

Einsatz normoxischer Polymergele in der 3D-Dosimetrie für die Radiochirurgie

Stefan Scheib¹, Remo Crescenti², Walter Vogelsanger³, Yvonne Schenkel², Stefano Gianolini¹, Emmanuil Lazaridis⁴ und Andreas Mack⁵

¹ Abteilung für Medizinische Strahlenphysik, Klinik Im Park, Zürich

² Institut für Kommunikation und Elektrotechnik, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich

³ Fachbereich Physik, Kantonsschule Schaffhausen, Schaffhausen

⁴ Metropolitan Hospital, Athen

⁵ Gamma Knife Zentrum Frankfurt, Frankfurt a.M.

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung der Herstellung normoxischer Polymergele, die Charakterisierung ihrer Dosis-Wirkungs-Beziehung, die Optimierung der MRT-Bildgebungssequenzen und der Einsatz in einem Dosisverifikationsexperiment in der Radiochirurgie. Das verwendete normoxische Polymergel zeichnet sich durch seine einfache Herstellung unter Normalatmosphäre und die Linearität seiner Dosis-Wirkungs-Beziehung bis zu 40 Gy aus. Die MRT-Bildgebung wurde mit 2-dimensionalen (2D) Single-Spin-Echo-Sequenzen durchgeführt. Die Bildgebungsparameter wurden optimiert um die Standardabweichung der transversalen Relaxationsrate R_2 zu minimieren und eine räumliche Auflösung von 1,5 mm zu erzielen. Der Vergleich einer berechneten und gemessenen relativen Dosisverteilung für eine multiisozentrische Bestrahlung mit dem Gamma Knife[®] B zeigte eine gute Übereinstimmung von Isodosenlinien, differentiellen und kumulativem Dosisvolumenhistogramm. Die Standardabweichung der Dosis betrug rund 9% bei 30 Gy. Die Evaluation nach Gamma-Kriterium ergab, dass 96% aller Voxel innerhalb einer Abweichung von 1,5 mm im Raum und innerhalb von 8% der berechneten Dosis lagen.

Schlüsselwörter: Dosimetrie, Polymergel, Radiochirurgie, Dosisverifikation

Application of normoxic polymer gels in 3D-dosimetry for radiosurgery

Abstract

The aim of this study was to describe the manufacture of normoxic polymer gels, to characterize their dose response relationship, to optimize MR imaging parameters in order to minimize the standard deviation in the measured dose and to use the gel in a dose verification experiment in radiosurgery. The normoxic polymer gel used is simple to manufacture under normal atmospheric conditions and is characterized by a linear dose relationship up to 40 Gy. MR imaging was performed using 2-dimensional (2D) single spin echo pulse sequences with two different echo times. The imaging parameters were optimized in order to minimize the standard deviation of the measured transversal relaxation rate R_2 and to achieve a geometrical resolution of 1.5 mm. Comparisons of calculated and measured relative 3D dose distributions using a multi isocentric irradiation with Gamma Knife[®] B showed a good overall agreement of both the isodose levels and the differential and cumulative dose volume histograms. The standard deviation in the measured dose was approximately 9% at 30 Gy. The evaluation according to the gamma criterion showed that 96% of the dose voxels remained within a spatial uncertainty of 1.5 mm and a dose uncertainty of 8%.

Key words: Dosimetry, polymer gel, radiosurgery, dose verification

Einleitung

Dosimetriegele sind aufgrund ihrer Eigenschaften für die 3-dimensionale Dosimetrie in unterschiedlichen Bereichen der Strahlentherapie von großem Interesse [6, 9, 11, 13, 14, 15]. Die absorbierte Dosis D verhält sich, je nach chemischer Zusammensetzung des Gels, in einem gewissen Dosisbereich

linear zu der in der MRT gemessenen transversalen Relaxationsrate R_2 [5, 7, 8, 11]:

$$R_2(D) = R_0 + a \cdot D, \quad R_0, a = \text{konstant} \quad (1)$$

Dabei bedeuten R_0 die gemessene transversale Relaxationsrate des unbestrahlten Gels und a die Steigung der linearen Dosis- R_2 -Beziehung. Ein entscheidender Nachteil der Poly-

