

2 Röntgendiagnostik der Körperregionen

Die bequeme, schmerzfreie und standardisierte Lagerung des Patienten ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die korrekte Projektion und eine verwacklungsfreie Aufnahme. Die zu untersuchende Körperregion sollte soweit als vertretbar frei von Überlagerungen (z.B. Verbänden, Kleidungsstücken) sein, damit der Befund möglichst wenig durch Artefakte gestört wird.

Der optimale Strahlenschutz für den Patienten während der Aufnahme ist auch in den heutigen Zeiten niedriger Expositionswerte wichtig (z.B. korrekte Sitzposition, Einblendung des Nutzstrahlenbündels zur Vermeidung von Streustrahlung, Bleiabdeckung). Lagerungshilfen verbessern die Diagnostik, da sie zu einer entspannten Haltung der Zielregion führen. Die Aufnahme ist so einzustellen, dass der Zentralstrahl auf den Gelenkspalt oder mittig auf das Zielgebiet gerichtet ist. Seitenbleimarkierungen („R“ oder „L“; Cave: Seitenverwechslung) und auf der Röntgenaufnahme erforderliche andere Erläuterungen (z.B. „stehend“) müssen außerhalb der Belichtungskammern und außerhalb der abzubildenden anatomischen Region platziert werden. Die falsche Position der Bleibuchstaben kann zu Fehlbelichtungen führen.

Röntgenbilder werden heute meist mit digitalen Detektoren oder Speicherfoliensystemen und nur noch selten mit klassischen Film-Folien-Kombinationen aufgenommen. Zur Vereinfachung für die verschiedenen Aufnahmemedien wird üblicherweise der Begriff „Detektor“ verwendet.

Bei allen digitalen Aufnahmen besteht die Gefahr, dass die Einblendung zu groß gewählt wird. Dies führt neben einer zu hohen Strahlenexposition des Patienten auch regelmäßig zu Beanstandungen durch die prüfenden Stellen. Wir empfehlen, gerade darauf besonderes Augenmerk zu richten.

Bei frei belichteten Aufnahmen (sog. Übertisch-aufnahmen; meist nur noch bei wenigen Skelettaufnahmen, wie z.B. Wirbelsäulenganzaufnahmen a.-p. bzw. seitlich, Wirbelsäulen-Bending-Aufnahmen, Hand- und Fußaufnahmen) werden die Belichtungswerte (Hochspannung und Röhrenstrom-Zeit-Produkt) anhand von Erfahrungswerten und Belichtungstabellen vorgegeben. Diese Aufnahmen erfolgen typischerweise ohne Belichtungsautomatik.

Bei dickeren zu durchstrahlenden Volumina (z.B. Brustwirbelsäule, Thorax, Schulter, Becken, Oberschenkel) kommen sog. Untertisch-aufnahmen (d.h. Aufnahmen mit Belichtungssteuerung durch eine Belichtungsautomatik) zur Anwendung. Hier wird die Strahlungshärte (Hochspannung) anhand von Erfahrungswerten (Tabelle oder im Röntengerät voreingestellte Werte) und anhand der Erfordernisse des zu durchstrahlenden Objekts vorgegeben. Die zur passenden „Filmschwärzung“ erforderliche Strahlungsmenge (Röhrenstrom-Zeit-Produkt) wird durch eine Belichtungsautomatik mittels der Belichtungskammern dosiert, die die Stromstärke und die Belichtungszeit regeln.

2.1 Sprunggelenk und Fuß

D. Sabo

2.1.1 Grundlagen der Bildgebung an Sprunggelenk und Fuß

Für orthopädische und traumatologische Krankheitsbilder an Fuß und Sprunggelenk ist die konventionelle Röntgendiagnostik nach wie vor der Goldstandard in der Bildgebung und bei nahezu allen klinischen Untersuchungen zur Primärdiagnostik und Dokumentation des Krankheitsverlaufs erforderlich. Die ursprüngliche Unterteilung in 3 Kompartimente (Sprunggelenk, Mittel- und Rückfuß, Vorfuß) wird aus historischen und didaktischen Gründen verwendet. Funktionell gesehen ist eine starre Unterteilung nicht sinnvoll: So sind etwa Vorfußdeformitäten ohne die Mitbeurteilung der anderen Kompartimente, wie etwa der Rückfußachsen und der Sprunggelenkebene, nicht suffizient behandelbar [79]. Ebenso ist der Rückfuß insbesondere bei operativen Fragestellungen in Relation zur Achse von Unterschenkel und gesamter unterer Extremität zu bewerten [76].

