

Einsatz der Computertomografie in orthopädischen Messverfahren

Using Computed Tomography in Orthopedic Measuring

K. Werking, N. Böhme



Durch den in den letzten Jahren zunehmenden Einsatz der CT in der orthopädischen Diagnostik konnte auch die Bestimmung von Achsen und Rotationen verbessert werden und löst in vielen Fällen die Messung am konventionellen Röntgenbild zu Recht ab. Die neuen Messverfahren bieten uns in vielen Fällen exaktere Daten und bessere Möglichkeiten der Auswertung. Im folgenden Artikel soll insbesondere auf die häufigsten Fragestellungen eingegangen werden und anhand des Texts und der Abbildungen die unkomplizierte Durchführung der Messverfahren erläutert werden.

Hinweise zur Durchführung der CT

Die Untersuchung sollte in Spiraltechnik angefertigt werden. Bei einem Single-Slice-Scanner sollten eine Schichtdicke von 3 mm und ein Tischvorschub von 5 mm gewählt werden. Für das Rekonstruktionsinkrement sollten 3 mm gewählt werden. Bei Multi-Slice-Scannern kann die Schichtdicke auf 1,2 mm (Kollimation) reduziert werden. Somit kann man qualitativ hochwertige 3-D-Rekonstruktionen anfertigen, die auf einer stufenartefaktfreien, multiplanaren Reformation basieren.

Eine gute Bildqualität ist bereits bei gering gewähltem Röhrenstrom (80 mAs) möglich. Jedoch ist hier zu beachten, dass mit sinkender Dosis ein erhöhtes Bildrauschen entsteht und dieses zu schlechteren 3-D-Rekonstruktionen mit störenden Artefakten führt. Der Strahlenschutz des Patienten sollte dennoch an erster Stelle stehen. Eine dosisarme Untersuchung mit niedrigen Röhrenstrom- und -spannungswerten (mAs und kV) ist zur Darstellung von knöchernen Strukturen völlig ausreichend. Die im folgenden Artikel aufgeführten Untersuchungs- und Rekonstruktionsparameter wurden an einem Siemens Somatom Definition AS erstellt. Bei Geräten anderer Hersteller kann es somit zu Abweichungen in der Bezeichnung führen.

Eine gute Bildqualität ist bereits bei gering gewähltem Röhrenstrom zu erreichen.

Orthopädische Fragestellung

Die CT wird in orthopädischen Messverfahren in erster Linie in folgenden Gebieten eingesetzt:

- ▶ Bestimmung der Rotation im Hüftgelenk
- ▶ Achsbestimmung des Femurs
- ▶ nach erfolgter Operationen:
 - ▶ Beurteilung der Lage einer Kniegelenkendoprothese
 - ▶ Beurteilung der Rotation nach Marknagelosteosynthesen der Röhrenknochen

Mithilfe der CT können anlagebedingte anatomische Variationen und Fehlanlagen beurteilt und es kann klinischen Beschwerden nach erfolgten Operationen auf den Grund gegangen werden.

Hüftgelenk

Prinzipiell besteht das knöcherne Hüftgelenk aus der Hüftpfanne – dem Azetabulum – und dem Hüftkopf, der am proximalen Femur liegt. Das Azetabulum ist eine halbkugelige Aushöhlung, die an der dicksten Stelle des Hüftknochens liegt und vom Os ilii, Os ischii und Os pubis gebildet wird. Um das Azetabulum herum verläuft ein kräftiger Randwulst, der Limbus. Die knöcherne Gelenkpfanne nimmt das Kaput des Femurs als Hüftgelenkkopf auf. Umgeben wird das Hüftgelenk durch zahlreiche Bänder und eine kräftige Gelenkkapsel. Das Hüftgelenk ist für die Stabilität und die Mobilität des menschlichen Körpers von entscheidender Bedeutung und es müssen verschiedene Voraussetzungen für eine normale Mobilität gegeben sein. Eine wichtige Voraussetzung ist, dass das Hüftgelenk anatomisch regelrecht angelegt ist, d. h., dass alle Knochen normal aus-

geformt sind und die Gelenkbildung richtig stattgefunden hat. Dies kann bereits kurz nach der Geburt mittels Ultraschall untersucht werden. So kann man bei Säuglingen ohne großen Aufwand eine sog. Hüftdysplasie feststellen und schnell behandeln. Die Hüftdysplasie ist jedoch nicht das einzige Problem, das auftreten kann. Für den Bewegungsablauf ist eine gewisse Mechanik im Hüftgelenk notwendig. Voraussetzung hierfür ist, dass die Winkel der Hüftpfanne korrekt angelegt sind und die Achse des Femurs stimmt. Diese Probleme können bereits bei Geburt oder nach orthopädischen Eingriffen bzw. nach konservativ verheilten Traumata auftreten.

Das Hüftgelenk ist für die Stabilität und die Mobilität des menschlichen Körpers von entscheidender Bedeutung.

Pfannenanteversion

Die Anteversion der Hüftpfanne bezeichnet die Lage der Öffnung der Pfanne im Beckenknochen. Dies gilt auch nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese. In diesem Fall kann mit der CT eine eventuelle Fehlrotation der eingebauten Pfanne erkannt werden. Hinweise auf eine pathologische Pfannenversion liefert bereits das konventionelle Röntgenbild. Hier können verschiedene Parameter zur Bestimmung des Pfannenwinkels herangezogen werden. Genauere Messungen liefert allerdings die CT.

Im Folgenden wird ein von Anda und Mitarbeitern entwickeltes Verfahren zur Bestimmung der Pfannenanteversion beschrieben. Für die Messung werden axiale CT-Schnitte ohne Gantrykipung auf Höhe der Hüftköpfe angefertigt.

