

Zusammenfassung

Carolin Rippke
Dr. sc. Hum.

One-stop-shop magnetic resonance-only radiotherapy

Fach/Einrichtung: Radiologie

Doktorvater: Prof. Dr. Markus Alber

Der MR-Linac ist ein neues Bestrahlungsgerät mit integrierter MR-Bildgebung. Hoch dosierte, in wenigen Fraktionen applizierte Bestrahlung am MR-Linac eröffnet neue Behandlungschancen für Tumorpatienten. Online Adaption des Bestrahlungsplans anhand der täglichen Anatomie auf dem MR Bild, steile Dosisgradienten zu benachbarten Risikoorganen, Echtzeit-Tumortracking und Beamgating führen zu nie dagewesenen Möglichkeiten um bewegliche Tumoren ablativ zu behandeln und Normalgewebe optimal zu schonen.

Gleichzeitig stellt dieses hochkomplexe interdisziplinäre Verfahren auch neue Anforderungen an die Qualitätssicherung und befindet sich noch in einer frühen Phase der Anwendung. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Patienten effizient und sicher ohne zusätzliche CT-Bildgebung möglichst in einer einzigen Sitzung bei nur einem Besuch in der Klinik an einem Tag zu behandeln.

Hierfür wurde ein echter MR-only Workflow entwickelt und mithilfe der prozessbasierten Risikoanalyse im interdisziplinären Team evaluiert. Dieser Prozess beinhaltet Planungstemplates, definierte Abläufe und Sicherheitsvorkehrungen. Durch eine Korrelation des Body Mass Index mit patientenspezifischer Gewebedichte kann ein synthetisches CT aus vier auf dem MR konturierten Strukturen (Knochen, Lunge, Luft, Gewebe) erstellt werden. Dies ermöglicht eine präzise Dosisberechnung ohne CT-Simulation und Konturierung von Fett. Auch die fehlerbehaftete deformierbare Registrierung von MR und CT entfällt.

Da im eintägigen adaptiven Prozess auf patientenspezifische Messungen verzichtet werden soll, wurden ausführliche Qualitätssicherungsmaßnahmen implementiert. Die technische Präzision wird durch ausführliche Kommissionierung und routinemäßige Messungen sichergestellt. Die Dosisberechnungsgenauigkeit im Planungssystem wurde dabei anhand von Messungen optimiert und die Genauigkeit und Applizierbarkeit von Patientenplänen untersucht. Weiterhin wurde eine Lamellen-individuelle Kalibrierung für den double stack Multilamellenkollimator entwickelt und ihr Effekt auf die Dosis in Patientenplänen untersucht. Ein erheblicher Einfluss der Kalibrierung jedes stacks bei hoch modulierten Plänen wurde festgestellt.

Um Fehler im adaptiven Prozess und schlecht applizierbare Pläne abzufangen, wurde ein Matlab-basiertes Plan-Check Tool entwickelt. Es evaluiert adaptierte Pläne vor der Freigabe zur Bestrahlung mit Fokus auf Elektronendichteüberschreibungen, Konturen der Risikoorgane und Zielvolumina und die Berechnung von Komplexitätsmetriken. Durch ein Ampelsystem gibt es Rückmeldung über Auffälligkeiten. Die sekundäre Dosisberechnung des Herstellers wurde untersucht, um die Funktion und Einstellungen zu überprüfen. Letztlich wurde der Prozess mit einem Freiwilligen und retrospektiven Patientendaten durchgeführt und die gesamte Behandlungskette durch fraktionierte Bestrahlung eines anthropomorphen Pelvis- und Leberphantoms validiert.

Somit steht in der Strahlentherapie ein neues Verfahren zur Verfügung, das für die verschiedenen Patientenindikationen noch in klinischen Studien validiert wird. Es wird besonders von den gegenwärtigen Entwicklungen zur Autokonturierung und real-time Adaption profitieren. Zukünftige Untersuchungen zur Kleinfelddosimetrie, zur Nutzenabwägung der Adaption und zur Präzision der gegateten Behandlung stehen noch aus.