

Quasi-IMAT-Technique zur Erhöhung der Planqualität mit einer einzigen Gantryrotation

Judith Alvarez Moret¹; Marius Treutwein¹; Matthias Hipp¹; Oliver Kölbl¹; Ludwig Bogner¹

¹Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie, Universität Regensburg

Einleitung

Die Entwicklung verschiedener IMRT-Techniken wie Tomotherapie und intensitätsmodulierter Arc-Therapie (IMAT) hat in den letzten Jahren eine Erhöhung der Planqualität in der Strahlentherapie ermöglicht. IMAT wurde 1995 [1] als eine Alternative zur Tomotherapie eingeführt. Derzeit erfolgt die klinische Anwendung der IMAT nur durch Vorwärtsplanung [2]. Allerdings sind einige theoretische Annäherungsmethoden mit inverser Planung (z.B. Direct Aperture Optimization [3]), entwickelt worden. Quasi-IMAT ist eine step-and-shoot Methode mit inverser Planung zur Simulation einer Rotationsmethode durch Erhöhung der Felderanzahl und gleichzeitiger Verringerung der Segmentanzahl pro Feld. In dieser Arbeit wird das Potential der Methode anhand von Untersuchungen am CarPet Phantom und fünf Prostatafällen zur Erhöhung der Planqualität untersucht.

Material und Methoden

Ein qIMAT Plan (mit 36 äquidistanten Feldern und 36 Segmenten) wurde mit dem Therapieplanungssystem Oncontra®MasterPlan für einen Siemens Primus Linearbeschleuniger mit einer Photonenenergie von 15MV erzeugt. Die Optimierung wurde mit der Option *direct step-and-shoot* durchgeführt [4, 5]. Ein IMRT-Plan mit 6 Feldern (und 36 Segmenten) wurde als Referenz benutzt. Für die Dosisberechnung wurde der Pencil Beam Algorithmus verwendet. Drei verschiedene Konkavitätsgrade des Zielvolumens (PTV) wurden untersucht: Das Carpet Phantom (hohe Konkavität), zwei Prostatafälle mit mittlerer Konkavität (Prostata mit Samenblasenbeteiligung) und drei Prostatafälle mit niedriger Konkavität (Prostata ohne Samenblasenbeteiligung). Zwei verschiedene Sätze von *constraints* und *dose-objectives* wurden für die Optimierung des Phantoms- bzw. Prostatafälle verwendet. Für die Optimierung wurden 60 Gy für das PTV gefordert. Als Auswertungsparameter für die Qualität der Pläne am CarPet Phantom wurden die gleichen Parameter benutzt, die in der IMRT-Studie der QUASIMODO-Gruppe veröffentlicht wurden [6]. In den Prostatafällen wurden die Homogenität (definiert als $(D5-D95)/D_{ave}$), D99 und D1 für das PTV und D80 und D50 für die OARs (Rectum und Blase) ausgewertet. Aufgrund der großen Felderanzahl der qIMAT-Pläne ist die Bestrahlungszeit ein wichtiger zu untersuchender Parameter. Dafür wurden zwei extreme Fälle (6-Felder und qIMAT36, mit 36 Segmenten) für den Phantomfall bestrahlt.

Ergebnisse

Abbildung 1 und 2 zeigen die Dosisverteilungen und DVHs des Phantoms für die zwei verschiedenen Pläne.

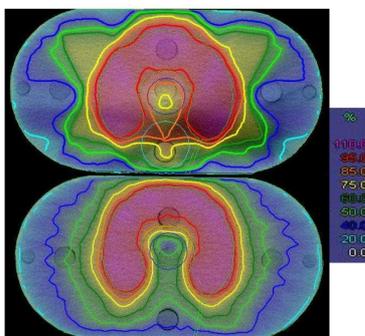


Abb. 1. Dosisverteilungen des Phantomsplans (oben: 6-Felder, unten: qIMAT)

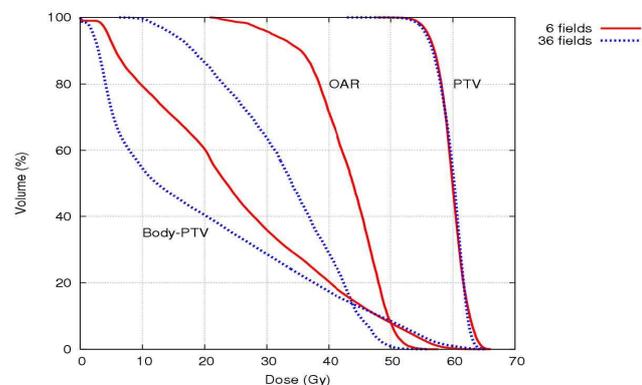


Abb. 2. Vergleich der DVHs des Phantomsplans

Die OAR-Schonung verbessert sich deutlich bei Anwendung der qIMAT-Technik. Was zum PTV betrifft, ist die Homogenität gleich geblieben.