Die Anteversion der Hüftpfanne bezeichnet die Lage der Öffnung der Pfanne im Beckenknochen.

Lagerung

Der Patient wird nach einem Aufklärungsgespräch und einer Indikationsprüfung ohne Oberbekleidung im Untersuchungsbereich mit dem Kopf voran auf dem Bauch gelagert. Folgende Punkte sind bei der Lagerung zu beachten:

- ▶ Die Füße liegen parallel
- ▶ Die Füße stehen leicht innenrotiert
- ▶ Die Patella liegt mittelständig
- ▶ Das Becken muss gerade gelagert werden, damit die Hüftköpfe auf einer Höhe liegen

Tip: Die Füße kann man zur Unterstützung distanziert zusammenbinden, um die entsprechende Stabilität zu erreichen.

Einzustellende Untersuchungsparameter:

- ▶ Röhrenspannung: 120 kV
- ▶ Röhrenstrom (eff.): 80 mAs (es wird empfohlen, die automatische Röhrenstrommodulation [Care Dose] zu verwenden)
- ▶ Scanrichtung: kraniokaudal
- ▶ Topogramm: über den Beckenbereich
- ▶ Scan: Spirale
- ▶ Schichtdicke: 3 mm
- ▶ Inkrement: 3 mm
- ▶ Scanbeginn der Spirale 1 cm oberhalb der Hüftpfanne bis 10 cm unterhalb des Trochanter minor
- ▶ Rekon Auftrag:
 - ▶ Schichtdicke: 3 mm
 - ▶ Kernel: B 50
 - ▶ Fenster: Knochen
- ▶ Schnittführung: axial

Auswertung

Anschließend wird anhand der akquirierten axialen CT-Schnitte ausgewertet. Die Messung erfolgt auf einer durch die beiden Hüftkopfmittelpunkte verlaufenden axialen Schicht. Die Hüftkopfmittelpunkte (M) können ausgemessen oder mittels Schablone festgelegt werden. Sie werden durch eine Gerade verbunden (☉ Abb. 1). Nun wird eine Senkrechte (S) zu der Geraden (G) festgelegt, die durch den hinteren Rand des Azetabulums (P) verläuft (☉ Abb. 2). Der Winkel zwischen der Senkrechten (S) und einer Geraden (G2), die durch den vorderen (A) und hinteren (P) Pfannenrand verläuft, entspricht der azetabulären Anteversion (☉ Abb. 3).

Die pathologische Pfannenanteversion kann, oft in Kombination mit einer abweichenden Rotation des Oberschenkelhalses, je nach Ausmaß zu Schmerzen und zu einer Arthrose im Hüftgelenk führen.

Nach erfolgter Implantation einer Hüfttotalendoprothese ist vor allem der Seitenvergleich sehr wichtig.

Normale Pfannenanteversion

nach Anda:

- ▶ Männer $18,5^\circ \pm 4,5^\circ$
- ▶ Frauen $21,5^\circ \pm 5^\circ$

nach Tönnis und Heinecke:

- ▶ 15–20°

Femurtorsion

Der Femur (Oberschenkelknochen) ist der längste und stärkste Röhrenknochen des menschlichen Körpers. Er besteht aus einem kugeligen Kopf (Kaput), einem Hals (Kollum) und einem kräftigen Schaft, der mit dem Trochantermassiv proximal beginnt und als Teil des Kniegelenks mit den Gelenkknollen (Kondylen) endet. Natürlicherweise liegt der Femurachse eine gewisse Torsion zwischen dem Femurhals und den Femurkondylen zugrunde. Dieser sog. Antetorsionswinkel (AT-Winkel) zeigt die Drehung (Torsion) des Oberschenkelhals gegenüber den Femurkondylen an und ist in der Regel positiv, d.h., der distale Femuranteil ist gegenüber dem proximalen nach innen gedreht. Die Femurantetorsion nimmt natürlicherweise mit dem Wachstumsalter ab. Der AT-Winkel kann einfach anhand von CT-Schnitten bestimmt werden und hilft in der Beurteilung von Beschwerden im Hüftgelenk. Der AT-Winkel wird mittels axialen CT-Schnitten ohne Gantrykippung gemessen. Die Schnittbilder werden über dem proximalen und distalen Femur auf Gelenkhöhe angefertigt.

Der Femurachse liegt generell eine gewisse Torsion zwischen dem Femurhals und den Femurkondylen zugrunde.

Lagerung

Der Patient wird nach einem Aufklärungsgespräch und einer Indikationsprüfung ohne Oberbekleidung im Becken-Bein-Bereich mit den Füßen voran auf dem Rücken gelagert. Folgende Punkte sind bei der Lagerung zu beachten:

- ▶ Die Füße liegen parallel
- ▶ Die Füße stehen leicht innenrotiert
- ▶ Die Patella liegt mittelständig
- ▶ Das Becken muss gerade gelagert werden, damit die Femurköpfe parallel zueinander liegen

Tipp: Die Füße kann man zur Unterstützung distanziert zusammenbinden, um die entsprechende Stabilität zu erreichen.

