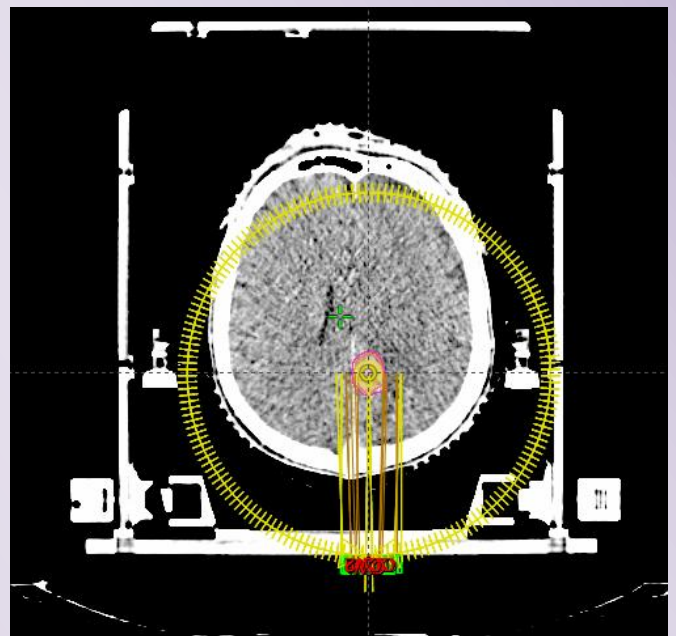
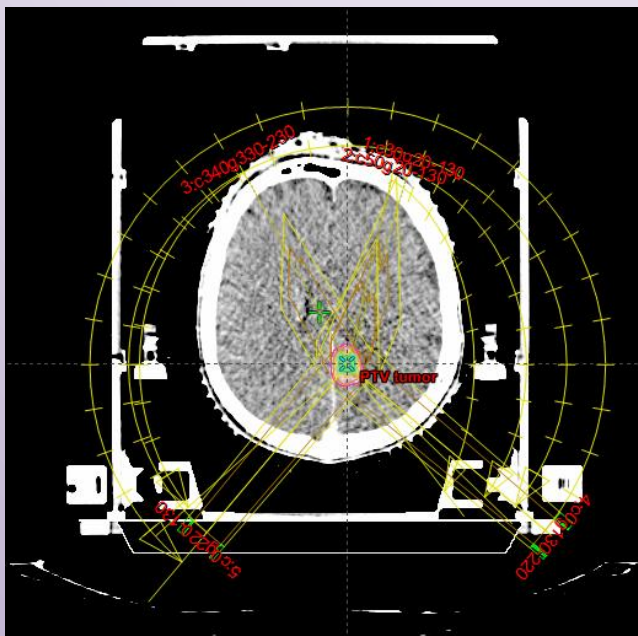


Stereotactische radiochirurgie bij intracraniële aandoeningen

Een vergelijkende planningsstudie met Dynamic Conformal
Arc en RapidArc



Martine Bänziger (2148006)

Juni 2013

Afstudeerproject MBRT

Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven

Universitair Ziekenhuis Leuven, radiotherapie-oncologie

Voorwoord

Dit onderzoeksverslag is geschreven in het kader van het afstudeerproject van de opleiding Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de afdeling radiotherapie-oncologie van het Universitair Ziekenhuis (UZ) Leuven. De afdeling radiotherapie-oncologie heeft binnen de titel: 'stereotactische radiochirurgie bij intracraniële aandoeningen' twee onderwerpen voorgesteld. Daarbij zal ik in dit onderzoeksverslag ingaan op het onderwerp: 'een vergelijkende planningsstudie met Dynamic Conformal Arc (DCA) en RapidArc (RA)'.

Dit onderzoek heeft als doel om DCA en RA met elkaar te vergelijken bij stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen. Daarbij is gekeken naar de dosisverdeling bij RA ten opzichte van de dosisverdeling van DCA. Dit onderzoek is uitgevoerd middels een retrospectieve planningsstudie.

Gedurende het afstudeerproject hebben verschillende mensen uit het UZ Leuven mij begeleid en geholpen met dit onderzoek. Ik wil hen graag bedanken voor alle tijd en energie die zij aan dit project hebben besteed:

- Dr. K. van Beek, radiotherapeut-oncoloog
- G. Defraene, fysicus
- J. Indemans, praktijklector
- Prof. Dr. J. Menten, radiotherapeut-oncoloog

Tot slot wil ik Judocus van Hedel, docent aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven, bedanken voor zijn begeleiding tijdens mijn afstudeerproject.

Juni 2013

Martine Bänziger

Samenvatting

Achtergrond

Op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' van het UZ Leuven wordt stereotactische radiochirurgie van intracranieële aandoeningen uitgevoerd met behulp van Dynamic Conformal Arc (DCA). RapidArc (RA) is een nieuwe techniek voor stereotactische radiochirurgie. Het doel van deze studie is om DCA en RA met elkaar te vergelijken. Door middel van een retrospectieve planningsstudie worden kwantitatieve data verzameld van de dosisverdeling in het planning target volume (PTV), organs at risk (OARs) en het gezond weefsel.

Methode

Patiënten met intracranieële aandoeningen die al behandeld zijn met DCA, zijn opnieuw gepland met RA. De CT-scans met de intekeningen van alle structuren van DCA zijn ook gebruikt voor RA. Voor RA zijn dezelfde dosiscriteria en eisen aangehouden zoals deze bij DCA zijn gemaakt. Gemiddelden en standaarddeviaties van beide planningstechnieken zijn uiteengezet in een tabel. Statistische significantie is bepaald met de Wilcoxon signed-rank test.

Resultaten

In deze studie zijn de resultaten gebaseerd op een onderzoeksgroep van negen patiënten, behandeld voor één of meerdere intracranieële aandoeningen. De conformiteit index (CI) is bij DCA beter dan bij RA; dit verschil is niet statistisch significant. De maximale dosis in de meeste OAR is hoger bij RA in vergelijking met DCA; deze verschillen zijn niet statistisch significant. Het volume van het gezond weefsel dat 30% van de voorgeschreven dosis krijgt is bij RA groter dan bij DCA; dit verschil is statistisch significant. De homogeniteit index (HI) is voor RA en DCA vrijwel gelijk; dit verschil is niet statistisch significant.

Conclusie

In vergelijking met RA wordt met DCA een betere conformiteit bereikt, minder volume van het gezond weefsel krijgt een lage dosis en OARs worden beter gespaard. De dosishomogeniteit in het PTV en het volume van het gezond weefsel dat een hoge dosis krijgt is voor RA en DCA vrijwel gelijk. Uit de resultaten van deze retrospectieve planningsstudie blijkt dat DCA voor een betere dosisverdeling zorgt.

Summary

Background

The department 'radiation oncology' of the UZ Leuven uses Dynamic Conformal Arc (DCA) for stereotactic radiosurgery of intracranial targets. RapidArc (RA) is a new technique for stereotactic radiosurgery. The purpose of this study is to compare DCA to RA. Through a retrospective planning study collected quantitative data on the dose distribution in the planning target volume (PTV), organs at risk (OARs) and the normal tissue.

