

Diplomarbeit

Der PFNA – Versorgung pertrochantärer Frakturen im Hinblick auf mögliche Verletzung der Arteria femoralis profunda

eingereicht von:
Armin Klauscher
Geb.Dat.: 14.3.1984

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der
Universitätsklinik für Unfallchirurgie
und dem
Institut für Anatomie

unter der Anleitung von
Priv. Doz. Dr. Johannes Schalamon
und
Univ.-Ass. Dr. med. Helmut Wegmann

.....
Ort, Datum

.....
(Unterschrift)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Danksagungen

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Priv. Doz. Dr. Schalamon bedanken - er hat mir mit seiner Spontanität und Freundlichkeit bei der Entstehung und Fertigstellung dieser Arbeit große Hilfe geleistet. Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Grechenig der mir im Rahmen dieser Arbeit die Teilnahme am AO-Trauma Kurs für Zugangswege und Osteosynthesen ermöglicht hat.

Ein ganz besonderes Dankeschön gilt meinen Eltern und meiner Schwester, durch sie wurde mir dieses Studium erst ermöglicht und sie sind mir immer mit einer stützenden Schulter zur Seite gestanden.

Bedanken möchte ich mich auch bei meiner Freundin Lisi und meinen Freunden die ich glücklicherweise im Laufe dieses Studiums kennenlernen durfte.

„If you can dream it, you can do it“

Walt Disney (1901-1966)

Zusammenfassung

Titel: Der PFNA – Versorgung pertrochantärer Frakturen im Hinblick auf mögliche Verletzung der Arteria femoralis profunda

Einleitung

Um den intramedullär liegenden Marknagel gegen Rotation zu sichern, wird im distalen Teil des Nagels eine bicorticale Verriegelungsschraube gesetzt. Diese muss auf der medialen Seite des Femurschafts mindestens eine Schraubenwindung durch die Corticalis geschraubt werden um einen sicheren Halt zu gewähren. Da auf der medialen Seite des Femurs auch ein Ast der großen Arteria femoralis, nämlich die Arteria femoralis profunda (AFP), verläuft, könnte es bei der Anbringung der Schraube zu einer Läsion dieses Gefäßes durch die Schraube kommen.

Methodik

Drei (3) menschliche untere Extremitäten, konserviert durch die Grazer Konservierungslösung nach Thiel, wurden mit einem proximalem Femurnagel Antirotation (PFNA) unter radiologischer Kontrolle versehen, danach sezirt und die für diese Arbeit benötigten Strukturen wurden freigelegt. Nach Freilegung und Präparation der Arteria femoralis wurde die Aufteilung dieser dargestellt und folgend die hier beginnende AFP präpariert. Mittels einer Schublehre wurde der Abstand der Spitze der Schraube zur Wand der AFP vermessen.

Ergebnisse

Der Mittelwert des Abstandes zwischen AFP und Schraubenspitze betrug 15mm. Der Mittelwert der Femurlänge betrug 43cm. Bei diesen Fallstudien war der Abstand ausreichend um etwaige Komplikationen durch Läsion der AFP auszuschließen. Um diese Aussage jedoch zu globalisieren, würde eine größere Anzahl an Präparaten untersucht werden müssen.

Abstract

Title: PFNA – Providing of pertrochanteric fractures in terms of possible violation of profunda femoris artery

Introduction

To secure the intramedullary positioned nail from rotation, a bicortical locking screw is inserted in the distal part of the nail. It is required that at least one helical twist of the screw runs through the medial corticalis of the femur to provide a safe lock. Due to the fact that there is a branch of the femoral artery - the profunda femoris artery (AFP). It is possible to harm these artery when inserting the locking screw.

Material and methods

Three (3) human lower extremities, embalmed by the Graz embalming procedure by Thiel, were provided with a proximal femoral nail antirotation (PFNA), dissected and relevant structures identified. After preparation of the femoral artery, the profunda femoris artery can be followed which runs down the medial side of the femur. Dissection of the profunda femoris artery along the medial part of femur was done, until the tip of the locking screw was traceable. Using a vernier, the the distance of the AFP to the tip of the screw was measured.

Results

The mean value of the distance between screw tip and AFP is 15mm. The mean value of the femoral length is 43cm.

In this case study the mean distance between the tip of the locking screw and the AFP was sufficient in order to prevent complications from iatrogenic leasions of the vessel due to perforation. For verification a greater number of specimens is needed.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeiner Teil	1
1.1. Anatomie der Region femoris.....	1
1.1.1. Oberschenkelknochen, Os femoris	1
1.1.2. Muskulatur des Oberschenkels	7
1.1.2.1. Extensoren der Regio femoris anterior	9
1.1.2.2. Adduktoren der Regio femoris anterior.....	10
1.1.2.3. Muskeln der Regio femoris posterior	12
1.1.3. Blutgefäße der Membrum inferius	13
1.1.3.1. Arterien der Regio femoris anterior.....	14
1.1.3.2. Venen der Regio femoris anterior.....	15
1.1.3.3. Lymphgefäße der Regio femoris anterior	15
1.2. Arteria profunda femoris	16
1.3. Definition Fraktur	18
1.4. Frakturheilungsoptionen	18
1.5. Frakturen des proximalen Femur.....	19
1.6. Der PFNA	22
1.6.1. Prinzip der Implantation eines PFNA	23
1.6.1. Distale Verriegelung des PFNA.....	26
Spezieller Teil	
2. Einleitung.....	28
2.1. Ziel dieser Arbeit.....	28
2.2. Problemstellung.....	28
3. Material und Methoden	30
3.1. Konservierung nach Thiel	30
3.2. Messmethoden	31
4. Ergebnisse.....	32
5. Diskussion	34
6. Literaturverzeichnis.....	36

Abkürzungsverzeichnis

A. -	Arteria
Aa. -	Arteriae
AFP -	Arteria femoralis profunda
bzw. -	Beziehungsweise
CCD-Winkel -	Centrum-Collum-Diaphysenwinkel
Lig. -	Ligamentum
M. -	Musculus
Mm. -	Musculi
PFNA -	proximaler Femurnagel Antirootation
u.a. -	unter anderem
V. -	Vena
Vv. -	Venae

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1

Femur in der Ansicht von vorn.....1

Rechter Oberschenkelknochen in der Ansicht von vorn (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 465)

Abbildung 2

Femur in der Ansicht von dorsal und medial.....2

Rechter Oberschenkelknochen in der Ansicht von hinten und medial vorn (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 466)

Abbildung 3

proximales rechtes Femur, Ansicht von dorsal.....3

Oberschenkelknochen, Femur. Proximales Ende (Quelle: Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen; Band 2; Rumpf, Eingeweide, untere Extremität; 1993 Urban u. Fischer Verlag, S. 275)

Abbildung 4

proximaler Teil rechtes Femur mit unterschiedlichem Schenkelhalswinkel in der Ansicht von dorsal.....3

Proximaler Teil rechter Oberschenkelknochen mit unterschiedlichen Schenkelhalswinkeln in der Ansicht von hinten vorn (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 467)

Abbildung 5

Distaler Teil eines linken Femurs in der Ansicht von unten.....5

Digitalfoto mit Sony NEX 5n 14,2Mp

Abbildung 6

Anteversion des Femurhalses6

Der proximale Teil des Femur ist beim Erwachsenen gegenüber dem distalen Teil um etwa 12° nach vorn gedreht, Anteversion des Femurhalses vorn (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 470)

Abbildung 7

Querschnitt durch den Oberschenkel am Übergang des proximalen in das mittlere Drittel. Ansicht von distal.....8

Querschnitt durch den Oberschenkel am Übergang des proximalen in das mittlere Drittel (Quelle: Anton Hafferl: Lehrbuch der Topographischen Anatomie, 3. Auflage, 1969 Springer Verlag, S. 830)

Abbildung 8

Muskelapparat des Oberschenkels, rechte Seite, Ansicht von ventral.....10

Muskeln der Hüfte und des Oberschenkels der rechten Seite in der Ansicht von vorn vorne (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 527)

Abbildung 9

tiefe Muskeln des Oberschenkels nach Durchtrennung des langen Bizepskopfes und des M. semitendinosus. Rechte Seite, Ansicht von dorsal.....11

Tiefe Gesäßmuskeln nach Entfernung des M. gluteus maximus und des M. gluteus medius. Tiefe Muskeln des Oberschenkels nach Durchtrennung des langen Bizepskopfes und des M. semitendinosus (Quelle: Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas; Band 1; Bewegungsapparat; 1998 Georg Thieme Verlag, S. 465)

Abbildung 10

Schema der Arterienverbindungen im Bereich des Hüftgelenks.....13

Die Arterienverbindungen im Bereich des Hüftgelenks. Schema. Der Bogen der A. circumflexa ilium profunda wird durch die A. iliolumbalis geschlossen (Quelle: Anton Hafferl: Lehrbuch der Topographischen Anatomie, 3. Auflage, 1969 Springer Verlag, S. 840)

Abbildung 11

Blick auf die Hüftgelenksregion von caudal.....13

Lacunae vasorum et musculorum. Canalis obturatorius und die Gefäße der Fossa iliopectinea. Die Muskulatur wurde weitgehend reseziert, um die Lage der Gefäße und Nerven zum Hüftgelenk und dem Foramen obturatum darzustellen (Quelle: Anton Hafferl: Lehrbuch der Topographischen Anatomie, 3. Auflage, 1969 Springer Verlag, S. 832)

Abbildung 12

A. femoralis und ihre Äste. M. sartorius entfernt.....14

Die A. femoralis und ihre Äste (Quelle: Benninghoff, Drenckhahn: Taschenbuch Anatomie, 1. Auflage, 2008 Urban & Fischer Verlag, S. 105)

Abbildung 13

Verzweigung der A. femoralis.....16

Verzweigung der A. femoralis. Schema (Quelle: Anton Hafferl: Lehrbuch der Topographischen Anatomie, 3. Auflage, 1969 Springer Verlag, S. 816)

Abbildung 14

Gefäßpräparation der Regio femoris anterior.....17

Regio femoris anterior, Arteria femoralis (Quelle: Thiel: Photographischer Atlas der praktischen Anatomie, 2. Auflage, 2002 Springer Medizin Verlag, S. 227)

Abbildung 15

AO-Klassifikation der Typ A Frakturen.....19

(Quelle: Müller AO Classification of Fracture-Long Bones Leaflet)