Einstellende Untersuchungsparameter:

- ▶ Röhrenspannung: 120 kV
- ▶ Röhrenstrom (eff.): 80 mAs (es wird empfohlen, die automatische Röhrenstrommodulation [Care Dose] zu verwenden)
- ▶ Scanrichtung: kaudokranial
- ▶ Topogramm über den gesamten Oberschenkel bis einschließlich der Kniegelenke
- ▶ Scan: Spirale
- ▶ Schichtdicke: 3 mm
- ▶ Inkrement: 3 mm

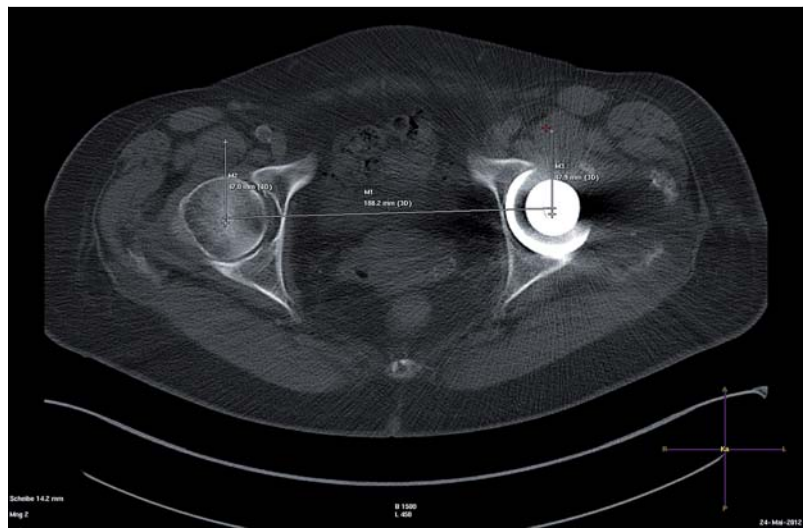


Abb. 1 Hilfslinien im Becken auf Höhe der Femurköpfe.



Abb. 2 Natürliche Pfannenanteversion.



Abb. 3 Pfannenanteversion nach Implantation einer Hüftendoprothese.

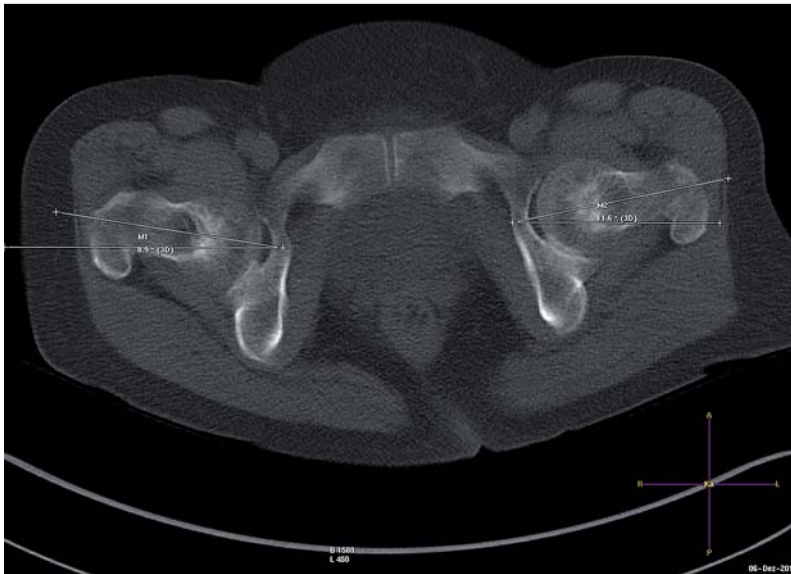


Abb. 4 Antetorsion des Femurs gemessen auf Schenkelhalsebene.

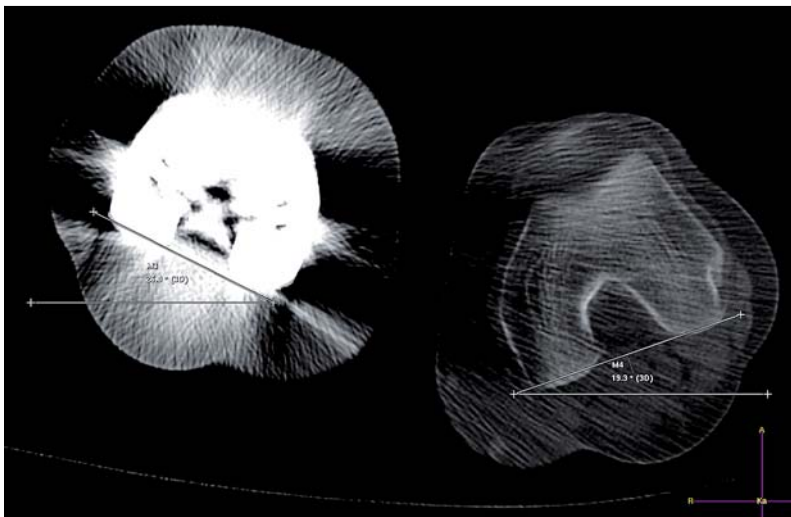


Abb. 5 Antetorsion des Femurs gemessen auf Femurkondylenhöhe.

Hintergrundwissen: Femurtorsionsanomalie

Die Gründe für eine Torsionsanomalie sind meist eine angeborene Fehlrotation oder eine Fehlrotation nach Traumata mit konservativer oder chirurgischer Heilung. Es gibt deutliche interindividuelle Unterschiede in der Femurtorsion. Das Vorliegen einer Torsionsanomalie allein muss noch keine Auswirkung auf die Mechanik im Hüftgelenk haben, oft führt die Kombination z. B. mit einer verminderten Pfannenanteversion jedoch zu Schmerzen und Arthrose. Falls nach osteosynthetischer Versorgung einer Oberschenkelfraktur eine Torsionsanomalie vorliegen sollte, muss diese je nach Ausmaß operativ revidiert werden.

- ▶ Scanbeginn der Spirale 1 cm oberhalb der Hüftpfanne bis zum Trochanter minor und Scanbeginn oberhalb der Femurkondylen bis unterhalb des Kniegelenkspalts
- ▶ Rekon Auftrag:
 - ▶ Schichtdicke: 3 mm
 - ▶ Kernel: B 50
 - ▶ Fenster: Knochen
- ▶ Schnittführung: axial

Auswertung

Anschließend wird anhand der akquirierten axialen CT-Schnitte ausgewertet. Der AT-Winkel wird zwischen der Schenkelhalsachse und einer an die Hinterkante der Femurkondylen angelegten Tangente gemessen. Die Tangente an der Hinterkante der Femurkondylen wird auf einer Schicht eingezeichnet, auf der die Kondylen im größten Durchmesser zur Darstellung kommen (☉ Abb. 4).