Methods

Patients with intracranial targets who were already treated with DCA were replanned with RA. The CT scans with contouring of all structures of DCA were also used for RA. RA based on the same dose constraints and requirements of DCA. Averages and standard deviations of both planning techniques are summarized in a table. Statistic significance is defined by the Wilcoxon signed-rank test.

Results

In this study, the result are based on a study group of nine patients, treated for one or more intracranial targets. The conformity index (CI) is better for DCA in comparison to RA; this difference is not statistically significant. The dose in most OARs is higher for RA in comparison to DCA; these differences are not statistically significant. The volume of normal tissue that receive 30% of the prescribed dose is bigger for RA in comparison to DCA; this difference is statistically significant. The homogeneity index (HI) is almost equal for RA and DCA; this difference is not statistically significant.

Conclusion

DCA achieves a better conformity, less volume of normal tissue receives a low dose and OARs are better spared in comparison to RA. The dose homogeneity in the PTV and the volume of normal tissue that receives a high dose are almost equal for RA and DCA. The results of this retrospective planning study shows that DCA provides a better dose distribution.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	6
2. Methode	8
2.1 Dataselectie	8
2.2 Planningstechniek	9
2.2.1 Dynamic Conformal Arc	9
2.2.2 RapidArc	9
2.3 Dataverzameling	10
2.4 Statistische analyse	11
3. Resultaten	12
4. Discussie	17
4.1 Onderzoeksresultaten en opvallende bevindingen	17
4.2 Sterke en zwakke punten	17
4.3 Aanbevelingen	18
5. Conclusie	19
Literatuurlijst	20
Bijlagen	21
Bijlage I Goedkeuring projectplan beoordeeld door J. van Hedel	21
Bijlage II Goedkeuring projectplan beoordeeld door L. Willemse	23

1. Inleiding

Bepaalde intracraniële aandoeningen (schwannomen, arterio-veneuze malformaties (AVM), oligometastasen en epilepsiehaarden) worden met stereotactische radiochirurgie behandeld. Het nauwkeurig bestralen van het doelvolumen is erg belangrijk. De reden hiervoor is dat bij stereotactische radiochirurgie een hoge dosis van 15 tot 25 Gy in één fractie gegeven wordt aan een relatief klein(e) doelvolumen(s) tot een maximale diameter van 3 cm ¹⁻². Organs at risk (OARs) kunnen bij stereotactische radiochirurgie goed gespaard worden, omdat er sprake is van een scherpe dosisverval-curve ^{1,3}. De OARs hebben een maximum tolerantiedosis. Wanneer deze tolerantiedosis wordt overschreden kan er schade ontstaan aan het orgaan ⁴.

In eerste instantie werd stereotactische radiochirurgie gegeven met het gammaknife. Het gammaknife is speciaal ontwikkeld voor de behandeling van intracraniële aandoeningen ¹. Bij het gammaknife kan alleen stereotactische radiochirurgie toegepast worden ¹. Sinds 1985 kan met lineaire versnellers zowel stereotactische radiochirurgie als stereotactische radiotherapie worden toegepast ¹⁻². De lineaire versneller is uitgegroeid tot een dagelijks hulpmiddel in de radiochirurgie en heeft bewezen gelijk te zijn aan het gammaknife ².

Serizawa et al. ⁵ onderzochten in hun studie het effect van stereotactische radiochirurgie bij patiënten met hersenmetastasen. Uit de studie bleek dat stereotactische radiochirurgie effectiever is dan whole-brain radiation therapy (WBRT) ⁵. Stereotactische radiochirurgie zonder WBRT wordt gedaan om tumor controle te bereiken zonder de mogelijke op lange termijn neurotoxische en cognitieve bijwerkingen van WBRT ⁵. Er is vrijwel geen verschil op te merken in de overall survival tussen stereotactische radiochirurgie en WBRT met toegevoegde stereotactische radiochirurgie. Echter de lokale controle bij WBRT met toegevoegde stereotactische radiochirurgie is beter dan bij stereotactische radiochirurgie ⁵. Met stereotactische radiochirurgie wordt een lokale controle bereikt van 80%-95% ⁵.

Op de afdeling 'radiotherapie-oncologie' van het Universitair Ziekenhuis (UZ) Leuven wordt stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen uitgevoerd met behulp van Dynamic Conformal Arc (DCA) op de lineaire versneller TrueBeam STx van Varian met een leafbreedte van 2 mm. Deze bestralingstechniek is niet coplanair. Het aantal bogen dat gebruikt wordt is afhankelijk van het aantal isocentra ⁶. Patiënten met één isocentrum worden behandeld met vijf bogen, dit kan oplopen tot vijftien bogen bij drie isocentra, met als gevolg een langere bestralingstijd voor de patiënt.

RapidArc (RA) is een nieuwe techniek voor stereotactische radiochirurgie ⁶. RA is een geavanceerde techniek gebaseerd op Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) ⁶. De RA techniek zorgt voor een IMRT behandeling in een gantry rotatie om de patiënt ⁶. Daarbij variëren drie dynamische parameters continu tijdens de rotatie, namelijk de rotatiesnelheid van de gantry, de collimator opening met behulp van de multileaf collimators (MLC's) en het dosistempo ⁶⁻⁷. De variatie van deze drie

dynamische parameters zorgen voor covering van het planning target volume (PTV) en het minimaliseren van de dosis in OARs en het omliggende gezonde weefsel ⁶. Voordelen van RA zijn een korte bestralingstijd en een goede conformiteit ⁶⁻⁷.

Een parameter die gekozen wordt bij RA is het aantal bogen waarmee de bestraling uitgevoerd wordt. Uit onderzoek is gebleken dat met twee bogen de dosis beter gestuurd kan worden in vergelijking met één boog ⁷⁻⁸. Wang et al. ⁷ geeft aan dat het gebruik van drie of meerdere bogen bij bestraling van hersenmetastasen tot een hogere dosis in de OARs en gezond weefsel leidt. Echter gaf dit wel een kleine verbetering in covering van het PTV ⁷. Guckenberger et al. ⁸ geeft ook aan dat bij gebruik van drie of meerdere bogen bij bestraling van intracranieële aandoeningen de dosis in de OARs verhoogt; dit vormt vooral een probleem wanneer de OAR dicht bij het PTV ligt ⁸. Deze hoge dosis in het gezonde weefsel en OARs kan een gevolg zijn van lekkage en transmissie door de MLC ⁷.

Gezien het nieuwe karakter van deze techniek zijn er tot op heden nog geen publicaties over het verschil tussen RA en DCA bij stereotactische radiochirurgie van intracranieële aandoeningen. Een onderzoek naar stereotactische radiotherapie bij niet-kleincellige longtumoren (stadium 1) van Ong et al. ⁹ beschrijft wel het verschil tussen de planningstechnieken en concludeert dat met RA een betere conformiteit wordt bereikt in vergelijking met DCA. Dit gaf een betere sparing van het gezond weefsel dat dicht bij het PTV lag. Wel genereerde RA een groter aantal monitor eenheden (ME) in vergelijking met DCA ⁹. Een aantal gepubliceerde studies vergelijken RA met statische IMRT bundels. De resultaten van deze studies lopen uiteen. Uit verschillende studies is wel gebleken dat de dosis in de OARs groter wordt bij RA ten opzichte van statische IMRT bundels ^{7-8,10}.

