

ABSTRACT

Digitalisering af kliniske registreringer

Planlægning af omfattende og komplicerede behandlinger indenfor ortodonti, ortognatkirurgi og rekonstruktiv facial kirurgi har altid været forbundet med en vanskelig arbejdsgang præget af forsøget på at forene forskelligartede registreringer til en fælles realistisk målsætning for de involverede specialer. Behandlingsplanen er central i disse behandlingsforløb, som udføres af et team repræsenterende forskellige specialer og skal derfor opfylde kravet til at formidle indtryk af behandlingens slutresultat, kommunikere detaljerne i, hvordan målet opnås, interventionstræene og prædikere det forventede udfald. Udfærdigelse af behandlingsplanen er baseret på forskelligartede analyser af studiemodeller, røntgenbilleder og foto, som i nogen grad har kunnet kombineres til et såkaldt VTO (visual treatment objectives), hvor røntgenbilleder og modeller indgår til en tilnærmelsesvis tredimensionel fremstilling af behandlingsresultatet og også giver et indtryk af, hvilke ændringer der kræves for at opnå resultatet. Med udviklingen i computer og digitalisering af røntgenbilleder, foto og modeller er det blevet muligt at fremstille det digitale VTO (visual treatment objectives), som stadig sublimeres til at visualisere det ønskede behandlingsmål. Desuden kan der udvikles algoritmer til morphing dvs. en grafisk fremstilling med glidende overgang fra "før-billeder" til virtuelle "efter-billeder", af 3-d-fotodata på baggrund af skeletale ændringer, men også forskellige trin i behandlingen kan visualiseres. Der vil være fokus på at kunne demonstrere effekten af de valgte metoder til opnåelse af det ønskede behandlingsmål, interventionstræene, forudsige effekten på bløddelene og at kunne journalisere det opnåede resultat. Videreudvikling vil kunne muliggøre design af apparatur til ortodontiske opgaver, templates til montering af osteosyntesematerialer (således anatomiske strukturer beskyttes) og fremstilling af kirurgiske skinner til angivelse af planlagt position af kæberne ved flytning og derved sikre korrekt position af processus condylaris i kæbeledet. Fremstilling af implantater til rekonstruktion af manglende knogler og understøttelse af blødt væv er ligeledes et potentiale for den digitale teknik.

Anvendelse af digitale dentale og 3-d-virtuelle modeller i ortodontiske, ortokirurgiske og rekonstruktive kirurgiske behandlinger

Thomas Klit Pedersen, professor MSO, overtandlæge, ph.d., Afdeling for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Aarhus Universitetshospital, og Sektion for Ortodonti, Institut for Odontologi, Aarhus Universitet

Michel Dalstra, lektor, civilingeniør, ph.d., Sektion for Ortodonti, Institut for Odontologi, Aarhus Universitet

Paolo Cattaneo, lektor, civilingeniør, ph.d., Sektion for Ortodonti, Institut for Odontologi, Aarhus Universitet

Johan Blomlöf, docent, overtandlæge, ph.d., Afd. for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Aarhus Universitetshospital

Jytte Buhl, overtandlæge, Afdeling for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Aarhus Universitetshospital

Sven Erik Nørholt, professor, overtandlæge, ph.d., Afdeling for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Aarhus Universitetshospital, og Sektion for Oral Kirurgi, Institut for Odontologi, Aarhus Universitet.

Birte Melsen, professor emeritus, dr.odont., Sektion for Ortodonti, Institut for Odontologi, Aarhus Universitet

Optimale ortodontiske og ortognatkirurgiske behandlinger er baseret på præcis planlægning, prædiktion og behandlingsanalyse. Endvidere har kvalitetssikring og kommunikation med patienterne høj prioritet. Den digitale teknologi har medført et paradigmeskifte indenfor behandlingsplanlægning og lagring af kliniske registreringer. Omkostningerne og omstændighederne ved opbevaring og kopiering af journalmateriale kan forbedres betydeligt, og mulighederne for at dele informativt materiale som

dentale modeller, foto og røntgenbilleder er langt enklere. Desuden er der et væsentligt potentiale i fusionering af de tre medier. Der er dog fortsat udfordringer vedrørende den kliniske anvendelse, der skal findes løsninger på. Implementering i behandlingsforløbet

EMNEORD

Digital planning;
computer simulation;
dental models;
orthodontics;
orthognathic surgery

Digitalt modelsæt

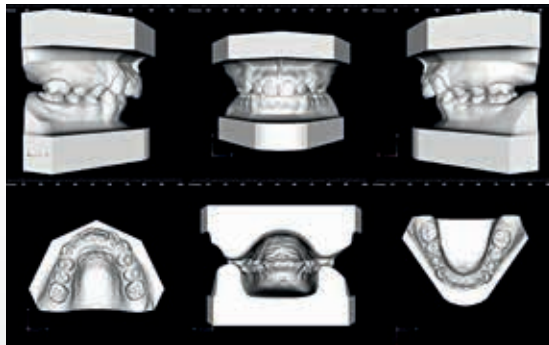


Fig. 1. Standard fremstilling af digitalt modelsæt.