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Femurachse einzuzeichnen (☉ Abb. 5). Erfahrungsgemäß ist es schwierig, jeweils nur eine Schicht von wenigen Millimetern Breite für die Messung heranzuziehen. Es hat sich bewährt, mittels multiplanarer oder virtueller Rekonstruktionstechnik ein Summationsbild anzufertigen, das die eigentlichen anatomischen Verhältnisse genauer wiedergibt.

Um die Auswertung zu vereinfachen, können die Winkel, die am proximalen und distalen Femur bestimmt werden, zunächst gegen eine Horizontale ausgemessen werden und dann entsprechend subtrahiert oder addiert werden. Wenn die Winkel zur Horizontalen das gleiche Vorzeichen tragen, werden sie subtrahiert, tragen sie unterschiedliche Vorzeichen werden sie addiert.

Der Normwert für den AT-Winkel der Schenkelhalsachse beträgt 15–20°. Dieser Normbereich konnte durch eine Studie von Tönnes und Heinicke im Jahr 1999 bestätigt werden. Sie untersuchten 171 Patienten im Alter zwischen 7 und 71 Jahren mittels CT. Die Gruppe von Patienten, deren AT-Winkel im Normbereich lag, gab geringe bis gar keine Beschwerden an. Es wurde ein Scoring-System entwickelt, das verschiedene Faktoren der Anatomie des Hüftgelenks berücksichtigt und so konnten die Patienten nach Schweregrad kategorisiert und eventuell entsprechend orthopädisch versorgt werden.

Der Normwert für den AT-Winkel der Schenkelhalsachse beträgt 15–20°.

Kniegelenk und dessen endoprothetische Versorgung

Das Kniegelenk verbindet den Oberschenkel mit dem Unterschenkel. Der gelenkbildende Teil des Oberschenkels besteht aus den Femurkondylen, der gelenkbildende Teil des Unterschenkels besteht aus dem Tibiakopf, der ebenfalls aus den Tibiakondylen gebildet wird. In Höhe des Kniegelenks liegt ein annähernd dreieckiger Knochen, die Kniescheibe (Patella). Die Rückseite ist überknorpelt und gehört ebenfalls zum Gelenkkomplex. Die Patella liegt innerhalb der Sehne des großen vorderen Oberschenkelmuskels (M. quadriceps femoris) und ist je nach Beugung oder Streckung des Kniegelenks beweglich.

Wie bei jedem Gelenk kann – insbesondere durch die starke mechanische Belastung im Kniegelenk – eine Degeneration entstehen, die bei besonders starkem Verschleiß des Gelenkknorpels zu einer Arthrose führt. Alle Faktoren, die die Entstehung einer Arthrose begünstigen, sind noch nicht ausreichend bekannt, die mechanische Belastung spielt hierbei jedoch eine große Rolle. In den letzten Jahrzehnten konnte den betroffenen Patienten mit entsprechenden klinischen Beschwerden geholfen werden, indem das Kniegelenk durch eine Endoprothese ersetzt wurde. In den meisten Fällen wird eine Totalendoprothese eingesetzt, die die gesamte gelenkbildende Fläche des Femurs und der Tibia ersetzt (► Abb. 6a u. b). Wahlweise kann auch die Patellarückfläche ersetzt werden.

In den meisten Fällen sind die Patienten oft nach softwaregestützter und navigierter Implantation der Kniegelenkendoprothese beschwerdefrei. Es gibt allerdings wenige Ausnahmen (ca. 5%), bei denen dies nicht der Fall ist. Hier muss im Verlauf nach Ursachen geforscht werden. Es gibt mehrere Gründe für eine nicht funktionierende Mechanik im neuen Kniegelenk. Eine dieser Ursachen kann in einer Fehlrotation der femoralen Prothesenkomponente liegen.

Es kann zu folgenden Problemen kommen:

- ▶ mangelhaftes Gleiten der Patella
- ▶ asymmetrischer Kontakt zwischen Patella und Femur
- ▶ inkorrekte Varus-Valgus-Position in der Beugung
- ▶ inkorrekte Rotationsausrichtung der Tibia in der Streckung
- ▶ Flexionsinstabilität

