

Dieser Artikel ist der erste Teil der sechsteiligen Artikelserie „Strahlentherapie im Kindesalter“.

**Teil 2:** Strahlentherapie modern, individuell und hochpräzise – Entwicklungen und Fortschritte der letzten Jahrzehnte

**Teil 3:** Ablauf der Strahlentherapie bei Kindern und Jugendlichen – Von der Planung bis zur Nachsorge

**Teil 4:** Anästhesie bei der Strahlentherapie von Krebserkrankungen im Kindes- und Jugendalter – Bedeutung und Herausforderung

**Teil 5:** Angstfrei in die Strahlentherapie – Psychosoziale Begleitung von Kindern und Jugendlichen

**Teil 6:** Einbettung der Strahlentherapie in die Behandlungsnetzwerke der GPOH – Expertenberatung und Qualitätssicherung

Prof. Dr. med. Beate Timmermann

# Strahlentherapie bei Krebserkrankungen im Kindesalter

## Wirkung, Chancen und mögliche Risiken

### Einführung

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Strahlentherapie (auch „Radiotherapie“) als wichtiger Baustein der modernen onkologischen Therapie etabliert und wird bei fast jedem zweiten betroffenen Kind zum Erreichen einer langfristigen Heilung eingesetzt. Aufgrund der in den letzten Jahren steigenden Überlebensraten liegt der Fokus heute insbesondere auf der Verringerung chronischer Therapiefolgen, die von erheblicher Bedeutung für die Lebensqualität der Kinder und späteren Erwachsenen sind. Die Therapie von Kindern mit Krebserkrankungen erfolgt in Deutschland durch spezielle Studien- und Therapieprotokolle der Gesellschaft für pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH). Auch die Strahlentherapie ist als fester Therapiebaustein in diesen Protokollen verankert. Hierdurch ist diagnoseübergreifend eine flächendeckende Behandlung nach aktuellem „Gold“-Standard gewährleistet. Große Fortschritte wurden in den letzten Jahren außerdem durch die verstärkte Anwendung von modernen, präzisen und normalgewebsschonenden Techniken erreicht, die es ermöglichen, die Strahlentherapie im Kindesalter so schonend wie möglich und gleichzeitig so intensiv wie nötig durchzuführen.

### Wirkung der Strahlentherapie

Die Wirksamkeit von ionisierender Strahlung beruht auf der Störung von Zellstoffwechsel, Zellfunktion und -teilung. Die Energieabsorption bewirkt dabei eine Ionisation und Molekülanregung. Man unterscheidet dann eine direkte und indirekte Strahlenwirkung. Dabei werden zum einen Moleküle direkt geschädigt, zum anderen aber auch indirekte Effekte durch Radikalbildung erzielt. Die DNA wird bei



Eine Mitarbeiterin erklärt altersgerecht den Ablauf der Bestrahlung

diesem Prozess so verändert, dass Zellstoffwechsel und Zellfunktion gestört werden und zu einem „Zelltod“ führen. Hierunter ist nicht der unmittelbare Verlust der Zelle zu verstehen, sondern vielmehr der Verlust ihrer Fähigkeit, sich weiterhin unbegrenzt zu teilen. Aufgrund der besonderen Eigenschaften von Tumorzellen sind diese besonders anfällig für Strahlenschäden und können diese oftmals nicht wieder reparieren, während sich die gesunden Zellen von solchen Einflüssen – besser als Tumorzellen – wieder erholen können. Dies bewirkt eine stärkere Wirkung auf Tumorzellen als auf gesunde Zellen.

Für die Strahlentherapie werden Energiepakete oder Teilchen in sogenannten Beschleunigern auf eine sehr hohe Energie gebracht, damit sie tief ins Gewebe eindringen und dort wirken können. Die Einheit der Energiedosis ist das sogenannte Gray (Gy), das für die Dosierungsangabe einer Strahlenbehandlung genutzt wird. Wirkung oder Nebenwirkung

betreffen in der Regel nur den bestrahlten Körperbereich, der deswegen möglichst präzise angesteuert wird.

