

Definition und Qualitätsanforderungen der Stereotaktischen Strahlentherapie – eine Konsensus Empfehlung der DEGRO AG Stereotaxie

Matthias Guckenberger
Klinik für RadioOnkologie
UniversitätsSpital Zürich (USZ)
Rämistrasse 100, CH - 8091 Zürich
Tel: +41 44 255 29 30

Die stereotaktische Strahlentherapie ist heute mit ihren Varianten der stereotaktischen Radiochirurgie (SRS), der fraktionierten stereotaktischen Radiotherapie (SRT) und der extra-kraniellen stereotaktischen Radiotherapie / Körperstammstereotaxie (SBRT) eine Leitlinien-gerechte Standardbehandlung bei einer Vielzahl von malignen und benignen Erkrankungen. Die stereotaktische Strahlentherapie ist daher zu einem radioonkologischen Standardverfahren geworden, das auch außerhalb von klinischen Studien und außerhalb von spezialisierten universitären Zentren Abreite Anwendung findet. Trotz guter Evidenzlage und trotz dem Vorhandensein von nationalen und internationalen Praxisempfehlungen, existiert keine allgemein akzeptierte Definition der stereotaktischen Strahlentherapie, insbesondere nachdem die präzise Bildführung den stereotaktischen Rahmen heute weitgehend abgelöst hat. Ebenso existieren keine allgemein-akzeptierten und umfassenden Qualitätsanforderungen an die stereotaktische Strahlentherapie.

Der Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie (DEGRO) hat daher der DEGRO AG Stereotaxie unter der Leitung von Prof. M. Guckenberger den Auftrag erteilt, eine Definition der stereotaktischen Strahlentherapie und der allgemeinen Qualitätsanforderungen zu erstellen.

Auf Basis von eigenen Vorarbeiten der DEGRO AG Stereotaxie [1-4] und der Europäischen Gesellschaft für Radioonkologie (ESTRO) [5] sowie unter Berücksichtigung der internationalen Literatur und nationalen wie internationalen Empfehlungen wurden die hier vorliegende Definition und allgemeinen Qualitätsanforderungen der stereotaktischen Strahlentherapie erstellt.

Definition der stereotaktischen Strahlentherapie

Es werden drei Formen der stereotaktischen Strahlentherapie unterschieden, die sich bezüglich des Indikationsspektrums, der Fraktionierung und der Qualitätsanforderungen unterscheiden:

1. Die Stereotaktische Radiochirurgie (SRS) als Behandlung von intrakraniellen Tumoren und benignen Erkrankungen mit nur einer einzigen Bestrahlungsfraction,
2. die fraktionierte stereotaktische Strahlentherapie (SRT) von intrakraniellen Tumoren und benignen Erkrankungen sowie
3. die extra-kranielle stereotaktische Radiotherapie/Körperstammstereotaxie (SBRT).

Allgemein ist eine stereotaktische Strahlentherapie definiert als

- (1) eine Methode der perkutanen Strahlentherapie (EBRT), bei der
- (2) ein klar abgrenzbares Zielvolumen
- (3) präzise
- (4) mit einer hohen Strahlendosis
- (5) als Einzeitbestrahlung oder in wenigen Fraktionen
- (6) lokal-kurativ behandelt wird.

Ad 1) Stereotaktische Strahlentherapie kann entweder unter Verwendung von Stereotaxie-adaptierten Linearbeschleunigern oder unter Verwendung von dedizierten Bestrahlungsgeräten, wie dem Gammaknife oder Cyberknife, praktiziert werden.

Ad 2) Das Zielvolumen ist bildgebend klar abgrenzbar und nicht durch eine diffuse Infiltration in kritische serielle Risikoorgane charakterisiert. Bei Tumorerkrankungen wird die stereotaktische Bestrahlung auf den makroskopischen Tumor und ein kleines, unmittelbar angrenzendes Volumen potentieller mikroskopischer Tumorausbreitung begrenzt.

