

Aus der Klinik für Orthopädie
der Universität zu Lübeck
komm. Direktor: Priv.-Doz. Dr. med. Martin Russlies

Entwicklung eines Operationsgerätes zur minimal-invasiven Fascia lata-Entnahme

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

- Aus der Medizinischen Fakultät -
vorgelegt von

Rolf Hartmann
aus Wolfenbüttel

Lübeck 2007

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Martin Russlies

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Peter Benecke

Tag der mündlichen Prüfung: 23.05.2007

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 23.05.2007

gez. Prof. Dr. med. Werner Solbach

-Dekan der Medizinischen Fakultät-

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1 EINLEITUNG	7
1.1 Einführung	7
1.2 Anatomie und Funktion der Fascia lata und des Tractus iliotibialis	8
1.3 Konventionelle Fascia lata-Entnahme	10
1.4 Minimal-invasive Fascia lata-Entnahmen	12
1.5 Zielsetzung und Anforderung der eigenen minimal-invasiven Entnahmetechnik	14
2 MATERIAL UND METHODEN	15
2.1 Material	15
2.1.1 Chemikalien	15
2.1.2 Geräte	15
2.1.3 Ver- und Gebrauchsmaterialien	15
2.1.4 Versuchspersonen	15
2.2 Methoden	16
2.2.1 Entwicklung eines Fascia lata-Fixationssystems	16
2.2.1.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche	16
2.2.1.2 Erprobung	17
2.2.2 Entwicklung einer Fascia lata-Nahtmethode	20
2.2.2.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche	20
2.2.2.2 Vergleich zweier Nahtmethoden	21
2.2.3 Entwicklung eines Prototypen zur Fascia lata-Transplantatentnahme	23
2.2.3.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche	23
2.2.3.2 Erprobung	25
3 ERGEBNISSE	31
3.1.1 Erprobung eines Fascia lata-Fixationssystems	31
3.1.2 Vergleich zweier Fascia lata-Nahtmethoden	31
3.1.3 Erprobung eines Prototypen zur Fascia lata-Transplantatentnahme	33
4 DISKUSSION	35
4.1 Minimalinvasivität	35
4.2 Operationsrisiko	35
4.2.1 Nervenschädigung	35
4.2.2 Gefäßschädigung und Hämatombildung	36

4.2.3	Muskelschädigung	36
4.2.4	Fasziennahtinsuffizienz	36
4.2.5	Wundheilungsstörungen und Infektion	37
4.3	Autotransplantatqualität	38
4.4	Operationsdauer	38
4.5	Gerätezuverlässigkeit und Funktionalität	39
4.6	Vergleichsdiskussion mit anderen Geräten	39
4.7	Kritische Bewertung der Transplantation von Fascia lata- und Tractus iliotibialis- Anteilen	40
4.8	Schlussfolgerung	42
5	ZUSAMMENFASSUNG	43
6	LITERATURVERZEICHNIS	44
7	ANHANG	48
7.1	Technische Zeichnungen	48
7.1.1	Spannbacken	48
7.1.2	Prototyp Fascia lata-Transplantatentnahme	49
7.1.2.1	2D-Zeichnungen	49
7.1.2.2	3D-Schemazeichnung	52
8	DANKSAGUNG	53
9	LEBENS LAUF	54

Abkürzungsverzeichnis

Lsg.	Lösung
M.	Musculus
N	Newton
NaCl-Lsg.	Natriumchlorid-Lösung
RSTL	<i>engl:</i> relaxed skin tension lines
USP	United States Pharmacopeia

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1 Seitansicht auf den Tractus iliotibialis	9
Abb. 1-2 Lagerung und Hautschnitt	11
Abb. 1-3 Faszienschnitt	11
Abb. 1-4 Transplantatentnahme	11
Abb. 1-5 Fasziennaht	11
Abb. 1-6 Wundverschluss	11
Abb. 2-1 Umlenkstab- und Fixationsrolleneinlage	17
Abb. 2-2 Faszienmobilisation (a)	17
Abb. 2-3 Faszienmobilisation (b)	17
Abb. 2-4 Faszienbearbeitung	17
Abb. 2-5 Lagerung und Markierung	18
Abb. 2-6 Zugangswege und Hautschnitte	18
Abb. 2-7 Dissektion	19
Abb. 2-8 Faszienschnitte	19
Abb. 2-9 Umlenkstabeinlage	19
Abb. 2-10 Umlenkstablage	19
Abb. 2-11 Fixationsrohreinlage	19
Abb. 2-12 Fixationsrohrlage	19
Abb. 2-13 Anschlingung	20
Abb. 2-14 Verschluss der Fixationsrohre	20
Abb. 2-15 Spannbacken-Halterung	23
Abb. 2-16 Zugversuch (a)	23
Abb. 2-17 Zugversuch (b)	23
Abb. 2-18 Zugversuch (c)	23
Abb. 2-19 Faszienfixation	24
Abb. 2-20 Faszienbearbeitung	24

Abb. 2-21 Verschlussprinzip	26
Abb. 2-22 Hebeprinzip	26
Abb. 2-23 Instrumentarium	27
Abb. 2-24 Geräteeinlage.....	27
Abb. 2-25 Gerätelage.....	27
Abb. 2-26 Geräteöffnung.....	27
Abb. 2-27 Geräteverschluss (a)	27
Abb. 2-28 Geräteverschluss (b).....	27
Abb. 2-29 Gabeleinlage.....	28
Abb. 2-30 Gabelvorschub.....	28
Abb. 2-31 Skalpelleinlage	28
Abb. 2-32 Skapellvorschub	28
Abb. 2-33 Fascia lata-Entnahme	28
Abb. 2-34 Spiraleinlage.....	28
Abb. 2-35 Fadeneinlage.....	29
Abb. 2-36 Gabel- und Spiralenentfernung	29
Abb. 2-37 Geräteentfernung.....	29
Abb. 2-38 Fasziennähte	29
Abb. 2-39 Transplantatansicht.....	30
Abb. 2-40 Nahtansicht (a)	30
Abb. 2-41 Nahtansicht (b)	30
Abb. 3-1 Zugbelastungs-Elongationskurve Einzelknopfnah.....	32
Abb. 3-2 Zugbelastungs-Elongationskurve fortlaufende Naht.....	32
Abb. 3-3 Darstellung der Box-Plots	33

1 EINLEITUNG

1.1 Einführung

Die Fascia lata wird bei vielen operativen Verfahren als Transplantat in unterschiedlicher Form und Größe benötigt. Das Gewebe eignet sich zum Ersatz und zur Wiederherstellung (Rekonstruktion, Augmentation), zur Aufhängung (Suspension), zur Zwischenschaltung (Interposition) und zur Deckung (Okklusion) von Gewebedefekten.

Die operative Orthopädie und Traumatologie weist das breiteste Anwendungsgebiet auf. Die Fascia lata dient hier vorrangig als Band- bzw. Sehnenersatz sowie als Interpositions-material.

Exemplarisch ist die Rekonstruktion des rupturierten vorderen Kreuzbandes, wobei zwischen intra- und extraartikulären Verfahren sowie der Kombination aus beiden unterschieden wird [2,4,23,32,33,35,44,47,54]. Als weitere Gelenke, die bei Instabilität mit Bandplastiken versorgt werden, sind vor allem Schulter-, Ellenbogen- und das obere Sprunggelenk zu nennen [31,46,53,63].

Bei primär unzureichend behandelten Sehnenverletzungen, die nicht mehr mit Hilfe einer Direktnaht versorgt werden können, wird das Transplantat durch Interposition erfolgreich zur Wiederherstellung der Kontinuität eingesetzt [29,37].

Bei entzündlichen Gelenkerkrankungen kann durch den Einsatz von Fascia lata als Interponat zwischen den zerstörten Gelenkflächen eine Autoarthroplastik konstruiert werden. Dieses Vorgehen findet vor allem bei kleinen und mittelgroßen Gelenken Anwendung, da für diese in der Regel noch kein prothetischer Ersatz sicher etabliert ist bzw. hinausgezögert werden soll [11,42,50].

Neben den gegenwärtig gebräuchlichen Verfahren ist die Entwicklung weiterer Einsatzbereiche denkbar. So wurde z.B. versucht, mit Fascia lata ein Binnenband als Meniskusersatzgewebe anzufertigen [43].

Von den Einsatzgebieten am Bewegungsapparat abgesehen sind anteilmäßig bedeutsam die in der Gynäkologie häufig durchgeführte pubovaginale Schlingenoperation bei Stressinkontinenz und die in der Ophthalmologie angewandte Suspensionsoperation bei Blepharospasmus [27,39]. In den übrigen chirurgischen Disziplinen wird das Faszien-gewebe hauptsächlich als Deckungsmaterial gebraucht [1,19,25,36,38,52,55].

Plastische Operationen, bei denen autologes Gewebe verwendet wird, sind in der Regel mit dem Nachteil verbunden, dass bei der Transplantatgewinnung eine Schädigung von vorher

unversehrten Strukturen in Kauf genommen werden muss. Die Fascia lata wird je nach Größe des benötigten Autotransplantates durch einen entsprechend langen Hautschnitt am lateralen Oberschenkel entnommen. Während durch die Präparation kleinerer Faszienstücke das umliegende Gewebe nur geringfügig beeinträchtigt wird, geht die Entnahme der häufiger benötigten größeren Transplantate mit einer ausgedehnteren Traumatisierung einher. Dies stellt einen erheblichen Nachteil dar und ist mitunter ein Grund für die mittlerweile abnehmende Operationsfrequenz unter Verwendung von Fascia lata.

An der Medizinischen Universität zu Lübeck wurde bei chronischer Instabilität des oberen Sprunggelenkes die von Elmslie beschriebene Augmentationsoperation der Ligamenta fibulotalare anterius und fibulocalcaneare durch einen 2 cm breiten und 18 cm langen Fascia lata-Streifen angewandt [20]. Aufgrund der zuvor beschriebenen Problematik wurde nach einer Lösung zur Verringerung der Entnahmemorbidität gesucht.

Ziel dieser Doktorarbeit war es, ein minimal-invasives Operationsverfahren zu entwickeln, um den ausgedehnten Zugangsweg zur Autotransplantatentnahme zu vermeiden und somit die Akzeptanz der plastischen Operationen mit Verwendung von Fascia lata zu erhöhen.

1.2 Anatomie und Funktion der Fascia lata und des Tractus iliotibialis

Die Fascia lata ist die Muskelhaut, die den gesamten Oberschenkel umschließt. Sie ist der oberflächlichste Anteil des funktionellen Weichteilgewebes des Oberschenkels und hat ihren proximalen Ursprung am lateralen Anteil des Ligamentum inguinale, der Crista iliaca, des Os sacrum und des Os coccygis. Distal steht sie mit der Fascia cruralis in Verbindung und strahlt in den Kapsel-Band-Apparat des Kniegelenkes ein.

Der vom Chirurgen benutzte Ausdruck „Fascia lata“ für das zur Transplantation gewonnene Gewebe ist anatomisch meist nicht korrekt, da oft neben der eigentlichen Fascia lata auch Anteile des Tractus iliotibialis entnommen werden.

Der Tractus iliotibialis (Abb. 1-1), der auch als Maissiatischer Streifen bezeichnet wird, ist ein eigenständiger Verstärkungszug der Fascia lata. Er entspringt an der Crista iliaca und an der Spina iliaca anterior superior. In seine vertikal verlaufenden Kollagenbündel strahlen der Musculus gluteus maximus und der Musculus tensor fasciae latae ein. Der vordere Teil spaltet sich hier in eine superfizielle und eine profundale Schicht, die den Musculus tensor fasciae latae umschliessen. Er verläuft in einer von der Fascia lata gebildeten Gleit tasche und steht über diese mit dem Septum laterale intermusculare in Verbindung [24]. Im Bereich über dem Trochanter major besitzt er keine – wie früher fälschlicherweise ange-

nommen – feste Verbindung zum Knochen. Die Ansatzsehne des Musculus gluteus maximus durchflechtet sich jedoch vor der Insertion an der Tuberositas gluteae mit Anteilen des Tractus, so dass hier eine indirekte Verbindung zum proximalen Femur besteht [57].

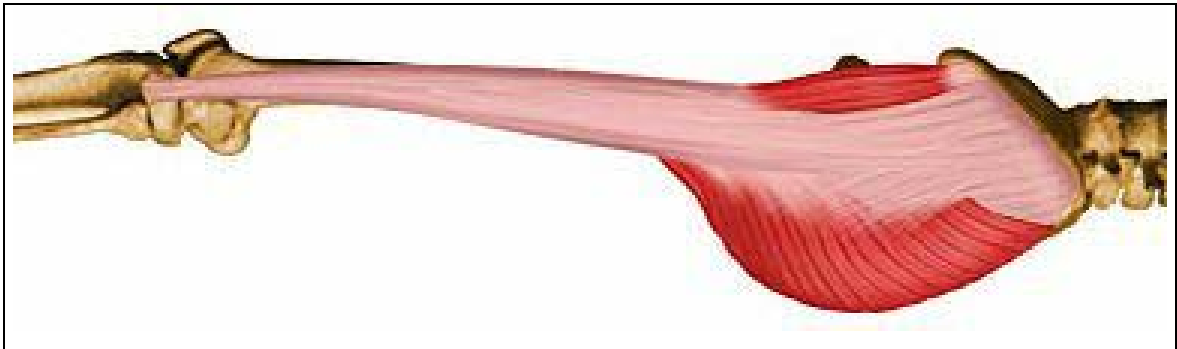


Abb. 1-1 Seitansicht auf den Tractus iliotibialis mit den Ursprungsmuskeln M. tensor fasciae latae (im Bild oben) und M. gluteus maximus (im Bild unten). Die restlichen Weichteile sind zur besseren Veranschaulichung nicht mit abgebildet. (Copyright 2003-2004 University of Washington. All rights reserved including all photographs and images. No re-use, redistribution or commercial use without prior written permission of the authors and the University of Washington). Mit freundlicher Genehmigung aus: "A Musculoskeletal Atlas of the Human Body" by Carol Teitz, M.D. and Dan Graney, Ph.D.

Weiter distal zieht der Tractus iliotibialis über den Musculus vastus lateralis bis zu seiner Insertion am Condylus lateralis tibiae (Gerdys Tuberkel). Zusätzlich entsendet er Fasern zum Caput fibulae und zum Retinaculum patellae laterale. Durch seine Interaktion mit dem Kapsel-Band-Apparat des Kniegelenkes erhält er Einfluss auf dessen Funktion. Er dient dort als antero-lateraler Stabilisator und Reservestreckelement [56].

Vor allem in der Standbeinperiode treten aufgrund der anatomischen Verhältnisse des Femurs medial Druck- und lateral Zugspannungen auf. Durch Anspannung des Tractus iliotibialis wird eine entgegengesetzt gerichtete Biegungstendenz erzeugt. Pauwels beschrieb schon 1948 diesen Zuggurtungseffekt des Tractus iliotibialis zur Verminderung der Biegungsbelastung des Femurschaftes [51]. Auch wenn Pauwels Auffassung der anatomischen Voraussetzungen nach heutigen Erkenntnissen unpräzise sind, hat seine Aussage hinsichtlich der Zuggurtungswirkung weiterhin Bestand [5,41].

1.3 Konventionelle Fascia lata-Entnahme

Für die Qualität des Transplantates ist eine korrekte Entnahme von entscheidender Bedeutung. Biomechanische Versuche zeigten, dass die Zugfestigkeit der Faszie unter anderem abhängig vom longitudinalen Faserverlauf ist [26]. Eine Schädigung dieser Fasern durch einen nicht längs der Verlaufsrichtung geführten Schnitt bedingt ein funktionell insuffizientes Transplantat.

Zur Orientierung können folgende anatomische Strukturen benutzt werden: Von der Spina iliaca anterior superior beginnend wird nach dorsal die Crista iliaca verfolgt, bis das Tuberculum cristae iliaceae getastet werden kann, welches als proximaler Orientierungspunkt dient. Distale Landmarke ist der Condylus lateralis tibiae (Gerdys Tuberkel), an den der Tractus iliotibialis inseriert. Dieser kann bei vollständiger Kniegelenksstreckung und leichter Innenrotation auf Höhe des unteren Patellarrandes nach ventral zum Retinaculum patellae laterale und nach dorsal zur Sehne des Musculus biceps femoris abgegrenzt werden. Proximaler und distaler Anhaltspunkt werden durch eine imaginäre Linie miteinander verbunden. Diese zeigt den Verlauf des Tractus iliotibialis.

Lagerung:

Rückenlagerung des Patienten auf dem Normaltisch.

Zugangsweg:

Lateraler Zugang am Oberschenkel im Verlauf des Tractus iliotibialis.

Arbeitsschritte:

- 1) Hautschnitt von 18 cm Länge am lateralen Oberschenkel (Abb. 1-2).
- 2) Subkutane Präparation und Darstellung der Fascia lata. Blutstillung.
- 3) Herausschneiden eines 2x18 cm messenden Fascia lata-Streifens (inkl. Tractus iliotibialis-Anteil) (Abb. 1-3 und Abb. 1-4).
- 4) Faszienverschluss mit Einzelknopfnah (Abb. 1-5).
- 5) Einlage einer subkutanen Redondrainage.
- 6) Schichtweiser Wundverschluss (Abb. 1-6).
- 7) Anlage eines sterilen Kompressenverbandes.

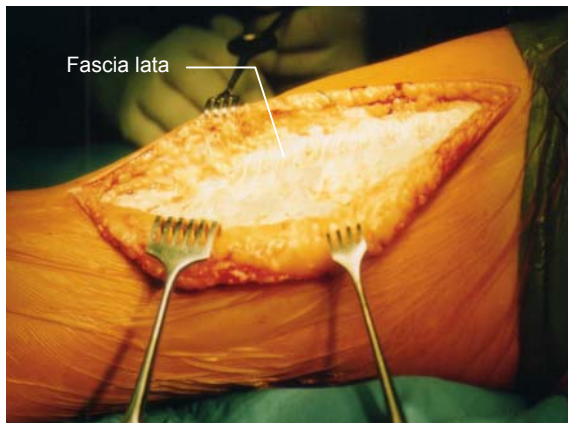


Abb. 1-2 Lagerung und Hautschnitt. Bei Innenrotation des zu operierenden Beines wird ein ca. 18 cm langer Hautschnitt entlang des Verlaufes des Tractus iliotibialis gesetzt. Danach erfolgt die Trennung von Subcutis und Fascia lata.

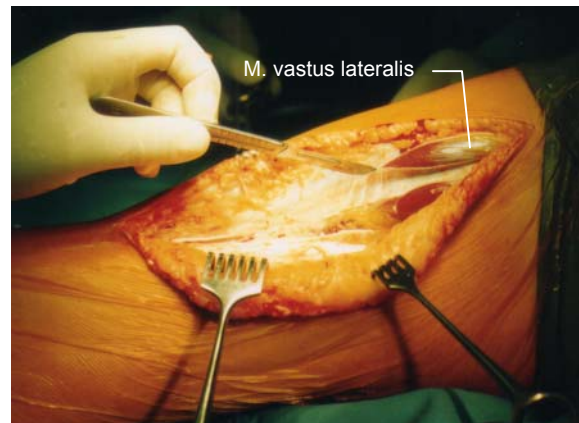


Abb. 1-3 Faszienchnitt. Mit einem Skalpell wird die Faszie durch zwei im Abstand von 2 cm parallel verlaufende Längsschnitte gespalten. Deutlich zu sehen ist die Herniation des Musculus vastus lateralis.

