Digitalni virtualni setup u ortodonciji

Maras, Daniela

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:127:145504

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Daniela Maras

DIGITALNI VIRTUALNI SETUP U ORTODONCIJI

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Rad je ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zavod za ortodonciju

Mentor rada: prof. dr. sc. Mladen Šlaj, Zavod za ortodonciju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Ivan Genda, profesor hrvatskog jezika

Lektor engleskog jezika: Željka Starčević, profesorica engleskog i njemačkog jezika

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 32 stranice
0 tablica
27 slika
1 CD

Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su 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 njihova podrijetla.

Zahvala

Veliko hvala mentoru prof. dr. sc. Mladenu Šlaju.

Posebno zahvaljujem obitelji i prijateljima koji su bili uz mene tijekom studiranja.

Digitalni virtualni setup u ortodonciji

Sažetak

Razvoj tehnologije omogućio je nastanak digitalnog *workflowa* koji svoju primjenu nalazi i u ortodonciji. Nova tehnologija pruža inovativna rješenja za tradicionalne dentalne probleme. Intraoralni skeneri omogućuju izravno uzimanje digitalnih otisaka i uklanjaju potrebu za skladištenjem sadrenih modela, kao i mogućnost pogreške u prikazu, koja je veća u slučaju kada se koristi tradicionalni način uzimanja otisaka. Iz takvih otisaka stvara se virtualni model koji dalje pruža različite mogućnosti. Na modelu se može provesti analiza i simulirati terapija te se isto predstaviti pacijentu. Model može poslužiti za proizvodnju različitih naprava ovisno o želji ortodonta, a vrlo ga je brzo i jednostavno poslati u dentalni laboratorij.

Ovak način rada osobito je koristan u slučaju kada je potrebna suradnja s kolegama iz drugih područja stomatologije, a isto tako i kada je pacijentu teško predočiti kako će izgledati konačni ishod terapije.

U opisanom prikazu slučaja, pacijentica dolazi zbog kombiniranog ortodontsko-protetskog problema. Uzima se otisak silikonskim materijalom, izrađuje se sadreni model te se on skenira i pretvara u digitalni oblik. Zatim se na virtualnom modelu radi *setup,* odnosno ortodont simulira terapiju. *Setup* se prosljeđuje protetičaru koji na njemu virtualno provodi svoju terapiju, odnosno ostvaruje se završni izgled denticije. Pomoću 3D printera, isprinta se model te se napravi *mock-up* koji se postavlja pacijentu. Na taj način, ortodont, protetičar i pacijent mogu vidjeti ishod terapije izravno na pacijentu, prije nego je započela sama terapija.

Ključne riječi: digitalna dentalna medicina, virtualni setup, ortodoncija, protetika, *mock-up*

Digital virutal setup in orthodontics

Summary

Technological development has led to the usage of the digital workflow, which has been implemented in orthodontics as well as other areas of dentistry. New technology provides inovative solutions to traditional dental problems. Intraoral scanners enable direct impression taking and eliminate the need for space to store dental plaster casts, as well as the possibility for error in dentition representation, which is bigger when traditional impression taking is used. From the digital impression, virtual model is made and it provides different possibilities. It can be used for analysis and therapy simulation which can then be reviewed with the patient. The model can also be used for fabrication of different appliances, according to the orthodontist. It is also quite fast and simple sending the model to a dental laboratory.

This kind of workflow is particularly useful in cases when collaboration with other dental specialists is needed and also when a patient is finding it hard to visualize the outcome of a treatment.

In the case described, patient came because of combined orthodontic and prosthetic problems. An impression was taken with sillicon material and it was scanned and transformed into a digital dental model. After that, the orthodontist simulated the planned treatment, i.e. made a setup of the dentition using the virtual dental model. The setup was forwarded to the proshtetics specialist who then virtually carried out his treatment plan, i.e. made the final setup. Using a 3D printer, the final setup was printed and a mock-up was made and placed on the patient's dentition. This way, the orthodontist, the prosthetics specialist and the patient were able to see the outcome of the planned treatment, before the treatment even began.

Keywords: digital dental medicine, virtual setup, orthodontics, prosthodontics, *mock-up*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Digitalni *workflow* u ortodonciji 3
1.2. Dokumentacija denticije 4
1.3. Dokumentacija lica i glave 5
1.4. Planiranje ortodontske terapije 6
1.5. Proizvodnja naprava 7
1.6. Praćenje pomicanja zuba 9
1.7. Retencija 10
2. PRIKAZ SLUČAJA 11
3. RASPRAVA 24
4. ZAKLJUČAK 26
5. LITERATURA 28
6. ŽIVOTOPIS 31

Popis skraćenica

3D – trodimenzionalno

2D - dvodimenzionalno

CT – kompjuterizirana tomografija

CAD – eng. computer aided design

CAM – eng. computer aided manufacturing

CBCT – eng. cone-beam computed tomography

STL – eng. standard triangulation language

DICOM – eng. digital imaging and communications in medicine

FTP – eng. file transfer protocol

PDF – eng. portable document format

1. UVOD

Proces rada u stomatološkoj ordinaciji (*the dental office workflow)* se ubrzano razvija zahvaljujući razvoju tehnologije(1). Uz digitalizaciju tehnologija baziranih na rendgenskom zračenju i mogućnost postizanja trodimenzionalnih (3D) slika kompjuteriziranom tomografijom (CT) uređajima niske doze zračenja, pojavile su se i nove mogućnosti snimanja denticije intraoralnim skenerima. Kombiniranjem takvih digitalnih slikovnih podataka i korištenjem novih programskih rješenja, kliničar može isplanirati i simulirati terapiju na ekranu, koristiti 3D printane modele i sredstva za ostvarenje virtualno isplanirane terapije, pa i pratiti napredak tijekom terapije i stanje nakon nje. Tri velika koraka konvencionalnog procesa rada stomatološke ordinacije su digitalizirana:

- Prvi je prikupljanje podataka, kao i njihova pohrana u digitalnom obliku.
- Drugi korak je mogućnost da se mentalnom planiranju terapije pomogne digitalnim planiranjem i simulacijom na ekranu (*computer aided design* – CAD).
- Treći korak je mogućnost korištenja računalno potpomognute izrade (*computer aided manufacturing* – CAM) naprava pomoću 3D printera ili glodalica (2).

Ovakav se digitalni proces rada (digitalni *workflow*) može primijeniti u svim područjima stomatologije iako najveću primjenu ima u implantologiji i protetici(2). Devedesetih godina prošlog stoljeća počeli su se koristiti CT uređaji s pratećim programima za virtualno postavljanje implantata i izradu kirurške vodilice. Ovakvim načinom rada povećala se uspješnost implantacijskog postupka i smanjile povrede vitalnih struktura(3). Pojavom CBCT (*Cone-beam computed tomography*) uređaja niže doze zračenja, trodimenzionalno virtualno planiranje u implantologiji je postalo uobičajeno(4).

U restaurativnoj stomatologiji i protetici, digitalno uzimanje otisaka i uvođenje novih CAM materijala doveli su do brže i lakše proizvodnje nadomjestaka i omogućili provođenje jednoposjetnih terapija(5).

U ortodonciji, virtualni *setup* sa simulacijom terapije se pokazao izrazito učinkovitim. Osim toga, omogućena je efikasnija pohrana, smanjena je mogućnost pogreške prilikom manipulacije, omogućeno je bolje praćenje faza terapije i još mnogo toga(6).

Digitalni *workflow* polako nalazi i svoju primjenu u endodonciji kod zahtjevnijih slučajeva budući da se na 3D modelu zuba dobivenim CBCT-om mogu segmentirati kanali, procijeniti njihova zakrivljenost i stvoriti virtualna simulacija endodontskog postupka(2).

Svrha ovog rada pokazati je primjenu novih digitalnihtehnologija u svakodnevnoj kliničkoj praksi.

1.1. Digitalni *workflow* u ortodonciji

Inovacije u načinu dokumentacije, analize, planiranja, dizajniranja i proizvodnje ortodontskih naprava pojavile su se u ortodonciji u zadnjem desetljeću. Dok se tradicionalna metoda dokumentacije odnosi se na sadrene modele i dvodimenzionalne slike, danas ortodont može koristiti 3D slike za svakog pacijenta koji treba ortodontsku i/ili kiruršku terapiju(7). Denticija, koštane strukture i lice prikazuju se u 3 dimnezije te se osmišlja plan terapije, dok CAD/CAM tehnologija omogućuje izradu ortodonskih naprava koje su potpuno individualno prilagođene pacijentu. Pacijenti sami žele vidjeti dijagnostički *setup* i procjenu budućih facijalnih promjena uzrokovanih ortodontskom i maksilofacijalnom terapijom prije početka same terapije(8). Isto tako, žele da terapija traje što kraće, da su naprave manje primjetne i da je njihova suradnja minimalna(7).