Het doel van deze studie is om DCA en RA met elkaar te vergelijken. Door middel van een retrospectieve planningsstudie worden kwantitatieve data verzameld van de dosisverdeling in het PTV, OARs en het gezond weefsel van beide planningstechnieken.

De volgende onderzoeksvraag is hier uit voortgekomen: *Hoe is de dosisverdeling in het PTV, OARs en het gezond weefsel bij RA ten opzichte van DCA bij stereotactische radiochirurgie van intracranieële aandoeningen?*

2. Methode

Deze studie is uitgevoerd middels een retrospectieve planningsstudie. Patiënten met intracraniële aandoeningen die al behandeld zijn, zijn opnieuw gepland met RA middels het planningssysteem Eclipse van Varian. Deze planningen zijn gemaakt door de student. Bij vragen of problemen is overlegd met de fysicus. Nadat de planningen door de radiotherapeut-oncoloog zijn beoordeeld, zijn de planningen geanalyseerd. De bestaande planningen gepland met DCA middels het planningssysteem Brainlab-iPlan zijn vergeleken met de nieuwe planningen.

2.1 Dataselectie

In de periode van januari 2012 tot en met februari 2013 heeft het UZ Leuven tien patiënten met intracraniële aandoeningen met stereotactische radiochirurgie behandeld met behulp van het relocatable masker. De data van de patiënten zijn geïnccludeerd ongeacht geslacht, leeftijd en volume, type en locatie van de intracraniële aandoening. Exclusie van patiëntendata vond plaats wanneer statische bundels zijn toegevoegd aan het DCA plan. Door de keuze van een retrospectieve planningsstudie was geen toestemming nodig van de medisch ethische toetsingscommissie (METC).

De computertomografie (CT) scans van de patiënten zijn vervaardigd op een Siemens Somatom Sensation Open CT-scanner. De CT-scans van de schedel zijn vervaardigd met gebruik van intraveneus contrastmiddel en een slice-thickness van 1 mm. De patiënten zijn gepositioneerd in rugligging met het hoofd richting de gantry. Het hoofd van de patiënt is gefixeerd in het BrainLab masker. Voor het intekenen van het gross tumor volume (GTV) en OARs is bij alle patiënten een magnetic resonance imaging (MRI) scan vervaardigd. De MRI-scans met coupes van 1 mm en distorsie-correctiebeelden zijn vervaardigd op een Siemens Aera 1.5 Tesla MRI-scanner. Hierbij is gebruik gemaakt van intraveneus contrastmiddel (Gd-DTPA). De T1-gewogen beelden zijn gebruikt om het GTV en de OARs in te tekenen. Het intekenen is gedaan door de radiotherapeut-oncoloog. De OARs die altijd zijn ingetekend zijn: de hersenstam, de ogen, de optic nerve en het chiasma.

Tabel 1. Dosiscriteria stereotactische radiochirurgie bij intracraniële aandoeningen in het UZ Leuven.

Structuur	Criterium
PTV	100% van het volume moet 80% van de voorgeschreven dosis krijgen. De maximale dosis mag niet hoger zijn dan 103% van de voorgeschreven dosis.
Hersenstam	$D_{\max} \leq 8 \text{ Gy}$
Chiasma	$D_{\max} \leq 6 \text{ Gy}$
Ogen	$D_{\max} \leq 1 \text{ Gy}$
Optic nerve	$D_{\max} \leq 4 \text{ Gy}$
Optic tract	$D_{\max} \leq 6 \text{ Gy}$

PTV: planning target volume

Afhankelijk van de locatie van het PTV is daarnaast ook de optic tract, de thalamus en de cochleae ingetekend. Vervolgens is de MRI-scan met de CT-scan gefuseerd.

De CT-scan met de intekeningen van alle structuren in het BrainLab-iPlan planningssysteem zijn doorgestuurd naar het Eclipse planningssysteem. De dosiscriteria voor het PTV en de OARs zoals die bij DCA zijn gehanteerd, zijn ook gehanteerd bij RA (tabel 1). Wanneer een OAR dichtbij of tegen het PTV ligt, diende een keuze gemaakt te worden om de OAR te sparen of een homogene dosis te verkrijgen in het PTV. Deze keuze was afhankelijk van de eisen van de radiotherapeut-oncoloog, bij RA zijn dezelfde eisen aangehouden, zoals deze bij DCA zijn gemaakt.

2.2 Planningstechniek

2.2.1 Dynamic Conformal Arc

De DCA planningen zijn gemaakt met iPlan planningssysteem versie 4.5.1. De bestralingen zijn uitgevoerd op de TrueBeam STx van Varian met een leafbreedte van 2 mm. Bij alle planningen is een energie van 6 megavolt (MV) gebruikt. Verder is gebruik gemaakt van gemiddeld vijf bogen bij één isocentrum. De tafelrotatie, start- en stophoek van de boog en de collimatordraaiing is per boog bepaald en geoptimaliseerd. De dosisberekening is uitgevoerd met het pencil beam algoritme.

2.2.2 RapidArc

De RA planningen zijn gemaakt met Eclipse planningssysteem versie 10.0.28. De planningen zijn gemaakt voor de TrueBeam STx van Varian met een leafbreedte van 2 mm. Bij alle planningen is een energie van 6 MV gebruikt. Een boog is onderverdeeld in 177 hoeken, ook wel control points genoemd. Dit houdt in dat per 2° een nieuw control point is.

Tijdens dit onderzoek is gebleken dat bij een dosis van 19 tot 25 Gy minimaal zes bogen nodig zijn om de bestraling te kunnen uitvoeren. Dit komt omdat er een beperking is aan het aantal te geven ME per boog. Per boog kan maximaal 1000 ME gegeven worden. Voor alle patiënten was zes bogen voldoende om de bestraling te kunnen uitvoeren. Voor deze zes bogen is gekozen voor drie clockwise (CW) bogen en drie counterclockwise (CCW) bogen. De CW boog had een gantryrotatie van 181° tot 179° en de CCW boog had een gantryrotatie van 179° tot 181°. Voor de collimatorhoek bij een CW boog is gekozen voor 10° en bij een CCW boog voor 80°. Uit ervaring van de afdeling is gebleken dat dit de meest gunstige collimatorhoeken zijn om transmissie te minimaliseren. De tafelpositie was bij alle patiënten 0°. Het isocentrum lag in het midden van het PTV, dit is overgenomen van het DCA plan. Het isocentrum is visueel in het midden tussen de PTV's gelegd wanneer de patiënt meerdere PTV's had. De collimatorblokken zijn rondom het PTV of het PTV totaal (meerdere PTV's samen) gezet met een marge van 0.5 cm.

