

PRÄZISIONSBESTRAHLUNG BEI TUMOREN IM BEREICH DER SCHÄDELBASIS

- **In der Strahlentherapie sollen Tumoren zerstört, gesunde Organe aber geschont werden**
- **Neue Technologien in der Strahlentherapie präzisieren die Bestrahlung**
- **Das On-Board-Imaging-System ermöglicht eine exaktere Lagerung der Patienten**

Schädelbasistumoren sind wegen ihrer anatomischen Lage immer eine therapeutische Herausforderung. Obwohl sie histologisch häufig zu den benignen Tumoren gezählt werden, sind sie wegen ihrer Lage inmitten von wichtigen Nerven und Gefässen sowie knöchernen Strukturen schwierig radikal zu behandeln. In der Regel ist die komplette chirurgische Resektion die Therapie der Wahl, welche aber häufig nicht vollständig erreicht werden kann. In diesen Situationen kann die zusätzliche Bestrahlung mit dem Ziel, die übrig gebliebenen Tumoreste zu eliminieren, versucht werden. Neben diesen adjuvanten Indikationen kann die Radiotherapie aber auch bei inoperablen Patienten als alleinige Therapieoption oder – immer wichtiger – als neoadjuvante Bestrahlung eingesetzt werden. Dabei wird durch eine präoperative Bestrahlung der Tumor in seiner Peripherie möglichst so zerstört, dass er nachher radikal operiert werden kann (Tab. 1).

Problematik: Tumoren zerstören, aber Organe schonen

Die Radiotherapie verfolgt zwei Ziele. Einerseits soll eine möglichst tumorizide Dosis in die Tumorregion appliziert werden; gleichzeitig sollen die in der Region liegenden Organe so wenig belastet werden, dass möglichst wenig akute Nebenwirkungen auftreten und vor allem keine irreversiblen Schäden zurückbleiben. Das Problem der Bestrahlung in der Schädelbasisregion ist, dass die meisten der dort üblichen Tumoren wenig strahlensensibel sind und daher relativ hohe Bestrahlungsdosen brauchen. Gleichzeitig ist die Region von strahlen-

sensiblen Strukturen wie Augen (vor allem Linsen), Sehnerven und Chiasma, Hypophyse sowie Hirnstamm umgeben, die deutlich weniger Dosis ertragen. Mit geeigneten Techniken wird versucht, diese Anforderungen zu meistern.

Moderne Strahlentherapie

Die Strahlentherapie ist heutzutage sehr genau geworden. Mit geeigneten Algorithmen und schnellen Planungscomputern können Dosisberechnungen mit sehr hoher Sicherheit erreicht werden. Zudem liegt die Einstellungsgenauigkeit der modernen Linearbeschleuniger im Millimeterbereich. Eine strahlentherapeutische Behandlung wird praktisch immer über mehrere Sitzungen verabreicht. Bei kurativen Konzepten können dabei oft 30 oder mehr Fraktionen gegeben werden. Es ist entscheidend, dass die Patienten jedes Mal genau gleich positioniert werden. Dazu ist der Einsatz von Lagerungshilfen unerlässlich. Im Kopf-/Halsbereich kann mit Masken gearbeitet werden. In einem moderneren Verfahren verwendet man Abdrücke der Zähne und des Oberkiefers. Diese Abdrücke werden über ein spezielles Gestell mit dem Bestrahlungstisch verbunden und mithilfe eines Vakuums fest an den harten Gaumen des Patienten gedrückt. An den radioonkologischen Instituten der Hirsländ-Kliniken in Aarau und Zürich wird ein solches System angewandt. Erste Erfahrungen zeigen, dass damit die Lagerung auf einen Millimeter genau reproduziert werden kann.