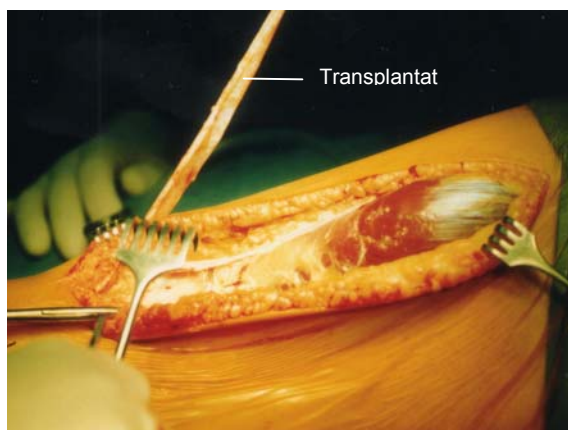


Abb. 1-4 Transplantatentnahme. Das proximale Ende des Faszienstreifens wird mit einem Führungsfaden armiert und bei unter Spannung gehaltenem Transplantat die vollständige Entnahme durchgeführt.

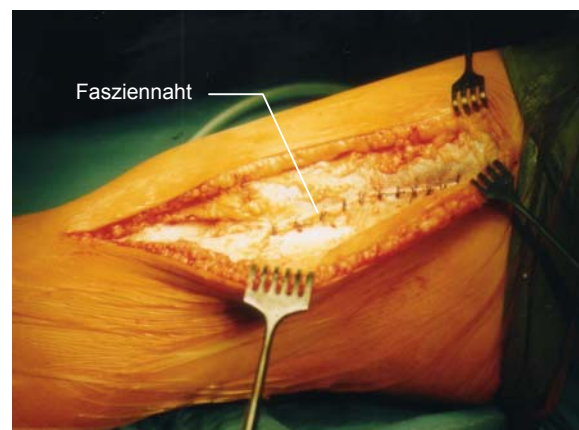


Abb. 1-5 Fasziennaht. Der Verschluss der entstandenen Faszienlücke erfolgt mit Einzelknopfnähten.



Abb. 1-6 Wundverschluss. Nach Einlage einer subkutanen Redondrainage wird die Wunde schichtweise verschlossen und das Wundgebiet mit einem sterilen Kompressenverband versorgt.

1.4 Minimal-invasive Fascia lata-Entnahmen

Wegen des bei konventioneller Fascia lata-Entnahme erforderlichen großen Zugangsweges wurde schon früher nach Möglichkeiten gesucht, eine minimal-invasive Entnahme zu etablieren.

Die wohl einfachste Methode besteht darin das Transplantat mit Hilfe von langen Scheren über einen kurzen Hautschnitt minimal-invasiv zu entnehmen [15,16]. Als Orientierungshilfe kann zunächst die gewünschte Transplantatgröße auf die Hautoberfläche übertragen werden. Über der Mitte der Markierungsfläche wird durch einen ca. 1,5-2 cm langen ventro-dorsalen Hautschnitt auf die Faszie präpariert. Nun erfolgt stumpf die Mobilisation der Faszie vom subkutanen Fettgewebe entlang der kalkulierten Transplantatausdehnung. Nach zwei kleinen im Faserverlauf gerichteten Fasziotomien wird der Faszienstreifen mit einem Faden angeschlungen und mit einer langen, im Schneidebereich gebogenen Schere herausgeschnitten. Ohne die Faszienlücke zu verschließen, erfolgt der Wundverschluss von Unterhaut und Haut.

Eine mehr avancierte Vorgehensweise besteht in der Anwendung eines Faszienstrippers. Diese werden vor allem zur Faszienengewinnung in der Ophtalmologie und Urologie für die in Kap.1.1 erwähnten Suspensionsoperationen benutzt. Hier kann man zum einen anhand des verwendeten Strippertyps (Fasciotome, z. B. Typ Crawford, Masson) und zum anderen bezüglich der Lokalisation des Zugangsweges unterscheiden. Die am häufigsten gebrauchte Ansatzposition für den Faszienstripper liegt ca. 5-7 cm oberhalb des Kniegelenkes [9,12,34]. Nachdem parallel zur Kollagenfaserverlaufsrichtung der Faszie der Anfangsteil des Autotransplantates freipräpariert wurde, schiebt man das Gerät im Verlauf des Tractus iliotibialis in proximaler Richtung und gewünschter Länge vor. Nach Betätigung der im Fasciotome integrierten Schneidevorrichtung kann das Transplantat unter der Haut herausgezogen werden. Am Oberschenkel kann die Entnahme auch in anderer Richtung durchgeführt werden, indem man den Zugangsweg kurz unterhalb des Trochanter major wählt und den Stripper nach distal vorschiebt [21]. Ähnlich wie bei der Scherenmethode ermöglicht die Anwendung eines Strippers jedoch keinen Verschluss des Fasziendefektes.

Komplikationen in Form von postoperativen Blutungen, Muskelhernien oder Funktionseinschränkungen werden in den genannten Arbeiten nicht erwähnt oder traten nicht auf. Andere Autoren beschreiben lediglich direkt postoperativ bestehende Einschränkungen in Form von Wundschmerzen, Belastungsschmerzen und Hinken. Als bestehendes Problem

wird lediglich die vom Patienten als auffällig empfundene Narbe im Entnahmebereich genannt [64].

Dies widerspricht der im orthopädischen Fachbereich bekannten Problematik, dass durch eine Faszienläsion im Oberschenkelbereich eine Muskelhernie entsteht [18]. Neben kosmetischen Beeinträchtigungen können Beschwerden von Seiten der eingeklemmten Muskulatur auftreten [2].

Gegensätzlich dazu beschreibt eine ophtalmologische Arbeitsgruppe die oben genannten möglichen Komplikationen und führt zu deren Reduzierung bzw. Vermeidung eine Stripper-unterstützte Entnahme von Fascia lata im Bereich des Musculus tensor fasciae latae durch [48]: Der Zugangsweg besteht aus einem ca. 2 cm langen Hautschnitt im Verlauf der Langer-Linien, der in der Mitte einer gedachten Linie zwischen Crista iliaca anterior superior und der anterioren Begrenzung des Trochanter major liegt. Nach Freipräparation des Anfangsteils des Transplantates wird eine 1% Lidocain-Epinephrin-Lösung unter die Fascia lata injiziert, um die Separation zum Musculus tensor fasciae latae und gluteus medius zu vereinfachen und das Risiko einer eventuellen Blutung zu reduzieren. Danach wird mittels eines Crawford-Strippers, der nach distal im Verlauf des M. tensor fasciae latae vorgeschoben wird, ein 6-12 mm breiter und 10-12 cm langer Transplantatstreifen entnommen. Nach der Entnahme wird ebenfalls keine Fasziennaht durchgeführt. In den Nachuntersuchungen konnten bei den 21 mit der Methode operierten Patienten keine Muskelhernien festgestellt werden. Die Autoren führen dies unter anderem darauf zurück, dass die unterliegende Muskulatur eine geringere Neigung hat, durch die Faszienlücke zu prolabieren.

Eine endoskopische Fascia lata-Entnahme wird im Rahmen der Gewebebegewinnung zur Korrektur bei rezidivierenden ventralen Abdominalhernien beschrieben [60]. Nach konventioneller Präparation und Darstellung der Hernie wird die zur Defektdeckung benötigte Transplantatgröße (ca. 10x20 cm) ausgemessen und auf den Oberschenkel aufgezeichnet. Danach wird durch einen 10 mm großen Schnitt am lateralen Oberschenkel auf die Fascia lata präpariert. Die Separation zwischen Faszie und Subcutis erfolgt durch diesen Zugang mit Hilfe eines in der Abdominalchirurgie verwendeten präperitonealen Dissektionssystems. Durch einen Trokar wird eine Videoptik eingeführt. Durch zwei zusätzliche Arbeitskanäle wird die Fascia lata mit endoskopischen Scheren entnommen. Aufgrund der Größe des Defektes ist ein Faszienverschluß nicht möglich.

1.5 Zielsetzung und Anforderung der eigenen minimal-invasiven Entnahmetechnik

Minimal-invasive Operationsverfahren setzen sich zunehmend gegenüber konventionellen chirurgischen Vorgehensweisen durch. Damit jedoch eine offen-chirurgische Methode abgelöst wird, muss das neue Operationsverfahren Vorteile aufweisen, die vor allem die Einbuße der besseren operativen Zugänglichkeit rechtfertigen.

Für die eigene Geräteentwicklung wurden folgende Anforderungen an die neue Entnahmemethode gestellt:

- Die Operationsmethode muss als „minimal-invasiv“ gelten, d.h. es sind kleinstmögliche Zugangswege mit gutem Narbenresultat und die Schonung des umliegenden Gewebes bei der Transplantatentnahme zu fordern.
- Um den operativen Aufwand gering zu halten, soll auf den Einsatz endoskopischer Hilfsgeräte verzichtet werden.
- Das allgemeine Operationsrisiko soll sich nicht erhöhen (Nervenschädigungen, Gefäßschädigung/Hämatombildung, Muskelschädigung, Nahtinsuffizienz, Wundheilungsstörungen/Infektion).
- Das gewonnene Autotransplantat muss über die gleiche Qualität verfügen, d.h. es darf durch das neue Verfahren nicht beschädigt und muss anatomisch korrekt entnommen werden.
- Die Dauer des Eingriffs zur Entnahme ist nicht wesentlich zu verlängern.
- Bei ausreichender Sicherheit und Zuverlässigkeit des Gerätes soll trotz allem eine günstige Kosten-Nutzen-Analyse der Anwendung bestehen.

Die Zielsetzung dieser Doktorarbeit war es, unter den gegebenen Anforderungen einen Prototypen zu entwickeln, der prinzipiell für eine minimal-invasive Transplantatentnahme geeignet ist und zusätzlich die entstandene Faszienläsion wieder verschließt.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Material

2.1.1 Chemikalien

0,9% NaCl-Lösung

B. Braun petzold

2.1.2 Geräte

Kühl-Gefrierkombinationsschrank

Liebherr, Ochsenhausen

Zugversuchsmaschine (Typ 1456)

Zwick, Ulm

Drehschieber-Vakuumpumpe

Brand

Digitalkamera Coolpix 940

Nikon, Japan

Spiegelreflexkamera F90

Nikon, Japan

Messblatt (Messbereich 30 cm)

Inbusschlüssel (4er und 5er)

Wisent

Nadelhalter

Lennartz

Pinzette, anatomisch

Lennartz

Pinzette, chirurgisch

Lennartz

Präparierschere

Lennartz

Wundspreizer

Lennartz

Öhrnadel

Fascia lata-Fixationssystem

Spannbacken (Kap. 7.1.1)

Prototyp Fascia lata-Transplantatentnahme (Kap. 7.1.2)

2.1.3 Ver- und Gebrauchsmaterialien

VICRYL[®] Polygalactin 910 (metric 4 (1 USP), Länge 45 cm und 70 cm)

Ethicon, Hamburg

Einmalhandschuhe Peha-Soft[®] Größe M

Hartmann, Heidenheim

OP-Handschuhe Gammex[®] PF Größe 7,5

Ansell

OP-Mantel Klinidrape[®] Größe XL

Mölnlycke Health Care
AB, Schweden

Perfusorspritze 50ml

B. Braun petzold

Einmalskalpelle (Feather Nr. 11 und Nr. 21)

Feather

2.1.4 Versuchspersonen

Menschliche Frischleichen der Medizinischen Universität zu Lübeck.

2.2 Methoden

2.2.1 Entwicklung eines Fascia lata-Fixationssystems

2.2.1.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche

Die minimal-invasiv angestrebte Entnahmestelle des Autotransplantates entspricht der bei der konventionellen Fascia lata-Gewinnung beschriebenen Lokalisation (Kap. 1.3).

Bei einer Faszienstreifengröße von 2x18 cm wird davon ausgegangen, dass zwei kleine Zugangswege im Bereich der beiden Endpunkte notwendig sind, um ein funktionsfähiges Gerät auf der dazwischen liegenden Strecke unter der Haut sinnvoll bedienen zu können.

Das Herausschneiden des Faszienstranges durch eine stripperähnliche Vorrichtung kann einfach durchgeführt werden und wird, wie in der Einleitung beschrieben, in unterschiedlichen Varianten bereits länger praktiziert.

Eine weitaus größere Herausforderung stellt hier die Verhinderung der Herniation des Musculus vastus lateralis durch die entstandene Muskelhautlücke dar, denn nach dem Durchtreten des Muskelbauches ist es nahezu unmöglich, die Faszie mit einem tauglichen Verfahren wieder zu verschließen. Ein Lösungsansatz wäre das Einbringen von Spateln zwischen Muskel und Faszie durch die an den Längsenden des Entnahmerechteckes zuerst gesetzten Fazienschnitte. Bei einer Transplantatbreite von 2 cm sind jedoch Spatelbreiten von mindestens 3-4 cm notwendig, um ein Abdecken der potenziellen Herniationspforte zu gewährleisten. Dieses würde entweder eine Vergrößerung der Zugangswege notwendig machen oder das Einsetzen eines fächerbaren Spatels unter die Faszie erfordern. Selbst wenn es gelingen würde, eine Muskelherniation zu verhindern, würde die darauf folgende Aufgabe der Refixation der Faszienkanten ein spezielles Adaptationsverfahren erfordern.

Die Lösung der Probleme der Herniation und Refixation besteht darin, dass die Faszie bereits vor dem Herausschneiden fixiert wird. Dies ist durch ein System möglich, wie es ähnlich beim automatischen Filmschnitt benutzt wird. Mit Hilfe einer Umlenkrolle wird zunächst die aus dem Film auszuschneidende Sequenz herausgezogen. Dann werden die Enden der auszuschneidenden Sequenz durch zwei Fixationsrollen gegeneinandergedrückt, die Sequenz herausgeschnitten und der Restfilm wieder verklebt.

Das Filmrollenmodell lässt sich auf das minimal-invasive Entnahmegerät folgendermaßen übertragen: Als „Umlenkrolle“ fungiert ein Stab, der durch die zuerst an den Längsenden des zu entnehmenden Transplantates gesetzten Fazienschnitte unter die Faszie geschoben wird. Der Umfang des Stabes entspricht der gewünschten Breite des Transplantates (Abb.

2-1). Die „Fixationsrollen“, die die Faszie nach dem Herausziehen aus der „Faszienebene“ an den zukünftigen Schnittkanten fixieren, beinhalten Schneide- und Nahtvorrichtungen, mit denen die Faszie bearbeitet werden kann (Abb. 2-2 bis Abb. 2-4).

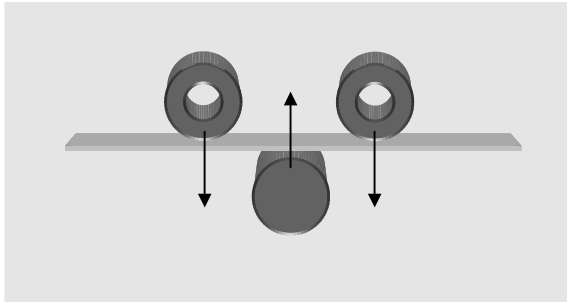


Abb. 2-1 Umlenkstab- und Fixationsrolleneinlage. Querschnittsansicht mit zwischen der subfaszial eingebrachten Umlenkrolle (unten) und den beiden subkutan liegenden Fixationsrollen (oben) verlaufender Fascia lata.

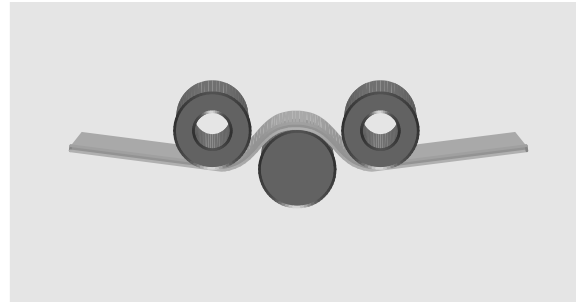


Abb. 2-2 Faszienmobilisation (a). Relativ zur Faszienebene bewegen sich die Umlenkrolle nach oben und die Fixationsrollen nach unten.

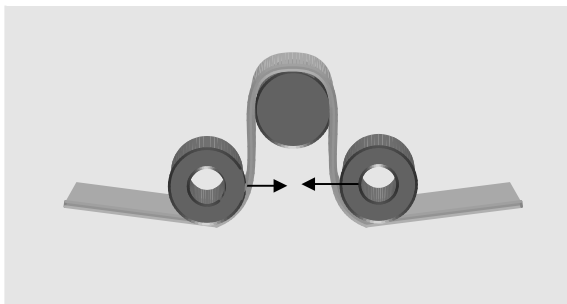


Abb. 2-3 Faszienmobilisation (b). Wenn das auszuschneidende Gewebestück von der Umlenkrolle aus der Faszienebene herausgezogen wurde, rücken die Fixationsrollen aufeinander zu und bringen somit die zukünftigen Schnittkanten zueinander in Kontakt.

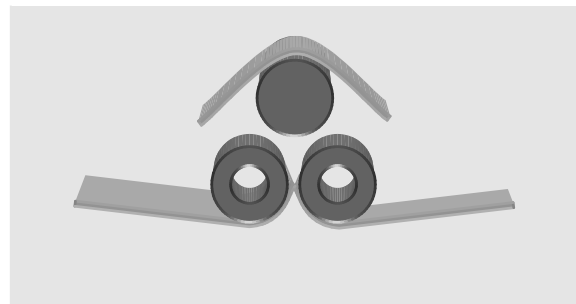


Abb. 2-4 Faszienbearbeitung. Im Fixationsbereich kann nun die Faszie geschnitten und zusammengefügt werden. An der Umlenkrolle verbleibt das Transplantat.

2.2.1.2 Erprobung

An fünf an den unteren Extremitäten nicht voroperierten menschlichen Leichen (Geschlechtsverteilung: zwei männlich und drei weiblich; Durchschnittsalter: 58,8 Jahre; Altersverteilung: 27-80 Jahre) wurde die Anwendbarkeit eines Fixationssystems zur Gewinnung eines Fascia lata Streifens wie folgt erprobt:

Die Fixationsapparatur besteht aus einem separaten Umlenkstab und zwei Aluminiumrohren. Die Rohre weisen an den Enden Bohrungen auf, durch die Inbusschrauben geführt werden. Mittels zweier an den Inbusschrauben angebrachten Flügelmuttern können die Rohre in einer Ebene aufeinanderzu verschoben werden.

Sämtliche Operationen wurden durch den Autor durchgeführt.

Lagerung:

Rückenlagerung auf dem Sektionstisch.

Zugangswege:

Projektion des Fascia lata-Transplantates nach den in Kap. 1.3 beschriebenen Kriterien. Zugangswege durch Hautschnitte, den kurzen Seiten des Transplantatrechteckes entsprechend (Abb. 2-5).

Arbeitsschritte:

- 1) Hautschnitte à 2 cm am lateralen Oberschenkel in Verlaufsrichtung der „relaxed skin tension lines“ (RSTL) (Abb. 2-6).
- 2) Stumpfe Präparation auf die Faszie.
- 3) Separation des subkutanen Fettgewebes von der Fascia lata mit einem Dissektions-spatel. (Abb. 2-7).
- 4) Faszienschnitte à 2 cm (Abb. 2-8).
- 5) Subfasziales Einführen des Umlenkstabes (Abb. 2-9 und Abb. 2-10).
- 6) Subkutanes Einführen der Fixationsrohre (Abb. 2-11 und Abb. 2-12).
- 7) Anschlingen und Heben des Umlenkstabes zwischen den Fixationsrohren und über deren Niveau hinaus (Abb. 2-13).
- 8) Verschluss der Fixationsrohre (Abb. 2-14).



