

Ruud Schreurs

technisch geneeskundige,
Amsterdam UMC en Radboudumc

Maaïke Koenrades

technisch geneeskundige en
projectleider innovatie 3D Lab,
afdeling Medische Technologie –
3D Lab, Medisch Spectrum Twente

Joep Kraeima

technisch geneeskundig specialist
en coördinator 3D Lab, afdeling
mka-chirurgie, UMC Groningen

EEN GOEDE VOORBEREIDING IS HET HALVE WERK

Veiliger en accurater opereren met 3D VCP

Driedimensionale virtuele chirurgische planning (3D VCP) stelt chirurgen in staat veiliger, voorspelbaarder en accurater te opereren. In steeds meer medische vakgebieden is de 3D-toepassing intussen de standaard, alhoewel het vaak nog niet onder verzekerde zorg valt.

Steeds vaker maken chirurgen voor operaties gebruik van driedimensionale virtuele chirurgische planning (3D VCP). Dat geldt vooral in de vakgebieden mondziekten, kaak- en aangezichtschirurgie, orthopedie, neurochirurgie en traumachirurgie. In de preoperatieve fase zetten ze de geavanceerde 3D-toepassing in om een operatie virtueel voor te bereiden en uit te voeren. Maar ook tijdens de operatie (peroperatieve fase) vormt 3D VCP de basis voor de inzet van technologie: patiëntspecifieke operatiemallen (chirurgische guides) en implantaten kunnen worden ontworpen en vervaardigd, veelal met behulp van 3D-printers. Deze 3D-technologie maakt het mogelijk om operaties tot in het kleinste detail voor te bereiden en zeer nauwkeurig uit te voeren. Tot slot speelt 3D VCP ook een belangrijke rol in de postoperatieve fase waar de toepassing als referentie dient voor een analyse waarin wordt gekeken of het chirurgische doel is behaald en of verbeteringen voor volgende patiënten kunnen worden doorgevoerd.

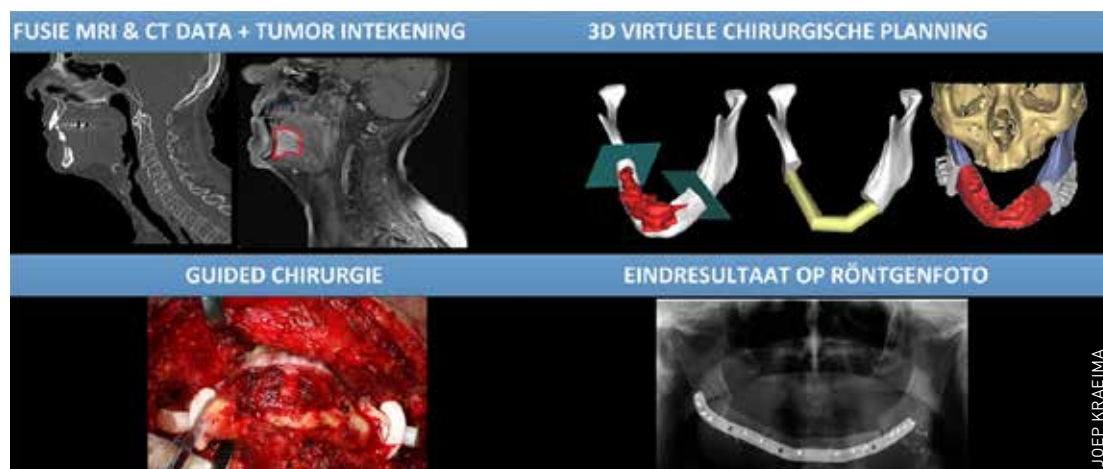
Het gebruik van 3D VCP draagt bij aan het vergroten van de voorspelbaarheid van opereren, het verkorten van operatietijd en het verbeteren van de veiligheid van dergelijke procedures. De patiënt profiteert hiervan: er is sprake van minder complicaties, kortere hersteltijd of zelfs minder operaties. Steeds meer ziekenhuizen hebben een eigen 3D-lab om 3D VCP in te zetten. Maar wat houdt 3D VCP nu eigenlijk in

en wat betekent dit voor de fasen vóór (preoperatief), tijdens (peroperatief) en na operatie (postoperatief)? En is de inzet van computer-geassisteerde chirurgie in het eigen ziekenhuis ook mogelijk zonder een 3D-lab binnen de ziekenhuismuren?