Anschliessend an die Lagerung wird ein Planungscomputertomogramm durchgeführt. Die Anatomie der zu bestrahlenden Körperregion wird zusammen mit allen Lagerungshilfen und der vorher genau definierten Position in einem Feinschnitt-CT aufgenommen, das als Grundlage für den Bestrahlungsplan dient. Der Radioonkologe zeichnet auf den CT-Bildern die zu bestrahlenden Gebiete sowie die Risikoorgane ein. Der Planungscomputer stellt diese Zeichnung in dreidimensionalen Volumen dar, und

Bestrahlungen im Bereich der Schädelbasis an den Instituten der Radiotherapie Hirsländ Aarau von Januar 2005 bis Juli 2007

| Schädelbasisbestrahlungen | 30 |
|--|----|
| Meningeome | 5 |
| Epipharynxkarzinome | 4 |
| Karzinome der Nasennebenhöhlen oder Orbita | 5 |
| Lymphome | 4 |
| Metastasen | 9 |
| Andere | 3 |

Tab. 1

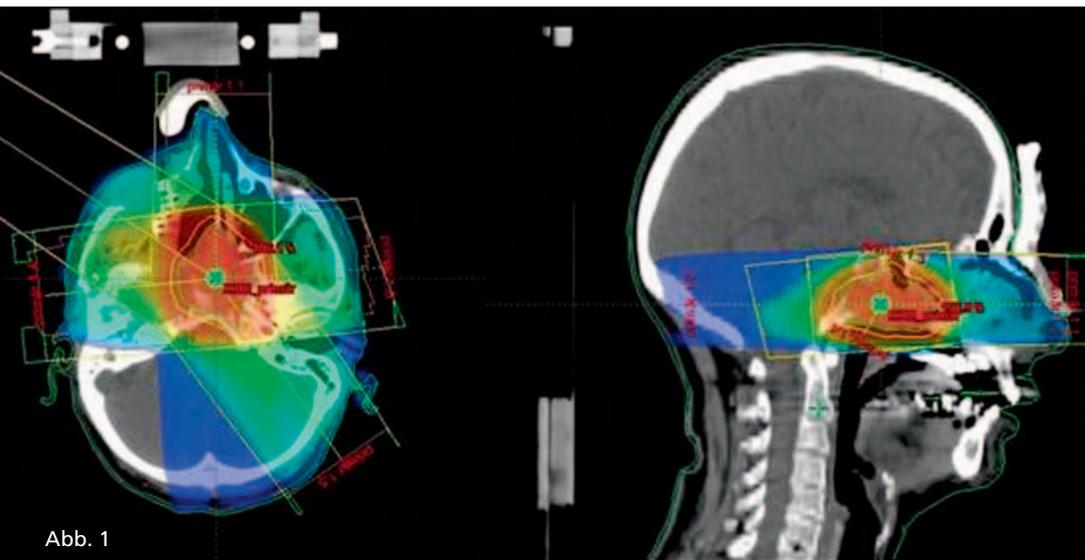


Abb. 1

diese Volumen sind die Grundlage für den vom Medizinphysiker zu erstellenden Bestrahlungsplan. Meistens wird das Tumolvolumen mit einem definierten Sicherheitsabstand von verschiedenen Seiten ins «Kreuzfeuer» genommen. Dabei achtet man darauf, die Risikoorgane möglichst aus den Feldanordnungen auszusparen (Abb. 1). Die Felder sind nicht rechteckig, sondern werden mittels Ausblockungen dem definierten Bestrahlungsvolumen angepasst.

Ziel jeder radioonkologischen Behandlung ist es, die Tumorregion mit einer möglichst hohen Bestrahlungsdosis zu belasten und gleichzeitig die Risikoorgane optimal zu schonen. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Tumor abgetötet werden kann, hängt neben Grösse und Histologie des Tumors vor allem auch von der applizierten Bestrahlungsdosis ab. Ob infolge der Bestrahlung Nebenwirkungen auftreten, hängt dagegen von der Belastung des normalen, gesunden Gewebes ab. Seit wenigen Jahren kann die Intensität des Photonenflusses innerhalb der Felder gesteuert oder moduliert werden (Intensity modulated radiotherapy, IMRT). Damit kann der Hochdosisbereich noch besser dem definierten Tumolvolumen angepasst werden und Risikoorgane werden geschont.