Abbildung 16	
AO-Klassifikation der Typ B- und C-Frakturen.....	20
(Quelle: Müller AO Classification of Fracture-Long Bones Leaflet)	
Abbildung 17	
AO-Klassifikation pertrochantärer Femurfrakturen.....	21
(Quelle: Bühren V, Trentz O: Checkliste Traumatologie, 6. Auflage, 2005 Georg Thieme Verlag, S. 315)	
Abbildung 18	
Implantierter PFNA.....	22
(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA, http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf , Titelblatt)	
Abbildung 19	
Postoperative Kontrolle.....	23
(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA, http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf , S. 7)	
Abbildung 20	
Palpation des Trochanter majors.....	23
(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA, http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf , S. 13)	
Abbildung 21	
Markierung der Flucht des Markraums am lateralen Oberschenkel zur Verdeutlichung des idealen Zugangsweges.....	23
(Quelle: Weigel, Nerlich: Praxisbuch Unfallchirurgie, Band 1, 2005 Springer Verlag, S. 551)	

Abbildung 22

Der ideale Eintrittspunkt für den Marknagel befindet sich in der Verlängerung der Markhöhle in beiden Röntgenebene.....24

(Quelle: Weigel, Nerlich: Praxisbuch Unfallchirurgie, Band 1, 2005 Springer Verlag, S. 559)

Abbildung 23

Einbringen des Führungsdrahtes.....24

(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA,

<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf>, S. 14)

Abbildung 24

Der Eintrittspunkt für den Führungsdraht liegt etwa 5mm dorsal des lateralen Scheitelpunkts des proximalen Femurs.....24

(Quelle: Weigel, Nerlich: Praxisbuch Unfallchirurgie, Band 1, 2005 Springer Verlag, S. 548)

Abbildung 25

Führungsbügel für PFNA-Klinge.....25

(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA,

<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf>, S. 36)

Abbildung 26

Distale Verriegelung PFNA kurz.....26

(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA,

<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf>, S. 38)

Abbildung 27

Bohrvorrichtung für distale Verriegelungsschraube.....26

(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA,

<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf>, S. 42)

Abbildung 28	
Bicorticale Durchbohrung	26
(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA, http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf , S. 42)	
Abbildung 29	
Verriegelungsschraube einbringen	27
(Quelle: Synthes OP-Manual PFNA, http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.398.pdf , S. 44)	
Abbildung 30	
Einbringen der distalen Verriegelungsschraube unter Bildwandlerkontrolle	29
Digitalfoto mit Sony Nex 5n 14,2MP	
Abbildung 31	
Arteria femoralis profunda und Schraubenspitze am Präparat	31
Digitalfoto mit Sony Nex 5n 14,2MP	
Abbildung 32	
Präparat 1	32
Digitalfoto mit Sony Nex 5n 14,2MP	
Abbildung 33	
Präparat 2	33
Digitalfoto mit Sony Nex 5n 14,2MP	
Abbildung 34	
Präparat 3	33
Digitalfoto mit Sony Nex 5n 14,2MP	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Präparataufstellung.....S. 32

1. Allgemeiner Teil

1.1. Anatomie der Regiones femoris

1.1.1. Oberschenkelknochen, Os femoris

Das Femur ist der kräftigste und längste Röhrenknochen des menschlichen Skeletts, wodurch er den Hauptanteil zur Körpergröße eines Menschen ausmacht.

Der Oberschenkelknochen gliedert sich in ein Caput ossis femoris – dem Femurkopf, ein Collum ossis femoris – dem Oberschenkelhals und einem Corpus ossis femoris – dem Femurschaft. Am distalen Ende des Femurschafts findet sich eine mediale sowie eine laterale Kniegelenkswalze, Condylus medialis und Condylus lateralis.

Das Caput ossis femoris gleicht geometrisch gesehen einer zwei Drittel Kugel, wodurch dieser annähernd kugelförmige Kopf des Femurs eine optimale Passform für das Acetabulum des Os coxae bildet. Medial findet sich am Femurkopf eine kleine Grube, die Fovea capitis femoris, in welcher das Lig. capitis femoris ansetzt. [1]



Abbildung 1: Femur in der Ansicht von ventral

Das Collum ossis femoris zeigt in seinem mittleren Teil eine dezente sanduhrförmige Einziehung. Am Ende des Oberschenkelhalses findet man an der Vorderseite die Linea intertrochanterica, welche nach dorsal zieht und sich an der Hinterseite als scharfe Knochenleiste - Crista intertrochanterica präsentiert. Diese verbindet die beiden dorsal gelegenen Rollhügel, den Trochanter major und den Trochanter minor. Die Linea intertrochanterica ist Ansatzpunkt der Membrana fibrosa der Hüftgelenkscapsel.

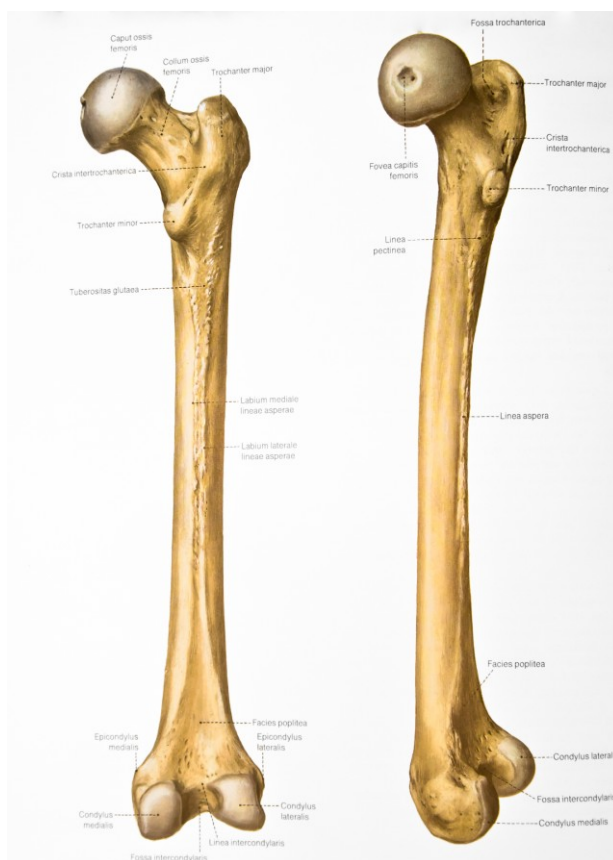


Abbildung 2: Femur in der Ansicht von dorsal und medial

Die beiden Trochanter sind Apophysen mit eigenen Knochenkernen, wodurch sie als Insertionsstelle für Sehnen und Bänder dienen. Der nach lateral konvex und nach medial konkav gekrümmte Trochanter major dient u.a. den kleinen Glutäalmuskeln als Ansatz. Am proximalen Teil des großen Rollhügels präsentiert sich eine nach medial ausgerichtete Einziehung, die Fossa intertrochanterica. In dieser Grube inserieren die Mm. gemelli und der M. obturatorius internus. Am medialen Ende der Crista intertrochanterica liegt der Trochanter minor - er dient als Ansatzstelle für den M. iliopsoas. [1]

Als Schenkelhalsschaftwinkel, kurz Schenkelhalswinkel, bezeichnet man den Winkel zwischen Achse des Oberschenkelhalses und Achse des Oberschenkelschaftes. Die klinische Bezeichnung für diesen Winkel lautet „Collodiaphysenwinkel“ bzw. „CCD-Winkel“ (Centrum-Collum-Diaphysenwinkel), ist aber anatomisch gesehen nicht korrekt, da auch das Collum ossis femoris zur Diaphyse zählt. Gemessen wird dieser Winkel mittels Röntgenaufnahme durch Legen der Achsen durch Collum und Schaft. [1]

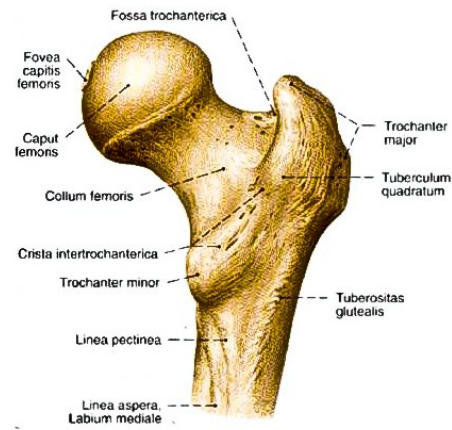


Abbildung 3: proximaler rechter Femur, Ansicht von dorsal

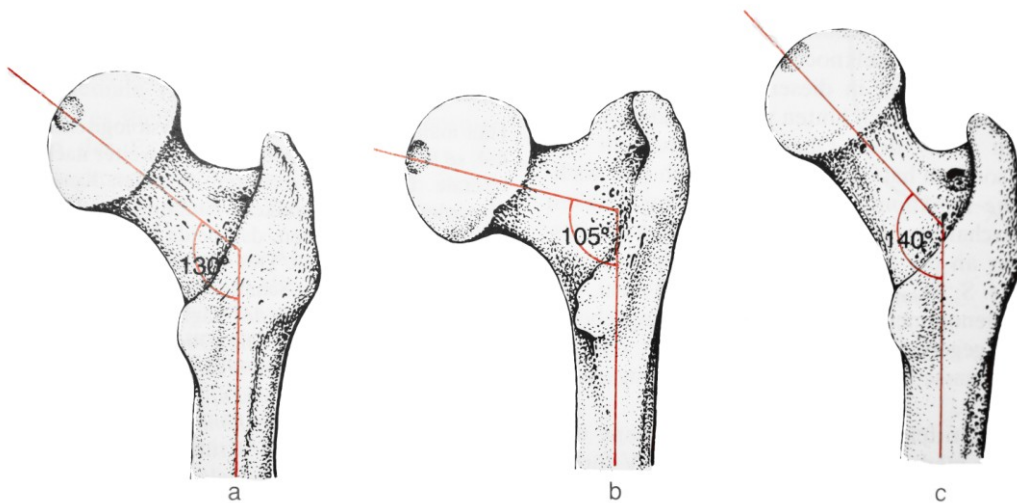


Abbildung 4: proximaler Teil rechtes Femur mit unterschiedlichem Schenkelhalswinkel in der Ansicht von dorsal

Der CCD-Winkel beträgt in der Regel in etwa 125 Grad. Ist der Winkel kleiner als 120 Grad, spricht man von einem Coxa vara (b). Dies bedeutet, dass der Femurschaft nach innen angewinkelt ist. Überschreitet der Winkel 130 Grad, so spricht man von einem Coxa valga (c), der Femurschaft ist nach außen abgewinkelt. [2]

Das Corpus ossis femoris hat eine leicht konvexe Krümmung zur Vorderseite. An der konkaven Hinterseite findet man eine deutlich ausgeprägte, longitudinal verlaufende Knochenleiste. Diese Linea aspera zeigt ein Labium mediale und ein Labium laterale. Beide Knochenkämme sind Ursprungsort für viele Oberschenkelmuskeln. Der proximale Teil des Labium laterale geht in die Tuberositas glutea über, sie dient als Insertionsstelle des M. gluteus maximus. Hier kann es durch den Sehnenansatz zur Entstehung eines ausgeprägten sog. Einstrahlungsknochen kommen. Ist dieser sehr stark entwickelt bezeichnet man die Ansatzzone auch als Trochanter tertius. Die mediale Lippe der Linea aspera setzt sich aus der Linea intertrochanterica fort. Am Trochanter minor zieht eine weitere Knochenleiste, die Linea pectinea, weiter nach distal in das Labium mediale. An dieser Linea pectinea setzt der M. pectineus an. Neben den Ursprungsorten für die meisten Oberschenkelmuskeln hat die Linea aspera noch eine weitere wichtige Funktion. Dadurch, dass sie an der Stelle der höchsten Belastungen bzw. Spannungen des Femurschafts den Querschnittsdurchmesser erhöht, erfüllt sie eine statische Funktion um die Tragfähigkeit zu erhöhen.

