

Fontys Paramedische Hogeschool
Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken

Immobilisatie bij stereotactische radiochirurgie: Frame vs. Masker



Afstudeerscriptie, juni 2013
Eline van de Poll (2153279)

In opdracht van het:
Universitair Ziekenhuis Leuven
Radiotherapie-Oncologie

Lineaire versneller Truebeam STx. Beschikbaar via: <http://www.google.nl/imgres?imgurl=http://www.usmdpcc.com/images/radiationnovalis.jpg&imgrefurl=http://www.usmdpcc.com/radiation-therapy-prostate-cancertreatment.php&usq=MVmNubQCP5f3m4LthyU1eK5Xo=&h=281&w=374&sz=59&hl=nl&start=7&zoom=1&tbnid=n8KHjYJh-fEH9NM:&tbnh=92&tbnw=122&ei=44hxUeZfFoah0QXQ3IHACA&prev=/search%3Fq%3Dtruebeam%26stx%26igrt%26um%3D1%26hl%3Dnl%26gbv%3D2%26tbnid%3Disch&um=1&itbs=1&sa=X&ved=0CDgQrQMwBg>
Geraadpleegd op 2013 april 20.

Voorwoord

Deze afstudeerscriptie is uitgevoerd in opdracht van de opleiding 'Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken' (MBRT) te Eindhoven en de afdeling 'radiotherapie-oncologie' van het Universitair Ziekenhuis Leuven (UZ Leuven) te Leuven. Binnen de titel 'stereotactische radiochirurgie voor intracraniële aandoeningen' zijn door de afdeling 'radiotherapie-oncologie' twee onderwerpen voorgesteld. Ik richt mij in deze afstudeerscriptie op het specifiekere onderwerp: 'immobilisatie bij stereotactische radiochirurgie: frame versus (vs.) masker'.

In de afstudeerperiode van februari 2013 tot juni 2013 heb ik op een kamer gewoond in de studentenstad Leuven. Een bijzondere en leuke ervaring! De reis vanuit mijn woonplaats naar Leuven was een hele uitdaging (over het algemeen 4–5 uur met het openbaar vervoer). Helaas heb ik weinig tijd gehad om het studentenleven in Leuven te leren kennen. Toch kijk ik met veel plezier terug op deze periode, een klein kamertje en Leuven!

Bij de behandeling van een (of meerdere) intracraniële aandoening(en) met behulp van stereotactische radiochirurgie wordt gebruik gemaakt van twee immobilisatie-technieken op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' van het UZ Leuven om het hoofd van de patiënt te immobiliseren. Immobilisatie was in het verleden voornamelijk gebaseerd op het gebruik van een invasief frame⁵. Echter, sinds juni 2012 wordt naast het frame op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' geïmmobiliseerd met behulp van een niet-invasief masker. Het doel van deze retrospectieve studie is om de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering van beide immobilisatie-technieken, het frame en het masker, te bepalen en met elkaar te vergelijken.

Graag wil ik mijn dankwoord richten aan de afdeling 'radiotherapie – oncologie' voor de hulp, uitleg en begeleiding tijdens het uitvoeren van mijn afstudeerscriptie. In het bijzonder wil ik onderstaande personen bedanken voor de tijd en energie die zij aan deze afstudeerscriptie besteed hebben:

- Dr. K. van Beek, radiotherapeut – oncoloog
- G. Defreane, fysicus
- J. Indemans, stagementor en praktijklector
- Prof. Dr. J. Menten, radiotherapeut – oncoloog

Ten slotte wil ik ook J. van Hedel, docent van de opleiding MBRT te Eindhoven, bedanken voor de begeleiding tijdens mijn afstudeerperiode.

Veel leesplezier!

Eline van de Poll - juni 2013

Samenvatting

Achtergrond: Bij de radiotherapeutische behandeling, middels stereotactische radiochirurgie, van een (of meerdere) intracraniële aandoening(en) is het immobiliseren van het hoofd van de patiënten van groot belang voor de nauwkeurigheid van de bestraling.

Doel: Het doel van deze retrospectieve studie is om de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering van zowel het frame als het masker te bepalen en met elkaar te vergelijken.

Methode: De kilovolt (kV) en megavolt (MV) lokalisatiefoto's bij de patiënten geïmmobiliseerd met het BrainLAB frame zijn geïmporteerd in Offline Review. Na matching door drie observers met de digitally reconstructed radiograph (DRR)-beelden zijn de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting en tevens de yaw rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke computed tomography (CT)-positionering weergegeven. De data van de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de roll, yaw- en pitch rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering bij de patiënten geïmmobiliseerd met het BrainLAB masker zijn na de automatische matching in ExacTrac opgeslagen. De 3D-vector van de verplaatsing, de verplaatsingen in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de yaw rotatie zijn vergeleken tussen beide immobilisatie-technieken.

Resultaten: Bij de 7 patiënten geïmmobiliseerd met het frame is een 3D-vector van de verplaatsing waargenomen van gemiddeld 1.323 mm (SD: 0.513) en de yaw rotatie is gemiddeld -0.048° (SD: 0.168) ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering. Daarnaast zijn bij de 8 patiënten, geïmmobiliseerd middels het masker, een gemiddelde 3D-vector van de verplaatsing van 2.285 mm (SD: 1.075) waargenomen en een gemiddelde 3D-vector van de rotatie van 1.109° (SD: 0.394) ten opzichte van de oorspronkelijke patiënten positionering op de CT-scan.

Conclusie: Immobilisatie middels het frame resulteert in deze studie in een nauwkeurigere initiële patiënten positionering in vergelijking met de patiënten geïmmobiliseerd met het masker.

Summary

Background: When using stereotactic radiosurgery of one (or more) intracranial disease(s), the immobilization of the head of the patient is of great importance for the accuracy of the irradiation.

Purpose: The purpose of this retrospective study is to determine and compare the accuracy of the initial positioning of patients with the frame and the mask.

Method: The kilovolt (kV) and megavolt (MV) localization images in the patients immobilized with the BrainLAB frame were imported in Offline Review. After matching by three observers with the digitally reconstructed radiograph (DRR) images, the deviation in the longitudinal, vertical and lateral direction as well as the yaw rotation relative to the initial computed tomography (CT) positioning was displayed. The data of the deviation in the longitudinal, vertical and lateral direction and roll, yaw and pitch rotation with respect to the original CT-positioning for the patients immobilized with the BrainLAB mask were saved after the automatic matching in ExacTrac. The 3D vector of deviation, the deviation in the longitudinal, vertical and lateral direction and the yaw rotation were compared between the two immobilization techniques.

Results: In the 7 patients immobilized with the frame, the mean 3D-vector of the deviation was 1.323 mm (SD: 0.513) and a mean of the yaw rotation of -0.048° (SD: 0.168) was observed with respect to the original CT-positioning. In addition, for the 8 patients immobilized using the mask a mean 3-D vector of the deviation of 2.285 mm (SD: 1.075) was observed and a mean 3-D vector of the rotation of 1.109° (SD: 0.394) was observed compared to the patients initial positioning on the CT scan.

Conclusion: Immobilization by means of the frame has resulted in a more accurate initial patient positioning in comparison with the patients immobilized with the mask.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	7
Methode	10
Deel A – Data-verzameling bij immobilisatie frame	11
Deel B – Data-verzameling bij immobilisatie masker	12
Resultaten	15
Discussie.....	19
Conclusie.....	22
Literatuurlijst.....	23
Bijlagen.....	24
Bijlage I: Veranderde centrale vraagstelling en deelvragen ten opzichte van goedgekeurd projectplan.....	
Bijlage II: Schematisch assenstelsel Truebeam STx lineaire versneller	
Bijlage III: Interpretatie van de positieve en negatieve matchingswaarden in Offline Review en ExacTrac....	
Bijlage IV: Data longitudinale, verticale, laterale richting en de 3D-vector van de verplaatsing.....	
Bijlage V: Data roll, yaw, pitch rotatie en de 3D-vector van de rotatie	
Bijlage VI: Beoordelingsformulier goedgekeurd projectplan beoordeeld door J. van Hedel	
Bijlage VII: Beoordelingsformulier goedgekeurd projectplan beoordeeld door L. Willemse	

Inleiding

Bij de radiotherapeutische behandeling van intracranieële aandoeningen gebruikmakend van stereotactische radiochirurgie is het nauwkeurig bestralen van het doelvolumen erg belangrijk ¹⁻². De reden hiervoor is dat bij stereotactische radiochirurgie een hoge dosis (15–25 Gy) in één fractie gegeven wordt aan een klein(e) doelvolumen(s) tot een maximale diameter van 3 centimeter (cm) ^{1,3}. De meerwaarde van een stereotactisch radiochirurgie-schema ten opzichte van een conventioneel bestralingsschema is dat de patiënt maar éénmalig bestraald hoeft te worden ⁴. Daarnaast is in de treatment planning van stereotactische radiochirurgie rondom het doelvolumen een scherpe dosisverval-curve waarneembaar om de organs at risks (OARs) zo veel mogelijk te sparen ⁴⁻⁵.

Bij de behandeling van acousticus neurinoma, ook wel brughoektumor genoemd, behoudt 50-70 % van de patiënten behandeld middels stereotactische radiochirurgie een functioneel gehoor ³. Dit is in tegenstelling tot een chirurgische behandeling waarbij de kans groter is op blijvende doofheid ³. Bijkomend voordeel van deze bestralingstechniek ten opzichte van een chirurgische behandeling is dat de patiënt geen algehele narcose hoeft te krijgen ³. Ten slotte is stereotactische radiochirurgie ook effectief bij de behandeling van chirurgisch niet toegankelijke intracranieële aandoeningen ⁴.

Sinds 1968 wordt in de klinische praktijk een gammaknife gebruikt om de intracranieële aandoening(en) stereotactisch te bestralen ⁶⁻⁷. Tegenwoordig wordt de stereotactische radiochirurgie voornamelijk uitgevoerd met behulp van een lineaire versneller ⁶. Voordeel van de lineaire versneller ten opzichte van de gammaknife is onder andere dat ook extracranieële aandoeningen kunnen worden bestraald ⁴. In de studie van Deinsberger et al. ⁶ is het effect van beide bestralingstoestellen (de gammaknife en de lineaire versneller) vergeleken bij patiënten met hersenmetastasen behandeld door middel van stereotactische radiochirurgie. Uit het resultaat bleek dat geen verschil is op te merken in lokale controle en overall survival.