Fig. 1. Digital study casts standard presentation.

kræver ændringer i logistikken omkring røntgen, fremstilling af 3-d-model, virtuel kirurgi og skinnemodelling. Der skal være sikkerhed for et højt niveau af præcision. Der forekommer endvidere traditionsbetingede barrierer, som skal overkommes; mange klinikere vil stadig foretrække den fysiske fornemmelse af okklusion, som gipsmodeller formidler, frem for udelukkende at betragte de virtuelle modeller på en skærm. Der eksisterer adskillige digitale muligheder til erstatning af konventionelle gipsmodeller og foto. Digital planlægning af ortognatkirurgi og fremstilling af operationsskinner er muligt. Ligesom det er muligt individuelt at fremstille implantater, hvor der behøves rekonstruktion af knogledefekter, fx udbygning af zygoma.

Digitale studiemodeller

Digitale modeller (Fig. 1) blev introduceret omkring århundredeskiftet af det amerikanske firma OrthoCAD®, og de første publikationer var fokuseret på at validere metoden ved at sammenligne målinger foretaget på henholdsvis virtuelle modeller og gipsmodeller, der stadig blev regnet som "the gold standard". Reliabilitet og reproducerbarhed af målinger foretaget på gips og digitale modeller blev sammenlignet, og det blev fastslået, at digitale modeller var et anbefalelsesværdigt alternativ til gipsmodeller i relation til behandlingsplanlægning (1-3). Senere demonstrerede en række undersøgelser, at både intra- og inter-eksaminer reproducerbarhed var signifikant bedre i relation til målinger udført på digitale modeller end på konventionelle gipsmodeller (4-6).

Brugen af virtuelle modeller betød, at opbevaringsplads under og efter behandling blev overflødig. En anden fordel var, at risiko for beskadigelse og slid af modeller ved gentagende brug (fx til undervisning) var elimineret. Endelig blev muligheden for at "dele" modeller med flere behandlere i tilfælde af multidisciplinære behandlinger fremhævet som en fordel (5,7,8).

De digitale modeller byder desuden på muligheden for at foretage en lang række analyser, der ikke lader sig gøre på kon-

Superimponering af digitale modeller

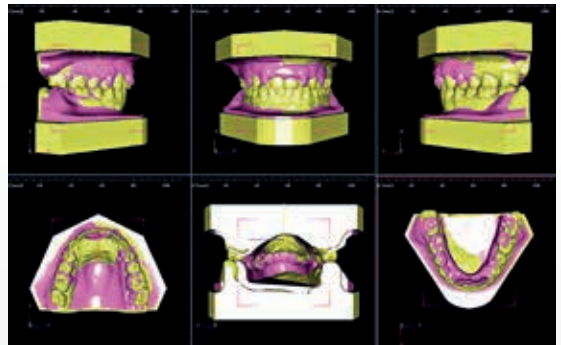


Fig. 2. Superimponering på rugae palatina af digitale modeller viser okklusion og tandstilling før (lilla) og efter (gul) ortodontisk behandling.

Fig. 2. Superimposing digital models on rugae palatini demonstrating occlusion and dental arches before (purple) and after (yellow) orthodontic treatment.

Incisal hældning

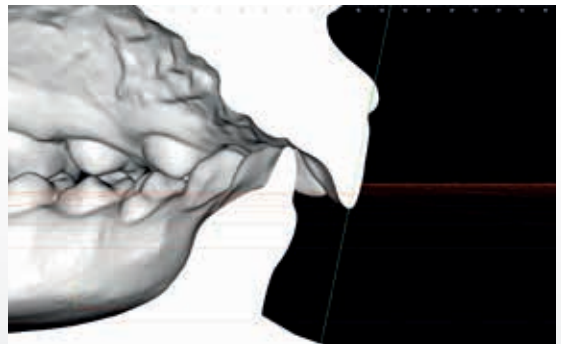


Fig. 3. Måling af incisalhældningen på digital model.