Die beiden Labien teilen sich im distalen Drittel des Oberschenkelknochens V-förmig auf bevor sie am Beginn der Epikondylen enden. Somit entsteht ein dreieckiges Feld, Facies poplitea genannt. Die Linea intercondylaris verbindet die beiden Enden der Labien. Dieser Bereich weist besonders viele Gefäßkanäle auf.

[1]

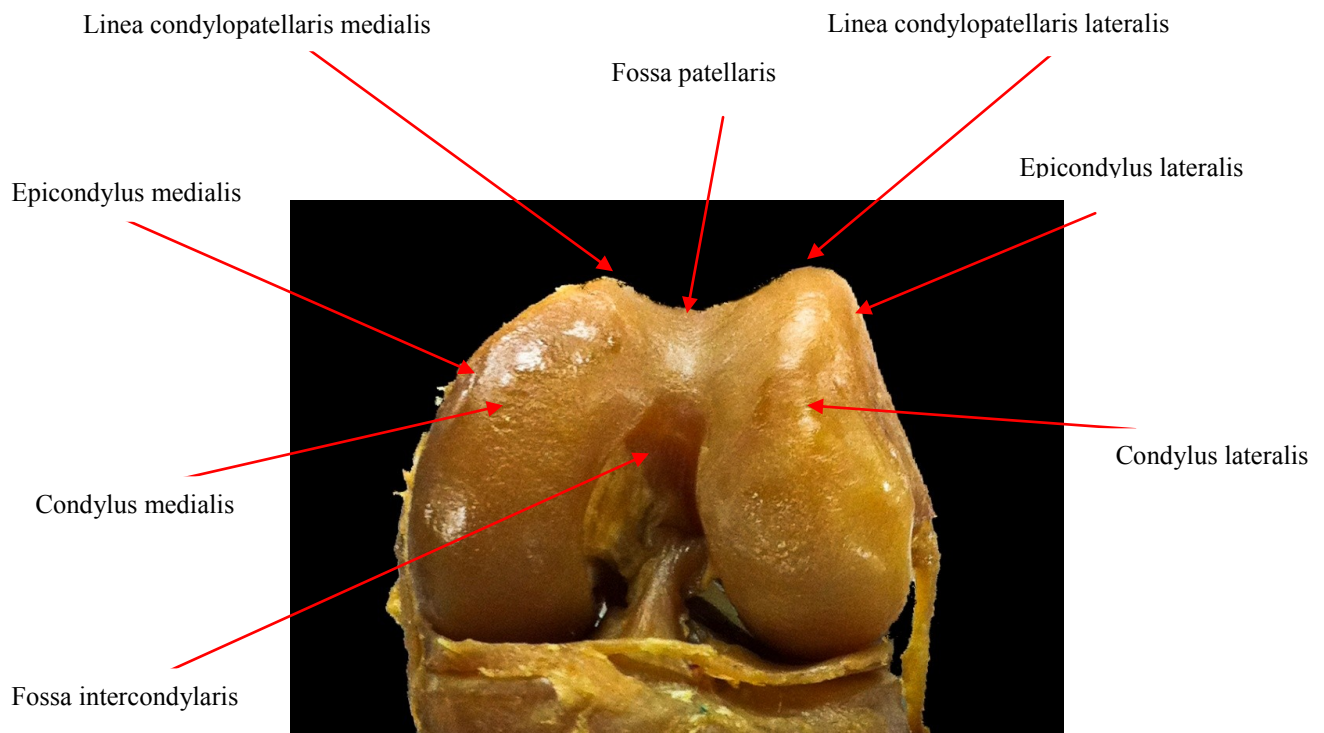


Abbildung 5: distaler Teil eines linken Femur in der Ansicht von unten

Der Verlauf der anatomischen Achse des Oberschenkelchafts richtet sich schräg von lateral-kränial nach medial-kaudal. Maßgebend für die Beanspruchung des Corpus ossis femoris ist jedoch die mechanische Achse, welche auch als Hauptlinie oder Traglinie bezeichnet wird. Diese Linie verläuft vom Femurkopfzentrum nach kaudal zur Femurkondylenmitte.

In der Sagittal- und Frontalebene wirkt eine Druck- und Biegebeanspruchung auf den Femurschaft. Diese Einflüsse werden durch die Oberschenkelmuskeln und den Tractus iliotibialis mittels des Prinzips der Zuggurtung gedämpft.

Am distalen Femurende verbreitet sich der Knochen zu den Femurkondylen, Epicondylus medialis und Epicondylus lateralis, wobei der mediale Epicondylus kräftiger ausgeprägt ist als der laterale. Als weitere Besonderheit des Epicondylus medialis findet sich etwas oberhalb gelegen ein Höcker, das Tuberculum adductorium. Es dient dem oberflächlichen Teil des M. adductor magnus zur Insertion. An beiden seitlichen Flächen der Epikondylen sind die Kollateralbänder des Kniegelenkapparates befestigt. Auf der dorsalen Seite des

Oberschenkelknochens zeigt sich zwischen den beiden Kondylen eine tiefe Aussparung, die Fossa intercondylaris. Die distalen Flächen der Kondylen sind mit Gelenksknorpel bedeckt um im Kniegelenk mit der Tibia und den Menisken zu artikulieren. An der Vorderseite verjüngen sich die beiden Kondylen nach caudal und bilden dadurch ein Gleitlager für die Kniescheibe, Facies patellaris. [1]

Legt man durch die Condyli femoris eine transversale Achse, so bildet diese mit der Schenkelhalsachse beim Erwachsenen einen Winkel von etwa 12 Grad. Man bezeichnet diesen Winkel als Anteversionswinkel. Ab der 2. Hälfte der Fetalperiode nimmt dieser Winkel zu und erreicht im 2. Lebensjahr eine maximale Anteversion von 35 Grad. Danach nimmt dieser Winkel wieder ab, bis er schließlich am Ende des 2. Dezenniums den typischen Winkel von 12 Grad erreicht. [1]

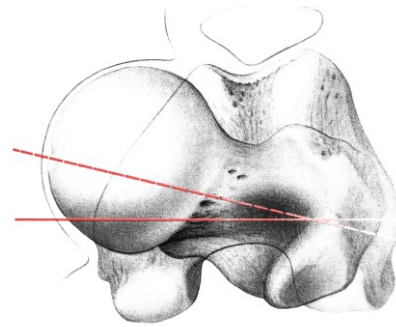


Abbildung 6: Anteversion des Femurhalses

1.1.2. Muskulatur des Oberschenkels

Grundsätzlich kann man drei Muskelgruppen unterscheiden:

- ventrale Muskulatur bzw. Extensorengruppe des Kniegelenks
- mediale Muskulatur bzw. Adductoren
- dorsale Muskulatur bzw. Flexorengruppe des Kniegelenks

Zum ventralen Raum des Oberschenkels gehören sowohl die Extensoren als auch die Adductoren, zum dorsalen Raum zählen nur die Flexoren. Die äußerste Hülle der Oberschenkelmuskulatur bildet die Fascia lata. [3]

Vorne grenzt die Leistenbeuge den Oberschenkel von der ventralen Rumpfwand ab, dorsal dient der Sulcus gluteus als Abgrenzung zur Gesäßregion welcher besonders gut bei getrecktem Hüftgelenk zur Geltung kommt.

Topographisch wird der Oberschenkel wie folgt eingeteilt:

- vordere Region: Regio femoris anterior
- hintere Region: Regio femoris posterior

Ist die Muskulatur einigermaßen gut ausgeprägt, so sieht man an der Vorderseite des Oberschenkels deutlich den schräg verlaufenden M. sartorius und den M. tensor fascia latae von ihrem Ursprungsort – der Spina iliaca anterior superior – nach kaudal ziehen. Nahe des Ursprungs dieser beiden Muskeln entsteht eine kleine trianguläre Grube, genannt Schenkelgrübchen. Hier kann man sehr schön die Sehne des M. rectus femoris tasten. [3]

Der mediale Rand vom M. sartorius, welcher spiralig über den Oberschenkel läuft, bildet die laterale Begrenzung des Trigonum femorale in welchem die zum Hüftgelenk gehörenden Adduktoren liegen. Die distale Oberfläche der Regio femoris anterior wird durch den M. quadriceps femoris geformt. Sein mittlerer Anteil, M. rectus femoris, ist als medialer Muskelwulst deutlich zu erkennen. Ein weiteres Merkmal dieses Teils des M. quadriceps femoris ist sein deutlicher

Muskelsehnenübergang oberhalb der Patella, welcher durch eine deutliche Einsenkung imponiert. Lateral und medial von ihm befinden sich die Muskelbäuche des M. vastus lateralis und M. vastus medialis. Die ischiocrurale Muskulatur (Extensoren) zeigt nur bei besonders muskulösen Menschen ihre Ausprägung bei Streckstellung des Hüftgelenks. Diese Muskeln weichen im distalen Bereich auseinander und begrenzen dadurch den oberen Teil der Kniekehle - die Fossa poplitea. [3]

Natürlich zählt zur Oberschenkelmuskulatur auch die Muskulatur des Hüftgelenks dazu, hier wird jedoch nur auf die Muskeln des Oberschenkels eingegangen, welche anatomisch-chirurgisch für diese Arbeit relevant sind.

