

## 5. Zusammenfassung

Patienten mit einem Aderhautmelanom am hinteren Pol des Auges haben ein hohes Risiko, daß jegliche Form der Therapie die angrenzenden Strukturen, nämlich die Papille des Sehnervens, die Fovea centralis oder aber den Sehnerven selbst zumindest langfristig schädigen kann, wenn der Tumor sehr nahe an diese Strukturen heranreicht. Dies betrifft insbesondere die Behandlung mit radioaktiven Plaques, die sonst in der Behandlung des Aderhautmelanoms weit verbreitet ist.

Diese Applikatoren werden auf der Sklera über dem Tumor aufgenäht. Um an der im Augeninneren liegenden Spitze des Tumors eine zur Kontrolle der Tumorerkrankung ausreichende Dosis applizieren zu können, muß dabei in Kauf genommen werden, daß an den nahe am Applikator gelegenen Bereichen wesentlich höhere Dosen verabreicht werden. Diese hohen Dosen sind Ursache der radiogenen Schäden am direkt angrenzenden gesunden Körpergewebe.

Eine andere Form der Strahlentherapie ist seit 30 Jahren für die Behandlung genau dieser Erkrankungssituation etabliert, die Behandlung mit Protonen bzw. schweren Ionen. Die physikalischen Eigenschaften dieser Teilchen, insbesondere der abrupte Dosisabbruch am Ende der Reichweite des Strahls, ermöglichen eine extrem hohe Präzision und die Chance, möglichst viel der für das Sehvermögen kritischen Strukturen zu schonen. Die Dosisverteilung innerhalb des bestrahlten Bereichs läßt sich sehr homogen gestalten, insbesondere Dosispitzen können völlig vermieden werden. Die Behandlung mit Protonen bzw. schweren Ionen ist sehr effektiv in der Kontrolle der Tumorerkrankung mit etwa 95% nach 5 Jahren. Protonentherapie-Einrichtungen sind logistisch sehr aufwändig und es gibt nur wenige Zentren weltweit. Die einzige Behandlungseinrichtung in Deutschland ist am Hahn-Meitner-Institut in Berlin.

Eine weitere Form der Hochpräzisionsbestrahlung ist die stereotaktische Bestrahlung mit Photonen, die seit etwa 20 Jahren in klinischem Einsatz ist. Ihre

Anwendung zur Behandlung von Aderhautmelanomen alternativ zur Protonentherapie wird zunehmend propagiert. Auch bei dieser inzwischen sehr weit verbreiteten Technik kann ein sehr steiler Abfall der applizierten Strahlendosis am Rand des bestrahlten Volumens und damit eine Schonung der angrenzenden Bereiche erzielt werden.

Bei dieser Behandlung können allerdings die für das Sehvermögen entscheidenden Strukturen im Auge, die Papille und die Macula nicht geschont werden, da sie in den zur Planung der Behandlung benützten Untersuchungen (Computer- und Kernspintomogramm) nicht genau genug darstellbar sind.

Dieses Problem wird bei der Protonenbehandlung umgangen, indem zur Vermessung und Orientierung des Auges in einer Operation an genau definierten Stellen kleinste Tantalplättchen aufgenäht werden, die später die genaue Rekonstruktion der Anatomie des Auges bei der Behandlungsplanung erlauben.

An der Charité Campus Benjamin Franklin sind beide Behandlungsverfahren seit Jahren klinische Routine. Untersucht wurde in der vorliegenden Arbeit, ob eine stereotaktische Bestrahlung mit Photonen unter Zuhilfenahme aller Informationen, die auch zur Protonentherapie vorliegen, mit dieser konkurrieren kann.

Anhand einer für diese Untersuchung am Hahn-Meitner-Institut neu entwickelten Methode wurden die Informationen über die Tumorausdehnung und die Lage der Papille und der Macula zur Behandlungsplanung der stereotaktischen Behandlung verwendet und bei 10 mit Protonen behandelten Patienten alternativ eine Behandlung mit Photonen berechnet. Verglichen wurde mit dem real verwendeten Plan der Protonen-Therapie.

Grundlage der Planung der stereotaktischen Photonenbestrahlung war ein höchstauflösendes Computertomogramm, der Sicherheitsaum um den Tumor

wurde minimiert auf lediglich 1 mm – bei der Protonentherapie sind 1,5 mm Standard. Pro Patient wurden zwischen 5 und 12 verschiedene Pläne berechnet. Die Photonentherapie erfolgte in statisch-konformaler Technik als Klassenlösung für alle Patienten mit 5 Feldern, die Dosishomogenität mußte für mindestens 97% des Planning Target Volumens zwischen 90 und 110% liegen.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte anhand der Dosisbelastungen für den Sehnerven, die Papille, die Macula und die Linse. Bei unterschiedlichen Gewichtungen dieser einzelnen Parameter war die Protonentherapie in 60 bis 80% der Fälle eindeutig überlegen, in maximal 30% konnten gleichwertige Ergebnisse erzielt werden, nur seltenen, in 0-20%, war die Planung für die stereotaktische Behandlung mit Photonen besser.

Zusammenfassend wurden erstmals in einem direkten Vergleich „unter fairen Konditionen“ die beiden Verfahren Protonentherapie und stereotaktische Bestrahlung mit Photonen zur Therapie von Aderhautmelanomen des hinteren Augenpols in Bezug auf ihre Fähigkeit hin untersucht, die für das Sehvermögen relevanten Strukturen des Auges bestmöglich zu schonen.

Unter den für diese Untersuchung gewählten Bedingungen besteht kein Zweifel an der Überlegenheit der Protonenbestrahlung.