Fig. 3. Measuring incisal inclination on a digital study cast.

ventionelle modeller. Behandlingsinducerede ændringer kan visualiseres ved superimponering på rugae i ganen (Fig. 2). Ved at "skære" modellerne i forskellige planer vil det være muligt at fastslå incisivernes bukko-lingvale inklinationer og dermed fastlægge, hvilke ændringer der er realistiske med væsentlig mindre metodefejl, end hvis tilsvarende mål var udført på profilrøntgenbilleder (9,10) (Fig. 3). Brugen af virtuelle modeller kan således i stort omfang erstatte cefalometriske undersøgelser, hvor mange beslutninger er baseret på incisivernes hældning kombineret med bløddelsprofilen. I relation til forskning udgør digitale modeller et værdifuldt materiale, der i relation til mange problemstillinger overgår profilrøntgen og studiemodeller.



Faktaboks

Digital fremstilling af 3-d-modeller, som gengiver tandbuer, okklusion, kæber, kranie og bløddele, har vundet indpas i planlægningen af ortodontiske, ortokirurgiske og rekonstruktive behandlinger. Dette åbner mulighed for et samlet datasæt, som gengiver de anatomiske forhold præcist. På grundlag heraf kan en 3-dimensional behandlingsplan udarbejdes, hvorved behandlingsprincipperne kan vurderes i forhold til realistisk udførelse. Behandlingsmålet kan visualiseres, de enkelte trin i interventionen kan planlægges, og de nødvendige guideskinner og templates fremstilles.

Ortognatkirurgisk virtuel planlægning

1. Aftrykstaking, sammenbid, CBCT-scanning, klinisk vurdering
2. Initial planlægning baseret på klinisk vurdering og CBCT-scanning
3. Dannelse af 3D model, fusionering med digitale modeller
4. Dannelse af osteotomilinjær
5. Flytning af segmenterne efter initiale plan
6. Fremstilling af virtuel skinne

Fig. 4. De seks trin i planlægningen af virtuel ortognatkirurgi og fremstilling af operationsskinne.

Fig. 4. Six stage virtual treatment planning and fabrication of surgical wafer.

Ved at observere, hvad der sker i den tidlige voksenalder i forhold til de digitale modeller, muliggøres en vurdering af kriterierne for udvælgelse til ortodonti. Scanning af modeller er aktuelt "State of the Art". Imidlertid ligger der et potentiale i intraoral scanning, som med tiden kan afløse konventionel aftrykstaking.

Brugen af digitale modeller i relation til analyser af efterbehandlingsundersøgelser har endnu ikke været genstand for megen opmærksomhed. De virtuelle modeller med simulerede behandlingsmål kan udleveres til patienten og henvise tandlæge. Eftersom det ortodontiske behandlingsresultat aldrig kan forventes at være stabilt, da også ubehandlede tand-sæt ændrer sig kontinuerligt ikke alene hos børn, men også hos voksne (11,12), bør stabilitet derfor snarere betragtes som en "vedligeholdelsesmulig – maintainable" situation. De fleste behandlingsresultater vil kræve vedligeholdelse af det opnåede resultat, dvs. vedligeholdelse af tænder og parodontium, men også i mange tilfælde en mekanisk retention. Ved at præsentere patienten og den praktiserende tandlæge for det opnåede

resultat i form af en digital model er ansvaret for vedligeholdelsen placeret, og patient og tandlæge har mulighed for tage passende forholdsregler.

3-d-foto

2-d-foto er udbredt til vurdering af ansigtets morfologi og er en vigtig klinisk registrering i såvel behandlingsplanlægning som forskning indenfor ortodonti og ortognatkirurgi (13,14). Gennem det sidste årti er der udviklet forskellige 3-d-applikationer til fremstilling af overflader, hvor formålet stadig er at vurdere ansigtsform og morfologi, men på en langt mere realistisk måde (15,16). De to mest anvendte teknikker i dag er 3-d-laser-scanning og 3-d-fototeknik. Sidstnævnte er blevet førstevalg på grund af præcision, hurtighed og realistisk gengivelse af bløddelsstrukturer (17). I modsætning til fototeknikken benytter en laserscanning sig af en laserstråle, som skal vandre over hele ansigtets overflade, hvilket er en relativt langsom proces med risiko for bevægelsesartefakter. Endvidere kan der være tale om skadevirkning på patientens øjne ved anvendelse af laser. 3-d-fototeknik anvender forbundne kameraer, to eller flere, parvist konfigurerede og med struktureret lysætning, som giver mulighed for hurtig kortlægning (2 m/s) af 3-d-koordinater og præcis fremstilling af overfladestrukturen (18).

