Aus der Anatomischen Anstalt
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Univ. Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Putz

Anatomische Grundlagen der lumbalen Plexusanästhesie

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Franziska Elisabeth Theissig
aus
Dresden
2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Putz
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr. med. M. Rehm
Dekan:	Prof. Dr. med. D. Reinhardt
Tag der mündlichen Prüfung:	28.02. 2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... I-II

Abbildungsverzeichnis ..... III-IV

Tabellenverzeichnis V

1. Einleitung 1
   1.1. Grundlagen 2
      1.1.1. Anatomische Grundlagen 2
      1.1.2. Anästhesistische Grundlagen 7
   1.2. Problemstellung 12
      1.2.1. Nervenverläufe 13
      1.2.2. Muskelmorphologie 13
      1.2.3. Skoliose 14
   1.3. Fragestellung 15

2. Material und Methoden 17
   2.1. Material 17
   2.2. Methoden 19
      2.2.1. Entnahme der Präparate 19
      2.2.2. Auswertung der Präparate 23
         2.2.2.1. Vermessung der Muskeloberflächen 23
         2.2.2.2. Bestimmung und Vermessung der Nervenverläufe 24
         2.2.2.3. Auswertung der Skoliosepräparate 28
         2.2.2.4. Darstellung der Nervenverläufe im MRT 28

3. Ergebnisse 31
   3.1. Muskeloberflächen und ihre Beziehungen zu biometrischen Daten der Präparate 31
      3.1.1. Muskeloberflächen 31
      3.1.2. Einfluss des Bodymassindex (BMI) auf die Ausprägung der Muskeloberflächen 33
      3.1.3. Einfluss des Alters auf die Ausprägung der Muskeloberflächen 35
   3.2. Verläufe der Nerven und ihre Beziehungen zueinander 36
      3.2.1. Verlauf des N. cutaneus femoris lateralis 37

3.2.2. Verlauf des N. femoralis ... 39
3.2.3. Verlauf des N. obturatorius ... 43
3.2.4. Vergleich der Nervenverläufe des Plexus lumbalis ... 45
3.3. Einfluss der Muskelmorphologie auf den Nervenverlauf ... 46
3.4. Ergebnisse der durch Skoliose beeinträchtigten Präparate ... 47

4. Diskussion ... 51
4.1. Untersuchungsmaterial ... 51
4.2. Diskussion der Methoden ... 53
4.2.1. Entnahme der Präparate ... 53
4.2.2. Auswertung der Präparate ... 55
4.2.2.1. Vermessung der Muskeloberflächen ... 55
4.2.2.2. Bestimmung und Vermessung der Nervenverläufe ... 56
4.2.2.3. Auswertung der Skoliosepräparate ... 58
4.2.2.4. Probleme bei der Darstellung der Nervenverläufe im MRT ... 59
4.3. Diskussion der Ergebnisse ... 60
4.3.1. Ergebnisse der Auswertung der Muskeloberflächen ... 60
4.3.2. Einfluss des Bodymassindex auf die Muskeloberflächen ... 63
4.3.3. Einfluss des Alters auf die Muskeloberflächen ... 64
4.3.4. Ergebnisse der Auswertung der Nervenverläufe ... 67
4.3.4.1. Verlauf des N. cutaneus femoris lateralis ... 68
4.3.4.2. Verlauf des N. femoralis ... 70
4.3.4.3. Verlauf des N. obturatorius ... 72
4.3.5. Ergebnisse der Skoliosepräparate ... 73

5. Schlussfolgerung und Ausblick ... 75

6. Zusammenfassung ... 81

7. Literaturverzeichnis ... 83

A Anhang ... 91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile der Wurzelfasern Th12-L5 an den Nerven des Plexus lumbalis (nach PUTZ & PABST 2000A, S. 27) 2

Abbildung 2: Orientierungspunkte an der dorsalen Rumpfwand (nach TUBBS ET AL. 2005) 4

Abbildung 3: Punktionsort nach WINNIE (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)..... 8

Abbildung 4: Punktionsort nach CHAYEN (oben) und PARKINSON (unten) (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)..... 9

Abbildung 5: Punktionsort nach CAPDEVILA (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)..... 10

Abbildung 6: Darstellung des Plexus lumbalis mit seinen Nerven (nach PUTZ & PABST 2000b, S. 212)..... 19

Abbildung 7: Topographischer Überblick über die Strukturen des Retroperitonealraumes (nach PUTZ & PABST 2000b, S. 213)..... 20

Abbildung 8: Darstellung des M. psoas major [1], des N. femoralis [2], des N. obturatorius[3] und des N. cutaneus femoris lateralis[4] sowie der A. femoralis [5], der Wirbelsäule [6] und des Beckenkamms [7] nach Markierung in situ (LITZ ET AL. 2005)..... 21

Abbildung 9: Markierung der Strukturen im Retroperitonealraum: Crista iliaca [1], interkristale Linie [2], SIPS [3], Wirbelkörperoberkante L5 [4], Wirbelkörperunterkante L5 [5]..... 22

Abbildung 10: Vermessung der Muskelparameter Breite und Dicke..... 23

Abbildung 11: Markierung der Nerven am Muskelpräparat in situ..... 25

Abbildung 12: Eintrittswinkelbestimmung des N. cutaneus femoris lateralis in den M psoas..... 26

Abbildung 13: Darstellung der anatomischen Verhältnisse im Retroperitonealraum mit den Mm. psoas eines weiblichen Leichnams 32

Abbildung 14: Unterschiede in der Muskelmorphologie männlicher und weiblicher Präparate 33

Abbildung 15: Beziehung der Muskelflächen links zum BMI der Personen 34

Abbildung 16: Beziehung der Muskelflächen rechts zum BMI der Personen 34

Abbildung 17: Beziehung der Muskelflächen links zum Alter der Personen..... 35

Abbildung 18: Beziehung der Muskelflächen rechts zum Alter der Personen..... 36

Abbildung 19: Eintrittshöhe der Nn. cutanei femoris laterales in den M. psoas 37

Abbildung 20: Verlauf der Nn. cutanei femoris laterales auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 38

Abbildung 21: Verlauf der Nn. femorales auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 40

Abbildung 22: Eintrittshöhen der Nn. femorales in den M. psoas 41

Abbildung 23: Verlauf der Nn. obturatorii auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 44

Abbildung 24: Verläufe der Nerven des Plexus lumbalis..... 45

Abbildung 25: Abbildung der veränderten Muskelmorphologie bei Skoliose 48

Abbildung 26: Nervenverläufe an Skoliosepräparaten 50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Biometrische Daten der Präparate 18

