

2 Material und Methoden

2.1 Präparate

Die Messungen wurden an 27 humanen, in einem Alkohol-Formalin-Glycerin-Phenol-Gemisch konservierten Leichenfemurpaaren durchgeführt. Die Knochen wurden zufällig ausgewählt und vom Weichteilmantel befreit. Keiner der Femora wies Veränderungen auf, die auf stattgehabte Frakturen hinwiesen. Das durchschnittliche Alter der Spender betrug 75,5 Jahre, bei einer Streuung von 51 bis 99 Jahren.

2.2 Sachmaterial

2.2.1 Femurtorsiometer

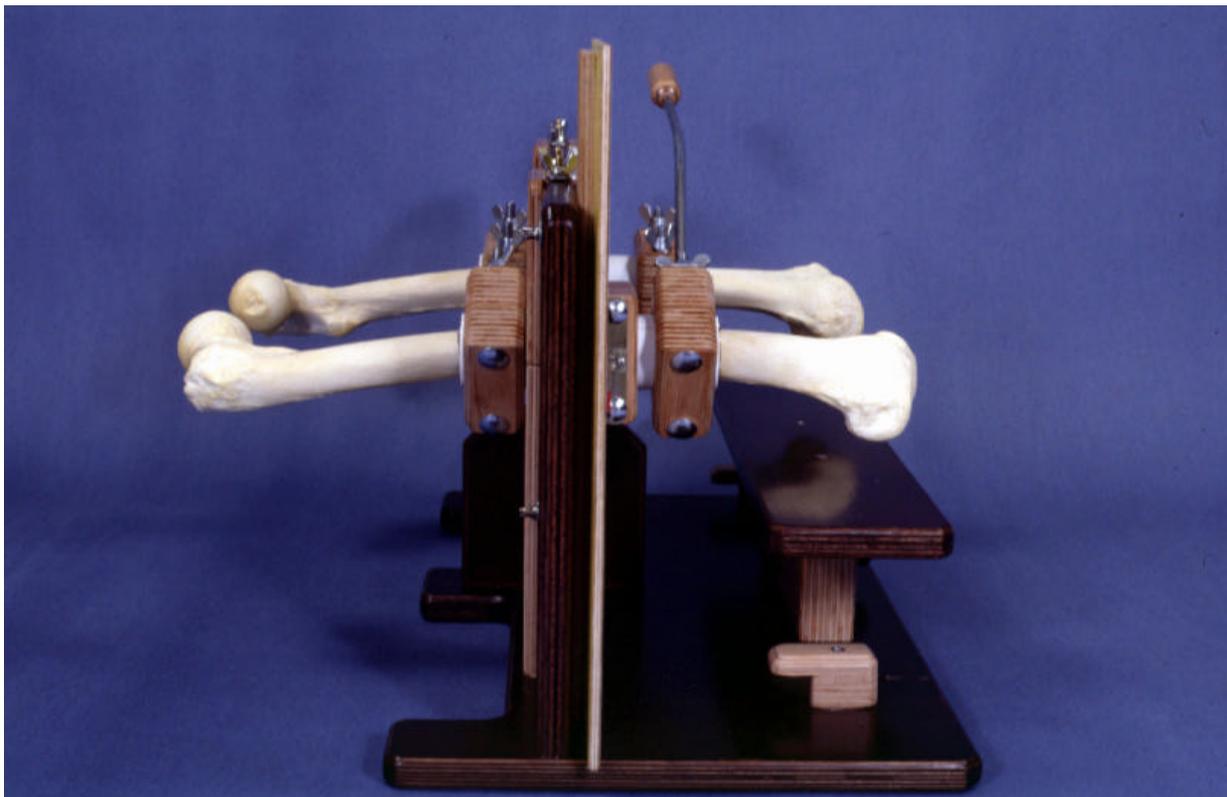


Abbildung 14: Femurtorsiometer

Bei dem Femurtorsiometer handelt es sich um eine speziell zur Überprüfung der TMM konstruierte und gebaute Meßapparatur. **(Abbildung 14)**

Die Femora konnten in Halterung A1 und A2 (**Abbildung 15**) eingespannt und dann mittels des Tisches B (**Abbildung 16**) auf der Ebene der Kondylenhinterkantentangente ausgerichtet werden. Der Knochen in Halterung A1 war um seine Längsachse drehbar gelagert und konnte mit einem Handgriff C gedreht werden. (**Abbildung 17**) Am Rotationszeiger D konnte die Drehung abgelesen werden. (**Abbildung 17**)