Zurzeit erfolgen in Deutschland fast 80% der Bestrahlungen mit hochenergetischen Röntgen- bzw. Photonenstrahlen. Aber auch geladene Teilchen, meist Protonen, werden wegen ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften zunehmend für die Bestrahlung von Tumoren im Kindesalter genutzt (mehr dazu in Teil 2).

## Indikationen und Therapiekonzepte

Neben der Operation und der Chemotherapie ist die Strahlentherapie eine der drei Säulen bei der Behandlung von Krebserkrankungen im Kindesalter. Sie wird mittlerweile bei knapp der Hälfte aller betroffenen Kinder zur langfristigen Heilung eingesetzt. Wie die Operation, ist sie eine lokale Therapiemaßnahme, d.h. sie wirkt präzise auf das betroffene Gebiet. Die Chemotherapie hingegen wirkt in der Regel auf den ganzen Körper, z.B. zur Verhinderung oder Eindämmung einer Tumorausbreitung im Körper. Zum Einsatz kommt die Strahlentherapie regelmäßig bei der Behandlung von Tumoren des zentralen Nervensystems oder der Knochen- und Weichteilgewebe, seltener bei anderen soliden Tumoren oder hämatologischen Erkrankungen wie der Leukämie.

Häufig wird heute die Strahlentherapie mit chirurgischen und chemotherapeutischen Verfahren kombiniert, um die größtmöglichen Heilungschancen zu erreichen. Dabei eröffnet sie eine wichtige Chance in Situationen, in denen die operativen Möglichkeiten ausgeschöpft sind oder zu große Risiken bestehen. Die Strahlentherapie kann aber auch in „palliativen“ Situationen eingesetzt werden, wenn eine Tumorerkrankung mit heutigen Mitteln nicht erreichbar erscheint. Hier wird sie dann z.B. zur Schmerzlinderung oder Verbesserung der Lebensqualität genutzt, z. B. bei Knochen- oder Hirnmetastasen.

Für jedes Kind erfolgt eine individuelle Abwägung der jeweiligen Chancen und Risiken einer Strahlentherapie. Bei der Entscheidung darüber, wie intensiv die Therapie erfolgen sollte, werden in der Regel folgende Faktoren berücksichtigt: die Strahlenempfindlichkeit des Tumors, die Empfindlichkeit des benachbarten Gewebes, das gesamte Behandlungskonzept bzw. andere einsetzbare Therapiemethoden, das Alter des Kindes.

Um den Stellenwert und das Behandlungskonzept der Strahlentherapie individuell bestimmen zu können, müssen daher viele unterschiedliche Faktoren in die Entscheidung einbezogen werden, wie z.B.:

- Histologie und tumorbiologische Eigenschaften (Ist der Tumor strahlenempfindlich?)
- Tumoralage, Tumorgöße und Nähe zu empfindlichen Organen (Kann der Tumor operiert werden?)
- Ausbreitungsmuster und Tumorstadium (systemische oder lokalisierte Erkrankung?)

Für jeden Tumor existieren spezielle Behandlungskonzepte, die sowohl die Dosis als auch das

notwendige Therapiegebiet (Zielvolumen) bestimmen. Daneben spielt die Fraktionierung, also die Einteilung der Gesamtdosis in Einzeldosen für die täglichen Therapiesitzungen eine bedeutende Rolle. Durch die Verteilung der Gesamtdosis über einen längeren Behandlungszeitraum erhält das gesunde Gewebe die Möglichkeit, sich zwischen den einzelnen Therapiesitzungen zu erholen. Das häufigste Verteilungsmuster ist die einmal tägliche Behandlung an 5 Wochentagen über eine Dauer von 5-6 Wochen. In palliativer Anwendung werden häufig verkürzte Behandlungskonzepte angeboten.

