Röntgenaufnahme der Lunge auf Intensivstation – Eine Übersicht für MTRA

Michael Wiertz

Laut Gesundheitsberichtserstattung des Bundes (GBI) gab es 2015 deutschlandweit 27 489 Betten zur intensivmedizinischen Versorgung [5]. Etwa 90 % aller radiologischen Untersuchungen in der Intensivmedizin stellen Röntgenaufnahmen des Thorax, Abdomens und Skelettsystems dar [10]. Dieser Artikel soll einen Überblick über die MTRA-Tätigkeiten auf den Intensivstationen schaffen und Lösungsansätze bei immer wiederkehrenden Problemen aufzeigen.

Merke

Bei über 2 Mio. Behandlungsfällen auf Intensivstationen in Deutschland war beinahe jeder 5. Patient beatmungspflichtig (2015).

Herausforderungen der „Bedside Radiology“

Das Anfertigen von Röntgenaufnahmen im Bett außerhalb der Räumlichkeiten der Radiologie wird im angloamerikanischen Sprachraum häufig als „Bedside Radiology“ bezeichnet. Hierbei müssen wir uns zahlreichen Problemen, die das Anfertigen und die Diagnostik einer Intensivlunge erheblich einschränken, stellen [10]:

- Die Mehrzahl der Patienten ist nicht kooperationsfähig.
- Es bestehen eingeschränkte Aufnahmebedingungen, z. B.:
  - Thoraxorgane in liegender oder sitzender Position
  - Seitenaufnahmen
  - erschwelter Zugang zum Patienten
- Eine Überlagerung von Strukturen durch potenziell vorhandenes Fremdmaterial ist möglich, z. B.:
  - Verbandmaterial
  - Metallimplantate
  - Katheter
  - Sonden
  - Elektroden)
- Nur eine begrenzte gerätetechnische Ausstattung ist vorhanden, z. B.:
  - fahrbares Röntgengerät ohne Belichtungsautomatik
  - mangelnde Bewegungsfreiheit auf Intensivstation

Bei den schwerstkranken Patienten der Intensivstation treffen zahlreiche ungünstige Bedingungen zusammen, daher muss jeder Intensivmediziner zwischen dem Transportrisiko eines instabilen Intensivpatienten und dem vergleichsweise limitierten Nutzen, der sich aus einer Röntgenaufnahme der Lunge mittels „Bedside-Methode“ ergibt, abwägen.

Indikation

Studien zeigen, dass bis zu 65 % der täglichen Röntgenaufnahmen auf der Intensivstation signifikante oder unerwartete Befunde ergeben. Diese können unter Umständen zu einer Änderung in der Therapie führen [11]. Die projektionsradiografischen Übersichtsaufnahmen sind daher unverändert die Basisuntersuchungstechnik bei allen Fragen im Bereich Herz, Lunge und Pleura – insbesondere im Verlauf. Es lassen sich daher folgende allgemeine Anforderungen für die Thoraxröntgenuntersuchung auf Intensivstation formulieren:

- als Routineuntersuchung (z. B. täglich) zur Statusüberhebung bzw. Statuskontrolle
- bei Materialwechsel (zentraler Venenkatheter, Tubus etc.)
- bei akuter klinischer Verschlechterung

Die mobilen Röntgengeräte sind dank ihrer kompakten Bauweise entweder direkt auf den Stationen verortet oder können fast mühelos an ihren Einsatzort verbracht werden. Allerdings sind ihr indikationsgerechter Einsatz und eine gezielte Fragestellung die Grundvoraussetzung für das Anfertigen einer Röntgenaufnahme auf der Intensiv- bzw. Pflegestation. Zudem wird in § 23 der Röntgenverordnung (geänderte Fassung vom 4.10.2011) die Notwendigkeit der „rechtfertigenden Indikation“ festgelegt, was den gesundheitlichen Nutzen der Röntgenuntersuchung gegenüber ihrem Strahlenrisiko abwägt. Daher gehen wir nun im Folgenden auf einige häufige Thoraxpathologien ein, die durchaus als rechtfertigende Indikation zur Thoraxröntgenaufnahme auf Intensivstation anzusehen sind (► **Tab. 1.1**).

Merke

Die projektionsradiografischen Übersichtsaufnahmen auf Intensivstation sind die Basisuntersuchungstechnik bei allen Fragen im Bereich Herz, Lunge und Pleura.

Pneumothorax

Ein Pneumothorax ist bei Intensivpatienten – insbesondere bei beatmeten Patienten – ein relativ häufiges Ereignis.

► **Tab. 1.1** Rechtfertigende Indikation zur Röntgenthoraxaufnahme auf Intensivstation

Indikation	Röntgenzeichen im Bild
Pneumothorax	abgehobene Pleura viszeralis; fehlende Gefäßzeichnung im luftgefüllten Pleuraspalt
Pleuraerguss	sichtbare Verschattung bei großen Flüssigkeitsmengen z. B. basal oder lateral
Stauung	je nach Schweregrad sichtbare Rechtsherzerweiterung oder Kalibersprung der zentralen Lungenarterien
Lungenödem	Abnahme der Lungentransparenz; Bindegewebsmanschette der Bronchien wird sichtbar; Darstellung der sog. Kerley-Linien
Infiltrat	unscharf begrenztes, fleckenartiges Verdichtungsareal als Folge einer Pneumonie
Fremdmaterial	scharf begrenzte Kontur des Fremdmaterials im gesamten Verlauf sichtbar

Grundsätzlich ist die Ursache eine Verletzung der Pleura parietalis bzw. viszeralis. Dies geschieht häufig iatrogen wie z. B. perioperativ durch einen thorakalen chirurgischen Eingriff, als Komplikation im Rahmen der Anlage eines zentralen Venenkatheters (ZVK) oder als Barotrauma infolge der künstlichen Beatmung. Die durch einen Ventilmechanismus eintretende Luft zwischen die beiden Blätter der Pleura hebt zunächst die Kohäsionskräfte zwischen der Pleura parietalis und Pleura viszeralis auf. Dieser Zustand sorgt für einen zunehmenden Druck auf das Lungenparenchym und letztendlich auch auf das Mediastinum.