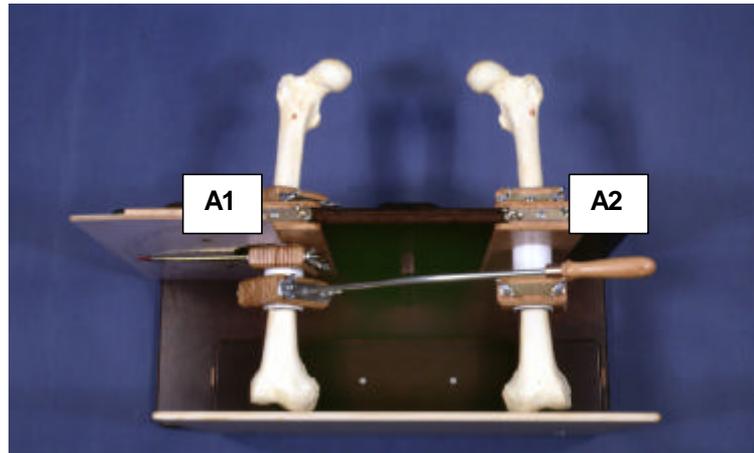


Abbildung 15: Torsiometer-Ansicht von oben

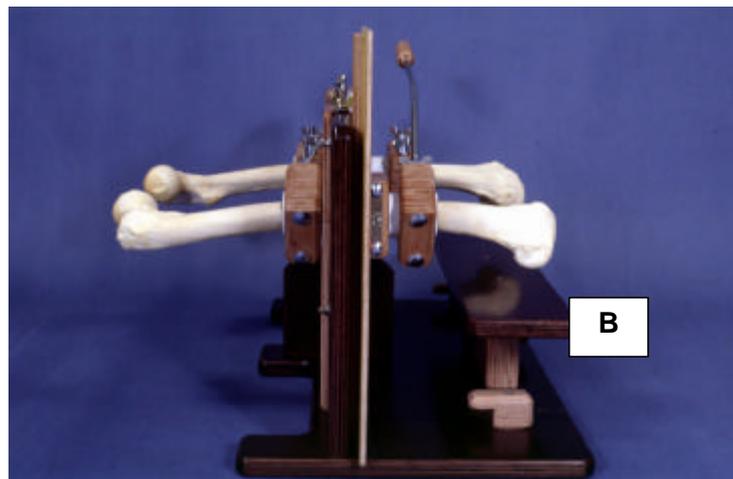


Abbildung 16: Torsiometer-seitliche Ansicht

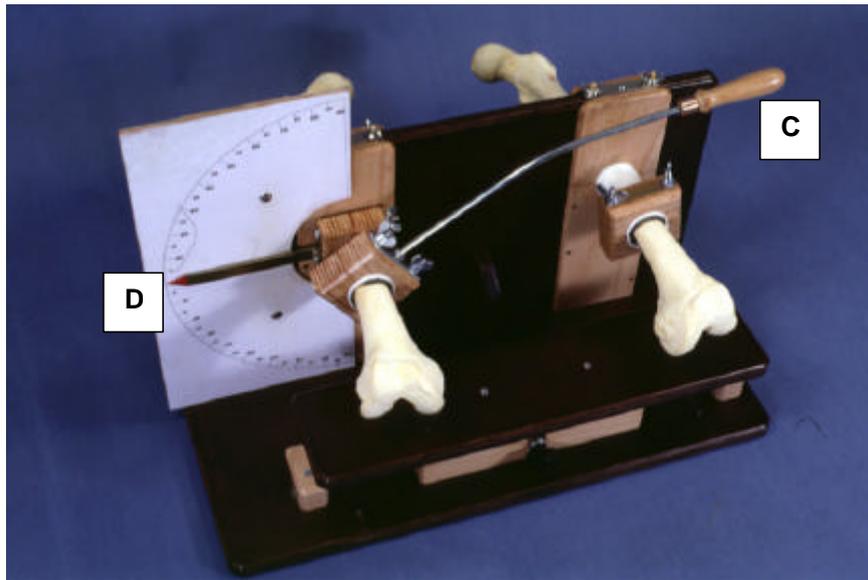


Abbildung 17: Torsiometer- Ansicht von distal

2.2.2 Röntgenbildverstärker

Der für die Messungen verwendete Röntgenbildverstärker war ein Exposcop CB7-D der Firma Ziem. Das Gerät verfügt über zwei Bildschirme, die Möglichkeit zur Bildspeicherung, Spiegelung und einen Printer.