Ad 3) Alle Teilschritte der stereotaktischen Strahlentherapie werden systematisch optimiert und es sind entsprechende Maßnahmen zur Qualitätssicherung implementiert. Aus klinischer Perspektive umfasst der Begriff „präzise“ das Staging, die interdisziplinäre Diskussion zur Indikations-Stellung der stereotaktischen Bestrahlung, die Wahl der optimalen Bildgebung zur Bestrahlungsplanung mit entsprechender räumlicher und zeitlicher Auflösung, hoch-konformale Bestrahlungsplanung, bildgeführte Bestrahlungsapplikation, aktives oder passives Bewegungsmanagement während der Bestrahlung und schließlich adäquate Nachsorge zur Evaluation der Ergebnisqualität, vorzugsweise durch die behandelnde Institution. Aus medizin-physikalischer Sicht sind für die stereotaktische Strahlentherapie im Vergleich zur konventionellen Strahlentherapie zusätzliche und aufwändigere Qualitätssicherungsverfahren notwendig.

Ad 4) Stereotaktische Bestrahlungsdosen sind durch die extreme Hypofraktionierung biologisch mindestens gleich hoch, häufig höher, im Vergleich zu radikalen Bestrahlungsdosen in konventioneller Fraktionierung.

Ad 5) Das Zielvolumen wird durch die Nutzung von bildgebenden Verfahren (IGRT) präzise vor jeder Bestrahlungsfraction lokalisiert und das Isozentrum der Bestrahlung entsprechend adaptiert. Gleichzeitig darf das Zielvolumen nicht durch eine diffuse Infiltration in kritische serielle Risikoorgane charakterisiert sein. Die stereotaktische Bestrahlung wird auf den makroskopischen Tumor und ein kleines, unmittelbar angrenzendes Volumen potentieller mikroskopischer Tumorausbreitung begrenzt.

Ad 6) Das primäre Ziel einer stereotaktischen Bestrahlung ist das Erreichen einer langdauernden lokalen Tumorkontrolle bei minimaler Nebenwirkungswahrscheinlichkeit. Meist resultiert aus der lokalen Tumorkontrolle ein übergeordnetes klinisches Ziel, z. B. Symptomkontrolle oder Prognose-verbesserung der zugrundeliegenden Erkrankung.

Qualitätsanforderungen an die Stereotaktische Bestrahlung gemäß ESTRO ACROP

Im Folgenden sind die wesentlichen Qualitätsanforderungen an eine stereotaktische Strahlentherapie stichpunktartig zusammengefasst. Diese sind als Mindestanforderungen zu interpretieren

Technische Qualitätsanforderungen:

1. Zielvolumendefinition:
 - Das Zielvolumen wird anhand organspezifischer Bildgebungsmodalitäten definiert. Für sekundäre Bildgebung ist eine präzise Registrierung mit dem Planungs-CT erforderlich
2. Patientenpositionierung und Lokalisation des Zielvolumens:
 - SRS: Invasive Fixierung des stereotaktischen Rahmens oder In-Room-Bildgebung mittels CBCT, in-room CT oder stereoskopisches Röntgen
 - SRT: In-Room-Bildgebung mittels CBCT, in-room CT oder stereoskopisches Röntgen
 - SBRT: In-Room-Bildgebung mittels CBCT, in-room CT, MRI oder stereoskopischem Röntgen
3. Systematische Erfassung und Kompensation von Zielbewegung bei (i) der Bildgebung zur Bestrahlungsplanung, (ii) der Zielvolumendefinition, (iii) der Bestrahlungsplanung und (iv) der Bestrahlungsapplikation durch Anwendung einer 4D Strategie (ITV Ansatz oder Atem-Anhalte Technik oder Gating oder Tracking)