Abb. 2-5 Lagerung und Markierung. Ziehen einer Verbindungslinie vom Tuberculum cristae iliacaе zum Condylus lateralis tibiae (Verlauf des Tractus iliotibialis). Das Transplantat wird auf die Haut projiziert (2x18 cm, distaler Beginn ca. handbreit proximal des oberen Patellarrandes).



Abb. 2-6 Zugangswege und Hautschnitte. Die 2 cm langen Hautschnitte an den kurzen Seiten des Projektionsrechteckes dienen als Zugangswege.

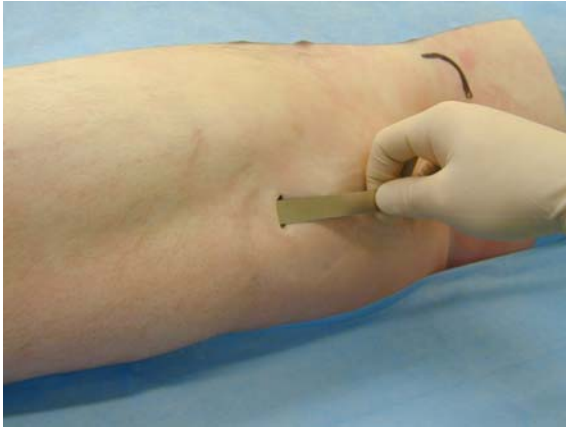


Abb. 2-7 Dissektion. Das subkutane Fettgewebe wird durch einen Dissektionsspatel, der jeweils über beide Hautschnitte zwischen Fascia lata und Subcutis geführt wird, von der Faszie getrennt.



Abb. 2-8 Faszienrisse. Quer zur Faserverlaufsrichtung wird die Faszie proximal und distal über 2 cm gespalten.



Abb. 2-9 Umlenkstabeinlage. Der Umlenkstab (20 cm Länge, 5 mm Durchmesser) wird über den distalen Zugangsweg subfaszial eingeführt und in Richtung des proximalen Faszienrisches vorgeschoben.



Abb. 2-10 Umlenkstablage. Am proximalen Faszienrisch wird der Umlenkstab wieder ausgeführt. Die beiden Enden des Stabes überragen die Fasciotomien mit jeweils 1 cm.

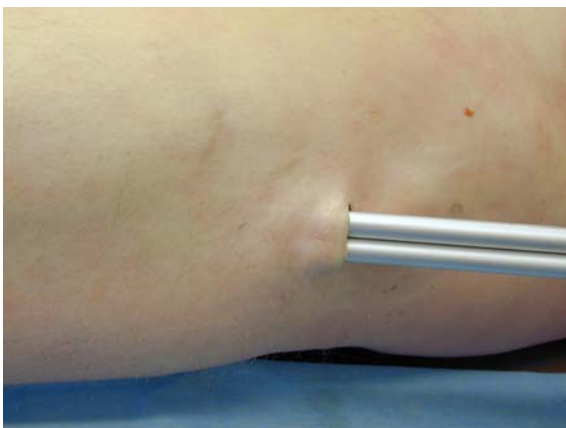


Abb. 2-11 Fixationsrohreinlage. Die Fixationsrohre (25 cm Länge, 10 mm Durchmesser) werden über den proximalen Hautschnitt subkutan eingeführt und in Richtung des distalen Hautschnittes vorgeschoben.

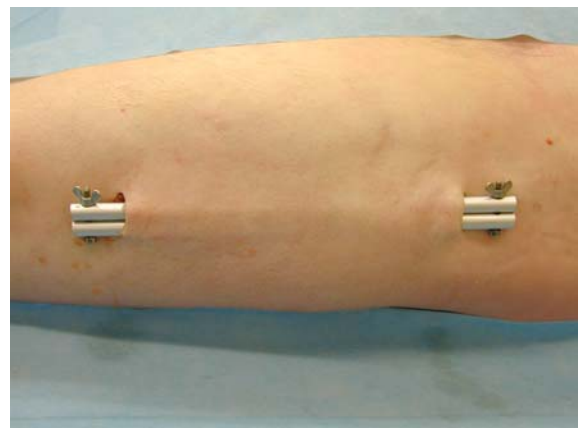


Abb. 2-12 Fixationsrohrlage. Am distalen Hautschnitt werden die Fixationsrohre wieder ausgeführt. Die Rohre sind an den Enden über Inbusschrauben verbunden und somit in einer Ebene zueinander verschiebbar. Nach dem Öffnen der Flügelmuttern werden die Rohre gespreizt.



Abb. 2-13 Anschlingung. Der Umlenkstab wird zwischen den gespreizten Fixationsrohren mit einem Gummiring angeschlungen. Mit Hilfe des Gummiringes wird der Stab zwischen die Rohre und über deren Niveau hinaus gezogen.



Abb. 2-14 Verschluss der Fixationsrohre. Das Heben des Umlenkstabes und der Verschluss der Fixationsrohre mit Hilfe der Flügelmuttern wird auf beiden Seiten gleichzeitig durchgeführt, um ein Verkanten zu vermeiden. Die Faszia ist nun um den Umlenkstab verlaufend zwischen den Rohren fixiert.

Begutachtung:

Nach den beschriebenen Arbeitsschritten wurde das Gerät in umgekehrter Reihenfolge wieder entfernt und nach lateralem Längsschnitt der Haut die Fascia lata makroskopisch begutachtet.

2.2.2 Entwicklung einer Fascia lata-Nahtmethode

2.2.2.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche

Nachdem ein Fixationssystem geschaffen wurde, galt es, eine Nahtmethode zu finden, die durch das Gerät schnell und zuverlässig ausgeführt werden kann.

In der Orthopädie bzw. Unfallchirurgie werden zur Naht der Fascia lata gewöhnlich bei Einzelknopfnäht geflochtene resorbierbare polyfile Fäden (z. B. Polyglykolsäure (Dexon®) oder Polyglactin 910 (Vicryl®) oder bei fortlaufender Naht monofile resorbierbare Fäden (z. B. Polyglykonat (Maxon®) oder Polydioxanon (PDS II®)) verwendet. Die herkömmliche Fadenstärke beträgt metric 4 (USP 1).

Aufgrund des jungen Patientenkollektivs, das mit dem zukünftigen Verfahren operiert werden soll, bestand die Vorgabe, nur resorbierbare Materialien zum Faszienschluss zu verwenden. Daher wurde die Möglichkeit, lineare Klammernähte aus Metall einzusetzen, nicht weiter verfolgt. Als Alternative kam resorbierbares Klammermaterial nicht in Betracht, da es über eine unzureichende Stabilität verfügt.

Die bei der offenen Transplantatentnahme zum Faszienschluss am häufigsten eingesetzte und schon hier zeitaufwendige Einzelknopfnäht ließ sich im Gerät unter den zeitlichen Vorgaben nicht realisieren.

Mit einer modifizierten Matratzennaht konnte bei höherer Nahtstabilität die Anzahl der notwendigen Einzelnähte verringert werden. Doch auch hier erwies sich das häufig durchzuführende Vorschieben des Knotens über Schlittensysteme als zu aufwendig.

Da in den eigenen Versuchen der Knotvorgang bei den meisten Systemen den begrenzenden Problemfaktor darstellte, wurde schließlich die fortlaufende Naht als Verschlussmethode favorisiert.

Als technisch realisierbar erschien es, mit Hilfe einer spiralförmigen Nadel eine fortlaufende, überwendelnde Naht in das Gewebe einzubringen.

Weil die zukünftig angestrebte Gerätegröße die Spiralausmaße einschränkt, wurde die Naht mit kleinstmöglichen Nahtparametern (0,5 cm Randabstand und 1 cm Stichabstand) umgesetzt und anschließend hinsichtlich ihrer Stabilität mit einer herkömmlichen Einzelknopfnah (0,5-1,0 cm Randabstand und 1 cm Nahtabstand) verglichen.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, eine genähte Gewebeprobe auf Reißfestigkeit zu untersuchen. Zum einen kann die Bruchfestigkeit (breaking strength [N/cm]) als Kraft pro Einheitsbreite der Probe und zum anderen die lineare Zugfestigkeit (tensile strength [N/cm²]) als Kraft pro Einheitsbreite und Querschnitt der Probe ermittelt werden. Die Ermittlung der linearen Zugfestigkeit ist die einzige Methode, die unter Idealbedingungen reproduzierbare Ergebnisse bringt [61]. Bei den nachfolgenden Zugversuchen bestand nicht die Zielsetzung, absolute mechanische Werte hinsichtlich der Nahtfestigkeit der jeweiligen Nahtmethode zu erlangen, sondern einen direkten Vergleichswert bei zwei unterschiedlichen Methoden an einem Probandenmaterial zu erhalten. Aus diesem Grund wurde die Maximalbelastung bis zum Materialversagen der beiden unterschiedlichen Nähte als Messwertparameter gewählt. Dies erschien auch insofern sinnvoll, da absolute Zugbelastungswerte aufgrund der großen interindividuellen Unterschiede der Materialeigenschaften bei Probandenmaterial (genetische Vorraussetzungen, Aktivitätsniveau und Lebensalter) schwer ermittelbar sind [8].

2.2.2.2 Vergleich zweier Nahtmethoden

Von neun menschlichen, an den unteren Extremitäten nicht voroperierten Leichen (Geschlechtsverteilung: sechs männlich und drei weiblich; Durchschnittsalter: 68.8 Jahre; Altersverteilung: 55-80 Jahre) wurde beidseits die laterale Fascia lata entfernt und an den Faszienpräparaten zwei unterschiedliche Nahtmethoden miteinander verglichen.

Probenentnahme:

Die Probenentnahme erfolgte innerhalb 36 Stunden post mortem. Die laterale Fascia lata mit Tractus iliotibialis wurde in einem rechteckigen Format vom oberen Patellarrand bis auf Höhe des Ansatzes des Musculus tensor fasciae latae entnommen.

Lagerung und Präparation:

Das Gewebe wurde in einem Aufbewahrungsbehälter bei -50°C tiefgefroren. Die gesamte Lagerungszeit betrug nicht länger als acht Wochen. Untersuchungen haben gezeigt, dass ein einmaliger Frier- und Auftauvorgang, sowie die Lagerungsdauer keinen Effekt auf die mechanischen Eigenschaften des Stützgewebes haben [10,22,62]. Am Versuchstag wurden die Proben zum Auftauen eine Stunde vor Versuchsbeginn in dem geschlossenen Behälter im 35°C warmen Wasserbad erwärmt. Danach wurde die Probe auf einem mit NaCl 0.9% angefeuchteten Bearbeitungsbrett ausgebreitet. Noch an der Faszie enthaltenes Fettgewebe wurde entfernt, ohne die superfizielle Faszienschicht zu beschädigen. Das Präparat wurde nun mittels Skalpell auf eine Größe von 20x10 cm zugeschnitten. Die proximale Begrenzung dieses Rechteckes lag 5 cm distal vom ehemaligem Ansatz des Musculus tensor fasciae latae. Der Tractus iliotibialis verlief zentral im zugeschnittenen Präparat. Mit einem doppelklingigen Skalpell wurde ein 2 cm breiter Streifen mittig auf gesamter Länge entnommen und somit die Transplantatentnahme simuliert. Hierdurch wurde der Tractus iliotibialis nahezu vollständig entfernt. Die beiden so entstandenen Faszienhälften wurden mit einer Naht wieder verbunden. Hierbei wurden nach randomisierter Auswahl die Faszienstücke ipsilateral mit einer *einfach überwendelnden fortlaufenden Naht* bei 0,5 cm Rand- und 1 cm Stichabstand und kontralateral mit einer *Einzelknopfnah*t bei 0,5-1,0 cm Rand- und 1 cm Nahtabstand versorgt.

Halterung und Zugversuch:

Jedes Versuchspräparat wurde in zwei Materialklemmbacken eingespannt (Abb. 2-15). Die Spannbacken wurden in ein Materialtensiometer (Materialprüfmaschine Zwick/Ulm Typ 1456) eingesetzt, wobei die untere Halterung fest, die obere in der Spannbackenebene durch eine Stiftlagerung frei beweglich war (Kap. 7.1.1).

Nach Anlegen einer Vorspannung von 10 N wurden die Proben bis zum Materialversagen zugbelastet (Abb. 2-16, Abb. 2-17 und Abb. 2-18). Bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von 10 mm/min wurde eine Kraft-Verformungs-Kurve erstellt. Der gemessene Festigkeitsparameter war die maximale Zugbelastung bis zum Materialversagen.

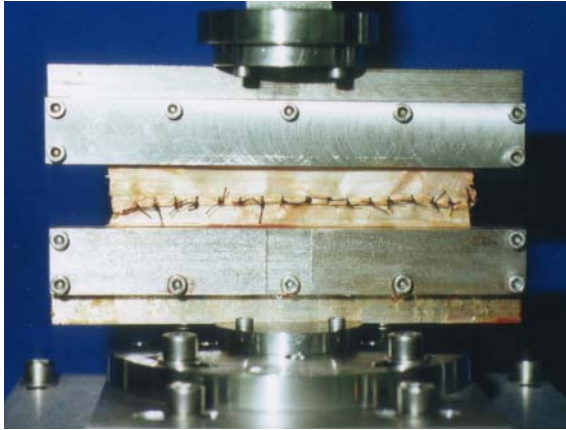


Abb. 2-15 Spannbacken-Halterung. Beispiel einer einge-spannten Probe mit Einzelknopfnäht. Die Fixierung erfolgte jeweils im Abstand von 2 cm zur Nahtlinie. Die Faszie ist noch gewellt, da keine Vorspannung anliegt.



Abb. 2-16 Zugversuch (a). Versuchsverlauf nach ca. einer Minute. Die obere Spannbacke richtet sich der Belastungsverteilung entsprechend aus.

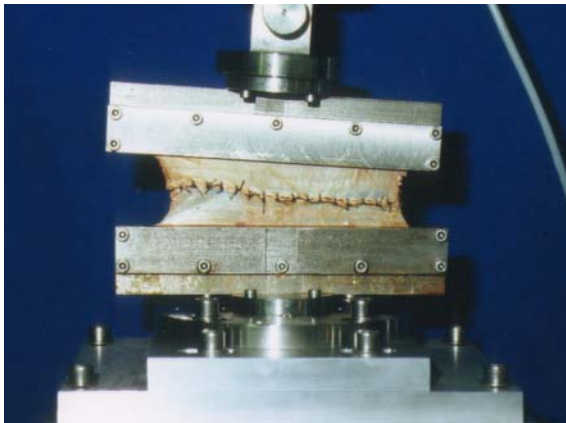


Abb. 2-17 Zugversuch (b). Nach zwei Minuten sind erste Bezirke mit Materialversagen (links unten) erkennbar.

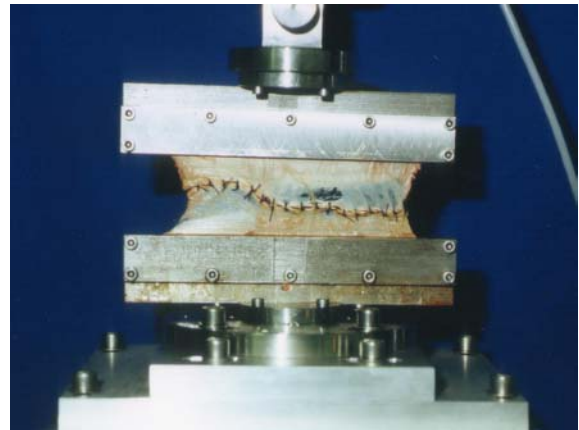


Abb. 2-18 Zugversuch (c). Das Präparat zeigt auf der gesamten Breite Materialversagen. Belastungslimitierender Faktor war die durch die Nahteinstiche geschwächte Faszie.

Begutachtung:

Nach dem Versuch wurden die Proben makroskopisch auf die Art des Materialversagens begutachtet.

2.2.3 Entwicklung eines Prototypen zur Fascia lata-Transplantatentnahme

2.2.3.1 Theoretische Überlegungen und Vorversuche

Fixationssystem und Nahtmethode wurden unter Berücksichtigung der folgenden Anforderungen in einem Prototyp vereint: Das Fixationssystem muss bei kleinstmöglichem Durchmesser über eine ausreichende Längsstabilität verfügen, um die Faszie auf der Strecke unter der Haut sicher zu arretieren. Außerdem sollte es möglich sein, das Fixationssystem gleichzeitig als Arbeitskanal zu nutzen, um das Risiko einer Gewebeschädigung zu minimieren.

Der zugrundeliegende Gedanke, durch eine runde Bauweise einerseits ein gutes Stabilitätsverhalten und andererseits eine optimale Führung für das eingesetzte Spiralsystem zu gewährleisten, wurde mit dem Entwurf eines rohrähnlichen Arbeitskanals umgesetzt. Um funktionell eine Fixation zu ermöglichen, setzt sich der Arbeitskanal aus zwei halbrohrähnlichen Elementen zusammen. Mit diesen lässt sich die Faszie zwischenliegend einspannen (Abb. 2-19) und im so entstandenen Lumen bearbeiten (Abb. 2-20).

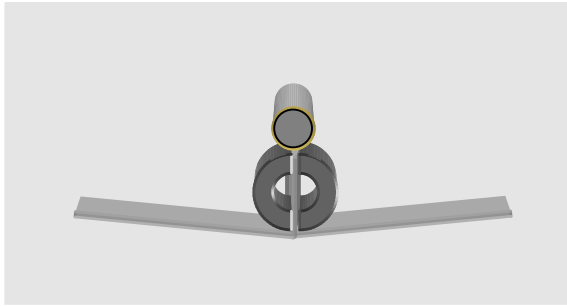


Abb. 2-19 Fasziendifixation. Die zur Fixation benutzten halbrohrähnlichen Elemente sind so konzipiert, dass sie zusammengeführt bei zwischenliegender Fascia lata und einer angenommenen Fasziendicke von ca. 1 mm ein echtes Kreislumen ergeben.

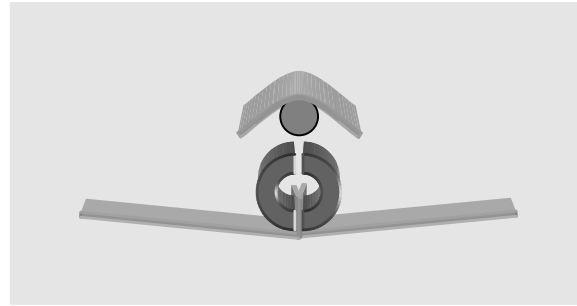


Abb. 2-20 Fasziensbearbeitung. In dem Rohrlumen kann mit Hilfe eines Skalpellschlittens die Faszie zerschnitten und das Transplantat mit dem Umlenkstab entnommen werden. Anschließend vernäht die im Arbeitskanal geführte Spirale die Faszie.

Versuche mit dem Spiralsystem ergaben, dass das Eindrehen der Spirale mit dem anschließenden Nachziehen des Fadens erhebliche Schäden in der Faszie aufgrund der Oberflächenfraktion des Fadens verursacht. Zur Vermeidung dieses Problems wurde in die Spirale eine Nut gefräst, in die der Faden platziert und somit gleichzeitig mit in die Faszie eingezogen werden kann. Die Spirale wird mit dem Faden komplett in die Faszie eingedreht, der Faden am Ende fixiert und die Spirale wieder zurückgedreht, wobei der Faden in der Faszie belassen wird. Die in das Vollmaterial der Spirale eingefräste Nut war bei einer für die sichere Fadenführung notwendigen Tiefe jedoch scharfkantig und schädigte somit die Faszie.