Het immobiliseren van het hoofd van de patiënt bij het stereotactisch bestralen van intracranieële aandoeningen is van groot belang voor de nauwkeurigheid van de bestraling ⁵. Immobilisatie bij stereotactische radiochirurgie was in het verleden voornamelijk gebaseerd op het gebruik van een invasief (Leksell) frame ⁵. Op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' wordt onder andere gebruik gemaakt van een dergelijk invasief frame (BrainLAB AG). Dit frame wordt onder lokale verdoving op de dag van bestraling door de neurochirurg op het hoofd van de patiënt gefixeerd ³. Dit gebeurt met behulp van vier schroeven die door de huid aan de schedelbasis worden bevestigd. Twee schroeven worden aan het os frontale vastgezet en twee aan het os occipitale ⁸. De nauwkeurigheid waarmee dit frame het doelvolumen kan lokaliseren met behulp van het stereotactische assenstelsel (x, y en z-richting) en daarnaast de precisie waarmee het hoofd van de patiënt wordt geïmmobiliseerd zorgt ervoor dat het frame als 'gouden standaard' wordt gezien ⁵. Ook zijn echter nadelen aan het gebruik van het frame verbonden ⁵⁻⁹. Het gebruik van het frame betekent namelijk niet direct dat de stereotactische radiochirurgie correct wordt uitgevoerd ¹⁰. Het frame kan bijvoorbeeld ook verplaatsen, ook wel het slippen van het frame genoemd, waardoor controle met behulp van een diepte-helm en/of lokalisatiefoto's verkregen via kilovolt (kV)-megavolt(MV) imaging noodzakelijk is ¹⁰. Een ander nadeel is dat bij bevestiging van het frame lokale verdoving van de huid nodig is en na het plaatsen van het frame infecties en bloedingen kunnen optreden ^{3,5}. Tot slot wordt het plaatsen van het frame als pijnlijk ervaren en het dragen van het frame gedurende één dag (gemiddeld 8 uur) als oncomfortabel ervaren door de patiënt ⁵. In de tijd tussen het plaatsen van het frame en de uitvoering van de bestraling worden de computed tomography (CT)-scan en de treatment planning gemaakt ⁹.

May Tsao et al.¹¹ onderzochten in een studie het effect van stereotactische radiochirurgie bij patiënten met hersenmetastasen. Deze studie vergeleek onder andere het bestralen van de gehele schedelinhoud bij patiënten met 2 tot 4 hersenmetastasen in vergelijking tot bestraling van de gehele schedelinhoud met toegevoegde stereotactische radiochirurgie. Uit het resultaat bleek dat geen verschil is op te merken in de overall survival tussen beide behandelingsmethodes. Echter, de lokale controle bij bestraling van de gehele schedelinhoud met toegevoegde stereotactische radiochirurgie was aanzienlijk beter dan alleen bestraling van de gehele schedelinhoud. In dezelfde studie is ook onderzoek uitgevoerd naar het effect van stereotactische radiochirurgie bij patiënten met 1 tot 4 hersenmetastasen in vergelijking met het bestralen van de gehele schedelinhoud met toegevoegde stereotactische radiochirurgie, met als resultaat geen verschil waarneembaar in overall survival. Bovendien is gebleken dat patiënten bestraald met stereotactische radiochirurgie minder neurocognitieve functie stoornissen krijgen¹¹. De gunstige resultaten van stereotactische radiochirurgie bij de behandeling van hersenmetastasen hebben onder andere ertoe geleid dat steeds vaker gekozen wordt voor behandeling middels stereotactische radiochirurgie⁵. Om deze redenen is het verbeteren van het comfort van de patiënt en de efficiëntie van de behandeling nog belangrijker geworden⁵.

Een alternatief voor het frame is immobilisatie met behulp van een masker⁵. Op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' wordt sinds juni 2012 naast het invasieve frame ook gebruik gemaakt van een tweedelig thermoplastisch masker (BrainLAB AG). Dit masker is niet-invasief, hierdoor kan naast stereotactische radiochirurgie ook gefractioneerde stereotactische radiotherapie gegeven worden^{4,9}. Stereotactische radiotherapie zorgt voor radiobiologische voordelen van de tumorcellen, de OAR en het gezonde weefsel¹². Het toepassen van stereotactische radiotherapie bij het frame is niet gewenst doordat het niet praktisch is en de kans op het slippen van het frame wordt verhoogd¹³⁻¹⁴. Een nadeel van het masker kan zijn dat deze immobilisatie-techniek niet zo rigide is als het frame^{5,9}. Daarom is controle met behulp van lokalisatiefoto's bij het masker verkregen via het röntgensysteem van ExacTrac noodzakelijk⁹.

Eerdere studies zoals uitgevoerd door Ramakrishna et al.⁵ vergeleken de intra-fractie beweeglijkheid van het frame, 0.4 millimeter (mm) (standaarddeviatie (SD): 0.3 mm), en het masker (0.7 mm, SD: 0.5 mm). In deze studie zijn van beide immobilisatie-technieken, het frame en het masker, de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering geanalyseerd en vergeleken met de bestaande literatuur^{5,9-10,15,17}.

De doelstelling van deze studie kan als volgt worden omschreven:

- De nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering van beide immobilisatie-technieken, het frame en het masker, te bepalen en met elkaar te vergelijken.

De geformuleerde centrale vraagstelling (*bijlage I*) die voor deze studie is opgesteld:

- Welke nauwkeurigheid van initiële patiënt positionering is haalbaar bij immobilisatie met behulp van het frame en het masker bij de stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsingen en rotatie(s) ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

De twee deelvragen (*bijlage I*) die daarbij ter verduidelijking zijn opgesteld luiden:

- In hoeverre komen bij immobilisatie middels het frame de lokalisatiefoto's verkregen via kV-MV imaging overeen met de DRR-beelden van de oorspronkelijke CT-positionering?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de yaw rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

- In hoeverre komen bij immobilisatie middels het masker de lokalisatiefoto's verkregen via het röntgensysteem van ExacTrac overeen met de DRR-beelden van de oorspronkelijke CT-positionering?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de roll, yaw- en pitch rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

Methode

De data van de patiënten radiotherapeutisch behandeld, in de periode van juni 2012 tot en met april 2013 op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' van het UZ Leuven, voor een (of meerdere) intracraniële aandoening(en) middels stereotactische radiochirurgie zijn in deze retrospectieve studie opgenomen. De data van deze patiënten geïmmobiliseerd met een van beide immobilisatie-technieken (het frame of het masker) zijn gebruikt om een antwoord te kunnen geven op de centrale vraagstelling.

Vanwege de exclusiecriteria zijn niet alle data van de patiënten (n = 22) meegenomen in deze studie. Exclusie van de patiënten heeft plaatsgevonden in de volgende gevallen:

- Patiënten geïmmobiliseerd met het frame waarbij geen kV-beelden en/of MV-beelden beschikbaar zijn.
- Patiënten geïmmobiliseerd met het frame waarbij door de slechte beeldkwaliteit van de lokalisatiefoto's (kV-beelden en/of MV-beelden) geen matching met de DRR-beelden mogelijk is.
- Patiënten geïmmobiliseerd met het masker waarbij de ExacTrac data niet meer opgeslagen zijn.

Bij de patiënten behandeld voor meerdere intracraniële aandoeningen middels stereotactische radiochirurgie is in deze studie alleen gekeken naar de eerst behandelde intracraniële aandoening. De demografische- en treatment gegevens (geslacht, leeftijd, lengte, gewicht van de patiënten én type, volume en planning target volume (PTV) van de intracraniële aandoening) die in deze studie van de onderzoeksgroep geïnccludeerd zijn, zijn beschreven in de resultaten (tabel 2).

Toestemming van de medisch ethisch toetsingscommissie (METC) was in deze retrospectieve studie niet nodig omdat geen veranderingen in de radiotherapeutische behandeling van de patiënten heeft plaats gevonden. Daarnaast zijn de patiëntengegevens volledig geanonimiseerd verwerkt in deze studie.

De procedure van stereotactische radiochirurgie bij de patiënten behandeld voor een (of meerdere) intracraniële aandoening(en) bestaat onder andere uit het fixeren van het frame, maken van het masker, vervaardigen van de magnetic resonance imaging (MRI)-scan en CT-scan, kwaliteitscontrole en de uitvoering van de stereotactische radiochirurgie.

Om te beginnen zal de data-verzameling van de voorbereidingsfase in de methode worden beschreven. Echter, vanwege de verschillende procedures tussen de patiënten geïmmobiliseerd middels het frame en masker is ervoor gekozen om de data-verzameling vanaf de uitvoeringsfase op de lineaire versneller apart te beschrijven in deel A (data-verzameling bij immobilisatie frame) en deel B (data-verzameling bij immobilisatie masker).

Allereerst is voor de intekening van de OAR en het gross tumor volume (GTV) een MRI-scan van de gehele schedel met coupes van 1 mm en distorsie-correctiebeelden bij de patiënten vervaardigd op de MAGNETOM Aera 1,5 Tesla MRI-scanner (Siemens Medical Systems). Hierbij is gebruik gemaakt van intraveneus contrastmiddel (Gd-DTPA) om het GTV zichtbaar te maken als een 'contrast-enhancing' structuur¹⁵.

Daarnaast zijn de patiënten op de SOMATOM Sensation Open CT-scanner (Siemens Medical Systems) met behulp van het frame of masker in combinatie met een coördinaten box voor de referentie geïmmobiliseerd. De gehele schedel van de patiënten is gescand met gebruik van intraveneus contrastmiddel en een slice-thickness van 1 mm. Zowel bij de MRI-scan als de CT-scan zijn de patiënten 'supine-head first' gepositioneerd.

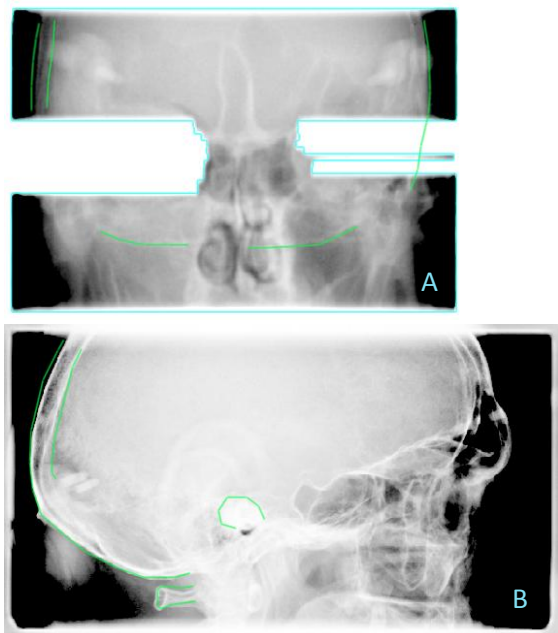
Vervolgens zijn de T1-gewogen MRI-beelden en CT-beelden in iPlan Image (versie 4.1 BrainLAB AG) met elkaar gefuseerd om de treatment planning te kunnen vervaardigen. De treatment planningen in iPlan Dose (versie 4.5.1 BrainLAB AG) zijn bij zowel de patiënten geïmmobiliseerd met het frame als het masker gemaakt met

behulp van de dynamic conformal arc (DCA) techniek. Echter, bij enkele patiënten zijn statische bundels toegevoegd. Dit voor een betere homogeniteit in het doelvolumen en conformiteit van de treatment planning. Na goedkeuring van het volledige behandelplan door de radiotherapeut-oncoloog zijn de DRR-beelden en het volledige bestralingsplan doorgestuurd naar de Truebeam STx lineaire versneller (Varian Medical Systems).