2.2.3 Lagerungstisch

Zur Minimierung des Meßfehlers und zur Steigerung der Reproduzierbarkeit ist nach Jend und Waidelich eine exakte Parallellagerung der Beine wichtig. [12, 31] Deshalb wurde zur Erstellung der CT-Bilder ein spezieller Lagerungstisch gebaut. (**Abbildung 18**)



Abbildung 18: Lagerungstisch CT

2.2.4 Computertomograph

Der verwendete Computertomograph war ein „Somatom S4 Plus“ (Fa. Siemens) der Abteilung Diagnostische Radiologie I der Medizinischen Hochschule Hannover, Leiter Professor Dr. M. Galanski.

Auf einem Topogramm wurden Femurkopf und –hals distal des Trochanter minor und der gesamte kondyläre Anteil bis zum Schaftansatz markiert. Die markierten Teile wurden als Spiral-CT gescannt. Dabei betrug die Schichtdicke 5 mm, der Tischvorschub 8 mm und das Imageintervall 4 mm. Die Schichtdicke zeigte an, daß der gescannte Bereich 5 mm betrug. Da ein Imageintervall von 4 mm gewählt wurde, erfolgte eine Überlagerung der Schnitte an ihren Enden von 1 mm. Der Tischvorschub von 8 mm bezeichnete die Strecke für eine volle Umdrehung des Computertomographen.

2.3 Versuchsdurchführung

2.3.1 Ablauf der Untersuchungen

Die Femora wurden zunächst von 3 verschiedenen Untersuchern zweimalig im Abstand von 2 Wochen mit den CT-Methoden nach Jend und Waidelich vermessen. Im Anschluß wurden aus den ermittelten Antetorsionswinkeln die Antetorsionsdifferenzen berechnet.

Dann wurden die Oberschenkelpaare in das Femurtorsiometer eingespannt und der proximale Anteil in den p.a.-Strahlengang eines Bildverstärkers gebracht. Der sich in der drehbaren Halterung befindliche Femur wurde unter Kontrolle des Bildverstärkerbildes soweit verdreht, bis sich die Konturen des Trochanter minor seitengleich darstellten.

Auch die TMM wurde von drei verschiedenen Untersuchern im Abstand von 2 Wochen angewendet. Die mit dieser Methode gefundenen Winkel wurden ebenfalls auf Intra- und Interobservervariabilität untersucht und dann mit den Antetorsionsdifferenzen der CT-Methoden verglichen.

2.3.2 Messungen mit dem Femurtorsiometer

2.3.2.1 Probanden

Die Femora wurden von drei Untersuchern im Abstand von 2 Wochen untersucht. Der Untersucher C war dabei im Umgang mit der Beurteilung der Femora im RBV ungeübt.

2.3.2.2 Einspannen der Präparate

Zunächst wurden die Femora in die Röhren für die Halterungen A1 und A2 außerhalb des Torsiometers eingespannt. Dabei war darauf zu achten, daß beide auf gleicher Höhe fixiert wurden. Zur Erhöhung der Genauigkeit erfolgte die Ausrichtung an einem Raster. **(Abbildung 19)**

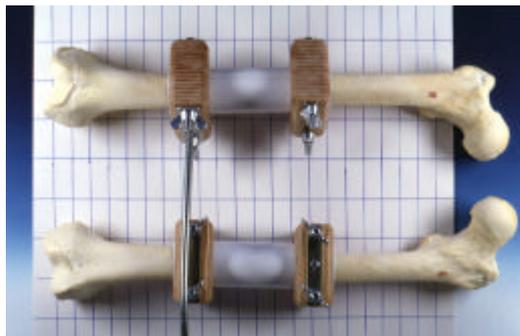


Abbildung 19: Einspannen der Femora in die Halterungen

Die Oberschenkelpaare wurden dann in ihren Halterungen in das Femurtorsiometer eingespannt, wobei die die Messung durchführende Versuchsperson keine Sichtmöglichkeiten auf die Präparate hatte. Der rechte Oberschenkel mit dem Hebelarm wurde in Halterung A1, der andere in A2 eingespannt. **(Abbildung 20)**

