

Klinische Validierung einer automatischen, KI-basierten Konturierung von MRT-Daten des Beckens für die adaptive MR-geführte Strahlentherapie

M. Nachbar¹, M. Lo Russo², S. Boeke², D. Wegener², J. Boldt², S. Butzer², T. Roque³, A. Lombard³, L. De Vitry³, N. Paragios³, D. Zips², D. Thorwarth¹

¹Sektion Biomedizinische Physik, Universitätsklinik für Radioonkologie, Eberhard Karls Universität Tübingen

²Universitätsklinik für Radioonkologie, Eberhard Karls Universität Tübingen

³TheraPanacea, Paris, Frankreich

Hintergrund

Die MR-geführte Radiotherapie (MRgRT) mit dem MR-Linac ermöglicht eine hochpräzise, adaptive Behandlung. Somit können tägliche Volumen- oder Positionsänderungen unmittelbar berücksichtigt werden. Jedoch ist aktuell zur Planadaptation eine manuelle zeitaufwändige Segmentierung von anatomischen Strukturen auf den MR-Daten erforderlich.

Ziel des Projektes war die Entwicklung einer automatischen MR-basierten Segmentierung durch TheraPanacea basierend auf tiefen neuronalen Netzwerken sowie deren qualitative und quantitative Evaluierung.

Material und Methoden

Der Trainingsdatensatz bestand aus T2-gewichteten MRTs des Beckens von 47 Patienten, mit jeweils fünf Fraktionen (n=235). Diese wurden am 1.5T MR-Linac aufgenommen und manuell konturiert unter Berücksichtigung von Prostata, Samenblasen, Rektum, Analkanal, Blase, Bulbus Penis und versch. Knochenstrukturen (Abb. 1). Die Daten wurden in einem mehrstufigen Ansatz zum Training des Modells verwendet.

Für eine qualitative Bewertung wurden die automatisch erzeugten Konturen (K_{KI}) von drei Radioonkologen bezüglich deren Nutzbarkeit zur MRgRT wie folgt bewertet: (1) kann direkt verwendet werden; (2) muss geringfügig modifiziert werden; (3) große Anpassungen nötig; (4) nicht nutzbar.

Zur quantitativen Evaluierung wurden 10 weitere T2-gew. MRTs konturiert und mit den K_{KI} verglichen. Hierzu wurden in einem Bereich von ± 3 cm ober- und unterhalb des PTV der Dice-Koeffizient (DSI) sowie die 95% Hausdorff-Distanz (HD_{95}) bestimmt.

Ergebnisse

Die automatische Erzeugung der K_{KI} benötigte im Mittel 52 s. Die qualitative Bewertung ergab, dass 64% dieser Strukturen direkt nutzbar wären, für 27% geringfügige Modifikationen und für 7% starke Anpassungen notwendig gewesen wären. Lediglich 2% der Konturen waren als nicht nutzbar bewertet worden (Tab. 1).

Die quantitative Evaluierung der K_{KI} ergab eine gute Übereinstimmung mit den manuell erstellten Konturen im Bereich der Knochen (außer Sakrum) mit einem medianen $DSI_{med} > 86\%$. Für die weiteren Strukturen betrug der DSI_{med} zwischen 65% (Samenblasen) und 95% (Blase). Für alle Konturen war die mediane $HD_{95} < 5.8$ mm.

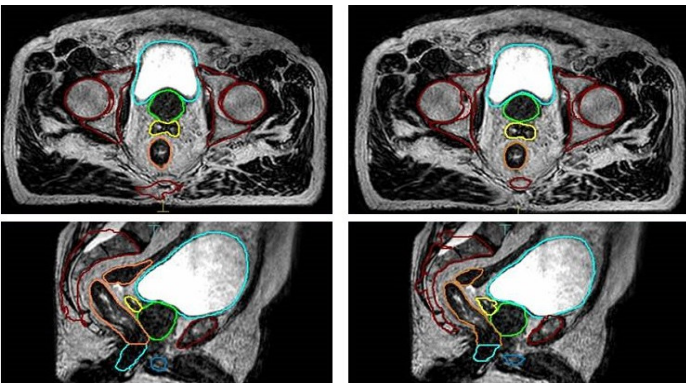


Abb. 1: Vergleich der automatisch (links) und der manuell erzeugten Konturen (rechts).

Struktur/Bewertung	1	2	3	4
Analkanal	77%	23%	0%	0%
Blase	40%	50%	0%	10%
Penis Bulbus	80%	20%	0%	0%
Prostata	13%	43%	40%	3%
Rektum	40%	47%	17%	3%
Samenblasen	33%	47%	17%	3%
Femur li	97%	3%	0%	0%
Femur re	100%	0%	0%	0%
Pelvis li	83%	17%	0%	0%
Pelvis re	80%	20%	0%	0%
Sakrum	57%	30%	13%	0%
Gesamt	64%	27%	7%	2%

Tab. 1: Qualitative Bewertung der automatisch erzeugten Konturen.

Diskussion

In diesem Projekt wurde ein erstes Modell zur automatischen Segmentierung von MR-Daten des Beckenbereichs trainiert und validiert, welches zukünftig für die Echtzeit-MRgRT angewandt werden könnte. Die quantitative Bewertung der Konturen war sehr gut, was auch durch eine kleine HD_{95} bestätigt werden konnte. Vor einer zukünftigen klinischen Implementierung müssen jedoch noch weitere Untersuchungen zur Robustheit erfolgen.