

Lukas Leiner
Dr. med.

Dosisakkumulation der adaptierten Bestrahlungspläne in der MR-geführten Strahlentherapie

Fach: Radiologie
Doktormutter: Prof. Dr. med. Juliane Hörner Rieber

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde für die MR-geführte Strahlentherapie untersucht, wie sich die tägliche Adaptation der Bestrahlungspläne auf die Qualität der akkumulierten Dosisverteilung auswirkt. Dafür wurden Daten von zehn Patienten mit Lungenmetastasen und acht Patienten mit Lebermetastasen, die am MR-Linac des Universitätsklinikums Heidelberg im Jahre 2020 behandelt wurden, ausgewertet. Für die Auswertung wurde eine Dosisakkumulation auf Basis einer elastischen Bildregistrierung in der RayStation 10A durchgeführt. Diese basierte auf den Grauwerten der MR-Bilder der einzelnen Fraktionen und den im Rahmen dieser Arbeit neu konturierten Risikoorganen, sowie den klinischen Volumina aus der Therapie. Anhand dieser Deformation konnte sowohl die an dem Tag applizierte Dosisverteilung, sowie die theoretische Dosisverteilung des nicht-adaptierten Grundplans so umgerechnet werden, dass diese die entsprechende Dosisverteilung im Planungs-MRT wiedergaben. Im nächsten Schritt wurden die deformierten Dosisverteilungen aufsummiert, sodass man die Gesamtdosis der adaptierten Pläne und die der theoretischen nicht-adaptierten Grundpläne mit der geplanten Dosisverteilung des Grundplans vergleichen konnte. Dieser Vergleich wurde zum einen an Hand der PTV-Abdeckung und der Einhaltung der Dosissschranken angestellt und zum anderen über den Wilcoxon-Paardifferenztest an Hand typischer Dosiswerte. Zusätzlich wurde das entsprechende Summen-Dosisvolumenhistogramm, das die einzelnen Dosisvolumenhistogramme der einzelnen Fraktionen ohne Deformation aufsummiert, berechnet und mit dem Grundplan und der Dosisakkumulation nach elastischer Bildregistrierung der adaptierten Pläne, sowie der nicht-adaptierten Pläne verglichen.

Die elastische Bildregistrierung der RayStation ergab sehr gute Ergebnisse für den Dice-Koeffizient und die Hausdorff-Distanz und zeigte nur bei den

gastrointestinalen Organen eine für die Auswertung nicht optimale Deckung. Unabhängig von der Summationsmethode zeigten die adaptierten Summenpläne über alle Patienten einer Kohorte hinweg keinen signifikanten Unterschied zu den Grundplänen, während die nicht-adaptierten Pläne einen signifikanten Abfall der PTV-Dosis aufwiesen. In einem Fall in der Leberkohorte konnte die Adaptation die PTV-Abdeckung sogar relevant verbessern. Für die Risikoorgane zeigte die Summendosis nach elastischer Bildregistrierung im Allgemeinen geringere Spitzendosen als die Summen-DVH, was durch Summationsmethode bedingt ist. Für die adaptierten Pläne konnte für beide Summationsmethoden eine statistisch und klinisch relevante Dosiserhöhung der Dosis auf das Rückenmark festgestellt werden. Das führte nicht zu Verletzungen der jeweils geltenden Dosisbeschränkungen, stellt für eine Re-Bestrahlung aber eine relevante Information dar. Die nicht-adaptierten Pläne zeigten diese Erhöhung nicht, dafür wiesen diese in der Leberkohorte Verletzungen der Dosisbeschränkungen bei einzelnen Patienten auf den Magen und den Darm auf. Diese Verletzungen wurden bei den adaptierten Plänen allein durch die Summen-DVH erreicht, welche die Spitzendosen tendenziell überschätzen, und somit scheint die Adaptation Verletzungen von Dosisbeschränkungen zu minimieren. Für die Nieren, Lunge und Leber zeigte sich keine wesentliche Änderung der Dosis über alle Patienten für die relevanten Dosiskennwerte. Hier sind mit dem Mittelwert bzw. Median oder der Dosis auf 1500 cm^3 Dosiskennwerte relevant, die statistisch weniger anfällig für Änderungen sind und Organe die weitgehend unveränderlich über die Behandlungsdauer sind.

Insgesamt konnten die positiven Ergebnisse vorheriger Untersuchungen der Adaptation bei der MRgRT auch durch die Analyse akkumulierter Dosisverteilungen weiter bestätigt werden, wobei die Dosisakkumulation mit dem Summen-DVH mehr Sicherheit für mobile Organe durch eine konservative Abschätzung ohne die Unsicherheiten der elastischen Bildregistrierung bietet. Die Summendosis nach elastischer Bildregistrierung ermöglicht dagegen eine höhere Korrelation mit der realen Dosis und bietet die Möglichkeit 3D-Dosisverteilungen der akkumulierten Dosis zu erhalten. Entwicklungsbedarf besteht noch in Bezug auf die elastische Registrierung mobiler Organe.