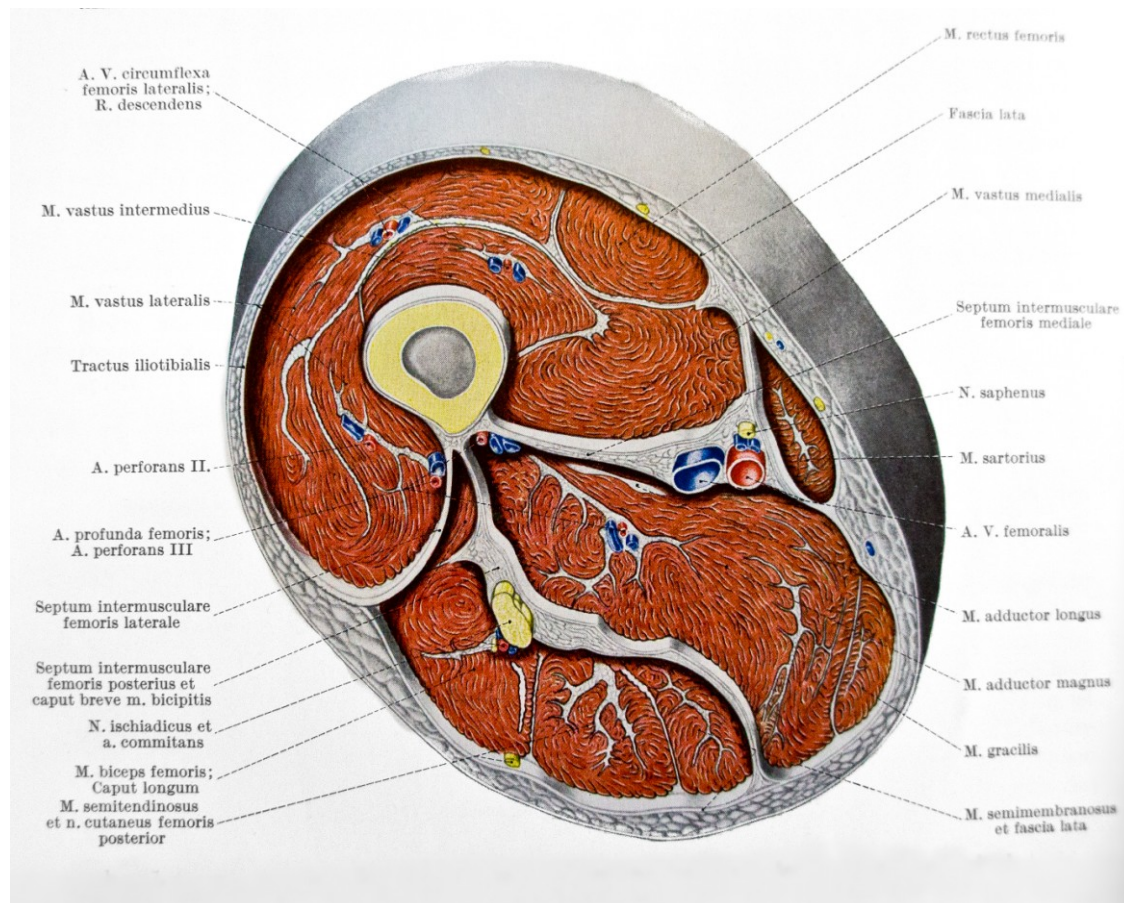


Abbildung 7: Querschnitt durch den Oberschenkel am Übergang des proximalen in das mittlere Drittel. Ansicht von distal

1.1.2.1. Extensoren der Regio femoris anterior

M. sartorius

Er hat seinen Ursprung an der Spina iliaca anterior superior, überkreuzt den Oberschenkel von lateral nach medial spiralförmig bevor er im Pes anserinus superficialis an der medialen Tibia ansetzt. Dieser Muskel zählt zu den sogenannten parallelfaserigen Muskeln, er besitzt die längsten Muskelfasern im Bereich der quergestreiften Muskulatur. [1]

M. quadriceps femoris

Dieser große Muskel besteht aus vier einzelnen Muskeln die sich in ihren Funktionen unterscheiden. Nur ein Teil, der M. rectus femoris, ist zweigelenkig. Er ist Beuger in der Hüfte und der einzige Strecker im Kniegelenk. Der M. vastus lateralis und M. vastus medialis zeichnen sich durch eine Zuggurtungswirkung auf den Femurschaft aus, wodurch die Biegebeanspruchung des Femurs vermindert wird. Der zweigelenkige M. rectus femoris entspringt mit seinem Caput rectum an der Spina iliaca anterior inferior und mit seinem Caput reflexum im Sulcus acetabularis. Der M. vastus lateralis entspringt vom Labium laterale der Linea aspera bis kranial zum Trochanter major, der M. vastus medialis vom Labium mediale der Linea aspera und dem distalen Teil der Linea intertrochanterica. Der M. vastus intermedius bezieht seine Fasern von der ventralen Fläche des Oberschenkelknochens. Alle vier Muskeln vereinigen sich am distalen Oberschenkel zum mächtigen Lig. patellare welche die Kniescheibe als großes Sesambein einschließt und an der Tuberositas tibiae endet. [3]

1.1.2.2. Adduktoren der Regio femoris anterior

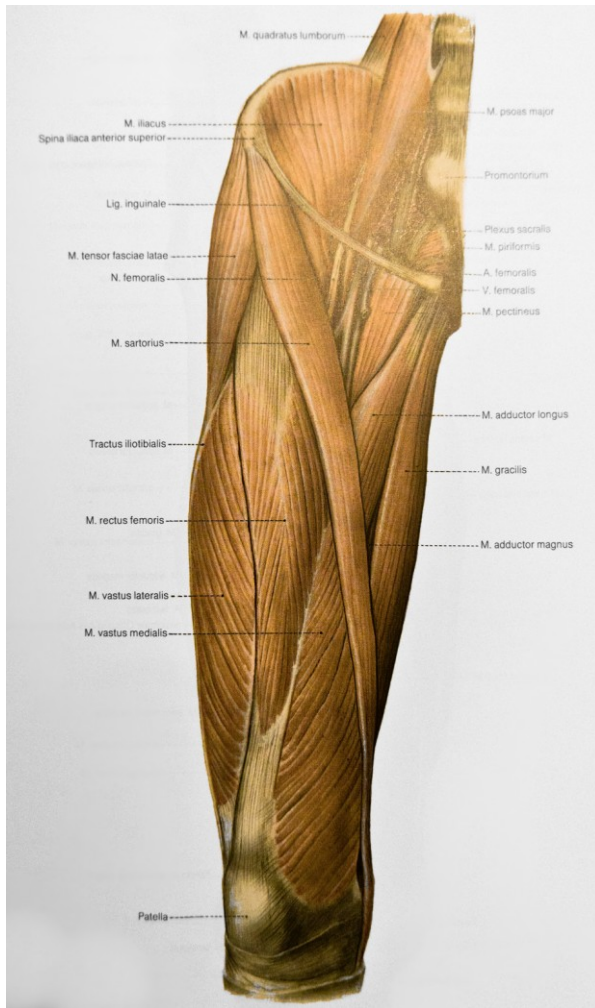


Abbildung 8: Muskelapparat des Oberschenkels, rechte Seite, Ansicht von ventral

M. pectineus

Er entspringt von der Eminentia iliopubica und am Pecten ossis pubis und zieht zur Linea pectinea des Femur. Unter anderem unterstützt er die Außenrotation des Oberschenkels. [2]

M. gracilis

Seine breite, aber dünne Sehne entspringt am Ramus inferior ossis pubis. Diese Sehne ist bei leichter Abduktion tast- und sichtbar. Er zieht an der Innenseite des Femur distalwärts und geht im unteren Drittel in die Endsehne über wo er zusammen mit dem M. sartorius und dem M. semitendinosus den Pes anserinus superficialis bildet.

Der M. gracilis wirkt als zweigelenkiger Muskel, er wirkt bei

gestrecktem Knie als Adduktor und unterstützt die Beugung im Hüftgelenk. Des Weiteren fungiert er als Beuger und Innenrotator am Kniegelenk. [1]

M. adductor longus

Der Muskel hat seinen Ursprung am Ramus superior ossis pubis. Sein Muskelbauch zieht nach distal-lateral wo er schließlich am mittleren Drittel des Labium mediale der Linea aspera ansetzt. Er wirkt im Hüftgelenk als Adduktor und Beugemuskel. [3]

1.1.2.3. Muskeln der Regio femoris posterior

M. biceps femoris

Das Caput longum dieses Muskels entspringt an der Hinterfläche des Tuber ischiadicum, zusammen mit dem M. semitendinosus. Das Caput breve findet seinen Ursprung am mittleren Drittel des Labium mediale lineae asperae sowie am Septum intermusculare femoris laterale. Beide Bizepsköpfe vereinigen sich am distalen Femur zu einer starken Sehne und setzen am Caput fibulae an. Eine Kontraktion des M. biceps femoris führt zu einer Streckung sowie Außenrotation im Hüftgelenk, im Kniegelenk zu einer Beugung als auch Außenrotation. [1]

M. semimembranosus

Er entspringt weit ventral am Tuber ischiadicum mit einer platten Sehne und zieht nach medial-distal. Die Ansatzsehne beginnt im mittleren Bereich des Oberschenkels. Auf Höhe des Kniegelenks teilt sich die Sehne in die drei Anteile, des Pes anserinus profundus. Dadurch stellt dieser Muskel einen wichtigen Stabilisator des Kniegelenks dar. Funktionell von Bedeutung ist der M. semimembranosus für das Hüft- als auch Kniegelenk: Streckung im Hüftgelenk, Beugung und Innenrotation in der Articulatio genu. [1]

M. semitendinosus

Auch dieser Muskel hat seinen Ursprung am Tuber ischiadicum. Ein Teil seiner Sehnenfasern bildet zusammen mit dem Caput longum m. bicipitis femoris eine gemeinsame Ursprungssehne, Caput commune. Dessen Ansatzsehne beginnt bereits etwa in der Mitte des Oberschenkels und zieht bogenförmig hinter dem Kniegelenk nach vorne-medial zieht. Zusammen mit dem M. sartorius und M. gracilis setzt er an der Tuberositas tibiae als Pes anserinus superficialis an. Er erfüllt dieselben Funktionen wie der M. semimembranosus (s.o.). [3]