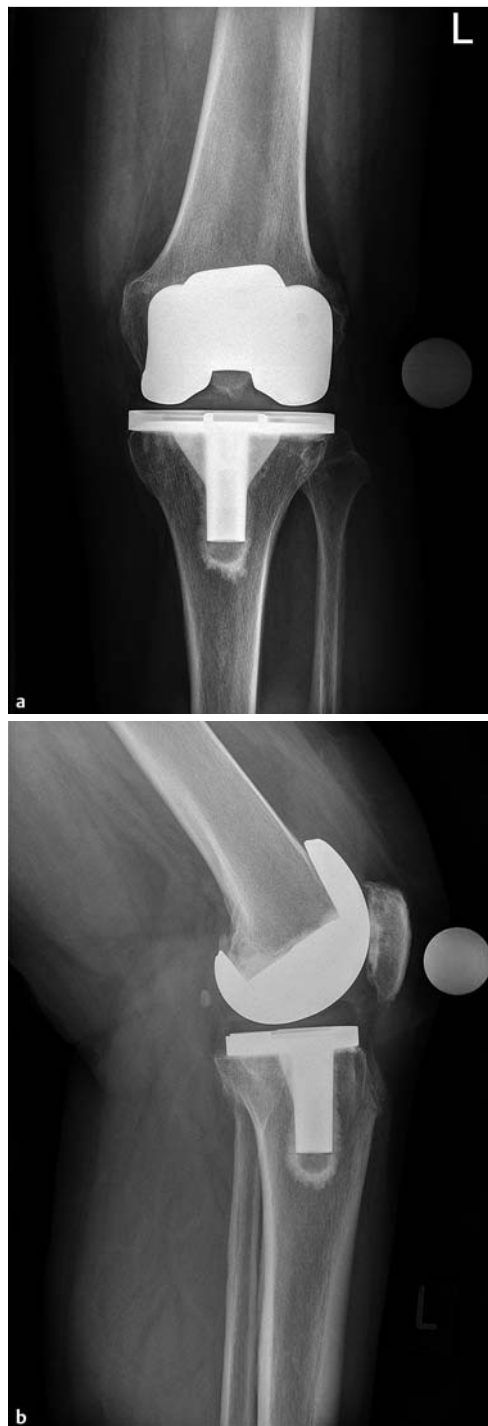


Abb. 6 a, b Totalendoprothese des Kniegelenks, konventionelle Röntgenaufnahme a.-p. und lateral.

a Aufnahme des Kniegelenks a.-p.

b Aufnahme des Kniegelenks lateral.

Im Rahmen dieser Diagnostik kommt wiederum die CT zum Einsatz. Die Prothesenrotation wird auf axialen CT-Schnitten ohne Gantrykipung bestimmt. Der Scanbeginn liegt oberhalb der Femurkondylen und erfasst die komplette Prothese. Das Scanende muss unterhalb der tibialen Prothesenkomponente liegen. Dies ist auf dem Topogramm gut zu sehen.

Eine Kniegelenkarthrose kann aufgrund einer starken mechanischen Belastung entstehen.

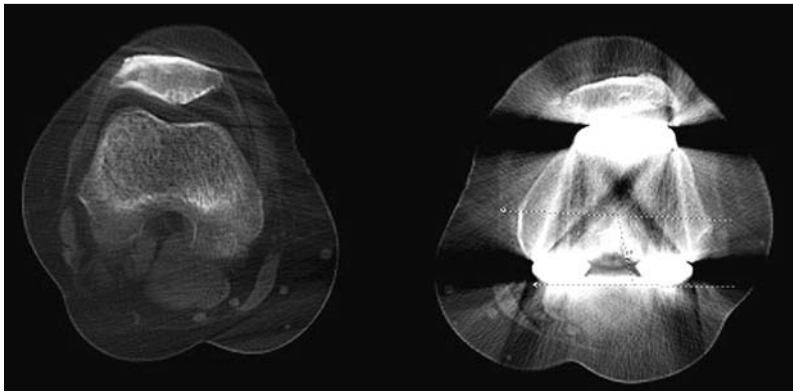
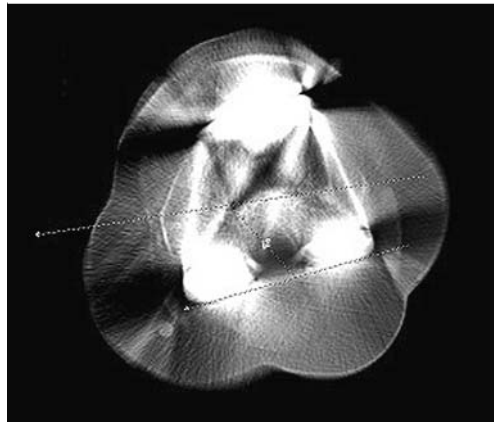


Abb. 7 Einbau einer Kniegelenkttotalendoprothese mit Fehlrotation der femoralen Komponente.

Abb. 8 Regelrecht eingebaute Kniegelenkttotalendoprothese.



Lagerung

Der Patient wird nach einem Aufklärungsgespräch und einer Indikationsprüfung ohne Oberbekleidung mit den Füßen voran auf dem Rücken gelagert. Folgende Punkte sind bei der Lagerung zu beachten:

- ▶ Die Füße liegen parallel
- ▶ Die Füße stehen leicht innenrotiert
- ▶ Die Patella liegt mittelständig
- ▶ Das Becken muss gerade gelagert werden, damit die Femurköpfe parallel zueinander liegen

Tipp: Die Füße kann man zur Unterstützung distanziert zusammenbinden, um die entsprechende Stabilität zu erreichen.

Einzustellende Untersuchungsparameter:

- ▶ axiale Schnittführung
- ▶ Röhrenspannung: 120 kV
- ▶ Röhrenstrom (eff.): 100 mAs (es wird empfohlen, die automatische Röhrenstrommodulation [Care Dose] zu verwenden)
- ▶ Scanrichtung: kaudokranial
- ▶ Topogramm über gesamten Prothesenbereich planen (Nativ-Röntgenbild):
 - ▶ Scan: Spirale
 - ▶ Schichtdicke 1,5 mm
 - ▶ Inkrement 1,3 mm

- ▶ Scanbeginn und Scanende je nach Fragestellung bzw. Nativ-Röntgenbild
- ▶ Rekon Auftrag:
 - ▶ Schichtdicke: 3 mm; Kernel: B 30; Fenster: Knochen
 - ▶ Schichtdicke: 1,5 mm; Kernel B 30; Fenster: Knochen
 - ▶ Schichtdicke 1,5 mm; Kernel B 70; Fenster: Knochen

Auswertung

Anschließend wird anhand der akquirierten axialen CT-Schnitte ausgewertet. Wie schon bei der Torsionsbestimmung der Femurachse ist es ratsam nicht mit einzelnen Schichten zu arbeiten, sondern ein Summationsbild anzufertigen, welches die anatomischen Gegebenheiten besser wiedergibt. Nun wird im Summationsbild eine Tangente zur Femurkondylenhinterkante gelegt und eine Gerade transepikondylär eingezeichnet (☉ **Abb. 7**). Mittels offener Winkelbestimmung kann die Lage der femoralen Prothesenkomponente beurteilt werden (☉ **Abb. 8**). Falls tatsächlich eine Fehlrotation der Prothese vorliegen sollte, ist der orthopädische Chirurg gefragt und eventuell muss eine Revision der Prothese erfolgen.

