

University of Groningen

Three dimensional virtual surgical planning for patient specific osteosynthesis and devices in oral and maxillofacial surgery. A new era.

Kraeima, Joep

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2019

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kraeima, J. (2019). *Three dimensional virtual surgical planning for patient specific osteosynthesis and devices in oral and maxillofacial surgery. A new era.* Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

CHAPTER 11

SAMENVATTING





■ SAMENVATTING

Driedimensionale virtuele chirurgische planning (3D VCP) is een integraal onderdeel geworden bij diverse operaties binnen het vakgebied van de mondziekten, kaak- en aangezichtschirurgie (MKA-chirurgie). Het gebruik van 3D VCP draagt bij aan het vergroten van de voorspelbaarheid, de nauwkeurigheid en de snelheid van chirurgische procedures.

Dit proefschrift beschrijft meerdere chirurgische procedures waarbij 3D VCP een duidelijke rol heeft, met als doel om deze in de MKA-chirurgie te verbeteren.

Inhoudelijk gaat het om de volgende componenten:

1. Integratie van verschillende beeldvormende modaliteiten, zoals de CT-scan (Computer Tomografie) en MRI-scan (Magnetic Resonance Imaging), binnen één 3D VCP.
2. Systematische vergelijking van de 3DVCP-werkwijze met conventionele chirurgische planningsmethoden. Bij deze laatste categorie wordt de operatie uitgevoerd puur op basis van de chirurgische handvaardigheid in plaats van gebruik te maken van 3D-technologie.
3. Vaststellen van de indicaties voor het toepassen van 3D VCP en hierop gebaseerde patiënt specifieke osteosynthese materialen.
4. Bepalen van de benodigde technische en medische expertise om verdere ontwikkeling en implementatie van 3D VCP binnen de MKA-chirurgie te kunnen realiseren.

Dit proefschrift presenteert nieuwe en gevalideerde methoden binnen drie belangrijke aandachtsgebieden van de MKA-chirurgie: hoofd-hals oncologie, orthognatische chirurgie en kaakgewrichtschirurgie.

Hoofd-hals oncologische chirurgie

Een belangrijke stap in het optimaliseren van de 3DVCP methoden is de combinatie van meerdere beeldvormende technieken in één 3D virtueel chirurgisch plan. **Hoofdstuk 2** laat zien hoe een gevalideerde methode het mogelijk maakt om zowel CT- als MRI-scans in een 3D virtueel operatie plan op te nemen voor toepassing tijdens operaties bij kanker in het hoofd-hals gebied. Dit heeft als voordeel dat voorafgaand aan de oncologische operatie meer informatie van zowel het bot, de weke delen als de tumor kan worden gevisualiseerd. Deze methode wordt in **hoofdstuk 3** toegepast op een cohort van patiënten bij wie een deel van de onderkaak moet worden weggenomen

vanwege een kwaadaardige tumor. Op basis van de uitkomsten van deze studies kan worden vastgesteld dat door deze geoptimaliseerde 3D VCP methode, met integratie van meerdere beeldvormende technieken, in 100% van de gevallen de tumor volledig uit het bot van de kaak kon worden weggenomen. Zonder gebruik van deze methode werd in het verleden, gebaseerd op analyse van een historisch cohort, in 96,4% van de gevallen de tumor volledig uit het bot van de kaak weggenomen. Kortom, de ontwikkelde methode zorgt voor een meer nauwkeurige en voorspelbare chirurgische ingreep.

