

Redaktion

A. E. Goetz, Hamburg
M. Jöhr, Luzern
T. Koch, Dresden
C. Werner, Mainz

M. Frei-Welte¹ · M. Weiss¹ · D. Neuhaus¹ · C. Ares² · J. Mauch¹

¹ Anästhesieabteilung, Universitäts-Kinderkliniken, Zürich

² Zentrum für Protonentherapie, Paul Scherrer Institut, Villigen

Kinderanästhesie zur Protonenbestrahlung

Medizin fernab der Klinik

Die Radiotherapie solider Tumoren mit Protonen hat in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erlangt. Aufgrund des günstigen Nebenwirkungsprofils ist sie besonders wertvoll für Kinder. Das Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz nimmt eine weltweite Vorreiterrolle im Bereich der Protonentherapieforschung ein. Hier werden seit 2004 auch Kleinkinder in tiefer Sedierung behandelt. Am Beispiel der Zusammenarbeit des PSI mit dem Kinderspital Zürich wird demonstriert, welche besonderen fachlichen und organisatorischen Anforderungen an Anästhesisten gestellt werden, wenn die Medizin in ein Forschungszentrum gebracht werden muss.

Protonentherapie am Paul Scherrer Institut, Villigen, Schweiz

Das PSI, ein renommiertes Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften, liegt ca. 43 km westlich von Zürich. Im Zentrum für Protonentherapie werden seit 1984 Patienten mit Augentumoren (v. a. Aderhautmelanome) erfolgreich mit Protonen behandelt. Seit 1996 werden Protonen zur Behandlung von tief liegenden Tumoren eingesetzt. Seit 2004 besteht eine Zusammenarbeit zwischen der Anästhesieabteilung der Universitäts-Kinderkliniken Zürich und dem Zentrum für Protonentherapie zur Behandlung von Säuglingen, Kleinkindern und Kindern in Sedierung.

Wie in der radiologischen Diagnostik [Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT)] benötigen Kleinkinder für die Radiotherapie/Pro-

tonentherapie eine tiefe Sedierung, da sie einerseits nicht in der Lage sind, längere Zeit ruhig zu liegen, und andererseits die angewandten Methoden zur Fixierung sowie das Alleinsein im Behandlungsraum als bedrohlich empfinden.

Protonen für die onkologische Therapie

Als Quelle für die Protonentherapie dient das Wasserstoffatom. Aufgrund ihrer großen Masse haben Protonen nur eine geringe Streuung, wodurch der Strahl millimetergenau auf das Zielvolumen fokussiert werden kann. Die Eindringtiefe ins Gewebe ist abhängig von der Energie, mit der die Protonen auf das Gewebe auftreffen. Im Gegensatz zu Photonen und Elektronen geben Protonen das Maximum ihrer Energie auf den letzten Millimetern ihrer Reichweite ins Gewebe ab. Dahinter kommt es zu einem steilen Dosisabfall.



Abb. 1 ▲ Bestrahlung im Kopfbereich: Der Kopf des Patienten wird millimetergenau positioniert und z. B. mithilfe eines Beißblocks (a) oder einer thermoplastischen Maske (b,c) fixiert. (c) Mit freundlicher Genehmigung des Paul Scherrer Instituts)

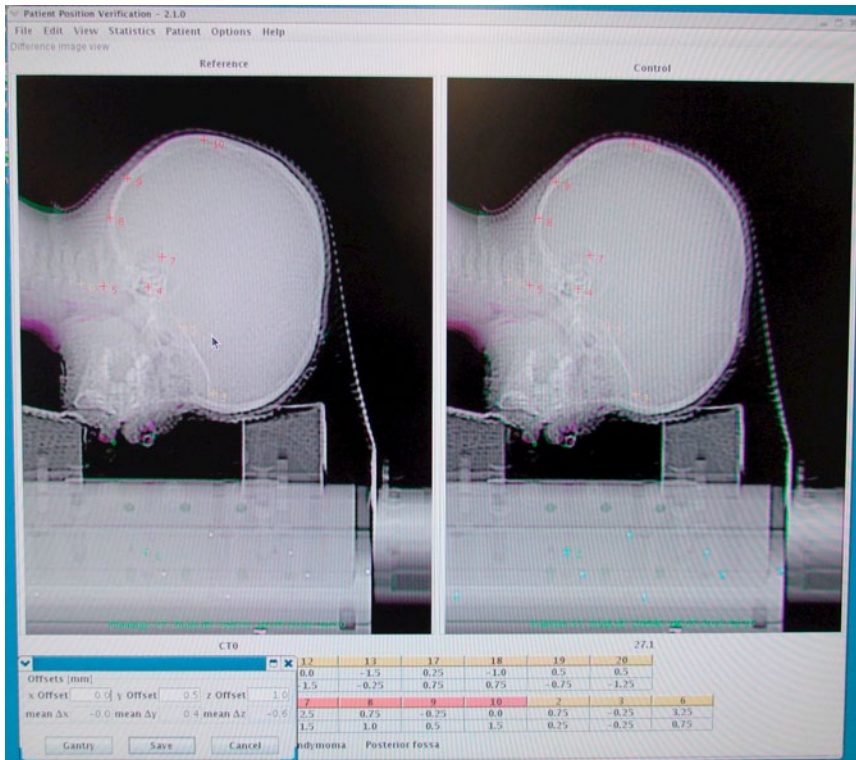


Abb. 2 ◀ Lagerung des Patienten bzw. korrekte Bestrahlungsposition werden vor jeder Sitzung durch zwei orthogonale Aufnahmen überprüft

