



Radiotherapie beim Prostatakarzinom: Stereotaxie bei Primärtumor und Oligometastasen

Matthias Moll¹ · Gregor Goldner¹ · Marcin Miszczyk^{1,2} · Joachim Widder¹

¹ Universitätsklinik für Radioonkologie, Comprehensive Cancer Center, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

² Illrd, Maria Skłodowska-Curie Nationales onkologisches Forschungsinstitut, Gliwicz, Polen

Zusammenfassung

Die Strahlentherapie findet eine vielseitige Anwendung im Bereich der Prostatakarzinomtherapie. Eine spezielle Form der Strahlentherapie ist die sog. Stereotaxie. Bei ihr werden hohe Einzeldosen in einer oder wenigen Fraktionen, präzise und in lokal-kurativer Intention appliziert. Daher ist es wichtig, adäquate technische Voraussetzungen für die Stereotaxie vorzuhalten. Aus strahlenbiologischer Sicht eignet sich das Prostatakarzinom dabei besonders gut für die Stereotaxie. Sie kann sowohl zur Behandlung des Primärtumors als auch von Oligometastasen angewandt werden. Unter Oligometastasierung versteht man gemäß dem Konsens der europäischen Gesellschaft für Radiotherapie und Onkologie ein Tumorstadium, das zwischen einer lokalisierten und einer systemisch metastasierten Erkrankung liegt. Die Stereotaxie ist dabei sowohl bei der primären Bestrahlung als auch zur Behandlung der Metastasen sicher und effizient. Sie verkürzt die Behandlungszeit und erhöht den Patientenkomfort. Gleichzeitig bietet sie eine potenziell kurative Option auch im oligometastasierten Setting und sollte daher mit dem Patienten diskutiert werden.

Schlüsselwörter

Prostatakarzinom · Stereotaxie · Kuratives Setting · Hochpräzisionstherapie · Oligometastasen

Verwendung der Radiotherapie bei der Therapie des Prostatakarzinoms

Die Radiotherapie findet in der Therapie des Prostatakarzinoms vielseitige Anwendungen. Sie kann beispielsweise zur kurativen Behandlung des Primärtumors, als Bestrahlung von außen („external beam radiotherapy“, EBRT) oder von innen (Brachytherapie) bzw. als Kombinationstherapie (EBRT und Brachytherapie) angewandt werden. Die EBRT kann auch zur postoperativen adjuvanten oder Salvage-Bestrahlung eingesetzt werden, im ersten Fall, um ein Lokalrezidiv zu verhindern, im zweiten Fall, um es, nachdem es aufgetreten ist, zu heilen. Des Weiteren wird die Strahlentherapie auch zur palliativen Behand-

lung von Metastasen, beispielsweise bei Schmerzen, eingesetzt. Ist eine Hormonentzugstherapie („androgen deprivation therapy“, ADT) indiziert, so kann die Strahlentherapie zur Prophylaxe oder Therapie einer Gynäkomastie angewandt werden. Die Strahlentherapie ist also vielseitig, sowohl in ihren Indikationen als auch in ihren verwendeten Formen. In diesem Artikel soll eine Sonderform der EBRT, die sog. Stereotaxie, sowohl in der Behandlung des Primärtumors als auch in der Behandlung im oligometastasierten Setting, besprochen werden.

Radiobiologische Grundlagen

In diesem Abschnitt wird in Kürze eine Übersicht gegeben werden, die es erlau-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

ben soll, die Rationale hinter der Anwendung der Stereotaxie beim Prostatakarzinom zu verstehen, ohne auf die kleinsten Details der Strahlenbiologie einzugehen.

Dafür ist wichtig, zu verstehen, dass die Strahlentherapie 2 Dosiskonzepte kennt, die physikalische Dosis und die biologische Dosis. Für die physikalische Dosis, die beschreibt, welche Dosis auf ein nicht biologisches System appliziert wurde, ist es egal, ob eine Bestrahlung von 78 Gy in 39 Fraktionen zu je 2 Gy Einzeldosis verabreicht wird oder in 2 Fraktionen zu je 39 Gy Einzeldosis. Es gilt also $39 \cdot 2 \text{ Gy} = 2 \cdot 39 \text{ Gy}$. Für Lebewesen, die bestrahlt werden, gilt dies jedoch nicht. Dies liegt daran, dass Reparaturmechanismen existieren, um Strahlenschäden zu reparieren. Diese sind von Gewebe zu Gewebe und von Tumor zu Tumor unterschiedlich ausgebildet. Sehr vereinfacht kann man die biologische Dosis als die tatsächlich tumorwirksame Dosis bezeichnen. Hier gilt, aufgrund der Reparaturmechanismen, dass $39 \cdot 2 \text{ Gy} \neq 2 \cdot 39 \text{ Gy}$ ist.