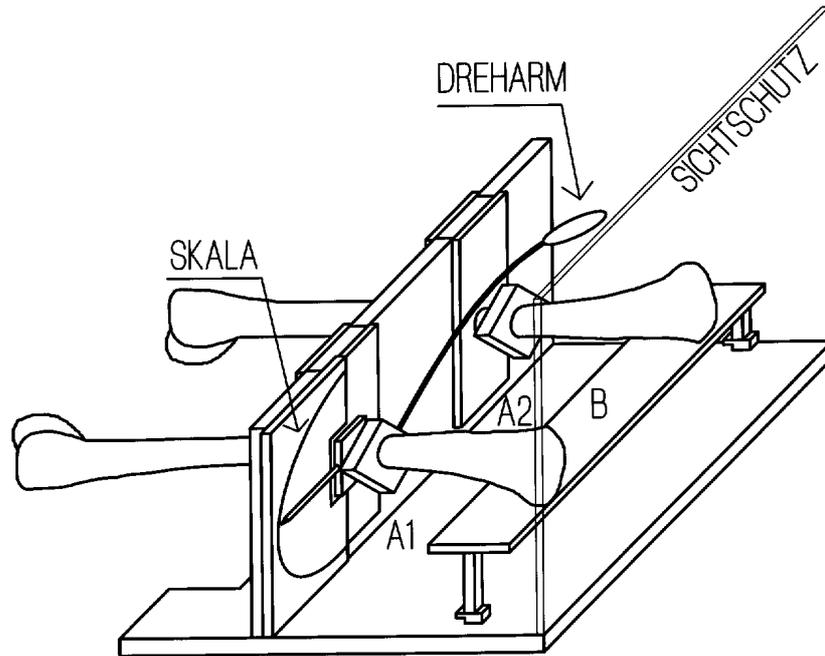


Abbildung 20: Zeichnung Torsiometer

Die Flügelschrauben wurden zunächst auf beiden Seiten nur soweit angezogen, daß beide Röhren in ihren Halterungen drehbar waren.

2.3.2.3 Kalibrierung

Unter Einsatz des höhenverstellbaren Tisches B Abbildung 19 wurden die Kondylenhinterkanten auf dieselbe Ebene gebracht und beide Röhren durch Anziehen der Flügelschrauben fest in den Halterungen fixiert. Damit war die Kondylenhinterkantentangente festgelegt. Es wurde eine möglichst parallele und dem natürlichen intraoperativem Bild nachempfundene Lagerung angestrebt. **(Abbildung 21)**

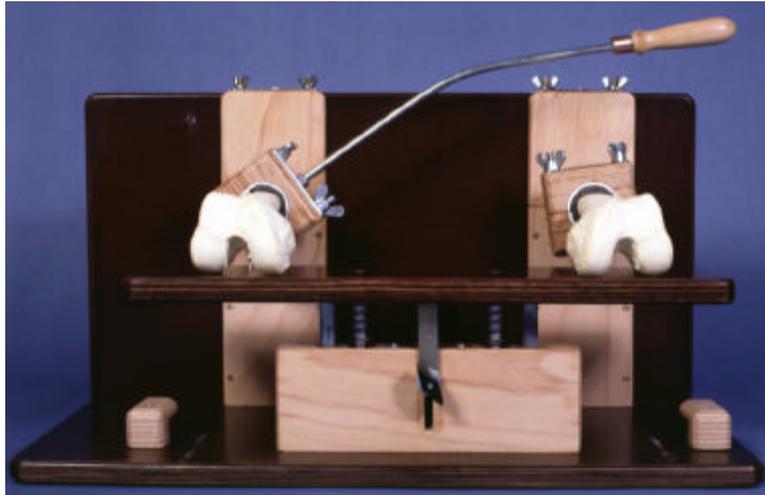


Abbildung 21: Ausrichtung der Kondylenhinterkantentangente

Jetzt wurden der Zeiger und die Skala angebracht, wobei der Zeiger auf 0° ausgerichtet und festgestellt wurde. Damit wurde die Ebene der Kondylenhinterkantentangente bei null Grad festgehalten.

Mit der Tangente wurde die distale Achse festgelegt. Dabei wurde das Prinzip der computertomographischen Messungen übernommen, die Kondylenhinterkantentangente auf den Ausdrucken zu markieren. Stimmt bei den CT-Methoden die Horizontale mit der distalen Achse überein, so wird aus der Kopf-Hals-Achse und der Tangente der ATW bestimmt. Wenn die Kondylenhinterkantentangente von der Horizontalen abweicht, wird der Winkel der Abweichung zu dem Winkel zwischen Kopf-Hals-Achse und Horizontaler addiert oder gegebenenfalls subtrahiert.