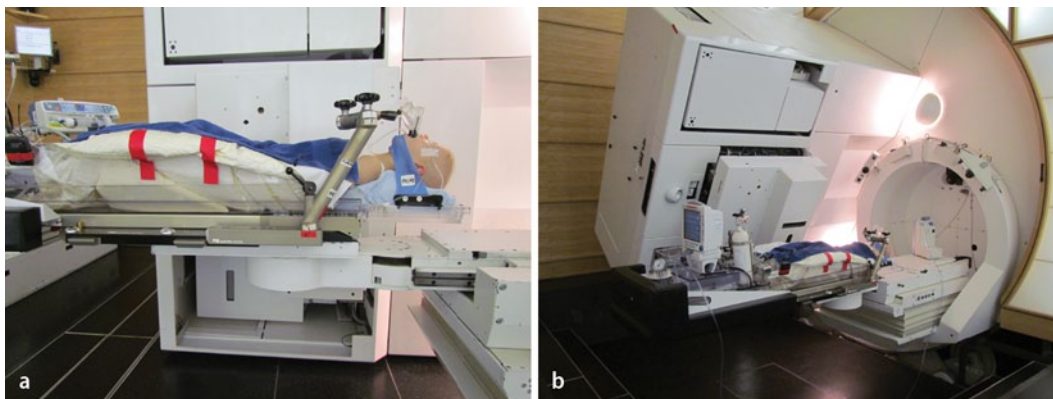


Abb. 3 ◀ Positionierung des Patienten im Bestrahlungsraum. **a, b** Verschiedene Einfallswinkel des Protonenstrahls erfordern unterschiedliche Positionen von „gantry“ und Tisch

Dadurch kann der Anteil gesunden Gewebes, der ionisierender Strahlung ausgesetzt wird, im Vergleich zur Photonentherapie um den Faktor 2–3 reduziert werden [1]. Eine besonders schonende Technik ist das im PSI entwickelte „Spot-scanning“-Verfahren, bei dem der Protonenstrahl in allen 3 Dimensionen punktgenau auf den Tumor appliziert wird [1, 2].

Der große Vorteil der Schonung des gesunden Gewebes liegt in der Reduktion von Akuttoxizität und Spätfolgen der Strahlentherapie. Hiervon profitieren insbesondere Kinder. Das kindliche Gewebe befindet sich im Wachstum; die Organe sind unreif und daher besonders empfindlich für Strahlenschäden. Zudem er-

halten Kinder im Rahmen der Tumorthherapie häufig eine Kombination aus Operation, Chemo- und Radiotherapie, wodurch die Vulnerabilität des Gewebes weiter erhöht wird [2, 3].

Das bei Kindern erhöhte Risiko für eine Zweittumor Erkrankung nach vorausgegangener Strahlentherapie wird durch die Reduktion des bestrahlten Gewebolumens ebenfalls positiv beeinflusst.

Verschiedene internationale Gesellschaften wie die Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie (DEGRO) oder die American Society of Radiation Oncology (ASTRO) empfehlen die Protonentherapie zur Behandlung kindlicher Tumoren bei Ependymomen, Gliomen, Lymphomen,

Sarkomen, Keimzelltumoren, Medullo-, Nephro-, Neuro- und Retinoblastomen.

Therapievorbereitung und -ablauf

Abhängig von der Tumorlokalisation erfolgt die Behandlung in Rücken- oder Bauchlage. Für jeden Patienten wird eine persönliche Ganzkörper-Moulage hergestellt. Für eine Bestrahlung am Kopf wird der Patient zusätzlich entweder mithilfe eines Beißblocks (▣ **Abb. 1a**) oder einer thermoplastischen Maske (▣ **Abb. 1b, c**) fixiert. Bei der initialen Lagerung für das Planungs-CT muss der Anästhesist zusammen mit dem Radioonkologen da-

Infobox 1 Ausstattung und Aus-rüstung des Anästhesieraums

- Atemwegsmanagement
 - Wandanschluss für Sauerstoff und me-dizinische Luft
 - Narkosegerät ADU von Datex Ohmeda, GE Healthcare
 - Oxylog 3.000 von Dräger für den Trans-port eines beatmeten Patienten
 - Material für Maskenbeatmung und Intubation in verschiedenen Größen, einschließlich Larynxmaske
 - Beatmungsbeutel 0,5 l und 1,5 l
 - Absauggerät
 - Fiberoptik
- Herz-Kreislauf-Management
 - Defibrillator
 - Infusions- und Injektionsmaterial, einschließlich
 - Intraosärnadel EZ-IO®
 - Material für Zentralvenenkatheter und arterielle Kanülen
- Labor
 - Blutzuckermessgerät Accu-Check Aviva
 - Blutgasanalyse: i-Stat-Analyzer, Axon Lab AG
- Wärmemanagement
 - Gebläseluftwärmegeräte der Fa. Bair Hugger
 - Ohrthermometer
- Kühlschränk
- TOF-Watch®

