je kut koji zatvara tangenta na najizbočenijem dijelu kapi tekućine s površinom ispitivanog materijala. Niža vrijednost kontaktnog kuta pokazatelj je boljeg vlaženja površine (slika 1) (2). Uz to, bitna je i brzina postizanja niskih vrijednosti kontaktnog kuta jer je njegova vrijednost najbitnija prilikom prvog kontakta s površinom zuba. Današnji materijali za otiskivanje, tzv. *light body* postižu kut od 10° dvije sekunde nakon kontakta s površinom zuba. S druge strane *heavy body* materijali postižu vrijednosti od 37° , dvije sekunde nakon kontakta sa zubom (7).



Slika 1: kontaktni kut

Polieteri su otisni materijali koji posjeduju svojstvo takozvane intrinzične hidrofilnosti. To znači da imaju hidrofilna svojstva zbog svog kemijskog sastava, a ne zbog dodavanja surfaktanta kao što je to slučaj kod polivinilsiloksana. To svojstvo omogućava uzimanje otisaka visoke preciznosti i u vlažnoj sredini kao što je usna šupljina. Glavna razlika između

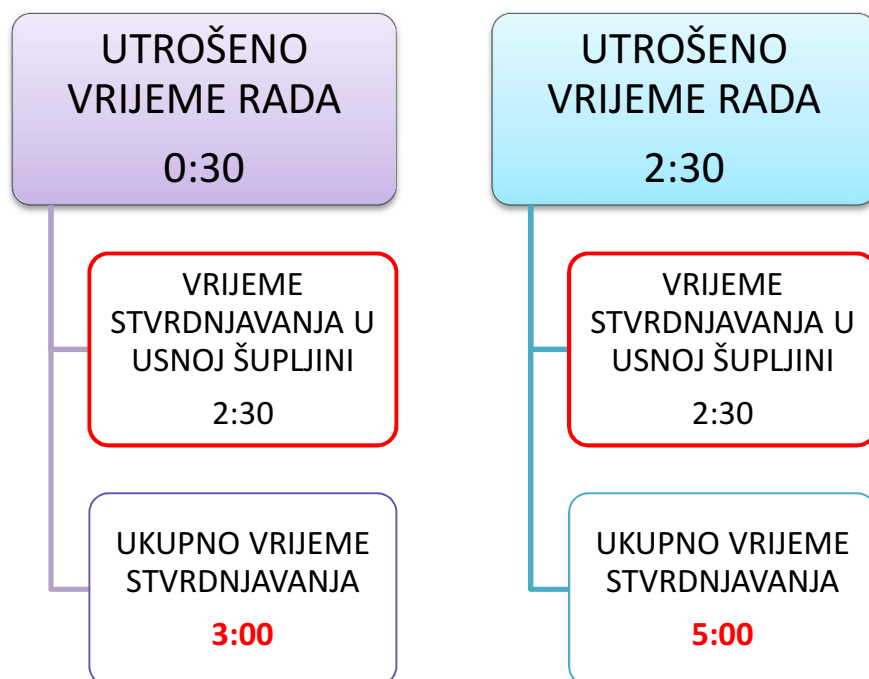
polietera koji imaju intrizičnu hidrofilnost i polivinilsiloksana kojima je dodan surfaktant u početnom je kontaktu materijala s vlažnom površinom. Polivinilsiloksanima potrebno je određeno vrijeme za dolazak surfaktanta na površinu i razvoj hidrofilnosti dok polieteri to svojstvo imaju od prvog dodira s površinom zuba (8). Zbog navedene razlike polieteri postižu veću preciznost pri otiskivanju u vlažnim uvjetima (1). Etervinilsiloksani su preuzeli svojstvo hidrofilnosti od polietera (9).

3.3. Vrijeme i način stvrdnjavanja

Stvrdnjavanje alginata odvija se kemijskom reakcijom. Najprije miješanjem vode i praha nastaje sol-stanje (tekuće) u kojem se materijal unosi u usta pacijenta. Nakon toga dolazi do gelatinizacije, tj. prelaska u gel-stanje. Gelatinizacija nastaje zbog otapanja natrijeva fosfata, kalcijevih soli i soli alginske kiseline i njihovom međusobnom reakcijom (1,2). Postoje razlike u vremenu stvrdnjavanja materijala. Tako se razlikuju normalni, brzi i ekstra brzi svrdnjavajući materijali. Vrijeme rada je, ovisno o vrsti materijala, 1-2 min., dok je vrijeme stvrdnjavanja od 0:25 do 2:00 min. Na vrijeme stvrdnjavanja može se utjecati promjenom temperature vode. Tako ćemo miješanjem s hladnom vodom usporiti vezivanje dok ćemo ga miješanjem s toplom vodom ubrzati. Smanjivanjem vremena stvrdnjavanja, tj. vremena koji otisak mora biti u ustima pacijenta nastoji se olakšati taj postupak pacijentu (4).

Polivinilsiloksani su materijali koji se sastoje od dva dijela, baze i katalizatora. Njihovo vezivanje započinje samim kontaktom dvaju dijelova, tj. početkom miješanja. Nakon vađenja otiska iz usne šupljine potrebno je određeno vrijeme da dođe do potpune polimerizacije materijala. Dok se to ne dogodi, moguće su dimenzijske promjene pa je potrebno pričekati s izlivanjem otiska (2). U kliničkom radu razlikujemo vrijeme rada i vrijeme vezivanja. Vrijeme rada iznosi do 2:30 minute dok je vrijeme vezivanja od 1:15 do 3:30 minute, ovisno o vrsti materijala. Ukupno vrijeme vezivanja materijala uvelike je skraćeno termosenzitivnom tehnologijom (slika 2). Naime, materijal je osjetljiv na povećanje temperature do kojega dolazi nakon postavljanja otiska u usnu šupljinu. Povećanjem temperature započinje vezivanje bez obzira na utrošeno vrijeme rada prilikom miješanja i postavljanja materijala u žlicu. Na taj se način skraćuje ukupno utrošeno vrijeme (5). Osim vidljivog napretka u svojstvima materijala došlo je i do pojave uređaja za automatsko miješanje materijala. Jedan je od primjera uređaj

