

DIPLOMARBEIT

Anatomie des medialen Femurcondylenlappens und sein Einsatz zur Rekonstruktion von komplexen Defekten mit Beteiligung verschiedener Gewebekomponenten

eingereicht von

Anna Vasilyeva

Geb.Dat.: 03.10.1975

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Plastische, Ästhetische und

Rekonstruktive Chirurgie

und

am Anatomischen Institut

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dr. med. Michael Schintler

Graz, am 11.02.2013

.....

(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 11.02.2013

.....
Unterschrift

Danksagungen

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ. Prof. Dr. med. Michael Schintler für die Idee und Bereitstellung des Themas, die Organisation der ganzen Studie, seine hilfsbereite Unterstützung in sämtlichen Belangen, und liebenswürdige Betreuung dieser Diplomarbeit.

Ich möchte mich auch bei Herrn OA Dr. med. Karl Heinz Bürger, Facharzt für Unfallchirurgie in Klagenfurt für seine bereitwillige Übermittlung seiner wertvollen Erfahrung und die Möglichkeit der Assistenz bei seinen Operationen mit der Hebung der Lappen aus dem medialen Femurkondylus herzlich bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Friedrich Anderhuber, Vorstand des Anatomischen Institutes der Medizinischen Universität Graz und bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Norbert Tesch für die Bereitstellung der Präparate und Ermöglichung der anatomischen Studie bedanken.

Ein großer Dank ergeht an alle, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben: Herrn Univ. Ass. Dr. med. Daryousch Parvizi danke ich für seine Unterstützung bei den anatomischen Präparationen und Bilddokumentation.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und lieben Freunden bedanken, die mich im Laufe meines Studiums immer unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Abstract	8
Einleitung	9
1. Anatomische Grundlagen	10
1.1. Anatomie der medialen distalen Oberschenkelregion.....	10
1.2. Besonderheiten der Durchblutung der medialen distalen Oberschenkelregion	22
2. Mögliche Lappentypen aus der distalen medialen Oberschenkelregion und deren Anwendungen	24
2.1. Fasziokutane Lappen aus der distalen medialen Oberschenkelregion.....	27
2.1.1. Transpositions-lappen.....	27
2.1.2. Gestielter fasziokutaner Insellappen.....	31
2.1.3. Freier fasziokutaner Saphenuslappen.....	32
2.2. Osteo-periostale (corticoperiosteale) und kortikospongiöse (corticocancellouse) Lappen aus der distalen medialen Oberschenkelregion	37
2.3. Osteo-kutaner (osteo-periosteo-kutaner) Lappen aus der distalen medialen Oberschenkelregion.....	42
2.4. Osteo-ligamentärer und osteo-tendo-kutaner Lappen aus der distalen medialen Oberschenkelregion.....	43
2.5. Osteo-muskulärer (osseomuscular flap) und osteo-myo-kutaner Lappen aus der distalen medialen Oberschenkelregion.....	43
3. Anatomische Studie	47
3.1. Material und Methoden.....	47
3.2. Präparation.....	47
3.3. Ergebnisse.....	48
4. Diskussion	62
5. Konklusion	65
6. Literaturverzeichnis	66

Abkürzungen

A. – Arteria

Aa. – Arteriae

Abb. – Abbildung

Angio-CT – Angio-Computertomographie

AP – Arteria. poplitea

AS – Arteria. saphena

bzw. - beziehungsweise

DGA – descending genicular artery (Arteria genicularis descendens)

et al. – (lateinisch) bedeutet wortwörtlich „und andere“

k.A. – keine Angaben

M. – Musculus

MCL – medial collateral ligament

MMPA – medial metaphyseal periosteal artery

N. - Nervus

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

SFA – superficial femoral artery

V. – Vena

Vv. – Venae

Ø – im Durchschnitt

Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Anatomie der Muskeln der unteren Extremität.....	13
Abb.2	Bandstrukturen des Kniegelenkes.....	14
Abb.3	Hautnerven der unteren Extremität.....	15
Abb.4	Gefäßstämme an der unteren Extremität.....	16
Abb.5	Gefäßversorgung im distalen Oberschenkel-, Knie- und proximalen Unterschenkelbereich.....	17
Abb.6	Gefäßversorgung im Kniebereich.....	19
Abb.7	Anatomie beim Austritt aus dem Adduktorenkanal.....	20
Abb.8	Anatomie der medialen distalen Oberschenkel- und der medialen proximalen Unterschenkelregion.....	21
Abb.9	Schematische Darstellung der Gefäßversorgung über dem medialen Femurkondylus.....	26
Abb.10	Typen der Gefäßversorgung von fasziokutanen Lappen.....	28
Abb.11	Auf der A. saphena basierender Transpositions-lappen.....	29
Abb.12	Reverser-Transpositions-lappen.....	30
Abb.13	Saphenus Lappen als gestielter oder freier fasziokutane Lappen.....	33
Abb.14	Hautinnervation an der Entnahmestelle des Saphenus Lappens.....	34
Abb.15	Lappenhebung unter Einbeziehung der sensiblen Nerven.....	35
Abb.16	Reverser gestielter -Lappen.....	36
Abb.17	Vaskularisation des Knochens.....	29
Abb.18	Vaskuläre Anatomie der medialen Kondylus- und der suprakondylären Region.....	40
Abb.19	Vaskuläre Anatomie des osteo-periostalen Lappens.....	41
Abb.20	Kortiko-periostale Durchblutung der medio-distalen Femurregion.....	44
Abb.21	Osteo-kutaner (osteo-fasziokutaner) Lappen vom medialen Femurkondylus	45
Abb.22	Gefäßanatomie des kombinierten osteo-muskulären Lappens aus dem distalen M. vastus medialis und der Patella.....	46
Abb.23	Anatomische Besonderheiten der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus.....	51

Fotoverzeichnis

Foto 1.	Die A. genus descendens verzweigt sich in 2 weitere Äste: A. saphena und R. musculoarticularis.....	58
Foto 2.	Die A. genus descendens verzweigt sich in 3 weitere Äste: A. saphena, R. muscularis, R. articularis.....	58
Foto 3.	Der Hautast aus dem R. articularis.....	59
Foto 4.	Der R. articularis entspringt nicht aus der A. genus descendens, sondern aus der A. superior medialis genus (aus der A. poplitea).....	59
Foto 5.	Aus der A. genus descendens entspringen: A. saphena, R. muscularis und R. articularis, der muskuläre Äste nach seiner Abzweigung abgibt.....	60
Foto 6.	Aus der A. genus descendens entspringen: A. saphena und R. articularis, der muskuläre Äste nach seiner Abzweigung abgibt.....	60
Foto 7.	Die A. saphena entspringt separat aus der A. femoralis.....	61
Foto 8.	Die A. saphena entspringt aus der A. poplitea.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 A.	Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 1 - 9).....	52
Tabelle 1 B.	Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 10 - 18).....	53
Tabelle 1 C.	Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 19 - 27).....	54
Tabelle 1 D.	Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 28 - 35).....	55
Tabelle 2.	Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus	56
Tabelle 3.	Übersicht anatomischer Studien des medialen Femurkondylus.....	57

Zusammenfassung

Die Rekonstruktion von komplexen Defekten unterschiedlicher Genese mit Beteiligung verschiedener Gewebekomponenten stellt eine besondere Herausforderung für die plastisch-rekonstruktiven Chirurgie dar. Der Ersatz verschiedener Gewebekomponenten erfordert für eine adäquate Rekonstruktion die Hebung von kombinierten Lappenplastiken aus einer geeigneten Spenderregion. Aufgrund dieser Voraussetzungen haben wir uns aus anatomischer Sicht mit den Lappenplastiken aus dem Bereich des medialen Femurkondylus befasst und die bereits in der Literatur beschriebenen Anwendungen aus anatomischer Sicht kritisch evaluiert. Die A. genus descendens mit ihren periostalen, kutanen und muskulären Ästen dient als versorgendes Gefäß des kombinierten Lappens aus dieser Region. Ein aus mehreren Gewebekomponenten bestehender Lappen kann individuell kombiniert und angepasst zur Rekonstruktion von komplexen Defekten verwendet werden.

In der vorliegenden Diplomarbeit werden verschiedene Möglichkeiten der Lappenplastiken aus der Region des medialen Femurkondylus unter Berücksichtigung anatomischer Besonderheiten dargestellt. Die Ergebnisse unserer eigenen anatomischen Studie wurden mit der Literatur zu diesem Thema und anderen anatomischen Studien verglichen.

Obwohl vorausgegangene Studien eine relativ konstante Gefäßanatomie nachwiesen, müssen bei der Präparation bzw. Lappenhebung, besonders bei der Hebung der kombinierten Lappen, sämtliche mögliche anatomische Varianten beachtet werden.

Anatomische und anatomisch-klinische Untersuchungen können die Möglichkeiten potentieller Spenderregionen und ihre klinische Anwendung und Einsatzspektrum in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie erweitern.

Abstract

The reconstruction of complex tissue defects of different etiologies involving different tissue components is still challenging in plastic and reconstructive surgery. The reconstructive procedure requires a combined flap consisting of different tissues from an adequate donor area. With regard to these facts our main concern was to focus on anatomical aspects of transplants from the area of the medial femoral condyle and critically evaluate the described applications in literature.

The descending genicular artery with its periosteal, cutaneous and muscular branches is the supplying vessel of the combined flap from the area of the medial femoral condyle. Due to the consistency of vessel length and diameter and the continuous distribution in periosteal, cutaneous and muscular branches this area offers the possibility of a donor site for various combined flaps for the coverage and suitable reconstruction of complex defects.

In this study, the anatomical characteristics and potentials of various flaps from the region of the medial femoral condyle are represented.

The results of our own anatomical study was compared with previous results in literature on this subject, namely with others anatomical studies.

Although the previous anatomical studies proved a relative constant vascular anatomy, all probable anatomical variants must attract attention during a preparation of the flap, particularly preparation of a combined flap.

Anatomical studies and clinical experiences are able to enlarge the potential resources of the donor regions.

Einleitung

Defekte unterschiedlicher Genese mit Beteiligung verschiedener Gewebskomponenten stellen nach wie vor eine große Herausforderung für die plastisch-rekonstruktiven Chirurgie dar. Für die adäquate funktionelle, als auch ästhetische Wiederherstellung werden in der Regel, kombinierte Lappenplastiken benötigt.

Der kombinierte Lappen besteht aus mehreren Gewebekomponenten, was die anatomische Wiederherstellung eines komplexen Defektes ermöglicht.

Jeder kombinierte Lappen hat bestimmte Einschränkungen bezüglich seiner Gewebekomponenten, sei es die Form, das Ausmaß der Knochen, Muskel, Sehne oder Hautkomponente als auch die Länge des Gefäßstieles. Dies schränkt die Auswahl der geeigneten Spenderregionen ein.

Die medio-distale Oberschenkelregion hat auf Grund der besonderen regionalen und Gefäßanatomie mit langem Gefäßstiel und der geringen Hebedeformität Vorteile, und kann als geeignete Spenderregion der verschiedenen Lappenkombinationen mit vielseitigen Einsatzmöglichkeiten angesehen werden.

Es unterscheiden sich in der Literatur beschriebene verschiedene Lappen aus der medio-distalen Oberschenkelregion, die als, kutane, osteo-kutane, kortiko-periostale, osteo-periosteo-kutane, osteo-ligamentäre Lappen verwendet werden können. Die Lappen aus der medio-distalen Oberschenkelregion bieten auf Grund des besonderen Versorgungsgebiets der Arterie genus descendens vielseitigste Einsatz- und Kombinationsmöglichkeiten von Gewebetypen bei geringer Hebedefekt morbidity. Versorgt über die Endäste der Arteria genus descendens können sowohl Haut, der distale Anteil des Musculus vastus medialis, die Sehne des Musculus adductor magnus, Knochenkomponenten vom medialen Femurkondylus als einzelne oder kombinierte Transplantate entnommen werden.

1. Anatomische Grundlagen

1.1. Anatomie der medialen distalen Oberschenkelregion

Den kaudalen Teil der medialen distalen Oberschenkelregion stellt der Condylus medialis femoris mit dem Epicondylus medialis femoris dar. Der Condylus medialis femoris ist der medial gelegene, distale Gelenkfortsatz (Kondylus) des Oberschenkelknochens (Femur).

Der Epicondylus medialis femoris ist eine Knochenvorwölbung auf der medialen Seite des Oberschenkelknochens (Femur) – gleich über dem distalen Gelenkkopf (Kondylus). Der Kondylus ist die überknorpelte Gelenkfläche des Femur. Der Epicondylus medialis femoris ist kräftiger ausgeprägt als der Epicondylus lateralis femoris auf der Gegenseite. Er dient als Ansatz für den distalen Anteil des Musculus adductor magnus und als Ursprung für den Caput mediale des Musculus gastrocnemius (**Abb.1**).

Der Oberschenkelknochen (Femur) mit dem Schienbein (Tibia) und der Kniescheibe (Patella) bilden die gelenkige Verbildung - das Kniegelenk. Die Gelenkflächen des Kniegelenkes sind die überknorpelte Gelenkflächen von Femur und Tibia bzw. Kondylen, und noch zusätzlich eine Gelenkfläche (Facies patellaris) für die mit Knorpel bedeckte Facies articularis der Kniescheibe. Zwischen Kondylen von Ober- und Unterschenkelknochen liegen die mit der Gelenkkapsel verwachsenen, faserknorpeligen Menisken, der Meniscus medialis (Innenmeniskus) und der Meniscus lateralis (Außenmeniskus). Das Kniegelenk wird durch komplexe Bandstrukturen (Ligamenten) gesichert. Die weite Gelenkkapsel (Capsula articularis) umfasst alle Gelenkflächen des Kniegelenks einschließlich der Patella (**Abb.2**).

Vorne wird das Kniegelenk weiterhin durch die als Ligamentum patellae bezeichnete Fortsetzung der Sehne des Musculus quadriceps femoris stabilisiert.

Medial ist das Kniegelenk durch das medialen Seitenband (Ligamentum collaterale mediale), auch Kollateralband genannt, das proximal am medialen Epikondylus des Oberschenkelknochens (Epicondylus medialis femoris) und distal unterhalb des medialen Kondylus des Schienbeines (Condylus medialis tibiae) befestigt ist, stabilisiert. Auch zu den medialen Bändern des Kniegelenkes gehört das zwischen dem Ligamentum patellae und dem medialen Seitenband liegende mediale Kniescheibenhalteband (Retinaculum patellae mediale) (**Abb.2**) (J. Sobotta; A. Faller et al.; H. Frick et al.; J.W. Rohen et al.).

Die Haut der medialen distalen Oberschenkelregion wird versorgt durch die sensiblen Äste des Nervus obturatorius und Nervus femoralis (N. cutaneus femoris medialis und N.

saphenus) (**Abb.3, 12**). Subkutan medial verläuft die größte subkutane Vene der unteren Extremität, die V. saphena magna.

Unter der Oberschenkelfaszie unterscheiden sich in der distalen medialen Oberschenkelregion antero-medial die Extensoren- und medial die Adduktoren; Muskelgruppen, die das Bein strecken, bzw. zum Körper heranziehen. (**Abb.1**).

Zu den durch den N. femoralis innervierten Extensoren dieser Region gehören der M. vastus medialis und der M. sartorius, zu den durch den N. obturatorius innervierten Adduktoren- der M. gracilis und der M. adductor magnus (der auch durch den N. tibialis innerviert wird).

Der M. vastus medialis entspringt von der Medialseite des dorsalen Oberschenkelknochens, der obere Anteil an der Linea intertrochanterica. Der M. vastus medialis bildet zusammen mit M. vastus lateralis, M. vastus intermedius und M. rectus femoris den M. quadriceps femoris (**Abb.1**).

Die gemeinsame Sehne dieser vier Muskeln beginnt etwa fünf bis zehn Zentimeter kranial der Kniescheibe und geht über die Kniescheibe in das Ligamentum patellae über, das an einer Aufrauung des Unterschenkels, der Tuberositas tibiae, inseriert.

Der M. sartorius verläuft bogenförmig quer von ventral-lateral nach dorsal-medial. Der Ursprung des M. sartorius bildet die Spina iliaca anterior superior des Os ilium und der darunter gelegene Abschnitt des Vorderrands der Darmbeinschaukel (Ala ossis ilii). Seinen Ansatz findet er an der medialen Seite der Tibia. Die Ansatzsehne des M. sartorius bildet zusammen mit den Sehnen des M. gracilis und M. semitendinosus den sogenannten Pes anserinus.

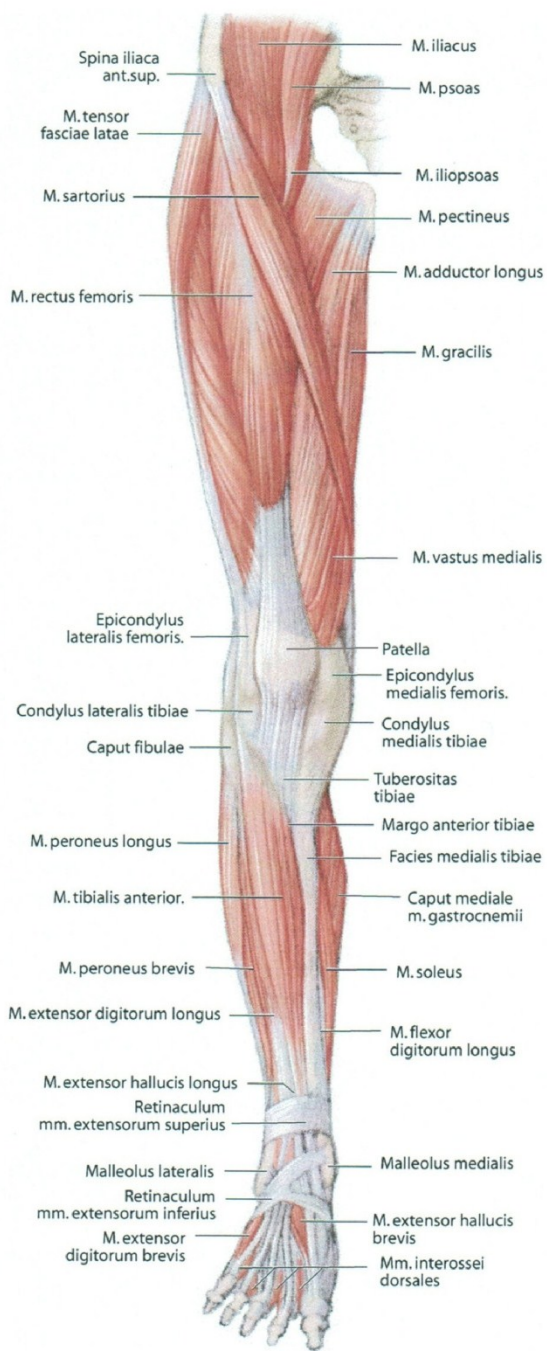
Der M. gracilis liegt auf der Medialseite des Oberschenkels und ist hier der am weitesten oberflächlich gelegene Muskel. Der M. gracilis entspringt über eine dünne Aponeurose vom unteren Ast (Ramus inferior) des Schambeins (Os pubis) und vom Unterrand der Beckensymphyse. Die runde Ansatzsehne des Muskels inseriert medial der Tuberositas tibiae gemeinsam mit der Sehne des M. sartorius und des M. semitendinosus im Pes anserinus. Einige Fasern strahlen in die tiefe Beinfaszie ein.

Der M. adductor magnus liegt auch auf der Medialseite des Oberschenkels, sein Ursprung erstreckt sich vom Ramus inferior des Schambeins bis zum Tuber ischiadicum. Die proximalen Fasern des M. adductor magnus setzen am Labium mediale der Linea aspera an, die distalen am Tuberculum adductorium des Epicondylus medialis.

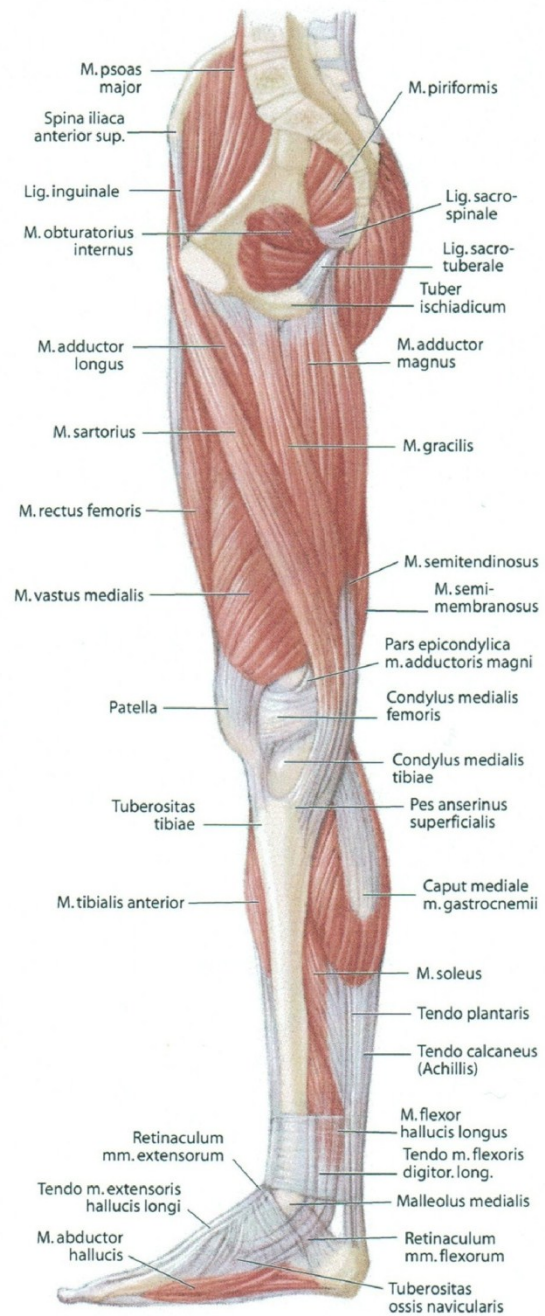
Der M. adductor magnus bildet zwischen seinem fleischigen und seinem sehnigen Ansatz einen Schlitz –den Hiatus adductorius (Hiatus tendineus), der von einer sehnigen Platte zwischen den Mm. adductores magnus et longus sowie dem M. vastus medialis (Membrana

vastoadductoria) zum Canalis adductorius verschlossen wird. Durch den Adduktorenkanal ziehen die A. femoralis und die V. femoralis nach dorsal, nach dem Austritt aus dem Adduktorenkanal heißen sie A. und V. poplitea (**Abb.4**).