rauf achten, dass der Kopf des Patienten für die Strahlentherapie optimal gelagert ist und seine Atemwege frei sind, da diese Position in allen folgenden Therapiesitzungen millimetergenau reproduziert werden muss: „Schnüffelposition“ oder leichte Reklination, in Bauchlage kein Druck auf Mundboden, Halsweichteile oder Nase. Vor jeder Therapie werden zwei orthogonale Aufnahmen angefertigt (■ Abb. 2), die aktuellen mit den im Planungs-CT definierten Landmarken verglichen und allfällige Abweichungen in den drei Achsen durch Anpassung der Tischposition korrigiert.

Die Bestrahlung selbst findet in einem abgeschlossenen Behandlungsraum statt, der über einen 15 m langen Gang mit dem Kontrollraum verbunden ist. Damit die Bestrahlungseinheit („gantry“) 360° um den Behandlungstisch rotieren kann, wird der Tisch nur an einem Punkt an die Bestrahlungseinheit angedockt und der

Anaesthesist 2012 · 61:906–914 DOI 10.1007/s00101-012-2085-2
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

M. Frei-Welte · M. Weiss · D. Neuhaus · C. Ares · J. Mauch
Kinderanästhesie zur Protonenbestrahlung. Medizin fernab der Klinik

Zusammenfassung

Die Betreuung von Kleinkindern für die Protonentherapie stellt fachlich und menschlich hohe Anforderungen an das Anästhesieteam. Das Anästhesiepersonal soll in Kinderanästhesie speziell ausgebildet und erfahren sein, insbesondere da die Kinder sich oft in einem reduzierten Allgemeinzustand befinden. Die Infrastruktur soll gemäß den aktuellen anästhesiologischen Standards eingerichtet sein. Die ständige visuelle Überwachung des sedierten Patienten und das lückenlose Monitoring der Vitaldaten müssen gewährleistet sein. Propofol eignet sich ideal für die Sedierung von Kleinkindern in Spontanatmung

für die Protonentherapie. Auch bei repetitiver Gabe über mehrere Wochen wird Propofol sehr gut toleriert. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Radioonkologe, Onkologe und Anästhesist ist notwendig, um interkurrent auftretende medizinische Probleme optimal zu behandeln. Die besonderen Belange onkologischer Patienten müssen bei der Therapieplanung berücksichtigt werden.

Schlüsselwörter

Strahlentherapie · Propofol · Tiefe Sedierung · Atmung · Ambulante Versorgung

Pediatric anesthesia for proton radiotherapy. Medicine remote from the medical centre

Abstract

Anesthesia care for infants and young children for proton beam radiotherapy demands great technical and vocational skills from the anesthesia team and also a high degree of competence in soft skills. The anesthesia team should be experienced and regularly trained in pediatric anesthesia, especially as the children are often in a reduced general condition. The infrastructure should be established according to the current standards in anesthesiology. Monitoring of vital data, thorax excursions and inadvertent movements of the remotely positioned and sedated patient need to be under constant technical and optical surveillance. Propofol is an ide-

al hypnotic for the sedation of children under spontaneous breathing for proton beam radiation therapy. It is well tolerated even when given on a daily basis over several weeks. A close cooperation between the pediatric oncologist, radiation oncologist and anesthesiologist is important in order to manage additional medical problems in an optimal way. The special needs of oncology patients must be taken into consideration when planning anesthesia care.

Keywords

Radiation therapy · Propofol · Deep sedation · Breathing · Ambulatory care

Fußboden abgesenkt (■ Abb. 3a, b). Aus Strahlenschutzgründen darf sich während der Bestrahlung niemand im Raum aufhalten.

Abhängig vom Tumor beträgt die Behandlungsdauer 4 bis 8,5 Wochen mit 1 Fraktion/Tag und 5 Fraktionen/Woche.

Einrichten des Arbeitsplatzes

Die geografische Distanz zum Zentrums-spital erfordert eine gute Planung der Infrastruktur und Logistik vor Ort. Bei der Einrichtung des Anästhesieservice im PSI mussten die gegebenen baulichen Vorgaben berücksichtigt werden. Der Anästhe-

siebereich mit Ein-/Ausleitungsraum und Aufwachraum liegt zentral in unmittelbarer Nähe zu den Behandlungsräumen, dem Kontrollraum und dem Patientenwartezimmer (■ Abb. 4). Um ein Höchstmaß an Sicherheit für die Patienten zu gewährleisten, wurde der Anästhesiebereich im PSI entsprechend den Anästhesiearbeitsplätzen im Universitäts-Kinderspital Zürich eingerichtet (■ Infobox 1). Die üblichen Standards der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesie und Reanimation (<http://www.sgar-ssar.ch/Standards-und-Empfehlungen>) sowie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI, [4, 5]) wurden eingehalten.