Virtualno planiranje promjena u denticiji i skeletalnih promjena dopušta predviđanje facijalnih promjena nakon terapije. Ortodont i maksilofacijalni kirurg mogu poslati 3D dokumentaciju u laboratorij na segmentiranje ili sami napraviti segmentiranje i *setup* ako imaju potrebni softver. Prije predstavljanja planirane terapije moguća je konzultacija s drugim kolegama iz struke. Moguće je pacijentu pomoću „virtualne glave“ predstaviti trenutnu situaciju i planiranu terapiju te, ako pacijent pristane, moguće je započeti terapiju ili izradu potrebnih naprava. Mnoge tvrtke za proizvodnju naprava omogućuju terapeutu sigurno slanje podataka putem interneta, a kada napravu dizajniraju, pružaju terapeutu mogućnost povratne informacije, odnosno da prihvati dizajn ili da ga modificira. Za prijenos takvih proizvoda (npr. bravica) sa završnog *setupa* na denticiju pacijenta, koriste se sustavi za indirektno lijepljenje (*bonding*). Omogućeno je i praćenje pomaka zuba intraoralnim skeniranjem u određenim intervalima čime se postiže izvrsna kontrola same terapije(7).

1.2. Dokumentacija denticije

Točan prikaz denticije izuzetno je bitan korak u ortodonciji. Tradicionalni sadreni modeli polako bivaju zamijenjeni digitalnim modelima(9). Već je poznato da u procesu izrade sadrenog modela iz otiska, otisni materijal uvijek doživi barem minimalnu dimenzijsku promjenu. Tijekom prijenosa otiska i u vremenskom periodu između otiskivanja i izlijevanja sadrenog modela, mogu se dogoditi dimenzijske promjene koje će dovesti do smanjene točnosti modela. Otisci se moraju dezinficirati, poslati u laboratorij, a nakon izrade sadrenih modela, isti se šalju nazad. Modeli se zatim spremaju u ordinaciju. Otisci i sadreni modeli mogu se skenirati laserski ili određenim CT uređajima te prenijeti u digitalni oblik(7). Takav način još uvijek zahtijeva izradu otisaka ili sadrenih modela što potpuni digitalni *workflow* nastoji izbjeći(10).

U različitoj literaturi je navedeno da je preciznost digitalnog modela dobivenog skeniranjem otiska, u usporedbi sa sadrenim modelima, dovoljna za ortodontsku analizu i planiranje. Izravna metoda bilježenja denticije bila bi korištenje CBCT uređaja koji omogućuje 3D prikaz. Međutim, kvaliteta prikaza proporcionalna je s količinom zračenja, pa CBCT nije indiciran ako je potrebno prikazati samo denticiju(11).

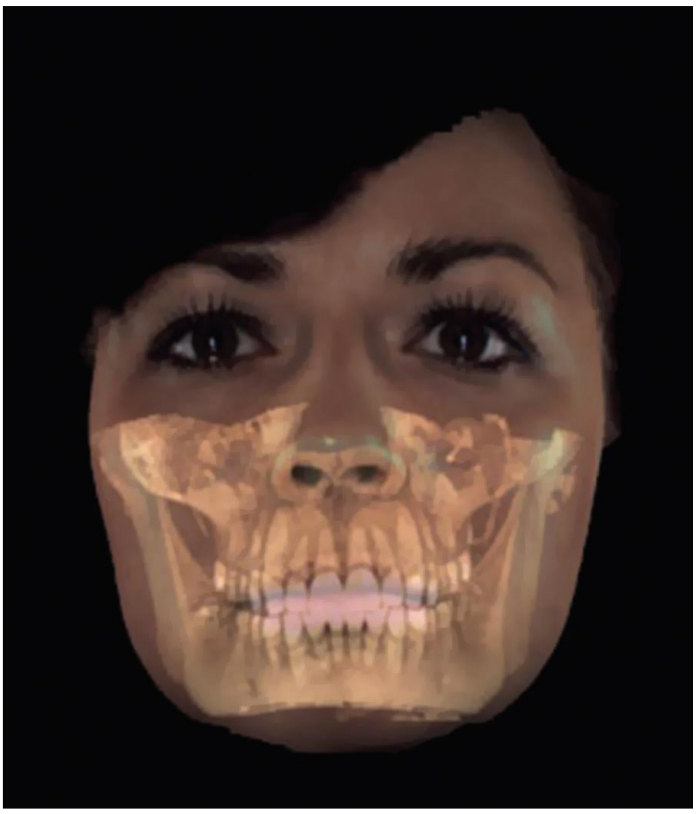
U tu su svrhu neke tvrtke razvile intraoralne skenere pomoću kojih se uzima intraoralni digitalni otisak. Veličina i cijena takvih uređaja su se smanjile, dok je kvaliteta slika postala bolja, a vrijeme snimanja kraće(10).

Prikupljeni podaci se obično pohranjuju u „Standard Triangulation Language“ (STL) formatu koji se može koristiti u većini programa i stvoriti digitalni model. Takvi modeli se zatim koriste za analizu, dijagnozu malokluzije, digitalno planiranje i dizajniranje naprava. Međučeljusni odnos se vrlo lako može registrirati ovakvim uređajima, bez potrebe za korištenjem različitih materijala za registraciju. Slike dobivene na ovaj način mogu zamijeniti i intraoralne fotografije. Prema dosadašnjim istraživnjima intraoralni skeneri imaju dovoljnu preciznost za izradu inlaya, pojedinačnih krunica, mostova manjeg raspona, također i za ortodontsku analizu, izradu *alignera* i drugih naprava(12).

Nadalje, korištenjem digitalnog otiska ukida se potreba za dezinfekcijom i transportom otisaka i skladištenje sadrenih modela koji mogu zauzeti puno prostora. Nakon što se uzme digitalni otisak, STL dokument se zajedno s ostalim digitalnim zapisima šalje u laboratorij ili se otvara u vlastitoj ordinaciji u potrebnom softveru.

1.3. Dokumentacija lica i glave

Dvodimenzionalne slike se desetljećima koriste u ortodonciji za dijagnostiku i analizu. Alan McLeod Cormack i Godfried Hounsfield predstavili su CT uređaje koji se mogu koristiti za 3D prikaz lubanje u 1:1 omjeru, a pojava CBCT uređaja uvela je revoluciju zbog smanjenja doze zračenja, veličine uređaja i cijene(7). Uređaju je dovoljan puni krug ili pola kruga da prikupi podatke za 3D sliku. Nakon snimanja, računalo pretvara podatke u sliku u „Digital Imaging and Communications in Medicine“ (DICOM) formatu, a od nje se može proizvesti velik broj visokokvalitetnih presjeka. Neki CBCT uređaji istovremeno mogu proizvesti i standardne 2D slike i napraviti 3D skeniranje lica(13). Kombinacijom digitalnog dentalnog modela, CBCT radiograma i skeniranja lica stvara se „virtualna glava“ pacijenta koja se može koristiti za dijagnostiku, planiranje, CAD i CAM postupke(Slika 1.)(14).



Slika 1. Sjedinjenje CBCT slike, intraoralnog i facijalnog skena u Planmeca Romexis programu. Preuzeto uz dozvolu autora: prof.dr.sc. Mladen Šlaj.

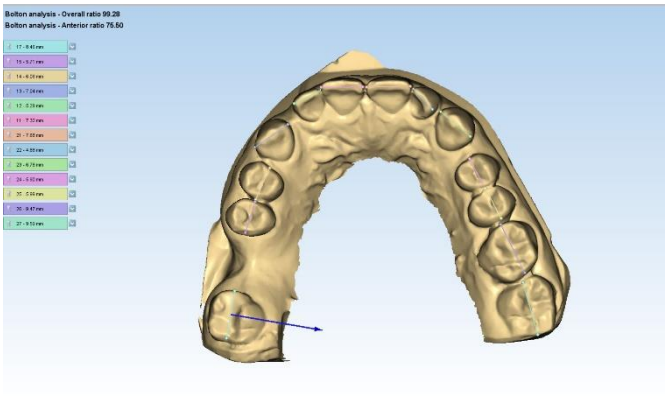
„Planmeca ProMax“ (Planmeca OY, Helsinki, Finland) prvi je uređaj koji s jednom jedinicom može zabilježiti različite trodimenzionalne podatke, tj. napraviti CBCT sliku, 3D sliku lica i 3D dentalni digitalni model. „Romexis“ softver zatim može spojiti sve zapise i provesti analize i mjerenja. U prošlosti, različiti uređaji su bili potrebni za snimanje 2D i 3D

radiograma, a za snimanje lice koristili su se laserski uređaji ili kombinacija kamera (fotoaparata).

Pojavom uređaja i softvera koji su to objedinili napravljen je velik korak za digitalni *workflow*.

1.4. Planiranje ortodontske terapije

3D dentalni model terapeutu omogućuje da u vrlo kratkom vremenu izmjeri vrijednosti koje se inače mjere na sadrenom modelu (Slika 3.).



Slika 3. Mjerenja na digitalnom dentalnom modelu u Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.

Ortodont može koristiti virtualni model kako bi s pacijentom raspravio o različitim mogućnostima terapije i mogućim vizualnim ishodima(10). Virtualni model je osobito koristan u slučajevima kada je potrebna dodatna suradnja s kolegama iz drugih područja stomatologije(15). Nakon analize slučaja, ortodont može krenuti s planiranjem terapije. Segmentiraju se krune zuba na digitalnom modelu i, ako je moguće, denticija na CBCT radiogramima. Zatim se u softveru simulira pomak zuba koji je potreban za korekciju malokluzije i stvara se virtualni *setup*. Taj postupak može napraviti ili ortodont ili dentalni tehničar uz kontrolu i korekciju ortodonta. Virtualni *setup* je danas prepoznat kao vrijedno dijagnostičko sredstvo koje se može koristiti za potvrdu, modifikaciju ili potpunu promjenu plana terapije(16). Tradicionalno se *setup* na sadrenim modelima radio tako da su se segmentirane zubne krune pozicionirale voskom .