Kurz vor dem Austritt aus dem Canalis adductorius entspringt aus der A. femoralis die A. genus descendens (A. descendens genicularis), die sich unmittelbar danach meist in drei Äste, nämlich einen Ramus muscularis, einen Ramus articularis und in eine A. saphena oder in zwei Äste, einen Ramus musculoarticularis oder Ramus articularis und A. saphena aufteilt (**Abb.4, 5, 6**).



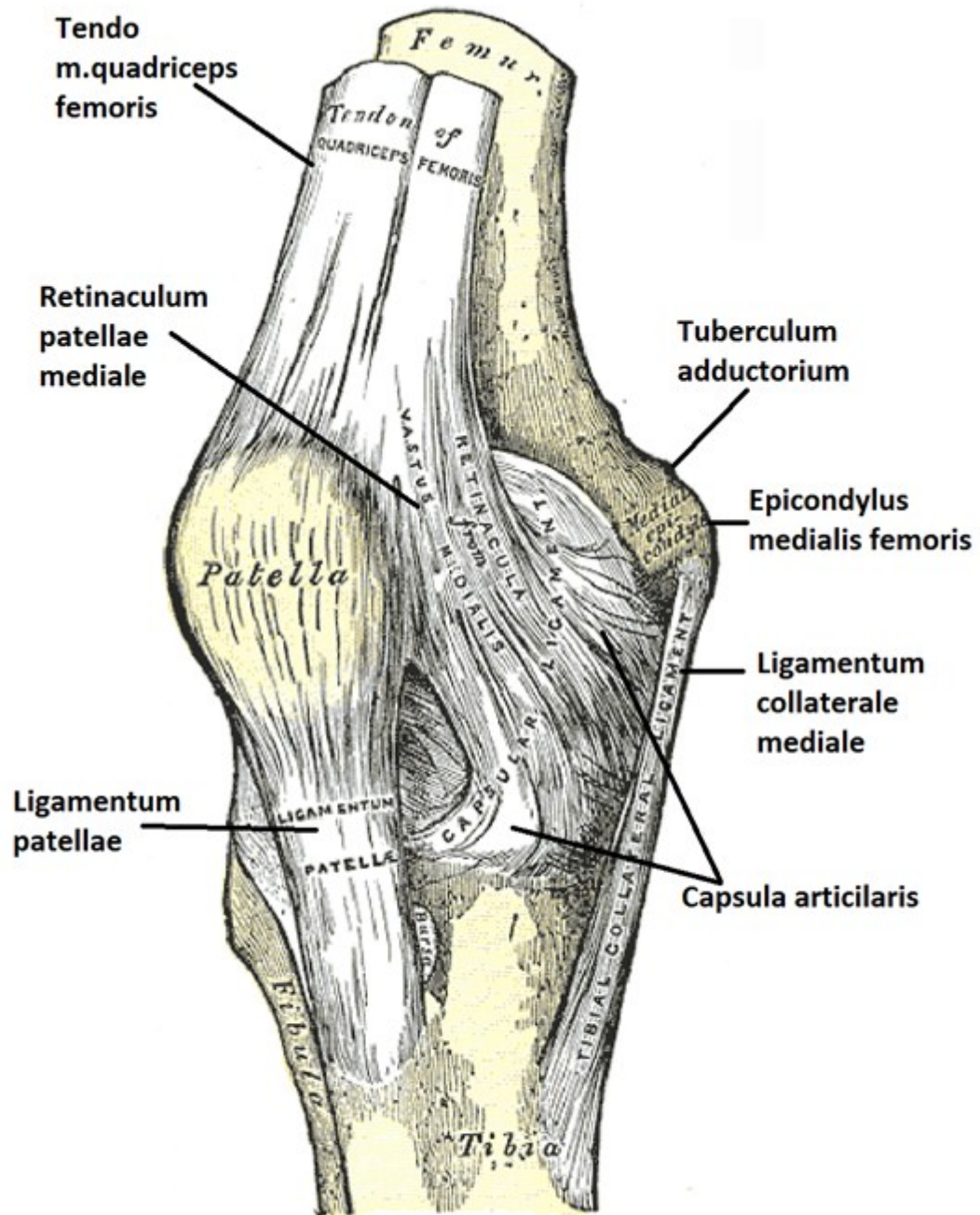
Ansicht von ventral



Ansicht von medial

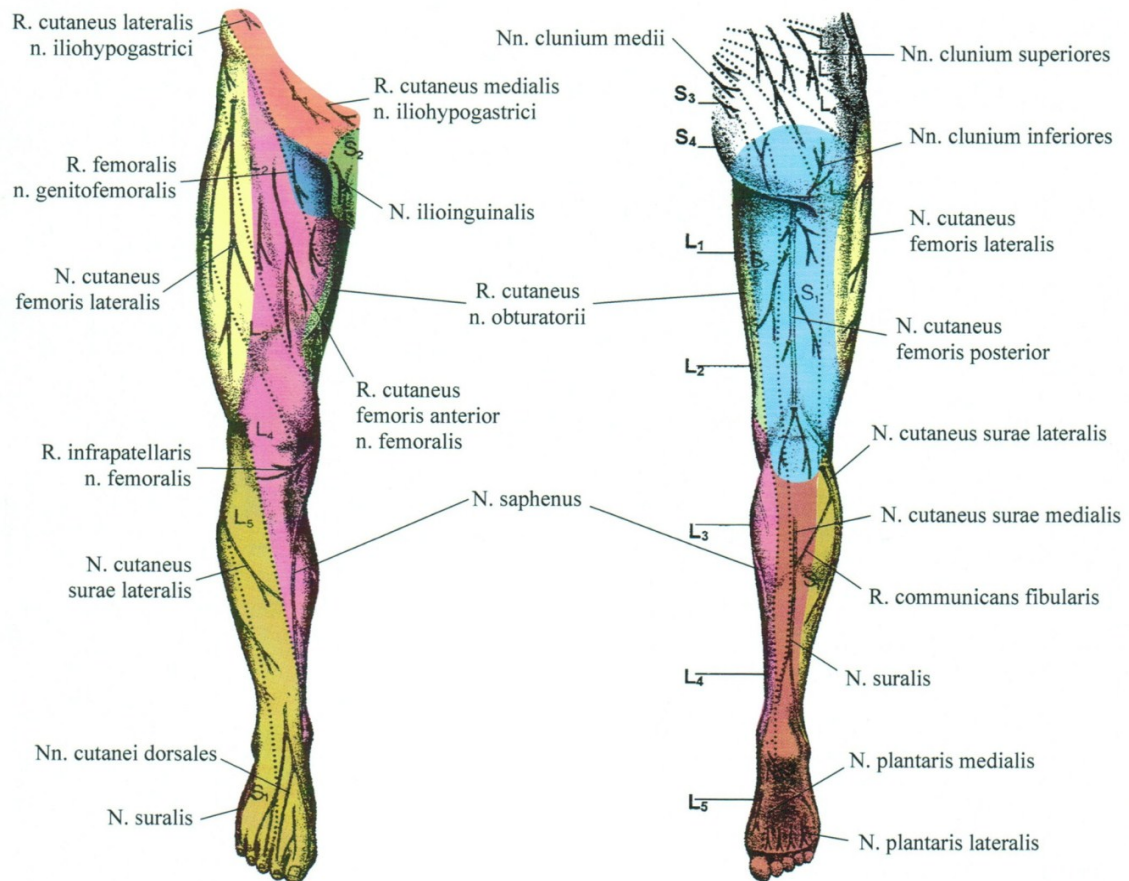
Muskeln und Sehnen im Oberschenkel-, Knie- und Unterschenkelbereich.

Abb.1 Anatomie der Muskeln der unteren Extremität (A. Berger, R. Hierner „Plastische Chirurgie. Band IV: Extremitäten“, 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg)



**Bandstrukturen des Kniegelenkes.
Ansicht von antero-medial.**

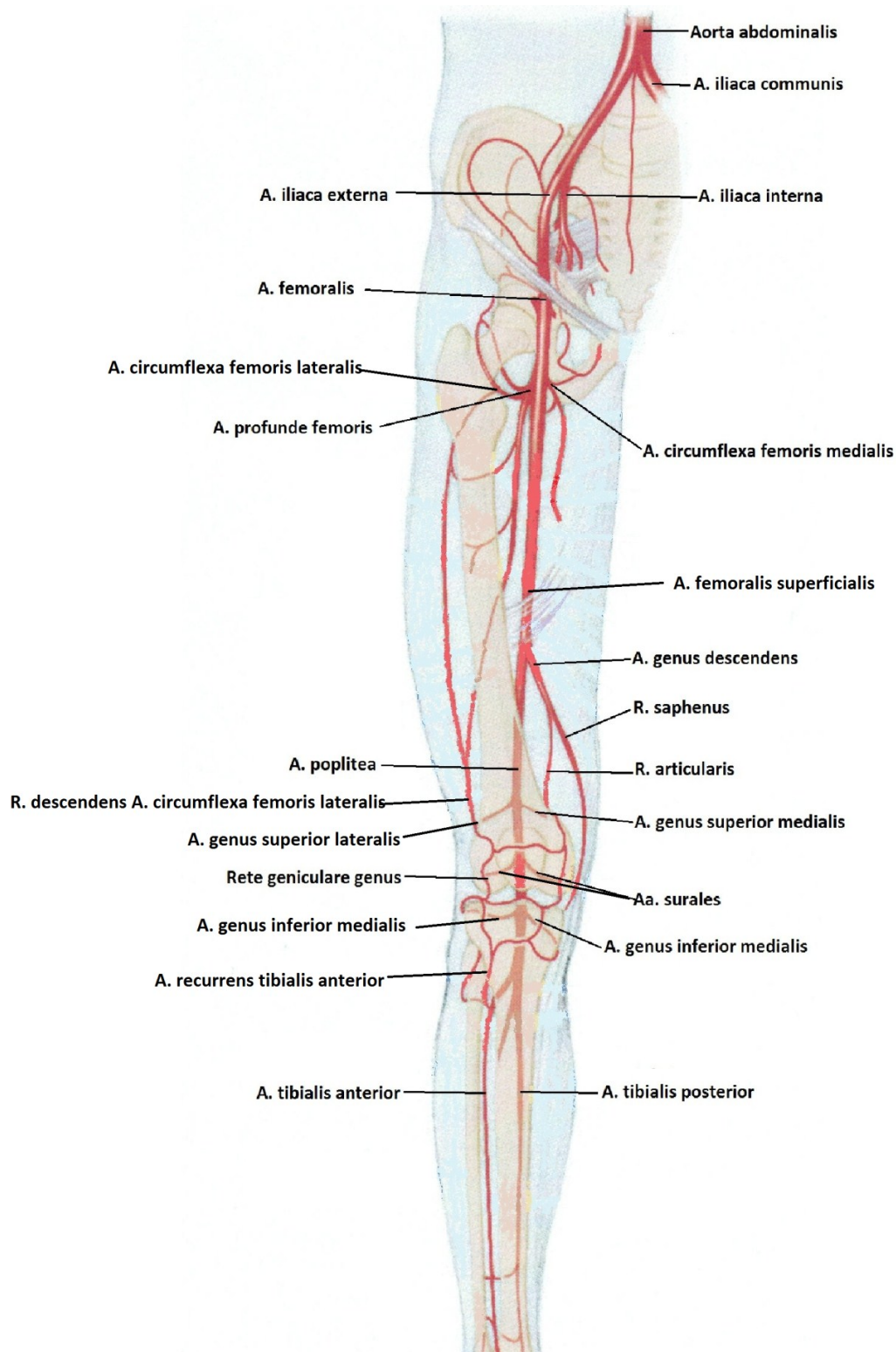
Abb.2 Bandstrukturen des Kniegelenkes (“Gray's Anatomy for Students” R.L. Drake, A.W. Vogl and A.W. M. Mitchell. Elsevier GmbH, Urban Fischer Verlag, 2007)



- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| N. iliohypogastricus | N. femoralis |
| N. ilioinguinalis | N. obturatorius |
| N. genitofemoralis | N. cutaneus femoris posterior |
| N. cutaneus femoris laterali | N. tibialis |
| N. fibularis | |

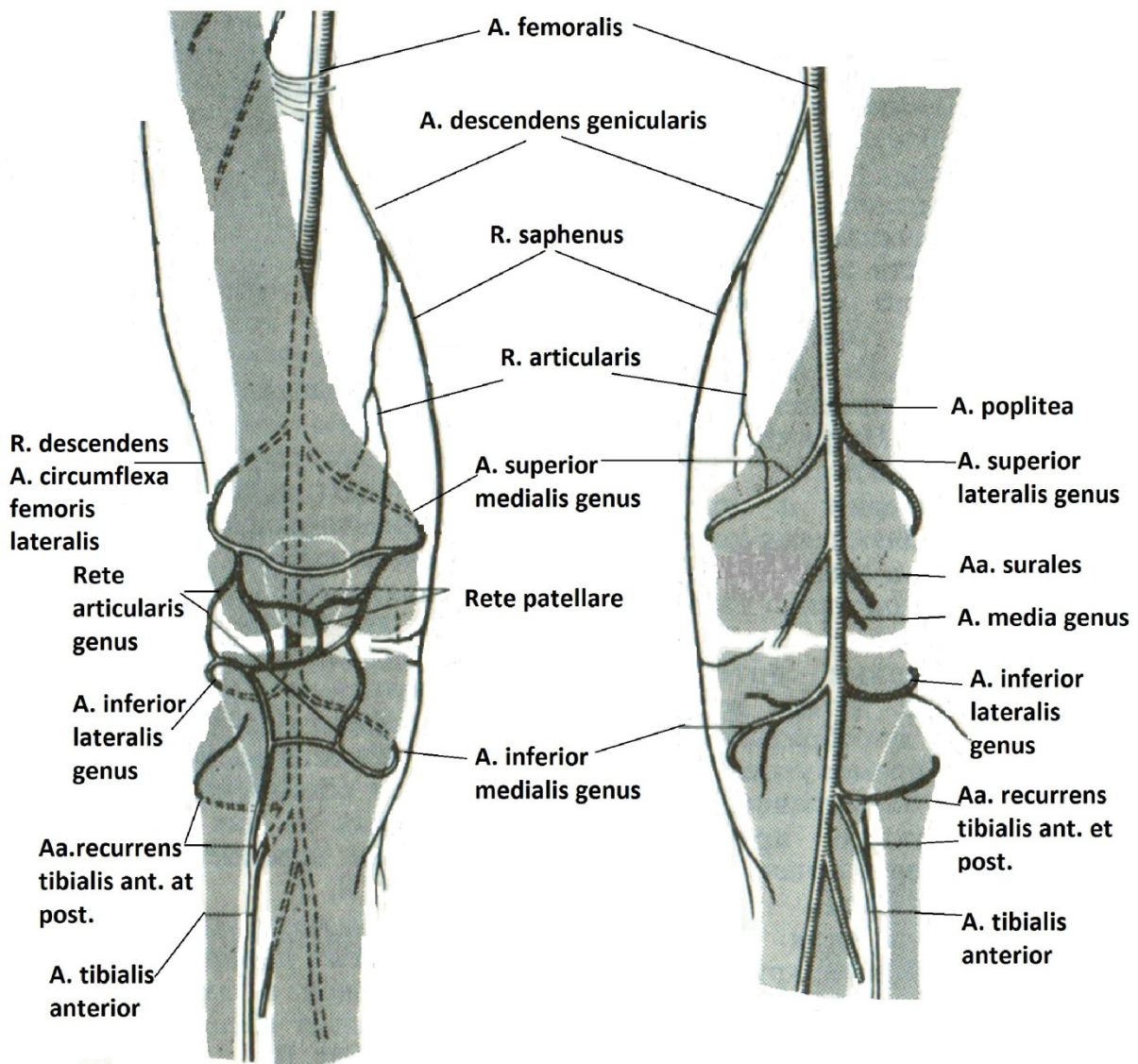
Hautnerven der unteren Extremität

Abb.3 Hautnerven der unteren Extremität (N. Garzorz „Neuroanatomie. Basic S“
Urban Fischer Verlag / Elsevier GmbH, 2008)



**Gefäßstämme im Oberschenkel-, Knie- und Unterschenkelbereich.
Ansicht von ventral.**

Abb.4 Gefäßstämme an der unteren Extremität (A. Berger, R. Hierner „Plastische Chirurgie. Band IV: Extremitäten“, 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg)



**Arterien der unteren Extremität.
Ansicht von ventral**

**Arterien der unteren Extremität.
Ansicht von dorsal**

Abb.5 Gefäßversorgung im distalen Oberschenkel-, Knie- und proximalen Unterschenkelbereich (H. Feneis „Pocket Atlas of Human Anatomy“ Georg Thieme Verlag Stuttgart New York, 1994)

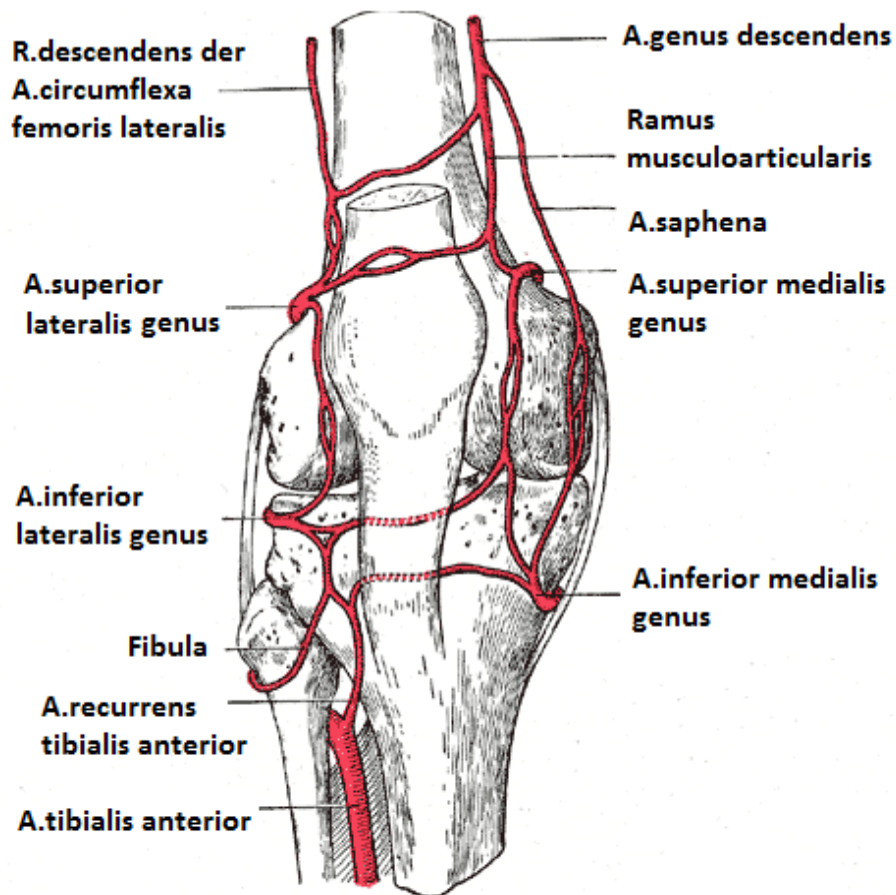
Die A. saphena (Ramus saphenus) durchbohrt die Aponeurose des Adduktorenkanals, die Membrana vastoadductoria, und begleitet den Nervus saphenus zur medialen Seite des Knies (**Abb.7**). Dort zieht die A. saphena zwischen dem M. sartorius und dem M. gracilis zur Oberfläche, durchbohrt die Fascia lata und verzweigt sich an der distalen medialen Seite des Oberschenkels. Die A. saphena anastomosiert mit Ästen der A. genus superior medialis und kaudal der A. genus inferior medialis, die aus der A. poplitea entspringen (**Abb.6**).

Der Ramus articularis zieht hinter dem medialen Rand des Musculus vastus medialis und medio-ventral der Sehne des Musculus adductor magnus nach kaudal zur medialen Seite des Knies nach kaudal (**Abb.18**).

Im Bereich des medialen Femurkondylus anastomosiert der R. articularis mit Ästen der A. genus superior medialis (aus der A. poplitea), als auch mit anderen periostealen Ästen (aus A. femoralis superficialis) (**Abb.20**) (M.L. Iorio et al.).

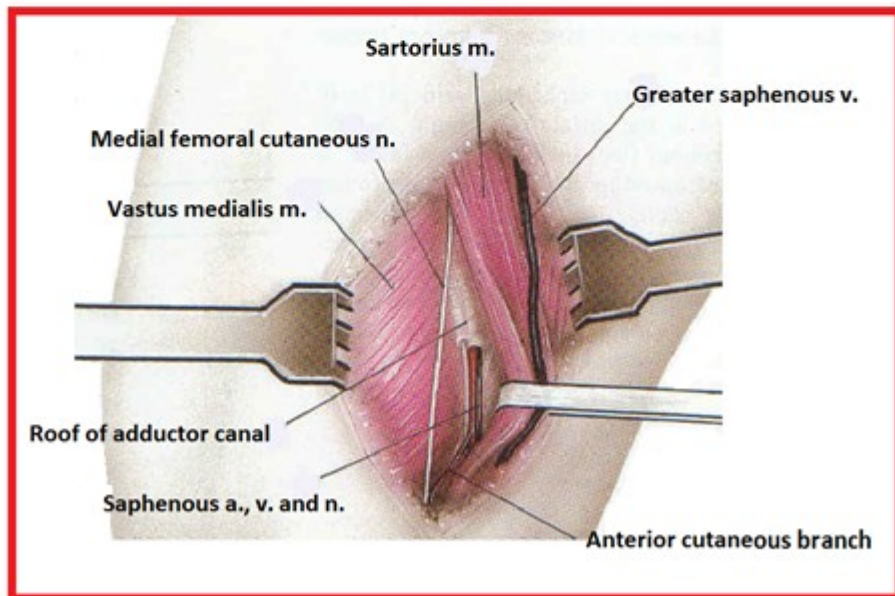
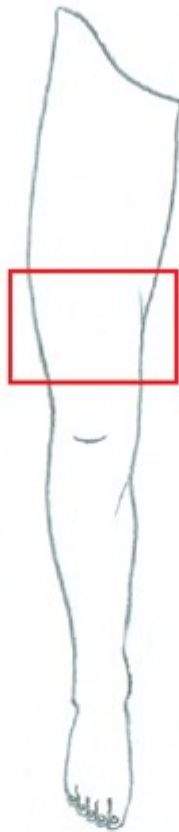
Der Ramus muscularis (oder muskuläre Äste des R. articularis) versorgen den distalen Anteil des Musculus vastus medialis. Den proximalen Anteil des M. vastus medialis versorgt das proximal aus der A. femoralis superficialis ausgehende dominante Gefäß (**Abb.22**) (E. Polykandriotis et al.).