Virtuel planlægning af ortognatkirurgi

Ortognatkirurgisk planlægning, som omfatter forskydning af en eller begge kæber, udføres traditionelt med indstøbning af over- og underkæbemodeller i artikulatur, hvor flytninger og fremstilling af operationsskinner kan foregå. Det er af stor betydning, at modellerne placeres præcist i forhold til Frankfort horisontalplanet og kæbeleddene, samt at relationerne mellem maksil og mandibel er korrekte. Ved montering af overkæbemodellen i artikulaturen anvendes ansigtsbureregistrering, der imidlertid er forbundet med flere fejlkilder, som påvirker præcisionen (19), specielt når der er tale om udtalte ansigtsasymmetrier. Oprindeligt blev 3-d-planlægning baseret på CT-scanninger, som er forbundet med høj strålingsdosis. Med introduktionen af Cone Beam CT-scanninger (CBCT) er det blevet muligt at reducere både stråledosis og omkostninger betydeligt. CBCT giver dog ikke tænderne med tilstrækkelig nøjagtighed, og den største udfordring i udviklingen af et pålideligt 3-d-system har været at få fremstillet tændernes konturer præcist nok til fabrikation af en operationsskinne til styring af kæbeflytningerne peroperativt. Gateno et al. (20) demonstrerede imidlertid, at fremstillingen af en STL (stereolitografisk) baseret operationsskinne ikke klinisk kunne adskilles fra en konventionelt fremstillet. Præcise okklusionsrelieffer kan opnås ved at fusionere den tredimensionelle virtuelle kranie-model med et datasæt, som nøjagtigt gengiver tænderne. Dette kan foretages enten ved hjælp af en CBCT-scanning med høj opløselighed af aftryk af tandbuerne (21) eller ved at indsætte digitale modeller (22) og derved skabe en komposit 3-d-model bestående af kraniet og de digitalt fremstillede tandbuer. Ved



Superimponering af digitale modeller i virtuel kranie model

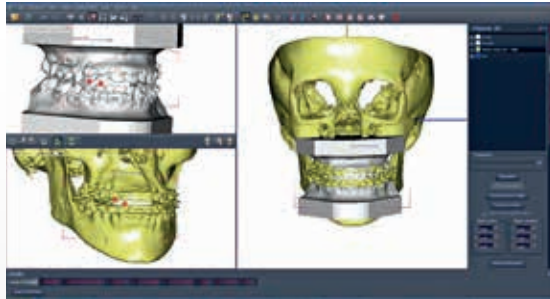


Fig. 5. Superimponering af digitale modeller i et 3-d-objekt af et kranie. Fem til otte let genkendelige punkter, fx spidsen af hjørnetandens cuspid, to er her angivet med rødt mærke, bliver brugt til punktregistrering for både den maksillære og den mandibulære model.

Fig. 5. Superimposing digital study casts for merging models and cranial 3-D objects. Five to eight recognizable landmarks, i.e. point of the canine cuspid as marked with red on two points, are used for the superimposition of the maxillary and mandibular cast.

kombinationen af digitale modeller og CBCT udnyttes den høje opløsning af den digitale model og den lave røntgendosis ved CBCT til at optimere detaljeringen af det nødvendige kirurgiske indgreb (23,24). Reproducerbarheden af denne metode overstiger klart metodefejlen forbundet alene med artikulatormontagen brugt i forbindelse med gipskirurgi (25). Anvendelse af 3-d medfører en betydelig øgning af information vedrørende de aktuelle ændringer i knoglesegmenternes position, hvor interferenser eller for store afstande mellem knoglesegmenterne bliver tydeliggjorte. Derved sikres en højere grad af realistiske kæbeflytninger allerede i planlægningsfasen. Til en vis grad svarer anvendelsen af en virtuel 3-d-model til anvendelsen af fysiske 3-d-modeller, som har været anvendt i mere end 10 år på Kæbekirurgisk Afdeling i Aarhus, til såvel rekonstruktive som korrektive opgaver.

Virtuel planlægning af ortognatkirurgi kræver tydeligvis en ændring i den konventionelle måde, de forskellige trin i planlægningen opfattes på, og det er af væsentlig betydning, at validiteten af de udførte flytninger kan verificeres. Det er dog klart, at der ligger store potentielle fordele ved anvendelse af virtuel planlægning, da flere fejlkilder ved planlægningen kan elimineres, når kombination af planlægning i artikulator og 2-d-cefalometri ikke længere er nødvendig.