Takav postupak zahtijevao je dubliranje modela i oduzimao je dosta vremena (17). Današnji programi omogućuju stvaranje virtualnog *setupa* koji je se najčešće koristi u zahtjevnijim ortodontskim slučajevima ili slučajevima koji zahtijevaju multidisciplinarni pristup. Prije

svega, zubne krune se trebaju segmentirati koristeći određeni softver (npr. „Planmeca 3d OrthoStudio“, Planmeca OY, Helsinki, Finland). Većina programa automatski postavi segmentacijsku liniju koja se zatim može manualno prilagoditi. Nakon segmentacije, zubi se mogu pomicati kako bi se napravio željeni *setup*. Ako je dostupna CBCT slika, ona se može sjediniti s virtualnim dentalnim modelom. Dostupnost informacija iz više izvora, tj. postojanje „virtualne glave“ omogućuje procjenu utjecaja zubnih pomaka ili skeletalnih promjena na meka tkiva(18). Velika prednost kod korištenja CBCT-a je mogućnost da se procijeni i ispravi položaj zubnog korijena s obzirom na alveolarnu kost. Može se procijeniti i potreba za ekstrakcijom ili *strippingom*, a također i linija osmijeha. Okluzalni kontakti se trebaju provjeriti i po potrebi ispraviti. Originalni virtualni model i *setup* se mogu staviti u virtualni artikulator za provjeru okluzije i artikulacije(Slika 3.).



Slika 3.Virtualni artikulator za digitalne dentalne modele u programu 3shape OrthoAnalyzer. Preuzeto uz dozvolu autora: prof. dr.sc. Mladen Šlaj.

1.5. Proizvodnja naprava

Kada pacijent pristane na predloženu terapiju, može se krenuti s izborom i dizajnom naprava. CAD i CAM postupci omogućuju kliničaru da individualno prilagodi većinu tradicionalno korištenih standardnih ortodontskih naprava. U slučaju izrade „Invisalign“ *alignera* kliničar ispunjava nalog koji se zajedno sa STL dokumentima te intraoralnim fotografijama šalje putem interneta u dentalni laboratorij(1). Nalog treba sadržavati sve informacije o dizajnu i proizvodnji željene naprave. Tehničar nakon izrade virtualnog setupa i prijedloga dizajna naprave šalje dizajn ortodontu na korekciju. Danas ortodont na raspolaganju ima potrebni

softver te može promijeniti i kontrolirati dizajn tehničara ili u potpunosti prilagoditi plan terapije te izgled naprave.

Određeni softveri („OrthoCAD“, Computer-aided Dentistry, Fairview, NJ, USA, „suresmile“ OraMetrix, Richardson, TEX, USA, „OrthoAnalyser“ 3Shape, Copenhagen, Denmark) mogu se koristiti za virtualno postavljanje bravica iz zbirke skeniranih standardnih fiksnih naprava. Odabrani položaj se prenosi s virtualnog modela na pravu denticiju sustavima za indirektno lijepljenje bravica. Takvo virtualno postavljanje bi trebalo povećati preciznost lijepljenja bravica na pravu denticiju i smanjiti potrebu za savijanjem žice i repozicijom bravica tijekom tretmana, što bi trebalo smanjiti duljinu terapije i poboljšati njen ishod. Prilagođena baza bravice se može koristiti kako bi se poboljšao dosjed baze standardne bravice na zub(19).

U suvremenoj ortodonciji dostupne su i potpuno prilagođene naprave (bravice, baze bravica, tubusi, transpalatinalni lukovi, naprave za forsirano širenje nepca i dr.).„Suresmile“ (OraMetrix, Richardson, TEX, USA) sustav je prvi komercijalno dostupan sustav prilagođenih žica. U CAD/CAM sustave (kombinacija prilagođenih žica, bravica i žlica (*trays*) za indirektno lijepljenje) koji su danas komercijalno dostupni spadaju npr. „Insignia“ (Ormco, Orange, CA, USA) za konvencionalne labijalne bravice i „Incognito“ (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) te „Harmony“ (American Orthodontics, Sheboygan, WI, USA) za lingvalne bravice. Za sve takve sustave, žlice (*trays*) ili jigovi za indirektno lijepljenje bravica su neophodni (7).

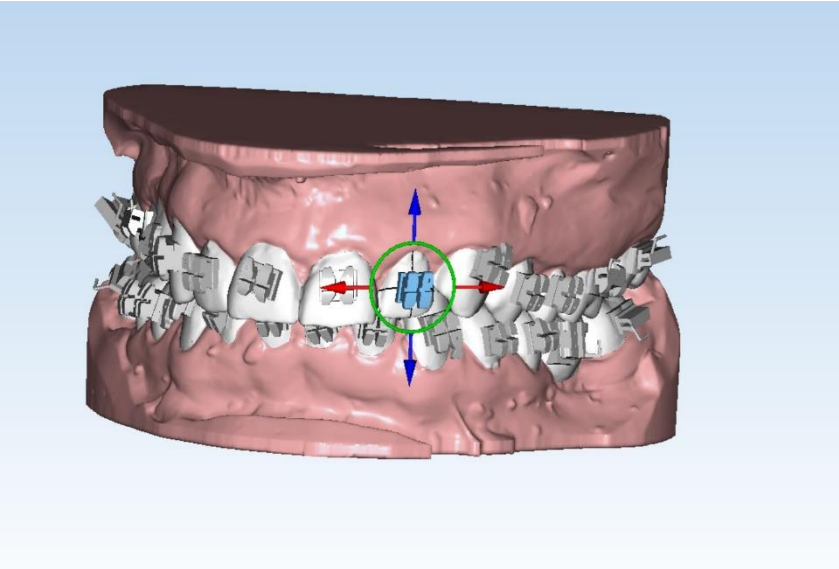
Naprave se dizajniraju na digitalnom modelu i proizvode koristeći 3D printere, „wire-bending“ robote ili glodalice.

Dentalni model se može isprintati u akrilatnom materijalu i koristiti za tradicionalne metode proizvodnje mobilnih i funkcionalnih naprava. Serija printanih modela jednog pacijenta se može iskoristiti za proizvodnju *alignera.* Modeli predstavljaju korake između originalne postave zuba i konačnog *setupa*, a *aligner* se proizvodi na printanim modelima koristeći vakumske uređaje. *Aligner* se može i izravno isprintati bez korištenja fizičkih modela međutim takav način izrade još uvijek nije zaživio zbog nedostatka potrebnih certifikata za uporabu u usnoj šupljini.

Različiti materijali koriste se za prilagođene bravice. „Incognito“ lingvalne bravice se printaju u vosku i izlijevaju u zlatu dok se baze „Harmony“ i „Insignia“ bravica se printaju u metalu. *Wire-bending* roboti mogu proizvesti prilagođene žice točno određenog promjera, oblika,

elastičnih svojstava i snage, ovisno o željama ortodonta. Istraživanje je pokazalo da takve žice, korištene u završnim fazama terapije, skraćuju vrijeme same terapije i poboljšavaju ishod.

Najčešće se proizvode prijenosni sustavi za indirektno lijepljenje bravica. Pomoću softvera, terapeut može postaviti bravice na 3D model (Slika 4.). Različiti alati mu mogu pomoći u odabiru najboljeg položaja bravice(10).



Slika 4. Virtualno planiranje postavljanja bravica. Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić.

Neki softveri mogu simulirati kako će zubi biti postavljeni s odabranim položajem bravica te na taj način omogućiti terapeutu da napravi modifikacije ako želi drugačiji ishod. Sustavi za indirektno lijepljenje bravica mogu se proizvesti na dva načina: direktno koristeći 3D printer ili preko isprintanog 3D modela. Funkcionalne naprave zahtijevaju dodatnu registraciju zagriza u protruziji i zasad se proizvode samo u glodalicama (10).

Takve funkcionalne naprave su manje vidljive te se čini da su prihvatljivije pacijentima, skraćuju vrijeme adaptacije i poboljšavaju suradnju i govor.

1.6. Praćenje pomicanja zuba

Tijekom ortodontske terapije, ortodont određuje kontrolne posjete u određenim vremenskim intervalima ovisno o potrebi da se promijeni ili reaktivira ortodontska naprava. Ako pomak zuba za svakog pacijenta nije evidentiran, nije moguće postići optimalno planiranje kontrolnih posjeta. Samim time, praćenje pomicanja zuba u planiranim intervalima moglo bi se iskoristiti

za bolje planiranje . To se može postići korištenjem nekih softvera (npr. „Ortho-Analyser“) koji mogu superponirati slike nastale uzimanjem digitalnih intraoralnih otiska. Takva vizualizacija pomaka zuba može koristiti i za daljnju motivaciju pacijenta(22). Isto se može raditi i sa skenovima lica i CBCT radiogramima(23).