Tabelle 2: Vermessung der Muskeloberflächen 31

Tabelle 3: Verlaufsstrecken der Nn. cutanei femoris laterales 39

Tabelle 4: Verlaufsstrecken des N. femoralis 42

Tabelle 5: Muskelmorphologie der Präparate von skoliotisch veränderten Wirbelsäulen 49

Tabelle 6: Vergleich der Muskelmorphologie des M. psoas verschiedener Rassen 66

Tabelle 7: Biometrische Daten und Muskelmorphologie 91

Tabelle 8: Werte und Daten der Skoliosepräparate 94

Tabelle 9: Nervenverläufe 95

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Anzahl der durchgeführten Operationen an Knie und Hüfte durch die Weiterentwicklung operativer Verfahren in Orthopädie und Chirurgie zugenommen. Die Anästhesie einzelner Körperabschnitte ermöglicht gezielte Eingriffe und ist vor allem für die postoperative Schmerztherapie sehr bedeutend (CAPDEVILA ET AL. 1999). Durch schnellere Heilungserfolge und effektivere Analgesie während des Heilungsprozesses rückt die Anästhesie der unteren Körperhälfte in den wissenschaftlichen Vordergrund (CAPDEVILA ET AL. 2005). Verfahren zur gezielten Analgesie und Anästhesie bei operativen Eingriffen im Bereich von Knie und Hüfte sind anspruchsvoll und nicht komplikationslos (LITZ ET AL. 2005). In der Literatur sind bereits zahlreiche Komplikationen beschrieben, die von epiduraler Ausbreitung des Anästhetikums (LITZ ET AL. 2004) bis hin zu Abszessbildungen entlang des M. psoas reichen (NEUBURGER ET AL. 2005). Auch die radiologisch gesicherte Überwachung von Punktionen rückt immer weiter in den Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses, um Verfahren, wie die Psoascompartmentblockade (PCB), sicherer zu machen und Komplikationen einzuschränken (KAPRAL & MARHOFER 2002, KIRCHMAIR ET AL. 2002, WIESSNER ET AL. 2004A, 2004B). Die Entwicklung neuer sicherer Punktionsverfahren ist daher ein zentrales Thema in Anästhesie und Radiologie.

Vergleiche einzelner Punktions- sowie kontinuierlicher Katheterverfahren zeigen Unterschiede in ihrer jeweiligen Wirkung für den Patienten. Auch die größere Effektivität kontinuierlicher Katheterverfahren, wie z.B. bei der PCB, ist in der Literatur dokumentiert (BIBOULET ET AL. 2004, MORIN ET AL. 2005, WATSON ET AL. 2005).

Ein wichtiger und zentraler Bestandteil für die Entwicklung neuer Verfahren ist die genaue Kenntnis der anatomischen Verhältnisse des Retroperitonealraumes (DI BENEDETTO ET AL. 2005). Für die Blockade des Plexus lumbalis und seiner Anteile ist vor allem der Raum zwischen M. iliacus und M. psoas interessant. Wichtige Strukturen sind der N. femoralis, der N. cutaneus femoris lateralis und der N. obturatorius, die entsprechend den anatomischen Verhältnissen des Retrositus unterschiedlich am und im M. psoas major verlaufen. Die Kenntnis der Anatomie dieser Nerven ist für selektive Blockaden im Bereich von Knie und Hüfte essenziell.

In zahlreichen anatomischen Lehrbüchern und wissenschaftlichen Studien der letzten Jahre wird versucht, die anatomischen Verhältnisse zu beschreiben und darzustellen, um somit gezielte Punktionen zu erleichtern (z.B. DI BENEDETTO ET AL. 2005, FARNY ET AL. 1994A).

1.1. Grundlagen

1.1.1. Anatomische Grundlagen

Die Anteile des Plexus lumbalis und seiner Nerven aus den Wurzeln von L1-L4 sind bereits dokumentiert und mehrfach erfasst (BARDEEN 1907, LIPPERT 2000B, PUTZ & PABST 2000A). Ebenso klar ist der Verlauf der Nerven im Becken und am Oberschenkel. Sämtliche Innervationsgebiete sind identifiziert und können mittels sensibler Tests während der Punktion evaluiert werden. PUTZ & PABST (2000A, 2000B) beschreiben den Verlauf der Nerven des Plexus lumbalis (Abbildung 1).

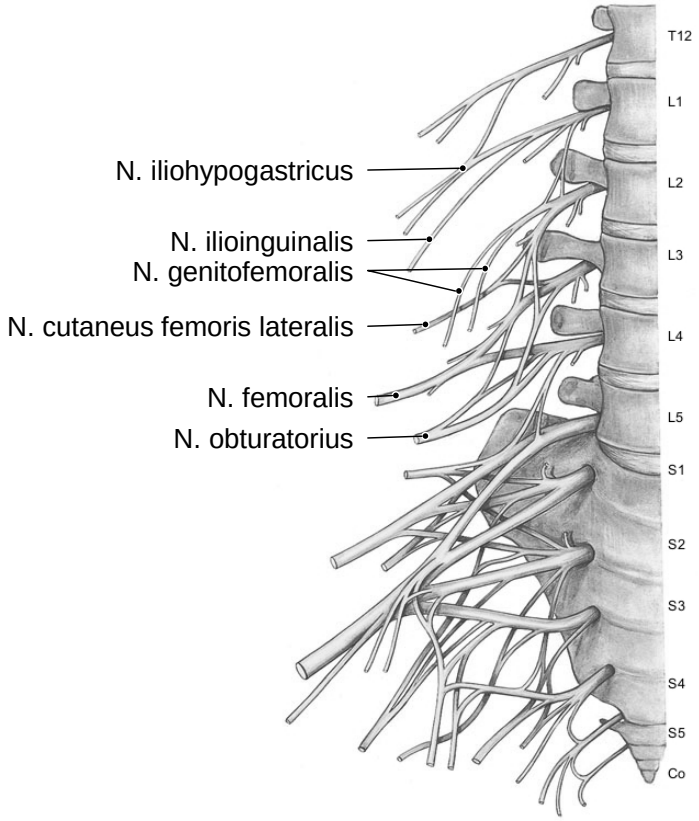


Abbildung 1: Anteile der Wurzelfasern Th12-L5 an den Nerven des Plexus lumbalis (nach PUTZ & PABST 2000A, S. 27)

Der N. femoralis ist der am stärksten ausgeprägte Nerv des Plexus lumbalis (SIM & WEBB 2004) und wird aus den dorsalen Wurzelanteilen von L1-L4 gebildet. Er versorgt die Beuger des Hüftgelenks und die Strecker des Kniegelenks einschließlich der Mm. sartorius et pectineus motorisch. Außerdem innerviert er die Oberschenkelvorderseite, die mediale und vordere Unterschenkelseite sowie den medialen Fußrand sensibel (PUTZ & PABST 2000β). Schädigungen des Nervs können durch ausgeprägte Hämatome im M. psoas, durch Abszesse im Retroperitonealraum und raumfordernde Prozesse im Bereich des Leistenbandes (Hernien oder Aneurysmen der A. femoralis) hervorgerufen werden (DIETEMANN ET AL. 1987).