All diese neuen Technologien bedingen, dass die Bestrahlungen immer unter genau gleichen Bedingungen durchgeführt werden. Die Geometrie des Linearbeschleunigers ist starr; die Dosisberechnungen basieren auf der Annahme, dass jeweils die genau gleichen Verhältnisse vorliegen, die mit dem

Planungs-CT dargestellt wurden. Entspricht die Realität nicht den Planungsverhältnissen, wird eventuell die Tumorregion zu wenig oder ein Risikoorgan zu hoch belastet. Liegt der Patient 1 bis 2 cm anders als ursprünglich geplant, wird auch um diese Distanz «daneben» bestrahlt. Diese Ungenauigkeit muss abgeschätzt und ins Behandlungskonzept einbezogen werden. Bei der Planung wird um das zu behandelnde Tumolvolumen ein Sicherheitsabstand gelegt, um eine möglichst umfassende Bestrahlung während allen Fraktionen zu gewährleisten. Nachteil dieses Konzepts ist eine signifikante Erhöhung des Bestrahlungsvolumens, was mit entsprechenden Nebenwirkungen verbunden ist. Je genauer eine Bestrahlung durchgeführt werden kann, desto kleiner fällt dieser Sicherheitsabstand aus und umso kleiner wird das Behandlungsvolumen.

On Board Imaging (OBI)

Zusätzlich zu den beschriebenen Lagerungshilfen gibt es neue Möglichkeiten, die Genauigkeit der Patientenposition zu kontrollieren und vor allem zu verbessern. An den radiotherapeutischen Instituten der Hirslanden-Kliniken Aarau und Zürich kommt ein On-Board-Imaging-System zum Einsatz (Abb. 2). Damit können vor der Bestrahlung in orthogonalen Richtungen (zum Beispiel a.p. und seitlich) zwei Aufnahmen gemacht werden (Abb. 3). Diese werden dann mit einer digitalen Rekonstruktion des Planungs-CTs verglichen. Die Bilder der aktuellen Aufnahme und des Planungs-CTs werden fusioniert. Damit lässt sich direkt

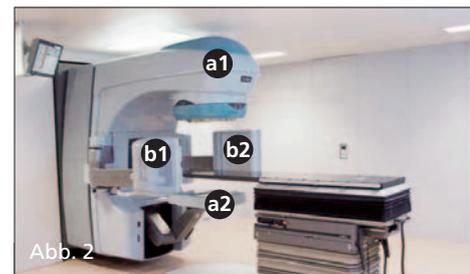


Abb. 2



Abb. 3

Abb. 1

Bestrahlungsplan einer Patientin mit rezidivierendem adenoidzystischem Karzinom im Epipharynxbereich. Der rote Bereich entspricht 100% Bestrahlungsdosis, grün 50% und blau noch 10%. Die Bestrahlung erfolgte über 5 nicht konvergente Photonenfelder.

Abb. 2

Linearbeschleuniger VARIAN 2100EX mit
a1: Bestrahlungskopf,
a2: Detektor (Flat-Panel) für die Bilder, die mithilfe des Therapiestrahls des Linearbeschleunigers erzeugt werden (MV-Bilder),
b1: On-Board-Imaging-System mit
b2: Detektor (Flat-Panel), mit dem «normale» Röntgenbilder in orthogonaler Richtung erzeugt werden (kV-Bilder).

Abb. 3

Linearbeschleuniger mit On-Board-Imaging-System (OBI). Schematische Darstellung der Aufnahmemöglichkeit mittels OBI orthogonal zum Therapiestrahle.