Röntgen

Basis ist immer die Röntgenaufnahme der betreffenden Region in 2 rechtwinklig zueinander stehenden Ebenen. Belastete Aufnahmen sind insbesondere für Indikationsstellung und Verlaufskontrolle in der elektiven Deformitätenkorrektur unabdingbar. Dabei ist auf eine vollständige Belastung Wert zu legen, da ansonsten erhebliche Winkelunterschiede die Indikationsgrenzen der Behandlungsoptionen verzerren können. In der Traumatodiagnostik oder bei unmittelbar postoperativen Kontrollen sind belastete Aufnahmen nicht durchzuführen [87]. Die komplexe knöchernen Anatomie von Fuß und Sprunggelenk macht oft Aufnahmen in zusätzlichen Ebenen erforderlich, wie etwa Schrägaufnahmen in 45°-Inversion und -Eversion [78] und bei unklaren Befunden gelegentlich Vergleichsaufnahmen der Gegenseite.

Computertomografie

Die CT hat insbesondere in der ergänzenden traumatologischen Diagnostik ihren festen Stellenwert (z. B. bei Frakturen von oberem Sprunggelenk, Kalkaneus und Fußwurzel oder bei Wachstumsfugenverletzungen) oder bei Befunden, die eine sehr hohe Auflösung verlangen, wie bei den schwer diagnostizierbaren Koalitionen [83]. Die Möglichkeit verschiedener Rekonstruktionsebenen und der 3D-Darstellung kann zur Operationsplanung wertvolle Hinweise geben und hilft durch die eindrucksvoll bessere visuelle Darstellung letztendlich auch in der Befundvermittlung gegenüber dem betroffenen Patienten bzw. Laien.

Magnetresonanztomografie

Die MRT hat dank der Möglichkeit der guten Gewebekontrastdarstellung, der verbesserten Ortsauflösung und multiplanarer Schnittebenen berechtigterweise eine starke Verbreitung erfahren. Vorwiegend wird die MRT ergänzend bei orthopädischen und traumatologischen Fragestellungen an Knorpel, Bändern, Sehnen, Bursen, nervalen Strukturen und Muskulatur eingesetzt sowie in der Tumor- und Entzündungsdiagnostik [80]. Osteonekrosen, Stressfrakturen, Knochenödeme und diabetisch-neuropathische Osteoarthropathie sind etablierte Anwendungsgebiete für die MRT.

Sonografie

Hauptanwendungsgebiet der Sonografie ist die schnell verfügbare Diagnostik der häufigen Sehnen- und Bandpathologien, z. B. in der Sportorthopädie [81] und in der Diagnostik und Verlaufskontrolle entzündlicher Gelenkserkrankungen [82].

2.1.2 Unterschenkel mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, unbelastet

Siehe ▶ Abb. 2.1 und ▶ Tab. 2.1.

▶ **Indikation und typische Krankheitsbilder.**

Fraktur bzw. Frakturverdacht, Arthrose, Fremdkörper, Knochenprozesse, Verlaufskontrolle.

▶ **Lagerung und Hilfsmittel.**

- *a.-p.*: Rückenlage, Knie gestreckt, Unterschenkel in 20°-Innenrotation, Stabilisation ggf. mit Sand-

sack, Neutralstellung des oberen Sprunggelenks, Malleolus medial und lateral mit gleichem Abstand von der Kassette

- *seitlich*: Rückenlage, Knie- und Hüftgelenk gering gebeugt, Keilkissen ventral unter das Knie, Stabilisation mit Sandsack, Neutralstellung des oberen Sprunggelenks

- ▶ **Aufnahmekriterien.** Überlagerungsfreie Darstellung des oberen Sprunggelenks (distale Tibia, Fibula und Talus), Rechtwinkelstellung des oberen Sprunggelenks.

Tab. 2.1 Aufnahmeparameter für die Röntgenaufnahme des Unterschenkels mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, unbelastet.

Projektion	Hochspannung (kV)	Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)	Film-Folien-Abstand (cm)	Fokus	Messkammer	Raster	Empfindlichkeitsklasse	Filmformat analog
a.-p.	60–75	2,5–3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 400	18/43 oder 20/40
seitlich	60–75	2,5–3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 400	18/43 oder 20/40

Zu den Aufnahmeparametern bei Kindern s. Kap. 1.5.



Abb.2.1 Unterschenkel mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, unbelastet.

a Lagerung für die a.-p. Aufnahme.

b Lagerung für die seitliche Aufnahme.

c Röntgenaufnahme a.-p., unbelastet. Z. n. Rekonstruktion der Syndesmose re.

d Röntgenaufnahme seitlich, unbelastet. Z. n. Rekonstruktion der Syndesmose re.

2.1.3 Distaler Unterschenkel mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, belastet

Siehe ► Abb. 2.2 und ► Tab. 2.2.

► **Indikation und typische Krankheitsbilder.** Rückfußzentrierte Aufnahme zur Operationsplanung und Verlaufskontrolle bei Korrekturen an Rückfuß und oberem Sprunggelenk, Arthrodesen und Endoprothetik des oberen Sprunggelenks.