Er mocht niet recht door de ogen bestraald worden omdat de tolerantiedosis van de ogen dan overschreden wordt. Met behulp van 'avoidance sectors' is tijdens een gedeelte van de boog gestopt met bestralen, door bij een bepaalde hoek te stoppen met bestralen en na een bepaalde hoek weer verder te gaan met bestralen. Voor het zoveel mogelijk sparen van de ogen is bij een CW boog gestopt bij 330° en weer verder bestraald bij 30° en bij een CCW boog is gestopt bij 30° en weer verder bestraald bij 330°.

Bij de patiënten die meer dan één PTV hadden, is in de planning een 'avoidance' structuur aangemaakt. Deze structuur is gemaakt door de PTV's met een marge van 0.5 cm van de 'outer contour' af te halen. De 'avoidance' structuur is aangemaakt om de dosis in het gezond weefsel zo laag mogelijk te houden.

Met behulp van de 'Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) Optimization tool' zijn verschillende dosisobjectives gegeven aan het PTV, de OARs en de 'avoidance' structuur. Aan het PTV is in alle planningen een minimale en maximale dosisobjective gegeven, zodat de 80% isodoselijnt het PTV omsloot en de maximale dosis van 103% van de voorgeschreven dosis niet overschreden wordt. Bij patiënten met meerdere PTV's kreeg elk PTV afzonderlijk een minimale en maximale dosisobjective, soms was dit noodzakelijk omdat de PTV's een andere voorgeschreven dosis hadden. Daarnaast kon de dosis beter gestuurd worden. Aan de OARs zijn maximale dosisobjectives gegeven, zodat de tolerantie dosis niet overschreden wordt. Ook aan de 'avoidance' structuur is een maximale dosisobjective gegeven. Vervolgens zijn aan al deze dosisobjectives een 'priority' gegeven. Bij alle planningen is de 'Normal Tissue Objective' aangezet, dit zorgt voor een scherpe dosisverval-curve rond het PTV. Na de optimalisatie is de dosisberekening uitgevoerd met het Anisotropic Analytical Algoritme (AAA).

Wanneer de dosis in het PTV hoger was dan 103% van de voorgeschreven dosis, dan is een hulpstructuur aangemaakt om de dosis in het PTV te verlagen. De hulpstructuur is gemaakt van het volume dat $\geq 105\%$ van de voorgeschreven dosis kreeg. Aan deze hulpstructuur is een maximale dosisobjective gegeven. Dit is een mogelijkheid om de dosis in het PTV $\leq 103\%$ te krijgen.

2.3 Dataverzameling

De dosis volume histogrammen (DVH's) van de DCA en RA planningen zijn gebruikt voor kwantitatieve datavergelijking. De volgende onderzoeksvariabelen zijn geanalyseerd:

- Bij het PTV is de maximale dosis ($D_{\max}$) en gemiddelde dosis (D_{mean}) tussen beide planningstechnieken vergeleken. De $D_{\max}$ en D_{mean} zijn uitgedrukt in een percentage van de voorgeschreven dosis. Daarnaast is ook het volume dat 80% van het dosisvoorschrift ($V_{80\%}$) en het volume dat 95% van het dosisvoorschrift ($V_{95\%}$) krijgt vergeleken. Dit volume is uitgedrukt in een percentage van het totale PTV volume dat 80% of 95% van het dosisvoorschrift krijgt.

- Bij de OARs is de $D_{\max}$ in Gy tussen beide planningstechnieken vergeleken. Daarnaast is bij de hersenstam het volume dat 4, 6, 8 of 10 Gy krijgt vergeleken. Het volume is uitgedrukt in cm^3 .
- Bij het gezond weefsel zijn de volumes die 30% ($V_{30\%}$) en 80% ($V_{80\%}$) van het dosisvoorschrift krijgen bij beide planningstechnieken vergeleken. Deze volumes zijn uitgedrukt in cm^3 .
- De mate van de conformiteit van de gehele planning is gemeten met de conformiteit index (CI). De CI is gedefinieerd als de vermenigvuldiging van de fractie van het PTV omsloten door de 80% isodose met de fractie van deze 80% isodose die het PTV overlapt. De CI is berekend met behulp van de volgende formule:

$$CI = ((V_{\text{PTV}_{80\%}} / V_{\text{PTV}})) \times ((V_{\text{PTV}_{80\%}} / V_{\text{body}_{80\%}}))$$
- De homogeniteit index (HI) is een maat voor de dosishomogeniteit in het PTV. De HI is gedefinieerd als de verhouding tussen de $D_{\max}$ en de voorgeschreven dosis ($D_{\text{prescribed}}$). De HI is berekend met behulp van de volgende formule: $HI = D_{\max} / D_{\text{prescribed}}$.

2.4 Statistische analyse

Voor de statistische analyse is de dataverzameling ingevoerd in het programma Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versie 21. De gevonden resultaten zijn als beschrijvende statistiek geanalyseerd. Hierbij is gekeken naar het gemiddelde en de standaarddeviatie (SD) van de verkregen data van beide planningstechnieken. Enkele resultaten zijn in een boxplot weergegeven. De boxplot laat het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan, het derde kwartiel en het maximum van de gevonden data zien. Uitschieters zijn met een rondje weergegeven. Om statistische significantie van de gemiddelden te bepalen is toetsende statistiek uitgevoerd. Toetsende statistiek vond plaats met de Wilcoxon signed-rank test. Deze analysemethode geeft aan in hoeverre er een significant verschil is tussen de twee planningstechnieken DCA en RA. De statistische significantie is vastgesteld op 5%. Wanneer de p-waarde < 0.05 ligt, wil dit zeggen dat het verschil statistisch significant is.

3. Resultaten

In deze studie is gekeken naar de dosisverdeling in het PTV, OARs en het gezond weefsel bij RA ten opzichte van DCA bij stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen. De resultaten zijn verkregen door analyse van de DVH's van de DCA en RA planningen.

Tabel 2 bevat de demografische gegevens en treatment gegevens van de onderzoeksgroep. Na exclusie resulteerde de onderzoeksgroep in negen patiënten waarvan vier mannen (44.4%) en vijf vrouwen (55.6%). De leeftijd van de patiënten op het moment van de stereotactische radiochirurgie behandeling varieerde van 28 tot 69 jaar met een gemiddelde leeftijd van 53.3 jaar. Van de negen patiënten zijn drie patiënten behandeld voor 1 hersenmetastase (33.3%), twee patiënten voor 2 hersenmetastasen (22.2%), twee patiënten voor 3 hersenmetastasen (22.2%) en twee patiënten voor een epilepsiekern (22.2%). Het gemiddelde PTV volume is 3.66 cm³, het volume varieerde van een minimaal volume van 0.11 cm³ tot een maximaal volume van 13.88 cm³.

Tabel 2. Demografische gegevens en treatment gegevens van de onderzoeksgroep.

Karakteristiek	Onderzoeksgroep (n = 9)
Geslacht (%)	
• Man	4 (44.4%)
• Vrouw	5 (55.6%)
Gemiddelde leeftijd in jaren (range)	53.3 (28-69)
Type intracraniële aandoening (%)	
• 1 Hersenmetastase	3 (33.3%)
• 2 Hersenmetastasen	2 (22.2%)
• 3 Hersenmetastasen	2 (22.2%)
• Epilepsiekern	2 (22.2%)
Gemiddeld PTV volume in cm ³ (range)	3.66 (0.11 -13.88)

n: aantal patiënten, PTV: planning target volume.