Aus den Rami ventrales von L2 und L3 wird der N. cutaneus femoris lateralis gebildet. Er ist ein rein sensibler Nerv und innerviert ausschließlich die Haut von der lateralen Oberschenkelseite bis zum Knie (PUTZ & PABST 2000B). Ausfälle können durch Kompression des Nervs im Bereich des Leistenbandes, durch Hämatome im M. psoas oder durch paravertebrale Läsionen entstehen (DIETEMANN ET AL. 1987).

Die Fasern für den N. obturatorius entstammen den Rami ventrales von L2-L4 (PUTZ & PABST 2000B). Sein Verlauf im und am M. psoas wird von FARNY ET AL. (1994A) in einer Studie an 6 Leichnamen als sehr variabel beschrieben. Teilweise erschweren Verlauf und Aufzweigungen des Nervs im Bereich der Lendenwirbelsäule die vollständige Blockade aller Nerven bei der Punktion. Hüftfrakturen, Hernien im Foramen obturatum, ausgedehnte Beckentumoren, Schwangerschaften und Aneurysmen der A. iliaca communis können ihn schädigen und zu Ausfällen bei der Innervation führen (DIETEMANN ET AL. 1987). Er versorgt die Adduktoren am Oberschenkel motorisch. Sein sensibles Innervationsareal ist relativ inkonstant, es wird je nach Literaturquelle von einem kleinen proximal gelegenen Abschnitt an der Oberschenkelinnenseite bis zum Kniegelenk beschrieben (BARDEEN 1907, LIPPERT 2000B). In einigen Literaturstellen wird von einem N. obturatorius accessorius bzw. externus berichtet, der aus Fasern von L3-L4 gebildet wird (PUTZ & PABST 2000B).

Trotz der beschriebenen Erkenntnisse über die Nervenverläufe kommt es immer wieder zu Komplikationen bei der PCB. Die selektive Beschreibung der Nervenverläufe reicht also bisher nicht aus, um die Nerven in situ zu identifizieren. Feste Punkte zur Orientierung sollen bei zukünftigen Blockaden das Auffinden des Plexus erleichtern. Solche Knochenpunkte sind wichtig, um einzelne gedachte Linien im Retrositus und an der

dorsalen Rumpfwand zu kennzeichnen (z.B. SIPS, Crista iliaca). Die Komplikationsrate bei der Punktion und vor allem die Anzahl unvollständig angelegter Psoascompartmentblockaden sollen so gesenkt werden.

TUBBS ET AL. (2005) beschreiben eine Vielzahl anatomischer Strukturen an der hinteren Bauchwand, die zur Orientierung für das Auffinden der einzelnen Nerven des Plexus lumbalis dienen. Dabei verwenden sie imaginäre Linien, die durch Knochenpunkte gekennzeichnet sind und parallel zur Wirbelsäule verlaufen. Die Nerven kreuzen die gedachten Linien und können auf diese Weise besser aufgefunden werden (Abbildung 2).

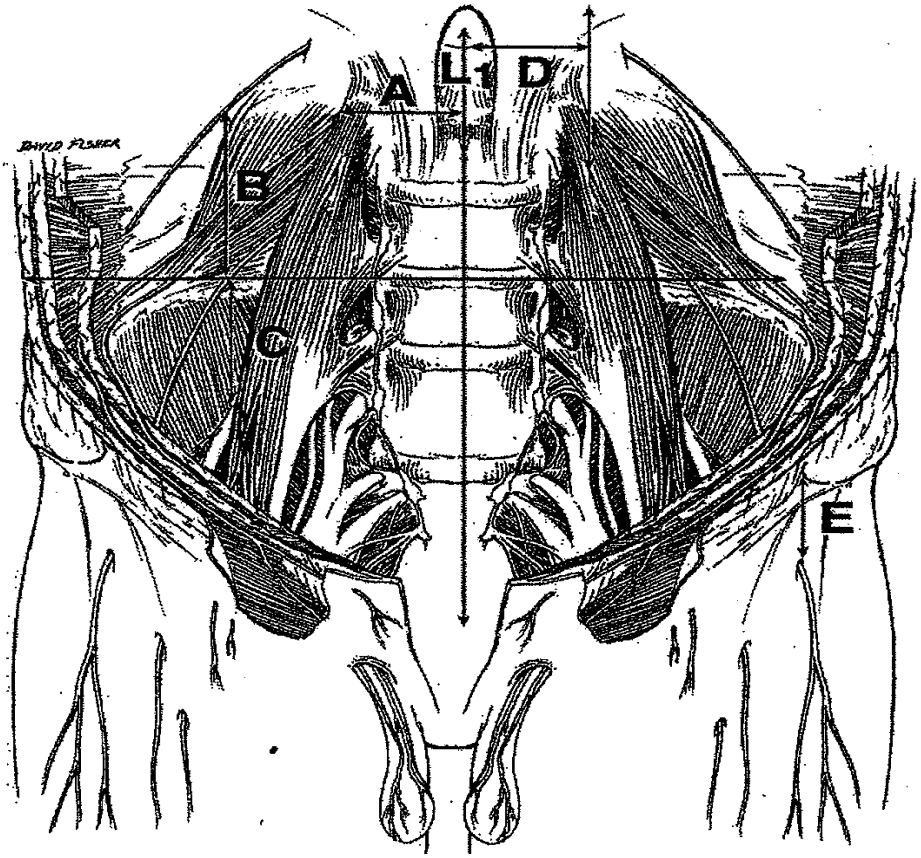


Abbildung 2: Orientierungspunkte an der dorsalen Rumpfwand (nach TUBBS ET AL. 2005)

In einer anatomischen Studie von SIM & WEBB (2004) werden die Nervenverläufe und speziell ihr Auftreten am M. psoas dargestellt. Das wichtigste Ergebnis der Studie ist, dass auf der Höhe zwischen L4/L5 die Nerven am häufigsten am M. psoas beobachtet werden können.