1.1.3. Blutgefäße des Membrum inferius

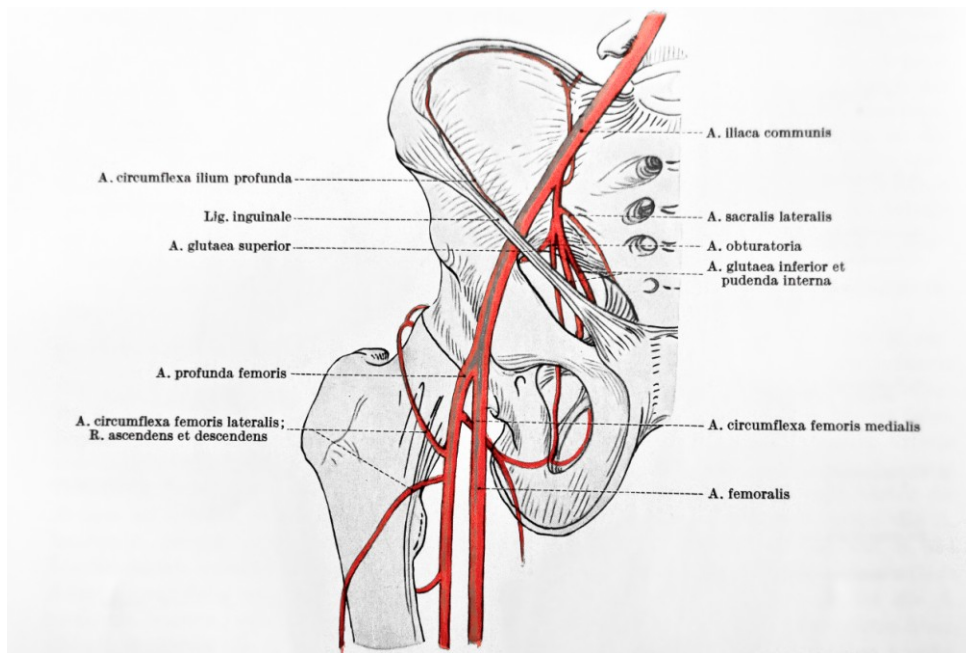


Abbildung 10: Schema der Arterienverbindungen im Bereich des Hüftgelenks

Die arterielle Blutversorgung für das gesamte Bein erfolgt aus der A. iliaca communis. Diese große Arterie teilt sich in der Höhe des vierten Lendenwirbels in eine A. iliaca externa et interna. Den größten Teil der Blutversorgung am Bein übernimmt die A. iliaca externa. Sobald diese unter dem Leistenband durchtritt heißt sie A. femoralis. Während sie in ihrem Verlauf entlang des Oberschenkels mehrere Äste abgibt, zieht sie bis zum Hiatus tendineus adductorius; von dort trägt sie den Namen A. poplitea. Die A. iliaca interna spielt bei der Blutversorgung des Oberschenkels nur eine nebensächliche Rolle – es finden sich kleinere Anastomosenbildungen mit der A. circumflexa femoris medialis - ihre

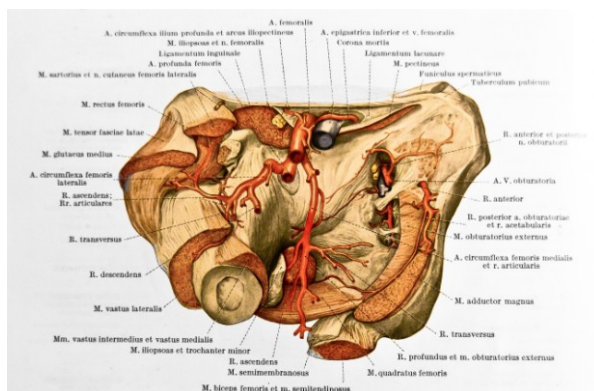


Abbildung 11: Blick auf die Hüftgelenksregion von caudal

Hauptaufgabe ist die Versorgung der Viszeral und Glutealregion.

Der Abtransport des Blutes aus dem Bein erfolgt über die den Arterien benachbarten Venen; so ist die Hauptabflussvene aus dem Bein die V. femoralis.

1.1.3.1. Arterien der Regio femoris anterior

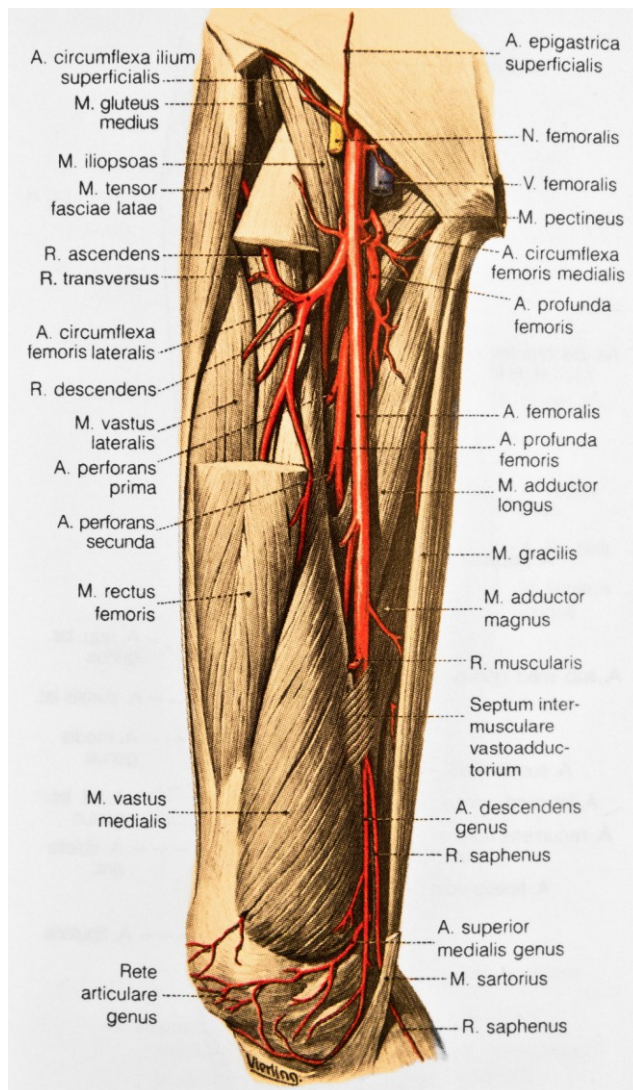


Abbildung 12: A. femoralis und ihre Äste. M. sartorius entfernt

superficialis, A. circumflexa ilium superficialis und die Aa. pudendae externae ab. Der Hauptast der A. femoralis ist die A. profunda femoris. Sie übernimmt fast die vollständige Versorgung des Oberschenkels. Aus der A. femoralis entspringen dadurch nur wenige kleine Muskeläste im Verlauf des Oberschenkels. Die einzige größere Arterie, die von der Femoralarterie noch abgeht, befindet sich ganz distal im Bereich des Canalis adductorius: die A. genus descendens. Auf die für diese Arbeit relevante Arteria profunda femoris wird weiter unten genauer eingegangen. [3]

Die Hauptschlagader des Beins kommt aus der A. iliaca externa und heißt A. femoralis. Sie reicht vom Lig. inguinale nach caudal zum Hiatus adductorius wo sie als A. poplitea bezeichnet wird. Ihr kräftiger Durchmesser und der Puls können im Bereich des Leistenbandes getastet werden. Die A. femoralis wird zum Anlegen eines Herzkatheters oder zur Blutentnahme, etwa einen fingerbreit caudal des Lig. inguinale gesucht und punktiert. Hier bietet sich der Vorteil, sollte es zu einer unkontrollierten Blutung kommen, dass man das Gefäß augenblicklich durch digitalen Druck verschließen kann. [2]

Unterhalb des Leistenbandes gehen die A. epigastrica

1.1.3.2. Venen der Regio femoris anterior

An der ventralen Seite zieht die V. saphena magna subcutan aufwärts. Sie gelangt durch den Hiatus saphenus zur tiefer gelegenen V. femoralis. Begleitet wird sie beim Durchtritt durch den Hiatus von mehreren oberflächlichen Venen: V. epigastrica superficialis, V. circumflexa ilium superficialis und Vv. pudendae externae, begleitet von den gleichnamigen Arterien.

Venen begleiten auch die tiefen Arterien der Oberschenkelregion, so die V. femoralis und die V. profunda femoris. Die übrigen Seitenäste sind im Allgemeinen doppelt vorhanden. [3]

Das Bluteinstromgebiet der V. femoralis wird in ein tiefes und in ein oberflächliches System eingeteilt. Beide Systeme sind über Vv. perforantes miteinander verbunden. Hier erfolgt der Blutstrom mit Hilfe der in eine Richtung angebrachten Venenklappen von den oberflächlichen in die tiefen Venen. Das tiefe System entspricht den arteriellen Verzweigungen. [2]

1.1.3.3. Lymphgefäße der Regio femoris anterior

Hier unterscheidet man tiefe und oberflächliche Lymphgefäße, wobei den oberflächlichen größere Bedeutung zukommt. In der Inguinalregion finden sich zahlreiche Lymphknoten, die oberflächlichen Lnn. inguinales superficiales führen die Lymphe zu den tiefen Lnn. inguinales profundi ab. Diese tiefen Lymphknoten nehmen zusätzlich die Lymphgefäße der Extremität auf. [3]



Abbildung 14: Gefäßpräparation der Regio femoris anterior

1.3. Definition Fraktur

Unter Fraktur versteht man eine Durchtrennung des Knochens wodurch es zu einer Kontinuitätsunterbrechung des Knochengewebes kommt. Durch den Bruch kommt es zu einer mehr oder minder ausgeprägten Instabilität des betroffenen Knochens.

Kommt es also zu einer direkten oder indirekten Gewalteinwirkung von außen welche die Festigkeit oder die Elastizität des Knochens übersteigt, entsteht eine Fraktur. Die so entstandene Fraktur besteht aus mindestens zwei Fragmenten, getrennt durch einen Bruchspalt. Meist wird der Begriff Fraktur für traumatische Frakturformen verwendet, was bedeutet, dass die eintreffende Kraft stark genug war, einen gesunden Knochen zu brechen. Als anderer Auslöser für Frakturen kommen jedoch auch eine krankhafter Vorschädigung des Knochens oder repetitive Mikrotraumen (Ermüdungsfraktur) in Frage. [10]

Die Frakturform hängt von der Stärke, der Richtung, der Festigkeit und Elastizität des Knochens ab. [11]

1.4. Frakturheilungsoptionen

Durch den Bruch kommt es entweder zu einer Instabilität des Knochens oder aber es besteht ein stabiler Zustand, wie zum Beispiel bei eingestauchten Frakturen. Alle instabilen Zustände nach einer Fraktur bedürfen einer konservativen oder operativen Behandlung. Bei einer pertrochantären Femurfraktur kann in seltenen Fällen eine konservative Therapie angewandt werden. Indikationen zur konventionellen Therapie der pertrochantären Femurfraktur sind bettlägerige Patienten deren Gesundheitszustand eine Operation nicht zulässt und Frakturen, die konventionell radiologisch nicht sichtbar sind. Eine operative Therapie wird vor allem bei mobilen Patienten angestrebt. Hier hängt die Frakturversorgung vom Schmerzausmaß, dem Gesundheitszustand, Begleiterkrankungen sowie den funktionellen Zielen ab. Patienten, die stationär behandelt werden und relativ leicht mobilisiert werden können und keine sekundären Frakturdislokationen vorliegen,

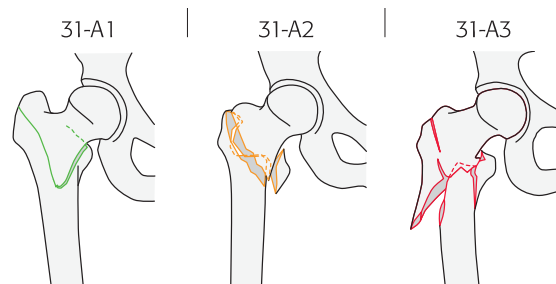
ist ein konservatives Vorgehen möglich. Generell kann aber gesagt werden, dass alle pertrochantären Frakturen operativ versorgt werden sollten. Die einzige Ausnahme sollten inoperable Patienten sein. [12]

Grundprinzipien der operativen Versorgung sind [11]

- interfragmentäre Kompression
- Schienung und Abstützung
- Adaptation der Fragmente

1.5. Frakturen des proximalen Femurs

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen teilt die Frakturen des proximalen Femurs gemäß AO-Klassifikation ein. Unterteilt wird dabei in die Typen A, B, und C, wobei eine Typ A Fraktur die einfache, Typ B die mittelschwere und Typ C die schwerste Frakturform bezeichnet. Zusätzlich werden diese drei Typen nochmals in drei Gruppen unterteilt, welche die Verletzungsschwere anzeigt.



