

Physikalisch-technischer Arbeitsbereich der modernen Strahlentherapie

Die moderne Strahlentherapie wird mittels eines Elektronen-Linearbeschleunigers durchgeführt. Er erzeugt hochenergetische Röntgenstrahlen, die auch tief gelegene Tumoren erreichen können. Für die Therapie oberflächennaher Erkrankungen stehen Elektronenstrahlen mit verschiedenen Energiestufen zur Verfügung.

Der Strahlentherapeut kann die Patienten also mit unterschiedlichen, auf die jeweiligen Erfordernisse exakt abgestimmten Strahlen-Arten behandeln. Je nach Stadium und Verlauf der Erkrankung verordnet der Strahlentherapeut in der Regel zwischen 20 und 40 „Einzelsitzungen“, d.h. Bestrahlungseinheiten, in denen der Tumor wirksam bekämpft wird und gleichzeitig dessen gesamte Umgebung weitgehend geschont und erhalten bleibt.

- Der Elektronen-Linearbeschleuniger - technische Daten

- 2 Photonen-Energie-Stufen mit 6 und 15 MeV
Dosisleistung bis 600 ME/min
5 Elektronen-Energiestufen zwischen
4 und 18 MeV; Dosisleistung bis 1000 ME/min
- Hochdosisleistung für die Ganzhautbestrahlung
mit 6 MeV Elektronen 2500 ME/min
- Multileaf-Collimator (80 bzw. 120 Leafs, 1cm bzw 0,5 cm Leafbreite) mit dynamischer Leafbewegung
- Enhanced Dynamic-Wedge (Dynamischer Keil)
- Hochenergie-Bildaufnahmesystem Portal-Vision mit Bildempfänger aus amorphem Silizium zur Online-Lagerungskontrolle
- Portal Imaging Dosimetrie-System zur Fluenzverifikation und Qualitätssicherung

- Stereotaktisch geführte Strahlentherapie

Die stereotaktisch geführte Strahlentherapie ist ein besonders präzises Verfahren zur Bestrahlung kleiner Tumoren mit einer Größe unter ca. 4 cm Durchmesser.

Sie kann als konventionell fraktionierte Strahlentherapie mit kleinen täglichen Einzeldosen durchgeführt werden, oder als hypofraktionierte Therapie mit erhöhter Einzeldosis und verkürzter Gesamtbehandlungszeit. Im Extremfall wird die gesamte Dosis in einer einzelnen Bestrahlungssitzung verabreicht, man spricht dann von Radio-Chirurgie.

Unsere Klinik verfügt über die notwendigen technischen Voraussetzungen, um sowohl im Bereich des Schädels (cranielle Stereotaxie), als auch im Bereich des Körperstamms (extracranielle Stereotaxie) stereotaktisch geführte Behandlungen vorzunehmen.

Da mit herkömmlichen Lagerungs-Methoden eine sichere Erfassung des Zielvolumens bei so kleinen Tumoren nicht sichergestellt werden kann, kommen hier spezielle Lagerungs-Systeme zum Einsatz, die mit einer Zielführung ausgestattet sind.

Diese Zielführung auf der Basis eines externen, vom Patienten unabhängigen Koordinatensystems, nennt man Stereotaxie (griech. etwa 'räumliche Hinführung').

Diese Einrichtungen stehen zur Verfügung für die Bestrahlung des

- Schädels, z.B. für die Bestrahlung von Hirnmetastasen
- Kopf-Hals-Bereichs, z.B. für die IMRT-Bestrahlung bei Hypopharynx-Karzinomen
- Körperstamms, z.B. bei solitären Lungen- und Lebermetastasen oder Nebennieren-Tumoren

Auch für die Re-Bestrahlung im Bereich der Wirbelsäule wird diese Methode eingesetzt.

- 3-dimensionale Bestrahlungsplanung

Der Standard der Strahlentherapie-Planung ist die computergestützte 3-dimensionale Bestrahlungsplanung auf der Basis einer Computertomografie.