Der Zeitpunkt der Strahlentherapie in der Gesamttherapie unterscheidet sich je nach Diagnose und Behandlungskonzept. Sie kann vor der operativen Tumorentfernung erfolgen, um eine Verbesserung der Operabilität zu erreichen. Nach einer Tumoroperation eingesetzt, hat sie zum Ziel, eventuell verbliebene Tumorreste so weit wie möglich zu beseitigen. Eine alleinige Strahlentherapie wird meist dann durchgeführt, wenn eine Operation nicht möglich oder nur mit sehr großen Risiken verbunden ist.

Jegliche Strahlentherapie im Kindesalter muss sorgfältig begründet und individuell gegen das potentielle Rückfallrisiko abgewogen werden. Oftmals wird gerade bei sehr jungen Kindern eine Vermeidung oder Verzögerung der Strahlentherapie angestrebt, um die Therapiefolgen zu vermindern. Heutzutage erfolgt die Behandlung von Tumorerkrankungen im Kindesalter in Deutschland daher fast ausschließlich in den sogenannten Therapiestudien der Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH), in denen die Indikationen und die Konzepte auch der Strahlentherapie zusammen mit allen Fachexperten gemeinsam festgelegt und genau definiert sind. Jede Studiengruppe verfügt dabei in der Regel auch über ein Netzwerk aus Strahlentherapie-Experten, die für individuelle Beratungen zur Verfügung stehen und sich für die Sicherstellung einer gleichmäßig hohen Qualität der Strahlentherapie einsetzen, wo auch immer sie vor Ort dann stattfindet (mehr dazu in Teil 6).

## Besonderheiten bei der Strahlentherapie von Kindern

Wie im gesamten onkologischen Behandlungsprozess benötigen Kinder während und nach der Strahlentherapie eine besondere Aufmerksamkeit und viel Zuwendung (mehr dazu in Teil 5). Um die Bestrahlung so genau wie möglich auf das betrof-



Kind und Kuscheltier mit Bestrahlungsmaske



Prof. Dr. med. Beate Timmermann

fene Zielgebiet auszurichten, muss die Bestrahlungsposition über alle Therapiesitzungen hinweg präzise eingenommen werden. Spezielle Lagerungs- und Immobilisierungshilfen, wie Masken und Vakuumkissen, helfen dabei (mehr dazu in Teil 3). Ältere Kinder ab vier bis fünf Jahren können gemeinsam mit ihren Eltern durch Gespräche und spielerische Aktionen durch speziell geschulte pädagogische Fachkräfte zu der erforderlichen Mitarbeit motiviert und vorbereitet werden. Auch die Begleitung durch das Lieblingskuscheltier, Hörbücher, Musik oder Vorlesen durch die

Eltern kann den Kindern eine geschützte und angenehme Atmosphäre ermöglichen. Bei Kindern unter vier Jahren oder mit verzögertem Entwicklungsalter ist aber oftmals eine solche bewusste Kooperation nicht möglich. In diesen Fällen erfolgt die Bestrahlung in einer Kurznarkose bzw. tiefen Sedierung. Diese sollte dann mit möglichst wenig belastenden Maßnahmen von einem erfahrenen Anästhesieteam mit einer entsprechenden Ausstattung durchgeführt werden (mehr dazu in Teil 4).

## Nebenwirkungen

Da sich das Gewebe bei Kindern noch in der Entwicklung und im Wachstum befindet, ist es besonders empfindlich gegenüber Strahlenwirkungen. Die individuellen Reaktionen auf die Bestrahlung hängen dabei vom bestrahlten Gebiet und der Dosierung, aber auch von Begleitmaßnahmen oder dem Alter des Kindes ab. Allgemein können lokale Akutreaktionen während der Bestrahlung in Form von örtlichen Hautreizungen auftreten, die die Wirkung im Gewebe erkennbar machen, aber meist oft schon gegen Ende der Therapie wieder abklingen. Ebenfalls kann es allgemein zu Appetitlosigkeit oder Müdigkeit kommen – jedoch häufig geringer ausgeprägt als bei erwachsenen Patienten. Andere Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Durchfall, Husten oder Schluckstörungen treten dann eher in den Fällen auf, in denen die entsprechenden Organe im Zielgebiet liegen und gereizt werden. Bei Behandlungen im Kopfbereich berichten einige Patienten von speziellen Licht- oder auch Geruchsempfindungen.