Der M. psoas entspringt an den Seitenflächen und den Disci intervertebrales des 12. Brust- bis 4. Lendenwirbelkörpers und zieht durch das kleine Becken zum Trochanter minor. Gemeinsam mit dem M. iliacus, der an Fossa iliaca und Spina iliaca anterior inferior des Os coxae seinen Ursprung hat und zum Trochanter minor sowie zur Linea aspera zieht, bildet er den M. iliopsoas. An manchen Leichnamen lässt sich der M. psoas minor darstellen, er ist aber nicht immer am Muskelpräparat auffindbar (PUTZ & PABST 2000B). Für den Verlauf der untersuchten Nerven ist er nicht von Bedeutung, da er auf der ventralen Oberfläche des M. psoas major liegt und die Nerven nicht beeinflusst.

Die Anatomie und Embryologie der Muskeln spielt ebenfalls eine wichtige Rolle für die Verhältnisse im Retroperitonealraum. Je nach individueller Entwicklung können am Muskel Eigenheiten vorliegen, die den Nervenverlauf beeinflussen. Dies betrifft vor allem die Aufteilung des Muskels in mehrere Anteile (SPRATT ET AL. 1996) oder die nachträgliche Beeinflussung der Muskelmorphologie durch Veränderungen im Retrositus (LITZ ET AL. 2005). Es können so Muskellogen entstehen, die Nerven beinhalten oder den natürlichen Verlauf der Nerven im Muskel beeinflussen.

So geht man seit längerer Zeit von der Existenz eines speziellen Psoaskompartiments aus (CHAYEN ET AL. 1976). Dieses beschreibt den Raum zwischen M. psoas und M. iliacus und soll die Nervenstrukturen des Plexus lumbalis beinhalten. Immer wieder auftretende Komplikationen bei der Punktion lassen jedoch die Frage aufkommen, wie sich die Nerven in diesem Raum zueinander verhalten und wenn sie alle in diesem Kompartiment vorliegen, warum es weiterhin zu unvollständigen Blockaden kommt. Die Existenz des Psoaskompartiments wird nicht zuletzt wegen der zahlreichen Komplikationen in Frage gestellt (VICENT ET AL. 2005).

FARNY ET AL. (1994A) beschreiben eine spezielle Muskelloge, die durch eine dünne Muskelfaszie von den restlichen Fasern des M. psoas abgetrennt ist. In diesem Muskelkompartiment befinden sich der N. femoralis und der N. cutaneus femoris lateralis. Der N. obturatorius konnte in der Studie in allen Präparaten intramuskulär aufgefunden werden. Seine Lage wird jedoch als variabel in Bezug zu den anderen beiden Nerven bezeichnet. Die Existenz einer solchen Muskelloge wird in weiteren Studien allerdings nicht beschrieben.

Die anatomischen Verhältnisse des Retrositus sind von großer Bedeutung für sämtliche Verfahren der Plexusanästhesie. Vor allem die Kenntnis einzelner Nervenverläufe ist für die Risikominimierung bei der Punktion notwendig (DI BENEDETTO ET AL. 2005). Anatomische Besonderheiten, wie bilaterale Variationen der Muskeln (JELEV ET AL. 2005), lassen darauf schließen, dass der M. psoas den Verlauf der Nerven sehr stark beeinflussen kann. Durch seine Ausprägung und weitere anatomische Gegebenheiten im Retroperitonealraum (Nierentiefstand, zystische Degenerationen, Wirbelsäulenveränderungen) entstehen individuelle und zum Teil stark voneinander abweichende Verläufe. Die Topographie der Nervenbahnen ist daher abhängig von den gegebenen anatomischen Verhältnissen, die bereits bei der Geburt angelegt sind und sich im Laufe der Entwicklung verfestigen (Muskelanlage, Wirbelsäulenstatik). Weiterhin haben zahlreiche externe Faktoren (wie z. B. Lebensalter oder der BMI) Einfluss auf die Muskelmorphologie und damit auf den Nervenverlauf im Muskel.

Auch die Menschenrasse spielt eine Rolle für die Entwicklung und Anlage der Mm. psoas. HANSON ET AL. (1999) belegen in ihren Studien, dass der M. psoas bei jungen männlichen Schwarzafrikanern stärker ausgebildet ist als bei gleichaltrigen Männern der kaukasischen Rasse. Außerdem kann ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Ausprägung des Muskels und dem Alter bewiesen werden. Eine Studie von IMAMURA ET AL. (1983) verdeutlicht die Beziehung zwischen der Dicke des M. psoas und dem erreichten Lebensalter der Personen. So nimmt die Muskeldicke bis zum 30. Lebensjahr bei Männern zu, danach lässt sich mit Hilfe von CT-Vermessungen eine deutliche Abnahme feststellen. Beim weiblichen Geschlecht sind solche altersabhängigen Schwankungen der Muskeldicke nicht nachweisbar. Bei beiden Geschlechtern wird jedoch im Alter die Abgrenzung des Muskels zur Umgebung durch Zunahme des ihn umgebenden Fettgewebes verstärkt.

Die Einfluss des Body Mass Index für die Plexusanatomie wird dadurch belegt, dass mit steigendem BMI der Plexus lumbalis tiefer im Retrositus liegt. Weiterhin vergrößert sich der Abstand zur dorsalen Hautoberfläche. Dieser Umstand macht bei Punktionen einen weiteren Nadelvorschub notwendig, um eine gute Plexusanästhesie zu gewährleisten (CAPDEVILA ET AL. 2002).

1.1.2. Anästhesistische Grundlagen

Katheteranlagen der PCB an der dorsalen Rumpfwand müssen in eine genaue Position gebracht werden. Die hierfür notwendige exakte Positionierung der Katheterspitze ist wichtig, um Komplikationen zu vermeiden und Risiken, wie beispielsweise die epidurale Ausbreitung von Anästhetika, einzuschränken. Zur besseren Orientierung müssen verschiedene anatomische Strukturen von Becken und Wirbelsäule aufgesucht werden. Die Identifikation dieser anatomischen Knochenpunkte (Spina iliaca posterior superior, Crista iliaca, Lendenwirbelkörper und Zwischenwirbelräume) ist teilweise schwierig, da sie von individuellen Gegebenheiten beeinflusst wird (Adipositas, Skoliose, Hautveränderungen, tumoröse Prozesse). Die genaue Bestimmung der Punktionsstelle ist neben wegweisenden Orientierungspunkten am Rücken einer der wichtigsten Qualitätsmarker für die PCB. Sie kann jedoch nur mit großem Einsatz und viel Übung erreicht werden (BROADBENT ET AL. 2000). Auch für erfahrene Anästhesisten kann die Identifizierung eine Schwierigkeit darstellen und damit das Punktionsergebnis beeinflussen.