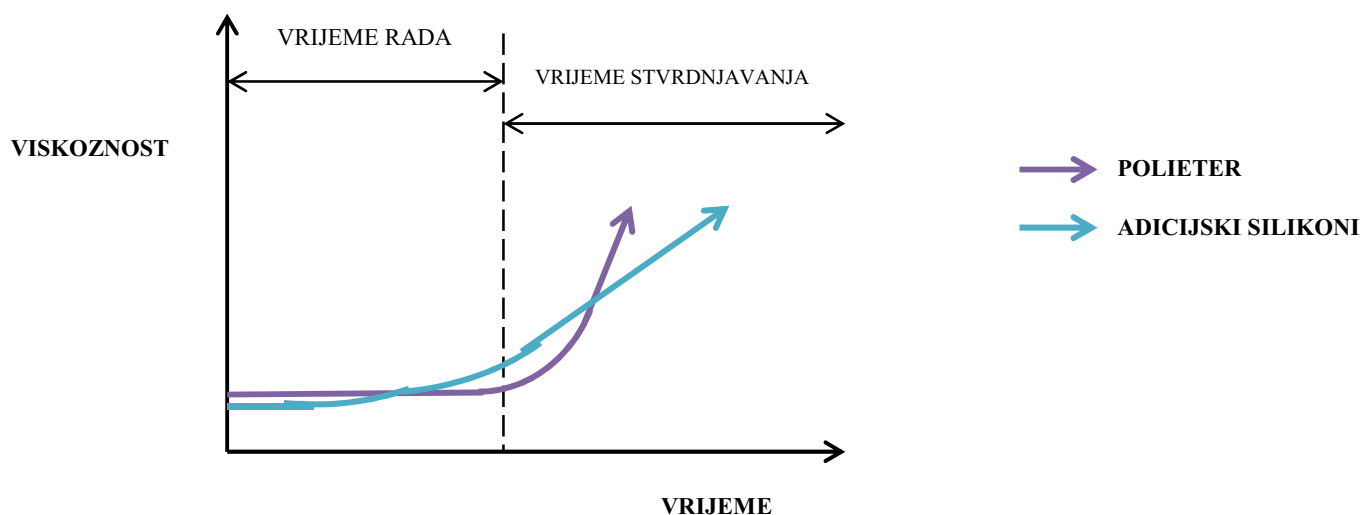
za miješanje *heavy body* ili *putty* materijala. Osim postizanja jednoličnije zamješanog materijala s podjednakom količinom baze i katalizatora, materijal iz uređaja izlazi zagrijan na temperaturu usne šupljine. Prilikom uzimanja klasičnog jednovremenog otiska, korištenjem uređaja za automatsko miješanje, skraćujemo vrijeme stvrdnjavanja materijala rjeđe konzistencije. To je posljedica zagrijanosti materijala gušće konzistencije na temperaturu usne šupljine jer je time postignuto brže zagrijavanje *light body* materijala i samim time kraće vrijeme stvrdnjavanja (7). Na taj način izbjegnuto je kontinuirano stvrdnjavanje te je postignut učinak sličan snap setu prisutnom kod polietera. Kontinuirano stvrdnjavanje dovodi do napetosti i pogreške u otiskivanju jer se prelazak iz plastičnog stanja u elastično događa postepeno već tijekom vremena rada. S druge strane snap set je svojstvo polietera da se prelazak iz plastičnog u elastično stanje događa naglo nakon završetka vremena rada (8).



Slika 2: Ukupno vrijeme vezivanja termosenzitivnih materijala

Kod polietera, miješanjem baze i katalizatora, dolazi do kationske polimerizacije. Tijekom polimerizacije polietera nema nusprodukata što je vrlo bitno za dimenzijsku stabilnost materijala (1). Kada govorimo o vremenu stvrdnjavanja polietera, razlikujemo normalno i brzo stvrdnjavajuće materijale. Vrijeme rada normalno stvrdnjavajućeg materijala je između 0:30 i 2:00 minute dok vrijeme stvrdnjavanja ovisi o iskorištenom vremenu rada. Naime, ukupno vrijeme stvrdnjavanja, koje uključuje vrijeme rada i vrijeme stvrdnjavanja, mora

iznositi 6:00 minuta. S druge strane, vrijeme rada brzo stvrdnjavajućeg materijala iznosi od 0:30 do 1:00 minute. Vrijeme stvrdnjavanja u usnoj šupljini je fiksno i iznosi 3:00 minute, neovisno o utrošenom vremenu rada. Jedno od bitnih karakteristika polietera je snap set (slika 3). To je pojam koji označava naglu promjenu viskoznosti polietera završetkom vremena rada dok se kod drugih otisnih materijala promjena viskoznosti događa postepeno. Materijal u tom trenutku prelazi iz plastičnog stanja (svojstvo materijala da ostane deformirano nakon izlaganja vanjskoj sili) u elastično (sposobnost materijala da se vrati u prvobitno stanje nakon prestanka djelovanja sile). Elastičnost materijala nakon stvrdnjavanja je bitna kako bi se, nakon deformacije prilikom vađenja otiska iz usne šupljine, otisak mogao vratiti u prvobitno stanje. Ako bi polieter pokazivao svojstva elastičnosti prije završetka vremena rada, došlo bi do rasta napetosti i pogreške u otiskivanju. Zbog toga je ključno da se prelazak iz plastičnog u elastično stanje dogodi što brže (8).



Slika 3: Snap set

Kada govorimo o vremenu stvrdnjavanja, etervinilsiloksani dolaze u obliku normalno i brzo stvrdnjavajućeg materijala (*regular* i *fast setting*). Kod normalno stvrdnjavajućeg materijala, vrijeme rada iznosi 2:00 minute, a vrijeme stvrdnjavanja u usnoj šupljini 3:00 minute. S druge strane, vrijeme rada brzo stvrdnjavajućeg materijala iznosi 1:00 minutu, a vrijeme stvrdnjavanja 1:30 minutu (10).

3.4. Elastičnost

Elastičnost otisnog materijala očituje se u postotku povratka materijala u prvobitan oblik nakon prestanka djelovanja određene sile. Elastičnost je bitno svojstvo jer omogućava visoku preciznost otiskivanja i najsitnijih detalja. Omogućava povratak materijala u prvobitan oblik nakon deformacije koja se događa prilikom vađenja otiska iz usne šupljine (2). Prilikom vađenja otiska iz usne šupljine dolazi do elongacije i kompresije. Te su sile najizraženije kod dubokih sulkusa, u podminiranim dijelovima, interdentalnom području te dovode do deformacije ruba preparacije i posljedično lošeg protetskog nadomjestka. Kako bi se to izbjeglo, nužna je upotreba materijala sa što većim postotkom oporavka. Minimalan postotak koji po mjerilima Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) materijal mora zadovoljiti je 96,5%. Današnji materijali dosežu vrijednosti od gotovo 100% (7).

