

3D-technologie maakt behandelingen nauwkeurig en voorspelbaar

J. Rosier*

Vooraf tot op de millimeter nauwkeurig bepalen hoe er wordt geopereerd. Dat kan met 3D-technologie. Het verkort de operatietijd bij complexe operaties en geeft betere resultaten. 3D biedt ook uitkomst bij complexe en verminkende wonden. Medische toepassing van 3D-technologie wint snel terrein.

De pionier in medische 3D-technologie is het 3D-lab van het Radboudumc. Het is twaalf jaar geleden opgezet door medisch ingenieur Thomas Maal als onderdeel van de afdeling mond-, kaak- en aangezichts chirurgie (MKA). Het is geen toeval dat het juist daar begon, vertelt hij. 'MKA-chirurgen zijn zowel arts als tandarts. Bij tandheelkunde speelt handvaardigheid een grote rol. Er wordt bijvoorbeeld veel gewerkt met gipsen modellen. In plaats van gips zijn ze op een gegeven moment 3D-foto's gaan gebruiken. Van daaruit is het verder gegroeid.'

Het 3D-lab heeft nu vijftien mensen in dienst en veel studenten doen er onderzoek. De meesten zijn technisch geneeskundigen. Hun vakgebied ligt tussen de geneeskunde en techniek in. Thomas geeft leiding aan het lab. 'We werken inmiddels voor vijftien afdelingen in Radboudumc. Daarnaast bouwen we in het land een netwerk op om onze kennis te delen. Ik werk bijvoorbeeld een dag in de week in het AMC, waar we een 3D-lab opzetten. We werken ook samen met het UMC Groningen dat een 3D-lab heeft voor kaakchirurgie. 3D groeit sterk.'

Hulp bij complexe puzzel

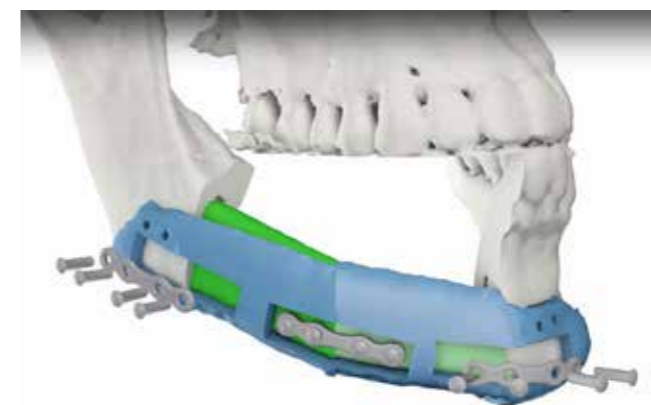
Wat biedt 3D-technologie? Illustratief is de toepassing bij oncologische kaakreconstructies. Bij kanker in de onderkaak moet soms een stuk van het kaakbot worden weggehaald. De kaak wordt gereconstrueerd met botstukken uit het kuitbeen van de patiënt. Thomas: 'Vroeger moest de chirurg tijdens de operatie kijken hoe hij uit het kuitbeen een nieuw stuk onderkaak kon maken. Dat was passen en meten, een heel complexe puzzel. Het zijn dan ook langdurige operaties. Tegenwoordig bekijken we vóór de operatie met 3D-beelden hoe de botstukken het beste gezaagd kunnen worden om een nieuwe onderkaak te maken. We kunnen dat op de computer precies aangeven. Met een 3D-printer kunnen we vervolgens zaagmallen maken. De chirurg kan daarmee tijdens de operatie precies het juiste stuk uit de kaak wegzagen, het perfect passende botstuk uit de kuit zagen en dat op precies de juiste plaats positioneren (afbeelding 1-3). Het bespaart operatietijd en



Afbeelding 1. Oncologische kaakreconstructie. Op de computer wordt bepaald welk deel van de kaak weggehaald moet worden en welke zaagmallen daarvoor nodig zijn. Daarna worden de mallen in 3D geprint.