Als direktes Röntgenzeichen eines Pneumothorax ist die deutlich vom Rippenfell abgehobene Pleura viszeralis zu sehen. In dem vergrößerten lufthaltigen Pleuraraum sind keine peripheren Lungengefäße abgebildet (► **Abb. 1**). Bei Patienten auf Intensivstation sind diese klassischen Zeichen erst bei einer größeren intrapleuralem Luftansammlung sichtbar, da sich diese in liegender Position vorwiegend ventral oder basal befindet. Eine Aufnahme in möglichst aufgerichteter oder sitzender Patientenposition kann ein Verschieben besagter Luftansammlung in

kraniale Pleuraabschnitte bewirken und die Diagnose eines Pneumothorax begünstigen.

Merke

Als direktes Röntgenzeichen eines Pneumothorax ist die deutlich vom Rippenfell abgehobene Pleura viszeralis zu sehen.

Pleuraerguss

Der Pleuraerguss – eine übermäßige Flüssigkeitsansammlung in der Pleurahöhle – ist ein in der Intensivmedizin häufiger Begleitbefund, der nach chirurgischen Eingriffen im Abdomenbereich bei bis zu 50 % der Patienten auftritt [10]. Nach Thoraxeingriffen ist bei nahezu allen Patienten mit pleuralen Flüssigkeitsansammlung zum Teil mit hämorrhagischen Komponenten zu rechnen (► **Abb. 2**, ► **Abb. 3**). Als sichtbare Verschattung ist ein Pleuraerguss in einer Röntgenaufnahme beim liegenden Patienten erst dann deutlich zu erkennen, wenn eine Flüssigkeitsmenge von 200–500 ml vorliegt. Das liegt u. a. an der eher flächigen dorsalen Verteilung der Flüssigkeit, wenn der Patient flach auf dem Rücken liegt; bei Anheben des Oberkörpers verlagert sich die Flüssigkeit nach kaudal und stellt sich als Überlagerung der basalen

► **Abb. 1** Rechtsseitiger Pneumothorax. ► **Abb. 2** Laterobasaler Pleuraerguss.

► Abb. 3 Interlobärer Pleuraerguss.

Lungensegmente dar. Nicht selten sind die Patienten bereits intra- bzw. postoperativ mit Thoraxdrainagen versorgt.

Merke

Ein Pleuraerguss ist eine übermäßige Flüssigkeitsansammlung in der Pleurahöhle.

Stauung

Geht eine Herzinsuffizienz mit einer Herzvergrößerung in eine Dekompensation über, kommt es auch zur Druckerhöhung im rechten Herzen und in den nachgeschalteten Pulmonalarterien (Stauung). Das bedeutet, dass Blutdruck und -volumen über die Pulmonalarterien in die Lunge deutlich zugenommen haben (pulmonale Hypertonie) und letztendlich ein Abfluss aus der Lunge erheblich erschwert und verzögert stattfindet (► Abb. 4). Im Röntgenbild sieht man je nach Schweregrad u. a.:

- eine typische Rechtsherzverbreiterung
- eine erweiterte rechte A. pulmonalis intermedia
- einen möglichen Kalibersprung der zentralen Lungenarterien zu den Segmentlungenarterien

► Abb. 4 Gestaute Pulmonalarterien.

Merke

Bei einer Dekompensation kommt es zur Druckerhöhung im rechten Herzen und in den nachgeschalteten Pulmonalarterien (Stauung).

HINTERGRUNDWISSEN

Transsudation:	Flüssigkeitsaustritt aus den Gefäßen in das umliegende Gewebe
Resorption:	Flüssigkeitsaufnahme durch Zellen oder Gewebe
Permeabilität:	Durchlässigkeit einer organischen Struktur für andere Stoffe (z. B. Flüssigkeit oder Gase)

Lungenödem

Liegt eine pathologische Flüssigkeitsansammlung im Lungenparenchym vor, so spricht man von einem Lungenödem. Ein solches entwickelt sich immer dann, wenn das Gleichgewicht zwischen Transsudation und Resorption gestört ist. Hierbei können zweierlei Ursachen zugrunde liegen:

- kardiogene Ursachen:
  - akute oder chronische Linksherzinsuffizienz
  - Aorten- bzw. Mitralklappenstenose
  - eine Erkrankung des Herzmuskels durch chronische arterielle Hypertonie
- nicht kardiogene Ursachen:
  - Permeabilitätsstörung
    - toxisch oder medikamentös bedingt
    - durch Infektion
    - durch Aspiration
  - Akutes Lungenschädigungssyndrom (ARDS)

Die Darstellung eines Lungenödems im Röntgenbild kann auf vielfache Art und Weise geschehen (► Abb. 5), u.a. durch eine Abnahme der Lungentransparenz bis hin zur „Milchglastrübung“, einer Bindegewebserweiterung der Bronchien (sog. Cuff) oder sog. Kerley-Linien, die auf pathologisch erweiterte Alveolarsepten zurückzuführen sind [8].

Merke

Ein Lungenödem ist eine pathologische Flüssigkeitsansammlung im Lungenparenchym.

Infiltrat

Wenn von einem Lungeninfiltrat die Rede ist, so ist dies lediglich die Beschreibung einer Struktur auf dem Röntgenbild. Ein Infiltrat ist eine sichtbare Gewebeverdichtung innerhalb der Lunge als häufige Folge einer Pneumonie, die als eine relativ häufige Diagnose in der Intensivmedizin anzusehen ist. Hierbei tritt Flüssigkeit aus den Lungengefäßen in die infizierten Gewebebezirke. Die Flüssigkeit stellt sich auf dem Röntgenbild als unscharf begrenztes Verdichtungsareal dar (► Abb. 6).