mergele lag bislang hauptsächlich in der Empfindlichkeit des Gels gegenüber Sauerstoff, da im Gel gelöster Sauerstoff als Radikalfänger wirkt und die strahleninduzierte Polymerisation verhindert. Mit Hilfe der Geldosimetrie können dreidimensionale Dosisverteilungen in einem Arbeitsgang verifiziert werden. Darüber hinaus ist das Geldosimeter gleichzeitig Phantommaterial und nahezu gewebeäquivalent, was seinen Einsatz auch in Regionen mit fehlendem Sekundärelektronengleichgewicht, wie z. B. der Radiochirurgie, interessant macht [2, 3, 6, 13]. Die räumliche Auflösung wird durch das Ausleseverfahren, in unserem Fall die MRT bestimmt. Einen wesentlichen Einfluss auf die klinisch basierte Geldosimetrie hatte die Arbeit von Fong et al. [7]. Durch die gezielte Zugabe von Sauerstoffängern, welche den Luftsauerstoff während der Gelherstellung binden, konnte ein Polymergele unter Normalatmosphäre hergestellt werden. Deshalb werden Gele dieses Typs auch als normoxische Gele bezeichnet [5]. Die Herstellung dieses normoxischen Polymergeles ist einfach und mit einem geringen apparativen und finanziellen Aufwand in einem kliniknahen Umfeld möglich.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Proben des von Fong et al. [7] vorgeschlagenen normoxischen Gels, welches auch als MAGIC-Gel bezeichnet wird, hergestellt, bestrahlt und die transversale Relaxationsrate R_2 mit Hilfe der MRT bestimmt. MAGIC ist eine Abkürzung, welche die chemische Zusammensetzung des Gels beschreibt: Methacrylsäure, Ascorbinsäure gelöst in Wasser, Hydrochinon und Gelatine, Initiiert durch Kupfer (Copper, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Neben der Herstellung des Gels in einem kliniknahen Umfeld interes-

sierte uns insbesondere die Wahl möglichst optimaler MRT-Bildgebungsparameter für den uns zur Verfügung stehenden klinischen MR-Scanner. Eine quantitative Dosisverifikation in der Radiochirurgie sollte die Praktikabilität dieser Dosismetriemethode in einem kliniknahen Umfeld aufzeigen.

Materialien und Methoden

Der apparative, finanzielle und zeitliche Aufwand für die Herstellung des normoxischen Gels ist gering. Für die Gelherstellung wurde von uns die folgende apparative Ausstattung verwendet: eine Waage mit einer Auflösung von mindestens 10 mg, ein (elektronisches) Thermometer, verschiedene Glasbehälter (Bechergläser, Erlenmeyerkolben) mit unterschiedlichem Volumen, verschiedenes Kleinmaterial (Rührer, Pipetten) und eine Heizplatte mit eingebautem magnetischem Rührer. Die Gesamtkosten dieser Ausstattung betragen ca. 2.500 €, wobei 1.300 € auf die Waage entfielen.

Ausgehend von der Arbeit von Fong et al. [7] wurde die in Tabelle 1 angegebene chemische Zusammensetzung für einen Dosisbereich bis zu 40 Gy gewählt. Die Variation des Methacrylsäureanteils wirkt sich entscheidend auf die Form und Steilheit der Dosis- R_2 -Beziehung aus. Bei einem Anteil von 6% traten schon ab einer Dosis von 20 Gy Sättigungseffekte auf; wird ein Anteil von 12% verwendet, stellt sich die Kalibrationskurve nicht mehr genügend linear dar. Ein Methacrylsäureanteil von 9% hat sich im Rahmen einer Vorstudie für einen Dosisbereich bis zu 40 Gy als geeignet herausgestellt.

Tabelle 1 Zusammensetzung des normoxischen Polymergeles für eine Masse von 1 kg. In der Spalte Masse ist die Masse der jeweiligen Gelkomponente aufgeführt, welche zur Herstellung von 1 kg Gel verwendet wurde. Die Spalte Konzentration bezeichnet die im hergestellten Gel vorliegende Konzentration der einzelnen Gelkomponenten und die Spalte Mischung bezeichnet die Masse der hergestellten Mischungen (Hydrochinon, Ascorbinsäure, Kupfersulfat), welche während der Gelherstellung zugegeben wurden.

Gelkomponente	Masse	Konzentration	Mischung
Gesamtmasse des Gels	1000 g	100%	
destilliertes Wasser	830 g	–	796 g
Gelatine Type A from Porcine Skin Sigma, 300 Bloom	80 g	8%	80 g
Hydrochinon Sigma, 99+%	0,55 g auf 50 g Wasser ergänzt	1 mmol/l	10 g Lösung
Ascorbinsäure (Vitamin C) Fluka, >99%	0,44 g auf 25 g Wasser ergänzt	2 mmol/l	20 g Lösung
Kupfer(II)sulfat-Pentahydrat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 98+%	0,25 g auf 100 g Wasser ergänzt	0,04 mmol/l	4 g Lösung
Methacrylsäure Sigma, 99%	90 g	9%	90 g

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1888229>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1888229>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)