Deel A – Data-verzameling bij immobilisatie frame

Op de DRR-beelden van de patiënten geïmmobiliseerd met het frame zijn handmatig matchstructuren door de fysicus ingetekend. Dit betreft altijd de schedel omdat deze matchstructuur duidelijk zichtbaar is op de lokalisatiefoto's verkregen via kV-MV imaging (Varian Medical Systems). Direct voor aanvang van de stereotactische radiochirurgie op de lineaire versneller is het bestralingstoestel gekalibreerd met behulp van de Winston-Lutz test. Deze test is uitgevoerd om de kruising van de laserlijnen te controleren met het werkelijke isocentrum^{5,10}. Tevens is het bestralingsplan gecontroleerd op botsingsgevaar tussen de gantry en bestralingstafel.

Het frame is aan het begin van de dag op het hoofd van de patiënten gefixeerd en visueel gecontroleerd op positie met behulp van een diepte-helm. Nadat de patiënten op de lineaire versneller 'supine-head first' zijn gepositioneerd is op het frame de coördinaten box bevestigd en nogmaals gecontroleerd met behulp van een diepte-helm. De positie van het isocentrum en de vormen van de multileaf collimator (MLC) zijn op vier vellen 'papier' uitgeprint door een gekalibreerde printer vanaf het planningssysteem. Aan elke kant van de coördinaten box is een uitgeprint vel 'papier' bevestigd. Daarna zijn de patiënten met behulp van de lasers visueel in het isocentrum geplaatst en zijn de veldvormen visueel gecontroleerd. Ten slotte zijn voor de start van de stereotactische radiochirurgie op de startpositie, de 0° tafelpositie, lokalisatiefoto's gemaakt via kV-MV imaging. Dit betreft in de anterior-posterior (AP)-richting een MV lokalisatiefoto waarbij de ogen zijn afgeschermd door middel van de MLC. In de laterale richting is een kV lokalisatiefoto gemaakt.



Figuur 1: Lokalisatiefoto's met de ingetekende matchstructuren van het DRR-beeld; MV-beeld A, kV-beeld B

De data van de verplaatsingen in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de yaw rotatie (*schematisch assenstelsel in bijlage II*) bij het frame zijn verkregen door de lokalisatiefoto's offline te matchen met de DRR-beelden in Offline Review (Varian Medical Systems) (*figuur 1*). Deze matching heeft niet online plaatsgevonden

omdat visuele positionering en controle met de diepte-helm op de afdeling de voorkeur heeft. Om het offline matchen bij het frame zo betrouwbaar mogelijk te maken en rekening te houden met de inter-observer variatie is het matchingsproces drie keer 'blind' uitgevoerd. Uitgangspositie bij het matchen is de automatische matching. De data van de verplaatsingen en yaw rotatie zijn visueel, voornamelijk in het gebied van het isocentrum, gecontroleerd door de drie observers (student, fysicus en radiotherapeut –oncoloog). Eventueel is bij een niet correcte automatische matching de verplaatsing(en) en/of yaw rotatie door de observer handmatig aangepast. Het gemiddelde van de drie observers geeft de verplaatsing (in mm) en de yaw rotatie (in °) in 4 richtingen weer ten opzichte van de oorspronkelijke positie op de CT-scan.

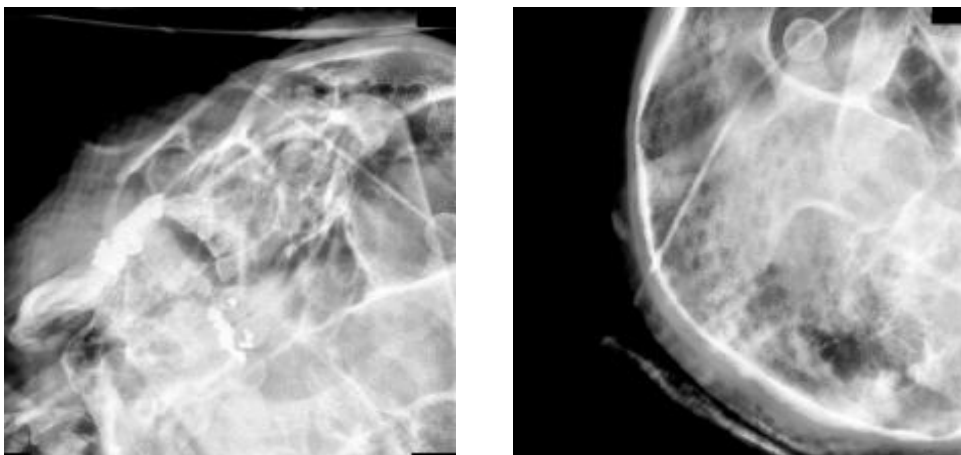
Uit de data van de verplaatsingen (longitudinale, verticale- en laterale richting) en de yaw rotatie van alle patiënten geïmmobiliseerd met het frame is een gemiddelde, standaarddeviatie en de minimale- en maximale verplaatsing en rotatie bepaald. Ook is de 3D-vector van de verplaatsing berekend. De 3D-vector van de verplaatsing (in mm) zoals in *formule 1* is genoteerd geeft de gecombineerde verplaatsing in de drie richtingen weer^{2,16}.

$$3D - \text{vector (in mm)} = \sqrt{(\text{longitudinale richting})^2 + (\text{verticale richting})^2 + (\text{laterale richting})^2} \quad (1)$$

Deel B – Data-verzameling bij immobilisatie masker

De lineaire versneller wordt gekalibreerd voor aanvang van de bestraling. Echter, ten opzichte van de frame procedure is nu gebruik gemaakt van een klein kalibratieblokje en ExacTrac (versie 6.0.1 BrainLAB AG). Bij de kalibratie is het röntgensysteem voor het maken van de orthogonale röntgenfoto's gekalibreerd met het infraroodsysteem van ExacTrac⁵. Daarnaast is het infraroodsysteem van ExacTrac gekalibreerd met het werkelijke isocentrum door de kruising van de lasers te controleren⁵. Ten slotte is ook het bestralingsplan van de patiënten, geïmmobiliseerd met het masker, gecontroleerd op botsingsgevaar.

De patiënten zijn op de bestralingstafel 'supine-head first' gepositioneerd met het hoofd geïmmobiliseerd in het masker. Over het masker is een frame met vijf kleine bolletjes bevestigd aan de tafel. Deze bolletjes staan in verbinding met het infraroodsysteem. Vervolgens zijn de patiënten automatisch door het ExacTrac systeem in de isocentrum positie geplaatst. Voordat de bestraling is gestart zijn op de startpositie, de 0° tafelpositie, twee orthogonale lokalisatiefoto's gemaakt met behulp van het röntgensysteem van ExacTrac (*figuur 2*). Beide lokalisatiefoto's zijn verkregen met de volgende instellingen; 80 kV en 6,30 mAs.



Figuur 2: Orthogonale lokalisatiefoto's; verkregen met het röntgensysteem van ExacTrac

Het matchen van de lokalisatiefoto's met de DRR-beelden in ExacTrac heeft automatisch plaats gevonden op de botstructuren¹⁰. Echter is nog wel een handmatige controle uitgevoerd. Uiteindelijk zijn de data van de

verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting weergegeven en daarnaast ook de roll, yaw- en pitch rotatie (*schematisch assenstelsel in bijlage II*). De data na matching in de genoemde 6 richtingen kan worden beschreven als de verplaatsingen (in honderdste mm) en rotaties (in °) ten opzichte van de oorspronkelijke positie op de CT-scan¹⁰. De data zijn opgeslagen in het ExacTrac systeem en kunnen retrospectief bekeken worden.

Uit de data van de verplaatsingen en rotaties van alle patiënten geïmmobiliseerd met behulp van het masker is een gemiddelde, standaarddeviatie en de minimale- en maximale verplaatsing en rotatie per richting bepaald en zijn twee 3D-vectoren berekend. Een 3D-vector voor de verplaatsingen (*formule 1*) en de andere 3D-vector voor de rotaties. De 3D-vector van de rotatie (in °) zoals geformuleerd in *formule 2* geeft de gecombineerde rotatie in de 3 richtingen weer¹⁵.

$$3D - \text{vector (in } ^\circ) = \sqrt{(\text{roll rotatie})^2 + (\text{yaw rotatie})^2 + (\text{pitch rotatie})^2} \quad (2)$$

Om de methode te verduidelijken zijn onderstaand korte toelichtingen beschreven:

- De nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering is bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame en het masker door twee image guided radiation therapy (IGRT)-technieken (kV-MV imaging en ExacTrac) onderzocht. Om deze reden is door de afdeling 'radiotherapie- oncologie' bij installatie van het ExacTrac systeem de nauwkeurigheid voor het weergeven van de verplaatsingen en rotaties ten opzichte van kV-MV imaging onderzocht. Dit is getest door middel van het Alderson fantoom. Uit het resultaat is gebleken dat beide IGRT-technieken over het algemeen vergelijkbare verplaatsingen (longitudinale, verticale- en laterale richting) en yaw rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering weergaven.
- De waargenomen initiële patiënten positionering bij het masker wordt voor de werkelijke start van de stereotactische radiochirurgie gecorrigeerd en nogmaals gecontroleerd door het ExacTrac systeem. De waargenomen yaw rotatie is daarnaast automatisch aangepast als de nieuwe 0° tafelpositie van de tafel voor de start van de bestraling.
- De interpretatie van de data in de longitudinale- en laterale richting na het matchen in Offline Review is anders ten opzichte van ExacTrac (*tabel 1*). Ter verduidelijking van de tabel kan worden gezegd dat een positieve longitudinale matchingswaarde gemeten in Offline Review bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame betekent dat de patiënten te ver richting caudaal zijn gepositioneerd. Dit in tegenstelling tot een positieve longitudinale matchingswaarde bij de patiënten geïmmobiliseerd met het masker (ExacTrac) waarbij de patiënten te ver richting craniaal zijn gepositioneerd. De interpretatie van de verticale verplaatsing en yaw rotatie tussen Offline Review en ExacTrac kwamen wel overeen en zijn samen met de interpretatie van de roll- en pitch rotatie weergegeven in *bijlage III*.