► Abb. 5 Röntgenzeichen Lungenödem [8].

Ob bei Intensivpatienten ein täglicher Status als Routine erhoben werden muss, bleibt weiterhin strittig. Einer Metaauswertung diverser Studien zufolge hat man wahrscheinlich keine zunehmenden unerwünschten Ergebnisse bei erwachsenen Intensivpatienten zu erwarten, wenn man von einem systematischen, unselektiven und täglichen Routineröntgen der Lunge Abstand nimmt [9]. Grundsätzlich hilft jedoch die Röntgenaufnahme der Lunge, bei Intensivpatienten mögliche Komplikationen infolge der Immobilität und Maschinenbeatmung frühzeitig zu erkennen und ggf. Therapien einzuleiten.

Merke

Ein Infiltrat ist eine sichtbare Gewebeverdichtung innerhalb der Lunge als häufige Folge einer Pneumonie

► Abb. 6 Beidseitige Infiltrate.

Fremdmaterial

Neben den oben erwähnten Thoraxpathologien kann eine Röntgenaufnahme bei der Lagekontrolle von Fremdmaterial bzw. dem Ausschluss ihrer Fehllage und möglicher Komplikation angebracht sein, z. B. bei:

- Drainagen
  - z. B. Pleuradrainage (► Abb. 7, roter Pfeil) zur Evakuierung von pleuraler Luft (Pneumothorax) oder Flüssigkeiten (Pleuraerguss).
- Tuben
  - z. B. Endotrachealtubus (Abb. 7, blauer Pfeil), dessen Fehlpositionierung nicht ausschließlich klinisch erkennbar ist.
- Katheter
  - z. B. zentralvenöser Venenkatheter (Abb. 7, weißer Pfeil), wobei auch bei erfolgloser Punktion ein Röntgenbild zum Ausschluss eines Pneumothorax notwendig sein kann.
- Sonden
  - z. B. Magen-, Duodenal- oder Jejunalsonden (Abb. 7, grüner Pfeil), die nicht selten fehlpositioniert sein können; auch Sonden eines transvenösen Schrittmachers, die in der Regel unter EKG-Kontrolle platziert und deren Lage im Röntgenbild dargestellt werden.

Einstelltechnik, Aufnahmeparameter und -kriterien

Gemäß der Leitlinie der Bundesärztekammer ist eine Röntgenaufnahme der Lunge im Liegen nur dann zulässig, wenn der Patient nicht stehen kann [1]. In diesem Fall ist eine Liegendaufnahme einer Aufnahme im Sitzen vorzuziehen, da in sitzender Position bei schlechter

► Abb. 7 Einliegende Pleuradrainage (rot), Endotrachealtubus (blau), ZVK (weiß) und Magensonde (grün).

körperlicher Verfassung des Patienten der Oberkörper weniger aufrecht gehalten wird und zudem die Bauchorgane auf die basalen Lungenabschnitte Druck ausüben. Halbsitzende Aufnahmen sollten nur in begründeten Ausnahmefällen durchgeführt werden, da sie im Verlauf schlechter reproduziert und nur unzureichend beurteilt werden können (► **Tab. 1.2**) [3]. Im Vergleich zu den Thoraxaufnahmen im Stehen gibt es einige Unterschiede im Bild zu beachten. Durch die in Liegeposition auf die Organe veränderte Wirkung der Schwerkraft steht das Zwerchfell beidseits höher und das Mediastinum inklusive dem Herzen wird verbreitert dargestellt. Zudem findet eine verstärkte Perfusion der Lungenoberfelder statt, was durch eine Dilatation der Oberlappengefäße im Bild erkennbar ist.

Zur Vorbereitung der Röntgenaufnahme sind alle Fremdkörper – wenn möglich – zu entfernen. Dazu gehört ebenfalls, den Verlauf der EKG-Leitungen und des Beatmungsschlauchs vorsichtig außerhalb des Bildbereichs zu verlagern. Die Speicherfolie bzw. der Detektor wird gerade unter dem Brustkorb positioniert, sodass der Zentralstrahl streng a.-p. verläuft (► **Abb. 8**, ► **Abb. 9**). Um eine Überlagerung der Schulterblätter im Bereich der Lunge zu reduzieren, kann man die Arme beidseitig in den Ellbogengelenken anwinkeln und mit Lagerungshilfen unterpolstern (► **Tab. 1.3**).

Auch hinsichtlich der Aufnahmekriterien gibt die Leitlinie der Bundesärztekammer wertvolle Hinweise [1]:

- symmetrische Darstellung des Thorax in Inspiration und – wenn möglich – Schulterblätter aus dem Bildbereich herausgedreht
- Abbildung der Gefäße bis in die Lungenperipherie
- Darstellung der kostopleuralen Grenze von der Lungenspitze bis zum Zwerchfell-Rippen-Winkel (► **Abb. 10**, weiße Pfeile)
- visuell scharfe Abbildung von Gefäßen, Hilus, Herzrand und Zwerchfell (Abb. 10, blaue Pfeile)
- Einsicht in retrokardiale, paravertebrale Lunge und Mediastinum (Abb. 10, rote Pfeile)

► **Abb. 8** Kassettenrand 2 Querfinger über Schulter.

► **Abb. 9** Zentralstrahl senkrecht auf Sternum.

