

# Radio-Onkologie: Die Radiochirurgie wächst über den Kopf hinaus

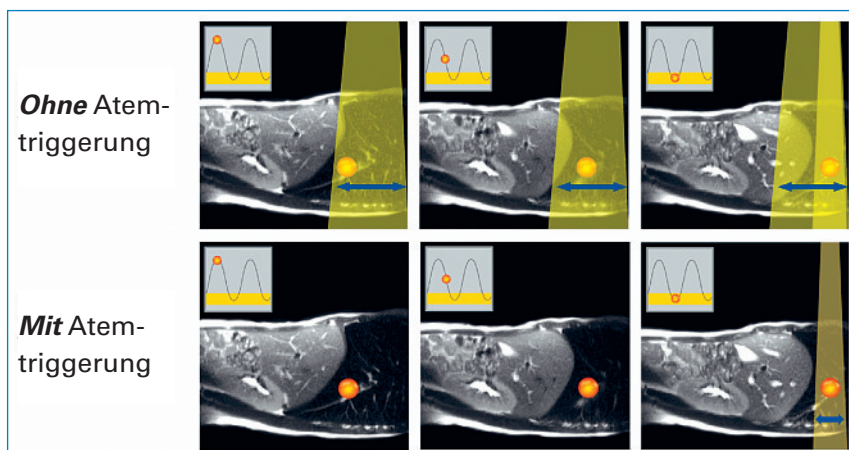
Daniel M. Aebersold

Universitätsklinik für Radio-Onkologie, Inselspital Bern

Die Hochpräzisionsstrahlentherapie wurde Ende der 1960er Jahre vom schwedischen Neurochirurgen Lars Lecksell eingeführt. Bezug nehmend auf die messerscharfe chirurgische Präzision wurde das auf Cobalt-Quellen mit Gammastrahlung basierende Gerät «GammaKnife» genannt, das therapeutische Verfahren «Radiochirurgie». Es war kein Zufall, dass das Konzept für Läsionen im Hirnbereich entwickelt wurde. Nur dank der invasiven Fixation des Schädels in einem stereotaktischen Rahmen war es möglich, die zutreffende Läsion mit genügender Sicherheit aufs Korn zu nehmen. Dies erlaubte, gut abgrenzbare und kleinvolumige tumoröse Läsionen des Hirns mit einer einzigen Bestrahlungssitzung radikal zu behandeln. Durch technologische Weiterentwicklungen gelang es in den letzten Jahren, dieses Prinzip der stereotaktischen Radiochirurgie zunehmend auf neue Indikationen ausserhalb des Hirns auszuweiten. Die neue Applikationsform nennt sich extrakranielle Stereotaxie oder im angelsächsischen Raum «Stereotactic Body Radiotherapy» (SBRT).

## Technologische Entwicklungen


Neu entwickelte Systeme zur stereotaktischen Radiochirurgie zeichnen sich durch eine Vielzahl technologischer Innovationen aus, besonders im Bereich der bildgebenden Komponenten sowie deren Anbindung durch intelligente Software und Möglichkeiten der roboterisierten Positionskorrektur.



**Abbildung 1**

Bestrahlung mit und ohne respiratorisches Gating; dank Gating wird das Volumen bestrahlter Lunge (blauer Pfeil) massiv reduziert.

## Gating

Zwei stereoskopisch verwendete Röntgenröhren ermöglichen eine kontinuierliche Kontrolle der Patientenposition sogar während einer Bestrahlungssitzung. Zusammen mit einem Infrarotsystem können diese zudem der Monitorisierung der Atembewegungen dienen. Damit kann die Bestrahlung mit der optimalen respiratorischen Phase gekoppelt werden (= «respiratorisches Gating»), mit der Folge, dass die zur sicheren Bestrahlung notwendigen Sicherheitssäume um den Tumor deutlich reduziert werden können (Abb. 1 )

## Roboterisierter Bestrahlungstisch

Neue Systeme beinhalten zudem einen «Robotic»-Bestrahlungstisch: Die Beweglichkeit des Tisches ist nicht auf die Grunddimensionen (Höhe, Länge, Breite, Rotation in der Liegeebene) beschränkt, sondern ermöglicht auch eine Längsrotation («Roll») und eine Neigung («Tilt»). Diese roboterisierte Tischbeweglichkeit kommt dann zum Zug, wenn sich ein Tumolvolumen oder ein Organ zum Zeitpunkt der Bestrahlung durch Drehbewegungen aus der ursprünglichen Position weg bewegt hat. Gelingt es, durch Gegenbewegungen des Tisches diese Rotation auszugleichen, kann mit Millimeter-Präzision die ursprüngliche Lage des Zielvolumens wieder «hergestellt» werden.

## Tumor Tracking

Die genannten Möglichkeiten – «Gating» und zeitgleiche roboterisierte Korrektur von Positionsabweichungen in 6-D – bringen ein Konzept näher, das für die Weiterentwicklung der stereotaktischen Radiochirurgie entscheidend ist: «Tumor Tracking». Die Idee dabei ist, dass durch intelligente und zeitgleiche Online-Integration bildgebender Information in die Bestrahlungsapplikation der therapeutische Strahl den Tumor «verfolgt». Die Notwendigkeit einer invasiven und den Patienten belastenden Fixation wie das Anschrauben eines Rahmens an den knöchernen Schädel wird damit reduziert.