Die Komplikationen bei der Psoaskompartmentblockade, die z.B. durch Fehlpunktionen und Lageänderungen der Nadelspitze hervorgerufen sind, werden durch Adipositas und Veränderungen des Skelettsystems im Alter begünstigt (DE BIASI ET AL. 2003). Ungewünschte Nebenwirkungen und Ereignisse bei der PCB reichen von totaler Spinalanästhesie (GENTILI ET AL. 1998, POUSMAN ET AL. 2003) über epidurale Ausbreitung des Analgetikums (LITZ ET AL. 2004, MURAVCHICK & OWENS 1976, ROTZINGER ET AL. 2004) bis hin zu Nierenpunktionen **(**AIDA ET AL. 1996). Natürlich können auch Infektionserreger über die Katheternadel in den Retrositus gelangen und dort Abszesse entstehen lassen (NEUBURGER ET AL. 2005). Eine gezielte Überwachung der Einstichstelle ist daher von zentraler Bedeutung. Durch die verstärkte Einnahme von Antikoagulationspräparaten im Alter können auch stark ausgeprägte Hämatombildungen im M. psoas und im Retroperitonealraum beobachtet werden (AVELINE & BONNET 2004, BÜTTNER 2005, KLEIN ET AL. 1997, WELLER ET AL. 2003). Zudem können Probleme bei kombinierten Verfahren auftreten, wenn die PCB vor einer Spinalanästhesie durchgeführt wird. Hierbei ist die Urteilskraft des Patienten in Bezug auf Sensibilität und Schmerzempfinden, durch die zuvor angelegte Blockade der lumbalen Nerven einschränkt (LANG ET AL. 2005).

Die beschriebenen Komplikationen können schwerwiegende Folgen haben und zeigen die Notwendigkeit, bestehende Verfahren für die Psoaskompartmentblockade zu verbessern. Es stehen bereits eine Reihe modifizierter Zugänge zur Verfügung, die seit mehr als drei Jahrzehnten erprobt und erforscht werden. Ziel sämtlicher Verfahren ist die vollständige Nervenblockade bei einmaliger Punktion und Katheteranlage.

Bereits 1973 beschreiben WINNIE ET AL. (1973) den anterioren Zugang für den 3-in-1-Block am kranialen Abschnitt des Oberschenkels. Durch retrograde Ausbreitung des Analgetikums nach kranial sollen die drei Hauptnerven des Plexus lumbalis komplett blockiert werden. In der Anwendung zeigen sich allerdings Mängel bei der vollständigen Analgesie im Bereich des N. cutaneus femoris lateralis und des N. obturatorius. Ein Jahr später erfolgt die Beschreibung des posterioren Zugangs zum Plexus lumbalis im Retroperitonealraum (WINNIE ET AL. 1974). Die Punktionsstelle ergibt sich auf der interkristalen Linie (gedachte Linie zwischen beiden Cristae iliacae), die durch eine Parallellinie zur Wirbelsäule auf Höhe der Wirbelkörper L4/L5 geschnitten wird (Abbildung 3).

Weitere Punktionsorte werden in den darauf folgenden Jahren von zahlreichen Forschergruppen ermittelt. Im Vordergrund der Bemühungen steht, die beschriebene Technik von WINNIE ET AL. (1974) zu modifizieren, um die Komplikationsrate durch einen anderen Zugang zu senken.

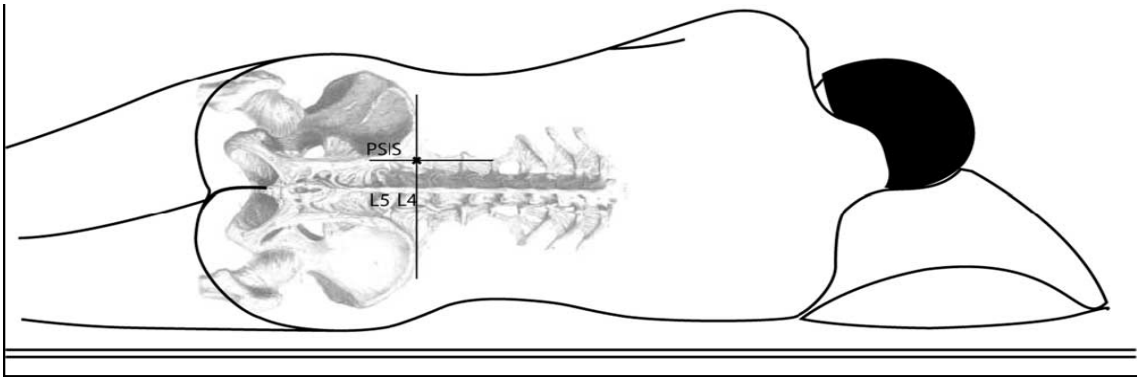


Abbildung 3: Punktionsort nach WINNIE (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)

CHAYEN ET AL. (1976) beschreiben einen Zugang zum Plexus lumbalis, der 3 cm kaudal und 5 cm lateral zum Proc. spinosus des Wirbelkörpers L4 liegt (Abbildung 4 oben). Die Punktion dieser Stelle soll weniger Fehlpunktionen und eine verminderte Komplikationsrate ermöglichen. Der Punktionsort nach WINNIE ET AL. (1974) ist demnach in

Bezug zur Lage des Plexus in situ zu weit lateral gewählt. In den Jahren darauf zeigen PARKINSON ET AL. (1989) eine Technik, die den M. psoas 3 cm bis 4 cm lateral des Proc. spinosus von Wirbelkörper L3 trifft und so die Nerven auf dieser Höhe blockieren soll (Abbildung 4 unten).