Die sogenannten Spätfolgen können sich über einen längeren Zeitraum entwickeln und bilden sich in der Regel nicht wieder zurück – wie eine

eingetretene Narbe. Je nach Bestrahlungsgebiet und Gesamtkonzept können sie Hormonbildung, Speichelbildung, Wachstum oder Organe wie Nervensystem, Augen, Ohren, Leber, Herz und Lunge betreffen. Das Ausmaß chronischer Nebenwirkungen nach einer Strahlentherapie wird dabei von verschiedenen anderen Faktoren wie etwa der Chemotherapie, den Folgen der Operation oder bestehenden Begleiterkrankungen beeinflusst. Das Vollbild der Spätfolgen lässt sich daher häufig erst viele Jahre nach Beendigung der gesamten Therapie erkennen. Ebenfalls typischerweise erst nach mehreren Jahren kann in seltenen Fällen ein strahleninduzierter Zweitumor im Behandlungsbereich entstehen, worauf in den entsprechenden Nachsorgeprogrammen geachtet werden muss.

Aktuelle strahlentherapeutische Behandlungskonzepte legen den Fokus daher nicht nur auf die Tumorheilung, sondern insbesondere auch auf die größtmögliche Reduzierung chronischer Spätfolgen, um so den Kindern nach der Therapie und im späteren Erwachsenenalter die bestmögliche Lebensqualität zu sichern. Eine genaue Beobachtung und Dokumentation von möglichen Symptomen erfolgt während und nach der Strahlentherapie, um mögliche Auffälligkeiten sofort erkennen und behandeln zu können. Dies findet neben der Therapie ebenfalls in den Studienprotokollen Berücksichtigung.

## Fazit

Die Strahlentherapie ist ein wichtiger Bestandteil in der Behandlung von Krebserkrankungen im Kindesalter und wird bei ungefähr der Hälfte der betroffenen Kinder zur langfristigen Heilung eingesetzt. Die Abwägung der jeweiligen Chancen und Risiken einer Strahlentherapie wird stets von den Experten für den individuellen Fall in Anbetracht der unterschiedlichen, relevanten Faktoren getroffen. Kinder benötigen in der Vorbereitung und Durchführung der Strahlentherapie besondere Sorgfalt und einen hohen Zeiteinsatz. Nebenwirkungen können sowohl akut als auch erst viele Jahre nach der Strahlentherapie auftreten und sollten so früh wie möglich erkannt und behandelt werden. Aktuelle Therapieleitfäden haben zum Ziel, nicht nur die Therapie zu optimieren, sondern auch Nebenwirkungen zu reduzieren und eine sorgfältige Nachverfolgung zu gewährleisten. ■

Kontakt:  
 Prof. Dr. med. Beate Timmermann  
 Direktorin der Klinik für Partikeltherapie  
 Universitätsklinikum Essen  
 Hufelandstraße 55, 45147 Essen  
 Tel.: 0201-723-6600, Fax: 0201-723-5254  
 wpe@uk-essen.de  
[www.wpe-uk.de](http://www.wpe-uk.de)



Für das Beratungszentrum Partikeltherapie wurden seit Beginn der Förderung im Jahr 2012 Fördermittel in einem Umfang von insgesamt rund 589.000 Euro bereitgestellt.

Um zukünftig weiterhin strahlentherapeutische Beratung in hoher Qualität zu gewährleisten, hat sich ein Konsortium aus vier hauptverantwortlichen strahlentherapeutischen Einrichtungen zusammengefunden. Hierfür werden von der DKS in den nächsten zwei Jahren Fördermittel in Höhe von insgesamt 779.000 Euro bereitgestellt.