Virtuele patiënt

In de preoperatieve fase gebruiken behandelaars (chirurgen en technisch geneeskundigen) 3D VCP doorgaans voor het optimaliseren van de medische beeldvorming en de verwerking van deze beelden in een 3D-softwareomgeving. Uit de beelden wordt een weergave van de patiënt in de computer gegenereerd: de virtuele patiënt. Voor een goede analyse en operatieplanning dienen in elk geval de aangedane structuren aanwezig te zijn in het virtuele model. Vaak wordt beeldvorming uit de routinematige diagnostische work-up gebruikt voor het 3D VCP. Er is dus niet altijd de noodzaak om andere of aanvullende beeldvorming te maken, maar het betreft een aanvullende interpretatie en/of bewerking van deze beelden.

Er is sprake van minder complicaties,
kortere hersteltijd of zelfs minder
operaties



Figuur 1: Schematische weergave van de 3D VCP-werkwijze bij een patiënt met een tumor in de mondholte. De CT- en MRI-data worden gefuseerd, gevolgd door het maken van een 3D-model van zowel het bot als de tumor. Na het vastleggen van de resectievlakken en daaropvolgend de reconstructie van het ontstane defect wordt de patiënt geopereerd met behulp van 3D-geprinte zaagguides/templates. De laatste afbeelding toont een 2D-röntgenopname (orthopantomogram) van het eindresultaat.

Wanneer een 3D VCP als basis voor een operatieve ingreep dient, is het van groot belang dat de (3D-) bewerking van de beelden gedaan wordt in de juiste softwareomgeving en door iemand met zowel medische als technische expertise. Er is kennis en begrip van de chirurgische ingreep nodig, maar ook van de gebruikte beeldvormingstechnieken en klinische of technische mogelijkheden bij het ontwerpen van patiëntspecifieke chirurgische guides of implantaten. In veel van de grotere ziekenhuizen worden dergelijke bewerkingen uitgevoerd in een 3D-lab. Hier is een gevalideerde softwareomgeving ingericht en werken vaak technisch geneeskundigen met een specialisatie (klinische vervolgopleiding) in een van de betrokken medische specialismen.

Selectie van de juiste beeldvorming is belangrijk in het vormen van de 3D VCP. Een combinatie van beelden middels datafusie is hierin ook mogelijk. *Figuur 1* laat een voorbeeld zien van een 3D VCP-workflow bij een patiënt met een tumor in de mondholte, die doorgroeit in het bot van de onderkaak. Fusie van een CT-scan met een MRI-scan maakt het mogelijk om gedetailleerde informatie van zowel de botinvasie (CT) als de wekedeleninformatie van de tumor (MRI) te verkrijgen in het 3D-model. Om een dergelijke tumor met voldoende oncologische marge te verwijderen kan in de 3D VCP de gewenste marge (e.g. 5 mm) worden gevisualiseerd en kan vervolgens de uit te voeren resectie worden aangegeven.¹

Tijdens een planningssessie tussen technisch geneeskundige en chirurg kunnen dergelijke keuzes worden besproken. Hierna kan de planning worden vervolgd met het ontwerp van de zaagmallen, waarin

de besproken resecties zijn vastgelegd.

Zoals in het voorbeeld hierboven beschreven kunnen middels een soortgelijke werkwijze ook in andere procedures vooraf een aantal besluiten worden genomen. Denk hierbij aan inzetting van tandwortelimplantaten, positie en richting van (fixatie) schroeven, reconstructie van fractures of andere afwijkingen aan het bot, maar ook simulatie van weke delen na bijvoorbeeld correctie van benige delen. Een groot voordeel van deze preoperatieve werkwijze is dat verschillende scenario's kunnen worden uitgewerkt en gesimuleerd. Deze worden dan in een multidisciplinair overleg ingebracht en de uitkomst kan worden vastgelegd in het 3D VCP. Tevens kunnen deze scenario's op soortgelijke wijze met de patiënt worden besproken, zodat de patiënt deelgenoot wordt van de keuzes omtrent de behandeling.