Tabel 1: Interpretatie van positieve- en negatieve matchingswaarden bij de longitudinale- en laterale richting na matching in Offline Review en ExacTrac

	Longitudinaal		Lateraal	
	+	-	+	-
Offline Review	Caudaal	Craniaal	Rechts	Links
ExacTrac	Craniaal	Caudaal	Links	Rechts

+ ; positieve matchingswaarde

- ; negatieve matchingswaarde

Naast beschrijving van de gevonden resultaten zijn in deze studie statistische analyses uitgevoerd met gebruik van Statistical Package for the Social Sciences (versie 21). Om te controleren of het verschil in verplaatsing (longitudinale, verticale- en laterale richting), 3D-vector van de verplaatsing en yaw rotatie tussen beide immobilisatie-technieken (het frame en het masker) statistisch significant zijn, heeft een Mann-Whitney U

toets plaatsgevonden. Bij de longitudinale- en verticale richting is voor het berekenen van de statistische significantie uitgegaan van eenzelfde interpretatie van de verplaatsingen. De criteria van statistische significantie ligt daarbij op p -waarde < 0.05 . Verder zijn een boxplot van de verplaatsingen en een boxplot van de rotaties toegevoegd in de resultaten. In iedere boxplot is het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan, het derde kwartiel en het maximum van de data weergegeven.

Resultaten

De resultaten in deze studie zijn gebaseerd op een onderzoeksgroep waarin alle patiënten met behulp van stereotactische radiochirurgie behandeld zijn voor een (of meerdere) intracraniële aandoening(en). Onderstaand in de resultaten zijn voor beide immobilisatie-technieken, het frame en het masker, de verplaatsingen en rotaties ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering weergegeven en met elkaar vergeleken.

In *tabel 2* zijn de demografische gegevens en de treatment gegevens van de onderzoeksgroep genoteerd. Na exclusie bestaat de onderzoeksgroep uit de data van 15 patiënten. Daarbij zijn 7 patiënten geïmmobiliseerd met behulp van het frame (4 mannen en 3 vrouwen) en 8 patiënten geïmmobiliseerd middels het masker (4 mannen en 4 vrouwen). In vergelijking bedraagt de gemiddelde leeftijd op het moment van stereotactische radiochirurgie bij patiënten behandeld met het frame, 51 jaar, ten opzichte van 47.5 jaar bij het masker. Zes patiënten van de onderzoeksgroep zijn behandeld voor een acousticus neurinoma en 1 patiënt voor een aterioveneuze malformatie (AVM) met gebruikmaking van een frame. Daarnaast zijn de overige 8 patiënten behandeld met behulp van een masker, waarvan 5 patiënten voor een (of meerdere) hersenmetastase en 3 patiënten voor een epilepsiekern.

Tabel 2: Demografische gegevens en treatment gegevens van de onderzoeksgroep

Karakteristiek	Immobilisatie frame (n=7)	Immobilisatie masker (n=8)
Geslacht		
• Man	4	4
• Vrouw	3	4
Gemiddelde leeftijd in jaren (range)	51 (29-71)	47.5 (27-69)
Gemiddelde lengte in meter (range) ^A	1.59	1.69 (1.56-1.80)
Gemiddelde gewicht in kilogram (range) ^B	80.0	76.1 (65.0-90.0)
Type intracraniële aandoening (%)		
• Acousticus neurinoma	6 (85.7%)	0 (0%)
• Aterioveneuze malformatie	1 (14.3%)	0 (0%)
• Hersenmetastase	0 (0%)	5 (62.5%)
• Epilepsiekern	0 (0%)	3 (37.5%)
Gemiddelde volume in cm ³ (range)	0.771 (0.211-2.048)	1.492 (0.027-5.713)
Gemiddelde PTV in cm ³ (range)	0.771 (0.211-2.048)	1.702 (0.104-5.713)

PTV, planning target volume

^A – Voor 6 van de 7 patiënten (85.7%) geïmmobiliseerd met het frame en 5 van de 8 patiënten (62.5%) geïmmobiliseerd met het masker was geen informatie aanwezig over de lengte van de patiënten

^B – Voor 6 van de 7 patiënten (85.7%) geïmmobiliseerd met het frame en 3 van de 8 patiënten (37.5%) geïmmobiliseerd met het masker was geen informatie aanwezig over het gewicht van de patiënten

Het gemiddelde, de standaarddeviatie en de minimale- en maximale verplaatsing van de longitudinale, verticale- en laterale richting ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering zijn genoteerd in *tabel 3* voor het frame en het masker. De verplaatsingen van de 7 patiënten geïmmobiliseerd met het frame in de tabel zijn gebaseerd op de waargenomen verplaatsingen door de drie observers in Offline Review (*bijlage IV, tabel 9 en 10*). Bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame is in de longitudinale richting in tegenstelling tot de verticale richting (1.0 mm) en laterale richting (-0.667 mm/ 0.667 mm) de grootste verplaatsing van 2.0 mm waargenomen. Daarnaast is de gemiddelde verplaatsing van -0.095 mm (SD: 0.499) in de laterale richting het kleinst en in de longitudinale richting, 0.905 mm (SD: 0.679), het grootst bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame. Bij de 8 patiënten geïmmobiliseerd gebruikmakend van het masker is in de laterale richting de grootste gemiddelde verplaatsing van -1.009 mm genoteerd. Echter, de waargenomen spreiding van de data bij

de patiënten geïmmobiliseerd met een masker is in de laterale richting (SD: 0.908) kleiner ten opzichte van de longitudinale- en verticale richting (SD: 1.186 en SD: 1.082).

Tabel 3: Verplaatsingen in mm ; longitudinale, verticale- en laterale richting bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame en masker

		Gemiddelde verplaatsing	SD	Minimale verplaatsing	Maximale verplaatsing
FRAME	Longitudinaal	0.905	0.679	-0.167	2.0
	Verticaal	0.667	0.333	0.0	1.0
	Lateraal	-0.095	0.499	0.0	-0.667/0.667
MASKER	Longitudinaal	-0.935	1.186	0.48	-3.53
	Verticaal	-0.894	1.082	-0.11	-2.47
	Lateraal	-1.009	0.908	-0.19	-2.20
				Significantie	$p = 0.643^A$
				Significantie	$p = 0.07^B$
				Significantie	$p = 0.015^C$

SD, standaarddeviatie

^A – p -waarde = 0.643; niet statistisch significant verschil tussen beide immobilisatie-technieken (frame en masker) bij de longitudinale richting

^B – p -waarde = 0.07; niet statistisch significant verschil tussen beide immobilisatie-technieken (frame en masker) bij de verticale richting

^C – p -waarde = 0.015; statistisch significant verschil tussen beide immobilisatie-technieken (frame en masker) bij de laterale richting

In vergelijking tussen de patiënten geïmmobiliseerd met het frame en de patiënten geïmmobiliseerd met het masker blijkt uit *tabel 3* en *figuur 3* dat in alle (longitudinale, verticale- en laterale) richtingen gemiddeld grotere verplaatsingen en grotere standaarddeviaties zijn waargenomen bij het masker. Aangezien de interpretatie voor de longitudinale- en laterale richting tegenstrijdig is voor het frame en het masker (*tabel 1*) dient hier rekening mee te worden gehouden in *tabel 3*. Het verschil tussen de gemiddelde verplaatsingen bij het frame en het masker bedraagt 0.030 mm en 1.561 mm, respectievelijk voor de longitudinale richting en verticale richting. Deze verschillen tussen beide immobilisatie-technieken voor de longitudinale- en verticale richting zijn statistisch niet significant ($p = 0.064$ en $p = 0.07$). Daar staat tegenover dat het verschil in de gemiddelde verplaatsing tussen het frame en het masker in de laterale richting, 1.104 mm, wel statistisch significant is ($p = 0.015$).

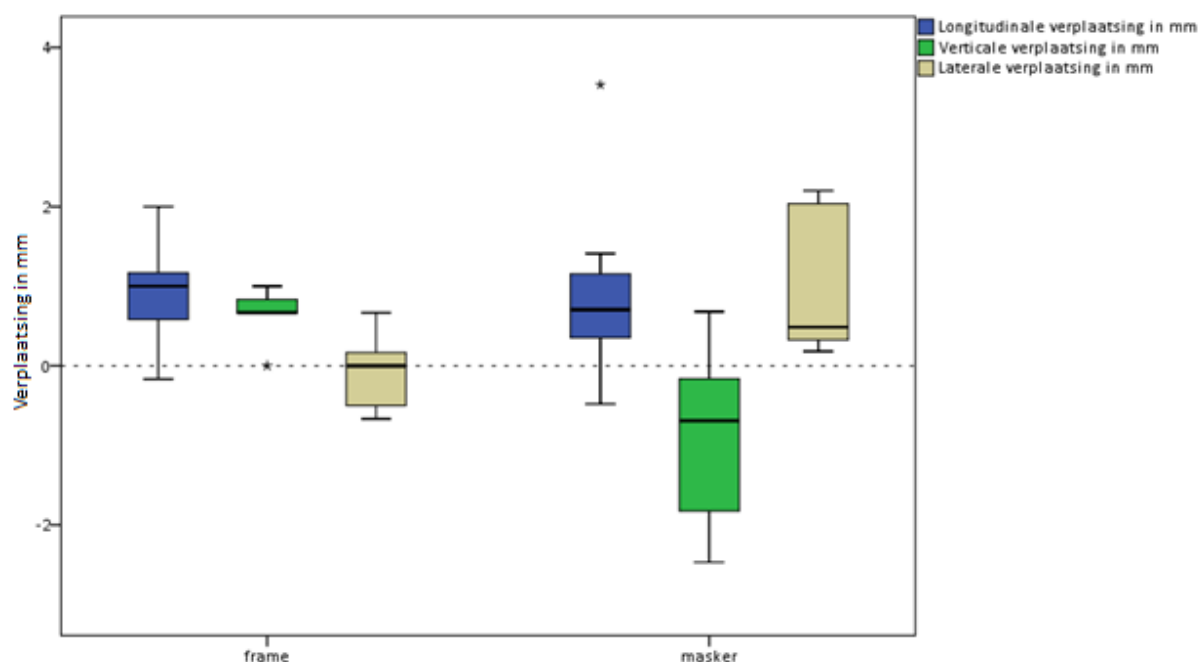
In *tabel 4* zijn het gemiddelde, de standaarddeviatie en de minimale- en maximale berekende 3D-vector van zowel het frame als masker genoteerd. De gemiddelde 3D-vector van de verplaatsing bij het frame bedraagt 1.323 mm (SD: 0.513) versus 2.285 mm (SD: 1.075) bij het masker. Uit de tabel blijkt dat de minimale (0.373 mm) en maximale (2.108 mm) berekende 3D-vector bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame kleiner zijn ten opzichte van het masker (0.561 mm / 3.542 mm). Het verschil in de gemiddelde 3D-vector van de verplaatsing tussen het frame en het masker bedraagt 0.962 mm en is niet statistisch significant ($p = 0.064$).

