

Antoni W. Rucinski

Dr. sc. hum.

Promotionsfach: Radiologie

Doktorvater: Prof. Dr. Oliver Jäkel

Organ Motion Management for Optimisation of Fractionated Ion Therapy of Prostate Cancer at HIT

Die Bestrahlung mit gescannten Ionenstrahlen ist insbesondere wegen ihrer hohen Konformität und erhöhten biologischen Wirksamkeit eine vielversprechende Therapieoption für Prostatakarzinome. Diese präzise Therapieform ist jedoch auch besonders empfindlich gegenüber inter- und intrafraktionellen Variationen der Patientenanatomie, die zu einer klinisch relevanten Beeinträchtigung der Bestrahlungsqualität führen können. Im klinischen Kontext von Prostatabestrahlungen am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) mit gescannten Ionenstrahlen wurde in dieser Arbeit der Einfluss interfraktionell auftretender Unsicherheiten, beispielsweise aufgrund variabler Anatomie oder fehlerhafter Patientenpositionierung, untersucht.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Bestrahlungsplanungsstudien untersuchen den dosimetrischen Einfluss interfraktioneller Organbewegung für verschiedene Bestrahlungsprotokolle. Hierzu wurden die Computertomographien (CT) für Bestrahlungsplanung und Lagerungskontrolle von 20 Patienten verwendet (117 CT-Aufnahmen). In einer Robustheitsanalyse wurden in diesem Zusammenhang die dosimetrischen Auswirkungen von täglichen Variationen der Patientenanatomie ausgewertet, sowie der Einfluss der Anwendung eines Gels, welches den Abstand zwischen Zielvolumen (Prostata) und dem wichtigsten Risikoorgan (Rektum) vergrößert. Durch die durchgeführten vorklinischen Experimente konnte hierbei die sichere Verwendung des Gels in klinischer Routine ermöglicht werden. Weiterhin wurden zwei verschiedene Registrierungsmethoden, auf Basis der knöchernen Anatomie und des Weichteilgewebes, für die bildgestützte Strahlentherapie verglichen. Für die genannten Bestrahlungsprotokolle werden spezifische Sicherheitssaumkonzepte vorgeschlagen. Darüberhinaus wird der Einfluss der Auswahl eines repräsentativen Bestrahlungsplanungs-CT auf die Qualität der Bestrahlung untersucht. Abschließend wurde die Verwendung verschiedener Optimierungsparameter für die Bestrahlungsplanung verglichen, darunter die Verwendung verschiedener Ionensorten (Kohlenstoff und Protonen), Optimierungsalgorithmen (konventionell oder intensitätsmoduliert), Rasterabstände und Gantrywinkel.

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit durchgeführten Robustheitsanalyse zeigen, dass Organbewegung patientenspezifisch die Qualität der Bestrahlung sowie die Sicherheit des Patienten beträchtlich beeinflussen kann. So konnte aufgrund von Anatomievariationen zwischen Teilbestrahlungen ein Abfall der Dosisabdeckung des Zielvolumens von bis zu 13% in Bezug auf die geplante Dosisabdeckung des klinischen Bestrahlungsplanes auf dem Planungs-CT beobachtet werden. Das der Maximaldosis (größer als 95% der geplanten Dosis) ausgesetzte Rektumvolumen war dabei bis zu 3.0--3.5 mal so groß wie für den entsprechenden klinischen Bestrahlungsplan. Weitere klinisch relevante Faktoren, die die Fraktionsdosis beeinflussen sind die Größe der PTV Sicherheitssäume und die individuelle Patientenanatomie auf dem Bestrahlungsplanungs-CT.

Die in der vorgelegten Arbeit durchgeführten Studien konnten wesentlich zur klinischen Umsetzung der Ionenstrahltherapie von Prostatakarzinomen am HIT beitragen. Die in der Arbeit gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse, beispielweise in Bezug auf die untersuchten Sicherheitssaumkonzepte, können weiterhin in Zukunft in die klinische Routine einfließen und so zu einer weiteren Verbesserung der Bestrahlungsqualität beitragen.