Sind die im Femurtorsiometer eingespannten Oberschenkel auf der Ebene der Tangente eingestellt, so entsprach diese Einstellung null Grad. Der Winkel der Drehung, die zur Angleichung der Konturen der Trochantera minora notwendig war, entsprach dann der ATD.

Im Anschluß an die Einstellung der Kondylenhinterkantentangente wurde der Tisch abgesenkt und die Flügelschrauben der Halterung A1 wieder gelockert, so daß die Röhre mit dem darin befindlichen rechten Oberschenkel drehbar war. **(Abbildung 22)**

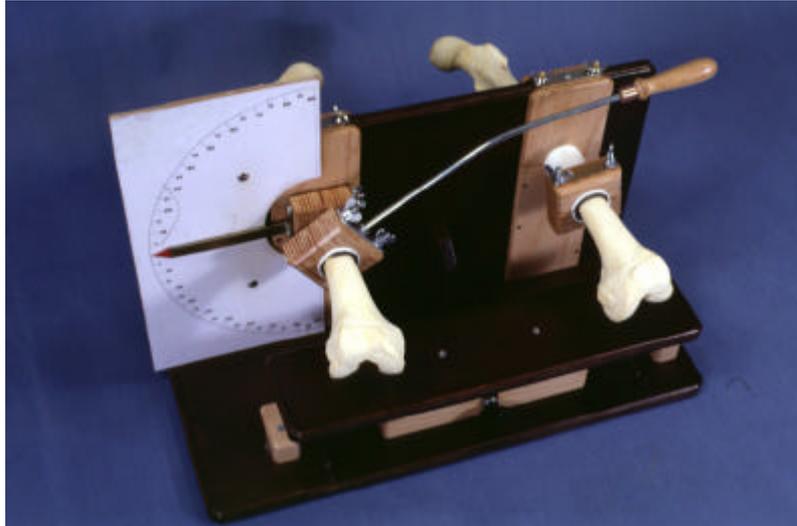


Abbildung 22: Femurtorsiometer mit Skala-Kalibrierung des Zeigers auf Null

2.3.2.4 Anbringen des Sichtschutzes

Das rechte Femur wurde nun über einen in jeweils unterschiedlicher Position angebrachten Hebel um die Längsachse randomisiert verdreht. Dieser Hebelarm war dadurch, daß der Knochen unterschiedlich in die Röhre eingespannt wurde, immer in unterschiedlicher Achse zum Knochen befestigt.

Der Untersucher konnte also nicht anhand der Stellung des Hebelarmes ausmachen, in welcher Position sich der Oberschenkel befand.

Zusätzlich wurde ein Sichtschutz montiert, um zu verhindern, daß der Untersucher die Knochen sah. **(Abbildung 23)** Erst ab diesem Punkt trat die Versuchsperson an das Meßgerät.

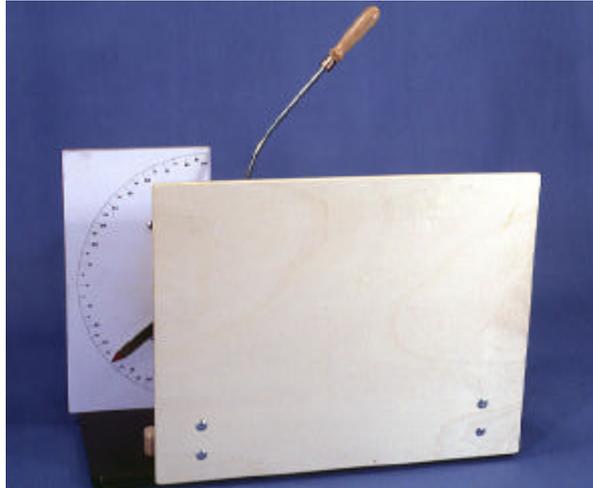


Abbildung 23: Femurtorsiometer nach Anbringung des Sichtschutzes

2.3.2.5 Messung

Zunächst wurde das proximale Ende des linken, fest in Halterung A2 fixierten Oberschenkels in den a.p.-Strahlengang eines Röntgenbildverstärkers (RBV) gebracht. Der Trochanter wurde auf dem Bildschirm abgebildet und gespeichert.