Eine geschützte und weitestgehend gewebeschonende Fadeneinlage gelingt mit einer spiralförmigen Kapillare, die bei akzeptablem Außendurchmesser ein genügend weites Lumen besitzt, um für den verwendeten Faden (metric 4 (1 USP)) durchgängig zu sein. Es besteht jedoch die Schwierigkeit, den entsprechenden Faden in der spiralförmigen Kapillare zu platzieren. Beim manuellen Vorschieben des Nahtmaterials in das Spirallumen konnte schon nach kurzer Strecke durch die zunehmende Fadenreibung kein Vortrieb mehr erzielt werden. Wegen seiner höheren Flexibilität war es jedoch möglich einen geflochtenen polyfilen Faden (Vicryl[®], metric 4) in die Spirale einzusaugen. Hierbei wurde dieser zunächst einige Zentimeter in die Spirale vorgeschoben und mit ihr in eine Wasserschale gelegt. Anschliessend konnte mit Hilfe einer am anderen Ende des Kapillarrohres konnek-

tierten Vakuumpumpe ein ausreichender Unterdruck erzeugt werden, um den Faden mit dem erzeugten Wasserstrom einzuschwemmen. Nachdem die Durchgängigkeit der Kapillare verbessert wurde, war es bei den weiteren Versuchen mit dem Prototypen möglich, den Faden unter Anwendung einer flüssigkeitsgefüllten Perfusorspritze in die Spirale einzuspülen.

Ein zusätzlicher Vorteil bei im Lumen liegendem Faden besteht darin, dass beim Herausdrehen der Spirale gleichzeitig eine kontinuierliche Fadenspannung im Nahtverlauf erzeugt wird.

2.2.3.2 Erprobung

An elf an den unteren Extremitäten nicht voroperierten menschlichen Leichen (Geschlechtsverteilung: sechs männlich und fünf weiblich; Durchschnittsalter: 55.2 Jahre; Altersverteilung: 22-79 Jahre) wurde ein Prototyp zur minimal-invasiven Fascia lata-Transplantatentnahme wie folgt erprobt.

Der Prototyp besteht - wie in den Vorversuchen bereits beschrieben - aus dem Umlenkstab und der Einheit aus Fixationsmechanismus und Arbeitskanal (Kap. 7.1.2). Die halbrohrähnlichen Fixationselemente sind durch einen Verschlussapparat in einer Ebene gegeneinander verschiebbar.

Die gesammelten Erfahrungen aus der Erprobung eines Fascia lata-Fixationssystems zeigten, dass das manuelle Anheben des Umlenkstabes zwischen die Fixationsrohre schwer durchführbar war. Zur Komfortverbesserung wurde hier deshalb eine maschinelle Methode angestrebt. Mit Hilfe von schrägen Ebenen lässt sich die Verschlussrichtung des Fixationssystems in eine Heberichtung umwandeln. Hierzu wird der Umlenkstab auf in Hebeschächten gleitenden Keileinsätzen aufgesteckt. Schließen lässt sich die Einheit durch Gewindestäbe, die jeweils im Verschlussapparat und am anderen Ende des Gerätes liegen (Abb. 2-21). Dabei wird der Umlenkstab automatisch zwischen den Fixationselementen durchgehoben (Abb. 2-22). Bei geschlossener Maschine wird im Arbeitskanal die Faszie geschnitten und das Transplantat entnommen, anschließend die Faszie wieder vernäht und das Gerät entfernt.

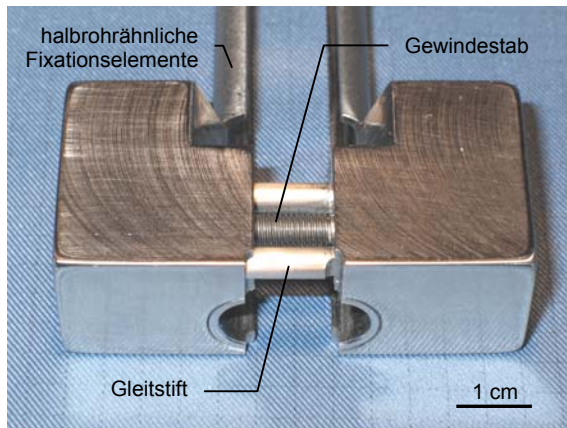


Abb. 2-21 Verschlussprinzip. Der Verschlussapparat enthält zwei Gleitstifte und einen Gewindestab, die das Öffnen und Schließen des Gerätes in einer Ebene ermöglichen.

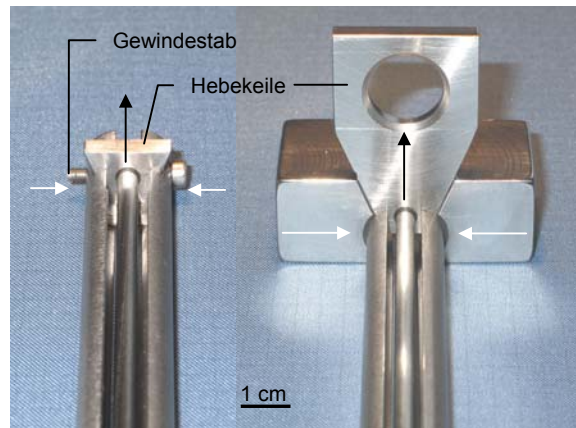


Abb. 2-22 Hebeprinzip. Auf die gefrästen Enden des Umlenkstabes werden keilartige Aufsätze gesteckt und in die Hebeschächte platziert. Beim Geräteverschluss gleiten die Aufsätze in den Schächten nach oben. Mit ihnen wird der Umlenkstab mit der Faszie nach oben durchgehoben.

Lagerung und Zugangswege:

Wie in Kap. 2.2.1.2 beschrieben.

Arbeitsschritte:

- 1) Erste Arbeitsschritte bis zur subfaszialen Platzierung des Umlenkstabes entsprechend Kap. 2.2.1.2.
- 2) Subkutanen Einführen der Geräteeinheit (Abb. 2-24 und Abb. 2-25).
- 3) Öffnen der Geräteeinheit (Abb. 2-26).
- 4) Aufstecken der Hebeaufsätze auf den Umlenkstab.
- 5) Verschließen der Geräteeinheit (Abb. 2-27 und Abb. 2-28).
- 6) Einbringen und Fixieren der Gabel in den Arbeitskanal (Abb. 2-29 und Abb. 2-30).
- 7) Zerschneiden der Fascia lata mit dem Skalpellschlitten (Abb. 2-31 und Abb. 2-32).
- 8) Entnehmen des Fascia lata-Streifens und des Umlenkstabes (Abb. 2-33).
- 9) Vordrehen der Spirale auf der Gabel (Abb. 2-34).
- 10) Einspülen des Vicryl®-Fadens in das Spirallumen (Abb. 2-35).
- 11) Fixieren des Fadens und Entfernen von Gabel und Spirale (Abb. 2-36).
- 12) Öffnen und Entfernen der Geräteeinheit (Abb. 2-37).
- 13) Vernähen der Fadenenden (Abb. 2-38).
- 14) Schichtweiser Wundverschluss.

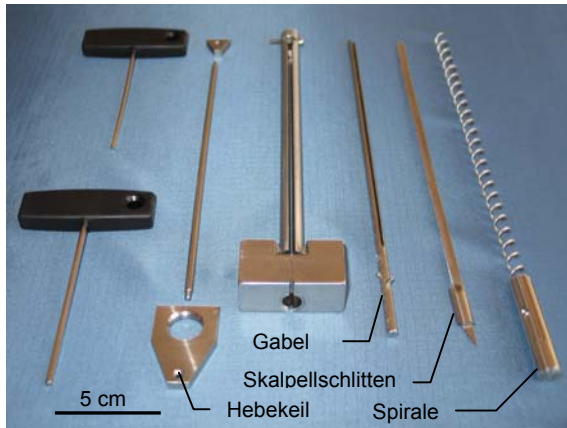


Abb. 2-23 Instrumentarium. Das minimal-invasive Fascia lata-Entnahmegesetz besteht aus dem eigentlichen Hauptapparat, dem Umlenkstab und zwei Hebekeilen, der gabelähnlichen Geräteschiene, dem Skalpellsschlitten und der Spiralnadel. Ganz links im Bild zu sehen die zum Geräteverschluss benötigten Inbusschlüssel.

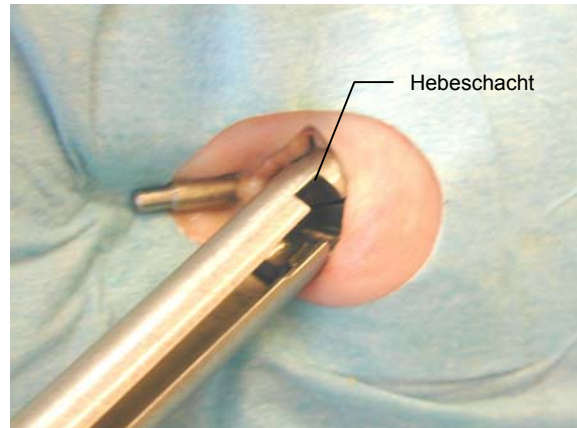


Abb. 2-24 Geräteeinlage. Am distalen Hautschnitt wird der Hauptapparat (Einheit aus Fixationsmechanismus und Arbeitskanal) subkutan eingeführt und entlang des Umlenkstabes vorgeschoben. Gut sichtbar ist die rechteckige Aussparung (Hebeschacht), die den Hebeaufsatz aufnimmt.

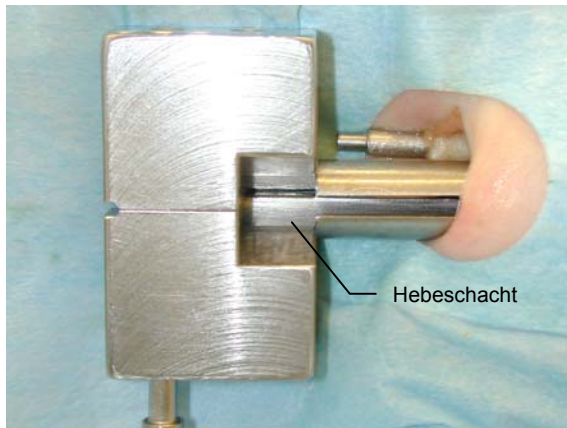


Abb. 2-25 Gerätelage. Das Gerät wird vollständig vorgeschoben, so dass im proximalen Anteil der Hebeschacht schließlich über dem Ende des Umlenkstabes liegt. Im distalen Abschnitt ist hier der Verschlussapparat mit ebenfalls integriertem Hebeschacht zu sehen.

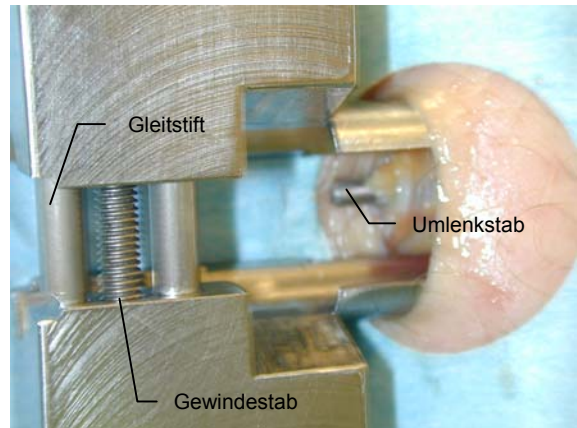


Abb. 2-26 Geräteöffnung. Nach der Geräteöffnung wird der Umlenkstab zwischen die beiden halbrohrförmigen Fixationselemente positioniert und auf die danach eingelegten Hebekeile aufgesteckt.

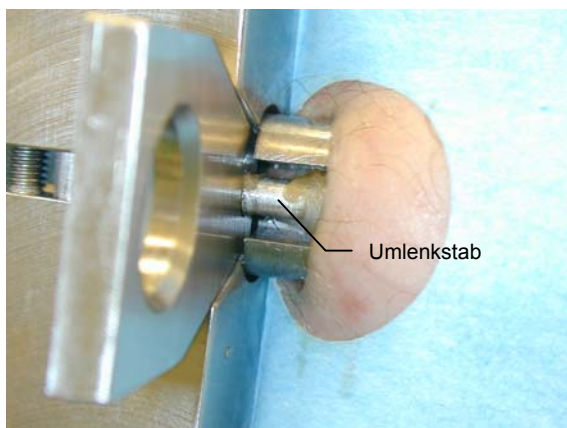


Abb. 2-27 Geräteverschluss (a). Zum Geräteverschluss werden die beiden Gewindestäbe mit Hilfe von Inbusschlüsseln bedient. Die Ansicht auf den distalen Hebekeil im Verschlussapparat zeigt wie dieser im Hebeschacht nach oben gleitet.

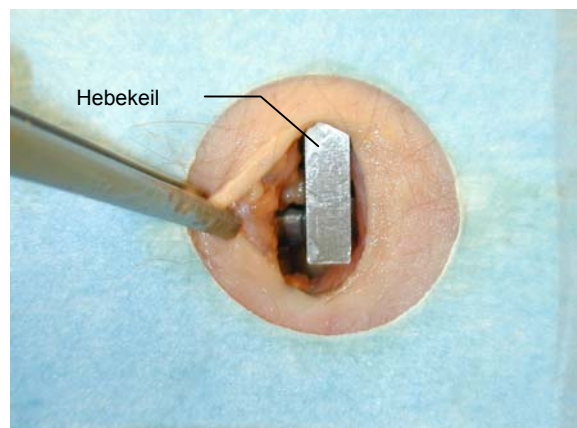


Abb. 2-28 Geräteverschluss (b). Nach vollständigem Geräteverschluss sind beide Aufsätze in den Hebevorrichtungen vollständig nach oben gegliedert (hier dargestellt: prox. Aufsatz). Die zwischen den Halbrohren nach oben gezogene Fascia lata ist fixiert und kann bearbeitet werden.

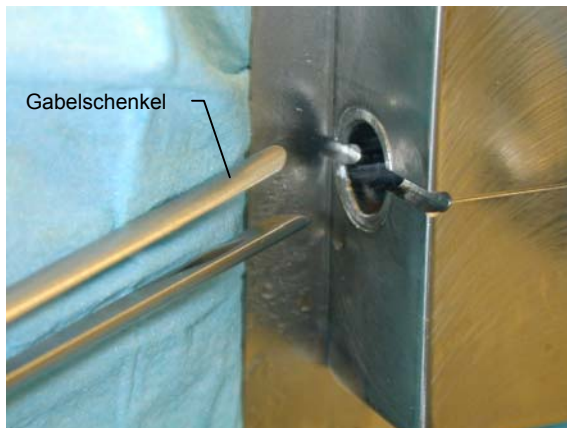


Abb. 2-29 Gabeleinlage. Als weitere Fixation und zur Schienung der Arbeitsgeräte wird die gabelartige Vorrichtung so eingeführt, dass die Faszie zwischen den Gabelschenkeln liegt.

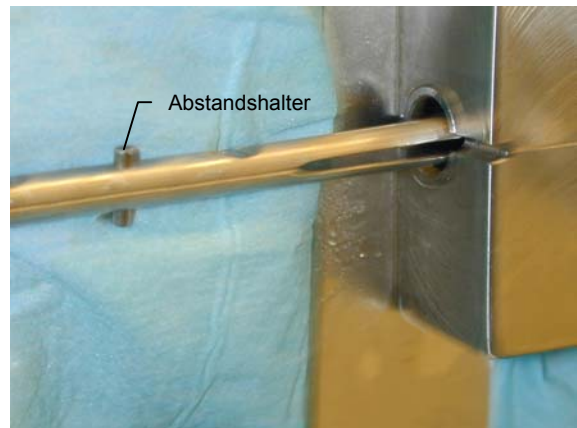


Abb. 2-30 Gabelvorschub. Beim Vorschub der Gabel sorgen herausnehmbare Abstandshalter dafür, dass die Schienung zentrisch im Arbeitskanal liegt. Ein Konus am Ende des Arbeitskanals nimmt die Gabelspitze auf.

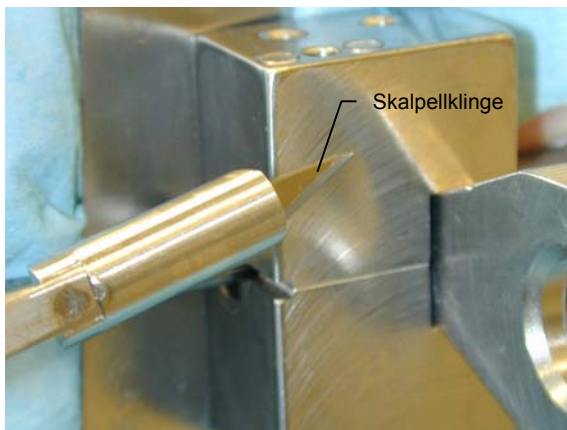


Abb. 2-31 Skalpelleinlage. Das Schneidegerät besteht aus einer Skalpellklinge, die in einen Halbrundaufsatz eingebracht ist. Es wird auf der Gabel aufliegend in den Arbeitskanal eingeführt.

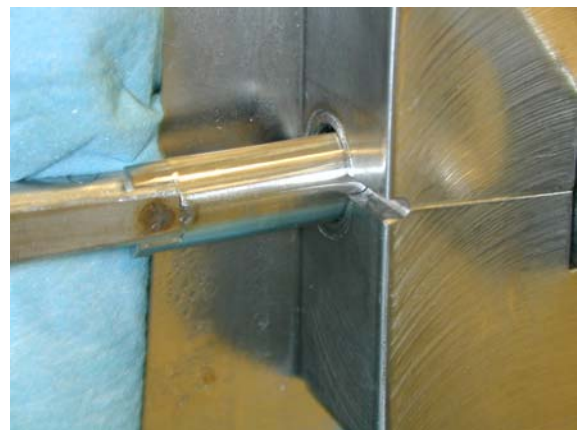


Abb. 2-32 Skalpellvorschub. Beim Vorschub des Skalpells auf der Gabel wird die Fascia lata im oberen Bereich des Arbeitskanals durchtrennt und das Stück, welches um den Umlenkstab verläuft, wird als Transplantat frei.

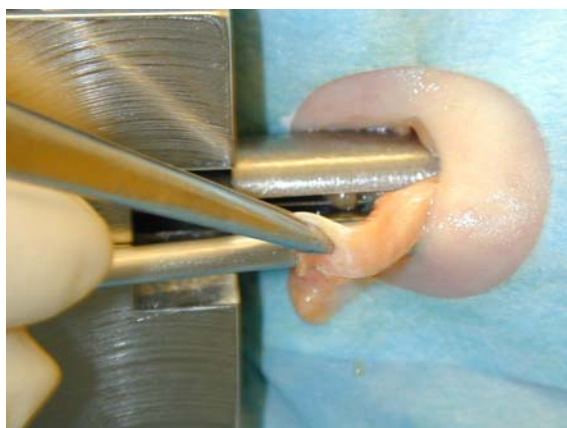


Abb. 2-33 Fascia lata-Entnahme. Das ca. 2x18 cm messende Fascia lata-Transplantat kann nun mit dem Umlenkstab zusammen subkutan herausgezogen werden.