Kæbekirurgisk Afdeling og Sektion for Ortodonti i Aarhus har gennem nogle år samarbejdet om at udvikle en metode til virtuelplanlægning og fremstilling af STL-baserede operationsskinner. Systemet er baseret på CBCT-scanning og virtuelle modeller. Der anvendes O3DM Surgical Planning fra O3DM

KLINISK RELEVANS

Behandlingsplanlægning, realistisk visualisering af det planlagte resultat og evaluering af det reelle resultat, herunder efterfølgende stabilitet, er essentielt indenfor klinisk ortodonti, ortognatkirurgi og tilsvarende behandlinger. Digitaliseringen af registreringsmateriale (dentale studiemodeller, røntgenoptagelser og kliniske fotos) gør det muligt, ved fusionering af data, at fremstille virtuelle 3-d-modeller, som kan fungere som træningsbaner for den kommende behandling, herunder udarbejdelse af en

præcis detaljeret behandlingsplan. Yderligere kan behandlingsplanen visualiseres og kommunikerer til patienten, ortodontisk og kirurgisk intervention kan afprøves, og der kan fremstilles specifikt apparatur, som der nu allerede fremstilles forskelligt støtteapparatur i form af guideskinner og templates. Endvidere kan fabrikation af individuelt tilpassede transplantater eller implantater foretages. Efter behandlingen kan den digitale registrering anvendes til evaluering og vurdering af stabiliteten.

(OrtoLab, Czestochowa, Poland). Planlægningen omfatter 6 trin (Fig. 4).

På basis af alginataftryk af over- og underkæbetandbuen fremstilles virtuelle modeller. Sammenbid tages med kondylerne placeret korrekt i kæbeleddene og med en tykkelse, der akkurat tillader en anelse afstand mellem tænderne og indenfor rotationsbevægelsen i kæbeleddene. Herved undgås føringer ved sammenbid, idet okklusionen før kirurgien ikke er entydig, og det bliver muligt at adskille den virtuelle over- og underkæbemodel. CBCT-scanningen tages med dette sammenbid for at sikre sammenfald af kondylens position med den klinisk fastlagte.

Der foretages herefter en initial planlægning i overensstemmelse med de retningslinjer, der er besluttet ved den prækirurgiske konference.

3-d-modellen genereres og sammensættes med de virtuelle modeller af tandbuerne (Fig. 5). Dette foregår i programmet ved at udvælge fem til otte, let genkendelige punkter på både 3-d-modellen af kraniet og på den digitale model, idet de to objekter vises samtidigt på skærmen og simultant kan roteres og forskydes efter behov. 3-d-modellen af kraniet og de to digitale modeller sammensættes derved til ét 3-d-objekt.

Osteotomilinjerner angives, og 3-d-modellen deles i de relevante objekter. Hvis den ortokirurgiske plan omfatter osteotomi på mandiblen og maksillen, vil der være tale om tre objekter: mandibel, maksil og kraniet. I mange tilfælde vil der yderligere være tale om deling af maksillen, således der optræder eksempelvis fem objekter: mandibel, tre maksilsegmenter og kraniet (Fig. 6).

Planlægning af dobbeltprocedure

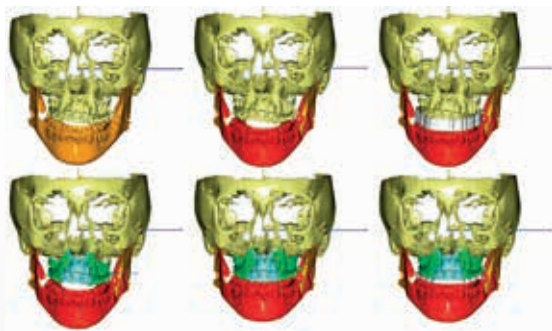


Fig. 6. De forskellige trin i en dobbeltprocedure. Top/venstre: prækirurgisk situation; top/midt: resultat efter sagittal split og flytning af mandiblen; top/højre: placering af intermediær skinnene; bund/venstre: tredeling af maksillen; bund/midt: resultat efter flytning af maksilsegmenterne og autorotation af mandiblen; bund/højre: placering af slutskinnen.

Fig. 6. Stages in two-jaw surgery. Top/left: presurgical jaw relations; top/middle: result after bilateral sagittal split and movement of the mandible; top/right: placement of intermediate wafer; bottom/left: three-piece osteotomy of the maxilla; bottom/middle: result after maxillary segmental movement and autorotation of the mandible; bottom/right: placement of final wafer.