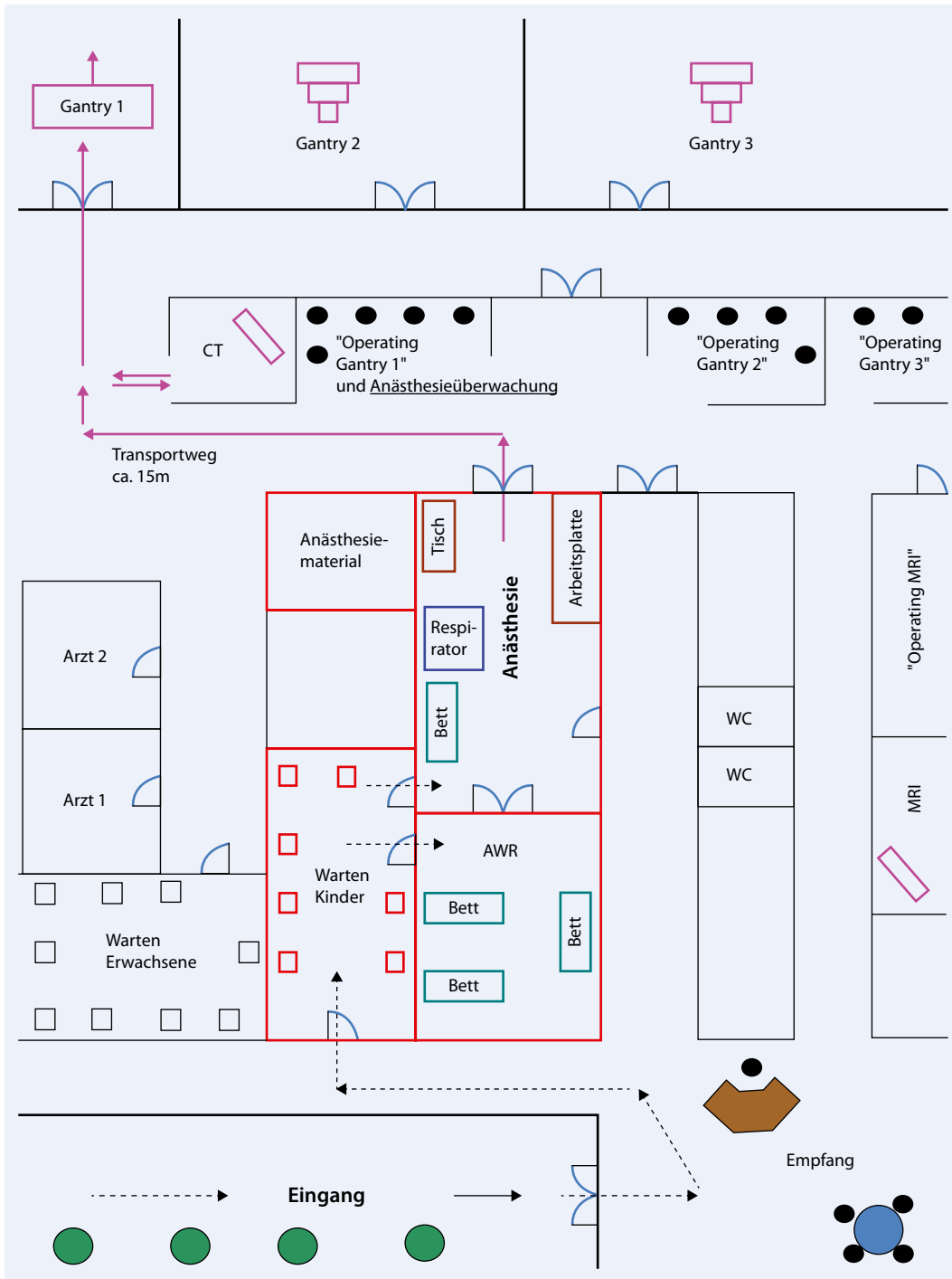


Abb. 4 ◀ Schematischer Grundriss der Räumlichkeiten für Anästhesie und Strahlentherapie. AWR Aufwachraum, CT Computertomographie, MRI „magnetic resonance imaging“

Die Narkoseeinleitung erfolgt im Anästhesieraum in Anwesenheit der Eltern. Nach Erreichen einer ausreichenden Narkosetiefe wird das Kind im Anästhesieraum in seine persönliche Ganzkörper-Moulage gelegt und zur Positionskontrolle ins CT sowie anschließend in den Behandlungsraum gefahren.

Außerhalb des Anästhesieraums, während des Transports ins CT, in den Be-

strahlungsraum und zurück in den Anästhesieraum wird der Patient mit einem mobilen Anästhesiematerialwagen begleitet (▣ **Abb. 5**). Dieser ist mit einer persönlichen „Atemwegsschale“, Reservematerial für Atemwegsmanagement und Injektionen, Notfallmedikamenten, einem mobilen Absauggerät und einer Reserve-sauerstoffflasche ausgerüstet.