Die Prothesenrotation wird am Besten mithilfe eines Summationsbilds bestimmt.

Achsbestimmung nach osteosynthetischer Versorgung von Unterschenkelfrakturen

Im Unterschenkelbereich besteht das Skelett aus dem Schienbein (Tibia) und dem Wadenbein (Fibula). Die Tibia liegt auf der Innenseite des Beins, die Fibula auf der Außenseite. Im Gegensatz zum Unterarm, bei dem beide Knochen (Radius und Ulna) als gleichwertig angesehen werden können, dominiert im Unterschenkel eindeutig die Tibia. Die wesentlich dünnere Fibula ist nur im oberen Sprunggelenk von entscheidender Bedeutung. Die Tibia hingegen übernimmt die volle Tragefunktion des Körpers, indem sie einen Teil des Körpergewichts vom Kniegelenk auf das obere Sprunggelenk überträgt. Der am Kniegelenk beteiligte proximale Anteil der Tibia wird durch die Kondylen gebildet. Der Röhrenknochen wird als Tibiaschaft bezeichnet. Dieser endet mit Pilon tibiale und dem Malleolus medialis, der den inneren Anteil der Malleolengabel des oberen Sprunggelenks bildet. Die Incisura fibularis ist eine Ausbuchtung, die den entsprechenden Teil der Fibula aufnimmt.

Wie schon der Oberschenkelknochen hat auch der Unterschenkel eine gewisse Drehung (Torsion) zwischen Kniegelenk und Sprunggelenk. Diese Drehung kann man anhand der Tibiatorsion bestimmen. Im klinischen Alltag stellt sich die Frage der Tibiatorsion in der Regel nach orthopädischen oder unfallchirurgischen Eingriffen, wenn eine Fraktur zum Beispiel osteosynthetisch mit einem Marknagel versorgt werden musste.

Die Beurteilung anhand des konventionellen Röntgenbilds ist oft schwierig bis unmöglich, es sei denn, es liegt ein gravierender Rotationsfehler vor. Auch in diesem Fall kann die CT entscheidend weiterhelfen.

Die Achsrotation wird mittels axialen CT-Schnitten ohne Gantrykipfung gemessen. Es werden Schnitte der proximalen und distalen Tibia auf Höhe des Knie- und des Sprunggelenks angefertigt.

Der Unterschenkel besitzt analog dem Oberschenkelknochen eine Torsion zwischen Kniegelenk und Sprunggelenk.

Lagerung

Der Patient wird nach einem Aufklärungsgespräch und einer Indikationsprüfung ohne Oberbekleidung und ggf. Gips- und Lagerungsschienen mit den Füßen voran auf dem Rücken gelagert. Folgende Punkte sind bei der Lagerung zu beachten:

- ▶ Die Füße liegen parallel
- ▶ Die Füße stehen leicht innenrotiert
- ▶ Die Patella liegt mittelständig
- ▶ Das Becken muss gerade gelagert werden, damit die Femurköpfe parallel zueinander liegen

Tipp: Die Füße kann man zur Unterstützung distanziert zusammenbinden, um die entsprechende Stabilität zu erreichen.

Einstellende Untersuchungsparameter:

- ▶ Röhrenspannung: 120 kV
- ▶ Röhrenstrom (eff.): 80 mAs (es wird empfohlen, die automatische Röhrenstrommodulation [Care Dose] zu verwenden)
- ▶ Scanrichtung: kaudokranial
- ▶ Topogramm über den gesamten Unterschenkelbereich planen
- ▶ Scan: Spirale
- ▶ Schichtdicke 1,5 mm
- ▶ Inkrement 1,3 mm
- ▶ Scanbeginn und Scanende je nach Fragestellung bzw. Nativ-Röntgenbild



Abb. 9 a, b Unterschenkel mit Marknagel, konventionelle Röntgenaufnahme a.-p. und lateral.

a Aufnahme des Unterschenkels a.-p.

b Aufnahme des Unterschenkels lateral.

- ▶ Rekon Auftrag:
 - ▶ Schichtdicke: 3 mm; Kernel: B 30; Fenster: Knochen
 - ▶ Schichtdicke: 1,5 mm; Kernel B 30; Fenster: Knochen
 - ▶ Schichtdicke: 1,5 mm; Kernel: B 70; Fenster: Knochen
- ▶ Schnittführung: axial