Lange Zeit ging man davon aus, dass die Reparaturmechanismen in Tumoren schlechter ausgebildet sind als in Normalgewebe. Daher wurden über Jahrzehnte klassischerweise hohe Gesamtdosen in kleinen Einzeldosen appliziert, um dem umliegenden gesunden Gewebe Zeit zu geben, sich zwischen den Fraktionen zu erholen. Rezentere Ergebnisse aus großen randomisierten klinischen Studien deuten jedoch konsistent darauf hin, dass sich dies beim Prostatakarzinom geradezu umkehrt. Daher können höhere Einzeldosen appliziert werden, womit eine sehr effektive Tumorbehandlung ohne höhere Belastung des umliegenden Gewebes möglich ist. Gleichzeitig ermöglichte die Einführung hochpräziser Bestrahlungstechniken die Anwendung ohne zusätzliche Toxizität.

Die Applikation hoher Einzeldosen beim Prostatakarzinom ergibt also aus radiobiologischer Sicht Sinn. Zudem muss in jeder Radiotherapie die physikalische Strahlendosis mithilfe des sog. α/β -Werts in die biologisch effektive Dosis übersetzt werden, was von Gewebe- und Tumorbiologie abhängt. Wird eine Metastase mit z. B. 30 Gy behandelt, so kann sie entweder palliativ therapiert werden, wenn die Dosis in 10 Fraktionen zu je 3 Gy appliziert wird [1], oder kurativ, wenn sie in 3 Fraktionen zu je 10 Gy bestrahlt wird.

Hier steht eine Anzeige.



Letztes ist nur bei sehr limitiertem Tumorumfang und günstiger Lagebeziehung zu Normalgewebe möglich. Würde man dieselbe Dosis mit 2 Gy Einzeldosis auf ein Prostatakarzinom (bei angenommenem α/β -Wert von 1,5 Gy) applizieren, so müsste man im ersten Fall etwa 20 Fraktionen applizieren, im zweiten Fall jedoch etwa 50 Fraktionen.

Definition von Hypofraktionierung und Stereotaxie

Aufgrund der im vorangegangenen Absatz geschilderten ursprünglichen strahlenbiologischen Annahmen zur Reparaturkapazität von Tumor und Normalgewebe etablierte sich die Standardfraktionierung von (1,8–)2 Gy pro Fraktion. Die Behandlung erfolgt dabei an jedem Werktag einmal, also in 5 Fraktionen pro Woche, bis die verschriebene Gesamtdosis erreicht ist. Man spricht in diesem Fall von konventioneller Fraktionierung oder auch von Normofraktionierung. Erhöht man nun die Dosis, die pro Fraktion appliziert wird, ohne dabei größere Therapiepausen zwischen den Fraktionen zuzulassen, und verkürzt so die Gesamtbehandlungszeit, so spricht man von einer akzelerierten Hypofraktionierung. Wird der Terminus der Hypofraktionierung verwendet, so ist in der Regel die akzelerierte Hypofraktionierung gemeint. Von einer moderaten Hypofraktionierung spricht man im Bereich von Einzeldosen zwischen >2 und 3 (oder 3,4) Gy, darüber spricht man von Ultrahypofraktionierung.