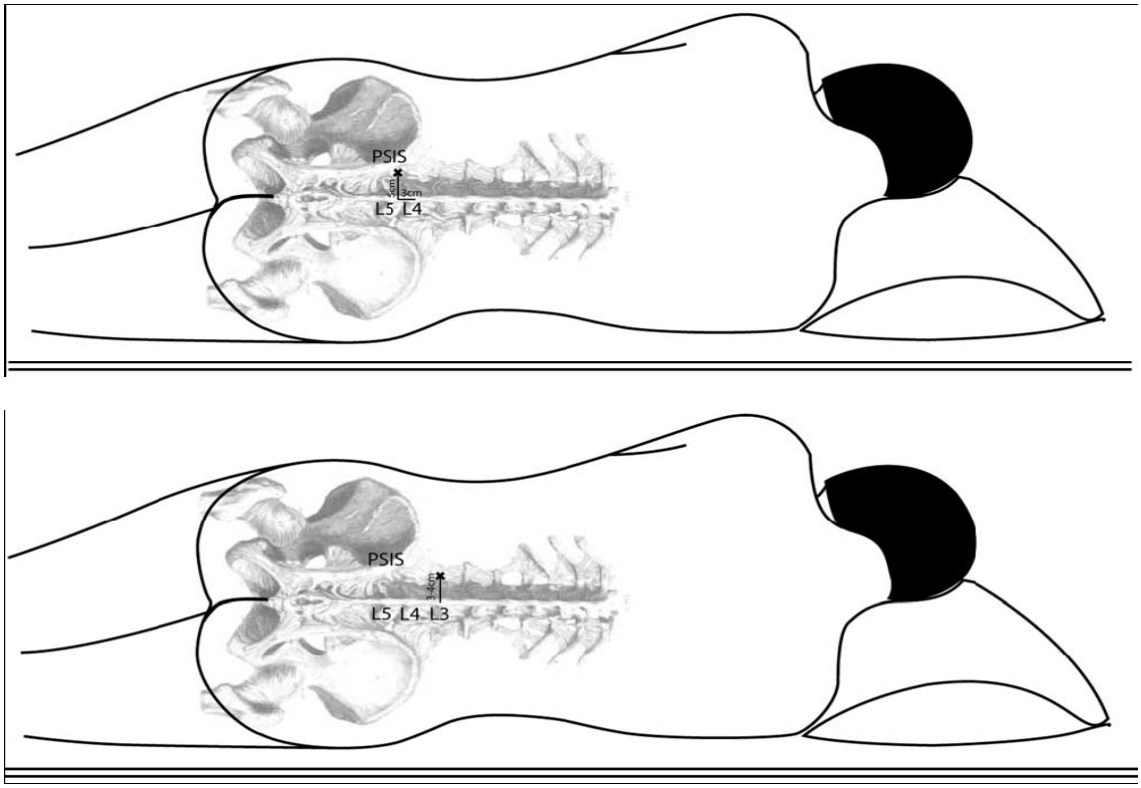


Abbildung 4: Punktionsort nach CHAYEN (oben) und PARKINSON (unten) (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)

Die neueste Modifizierung ist die Punktionsstelle von CAPDEVILA ET AL. (2002). Diese versucht den Plexus lumbalis auf einer Verbindungslinie durch den Proc. spinosus bei L4 zu blockieren. Dafür wird der Schnittpunkt dieser Linie im lateralen äußeren Drittel mit einer gedachten Linie durch die Spina iliaca posterior superior gewählt (Abbildung 5).

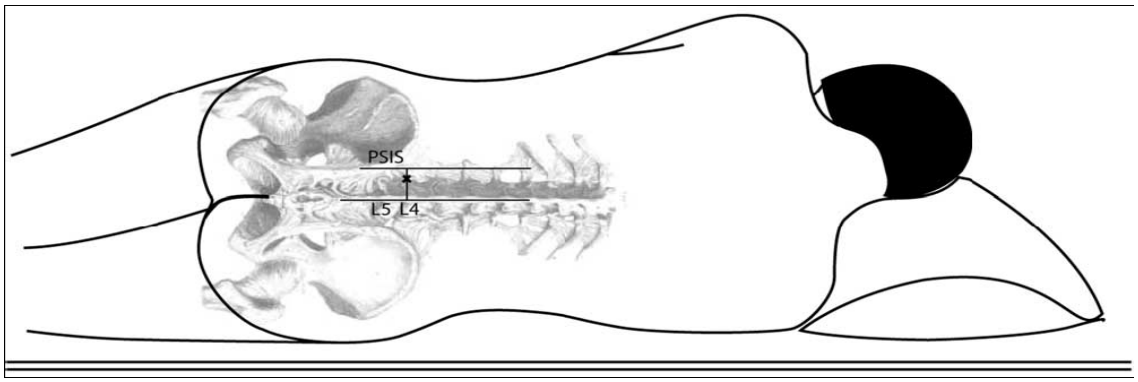


Abbildung 5: Punktionsort nach CAPDEVILA (Darstellung nach AWAD & DUGGAN 2005)

Im direkten Vergleich der Methoden nach WINNIE ET AL. (1974) und CAPDEVILA ET AL. (2002) lassen sich keine signifikanten Unterschiede in der Qualität der Psoaskompartmentblockade darstellen (MANNION ET AL. 2005B). Die Rate an vollständigen Blockaden und der Qualität der Analgesie ist demnach bei beiden Verfahren gleich gut ausgeprägt.

Sehr gute Ergebnisse für die Qualität der Analgesie und für die Vollständigkeit der Blockade durch die PCB zeigen sich im Vergleich zur ursprünglichen Technik (3-in-1-Block) nach WINNIE ET AL. (1973). Die PCB zeigt hier deutlich bessere Werte für die gewünschten Effekte. Trotz höherer Komplikationsraten und erschwertem Zugang sollte daher stets der PCB der Vorrang gegeben werden (GANIDAĞLI ET AL. 2005).

Verschiedene Techniken können die Identifikation der Punktionsorte und der Lage des Plexus lumbalis unterstützen. Die am schnellsten und leichtesten durchzuführende Methode ist die Elektrostimulation (PANDIN ET AL. 2002). Sie wird während der Punktion durch die Katheterspitze angelegt. Durch die Herbeiführung von Kontraktionen des M. quadriceps soll die Lage der Katheterspitze verifiziert und kontrolliert werden. Diese Methode wird inzwischen routinemäßig bei fast allen PCB angewendet.

KIRCHMAIR ET AL. (2002) beschreiben die ultraschallkontrollierte Punktion des Plexus lumbalis. Diese wird jedoch durch anatomische Unregelmäßigkeiten, wie sie z. B. das Vorliegen skoliotisch veränderter Wirbelsäulen oder massive Luftüberlagerungen durch vorliegende Darmschlingen darstellen, beeinflusst und erschwert. Trotzdem kann dieses Verfahren die Komplikationsrate senken und somit Nierenfehlpunktionen verhindern (WIESSNER ET AL. 2004A). Anatomische Gegebenheiten des Retroperitonealraumes las-

sen sich so im Vorfeld bei der Evaluation für die Anästhesie und bei einer Punktion selber aufzeigen. Auch die Morphologie des M. psoas kann auf diese Weise hinsichtlich verschiedener äußerer Veränderungen (Deformationen, Abszesse) beurteilt werden (WIESSNER ET AL. 2004B). Für die Treffsicherheit der Katheterspitze spielt die ultraschallgestützte Punktion eine große Rolle. Das Erlangen vollständiger Blockaden kann hierdurch gesteigert werden (KAPRAL & MARHOFER 2002). Punktionen anderer Nerven (z.B. Plexus brachialis) werden bereits routinemäßig unter Ultraschallkontrolle durchgeführt (KAPRAL & MARHOFER 2002).