U istraživanju Pandey et al. iz 2019. godine testirana je elastičnost polivinilsiloksana, polietera i etervinilsiloksana visoke i niske viskoznosti (*heavy* i *light body*). Korišteni su kalupi u obliku bučica širine 2 mm i 1,5 mm debljine te su napravljena po četiri primjerka za svaku vrstu materijala i za svaku konzistenciju. Primjerci su zatim deformirani za 30% svoje originalne duljine te su dvije minute nakon prestanka djelovanja sile izmjerene promjene u duljini. Rezultati sva tri testirana materijala bila su unutar postotka određenog od ISO organizacije (tablica 1). Najveću vrijednost elastičnog oporavka pokazali su polivinilsiloksani, zatim etervinilsiloksani te polieteri. Gledajući konzistenciju materijala, bolje rezultate su pokazali materijali gušće konzistencije (12).

Tablica 1: Rezultati testiranja elastičnosti materijala (izrađeno prema (12))

%	POLIVINILSILOKSANI	POLIETERI	ETERVINILSILOKSANI
HEAVY BODY	99,81 ± 0,15	98,59 ± 0,07	98,75 ± 0,63
LIGHT BODY	98,49 ± 0,34	98,07 ± 0,63	98,32 ± 0,67

3.5. Dimenzionalna stabilnost

Dimenzionalna stabilnost je svojstvo otisnog materijala koje prikazuje mijenjanje otiska nakon vezivanja materijala pa sve do izlijevanja u sadri (2). Na dimenzionalnu stabilnost utječe okolina, postojanje nusprodukata polimerizacije, utjecaj dezinficijensa na otisak, deformacija i pritisak tijekom transporta (1).

Niska dimenzionalna stabilnost bila je jedna od glavnih mana alginata. Izlijevanje modela bilo je nužno napraviti unutar 45 minuta nakon uzimanja otiska. Usavršavanjem materijala danas je moguće izlijevanje otiska do 120 sati nakon njegova uzimanja (4).

Za razliku od alginata, dimenzionalna stabilnost polivinilsiloksana znatno je bolja. Izlijevanje modela moguće je učiniti do 21 dan nakon uzimanja otiska (4). Nakon uzimanja otiska, otisak je potrebno pohraniti na suhom mjestu 30 minuta do dva sata. Za to vrijeme doći će do potpune polimerizacije i dimenzionalne stabilnosti (2).

Iako su polieteri izrazito hidrofilni materijali, nakon završene polimerizacije postaju hidrofobni te izrazito dimenzionalno stabilni. Čuvanje otiska na suhom omogućava izlijevanje modela i do 14 dana nakon otiskivanja (1).

U istraživanju Aivatziđou et al. iz 2020. godine uspoređivane su dimezionalne stabilnosti polivinilsiloksana, polietera i etervinilsiloksana. Korišteno je pet materijala srednje viskoznosti: tri polietera, jedan polivinilsiloksan i jedan etervinilsiloksan. Na metalnu matricu ugravirane su tri paralelne horizontalne linije širine 20 μm i dvije vertikalne linije širine 75 μm . Udaljenost između vertikalnih linija iznosila je 25 mm. Napravljeno je 20 primjeraka modela svakog materijala koji su ostavljeni 24 sata na sobnoj temperaturi prije očitavanja rezultata. Dimenzionalna stabilnost se kontrolirala mjerenjem duljine srednje horizontalne linije između dvije vertikalne linije. Svaki primjerak je mjeran triput te uspoređivan s duljinom iste linije na matrici od nehrđajućeg čelika. Svi testirani materijali imali su negativnu srednju vrijednost izmjerene dimenzionalne stabilnosti što ukazuje na polimerizacijsko skupljanje koje se dogodilo unutar 24 sata. Najveću dimenzionalnu promjenu pokazao je polivinilsiloksan, a najmanju polieter (tablica 2). Iako su svi testirani materijali pokazali dimenzionalnu promjenu, sve vrijednosti su bile daleko ispod standardizirane vrijednosti od $\leq 0,5 \%$. Bitno je naglasiti kako postoji niz faktora u

kliničkom radu koji dodatno mogu utjecati na dimenzionalnu stabilnost materijala kao što su prisutnost sline i krvi, odabir tehnike otiskivanja, dezinficijens korišten nakon otiskivanja te vrijeme koje je prošlo između uzimanja i izlivanja otiska (13).

Tablica 2: Rezultati mjerenja dimenzionalnih promjena materijala (izrađeno prema (13))

	SREDNJA VRIJEDNOST %	MINIMALNA VRIJEDNOST %	MAKSIMALNA VRIJEDNOST %
POLIETER	-0,05 ± 0,02	-0,01	-0,09
POLIVINILSILOKSAN	-0,09 ± 0,02	-0,06	-0,12
POLIETER	-0,03 ± 0,01	-0,01	-0,06
POLIETER	-0,05 ± 0,02	-0,02	-0,07
ETERVINILSILOKSAN	-0,05 ± 0,01	-0,03	-0,08

U istraživanju Nassar et al. iz 2017. godine istraženo je djelovanje dezinficijensa i vremena pohrane otiska na dimenzionalnu stabilnost etervinilsiloksana. U istraživanju su korišteni etervinilsiloksani različite konzistencije i vremena stvrdnjavanja (*heavy body*, *light body* i *extra light body*, normalno i brzo stvrdnjavajući). Dvadeset primjeraka svakog materijala je dezinficirano 2,5 % glutaraldehidom na sobnoj temperaturi tijekom 30 minuta dok drugih 20 primjeraka nije dezinficirano. Mjerenja su se provodila odmah nakon 7 dana te nakon 14 dana. Nakon prvog mjerenja nisu uočene razlike između dezinficiranih i nedezinficiranih primjeraka. Nakon prvog tjedna razlika je uočena samo kod *extra light regular setting* materijala, međutim, navedena razlika nije klinički značajna. Nakon dva tjedna uočene su dimenzionalne razlike između dezinficiranih i nedezinficiranih materijala *light body fast setting*, *extra light body regular* i *fast setting*. Na kraju istraživanja zaključeno je da nijedna izmjerena dimenzionalna razlika nije klinički značajna i sve je unutar standardiziranih mjera za elastomere (14).