► Tab. 1.2 Häufige Fehler in der Einstelltechnik	
Fehleinstellung	Erkennbares Röntgenzeichen
verdrehter Oberkörper	Dornfortsätze nicht mittig im Wirbelkörper abgebildet; keine symmetrische Projektion der Sternoklavikulargelenke
Zentralstrahl nicht rechtwinklig zur Bildebene	Kopf bzw. Kinn überlagert den Thorax am oberen Bildrand (Dezentrierung nach kaudal); beide Klavikula bilden sich deutlich unterhalb (Dezentrierung nach kaudal) der Lungenspitzen ab bzw. Klavikula projizieren sich auf 1. Rippe und darüber (Dezentrierung nach kranial)
unzureichende Inspiration	rechte Zwerchfellkuppe deutlich weniger als bis zur 10. Rippe ventral abgebildet

► **Tab. 1.3** Übersicht der Einstelltechnik und Aufnahmeparameter

Einstelltechnik	Aufnahmeparameter
Lagerung	Rückenlage (a.-p.); ggf. Arme anwinkeln und Ellbogen unterpolstern
Speicherfolie bzw. Detektor	35 x 43 cm; Querformat; oberer Rand 2 Querfinger über Schulterhöhe
Zentralstrahl und Einblendung	Zentralstrahl in Mitte des Sternums; vertikale Blenden auf Hautgrenze, horizontale Blenden auf Grenze des Aufnahmemediums
Atemlage (Standard)	Inspiration; ggf. Expiration bei Pneumothorax
Fokus-Detektor-Abstand*	90–120 cm
Brennfleck*	klein
Aufnahmespannung*	70–110 kV
Röhrenstrom-Zeit-Produkt*	1–5 mAs
Expositionszeit*	< 20 ms
Empfindlichkeitsklasse*	400
Bildempfängerdosis*	≤ 5 µGy
Streustrahlenraster*	nur bei Adipositas; kann bei digitaler Radiografie entfallen
Sonstiges	Seitenbezeichnung während der Bildaufnahme aufbelichten; Abweichungen deutlich kennzeichnen: z. B. Expiration, o.ä.; Strahlenschutzmaßnahme mithilfe einer Bleischürze ist zu empfehlen

* Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik [1].

► **Abb. 10** Symmetrische Darstellung des Thorax in Inspiration.

Merke

Gemäß der Leitlinie der Bundesärztekammer ist eine Röntgenaufnahme der Lunge im Liegen nur dann zulässig, wenn der Patient nicht stehen kann.

Gerätetechnik und Hilfsmittel

Gerätetechnik

Generatorleistung. Eine vergleichsweise große Anzahl von Herstellern bietet mobile Röntgengeräte mit den

unterschiedlichsten Spezifikationen an (► **Tab. 1.4**, ► **Tab. 1.5**), die den Bedürfnissen der eigenen Arbeitsumgebung angepasst werden können. Hinsichtlich der Generatorleistung gibt es unter den Anbietern kaum Unterschiede. So liefern die Geräte eine für den Arbeitsalltag ausreichende Leistung von durchschnittlich 30 kW; bei einigen Herstellern sogar bis zu 50 kW. Die in der Leitlinie der Bundesärztekammer geforderte Expositionszeit von < 20 ms realisieren ebenfalls alle Geräte, teilweise sogar hinunter bis auf 1 ms.

Stromversorgung. Da die mobilen Röntgengeräte in den Patientenzimmern bzw. Intensivbereichen zum Einsatz kommen, erfolgt die Stromversorgung in der Regel über allgemein zugängliche Steckdosen mit Einphasen-Wechselstrom von 240 V (50–60 Hz), der zum Betrieb der Röntgenröhre in den kV-Bereich transformiert wird. Einen deutlichen Mobilitätswachstum erfahren die Geräte, die batteriebetrieben sind und somit unabhängig von einer festen Stromversorgung in den Patientenbereichen genutzt werden können. Da die meisten voll digitalen Geräte (d. h. diejenigen mit einem Detektorsystem) mittlerweile ein Gesamtgewicht von durchschnittlich 500 kg aufbringen, sind diese Röntgengeräte motorunterstützt und bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 5 km/h (das entspricht ca. 1,4 m / s, Schrittgeschwindigkeit).

Detektortechnologie. Mittlerweile kann man davon ausgehen, dass die älteren Film-Folien-Systeme von den Speicherfolien- und Detektorsystemen weitestgehend verdrängt wurden. Der Vorteil der Detektortechnologie ist die sofortige Verfügbarkeit des Röntgenbildes auf

Wiertz Michael. Röntgenaufnahme der Lunge ... Radiopraxis 2017; 10: 77–89

► **Tab. 1.4** Eine unvollständige Übersicht ausgewählter mobiler Röntgengeräte und Detektoren – Teil 1

Gerät und Hersteller	DX-D 100 AGFA	DRX-Revolution Carestream	FDR go FUJIFILM
Generatorleistung (kW)	20, 32, 40, 50	32	32
Röhrenspannung (kV)	40–150	40–150	40–133
Röhrenstrom (mA)	10–500	50–400	max. 400
Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)	0,1–500	0,1–320	k. A.
Expositionszeit (ms)	1–10 000	2–2800	k. A.
Gewicht (kg)	595	575	460
Motorunterstützung (Geschwindigkeit)	ja (max. 4 km/h)	ja (k. A.)	ja (max. 5 km/h)
Detektor (35 x 43 cm)			
Pixelanzahl	3408 x 2800	• 2520 x 3032 (CsI)¹ • 2544 x 3056 (GOS)²	2304 x 2880
Pixelgröße (µm)	125	139	150
Detektorgröße (cm)	46 x 38,4 x 1,5	38,35 x 35,95 x 1,47	k. A. x k. A. x 1,48
Gewicht (kg)	3,4 (inkl. Batterie)	3,17	• 3,5 (CsI)¹ • 3,2 (GOS)²
Szintillatormaterial: ¹ Cäsiumjodid, ² Gadoliniumoxysulfid.			