Personalplanung

Die Nachfrage nach Sedierungen für diagnostische und therapeutische Maßnahmen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Dieser Nachfrage kommen Vertreter verschiedener Fachrichtungen nach. Obwohl das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko gering ist, kommen leichtere Zwischenfälle, die das Potenzial einer

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Hier steht eine Anzeige.





Abb. 5 ▲ Außerhalb des Anästhesieraums (hier im CT) werden Material für das Atemwegsmanagement und Medikamente stets mit dem Patienten mitgeführt

lebensbedrohlichen Komplikation haben, insbesondere Atemwegsprobleme, häufig vor. In einer prospektiven Erfassung von Daten aus 37 Zentren traten zentrale Apnoen oder Atemwegsobstruktionen in 575 Fällen/10.000 Sedierungen auf. Relevant ist die Fähigkeit des Teams, leichte Zwischenfälle schnell zu erkennen und unverzüglich zu beheben [6, 7].

Die Anästhesien im PSI werden von Anästhesiefachärzten und Pflegefachpersonen des Kinderspitals Zürich mit mehrjähriger Erfahrung in Kinderanästhesie durchgeführt. Die Integration des Teams in die Anästhesieabteilung einer Universitätskinderklinik garantiert die Aufrechterhaltung des nötigen Fachwissens und der technischen Fertigkeiten, insbesondere das sichere Beherrschen des kindlichen Atemwegs und der erweiterten Reanimationsmaßnahmen bei Kindern.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die interdisziplinäre Betreuung der Kinder erfordert ein hohes Maß an Kommunikations- und Teamfähigkeit von allen Beteiligten, namentlich Kinderonkologen, Radioonkologen und Anästhesisten. Es gilt, medizinische Informationen zeitgerecht weiterzuleiten und therapeutische Maßnahmen abzugleichen, um allfällige

Interaktionen berücksichtigen zu können. Der Anästhesist steht hier in einer Schlüsselposition, da er häufig als Erster mit neu aufgetretenen medizinischen Problemen konfrontiert wird.

Überwachung während und nach der Anästhesie

Die kontinuierliche Überwachung von klinischer Sedierungstiefe, Atmung und Kreislauf ist essenziell. Jede Sedierung birgt das Risiko des Abgleitens in ein tieferes Stadium bis zur Vollnarkose mit Apnoe, Kreislaufdepression und Verlust der Schutzreflexe.

Eine Verringerung der Sedierungstiefe kann dazu führen, dass der Patient sich bewegt, und somit den Erfolg der Behandlung gefährden. Möglicherweise muss die Bestrahlung unterbrochen, der Patient neu positioniert und die Positionierung radiologisch kontrolliert werden. Dies führt zu einer unnötigen zusätzlichen Strahlenbelastung und Verlängerung der Sedierung für den Patienten sowie Verzögerungen im Tagesablauf.

Die Vitalparameter werden mithilfe von Elektrokardiogramm (EKG), nichtinvasiver Blutdruckmessung (5-minütlich) und Pulsoxymetrie überwacht. Die Applikation von Sauerstoff erfolgt über eine Nasenbrille, über die auch der endtidale Kohlenstoffdioxid(CO₂)-Druck gemessen wird. Die Kapnographie ist der wichtigste Parameter zur Überwachung der Atmung (Erkennen von Atemwegsobstruktion oder Apnoe), wenn ein direkter Blick auf den Patienten nicht gewährleistet ist, zumal ein Abfall der Sauerstoffsättigung bei Gabe von Sauerstoff erst verzögert eintritt [9, 10, 11, 12, 13].

Während der Bestrahlung werden die Patienten (Thoraxexkursionen, Bewegungen) über ferngesteuert einstellbare Videokameras überwacht (▣ **Abb. 6**). Ein in Kopfnähe am Tisch fixiertes Mikrofon überträgt die akustischen Pulsoxymetrie-signale und Atemgeräusche in den Kontrollraum.

Parallel zur laufenden Sedation werden die Kinder im Aufwachraum in Anwesenheit der Eltern bis zum vollständigen Erwachen mit Pulsoxymetrie und Bestimmung des endtidalen CO₂-Drucks überwacht.

Die Patientenmonitore sind über ein „Wireless“-Netzwerk mit den Überwachungsmonitoren in Einleitungs- und Aufwachraum, CT, Kontroll- und Behandlungsraum verbunden, sodass die zeitgleiche Überwachung mehrerer Patienten möglich ist.

Tumorlokalisation und Atmung

Tumoren im Bereich des Naso-, Oro- oder Hypopharynx können die Atemwege durch Infiltration oder Verdrängung beeinträchtigen. Bei ausgeprägter Beeinträchtigung der Atemwege bzw. drohender Entwicklung einer Atemwegsobstruktion unter der Therapie ist eine Tracheotomie vor Beginn der Strahlentherapie zu erwägen. In die Entscheidung ist das Risiko einer möglichen Verschlechterung durch eine Mukositis und/oder interkurrente Infekte einzubeziehen.