Abb. 2-34 Spiraleinlage. Der zu nähernde Fascia lata-Anteil ist immer noch zwischen den Gabelschenkeln und den Halbrohren im Arbeitskanal fixiert. Auf der Gabel wird eine Spiralnadel (25 cm Länge, 8,5 mm Außendurchmesser, 10 mm Steigung, Nadellumen 1,2 mm Außen- und 0,8 mm Innendurchmesser) vorgedreht.

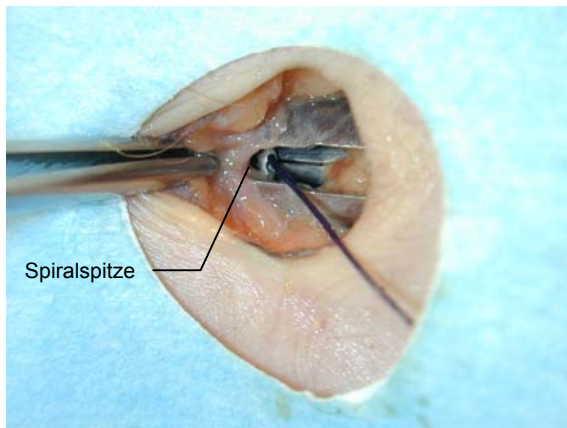


Abb. 2-35 Fadeneinlage. Beim Vordrehen auf der Gabel durchsticht die Spirale die Faszie im 10 mm Abstand, bis sie nach vollständigem Einbringen am Ende des Arbeitskanals erscheint. Mit Hilfe einer Perfusorspritze und NaCl 0.9% wird ein Vicryl®-Faden in das Lumen der Spirale gespült und am proximalen Zugangsweg ergriffen.



Abb. 2-36 Gabel- und Spiralenentfernung. Der Faden wird proximal gehalten, die Spirale zurückgedreht und die Gabel gleichzeitig zurückgezogen. Es resultiert eine fortlaufende, überwendelnde Naht.

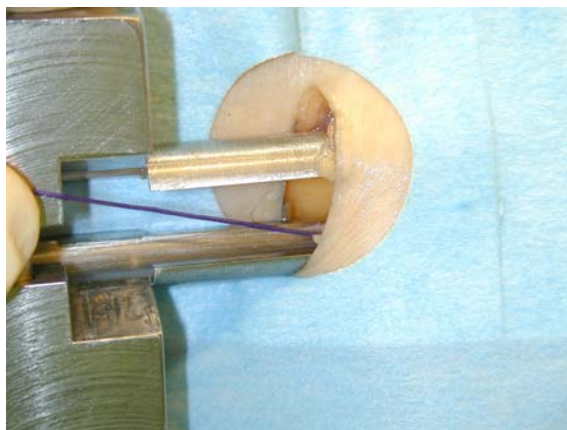


Abb. 2-37 Geräteentfernung. Der Verschlussapparat wird geöffnet und das gesamte Instrument entfernt. Jetzt ist die Faszie zwischen den Halbrohren nicht mehr fixiert, so dass der Vicryl®-Faden an beiden Enden unter Zug gehalten werden muss, damit keine Nahtdehizens entsteht.



Abb. 2-38 Faszienendnähte. An beiden Enden der fortlaufenden Naht wird mit einer Öhrnadel der jeweilige Fadenüberstand durch den intakten Faszienbereich jenseits der ehemaligen Transversalschnitte gestochen. Der Endknoten wird in der Knotentechnik nach von Mezö durchgeführt.

Begutachtung:

Nach dem beschriebenen Eingriff wurden zwei Strukturen ohne Zuhilfenahme von optischen Geräten inspektorisch begutachtet: das Transplantat (Abb. 2-39) und - nach lateralem Längsschnitt der Haut - die Fascia lata inklusive Fasziennaht (Abb. 2-40 und Abb. 2-41).



Abb. 2-39 Transplantatansicht. Nach Entfernung von noch vorhandenen Fettgeweberesten kann das ca. 2x18 cm messende Faszienstück als Transplantat verwendet werden.



Abb. 2-40 Nahtansicht (a). Zur Nahtbegutachtung werden die Haut über einen lateralen Zugang eröffnet und die Hautlappen fixiert.



Abb. 2-41 Nahtansicht (b). Die Nahtansicht zeigt einen korrekten Verlauf der einfach überwendelnden Fasziennaht. Der Faden steht gut unter Spannung, so dass keine Dehizens entsteht.

Bewertung:

Nach Einarbeitung mit dem Gerät wurden sieben Operationen unter strengerem Zeitvorgaben durchgeführt, so dass eine grobe Schätzung der Operationsdauer möglich war.

3 ERGEBNISSE

3.1.1 Erprobung eines Fascia lata-Fixationssystems

Die Anwendung des zur Fixierung der Fascia lata konstruierten Rohrsystems erwies sich bei allen fünf Versuchsleichen als effektiv und unproblematisch. Anhand des Orientierungsalgorithmus war eine schnelle Bestimmung der Zugangswege möglich. Die Präparation mit der Schere auf die Faszie und die Trennung von Subcutis und Fascia lata mit dem Dissektionsspatel waren einfach durchzuführen. Der Umlenkstab und die Fixationsrohre ließen sich stets ohne Schwierigkeiten platzieren. Alle Faszien konnten durch die Versuchsanordnung fixiert werden. Es wurden individuelle Unterschiede bei der erforderlichen Kraftaufwendung bei Heben des Umlenkstabes und Verschluss der Fixationsrohre beobachtet.

Bei Begutachtung der Faszie mit bloßem Auge ließen sich keine Schädigungen durch den Maschineneinsatz feststellen.

3.1.2 Vergleich zweier Fascia lata-Nahtmethoden

Die Zugversuche zur Nahtstabilität wurden in einer Anordnung von neun Gewebeprobenpaaren durchgeführt, um die Einzelknopfnahrt mit der fortlaufenden Naht zu vergleichen. Der gemessene Festigkeitsparameter war die maximale Zugbelastung bis zum Materialversagen, welches sich entweder in einer Nahtinsuffizienz oder einer Gewebeerreißung äußern konnte. Bei acht Probenpaaren war der limitierende Faktor für die Zugbelastung die durch die Nahteinstiche geschwächte Faszie. Die Ausnahme bildete ein Probenpaar, bei der einerseits in der Einzelknopfnahrt eine Knotenöffnung auftrat und sich andererseits ein Stück mit fortlaufender Naht aus der Spannbackenhalterung löste. Da beide Fehlereignisse bei niedrigen Zugbelastungswerten stattfanden, wurde hier von einem Präparationsfehler ausgegangen, weswegen die Daten nicht mit in die Bewertung aufgenommen wurden.

Für die restlichen acht Probenpaare konnten regelrechte Kraft-Verformungs-Kurven (Abb. 3-1 und Abb. 3-2) erstellt werden.

Interessanterweise konnte beobachtet werden, dass in der fortlaufenden Naht unter dem Zugversuch zunächst ein Spannungsausgleich im Nahtverlauf stattfand. Dagegen traten in der mit Einzelknopfnähten versorgten Faszie bereits frühzeitig geringfügige Defekte in einzelnen Nahtabschnitten auf, während andere Nahtbereiche noch nicht voll belastet waren.

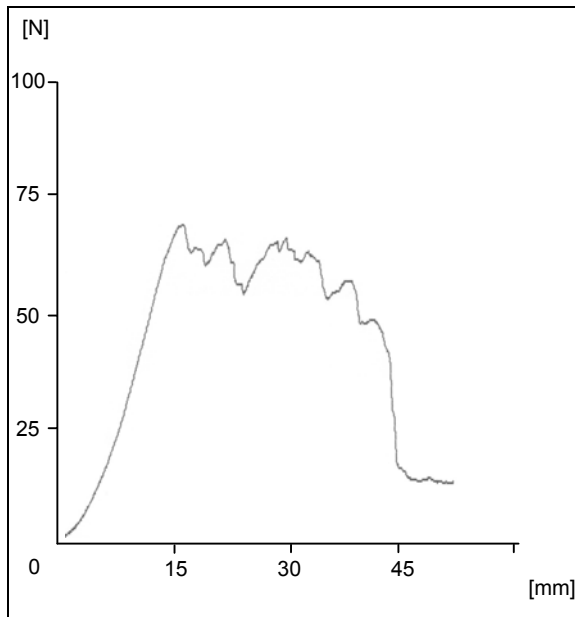


Abb. 3-1 Kraft-Verformungs-Kurve Einzelknopfnah. Beispiel einer Einzelknopfnah-Probe mit einem Zugbelastungsmaximalwert von 68,7 N. Im Anfangsteil der Kurve liegt der lineare Bereich der elastischen Komponente des Faszienwebes. Der Zackenverlauf nach Erreichen des Maximalwertes zeigt Materialversagen einzelner kollagener Faserelemente an.

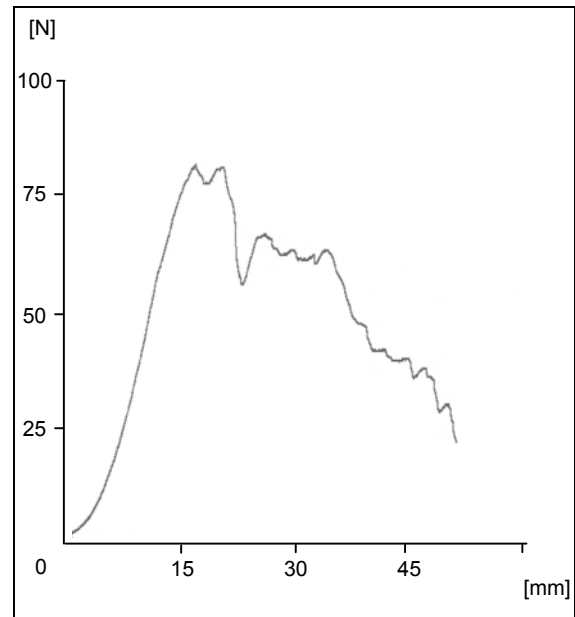


Abb. 3-2 Kraft-Verformungs-Kurve fortlaufende Nah. Beispiel einer Probe mit fortlaufender Nah mit einem Zugbelastungsmaximalwert von 82,3 N.

Der Durchschnittswert und die Standardabweichung für die gemessene Maximalbelastung war für die Einzelknopfnah-Proben $79,6 \text{ N} \pm 28,7 \text{ N}$ und für die Proben mit fortlaufender Nah $91,3 \text{ N} \pm 27,5 \text{ N}$.

Die zugehörigen Box-Plots sind in Abb. 3-3 dargestellt.

Bei der Zielsetzung einer deskriptiven Untersuchung mit weitgehend verallgemeinernden Schlussfolgerungen der unterschiedlichen Nahmethoden wurde posthoc zur Trendbestimmung der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Hier konnte bei $p > 0,05$ kein signifikanter Unterschied zwischen den Maximalbelastungswerten der beiden Nahmethoden festgestellt werden.

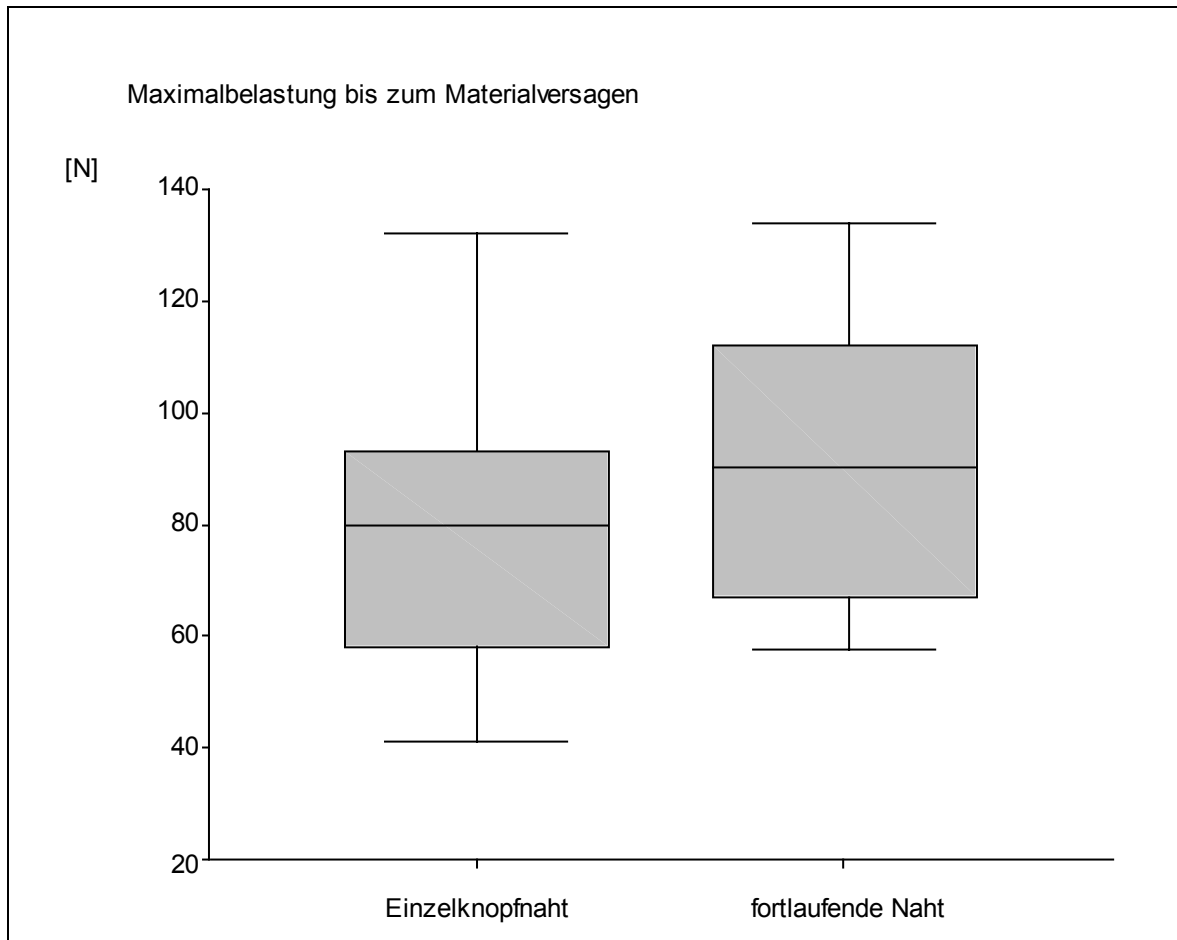


Abb. 3-3 Darstellung der Box-Plots von Einzelknopfnah und fortlaufender Naht (n = 8 je Nahtmethode).

3.1.3 Erprobung eines Prototypen zur Fascia lata-Transplantatentnahme

Die mit dem Prototyp durchgeführten elf Operationen zeigten eine prinzipielle Anwendbarkeit des Gerätes.

Wie in den Versuchen zur Erprobung eines Fascia lata-Fixationssystems gezeigt, ergaben sich keine Schwierigkeiten bei der subkutanen Präparation der Faszie über die zuvor platzierten Zugangswege.

Als sehr aufwendig erwies sich das Einsetzen des proximalen Hebekeiles in die Geräteeinheit und das weitere Einstecken des Umlenkstabes. Bei Aufsteckschwierigkeiten konnte mit Hilfe einer Gummischlinge der Umlenkstab angehoben und in den Hebekeil eingeführt werden.

Die Fixationseinheit bestand im Gegensatz zum ersten Gerät nun jedoch aus Halbrohren. Daraus resultierte, dass die Faszie nun mit Hilfe des Umlenkstabes über die abgerundeten Schnittkanten der Halbrohre gezogen werden musste und somit einem stärkeren Richtungswechsels ausgesetzt wurde. Infolgedessen trat ein höherer Widerstand beim Einzug

auf. In diesem Zusammenhang zeigte sich die besondere Bedeutung der sorgfältigen Dissektion zwischen Faszie und Subcutis, um den Verbleib größerer Fettansammlungen an der Faszie zu verhindern.

Bei einer Probe wurde der Muskel mit zwischen die Fixationshalbrohre gezogen, was jedoch schnell durch den erhöhten Maschinenverschlusswiderstand festgestellt werden konnte. Die Korrektur erfolgte durch Zurückdrehen der Einzugsvorrichtung, subfasziale Mobilisation und erneutes Schließen des Verschlussapparates.

Die entnommenen Transplantate entsprachen bei allen Versuchen den gewünschten Maßen und waren durch die zuvor durchgeführte Orientierung korrekt entlang der Kollagenfaser-verlaufsrichtung ausgerichtet. Eine Schädigung des Transplantates konnte nicht beobachtet werden.

Nach Längsschnitt der Haut lateral am Oberschenkel wurden die verbliebenen Anteile der Fascia lata inklusive Faziennaht inspiziert. Die Faszie zeigte weder im Nahtbereich noch im Mobilisationsbereich eine makroskopische Schädigung. Die fortlaufende, überwendelnde Naht verlief mit korrekten Stichabständen und gleichmäßiger Spannung ohne Dehizens. Muskulatur und Subcutis wurden nicht akzidentell durch die Naht erfasst. Die Fadenenden waren regelrecht geknotet.

Die Operationszeiten, die bei den sieben Versuchen vom Hautschnitt bis zum Wundverschluss gemessen wurden, lagen durchschnittlich bei 21 Minuten (19-24 Minuten).

4 DISKUSSION

Zielsetzung der Doktorarbeit war die Entwicklung eines Prototypen, der prinzipiell zur minimal-invasiven Fascia lata-Transplantatentnahme geeignet ist und zusätzlich die entstandene Faszienläsion wieder verschließt.

Das Kapitel „Material und Methoden“ spiegelt die Entstehung des Prototypen wider. Im Abschnitt „Ergebnisse“ werden die Resultate des Prototypen in bezug auf die Anforderungen an die eigene Entnahmemethode beurteilt. Daher orientiert sich die Diskussion an den in der Zielsetzung gestellten Anforderungen.

4.1 Minimalinvasivität

Als minimal-invasiv wird eine im Vergleich zur konventionellen Methode durchgeführte neue Operation bezeichnet, wenn sie mit geringerer Schädigung des umliegenden Gewebes einhergeht. Der beschriebene Prototyp zur Fascia lata-Transplantatentnahme benötigt lediglich zwei 2 cm lange Inzisionen. Im Vergleich zu dem ansonsten ca. 20 cm langen Hautschnitt kann hier also von einem minimal-invasiven Verfahren gesprochen werden.

Die Hautschnitte wurden entsprechend der heutigen Empfehlung im Verlauf der Spannungslinien der Haut (Relaxed skin Tension lines) gesetzt [65]. Zusätzlich zeigte die Schnittführung in ventro-dorsaler Richtung einen positiven Einfluss auf die Handhabung des Gerätes, da diese in der gleichen Ebene wie die Bewegung bei der Geräteöffnung liegt.

4.2 Operationsrisiko

Jeder operative Eingriff birgt ein gewisses Operationsrisiko. Die Komplikationen bei konventioneller durchgeführter Entnahmetechnik sind bekannt. Sie sollen bezüglich der Art und der Häufigkeit mit der der minimal-invasiven Methode verglichen werden:

4.2.1 Nervenschädigung

Durch die 2 cm langen Zugangswege an der lateralen Seite des Oberschenkels ist eine Schädigung der Äste des Nervus cutaneus femoris lateralis möglich, dessen Anteile von ventro-cranial nach dorso-caudal über die Oberschenkelaußenseite verlaufen. Das Verletzungsrisiko ist jedoch bedeutend geringer, als bei der Entnahmemethode mit langer Schnittführung.