De frigjorte segmenter kan nu flyttes efter den initiale plan, og kirurgen kan kontrollere flytningerne med hensyn til interferenser eller rumdannelse mellem segmenterne, ligesom planens overordnede mål kan vurderes og konfereres med ortodontisten. Der er i programmet indbygget en rotationsbevægelse i kæbeleddene, således der kan foretages autorotation af mandiblen efter behov. Dette er nødvendigt ved fremstilling af operationsskinnen, hvor mandiblen autoroterer let posteriort, således der kan defineres et rum mellem tandbuerne, hvis datasæt angiver operationsskinnens udformning (Fig. 7).

Systemet er operationelt og anvendes på langt de fleste af Kæbekirurgisk Afdeling Aarhus' ortognatkirurgiske patienter. Det er planen, at der skal udvikles en mulighed for at inddrage 3-d-foto, således bløddelsprofilen kan genereres, og der kan udvikles en algoritme, der forudsiger ændringerne i bløddelsprojektionerne. Den virtuelle planlægning vil potentielt kunne udvikles til også at danne basis for fremstilling af templates, der kan angive flytninger på knogleniveau og indikere den præcise position af skruer og andet osteosyntesemateriale.

Rekonstruktiv kirurgi

Den tredimensionelle rekonstruktion af defekter i ansigtsskallet efter ablation af benigne eller maligne tumorer, efter traumer og ved udtalte asymmetrier er en stor udfordring. Anvendelse af 3-d-teknologi har udvidet mulighederne for tilpasning af transplantater og fremstilling af patientspecifikke

Slutresultat efter dobbeltprocedure

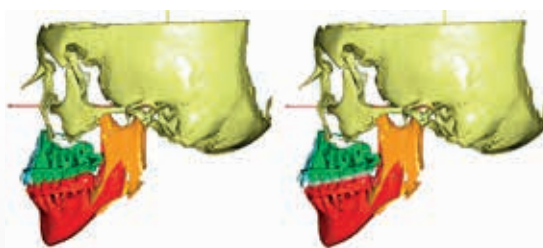


Fig. 7. Lateralt perspektiv af slutresultatet efter en dobbeltprocedure med mandiblen i fuld okklusion (venstre). For placeringen af skinnen bliver mandiblen autoroteret 0,5 grader posteriort for at skabe plads mellem tænderne (højre; obs.: skinnen er vist gennemsigtig).

Fig. 7. Lateral perspective of final result in two-jaw surgery, mandible in full occlusion. To fabricate the wafer the mandible is posteriorly auto-rotated back-ward 0.5 degrees in order to have space between the dental arches (right; obs.: the splint is presented transparent).

implantater i fx polyetheretherketon (PEEK). PEEK er et termoplastisk biomateriale, som er formstabil og biologisk inert. Materialet er radiolucent på røntgen og giver ikke artefakter ved røntgen- eller magnetresonansundersøgelse. Det påvirkes ikke af strålebehandling fx gammastråling. Materialet bruges indenfor traume- og ortopædisk kirurgi (26).

Rekonstruktioner efter ablativ tumorkirurgi foregår i et interdisciplinært samarbejde mellem onkologer, plastikkirurger, øre-næse-hals-læger og kæbekirurger, og den prækirurgiske behandlingsplanlægning kan faciliteres ved hjælp af virtuel kirurgi, hvor man konverterer CT/CBCT-billeder til 3-d-objekter, som tillader visualisering af kirurgien ved teamkonferencerne.

Ved rekonstruktion af fx mandiblen efter tumorkirurgi anvendes der ofte et mikrovaskulært fibulatransplantat. Det er vanskeligt at foretage korrekt osteotomi på fibula og efterfølgende tilpasse transplantatet i tre dimensioner med tæt knoglekontakt samtidig med korrekt kondylposition. Ved den virtuelle planlægning kan der fremstilles kirurgiske guides, som angiver osteotomilinjerne svarende til mandiblen og "bore"-guides til fibula, hvor den præcise længde, vinkel og knæk på fibulatransplantatet angives. Resektions- og osteotomilinjere kan planlægges, og rekonstruktionsplader kan tilpasses præoperativt. Fig. 8 viser flowdiagram anvendt ved rekonstruktion med fx fibulatransplantat (27).