1.7. Retencija

Tradicionalni *retaineri*, kao što su Hawleyev i Van der Lindenov *retainer*, još uvijek se koriste za retenciju, a „nevidljivi“ *retaineri* (Essix) također se koriste u istu svrhu već dugi niz godina(20). Proces izrade može biti tradicionalan, ali digitalni *workflow* i proizvodnja naprave za retenciju 3D printerima uskoro bi mogli postati popularniji rješavanjem problema certifikata proizvodnog procesa. Također je moguće isprintati 3D model te zatim proizvesti *retainere* na tradicionalan način. Fiksna retencija metoda je izbora za stabilizaciju inciziva i očnjaka nakon ortodontske terapije. U pokušaju da se smanje pogreške i poveća učinkovitost fiksnih *retainera*, uvedeni su različiti materijali i metode za proizvodnju i postavljanje istih. Idealni fiksni *retainer* bi trebao savršeno prianjati uz svaki zub. Trebao bi sprječavati neželjeni pomak zubi, ali s druge strane omogućiti fiziološku pomičnost. Uobičajeno čišćenje zuba treba biti omogućeno, kao i mogućnost profesionalnog čišćenja kamenca. Korištenjem virtualnih dentalnih modela pred kraj terapije za proizvodnju retencijskih žica CAD/CAM tehnologijom, omogućeno je precizno dizajniranje, proizvodnja, prijenos i pozicioniranje *retainera* te je opravdano očekivati učinkovitu i dugotrajnu retenciju(21). Na digitalnom dentalnom modelu dizajnira se žica za retenciju. Kako bi se prevenirali okluzalni kontakti maksilarnog *retainera* s incizalnim bridovima donjih inciziva, u procesu proizvodnje moguće je provjeriti okluzalni kontakt između gornjeg i donjeg zubnog luka, te prilagoditi fiksni reteiner. Uporabom virtualnog aritkulatora moguće je i simulirati kretnje mandibule kako bi se i prilikom kretnji izbjegla interferencija reteinera i zubi. Prednosti CAD/CAM izrađenih *retainera* su:

- optimalan dosjed *retainera*
- optimalan prijenos *retainera* na planirani položaj na denticiji
- veća udobnost za pacijenta
- smanjena mogućnost loma žice (žica se ne savija)
- prevencija okluzalnih smetnji
- lako održavanje higijene(21).

2. PRIKAZ SLUČAJA

Pacijentica dolazi zbog nezadovoljstva trenutnom situacijom u usnoj šupljini te se nakon kliničkog pregleda zaključuje da joj je potrebna ortodontska i protetska terapija kako bi se ostvario željeni cilj liječenja. Napravljeni su uobičajeni dijagnostički postupci (intraoralne i ekstraoralne fotografije i ortopantomogram). Nakon toga uzeo se otisak u silikonskom materijalu te su se izlili sadreni modeli, koji su se skeniranjem digitalizirali. Digitalni modeli su se analizirali te je na njima napravljen virtualni ortodontski *setup*. Takav *setup* poslan je u STL formatu protetičaru koji je zatim stvorio konačni *setup* te pomoću 3D printera isprintao modele nakon provedene terapije. Pomoću printanih modela, izrađen je *mock-up* koji je postavljen u usta pacijentici kako bi se mogao vizualizirati završni rezultat terapije prije bilo kojeg nepovratnog postupka. Slika koju pacijentica vidi olakšava daljnju komunikaciju i odluku o početku liječenja.



Slika 5. Frontalna fotografija osmijeha pacijentice prije terapije. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



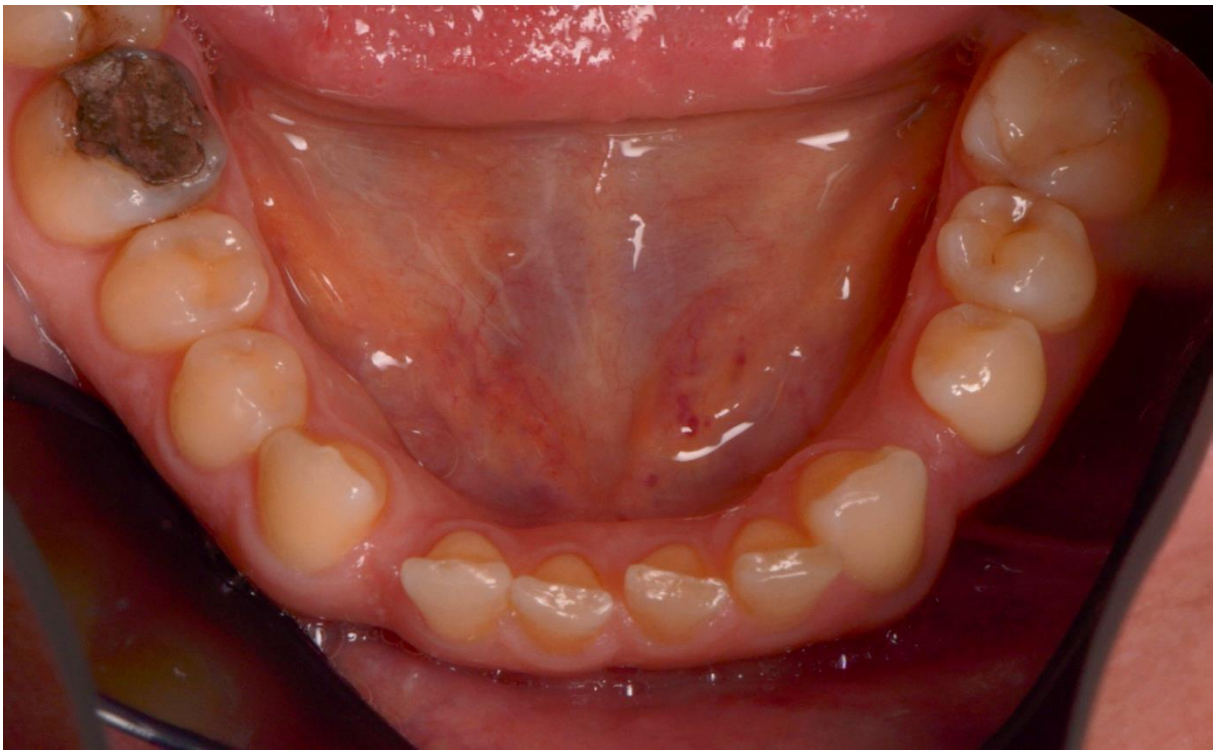
Slika 6. Frontalna fotografija zagriza u habitualnoj okluziji. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



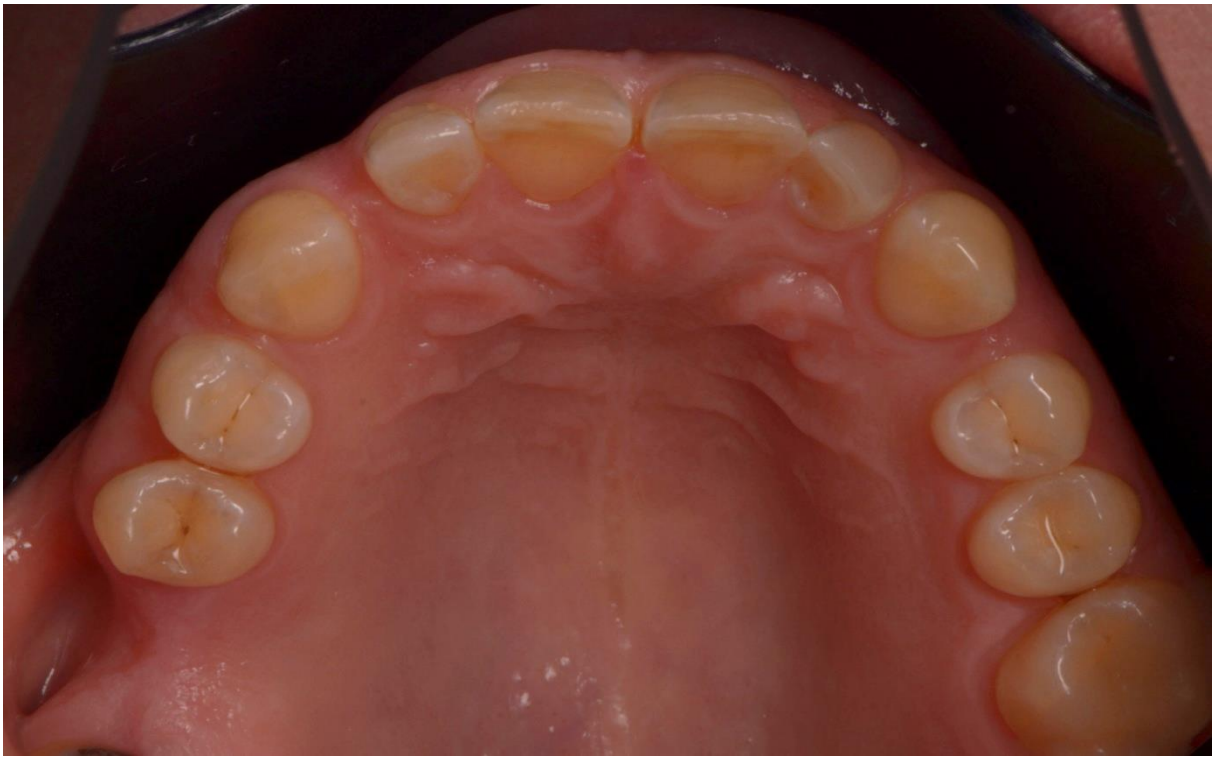
Slika 7. Lateralna fotografija zagriza u habitualnoj okluziji. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



