



Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Medizinische Fakultät Mannheim
Dissertations-Kurzfassung

**Dosisverteilung in der Kypho-IORT nach aktuellen
Behandlungsstandards anhand einer Dosissimulation**

Autor: Katharina Steinbach
Institut / Klinik: Orthopädisch-Unfallchirurgisches Zentrum
Doktorvater: Prof. Dr. U. Obertacke

Krebs ist die zweithäufigste Todesursache in Deutschland. Da viele Krebserkrankungen trotz verbesserter Therapiemaßnahmen bei langem Überleben mit einer Metastasierung der Wirbelsäule einhergehen, sollte, neben der Therapie des Primärtumors, ein besonderer Fokus auf der Behandlung von Wirbelsäulenmetastasen liegen.

Die Kypho-IORT stellt dabei eine vielversprechende Behandlungsmethode dar. Sie zeichnet sich neben der Minimalinvasivität dadurch aus, dass sie eine intraoperative, lokale, einzeitige Bestrahlung mit einer anschließenden Zementaugmentierung des betroffenen Wirbelkörpers in sich vereint. Sie eignet sich für oligometastatische Patienten mit einer drohenden Instabilität, sowie Schmerzen und somit einem deutlichen Verlust an Lebensqualität. Studien konnten bereits klinisch belegen, dass mittels Kypho-IORT nicht nur eine deutliche Schmerzreduktion, sondern auch eine gute lokale Tumorkontrolle bei vollständig fehlenden Nebenwirkungen erreicht werden kann. Bisher war es nur möglich, postoperativ zu evaluieren, ob die applizierte Strahlendosis Schäden oder Nutzen verursacht. In dieser Studie soll die reale Dosisverteilung bei der Kypho-IORT unter Nutzung einer Monte-Carlo-basierten Simulations-Software (*Radiance*®) anhand eines prä- und intraoperativ angefertigten CTs quantifiziert werden.

Anhand von Koordinaten wurde die Treffgenauigkeit durch den Applikator während des Eingriffs ermittelt. Hier zeigte sich in 6 von 10 Fällen ein Abstand von $> 0,5\text{cm}$ vom Metastasenschwerpunkt, wobei kleine, gut angetroffene Metastasen das beste Bestrahlungsergebnis lieferten.

Im Vergleich zwischen Heterogenitäts- und Wassermodell zeigte sich bei ersterem in 9 von 10 Fällen eine prozentual höhere Abdeckung der Metastase als im Wassermodell. In einem Fall gab es keinen Unterschied. Hinsichtlich der maximalen Dosis im Spinalkanal fand sich in 7 von 10 Fällen im Wassermodell eine höhere Strahlenbelastung als im Heterogenitätsmodell. Dies korreliert mit der Theorie des steilen Dosisgradienten im Knochengewebe. In 3 von 10 Fällen lagen die Verhältnisse umgekehrt vor, welches an einer ggf. nicht mehr intakten Kortikalis und der Position des Isozentrums liegen kann.

Der EQD2-Wert gibt die Äquivalenzdosis für Fraktionierung in 2 Gy an, die den gleichen biologischen Effekt auf die jeweils bestrahlten Zellen hat wie die tatsächlich verwendete Bestrahlung. Danach zeigt sich eine Spanne der EQD2 Dosis für 90% des Tumolvolumens von 10,3 bis 358,2 Gy (1 Ausreißer mit 4,7 Gy). Obwohl verlässliche Vergleichswerte fehlen, kann aufgrund der klinischen Daten vermutet werden, dass es sich um ein ausreichendes Dosispektrum zur lokalen Tumorkontrolle handelt.

Auch wenn eine der Eigenschaften der Kypho-IORT ein steiler Dosisgradient ist, so kommen doch sehr hohe Dosen im Bereich der Applikatorspitze zustande. Da in geringem Abstand vom Isozentrum Rückenmark und Spinalnerven liegen, muss sichergestellt sein, dass es hier keinesfalls zu Strahlenschäden kommen kann. Die berechnete Dosis betrug zwischen 1,4 Gy und 29,8 Gy EQD2 im Spinalkanal (Median: 7,3). Die allgemein anerkannte Dosislimitierung für das Rückenmark liegt bei 50 Gy. Die aus den Fällen berechneten Werte liegen allesamt deutlich unter diesem Limit (10/10 Fälle < 50 Gy EQD2 im Spinalkanal). Somit befinden wir uns in einem ausreichenden Sicherheitsbereich für das Rückenmark.

Wir konnten zeigen, dass sich die Ergebnisse in der Klinik, zumindest hinsichtlich der Sicherheit vor Strahlenschäden am Rückenmark, auch rechnerisch reproduzieren lassen. Das wiederum schafft eine wichtige Basis für weitere Ziele: Es können Planungssysteme entwickelt werden, die eine Bestrahlung noch weiter optimieren. Ebenso können ggf. die Bestrahlungszeit individuell angepasst oder die Lage des Applikators gezielter vorgenommen werden.