In tabel 3 zijn de kwantitatieve data van de DVH analyse van het PTV, OARs en het gezond weefsel in gemiddelde en SD weergegeven. Deze gemiddeldes zijn uitgedrukt in absolute dosis, relatieve dosis, absolute volume of relatieve volume. Daarnaast is in de tabel het verschil in gemiddelden tussen DCA en RA weergegeven. De p-waarde in de tabel is berekend met de Wilcoxon signed-rank test.

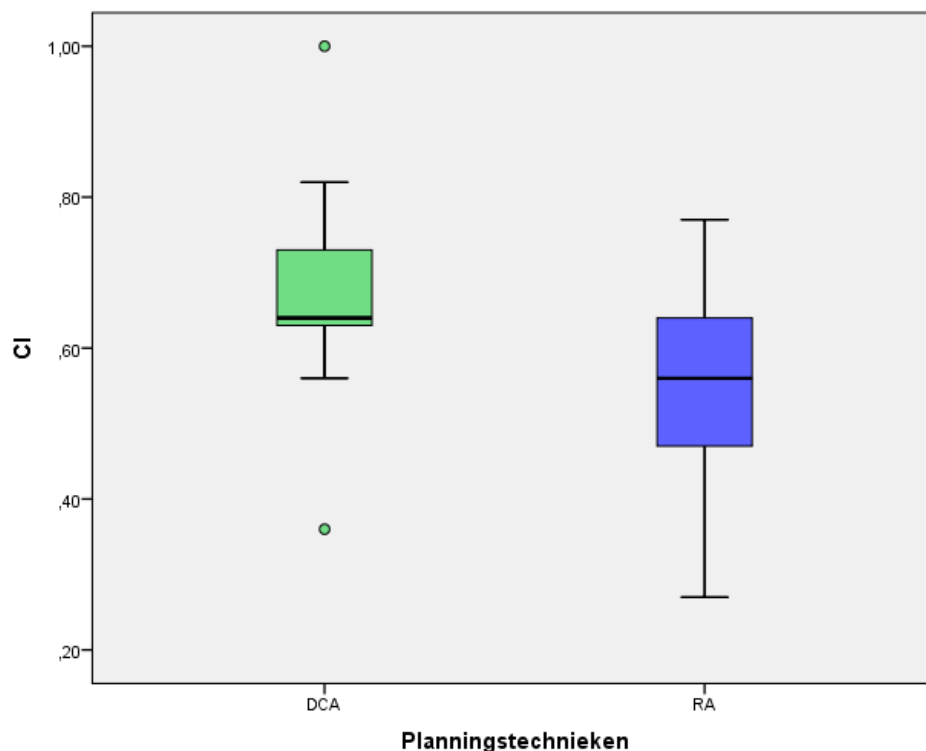
Tabel 3. Gemiddelde, standaarddeviatie, verschil in gemiddelde en de p-waarde van de dosisresultaten van het PTV, OARs en het gezond weefsel.

	Dynamic Conformal Arc Gemiddelde (SD)	RapidArc Gemiddelde (SD)	Vershil in gemiddelden	p-waarde
PTV				
D _{max} (%)	102.59 (2.56)	100.83 (2.70)	1.76	0.263
D _{mean} (%)	93.04 (3.65)	90.46 (2.40)	2.58	0.050*
V _{80%} (%)	95.62 (8.47)	95.83 (7.65)	0.21	0.889
V _{95%} (%)	52.32 (12.50)	21.78 (13.02)	30.54	0.011*
CI	0.67 (0.18)	0.53 (0.17)	0.14	0.066
HI	1.28 (0.03)	1.27 (0.03)	0.01	0.114
OAR				
<i>Hersenstam</i>				
D _{max} (Gy)	5.25 (6.90)	4.85 (6.82)	0.40	0.374
Volume dat 4 Gy (cm ³)	1.29 (2.65)	2.53 (4.28)	1.24	0.109
Volume dat 6 Gy (cm ³)	0.45 (1.04)	1.37 (2.86)	0.92	0.109
Volume dat 8 Gy (cm ³)	0.17 (0.37)	0.78 (1.94)	0.61	0.109
Volume dat 10 Gy (cm ³)	0.05 (0.11)	0.37 (0.96)	0.32	0.180
<i>Chiasma</i>				
D _{max} (Gy)	1.33 (1.46)	1.89 (3.07)	0.56	0.889
<i>Ogen</i>				
Links D _{max} (Gy)	1.65 (2.90)	1.02 (1.15)	0.63	0.314
Rechts D _{max} (Gy)	0.50 (0.49)	0.61 (0.57)	0.11	0.441
<i>Optic nerve</i>				
Links D _{max} (Gy)	1.00 (0.92)	0.93 (1.07)	0.07	0.678
Rechts D _{max} (Gy)	0.67 (0.55)	0.82 (1.07)	0.15	0.889
<i>Optic tract</i>				
Links D _{max} (Gy)	4.75 (5.24)	5.26 (6.30)	0.51	0.345
Rechts D _{max} (Gy)	3.76 (5.33)	4.20 (6.01)	0.44	0.345
Gezond weefsel				
V _{30%} (cm ³)	25.73 (18.32)	59.80 (48.55)	34.07	0.008*
V _{80%} (cm ³)	1.96 (1.39)	1.81 (1.59)	0.15	0.953

SD: standaarddeviatie, PTV: planning target volume, OAR: organ at risk, D_{max}: maximale dosis, D_{mean}: gemiddelde dosis, V_{80%}: percentage van volume dat 80% van het dosisvoorschrift krijgt, V_{95%}: percentage van volume dat 95% van het dosisvoorschrift krijgt, CI: conformiteit index, HI: homogeniteit index, V_{30%}: volume dat 30% van het dosisvoorschrift krijgt, V_{80%}: volume dat 80% van het dosisvoorschrift krijgt.

*: het verschil tussen Dynamic Conformal Arc en RapidArc is statistisch significant (p < 0.05)