Afbeelding 2. Bij een oncologische kaakreconstructie wordt het kaakbot vervangen door bot uit het kuitbeen. Op de computer wordt exact bepaald hoe het kuitbeen gezaagd moet worden. Daarna worden de zaagmallen in 3D geprint.



Afbeelding 3. Met een 3D-geprinte bevestigingsmal (blauw) wordt het bot uit het kuitbeen (groen) op de juiste manier in de kaak bevestigd.

het resultaat is veel beter. En het belangrijkste: de patiënt kan weer kauwen. Dat lukte vroeger minder goed. We doen deze operatieplanningen nu ook voor het NKI en het LUMC, om meer patiënten te helpen met de kennis die we hier hebben opgedaan.'

Virtuele patiënt

Voor een 3D-beeld van de buitenkant van het lichaam nemen meerdere camera's een lichaamsdeel vanuit verschillende hoeken op. Het 3D-lab heeft speciale apparatuur daarvoor. De computer maakt uit deze foto's een 3D-beeld. Inwendige organen en weefsel worden met CT- en MRI-scans in 3D in beeld gebracht. 'Wat nu typisch óns werk is, is het combineren van al die verschillende 3D-beelden van een patiënt tot een computermodel,' licht Thomas toe. 'Dan hebben we een virtuele patiënt in de computer. En daar kunnen we de operatie op voorbereiden.'

Computergeassisteerde chirurgie

Er is nog meer mogelijk. Het 3D-lab doet veel onderzoek naar computergeassisteerde chirurgie. Thomas: 'Bijvoorbeeld voor schedeloperaties bij jonge baby's met een misvormde schedel. Die ontstaat als een schedelnaad te vroeg is dichtgegroeid. De hersenen kunnen zich dan niet goed ontwikkelen. Dit zijn ingrijpende operaties. We plannen ze helemaal in de computer. Daardoor weet de chirurg vooraf precies hoe hij allerlei stukjes schedel moet zagen en verplaatsen om een normale schedelvorm te creëren. Het lastige is deze zaaglijnen over te brengen van de computer naar de patiënt. Hier kan augmented reality uitkomst bieden. De chirurg zet een zogenaamde 'hololens' op. Dat is een soort bril waarin hij de zaaglijnen geprojecteerd ziet op de schedel zodat hij ze kan overtekenen. Dit zijn we nu aan het ontwikkelen (afbeelding 4). Computergeassisteerde chirurgie kan nog verder gaan: met een boor of zaag die precies weet op welke plek hij zit. Dat kan door de boor of zaag met camera's te volgen en te

Meer 3D-toepassingen Anesthesiologie

Bij patiënten met een tumor in het hoofdhalsg gebied kan de luchtweg moeilijk toegankelijk zijn. Met 3D-technologie kan de anesthesioloog voor de operatie nagaan of eventueel een aangepaste intubatietechniek nodig is.

Polsfracturen

Soms houdt een patiënt na een polsfractuur een standsverandering die de polsfunctie beperkt. De pols moet dan worden doorgezaagd en in een betere stand worden gezet. Dit kan op de computer worden voorbereid. Een 3D-afbeelding van de pols aan de gezonde zijde wordt gespiegeld en vergeleken met een 3D-afbeelding van de gebroken zijde. Zo kan op de computer worden bepaald hoe de pols gezaagd en opnieuw bevestigd moet worden. Er wordt een mal geprint waarmee de chirurg exact de juiste zaagsnede maakt. En met een 3D-geprint plaatje kunnen de botstukken exact bevestigd worden. De operatie verloopt sneller en geeft een beter resultaat.