Gemeinsam mit A. und V. femoralis zieht der sensible Endast des N. femoralis aus dem Plexus lumbalis – der N. saphenus durch den Adduktorenkanal. Der N. saphenus durchbricht die den Adduktorenkanal nach vorne begrenzende Membrana vastoadductoria und zieht nach ventral, um schließlich mit der V. saphena magna hinter dem Epicondylus medialis zum Unterschenkel zu ziehen und die Haut an der medialen Seite des Unterschenkels zu innervieren (**Abb.3, 7, 8**).



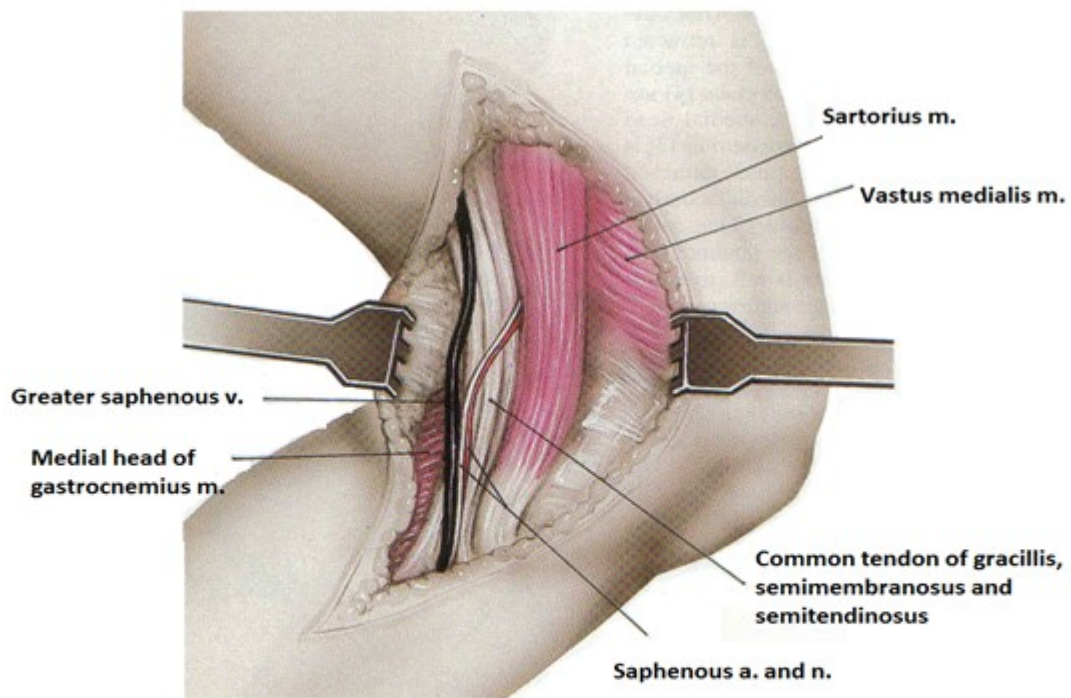
**Gefäßversorgung im Kniebereich.
Ansicht von ventral**

Abb.6 Gefäßversorgung im Kniebereich (“Gray's Anatomy for Students” R.L. Drake, A.W. Vogl and A.W. M. Mitchell. Elsevier GmbH, Urban Fischer Verlag, 2007)



Anatomie beim Austritt aus dem Adduktorenkanal am medialen Oberschenkel

Abb.7 Anatomie beim Austritt aus dem Adduktorenkanal (B. Strauch, H.-L. Yu with Z.-W. Chen, R. Liebling “Atlas of Microvascular Surgery. Anatomy and operative approaches” Thieme Medical Publishers, New York, 2006)



**Anatomie der medialen distalen Oberschenkel -
und der medialen proximalen Unterschenkelregion.**

Abb.8 Anatomie der medialen distalen Oberschenkel- und der medialen proximalen Unterschenkelregion (B. Strauch, H.-L. Yu with Z.-W. Chen, R. Liebling “Atlas of Microvascular Surgery. Anatomy and operative approaches” Thieme Medical Publishers, New York, 2006)

1.2. Besonderheiten der Durchblutung der medialen distalen Oberschenkelregion

Die A. genus descendens aus der A. femoralis superficialis versorgt über seine Äste sowohl den distalen Anteil des M. vastus medialis (über einen R. muscularis oder einen R. musculoarticularis), das Hautareal des medialen distalen Oberschenkels (über die A. saphena und auch über die Hautäste aus dem R. articularis), als auch das Periost mit dem darunter liegenden Knochen im medialen suprakondylären und kondylären Bereich (über R. articularis oder R. musculoarticularis).

Durch vielfältige Anastomosen zwischen den Ästen der A. genus descendens und anderen Ästen der A. femoralis superficialis und der A. poplitea wird die Durchblutung des A. genus descendens-Gebietes, als auch der anliegenden Areale (z.B. distaler Femur, Patella, antero-medial anliegende Hautareale) gesichert.

Der Ramus muscularis kann seinen Ursprung von der A. genus descendens oder der A. femoralis superficialis nehmen und versorgt den M. vastus medialis distal. Der R. articularis gibt auch oft muskuläre Äste zum M. vastus medialis ab. Proximal wird der Muskel über ein dominantes, aus der proximalen A. femoralis superficialis ausgehendes Gefäß versorgt (**Abb.22**) (E. Polykandriotis et al.).

Im Bereich des medialen Femurkondylus anastomosiert der R. articularis mit der A. genus superior medialis (aus der A. poplitea) und dann verzweigt er sich in periosteale Äste, R. transversales und R. longitudinales, die auch Anastomosen mit periostealen Ästen aus anderen Durchblutungsquellen bilden. Weiter kranial anastomosiert der R. transversales mit der aus der A. femoralis superficialis, proximal der A. genus descendens ausgehenden, A. medialis metaphysalis periostales. (**Abb.20**) (M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins).

Die A. genus descendens bzw. ihr R. articularis nimmt zusammen mit A. genus superior medialis, A. genus inferior medialis, A. genus superior lateralis, A. genus inferior lateralis, A. recurrens tibialis anterior, und dem R. descendens der A. circumflexa femoris lateralis an der Blutversorgung des Knies teil (**Abb.5, 6**) (H. Gray; H. Feneis).

Die Durchblutung der Haut am distalen medialen Oberschenkel wird durch variable Perforatoren vielfältig versorgt. Zu den Durchblutungsquellen dieser Hautregion gehören die A. saphena aus der A. genus descendens, direkte Perforatorarterien aus der A. femoralis superficialis, der A. genus descendens, der A. poplitea, aus dem R. articularis und dem R. ostealis oder dem R. osteo-articularis (F. Moscatiello et al.). Der R. cutaneus aus der A. genus

descendens bzw. aus dem R. articularis nimmt seinen Ursprung distal in Höhe des medialen Femurkondylus (**Abb.20**) (M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins).

Es bilden sich auch verschiedene kutane Anastomosen in der medialen distalen Oberschenkelregion, zum Beispiel, zwischen A. saphena und A. genus superior medialis (**Abb.16**) (S.J. Mathes, F. Nahai).

Bei einer kombinierten Lappenplastik, wo kombinierte Haut-, Muskel-, Sehnen-, Periost- und Knochen-Transplantate benötigt werden, ist das Vorhandensein der Gefäßverbindungen der einzelnen Gewebekomponenten mit dem gemeinsamen Gefäßstiel von großer Bedeutung. Deswegen sind die verschiedenen Anastomosen, Perforatoren, die mit der A. genus descendens oder ihren Ästen verbunden sind, besonders wichtig und nützlich.

2. Mögliche Lappentypen aus der distalen medialen Oberschenkelregion und deren Anwendungen

Zur Behandlung von Gewebedefiziten unterschiedlicher Genese werden Lappenplastiken, das heißt Gewebeanteile, die durch definierte Gefäße versorgt werden, entnommen und in den Defekt, in dem das Gewebe benötigt wird, übertragen. Dies kann im Sinne einer lokal gestielten Lappenplastik, nur an dem definierten Gefäß hängend (Insellappen) oder als freier mikrochirurgischer Gewebettransfer erfolgen.

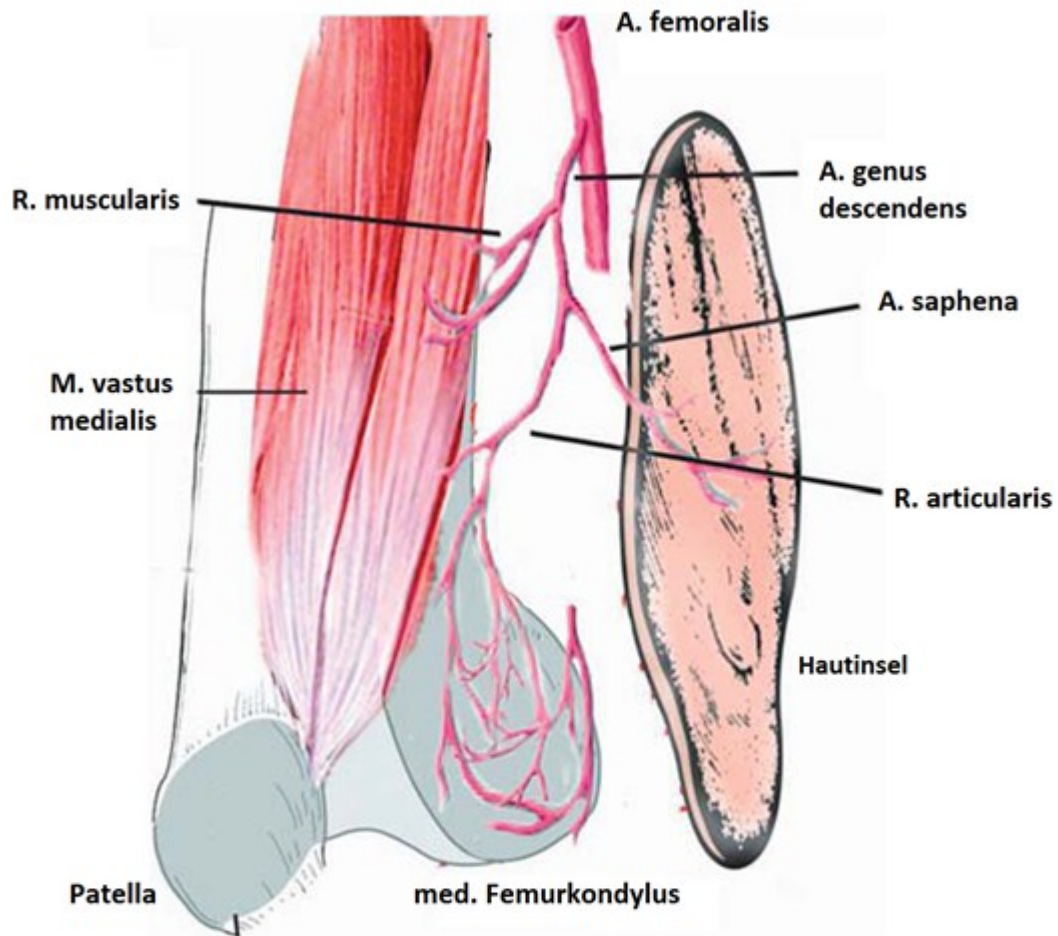
Auf Grund des besonderen Versorgungsgebietes der Arterie *genus descendens* ist eine Hebung der aus verschiedenen Gewebetypen bestehenden Lappen in der medialen distalen Oberschenkelregion möglich und in der Literatur beschrieben. Der Vorteil dieser Spenderregion ist, dass die Äste der *A. genus descendens*, die *A. saphena* (*Ramus saphenus*), der *R. articularis* und der *R. muscularis* (oder gemeinsamer *R. musculoarticularis*) unterschiedliche Gewebetypen versorgen und trotzdem ihre Blutversorgung gemeinsam über ein definiertes Gefäß erhalten. (**Abb.9**).

In einer anatomisch-klinischen Studie von R.D. Acland et al. wurde 1981 erstmalig der Einsatz einer kutanen Lappenplastik zur Deckung von Hautdefekten als Saphenus-Lappenplastik beschrieben.

Das Vorhandensein der verschiedenen Ästen und Anastomosen in dieser Region, die mit der *A. genus descendens* oder ihren Ästen verbunden sind, ermöglicht eine breite Palette an verschiedenen Lappenplastiken und ihren anatomischen Modifikationen. Besonders für kombinierte Lappenplastiken (Gewebeanteile aus Haut, Muskel, Sehne, Periost mit und ohne Knochen (Kortikalis, Spongiosa)) ist das von großer Bedeutung.

Insbesondere zur Rekonstruktion von Haut-Weichteil-Knochen-Defekten am Kalkaneus, wurden kombinierte osteo-myo-kutane Lappenplastiken beschrieben. (A. Rahmanian-Schwarz et al.). Aber auch mandibulär, orbital, und an der Tibia wurden Gewebedefekte mit kombinierten Lappenplastiken aus dieser Region rekonstruiert (K. Muramatsu et al., K. Doi et al., U.H. Choudry et al., D. Martin et al., S. Kobayashi et al.). A.C. Masquelet hat diese kombinierten Lappenplastiken als Methode der Rekonstruktion am Fuß beschrieben. Aber auch bei Pseudoarthrosen und Knochennekrosen an der oberen und unteren Extremitäten, an der Klavikula und am Kiefer wurden erfolgreich osteo-periostale Lappenplastiken eingesetzt (K. Sakai et al., K. Doi et al., B. Fuchs et al., A.N. Larson et al., L. De Smet, C.V. Penteadó et al.). Außerdem wurden auch Rupturen des Innenbandes und der Kreuzbänder, als auch

Pseudoarthrosen und Knochennekrosen an der Tibia, am Femurkopf und Talus sowohl mit gestielten als auch mit freien vaskularisierten Sehnen- u Knochen-Transplantaten aus der Region des medialen Femurkondylus erfolgreich behandelt (A.C. Masquelet et al.; D. Huang et al.). Zur Deckung von reinen Hautdefekten an den oberen und unteren Extremitäten, und im Gesicht kamen auch kutane Lappenplastiken (Saphenus-Lappenplastiken) mit einem nervalen Anschluss des Lappens über den Nervus saphenus oder den Nervus cutaneus femoris zum Einsatz. (R.D. Acland et al., G.X. Hong et al.).



Schematische Darstellung der Gefäßversorgung über dem medialen Femurkondylus

Abb.9 Schematische Darstellung der Gefäßversorgung über dem medialen Femurkondylus (A. Rahmanian-Schwarz et al. „Kombinierte Lappenplastiken aus der medio-distalen Oberschenkelregion“ Handchirurgie Mikrochirurgie Plastische Chirurgie 2012; 44)

2.1. Fasziokutane Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion

Die A. saphena ist eine septocutane Arterie, die das Hautareal des distalen medialen Oberschenkels und des medialen Kniegelenks vaskularisiert. Der fasziokutane Lappen aus diesem Gebiet zeigt einen direkten kutanen gefäßführenden Stiel (Typ A in der Einteilung nach McCarthy) (S.J. Mathes, F. Nahai) (**Abb.10**).

Die A. saphena wird nach dem Durchtritt aus dem Adduktorenkanal von Begleitvenen (Vv. comitantes) und vom N. saphenus begleitet. Medial von der A. saphena verläuft die subkutan liegende V. saphena magna, lateral davon zieht der N. cutaneus femoris medialis (**Abb.7**). Die A. saphena zieht danach zwischen dem M. sartorius und dem M. gracilis zur Oberfläche, durchbohrt die Fascia lata und verzweigt sich an der distalen medialen Seite des Oberschenkels. Die A. saphena anastomosiert in diesem Bereich mit den aus der A. poplitea entsprungenen Ästen. Die kaudale Anastomose bildet die A. saphena mit der A. genus inferior medialis (**Abb.6**).

Den venösen Abfluss des fasziokutanen Saphenus-Lappen gewährleisten entsprechend die Vv. comitantes und die V. saphena magna. Der Lappen wird über den N. cutaneus femoris medialis und den N. saphenus sensibilis innerviert, falls die sensiblen Nerven in den Lappen miteinbezogen werden (**Abb.14, 15**).

Der obere Rand des fasziokutanen Saphenus-Lappen projiziert sich ca. 10 – 15 cm über dem Kniegelenk.

2.1.1. Transpositions-lappen

Ein Transpositions-lappen besteht im Allgemeinen aus Haut und Unterhaut mit oder ohne Faszie. Der Lappen soll prinzipiell größer sein als der Defekt, den er verschließen soll, zudem sollte die Lappenbasis (die Stelle, an der der Lappen mit der übrigen Haut verbunden ist) ausreichend breit sein, um eine ausreichende Durchblutung zu gewährleisten.

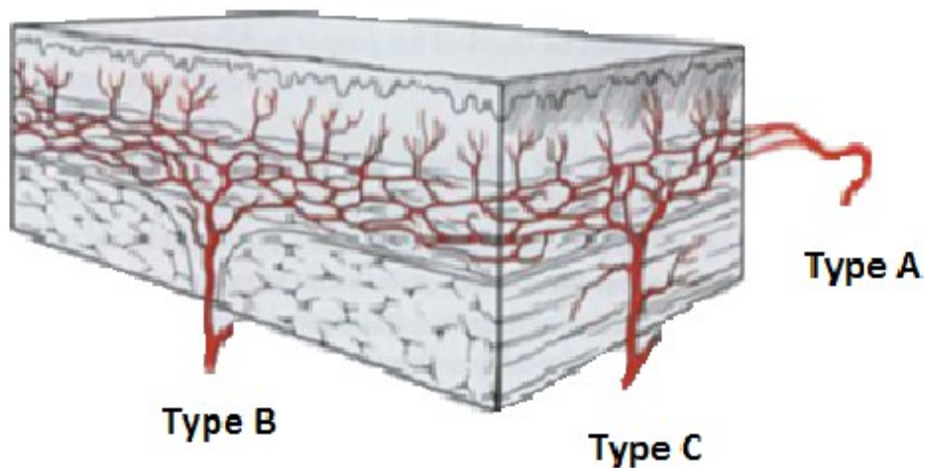
Der Transpositions-lappen wird bei der lokalen Lappenplastik (Nahlappenplastik) zur Defektdeckung verwendet, dabei bleibt ein Teil des Lappens im ursprünglichen Gewebeverband und nur der andere Teil des Lappens wird in den Defekt hinein verlagert.

Die bestehende Hautbrücke zwischen der Entnahme- und der Empfängerstelle erhält die Versorgung mit Blutgefäßen und Nerven.

Basierend auf der A. saphena (als dominanter Stiel) kann der fasziokutane Lappen als **Transpositions-lappen** zur Hautdeckung im Kniebereich verwendet werden (**Abb.11**). Der

Rotationspunkt befindet sich ca. 15 cm über dem Kniespalt (Arbeit von Maria Wiedner „A. genicularis descendens Lappenplastik“).