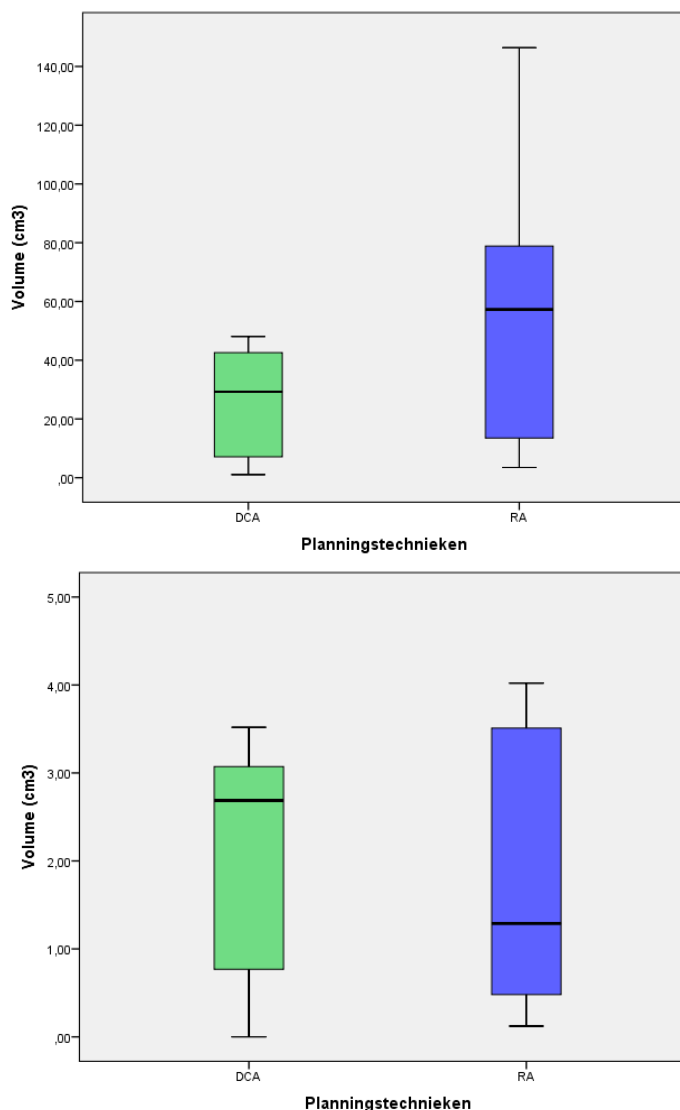
In tabel 3 is te zien dat de maximale dosis en de gemiddelde dosis in het PTV gemiddeld groter is bij DCA dan bij RA. De gemiddelde dosis bij RA is 90.46% (SD: 2.40) en bij DCA 93.04% (SD: 3.65). Het verschil tussen RA en DCA bij de gemiddelde dosis is statistisch significant ($p = 0.050$). Als criterium is het belangrijk dat 100% van het volume 80% van de voorgeschreven dosis krijgt. Het gemiddelde percentage van het volume van het PTV dat 80% van de voorgeschreven dosis krijgt is bij RA en DCA vrijwel gelijk. Het percentage van het volume is bij RA 95.83% (SD: 7.65) en bij DCA 95.62% (SD: 8.47); dit verschil is niet statistisch significant ($p = 0.889$). Het gemiddelde percentage van het volume van het PTV dat 95% van de voorgeschreven dosis krijgt is bij DCA groter dan bij RA. Het percentage van het volume is bij RA 21.78% (SD: 13.02) en bij DCA 52.32% (SD: 12.50); dit verschil is statistisch significant ($p = 0.011$). De CI is een belangrijke parameter die de mate van de conformiteit uitdrukt. De gemiddelde CI is bij RA 0.53 (SD: 0.17) en bij DCA 0.67 (SD: 0.18); het verschil is niet statistisch significant ($p = 0.066$). De optimale CI is 1, de conformiteit bij de DCA planningen is beter in vergelijking met de RA planningen. Ter verduidelijking is de CI van de DCA en RA planningstechnieken in figuur 1 weergegeven. De HI is een maat van de dosishomogeniteit in het PTV, de optimale HI is 1.25 bij een voorgeschreven dosis van 80%. De gemiddelde HI is bij RA en DCA vrijwel gelijk. De HI bij RA is 1.27 (SD: 0.03) en bij DCA 1.28 (SD: 0.03). Het verschil in gemiddeldes tussen beide planningstechnieken bedroeg 0.01, dit verschil is niet statistisch significant ($p = 0.114$).



Figuur 1. Conformiteit index (CI) van de Dynamic Conformal Arc (DCA) en RapidArc (RA) planningstechnieken.

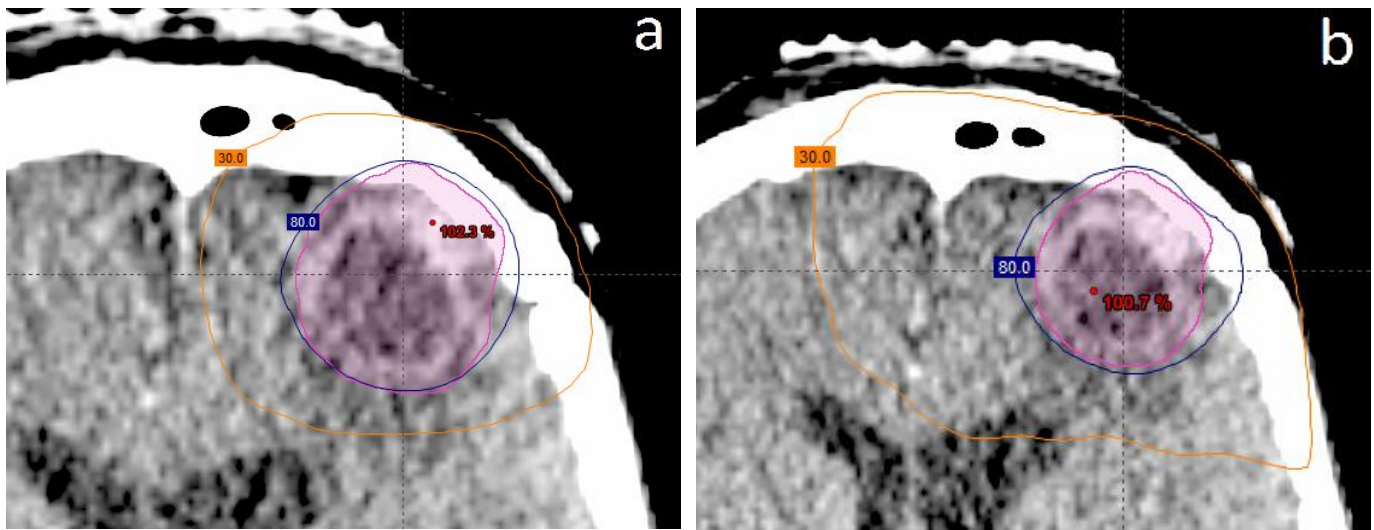
Het verschil tussen RA en DCA bij de gemiddelde maximale dosis van alle OARs is niet statistisch significant. Voor de volgende OARs geldt dat deze een gemiddelde hogere maximale dosis bij RA krijgen in vergelijking met DCA: het chiasma, de linker- en rechter optic tract, het rechter oog en de rechter optic nerve. De gemiddelde maximale dosis in het linker oog en de linker optic nerve is bij RA lager dan bij DCA.

De gemiddelde maximale dosis in de hersenstam is bij RA lager dan bij DCA respectievelijk 4.85 Gy (SD: 6.82) en 5.25 Gy (SD: 6.90) ($p = 0.374$). Het gemiddelde volume dat 4, 6, 8 of 10 Gy krijgt is groter bij RA in vergelijking met DCA. Het gemiddelde volume dat 4, 6, 8 of 10 Gy krijgt is respectievelijk 2.53 cm³ (SD: 4.28), 1.37 cm³ (SD: 2.86), 0.78 cm³ (SD: 1.94) en 0.37 cm³ (SD: 0.96) bij RA en 1.29 cm³ (SD: 2.65), 0.45 cm³ (SD: 1.04), 0.17 cm³ (SD: 0.37) en 0.05 cm³ (SD: 0.11) bij DCA. De verschillen tussen RA en DCA voor het volume dat 4, 6, 8 en 10 Gy in de hersenstam ontvangt, zijn niet statistisch significant ($p = 0.109$, $p = 0.109$, $p = 0.109$ en $p = 0.180$ respectievelijk).



