

Sebastian Peter Beck
Dr. med.

Evaluation von dynamischem Sekundärkollimator und dynamischer Tischbewegung in der helikalen Tomotherapie

Promotionsfach: Radiologie
Doktorvater: Prof. Dr. med. Klaus Herfarth

Diese Dissertation befasst sich in einer anonymisierten Planungsstudie mit der Evaluation verschiedener technischer Neuentwicklungen der nächsten Generation der helikalen Tomotherapie (HT), einem Bestrahlungsgerät zur hochkonformalen, intensitätsmodulierten Radiotherapie auch schwierigster Geometrien. Dabei ist es die erste Arbeit weltweit, die einen Überblick über diese neuen Techniken bietet und in diesem Rahmen Veränderungen in Bestrahlungsdauer und Planqualität evaluiert.

Für diese Übersichtsarbeit wurde ein breites Spektrum verschiedenster Entitäten zusammengestellt, die besondere Aspekte in Größe, Geometrie und Lage zu Risikostrukturen aufweisen und ausgewählt wurden, die genannten Neuentwicklungen maximal zu fordern. Fünf Kollektive mit insgesamt 49 Patienten wurden zusammengestellt, für die insgesamt 179 Bestrahlungspläne berechnet wurden.

1. 10 Patienten mit Nasopharynxkarzinom, das naturgemäß nahe an Risikostrukturen grenzt
2. 3 Patienten mit verstreuten Läsionen, die Abschnitte ohne Bestrahlung aufweisen
3. 11 Patienten mit Leberläsionen, die einer Einzeitbestrahlung unterzogen wurden
4. 10 Patienten mit AVM, die ebenfalls eine Einzeitbestrahlung erhielten
5. 15 Patienten mit besonders großen Zielvolumina
 - (a) Hemithoraxbestrahlung bei malignem Pleuramesotheliom
 - (b) Ganzabdomenbestrahlungen bei fortgeschrittenem Ovarialkarzinom
 - (c) Ganzknochenbestrahlung

Es gilt zu evaluieren, wie sich diese neuen Techniken im Allgemeinen auf die Behandlungsdauer und im Konkreten auf das Zielvolumen (Homogeneity, Conformity, Coverage), die Schonung der Risikostrukturen und die Gesamtorganismusbelastung (Integraldosis) auswirken. Primärer Vergleichspunkt ist die bisherige HT mit konstanter 2,5 cm Feldlänge mit Ausnahme der AVM, wo die Behandlung mittels Linearbeschleuniger zum Vergleich herangezogen wurde.

Bei den technischen Neuerungen handelt es sich v.a. um zwei Aspekte: dynamischer statt bisher statischer Sekundärkollimator und dynamische statt konstante Tischbewegung. Ersteres lässt eine dynamische Anpassung der Feldlänge während der Bestrahlung zu, was v.a. das Problem der Dosispenumbra superior und inferior des PTV durch vollständigen Wegfall löst.

Die dynamische Tischbewegung bietet v.a. Vorteile bei bestrahlungsfreien Abschnitten, ermöglicht aber auch eine beschleunigte Tischbewegung in Bereichen geringer Intensitätsmodulation. In unterschiedlicher Kombination dieser beiden Aspekte ergeben sich nun verschiedene Modalitäten,

die in folgender Tabelle aufgelistet werden.

Modus	Tischbewegung	Sekundärkollimator
Regular	konstant	konstant
Running-Start-Stop	konstant	dynamisch zu Anfang und Ende, konstant dazwischen
Dynamic Jaw,		
Dynamic Couch	dynamisch	dynamisch
Axial	keine Tischbewegung	dynamisch

In einem dreistufigen Planungssystem auf theoretischer Grundlage der Pareto-Optimierung und gleichzeitig festgelegter Zielkriterien für PTV-Dosis und Risikoorganschonung wurde versucht das Optimum für jeden einzelnen Plan zu erreichen, um eine optimale Vergleichbarkeit zu erhalten.

Als hervorstechendes Hauptergebnis zeigt sich eine Reduktion der Behandlungsdauer über alle Fälle hinweg um etwa die Hälfte im Vergleich Reg 2,5 zu DJDC 5, die v.a. auf die vergrößerte Feldbreite zurückzuführen ist. Kleinere und größere Volumina profitieren dabei gleichermaßen. Dabei bleibt die Risikoorganschonung trotz vergrößerter Feldlänge in weiten Teilen durch den dynamischen Sekundärkollimator gleich (Lebereinzellen, Pleuramesotheliome), reduziert sich in klinisch nicht relevantem Maße (Ganzabdomenbestrahlung und Bestrahlung des gesamten Knochenmarks) oder verbessert sich in manchen Fällen (Lage des OAR in der Dosispenumbra) sogar dramatisch (Nasopharynxkarzinome, Reduktion der Chiasmadurchschnittsdosis um 17 Gy). Gleiches gilt für die Zielvolumenabdeckung und Homogenität. Die Coverage zeigte als Tribut an die größere Feldlänge schlechtere Werte, v.a. bei komplexen PTVs wie den TMIs.

Die dynamische Tischbewegung, die sich primär in einer weiteren Zeitersparnis ausdrücken sollte, zeigt größeren Einfluss nur bei den multiplen Läsionen in Bereichen, in denen größere Distanzen >5cm ohne Bestrahlung zurückgelegt werden.

Eine Ausnahme bieten die AVM, die im Vergleich zur Behandlung mittels Linearbeschleuniger keine klinisch akzeptablen Pläne liefern konnten. Zwar konnte eine radikale Zeitersparnis um bis zu 85% (Axial Mode) erreicht werden, aber nur auf Kosten nicht akzeptabler Belastung des Gehirngewebes. Eine weitere Grenze ergab sich in der Behandlung kleinster PTVs. Es zeigten sich in einem untersuchten Fall nicht akzeptable Dosisbrüche, die trotz extremer Planführung nicht ausgeglichen werden konnten.

Der RSS-Modus liefert bereits bessere Ergebnisse als der bisher verwendete reguläre Modus, zeigt sich dem dynamischen Modus aber unterlegen. Dennoch wird dieser ein Zwischenschritt bei der Entwicklung hin zum technisch aufwändigeren dynamischen Modus darstellen, von dem die Patienten bereits profitieren.

Der Axial Mode zeigt einige Schwächen (deutlich erhöhte Bestrahlungsdosis im Vergleich zu den restlichen, untersuchten Modalitäten, insbesondere bei nicht runder Geometrie des PTV) und eine eingeschränkte Anwendbarkeit auf nur kleine Läsionen. Dennoch ist denkbar, dass dieser v.a. in Palliativsituationen durch seine extreme Schnelligkeit (schnellster, untersuchter Modus) seinen Stellenwert finden wird.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die helikale Tomotherapie der nächsten Generation in vielen Fällen im Vergleich zur bisherigen HT einen deutlichen Fortschritt darstellt.