► **Tab. 1.5** Eine unvollständige Übersicht ausgewählter mobiler Röntgengeräte und Detektoren – Teil 2

Gerät und Hersteller	MobileDiagnost wDR Philips	Mobilett Mira Max Siemens	Mobilett XP Siemens
Generatorleistung (kW)	20, 40	max. 35	20, 30
Röhrenspannung (kV)	40–150	40–133	40–133
Röhrenstrom (mA)	10–500	max. 450	max. 450
Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)	0,1–500	0,32–360	0,32–360
Expositionszeit (ms)	1–10 000	1–5000	1–3500
Gewicht (kg)	k. A.	375	206
Motorunterstützung (Geschwindigkeit)	ja (max. 5 km/h)	ja (max. 1,5 m/s)	nein
Detektor (35 x 43 cm)			
Pixelanzahl	3408 x 2800	2356 x 2872	–*
Pixelgröße (µm)	125	148	–*
Detektorgröße (cm)	35 x 43 x k. A.	44 x 46,1 x 1,9	–*
Gewicht (kg)	2,8 (inkl. Batterie)	3,0	–*

* Wird meist in Verbindung mit Speicherfolien betrieben.

dem Röntgensystem und in kürzester Zeit mittels WLAN-Übertragung im Bildarchiv (PACS) der radiologischen Einrichtung bzw. des Krankenhauses. Zudem lassen sich beim Flachdetektor noch etwas niedrigere Strahlenexpositions Dosen realisieren, ohne dass das damit steigende Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Bildqualität führt.

Hilfsmittel

Das Anfertigen von Röntgenaufnahmen auf Intensivstation ist eine große Herausforderung, da hiermit eine besonders große körperliche Belastung für das radiologische Personal verbunden ist. Die Patienten sind in den meisten Fällen nicht mobilisiert, sediert und/oder beatmet, während zudem die Bewegungsfreiheit für

Röntgengerät und Personal meist deutlich eingeschränkt ist. Unter diesen Bedingungen sind bei jedem Patienten die Positionierung der Speicherfolie bzw. des Detektors und die Lagerung des Patienten mit extrem hohem körperlichem Aufwand verbunden und sollten im besten Fall stets zu zweit durchgeführt werden. Zur Unterstützung dieser Tätigkeit sind die im Folgenden beschriebenen Hilfsmittel vorgesehen.

Röntgenfach in den Matratzen. Im Sinne der Patienten, die teilweise tage- und wochenlang in einem Intensivbett liegen, sind die Matratzen in der Regel mit Polyurethan beschichtet, was aufgrund seiner Atmungsaktivität besonders hautfreundlich und angenehm ist. Zudem lassen sich sehr einfach reinigen und sind abwisch- und desinfizierbar. Leider haben diese Matratzen den Nachteil, dass das Unterbringen einer Speicherfolienkassette oder eines Detektors direkt hinter dem Patientenrücken ohne den Patienten anzuheben aufgrund der mangelhaften Gleitfähigkeit der Matratzen nahezu unmöglich ist. Daher haben viele Hersteller ein Fach in die Matratze eingearbeitet, in das eine Kassette komfortabel eingeführt und dorsal des Patienten positioniert werden kann.

Schublade oder Kassettenhalterung. Als Alternative befindet sich in manchen Modellen an der Bettunterseite eine Schublade oder eine Kassettenhalterung für die Röntgenaufnahme. Ein solches bietet sich insbesondere bei adipösen Patienten an, bei denen eine Lagerung der Kassette unmittelbar hinter dem Rücken unmöglich ist. Allerdings ist in beiden Fällen zu beachten, dass aufgrund des vergrößerten Objekt-Detektor-Abstands der Aufnahmebereich vergrößert dargestellt und im ungünstigsten Fall nicht vollständig abgebildet wird.

Taschen aus gleitfähigem Kunststoff. Eine Möglichkeit, die Kassette oder den Detektor unmittelbar hinter den Patienten zu positionieren, bieten Taschen aus reißfestem und gleitfähigem Kunststoff. Nach dem rollenden Bewegungsprinzip wie beispielsweise bei Panzerketten wird die Kassette in der Kunststoffummantelung schonend unter den Patienten gezogen (► **Abb. 11**).

Strahlendosis

Über die Strahlenschutzaspekte für Patient und Personal wird in einem späteren Artikel gesondert eingegangen werden, daher sei nur Folgendes hierzu gesagt: Die Ortsdosen bei den Röntgenaufnahmen sind sehr gering. So berichtet beispielsweise eine Arbeitsgruppe, dass in 3 m Abstand eine Ortsdosis von 0,04 μ Sv ermittelt wurde, was bei einer natürlichen Strahlenexposition von 2,1 mSv etwa einer 10-minütigen Exposition entspricht [2]. Bei der Verwendung von Flachdetektoren ist am Patienten im Bereich der Lunge eine durchschnittliche Strahlenexposition von etwa 0,06 mGy messbar und unter

► **Abb. 11** Prinzip der Taschen zum Positionieren der Röntgenkassette.

Berücksichtigung der Gewebewichtungsfaktoren ergibt sich hieraus eine effektive Dosis von ca. 0,04 mSv.

Hygiene

Die Intensivstationen sind extrem sensible Bereiche mit zum Teil schwerstkranken Patienten, in denen das Risiko einer Verschleppung von pathogenen Erregern möglichst minimiert werden sollte. Grundsätzlich ist die regelmäßige hygienische Händedesinfektion sowie das Tragen und regelmäßige Wechseln der Einmalhandschuhe obligat. Hierbei ist zu beachten, dass das Berühren der Bedienknöpfe des Röntgengeräts beispielsweise beim Einstellen der Tiefenblende oder beim Auslösen der Strahlenexposition nur mit „sauberen“ Händen bzw. „sauberen“ Handschuhen erfolgen sollte, andernfalls müssen diese Bedienelemente wischdesinfiziert werden. Grundsätzlich sollten die Röntgengeräte in festgelegten Zeitabständen (z.B. bei Verlassen des Intensivbereichs oder am Ende des Arbeitstags) und immer nach Einsätzen in Isolationsbereichen von infektiösen Patienten mit z. B. methicillinresistenten Staphylokokken (MRSA), vancomycinresistenten Enterokokken (VRE), Extended-Spectrum-Betalaktamasen (ESBL) etc. desinfiziert werden.