## Integration von CT-Datensätzen

Die umfassende Integration bildgebender Systeme in die Bestrahlungsapplikation kann durch eine in das Bestrahlungsgerät integrierte oder im Behandlungsraum installierte CT-Röhre komplettiert werden, welche einen vollen 3-D-Datensatz zum Zeitpunkt der Bestrahlung liefert. Neben der Verwendung der 3-D-Daten für die Patienten-

bzw. Tumorpositionierung kann auch die Lage von beweglichen Risikoorganen wie der Harnblase oder des Dünndarms unmittelbar vor Bestrahlung nochmals kontrolliert werden.

### Indikationen der extrakraniellen Radiochirurgie

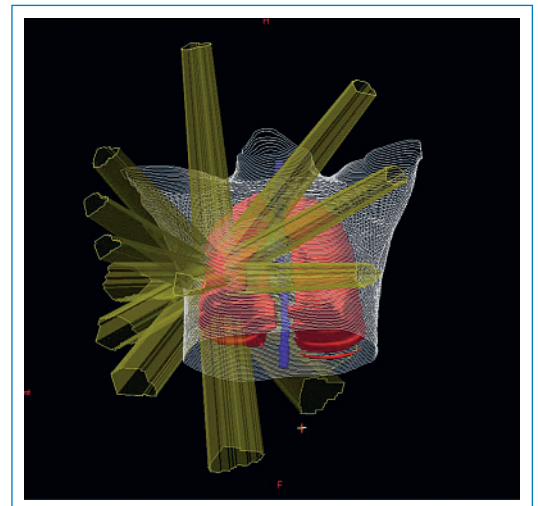
Die extrakranielle Radiochirurgie wird unterdessen in einer Vielzahl von Tumoren eingesetzt. Resultate vieler Phase-I- und -II-Studien wurden bereits publiziert und bestätigten das grosse Potential dieser nichtinvasiven Therapieoption. Generell sind die Tumoren für die extrakranielle Radiochirurgie besonders geeignet, welche eine gewisse kritische Grösse nicht überschreiten und gut abgrenzbar sind. Am meisten Resultate wurden für folgende Indikationen erarbeitet (Review in [1]):

- *Lungentumore* (Abb. 2 ☺): Sowohl bei solitären Lungenmetastasen als auch bei nichtkleinzelligen Lungenkarzinomen im Stadium I und II wurden exzellente lokale Kontrollraten erreicht (80 bis 95% nach 3 Jahren Follow-up). Die Indikation kann bei Patienten gestellt werden, welchen aus medizinischen Gründen, z.B. eingeschränkter Lungenfunktion, eine chirurgische Resektion nicht zugebetet werden kann.
- *Lebertumore*: In der überwiegenden Anzahl der Fälle wurden solitäre Lebermetastasen bestrahlt mit lokalen Kontrollraten zwischen 60 und 76%. Die systematische Nutzung von «Gating»-Verfahren wird es bei der Leberbestrahlung ermöglichen, die verwendeten Dosen und somit die lokalen Kontrollraten weiter zu steigern. Der Einsatz der Radiochirurgie bei inoperablen hepatozellulären Karzinomen wird ebenfalls geprüft.
- *Prostatakarzinome*: Durch die Verwendung roboterisierter Positionierungstechnologie rückt die Behandlung des lokal begrenzten Prostata-

karzinoms in den Blickwinkel stereotaktischer Radiochirurgie. Die optimale Indikationsstellung und Dosierung müssen noch erarbeitet werden. Die Attraktivität des radiochirurgischen Ansatzes gründet hier im Verzicht auf jegliche Invasivität bei gleichzeitig massiv verkürzter Therapiedauer im Vergleich zur üblichen perkutanen Strahlentherapie.

- *Spinale Tumore*: Stereotaktische Radiochirurgie kommt zum Einsatz bei Oligometastasen, bei denen eine definitive lokale Sanierung angestrebt wird, ohne Rückenmarkstoxizität in Kauf nehmen zu müssen.

Entscheidend für den erfolgreichen Einsatz dieser Technologie ist, dass die Indikationsstellung interdisziplinär zusammen mit den Exponenten chirurgischer Spezialdisziplinen erfolgt. Zudem sollte, wo die Evidenz noch nicht genügend gegeben ist, das Potential der extrakraniellen Radiochirurgie innerhalb von klinischen Studienprotokollen weiter ausgelotet werden.



**Abbildung 2**

Stereotaktische Bestrahlung eines Nichtkleinzelligen Lungenkarzinoms mit multiplen Einstrahlrichtungen.

Korrespondenz:  
 Prof. Daniel M. Aebersold  
 Direktor und Chefarzt  
 Universitätsklinik  
 für Radio-Onkologie  
 Inselspital  
 CH-3010 Bern  
[daniel.aebersold@insel.ch](mailto:daniel.aebersold@insel.ch)

### Literatur

- 1 Timmerman RD, Kavanagh BD, Cho LC, et al. Stereotactic body radiation therapy in multiple organ sites. *J Clin Oncol.* 2007;25:947-52.