Wiederholte Narkosen über einen längeren Zeitraum

Propofol hat seit der Zulassung Ende der 1980er Jahre zunehmende Bedeutung für Sedierungen und Anästhesien bei diagnostischen sowie therapeutischen Maßnahmen außerhalb des OP erlangt. Der rasche Wirkungseintritt, die gute Steuerbarkeit und die kurze Aufwachphase lassen Propofol für die tägliche Anwendung über mehrere Wochen, wie in der Radiotherapie erforderlich, besonders geeignet erscheinen [14, 15, 16, 17, 18].

Bis Juni 2012 wurden im PSI 160 Kleinkinder im Alter von 1 bis 8 Jahren (Mittelwert 3,5 Jahre) in tiefer Propofolsedierung bestrahlt. Ein Kind (5,6 Jahre alt) mit einem Medulloblastom im Kleinhirn und kraniospinaler Bestrahlung in Bauchlage musste wegen Atemwegsobstruktion für jede Bestrahlung intubiert werden; zwei Kinder (2,4 bzw. 3,7 Jahre alt) waren bereits vor der Protonentherapie tracheotomiert. Ein Kind (2,8 Jahre alt) mit einem neuroendokrinen nasopharyngealen Karzinom musste im Laufe der Therapie wegen zunehmender Atemwegsobstruktion intubiert und sekundär tracheotomiert werden. Sowohl bei den 3 Kindern mit Tracheostoma als auch bei den verbleibenden 156 Kindern (97,5%) konnte die Sedierung unter Spontanatmung durchgeführt werden.

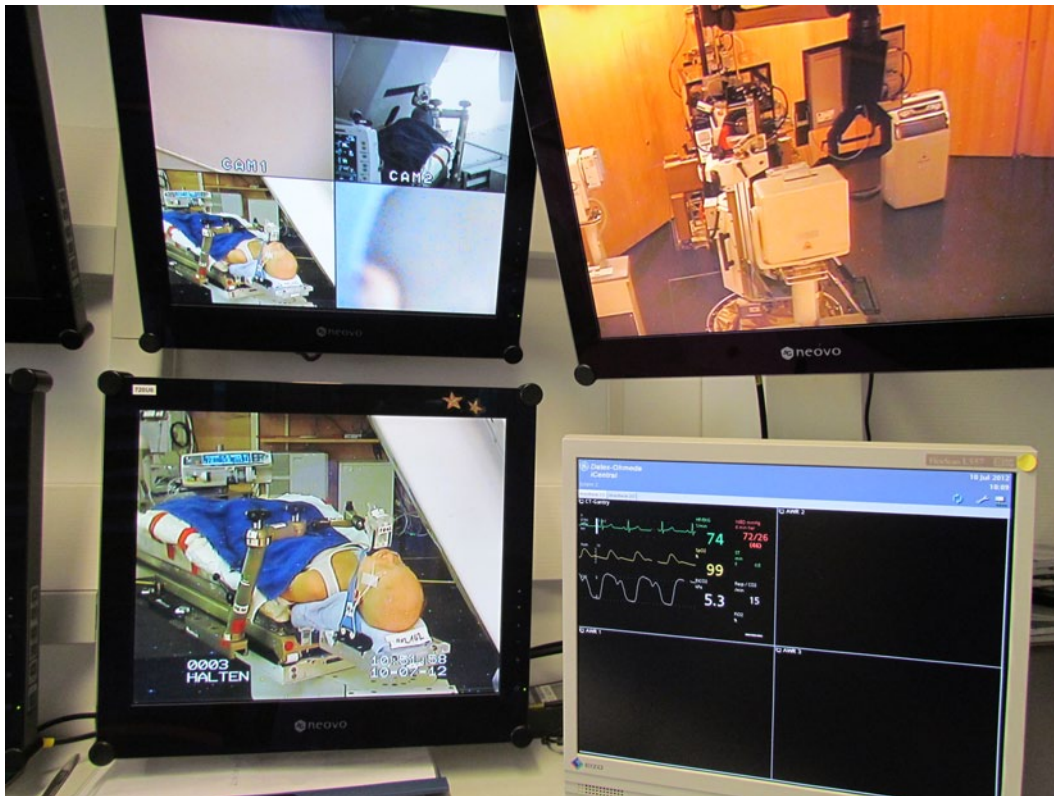


Abb. 6 ◀ Überwachung des Patienten während der Bestrahlung vom Kontrollraum aus

Nach einem initialen i.v.-Bolus von 2 mg/kgKG Propofol erhalten alle Kinder eine Propofoldauerinfusion von 10 mg/kgKG/h. Für die Lagerung in der Ganzkörper-Moulage oder das Einsetzen des Beißblocks können bei Bedarf zusätzliche Boli à 0,5–1 mg/kgKG verabreicht werden. Eine Dosissteigerung im Verlauf der Therapie ist in der Regel nicht nötig. Gelegentlich kann die Dosis im Laufe der Therapie sogar reduziert werden; dies ist evtl. durch zunehmende Vertrautheit und abnehmenden Stresspegel sowohl bei den Kindern wie bei den Betreuungspersonen bedingt [19, 20, 21]. Bei interkurrenten Infekten oder Entwicklung einer Mukositis kann eine passagere Dosissteigerung oder Kombination mit einem Opioid, z. B. Nalbuphin, nötig werden.