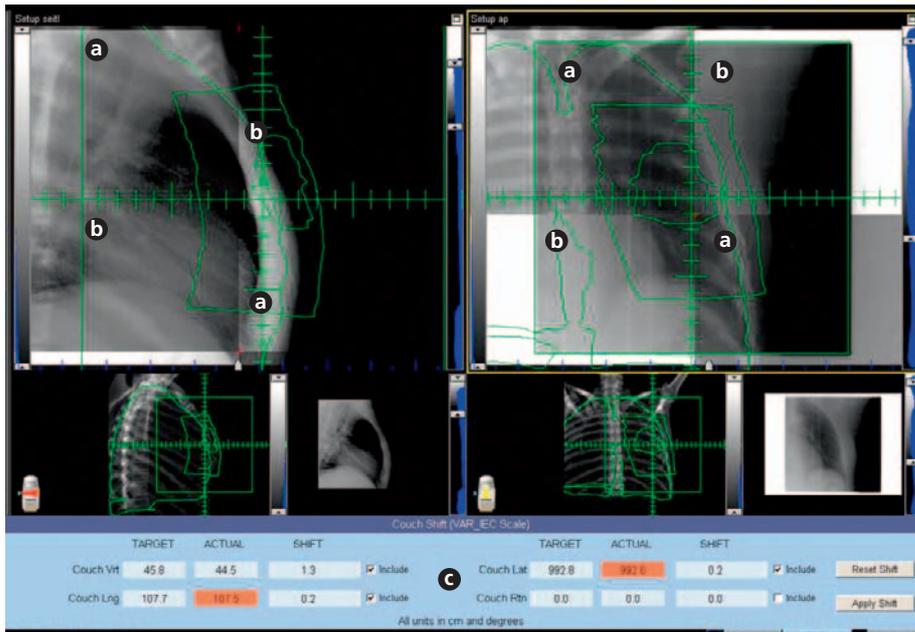


Abb. 4

Lagerungskontrolle vor Beginn einer Bestrahlung mithilfe des On-Board-Imaging-Systems (OBI). Das digital rekonstruierte Bild vom Planungssystem (a) wird mit den Bildern des OBI (b) fusioniert, bis die Bilder vollständig zusammenpassen. Im unteren Bereich (c) können dann die notwendigen Korrekturen des Bestrahlungstischs abgelesen werden. Dieser wird anschliessend computer-gesteuert um die gemessenen Werte nachkorrigiert.

bestimmen, wie die aktuelle Bestrahlungsposition von der ursprünglich geplanten Position abweicht (Abb. 4). Anschliessend wird der Bestrahlungstisch um diese Abweichungen nachjustiert. Man erreicht die Gewissheit, dass Patienten täglich genau in der ursprünglich geplanten Position behandelt werden.

Dieses System wurde europaweit erstmals in Aarau routinemässig eingesetzt und ist mittlerweile aus dem klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Es kommt vor jeder Behandlung zum Einsatz. Bei mittlerweile über 1000 damit behandelten Patienten hat sich gezeigt, dass das Handling sehr einfach und schnell ist. Die Zeit für eine Bestrahlungssitzung verlängert sich nur unwesentlich (weniger als eine Minute). Die Genauigkeit der Bestrahlung kann aber so stark verbessert werden, dass man nun tatsächlich im angestrebten Millimeterbereich liegt.

Ausblick

Der mögliche Einsatz des On-Board-Imaging-Systems geht noch viel weiter als die heute verwendete Lagerungskontrolle. Mittels einer einzigen Umdrehung des Linearbeschleunigers können Bilddaten gesammelt werden, die gleich wie bei einem modernen Multislice-CT (CT mit mehr als einem Schichtbild pro Umdrehung) zu dreidimensionalen Abbildungen berechnet werden können. Damit lässt sich am Linearbeschleuniger

neben einer echten 3-D-Lagerungskontrolle auch ein Monitoring der Tumorgrösse erreichen. Ziel ist es, in Zukunft die Bestrahlungsplanung auch während der Therapiephase dem aktuellen Tumolvolumen anzupassen. Die Einführung dieser «Cone Beam»-CT-Technologie am Linearbeschleuniger ist in Aarau zurzeit Gegenstand eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts. Die Bilddaten, die gewonnen wurden, sind sehr vielversprechend. Der Algorithmus für die Dosisberechnung wird immer genauer und besser, sodass in Zukunft die Möglichkeit bestehen wird, die Bestrahlungspläne online zu erhalten und sofort an die neue Tumorsituation anzupassen.

All diese Anstrengungen dienen letztlich der weiteren Verbesserung der Strahlentherapie mit dem Ziel, die Tumorregion mit noch mehr Dosis zu belasten und gleichzeitig die darum liegenden gesunden Gewebe und Organe besser zu schonen. Dies wiederum müsste zu besserer Tumorkontrolle mit geringeren Nebenwirkungen führen. Genauere Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht machbar, weil die Verläufe alle unter drei Jahren liegen – dies ist in der Onkologie ein kurzer Zeitraum.

Dr. med. Christian von Briel
FMH Radio-Onkologie/Strahlentherapie
Hirslanden Medical Center Aarau

christian.vonbriel@hirslanden.ch