(Abbildung 24)

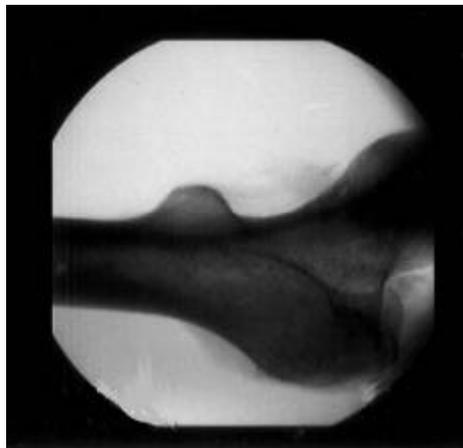


Abbildung 24: RBV-Bild linker Oberschenkel

Dann wurde der rechte Oberschenkel ebenfalls in den Strahlengang gebracht, mittels des RBV gespiegelt und unter Kontrolle von Einzelbildern mit dem gespeicherten Bild des linken Oberschenkels verglichen. **(Abbildung 25)**

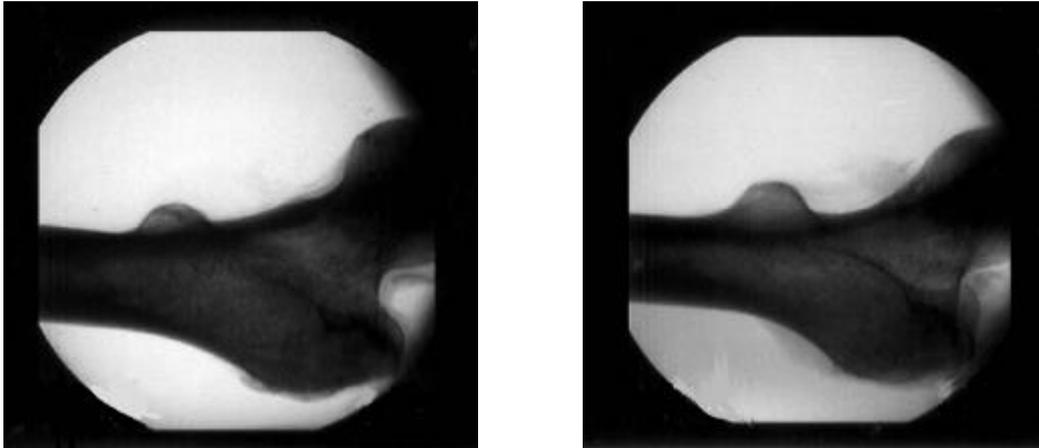


Abbildung 25: RBV- Bilder vor Konturanalyse

rechts: RBV-Bild linker Oberschenkel

links: RBV-Bild rechter Oberschenkel, gespiegelt

Er wurde manuell vom Untersucher mit dem Hebel gedreht, bis die Kontur des Trochanter minor der des unbeweglichen Kontrollfemurs (A2) nach Ansicht des Probanden glich.

(Abbildung 26)

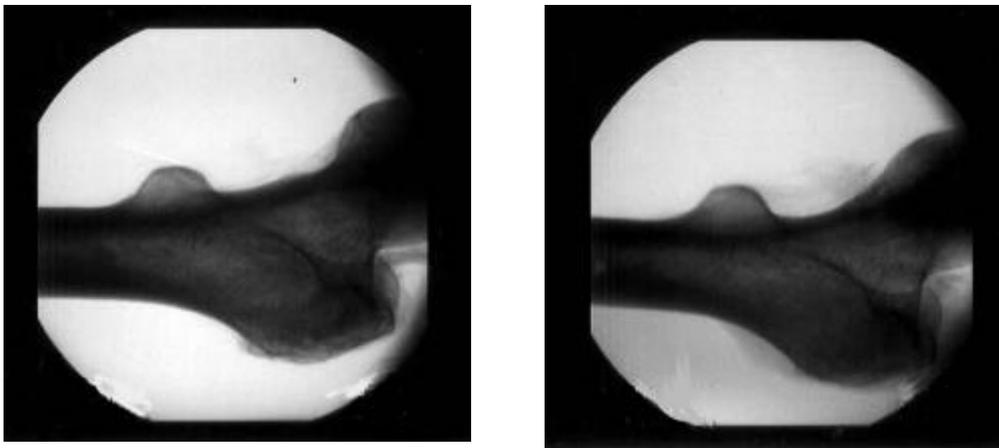


Abbildung 26: RBV- Bilder nach Konturanalyse

rechts: RBV-Bild linker Oberschenkel

links: RBV-Bild rechter Oberschenkel, gespiegelt,
korrigiert

Der Winkel der dazu notwendigen Drehung konnte an der Skala abgelesen werden und entsprach der Antetorsionsdifferenz (ATD).