Tabel 4: 3D-vector van de verplaatsing in mm ; bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame en masker

	Gemiddelde 3D-vector	SD	Minimale 3D-vector	Maximale 3D-vector
FRAME	1.323	0.513	0.373	2.108
MASKER	2.285	1.075	0.561	3.542
			Significantie	$p = 0.064^A$

SD, standaarddeviatie

^A – p -waarde = 0.064; niet statistisch significant verschil tussen beide immobilisatie-technieken (frame en masker) bij de 3D-vector van de verplaatsing



*, uitschieter in de data van de verplaatsing

Toelichting: De longitudinale- en de laterale verplaatsing bij het masker zijn in spiegelbeeld in figuur 3 geprojecteerd. De reden hiervoor is dat op deze manier via een overzichtelijkere manier een vergelijking van de verplaatsing tussen beide immobilisatie-technieken wordt verkregen. Voor interpretatie van de verplaatsingen (negatieve- en positieve waarden) wordt verwezen naar tabel 3 en bijlage III.

Figuur 3: Verplaatsing longitudinale richting in mm blauw (masker spiegelbeeld), verticale richting in mm groen en laterale richting in mm grijs (masker spiegelbeeld) bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame en masker

Het gemiddelde, de standaarddeviatie en de minimale- en maximale roll, yaw- en pitch rotatie bij de patiënten geïmmobiliseerd middels het frame en masker zijn genoteerd in *tabel 5*. De rotatiedata van de yaw rotatie bij de 7 patiënten geïmmobiliseerd met het frame zijn verkregen aan de hand van de waargenomen yaw rotatie door de drie observers (*bijlage V, tabel 12 en 13*). Bij de patiënten geïmmobiliseerd middels het frame is een gemiddelde yaw rotatie van -0.048° (SD: 0.168) waargenomen. Bij de 8 patiënten geïmmobiliseerd gebruikmakend van het masker is bij de roll rotatie de kleinste gemiddelde rotatie (0.113°) en standaard deviatie (SD: 0.380) waargenomen ten opzichte van de yaw- en pitch rotatie. De grootste maximale rotatie (1.5°) is waargenomen in de yaw richting. Daar staat tegenover dat de gemiddelde rotatie in de pitch richting het grootst is, namelijk 0.238° (SD: 0.733).

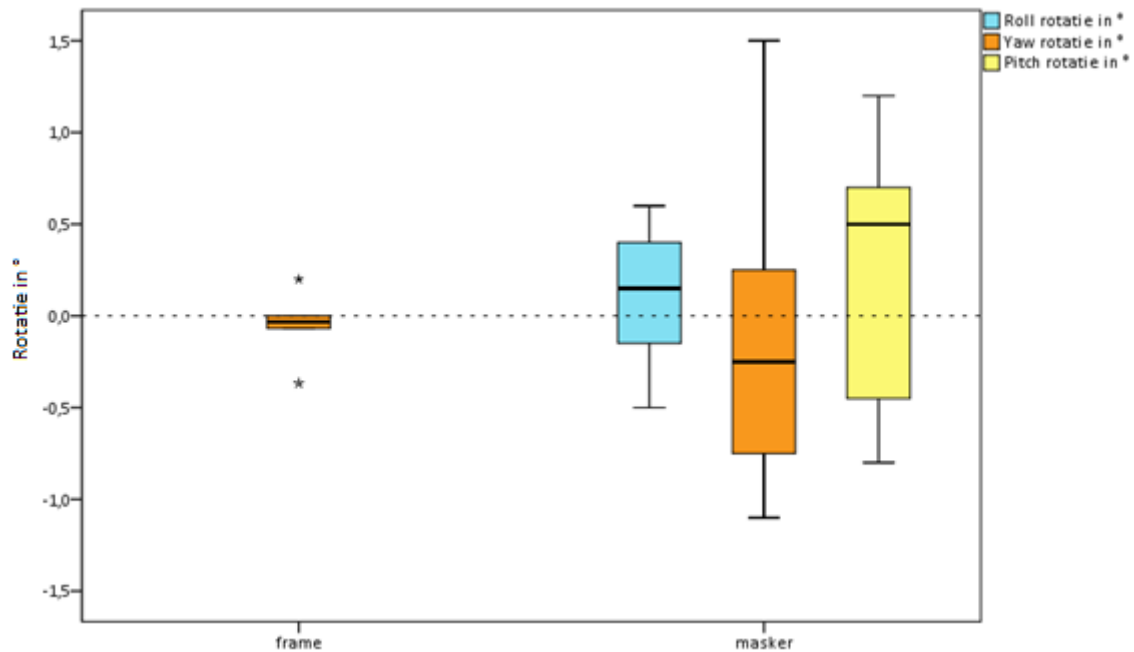
Tabel 5: Rotatiedata in $^\circ$; roll, yaw- en pitch rotatie bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame en masker

		Gemiddelde rotatie	SD	Minimale rotatie	Maximale rotatie
FRAME	Yaw	-0.048	0.168	0.0	-0.367
	Roll	0.113	0.380	-0.1/0.1	0.6
MASKER	Yaw	-0.138	0.850	-0.1	1.5
	Pitch	0.238	0.733	-0.1	1.2
				Significantie	$p = 0.202^A$

SD, standaarddeviatie

^A – p -waarde = 0.202; niet statistisch significant verschil tussen beide immobilisatie-technieken (frame en masker) bij de yaw rotatie

Uit de rotaties in *tabel 5* blijkt dat de yaw rotatie bij de patiënten geïmmobiliseerd met behulp van het masker een gemiddeld grotere rotatie en standaarddeviatie is waargenomen ten opzichte van de patiënten geïmmobiliseerd met het frame. Het verschil tussen de gemiddelde yaw rotatie bij het frame en masker bedraagt 0.090°. Dit verschil tussen het frame en het masker voor de yaw rotatie is niet statistisch significant ($p = 0.202$). Ter verduidelijking zijn de rotatiedata van beide immobilisatie-technieken (het frame en het masker) in *figuur 4* weergegeven.



*, uitschieter in de data van de verplaatsing

Figuur 4: Roll rotatie in ° blauw, yaw rotatie in ° oranje en pitch rotatie in ° geel bij patiënten geïmmobiliseerd met het frame en masker

In *tabel 6* is de 3D-vector van de rotatie bij de patiënten geïmmobiliseerd door middel van het masker berekend. Uit de tabel blijkt dat 1.109° (SD: 0.394) de gemiddelde 3D-vector is.

Tabel 6: 3D-vector van de rotatie in ° ; bij patiënten geïmmobiliseerd met het masker

	Gemiddelde 3D-vector	SD	Minimale 3D-vector	Maximale 3D-vector
MASKER	1.109	0.394	0.735	1.772

SD, standaarddeviatie

Discussie

In deze studie zijn voor beide immobilisatie-technieken, het frame en het masker, de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering bepaald en met elkaar vergeleken. Uit de resultaten blijkt dat bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame kleinere verplaatsingen en standaarddeviaties in de longitudinale, verticale- en laterale richting en yaw rotatie zijn waargenomen in vergelijking met de patiënten geïmmobiliseerd met het masker.

Kijkend naar de patiënten positionering kan de gemiddelde verplaatsing bij het frame als volgt geïnterpreteerd worden: de positie van de patiënten is 0.905 mm te ver caudaal, 0.667 mm te ver ventraal en 0.095 mm te ver links gepositioneerd ten opzichte van de oorspronkelijke positie op de CT-scan. Verder zijn de patiënten geïmmobiliseerd met het frame 0.048° geroteerd. De zeer minimale gemiddelde rotatie in de yaw richting betekent dat de voeten van de patiënten naar rechts en het hoofd naar links zijn gepositioneerd.

Interpretatie van de gemiddelde verplaatsing bij het masker luidt als volgt: de patiënten zijn 0.935 mm te ver caudaal, 0.894 mm te ver dorsaal en 1.009 mm te ver rechts gepositioneerd ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering. Daarnaast kunnen de gemiddelde rotaties in de roll, yaw- en pitch richting als volgt geïnterpreteerd worden; de patiënten geïmmobiliseerd met het masker zijn in de roll richting 0.113° te ver richting links gerold zodat de rechter schouder omhoog is gelegen. In de yaw richting zijn de patiënten met het masker 0.138° te veel geroteerd zodat de voeten van de patiënten naar rechts en het hoofd van de patiënten te veel naar links is gelegen. In de pitch richting is de rotatie 0.238° zodat het hoofd van de patiënten te ver richting ventraal en de benen naar dorsaal is gepositioneerd.

De grotere standaarddeviaties bij het masker ten opzichte van het frame bij de longitudinale, verticale- en laterale richting geven aan dat meer variatie en ongewenste beweging mogelijk is bij het masker. Deze waarneming is ook terug te zien in de 3D-vector van de verplaatsing en yaw rotatie. Om deze redenen is het belangrijk om tijdens de bestraling ook ExacTrac beelden te blijven nemen, bij elke nieuwe tafelpositie, ter controle van de positie van de patiënt.

De gemiddelde verplaatsingen bij het frame bedragen 0.905 mm (SD: 0.679), 0.667 mm (SD: 0.333) en -0.095 mm (SD: -0.499) respectievelijk voor de longitudinale, verticale- en laterale richting. Ramakrishna et al.⁵ onderzochten onder andere de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering middels het ExacTrac systeem bij gebruik van een Brown-Roberts-Wells (BRW) frame. Uit het resultaat bleek een gemiddelde verplaatsing van 1.0 mm (SD: 0.5) bij het BRW frame te zijn waargenomen. Het resultaat van Ramakrishna et al. en deze studie komen niet volledig overeen. De kleinere gemiddelde verplaatsing in deze studie kan worden veroorzaakt door een aantal redenen. Ten eerste is in deze studie gebruik gemaakt van een invasief frame (BrainLAB AG) afkomstig van een andere fabrikant. In de tweede plaats is het matchen van de lokalisatiefoto's met de DRR-beelden door drie observers uitgevoerd. Doordat de uitschieters bij het matchen (*bijlage IV en V, tabel 9, 10, 12 en 13*) gemiddeld zijn, is mogelijk niet de correcte gemiddelde verplaatsing (en yaw rotatie) weergegeven in de resultaten. Deze onzekerheid in de resultaten had voorkomen kunnen worden door een andere methode te gebruiken. Een voorbeeld: exclusie van de uitschieters groter dan 2 mm en/of 0.5° ten opzichte van de twee andere observers.

Diverse studies hebben de nauwkeurigheid van de initiële patiënten positionering onderzocht bij de patiënten geïmmobiliseerd met het masker bij de behandeling middels stereotactische radiochirurgie^{9,15} en stereotactische radiotherapie^{10,17}. Uit deze studies kan worden afgeleid dat de grootste verplaatsingen in de cranio-caudale richting zijn genoteerd en dan voornamelijk in de craniale richting¹⁰. Dit is gedeeltelijk in overeenstemming met de bevindingen in deze studie waarbij in de longitudinale richting de grootste spreiding van de data (SD: 1.186) is gemeten. Dit betekent dan ook dat in deze richting de meeste variatie is en daarmee ook de meeste bewegingsvrijheid in deze studie. Echter de resultaten in deze studie laten zien in tegenstelling

tot bovengenoemde studie¹⁰ dat de patiënten geïmmobiliseerd met het masker gemiddeld te ver caudaal zijn gepositioneerd. Dit resultaat kan op toeval berusten omdat de onderzoeksgroep klein is ($n = 15$) en de resultaten niet statistisch significant zijn, behalve de verplaatsing in de laterale richting. Een duidelijke verklaring van de bovengenoemde bevinding in deze studie is niet gevonden.