Slika 8: Lateralna fotografija zagriza u habitualnoj okluziji. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



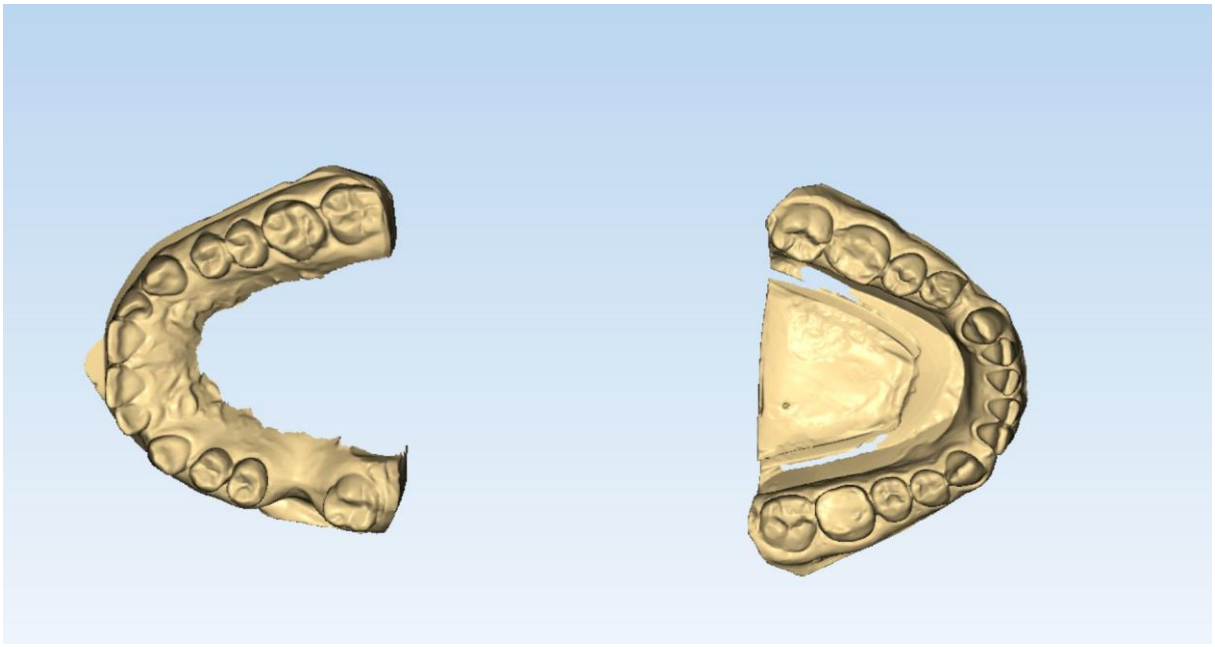
Slika 9. Okluzalna fotografija donjeg zubnog luka. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



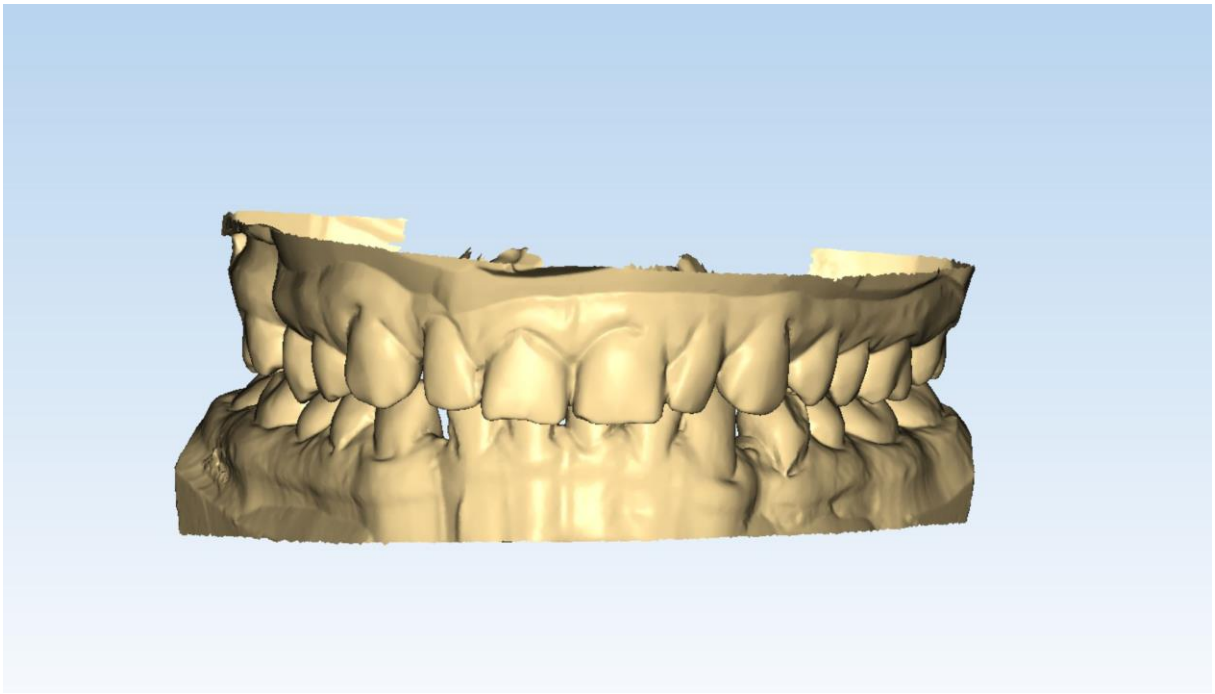
Slika 10. Okluzalna fotografija gornjeg zubnog luka. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



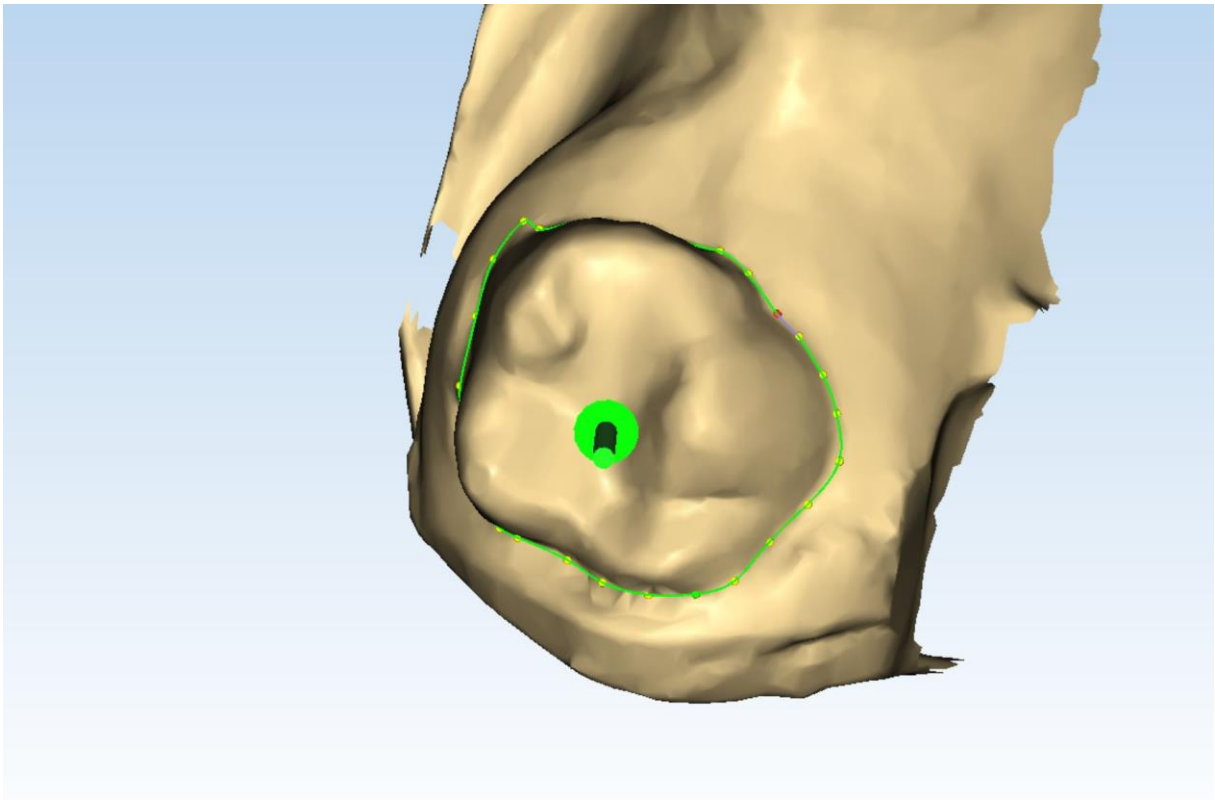
Slika 11. Ortopantomogram pacijentice. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