31-A extraarticular fracture, trochanteric area

31-A1 pertrochanteric simple

31-A2 pertrochanteric multifragmentary

31-A3 intertrochanteric

Abbildung 15: AO - Klassifikation der A-Typen

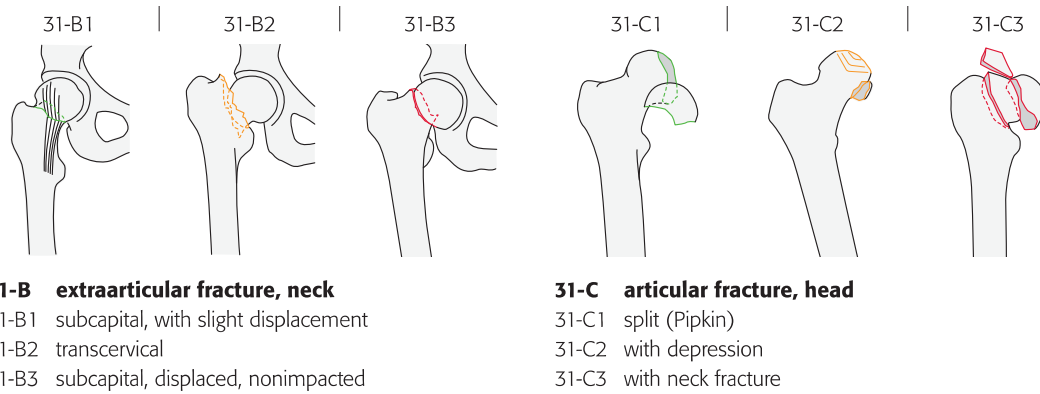


Abbildung 16: AO-Klassifikation der B- und C-Typen

- trochantäre Frakturen (A- Typen)
- Schenkelhalsfrakturen (B - Typen)
- Femurkopffrakturen (C – Typen)

Hier wird im weiteren nur auf die Typ – A Frakturen eingegangen da nur diese eine Indikation zur Implantation eines PFNA darstellen.

Typ – A Frakturen des proximalen Femurs werden nach deren „Stabilität“ eingeteilt:

- A1 Fraktur: einfache, stabile, pertrochantäre Fraktur mit guter medialer Abstützung
- A2 Fraktur: mehrfache pertrochantäre Fraktur, Trochanter minor völlig ausgebrochen, keine mediale Abstützung
- A3 Fraktur: intertrochantäre Fraktur, instabil [8]

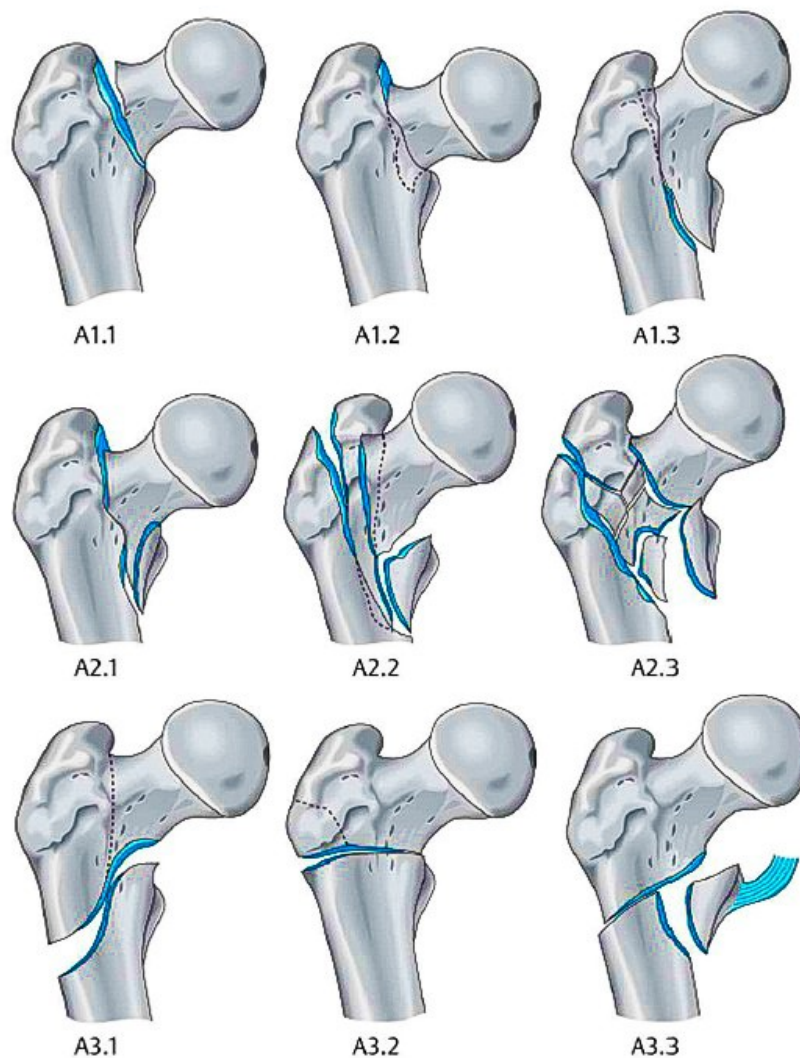


Abbildung 17: AO-Klassifikation pertrochantärer Femurfrakturen

Pertrochantäre Fraktur

Unter einer pertrochantären Fraktur versteht man eine proximale Oberschenkelfraktur. Die Bruchzone zieht durch den Trochanter major und Trochanter minor. [8] Solche trochantäre Frakturen zählen zu den typischen knöchernen Verletzungen im höheren Lebensalter [7] auf Grund von osteoporotischen Knochen. Eine pertrochantäre Fraktur gleicht klinisch einer Schenkelhalsfraktur, muss jedoch davon abgegrenzt werden. Aufgrund der Dislokation ist bei pertrochantären Frakturen meist eine Indikation zur operativen Versorgung gegeben. [9]

1.6. Der PFNA

Der Proximale Femurnagel Antiroation ist ein intramedulläres Implantat welches zur Versorgung von pertrochantären Femurfrakturen verwendet wird. Sein Anwendungsgebiet erstreckt sich vor allem auf instabile trochantäre Frakturen der Klasse A2 und A3 gemäß AO-Klassifikation. Die Vorteile gegenüber anderen Versorgungsoptionen sind folgende:

- sofortige postoperative Belastbarkeit
- geschlossenes Verfahren [7]
- kurze Operationszeit
- biomechanisch optimale Positionierbarkeit [7]
- leichte Anwendung
- lässt Kompression auf die Fraktur wirken
- geringere Komplikationsrate



Abbildung 18: implantierter PFNA

1.6.1. Prinzip der Implantation eines PFNA

Der PFNA wird bei pertrochantären Frakturen, intertrochantären und hohen subtrochantären Frakturen angewandt. In dieser Arbeit wird nur das Prozedere der Implantation eines kurzen PFNA behandelt.

Die präoperative Planung umfasst das Ermitteln des CCD-Winkels, des Nageldurchmessers und der Nagellänge anhand von Schablonen. Der Patient wird in Rückenlage auf dem Extensionstisch gelagert, das betroffene Bein um 15 Grad adduziert um einen guten Zugang zum proximalen Femur zu bekommen. Nun wird versucht die Fraktur geschlossen unter Bildwandlerkontrolle zu reponieren. Führt die geschlossene Technik nicht zum Ziel, so muss die Fraktur mittels offener Technik reponiert werden. Ein großer Vorteil des PFNA ist, dass zu seiner Implantation nur ein sehr kleiner Hautschnitt gesetzt werden muss. Dafür wird der Trochanter major ertastet und proximal seiner Spitze eine etwa 5cm lange Inzision in Körperlängsrichtung parallel zur Femurachse und parallel zur Faszie des Musculus gluteus medius durchgeführt. [6]



Abbildung 19: post operative Kontrolle



Abbildung 20: Palpation des Trochanter majors

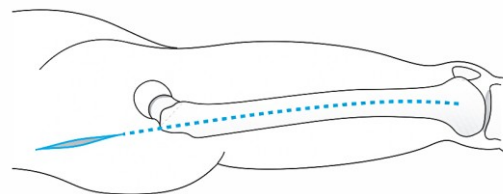


Abbildung 21: Markierung der Flucht des Markraums am lateralen Oberschenkel zur Verdeutlichung des idealen Zugangsweges

Danach wird der Musculus gluteus medius in seiner Faserrichtung gespalten um Zugang zum Knochen zu gewähren. Der Eintrittspunkt für den Führungsdraht liegt meist an der Spitze des Trochanter, jedenfalls nahe der Projektion der Verlängerung der zentralen Längsachse des Femur. Der Führungsdraht wird unter gleichzeitiger Anwendung einer Gewebeschutzhülse und einer Bohrbüchse eingebracht. Die Wahl des korrekten Eintrittspunkts und der richtige Eintrittswinkel sind entscheidend für den Erfolg der Operation. [6]

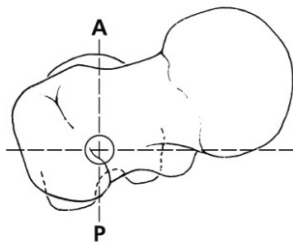


Abbildung 20: der ideale Eintrittspunkt für den Marknagel befindet sich in der Verlängerung der Markhöhle in beiden Röntgenebenen



Abbildung 21: Einbringen des Führungsdrahtes

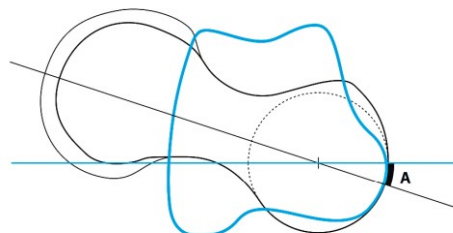


Abbildung 22: Der Eintrittspunkt für den Führungsdraht liegt etwa 5mm dorsal des lateralen Scheitelpunktes des proximalen Femurs