Figuur 2. Gezond weefsel $V_{30\%}$ (boven) en Gezond weefsel $V_{80\%}$ (onder) bij de Dynamic Conformal Arc (DCA) en RapidArc (RA) planningstechnieken.

Het gemiddelde volume van het gezonde weefsel dat 30% van het dosisvoorschrift ($V_{30\%}$) krijgt is 25.73 cm^3 (SD: 18.32) bij DCA en 59.80 cm^3 (SD: 48.55) bij RA. Het verschil tussen DCA en RA bij de $V_{30\%}$ is statistisch significant ($p = 0.008$). Het gemiddelde volume van het gezond weefsel dat 80% van het dosisvoorschrift ($V_{80\%}$) krijgt is bij RA en DCA vrijwel gelijk 1.81 cm^3 (SD: 1.59) en 1.96 cm^3 (SD: 1.39) respectievelijk; dit verschil is niet statistisch significant ($p = 0.953$). Ter verduidelijking is de $V_{30\%}$ en de $V_{80\%}$ van de DCA en RA planningstechniek in figuur 2 weergegeven. In figuur 3 is als voorbeeld een transversale doorsnede weergegeven van de 30% en 80% isodoselijn van een DCA en RA planning. Dit geeft een beeld van het verschil in planningstechniek.



Figuur 3. Transversale doorsnede van een Dynamic Conformal Arc (a) en RapidArc (b) planning. Dosis in het gezond weefsel, uitgedrukt in de 30% isodoselijn (oranje) en de 80% iosodoselijn (blauw).

4. Discussie

In deze studie is RA vergeleken met DCA bij stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen. Deze retrospectieve planningsstudie analyseerde de dosisverdeling in het PTV, OARs en het gezond weefsel van beide planningstechnieken.

4.1 Onderzoeksresultaten en opvallende bevindingen

Uit deze studie blijkt dat bij RA een slechtere conformiteit wordt bereikt ten opzichte van DCA. Dit in tegenstelling tot wat andere studies gepubliceerd hebben. In deze publicaties bleek dat de conformiteit bij RA beter was ten opzichte van DCA^{9,12}. De vraag die daarbij luidt is, welke bepalende factor heeft voor een betere conformiteit gezorgd in deze studies. Deze vraag is moeilijk te beantwoorden omdat verschillende parameters zijn gebruikt voor de RA en DCA planningen in de verschillende studies, zoals het aantal bogen en eventuele tafelrotaties. Uit de studie van Lagerwaard et al.¹² blijkt dat bij stereotactische radiochirurgie van vestibulaire schwannomen het lage dosis gebied in het gezond weefsel bij RA verminderd in vergelijking met DCA¹². Dit in tegenstelling wat uit deze studie bleek, waarbij het gebied van lage dosis in het gezond weefsel bij RA groter is ten opzichte van DCA. Een mogelijke oorzaak is dat in de studie van Lagerwaard et al.¹² slechts één boog is gebruikt bij de RA planningen en bij deze studie zes bogen. Uit andere studies blijkt dat het gebruik van drie of meerdere bogen tot een hogere dosis in de OARs en gezond weefsel leidt⁷⁻⁸.

Een opvallende bevinding in deze studie is dat de maximale dosis in het linker oog en de linker optic nerve bij RA lager is dan bij DCA, terwijl de meeste OARs, waaronder het rechter oog en de rechter optic nerve, bij RA een hogere maximale dosis krijgen. Dit komt mogelijk doordat bij twee patiënten het PTV op korte afstand van het linker oog is gelegen. Bij RA worden het linker oog en de linker optic nerve beter gespaard in vergelijking met DCA. Een tweede opvallende bevinding in deze studie is dat de $V_{80\%}$ van het PTV en de $V_{80\%}$ van het gezond weefsel gemiddeld beter is bij RA, terwijl de CI bij RA slechter is in vergelijking met DCA. Mogelijk komt dit door de kleine onderzoeksgroep omdat het om niet significante verschillen gaat.

4.2 Sterke en zwakke punten

Een sterk punt van deze studie is dat voor beide planningstechnieken dezelfde criteria zijn gehanteerd en de dosisvoorschriften gelijk zijn gebleven, waardoor een goede vergelijking mogelijk was. Daarnaast is in de literatuur weinig bekend over het verschil tussen DCA en RA bij stereotactisch radiochirurgie van intracraniële aandoeningen, waardoor deze studie een toevoeging is op de bestaande literatuur. Naast sterke punten kent deze studie ook een aantal beperkingen. Ten eerste bestond de onderzoeksgroep uit slechts negen patiënten. Vier van de negen patiënten zijn behandeld voor twee of drie hersenmetastasen. Deze patiënten hadden twee of drie waarden bij het PTV (D_{max} , D_{mean} , $V_{80\%}$ en $V_{95\%}$), HI, CI en het gezond weefsel ($V_{30\%}$, $V_{80\%}$). In het programma SPSS kon slechts

één waarde worden ingevoerd, dit bracht nadelen met zich mee. Allereerst is om deze reden bij het PTV en de HI gemiddelden genomen van deze waardes. Daarnaast hadden twee van deze vier patiënten verschillende dosisvoorschriften. Hierdoor kregen de $V_{30\%}$ en $V_{80\%}$ van het gezond weefsel ook twee verschillende waardes. De keuze is gemaakt om de $V_{30\%}$ en $V_{80\%}$ van het hoogste dosisvoorschrift te nemen. Tot slot was dit ook een probleem bij het invoeren en berekenen van de CI. Bij twee patiënten waarvan de PTV's dezelfde dosisvoorschriften hadden is de CI berekend van alle PTV's samen. Bij de twee patiënten die verschillende dosisvoorschriften hadden, is de CI berekend van het hoogste dosisvoorschrift. Bij alle punten is dit bij zowel de DCA als de RA planningen gebeurd, zodat een vergelijking kon worden gemaakt. Een nadeel is echter dat het interpreteren van de resultaten niet geheel op correcte wijze heeft plaatsgevonden. Ten tweede was de optic tract niet bij alle patiënten ingetekend, zodat het slechts om een gemiddelde van vijf patiënten betrof. Een derde opmerking is dat de planningstechnieken zijn berekend met verschillende algoritmes: pencil beam en AAA. Dit kan een beperkte invloed hebben van maximaal een paar procent op de geanalyseerde parameters. Aan het begin van de studie is begonnen om de DCA planningen te herberekenen met AAA om de afhankelijkheid eruit te krijgen. In Eclipse kunnen sommige zeer kleine veldgroottes niet geconfigureerd worden, hierdoor konden niet alle patiënten met AAA herberekend zijn. Hierdoor zijn toch de parameters van de DCA planningen die berekend zijn met pencil beam gebruikt voor de analyse. Ten slotte zijn de RA planningen gemaakt door de student. Kennis voor het maken van RA planningen was voldoende, maar wordt niet beheerst op deskundig niveau. Mogelijk was met meer RA planningservaring de conformiteit van de RA planningen in de buurt gekomen van de DCA planningen.