Bei der Wochenplanung soll für jedes Kind möglichst immer die gleiche Behandlungszeit eingehalten werden, damit das Kind einen Tagesrhythmus entwickeln kann. Die tägliche Einhaltung der Nüchternzeiten kann besonders für Kinder in reduziertem Allgemein- und Ernährungszustand zu einem großen Problem werden. Die Anästhesieabteilung des Universitäts-Kinderspitals Zürich erlaubt

die Einnahme von festen Mahlzeiten/Milch bis 4 h und von klaren Flüssigkeiten bis 2 h vor Narkoseeinleitung. Durch strenge Einhaltung dieser Zeiten und sofortige Nahrungsaufnahme im Aufwachraum, sobald das Kind wach ist, kann die Nüchternphase kurz gehalten werden.

Besonderheiten onkologischer Patienten

Die meisten Kinder, die zur Strahlentherapie kommen, haben bereits einen chirurgischen Eingriff und/oder eine Chemotherapie hinter sich. Sie sind in der Regel mit einem zentralen Langzeit-, Hickman- oder Broviac-Katheter oder Port-a-Cath®, versorgt. Der Port-a-Cath® wird jeweils am Montag punktiert und die Nadel bis Freitag belassen. Falls noch kein Langzeitkatheter in situ liegt, wird die Einlage vor Beginn der Strahlentherapie veranlasst. Die tägliche Benutzung des zentralen Katheters birgt das Risiko eines Katheterinfekts; deshalb ist auf strenge Hygiene, insbesondere Handhygiene, zu achten.

Viele Kinder befinden sich in einem reduzierten Allgemein- und Ernährungszustand und leiden unter den Folgen der

vorausgegangenen Therapie bzw. Beeinträchtigungen durch den Tumor selbst (◻ **Infobox 2**). In der Anamnese muss gezielt nach chemotherapieinduzierten Organschäden, insbesondere kardialen und pulmonalen Nebenwirkungen, gesucht werden [22, 23, 24].

Neben der selbstverständlich vorausgesetzten Fachkompetenz wird vom Anästhesisten auch ein hohes Maß an Sozialkompetenz und Empathie erwartet. Die Kinder sind durch vorausgegangene Erfahrungen vielfach traumatisiert, und es ist Aufgabe des Anästhesisten, eine Atmosphäre des Vertrauens und der Geborgenheit zu schaffen, damit der Anästhesieraum nicht zur täglichen Kampfzone wird. Dazu gehören auch das Schaffen einer kinderfreundlichen Umgebung mit einem eigenen Bereich für die Kinderanästhesie mit Ein-/Ausleitraum und Aufwachraum und die Implementierung eines Belohnungssystems (z. B. Gestalten einer Perlenkette, bei der jede Perle für eine Verrichtung steht, wie Moulage, CT, Strahlentherapie, Port anstechen etc.). Ein besonderer Service an den Kindern ist die Übernahme von unangenehmen Maßnahmen wie Subkutaninjektionen, Verbandwechsel, Wechsel von nasogastra-

Infobox 2 Komorbidität onkologischer Patienten

- Lokale Symptome
 - Atemwegsobstruktion bei Tumoren im Nasen-Rachen-Raum
 - Stuhl-, Urininkontinenz
- Neurologische Symptome (Folge des Tumors oder der vorausgegangenen chirurgischen Therapie)
 - Hirnnervenausfälle (z. B. mit Schluckstörungen, zentralen Atemregulationsstörungen)
 - Hemiparesen
 - Sehstörungen bis zu Blindheit
 - Neuroendokrine Dysfunktionen
 - Entwicklungs-, Verhaltensstörungen (z. B. Mutismus)
 - Epilepsie
- Folgen der Chemotherapie
 - Myelosuppression mit Neutropenie, Thrombozytopenie und Anämie
 - Mukositis
 - Inappetenz, Anorexie
 - Nausea, Diarrhö
 - Kardiale Nebenwirkungen (Rhythmusstörungen, Kardiomyopathie)
 - Pulmonale Nebenwirkungen (chronische Pneumopathie)
 - Renale Nebenwirkungen
- Akute Folgen der Strahlentherapie
 - Hautaffektionen, Haarausfall
 - Mukositis
 - Nausea, Vomitus

len Ernährungs sonden oder Hautpflege in Sedierung. Höchste fachliche und soziale Kompetenz sind die tragenden Pfeiler der Kinderanästhesie in der Strahlentherapie.

Fazit für die Praxis

Die Strahlentherapie mit Protonen ist aufgrund der optimalen Schonung des gesunden Gewebes speziell für Kinder gegenüber der konventionellen Strahlentherapie von Vorteil. Kleinkinder benötigen für die Immobilisation eine tiefe Sedierung. Propofol eignet sich ideal für die wiederholte Sedierung in Spontanatmung. Das Anästhesieteam soll in Kinderanästhesie ausgebildet und erfahren sein. Neben der Fachkompetenz („technical and vocational skills“) sind in hohem Maß Sozialkompetenz und Empathie („soft skills“) gefordert. Die lückenlose Überwachung des Patienten muss ge-

währleistet sein. Die Infrastruktur soll gemäß den aktuellen anästhesiologischen Standards eingerichtet sein und den reibungslosen Ablauf gewährleisten. Die Betreuung der kideronkologischen Patienten erfordert eine enge Zusammenarbeit von Onkologen, Radioonkologen und Anästhesisten. Der Anästhesist muss sich der physischen und psychischen Auswirkungen sowohl des Tumorleidens als auch der -therapie bewusst sein.