Navigatiesysteem

In de peroperatieve fase kunnen chirurgen diverse technieken gebruiken om de operatie zo voorspelbaar mogelijk volgens 3D VCP uit te voeren. De al eerder genoemde guides (zie *figuur 1*) kunnen gebruikt worden om één onderdeel van de operatie voorspelbaar te laten verlopen, doordat de locatie en inzetting in de guide vastliggen. Nauwkeurige plaatsing van chirurgische guides is daarbij essentieel. In het ontwerp van de guide zijn anatomische kenmerken van de patiënt verwerkt om deze zoveel mogelijk op één manier passend te maken. Deze plaatsing kan bemoeilijkt worden, bijvoorbeeld doordat de benige delen bedekt worden door de weke delen. Met intraoperatieve beeldvorming kan dan de positionering van de guide gecontroleerd worden.

Een andere techniek die tijdens de operatie feedback kan geven op de virtuele 3D VCP, is chirurgische navigatie. Deze techniek maakt ook deel uit van de hybride ok (zie ook blz. 16) en kan vergeleken worden met navigatie in de auto: waar het navigatiesysteem de positie van de auto op het wegennet weergeeft, geeft het

navigatiesysteem de positie van een navigatiepointer (aanwijsinstrument) aan in de virtuele planning. Met deze techniek kan informatie worden verkregen over structuren die niet met direct zicht kunnen worden beoordeeld: binnen de neurochirurgie kan dit bijvoorbeeld gebruikt worden voor lokalisatie in de hersenen.

Bij aangezichtstrauma kan het worden gebruikt om de nieuwe positie van verplaatste botstukken te verifiëren. Ook de plaatsing van implantaten in het lichaam kan hiermee worden vergemakkelijkt, doordat het navigatiesysteem feedback kan geven op de bereikte positie van een implantaat of zelfs tijdens plaatsing van het implantaat.²

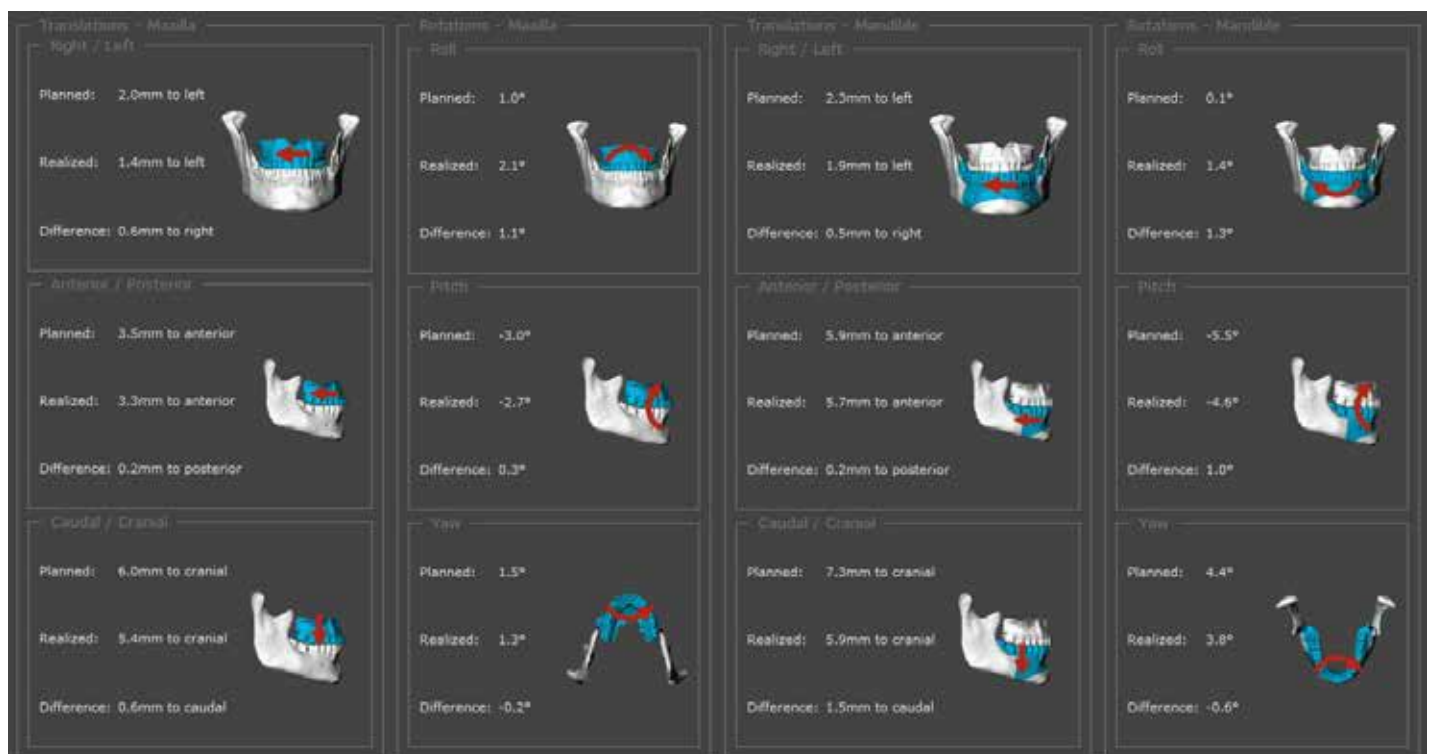
De techniek *augmented reality* zou uiteindelijk het gebruik van chirurgische guides voor zagen en schroeven verder kunnen optimaliseren. Het virtuele 3D VCP wordt dan met een speciale bril over de werkelijkheid heen gelegd, waarmee de chirurg precies ziet waar gezaagd moet worden of waar het implantaat vastgeschroefd moet worden. Ook zou hiermee de feedback van de navigatie in het gezichtsveld van