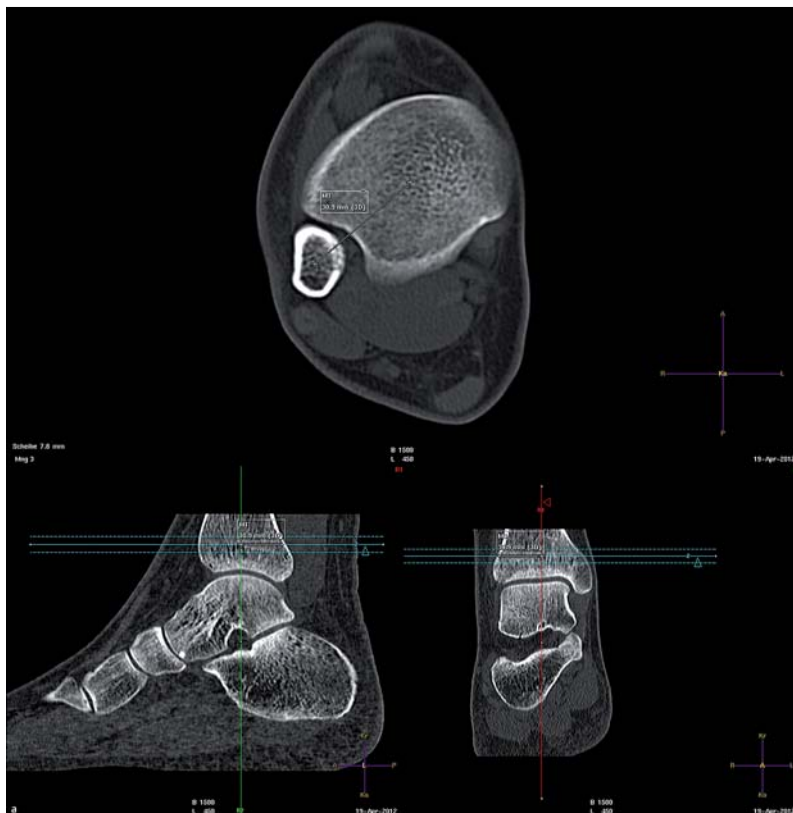
Auswertung

Anschließend wird anhand der akquirierten axialen CT-Schnitte ausgewertet. In der Literatur werden mehrere Methoden beschrieben, um die Referenzlinien festzulegen. Proximal wird eine Linie (als Tangente) an die Hinterkante der Tibiakondylen gelegt (☉ [Abb. 10](#)). Alternativ kann auch die Längsachse durch den Querschnitt des Tibiaplateaus approximativ festgelegt werden.



Abb. 10 Messpunkt für die Tibiatorsion im Bereich des Tibiakopfs.

Distal wird die Referenzlinie durch das Zentrum des Pilon tibiale und durch das Zentrum der Fibula gelegt (● **Abb. 11 a u. b**). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Achse durch den Mittelpunkt der Incisura fibularis, der Tibia und das Zentrum des Pilon tibiale zu legen.



Tibiatorsion

Mehre Studien haben sich mit der Auswertung der Tibiatorsion befasst und folgende Werte ermittelt:

- ▶ Mittelwert des Tibiatorsionswinkels: 20–30°
- ▶ Physiologischer Schwankungsbereich: –40°
- ▶ vermehrte Torsion: >40°

Torsion nach innen negativer Winkel

Die Tibiatorsion beschreibt die Verdrehung der distalen Tibia nach lateral gegenüber dem proximalen Tibiaanteil. Wenn der distale Anteil nach medial rotiert ist, wird ein negativer Winkel gemessen. Die Normwerte, die in der Literatur gefunden werden, divergieren relativ stark, da unterschiedliche Patientenkollektive mit unterschiedlichen Messmethoden untersucht wurden.

Wie schon erwähnt, werden solche Messungen im klinischen Alltag häufig nach osteosynthetischer Versorgung durchgeführt. In diesem Fall ist natürlich der Seitenvergleich von entscheidender Bedeutung für den operierenden Kollegen. Im Allgemeinen wird eine Seitendifferenz von >8° als pathologisch angegeben.



Abb. 11 a, b Messpunkte für die Tibiatorsion im Bereich des Sprunggelenks.

a Messlinie durch das Zentrum des Pilon tibiale und der Fibula.

b Unter Zuhilfenahme der Incisura fibularis.

Literatur

- 1 Anda S, Terjesen T, Kvistad KA. Computed tomography measurements of the acetabulum in adult dysplastic hips: which level is appropriate. *Skeletal Radiol* 1991; 20: 267–271
- 2 Budin E, Chandler E. Measurement of femoral neck anteversion by direct method. *Radiology* 1957; 69: 209–213
- 3 Clementz BG. Tibial torsion measured in normal adults. *Acta Orthop Scand* 1988; 59: 441–442
- 4 Jakob RP, Haertel M, Stussi E. Tibial torsion calculated by computed tomography and compared to other methods of measurement. *J Bone Joint Surg* 1980; 62-B: 238–242
- 5 Jend HH. Computed tomographic determination of the anteversion angle. Premises and possibilities *RöFo* 1986; 144: 447–452
- 6 Jend HH, Heller M, Dallek M et al. Measurement of tibial torsion by computer tomography. *Acta Radiol Diagn (Stockh)* 1981; 22: 271–276
- 7 Keats TE. Atlas of radiologic measurement. St. Louis: Mosby; 2001
- 8 Schneider B, Laubenberger J, Jemlich S et al. Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 1997; 70: 575–579
- 9 Strecker W, Keppler P, Gebhard F et al. Length and torsion of the lower limb. *J Bone Joint Surg* 1997; 79: 1019–1023
- 10 Tönnisen D, Heinecke A. Antetorsion und Anteversion als pathologische Faktoren. In: Tschauner C. Hüfte und Becken. Stuttgart: Thieme; 2003

Abstract

Because of the increasing use of computed tomography in orthopedic diagnostics, measurement of rotation and axis could be improved and replaces the measurement in plain X-ray pictures. The new technique of measuring in many cases gives more accurate data and better prospects for analysis. The following article shows the use of computed tomography to answer the most common questions and shows the uncomplicated procedure using text and figures.

Kernaussagen

- ▶ Bei gering gewähltem Röhrenstrom (80 mAs) ist bereits eine gute Bildqualität möglich.
- ▶ Eine dosisarme Untersuchung mit niedrigen Röhrenstrom- und Spannungswerten (mAs und kV) ist zur Darstellung von knöchernen Strukturen völlig ausreichend.
- ▶ Eine möglichst genaue Lagerung des Patienten während der Untersuchung ist für die CT-Auswertung maßgeblich.
- ▶ Die CT-Messverfahren ersetzen die Messung im konventionellen Bild.
- ▶ Die Messungen sind einfach und ohne viel Vorwissen an allen Geräten durchführbar.