Für jeden Patienten wird ein Planungs-CT angefertigt, das den zu bestrahlenden Bereich, einschließlich aller Risiko-Organen erfasst.

Aus diesem CT-Datensatz wird im Computer ein individuelles Patientenmodell erstellt, in dem vom Arzt und Physiker die Tumorregion (Zielvolumen) und die Risiko-Organen eingezeichnet werden.

An diesem Patientenmodell wird anschließend eine Bestrahlungstechnik entworfen, die den Tumor optimal erfasst und umliegendes Gewebe weitgehend schont. Dies ist eine der Hauptaufgaben der Medizin-Physiker.

Die Dosis im Tumor sowie die Belastung der Risikoorgane wird in sogenannten Dosis-Volumen-Histogrammen (DVH) ausgewertet. Mit ihrer Hilfe lassen sich auch verschiedene Planungs-Ansätze vergleichen und der für den Patienten beste Bestrahlungsplan auswählen.

- IntensitätsModulierte RadioTherapie, kurz IMRT

Die IntensitätsModulierte RadioTherapie, kurz IMRT, ist eine spezielle Form der computergestützten Bestrahlungsplanung und Therapie-Durchführung, die unsere Abteilung seit 2005 erfolgreich einsetzt.

In der allgemein üblichen Anwendungsform, der sogenannten konformalen 3D-geplanten Strahlentherapie, werden Tumore mit einer Kombination aus mehreren Bestrahlungsfeldern behandelt, die jedes für sich eine weitgehend homogene Dosisverteilung erzeugen, so dass in der Kombination ebenfalls eine homogene Dosisverteilung entsteht. Eine Schonung von Risiko-Organen ist meist nur dadurch zu erreichen, dass die Struktur in einigen Bestrahlungsfeldern nicht erfasst wird. Dies geht jedoch häufig zu Lasten anderer Organe. Ein 'optimaler' Bestrahlungsplan verteilt diese Belastungen so, dass in keinem Risiko-Organ kritische Dosiswerte überschritten werden, die zu einer Funktionseinschränkung oder dem Funktions-Verlust der Organe führen können.

Liegt ein Risiko-Organ aber teilweise eingebettet in einem Tumor, kann das Organ mit einer konformalen Bestrahlungstechnik allein meist nicht ausreichend geschont werden. Hier kommt die IMRT zum Einsatz.

Die Bestrahlungsfelder eines IMRT-Planes entstehen in einem aufwendigen Optimierungsprozess (inverse Bestrahlungsplanung), bei dem vom Arzt Dosisvorgaben für den Tumor und die Risiko-Organ vorgeschrieben werden (engl.'Constraints'), vom Medizinerphysiker werden die Einstrahlrichtungen vorgewählt, (modernste Systeme, wie das hier verwendete, können auch bereits die Einstrahlrichtungen mit optimieren). Das Computersystem versucht dann in vielen Schritten diese Vorgaben mit beliebig inhomogenen Bestrahlungsfeldern zu erfüllen. In einem einzelnen Bestrahlungsfeld kann also ein Teil des Tumors mit einer therapeutischen Dosis bestrahlt werden, während das direkt daneben liegende Risikoorgan fast keine Dosis erhält. Liegt jenseits des Organs wieder Tumor, steigt dort die Dosis wieder auf therapeutisch wirksame Werte an.

In der Kombination vieler derartiger Bestrahlungsfelder lassen sich nun Dosisverteilungen erzeugen, die im Tumor eine homogene Dosis ergeben, eingebettete Risikoorgane aber schonen.

Mit dieser Methode ist es auch möglich, gezielt inhomogene Dosisverteilungen im Zielvolumen zu erzeugen, um besonders aktive Tumorbereiche mit einer höheren Dosis zu bestrahlen (Dose-Painting). Hierfür können spezielle Bildgebungsverfahren wie PET oder SPECT in die Bestrahlungsplanung einbezogen werden, die dem Arzt zusätzliche Informationen über die Stoffwechselaktivität im Tumor geben.