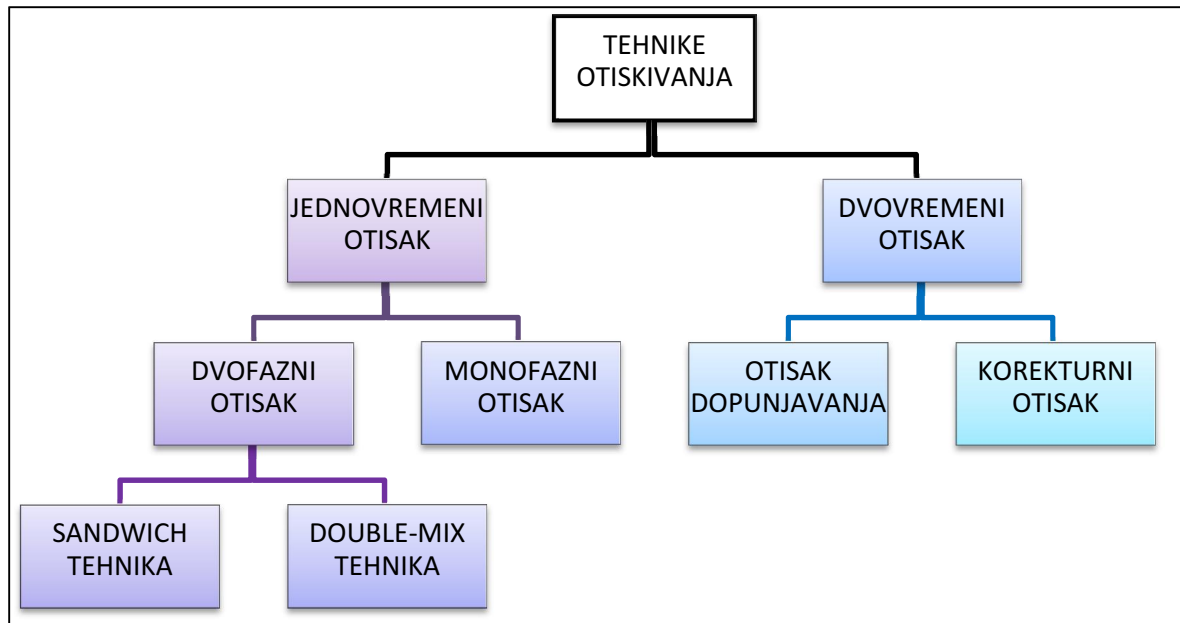
Istraživanje Khatri et al. iz 2020. godine usporedilo je utjecaj glutaraldehida (2,45%) i natrijeva hipoklorita (3,0%) na dimenzionalnu stabilnost polivinilsiloksana, polietera i etervinilsiloksana dezinficiranih uranjanjem u sredstvo na 10 minuta. Jedna grupa je uranjana 15 minuta nakon izrade primjerka otiska, a druga grupa 12 sati nakon izrade otiska. Polivinilsiloksani su pokazali najbolju dimenzionalnu stabilnost od svih testiranih materijala. Polieteri su pokazali dimenzionalnu promjenu i to najviše kod dezinfekcije natrijevim hipokloritom, 12 sati nakon otiskivanja. S druge strane, etervinilsiloksani su pokazali dimenzionalnu promjenu kod dezinfekcije glutaraldehydom i natrijevim hipokloritom, 12 sati nakon otiskivanja. Sve dimenzionalne promjene izmjerene tijekom istraživanja nisu klinički značajne i ne utječu na sveukupnu kvalitetu otiska (11).

4. TEHNIKE KORIŠTENJA OTISNIH MASA I VRSTE OTISAKA - INOVACIJE I NAPREDAK

Dolaskom novih, poboljšanih materijala na tržište vidljiv je napredak u tehnikama otiskivanja. Tako danas imamo dostupne alginate kojima je vrijeme stvrdnjavanja samo 45 sekundi što uvelike olakšava postupak uzimanja otisaka kod djece u ortodontskoj terapiji. S druge strane, dostupni su alginati s produljenim vremenom stvrdnjavanja od 1:30 min koji su pogodni za uzimanje otisaka kod pacijenata s potpunom protezom kako bi se mogli otisnuti okolne mekotkivne strukture (4). Jedna od tehnika otiskivanja je i kombinirana tehnika reverzibilnim i ireverzibilnim hidrokolidima. Za otiskivanje se koristi niskoviskozni reverzibilni hidrokolid (Algiloid, Hager-Werken) koji se na tržištu pojavljuje u ampulama te se aplicira posebnim karpulama zagrijan na zube te alginat zamiješan strojno s 10% više vode nego u uputama. Ampule s reverzibilnim hidrokolidom se najprije prokuhavaju na 98°C tijekom 10 minuta te se nakon toga ohlade na temperaturu od 68°C i karpulom apliciraju na preparirane zube. Istovremeno strojno zamiješan alginat aplicira se u konfekcijsku žlicu te se uzme otisak. Za razliku od ručno zamiješanog alginata, strojnim miješanjem alginata postizemo homogeniji materijal s manje mjehurića zraka. Preporuka je korištenje alginata s regularnim vremenom stvrdnjavanja. Nakon tri minute otisak se vadi iz usne šupljine te se unutar tri sata mora izliti sadreni model. Prednost ove tehnike je visoka preciznost za koju je zaslužan niskoviskozni reverzibilni hidrokolid koji je apliciran direktno na preparirane zube. On se stvrdnjava od periferije prema zubima (od hladnijeg prema toplijem) te na taj način omogućava dulje dotjecanje materijala u suvišku na mjesta bitna za otiskivanje. Nadalje, nisu potrebne žlice s duplim dnom za uzimanje otiska reverzibilnim hidrokolidom jer ga hladi alginat apliciran u žlici. Zbog svoje preciznosti, ova tehnika otiskivanja indicirana je kod uzimanja otisaka za inlay, onlay, krunice te mostove (3, 4, 15, 16, 17).