Über die Autorinnen**Dr. med. Kristina Werking**

Jahrgang 1977. 1997–2004 Studium der Humanmedizin an der Gutenberg Universität Mainz. Seit 2004 im Katholischen Klinikum Mainz. Fachärztin für Radiologie. Oberärztin in der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin des Katholischen Klinikums Mainz.

**Nicole Böhme**

Jahrgang 1983. 2001–2004 Besuch der Staatlichen Lehranstalt für med.-techn. Radiologieassistenten Mainz, Abschluss Staatsexamen. Seit 2004 Angestellte im Katholischen Klinikum Mainz (KKM). 2007 Weiterbildung zur Fachkraft für Mammadiagnostik. Seit April 2012 stellvertretende Leitung MTRA im Katholischen Klinikum Mainz. Seit Oktober 2012 Qualitätsbeauftragte.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Kristina Werking
Katholisches Klinikum Mainz
Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin
An der Goldgrube 11
55131 Mainz
Deutschland
E-Mail: k-werking@kkmainz.de
E-Mail: n-boehme@kkmainz.de

**Radiobonus**

Wir verlosen 3 Exemplare des Bandes „Bewegungsapparat“ aus der Pareto-Reihe Radiologie. Sie können eines davon gewinnen, wenn Sie die CRTE-Fragen zu diesem Artikel bis zum 31. Oktober 2013 beantworten.



CRTE-Fragen Einsatz der Computertomografie in orthopädischen Messverfahren

1 Warum löst die CT das konventionelle Röntgen zur Bestimmung von Achsen und für Rotationsmessungen zunehmend ab?

- A. aus Strahlenschutzgründen
- B. Die CT ist die kostengünstigere Variante
- C. In den meisten Fällen bietet es exaktere Daten und bessere Möglichkeiten der Auswertung
- D. Da es für den Patienten eine angenehmere Untersuchungsmethode darstellt
- E. Die CT ist hierfür ein schnelleres Verfahren in der Radiologie

2 Welcher Röhrenstrom (mAs) am CT ist bereits ausreichend für eine gute Bildqualität zur Auswertung der knöchernen Strukturen?

- A. 10 mAs
- B. 40 mAs
- C. 80 mAs
- D. 120 mAs
- E. 350 mAs

3 Warum sollte auf eine exakte Lagerung des Patienten bei der CT-Untersuchung geachtet werden?

- A. damit der Patient während der Untersuchung bequem gelagert ist
- B. da die Untersuchungsparameter dies so vorschreiben
- C. um Bewegungsartefakte zu vermeiden
- D. hierdurch wird das Bildrauschen reduziert
- E. Die Lagerung ist für die CT-Auswertung von entscheidender Bedeutung

4 Die Anteversion der Hüftpfanne bezeichnet die Lage der

- A. Öffnung der Pfanne im Femur
- B. Öffnung der Pfanne im Sakrum
- C. Öffnung der Pfanne im kleinen Becken
- D. Öffnung der Pfanne im Beckenknochen
- E. Öffnung der Pfanne im großen Becken

5 Der Antetorsionswinkel zeigt

- A. die natürliche Drehung des Hüftkopfs gegenüber dem Oberschenkelhals an
- B. die natürliche Drehung der Femurkondylen gegenüber dem Tibiakopf an
- C. die natürliche Drehung des Oberschenkelhalses gegenüber den Femurkondylen an
- D. die Drehung des Hüftgelenks bei Innenrotation des Kniegelenks
- E. die Stellung des Talus in der Malleolengabel

6 Die Tibiatorsion wird gemessen

- A. bei Verdacht auf Fehlrotation nach osteosynthetischer Versorgung einer Unterschenkelfraktur
- B. bei Verdacht auf Fehlrotation der Unterschenkel beim sog. X-Bein
- C. bei Verdacht auf Fehlrotation nach konventionell behandelten Sprunggelenkfrakturen
- D. bei Verdacht auf Fehlrotation nach osteosynthetisch behandelten Sprunggelenkfrakturen
- E. bei Verdacht auf Fehleinbau einer Knieprothese

7 Welches Hilfsmittel kann man anwenden, um die Messlinien anzulegen?

- A. Anfertigung eines Summationsbilds
- B. Gantrykipfung
- C. Nachrechnen von Weichteilbildern
- D. Änderung des Kernel 60 auf 20
- E. möglichst kleine Schichtdicke

8 Welche Probleme können bei Fehleinbau einer Kniegelenktotalendoprothese auftreten?

- A. Flexionsinstabilität
- B. Extensionsinstabilität
- C. Riss des Innenmeniskus
- D. Instabilität der Kreuzbänder
- E. Arthrose im Kniegelenk der Gegenseite

9 Welche Aussage trifft nicht zu? Orthopädische Messverfahren mit Einsatz der CT eignen sich

- A. zur Bestimmung der Torsion des Femurs
- B. zur Beurteilung der Lage einer Kniegelenktotalendoprothese
- C. zur Bestimmung der Rotation nach Marknagelung des Unterschenkels
- D. zur Beurteilung anlagebedingter Rotationsanomalien
- E. zur Bestimmung des Arthroseausmaßes im Kniegelenk

10 Wie kann die Lage der femoralen Prothesenkomponente beurteilt werden?

- A. mittels offener Winkelbestimmung
- B. mittels Ausmaß der Prothese
- C. mittels geschlossener Winkelbestimmung
- D. mittels der Rotationsbestimmung
- E. mittels Prothesen-Vergleichsmessung