

Zusammenfassung

Carolin Julia Buchele
Dr. sc. hum.

Daily adaptive magnetic resonance-guided radiotherapy – analysis of patient benefit

Fach: Radiologie
Doktorvater: Prof. Dr. Markus Alber

Die Magnetresonanz (MR)-gestützte Strahlentherapie ermöglicht eine tägliche Adaption des Bestrahlungsplans an die aktuelle Patientengeometrie. Die entstehenden Vorteile, insbesondere eine gute Risikoorganschonung bei gleichzeitig möglichst optimaler Auslastung von Zielvolumina, wurde bereits vielfach belegt. Allerdings kann sich die Patientengeometrie während der Adaption, welche deutlich länger dauert als herkömmliche Strahlentherapiebehandlungen, ändern. Bislang wurden die Auswirkungen dieser intrafraktionellen Änderungen wenig untersucht. Vor allem gastrointestinale Risikoorgane weisen teilweise große Verschiebungen und Deformationen auf, welche sich auch negativ auf den Nutzen der adaptiven Therapie auswirken könnte. Um intrafraktionelle Organbewegungen erkennen und für jeden Patienten individuell kompensieren zu können, ist es notwendig, diese bereits vor der ersten adaptiven Behandlung zu erkennen. Für die Bestrahlungsplanung aufgenommenen MR-Simulationsbilder könnten die Möglichkeit dazu bieten, da sie ohne zusätzliche Dosis auskommen und somit eine große Anzahl aufgenommen werden kann, um die Organbewegung zu bestimmen. Die Adaption dauert aktuell jedoch sehr lange und es wird häufig eine Dauer von einer Stunde oder mehr berichtet. Dies wirft die Frage auf, ob durch kürzere Adaptionzeiten ein robusteres Ergebnis erzielt werden kann. Daraus ergeben sich die folgenden Hypothesen, welche in dieser Studie untersucht werden sollen:

- 1) „In einigen Fällen hat die Adaption keinen Nutzen“
- 2) „Robustere adaptive Behandlungen können erzielt werden, indem das Ausmaß von Organbewegungen vor der ersten Behandlung ermittelt wird“
- 3) „Kürzere Adaptionzeiten führen nicht unbedingt zu robusteren Ergebnissen“

Dazu wurden retrospektiv Patienten untersucht, welche eine adaptive MR-geführte Strahlentherapie zur Behandlung von abdominalen Läsionen erhielten. Der Hauptfokus war dabei auf Läsionen, welche in unmittelbarer Nähe zu Risikoorganen lagen. Es wurden die Dosisunterschiede in Risikoorganen bestimmt, welche sich durch Adaption sowie durch intrafraktionelle Änderungen ergaben. Außerdem wurde das Ausmaß der Organbewegungen bei Simulation und Adaption für jeden Patienten bestimmt und auf eine mögliche Übereinstimmung untersucht. Zudem wurde die Dauer von Adaption und Simulation ermittelt, um einen möglichen Zusammenhang zum Ausmaß der Organbewegungen und der Höhe von Dosisunterschieden festzustellen.

Die Untersuchung der Dosisunterschiede zeigt, dass die Anzahl der Fraktionen, bei denen die Toleranzdosis der Risikoorgane nicht eingehalten werden konnte, durch Adaption deutlich reduziert werden konnte. Allerdings konnte bei einem Großteil der Patienten auch ein Anstieg der Organdosis unterhalb der Toleranzdosis durch die Adaption beobachtet werden. Mögliche Ursachen dafür sind entweder eine fehlende Optimierungsvorgabe oder die Möglichkeit eine höhere Risikoorgandosis unterhalb der Toleranzdosis zuzulassen, um das Zielvolumen optimal auszulasten. Durch intrafraktionelle Änderungen stieg die Anzahl der nichteingehaltenen Risikoorganvorgaben wieder an, sodass kurz vor Bestrahlung mehr Vorgaben nicht eingehalten wurden, als wenn der Grundplan bestrahlt worden wäre. Zudem konnte insgesamt ein statistisch signifikanter Anstieg der Risikoorgandosis durch

intrafraktionelle Änderungen festgestellt werden. Allerdings kann das Ausmaß der Risikoorganbewegung bereits vor der ersten Behandlung mit Hilfe von MR-Simulationsbildern bestimmt werden, wodurch die Möglichkeit eröffnet wird, diese zu kompensieren. Mit der in dieser Studie vorgestellten Methode, liegt die Übereinstimmung des Ausmaßes der Risikoorganbewegung bei Adaption und Simulation bei über 75%. Dabei führen die Aufnahme mehrerer Simulationsbilder und eine längere Simulationsdauer insgesamt zu einer besseren Übereinstimmung. Darüber hinaus liegt für die untersuchten Adaptionzeiten keine Korrelation zwischen Adaptiondauer und Höhe der Dosisänderung vor, was bedeutet, dass eine längere Dauer nicht zu einer größeren Änderung führt. Zudem zeigt die Analyse der Simulationsbilder, dass große Risikoorganbewegungen bereits innerhalb von fünf Minuten auftreten können. Auch für die kürzeren Zeiten der Simulationssitzungen konnte keine Korrelation mit dem Ausmaß der Organbewegung festgestellt werden. Insgesamt folgt aus diesen Ergebnissen, dass die Adaption in einigen Fällen keinen Nutzen hat, wenn man den dosimetrischen Vorteil in Risikoorganen betrachtet. Insbesondere intrafraktionelle Organbewegungen führen dazu, dass die Toleranzdosis in Risikoorganen überschritten wird. Das Ausmaß dieser Organbewegungen kann jedoch mit Hilfe der Simulationsbilder bereits im Voraus bestimmt werden. Dies bietet die Möglichkeit, bei der Behandlung einen speziellen Fokus auf Risikoorgane mit großer Beweglichkeit zu legen und diese möglicherweise zu kompensieren. Zudem können große Lageveränderungen von gastrointestinalen Risikoorganen bereits innerhalb sehr kurzer Zeit auftreten. Daher erscheint es nicht ausreichend, nur die Adaptiondauer zu verkürzen, um ein robusteres Adaptionsergebnis zu erhalten.