Polivinilsiloksani koriste se u tehnikama jednovremenog ili dvovremenog otiskivanja (slika 4). Jednovremeno otiskivanje može se podijeliti na jednovremeno dvofazno otiskivanje s dva materijala različite konzistencije i na otiskivanje samo s jednim materijalom, tzv. monofazna tehnika. Za jednovremeno dvofazno otiskivanje koristi se kombinacija *putty* ili *heavy body* materijala s *medium* ili *light body* materijalom. Razlikuju se dvije varijacije jednovremenog dvofaznog otiska, a to su *sandwich* i *double-mix* tehnika. Kod *sandwich* tehnike materijal gušće konzistencije apliciramo u žlicu za otiskivanje, te na njega dodajemo sloj materijala rijede konzistencije. S druge strane kod *double-mix* tehnike materijal gušće konzistencije apliciramo u žlicu za otiskivanje, a materijal rjeđe konzistencije na izbrušene zube. Bitno je aplicirati materijal rjeđe konzistencije u suvišku te osim na izbrušene zube aplicirati ga i na

susjedne zube, a nastavak za apliciranje držati uronjen u materijal koji apliciramo kako bi se umanjila mogućnost pojave mjehurića zraka u otisku. U jednovremenoj dvofaznoj tehnici bitno je da ne postoji preveliki kontrast između viskoznosti korištenih materijala jer će viskozniji materijal prejako potisnuti materijal manje viskoznosti te će nastati greška prilikom otiskivanja. Monofazna tehnika je tehnika u kojoj se koristi jedan materijal i to najčešće srednje konzistencije. Materijal se aplicira u žlicu za otiskivanje te na izbrušene zube. Preporuka je korištenje individualnih žlica kako bi se postigla jednolika debljina materijala. Ova tehnika pogodna je za otiskivanje supragingivnih preparacija i za otiskivanje u implantoprotetici. Dvovremeni otisak izvodi se s dva materijala različite konzistencije u dva odvojena koraka. Za prvi korak koriste se materijali guste konzistencije kao što su *putty* i *heavy body*, a za drugi korak materijali rjeđe konzistencije, npr. *medium* ili *light body*. Preporuka je za ovu vrstu otiska koristiti metalne žlice koje su otpornije na deformaciju uslijed pritiska. Kod dvovremenog otiskivanja razlikuju se dvije varijacije, otisak dopunjavanja i korekturni otisak. Sam postupak otiskivanja razlikuje se jedino u prvom koraku, a to je otiskivanje materijalom gušće konzistencije. Kod otiska dopunjavanja prvi otisak se uzima prije brušenja zuba, dok se kod korekturnog otiska prvi otisak uzima nakon brušenja. Svi ostali koraci u otiskivanju su jednaki. Nakon uzimanja prvog otiska s materijalom gušće konzistencije potrebno je pripremiti otisak za sljedeći korak. Skalpelom se odstranjuje materijal koji prelazi rub žlice, interdentalna područja i sva podminirana područja nebrušenih zubi te područje nepca. Ako se otisak uzme s folijom koja osigurava mjesto za materijal rjeđe konzistencije, navedeni postupak odstranjivanja materijala se preskače. Pojavom sve boljih materijala na tržištu izrezivanje izljevničkih kanala više nije potrebno. Današnji materijali dovoljno su čvrsti nakon stvrdnjavanja pa aplikacijom pritiska neće doći do deformiranja otiska. Nakon pripreme otiska on se unosi u usnu šupljinu kako bi se provjerilo može li se bez smetnji namjestiti žlica. Zatim slijedi drugi korak, otiskivanje s materijalom rjeđe konzistencije. Materijal najprije apliciramo u pripremljeni prvi otisak, zatim oko zubi. Taj redoslijed nam je bitan jer stvrdnjavanje brže započinje na većoj temperaturi, odnosno na temperaturi usne šupljine. Žlicu blago pritisnemo prvih nekoliko sekundi te kasnije pasivno držimo u usnoj šupljini dok se ne stvrdne. Prejakim pritiskom došlo bi do istisnuća rijetkog materijala i do pogreške u otiskivanju (1,5,7).



Slika 4: Tehnike otiskivanja

Polieteri su materijali koji, u normalno stvrdnjavajućim verzijama, pružaju dovoljno vremena za rad prilikom otiskivanja većih radova. Prilikom rada s otisnim materijalima vrlo je bitno da ne prekoračimo vrijeme rada koji je preporučio proizvođač. Ako se to dogodi, dolazi do nepotpune reprodukcije ruba preparacije, nedovoljno oštro prikazanog ruba preparacije te do distorzije. Duže vrijeme rada ima i svoju negativnu stranu, a to je veća mogućnost pogreške zbog pomaka žlice u ustima pacijenta. Kako se to nebi dogodilo, pomaže nam snap set svojstvo polietera. To znači da će se prelazak iz plastičnog u elastično stanje dogoditi naglo te će se izbjeći nepreciznost otiska (7,8).