► **Lagerung und Hilfsmittel.**

- *a.-p.*: im Stand mit um 20° innenrotiertem Sprunggelenk, Kassette, Zentralstrahl zentral auf das obere Sprunggelenk; Vergleich mit der Gegenseite auf einer Aufnahme möglich; Neutralstellung des oberen Sprunggelenks
- *seitlich*: stehend am Stativ mit Belastung des Fußes auf Holz- oder Kunststoffunterlage, sodass die Röntgenkassette bis ca. 1 cm unter die Fuß-

sohle reicht; Neutralstellung des oberen Sprunggelenks; Außenrotation des Fußes um 10°; mediolateraler Strahlengang, Zentralstrahl auf die Mitte des oberen Sprunggelenks

► **Aufnahmekriterien.** Überlagerungsfreie Darstellung des oberen Sprunggelenks in Rechtwinkelstellung zur Bestimmung der anatomischen distalen Tibiaachse und des Malleolarwinkels [76].



Vermeiden Sie diese Fehler!

Fehlstellungen der mechanischen und anatomischen Beinachse müssen bei der Bewertung der distalen Tibia, der distalen tibialen Gelenkebene sowie der talaren Plafond-Ausrichtung berücksichtigt werden – ggf. sind Beinlängenausgleich (angeben), Rotationskorrektur oder Erweiterung der bildgebenden Diagnostik auf die gesamte untere Extremität erforderlich.

Tab. 2.2 Aufnahmeparameter für die Röntgenaufnahme des distalen Unterschenkels mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, belastet.

Projektion	Hochspannung (kV)	Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)	Film-Folien-Abstand (cm)	Fokus	Messkammer	Raster	Empfindlichkeitsklasse	Filmformat analog
a.-p.	60–75	2,5–3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 400	20/40
seitlich	60–75	2,5–3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 400	20/40

Zu den Aufnahmeparametern bei Kindern s. Kap. 1.5.



Abb. 2.2 Distaler Unterschenkel mit oberem Sprunggelenk a.-p. und seitlich, belastet.

- a Lagerung für die a.-p. Aufnahme.
- b Lagerung für die seitliche Aufnahme.
- c Röntgenaufnahme a.-p., belastet.
- d Röntgenaufnahme seitlich, belastet.

2.1.4 Oberes Sprunggelenk a.-p. und seitlich

Siehe ▶ Abb. 2.3 und ▶ Tab. 2.3.

▶ **Indikation und typische Krankheitsbilder.** Fraktur bzw. Frakturverdacht, Luxation, Bandverletzung, Arthrose, Fremdkörper, Knochenprozesse, Verlaufskontrolle.

▶ **Lagerung und Hilfsmittel.**

- *a.-p.*: Rückenlage, geringe Unterlagerung der Kniekehle, ggf. Unterlagerung der ipsilateralen Beckenhälfte zum Ausgleich der Hüftantetorsion, Unterschenkel in 15–20°-Innenrotation, Stabilisation ggf. mit Sandsack, Neutralstellung des oberen Sprunggelenks, Malleolus medial und lateral mit gleichem Abstand von der Kassette
- *seitlich*: Rückenlage, Knie- und Hüftgelenk gering gebeugt, Keilkissen ventral unter das Knie, Stabilisation mit Sandsack, Neutralstellung des oberen Sprunggelenks

▶ **Aufnahmekriterien.** Überlagerungsfreie Darstellung des oberen und des unteren Sprunggelenks. Rechtwinkelstellung des oberen Sprunggelenks. In der seitlichen Ebene Projektion der Fibula etwa auf das hintere Drittel der Tibia und Fußwurzelabbildung einschließlich des Os naviculare.



Vermeiden Sie diese Fehler!

- Fibula, Tibia und Talus stellen sich in der a.-p. Ebene überlagert dar – korrekte Innenrotation einstellen!
- Spitzfußposition – in Neutralposition einstellen, ggf. mit Hilfsmittel (Zugbinde, Lagerungskissen)!
- Die Fibula projiziert sich in der seitlichen Ebene nicht auf das hintere Drittel der Tibia – Rotation verändern!
- Der laterale und der mediale Talusdom projizieren sich in der seitlichen Ebene nicht übereinander – Rotation verändern!
- Unvollständige Abbildung des Kalkaneus oder der Fußwurzel in der seitlichen Ebene – weiter ausblenden!

Tab. 2.3 Aufnahmeparameter für die Röntgenaufnahme des oberen Sprunggelenks a.-p. und seitlich.

Projektion	Hochspannung (kV)	Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)	Film-Folien-Abstand (cm)	Fokus	Messkammer	Raster	Empfindlichkeitsklasse	Filmformat analog
a.-p.	60	3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 200	18/24
seitlich	60	3,2	105	klein	-/-	-/-	SC 200	18/24

Zu den Aufnahmeparametern bei Kindern s. Kap. 1.5.



Abb. 2.3 Oberes Sprunggelenk a.-p. und seitlich.

- a Lagerung für die a.-p. Aufnahme.
- b Lagerung für die seitliche Aufnahme.
- c Röntgenaufnahme a.-p.
- d Röntgenaufnahme seitlich.