Het fuseren van een CT-scan en een MRI-scan is uitdagend en kan zorgen voor een onnauwkeurigheid in de uiteindelijke 3D VCP die gebaseerd is op de gecombineerde gegevens. Ondanks het gebruik van specifieke fusie software en een gevalideerde werkwijze voor het fuseren van de verschillende scangegevens, kan dit zorgen voor een onnauwkeurigheid van >1,00mm. In **hoofdstuk 4** wordt een methode onderzocht waarbij de fusie tussen CT- en MRI-scan niet meer nodig is om tot een 3D VCP te komen, zonder dat de benodigde (3D-tumor) informatie in het 3D-planningsmodel verloren gaat. Het blijkt dat met de beschikbaar gekomen nieuwe MRI-scan methodiek de informatie van botweefsel, die tot op heden alleen nauwkeurig op een CT-scan kon worden bepaald, ook nauwkeurig van de MRI-scan kan worden afgeleid. De informatie omtrent de omvang van de tumor kan alleen van een MRI-scan worden afgeleid. Wanneer nu, met de ontwikkelde methode, de informatie over het botweefsel ook van een MRI-scan afgeleid kan worden, is de fusie met CT-scan dus mogelijk overbodig. In deze studie worden verschillende MRI-sequenties (gewogen opname waarbij bepaalde weefsels beter zichtbaar kunnen worden gemaakt) getest voor het 3D afbeelden van kaakbot. Op dit moment blijkt deze toepassing echter nog te variabel en niet efficiënt in gebruik. Een eerste klinische test kan worden voltooid, maar er is nog verbetering van de MRI-sequenties nodig voordat dit een structureel toepasbare oplossing biedt.

In **hoofdstuk 5** wordt een andere toepassing van de datafusie vanuit verschillende beeldvormende technieken beschreven. Een complicatie van bestraling bij kanker in het hoofd-halsgebied is het ontstaan van celdood (necrose) van kaakbot (osteoradionecrose). In ernstige gevallen zal de behandeling hiervan bestaan uit een operatie om het afgestorven kaakbot te verwijderen met als doel het proces van necrose te stoppen. Met de huidige technieken is het bepalen van de omvang en uitbreiding van het necrose proces in de kaak echter moeilijk en weinig nauwkeurig. Dit leidt vaak tot uitgebreidere verwijdering van kaakbot dan wellicht noodzakelijk. Wanneer in de ontwikkelde 3D VCP voor het chirurgisch te verwijderen necrotische kaakbot tevens de tijdens de radiotherapie gegeven cumulatieve bestralingsdosis op het kaakbot kan

worden weergegeven, is het wellicht mogelijk om tot een meer accurate bepaling van het te verwijderen kaakbot te komen. In **hoofdstuk 5** wordt dit concept uitgewerkt en geïllustreerd aan de hand van enkele patiënten met ernstige osteoradionecrose.

Orthognatische chirurgie

Bij de chirurgische planning van standscorrecties van de kaak, de zogenaamde orthognatische chirurgie, heeft 3D VCP haar meerwaarde reeds bewezen. Het verbetert de voorspelbaarheid en de nauwkeurigheid van de kaakoperatie. Tevens is het mogelijk om voorafgaand aan de operatie verschillende opties voor de chirurgische behandeling virtueel te simuleren en hieruit de beste te selecteren. Na het maken van een 3D VCP wordt deze in de meeste gevallen vertaald naar de chirurgische procedure met behulp van een 3D-geprinte splint (bijtplaatje). Deze splint wordt door de MKA-chirurg gebruikt om het kaak-deel naar de geplande nieuwe positie te verplaatsen en dit deel vervolgens vast te zetten met titanium fixatieplaatjes (osteosynthese plaatjes) en schroefjes. Dit proefschrift beschrijft de ontwikkeling van een methode (**hoofdstuk 6**) waarbij ook de osteosynthese plaatjes patiënt specifiek in 3D worden voorbereid en geproduceerd voor verplaatsing van de bovenkaak. Hierdoor blijkt het mogelijk om een nog nauwkeurigere vertaling van de virtuele geplande positie naar de daadwerkelijk gerealiseerde positie van dit kaakdeel te realiseren, in vergelijking met het toepassen van alleen een 3D geprinte splint (conventionele methode).

In **hoofdstuk 7** wordt in een prospectieve, gerandomiseerde studie deze nieuwe methode van het toepassen van 3D-geplande Patiënt Specifieke Osteosynthese plaatjes (PSO) vergeleken met de conventionele methode. Op basis van loting zijn deelnemende patiënten ingedeeld in twee groepen die volgens de nieuwe of de conventionele methode worden behandeld. Bij deze conventionele methode, waarbij alleen een patiënt specifieke splint wordt toegepast in combinatie met de standaard osteosynthese plaatjes, moet de MKA-chirurg die tijdens de operatie manueel op maat maken. De uitkomst van deze studie laat zien dat het gebruik van PSO zorgt voor een meer nauwkeurige verplaatsing van de bovenkaak. Bovendien werd duidelijk dat bij een grotere geplande correctie van de bovenkaak, het verschil dat PSO maakt ten opzichte van de conventionele methode, eveneens groter is. In **hoofdstuk 7** wordt daarnaast in meer detail stilgestaan bij de huidige indicaties voor het gebruik van PSO binnen de orthognatische chirurgie.