Een andere opvallende bevinding van deze studie is dat de verplaatsingen in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de yaw rotatie bij de patiënten geïmmobiliseerd met het masker in 87.5% (*bijlage IV en V, tabel 11 en 14*) negatieve matchingswaardes zijn. In de literatuur is zover gevonden geen samenhang met deze bevinding. Ten eerste kan het verschijnsel op toeval berusten omdat de groep patiënten geïmmobiliseerd met het masker niet groot is ($n = 8$). Op de tweede plaats kan sprake zijn van een verplaatsing die niet zichtbaar is tijdens de kwaliteitscontrole van het ExacTrac systeem of een (random of systematische) fout van de lineaire versneller. Verder kan ook een fout zijn ontstaan bij de overgang van mouldroom naar CT-scan, planning en de lineaire versneller.

Sterke punten van deze studie zijn: dit is de eerste studie (zover als in de literatuur gevonden) die heeft gepubliceerd over de nauwkeurigheid van de initiële patiënt positionering bij zowel, het frame als het masker, in combinatie met twee verschillende IGRT-technieken (kV-MV imaging en ExacTrac). Voor zover bekend is bij het frame eveneens geen literatuur bekend over de nauwkeurigheid van de yaw rotatie bij de initiële patiënten positionering. Ohtakara et al.¹⁰ publiceerde de roll, yaw- en pitch rotatie bij de initiële patiënten positionering bij stereotactische radiotherapie. De resultaten van Ohtakara et al. en deze studie voor de roll, yaw- en pitch rotatie komen overeen¹⁰.

Ondanks de bovengenoemde voordelen heeft deze studie ook beperkingen. Allereerst heeft geen optimale vergelijking kunnen plaatsvinden tussen beide immobilisatie-technieken. Dit is te wijten aan de twee verschillende IGRT-technieken en matchingsprogramma's die zijn toegepast om de data van de verplaatsingen en rotatie(s) te verzamelen. Aanbevolen wordt dan ook om de initiële patiënten positionering van beide immobilisatie-technieken met één IGRT-techniek te onderzoeken, met als voorkeur Cone Beam CT (beschikbaar op een Truebeam STx lineaire versneller) omdat hierbij de verplaatsingen en rotaties in 6 richtingen bij zowel het frame als het masker weergegeven kunnen worden. Bovendien zijn er verschillen in de betekenis van de positieve en negatieve matchingsresultaten van de longitudinale- en laterale richting tussen Offline Review en ExacTrac. Hierdoor is het beschrijven en interpreteren van de resultaten lastig. Anderzijds heeft dit wel als voordeel dat de resultaten in deze studie direct toepasbaar zijn in de klinische praktijk voor de afdeling 'radiotherapie-oncologie' (UZ Leuven). Ten tweede zijn niet statistisch significante resultaten waargenomen, met uitzondering van de laterale richting ($p = 0.015$), mogelijk verklaard door een kleine onderzoeksgroep ($n = 15$). Ten derde is bij het matchen in Offline Review van het frame alleen mogelijk om de verplaatsingen waar te nemen met millimeter nauwkeurigheid. Dit in tegenstelling tot een honderdste millimeter nauwkeurigheid bij het masker. Verder is het ook niet mogelijk om in Offline Review de nauwkeurigheid in 6 richtingen aan te geven zoals bij ExacTrac; dus geen roll- en pitch rotatie. Ten vierde zijn de patiënten in de praktijk niet gerandomiseerd voor behandeling middels het frame of het masker. De patiënten in deze studie zijn namelijk bij een acusticus neurinoma en AVM geïmmobiliseerd met het frame. Dit nadeel, selectie bias, zou van invloed kunnen zijn op de resultaten van deze studie. Ten slotte is het matchen bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame erg lastig doordat de matchstructuren voorafgaand op de DRR-beelden niet nauwkeurig ingetekend zijn (*figuur 1*). Tijdens deze studie is dan ook aangeraden aan de observers om deze structuren eventueel uit te zetten bij het matchen. Bovendien, is het matchen bemoeilijkt door de niet eenduidig genomen afbeeldingsgrootte van de kV- en/of MV beelden. In het ergste geval is alleen sprake van een gedeelte posterior schedelrand op het kV-beeld en bij het MV-beeld een gedeelte laterale schedelrand. Hierdoor kon geen 'optimale' matching plaatsvinden. Aanbevolen wordt om de intekening en afbeeldingsgrootte eenduidig en consequent te maken. Een suggestie: zowel de anterior als posterior schedelrand in het kV-beeld zichtbaar te maken. En op het MV-beeld beide laterale schedelranden waarbij de ogen worden afgeschermd door middel van de MLC.

Toekomstige gerandomiseerde studies met grotere onderzoeksgroepen en meer geschikte meetinstrumenten voor de vergelijking van beide immobilisatie-technieken zijn noodzakelijk om enkele onbeantwoorde vragen uit deze studie te onderzoeken. Met name de opvallende bevindingen die in deze studie zijn waargenomen bij de patiënten geïmmobiliseerd met het masker kunnen nader worden onderzocht. In toekomstig onderzoek moet ook een rol worden gezocht in andere factoren die van belang kunnen zijn voor de nauwkeurigheid van de patiënten positionering. Bijvoorbeeld: de invloed van lengte en gewicht van de patiënten en de locatie van de intracraniale aandoeningen op de verplaatsingen en rotaties ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

Conclusie

De resultaten in deze studie laten een gemiddelde 3D-vector van de verplaatsing en yaw rotatie zien bij de patiënten geïmmobiliseerd met het frame van 1.323 mm en -0.048° ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering. Daarnaast is bij het masker een gemiddelde 3D-vector van de verplaatsing van 2.285 mm en een gemiddelde 3D-vector van de rotatie van 1.109° waargenomen. Het verschil tussen de gemiddelde verplaatsingen bij het frame en het masker bedragen 0.030 mm, 1.561 mm en 1.104 mm, respectievelijk voor de longitudinale- verticale en laterale richting. Daarbij is alleen een statistisch significant verschil waargenomen bij de laterale richting ($p = 0.015$). Het verschil tussen de gemiddelde yaw rotatie bij het frame en masker bedraagt 0.090° ($p = 0.202$). De grotere standaarddeviaties bij het masker ten opzichte van het frame bij de longitudinale, verticale- en laterale richting geven aan dat meer variatie en ongewenste beweging mogelijk is bij het masker. Deze waarneming is ook terug te zien in de 3D-vector van de verplaatsing en yaw rotatie.

Kortom, deze studie draagt bij aan het bewijs dat, bij de behandeling van intracraniële aandoeningen middels stereotactische radiochirurgie, immobilisatie met het frame resulteert in een nauwkeurigere initiële patiënten positionering in vergelijking met het masker. De waargenomen verplaatsingen en rotaties bij het masker zijn aanvaardbaar doordat de verplaatsingen en rotaties automatisch gecorrigeerd en nogmaals gecontroleerd worden voor de start van de stereotactische radiochirurgie. Bovendien biedt de stereotactische radiochirurgie met het masker voordelen voor het comfort van de patiënten en efficiëntie van de behandeling.

Literatuurlijst

- 1 Rowshanfarzad P, Sabet M, O' Connor DJ. Verification of the linac isocenter for stereotactic
radiosurgery using cine-EPID imaging and arc delivery. *Am. Assoc. Phys. Med.* 2011; 38(7): 3963-3970.
- 2 Wiehle R, Koth H, Nanko N, Grosu A, Hodapp N. On the Accuracy of isocenter verification with kV
imaging in stereotactic radiosurgery. *Strahlentherapie und Onkologie* 2009; 5: 325-330.
- 3 Radiochirurgie. Leuven: UZ Leuven; 2010.
- 4 Froma AA, Mast ME, Welleweerd H. *Techniek in de radiotherapie*. 2nd ed. Maarssen: Elsevier
gezondheidszorg; 2007.
- 5 Ramakrishna N, Rosca F, Friesen S, Tezcanli E, Zygmanski P, Hacker F. A clinical comparison of patient
setup and intra-fraction motion using frame-based radiosurgery versus a frameless image-guided
radiosurgery system for intracranial lesions. *Radiotherapy and Oncology* 2010; 95: 109-115.
- 6 Deinsberger R, Tidstrand J. Linac radiosurgery as a tool in neurosurgery. *Neurosurg Rev* 2005; 28: 79–
88.
- 7 Wolbers JG. Stereotactische radiochirurgie. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 1995; 139(22):
1119- 1123.
- 8 Ganslandt O, Mueller R, Mueller W, Borchert H, Grabenbauer GG. Simple invasive fixation device for
fractionated stereotactic LINAC based radiotherapy. *Acta Neurochirurgica* 2003; 145: 289 – 294.
- 9 Verbakel WFAR, Lagerwaard FJ, Verduin AJE, Heukelom S, Slotman BJ, Cuijpers JP. The accuracy of
frameless stereotactic intracranial radiosurgery. *Radiotherapy and Oncology* 2010; 97: 390-394.
- 10 Ohtakara K, Hayashi S, Tanaka H, Hoshi H, Kitahara M, Matsuyama K, Okada H. Clinical comparison of
positional accuracy and stability between dedicated versus conventional masks for immobilization in
cranial stereotactic radiotherapy using 6- degree- of- freedom image guidance system-integrated
platform. *Radiotherapy and Oncology* 2012; 102: 198 – 205.
- 11 Tsao M, Xu W, Sahgal A. A meta-analysis evaluating stereotactic radiosurgery, whole-brain
radiotherapy, or both for patients presenting with a limited number of brain metastases. *Cancer* 2012;
118: 2486 – 2493.
- 12 Scheurleer JS, Welleweerd J, de Ru VJ. *Radiobiologie en stralingsbescherming*. 5nd ed. Doetinchem:
Reed Business; 2006.
- 13 Otto K, Gino Fallone Sc, Gino Fallone B, FCCPM D. Frame slippage verification in stereotactic
radiosurgery. *Radiation Oncology* 1998; 41 (1): 199 - 205.
- 14 Kunieda E, Deloar HM, Kitamura M, Kawaguchi O, Shiba H, Takeda A. Rotational and translational
reproducibility of newly developed Leksell frame-based relocatable fixation system. *Radiation Med.*
2006; 24: 503-510.
- 15 Minniti G, Scaringi C, Clarke E, Valeriani M, Osti M, Enrici RM. Frameless linac-based stereotactic
radiosurgery (SRS) for brain metastases: analysis of patient repositioning using a mask fixation system
and clinical outcomes. *Radiation Oncology* 2011; 6: 158.
- 16 Theelen A, Martens J, Bosmans G, Houben R, Jager JJ, Rutten I, Lambin P, Minken AW, Baumert BG.
Relocatable fixation systems in intracranial stereotactic radiotherapy. *Strahlentherapie und Onkologie*
2012; 188: 84 – 90.
- 17 Minniti G, Valeriani M, Clarke E, D'Arienzo M, Ciotti M, Montagnoli R. Fractionated stereotactic
radiotherapy for skull base tumors: analysis of treatment accuracy using a stereotactic mask fixation
system. *Radiation Oncology* 2010; 5: 1.
- 18 Taylor LS, Allisy A, Hobbs TG. International Commission on Radiation Units and Measurements ICRU
report No. 71. *Journal of the ICRU Volume 4 (no 1)*. Oxford University Press; 2004.