Stereotaxie ist eine Kurzbezeichnung für eine Reihe von vorwiegend technischen Besonderheiten, die eine wesentliche Verkürzung der Gesamtbehandlungszeit bei gleichzeitiger Steigerung der Effektivität der Therapie erlauben. Nach der Definition der Arbeitsgruppe Stereotaxie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie bedeutet Stereotaxie:

- „(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.“ [2]

Eine wichtige Unterscheidung der Stereotaxie im Vergleich zu anderen Fraktionierungen, z.B. reiner Ultrahypofraktionierung, liegt in der generierten Dosisverteilung (Dosis-spezifikation) innerhalb des bestrahlten Tumors. Während in klassischer Dosis-spezifikation eine möglichst gleichmäßige Dosisverteilung im gesamten Zielgebiet erzielt wird, ohne dass es zu deutlichen Dosis-einbrüchen oder Dosis-spitzen kommt [1], wird bei der Stereotaxie eine inhomogene Dosisverteilung mit steilen Gradienten angestrebt. In diesem Sinne kann man sich die resultierenden Isodosenlinien dabei vorstellen wie die Höhenlinien auf einer Landkarte. Alles, was innerhalb der Linie bzw. Isodose liegt, hat mindestens dieselbe Höhe bzw. Dosis (■ **Abb. 1**). In der Stereotaxie kommt es nun im Gegensatz zur klassischen Radiotherapie im Zielgebiet zu deutlich höheren Dosis-spitzen, die Dosis ist also inhomogen verteilt. Die Stereotaxie führt also bei gleichen Einzeldosen wie die Ultrahypofraktionierung zu einer zusätzlichen Dosis-escalation aufgrund der Dosis-spitzen. Im Vergleich zur konventionellen Fraktionierung wird dabei die Gesamtbehandlungszeit deutlich verkürzt. Dies erhöht die Anzahl an Patienten, die pro Gerät behandelt werden können, und gleichzeitig den Patientenkomfort, da weniger Bestrahlungstermine pro Behandlung notwendig sind.

Technische Hilfsmittel und Voraussetzungen bei der Durchführung von Stereotaxien

Ein wichtiger Punkt der Arbeitsgruppe Stereotaxie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie ist die Präzision der Bestrahlung [2]. Diese kann durch eine Vielzahl von Methoden erzielt werden. Man spricht in diesem Fall von einer bildgestützten Strahlentherapie („image guided radiotherapy“, IGRT), wobei hier strikt bei jeder einzelnen Fraktion eine online-Korrektur der Position der Patienten durchgeführt werden muss. Sie ist besonders wichtig, da durch die hohe Dosis und die Dosisinhomogenität eine stereotaktische Bestrahlung der falschen Stelle, also von gesundem Gewebe, fatale Konsequenzen haben kann. Zur Unterstützung der IGRT werden für die Bestrahlung der Prostata beispielsweise häufig Gold-

marker verwendet, von denen zumindest 3 Stück vor Bestrahlung in die Prostata implantiert werden. Diese sind röntgendicht und können vor jeder Fraktion mittels multidimensionaler Röntgenverifikation oder „cone beam CT“, welche im Bestrahlungsgerät integriert sind, lokalisiert werden. Hierdurch kann der Patient ganz besonders exakt gelagert werden. Verfügt das behandelnde Institut über ein MRT-gestütztes Bestrahlungsgerät, so kann ggf. auf die Implantation verzichtet werden, da die Prostata im MRT ausgezeichnet lokalisiert werden kann und die Lagerung daher auch ohne solche „fiducial markers“ gut möglich ist. Weiterhin verwendet unser Zentrum bei der Bestrahlung der Prostata einen sog. Rektumballon [3]. Dieser dient dazu, einerseits die Prostata zu fixieren, um so die Reproduzierbarkeit und damit die Präzision der Bestrahlung zu erhöhen, andererseits wird damit ein großer Teil der Rektumschleimhaut aus dem Hochdosisbereich verdrängt, mit dem Ziel, Nebenwirkungen zu reduzieren. Ein Beispiel hierfür findet sich in ■ **Abb. 2**.

Zur stereotaktischen Bestrahlung einer Metastase, insbesondere einer Knochenmetastase im Bereich der Rippen, aber auch in jedem anderen von Atembewegungen beeinflussten Körperteil, ist es ebenfalls notwendig, sicherzustellen, dass stets die richtige Stelle bestrahlt wird. Hierfür werden die Atembewegungen im Sinn eines 4-D-Planungs-CT in die Bestrahlungsplanung integriert. Zusätzlich können auch Systeme verwendet werden, die entweder nur in definierten Atemphasen bestrahlen (Atemgating; z.B. in „deep inspiration breath hold position“) oder den Tumor entlang der Atembewegungen verfolgen. Man spricht dann von Tracking.