Der nun installierte Führungsdraht dient als Führung für den Spiralbohrer. Dieser eröffnet das Femur um Zugang zum Markraum zu bekommen. Es folgt die Implantation des Marknagels. Hierzu wird der später im Femur verbleibende Nagel auf den Zielbügel geschraubt um ihn unter Bildverstärkerkontrolle mit kleinen Drehungen vorsichtig in das eröffnete Femur einzubringen. Wie tief dieser nun in den Femur vorgeschoben wird, bestimmt das Loch für die PFNA-Klinge. Das dafür vorgesehene ovale Loch muss mittig oder etwas kaudaler der zentralen Achse des

Oberschenkelhalses zu liegen kommen, um eine korrekte Position der PFNA-Klinge zu gewährleisten. Nun wird auf dem Zielbügel ein Aufsatz angebracht, welcher als Führung für die Implantation der PFNA-Klinge dienen wird. Es erfolgt eine kleine Stichinzision, durch welche mit Hilfe einer Gewebeschutzhülse wiederum ein Führungsdraht eingebracht wird. Es folgt eine Lagekontrolle mittels Bildwandler.[6]

Die laterale Kortikalis wird mittels Kortikalis- und Spiralbohrer eröffnet, der Kanal für die Klinge in benötigtem Ausmaß aufgebohrt und schließlich die PFNA-Klinge mit leichten Hammerschlägen unter Bildwandlerkontrolle eingebracht. [6]



Abbildung 23: Führungsbügel für PFNA-Klinge

1.6.1. Distale Verriegelung des PFNA

Es gibt zwei Möglichkeiten den PFNA zu verriegeln, einerseits die feste, statische Verriegelung und andererseits die bewegliche, dynamische Verriegelung. Der Vorteil der dynamischen Variante ist, dass durch das längliche Verriegelungsloch im Nagel eine zusätzliche Kompression bei Belastung des Beines auf die Fraktur ausgeübt werden kann.

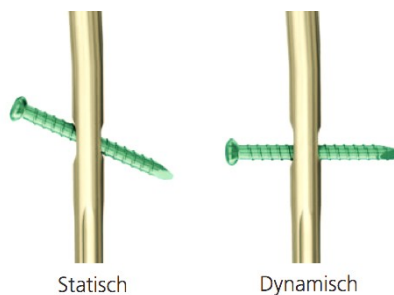


Abbildung 24: distale Verriegelung PFNA kurz

Der Zielbügelaufsatz dient zur genauen Positionsbestimmung des Verriegelungsloches im bereits intramedullär liegenden Nagel. Durch eine Stichinzision wird eine dreiteilige Trokarkombination aus Gewebeschutzhülse, Bohrbüchse und Trokar bis zum Knochen eingebracht. Mittels Spiralbohrer wird zuerst die laterale, dann die mediale Kortikalis durchbohrt, wobei darauf zu achten ist, dass die Spitze des Bohrers nicht mehr als 4mm über die mediale Kortikalis hinausragt. [6]



Abbildung 25: Bohrvorrichtung für distale Verriegelungsschraube



Abbildung 26: bicorticale Durchbohrung

Es folgt das exakte Vermessen der Distanz zwischen medialer und lateraler Kortikalis. Dies erfolgt durch Einbringen eines Längenmessgeräts, welches an deren Spitze einen kleinen Haken aufweist. Diesen durch Zurückziehen des Längenmessgeräts an der medialen Kortikalis greifen lassen um die Länge des Bohrkanals zu bestimmen. Zu diesem Wert sind noch 2 bis 4 mm hinzu zu addieren, um einen sicheren Halt der Verriegelungsschraube in der medialen Kortikalis sicherzustellen. Das Eindrehen der Verriegelungsschraube erfolgt per Hand mittels Sechskantschraubenzieher. Somit ist der PFNA fertig implantiert.



Abbildung 27: Verriegelungsschraube einbringen

Spezieller Teil

2. Einleitung

2.1. Ziel dieser Arbeit

In dieser Arbeit wird auf pertrochantäre Frakturen des Femurs welche mit einem intramedullären Marknagel PFNA versorgt werden, eingegangen. Die Implantation eines solchen Marknagels gestaltet sich, im Gegensatz zu anderen Methoden, relativ einfach und komplikationslos. Für die Implantation reicht eine 5cm lange Hautinzision über dem Trochanter major, eine kleine Hautinzision am lateralen Oberschenkel, um den PFNA einzubringen und eine Stichinzision am distalen, lateralen Oberschenkel um die distale Verriegelungsschraube einzubringen. Bei diesem minimal invasiven Eingriff kann es kaum zu Blutungskomplikationen kommen, nicht so jedoch beim Einschrauben der distalen Verriegelungsschraube. Beachtet man die anatomischen Verhältnisse am medialen Oberschenkel, so zeigt die Topographie der Arteria femoris profunda, dass diese in ihrem Verlauf sehr nahe am Femurknochen verlaufen kann. Da die distale Verriegelungsschraube durch die laterale und vor allem die mediale Kortikalis eingebracht werden muss, besteht hier die Gefahr, dass der Bohrvorgang für das Schraubenloch oder die Spitze der Schraube diese Arterie berühren und damit zu einer Blutung führen könnten. Diese Arbeit wurde verfasst, um zu evaluieren, wie groß die Gefahr einer solchen Komplikation ist.

2.2. Problemstellung

Die distale Verriegelung des PFNA erfolgt mittels einer bikortikalen Schraube im mittleren bis distalen Femurdrittel. Dazu muss die laterale sowie mediale Kortikalis mittels Spiralbohrer vorgebohrt werden. Bereits hier besteht Gefahr die AFP mit dem Bohrer zu verletzen, da der Bohrer 2-4 mm über die ferne Kortikalis hinausragen sollte. Zur Fixation des Marknagels wird in dieses vorgebohrte Loch eine bikortikale Schraube eingebracht. Diese muss mindestens eine bis zwei

Schraubenwindungen bzw. 1 – 2 mm über die Kortikalis hinausragen, um einen sicheren Halt zu gewährleisten.

Bei der Implantation eines PFNA werden lediglich kleine Hautinzisionen an der lateralen Körperseite vorgenommen. Sollte es also zu einer Verletzung der AFP kommen, so würde sich der Zugang zur Blutstillung kompliziert darstellen, da dazu der mediale Oberschenkel eröffnet und die AFP bzw. Femoralarterie erst aufgesucht werden müssten.



Abbildung 28: Einbringen der distalen Verriegelungsschraube unter Bildwandlerkontrolle, AFP als Abgang der Femoralarterie dargestellt

3. Material und Methoden

Das Institut für Anatomie der Medizinischen Universität Graz stellte für diese Arbeit 3 untere Extremitäten zur Verfügung. An diesen Präparaten wurde mit Anleitung eines Facharztes unter minimal invasiver Methodik und Bildwandlerkontrolle ein PFNA fachgerecht implantiert und anschließend die distale Verriegelungsschraube angebracht. Danach wurde ein medialer Hautschnitt am Oberschenkel gesetzt um in die Tiefe zu präparieren und folgend die AFP freizulegen und darzustellen um deren Abstand zu der durch die mediale Kortikalis ragenden Schraubenspitze zu vermessen.

3.1. Konservierung nach Thiel

Der Grazer Anatom Prof. Dr. Walter Thiel entwickelte über Jahrzehnte hinweg ein neues Verfahren, das den menschlichen Leichnam in seiner natürlichen Art praktisch unbegrenzt erhält und jegliche Zersetzung, Verfärbung oder Verhärtung verhindert. Im Gegensatz zur Konservierung mit Formalin und Karbol, bei der die Leichen grau, hart und steif wurden, bleibt bei der Thiel'schen Lösung die Natürlichkeit der Anatomie eines menschlichen Leichnams komplett erhalten. [13] Erst durch dieses Verfahren der Konservierung ist es möglich, wirklich schichtweise zu präparieren und die wirkliche Beschaffenheit des Gewebes zu erfahren.

3.2. Messmethoden

Bei allen Präparaten wurde zunächst die Arteria femoralis profunda aufgesucht und in ihrem Verlauf dargestellt. Danach wurde die Schraubenspitze am Femur aufgesucht. Mittels Schublehre wurde der Abstand von der Spitze der Schraube zur Arterie vermessen indem der direkte, kürzeste Weg zwischen beiden Strukturen vermessen wurde.

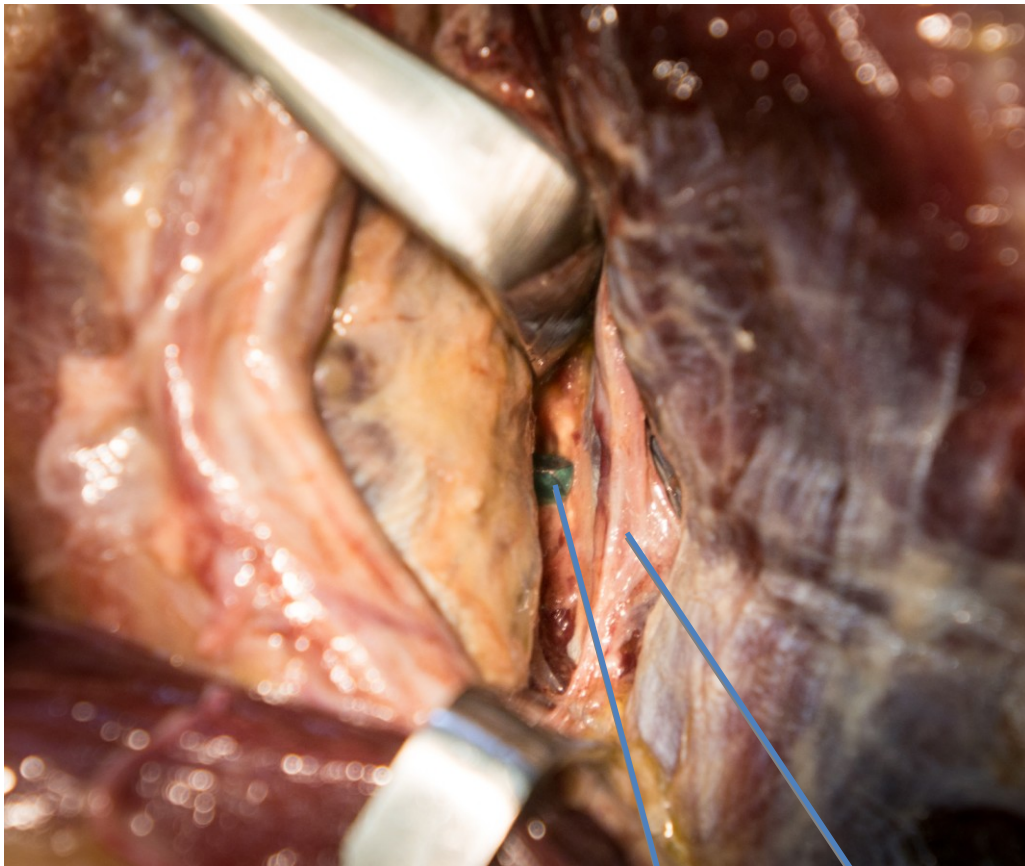


Abbildung 29: Arteria femoralis profunda und Schraubenspitze am Präparat

Schraubenspitze
AFP

4. Ergebnisse

Für diese Arbeit wurden 3 untere, rechte Extremitäten vermessen. Dabei waren 67% (n=2) weiblich und 33% (n=1) männlich.

weiblich	männlich
2	1
67%	33%

Tab. 1: Präparataufstellung

Die Länge des Femurs, also die Distanz vom Trochanter major zur Spitze des Condylus femoris lateralis betrug im Mittelwert 43cm.