Handreconstructies

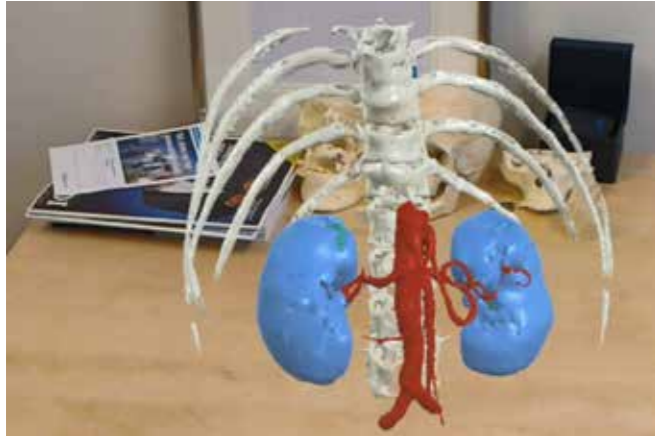
Op verschillende momenten na een handreconstructie wordt de functie van de hand vastgelegd met 3D-foto's en 3D-video. Zo kunnen behandelingen objectief worden geëvalueerd. Ook worden handreconstructies met 3D voorbereid. De plastisch chirurg bepaalt op basis van het 3D-beeld hoe hij moet zagen. Er worden 3D-mallen geprint voor het zagen en het plaatsen van de stukjes bot.

Orthopedie

De orthopeed kan met behulp van 3D-beeld vooraf op de computer bepalen hoe hij gaat opereren. Vervolgens worden 3D-mallen geprint voor de zaagsneden. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij kruisband-, knie- en heupreconstructies.

Lymfoedeem

Een complicatie na borstamputaties is lymfoedeem. Er zijn verschillende behandelingen mogelijk. Bijvoorbeeld een shunt-operatie, waarbij een verbinding wordt gemaakt tussen een lymfevat en een ader. Zo kan vocht via het bloedvat worden afgevoerd. Maar het is lastig om het effect van de behandeling te meten. Met 3D-foto's kunnen behandelingen objectief worden geëvalueerd. Voorafgaand aan de behandeling en op een aantal tijdstippen erna worden 3D-foto's gemaakt van de arm. Daarmee is precies te berekenen hoeveel het armvolume afneemt en op welke plaatsen. Zo kunnen de resultaten van grote groepen patiënten worden geanalyseerd. De uitkomsten zijn belangrijk om de beste therapie voor een patiënt te kunnen kiezen. Ook kunnen patiënten vooraf beter worden geïnformeerd over wat ze kunnen verwachten van een therapie. 3D helpt de plastisch chirurg ook bij de planning van een shunt-operatie: met een 3D-model van de lymfevaten kan hij vooraf bekijken hoe en waar hij het beste kan opereren.



Afbeelding 4. De anatomie van een 15-jarig meisje met een niertumor. Via een hololens (een soort Google-glass) is de anatomie hier in 3D geprojecteerd boven een bureau. De chirurg kan dit beeld via een hololens in 3D zien boven de operatietafel. De volgende uitdaging voor het 3D-lab is het beeld in de hololens precies op de juiste plek in de patiënt te projecteren in 3D. Het Radboudumc werkt hierbij samen met het Prinses Máxima Centrum voor kinderoncologie in Utrecht.

koppelen aan 3D-beelden van de patiënt. Je kunt dan de boor of zaag vanzelf laten stoppen als de chirurg te diep op of onder een verkeerde hoek boort of zaagt. Ook dit zijn we aan het ontwikkelen.'

Borstreconstructies

Terug naar wat er nu al mogelijk is. 3D verbetert al een aantal jaren de resultaten van borstreconstructies na borstkanker. Hierbij wordt steeds vaker eigen weefsel van de patiënt uit de buikwand of bil gebruikt in plaats van een siliconen prothese. 'Tijdens de operatie is moeilijk te zien of de gereconstrueerde borst de goede vorm heeft', vertelt professor Dietmar Ulrich, afdelingshoofd Plastische Chirurgie in het Radboudumc. 'Daarom was vaak naderhand een tweede of derde correctie nodig. Tegenwoordig maken we een 3D-foto van de natuurlijke borst en printen er in spiegelbeeld een 3D-mal van (afbeelding 5). Tijdens de operatie passen we met de mal of de borst de goede vorm heeft en snijden we zo nodig het weefsel bij. Correcties achteraf zijn nu minder vaak nodig.' Het transplantaat wordt uit de buik of de bil weggehaald met een bloedvat eraan. Dit wordt op de plaats van de borst weer aangesloten op een bloedvat aldaar. Ook hierbij helpt 3D-technologie. Professor Ulrich: 'We maken voor de operatie een CT-scan van de plek waar we het weefsel gaan weghalen. Een computerprogramma markeert de bloedvaten en die projecteren we op de buikwand met een mini-beamer, een soort smartphone (afbeelding 6). Voordeel voor de patiënt is dat er vooraf geen tijdrovend dopplersonderzoek nodig is om te bepalen waar de bloedvaten lopen. En de operatie-