Fordelene ved anvendelse af virtuel kirurgi er samtidig, at den præcise størrelse på fibulatransplantatet kan fastlægges, hvorved patienten spares for mere ekstensiv kirurgi ved udtagelsen af fibula. Desuden fås bedre knoglekontakt mellem osteotomilinjerne, da transplantatet er meget præcist udskåret. Do-

norstedets morbiditet bliver lavere, da iskæmitiden nedsættes, og anvendelsen af bore-guides og for-bukkede plader resulterer i, at operationstiden totalt nedsættes (27-29). Indlæggelses- og rekonvalescensperioden nedsættes tilsvarende.

Ved store ansigtsasymmetrier kan den virtuelle 3-d-model anvendes til at estimere volumen af et individuelt fremstillet implantat eller lade den virtuelle model spejle den uafficerede side overfor den afficerede. Efter at have subtraheret siderne fra hinanden fremstår asymmetrien som forskel i volumen. Denne volumenforskel kan bruges til, via computersoftware, at forme et patientspecifikt PEEK-implantat, som kan indopereres direkte på knoglen for at kompensere for asymmetrien. Denne teknik kan også bruges til fremstilling af patientspecifikt osteosyntesemateriale i titanium, fx ved rekonstruktion af store blow-out-frakturer i orbita.

Den stadige udvikling af software vil fremover muliggøre design af apparatur til ortodontiske flytninger og forskellige hjælpemidler anvendt under udførelsen af kirurgien. Der kan fremstilles templates, som angiver positionen af skruer til osteosyntese, som med sikkerhed placeres uden risiko for tilstødende anatomiske strukturer. Osteosyntesemateriale kan tænkes fremstillet individuelt og fungerer således som entydig indikator for den korrekte position af knoglesegmenterne og korrekt stilling af kæbeledet.

Interessekonflikterklæring

O3DM Surgical Planning fra O3DM er udviklet i et samarbejde mellem Sektion for Ortodonti, Aarhus Universitet, Kæbekirurgisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital, og OrtoLab, Cze-
stochowa, Poland.

Fremstilling af fibulatransplantat

1. Fremstilling af CBCT/CT scanning
2. Konvertere scanning til 3D objekter
3. Web konference, kirurgisk team og software firma
 - a. planlægning af resektions margin
 - b. design af osteotomier på fibula for korrekt og præcis rekonstruktion
 - c. planlægge størrelse og form på rekonstruktionsplade
4. Fremstilling af stereolitografisk model og bore skinne
 - a. oprindelig 3-D kranium
 - b. mandibel "bore" guide
 - c. fibula "bore" guide
 - d. rekonstruktionsplade skabelon
5. Ablativ kirurgi på mandiblen, der påsættes "bore" guides og foretages osteotomi, den endelige rekonstruktionsplade fikseres og der bores huller
6. Fibula adgang og bore guides påsat til at foretage osteotomi, der påsættes rekonstruktionsplade på fibula mens denne endnu har intakt karstilk
7. Fibula transplanteres til mandiblen, der osteosynteres, og foretages karanamotomoser

Fig. 8. Flowdiagram ved rekonstruktion med fibulatransplantat.

Fig. 8. Flow-diagram used in construction of fibula transplant.

ABSTRACT (ENGLISH)

Use of digital dental cast and 3D models in orthodontics, orthognathic and reconstructive surgery

Detailed planning in relation to extensive and difficult orthodontics, orthognathic surgery and facial reconstructive treatment involve a complicated workflow. They all attempt to merge heterogeneous registrations such as dental plaster casts, 2-dimensional radiographs and conventional photos into a common realistic treatment goal for the involved specialities.

Performed by a team of different specialities treatment planning is essential, and attainment of necessary standards is dependent on good communication of end result and details in treatment execution, training of intervention and prediction of the final outcome. Treatment planning has traditionally been based on analysis of plaster study casts, radiographs and photos. Attempts have been made to merge these different types of registrations into a VTO (visual treatment objectives) rendering a three-dimensional image of the treatment result but with a limited information of the changes demanded to obtain the final goals.

The introduction of the conebeam CT scanner, the development of computer software and virtual study casts combined with three-dimensional photos have made it possible to create a true digital VTO. This improves not only the visualization of the treatment goal, making it possible to develop algorithms morphing three-dimensional photodata on skeletal modifications, but also establishes the principles for reaching the result, interventional training, prediction of the effect on soft tissue and enables a journal to be made of the outcome for further evaluation and quality assessment. Further development will result in the design of appliance for orthodontic purposes, templates and guide splints for planned skeletal movements and for support during the surgical procedure. This will result in correct positioning of material for osteosynthesis in relation to the anatomy and the bony segments i.e. the temporomandibular condyle. In addition, fabrication of implants for reconstruction of lacking bone and adjustments of bone transplants is an issue for digital three-dimensional technique.