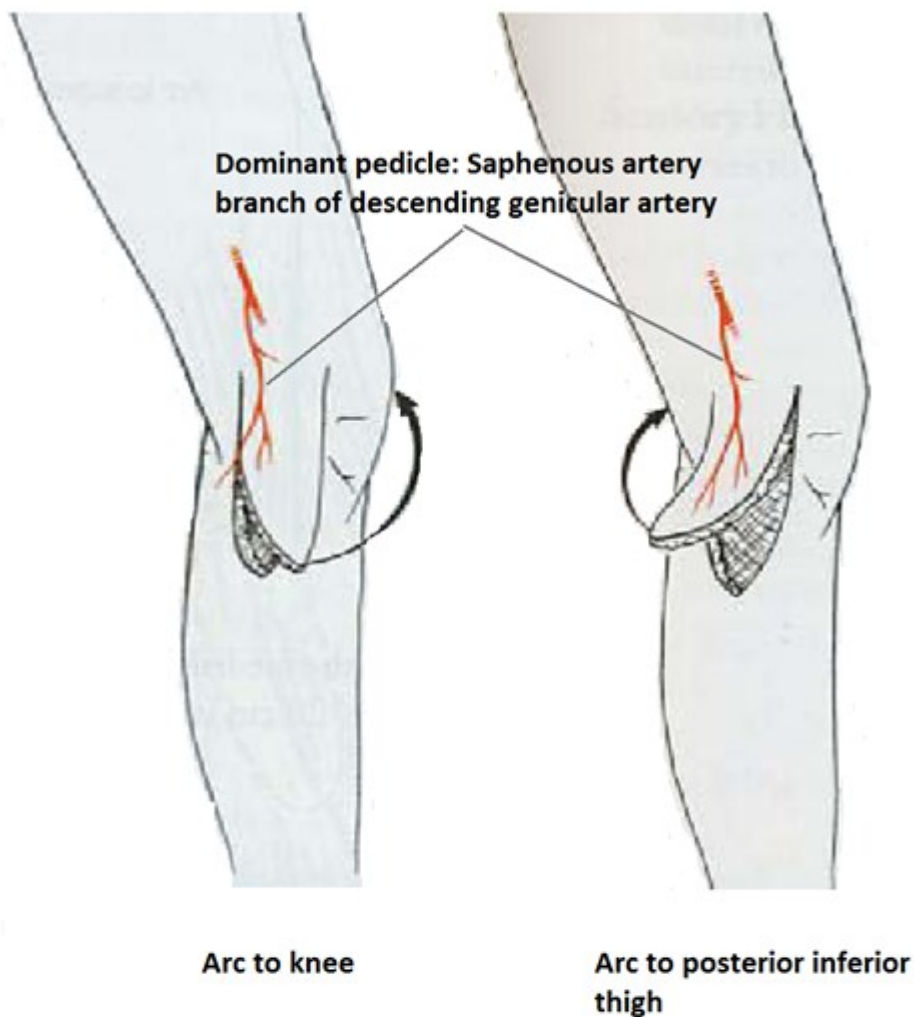
Classification of fascia / fasciocutaneous flaps



Patterns of vascular anatomy:

- Type A, direct cutaneous pedicle;
- Type B, septocutaneous pedicle;
- Type C, musculocutaneous pedicle

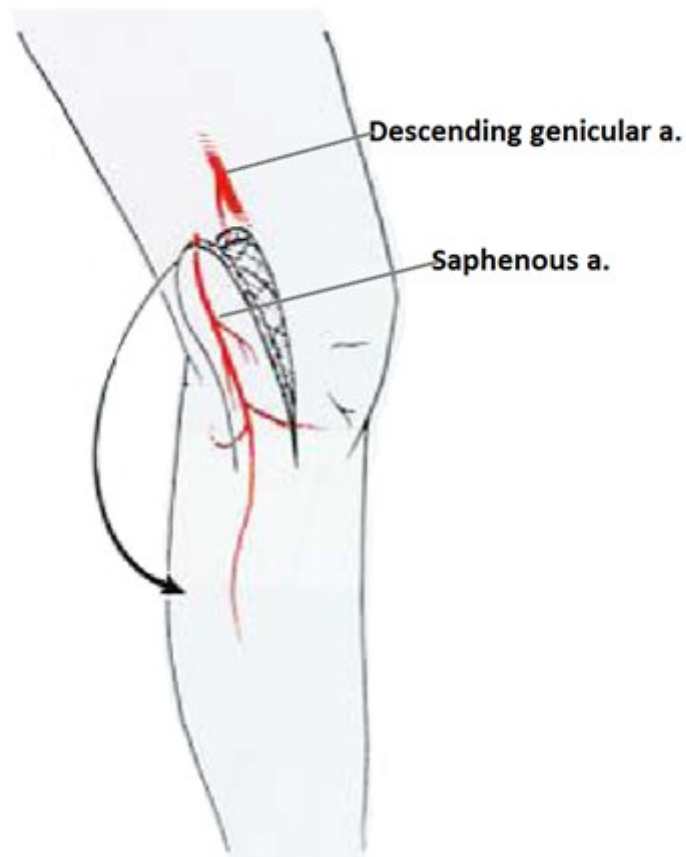
Abb.10 Typen der Gefäßversorgung von fasziokutanen Lappen (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique“ Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



ARC OF ROTATION

Standard Flap: Based on its dominant pedicle this fasciocutaneous flap can be transposed for knee coverage

Abb.11 auf der A. saphena Basierender Transpositionslappen (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



Arc to superior leg

ARC OF ROTATION - cont'd

Reverse Flap: The reverse flap is designed above the knee and the reverse flow is based on anastomotic vessels around the knee that can communicate with the terminal branches of the saphenous artery. This flap will cover upper portions of the leg.

Abb.12 Reverser-Transpositionsflappen (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)

Der fasziokutane Saphenus-Lappen kann auch auf Grund der Anastomosen zwischen der A. saphena und den medialen Kniebereich versorgten Hautästen aus der A. poplitea als **reverser-Transpositions-lappen** zur Defektdeckung im Knie- und im proximalen Unterschenkelbereich verwendet werden. Der reverse-Transpositions-lappen soll am medialen distalen Oberschenkel über dem Knie, damit die Durchblutung über Anastomosen gewährleistet wird, geplant werden (S.J. Mathes, F. Nahai) (**Abb.12**).

Die übliche Größe des Lappens ist ca. 7×20 cm (7 cm breit und 20 cm lang). Aber es wurden auch Lappengrößen von 29×8 cm und von 15×11 cm beschrieben (S.J. Mathes, F. Nahai).

2.1.2. Gestielte fasziokutane Insellappen

Der Insellappen ist ein Lappen ohne zusammenhängende Hautabschnitte, der sich aus einer Hautinsel und einem versorgenden Gewebestiel (Gefäßstiel) zusammensetzt. Die Hautinsel, die in den Defekt verschoben wird, wird komplett umschnitten und teilweise auch von den tieferen Schichten getrennt. Eine Basis mit Versorgungsgefäßen und Nerven verbleibt jedoch, damit die Durchblutung nicht gefährdet wird. Der Insellappen gleitet auf der Lappenbasis in den Defekt hinein.

Hautdefekte im Kniebereich können auch mit einem gestielten Saphenus-Insellappen (**standard saphenous island flap**) gedeckt werden, Die Größe des Lappens wird mit ca. 7×20 cm beschrieben. Die Hautinsel des gestielten Saphenus Lappens wird basierend auf der A. saphena gehoben und in seinem Rotationsradius nach vorne oder nach hinten in den Defekt platziert (**Abb.13**). Der venöse Abfluss funktioniert über die Vv. comitantes und die V. saphena magna. Der Lappen kann sensibel innerviert werden, wenn der N. cutaneus femoris medialis oder der N. saphenus in den Lappen miteinbezogen wird (S.J. Mathes, F. Nahai) (**Abb.14, 15**).

Durch die Hautanastomosen zwischen der A. saphena und der A. superior medialis genus wird auch eine gestielte Revers-Insellappenplastik ermöglicht (**Abb.16**). Die Größe des Revers-Insellappens ist ca. 7×15 cm. Die Planung des **reversen Insellappens** soll unter Berücksichtigung dieser kutanen Anastomosen höher als die Planung des Standard-Insellappens erfolgen (S.J. Mathes, F. Nahai).

Aufgrund der reichen vielfältigen Hautdurchblutung der distalen antero-medialen Oberschenkelregion können **Propeller-Lappen** (180° Drehung um den Gefäßstiel) basierend auf verschiedenen Perforatoren gewonnen werden (**the propeller distal anteromedial thigh**

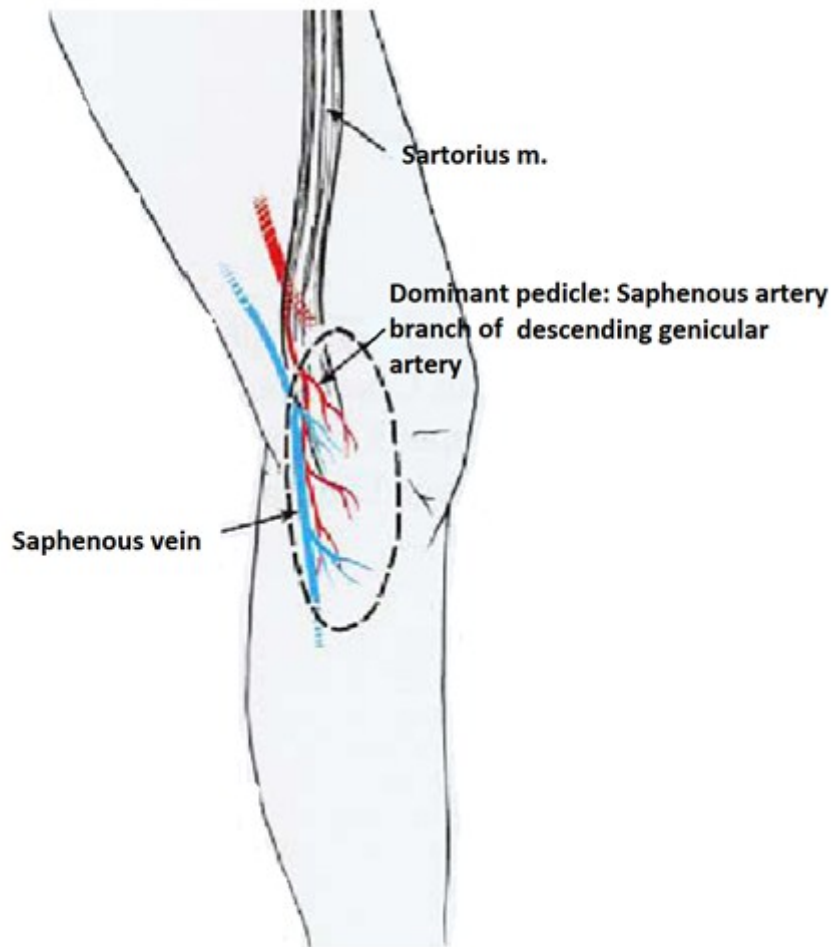
perforator flap). Diese Haut-Perforatoren sind aufgrund der unterschiedlichen Gefäßquellen sehr variabel. Die Haut-Perforatoren können ihren Ursprung von der A. femoralis superficialis, der A. saphena, der A. genus descendens, der A. poplitea, dem R. articularis, dem R. ostealis, oder dem R. osteo-articularis nehmen. Die Propeller-Lappen können von unterschiedlicher Größe sein. Der größte beschriebene Propeller-Lappen aus der distalen antero-medialen Oberschenkelregion war 9×25 cm groß (F. Moscatiello et al.).

2.1.3. Freier fasziokutaner Saphenuslappen

Der freie Lappen hat nach seiner Präparation und Hebung keinerlei Verbindung mit der Entnahmestelle. Der freie Lappen wird mitsamt den ernährenden Gefäßen vollständig herausgelöst und am Empfängerort eingepflanzt. Dabei müssen die ernährenden Gefäße am Empfängerort unter dem Mikroskop mit Blutgefäßen der Spenderregion, den sogenannte Anschlussgefäßen verbunden werden.

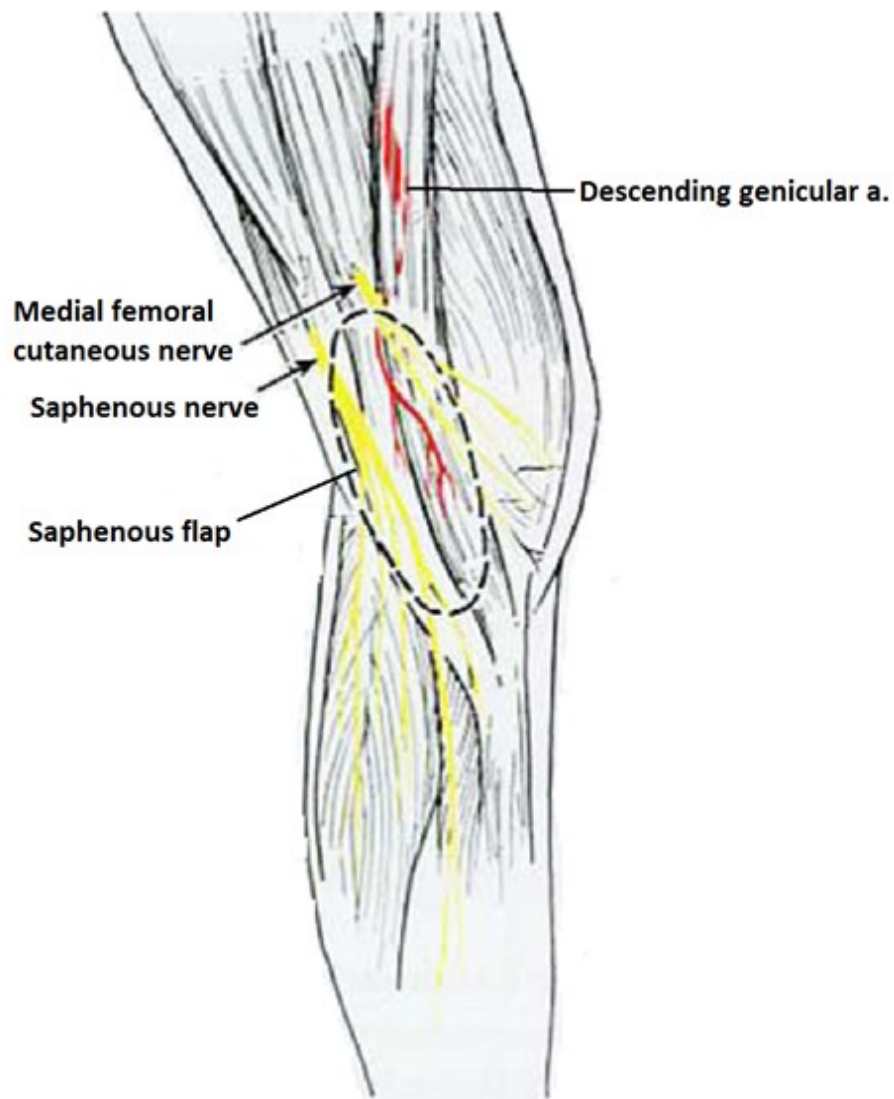
Der fasziokutane Lappen kann als **freier Saphenuslappen** mit der A. saphena als versorgendes Gefäß zur Deckung von Hautdefekten transplantiert werden. Der venöse Abfluss erfolgt über die Vv. comitantes und/oder die V. saphena magna. Der Lappen kann auch sensibel innerviert werden, wenn der N. cutaneus femoris medialis oder der N. saphenus in den Lappen miteinbezogen wird und ein nervaler Anschluss an einen Spendernerv der betroffenen Region durchgeführt wird (**Abb.14, 15**) (B. Strauch, Han-Liang Yu et al.).

Eine Modifikation des freien Saphenus Lappens ist der **arterialisierte venöse Lappen**. Der Lappen basiert sich nur auf der V. saphena magna. Der Lappen setzt sich aus der Hautinsel, dem subkutanen Fettgewebe und der subkutan leicht identifizierbaren V. saphena magna und der Fascia profunda zusammen. Das V. saphena magna distale Ende wird mit der Arterie an der Empfängerstelle, das V. saphena magna proximale Ende wird mit einer Vene an der Empfängerstelle anastomosiert (S.J. Mathes, F. Nahai).



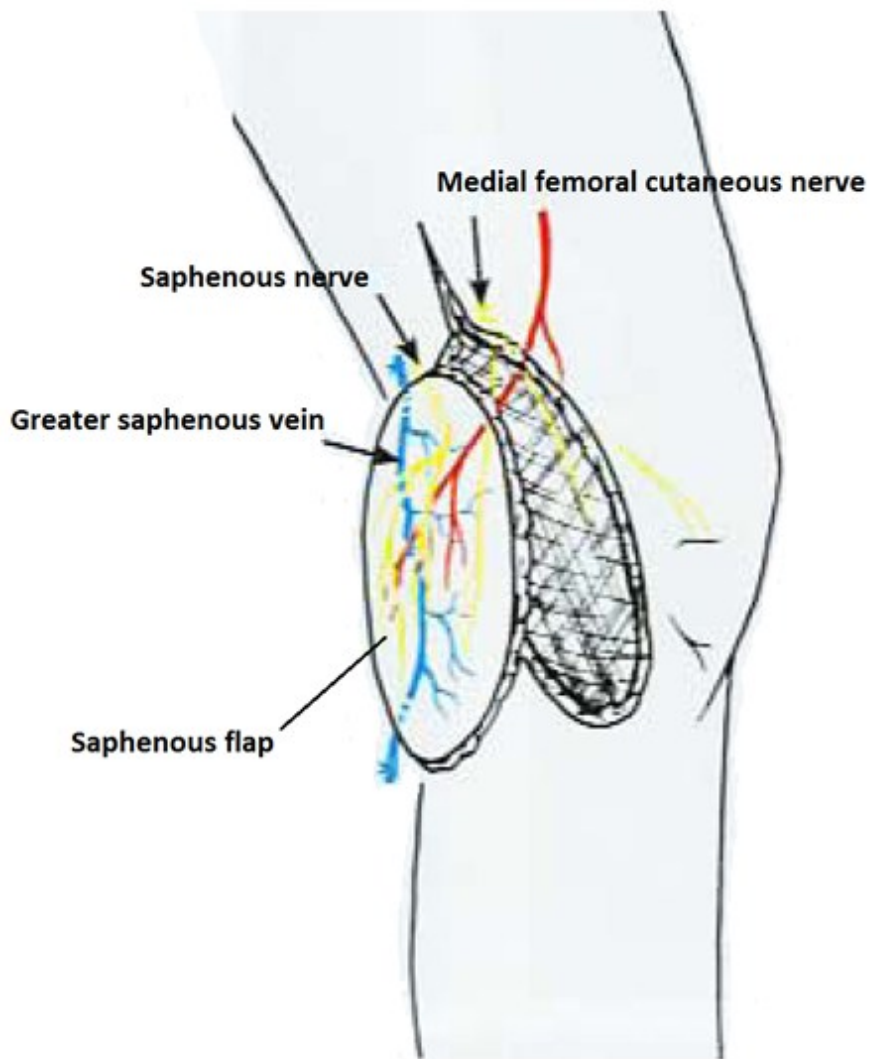
Saphenous island flap

Abb.13 Saphenus Lappen als gestielter oder freier fasziokutane Lappen (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



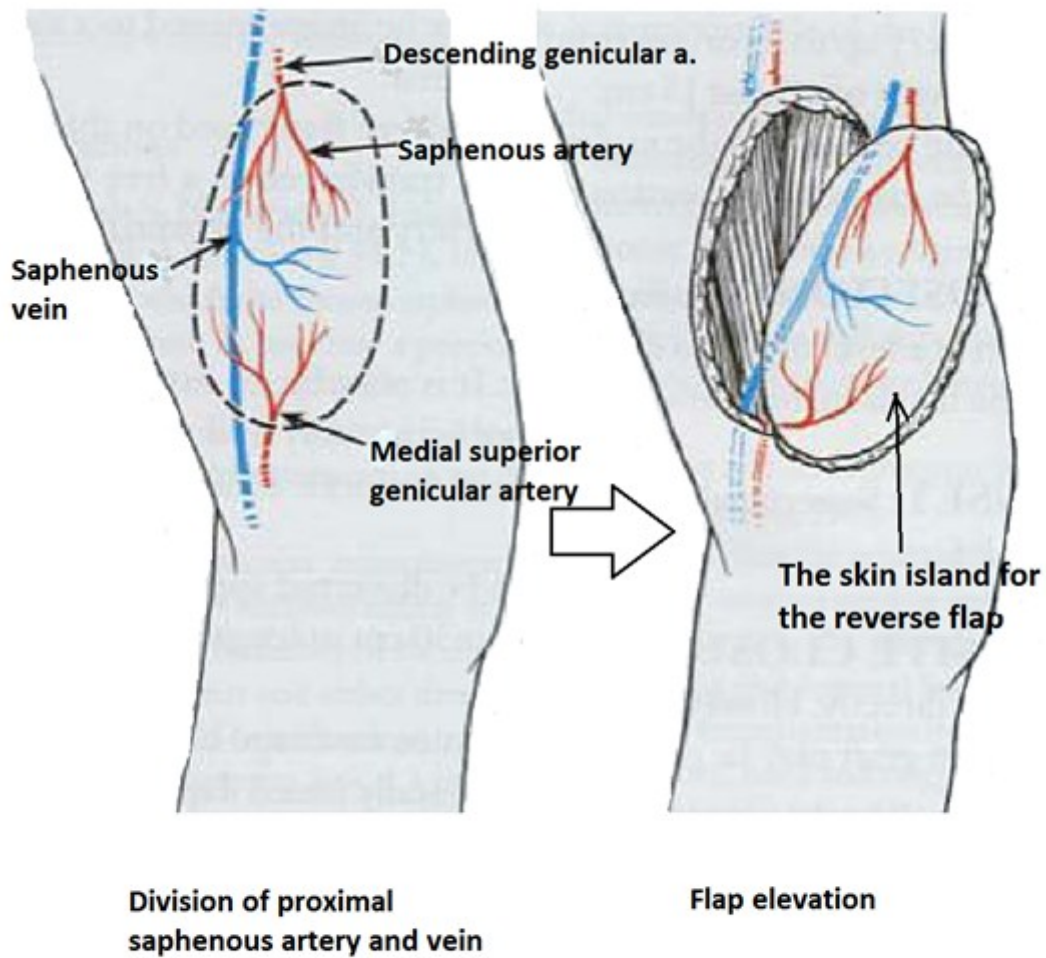
Sensory nerve distribution to flap territory

Abb.14 Hautinnervation an der Entnahmestelle des Saphenus Lappens (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique“ Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



Elevation of neurosensory island flap

Abb.15 Lappenhebung unter Einbeziehung der sensiblen Nerven (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



Reverse Flap

Abb.16 Gestielter Revers-Lappen (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)

2.2. Osteo-periostale (corticoperiosteale) und kortikospongiöse (corticocancellöse) Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion

Die Ernährung des Knochens erfolgt von zwei Seiten, zum einen vom Markraum her über ein von Aa. nutritives gespeistes Gefäßnetz, zum anderen über periostale Gefäße, welche über Volkmann- und Havers-Kanäle die Substantia compacta durchdringen und mit den Markgefäßen anastomosieren (**Abb.17**).

Jeder Knochen ist von einer bindegewebigen Hülle, dem Periost, umgeben. Es dient der Ernährung, Regeneration und dem Schutz des Knochens. Alleinige Transplantation von Periost kann die Knochenneubildung initiieren und Knochentransplantate in Verbindung mit Periost weisen eine bessere Anheilungsquote und geringere Resorptionsrate auf als solche ohne Periost (J.M. Finley et al., M.C. Romana et al.).

Größere Knochendefekte werden besonders erfolgreich durch vaskularisierte kompakte Transplantate ersetzt. Die mikrochirurgisch transplantierten Knochen sind gegen Resorption wesentlich besser geschützt als nichtvaskularisierte Knochentransplantate (F.A. van den Wildenberg et al.).

Der von der A. genus descendens ausgehende Ramus articularis steigt innerhalb des Musculus vastus medialis und ventral der Sehne des Musculus adductor magnus nach kaudal zur medialen Seite des Knies ab und anastomosiert dort mit der A. genus superior medialis aus der A. poplitea (**Abb.6**).

Der R. articularis aus der A. genus descendens sowie die periostalen Äste aus der A. genus superior medialis nehmen an der Versorgung der medialen suprakondylären Femurregion teil. (**Abb.18**).