Ein zweiter wichtiger Punkt für die stereotaktische Radiotherapie ist die klare Abgrenzbarkeit des Zielvolumens [2]. Hier spielt bei Organen wie der Prostata das MRT eine große Rolle. So können etwaige Kapselüberschreitungen, Samenblasen- oder Rektum- und Blaseninfiltrationen, die im CT nicht ersichtlich sein können, besser identifiziert und die Prostata insgesamt noch deutlicher von den sie umgebenden Geweben abgegrenzt werden. Auch die Durchführung von Zystoskopie oder Rektoskopie bei Verdacht auf Infiltration

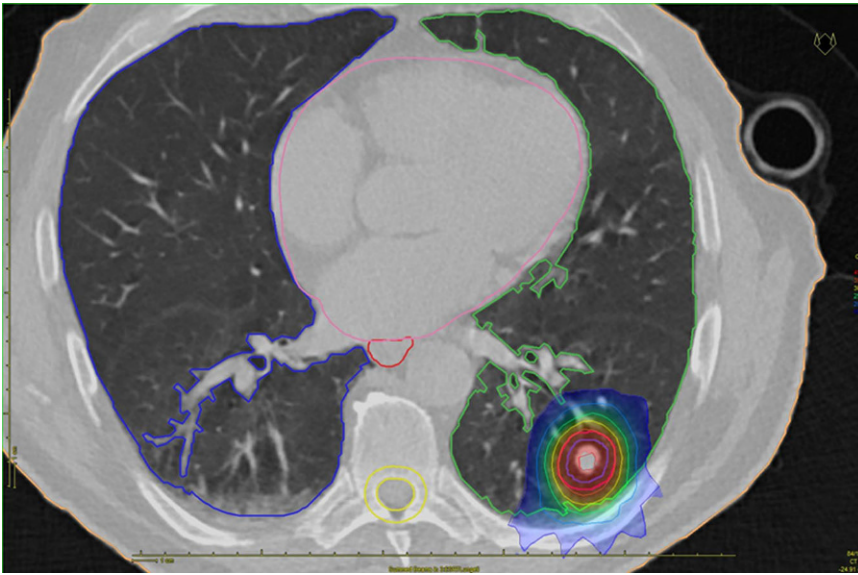


Abb. 1 ▲ Bestrahlungsplan für die Stereotaxie einer Lungenmetastase, die violette und die dunkelrote Isodosenlinie deuten die inhomogene Dosisverteilung innerhalb der Metastase an. Ebenso ersichtlich ist der steile Dosisabfall in kurzer Distanz von der Metastase (von gelb bis dunkelblau)

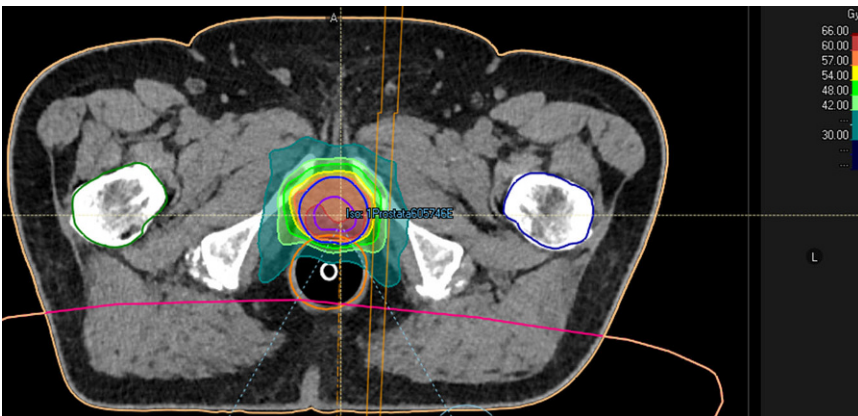


Abb. 2 ▲ Moderat hypofraktionierte Bestrahlung der Prostata mit „volumetric modulated arc therapy“ (VMAT). Im Vergleich zu **Abb. 1** ist die Dosis im Zielgebiet homogen verteilt (orange). Dorsal der Prostata zeigt sich ein Rektumballon (ebenfalls orange Linie, kreisrund). Dieser dient dazu, einerseits die Prostata zu fixieren, um so die Reproduzierbarkeit und damit die Präzision der Bestrahlung zu erhöhen, andererseits wird so ein großer Teil der Rektumschleimhaut aus dem Hochdosisbereich verdrängt, mit dem Ziel, Nebenwirkungen zu reduzieren

kann sinnvoll sein. Zur lokalen Therapie von Oligometastasen etablierte sich die PSMA-PET-CT, wodurch nun Metastasen sichtbar gemacht werden, die bis vor kurzer Zeit mit keiner bildgebenden Methode darstellbar waren. Moderne Bestrahlungsplanungssysteme ermöglichen es zudem, diagnostische Bildgebung jeder Art mit dem Bestrahlungsplanungs-CT zu fusionieren, und können so die Präzision der Radiotherapie weiter steigern.