Um eine regelmäßige Wischdesinfektion der Speicherfolien bzw. der Detektoren zu umgehen, was nebenbei bemerkt die Lebensdauer des Oberflächenmaterials deutlich verlängert, empfiehlt sich die Verwendung von Einmaltüten, die von diversen Herstellern passgenau angefertigt werden können. Diese werden nach Gebrauch entsorgt und die Speicherfolie bzw. der Detektor kann dann ohne Handschuhe kontaminationsfrei getragen werden.

Weitere Informationen zur Hygiene finden Sie im Artikel „Radiologie – Das Drehkreuz in der Medizin: Hygiene in der Radiologie“ in Radiopraxis 4/2014.

Merke

Auf Händedesinfektion und das Wechseln der Einmalhandschuhe ist nach jedem Patienten zu achten.

Merke

Nach Röntgenuntersuchungen an infektiösen Patienten ist eine Desinfektion des Röntgengerätes sowie des Detektors obligat.

GUT ZU WISSEN

Hygienische Händedesinfektion nach DIN EN 1500:2013-07 [4]:

- Circa 3–5 ml des Händedesinfektionsmittels werden in die hohle Hand gerieben.
- Handfläche auf Handfläche mit geschlossenen Fingern kreisend reiben.
- Jeweils die eine Handfläche über den Handrücken der anderen Hand reiben.
- Beide Handflächen mit ineinander verschränkten Fingern bewegen.
- Kreisendes Reiben des Daumens in der jeweils anderen Handinnenfläche.
- Kreisendes Reiben der Fingerkuppen in der jeweils anderen Handinnenfläche.
- Für die Einwirkzeit sind die Angaben der jeweiligen Hersteller zu beachten (mind. 30 s).

TIPPS UND TRICKS

Möglicher Arbeitsablauf beim Intensivthorax unter Berücksichtigung der Hygiene:

- Nur 1 MTRA:
  - Händedesinfektion und 2 Paar frische Handschuhe übereinander tragen
  - Speicherfolie und Detektor positionieren
  - oberstes Paar Handschuhe entfernen
  - Einstellung der Röhre und der Tiefenblende
  - Auslösen der Strahlenexposition
  - Entnahme der Speicherfolie/des Detektors
  - Einmaltüte entsorgen
  - Entfernen des 2. Handschuhpaars und Händedesinfektion
- Bei 2 MTRA:
  - MTRA 1 und 2:
    - Händedesinfektion und frische Handschuhe
    - Positionierung der Speicherfolie und des Detektors
  - MTRA 2
    - Entfernen der Handschuhe und Händedesinfektion
    - Einstellung der Röhre und der Tiefenblende
    - Auslösen der Strahlenexposition
  - MTRA 1:
    - Entnahme der Speicherfolie/des Detektors
    - Einmaltüte entsorgen
    - Entfernen des Handschuhpaars und Händedesinfektion

Fazit

Für Patienten auf den Intensivstationen wird auch zukünftig die Röntgenaufnahme der Lunge mittels „Bedside-Methode“ ein wichtiger Bestandteil der bildgebenden Diagnostik bleiben, da sie bei relativ leichter und kurzfristiger Verfügbarkeit zuverlässige und für die Therapie entscheidende Informationen liefert. Wichtig sind hierbei die sorgfältige Lagerung der Patienten sowie eine gewissenhafte reproduzierbare Einstellung der Röntgenparameter (Zentralstrahl, Einblendung, Belichtungsparameter etc.), da dies letztendlich mit dazu beiträgt, ob ein Röntgenbild diagnostisch auswertbar ist oder nicht.

Für MTRA bleibt diese Untersuchungstechnik auf Intensivstation eine große körperliche Herausforderung, insbesondere unter dem Aspekt, dass das Durchschnittsgewicht und die Körpermaße der Patienten gestiegen sind. Dementgegen sind die Personalressourcen zur Durchführung dieser Untersuchungsart gesunken – sowohl aufseiten der MTRA wie auch in der Krankenpflege –, was letztendlich zu einer stetigen körperlichen Belastung gerade des radiologischen Personals führt.

OFT GEFRAGT

Wie verläuft die Zusammenarbeit mit dem Pflegepersonal der Intensivstationen?

Grundsätzlich stellt sich wiederholt die Frage, ob die Röntgenaufnahme auf Intensivstation immer in Zusammenarbeit mit den Pflegekräften durchgeführt werden sollte. In der Literatur zur Einstelltechnik findet sich daher häufiger der Hinweis, dass man Elektroden und Sonden zur Überwachung nicht eigenmächtig trennen, sondern überlagernde Hilfsmittel von den Pflegekräften entfernen lassen sollte [3]. Diese Verhaltensgrundsätze lassen sich aus der Sozialgesetzgebung ableiten (vgl. § 137 des Fünften Sozialgesetzbuches (SGB V)). Des Weiteren ist die Zusammenarbeit mit dem Pflegepersonal oft über interne Standardarbeitsanweisungen geregelt. Eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen den Intensivpflegekräften und den Mitarbeitern der Radiologie ist zum Wohle der Patienten unerlässlich. Eine gute Kommunikation hilft, die Belastung und den Aufwand, den das Röntgen auf Intensivstation mit sich bringt, für Patient und Mitarbeiter auf ein erträgliches Maß zu minimieren.

INFO**Standardarbeitsanweisung**

In vielen Krankenhäusern regeln zudem interne Standardarbeitsanweisungen (Standard Operating Procedure, SOP) unter welchen Voraussetzungen beispielsweise Physiotherapeuten oder MTRA Intensivpatienten eigenverantwortlich bewegen oder lagern dürfen. Voraussetzung ist in den meisten Fällen, dass die betreffenden Mitarbeiter vorab eine gründliche Unterweisung erhalten haben, die sie zu dieser Tätigkeit befähigen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Röntgentätigkeit auf Intensivstation eine körperlich sehr belastende Tätigkeit ist, sollte die Hilfe der Pflegekräfte möglichst oft in Anspruch genommen werden.