Der osteo-periostale (corticoperiosteale) Lappen aus dieser Region besteht aus vaskularisiertem Periost und Kortikalis mit erhaltener Kambiumschicht, wodurch eine ausgezeichnete osteogenetische Potenz resultiert. Dies kann für größere Knochendefekte, die mit einem, vaskularisiertem Knochenstück mit Periostmantel versorgt werden, von entscheidendem Wert sein, da es zu einer massiven Knochenneubildung und Frakturheilung kommt.

Die Grenzen der Hebestelle eines corticoperiostealen Lappens sind vorne der mediale Rand von der Patella, hinten der hinterer Femurrand und kaudal der Ursprung des Ligamentum collaterale mediale am Epicondylus medialis femoris. (**Abb.19**) (B. Fuchs et al.).

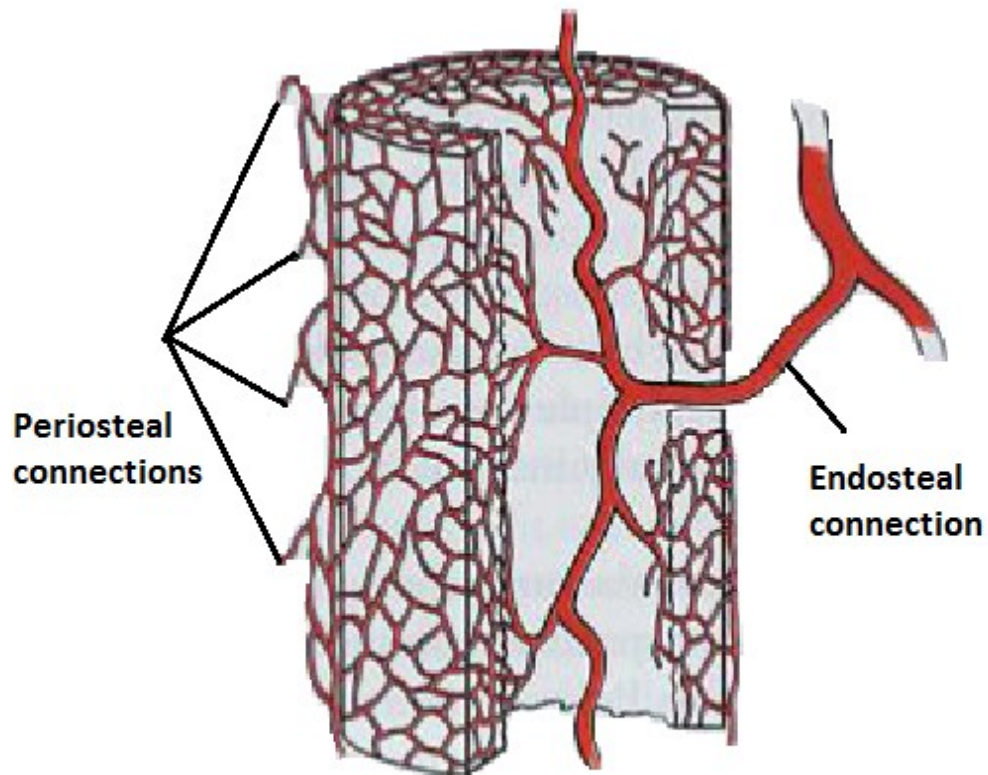
Es wurde eine freie Periost-Lappenplastik mit einer 0,5-1,0 mm dünner Kortikalisschicht beschrieben (K. Sakai, K. Doi, S. Kawai). Dieser Lappen hatte die erhaltene osteogenetische Potenz und eine hohe Flexibilität, sodass er um Röhrenknochen mit kleineren und unzugänglichen Läsionen herumgewickelt werden konnte. Dabei wurde die Notwendigkeit überbrückender Kallusbildung auf ein Minimum reduziert.

Ein dünnes corticoperiosteales Transplantat kann man leicht formen und an die Empfängerstelle anpassen. Dabei muss die Kambiumschicht beim Ablösen des Periostes von der Kortikalis geschont werden (K. Bakri et al.).

Ein corticoperiostealer Lappen kann über eine Ausdehnung der ganzen medialen kondylären, suprakondylären, distalen Femur-Region 13×8 cm groß gehoben werden (F. Lapiere, A. Masquelet, B. Aesch, C. Romana, D. Goga). Corticoperiosteale Transplantate dieses Ausmaßes werden aufgrund der Besonderheit der periosteo-kortikalen Blutversorgung dieser Region mit ihren reichhaltigen Gefäßverbindungen ermöglicht. Die periosteo-kortikalen Durchblutungszone dieser Gefäße erreicht proximal vom Kniegelenksspalt 13,7 cm (**Abb.20**) (M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins).

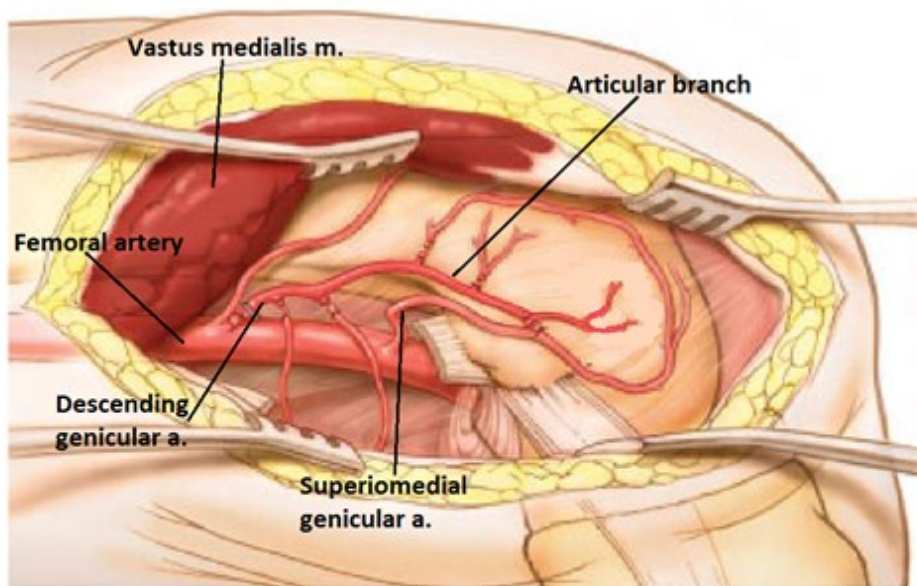
Es wurden auch osteo-periostale Lappen mit kompletter Kortikalisschicht und Spongiosaanteilen erfolgreich eingesetzt (K. Doi et al.). Die aus der ganzen Kortikalisdicke mit darunterliegender Spongiosa bestehenden **kortikospongiösen Transplantate** können bei Bedarf als Knochentransplantaten mit größerem Volumen gehoben werden.

Es wurden kortikospongiöse Lappen aus dem medialen Femurkondylus von 8 - 10 cm Länge, 6 cm Breite und 1 - 1,5 cm Tiefe beschrieben (D. Martin et al.; A.J. Gaggli, H.K. Bürger et al; I. Grant et al.; S. Kobayashi et al.). Die Verwendung dieses Knochenlappens aus dem medialen Femurkondylus ist auch deshalb sinnvoll, weil andere vaskularisierte Knochenlappen oft mit einer größeren Hebedefektmorbidität einhergehen und nicht an die reiche osteogenetische Potenz dieser Spenderregion heranreichen.



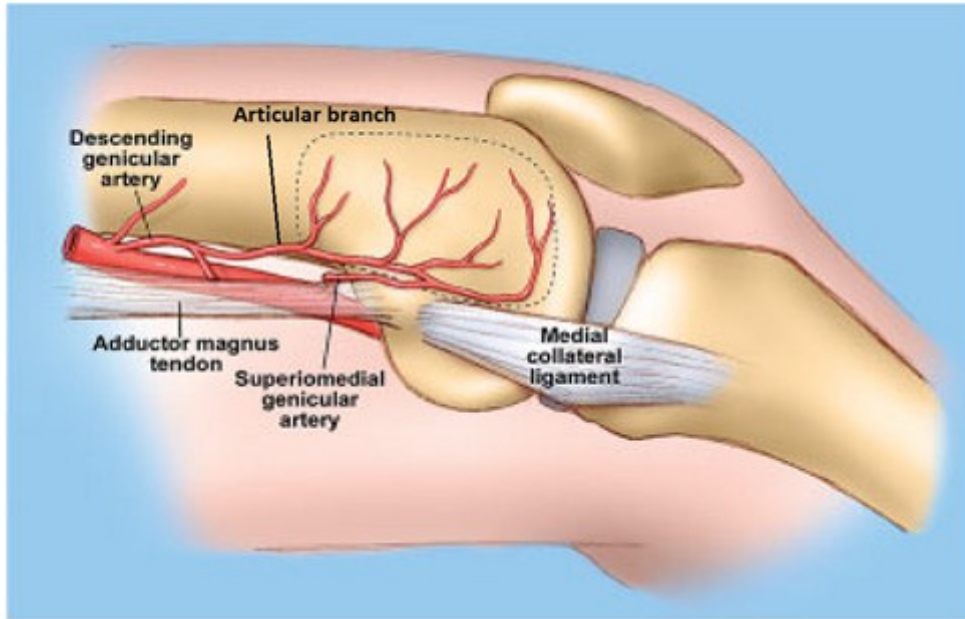
Flap vascular connections to bone

Abb.17 Vaskularisation des Knochens (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique” Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



Vascular anatomy of the medial femoral condyle.

Abb.18 Vaskuläre Anatomie von dem medialen Kondylus und der suprakondylären Region (K. Bakri, A.Y. Shin, S.L. Moran „The vascularized medial femoral corticoperiosteal flap for reconstruction of bony defects within the upper and lower extremities” Semin Plast Surg 2008; 22)



Vascular anatomy of the medial femoral condyle periosteal flap.

The major blood supply to the flap comes from the descending genicular artery, a branch of the femoral artery. Alternatively, the superomedial genicular artery may be used if the descending genicular artery is of inadequate caliber. The superomedial genicular artery has a shorter pedicle length.

Abb.19 Vaskuläre Anatomie des osteo-periostalen Lappens (K. Bakri, A.Y. Shin, S.L. Moran „The vascularized medial femoral corticoperiosteal flap for reconstruction of bony defects within the upper and lower extremities” Semin Plast Surg 2008; 22)

2.3. Osteo-kutaner (osteo-periosteo-kutaner) Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion

Zur Rekonstruktion kombinierter Haut-Knochen-Defekte werden osteo-kutane (osteo-periosteo-kutane) Lappen genutzt. In diesen Fällen können kombinierte Haut-Knochen-Transplantate gestielt an der A. genus descendens mit ihren Ästen entnommen werden. Die über die A. saphena vaskularisierte Hautinsel dient auch als eine Monitorinsel für die Beurteilung der Vitalität des Lappens (**Abb.21**) (K. Muramatsu et al.; F. Del Pinal et al.; U.H. Choudry et al.; D. Martin et al.; S. Kobayashi et al.).

Beim Heben des osteo-kutanen Lappens werden der R. articularis mit der A. saphena proximal ihrer Abzweigung von der A. genus descendens identifiziert. Nach ihrer Abzweigung verlaufen die A. saphena oberflächlich zur Haut der medialen distalen Oberschenkelregion und der R. articularis tief auf der medialen Seite der Adduktorsehne zum medialen Femurkondylus.

Aufgrund der reichen vielfältigen Haut-Durchblutung der distalen antero-medialen Oberschenkelregion durch variable Haut-Perforatoren, kann eine Hautinsel an einem Perforator, der nicht nur aus A. saphena, sondern auch aus der A. genus descendens, dem R. articularis, dem R. ostealis oder dem R. osteo-articularis kommen kann, gewonnen werden (F. Moscattiello et al.; S.H. Lee et al.).

Die Hautperforatoren, die von dem R. articularis oder dem R. musculoarticularis sowie von den periostealen Ästen seine Ursprung nehmen, sind aufgrund des gemeinsamen Gefäßstiels besonders gut für die osteo-kutanen (osteo-periosteo-kutanen) Lappen geeignet. Beschrieben sind verschiedenste Modifikationen dieser Lappenplastiken. M. Pelzer hat die osteo-kutanen Lappen, deren Hautinseln nicht an der A. saphena, sondern an einem Hautperforator aus der A. genus descendens gestielt wurden, beschrieben.

Der R. cutaneus aus der A. genus descendens bzw. aus dem R. articularis nimmt seinen Ursprung weiter distal in Höhe des medialen Femurkondylus (**Abb.20**). Die Hautinsel, die an diesem R. cutaneus gestielt ist, wird im Vergleich zur an der A. saphena gestielten Hautinsel, kleiner gehoben (M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins)

2.4. Osteo-ligamentäre und osteo-tendo-kutaner Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion

Aus dem medialen Femurkondylus kann auch ein vaskularisiertes knöchernes Transplantat zusammen mit der vaskularisierten Sehne des M. adductor magnus gehoben werden. Dieser **osteo-ligamentäre Lappen** (tendino-osseous flap) wird suprakondylär, wo der R. articularis ventral der Sehne des M. adductor magnus, die sich am Epicondylus medialis ansetzt, verläuft und sich weiter verzweigt, gehoben (S.J. Mathes, F. Nahai).

Es wurden sowohl die freie als auch die gestielte Transplantation von vaskularisiertem Knochen- und Sehngewebe aus der Region des medialen Femurkondylus beschrieben (A.C. Masquelet, J.Y. Nordin, A. Guinot; J. Gao et al.; D. Huang et al.). Als Gefäßstiel dienten dabei der R. articularis und dessen Begleitvenen (**Abb.19**).

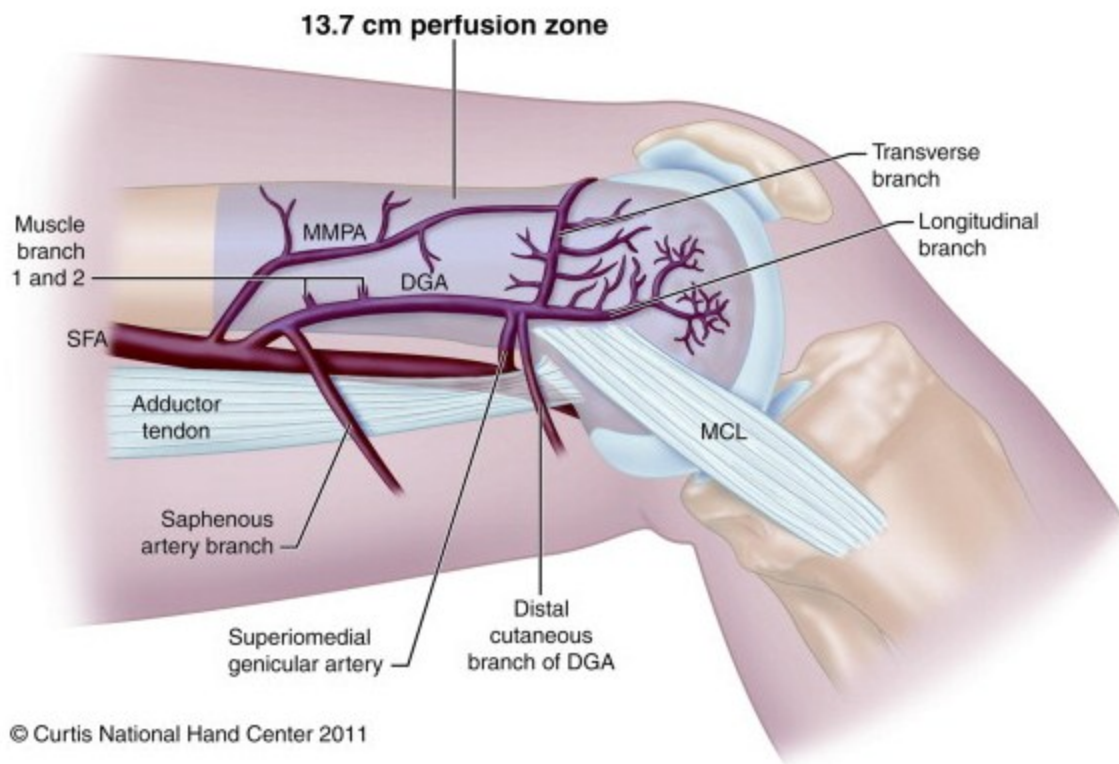
Liegt gleichzeitig ein Weichteildefekt vor, kann auch eine über die A. saphena oder den Hautast aus dem R. articularis vaskularisierte Hautinsel mitgehoben werden. In diesem Fall wird ein **osteo-tendo-kutaner Lappen** an der A. genus descendens gestielt, die durch ihre Äste sowohl das Knochen-Sehnen-Transplantat (durch den R. articularis) als auch die Hautinsel (durch die A. saphena oder den Hautast aus dem R. articularis) versorgen. (S.J. Mathes, F. Nahai; M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins; K.H. Bürger) (**Abb.20, 21**).

2.5. Osteo-muskulärer (osseomuscular flap) und osteo-myokutaner Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion

Der M. vastus medialis gehört zum Typ II der Gefäßanatomie nach Klassifikation der Muskellappen nach Mathes und Nahai (S.J. Mathes, F. Nahai), weil der proximale Anteil des M. vastus medialis über einen dominanten Gefäßstiel aus der A. femoralis superficialis und der distale Anteil über den R. muscularis der A. genus descendens (oder über R. musculoarticularis der A. genus descendens) versorgt werden (E. Polykandriotis et al.).

Der R. muscularis der A. genus descendens oder die muskuläre Äste des R. articularis ermöglichen, zusätzlich zu dem Knochengewebe des medialen Femurkondylus und der Hautlappenplastik, Anteile des distalen M. vastus medialis in ein durch die A. genus descendens versorgtes mehrteiliges Transplantat zu integrieren und somit den **osteo-myokutanen Lappen** zu heben (A. Rahmanian-Schwarz et al.).

Gestielt an Ästen von R. articularis kann ein **osteo-muskulärer Lappen** (F.D. Pinal, M. Innocenti), als auch ein kombinierter Lappen, der aus dem distalen M. vastus medialis und der Patella besteht, gewonnen werden (**Abb.22**) (E. Polykandriotis et al.).



© Curtis National Hand Center 2011

SFA, superficial femoral artery

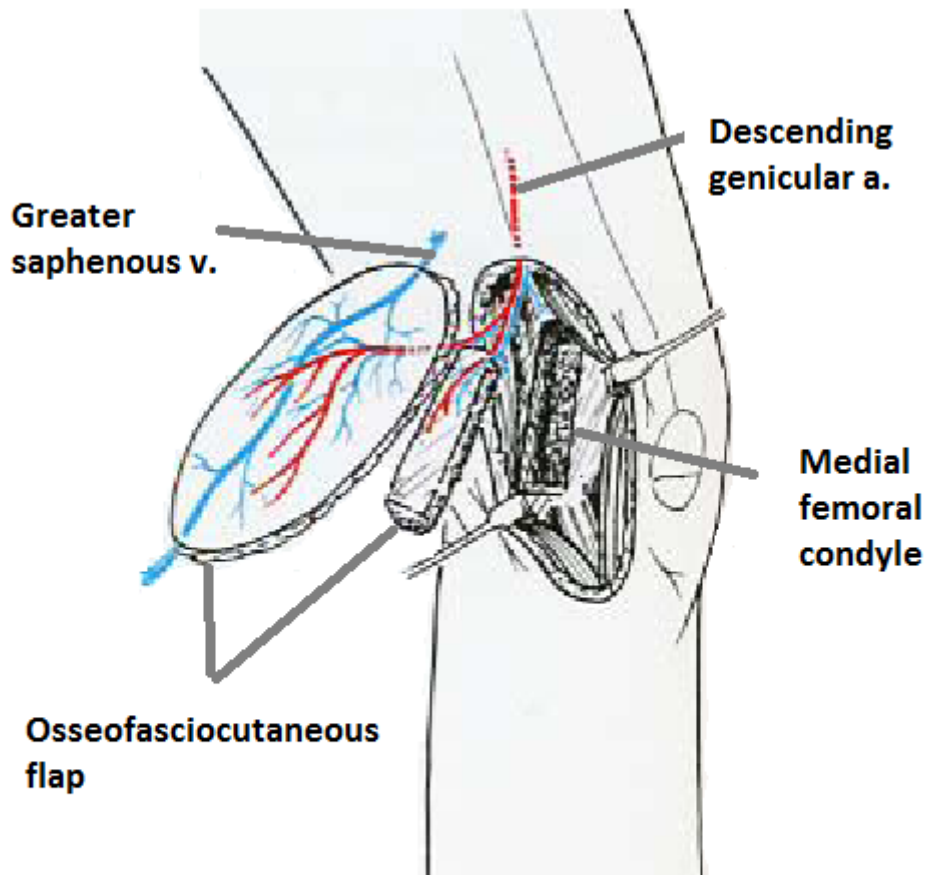
MMPA, medial metaphyseal periosteal artery

DGA, descending genicular artery

MCL, medial collateral ligament

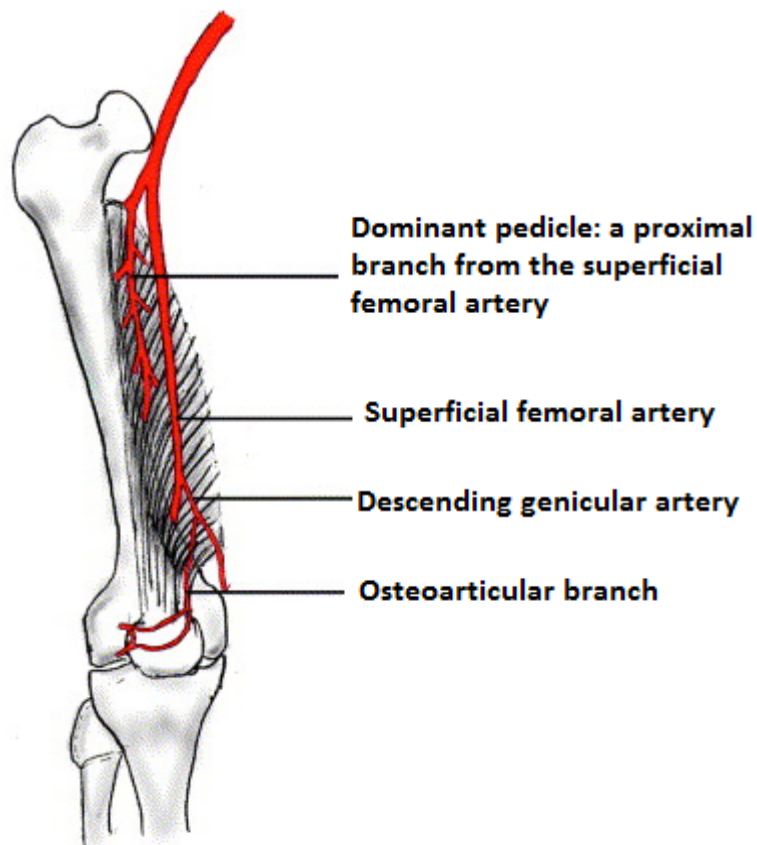
Typical relationship of the descending genicular artery (DGA) to its distal branches. Transverse and longitudinal branches are present at the level of the condyle. The more proximal MMPA has connections with the transverse branch that enable the DGA to provide perfusion to the periosteum as far proximal as 13.7 cm above the joint line (demonstrated here in shaded area).