Litteratur

1. Cha BK, Choi JI, Jost-Brinkmann PG et al. Applications of three-dimensionally scanned models in orthodontics. *Int J Comput Dent* 2007;10:41-52.
2. Santoro M, Galkin S, Teredesai M et al. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:101-5.
3. Whetten JL, Williamson PC, Heo G et al. Variations in orthodontic treatment planning decisions of Class II patients between virtual 3-dimensional models and traditional plaster study models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:485-91.
4. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod* 2009;36:36-41.
5. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS et al. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136: 16.e1-4.
6. Mullen SR, Martin CA, Ngan P et al. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:346-52.
7. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod* 2007;29:517-22.
8. Mangiacapra R, Butti AC, Salvato A et al. Traditional plaster casts and dental digital models: intra-examiner reliability of measurements. *Prog Orthod* 2009;10:48-53.
9. Gracco A, Buranello M, Cozzani M et al. Digital and plaster models: a comparison of measurements and times. *Prog Orthod* 2007;8:252-9.
10. Horton HM, Miller JR, Gaillard PR et al. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod* 2010;80:254-61.
11. Behrents RG. The biological basis for understanding craniofacial growth during adulthood. *Prog Clin Biol Res* 1985;187:307-19.
12. Behrents RG, Harris EF, Vaden JL et al. Relapse of orthodontic treatment results: growth as an etiologic factor. *J Charles H Tweed Int Found* 1989;17:65-80.
13. Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:299-312.
14. Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. *Angle Orthod* 1970;40:284-318.
15. Jacobs RA. Three-dimensional photography. *Plast Reconstr Surg* 2001;107:276-7.
16. Marcus JR, Domeshek LF, Das R et al. Objective three-dimensional analysis of cranial morphology. *Eplasty* 2008;8:e20.
17. Plooij JM, Maal TJ, Haers P et al. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40:341-52.
18. Lane C, Harrell W Jr. Completing the 3-dimensional picture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:612-20.
19. Wolford LM, Galiano A. A simple and accurate method for mounting models in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1406-9.
20. Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF et al. The precision of computer-generated surgical splints. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:814-7.
21. Swennen GR, Mollemans W, De Clercg C et al. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg* 2009;20:297-307.
22. Gateno J, Xia JJ, Teichgraeber JF. New methods to evaluate craniofacial deformity and to plan surgical correction. *Semin Orthod* 2011;17:225-34.
23. Swennen GR, Mommaerts MY, Abeloos J et al. The use of a wax bite wafer and a double computed tomography scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model. *J Craniofac Surg* 2007;18:533-9.
24. Swennen GR, Mollemans W, De Clercg C et al. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg* 2009;20:297-307.
25. Ellis E III, Tharanon W, Gambrell K. Accuracy of face-bow transfer: effect on surgical prediction and postsurgical result. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50:562-7.
26. Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 2007;28:4845-69.
27. Sink J, Hamlar D, Kademani D et al. Computer-aided stereolithography for presurgical planning in fibula free tissue reconstruction of the mandible. *J Reconstr Microsurg* 2012;28:395-403.
28. Hirsch DL, Garfein ES, Christensen AM et al. Use of computer-aided design and computer-aided manufacturing to produce orthognathically ideal surgical outcomes: a paradigm shift in head and neck reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2115-22.
29. Roser SM, Ramachandra S, Blair H et al. The accuracy of virtual surgical planning in free fibula mandibular reconstruction: comparison of planned and final results. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:2824-32.

FINESSE

Vores nye turbine TK-94 har et fantastisk lille hoved. Meget anvendelig hvor den normale turbine er lidt for stor. Velegnet til børn og ældre, men også når man vil have bedre udsyn over behandlingsområdet.

TK-94 har hele 12W effekt trods sin lille størrelse og slanke design.



Højde: kun 17,2 mm

Diam: kun 9 mm



Effekt: hele 12 W
Lille men stærk!

Stilfuld design med smal hals
Elegant & praktisk!

Ydreprofil giver godt greb og god følelse
Fornemmelse!

Specialbelægning som modvirker ridser og smuds på instrumentet
Smart!

Samtlige W&H produkter har Serie nummer, årstal og Data Matrix kode for hurtig og enkel håndtering /sporbarhed.
Optimal håndtering!



TK-94 Micro TK-97 Mini TK-98 Midi TK-100 Torque

NEW

syneq
VISION
TK-94 LM