Bijlagen

Bijlage I: Veranderde centrale vraagstelling en deelvragen ten opzichte van goedgekeurd projectplan

De vraagstellingen (centrale vraagstelling + deelvragen) zijn na aanleiding van opmerkingen in het beoordelingsformulier van het goedgekeurde projectplan aangepast. Dit betreft alleen de formulering van de vraagstellingen en geen inhoudelijke wijzigingen. Hieronder zijn zowel de oude vraagstellingen als de nieuw geformuleerde vraagstellingen weergegeven.

(Oud) Centrale vraagstelling (in goedgekeurd projectplan):

- In hoeverre is er een verschil in patiënt positionering tussen een invasief frame en het masker bij de behandeling van intracraniële aandoeningen met behulp van stereotactische radiochirurgie?*

(Oud) Deelvragen (in goedgekeurd projectplan):

- In hoeverre is bij een invasief frame een verschuiving en verplaatsing op de lokalisatiefoto's waarneembaar (door middel van automatisch matchen) ten opzichte van de oorspronkelijke patiënt positionering op de DRR-beelden?*
- In hoeverre is bij het masker een verschuiving, verplaatsing en verdraaiing op de lokalisatiefoto's waarneembaar (door middel van automatische matchen) ten opzichte van de oorspronkelijke patiënt positionering op de DRR-beelden?*

De nieuw geformuleerde centrale vraagstelling die voor deze studie is opgesteld:

- Welke nauwkeurigheid van initiële patiënt positionering is haalbaar bij immobilisatie met behulp van het frame en het masker bij de stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsingen en rotatie(s) ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

De twee nieuwe deelvragen die daarbij ter verduidelijking zijn opgesteld luiden:

- In hoeverre komen bij immobilisatie middels het frame de lokalisatiefoto's verkregen via kV-MV imaging overeen met de DRR-beelden van de oorspronkelijke CT-positionering?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting en de yaw rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

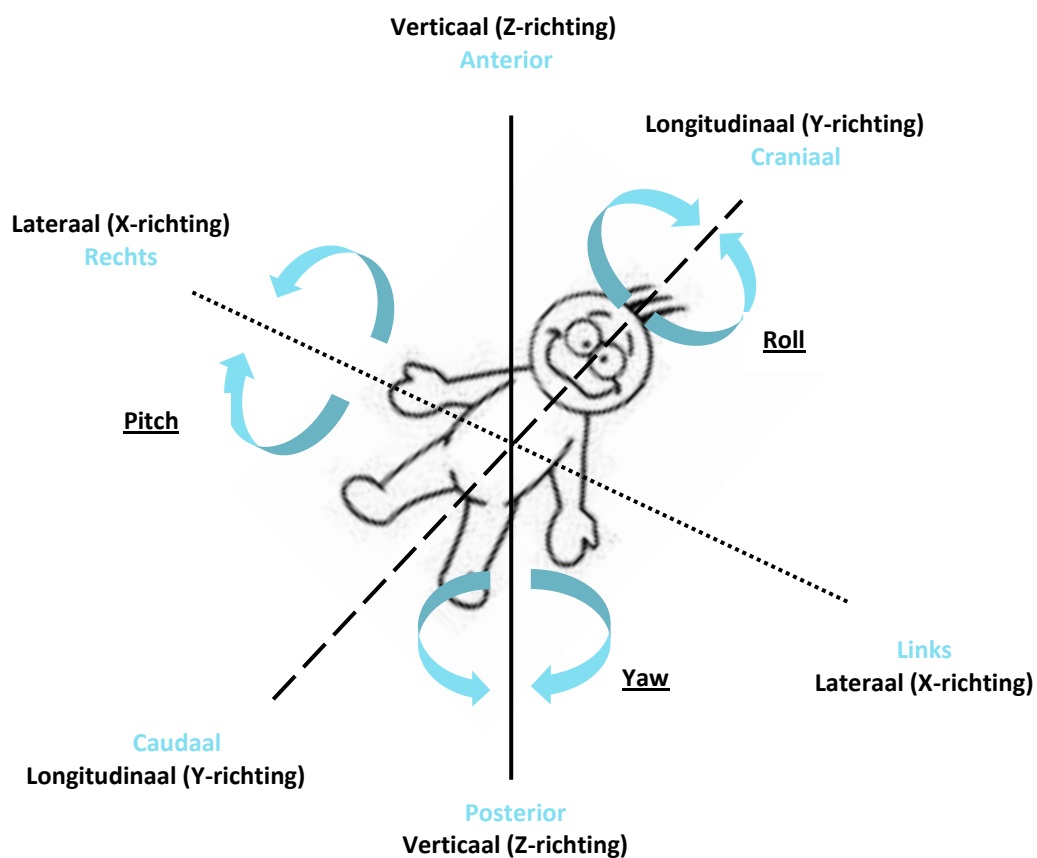
- In hoeverre komen bij immobilisatie middels het masker de lokalisatiefoto's verkregen via het röntgensysteem van ExacTrac overeen met de DRR-beelden van de oorspronkelijke CT-positionering?

Hierbij wordt gekeken naar de verplaatsing in de longitudinale, verticale- en laterale richting én de roll, yaw- en pitch rotatie ten opzichte van de oorspronkelijke CT-positionering.

Bijlage II: Schematisch assenstelsel Truebeam STx lineaire versneller

Onderstaand is een schematisch assenstelsel van de longitudinale, verticale- en laterale richting en de roll, yaw en pitch rotaties weergegeven, zoals van toepassing op de Truebeam STx lineaire versneller. De Truebeam STx is conform de International Electrotechnical Commission (IEC) schaal (1996). *Figuur 5* is overgenomen uit de International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)-71¹⁸ en verbeterd op de volgende punten:

- Duidelijker;
- Benamingen en de y, z en x- richtingen weergegeven;
- Roll, yaw- en pitch toegevoegd.



Figuur 5: Schematisch assenstelsel Truebeam STx conform IEC schaal (1996)

Bijlage III: Interpretatie van de positieve en negatieve matchingswaarden in Offline Review en ExacTrac

Onderstaand in de bijlage zijn in tabel 1 (kopie van de tabel in de methode) en tabel 7 de interpretatie van de waargenomen positieve en negatieve matchingswaarden in Offline Review en ExacTrac genoteerd. In tabel 8 is de interpretatie van de roll- en pitch rotatie genoteerd.

Bij alle verplaatsingen en rotaties moet worden uitgegaan van de patiënt. Ter verduidelijking: de patiënt met een positieve matchingswaarde in Offline Review voor de verticale verplaatsing liggen op de lineaire versneller te ver richting ventraal.

Tabel 1: Interpretatie van positieve- en negatieve matchingswaarden bij de longitudinale- en laterale richting na matching in Offline Review en ExacTrac

	Longitudinaal		Lateraal	
	+	-	+	-
Offline Review	Caudaal	Craniaal	Rechts	Links
ExacTrac	Craniaal	Caudaal	Links	Rechts

+ ; positieve matchingswaarde

- ; negatieve matchingswaarde

Tabel 7: Interpretatie van positieve- en negatieve matchingswaarden bij de verticale richting en yaw rotatie na matching in Offline Review en ExacTrac

	Verticaal		Yaw rotatie	
	+	-	+	-
Offline Review	Ventraal	Dorsaal	Hoofd naar rechts, voeten naar links	Hoofd naar links, voeten naar rechts
ExacTrac	Ventraal	Dorsaal	Hoofd naar rechts, voeten naar links	Hoofd naar links, voeten naar rechts

+ ; positieve matchingswaarde

- ; negatieve matchingswaarde

Tabel 8: Interpretatie van positieve- en negatieve matchingswaarden bij de roll- en pitch rotatie na matching in ExacTrac

	Roll rotatie		Pitch rotatie	
	+	-	+	-
ExacTrac	Links gerold (re. schouder omhoog)	Rechts gerold (li. schouder omhoog)	Hoofd te ver anterior, benen te ver posterior	Hoofd te ver posterior, benen te ver anterior

+ ; positieve matchingswaarde

- ; negatieve matchingswaarde

Bijlage IV: Data longitudinale, verticale, laterale richting en de 3D-vector van de verplaatsing

Onderstaand in tabel 9 en 10 zijn de data van de verplaatsingen weergegeven per patiënt geïmmobiliseerd met het frame. In tabel 11 zijn de data per patiënt geïmmobiliseerd met het masker weergegeven.

Tabel 9: Data per patiënt bij het frame genoteerd door observer A, B en C ; longitudinale, verticale- en laterale richting en de berekende 3D-vector van de verplaatsing(in mm)

	Observer A				Observer B				Observer C			
	Longitudinaal	Verticaal	Lateraal	Verplaatsing 3D-vector	Longitudinaal	Verticaal	Lateraal	Verplaatsing 3D-vector	Longitudinaal	Verticaal	Lateraal	Verplaatsing 3D-vector
Patiënt 1	1	1	-1	1.732	1	0	-1	1.414	1	1	0	1.414
Patiënt 2	1	0	0	1	1	2	0	2.236	1	0	0	1
Patiënt 3	1	1	1	1.732	0.5	1	0	1.118	0	1	1	1.414
Patiënt 4	2	1	1	2.449	2	1	0	2.236	2	0	-1	2.236
Patiënt 5	1	1	0	1.414	1.5	1	0	1.802	1.5	0	1	1.802
Patiënt 6	1	1	-1	1.732	1	1	0	1.414	0	1	-1	1.414
Patiënt 7	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	-1	0	-1	1.414

SD, standaarddeviatie

Tabel 10: Samengevoegde data (observer A, B en C) per patiënt bij het frame; longitudinale, verticale- en laterale richting en de berekende 3D-vector van de verplaatsing (in mm)

	Longitudinaal	Verticaal	Lateraal	Verplaatsing 3D-vector
Patiënt 1	1	0.667	-0.667	1.375
Patiënt 2	1	0.667	0	1.202
Patiënt 3	0.5	1	0.667	1.302
Patiënt 4	2	0.667	0	2.108
Patiënt 5	1.333	0.667	0.333	1.527
Patiënt 6	0.667	1	-0.667	1.375
Patiënt 7	-0.167	0	-0.333	0.373

SD, standaarddeviatie

Tabel 11: Data per patiënt bij het masker; longitudinale, verticale- en laterale richting en de berekende 3D-vector van de verplaatsing (in mm)

	Longitudinaal	Verticaal	Lateraal	Translatie 3D-vector
Patiënt 1	-0.54	-1.41	-0.46	1.578
Patiënt 2	-0.87	-0.70	-0.49	1.219
Patiënt 3	-0.19	-2.24	-1.90	2.943
Patiënt 4	-0.90	-2.47	-2.20	3.428
Patiënt 5	0.48	0.68	-2.17	2.324
Patiënt 6	-0.52	-0.11	-0.18	0.561
Patiënt 7	-1.41	-0.68	-0.48	2.681
Patiënt 8	-3.53	-0.22	-0.19	3.542

SD, standaarddeviatie

Bijlage V: Data roll, yaw, pitch rotatie en de 3D-vector van de rotatie

Onderstaand in tabel 12 en 13 zijn de data van de rotaties weergegeven per patiënt geïmmobiliseerd met het frame. In tabel 14 zijn de data per patiënt geïmmobiliseerd met het masker weergegeven.