Abb.20 Kortiko-periostale Durchblutung der medio-distalen Femurregion (M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins „ The Limits of Medial Femoral Condyle Corticoperiosteal Flaps” The Journal of Hand Surgery, Volume 36, Issue 10, October 2011)



Elevation of osseofasciocutaneous flap for microvascular transplantation

Abb.21 Osteo-kutaner (osteo-fasziokutaner) Lappen vom medialen Femurkondylus (S.J. Mathes, F. Nahai „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique“ Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, 1997)



The composite vastus medialis-patellar complex osseomuscular flap. Vascular anatomy.

Abb.22 Gefäßanatomie des kombinierten osteo-muskulären Lappens aus dem distalen M. vastus medialis und der Patella (E. Polykandriotis et al. “The composite vastus medialis–patellar complex osseomuscular flap as a salvage procedure after complex trauma of the knee—an anatomical study and clinical application” British Journal of Plastic Surgery, Volume 58, Issue 5, July 2005)

3. Anatomische Studie

3.1. Material und Methoden

Während der anatomischen Studie wurde an 35 erwachsenen Kadaverpräparaten die vaskuläre Anatomie der A. genus descendens und deren Äste mit entsprechenden Versorgungsgebieten detailliert evaluiert und dokumentiert.

Es wurden unter besonderer Berücksichtigung der Gefäßversorgung der medio-distalen Oberschenkelregion die Möglichkeiten der Hebung der kombinierten Lappen aus dieser Region untersucht.

3.2. Präparation

Der Zugang zur medialen distalen Oberschenkelregion erfolgt in Rückenlage bei flektierten Knie- und Hüftgelenken und in Außenrotation. Nach entsprechender Markierung mit einem chirurgischen Marker, wird eine leicht geschwungene Hautinzision über dem medialen Rand des M. vastus medialis beginnend vom Femurkondylus bis zum mittleren Oberschenkel vorgenommen.

Die Darstellung der A. genus descendens und ihren Ästen erfolgt prinzipiell **von distal nach proximal**. Über diese Inzision erfolgt die Spaltung der Faszie und die Präparation des M. vastus medialis. Nach Retraktion des Muskels nach vorne wird bis zum Periost des medialen Femurcondylen präpariert. Dann wird zuerst die Gefäßzeichnung des Periosts verfolgt, der Ramus articularis, der zwischen dem medialen Rand des Musculus vastus medialis und der Sehne des Musculus adductor magnus verläuft und Muskeläste zum M. vastus medialis abgibt, und danach die A. genus descendens mit ihren Begleitvenen bis in den Adduktorenkanal dargestellt. Kurz vor dem Austritt der A. femoralis aus dem Adduktorenkanal wird der Abgang der A. genus descendens mit Abzweigung ihrer Äste identifiziert. Der R. muscularis und die A. saphena, die in Begleitung des N. saphenus die Aponeurose des Adduktorenkanals durchstößt und zwischen dem M. sartorius und dem M. gracilis zur Oberfläche zieht, werden in ihrem jeweiligen Verlauf freipräpariert.

Je nach Erfordernis wird die passende Größe der zu hebenden periosteo-ossären Transplantate hier jeweils eingezeichnet.

Ein knöchernes Transplantat wird unter Schonung der Femurgelenksfläche und des Innenbandes nach Ligatur des nach dorsal laufenden poplitealen Versorgungsastes und der

abgehenden Muskeläste gehoben. Falls ein distaler Anteil des M. vastus medialis in den kombinierten Lappen inkludiert werden soll, müssen die abgehende Muskeläste geschont und mit diesem Muskelanteil mitpräpariert werden.

Die Darstellung der A. genus descendens mit deren Ästen von distal nach proximal ist besonders beim Heben des knöchernen Transplantates günstig, weil zuerst die Gefäßzeichnung des Periosts dargestellt wird, was die Auffindung des R. articularis und die Freipräparation der A. genus descendens erleichtert (K.H. Bürger et al.).

Erfolgt die Darstellung der A. genus descendens mit deren Ästen **von proximal nach distal** wird zuerst der Abgang der A. genus descendens aus der A. femoralis dargestellt. Nach der Hautinzision wird der entlang dem vorderen Rand des M. sartorius verlaufende N. cutaneus femoris medialis geschont und unter dem M. sartorius die A. saphena mit Begleitvenen und dem N. saphenus nach dem Durchstoß des Adduktorenkanals dargestellt. Nach Spalten der Faszie des M. vastus medialis und Retraktion des Muskels nach vorne lässt sich der Abgang der A. genus descendens im Adduktorenkanal zwischen dem M. vastus medialis und der Sehne des M. adductor magnus auffinden. Die Äste werden in ihrem jeweiligen Verlauf freipräpariert: der R. articularis bis zu seinem Eintritt in das Periost des Femurkondylus, der R. muscularis bis zum Eintritt in den M. vastus medialis und die A. saphena bis hin zu ihrem subkutanen Verlauf (S.J. Mathes, F. Nahai).

In Fällen, in denen der kombinierte osteo-myo-kutane Lappen gehoben werden soll, aber die A. saphena unmittelbar von der A. femoralis oder A. poplitea abzweigt, kann, wenn der R. articularis Hautäste abgibt, die von diesen Ästen versorgte Haut als Transplantat verwendet werden.

Konstante Muskeläste des R. articularis ermöglichen die Versorgung des Muskeltransplantates im kombinierten Lappen, falls der R. muscularis unmittelbar von der A. femoralis abzweigt oder fehlt.

3.3. Ergebnisse

Die A. genus descendens ging in allen unseren Präparaten im Durchschnitt 14,3 cm oberhalb des Kniegelenksspalt (der minimale Abstand vom Kniegelenk betrug 11,5 cm, der maximale 19,5 cm) aus der A. femoralis hervor, kurz bevor diese durch den Hiatus tendineus nach dorsal in die Kniekehle zog (**Tabelle 2 und 3**). Im Durchschnitt 2,2 cm (minimal 0,5 cm, maximal 7,0 cm) distal des Abganges aus der A. femoralis verzweigte sich die A. genus descendens mit einem Durchmesser von Ø 1,9 mm (minimal 1,0 mm, maximal 2,5 mm) in 48,5 % aller Fälle in 3 weiteren Äste (A. saphena, R. articularis und R. muscularis, jeweils

begleitet von Vv. comitantes), in 51,5 % aller Fälle in 2 weiteren Äste: entweder in eine A. saphena und einen R. musculoarticularis (in 40 % der Fälle), oder in einen R. muscularis und einen R. articularis (in 8,5 % der Fälle), seltener in eine A. saphena und einen R. muscularis (in 3 % der Fälle) (**Tabelle 1, Abb. 25, Foto 1 und 2**).

In 97 % der Fälle entsprang der R. articularis aus der A. genus descendens und in 3 % der Fälle separat aus der A. poplitea beziehungsweise aus der A. superior medialis genus (**Foto 4**). Mit einer durchschnittlichen Länge von 6,8 cm (minimal 5,0 cm, maximal 11,0 cm) zog der R. articularis auf der posterioren Fläche des medialen Septum intermusculare entlang der Sehne des M. adductor magnus zum medialen Femurkondylus, um dessen Periost und den darunter liegenden Knochen mit seinen Endästen zu versorgen. Der Durchmesser des R. articularis an dessen Abgang betrug \varnothing 1,1 mm (minimal 0,5 mm, maximal 1,5 mm). Der R. articularis gab in 80 % der Fälle durchschnittlich bis 2 muskuläre Äste (minimal 1 Ast, maximal 4 Äste) zum M. vastus medialis ab, auch wenn ein eigener R. muscularis aus der A. genus descendens entsprang (in 60 % der Fälle) (**Tabelle 1, Abb. 25, Foto 5 und 6**).

Der R. articularis gab in 37 % unserer Fälle distale Hautäste ab, was das Heben einer Hautinsel über dem R. articularis statt der A. saphena ermöglicht (**Foto 3, Abb. 25**). Dies ist besonderer Bedeutung, wenn die A. saphena separat aus der A. poplitea oder der A. femoralis entspringt.

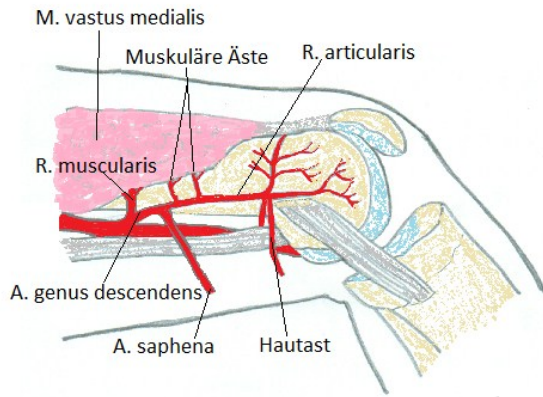
Der R. muscularis mit einer Länge von \varnothing 1,9 cm (minimal 1,0 cm, maximal 3,5 cm) drang kurz nach seinem Abgang aus der A. genus descendens in den M. vastus medialis ein, um diesen mit vielen kleinen Endästen zu versorgen. Sein Abgangsdurchmesser war durchschnittlich 1,1 mm (minimal 0,5 mm, maximal 2,0 mm). Der R. muscularis entsprang in 60 % der Fälle aus der A. genus descendens, wobei in 80 % der Fälle auch muskuläre Äste (1 bis 4) aus dem R. articularis (R. musculoarticularis) zur distalen Versorgung des M. vastus medialis zu finden waren (**Tabelle 1 und 2, Foto 5 und 6**).

Die A. saphena zeigte eine durchschnittliche Länge von 13,9 cm (minimal 10,5 cm, maximal 23,5 cm) und entsprang in 9 % aller Fälle nicht aus der A. genus descendens, sondern separat aus der A. poplitea (in 6 % der Fälle) oder aus der A. femoralis (in 3 % der Fälle) (**Foto 7 und 8**). Der durchschnittliche Durchmesser der A. saphena war 0,9 mm (minimal 0,5 mm, maximal 2,0 mm) (**Tabelle 1 und 2, Abb.25**).

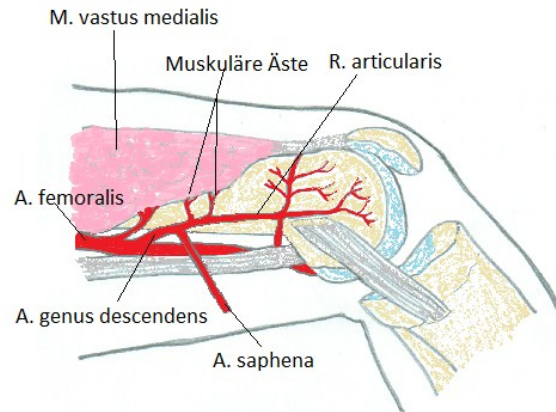
In allen Fällen fand sich ein venöser Abfluss aus den jeweiligen Versorgungsgebieten über die paarigen Vv. comitantes, die schließlich in die V. femoralis einmündeten. Zusätzlich war ein Abfluss durch die V. saphena magna möglich.

Sensorisch wurde die Haut dieser Region von proximal durch den N. cutaneus femoris medialis und distal von den Ästen des N. saphenus versorgt.

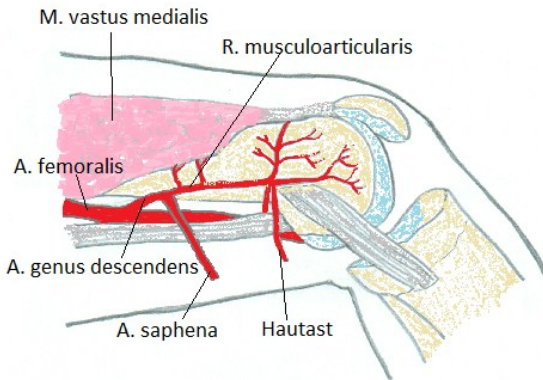
Die Ergebnisse wurden mit anderen Studien verglichen und in einer Übersicht dargestellt (**Tabelle 3**).



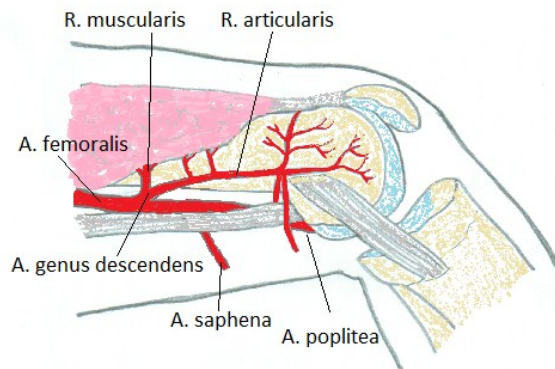
**A) A. genis descendens zweigt in 3 weitere Äste:
A. saphena, R. muscularis, R. articularis**



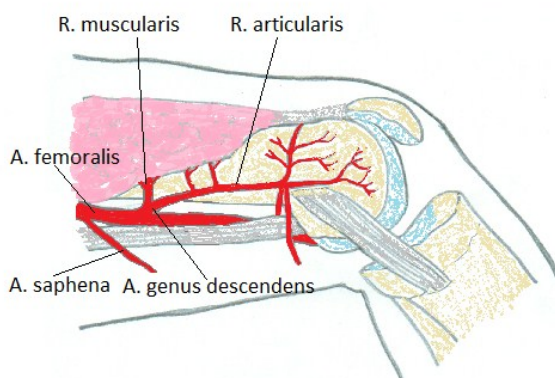
**B) A. genis descendens zweigt in 2 weitere Äste:
A. saphena, R. articularis (R. musculoarticularis)**



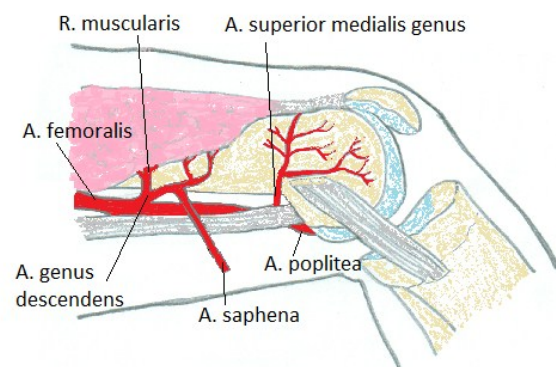
**C) A. genis descendens zweigt in 2 weitere Äste:
A. saphena, R. musculoarticularis**



D) A. saphena entspringt aus der A. poplitea



E) A. saphena entspringt aus der A. femoralis



F) R. articularis entspringt aus A. superior medialis genis (aus der A. poplitea)

Abb. 23 Anatomische Besonderheiten der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus

Tabelle 1 A. Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 1 - 9)

Studie	Präparat-Nummer								
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
DGA-Abgang über Knie (cm)	19,0	17,0	15,5	12,0	17,0	11,5	12,0	12,0	18,0
Länge DGA (cm)	6,5	4,0	1,0	2,0	3,0	0,5	2,0	2,5	3,0
Durchmesser DGA (cm)	0,20	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	0,15	0,25	0,20
Länge RA (cm)	8,0	7,0	6,5	5,5	8,5	7,0	5,0	6,0	11,0
Durchmesser RA (cm)	0,15	0,10	0,10	0,15	0,10	0,15	0,05	0,10	0,10
RA entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Muskuläre Äste aus RA (Anzahl)	3	2	1	2	1	1	2	2	2
Hautäste aus RA	-	+	+	+	-	+	-	-	-
RM entspringt aus DGA	-	-	+	+	-	+	-	-	-
Länge RM (cm)	-	-	1,0	1,0	-	1,0	-	-	-
Durchmesser RM (cm)	-	-	0,10	0,10	-	0,10	-	-	-
AS entspringt aus DGA	+	+	+	-	+	+	+	+	+
AS entspringt aus AP	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Länge AS (cm)	16,5	14,5	15,5	13,5	18,5	10,5	16,5	18,5	23,5
Durchmesser AS (cm)	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

AP – A. poplitea

Tabelle 1 B. Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 10 - 18)

Studie	Präparat-Nummer								
	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>
DGA-Abgang über Knie (cm)	14,5	12,0	13,0	15,0	16,0	19,0	19,5	15,0	13,0
Länge DGA (cm)	2,5	1,5	0,5	4,0	0,5	7,0	4,5	3,0	2,0
Durchmesser DGA (cm)	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20	0,15
Länge RA (cm)	5,0	8,0	6,5	6,5	9,0	7,0	6,0	3,5	6,0
Durchmesser RA (cm)	0,05	0,15	0,09	0,10	0,05	0,15	0,10	0,15	0,10
RA entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	_*	+
Muskuläre Äste aus RA (Anzahl)	0	1	0	1	4	0	0	0	3
Hautäste aus RA	+	+	-	+	+	-	-	-	-
RM entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Länge RM (cm)	1,0	3,5	1,0	3,0	1,5	2,5	3,5	3,0	-
Durchmesser RM (cm)	0,10	0,05	0,12	0,13	0,10	0,10	0,15	0,10	-
AS entspringt aus DGA	+	-	+	+	+	+	+	+	+
AS entspringt aus AP	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Länge AS (cm)	12,5	15,0	13,0	14,0	12,0	15,0	12,0	14,0	12,0
Durchmesser AS (cm)	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,10	0,10	0,20	0,10

* - Ramus articularis entsprang aus der A. superior medialis genus (aus A. poplitea)

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

AP – A. poplitea

Tabelle 1 C. Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 19 - 27)

Studie	Präparat-Nummer								
	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>
DGA-Abgang über Knie (cm)	13,0	16,0	12,5	13,5	12,5	14,5	12,0	12,0	12,0
Länge DGA (cm)	2,0	2,0	0,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	0,5
Durchmesser DGA (cm)	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20	0,10	0,20
Länge RA (cm)	6,0	7,0	5,5	8,0	6,0	6,5	5,5	5,5	6,0
Durchmesser RA (cm)	0,10	0,10	0,15	0,10	0,15	0,10	0,10	0,09	0,10
RA entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Muskuläre Äste aus RA (Anzahl)	3	2	1	1	0	1	0	2	2
Hautäste aus RA	-	-	-	+	+	-	-	-	-
RM entspringt aus DGA	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Länge RM (cm)	-	2,0	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	-	-
Durchmesser RM (cm)	-	0,20	0,05	0,05	0,15	0,10	0,10	-	-
AS entspringt aus DGA	+	+	+	+	-	+	+	+	+
AS entspringt aus AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Länge AS (cm)	12,5	11,5	13,0	12,0	12,5	11,5	11,0	14,0	14,0
Durchmesser AS (cm)	0,10	0,15	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,09	0,10

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

AP – A. poplitea

Tabelle 1 D. Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus (Präparate 28 - 35)

Studie	Präparat-Nummer							
	28	29	30	31	32	33	34	35
DGA-Abgang über Knie (cm)	12,5	17,0	13,0	12,5	14,0	13,0	15,5	15,5
Länge DGA (cm)	0,5	2,0	0,5	1,5	1,0	1,0	3,0	3,0
Durchmesser DGA (cm)	0,20	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Länge RA (cm)	6,5	9,0	8,0	7,0	7,5	7,0	6,0	7,5
Durchmesser RA (cm)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10	0,15	0,15
RA entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	+
Muskuläre Äste aus RA (Anzahl)	2	2	1	1	1	2	2	2
Hautäste aus RA	-	-	+	-	-	+	+	-
RM entspringt aus DGA	-	-	-	+	+	+	-	+
Länge RM (cm)	-	-	-	1,0	1,0	2,0	-	1,0
Durchmesser RM (cm)	-	-	-	0,10	0,10	0,10	-	0,20
AS entspringt aus DGA	+	+	+	+	+	+	+	+
AS entspringt aus AP	-	-	-	-	-	-	-	-
Länge AS (cm)	13,0	16,0	14,0	12,5	13,0	13,0	13,0	13,5
Durchmesser AS (cm)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16	0,15

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

AP – A. poplitea

Tabelle 2. Studienergebnisse der Gefäßversorgung des medialen Femurkondylus

Studie	Präparatanzahl - 35
DGA-Abgang über Knie (cm)	11,5 – 19,5 (Ø 14,3)
Länge DGA (cm)	0,5 – 7,0 (Ø 2, 2)
Durchmesser DGA (cm)	0,10 – 0,25 (Ø 0,19)
Länge RA (cm)	5,0 – 11,0 (Ø 6,8)
Durchmesser RA (cm)	0,05 – 0,15 (Ø 0,11)
RA entspringt aus DGA	97,1 %
Muskuläre Äste aus RA (Anzahl)	1 – 4 (Ø 2) / in 80 % aller Fälle
Hautäste aus RA	37 %
RM entspringt aus DGA	60 %
Länge RM (cm)	1,0 – 3,5 (Ø 1,9)
Durchmesser RM (cm)	0,05 – 0,20 (Ø 0,11)
AS entspringt aus DGA	91 %
AS entspringt aus AP	6 %
Länge AS (cm)	10,5 – 23,5 (Ø 13,9)
Durchmesser AS (cm)	0,05 – 0,20 (Ø 0,09)

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

AP – A. poplitea

Ø – im Durchschnitt

Tabelle 3. Übersicht anatomischer Studien des medialen Femurkondylus
(Rahmanian et al.)