Tabelle 1 enthält die Auswertung der Prostatafälle. Das Rektum wird mit zunehmender Felderanzahl besser geschont, während die Homogenität bleibt unverändert. Wie die Abbildung 3 zeigt, dieses Verhalten ist bei manchen Patienten ausgeprägter.

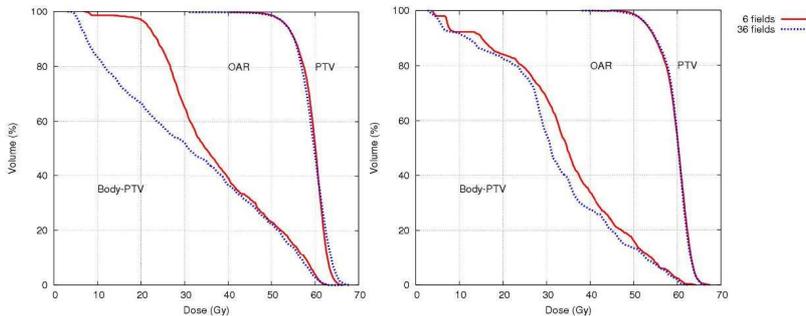


Abb. 3. DVHs zweier Prostatafälle. Links: Fall mit mittlerer Konkavität, rechts: Fall mit niedriger Konkavität

		6 Felder	qIMAT36
PTV	H(%)	25,8	26,7
	D99(%)	84,6	84,5
Rectum	D80(%)	34,7	24,1
	D50(%)	54,4	50,7

Tab. 1. Vergleich verschiedener Parameter der fünf Patienten (Mittelwerte) für die zwei Techniken

Zwei Pläne wurden zur Untersuchung der Bestrahlungszeiten bestrahlt. Der 6-Felder-Plan (475.6 MU) ergab 9 Minuten, der qIMAT36 (464.6MU) dauerte 12 Minuten. Der Beschleuniger benutzt die Option IMMAXX, wenn ein Feld mehr als ein Segment hat. Bei dieser Option bleibt die Strahlung zwischen den Segmenten eines Feldes an, nicht jedoch zwischen zwei Feldern.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass man mit qIMAT im Vergleich zum IMRT-Referenzplan eine bessere Schonung der Risikoorgane erreicht werden kann. Gleichzeitig bleibt die Homogenität der Dosis im Zielvolumen unverändert. Sowohl am CarPet Phantom als auch an den Prostatafällen ist diese Tendenz zu beobachten. Allerdings wird dieses Verhalten deutlicher, wenn der Grad der PTV-Konkavität zunimmt. Fälle mit hoher PTV-Konkavität profitieren von dieser Methode. Die Bestrahlungszeiten der Pläne mit 6 Feldern und qIMAT36 am CarPet Phantom ergaben vergleichbare Bestrahlungszeiten, wenn man berücksichtigt, dass die Option IMMAXX den 6-Felder-Plan begünstigt, da die Strahlung zwischen den Segmenten eines Feldes nicht abgeschaltet wird. Wenn das auch für den Fall mit 36 Feldern möglich wäre, würde sich die Bestrahlungszeit des qIMAT36 auf ca. 9 Minuten reduzieren.

Der Vorteil der quasi-IMAT-Methode ist, dass eine Verbesserung der Planqualität mit einem konventionellem Linearbeschleuniger und Therapieplanungssystem erreicht werden kann. Die Qualität ist bereits mit einer quasi-Rotation (36 Einstrahlrichtungen und 1Segment/Feld) besser als beim 6-Felder Plan.

Danksagung

Diese Arbeit wurde von der Firma Elekta AB gefördert.

Literatur

- [1] X. Yu, Intensity-modulated arc therapy with dynamic multileaf collimation: An alternative to tomotherapy, Phys. Med. Biol., 409, 1435-1449, 1995
- [2] D.M. Shepard et al, An arc-sequencing algorithm for intensity modulated arc therapy, Med. Phys. 34(2), 464-470, 2007
- [3] M. A. Earl et al., Inverse planning for intensity-modulated arc therapy using direct aperture optimization, Phys. Med. Biol. 488, 1075-1089, 2003
- [4] B. Hardemark et al., Direct machine parameter optimization with RayMachine in Pinnacle, Ray-Search White Paper, 2003
- [5] B. Dobler, F. Pohl, L. Bogner, O. Koelbl, Comparison of direct machine parameter optimization versus fluence optimization with sequential sequencing in IMRT of hypopharyngeal carcinoma, Radiat. Oncol. Sep 6;2:33, 2007
- [6] J. Bohsung, J. Gillis, R. Arrans et al., IMRT treatment planning- A comparative inter-system and inter-centre planning exercise of the QUASIMODO group, Rad. Onc. 76, 354-361, 2005