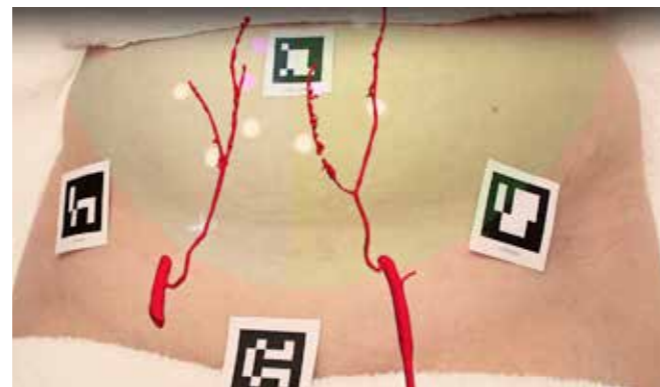


Afbeelding 5. Een 3D-printer bezig aan een mal voor een borstreconstructie.

tijd wordt korter. Vroeger moesten we tijdens de operatie uitzoeken welk bloedvat het geschiktst was. Nu bepalen we dat van tevoren in 3D en projecteren het op de buik. Voor een minder ervaren chirurg gaat de operatie een tot twee uur sneller. Verder leggen we een database aan met 3D-beelden om te onderzoeken hoe gereconstrueerde borsten op de lange termijn veranderen. Een gereconstrueerde borst bestaat uit vetweefsel, een gewone borst uit borstklierweefsel. Deze weefsels veranderen verschillend als iemand ouder wordt, of bijvoorbeeld veel afvalt. Met dit onderzoek hopen we veranderingen beter te kunnen voorspellen. Dan kunnen we per patiënt de beste behandeling aanbieden. Voor sommigen is een siliconen prothese misschien beter, voor anderen een reconstructie met lichaamseigen weefsel. Ook kunnen we de patiënt dan laten zien dat op langere termijn misschien nog een correctie nodig is als de borsten door het ouder worden veranderen.'

Wondzorg

Wondzorg staat sinds kort ook op het programma van het 3D-lab. 'Vooral wonden in het hoofdhalsg gebied, omdat we



Afbeelding 6. Voor een borstreconstructie met eigen weefsel wordt vaak weefsel uit de buik gebruikt. Het wordt met een bijbehorend bloedvat uitgenomen. Het 3D-lab ontwikkelde een beamer die op de buik de bloedvaten projecteert. Dit geeft de chirurg houvast en verkort de operatieduur.



Afbeelding 7. Patiënt bij wie de neus is weggehaald vanwege een neustumor. De implantaten voor een neus-epithese groeiden niet vast, een complicatie veroorzaakt door de bestraling, en gingen verloren. Met behulp van 3D-beelden is een bril met daaraan vast een neus gemodelleerd.

al lang nauw samenwerken met MKA', licht 3D-lab-onderzoeker Luc Verhamme toe. Yvonne Boerman, wondzorgkundige op de afdeling MKA, is er nauw bij betrokken. 'We hebben patiënten met hoog complexe wonden', vertelt ze. 'Om hun aangezicht te herstellen krijgen ze implantaten waarop een epithese, bijvoorbeeld een kunststof of kunstneus, geplaatst wordt. Dat is zo belangrijk: daarmee krijgen patiënten hun aangezicht terug en kunnen ze hun sociale leven weer oppakken. Maar soms groeien implantaten niet vast, als gevolg van de bestraling of chemotherapie, en gaan verloren. Dat is voor de patiënt een ramp. Met het 3D-lab bekijken we hoe we patiënten dan toch weer een aangezicht kunnen teruggeven.'