4. Kollimation der Bestrahlung:
 - SRS: Multileaf-Kollimator (MLC) mit Lamellenbreite ≤ 5 mm oder Rundkollimatoren
 - SRT: Multileaf-Kollimator (MLC) mit Lamellenbreite ≤ 5 mm oder Rundkollimatoren
 - SBRT: Multileaf-Kollimator (MLC) mit Lamellenbreite < 10 mm oder Rundkollimatoren (nur Cyberknife))
5. Bei Stereotaxie in Bereichen mit großen Dichte-Inhomogenitäten (z.B. im Thoraxbereich) Verwendung eines Dosisberechnungsalgorithmus, der Dichte-Inhomogenitäten lateral zur Strahlrichtung berücksichtigt (sog. Typ-B Algorithmen, inklusive AAA)
6. Mechanische Präzision mit Unsicherheiten von maximal 1.25 mm und dosimetrische Unsicherheiten von maximal 3% (max. 5% für Ziele < 2 cc) innerhalb des Zielvolumens im systemspezifischen End-to-End oder Systemtest
7. Dedizierte Qualitätssicherungs-Maßnahmen:
 - Kleinfeld-Dosimetrie für die Kommissionierung
 - System-spezifische End-to-End oder Systemtest für statische sowie bewegliche Zielvolumen
 - Regelmäßige Überprüfung der mechanischen Präzision
 - Arbeitstägliche Qualitätskontrolle der Übereinstimmung des IGRT-Systems mit dem Behandlungs-Isozentrum

Prozessuale Qualitätsanforderungen:

1. Schriftliche Arbeitsanweisungen aller Stereotaxie-relevanter Prozessschritte
2. Interdisziplinäre Diskussionen der Indikation zur stereotaktischen Strahlentherapie
3. Geschultes multi-professionelles stereotaktisches Projekt-Team (Radioonkologie, Medizinphysik, MTRA) für die Implementierung und Anwendung der SBRT
 - Teilnahme an Stereotaxie-spezifischen Fortbildungsveranstaltungen (z.B. DEGRO, DGMP, ESTRO)
 - Teilnahme an Stereotaxie-spezifischen Schulungen durch die entsprechenden Industriepartner der jeweiligen Institution
 - Teilnahme an praktischen Hands-on Trainings an Stereotaxie-erfahrenen Zentren
4. Ausreichende Erfahrung in der stereotaktischen Strahlentherapie mit jährlich jeweils ≥ 20 Patienten, die mittels SRS, SRT und SBRT behandelt wurden. Erfahrungen die in der SRS gewonnen wurden, können dabei auf die SRT übertragen werden.

Referenzen

1. Guckenberger, M., N. Andratschke, H. Alheit, R. Holy, C. Moustakis, U. Nestle, O. Sauer, and R. Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie, Definition of stereotactic body radiotherapy: principles and practice for the treatment of stage I non-small cell lung cancer. *Strahlenther Onkol*, 2014. 190(1): p. 26-33.
2. Kocher, M., A. Wittig, M.D. Piroth, H. Treuer, H. Seegenschmiedt, M. Ruge, A.L. Grosu, and M. Guckenberger, Stereotactic radiosurgery for treatment of brain metastases. A report of the DEGRO Working Group on Stereotactic Radiotherapy. *Strahlenther Onkol*, 2014. 190(6): p. 521-32.
3. Sterzing, F., T.B. Brunner, I. Ernst, W.W. Baus, B. Greve, K. Herfarth, and M. Guckenberger, Stereotactic body radiotherapy for liver tumors : Principles and practical guidelines of the DEGRO Working Group on Stereotactic Radiotherapy. *Strahlenther Onkol*, 2014. 190(10): p. 872-81.
4. Panje, C., N. Andratschke, T.B. Brunner, M. Niyazi, and M. Guckenberger, Stereotactic body radiotherapy for renal cell cancer and pancreatic cancer : Literature review and practice recommendations of the DEGRO Working Group on Stereotactic Radiotherapy. *Strahlenther Onkol*, 2016. 192(12): p. 875-885.
5. Guckenberger, M., N. Andratschke, K. Dieckmann, M.S. Hoogeman, M. Hoyer, C. Hurkmans, S. Tanadini-Lang, E. Lartigau, A. Mendez Romero, S. Senan, and D. Verellen, ESTRO ACROP consensus guideline on implementation and practice of stereotactic body radiotherapy for peripherally located early stage non-small cell lung cancer. *Radiother Oncol*, 2017. 124(1): p. 11-17.