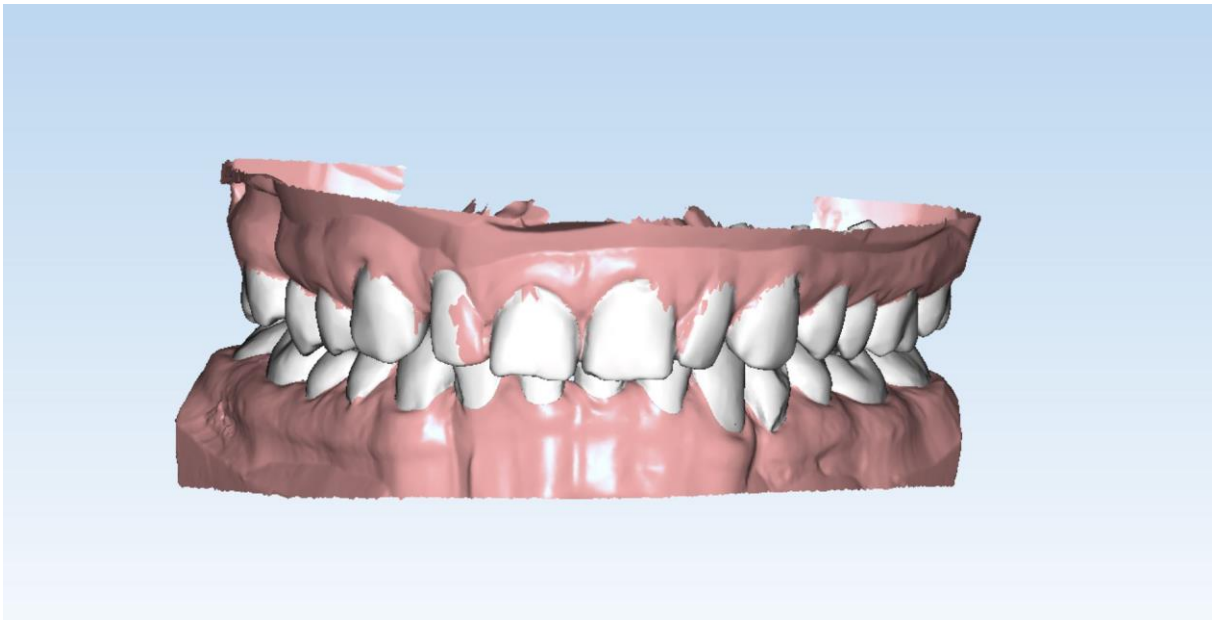
Slika 12. Digitalni modeli nakon skeniranja sadrenih modela Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



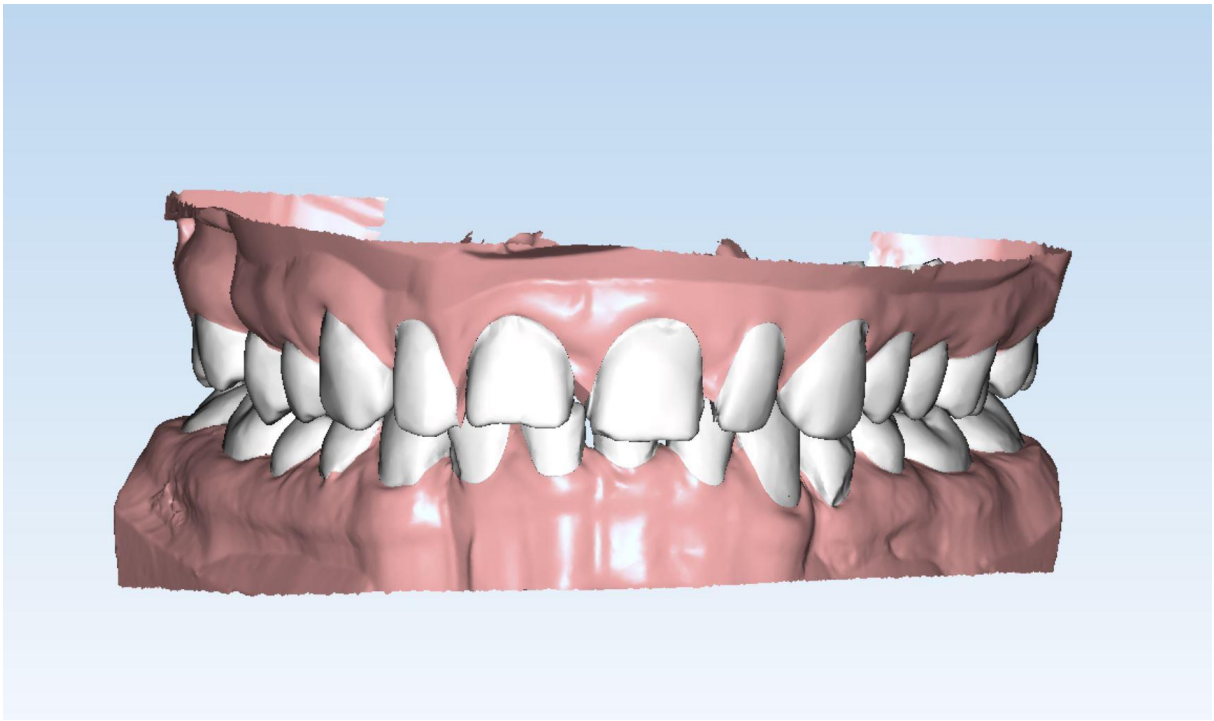
Slika 13. Digitalni modeli nakon skeniranja sadrenih modela Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



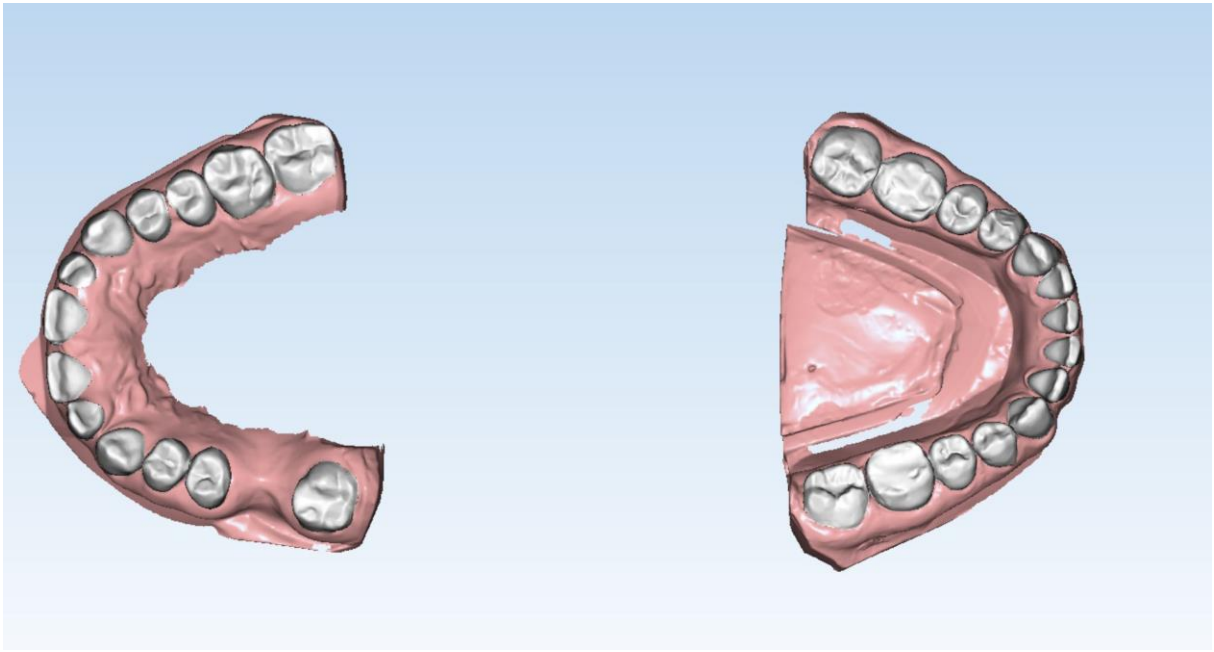
Slika 14. Segmentiranje modela Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



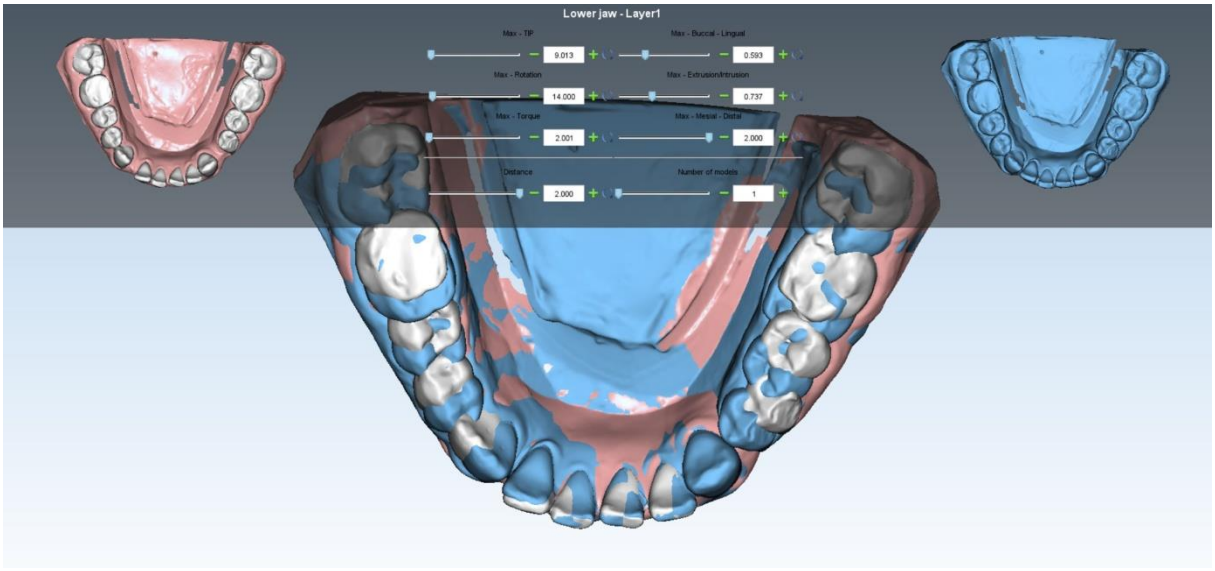
Slika 15. Digitalni virtualni model prije virtualnog pomicanja zuba Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