Studie	Acland et al. 1981	Masquel et al. 1985	Hong et al. 1986	Hertel et al. 1989	Martin et al. 1991	Larson et al. 2007	Yamamoto et al. 2007	Rahmanian et al. 2010	Unsere Studie 2012
Präparatanzahl	82	42	40	50	20	20	19	21	35
DGA-Abgang über Knie (cm)	Ø 15,0	k.A.	k.A.	11,0-18,0 (Ø 14,0)	k.A.	Ø 13,7	10,5-17,5 (Ø 13,7)	12,0-17,0 (Ø 14,7)	11,5-19,5 (Ø 14,3)
Länge DGA (cm)	0,5-2	1,0-2,0	0,13-5,3 (Ø 1,47)	0,3-3,0 (Ø 1,2)	Ø 1,3	Ø 2,1	k.A.	0,5-4,0 (Ø 2,5)	0,5-7,0 (Ø 2,2)
Durchmesser DGA (mm)	k.A.	1,4-1,8	Ø 2,3	1,5-3,8 (Ø 2,1)	1,5-3,5	k.A.	1-2 (Ø 1,5)	1,5-4,5 (Ø 2,9)	1,0-2,5 (Ø 1,9)
DGA fehlt	k.A.	k.A.	k.A.	8 %	k.A.	11 %	11 %	0 %	0 %
Durchmesser RA (mm)	k.A.	< 1,0	k.A.	0,5-1,8 (Ø 1,2)	k.A.	k.A.	0,63-1,5 (Ø 1,1)	k.A.	0,5-1,5 (Ø 1,1)
Länge RA (cm)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	6,0-13,0 (Ø 8,0)	k.A.	k.A.	6,5-14,0 (Ø 11,4)	5,0-11,0 (Ø 6,8)
RA fehlt	k.A.	2,4 %	k.A.	4 %	k.A.	10 %	11 %	0 %	3 %
RA entspringt aus DGA	k.A.	k.A.	k.A.	90 %	k.A.	k.A.	k.A.	100 %	97 %
Hautäste aus RA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	86 %	k.A.	k.A.	k.A.	37 %
Durchmesser RM (mm)	k.A.	k.A.	k.A.	0,5-3,0 (Ø 1,4)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,5-2,0 (Ø 1,1)
Länge RM (cm)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5,0-7,0 (Ø 6,3)	1,0-3,5 (Ø 1,9)
RM fehlt	k.A.	k.A.	k.A.	0 %	k.A.	k.A.	k.A.	0 %	0 %
RM entspringt aus DGA	k.A.	k.A.	k.A.	84 %	k.A.	k.A.	k.A.	100 %	60 %
Durchmesser AS (mm)	1,5-1,8	k.A.	Ø 1,6	0,4-2,0 (Ø 1,3)	k.A.	k.A.	0,75-1,25 (Ø 0,97)	k.A.	0,5-2,0 (Ø 0,9)
Länge AS (cm)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	10,5-16,0 (Ø 14,2)	10,5-23,5 (Ø 13,9)
AS fehlt	5 %	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	21 %	21 %	0 %	0 %
AS entspringt aus DGA	k.A.	k.A.	k.A.	64 %	k.A.	k.A.	k.A.	71 %	91 %

DGA – A. genicularis descendens

RA – Ramus articularis

RM – Ramus muscularis

AS – A. saphena

Ø – im Durchschnitt

k.A. – keine Angaben

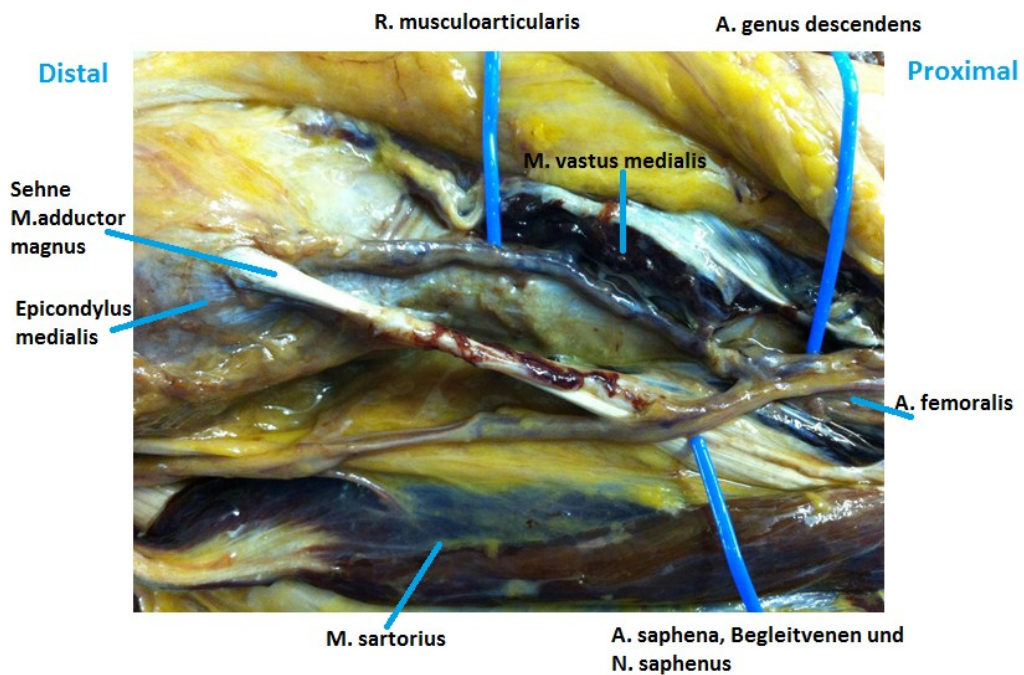


Foto 1. Die A. genus descendens verzweigt sich in 2 weitere Äste: A. saphena und R. musculoarticularis

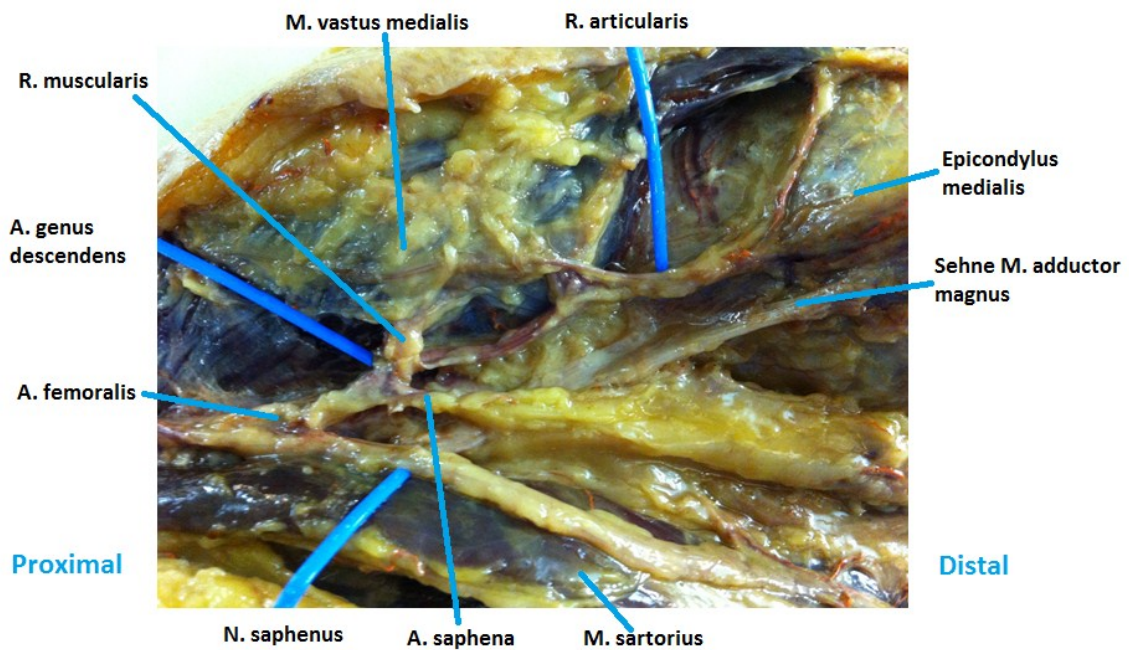


Foto 2. Die A. genus descendens verzweigt sich in 3 weitere Äste: A. saphena, R. muscularis und R. articularis

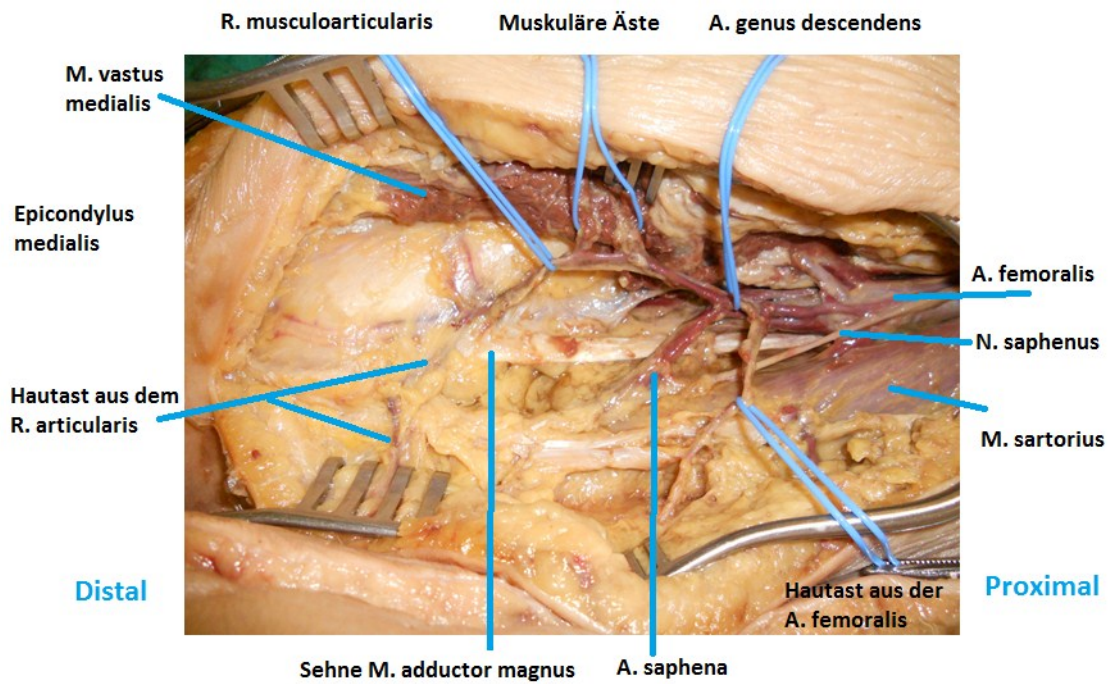


Foto 3. Der Hautast aus dem R. articularis

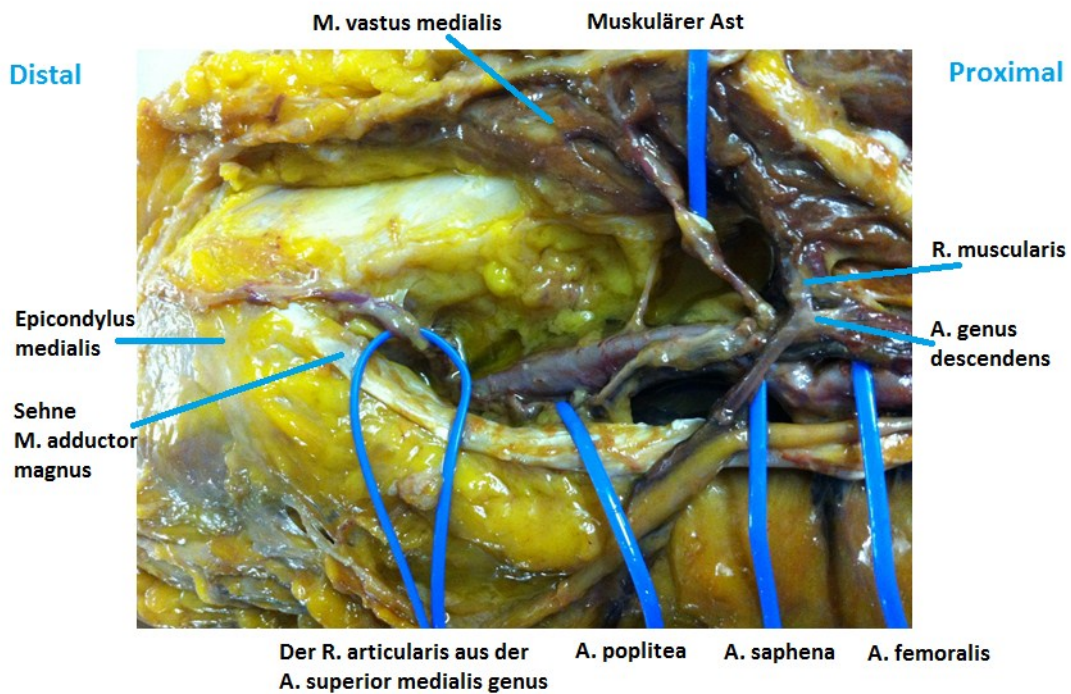


Foto 4. Der R. articularis entspringt nicht aus der A. genus descendens, sondern aus der A. superior medialis genus (aus der A. poplitea)

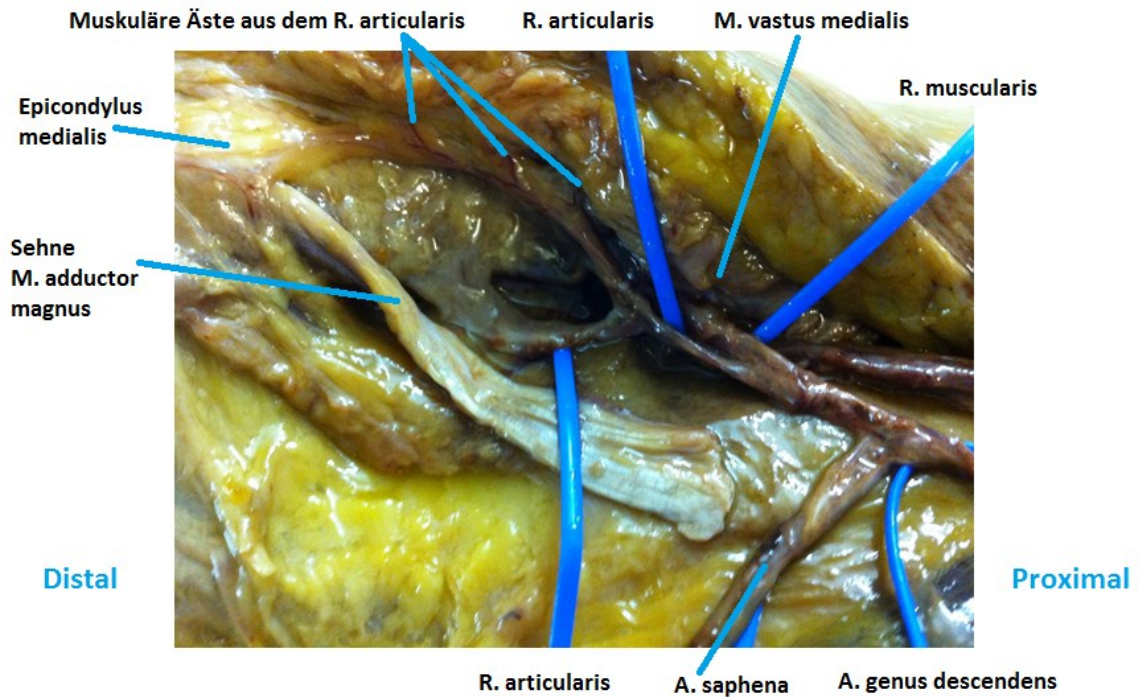


Foto 5. Aus der A. genus descendens entspringen: A. saphena, R. muscularis und R. articularis, der muskuläre Äste nach seiner Abzweigung abgibt

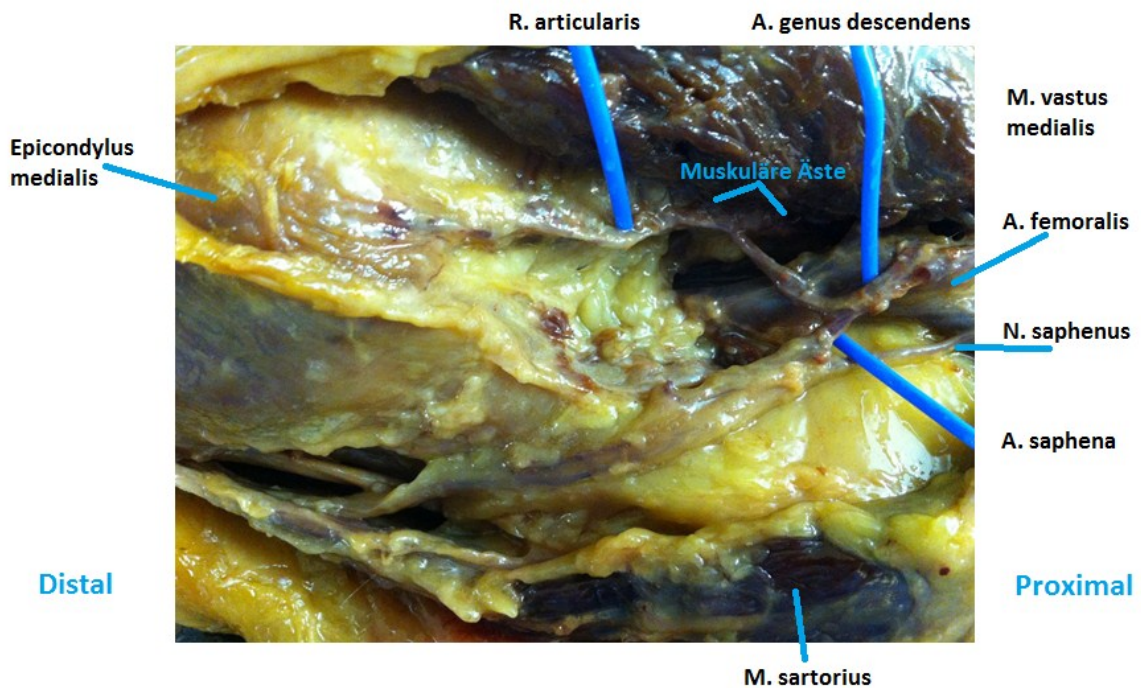


Foto 6. Aus der A. genus descendens entspringen: A. saphena und R. articularis, der nach seiner Abzweigung muskuläre Äste abgibt (Die Sehne des M. adductor magnus wurde entfernt)

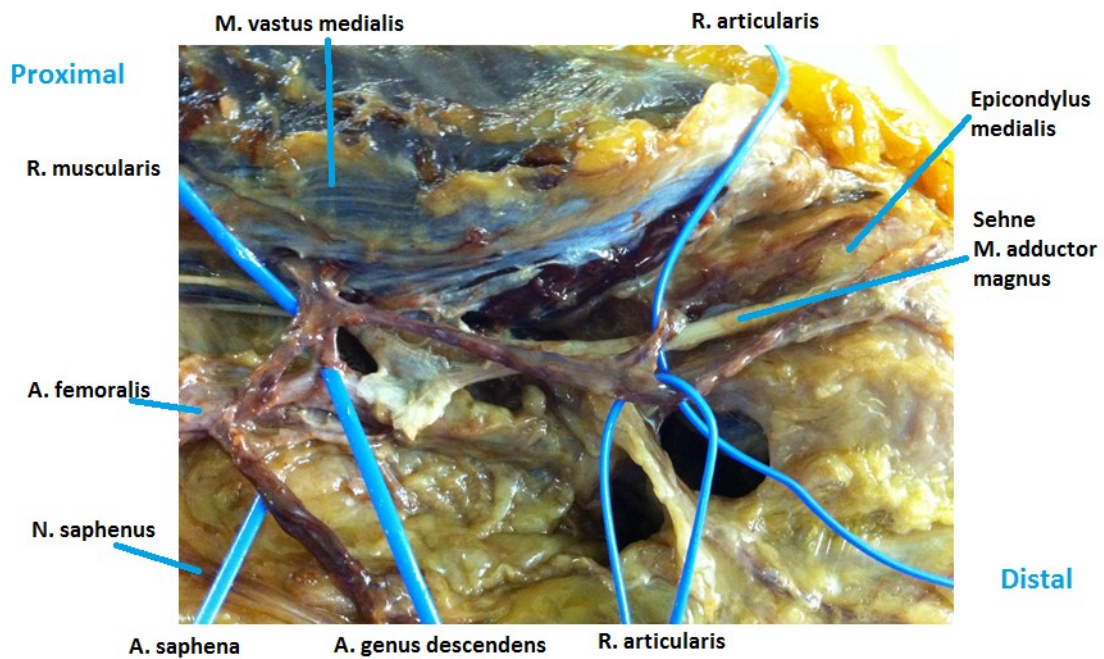


Foto 7. Die A. saphena entspringt separat aus der A. femoralis

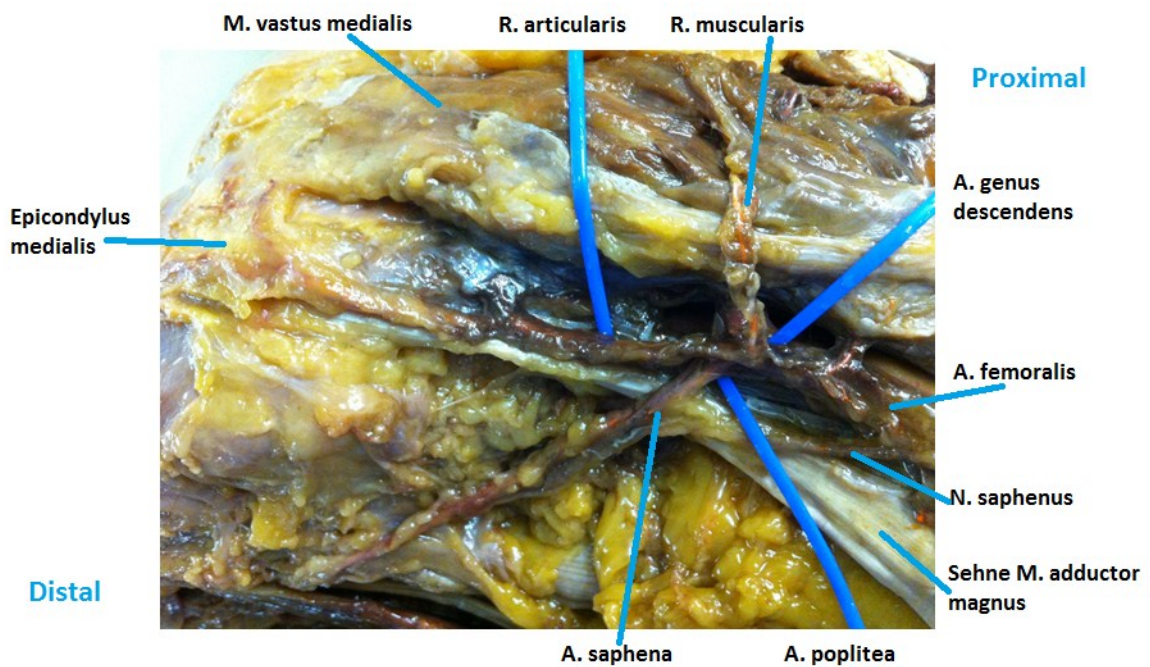


Foto 8. Die A. saphena entspringt separat aus der A. poplitea

4. Diskussion

Trotz der Möglichkeiten der modernen Mikrochirurgie stellen komplexe Gewebsdefekte unterschiedlicher Ätiologie eine besondere Herausforderung für die Plastische Chirurgie dar. Posttraumatische, postinfektiöse oder Defekte nach Tumoren sind häufig durch einen Verlust verschiedenen Gewebskomponenten begleitet und benötigen zur stabilen Ausheilung den Ersatz durch eine Anwendung kombinierter Transplantate. Die geeigneten Spenderareale sind in diesen Fällen maßgeblich für die Behandlung. Anatomische Untersuchungen erweitern die Möglichkeiten potentieller Spenderregionen für kombinierte Gewebstransplantate. In diesem Zusammenhang haben wir uns mit der Region der medio-distalen Oberschenkelregion aus anatomischer Sicht befasst und die Möglichkeiten der kombinierten Lappenplastiken hieraus untersucht. Die A. genus descendens und ihre Äste sind anatomisch relativ konstant, präparatorisch gut zu erreichen und zu verfolgen. Der Durchmesser der A. genus descendens eignet sich für mikrovaskuläre Anastomosen. Verschiedene Gewebstypen lassen sich bei einem gemeinsamen Gefäßstiel beliebig kombinieren. Die Verwendung der vaskularisierten kortiko-periostalen Lappenplastiken aus dieser Region zur Rekonstruktion der hypovaskularisierten Knochendefekte kann die osteogenetische Potenz mit folgender Stabilität verbessern und das Knochengewebe erfolgreich revaskularisieren (A.C. Masquelet et al., K.H. Bürger et al.). Der begünstigte Heilungsprozess verhindert zudem Infektionen. Der große Vorteil der Knochenkomponente des medialen Femurkondylus ist zusätzlich zur Kortikalis und Spongiosa das reichlich vaskularisierte Periost (U.H. Choudry et al.; K. Bakri et al.).