4.3 Aanbevelingen

Naar aanleiding van deze studie zijn een aantal aanbevelingen voor nader onderzoek:

Uit deze studie is gebleken dat de PTV locatie invloed had op de dosis in de OARs. Wanneer een OAR dicht bij het PTV lag, ging de dosis in het OAR omhoog, waardoor de gemiddelde maximale dosis van het OAR omhoog ging. De maximale dosis in de OARs is dus erg afhankelijk van de locatie van het PTV. Onderzocht moet worden wat de invloed is van de PTV locatie en het PTV volume op de dosis in de OARs. Daarnaast heeft het aantal PTV's invloed op het volume van het gezond weefsel dat een lage dosis krijgt. Onderzocht moet worden wat de invloed is van het aantal PTV's en de relatie tussen de afstand van de PTV's op het volume van het gezond weefsel dat een lage dosis krijgt.

5. Conclusie

Na uitvoering van deze planningsstudie en analyse van de onderzoeksresultaten kan een antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag. In vergelijking met RA wordt met DCA een betere conformiteit bereikt, minder volume van het gezond weefsel krijgt een lage dosis en OARs worden beter gespaard. De dosishomogeniteit in het PTV en het volume van het gezond weefsel dat een hoge dosis krijgt is voor RA en DCA vrijwel gelijk. Uit de resultaten van deze retrospectieve planningsstudie blijkt dat DCA voor een betere dosisverdeling zorgt en voor een betere behandeling van de patiënt bij stereotactische radiochirurgie van intracraniële aandoeningen.

Literatuurlijst

1. Froma A, Mast M, Welleweerd H. Techniek in de radiotherapie. 2nd ed. Maarsen: Elsevier Gezondheidszorg; 2007.
2. Deinsberger R, Tidstrand J. Linac radiosurgery as a tool in neurosurgery. *Neurosurgical Review* 2005; 28: 79-88.
3. Ramakrishna N, Rosca F, Friesen S et al. 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.
4. Hegeman JAM, Froma AA, Ru VJ et al. Radiotherapie bij de oncologische patiënt. 3rd ed. Maarsen: Elsevier Gezondheidszorg; 2007.
5. Serizawa T. Radiosurgery for metastatic brain tumors. *Clinical Oncology* 2009; 14: 289-298.
6. Wolff HA, Wagner DM, Christiansen H et al. Single fraction radiosurgery using Rapid Arc for treatment of intracranial targets. *Radiation oncology* 2010; 5: 77-77.
7. Wang J, Pawlicki T, Rice R et al. Intensity-modulated radiosurgery with rapidarc for multiple brain metastases and comparison with static approach. *Medical dosimetry* 2012; 37: 31-36.
8. Guckenberger M, Richter A, Krieger T et al. Is a single arc sufficient in volumetric-modulated arc therapy (VMAT) for complex-shaped target volumes? *Radiotherapy and Oncology* 2009; 93: 259-265.
9. Ong CL, Verbakel WFAR, Cuijpers JP et al. Stereotactic radiotherapy for peripheral lung tumors: A comparison of volumetric modulated arc therapy with 3 other delivery techniques. *Radiotherapy and Oncology* 2010; 97: 437-442.
10. Verbakel WFAR, Cuijpers JP, Hoffmans D et al. Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study. *Radiation Oncology* 2008; 74: 252-259.
11. Wiggeraad RGJ, Petoukhova AL, Versluis L et al. Stereotactic radiotherapy of intracranial tumors: a comparison of intensity-modulated radiotherapy and dynamic conformal arc. *Radiation Oncology* 2009; 74: 1018-1026.
12. Lagerwaard FJ, Meijer OWM, Hoorn EAP van der et al. Volumetric modulated arc radiotherapy for vestibular schwannomas. *Radiation Oncology* 2009; 74: 610-615.

Bijlagen

Bijlage I Goedkeuring projectplan beoordeeld door J. van Hedel

B4 Beoordelingsformulier projectplan

Naam: **Martine Bänziger** Studentnr: **2148006**
Datum: **23 april 2013**
Titel: **Stereotactische radiochirurgie bij intracraniële 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:

Zorg voor adequate verwijzingen uit je bronnen.

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:

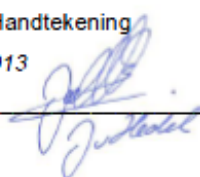
Voldoende

Naam beoordelaar:

Judocus van Hedel

Datum + Handtekening

23 april 2013



Bijlage II Goedkeuring projectplan beoordeeld door L. Willemse

B4 Beoordelingsformulier projectplan

Naam: Martine Bänziger

Studentnr:

Datum: 19 april 2013

Titel: Stereotactische radiochirurgie bij intracraniale 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

Opmerking [WA1]: Wees specifiek in wat je schrijft: 'Daarnaast kunnen Organ At Risk (OAR) beter gespaard worden' -> beter dan wat? Dit geldt voor nog een heel aantal uitspraken.

Opmerking [WA2]: Wat is de relevantie van de alinea over het masker/frame? Naar mijn idee vertroebelt dat de trichter structuur.

Opmerking [WA3]: Gouden standaard is een begrip dat gebruikt wordt binnen de diagnostiek, overweeg daarom een andere benaming.

Opmerking [WA4]: 'De plannings worden gemaakt door de student in overleg met de fysicus. De radiotherapeut-oncoloog beoordeelt de plannings.' Wat is exact de rol van de fysicus en de radiotherapeut-oncoloog?

Opmerking [WA5]: 'De bestaande plannings gepland met BrainLab-Plan worden vergeleken met de nieuwe plannings.' Is het een dynamic conformal arc en het ander rapid arc oid?

Opmerking [WA6]: Alles dat al gedaan is in het verleden moet je ook in de verledentijd schrijven, anders schept dat verwarring.

Opmerking [WA7]: Het kopje patient selectie insinueert dat je patienten hebt geselecteerd, maar je hebt data geselecteerd zoals je ook schrijft in de tekst.

Opmerking [WA8]: 'Wanneer deze boven de 5% ligt' -> wanneer wat boven de 5% ligt?

Opmerking [WA9]: Een staafdiagram is niet geschikt voor de beschrijvende statistiek die je er in wilt weergeven.

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:

Op een heel aantal punten geef je goed inzicht, zoals wat er al bekend is in de literatuur en de uitkomstmaten die je onderzoekt. Je hebt ook een goede keuze in statistische toetsing gemaakt. Waar je nog aan moet werken is de duidelijkheid in verslaglegging, waarvan ik een aantal voorbeelden heb gegeven in de opmerkingen, en het refereren in de tekst. Op deze twee punten zou je verslag onvoldoende kunnen zijn.

Opmerking [WA10]: Dit kan en moet veel beter: na elke stelling een ref, maar ook bij het aanhalen van een onderzoek 'Serizawa et al. Onderzochten...' -> 'Serizawa et al. 11 onderzochten...'

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



19 april 2013