4.2.2 Gefäßschädigung und Hämatombildung

Das Risiko einer Gefäßschädigung ist bei sachgemäßer Präparation sowohl bei konventionellerer als auch bei minimal-invasivem Eingriff gering, nicht zuletzt deshalb, weil im Operationsgebiet keine größeren Gefäße zu erwarten sind. Hauptverletzungsmöglichkeit ist die Präparation zur Dissektion von Fascia lata und Subcutis. Hierbei ist wichtig, dass mit dem verwendeten Spatel direkt an der Faszie präpariert und somit eine Taschenbildung in der Unterhaut vermieden wird. Nachteilig ist, dass bei einer Blutung diese im Gegensatz zur offenen Methode nicht erkannt wird. Durch eine subkutan platzierte Drainage und einen Kompressionsverband kann eine postoperative Hämatomentwicklung vermieden bzw. gemildert werden.

4.2.3 Muskelschädigung

Wie im Kap. 3.1.3 beschrieben wurde bei einem Versuch der Muskel (Musculus vastus lateralis) mit zwischen die Fixationshalbrohre gezogen, was jedoch am erhöhten Maschinenverschlusswiderstand festgestellt werden konnte. Grund dieser Komplikation war wahrscheinlich eine ungenügende Mobilisation zwischen Faszie und Muskel, bevor die Faszie zur Fixation zwischen die Halbrohre gezogen wurde.

Die Verletzungsmöglichkeit des Muskels ist auf die Geräteverschlussprozedur beschränkt, da die restlichen Arbeitsschritte im Arbeitskanal des Gerätes durchgeführt werden und so ein optimaler Schutz des umliegenden Gewebes gewährleistet ist.

4.2.4 Fasiennahtinsuffizienz

Eine Nahtinsuffizienz der Faszie kann auftreten, wenn die Naht reißt, ein Knoten aufgeht oder der Faden das Gewebe durchschneidet. Diese nicht zu unterschätzende Komplikation, die sich in der Herniation des Musculus vastus lateralis durch die Fascienlücke äußert, galt es durch ein geeignetes Nahtverfahren zu verhindern.

Da in der Orthopädie bzw. Unfallchirurgie zur Naht der Fascia lata sowohl Einzelknopfnähte als auch die fortlaufende Naht Verwendung finden, wurden in den Vorversuchen zur Entwicklung einer Fascia lata-Nahtmethode beide Nahtweisen für eine eventuelle Eignung geprüft. Die fortlaufende Naht wurde schließlich als Verschlusspraktik für den Transplantatentnahme-Prototypen gewählt. Um eine funktionelle Gleichwertigkeit der von dem Gerät angewandten Nahtmethode zu gewährleisten, wurden vergleichende Zugversuche durchgeführt. Hierbei wurden sowohl die Einzelknopfnäht als auch die fortlaufende Naht

manuell erstellt. In der fortlaufenden Naht wurden die Nahtparameter (0,5 cm Rand- und 1 cm Stichabstand) berücksichtigt, die in der Maschine realisiert werden sollten.

Im Kap. 2.2.2.2 wurde gezeigt, dass die Naht mit den Parametern, wie sie im Prototypen geplant waren, gleichwertige Halteeigenschaften gewährleistet wie eine Einzelknopfnah. Dies wurde durch ein statistisches Vorgehen nachgewiesen. Bei dieser deskriptiven Untersuchung der unterschiedlichen Nahtmethoden wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Hier konnte bei $p > 0,05$ kein signifikanter Unterschied zwischen den Maximalbelastungswerten der beiden Nahtmethoden festgestellt werden.

Als Nachteil der fortlaufenden Nahtmethode ist zu nennen, dass im Gegensatz zur Einzelknopfnah eine einzige Schadhafteigkeit im Nahtmaterial ausreicht, um die Stabilität der gesamten Naht zu gefährden. Während der Versuche mit dem Prototypen konnte eine Schädigung des Nahtmaterials durch Einbringen und Ausschwenken des Fadens aus der Spirale nicht beobachtet werden. Somit erscheint die Gefahr eines Nahtdefektes nicht größer als bei offen angewandter fortlaufender Naht.

Ein denkbarer systematischer Fehler des Operationsapparates besteht darin, dass in der fortlaufenden Naht der gleiche Abstand zum Fasziendrand gehalten wird. Bei manuell durchgeführter Naht variiert man den Randabstand gezielt, um nicht in ein und derselben Fasziendfaserebene zu nähen, da dies eine Gewebeinsuffizienz begünstigt. Aus diesen Gründen wurde bei den Zugversuchen zum Vergleich zweier Fascia lata-Nahtmethoden die fortlaufende Naht auch mit konstantem Randabstand genäht. Eine Modifikation des Operationsgerätes, so dass der Randabstand variiert, wäre technisch eventuell möglich gewesen. Dies hätte jedoch zu einer wesentlichen Größenzunahme der Arbeitskanalröhren geführt.

Ein theoretischer Vorteil gegenüber der offenen fortlaufenden Naht besteht darin, dass die Faszie mit Hilfe der Fixationsvorrichtung auf ganzer Länge mit gleicher Kraft adaptiert gehalten wird. Bei offener Methode wird bei Voranschreiten des Nahtverlaufs immer der aktuelle Nahtbereich starken Belastungen während des Festziehens ausgesetzt.

Unklar ist, ob durch die Fixation der Faszie mit den Halbrohren Gewebetraumatisierungen auftreten, die bei der Begutachtung mit dem bloßen Auge nicht erkannt werden.

4.2.5 Wundheilungsstörungen und Infektion

Durch die geringere Schädigung des umliegenden Gewebes der minimal-invasiven Operationsmethode wird folgerichtig angenommen, dass auch die Gefahr einer postoperativen

Infektion bzw. Wundheilungsstörung sinkt. Durch die kleinere Größe der Wunde sinkt zum einen die potentielle Angriffsfläche durch Keimbesiedlung, zum anderen wird weniger Nahtmaterial benötigt, um die Wunde zu verschließen. Dies bedeutet eine geringere entzündliche Abwehrreaktion gegen das Fremdkörpermaterial der Naht.

Bei der Operation mit dem entwickelten Gerät kann jedoch eine zu ausgiebige subkutane Präparation mit dem Dissektionsspatel zu einer Taschenbildung führen, die eine Ansammlung von Wundsekret und damit potentiell eine Infektion begünstigt. Die Hautschnitte zur Einführung des Transplantatentnahmegerätes wurden so gering als möglich bemessen. Durch erhöhten Zug auf die Wundränder während der Operation steigt hier das Risiko einer Wundheilungsstörung.

4.3 Autotransplantatqualität

Weder bei den Versuchen zur Erprobung eines Fascia lata-Fixationssystems noch bei der Erprobung eines Prototypen zur Fascia lata-Transplantatentnahme konnte makroskopisch eine Schädigung des Fasziengewebes beobachtet werden.

Entscheidend für die Qualität des Transplantates ist die korrekte Entnahme, d.h. im Verlauf der Faserrichtung, da nur dann optimale Materialeigenschaften des Transplantates gesichert werden [8]. Die Beurteilung der Faserorientierung ist nur bei der offenen Entnahme möglich. Sie kann jedoch über die in der Einleitung beschriebenen anatomischen Hilfspunkte auf die Oberfläche projiziert werden. Das Operationsgerät kann dann anhand dieser Punkte parallel zur Faserorientierung eingeführt werden und entlang der Faserrichtung schneiden.

4.4 Operationsdauer

Die Vorversuche mit den Geräten zur Testung der unterschiedlichen Nahtmethoden (z.B. Einzelknopfnah und modifizierte Matratzennaht) haben gezeigt, dass die Operationsdauer hauptsächlich von der jeweiligen in den Operationsgeräten angewandten Nahtmethode abhängig ist. Als konkurrenzfähig erwies sich letztlich nur eine fortlaufende Naht, da hier aufwendige Knotenvorgänge entfielen. Die bei den letzten sieben Operationen ermittelte durchschnittliche Operationszeit von 21 Minuten liegt nicht wesentlich über der der offenen Methode. Unter weiterer Modifikation des Gerätes sind wahrscheinlich Operationszeiten bis zu 15 Minuten zu erreichen.

4.5 Gerätezuverlässigkeit und Funktionalität

Neben der nachgewiesenen prinzipiellen Funktionstüchtigkeit zeigte das Gerät eine gute Zuverlässigkeit.

Als eventuell anfällige Einheit des Operationsgerätes ist die Faszienfixationsvorrichtung zu nennen. Die Abstände zwischen den Spannbacken sind für eine bestimmte Faszien Dicke konzipiert (gedoppelt ca. 1-1,5 mm). Bei zu dünner Faszie droht diese aus den Spannbacken zu rutschen, nachdem die Schneideeinheit das Transplantat herausgeschnitten hat. Ist die Faszie zu dick, wird sie gequetscht und somit geschädigt, was zu Heilungsstörungen und möglicher Faszienruptur führen kann.

Als aufwendig und mühsam erwies sich vor allem das Aufstecken des proximalen Hebelkeils. Eine komplette Integration dieser Geräteeinheit würde die allgemeine Handhabung verbessern und zudem eine schnellere Anwendung ermöglichen.

Für den klinischen Einsatz sind höhere Anforderungen an die Spiraleigenschaften zu stellen. Zum einen kann der Außendurchmesser von 1,2 mm noch als ziemlich grob bezeichnet werden, zum anderen gelang es bei den gegebenen produktionstechnischen Möglichkeiten nur, einen polyfilen Faden in die Spirale einzuschwemmen. Da in der Orthopädie bzw. Unfallchirurgie zur fortlaufenden Naht der Fascia lata wegen der langsameren Resorption und dadurch länger verbleibenden Reißfestigkeit monofile Fäden aus z. B. Polyglykonat oder Polydioxanon verwendet werden, ist dies auch für den Spiralfaden zu fordern. Desweiteren muss eine auf die Spirale aufsetzbare Nadelspitze hergestellt werden, um die Gewebeschädigung beim Vordrehen der Spirale weiter zu minimieren.

4.6 Vergleichsdiskussion mit anderen Geräten

Ein Vergleich der unterschiedlichen in der Literatur beschriebenen Methoden zur Fascia lata-Transplantatentnahme ist problematisch. Dies beruht darauf, dass bei den unterschiedlichen Operationen zum Einsatz des Transplantates große Differenzen bei Anforderungen an dessen Größe bestehen. So werden teilweise die „wirkliche“ Fascia lata, also die Muskelfaszie des Oberschenkels in großem Ausmaß, oder aber hauptsächlich Anteile des Tractus iliotibialis entnommen.

Auffällig ist, dass keine Entnahmetechnik recherchiert werden konnte, die ein Nahtverfahren anwendet, um die entstandene Faszienlücke wieder zu verschließen. Mögliche Ursachen hierfür sind, dass ein Verschluss aufgrund der Defektgröße nicht möglich ist, eine Muskelhernie bei geringer Faszien Schwächung und bestimmter Entnahmelokalisation nicht

auftritt oder deren klinische Symptomatik unterschätzt wird. Die bei chronisch bestehender Muskelhernie möglichen Behandlungen beschränken sich allerdings auf Inaktivierung des prolabierte Muskelanteils durch Injektion mit Botulinumtoxin oder eine plastische Deckung [7,40]. Zusammengefasst birgt die minimal-invasive Entnahme mit einem Faszienstripper somit vermeidbare und damit unnötige Risiken für den Patienten.

Eine vergleichbare Methode, die eine Transplantatentnahme in etwa der Größe 2x18 cm ohne resultierenden Fasziendefekt ermöglicht wurde bisher nicht beschrieben.

Bei der in Kap 1.4 beschriebenen Entnahme von Fascia lata im Bereich des Musculus tensor fasciae latae [48] muss bezweifelt werden, ob das gewonnene Transplantat gleichwertige biomechanische Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich der Zugbelastungsfähigkeit aufweist, da hier lediglich die superfizielle Schicht des Tractus iliotibialis gewonnen werden kann. Desweiteren lässt sich nur ein Faszienstreifen von lediglich 12 cm Länge gewinnen.

4.7 Kritische Bewertung der Transplantation von Fascia lata- und Tractus iliotibialis-Anteilen

Die in der operativen Orthopädie und Traumatologie durchgeführten Rekonstruktionsplastiken mit Fascia lata werden häufig bei jungen, sportlich aktiven Patienten angewandt. Umso wichtiger ist die Frage, welche biomechanischen Konsequenzen die Entnahme eines Teils des Tractus iliotibialis für den Patienten hat:

Eine der wichtigsten funktionellen Eigenschaften des Tractus iliotibialis ist der in Kap. 1.2. eingehend beschriebene Zuggurtungseffekt zur Minderung der Biegungsbelastung des Oberschenkelknochens. Als Konsequenz einer Läsion wurden im Extremfall Spontanfrakturen des Femurs angegeben [49]. Andererseits wurden selbst nach großen plastischen Rekonstruktionen, in denen substanzelle Teile der Fascia lata, des Tractus iliotibialis und des Musculus tensor fasciae latae als „musculocutaneus flap“ zur Abdominalwand transferiert wurden, keine solchen Spontanbrüche beobachtet. Dies führte dazu, die ausschlaggebende Bedeutung des Tractus für den Zuggurtungseffekt infrage zu stellen und anzunehmen, dass auch weitere Strukturen im Oberschenkelbereich diesen Effekt ausüben [45]. Als solche wurden das muskuläre System und das Septum intermusculare femoris lateralis identifiziert [24].

Durch Schädigung des Tractus iliotibialis kann auch seine Funktion als antero-lateraler Kniestabilisator gemindert werden. Diese Aufgabe wird jedoch zum Großteil durch das Ligamentum cruciatum anterior erfüllt [28]. Desweiteren ist eine substanzelle Beein-

trächtigung des Tractus vor allem im distalen Abschnitt notwendig, um einen ausschlaggebenden Effekt im Kniebereich hervorzurufen.

Aussagen über den funktionellen Status der unteren Extremität nach Entnahmen von Faszienewebe gibt es für den speziellen Fall einer 10x20 cm großen Fascia lata-Resektion unter Schonung des Tractus iliotibialis. Hier wurde das Faszienewebe zur Rekonstruktion von Herzklappen verwendet. Nachuntersuchungen zeigten weder im Hüft- noch im Kniebereich schwerwiegende Funktionseinschränkungen, auch das Gangbild war unbeeinträchtigt. Es wurde jedoch eingeräumt, dass die Ergebnisse aufgrund des untersuchten älteren Patientenkollektivs nicht uneingeschränkt auf jüngere, geschweige den sportlich aktive Menschen übertragbar sind [17]. Im Zusammenhang mit einer im Durchschnitt 10x17 cm freien Fascia lata-Transplantation zur Abdominalwand konnte in der Nachkontrolle keine laterale Knieinstabilität beobachtet werden [14].

Zusammenfassend wird davon ausgegangen, dass die Entnahme eines 2x18 cm großen Anteils von Fascia lata und Tractus iliotibialis keine entscheidende Funktionsbeeinträchtigung der unteren Extremität für den Patienten beinhaltet, sofern der Fasziendefekt wieder verschlossen wird. Adäquate Reststrukturen des Tractus bleiben erhalten und andere Einheiten des lokomotorischen Systems können kompensatorisch biomechanische Aufgaben übernehmen.

Es stellt sich die Frage, warum autogenes Transplantationsmaterial nötig ist, und nicht auf allogen oder synthetisches Material zurückgegriffen werden kann.

Die Erwartungen, die in synthetische Ersatzmaterialien gesetzt wurden, konnten leider nicht erfüllt werden. Erhöhte Infektionsraten, frühzeitige Materialinsuffizienz und Kontamination des Operationsgebietes durch Erosionsprodukte sind einige der beobachteten Komplikationen [3,66].

Es gibt mehrere Untersuchungen, die die biomechanischen Eigenschaften der jeweiligen Transplantatarten beschreiben. Der Vergleich zwischen allogenem und autogenem Gewebe wird zusätzlich erschwert durch die verschiedenen angewandten Konservierungsverfahren. Diese sind hauptsächlich die solvierte Dehydrierung und die Gefriertrocknung. Die Ergebnisse der verschiedenen Forschergruppen hinsichtlich der histologischen Veränderungen des Transplantates nach der Implantation und der Langzeitergebnisse der einzelnen plastischen Operationen variieren erheblich [13,26,30]. Deswegen kann hier kein absoluter Vorteil eines speziellen Transplantattyps angegeben werden.

Der jedoch wohl bedeutendste Nachteil von Fremdgewebe als Transplantationsmaterial ist das potentielle Risiko einer Transmission von Krankheitserregern. Aufgrund der Screeningmethoden durch die Gewebebanken und der Techniken zur bakteriellen und viralen Inaktivierung ist jedoch das Risiko einer Infektion gering. So wird z. B. das Risiko, HIV-kontaminiertes Gewebe von einem zuvor getesteten Spender zu bekommen, mit ca. 1:1.667.000 kalkuliert [6]. Zum Vergleich liegt die Gefahr bei einer Bluttransfusion zwischen 1:440.00 und 1:600.000 [59].

4.8 Schlussfolgerung

Mit der vorgelegten Doktorarbeit konnte die prinzipielle Eignung einer selbst konstruierten minimal-invasiven Transplantatentnahmemaschine gezeigt werden.

Ein klinischer Einsatz erscheint möglich, wobei vor einer ersten Anwendung noch weitere Untersuchungen und Modifikationen erforderlich sind. Hier sind vor allem die Handhabung der Faszienfixationseinheit und das Ausmaß der Gewebetraumatisierung durch den Nadel-Spiralkomplex zu optimieren. Letztere könnte z. B. durch eine auf die spiralförmige Kapillare aufsteckbare Nadel verringert werden. Weiterhin muss die Anwendung eines monofilen resorbierbaren Fadens aus z. B. Polyglykonat oder Polydioxanon in der Spirale gefordert werden. Ob aus technischen Produktions- bzw. Sterilitätsgründen eine Mehrfachverwendung der Spirale möglich ist, ist noch unklar und wird sich bei der eventuellen professionellen Produktion des Gerätes zeigen. Eine Kosten-Nutzen-Analyse kann somit zum jetzigen Entwicklungsstand nicht durchgeführt werden.

Nach in diesem Sinne durchgeführten Verbesserungen der Transplantatentnahmemaschine ist für die entsprechende Operation mit einer steilen Lernkurve zu rechnen.

Die Methode einer minimal-invasiven Fascia lata Entnahme mit Hilfe eines Gerätes, welches eine fortlaufende Naht verwendet gilt es weiter zu verfolgen. Nach durchgeführten Modifikationen kann die Maschine für eine eventuelle Serienproduktion als Grundlage dienen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Fascia lata eignet sich für viele operative Verfahren als Autotransplantat in unterschiedlicher Form und Größe. Zu nennen sind der Gebrauch als Rekonstruktions-, Augmentations-, Suspensions- und Interpositionsmaterial sowie zur Deckung von Gewebedefekten.

Bei der konventionellen Gewinnung des Transplantates wird die Fascia lata durch einen entsprechend langen Hautschnitt am lateralen Oberschenkel entnommen. Zur Verringerung der Nachteile des ausgedehnten operativen Zugangsweges zur Autotransplantatentnahme gibt es etablierte minimal-invasive Verfahren. Diese ermöglichen jedoch keinen Faszienverschluss nach Entnahme des Transplantates und beeinhalteten somit das Risiko der Entwicklung einer symptomatischen Muskelhernie.

Zur Vermeidung dieses für den Patienten unnötigen Risikos wurde ein Prototyp entwickelt, der durch zwei kleine Hautschnitte im Oberschenkelbereich subkutan eingebracht wird und das Transplantat entnimmt. In der Maschine konnte ein spezielles Fixations- und Bearbeitungsverfahren realisiert werden, das einen Faszienverschluss mit einer überwendenden, fortlaufenden Naht ermöglicht.