Stereotaxie beim lokalisierten Primärtumor

Die moderne teletherapeutische Strahlentherapie des primären Prostatakarzinoms begründet sich im Wesentlichen auf 3 Entwicklungsschritte. Der erste Schritt bestand in der Dosisescalation. Durch die Applikation von 74 Gy Gesamtdosis oder mehr in konventioneller Fraktionierung konnte gezeigt werden, dass die biochemische Kontrolle deutlich höher lag als bei 70 Gy Gesamtdosis oder darunter [4, 5]. Mit dieser Dosierung

ist die Strahlentherapie im lokalisierten Setting dem Goldstandard der kurativ intendierten Prostatakarzinomtherapie, der radikalen Prostatektomie, hinsichtlich lokaler Kontrolle und Gesamtüberleben gleichwertig [6].

Bei konventioneller Fraktionierung liegt die Therapiedauer bei den in der deutschen S3-Leitlinie empfohlenen 74–80 Gy [7] allerdings bei bis zu 2 Monaten und ist damit äußerst lang. Aufgrund der im Abschnitt *Radiobiologische Grundlagen* dargestellten Überlegungen erfolgte der zweite Entwicklungsschritt hin zur moderaten Hypofraktionierung. Hierbei ist exemplarisch die CHHiP-Studie zu erwähnen. Durch sie konnte gezeigt werden, dass die moderate Hypofraktionierung, hier in 20 Fraktionen, sofern suffizient dosiert, einerseits gleichwertige Ergebnisse im Vergleich zur konventionell fraktionierten Bestrahlung hinsichtlich der Tumorkontrolle liefert [8], ohne andererseits gleichzeitig zu mehr Nebenwirkungen zu führen [9], eine Befürchtung, die lange im Raum stand und der Etablierung der Hypofraktionierung entgegengesetzt wurde.

Der dritte und aktuelle Entwicklungsschritt geht in 2 Richtungen. Zum einen wird versucht, die lokale Kontrolle weiter zu steigern. Hierzu konnte gezeigt werden, dass ein fokaler Boost auf den tumorbehafteten Teil der Prostata selbst die lokale Kontrolle steigert [10]. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Hochrisikopatienten von einer elektiven Bestrahlung der Lymphabflusswege profitieren [11]. Andererseits konnten die benötigten Fraktionen durch Ultrahypofraktionierung bzw. Stereotaxie weiter reduziert werden, auf 5 [12] bzw. 7 [13] Fraktionen. Auch Einzeitbestrahlungen sind in der Literatur beschrieben [14], haben aber noch keinen Einzug in den klinischen Alltag gehalten und sind derzeit als experimentell nur im Rahmen von klinischen Studien durchzuführen. Während die NCCN-Leitlinien bereits den Einsatz der Ultrahypofraktionierung bzw. Stereotaxie im klinischen Alltag enthalten [15], empfiehlt die S3-Leitlinie derzeit noch die Durchführung im Rahmen von Studien [7].

Da, wie oben dargestellt, Hochrisikopatienten von einer elektiven Bestrahlung der Lymphabflusswege profitieren, die Studienlage zur Ultrahypofraktionierung

der Lymphabflusswege jedoch dünn und widersprüchlich ist [16, 17], erfolgt derzeit der Einsatz von ultrahypofraktionierten Bestrahlungen in unserer Klinik nur bei Patienten, für die keine elektive Bestrahlung der Beckenlymphabflusswege vorgesehen ist.