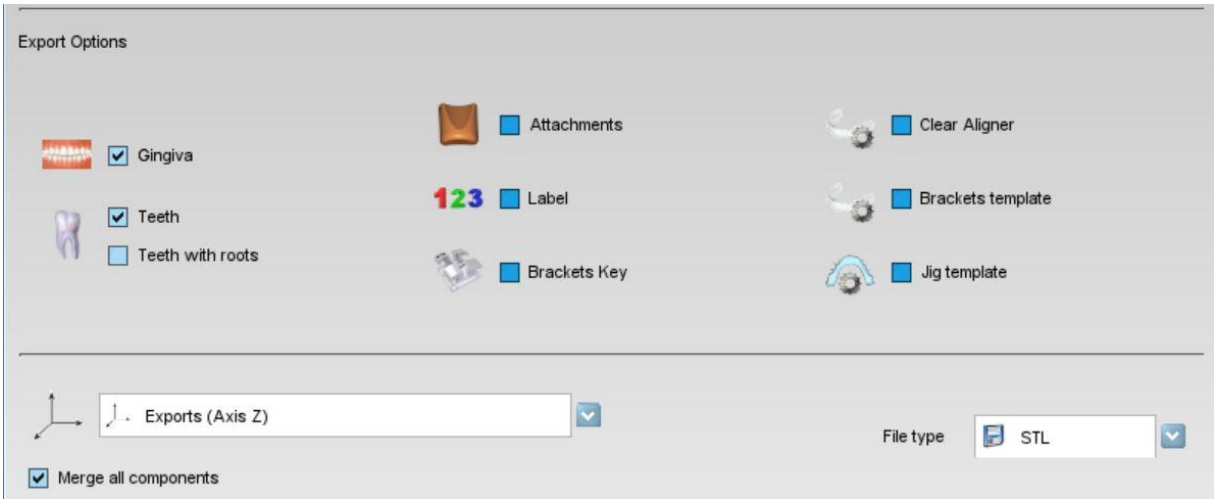
Slika 16. Virutalni *setup* nakon pomicanja zuba Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



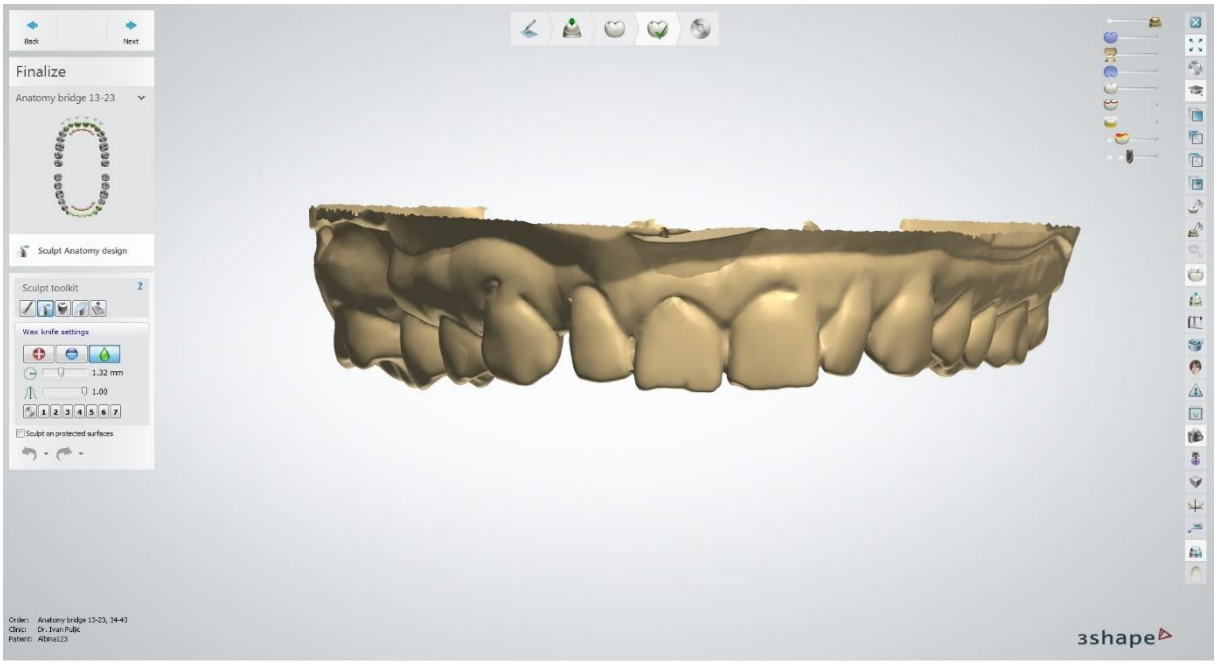
Slika 17. Virutalni *setup* nakon pomicanja zuba Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



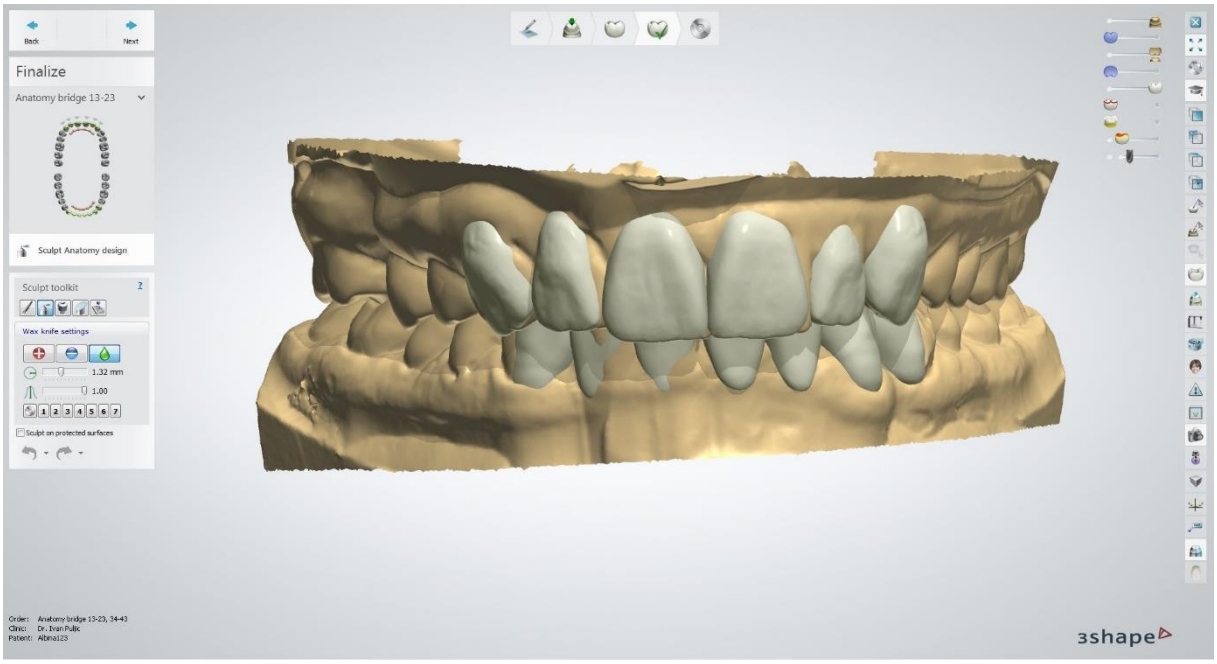
Slika 18. Izrada modeli uz prikaz pomaka zuba prije i poslije virtualne terapije Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



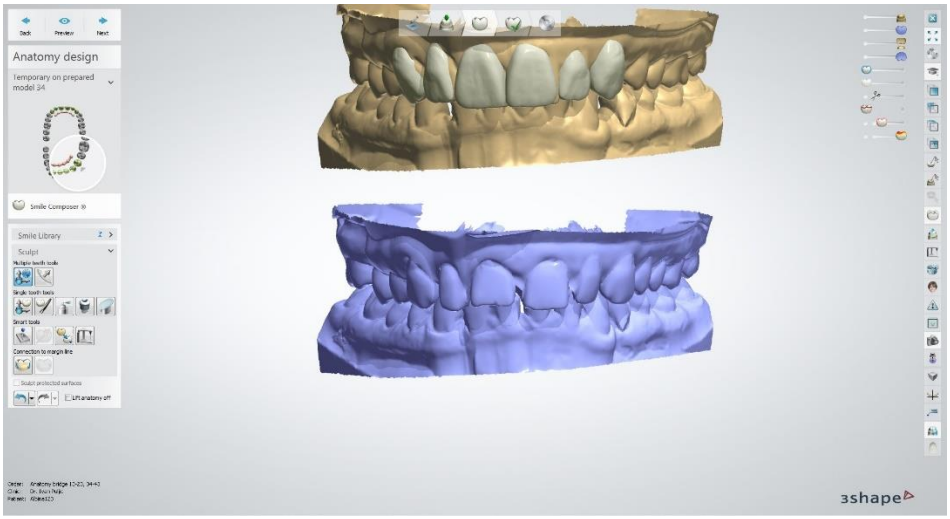
Slika 19. Slanje virtualnog *setupa* u STL formatu protetičaru Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



Slika 20. Modeli pripremljeni za digitalni *wax up* 3shape Dental Studio. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 21. Modeli nakon digitalnog *wax upa* 3shape Dental Studio. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 22. Priprema modela za 3d printanje Dental Studio. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 23. 3d print donjeg modela. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 24. 3d print gornjeg modela. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 25. *Mock up* u ustima pacijentice. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 26. *Mock up* u ustima pacijentice. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent.