Tabel 12: Data per patiënt bij het frame genoteerd door observer A, B en C ; yaw rotatie (in °)

	Observer A	Observer B	Observer C
	Yaw	Yaw	Yaw
Patiënt 1	0	0	0
Patiënt 2	-0.2	-0.1	-0.8
Patiënt 3	0	0	-0.1
Patiënt 4	0	0.1	-0.1
Patiënt 5	0.2	0.2	0.2
Patiënt 6	-0.1	-0.1	0
Patiënt 7	0	-0.1	-0.1

SD, standaarddeviatie

Tabel 13: Samengevoegde data bij het frame (observer A, B en C) per patiënt in °

	Yaw
Patiënt 1	0
Patiënt 2	-0.367
Patiënt 3	-0.033
Patiënt 4	0
Patiënt 5	0.200
Patiënt 6	-0.067
Patiënt 7	-0.067

SD, standaarddeviatie

Tabel 14: Data per patiënt bij het masker; roll, yaw- en pitch rotatie en de berekende rotatie 3D-vector (in °)

	Roll	Yaw	Pitch	Rotatie 3D-vector
Patiënt 1	-0.2	-0.5	0.7	0.883
Patiënt 2	0.6	-0.1	0.5	0.787
Patiënt 3	0.6	0.6	0.5	0.985
Patiënt 4	-0.5	1.5	-0.8	1.772
Patiënt 5	-0.1	-1.1	1.2	1.631
Patiënt 6	0.1	-0.2	0.7	0.735
Patiënt 7	0.2	-0.3	-0.8	0.877
Patiënt 8	0.2	-1.0	-0.1	1.025

SD, standaarddeviatie

B4 Beoordelingsformulier projectplan

Naam: **Eline van de Poll** Studentnr: **2153279**
 Datum: **18 april 2013**
 Titel: **Stereotactische radiochirurgie bij intracraniele aandoeningen**

Algemeen

- Spelling en taalgebruik zijn correct ja / nee

Inleiding (Probleemomschrijving en probleemstelling)

- De probleemomschrijving is voldoende helder geformuleerd ja / nee

- Uit de probleemomschrijving, blijkt de maatschappelijke en paramedische relevantie ja / nee

- Op basis van de probleemstelling wordt een concrete en relevante vraagstelling (of meerdere) geformuleerd met eventueel sub vragen ja / nee

Doelstelling

De doelstelling is:

- Voldoende helder en concreet geformuleerd ja / nee

- Relevant voor een gekozen doelgroep binnen de (paramedische) beroepspraktijk ja / nee

- Praktisch uitvoerbaar ja / nee

- Haalbaar binnen de tijd ja / nee

Methode

-Er wordt voldoende inzicht gegeven in soorten activiteiten en soorten bronnen voor het uitvoeren van het onderzoek en het tot stand komen van het product ja/ nee

-De uitkomstmaten worden beschreven ja/ nee

-De gebruikte meetinstrumenten worden beschreven en de gemaakte keuzes beargumenteerd. ja/ nee

-De deelnemers worden beschreven inclusief in- en exclusiecriteria ja/ nee

-De beoogde analyse wordt beschreven en beargumenteerd ja/ nee

-Er is een ethische paragraaf toegevoegd (uitzondering: literatuurstudie) ja/ nee

Projectproduct (indien van toepassing)

Het projectproduct:

- Sluit aan bij de probleemstelling, vraagstelling en doelstelling ja / nee

- Is bruikbaar voor de gekozen doelgroep ja / nee

- Sluit aan bij de wens van de opdrachtgever ja / nee

- De producteisen zijn nauwkeurig omschreven nvt

Tijdpad

- Het tijdpad geeft voor het project als geheel een globale fasering en tijdbesteding en voor de eerstkomende weken een steeds gedetailleerdere invulling ja / nee
- In de tabel zijn belangrijke momenten (typografisch opvallend) vastgelegd, (bv. contactmomenten, inlevermomenten e.d.) ja / nee
- In het tijdpad wordt al een globale invulling gegeven van de taakverdeling bij de geplande activiteiten ja / nee

Begrote kosten

Er wordt een helder inzicht gegeven in:

- De te verwachten soorten kosten qua geld en uren ja / nee
- De verdeling van deze kosten (projectleider, student, opleiding) ja / nee

Literatuur

- Gebruikte en geplande literatuur is specifiek en in voldoende omvang genoemd ja / nee
- Er wordt verwezen naar relevante en recente literatuur ja / nee
- Literatuurverwijzingen, in lopende tekst en in literatuurlijst, worden gegeven volgens de Schrijfwijzer (Wouters 2012) ja / nee

Toelichting:

Alle punten onder B3.1 tot en met B3.8 moeten met 'ja' beantwoord zijn om een voldoende voor het project te krijgen. De begeleider bespreekt met de student op welke punten wijzigingen nodig zijn.

Beoordeling:

Voldoende

Naam beoordelaar:

Judocus van Hedel

Datum + Handtekening

25 april 2013

B4 Beoordelingsformulier projectplan

Naam: Eline van de Poll

Studentnr:

Datum: 18 april 2013

Titel: Stereotactische radiochirurgie bij intracraniale aandoeningen

Algemeen

- Spelling en taalgebruik zijn correct

ja / nee

Opmerking [WA1]: Het woord 'gouden standaard' is misleidend omdat dat binnen de diagnostiek wordt toegepast. Overweeg een andere woordkeuze

Inleiding (Probleemomschrijving en probleemstelling)

- De probleemomschrijving is voldoende helder geformuleerd
- Uit de probleemomschrijving, blijkt de maatschappelijke en paramedische relevantie
- Op basis van de probleemstelling wordt een concrete en relevante vraagstelling (of meerdere) geformuleerd met eventueel sub vragen

ja / nee

Opmerking [WA2]: 'masker patienten' klinkt heel oneerbiedig

ja / nee

Opmerking [WA3]: Vraag: Waarom kan het frame niet in combinatie met SRT gebruikt worden?

ja / nee

Opmerking [WA4]: Zorg dat ook de deelvragen op zichzelf gelezen kunnen worden, dus met alle onderdelen van PICO. Daarnaast is de formulering '...bij een masker' wat kort door de bocht en onvolledig

Doelstelling

De doelstelling is:

- Voldoende helder en concreet geformuleerd
- Relevant voor een gekozen doelgroep binnen de (paramedische) beroepspraktijk
- Praktisch uitvoerbaar
- Haalbaar binnen de tijd

ja / nee

Opmerking [WA5]: Wat is het verschil de overeenkomst tussen verschuiving, verplaatsing en verdraaiing? Wees consequent hierin bij de hoofdvraag en deelvragen.

ja / nee

ja / nee

ja / nee

Opmerking [WA6]: Overweeg specificering

Methode

- Er wordt voldoende inzicht gegeven in soorten activiteiten en soorten bronnen voor het uitvoeren van het onderzoek en het tot stand komen van het product
- De uitkomstmaten worden beschreven
- De gebruikte meetinstrumenten worden beschreven en de gemaakte keuzes beargumenteerd.
- De deelnemers worden beschreven inclusief in- en exclusiecriteria
- De beoogde analyse wordt beschreven en beargumenteerd
- Er is een ethische paragraaf toegevoegd (uitzondering: literatuurstudie)

ja / nee

ja / nee

ja / nee

ja / nee

ja / nee

ja / nee

Opmerking [WA7]: Een goede poging gedaan, maar wel wat aanpassingen nodig: 1) bij de statistische toetsing toets je niet of het verschil in de conclusie statistisch significant is, maar het verschil in verplaatsing en daaruit trek je een conclusie 2) een Mann-Whitney is geen t-toets, dus 't-' weglaten, dan is het oké. 3) 'Als de waarde boven de 5% komt...' -> bedoel je p-waarde?

Projectproduct (indien van toepassing)

Het projectproduct:

- Sluit aan bij de probleemstelling, vraagstelling en doelstelling
- Is bruikbaar voor de gekozen doelgroep
- Sluit aan bij de wens van de opdrachtgever
- De producteisen zijn nauwkeurig omschreven

ja / nee

ja / nee

ja / nee

nvt

Tijdpad

- Het tijdpad geeft voor het project als geheel een globale fasering en tijdbesteding en voor de eerstkomende weken een steeds gedetailleerdere invulling ja / nee
- In de tabel zijn belangrijke momenten (typografisch opvallend) vastgelegd, (bv. contactmomenten, inlevermomenten e.d.) ja / nee
- In het tijdpad wordt al een globale invulling gegeven van de taakverdeling bij de geplande activiteiten ja / nee

Begrote kosten

Er wordt een helder inzicht gegeven in:

- De te verwachten soorten kosten qua geld en uren ja / nee
- De verdeling van deze kosten (projectleider, student, opleiding) ja / nee

Literatuur

- Gebruikte en geplande literatuur is specifiek en in voldoende omvang genoemd ja / nee
- Er wordt verwezen naar relevante en recente literatuur ja / nee
- Literatuurverwijzingen, in lopende tekst en in literatuurlijst, worden gegeven volgens de Schrijfwijzer (Wouters 2012) ja / nee

Opmerking [WAS]: Dit kan veel beter: na elke stelling een ref (bv stukje doofheid), maar ook bij het aanhalen van een onderzoek 'May Tsao et al. Onderzochten...' → 'Tsao et al.'¹¹ onderzochten...

Toelichting:

Alle punten onder B3.1 tot en met B3.8 moeten met 'ja' beantwoord zijn om een voldoende voor het project te krijgen. De begeleider bespreekt met de student op welke punten wijzigingen nodig zijn.

Beoordeling:

Voldoende

Naam beoordelaar:

Datum + Handtekening

Lydia Willemse

18 april 2013