Tiefreichende Weichteildefekte können zusätzlich auch durch den mitgehobenen vaskularisierten Muskelanteil des M. vastus medialis augmentiert werden.

Bei Bedarf ist die Mitnahme der vaskularisierten Sehne des M. adductor magnus möglich (S.J. Mathes, F. Nahai; F.H. Bürger et al.).

Die über die Äste der A. genus descendens beziehungsweise über die A. saphena oder den kutanen Ast des R. articularis versorgten kutanen Lappentransplantate können mitgehoben werden (S.J. Mathes, F. Nahai; M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins). Die kutanen Lappentransplantate können bei Bedarf auch über den N. cutaneus femoris medialis und den N. saphenus sensibel versorgt gehoben und im Empfängergebiet angeschlossen werden (R.D. Acland et al.; S.J. Mathes, F. Nahai).

Die postoperative Hebedefektmorbidität der distalen medialen Oberschenkelregion ist in der Literatur prinzipiell als gering beschrieben. Es können sich postoperative Wundheilungsstörungen aufgrund des nicht spannungsfreien Verschlusses der Wunde (bei der Entnahme des größeren Hautlappens) mit schlechter Narbenbildung, Serombildung, Sensibilitätsstörung beziehungsweise Hyposensibilität im Versorgungsgebiet des N. saphenus (J.M. Rodriguez-Vegas et al.) zeigen. Hingegen heilen die knöchernen Entnahmedefekte komplikationslos, ohne Einfluss auf die Mobilität des Kniegelenkes ab (K. Sakai, K. Doi; K. Bakri et al.; F.H. Bürger et al.). Das Ausmaß des zu entnehmenden Knochenstückes, welches noch eine ausreichende Stabilität des distalen Femurcondylus hinterlässt, ist aber in der Literatur nicht definitiv beschrieben.

Bei der Präparation der A. genus descendens beziehungsweise ihrer Äste müssen mögliche anatomische Varianten beachtet werden. Die A. genus descendens kann in einigen Fällen fehlen, so dass die A. saphena, der R. muscularis und der R. articularis separat aus der A. femoralis und / oder der A. poplitea entspringen. In anatomischer Studie von Hertel et al. war die A. genus descendens in 92 % aller Fälle und in anatomischer Studie von Larson et al. sowie bei Yamamoto et al. in 89 % aller Fälle vorhanden. In unserer Studie sowie bei Rahmanian et al. war die A. genus descendens in 100 % aller Fälle nachweisbar.

Die A. genus descendens kann sich sowohl in 3 weitere Äste (A. saphena, R. muscularis und R. articularis), als auch in 2 Äste (in 51 % der Fälle unserer eigenen Studie) verschiedener Variationen wie eine A. saphena und einen R. musculoarticularis oder einen R. muscularis und einen R. articularis sowie eine A. saphena und einen R. muscularis verzweigen.

Bei der A. genus descendens fehlte der R. articularis in 3 % der Fälle unserer eigenen Studie (in diesem Fall entsprang der R. articularis aus der A. poplitea beziehungsweise der A. superior medialis genus). Der R. articularis fehlte in der Studie von Masquelet et al. in 2,4 %, bei Hertel et al. in 4 %, bei Larson et al. in 10 % und bei Yamamoto et al. in 11 % aller Fälle. In der Studie von Hertel und Masquelet ging der R. articularis in 10 % der Fälle direkt aus der A. femoralis ab. In unserer Studie gab der R. articularis in 80 % aller Fälle 1 bis 4 muskuläre Äste, auch wenn ein R. muscularis bereits aus der A. genus descendens entsprang (in 60 % der Fälle).

In unserer Studie waren in 37 % der Präparate Hautäste aus dem R. articularis zu identifizieren, obwohl Martin et al. in 86 % der Fälle solche Hautäste beschrieben hat. Diese Hautäste aus dem R. articularis sind klinisch vom großen Vorteil (ihre Präparation ist im Vergleich zur Präparation der A. saphena bequemer und schneller durchführbar, besonders beim distalen operativen Zugang). Außerdem stellen sie beim Fehlen der A. saphena oder bei

fehlendem Abgang aus der A. genus descendens für einen kombinierten Lappen mit einer Hautinsel eine wertvolle Alternative dar.

Der R. muscularis entsprang in 60 % unserer Fälle aus der A. genus descendens und in 80 % unserer Fälle entsprangen zusätzlich 1 bis 4 muskuläre Äste aus dem R. articularis, was eine Mitnahme eines Muskelanteils in 97 % der Fälle unserer eigenen Studie ermöglichte. Hertel und Masquelet beschrieben den aus der A. genus descendens ausgehenden R. muscularis in 84 % der Fälle.

Die A. saphena entsprang in 91 % der Fälle unserer eigenen Studie aus der A. genus descendens und in 9 % der Fälle aus der A. poplitea (in 6 % der Fälle unserer eigenen Studie) oder separat aus der A. femoralis (in 3 % unserer Fälle). Während die A. saphena in 36 % der Fälle bei Hertel et al. und in 29 % der Fälle bei Rahmanian et al. nicht aus der A. genus descendens entsprang, fehlte in der Studie von Acland et al. die A. saphena in 5 % der Fälle und bei Larson et al. sowie bei Yamamoto et al. war die A. saphena in 21 % der Fälle nicht auffindbar.

Die mediale distale Oberschenkelregion ist ein wertvolles Spenderareal für kombinierte Lappentransplantate und eine gute Alternative besonders bei limitierten Möglichkeiten an anderen Spenderregionen, wie die freie vaskularisierte Fibula, oder der freie Beckenkamm. Bis dato werden aber die kombinierten Lappen aus dieser Region selten verwendet. In unserer Studie haben wir die anatomischen Besonderheiten der medialen distalen Oberschenkelregion mit Berücksichtigung der Gefäßanatomie mit ihren Variationen untersucht und dargestellt. Die folgenden kombinierten Lappenplastiken auf einem gemeinsamen Gefäßstiel aus dieser Region konnten gehoben werden. In 100 % der Fälle waren kortiko-periostale oder kortiko-spongiöse, in 97 % der Fälle myo-kortiko-periostale oder osteo-myo-ligamentäre, in 89 % der Fälle osteo-myo-kutane oder osteo-tendo-myo-kutane Lappentransplantate mit Hautversorgung über die A. saphena oder in 37 % der Fälle mit Hautversorgung über einen Hautast aus dem R. articularis möglich.

Eine präoperative Gefäßuntersuchung der A. genus descendens und ihrer Äste sind besonders in schwierigen Fällen und vor allem, wenn kombinierte Transplantate eine klare Darstellung der Gefäßaufteilung der A. genus descendens und ihrer Äste verlangen, in Form moderner angiografischen Verfahren wie Angio-CT und MRT mit detaillierten Abbildungsmöglichkeiten zu bevorzugen. Einige Autoren favorisieren eine präoperative Darstellung der Gefäßaufteilung der A. genus descendens mit dem Farb-Doppler (Rahmanian et al.).

5. Konklusion

Die mediale distale Oberschenkelregion bietet bei einer insgesamt geringen Hebedefektmorbidität ungeahnte Möglichkeiten der Kombination verschiedener Gewebekomponenten bis hin zum Haut-Sehnen-Muskel-Knochen-Lappen, der an einem gemeinsamen Gefäßstiel zur Rekonstruktion von komplexen Defekten gehoben werden kann und mit seiner hochgradigen osteogenetischen Potenz funktionell, individuell angepasst sowie formstabil Knochen und Problemwunden zur Ausheilung bringen kann. Während sich die vaskularisierten Knochentransplantate aus dem medialen Femurkondylus für die Behandlung der Pseudoarthrosen an den Extremitäten etabliert haben, werden die kombinierte Lappen aus der medialen distalen Oberschenkelregion selten verwendet, obwohl sie eine wertvolle Alternative für eine Rekonstruktion von komplexen Defekten darstellen und dadurch öfter zum Heil der Patienten eingesetzt werden sollen.

6. Literaturverzeichnis

- **R.D. Acland, M. Schusterman, M. Godina et al.** „The saphenous neurovascular free flap”
Plast. Reconstr.Surg. 1981; 67 (6): 763-774
- **K. Bakri, A.Y. Shin, S.L. Moran** „The vascularized medial femoral corticoperiosteal flap for reconstruction of bony defects within the upper and lower extremities”
Semin Plast Surg 2008; 22: 228-233
- **A. Berger, R. Hierner** „Plastische Chirurgie. Band IV: Extremitäten“, 2009
Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- **K.H. Bürger, A.J. Gaggl, W. Kukutschki, E. Mueller** „Das freie mikrovaskuläre Femurtransplantat zur Behandlung der avaskulären Kahnbeinnekrose“
Handchir Mikrochir Plast Chir 2009; 41: 44-51
- **U.H. Choudry, K. Bakri, S.L. Moran et al.** “The vascularized medial femoral condyle periosteal bone flap for the treatment of recalcitrant bony nonunions”
Ann Plast Surg 2008; 60 (2): 174-180
- **K. Doi, K. Sakai** “Vascularized periosteal bone graft from the supracondylar region of the femur”
Microsurgery 1994; 15 (5): 305-315
- **K. Doi, Y. Hattory** “The use of the vascularized corticoperiosteal grafts from the femur in the treatment of scaphoid non-union”
Orthop Clin North Am 2007; 38 (1): 87-94 vi-ii
- **K. Doi, Y. Hattory** “Vascularized bone graft from the supracondylar region of the femur”
Microsurgery 2009; 29 (5): 379-384
- **Dong Huang, Hai-Wen Wang, Da-Chuan Wang, Hai-Wen Wnag, Da-Chuan Xu, Hong-Gang Wang, Hui-Ru Zhang** “An Anatomic and Clinical Study of the Adductor Magnus Tendon-Descending Genicular Artery Bone Flap”
Clinical Anatomy 2011; 24: 77–83
- **A. Faller, M. Schünke, G. Schünke** „Der Körper des Menschen, Einführung in Bau und Funktion“
Thieme, Stuttgart 2004, ISBN 3-13-329714-7
- **Heinz Feneis** “Pocket Atlas of Human Anatomy”
Georg Thieme Verlag Stuttgart New York, 1994
- **J.M. Finley, R.D. Acland, M.B. Wood** “Revascularized periosteal grafts – a new method to produce functional new bone without bone grafting”
Plast Reconstr Surg 1978; 61 (1): 1-6

- **H. Frick, H. Leonhard, D. Starck, W. Kühne, R. Putz** „Allgemeine Anatomie / Spezielle Anatomie I – Extremitäten, Rumpfwand, Kopf, Hals, Taschenatlas der gesamten Anatomie“ Band 1, Thieme, Stuttgart/ New York 1992, ISBN 3-13-356804-3
- **B. Fuchs, P. Steinmann, A.T. Bishop** „Free vascularized corticoperiosteal bone graft for the treatment of persistent nonunion of the clavicle”
J Shoulder Elbow Surg 2005; 14: 264-268
- **A.J. Gaggl, H.K. Bürger, F.M. Chiari** „Free microvascular transfer of segmental corticocancellous femur for reconstruction of the alveolar ridge”
British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Volume 46, Issue 3, April 2008, Pages 211–217
- **J. Gao, D. Xu, S. Wu, L. Yu, F. Huang, Q. Li, Y. Nei, S. Zhang** ”Transplantation of vascularized adductor magnus tendon for the repair of Achilles tendon defect”
Chin J Orthop 1999; 19: 656–658
- **N. Garzorz** „Neuroanatomie. Basic S“
Urban Fischer Verlag / Elsevier GmbH, 2008
- **I. Grant, A.C. Berger, D.C. Ireland** „A vascularised bone graft from the medial femoral condyle for recurrent failed arthrodesis of the distal interphalangeal joint”
Br J Plast Surg 2005; 58: 1011-1013
- **R.L. Drake, A.W. Vogl and A.W. M. Mitchell.** “Gray's Anatomy for Students”
Elsevier GmbH, Urban Fischer Verlag, 2007
- **R. Hertel, A.C. Masquelet.** “The reverse flow medial knee osteoperiosteal flap for skeletal reconstruction of the leg. Description and anatomical basis.”
Surg Radiol Anat 1989; 11 (4): 257-262
- **G.X. Hong, T.B. Zhu, F.B. Wang et al.** “Medial flap of the shank – anatomical study and clinical application”
J Tongji Med Univ 1986; 6 (4): 246-250
- **M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins** „ The Limits of Medial Femoral Condyle Corticoperiosteal Flaps”
The Journal of Hand Surgery, Volume 36, Issue 10, October 2011, Pages 1592–1596
- **M.L. Iorio, D.L. Masden, J.P. Higgins** “Cutaneous angiosome territory of the medial femoral condyle osteocutaneous flap”
J Hand Surg Am. 2012 May; 37 (5): 1033-1041
- **S. Kobayashi, M. Kakibuchi, T. Masuda et al.** „Use of vascularized corticoperiosteal flap from the femur for reconstruction of the orbit”
Ann Plast Surg 1994; 33 (4): 351-357; discussion 357-358
- **F. Lapierre, A. Masquelet, B. Aesch, C. Romana, D. Goga** „Cranioplasties using free femoral osteoperiosteal flaps“
Chirurgie 1991; 117: 293-296; discussion 297

- **A.N. Larson, A.T. Bishop, A.Y. Shin** “Free medial femoral condyle bone grafting for scaphoid nonunions with humpback deformity and proximal pole avascular necrosis”
Tech Hand Up Extrem Surg 2007; 11 (4): 246-258
- **San Ha Lee, Tae Hyun Choi, Suk Wha Kim, Lianji Xu, Chul-Ho Sohn, Ki Hwan Han, Dae Gu Son, Jun Hyung Kim, Jong Won Rhie** “An Anatomical Study of the Saphenous Nerve, Artery, and Artery Perforators Within the Thigh Using Cadaveric Dissection”
Ann Plast Surg 2011; 67: 413–415
- **D. Martin, C. Bitonti-Grillo, J. De Biscop et al.** “Mandibular reconstruction using a free vascularized osteocutaneous flap from the internal condyle of the femur”
Br J Plast Surg 1991; 44: 397-402
- **A.C. Masquelet, J.Y. Nordin, A. Guinot** “Vascularized transfer of the adductor magnus tendon and its osseous insertion: a preliminary report”
Journal Reconstructive Microsurgery 1985; 1 (3): 169-176
- **A.C. Masquelet, M.C. Romana, C.V. Penteado et al.** “Vascularized periosteal grafts. Anatomic description, experimental study, preliminary report of clinical experience.”
Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1988; 74 (Suppl 2): 240-243
- **S.J. Mathes, F. Nahai** „Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique”
Churchill Livingstone, Quality Medical Publishing, New York, Edinburg, London, Madrid, Melbourne, San Francisco, Tokyo, St. Louis, 1997
- **F. Moscatiello, J. Masià, A. Carrera, J.A. Clavero, J.R. Larrañaga, G. Pons** “The ‘propeller’ distal anteromedial thigh perforator flap. Anatomic study and clinical applications”
Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, Volume 60, Issue 12, December 2007, Pages 1323–1330
- **K. Muramatsu, K. Doi, K. Ihara et al.** “Recalcitrant posttraumatic non-union of the humerus: 23 patients reconstructed with vascularized bone graft”
Acta Orthop Scand 2003; 74 (1): 95-97
- **M. Pelzer, M. Reichenberger, G. Germann** „Osteo-periosteal-cutaneous flaps of the medial femoral condyle: a valuable modification for selected clinical situations”
Journal of Reconstructive Microsurgery 2010; 26: 291-294
- **C.V. Penteado, A.C. Masquelet, M.C. Romana et al.** “Periosteal flaps: anatomical bases of sites of elevation”
Surg Radiol Anat 1990; 12 (1): 3-7
- **F. Del Pinal, M. Innocenti** “Evolving concepts in the management of the bone gap in the upper limb. Long and small defects”
Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery (2007) 60, 776-792

- **F. Del Pinal, F.J. Garcia-Bernal, J. Regalado et al.** “Vascularized corticoperiosteal grafts from the medial femoral condyle for difficult non-unions of the upper limb”
J Hand Surg Eur Vol 2007; 32 (2): 135-142
- **E. Polykandriotis, R. Stangl, H.H. Hennig, J.K.M. Lennerz, W.M. Frank, M.D. Loos, R.E. Horch** “The composite vastus medialis–patellar complex osseomuscular flap as a salvage procedure after complex trauma of the knee—an anatomical study and clinical application”
British Journal of Plastic Surgery, Volume 58, Issue 5, July 2005, Pages 646–651
- **A. Rahmanian-Schwarz, V. Spetzler, A. Amr, M. Pfau, H.-E. Schaller, H. Bernhard** „A composite osteomusculocutaneous free flap from medial femoral condyle for reconstruction of complex defects“
J Reconstr Microsurg 2011; 27: 251-260
- **A. Rahmanian-Schwarz, V. Spetzler, L.-M. Willkomm, A. Eisenschenk, H. Bernhard, H.-E. Schaller** „Kombinierte Lappenplastiken aus der medio-distalen Oberschenkelregion: Anatomische Besonderheiten, klinische Aspekte, neue Applikationen“
Handchirurgie Mikrochirurgie Plastische Chirurgie 2012; 44: 67-74
- **J.M. Rodriguez-Vegas, P.J. Delgado-Serrano** „Corticoperiosteal flap in the treatment of nonunions and small bone gaps: technical details and expanding possibilities”
Journal of Plastic Reconstruction and Aesthetic Surgery 2011, XX, 1-13
- **J.W. Rohen, E. Lütjen–Drecoll** „Funktionelle Anatomie des Menschen – Lehrbuch der makroskopischen Anatomie nach funktionellen Gesichtspunkten“
Schattauer, Stuttgart 2006, ISBN 3-7945-2440-3
- **M.C. Romana, A.C. Masquelet** “Vascularized periosteum associated with cancellous bone graft: an experimental study”
Plast Reconstr Surg 1990; 85 (4): 587-592
- **K. Sakai, K. Doi, S. Kawai** “Free vascularized thin corticoperiosteal graft”
Plast Reconstr Surg 1991; 87 (2): 290-298
- **L. De Smet** “Treatment of non-union of forearm bones with a free vascularised corticoperiosteal flap from the medial femoral condyle”
Acta Orthop Belg 2009; 75 (5): 611-615
- **Johannes Sobotta** “Anatomie des Menschen“, 22.Auflage,
Herausgegeben von R. Putz und R. Pabst, 2007
- **B. Strauch, H.-L. Yu with Z.-W. Chen, R. Liebling** “Atlas of Microvascular Surgery. Anatomy and operative approaches”
Thieme Medical Publishers, New York, 2006
- **F.A. van den Wildenberg, R.J. Goris, M.B. Tutein Nolthenius-Puylaert** “Free revascularised periosteum transplantation: an experimental study”
Br J Plast Surg 1984; 37 (2): 226-235

- **H. Yamamoto, D.B. Jr, A.T. Bishop et al.** “The arterial anatomy of the medial femoral condyle and its clinical applications.”

J Hand Surg Eur 2010; 35: 569-574