Definition der Oligometastasierung

Der Begriff Oligometastasierung wurde 1995 erstmals verwendet und bezeichnet ein (sehr) limitiert metastatisches Krankheitsstadium. Der Konsens der europäischen Gesellschaft für Radiotherapie und Onkologie und der EORTC besagt, dass es sich um ein Stadium zwischen lokalisierter und systemischer Erkrankung handelt [18]. In der klinischen Praxis wird in der Regel von Oligometastasierung gesprochen, wenn 1 bis maximal 5 Metastasen gleichzeitig vorliegen. Entscheidend ist, dass anzunehmen ist, dass im Stadium der Oligometastasierung eine Heilung des Tumors durch eine metastasengerichtete lokale Therapie noch möglich ist und es sich so von der klassischen systemisch generalisierten metastasierten Erkrankung unterscheidet.

Stereotaxie im oligometastasierten Setting

Die Stereotaxie ist im oligometastasierten Setting an 2 Stellen relevant. Da im Rahmen der STAMPEDE-Studie gezeigt werden konnte, dass Patienten mit geringer Metastasenlast von einer lokalen Therapie der Prostata im Gesamtüberleben profitieren [19], kann sie hier, analog zum primären Setting, eingesetzt werden. Der besondere Charme besteht jedoch darin, dass synchron vorliegende Oligometastasen in derselben Therapiesitzung behandelt werden können, sodass der Patient wenig zusätzliche Zeit zur kurativ intendierten Behandlung seiner Metastasen aufwenden muss.

Hierzu konnte in mehreren Studien [20–22] gezeigt werden, dass Patienten mit oligometastasiertem Prostatakarzinom von einer stereotaktischen Strahlentherapie der Metastasen profitieren, und zwar hinsichtlich der lokalen Kontrolle und der Zeit, bis ADT angewandt werden muss. Werden alle Metastasen suffizient

behandelt, so konnte in der ORIOLE-Studie gezeigt werden, dass damit auch das Risiko des Auftretens von neuen Läsionen sinkt [20]. Gleichzeitig sind die berichteten Nebenwirkungen äußerst gering [21].

Wichtig ist, dass bei dem Patienten vor Beginn einer metastasengerichteten Therapie ein suffizientes Staging vorgenommen wurde, da der Nutzen der Stereotaxie nur im oligometastasierten Setting besteht. Daher empfiehlt sich das Staging mittels PSMA-PET-CT, um kleine Knochenmetastasen oder etwaige Organmetastasen nicht zu übersehen.

Fazit für die Praxis

- Die Stereotaxie ist eine effektive und sichere radioonkologische Therapiemethode für viele Patienten mit lokalisertem Prostatakarzinom und bei Vorliegen von Oligometastasen. Sie wird in kurativer Absicht durchgeführt.
- Die gesamte Therapiedauer ist dabei deutlich kürzer als bei einer konventionell fraktionierten Bestrahlung, und die Behandlung sollte Patienten, die sich dafür eignen, angeboten werden.

Korrespondenzadresse

Matthias Moll, MBA
 Universitätsklinik für Radioonkologie,
 Comprehensive Cancer Center, Medizinische
 Universität Wien
 Währinger Gürtel 18–20, 1090 Wien, Österreich
 matthias.moll@meduniwien.ac.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Moll, G. Goldner, M. Miszczyk und J. Widder geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Menzel H-G (2010) ICRU report 83 prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT). J ICRU 15. <https://doi.org/10.1007/s00066-011-0015-x>
2. Guckenberger M (2018) Definition und Qualitätsanforderungen der Stereotaktischen Strahlentherapie – eine Konsensus Empfehlung der DEGRO AG Stereotaxie. In: Konsensus Empfehlung der DEGRO AG Stereotaxie
3. Wachter S et al (2002) The influence of a rectal balloon tube as internal immobilization device on variations of volumes and dose-volume histograms during treatment course of conformal radiotherapy for prostate cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 52:91–100
4. Pasalic D et al (2019) Dose escalation for prostate adenocarcinoma: a long-term update on the outcomes of a phase 3, single institution randomized clinical trial. Int J Radiat Oncol Biol Phys 104:790–797
5. Peeters STH et al (2006) Dose-response in radiotherapy for localized prostate cancer: results of the Dutch multicenter randomized phase III trial comparing 68 Gy of radiotherapy with 78 Gy. J Clin Oncol 24:1990–1996
6. Hamdy FC et al (2016) 10-year outcomes after monitoring, surgery, or radiotherapy for localized prostate cancer. N Engl J Med 375:1415–1424
7. Deutsche Gesellschaft für Urologie, Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF) (2021) S3-Leitlinie Prostatakarzinom, Langversion 6.0, 2021, AWMF Registernummer: 043/0220L
8. Dearnaley D et al (2016) Conventional versus hypofractionated high-dose intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: 5-year outcomes of the randomised, non-inferiority, phase 3 CHHiP trial. Lancet Oncol 17:1047–1060
9. Dearnaley D et al (2012) Conventional versus hypofractionated high-dose intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: Preliminary safety results from the CHHiP randomised controlled trial. Lancet Oncol 13:43–54
10. Kerkmeijer LGW et al (2021) Focal boost to the intraprostatic tumor in external beam radiotherapy for patients with localized prostate cancer: results from the FLAME randomized phase III trial. J Clin Oncol 39:787–796
11. Murthy V et al (2021) Prostate-only versus whole-pelvic radiation therapy in high-risk and very high-risk prostate cancer (POP-RT): outcomes from phase III randomized controlled trial. J Clin Oncol 39:1234–1242
12. Tree AC et al (2022) Intensity-modulated radiotherapy versus stereotactic body radiotherapy for prostate cancer (PACE-B): 2-year toxicity results