CHAYEN ET AL. (1976) verwenden für ihre Punktion die Loss-of-resistance-Methode. Dabei wird eine mit Luft gefüllte Spritze an der Punktionsnadel fixiert. Durch Einbringen der Nadel in den intermuskulären Raum zwischen M. psoas und M. iliacus entsteht ein Unterdruck, der die Luft aus der Spritze saugt. Hierbei wird der Zylinderkolben der Spritze zur Spitze bewegt. Mit Hilfe dieser Methode soll die Lage im intermuskulären Raum abgesichert werden.

Alle beschriebenen Methoden haben allerdings den Nachteil, dass keine Visualisierung des Plexus lumbalis erfolgen kann. Die Rate der Komplikationen lässt sich daher nur geringfügig verringern. Die korrekte Lage der Katheterspitze wird nur aufgrund der klinischen Kontrolle der Blockade angenommen, ist aber nicht gesichert.

Die Darstellung des Plexus lumbalis, des M. psoas sowie die Ausbreitung des Anästhetikums kann mit Hilfe der Computertomographie erfolgen (DIETEMANN ET AL. 1987, HANNA ET AL. 1993, IMAMURA ET AL. 1983). Dies erfordert jedoch eine zusätzliche Punktion. MANNION ET AL. (2005A) identifizieren in einer umfangreichen Studie, bei der an den Patienten eine PCB mit anschließender Untersuchung im Magnetresonanztomographen durchgeführt wird, die Lage der Nerven im M. psoas. Eine genaue Planung der Punktion und Korrektur der Nadelposition wird so ermöglicht. Zusätzlich kann die Lage der Katheterspitze bei kontinuierlicher PCB auch durch Röntgenaufnahmen verifiziert werden (DE BIASI ET AL. 2003). All diese Verfahren haben jedoch den entscheidenden Nachteil, dass der Patient einer Strahlenbelastung ausgesetzt wird und damit eine routinemäßige Durchführung nicht möglich ist.

1.2. Problemstellung

Zahlreiche Veröffentlichungen und Untersuchungen sind in den letzten Jahren zur Topographie des Plexus lumbalis und seiner möglichen anästhesistischen Verfahren publiziert worden. Trotzdem sind einige Fragen zur Psoasanatomie und den Nervenverläufen für die Punktion noch nicht ausreichend geklärt. Die zunehmende Anzahl alternativer Anästhesieverfahren des Plexus lumbalis (3-in-1-Block, PCB, kombinierte PCB und Ischiadicusblockade) verlangt die Aufklärung sämtlicher Aspekte und Besonderheiten des Plexus lumbalis in situ. Das Ziel hierbei ist es Heilungsverläufe durch gute und ausreichende Anästhesie zu beeinflussen und damit sowohl die Liegezeiten der Patienten zu verkürzen als auch die Rehabilitation zu begünstigen. Vergleichende Studien zu Punktionsverfahren liegen bereits vor und belegen die Überlegenheit der PCB gegenüber anderen Verfahren der selektiven Anästhesie des Plexus lumbalis (MANNION ET AL. 2005B, GANIDAĞLI ET AL. 2005). Die weiterentwickelten Verfahren, wie z.B. die Kombination von PCB und selektiver Ischiadicusblockade, zeigen gute Erfolge für die Anästhesie der gewünschten Innervationsgebiete des Plexus lumbalis (FARNY ET AL. 1994B). Die vollständige Analgesie in der Kniekehle kann dadurch sichergestellt werden.

Sämtliche Ansätze zur Verbesserung der PCB versprechen gute Erfolge für die gezielte Schmerzbehandlung und frühzeitige Mobilisation der Patienten nach dem Eingriff. Allerdings kommt es nach wie vor zu einer Vielzahl von Komplikationen, die die Indikationsstellung erschweren und die Anwendung beschränken (LITZ ET AL. 2005).

Der Plexus lumbalis ist durch seine anatomische Lage an der dorsalen Rumpfwand im Retrositus einer Anästhesie nur schwer zugänglich. Andere Nervenplexus, wie beispielsweise der Plexus brachialis, haben eine anatomisch günstigere Lage für den schnellen und sicheren Zugang bei einer Punktion. Die ständige Verbesserung und Erneuerung der Kenntnisse sämtlicher anatomischer Gegebenheiten und Besonderheiten sind daher unabdingbar (DI BENEDETTO ET AL. 2005). Im Rahmen einer präoperativen Evaluation sollten Fragen über bekannte Veränderungen an Wirbelsäule und Nieren stets ausreichend gestellt und dokumentiert werden, um bereits im Vorfeld einer PCB bekannte Risiken (wie z.B. Skoliosen, Adipositas, zystische Nierendegeneration, Nierentiefstand) auszuschließen.

1.2.1. Nervenverläufe

Der Verlauf der Nerven des Plexus lumbalis ist in vielen anatomischen Lehrbüchern beschrieben und für die verschiedenen Anteile mehrfach erforscht (PUTZ & PABST 2000B, SPRATT ET AL. 1996, TANYELI ET AL. 1997). Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf den Aufzweigungen und Verläufen im Beckenbereich sowie den Durchtrittsstellen durch die verschiedenen Foramina im knöchernen Becken. Komplikationen, die durch Kompression der Nerven hervorgerufen werden, finden in verschiedenen Studien Erwähnung (DIETEMANN ET AL. 1987, TANYELI ET AL. 1997). Diese können unterschiedliche Ursachen haben (wie z.B. Hämatome, Abszesse, Leistenhernien), aber auch im Rahmen einer PCB hervorgerufen werden.

Nicht geklärt ist, wie sich die Nerven (N. femoralis, N. cutaneus femoris lateralis, N. obturatorius) im und am M. psoas zueinander verhalten. Von Interesse ist vor allem, ob die Nerven einen regelmäßigen Verlauf im Muskel haben oder extramuskulär an ihm vorbeiziehen. Die in der Literatur von FARNY ET AL. (1994A) erwähnte Muskelloge, in der die Nerven (N. femoralis und N. cutaneus femoris lateralis) des Plexus getrennt von anderen Leitstrukturen (N. obturatorius) verlaufen, wird heute angezweifelt (VICENT ET AL. 2005).

Unsere Studie soll den Nervenverlauf gezielt im Hinblick auf mehrere Aspekte untersuchen. Vor allem auf Besonderheiten, die sich in der Nerventopographie ergeben, soll geachtet und ihre Bedeutung für die Gesamtanatomie des Retrositus eingeordnet werden. So lassen sich zunächst die Ein- und Austrittsstellen in die Muskeln aufsuchen und ihre Eintrittswinkel vermessen. Danach sollen die Verläufe der Nervenstrukturen aufgesucht und dokumentiert werden. Gemeinsamkeiten der Nerven eines Präparates und ihre anatomischen Beziehungen zueinander werden aufgezeigt. Ziel ist es, mit den neu gewonnenen Erkenntnissen bei der Aufklärung der Ursachen unvollständig angelegter PCBs zu helfen.