Kunstneus

Luc: 'We hebben bijvoorbeeld iemand kunnen helpen bij wie de neus weggehaald is vanwege een tumor. Zijn implantaten waren helaas verloren gegaan. Hij had daarom een met huidlijm vastgeplakte kunstneus. Als je geen neus meer hebt, is er een grote opening waar veel vocht uit



Afbeelding 8. Een scanner waarmee het gebit van een patiënt in 3D in beeld wordt gebracht. Dit soort scanners wordt ook gebruikt om wonden in 3D in beeld te brengen.

loopt. Om dat weg te vegen moest hij vaak de neus losmaken en opnieuw vastplakken. Zijn huid raakte daardoor geïrriteerd. Bovendien belemmerde de plakneus hem: lachen ging moeilijk en hij was slecht verstaanbaar. De patiënt draagt een bril; hij kwam zelf met het idee voor een kunstneus aan een bril. Die zijn we met 3D-beelden gaan modelleren. Telkens vroegen we hem wat we konden verbeteren. Uiteindelijk hebben we in samenwerking met een opticien een natuurgetrouwe neus vastgemaakt aan een echte bril' (afbeelding 7). Patiënten kunnen door de bestraling en chemokuur ook andere complicaties krijgen. Zo genas bij een patiënt na een oncologische kaakoperatie en bestraling de wond niet. Er ontstond een grote opening in de onderkaak waar voortdurend vocht vanuit de mondholte doorheen sijpelde. Luc: 'We hebben een 3D-scan gemaakt en die gebruikt om in 3D een soort plug te printen. Deze vult exact het defect op zodat er geen vocht meer uit lekt. Daarna werd de huid veel rustiger en is de wond een heel stuk dichtgegroeid.' Yvonne: 'De patiënt was er ontzettend blij mee. Ze kon eindelijk weer gewoon drinken.'

Grenzen

Ook 3D-technologie heeft zijn grenzen, nog wel tenminste. Wendy Groetelaers, verpleegkundig specialist wond- en decubituszorg op de IC van het Radboudumc, loopt er tegenaan als ze samen met het 3D-lab oplossingen zoekt voor wondproblemen. 'De wonden die de meeste problemen geven, zijn de grote diepe wonden en wonden met veel exsudaat. Juist deze wonden zijn niet met de huidige 3D-scanners in beeld te brengen (afbeelding 8). Het is wachten op betere scanners. Gelukkig gaan de ontwikkelingen snel. Intussen zoeken we de grenzen op van wat nu al mogelijk is en soms hebben we succes. Bijvoorbeeld bij een patiënt met een open buik met een fistel, bij wie het vocht werd opgevangen in een woundmanager. Hij vond dat een vreselijk ding, veel te groot. Met de 3D-printer hebben we een opvangring op maat gemaakt die precies om de fistel paste. Dat voorkwam dat de fistel-output in het omliggende wondgebied kwam. We konden de fistel-output via een stomazakje opvangen en later met een folie afdekken, en de wond voor een langere periode verbinden zodat deze ongestoord kon genezen.'

Tot slot: 3D verandert ook de inbreng van de patiënt bij zijn behandeling. 'De patiënt krijgt echt een stem bij het nemen van beslissingen', merkt Thomas Maal op. 'Vroeger lag de keuze grotendeels bij de chirurg. Nu kunnen we de gevolgen meteen vooraf duidelijk laten zien en kan de patiënt zelf meedenken en beslissen. 3D ondersteunt ook het interdisciplinair werken: het helpt iedereen die bij de behandeling betrokken is bij het bedenken van de beste oplossing.'

* Joop Rosier, freelance journalist