Die an die Operationsmethode gestellten Forderungen bezüglich Minimalinvasivität, allgemeinem Operationsrisiko, Qualität des gewonnenen Autotransplantates, Sicherheit und Zuverlässigkeit des Gerätes und der Eingriffsdauer konnten im Wesentlichen erfüllt werden. Die Versuche zeigten eine prinzipielle Eignung der Methode für eine minimal-invasive Fascia lata-Entnahme, wodurch ein klinischer Einsatz möglich erscheint.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Asai K, Suzuki K, Shimota H, Ito Y, Asano K, Kazui T: Full-thickness chest wall reconstruction using autologous tissue grafts after resection of recurrent desmoid tumor. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 52(6):296-9, 2004
2. Bak K, Jorgensen U, Ekstrand J, Scavenius M: Results of reconstruction of acute ruptures of the anterior cruciate ligament with an iliotibial band autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 7(2): 111-7, 1999
3. Bent AE, Ostergard DR, Zwick-Zaffuto M: Tissue reaction to expanded polytetrafluoroethylene suburethral sling for urinary incontinence: clinical and histologic study. *Am J Obstet Gynecol.* 169(5):1198-204, 1993
4. Billotti JD, Meese MA, Alberta F, Zimmerman MC: A prospective, clinical study evaluating arthroscopic ACL reconstruction using the semitendinosus and iliotibial band: 2- to 5-year follow up. *Orthopedics.* 20(2):125-31, 1997
5. Birnbaum K, Siebert CH, Pandorf T, Schopphoff E, Prescher A, Niethard FU: Anatomical and biomechanical investigations of the iliotibial tract. *Surg Radiol Anat.* 26(6):433-46, 2004
6. Buck BE, Malinin TI, Brown MD: Bone transplantation and human immunodeficiency virus. An estimate of risks of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Clin Orthop Relat Res.* (240):129, 1989
7. Burg D, Schnyder H, Buchmann R, Meyer VE: Effective treatment of a large muscle hernia by local botulinum toxin administration. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 31(2):75-8, 1999
8. Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Zernicke RF, Brackett K: Effects of structure and strain measurement technique on the material properties of young human tendons and fascia. *J Biomech.* 17(8):579-96; 1984
9. Callahan M, Beard C: Ptosis, 4th ed. Birmingham: Aesculapius :151, 1990
10. Campbell J, Temple WJ, Frank CB, Huchcroft SA: A biomechanical study of suture pullout in linea alba. *Surgery.* 106(5):888-92, 1989
11. Cheng SL, Morrey BF: Treatment of the mobile, painful arthritic elbow by distraction interposition arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 82(2):233-8, 2000
12. Crawford JS: Repair of ptosis using frontalis muscle and fascia lata. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 60(5):672-8, 1956
13. Crawford JS: Nature of fascia lata and its fate after implantation. *Am J Ophthalmol.* 67:900-7, 1969
14. Disa JJ, Goldberg NH, Carlton JM, Robertson BC, Slezak S: Restoring abdominal wall integrity in contaminated tissue-deficient wounds using autologous fascia grafts. *Plast Reconstr Surg.* 101(4):979-86, 1998
15. Dortzbach R, Woog JJ: Small-incision techniques in ophthalmic plastic surgery. *Ophthalmic Surg.* 21(9):615-22, 1990
16. Drever JM: A simple method for obtaining fascia lata grafts. *Plast Reconstr Surg.* 50(2):196-7, 1972
17. Dubiel WT, Wigren A: Functional status of the lower extremity after resection of fascia lata. A clinical and physiological follow-up study in patients with fascia lata heart valve replacement. *Acta Orthop Scand.* 45(4):599-613, 1974
18. Egan TJ, Lemos M, Iorio R: Muscular herniation of the lower extremities. *Am J Orthop.* 27(2):102-6, 1998
19. Egrilmez S, Yagci A, Ates H, Azarsiz SS, Andac K: Glaucoma implant surgery with autogenous fascia lata in scleromalacia perforans. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 35(4):338-42, 2004
20. Elmslie RC: Recurrent subluxation of the ankle joint. *Ann Surg.* 100:364-7, 1934

21. Foley SJ, Adamson AS: Minimally invasive harvesting of fascia lata for use in the pubovaginal sling procedure. *BJU Int.* 88(3):293-4, 2001
22. Galante JO: Tensile properties of the human lumbar annulus fibrosis. *Acta Orthop Scand.* 100:1-91, 1967
23. Garbe S: Double-barrelled replacement-plasty of the anterior cruciate ligament with fascia lata strips. *Unfallchirurg.* 94(7):346-50, 1991
24. Gerlach UJ, Lierse W: Functional construction of the superficial and deep fascia system of the lower limb in man. *Acta Anat Basel.* 139(1):11-25, 1990
25. Golshani SD, Lee C, Sydorak R: Symptomatic forearm muscle hernia: repair by autologous fascia lata inlay. *Ann Plast Surg.* 43(2):204-6, 1999
26. Gratz CM: Tensile strength and elasticity tests on human fascia lata. *J Bone Joint Surg.* 13:334-40, 1931
27. Gurdal C, Erdener U, Orhan M, Irkec M: Autogenous versus allograft fascia lata in frontal sling surgery -long-term results. *Eur J Ophthalmol.* 13(2):202-6, 2003
28. Hassler H, Jakob RP: On the cause of the anterolateral instability of the knee joint. A study on 20 cadaver knee joints with special regard to the tractus iliotibialis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 98(1):45-50, 1981
29. Herren T, Zdravkovic V: Late reconstruction of distal biceps tendon rupture with fascia lata graft and Mitek anchors. *Unfallchirurg.* 107(3):236-8, 2004
30. Hinton R, Jinnah RH, Johnson C, Warden K, Clarke HJ: A biomechanical analysis of solvent-dehydrated and freeze-dried human fascia lata allografts. *Am J Sport Med.* 20(5):607-12, 1992
31. Iannotti JP, Antoniou J, Williams GR, Ramsey ML: Iliotibial band reconstruction for treatment of glenohumeral instability associated with irreparable capsular deficiency. *J Shoulder Elbow Surg.* 11(6):618-23, 2002
32. Iwai M, Sugimoto K, Okahashi K, Takakura Y, Samma M, Fujisawa Y: Effects of reinforcement with the iliotibial tract flap in ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone. *Arch Orthop Trauma Surg.* 125(4):228-37, 2005
33. Johnston DR, Baker A, Rose C, Scotland TR, Maffulli N: Long-term outcome of MacIntosh reconstruction of chronic anterior cruciate ligament insufficiency using fascia lata. *J Orthop Sci.* 8(6):789-95, 2003
34. Jordan DR, Anderson RL: Obtaining fascia lata. *Arch-Ophthalmol.* 105(8):1139-40, 1987
35. Jorgensen U, Bak K, Ekstrand J, Scavenius M: Reconstruction of the anterior cruciate ligament with the iliotibial band autograft in patients with chronic knee instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 9(3):137-45, 2001
36. Kageyama Y, Suzuki K, Matsushita K, Nogimura H, Kazui T: Pericardial closure using fascia lata in patients undergoing pneumonectomy with pericardiectomy. *Ann Thorac Surg.* 66(2):586-7, 1998
37. Kaplan FT, Rokito AS, Birdzell MG, Zuckerman JD: Reconstruction of chronic distal biceps tendon rupture with use of fascia lata combined with a ligament augmentation device: a report of 3 cases. *J Shoulder Elbow Surg.* 11(6):633-6, 2002
38. Kargi E, Yesilli C, Akduman B, Babuccu O, Hosnuter M, Mungan A: Fascia lata grafts for closure of secondary urethral fistulas. *Urology.* 62(5):928-31, 2003
39. Kassardjian ZG: Sling procedures for urinary incontinence in women. *BJU Int.* 93(5):665-70, 2004
40. Kogler J, Stark GB, Hachmann A: Autologous corium-plasty in closure of muscle hernia. A case report. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 23(2):107-9, 1991
41. Kummer B: Is the Pauwels' theory of hip biomechanics still valid? A critical analysis, based on modern methods. *Ann Anat.* 175(3):203-10, 1993
42. Menon J: Arthroscopic management of trapeziometacarpal joint arthritis of the thumb. *Arthroscopy.* 12(5):581-7, 1996

43. Metak G, Scherer MA: Development of replacement meniscus of autogenous tissue. *Unfallchirurg.* 99(7):477-86, 1996
44. Micheli LJ, Rask B, Gerberg L: Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res.* (364):40-7, 1999
45. Nahai F, Hill L, Hester TR: Experiences with the tensor fascia lata flap. *Plast Reconstr Surg.* 63(6):788-99, 1979
46. Nakata K, Shino K, Horibe S, Natsu-ume T, Mae T, Ochi T: Reconstruction of the lateral ligaments of the ankle using solvent-dried and gamma-irradiated allogeneic fascia lata. *J Bone Joint Surg Br.* 82(4):579-82, 2000
47. Nakhostine M, Bollen SR, Cross MJ: Reconstruction of mid-substance anterior cruciate rupture in adolescents with open physes. *J Pediatr Orthop.* 15(3):286-7, 1995
48. Naugle TC Jr, Fry CL, Sabatier RE, Elliott LF: High leg incision fascia lata harvesting. *Ophthalmology.* 104(9):1480-8, 1997
49. Oberlander W: „Spontaneus“ fracture of femur following damage to the iliotibial tract. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 113(1):46-51, 1975
50. Paterson AW, Shepherd JP: Fascia lata interpositional arthroplasty in the treatment of temporomandibular joint ankylosis caused by psoriatic arthritis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 21(3):137-9, 1992
51. Pauwels F: The principles of construction of the locomotor system: their significance for the stressing of the tubular bones. *Z. Anat. EntwGesch.* 114:525, 1948
52. Putterman AM, Burnstine MA: Autogenous fascia lata leg grafts for exposed scleral buckles. *Retina.* 18(3):283-5, 1998
53. Reed TM: Modified Elmslie lateral ankle stabilization procedure. *J Foot Ankle Surg.* 35(2):162-5, 1996
54. Simonet WT, Sim FH: Repair and reconstruction of rotatory instability of the knee. *Am J Sports Med.* 12(2):89-97, 1984
55. Tanji TM, Lundy DC, Minckler DS, Heuer DK, Varma R: Fascia lata patch graft in glaucoma tube surgery. *Ophthalmology.* 103(8):1309-12, 1996
56. Terry GC, Hughston JC, Norwood LA: The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract. *Am J Sports Med.* 14(1):39-45, 1986
57. Tichy P, Tillmann B: The tension band effect of the iliotibial tract. *Unfallchirurg.* 92(5):240-4, 1989
58. Thomas E, Gresham R: Comparative tensile strength study of fresh, frozen and freeze dried human fascia lata. *Surg Forum* 14:442-443, 1963
59. Tomford WW: Transmissions of disease through transplantation of musculoskeletal allografts. *J Bone Joint Surg Am.* 77(11):1742-54, 1995
60. Tucker JG, Choat-D, Zubowicz VN: Videoscopically assisted fascia lata harvest for the correction of recurrent ventral hernia. *South Med J.* 90(4):399-401, 1997
61. Van Winkle W Jr: The tensile strength of wounds and factors that influence it. *Surg Gynecol Obstet.* 129(4):819-842, 1969
62. Viidik A, Lewin T: Changes in tensile strength characteristics and histology of rabbit ligaments induced by different modes of postmortal storage. *Acta Orthop Scand.* 37(2):141-55, 1966
63. Weise K, Schwab E, Scheufele TM: Elbow injuries in childhood. *Unfallchirurg.* 100(4):255-69, 1997
64. Wheatcroft SM, Vardy SJ, Tyers AG: Complications of fascia lata harvesting for ptosis surgery. *Br J Ophthalmol.* 81:581-3, 1997
65. Wilhelmi BJ, Blackwell SJ, Phillips LG: Langer's lines: to use or not to use. *Plast Reconstr Surg.* 104(1):208-14, 1999

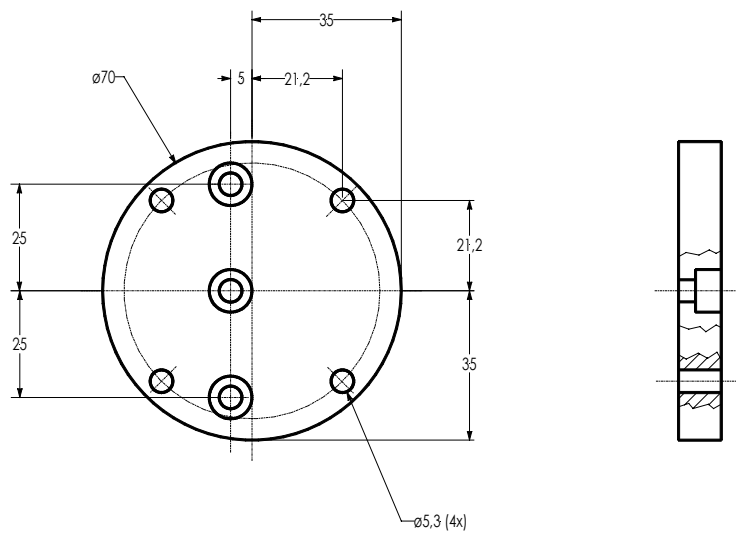
-
66. Woods GW: Synthetics in anterior cruciate ligament reconstruction: A review. Orthop Clin North Am. 16(2):227-35, 1985