RECHTLICHES**Fünftes Sozialgesetzbuch (SGB V)**

Der § 137 des Fünften Sozialgesetzbuches (SGB V) reguliert die Qualitätssicherung in der stationären Krankenversorgung u.a. mit dem Hinweis, dass die Anforderungen an die Qualitätssicherung „durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen“ sind. Die Mindestanforderungen an eine solche Qualitätssicherung legt z. B. die Qualitätsmanagementnorm DIN ISO 9004 fest [4]. Betriebswirtschaftlich gesehen wird bei der Durchführung der Röntgenuntersuchung eine Dienstleistung erbracht, die eben diesen Normen unterliegt. Dementsprechend müssen die MTRA einerseits die notwendigen Kompetenzen besitzen, um eine verwertbare Röntgenaufnahme zu erstellen, und andererseits auf die Unterstützung von Partnern – in diesem Fall den Pflegekräften – zurückgreifen, wenn es um das Wohl der Intensivpatienten geht.

KERNAUSSAGEN

- Mithilfe einer gewissenhaften Formulierung der „rechtfertigenden Indikation“ wird der gesundheitliche Nutzen der Röntgenuntersuchung gegenüber ihrem Strahlenrisiko abgewogen.
- Für Patienten ist die Röntgenaufnahme der Lunge mittels „Bedside-Methode“ ein wichtiger Bestandteil der bildgebenden Diagnostik, da sie bei relativ leichter und kurzfristiger Verfügbarkeit zuverlässige und für die Therapie entscheidende Informationen liefert.
- Eine sorgfältige Lagerung des Patienten sowie ein exakter Einstrahlwinkel erhöhen die Aussagekraft einer Röntgenaufnahme der Lunge

auf Intensivstation und verbessern auch ihre Beurteilbarkeit im Verlauf.

- Der Gebrauch diverser Hilfsmittel beim Röntgen auf Intensivstation soll die extreme körperliche Belastung der MTRA möglichst minimieren.
- Adäquate Hygienemaßnahmen sind gerade auf den Intensivstationen zwingend einzuhalten; dazu gehört eine regelmäßige Händedesinfektion sowie eine gewissenhafte Wischdesinfektion von potenziell kontaminierten Oberflächen.

Interessenskonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Über den Autor **Michael Wiertz**

1995 Abschluss der Ausbildung an der MTA-Schule in Aachen. 2006 Weiterbildung zum „Leitenden MTRA“ und 2015 zum „Medizinpädagogen“ an der Akademie für Lehrkräfte im Gesundheitswesen, Münster. Seit 2014 Lehr-MTRA an der MTA-Schule in

Aachen. 2015 wurde er in den Vorstand der Vereinigung Medizinisch-Technischer Berufe (VMTB) in der Deutschen Röntgengesellschaft gewählt.

Korrespondenzadresse**Michael Wiertz**

Fachlehrer im Gesundheitswesen
Medizinpädagoge – MTA Schule
Universitätsklinikum Aachen
Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR)
Pauwelsstraße 30
52074 Aachen
Deutschland
Tel.: +49(0)241/8036604
E-Mail: mwiertz@ukaachen.de

Literatur

- [1] BÄK. Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik – Qualitätskriterien röntgendiagnostischer Untersuchungen. Korrigierte Fassung. 2008
- [2] Bandorski D, Reinert M. Strahlenschutz auf Intensivstationen. Intensivmed. 2004; 41: 90
- [3] Becht S et al. Lehrbuch der röntgendiagnostischen Einstelltechnik. 6. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth; 2009, 2013
- [5] Gesundheitsberichtserstattung des Bundes. Im Internet: <http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/>

aw92/WS0100/_XWD_PROC?_XWD_200/3/xs_sort_spalte/
D.100/d/10103/_XWD_226; Stand: 15.11.2016

- [6] Häuser H, Wohlgemuth WA. Bildgebende Diagnostik des Thorax bei Intensivpatienten. Anaesthesist. 2005; 54: 827–848
- [7] Leppke R et al. Strahlenexposition durch Röntgenaufnahmen auf der Intensivstation. Radiologe 1998; 38: 730-736
- [8] Lüska G, Hrsg. Röntgenthorax auf Intensivstation. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2004
- [9] Oba Y, Zaza T. Abandoning Daily Routine Chest Radiography in the Intensive Care Unit: Meta-Analysis. Radiol. 2010; 255: 386
- [10] Sakka SG, Wappler F. Bildgebende Verfahren in der Intensivmedizin – Möglichkeiten und Grenzen. Anaesth Intensivmed. 2013; 54: 232
- [11] Trotman-Dickenson B. Radiology in the Intensive Care Unit (Part I). J Intensive Care Med. 2003; 18: 198

CPD-Fragen

Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
Bitte informieren Sie sich über die genaue Gültigkeitsdauer unter
<http://cme.thieme.de>

Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe>
finden Sie eine ausführliche Anleitung.

VNR xxx

Was versteht man unter "Bedside-Radiology"?

- a. Alle Röntgenaufnahmen, die im Liegen erstellt werden.
- b. Röntgenaufnahmen im Bett, bei denen der Patient seitlich gelagert wird.
- c. Röntgenuntersuchungen, bei denen eine helfende Person neben dem Patienten verbleibt.
- d. **Das Anfertigen von Röntgenaufnahmen im Bett außerhalb der Räumlichkeiten der Radiologie.**
- e. Nur solche Röntgenaufnahmen, bei denen die Speicherfolie bzw. der Detektor auf dem Patientenbett liegt.

Welche Aussage über die „rechtfertigende Indikation“ beim Röntgenthorax auf Intensivstation ist richtig?

- a. Bei Patienten auf Intensivstation ist dieser Passus aus der Röntgenverordnung außer Kraft gesetzt.
- b. **Vor Anfertigen einer Röntgenaufnahme müssen die Strahlenrisiken und der gesundheitliche Nutzen sorgfältig abgewogen werden.**
- c. Die „rechtfertigende Indikation“ ergibt sich bei beatmeten Patienten automatisch.
- d. Das Prüfen der „rechtfertigenden Indikation“ ist eine Empfehlung in der Leitlinie der Bundesärztekammer.
- e. Röntgenaufnahmen der Lunge sind mithilfe der mobilen Röntgengeräte schnell verfügbar, daher entfällt die Notwendigkeit einer „rechtfertigenden Indikation“.