Der Abstand von medialer Corticalis zur Arteria femoralis profunda betrug im Mittelwert 15,3mm.

Präparat 1

Bei diesem Präparat handelte es sich um eine untere Extremität - die Länge des Oberschenkelknochens betrug 42,5cm, der Abstand von der medialen Corticalis zur Arteria femoralis profunda betrug 15mm.



Abbildung 32: Präparat 1

Präparat 2

Untere Extremität mit einer Femurlänge von 49cm. Hier betrug der Abstand von medialer Corticalis zur Arteria femoralis profunda 20mm.

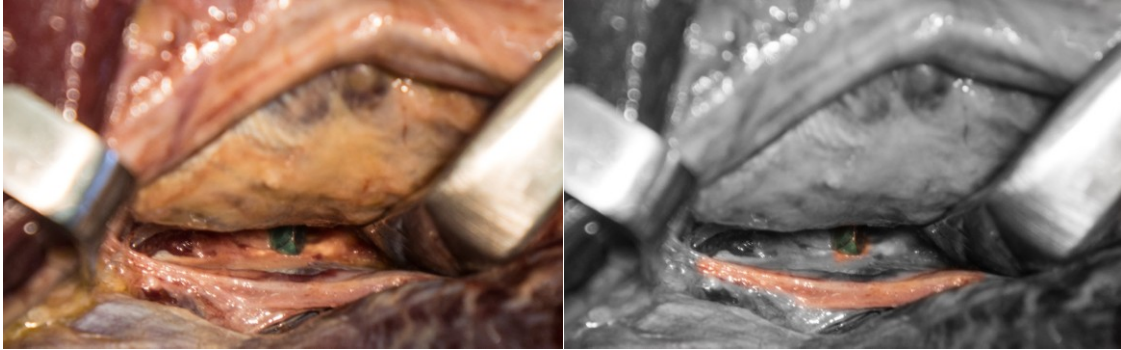


Abbildung 33: Präparat 2

Präparat 3

Es handelte sich um eine untere Extremität mit einer Länge von 37,5cm. Die Distanz zwischen Arteria femoralis profunda und medialer Corticalis betrug 11mm.

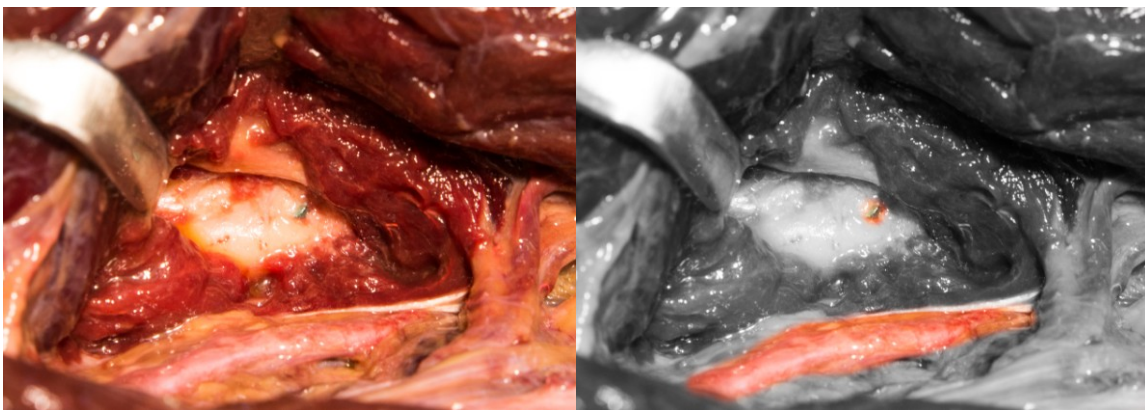


Abbildung 34: Präparat 34

Bei diesen Präparaten zeigte sich keine relevante Näherung der Schraubenspitze zur AFP.

5. Diskussion

Bei der Vermessung der für diese Arbeit präparierten Extremitäten zeigten sich keine kritischen Distanzen zwischen Schraubenspitze und Arteria femoralis profunda. Vorsicht sei jedoch beim Bohren des Schraubenlochs geboten – hier könnte es passieren, dass bei der Durchstoßung der medialen Corticaliswand der Bohrer unkontrolliert in die Tiefe weitergeschoben wird und somit zu einer Verletzung der Arterie führen kann.

H. Clement konnte in einer seiner Studien anschaulich machen, wie viele Millimeter die Spitze eines Bohrers beim Durchbohren der fernen Corticalis im Durchschnitt über das Niveau des Knochens hinausragt. Hier zeigte sich dass es selbst bei erfahrenen Unfallchirurgen beim Durchbohren der Corticalis um ein Vordringen der Spitze des Bohrers im Schnitt um 5,97mm kommt. [14]

In dieser Arbeit zeigte sich, dass es zu keiner gefährlichen Näherung der Schraubenspitze zur AFP kommt. Verfolgt man die AFP in ihrem Verlauf nach distal, so zeigt sich eine Verminderung der Distanz zwischen medialer Corticalis und AFP. Wählt man also einen längeren intramedullären Nagel als die von uns verwendeten, wodurch die distale Fixationsschraube weiter distal angebracht wird, so könnte es durchaus zu einer Verletzung der AFP kommen.

Nicht überprüft werden konnte durch die geringe Zahl der Präparate, welchen Einfluss der Anteversionswinkel auf die Beziehung Schraubenspitze – AFP hat. Bei stark abweichendem Anteversionswinkel kommt es, durch die etwas geänderte Drehung des Nagels im Markraum, zu einer ebenso veränderten Bohrrichtung des Verriegelungsloches. Hier könnte eine Aussage nur dann getroffen werden, wenn eine statistisch ausreichende Anzahl von „Extrem-Präparaten“ für die Untersuchung zur Verfügung stände. Das ist aber aus logistischer Sicht unmöglich.

Bei den hier präparierten Extremitäten zeigte sich, dass der Abstand von medialer Corticalis und Arteria femoralis profunda mit zunehmender Femurlänge größer wird. Dies liegt daran, dass die Länge des intramedullär liegenden Nagels bei allen 3 Präparaten gleich lang war. Das heißt, je länger das Femur, desto

proximaler (im Verhältnis) liegt die distale Verriegelungsschraube im Schaft und desto weiter ist die Schraubenspitze von der Arteria femoralis profunda entfernt. Anatomisch lässt sich dies so erklären, dass sich die Arteria femoralis profunda in ihrem Verlauf nach distal an das Femur nach und nach annähert. Wählt man einen langen intramedullären Nagel, so wird die Verriegelungsschraube weiter distal angebracht werden. Hier könnte es eher zur Konfrontation mit der Arteria femoralis profunda kommen da sie weiter distal näher am Knochen verläuft.

Es liegen keine vergleichenden Arbeiten zu dieser speziellen Fragestellung vor, das Hauptaugenmerk der Komplikationen von PFNA-Implantaten liegt auf dem „cutting-out“ des Nagel. Hierbei kommt es zum Durchschneiden des Kraftträgers durch die Spongiosa des Femurkopfes und der Kopfkalotte was zu belastenden Reeingriffen führt. Dies kommt mit einer Häufigkeit von 9-15% bei Osteosynthesen für pertrochantäre Frakturen vor. [15]

Weitere Komplikationen die bei der Implantation eines PFNA häufiger auftreten können sind:

- Infektionen
- Oberflächliche Blutungen mit Ausbildung von Hämatomen
- Frakturen des Schafts bei Einbringung des intramedullären Nagels

Zu einer möglichen, dann aber meist folgenschweren Komplikationen von Osteosynthesen im Bereich des proximalen Femurs, zählt das Auftreten eines Pseudoaneurysmas der AFP. Dies kommt jedoch nur in seltenen Fällen vor und ist bis lang nur bei Osteosynthesen mittels Gamma-Nagel beschrieben. [16]

6. Literaturverzeichnis

- [1] Rauber K. Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas. 2. verbesserte Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1998.
- [2] Benninghoff D. Taschenbuch Anatomie. 1. Auflage ed. München: Urban & Fischer Verlag; 2008.
- [3] Anton Hafferl WT. Lehrbuch der topographischen Anatomie. 3. Auflage ed. Heidelberg, New York: Springer Verlag; 1969.
- [4] R. Putz RP. Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen. 21. Auflage ed. München: Urban & Fischer Verlag; 1993.
- [5] Thiel. Photographischer Atlas der Praktischen Anatomie. 2., aktualisierte Neuauflage ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2002.
- [6] Synthes GmbH, PFNA Proximaler Femurnagel Antirotation; Operationstechnik
<http://synthes.vo.llnwd.net/o16/Mobile/Synthes%20International/KYO/Trauma/PDFs/016.000.398.pdf> Zugriff am 22.11.2012
- [7] J. Jerosch, J. Heisel, A.B. Imhoff. Fortbildung Orthopädie Traumatologie. Band 11: Hüfte ed. Darmstadt: Steinkopff Verlag; 2005.
- [8] Bühren V TO. Checkliste Traumatologie. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2005.
- [9] Joachim Pfeil. Hüftchirurgie. Würzburg: Steinkopff Verlag; 2008.
- [10] Jürgen Krämer JG. Orthopädie Unfallchirurgie. 8. neubearbeitete und erweiterte Auflage ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2007.

- [11] Helmuth Rössler WR. Orthopädie und Unfallchirurgie. 19., aktualisierte und erweiterte Auflage ed. München: Urban & Fischer Verlag; 2005.
- [12] JP Stannard, AH Schmidt, PJ Kregor, A Wentzensen, F Gebhard. Spezielle Unfallchirurgie. 1. Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2011.
- [13] Friedrich Anderhuber RR. "Wie von Zucker" Der Grazer Anatom Walter Thiel. Graz: Leykam; 1999.
- [14] Clement H, Heidari N, Grechenig W, et al. Drilling, not a benign procedure: Laboratory simulation of true drilling depth. *Injury* 2012; 43(6):950-2.
- [15] Bonnaire F, Weber A, Bösl O, et al. "Cutting out" in pertrochanteric fractures. *Der Unfallchirurg* 2007(110):425-432.
- [16] Unay K, Poyanli O, Akan K, et al. Profunda femoris artery pseudoaneurysm after surgery and trauma. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2008;3:127-129.