de chirurg worden weergegeven, waardoor de focus op het operatiegebied kan blijven.³ Bij de inzet van nieuwe peroperatieve technieken of complexe procedures buiten de routine is vaak sprake van actieve participatie van een technisch geneeskundige om zorg te dragen voor juist gebruik van de peroperatieve hulpmiddelen. Hiermee wordt gezorgd dat de feedback tijdens de operatie optimaal verloopt, maar kunnen ook verbeterpunten worden onderscheiden en nieuwe oplossingen worden bedacht om volgende patiënten nog optimaler te helpen.

3D-gesteunde evaluatiemethoden

In de postoperatieve fase evalueren chirurgen het behaalde chirurgische resultaat. Veelal wordt hierbij teruggegrepen op de 3D VCP. Peroperatief of postoperatief vervaardigde beeldvorming kan middels de eerder besproken fusie van beeldvorming gefuseerd worden met de chirurgische planning. Hiermee kunnen chirurgen inzichtelijk maken of de 3D VCP is behaald en kunnen – in het geval van peroperatieve beeldvorming – eventueel noodzakelijke aanpassingen doen in dezelfde chirurgische setting. In de postoperatieve evaluatiefase wordt het behandelresultaat geobjectiverend en geïnterpreteerd. De bevindingen uit de evaluatie kunnen van belang kan zijn in het verdere vervolgtraject voor

Figuur 2: Geautomatiseerde analyse van het resultaat van een kaakstandcorrectie. De postoperatieve beeldvorming wordt gefuseerd met de 3D VSP en vervolgens worden ook de individuele delen van de kaak die zijn verplaatst tijdens de operatie gematched. Dit alles gebeurt grotendeels automatisch; de uitkomst is een overzicht van de geplande verplaatsingen, behaalde verplaatsingen en verschillen hiertussen in alle mogelijke richtingen.



de patiënt, ze geven inzicht in de mate van nauwkeurigheid die wordt bereikt bij het uitvoeren van chirurgische ingrepen en kunnen aanleiding zijn om veranderingen aan te brengen in de planning tijdens de preoperatieve fase. Ook kan de evaluatie gebruikt worden om de effecten van verandering in chirurgie (bijvoorbeeld door de inzet van nieuwe technologie) waar te nemen.