5. DIGITALNO OTISKIVANJE

Intraoralni skeneri su digitalni uređaji koji se u stomatološkim ordinacijama koriste za digitalno uzimanje otisaka i prikazivanje realne situacije u usnoj šupljini pacijenta, a na tržištu se pojavljuju osamdesetih godina prošloga stoljeća (18). Mehanizam njihova rada temelji se na emitiranju strukturirane svjetlosne mreže ili laserske zrake koje dolaze u kontakt s površinom koju skeniramo. Prilikom kontakta s površinom deformiraju se i vraćaju u kameru koja šalje primljeni signal u softver. Softver zatim kombinira sve primljene slike iz raznih kuteva snimanja uzimajući u obzir pokrete skenera i udaljenost od predmeta koji skeniramo te rekonstruira skenirani predmet (19). Danas na tržištu postoje intraoralni skeneri koji koriste različite optičke komponente i izvore svjetla. Tako se razlikuju skeneri bazirani na aktivnom uzorkovanju valne fronte (True Definition Scanner, 3M), na paralelnoj konfokalnoj mikroskopiji (3Shape) i na optičkoj triangulaciji (Sirona CEREC Omnicam) (19,20). Osim toga postoje digitalni skeneri koji koriste umjetnu inteligenciju (AI) kako bi nakon svakog skeniranja imali više znanja i podataka o prirodnim zubima. Korištenjem 3D *color* verzije možemo pacijenta više uključiti u planiranje terapije i prikazati mu stvarnu situaciju u usnoj šupljini. Uz to postoje i simulacije krajnjeg rezultata ortodontske terapije te *smile* dizajn pomoću kojega pacijentu možemo pokazati kako bi izgledao nakon provedene terapije (21). Neki uređaji zahtijevaju prethodno nanošenje praha titanijeva ili magnezijeva oksida kako bi se onemogućila refleksija svjetla s površine zuba. Istraživanja su pokazala kako prah povećava debljinu bataljka i može dovesti do nepreciznosti otiska (2). Neke od pozitivnih karakteristika digitalnog skeniranja su eliminacija nelagode prilikom uzimanja otisaka konvencionalnim tehnikama koja uvelike olakšava taj postupak kod pacijenata s izraženim refleksom povraćanja. Postupak uzimanja otisaka se digitalnim skeniranjem uvelike ubrzava jer intraoralni skeneri prisutni danas na tržištu omogućavaju skeniranje cijelog zubnog luka unutar jedne minute. Također, olakšan je klinički rad jer je smanjen broj koraka u postupku otiskivanja te je lakše ponavljanje otisaka ako dođe do nepravilnosti prilikom otiskivanja. Digitalizacijom procesa otiskivanja postignuta je lakša i brža komunikacija s dentalnim laboratorijem. Bitno je spomenuti i marketinšku vrijednost digitalizacije rada u ordinaciji koja zasigurno privlači pacijente i olakšava njihovo uključivanje u planiranje terapije i donošenje zajedničkih odluka (19). Uz navedene prednosti digitalnog otiskivanja potrebno je navesti i njegove nedostatke. Kako bi u potpunosti zamijenili konvencionalne tehnike otiskivanja digitalnima, potrebno je postići jednaku ili veću preciznost digitalnog otiska u usporedbi s konvencionalnim. Iako nove verzije intraoralnih skenera pokazuju visoku razinu preciznosti, kada se radi o skeniranju pojedinačnoga zuba ili skeniranju manjeg raspona, još uvijek nije postignuto skeniranje cijelog zubnog luka preciznosti veće ili jednake onoj kod

konvencionalnih otisaka. Glavni razlog nastanka nepreciznosti prilikom skeniranja cijelog zubnog luka leži u mehanizmu kojim intraoralni skeneri stvaraju potpuni digitalni otisak. Digitalni otisak nastaje prepoznavanjem uzorka na temelju kojega se povezuje veći broj dvodimenzionalnih slika s djelomičnim međusobnim preklapanjem te se njihovim spajanjem oblikuje trodimenzionalni otisak. Istraživanja su pokazala da pogreška raste porastom veličine skeniranog područja (22). Osim toga, uzrok pojavljivanja nepravilnosti u digitalnom otisku može biti osvjetljenje, iskustvo stomatologa, pozicija i anguliranost skeniranog zuba ili implantata. Još jedan problem koji se pojavljuje kod skeniranja djelomično ozubljenih čeljusti ili bezube čeljusti s implantatima je pogreška koja se javlja prilikom skeniranja bezubog prostora između dva implantata ili zuba. Zbog manjka referentnih točaka te zbog razlike u visini bezubog grebena i prisutnih zubi/implantata teže je postići precizan digitalni otisak (23).

Pojavom intraoralnih skenera na tržištu i njihovim sve bržim razvojem postavlja se pitanje kada je bolje konvencionalni otisak zamijeniti digitalnim. Paralelno s razvojem skenera na tržištu se pojavljuju otisni materijali sve veće preciznosti i boljih svojstava. Zamjena konvencionalnih tehnika i materijala za otiskivanje moguća je tek ukoliko digitalni otisci postignu veću ili barem jednaku preciznost kao otisni materijali. Do sada provedena istraživanja pokazala su kako intraoralni skeneri postižu jednaku ili bolju preciznost prilikom skeniranja pojedinog zuba ili manjih raspona unutar zubnog luka. S druge strane, prilikom skeniranja cijelog zubnog luka još uvijek su superiorne konvencionalne tehnike otiskivanja. Također određene vrste otisaka još uvijek nije moguće izvesti digitalnim metodama.

U *in vitro* istraživanju Ender et al. iz 2019. godine uspoređivana je preciznost digitalnih s konvencionalnim otiscima. Otisak polivinilsiloksanom služio je kao kontrolna grupa dok je za digitalne otiske korišteno 8 različitih intraoralnih skenera. U istraživanju su se uspoređivale preciznosti tri regije: anteriorna regija (zubi 14-24), posteriorna regija (zubi 14-17) te cijeli zubni luk (zubi 17-27). Rezultati su pokazali najpreciznije digitalne otiske u posteriornoj regiji dok je anteriorna regija pokazala najmanju preciznost. Uzrok se najvjerojatnije nalazi u oskudnoj morfologiji anteriornih zubi koja sadrži nedovoljno informacija za skenere. Uspoređujući preciznost otiskivanja cijelog luka, konvencionalna tehnika otiskivanja pokazala se kao bolja opcija. S druge strane, kod otiskivanja pojedinih segmenata, digitalno otiskivanje se može koristiti kao alternativa. Bitno je naglasiti kako *in vitro* istraživanjima nedostaju faktori prisutni prilikom rada u usnoj šupljini koji mogu znatno utjecati na krajnji rezultat. Neki od bitnih faktora su karakteristike površine skeniranog objekta, prisutnost sline, mogućnost pomaka pacijenta prilikom skeniranja i slično (24).

U *in vivo* istraživanju Ender et al. iz 2016. godine uspoređivana je preciznost konvencionalnih i digitalnih otisaka cijelog zubnog luka. Materijali korišteni za konvencionalnu tehniku otiskivanja bili su polieter, etervinilsiloksan, etervinilsiloksan za ekstraoralno skeniranje te alginat. Nakon uzimanja otisaka monofaznom tehnikom i izlivanje modela, modeli su skenirani referentnim skenerom. U skupini digitalnog otiskivanja bili su sljedeći intraoralni skeneri: Cerec Bluecam, Cerec Omnicam, Cadent iTero, Lava COS, True Definition Scanner, 3Shape Trios te 3Shape Trios Color. Za usporedbu otisaka podatci su superponirani posebnim dijagnostičkim softverom koji koristi *best-fit* algoritam kako bi usporedio dvije površine. U skupini konvencionalnih otisaka najveću preciznost postigli su etervinilsiloksani dok je najmanju preciznost pokazao alginatni otisak. Preciznost digitalnih otisaka našla se negdje u sredini vrijednosti konvencionalnih

tehnika. Manja je od vrijednosti koje su postigli etervinilsiloksani, a veća od vrijednosti koje je postigao alginat. Najprecizniji digitalni otisak u istraživanju bio je 3Shape Trios Color dok je namanju preciznost pokazao Lava COS intraoralni skener. Pogreška prilikom digitalnog otiskivanja događala se u anteriornom dijelu digitalnog otiska gdje nema dovoljno geometrijskih informacija te širenje pogreške u anteriornoj regiji dovodi do povećane deformacije prema kraju zubnog luka (23).