Welches ist keine rechtfertigende Indikation für einen Röntgenthorax auf Intensivstation?

- a. Lagekontrolle der Drainage bei Pleuraerguss.
- b. Verlaufskontrolle eines Lungenödems nach Aspiration.
- c. **Lagekontrolle der Elektroden zur Ableitung eines Elektrokardiogramms nach Herzinfarkt.**
- d. Verlaufskontrolle von Infiltraten bei Langzeitintensivpatient.
- e. Ausschluss oder Verlauf eines Pneumothorax.

Welche Pathologie ist bei einem Pneumothorax zu beobachten?

- a. Der Durchmesser der Pulmonalarterien ist verbreitert und deutlich im Röntgenbild abgrenzbar.
- b. Das Mediastinum wird deutlich verbreitert dargestellt.
- c. **Auf dem Röntgenbild sind aufgrund des Flüssigkeitsaustritts unscharf begrenzte Verdichtungen sichtbar.**

- d. Eine deutliche Abnahme der Lungentransparenz bis hin zu einer „Milchglastrübung“ ist sichtbar.
- e. **Die Pleura viszerale hebt sich deutlich vom Rippenfell ab, und in dem lufthaltigen Pleuraraum sind keine peripheren Lungengefäße abgebildet.**

Welche der hier geschilderten Lagerungstechniken ist falsch?

- a. Der Zentralstrahl zielt rechtwinklig auf Sternummitte.
- b. Die Atemphase während der Bildaufnahme sollte in der Regeln Inspiration sein.
- c. Ein Anwinkeln der Arme und Unterpolstern der Ellbogen verbessert den Bildeindruck.
- d. Aufnahme wird in Rückenlage und im a.-p. Strahlengang angefertigt.
- e. **Der Strahlengang erfolgt kaudokranial zur besseren Darstellung der Lungenspitzen.**

Welches der aufgeführten Aufnahmekriterien gilt nicht für den Röntgenthorax auf Intensivstation?

- a. Symmetrische Darstellung des Thorax in Inspiration.
- b. **Größenrichtige Darstellung des Herzens.**
- c. Visuell scharfe Abbildung von Gefäßen, Hilus, Herzrand und Zwerchfell.
- d. Abbildung der Gefäße bis in die Lungenperipherie.
- e. Herausgedrehte Schulterblätter im Bereich beider Lungenflügel.

Woran erkennt man eine lagerungsbedingte Rotationsfehlstellung des Thorax?

- a. Die rechte Zwerchfellkuppe bildet sich nicht an der 10. Rippe ab.
- b. Die Schulterblätter sind ungleichmäßig herausgedreht.
- c. Die Klavikula projiziert sich auf die 1. Rippe.
- d. Der Kopf bzw. das Kinn überlagert den Thorax am oberen Bildrand.
- e. **Die Dornfortsätze sind nicht mittig im Wirbelkörper abgebildet.**

Welche Aussage über die Gerätetechnik mobiler Röntgenanlagen trifft nicht zu?

- a. **Alle mobilen Röntgengeräte sind motorunterstützt.**
- b. Aufgrund ihrer kompakten Bauweise können mobile Röntgengeräte in den Intensivbereichen eingesetzt werden.

CPD-Fragen

Fortsetzung ...

- c. Die Stromversorgung erfolgt in der Regel über allgemein zugängliche Steckdosen mit Einphasen-Wechselstrom von 240 V.
- d. Die Röntgenbilder werden mithilfe von Speicherfolien oder Flachdetektoren erstellt.
- e. Systeme mit Flachdetektor zeigen die Röntgenbilder unmittelbar nach Strahlenexposition auf einem Monitor an.

Welche Ortsdosis wurde in einer Entfernung von 3 m gemessen?

- a. 0,04 mSv
- b. 0,15 mSv
- c. 0,15 mGy
- d. **0,04 μ Sv**
- e. 2,1 mSv

Welche der folgenden Aussagen über Hygienemaßnahmen ist falsch?

- a. Nach Patientenkontakt sollte eine Bedienung des Röntgengeräts nur nach Entfernen der Einmalhandschuhe und einer hygienischen Händedesinfektion erfolgen.
- b. Nach Einsätzen bei infektiösen Patienten in Isolationsbereichen muss immer eine Desinfektion des Röntgengeräts und des Detektors oder der Speicherfolie erfolgen.
- c. **Eine hygienische Händedesinfektion vor zu Beginn und Ende eines Arbeitstags ist aus Gründen des Hautschutzes völlig ausreichend.**
- d. Passende Einmaltüten für den Detektor machen eine Wischdesinfektion nach jedem Patienten unnötig.
- e. Röntengeräte sollten in festgelegten Zeitabständen gereinigt und desinfiziert werden.

Einstelltechnik, Thorax, Intensivstation, Hygiene, mobiles Röntgen

Portable chest radiography in the intensive care unit – an overview for radiographer

radiographic positioning, thorax, intensive care unit, hygiene, bedside radiology

Bedside-radiology in ICU is an important part of imaging diagnostics; it provides reliable and essential information for possible therapy options in a relatively easy and quickly accessible way. In addition to the justification of radiation exposure, it is important to set the focus on accurate patient positioning and the reproducible use of the image parameters (X-ray beam, field limitation, exposure parameter), as this ultimately contributes to the diagnostic evaluation of an X-ray image. For radiographer, this method of examination in ICU is a physically strenuous challenge, not only due to the increasing mean weight of patients, but all the more so because the number of staff is decreasing – both radiographer and in health care – therefore it leads to a continuous physical strain for radiology personnel. In order to minimize the strain on radiology staff, all of the available supporting tools should be used to the full.