7 ANHANG

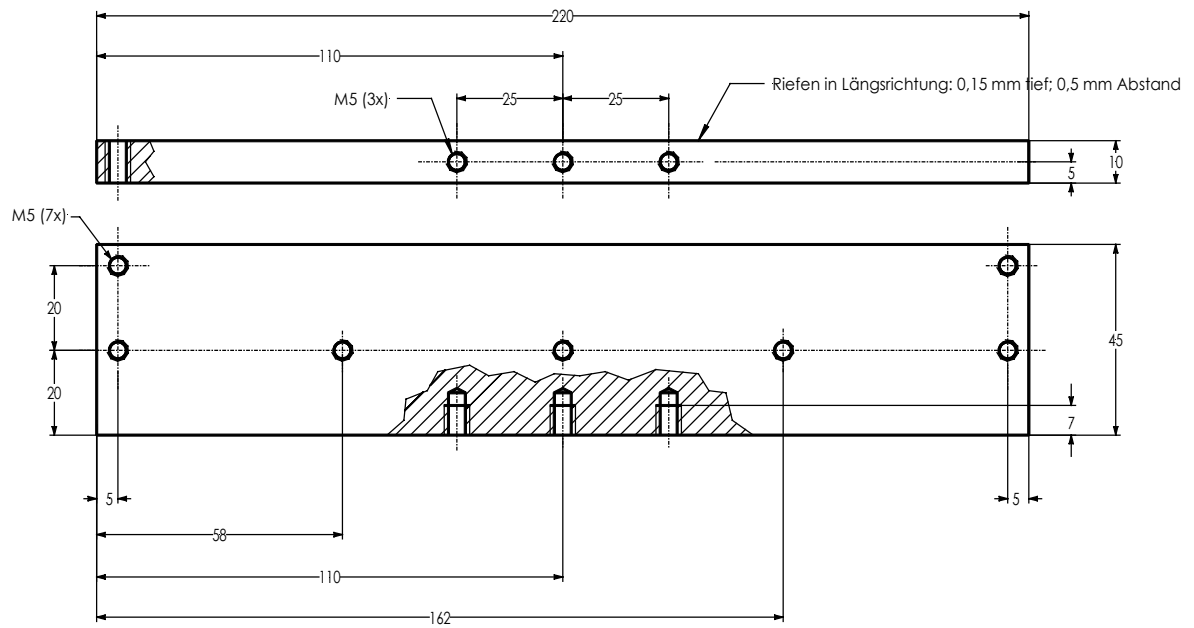
7.1 Technische Zeichnungen

7.1.1 Spannbacken

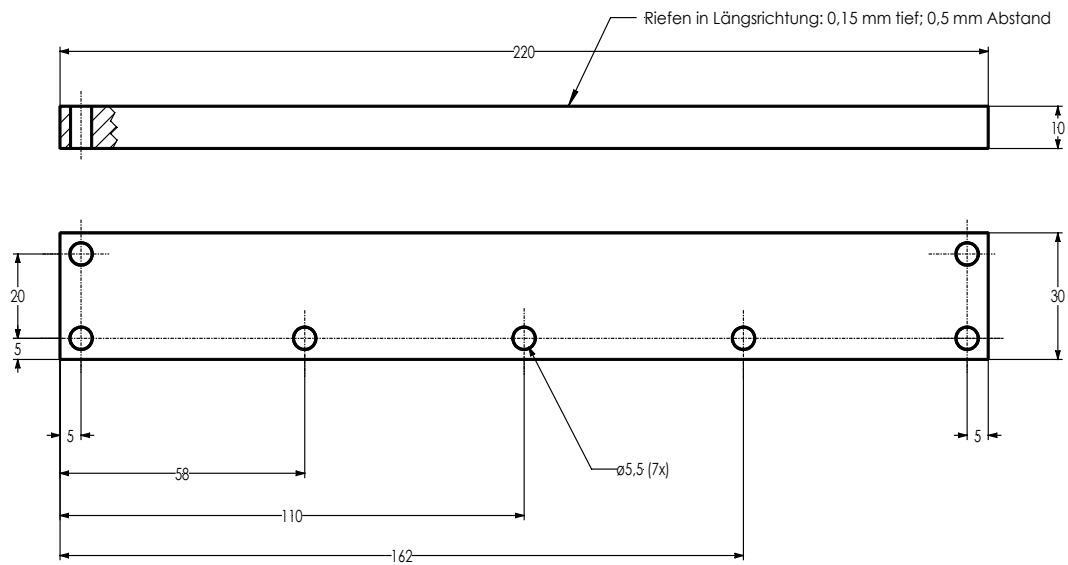
Adapter für Sehnenhalter



Platte 1 für Fascia lata Halterung



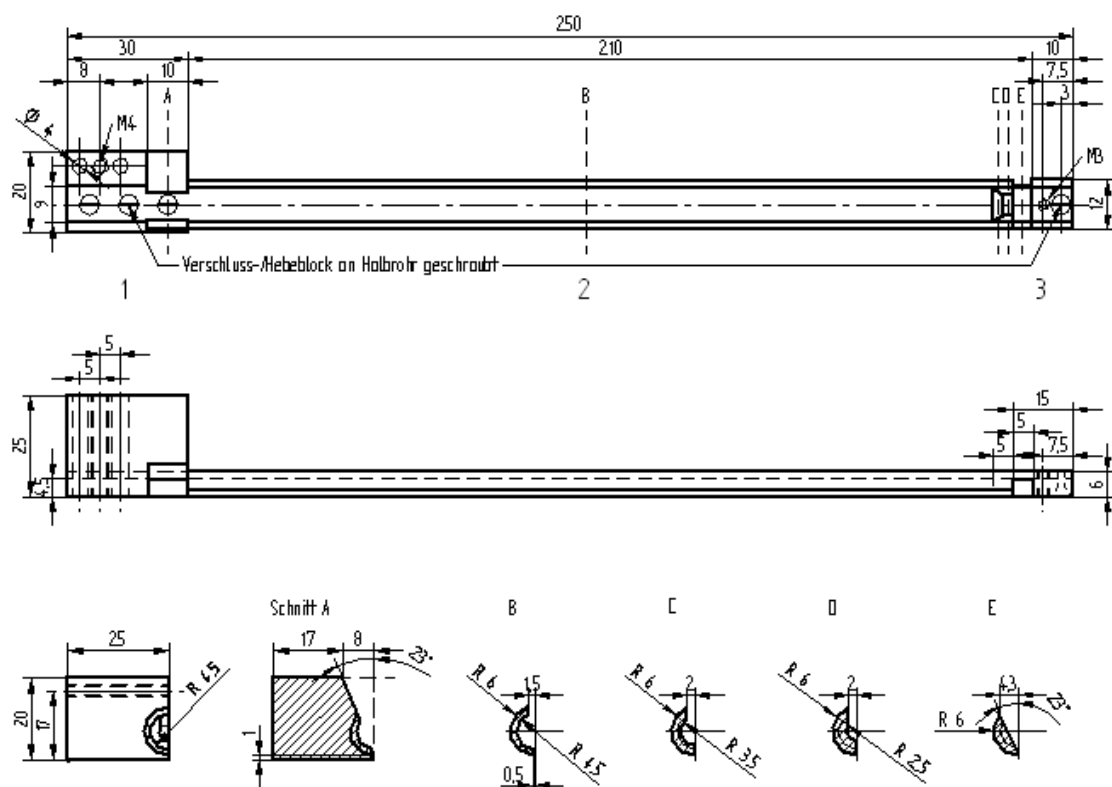
Platte 2 für Fascia lata Halterung



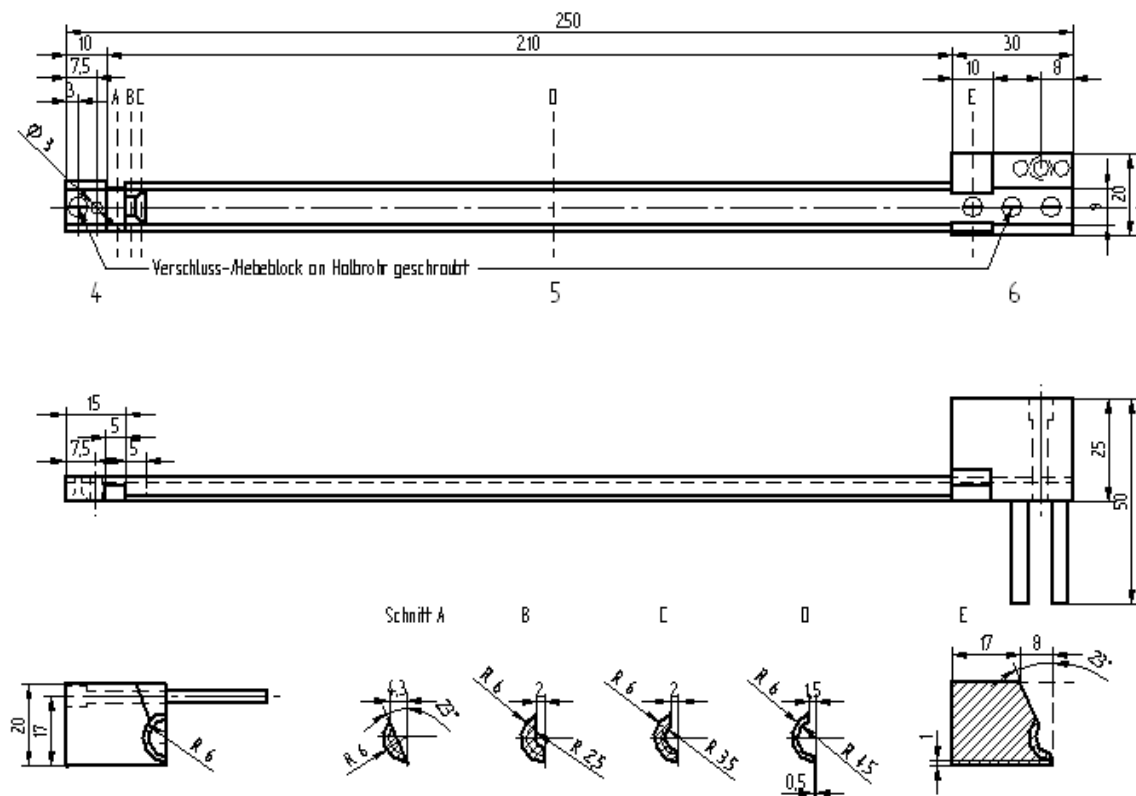
7.1.2 Prototyp Fascia lata-Transplantatentnahme

7.1.2.1 2D-Zeichnungen

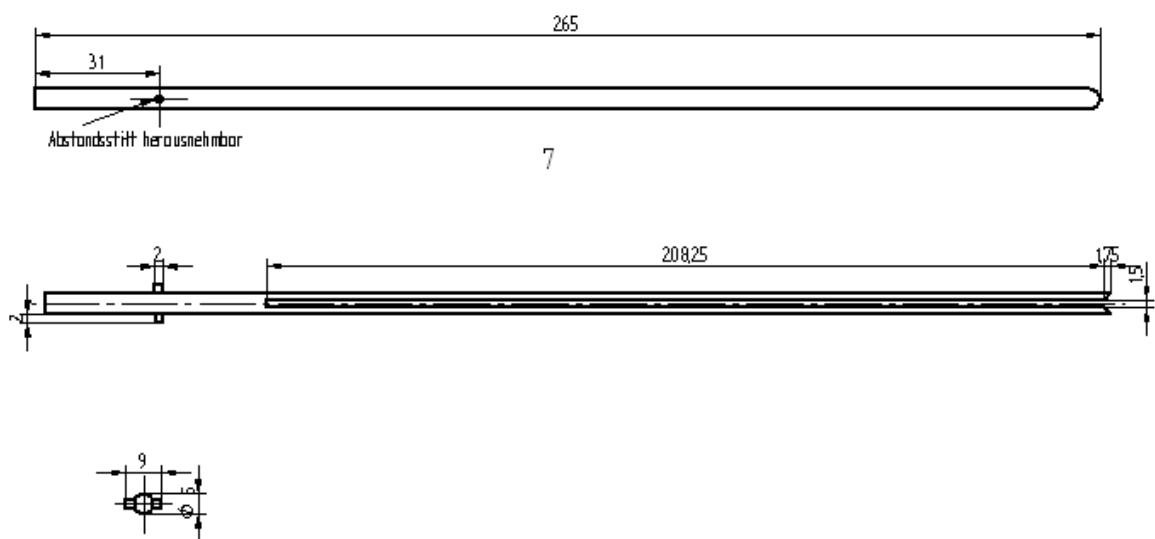
Hauptgerät, Teil 1 mit großem Verschluss-/Hebeblock (1), Halbrohr (2) und kleinem Verschluss-/Hebeblock (3)

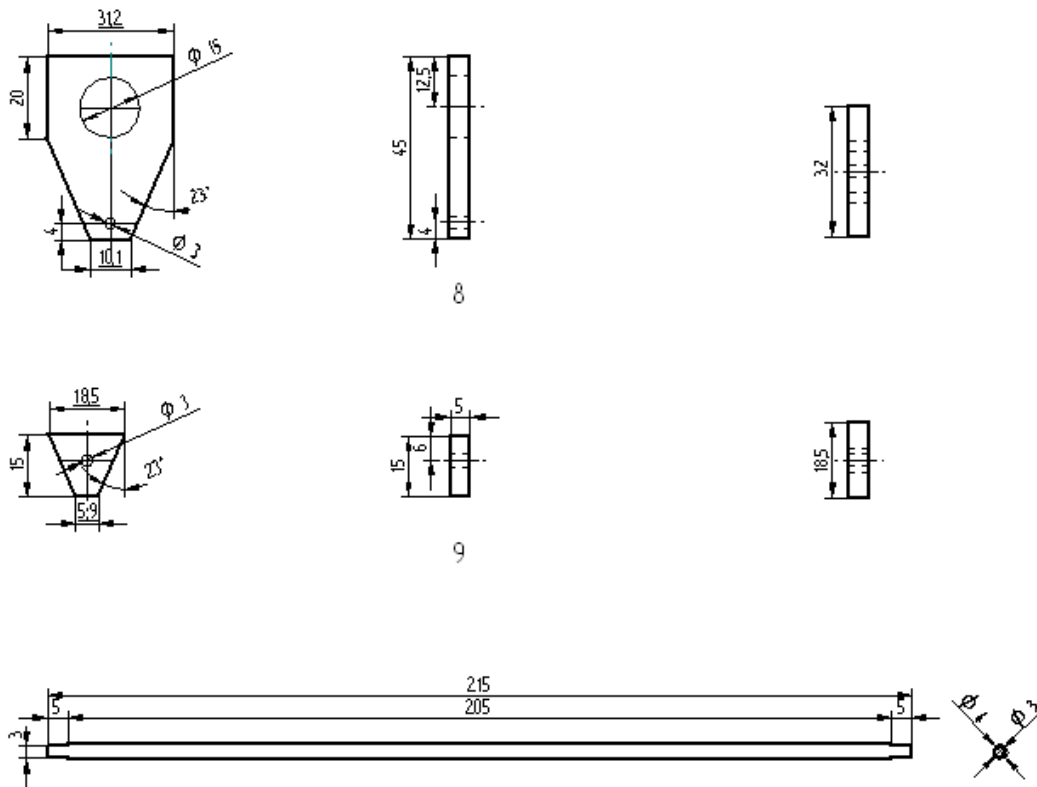
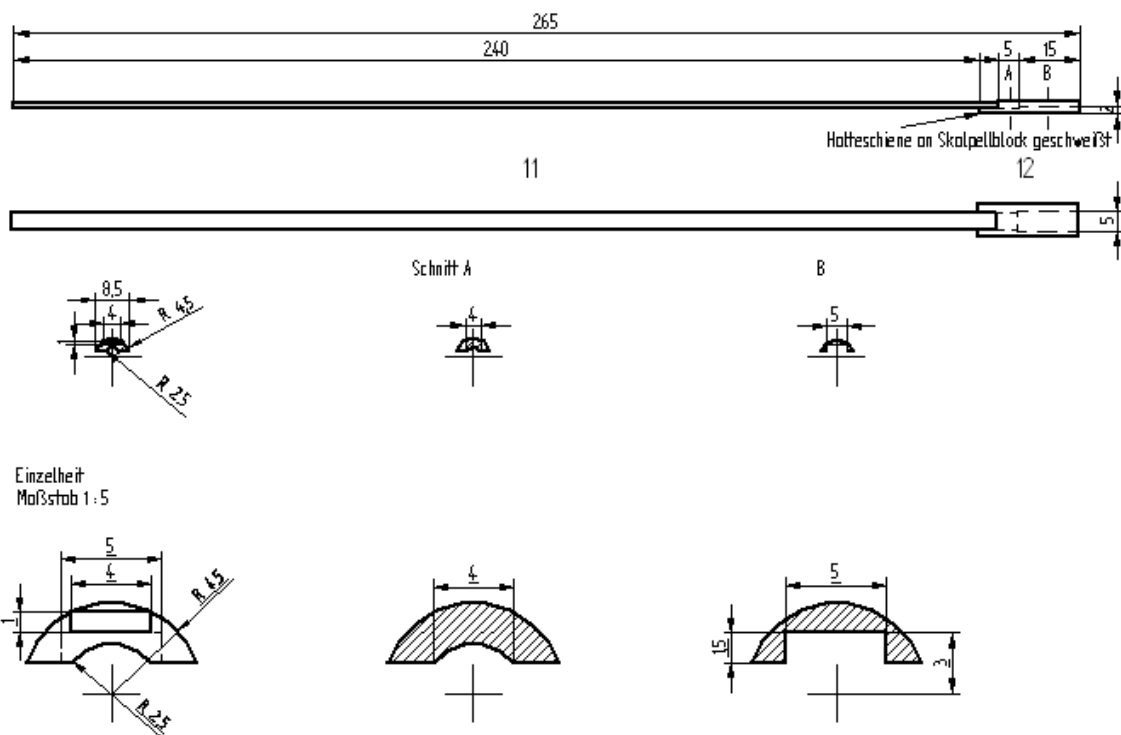


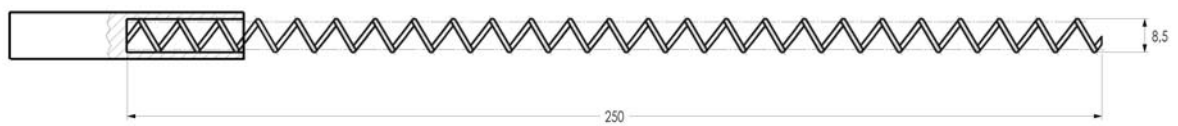
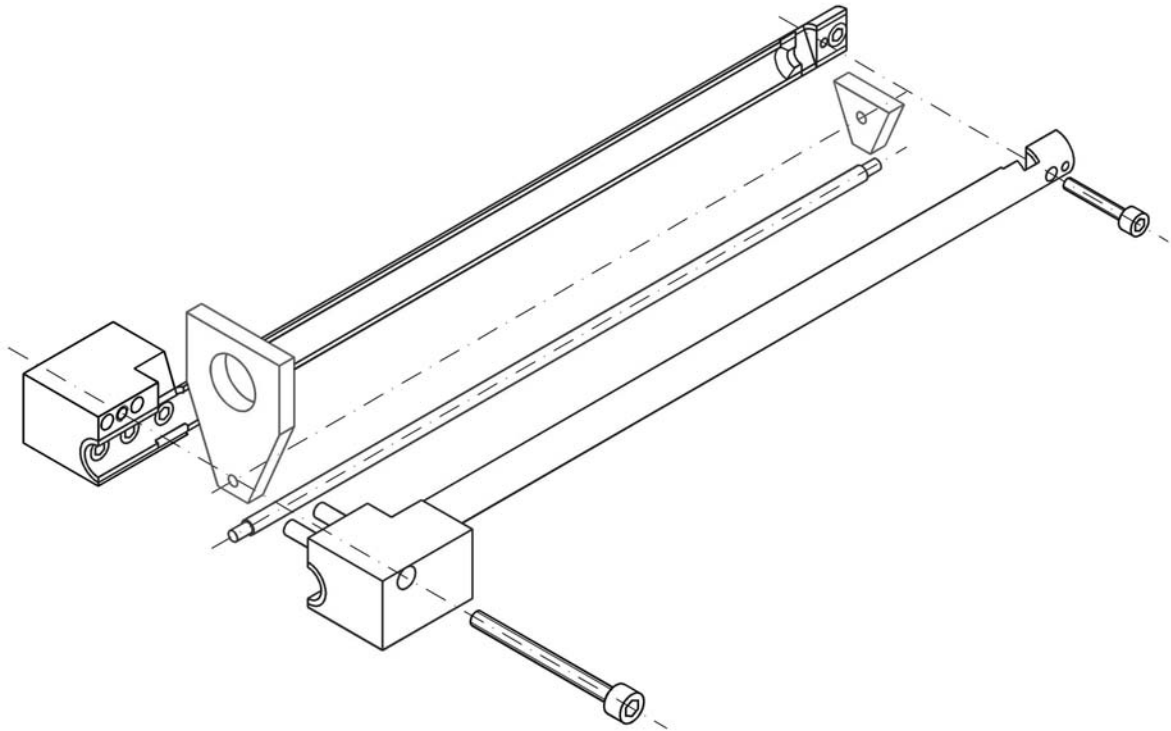
Hauptgerät, Teil 2 mit kleinem Verschluss-/Hebeblock (4), Halbrohr (5) und großem Verschluss-/Hebeblock (6)



Fixationsgabel (7)



Umlenkstabeinheit mit großem Hebekeil (8), kleinem Hebekeil (9) und Umlenkstab (10)

Skalpellschlitten mit Halteschiene (11) und Skalpellblock (12)


Spiralnadel mit Haltegriff**7.1.2.2 3D-Schemazeichnung**

8 DANKSAGUNG

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Rudolf Ascherl für die Bereitstellung des Themas.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Priv. –Doz. Dr. med. Martin Russlies für die betreuerische Übernahme der Arbeit und für seinen konstruktiven Ansporn, der maßgeblich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Besonders herzlich danken möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Dr. rer. biol. hum. Wolfgang Köller, der mir vor allem während der Entwicklungsarbeit der Operationsgeräte und bei der experimentellen Durchführung der biomechanischen Versuche jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Desweiteren danke ich Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. mult. Wolfgang Kühnel und dem Institut für Anatomie dafür, dass sie mir die Voraussetzungen für die Versuchsanordnungen ermöglicht haben.

Den Mitarbeitern der wissenschaftlichen Werkstätten (Holz und Metall) danke ich für die Mithilfe zur Umsetzung meiner Zeichnungen in anwendbare Instrumente.

Dem Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation danke ich für die Beratung und statistische Auswertung der Messwerte der Fascia lata Nahtmethoden.

Meinem Freund und damaligem Mitbewohner Axel Hilker danke ich aufrichtig für das geduldige Zuhören meiner vorgetragenen Ideen zur Entwicklung der Operationsgeräte.

Ein großer Dank geht an Frau Betty Johannsmeyer für die Beschaffung der relevanten Literatur.

Meiner Lebensgefährtin Antje Johannsmeyer danke ich vor allem für die Unterstützung während der Zeit des Schreibens der Abhandlung.

9 LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

Name, Vorname: Hartmann, Rolf
Anschrift: Klämmagatan 2b, 507 45 Borås, Schweden
Geburtstag und -ort: 31. März 1971, Wolfenbüttel

Schul Ausbildung:

1977-1981 Grundschule „Geitelplatz“, Wolfenbüttel
1981-1983 Orientierungsschule „Cranachstraße“, Wolfenbüttel
1983-1991 Gymnasium „Theodor Heuss“, Wolfenbüttel
Mai 1991 Allgemeine Hochschulreife

Gemeinschaftsdienst

1991/92 Rettungshelfer im Rettungsdienst DRK Celle-Land

Studium Humanmedizin

1992-1995 Georg-August-Universität, Göttingen
1995-1999 Medizinische Universität zu Lübeck
1998/99 Praktisches Jahr an der Med. Universität zu Lübeck, sowie am Kantonsspital Liestal und St. Clara Spital, Basel/Schweiz
Mai 1999 Ärztliche Prüfung, Erhalt der Teilapprobation
März 2001 Approbation als Arzt

Ärztliche Tätigkeit:

September 1999-Februar 2001 Arzt im Praktikum in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, ZKH St.-Jürgen-Str., Bremen
März/April 2001 Hospitation in der Abteilung für chirurgisch-orthopädische Wissenschaften und Sportmedizin, Karolinska Institut, Stockholm/Schweden
Oktober 2001-März 2002 Assistenzarzt in der Klinik für orthopädische Chirurgie, Sahlgrenska Universitetssjukhuset/Östra, Göteborg/Schweden
seit April 2002- Assistenzarzt in der Klinik für orthopädische Chirurgie, Södra Älvsborgs Sjukhus, Borås/Schweden

Promotion:

1996-2000

praktische Durchführung der Experimente

2000-2005

Verfassen der Abhandlung

Veröffentlichung:

Hartmann R, Koller W, Ascherl R, Russlies M:
Designing a surgical device for harvesting autologous
fascia lata grafts as a minimal invasive procedure
Biomed Tech (Berl). 51(3):125-30, 2006

Patent:

Unter der Bezeichnung „Vorrichtung zur minimal-
invasiven Faszienentnahme“ beim Deutschen Patent-
und Markenamt (DPMA) zum Patent angemeldet (DE
10 2006 032 897)