Osim nedovoljne preciznosti prilikom skeniranja cijelog zubnog luka, nedostatak digitalnog otiskivanja je i nemogućnost uzimanja funkcijskog otiska te nemogućnost otiskivanja subgingivnih preparacija. Prilikom otiskivanja subgingivnih preparacija konvencionalnim materijalima koristimo dvovremenu tehniku kako bi materijal manje viskoznosti potisnuli prema subgingivnom rubu preparacije i na taj način odmaknuli tkivo od marginalnog dijela preparacije (7).

Prilikom otiskivanja bezube čeljusti s postavljenim implantatima pojavljuje se problem prilikom uzimanja otisaka intraoralnim skenerima. Razlika u visini bezubog grebena i implantata te manjak referentnih točaka uzrokuje nepravilnosti u digitalnom otisku (23). Kod konvencionalnog otiskivanja u implantoprotetici indicirana je upotreba polietera. Velika čvrstoća polietera, koja je smatrana njegovim negativnim svojstvom, u ovom slučaju ima pozitivan učinak. Kako su implantati strano tijelo u čeljusti, te ne posjeduju vlastiti parodont, oni nemaju fiziološku pomičnost. Svaki i najmanji pomak u otisku onemogućit će dosjed gotovog rada. Osim polietera, za otiskivanje implantata mogu se koristiti i *heavy body rigid* varijante etervinilsiloksana (7).

U ortodonciji intraoralni skeneri nude mogućnost simulacije završene ortodontske terapije te se koriste u terapiji alignerima (25). Materijal koji se koristi prilikom konvencionalnog otiskivanja u ortodonciji je alginat. Na tržištu postoje posebni alginati namijenjeni korištenju u ortodonciji. Oni imaju kraće vrijeme stvrdnjavanja i gušće su konzistencije kako ne bi izazivali refleks povraćanja. Odlično svojstvo ovog alginata je i mogućnost izljevanja modela dva puta. Razvojem sve boljih materijala alginat se više ne smatra nedovoljno preciznim jeftinim materijalom za uzimanje anatomskih otisaka i kontre. Danas na tržištu postoje alginati s preciznošću od 5 mikrometara što je daleko veća preciznost od 50 μm koju određuje ISO (26). Osim bolje preciznosti, automatskim miješanjem alginata postiže se homogenija otisna masa bez mjehurića zraka. Još jedna pozitivna karakteristika alginata u usporedbi s digitalnim otiskivanjem je svakako i njegova niska cijena.

S obzirom na veliki raspon konzistencija, brzina stvrdnjavanja te odličnih fizikalnih svojstava, polivinilsiloksani su postali najrašireniji otisni materijal. Tehnika otiskivanja koja najbolje iskorištava dobra svojstva polivinilsiloksana je dvovremena tehnika. Kombiniranjem dvaju materijala gušće i rjeđe konzistencije postizemo potpuno iskorištavanje dobrih svojstava materijala. Materijal gušće konzistencije koji koristimo u prvoj fazi otiskivanja svojim izvanrednim elastičnim svojstvom omogućava povratka materijala u prvobitan oblik nakon deformacije koja se događa prilikom vađenja otiska iz usne šupljine. Elastičnost je bitno svojstvo jer omogućava visoku preciznost otiskivanja i najsitnijih detalja. U drugom koraku koristimo materijal rjeđe konzistencije koji apliciranjem pritiska potiskujemo subgingivno te zbog dobrog tečenja materijala otiskujemo sve udaljene detalje preparacije. Iako dvovremena tehnika najbolje iskorištava svojstva polivinilsiloksana, prilikom otiskivanja epigingivnih preparacija, možemo koristiti jednovremene tehnike. Osim različitih konzistencija, na tržištu postoje i polivinilsiloksani različitog vremena stvrdnjavanja. Tako ćemo *fast setting* materijale koristiti kod manjih radova, dok ćemo materijale normalne brzine stvrdnjavanja koristiti prilikom otiskivanja većih radova. Razvojem polivinilsiloksana boljih svojstava, došlo je i do napretka u načinu mješanja materijala te do pojave različitih pakiranja materijala. Tako danas razlikujemo ručno miješanje, miješanje u ručnim dispenzerima te automatsko strojno miješanje. Miješanjem u ručnim dispenzerima postignuta je homogenost materijala te je ubrzan proces miješanja materijala. S druge strane, prilikom strojnog miješanja polivinilsiloksana dolazi do zagrijavanja materijala te materijal iz uređaja izlazi zagrijan na temperaturu usne šupljine. Prilikom uzimanja klasičnog jednovremenog otiska, korištenjem uređaja za automatsko miješanje materijala, zbog zagrijanosti materijala gušće konzistencije, skraćujemo vrijeme stvrdnjavanja materijala rjeđe konzistencije i samim time vrijeme stvrdnjavanja. Iako automatizirano miješanje materijala ima mnoge prednosti, ručnim miješanjem možemo kontrolirati količinu katalizatora te time kontrolirati brzinu stvrdnjavanja materijala.

Optimalna konzistencija polietera za otiskivanje je *medium body* u monofaznoj tehnici. Zbog svojstva tiksotropnosti koje omogućuje materijalu da mu se pod utjecajem vanjske sile smanji viskoznost te da se nakon prestanka djelovanja iste, viskoznost vrati na početnu vrijednost, polieteri postižu izvrsno vlaženje zuba i odličnu preciznost. Njihova rigidnost izvrsno je svojstvo za otiskivanje u implantoprotetici, kod otiskivanja teleskopa i sl. Produljeno vrijeme rada izvrsno je svojstvo kod uzimanja funkcijskog otiska te kod otiskivanja velikih radova.