- from an open-label, randomised, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet Oncol* 23:1308–1320
13. Widmark A et al (2019) Ultra-hypofractionated versus conventionally fractionated radiotherapy for prostate cancer: 5-year outcomes of the HYPO-RT-PC randomised, non-inferiority, phase 3 trial. *Lancet* 394:385–395
 14. Jaccard M et al (2021) Single-fraction prostate stereotactic body radiotherapy: Dose reconstruction with electromagnetic intrafraction motion tracking. *Radiother Oncol* 156:145–152
 15. Schaeffer EM et al (2022) NCCN guidelines version 4.2022 prostate cancer
 16. Alayed Y et al (2019) SABR in high-risk prostate cancer: outcomes from 2 prospective clinical trials with and without elective nodal irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 104:36–41
 17. Bauman G et al (2015) A phase 1/2 trial of brief androgen suppression and stereotactic radiation therapy (FASTR) for high-risk prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 92:856–862
 18. Guckenberger M et al (2020) Characterisation and classification of oligometastatic disease: a European society for radiotherapy and oncology and European organisation for research and treatment of cancer consensus recommendation. *Lancet Oncol* 21:e18–e28
 19. Parker CC et al (2018) Radiotherapy to the primary tumour for newly diagnosed, metastatic prostate cancer (STAMPEDE): a randomised controlled phase 3 trial. *Lancet* 392:2353–2366
 20. Phillips R et al (2020) Outcomes of observation vs stereotactic ablative radiation for oligometastatic prostate cancer: the ORIOLE phase 2 randomized clinical trial. *JAMA Oncol* 6:650–659
 21. Ost P et al (2018) Surveillance or metastasis-directed therapy for oligometastatic prostate

Radiotherapy in prostate cancer: SBRT for primary tumor and oligometastases

Radiation therapy has a wide range of applications in the field of prostate cancer therapy. A special form of radiotherapy is referred to as stereotactic body radiation therapy (SBRT). High single doses are precisely applied in one or a small number of fractions with local curative intent. Therefore, it is important to maintain adequate technical conditions for SBRT. From a radiobiological point of view, prostate carcinoma is particularly well suited for SBRT. It can be used to treat both the primary tumor and oligometastases. According to the consensus of the European Society for Radiotherapy and Oncology, oligometastasis is defined as a tumor stage that lies between localized and systemically metastasized disease. SBRT is safe and efficient in this context both for primary radiation and for the treatment of metastases. It shortens treatment time and increases patient comfort. At the same time, it offers a potentially curative option also in the oligometastatic setting and thus should be discussed with the patient.

Keywords

Prostate cancer · SBRT · Curative setting · High-precision therapy · Oligometastases

- cancer recurrence: A prospective, randomized, multicenter phase II trial. *J Clin Oncol* 36:446–453
22. Deek MP et al (2022) Long-term outcomes and genetic predictors of response to metastasis-directed therapy versus observation in oligometastatic prostate cancer: Analysis of STOMP and ORIOLE trials. *J Clin Oncol* 40:3377–3382

nungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeich-

Hier steht eine Anzeige.