

Digitalni virtualni setup u ortodonciji

Daniela Maras, dr. med. dent.¹
Prof. dr. sc. Mladen Šljaj²

[1] diplomirala u ak. godini 2017./18.

[2] Zavod za ortodonciju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Proces se rada u stomatološkoj ordinaciji (engl. *the dental office workflow*) 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 (engl. *computer aided design – CAD*). Treći korak je mogućnost korištenja računalno potpomognute izrade (engl. *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 (engl. *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 ortodonciji 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).

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 dimenzije te se osmišljava plan terapije, dok CAD/CAM tehnologija omogućuje izradu ortodontskih 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).

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 izlivanja 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 ure-

đajima 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 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 istraživanjima 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.

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).

„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 lica koristili su se laserski uređaji ili kombinacija kamere (fotoaparata). Pojavom uređaja i softvera koji su to objedinili napravljen je velik korak za digitalni workflow.

Planiranje ortodontske terapije

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

čar 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 artikulatork za provjeru okluzije i artikulacije (Slika 3.).

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 Daniela Maras, diplomski rad 8 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, transpalatalni 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, „wirebending“ robote ili globalice. 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). 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 zagriža u protruziji i zasad se proizvode samo u globalicama (10). Takve funkcionalne naprave su manje vidljive te se čini da su prihvatljivije pacijentima, skraćuju vrijeme adaptacije i poboljšavaju suradnju i govor.

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).

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 povećá učinkovitost fiksnih retainera, uvedeni su različiti materijali i metode za proizvodnju i postavljanje istih. Idealni fiksni retainer bi trebao savršeno prijanjati 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 kamena. 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 retainer. Uporabom virtualnog aritkulatora moguće je i simulira-

ti kretanje mandibule kako bi se i prilikom kretnji izbjegla interferencija retainera 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).

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.

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.

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. (1)



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



Slika 2. Mjerenja na digitalnom dentalnom modelu u Planneca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



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



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



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



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



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



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



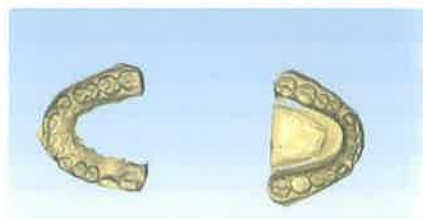
Slika 9. Okluzalna fotografija donjeg zubnog luka. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



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. Virtualni setup nakon pomicanja zuba Planmeca 3dOrthoStudio. Preuzeto uz dozvolu autora: Dražen Jokić, dr.med.dent.



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



Slika 18. Izrada modela 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.

LITERATURA

- Joda T, Brägger U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2015 Dec;26(12):1430–5.
- Vandenbergh B. The digital patient – Imaging science in dentistry. *J Dent.* 2018 Jul;74:S21–6.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Breuning KH, Kau CH. *Digital Planning and Custom Orthodontic Treatment.* Wiley; 2017, 138 p.
- Chow KC. Digital workflow in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017 Mar;46:12–3.
- 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.
- Christensen LR. Digital workflows in contemporary orthodontics. *APOS Trends Orthod.* 2017 Jan 1;7(1):12.
- 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/>
- 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/>
- Nemtoi A, Czink C, Haba D, Gahleitner A. Cone beam CT: a current overview of devices. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013 Jun 29;42(8):20120443.
- Maal TJJ, van Loon B, Plooi 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. Daniela Maras, diplomski rad 30
- Joda T, Gallucci GO. The virtual patient in dental medicine. *Clin Oral Implants Res.* 2015 Jun 1;26(6):725–6.
- 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>
- 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.
- Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent.* 2015;18(4):303–17.
- 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.
- Thickett E, Power S. A randomized clinical trial of thermoplastic retainer wear. *Eur J Orthod.* 2010 Feb;32(1):1–5.
- 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 Kieferorthopädie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopädie.* 2015 Mar;76(2):164–74.
- 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 Kieferorthopädie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopädie.* 2015 Nov;76(6):508–19.
- 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.