Uzimanje otisaka bitan je korak u stomatološkoj terapiji. Svaka pogreška prilikom otiskivanja dovest će do nezadovoljavajućeg krajnjeg rezultata terapije. Danas na tržištu postoji veliki broj konvencionalnih materijala za otiskivanje i intraoralnih skenera te je vrlo bitno upoznavanje s njihovim karakteristikama kako bi se moglo odlučiti kada je koji materijal, odnosno tehnika najbolji izbor. Iako se digitalno otiskivanje s vremenom razvija i usavršava, smatram da još uvijek nisu indicirani u dobrom dijelu kliničkih slučajeva te da nisu nadmašili karakteristike suvremenih otisnih masa. Odabir prave otisne mase u rukama iskusnog kliničara i dalje pokazuje superiorna svojstva u usporedbi s intraoralnim skenerima. Ne treba zanemariti prednosti digitalnog otiskivanja kao što su lakša i bolja komunikacija s dentalnim laboratorijem, ugodnije iskustvo za pacijenta i slično, ali još će proći dosta vremena prije nego što potisnu konvencionalne tehnike iz upotrebe.

8. LITERATURA

1. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika I- Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. p. 47-63.
2. Mehulić K i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p 242-69.
3. Jerolimov V i sur. Osnove stomatoloških materijala. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005. p. 161-76.
4. Dental impression material for preliminary impression [Internet]. Zhermack. [cited 2021 Aug 15]. Available from: https://www.zhermack.com/en/product_category/dental/dental-practice/impression-systems/preliminary-impression/.
5. Kulzer - Flexitime - Confident precision. Every time. [Internet]. [cited 2021 Aug 15]. Available from: https://www.kulzerus.com/en_us/en_us/dentist_2/products_from_a_to_z_1/flexitime_17/flexitime.aspx.
6. Kulzer - Flexitime Fast&Scan – the extra fast A-silicone for single-tooth preparation [Internet]. [cited 2021 Aug 15]. Available from: https://www.kulzerus.com/en_us/en_us/dentist_2/products_from_a_to_z_1/flexitime_17/flexitime_fast_scan.aspx.
7. 3M Impression Materials | 3M Croatia [Internet]. [cited 2021 Aug 16]. Available from: https://www.3m.com.hr/3M/hr_HR/p/c/dental-orthodontics/impression-materials-equipment/materials/.
8. Impregum Impression Materials | 3M Croatia [Internet]. [cited 2021 Aug 15]. Available from: https://www.3m.com.hr/3M/hr_HR/p/c/dental-orthodontics/impression-materials-equipment/materials/b/impregum/.
9. Identium® | Kettenbach Dental [Internet]. [cited 2021 Aug 15]. Available from: <https://www.kettenbach-dental.com/products/impression-material/identium/>.
10. EXA'lence | GC Europe [Internet]. 2020 [cited 2021 Aug 15]. Available from: https://europe.gc.dental/en/products/exalence?language_content_entity=en.
11. Khatri M, Mantri SS, Deogade SC, Bhasin A, Mantri S, Khatri N, et al. Effect of chemical disinfection on surface detail reproduction and dimensional stability of a new vinyl polyether silicone elastomeric impression material. Contemp Clin Dent. 2020;11(1):10–4.

12. Pandey P, Mantri S, Bhasin A, Deogade SC. Mechanical properties of a new vinyl polyether silicone in comparison to vinyl polysiloxane and polyether elastomeric impression materials. *Contemp Clin Dent*. 2019;10(2):203–7.
13. Aivatzidou K, Kamalakidis SN, Emmanouil I, Michalakis K, Pissiotis AL. Comparative study of dimensional stability and detail reproduction of reformulated and nonreformulated elastomeric impression materials. *Journal of Prosthodontics*. 2021 Apr;30(4):345–50.
14. Nassar U, Flores-Mir C, Heo G, Torrealba Y. The effect of prolonged storage and disinfection on the dimensional stability of 5 vinyl polyether silicone impression materials. *J Adv Prosthodont*. 2017 Jun;9(3):182–7.
15. Appleby DC, Cohen SR, Racowsky LP, Mingledorff EB. The combined reversible hydrocolloid/irreversible hydrocolloid impression system: clinical application. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1981 Jul;46(1):48–58.
16. Utilizing reversible-irreversible hydrocolloid impressions for composite onlays | dentistry today [Internet]. [cited 2021 Aug 22]. Available from: <https://www.dentistrytoday.com/restorative-134/275-utilizing-reversible-irreversible-hydrocolloid-impressions-for-composite-onlays>.
17. Algiloid® – Hager & Werken [Internet]. [cited 2021 Aug 24]. Available from: <https://www.hagerwerken.de/en/katalog/dentist/impression/algiloid-en/algiloid-en/>.
18. Schmidt A, Schlenz MA, Liu H, Kämpe HS, Wöstmann B. The influence of hard- and software improvement of intraoral scanners on the implant transfer accuracy from 2012 to 2021: an in vitro study. *Applied Sciences*. 2021 Aug 3;11(15):7166.
19. Imburgia M. Continuous scan strategy (css): a novel technique to improve the accuracy of intraoral digital impressions. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2020 Sep 1;28(3):128.
20. Taneva E, Kusnoto B, Evans CA. 3d scanning, imaging, and printing in orthodontics. In: Bourzgui F, editor. *Issues in Contemporary Orthodontics* [Internet]. InTech; 2015. Available from: <http://www.intechopen.com/books/issues-in-contemporary-orthodontics/3d-scanning-imaging-and-printing-in-orthodontics>.

21. 3Shape-TRIOS-Digital-Brochure_Global_EN_2021.pdf [Internet]. Available from: https://3shape.widen.net/s/zjhcct6b7l/3shape-trios-digital-brochure_global_en_2021.
22. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: a novel in vivo analysis method. *Journal of Dentistry*. 2018 Feb;69:110–8.
23. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016 Mar;115(3):313–20.
24. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. 2019; Available from: <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/180700>.
25. Planmeca Emerald – Intraoral scanner for brilliant results [Internet]. Available from: <https://www.planmeca.com/cadcam/dental-scanning/planmeca-emerald/>.
26. Cavex: The Best Alginates in the World [Internet]. Cavex. Available from: <https://www.cavex.nl/over-cavex-alginaten?lang=en/>.

Lucija Patrun rođena je 30. srpnja 1995. godine u Zagrebu. 2010.godine završava Osnovnu školu Sesevetska sela i Osnovnu glazbenu školu Zlatka Grgoševića. Nakon završenog školovanja u Gimnaziji Sesvete upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu. Za vrijeme studija volontira na Zavodu za dječju i preventivnu stomatologiju i Zavodu za oralnu kirurgiju te radi kao asistent u privatnoj ordinaciji dentalne medicine.