In de afgelopen jaren is de postoperatieve fase ook onderhevig geweest aan vernieuwing met behulp van 3D-technologie. De focus van veel van deze 3D-gesteunde evaluatiemethoden ligt op kwantificatie: het uitdrukken van de chirurgische nauwkeurigheid, of eigenlijk onnauwkeurigheid. Hiermee is het mogelijk een stap verder te gaan dan waarnemen alleen: er kan worden geanalyseerd of binnen de gewenste foutmarge wordt geopereerd en de nauwkeurigheid van technieken kan objectief worden vergeleken. In het voorbeeld van de oncologische resectie kan dit worden gedaan voor de positie van de resectie en de afwijking van de richting van de zaagsnede; vergelijkbare kwantificatie vindt plaats binnen de implantologie voor positie en inrichting van het implantaat.⁴ Bij aangezichtstraumatologie kan het herstel van symmetrie worden gekwantificeerd door de afstanden te berekenen tot de spiegeling van de geopereerde structuren.

Ook voor deze evaluatiemethoden zelf is nauwkeurigheid en een volledig overzicht in drie dimensies van groot belang. In alle gevallen wordt geprobeerd om de afhankelijkheid van de gebruiker tot het minimum te beperken. Een mooi voorbeeld van een grotendeels automatische 3D-evaluatiemethode is de analyse na een kaakstandcorrectie. De planning, met hierin de gesimuleerde verplaatsingen, wordt ingeladen naast de postoperatieve scan. Hierna worden de verschillende verplaatste delen middels de al eerder genoemde scanfusie over elkaar geprojecteerd. Het resultaat is een overzicht van alle rotaties en translaties die gepland en behaald zijn, alsmede de verschillen hiertussen (zie *figuur 2*).⁵

De terugkoppeling van postoperatieve evaluatie naar (facetten in) het 3D-stappenplan voor de volgende patiënten maakt de cirkel rond. Dit waarborgt dat 3D-technologie zo effectief en efficiënt mogelijk kan worden ingezet. Ook kunnen goede resultaten binnen een groep patiënten zorgen voor de inzet van dezelfde techniek voor een andere aandoening. Zo worden boormallen tegenwoordig gebruikt binnen de implantologie maar ook bij plaatsing van schroeven in het bekken na een fractuur, en wordt 3D-fotografie ingezet bij mastectomieën.⁶

Maatwerk

De ontwikkelingen in de 3D-technologie volgen elkaar snel op. In de mondziekten, kaak- en aangezichtschirurgie is 3D VCP al meerdere jaren breed geaccepteerd en toegepast. In de orthopedie, neurochirurgie en traumachirurgie neemt ook het aantal toepassingen toe waarbij 3D VCP de standaard kan gaan worden. De operaties worden korter, nauwkeuriger en het resultaat voldoet sneller aan de verwachtingen van de patiënt. Een obstakel voor brede implementatie is dat in veel gevallen het gebruik van de 3D-innovaties en de voorbereidingstijd (nog) niet vergoed worden door de zorgverzekeraar, maar dat de vakgroepen in het ziekenhuis opdraaien voor de kosten.

Desondanks neemt het aantal toepassingen van computergeassisteerde chirurgie toe, en is er een toename van het aantal ziekenhuizen, ook niet-academische centra, dat beschikt over een 3D-lab. Daarnaast geven samenwerkingsverbanden tussen

Met chirurgische navigatie kan informatie worden verkregen over structuren die niet met direct zicht kunnen worden beoordeeld

3D-labs in grote centra en omliggende klinieken de mogelijkheid deze nieuwe ontwikkeling ook toe te passen zonder dat een 3D-lab in het eigen centrum noodzakelijk is. Dit alles geeft aan dat ziekenhuizen en medisch specialisten geloven in de toekomst van 3D-technologie en dat de samenwerking tussen arts en technisch geneeskundige zijn vruchten afwerpt. De rol van de technisch geneeskundige borgt het bereiken van grotere voorspelbaarheid, accuratesse en veiligheid. De patiënt verlangt ook in toenemende mate naar deze vorm van maatwerk. Het is voor wijdverbreide toepassing aan ons de zorgverzekeraar te overtuigen door objectief aan te tonen dat de patiënt er beter van wordt én het kostenbesparend zal zijn op de lange termijn. ■

contact

3dlab@umcg.nl
cc: redactie@medischcontact.nl

web

De voetnoten vindt u onder dit artikel op medischcontact.nl.