Slika 27. *Mock up* u ustima pacijentice. Preuzeto uz dozvolu autora: Ivan Puljić, dr.med.dent

3. RASPRAVA

Uz konvencionalni *workflow*, u ortodonciji je kao i u ostalim područjima stomatologije omogućen digitalni *workflow* . Njegova primjena omogućuje napredak u uzimanju i skladištenju podataka, analizi i planiranju terapije te proizvodnji različitih naprava. Digitalizacija u stomatologiji smanjuje rizike i nesigurnosti koje postoje zbog ljudskog faktora i stvara veću točnost i preciznost u svim fazama *workflowa*.

U opisanom slučaju, uzimao se indirektni digitalni otisak, tj. koristio se klasični način otiskivanja, izliveni su sadreni modeli te su oni skenirani i na taj način prebačeni u digitalni oblik. Kada bi se direktno skenirala usna šupljina, cijeli postupak pretvaranja u digitalni oblik bio bi još kraći, a ukolnila bi se i potreba za slanjem konvencionalnih otisaka u dentalne laboratorije. Isto tako, vrlo je lako poslati virtualni model kolegama iz struke ili dentalnim laboratorijima i proizvođačima naprava.

U optimalnom digitalnom *workflowu,* koristili bi se CBCT uređaji nove generacije koji imaju puno nižu dozu zračenja nego prije. Podaci dobiveni takvim uređajima, zajedno sa skenom lica i virtualnim dentalnim modelima mogu se koristiti za stvaranje „virtualne glave“. U opisanom slučaju, zbog trenutne nedostupnosti uređaja, koristili su se klasični 2D radiogrami. U budućnosti će se moći koristiti i uređaji za 3D analizu pokreta temporomandibularnog zgloba.

Sve ove mogućnosti dopuštaju stvaranje virtualnog pacijenta i simuliranja terapije, kao što je prikazano na slučaju. Novi softveri omogućuju poluautomatsku analizu veličine zubi, razmaka, prijeklopa, pregriza, oblika i širine lukova itd. Nakon što se terapija prikaže virtualno, pacijent može vidjeti njen ishod, a može mu se prikazati i animacija iste. U spomenutom slučaju, pacijentu je pomoću 3D printera i izrade *mock-upa* omogućeno da izravno na sebi vidi krajnji ishod planirane terapije. Ovakvim načinom rada omogućena je veća uključenost pacijenta u terapiju te bolja i lakša suradnja između ortodonta i protetičara.

Osobito korisnim pokazao se kod pacijenata koji su nesigurni oko izbora i provedbe terapije.

4. ZAKLJUČAK

Uključenje nove tehnologije u ortodontsku praksu stvara uvjete da se, uz pravilnu upotrebu, ostvari veća učinkovitost. Temelj svakog digitalnog *workflowa* je dokumentacija. Tu je izuzetno bitan razvoj CBCT uređaja te pojava intraoralnih skenera. Uz sve već navedene prednosti digitalnog otiska, treba napomenuti da je takav način uzimanja otiska ugodniji i prihvatljiviji i za samog pacijenta. Nadalje, ako se pacijenta dovoljno uključi u *workflow* i predstavi mu se plan te se omogući da pacijent sudjeluje u odlukama, cjelokupni proces mu postaje razumljiviji, osobito u interdisciplinarnim slučajevima kada je proces i ishod terapije pacijentu teško zamisliv. Ono što predstavlja treći korak digitalnog *workflowa* je proizvodnja. Računalno potpomognuta izrada u stomatologiji je već poznata, u ortodonciji npr. za proizvodnju *alignera*. Međutim, kako se razvijaju programi i načini proizvodnje prilagođenih žica i bravica, tako se čini da će upotreba takvih sustava biti sve veća.

5. LITERATURA

1. Joda T, Brägger U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. Clin Oral Implants Res. 2015 Dec;26(12):1430–5.

2. Vandenberghe B. The digital patient – Imaging science in dentistry. J Dent. 2018 Jul;74:S21–6.

3. Verstreken K, Van Cleynenbreugel J, Marchal G, Naert I, Suetens P, van Steenberghe D. Computer-assisted planning of oral implant surgery: a three-dimensional approach. Int J Oral Maxillofac Implants. 1996 Dec;11(6):806–10.

4. Lanis A, Alvarez del Canto O. The Combination of Digital Surface Scanners and Cone Beam Computed Tomography Technology for Guided Implant Surgery Using 3Shape Implant Studio Software: A Case History Report. Int J Prosthodont. 2015 Mar;28(2):169–78.

5. Fasbinder D. Using digital technology to enhance restorative dentistry. Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ 1995. 2012 Oct;33(9):666–8, 670, 672 passim.

6. Camardella LT, Rothier EKC, Vilella OV, Ongkosuwito EM, Breuning KH. Virtual setup: application in orthodontic practice. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 2016 Nov 1;77(6):409–19.

7. Breuning KH, Kau CH. Digital Planning and Custom Orthodontic Treatment. Wiley; 2017. 138 p.

8. Chow KC. Digital workflow in orthognathic surgery. Int J Oral Maxillofac Surg. 2017 Mar;46:12–3.

9. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. Orthod Craniofac Res. 2011 Feb;14(1):1–16.

10. Christensen LR. Digital workflows in contemporary orthodontics. APOS Trends Orthod. 2017 Jan 1;7(1):12.

11. Rischen RJ, Breuning KH, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Records Needed for Orthodontic Diagnosis and Treatment Planning: A Systematic Review. PLoS ONE [Internet]. 2013 Nov 12 [cited 2018 Sep 9];8(11). Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3827061/

12. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health [Internet]. 2017 Dec 12 [cited 2018 Sep 9];17. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5727697/

13. Nemtoi A, Czink C, Haba D, Gahleitner A. Cone beam CT: a current overview of devices. Dentomaxillofacial Radiol. 2013 Jun 29;42(8):20120443.

14. Maal TJJ, van Loon B, Plooij JM, Rangel F, Ettema AM, Borstlap WA, et al. Registration of 3-dimensional facial photographs for clinical use. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. 2010 Oct;68(10):2391–401.

15. Joda T, Gallucci GO. The virtual patient in dental medicine. Clin Oral Implants Res. 2015 Jun 1;26(6):725–6.

16. Hou DJ. The Effect of Digital Diagnostic Setups on Orthodontic Treatment Planning [Internet] [Thesis]. 2017 [cited 2018 Sep 9]. Available from: https://digital.lib.washington.edu:443/researchworks/handle/1773/38609

17. Im J, Cha J-Y, Lee K-J, Yu H-S, Hwang C-J. Comparison of virtual and manual tooth setups with digital and plaster models in extraction cases. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. 2014 Apr;145(4):434–42.

18. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. Int J Comput Dent. 2015;18(4):303–17.

19. Nojima LI, Araújo AS, Alves Júnior M. Indirect orthodontic bonding--a modified technique for improved efficiency and precision. Dent Press J Orthod. 2015 Jun;20(3):109–17.

20. Thickett E, Power S. A randomized clinical trial of thermoplastic retainer wear. Eur J Orthod. 2010 Feb;32(1):1–5.

21. Wolf M, Schumacher P, Jäger F, Wego J, Fritz U, Korbmacher-Steiner H, et al. Novel lingual retainer created using CAD/CAM technology: evaluation of its positioning accuracy. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie. 2015 Mar;76(2):164–74.

22. An K, Jang I, Choi D-S, Jost-Brinkmann P-G, Cha B-K. Identification of a stable reference area for superimposing mandibular digital models. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie. 2015 Nov;76(6):508–19.

23. Park T-J, Lee S-H, Lee K-S. A method for mandibular dental arch superimposition using 3D cone beam CT and orthodontic 3D digital model. Korean J Orthod. 2012 Aug;42(4):169–81.

6. ŽIVOTOPIS

Daniela Maras rođena je 25. 11. 1993. godine u Đakovu, gdje završava Osnovnu školu Josipa Antuna Ćolnića. 2012. godine završava Gimnaziju Antuna Gustava Matoša u Đakovu, a iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.