Korrespondenzadresse



Dr. M. Frei-Welte
 Anästhesieabteilung,
 Universitäts-Kinderkliniken
 Steinwiesstr. 75, 8032 Zürich
 Schweiz
 martina.frei@kispi.uzh.ch

Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin gibt sich und ihre Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Timmermann B (2010) Proton beam therapy for childhood malignancies: status report. *Klin Padiatr* 222:127–133
2. Timmermann B, Schuck A, Niggli F et al (2007) Spot-scanning proton therapy for malignant soft tissue tumors in childhood: first experiences at the Paul Scherrer institute. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 67:497–504
3. Merchant TH (2009) Proton beam therapy in pediatric oncology. *Cancer J* 15:298–305
4. Philippi-Höhne C, Becke K, Wulff B et al (2010) Analgesiedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter. Entscheidung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und des Berufsverbandes der Deutschen Anästhesisten. *Anaesth Intensivmed* 51:603–614
5. Deckert D, Zecha-Stallinger A, Haas T et al (2007) Anästhesie außerhalb des Zentral-OP. *Anaesthesist* 56:1028–1037
6. Cravero J, Blike G, Beach M et al (2006) Incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anesthesia for procedures outside the operating room: report from the pediatric sedation research consortium. *Pediatrics* 118:1087–1096
7. Cravero J, Beach M, Blike G et al (2009) The incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anesthesia with propofol for procedures outside the operating room: a report from the pediatric sedation research consortium. *Anesth Analg* 108:795–804
8. Melloni C (2005) Morbidity and mortality related to anesthesia outside the operating room. *Minerva Anestesiol* 71:325–334

9. Weiss M (2008) Diagnostische und interventionelle Eingriffe. In: Hoefl A, Metzler H, Pasch T (Hrsg) *Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin*, 2. Aufl. Kap. 23. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, S 397–409
10. Meyer S, Grundmann U, Gottschling S et al (2007) Sedation and analgesia for brief diagnostic and therapeutic procedures in children. *Eur J Pediatr* 166:291–302
11. Coté C, Wilson S et al (2006) Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures: an update. *Pediatrics* 118:2587–2602
12. Yildizdas D, Yapicioglu H, Yilmaz H (2004) The value of capnography during sedation or sedation/analgesia in pediatric minor procedures. *Pediatr Emerg Care* 20:162–165
13. Soto R, Fu E, Vila H et al (2004) Capnography accurately detects apnea during monitored anesthesia care. *Anesth Analg* 99:379–382
14. Anghelescu D, Burgoyne L, Liu W et al (2008) Safe anesthesia for radiotherapy in pediatric oncology: St. Jude Children’s Research Hospital experience, 2004–2006. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 71:491–497
15. Scheiber G, Ribeiro F, Karpienski H et al (1996) Deep sedation with propofol in preschool children undergoing radiation therapy. *Paediatr Anaesth* 6:209–213
16. McFadyen J, Pelly N, Orr R (2011) Sedation and anesthesia for the pediatric patient undergoing radiation therapy. *Curr Opin Anaesthesiol* 24:433–438
17. Seiler G, De Vol E, Khafaga Y et al (2001) Evaluation of the safety and efficacy of repeated sedation for the radiotherapy of young children with cancer: a prospective study of 1033 consecutive sedation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 49:771–783
18. Fortney J, Halperin E, Hertz C et al (1999) Anesthesia for pediatric external beam radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 44:587–591
19. Weiss M, Frei M, Buehrer S et al (2007) Deep Propofol sedation for vacuum-assisted bite-block immobilization in children undergoing proton radiation therapy of cranial tumors. *Paediatr Anaesth* 17:867–873
20. Buehrer S, Immoos S, Frei M et al (2007) Evaluation of propofol for repeated prolonged deep sedation in children undergoing proton radiation therapy. *Br J Anaesth* 99:556–560
21. Keidan I, Perel A, Shabtai E et al (2004) Children undergoing repeated exposures for radiation therapy do not develop tolerance to propofol. *Anesthesiology* 100:251–254
22. Latham G, Greenberg R (2010) Anesthetic considerations for the pediatric oncology patient—part 1: a review of antitumor therapy. *Paediatr Anaesth* 20:295–304
23. Latham G, Greenberg R (2010) Anesthetic considerations for the pediatric oncology patient—part 2: systems-based approach to anesthesia. *Paediatr Anaesth* 20:396–420
24. Latham G, Greenberg R (2010) Anesthetic considerations for the pediatric oncology patient—part 3: pain, cognitive dysfunction and preoperative evaluation. *Paediatr Anaesth* 20:479–489