Kaakgewrichtschirurgie

Patiënten die lijden aan afwijkingen van het kaakgewricht (TMG), zoals osteoartritis, terugkerende ankylose (verbening in het gewricht) of een tumor, kunnen symptomen

zoals een ernstig beperkte mondopening, pijn of andere dynamische beperkingen van de functie van de onderkaak ervaren. In ernstige gevallen kan een volledige gewrichtsvervanging noodzakelijk zijn. Uit studies is gebleken dat een totale TMG-prothese kan zorgen dat de mondopening verbetert en de pijn afneemt. Reeds in de jaren '90 werd de Groningen TMG-prothese ontwikkeld en succesvol geplaatst bij een serie patiënten. Een van de beperkingen van deze prothese, evenals van andere commercieel verkrijgbare prothesen, is de pasvorm. De prothese werd alleen in een aantal standaard pasvormen geleverd en was niet beschikbaar met een volledig individuele pasvorm (naar de anatomie van de patiënt). Dit proefschrift beschrijft (**hoofdstuk 8**) de doorontwikkeling van de Groningen TMG-prothese op basis van 3D VCP. Met het beschikbaar komen van 3D-printers, waarmee medische kwaliteit titanium producten kunnen worden gemaakt, die voldoen aan dezelfde normen als de destijds ontwikkelde en klinisch geteste standaard gewrichtsprothese, is het mogelijk geworden de pasvorm van de TMG-prothese voor iedere patiënt volledig specifiek te maken. Er werd een humane kadaverstudie uitgevoerd waarbij in totaal tien patiënt specifieke Groningen TMG-prothesen werden geplaatst. Hierbij werd tevens de nauwkeurigheid van plaatsing van de individuele TMG-prothese getest met het toepassen van hiervoor ontwikkelde 3D-geprinte plaatsingsguides. Het blijkt mogelijk de ontwikkelde patiënt specifieke Groningen TMG-prothese uiterst nauwkeurig te plaatsen, te weten: < 0,81mm ten opzichte van de vooraf bepaalde positie in de 3D VCP. De individuele Groningen TMG-prothese wordt nu toegepast bij patiënten in plaats van de prothese met standaard pasvorm.

Technisch Geneeskundige

De bevindingen die in dit proefschrift beschreven staan benadrukken dat technologie en medisch technologische expertise in toenemende mate belangrijk zijn binnen de MKA-chirurgie. In de huidige routine wordt er inmiddels veel gebruikt gemaakt van 3D VCP. Het is daarnaast aannemelijk, mede gebaseerd op het stijgende aantal wetenschappelijke publicaties op dit terrein, dat in toenemende mate gebruik zal worden gemaakt van medische beeldvorming (e.g. CT-, MRI-scans), 3D VCP en patiënt specifieke implantaten. Deze ontwikkelingen vragen om een systematische inbedding van de benodigde technologische en medische expertise binnen de MKA-chirurgie.

Het integreren van een technisch geneeskundige, opgeleid binnen het vakgebied van de MKA-chirurgie waarborgt efficiënt en adequaat gebruik van 3D-technologie. Tevens kan dit vroege signalering van nieuwe technologie, alsmede eigen ontwikkeling ervan,

bevorderen. Dit maakt dat de technisch geneeskundige als beroepsbeoefenaar een waardevolle aanvulling is binnen het vakgebied van de MKA-chirurgie in dit nieuwe tijdperk van 3D VCP.

Conclusie

De nieuwe 3D VCP methoden, zoals beschreven in dit proefschrift, verbeteren binnen de MKA-chirurgie de behandeling in termen van voorspelbaarheid, accuratesse, snelheid en postoperatieve evaluatie. Dit proefschrift heeft bestaande methoden geoptimaliseerd, systematische vergelijkingen met conventionele methoden gemaakt en daarmee indicaties voor het gebruik van 3D VCP geobjectiveerd.