1.2.2. Muskelmorphologie

Wie der Verlauf der Nerven des Plexus lumbalis ist die Morphologie und Embryologie des M. psoas in der Literatur zahlreich beschrieben (HANSON ET AL. 1999, IMAMURA ET AL. 1983, JELEV ET AL. 2005, SPRATT ET AL. 1996). Es tauchen jedoch immer wieder

Fragen auf, wenn es um anatomische Variationen des Muskels geht. Die durch verschiedene Muskelausprägungen bedingten Beeinflussungen der Nerven und ihres Verlaufs wurden umfassend untersucht und es hat sich gezeigt, dass diese entscheidend auf die Plexusanatomie wirken (JELEV ET AL. 2005, SPRATT ET AL. 1996). Ein weiteres wichtiges Untersuchungsobjekt sind altersbedingte Veränderungen der Wirbelsäule, der BMI sowie Immobilität. Die Untersuchung dieser Zusammenhänge soll Aufschluss über die verschiedenen Einflüsse der Faktoren auf die Muskelmorphologie und die Verhältnisse im Retrositus geben.

Der M. psoas bildet mit dem M. iliacus den M. iliopsoas und ist für die Hüftbeugung verantwortlich. Prozesse, die sich am Muskel abspielen und ihn verändern, wie z.B. Hämatombildungen, Abszesse u.ä. beeinflussen sowohl seine Funktion als auch die der Nerven. Die Beeinträchtigungen des Muskels durch Komplikationen der PCB sind bekannt und beschrieben (BÜTTNER 2005, AVELINE & BONNET 2004). Vor allem ausgeprägte retroperitoneale Hämatome erschweren eine gute postoperative Schmerztherapie und Heilung.

1.2.3. Skoliose

Die altersbedingte ausgeprägte Skoliose der Lendenwirbelsäule ist keine Seltenheit und kann erheblichen Einfluss auf Muskeln und Nerven des Retroperitonealraumes haben. Durch Rotation der Wirbelkörper verändern sich nicht nur Statik und Funktion der Wirbelsäule, sondern auch Ursprung und Verlauf des M. psoas. Die veränderte Muskelmorphologie kann den Verlauf der Nerven entscheidend verlegen und damit eine Punktion erschweren. Außerdem kann die Fixierung des Muskels an den Wirbelkörpern durch die Rotation verändert sein und zur Lösung einzelner Muskelfasern führen. Deshalb muss im Vorfeld einer PCB gesondert auf derartige Veränderungen geachtet werden. Einige Studien zur Anatomie des Plexus lumbalis und der PCB nennen als ein zentrales Ausschlusskriterium anatomische Veränderungen der Wirbelsäule (KIRCHMAIR ET AL. 2002). Eine weiterführende Aufklärung des Einflusses auf die Plexustopographie im Retrositus ist allerdings bisher nicht erfolgt. Auch die Darstellung anatomischer Verhältnisse mittels bildgebender Verfahren kann erschwert sein (DE BIASI ET AL. 2003). Ebenso beeinflusst eine ausgeprägte Skoliose das Punktionsergebnis, wenn die Lage der Katheterspitze nicht exakt bestimmt werden kann oder durch die Veränderungen von

ihrer Position abweicht. Eine genaue Untersuchung der anatomischen Gegebenheiten in situ soll Aufklärung bringen, inwieweit sich die Muskeln in Form und Ausprägung und dadurch der Nervenverlauf bei Skoliose verändern. Der Einfluss dieser Veränderungen auf die PCB soll ebenfalls dargestellt werden.

1.3. Fragestellung

Aus der aufgezeigten Problemstellung ergibt sich die Aufgabe, auf Grundlage einer groß angelegten anatomischen Studie den Verlauf der Nerven zu konkretisieren und die Beziehungen untereinander aufzudecken. Beobachtet werden die drei Nerven des Plexus, die bei der PCB blockiert werden. Es handelt sich um den N. femoralis, den N. cutaneus femoris lateralis und den N. obturatorius. Der Einfluss höheren Alters in Zusammenhang mit Gewicht, Körpergröße und anatomischen Veränderungen der Wirbelsäule auf den Verlauf der Nerven soll gezeigt werden.

Untersucht wird der Verlauf der Nerven auf einer definierten Höhe, an der sie alle am Muskel identifizierbar sind. Das Auftreten der Nerven auf der Höhe der Wirbelkörperoberkante von L5 im und am M. psoas soll dokumentiert und verglichen werden. Diese Arbeit soll zeigen, ob der Verlauf der Nerven und die Muskelmorphologie im Alter starke Veränderungen aufweisen und so Einfluss auf Punktionsergebnisse nehmen können.

Ziel dieser Studie ist es, Aspekte der Plexusanatomie zu klären und Zusammenhänge zwischen den Nervenverläufen aufzuzeigen. Anatomische Varianten sollen dabei ebenso Beachtung finden wie Muskeln mit normaler Morphologie und unscheinbarem Nervenverlauf. Auf regelhafte Wiederholungen der Nervenverläufe soll geachtet werden, um eine Aussage über das Verhalten der Nerven im und am M. psoas machen zu können. Muskelkompartimente, die die Nerven durch Faszien von ihrer Umgebung abtrennen, sollen aufgesucht und ihre Lage im Muskel dokumentiert werden. Die Existenz eines Psoaskompartments ist in einer Studie von FARNY ET AL. (1994A) erwähnt. Seine Existenz ist allerdings bisher umstritten (VICENT ET AL. 2005) und soll im Rahmen dieser Studie geklärt werden.

Auf der Grundlage der Studie könnte es möglich sein, bekannte Punktionsstellen zu variieren, um Komplikationen zu vermeiden. Dafür müssen sich regelhafte Aussagen

über das Verhalten der Nerven auf einer definierten Höhe bei L5 machen lassen. Diese wären Ausgangspunkt für ein geregeltes Vorgehen bei einer Punktion. Variationen der Muskeln müssen sich ebenso in das Punktionsschema einordnen lassen wie individuelle Gegebenheiten. Bei einer Punktion könnten sich die Erkenntnisse zur Korrektur der Nadelposition verwenden lassen. Die besonders erschwerten Umstände der PCB bei Patienten mit Skoliose sollen mit neuen Erkenntnissen der Anatomie des Plexus lumbalis erleichtert werden.

2. Material und Methoden

2.1. Material

Sämtliche Präparate der Studie stammen aus dem Präpariergut des Anatomischen Instituts der Ludwig-Maximilians-Universität München. Zur Verfügung stehen 95 Leichen, die im Rahmen des anatomischen Präparierkurses von Studenten vorpräpariert sind. Die Auswahl der Leichname erfolgt nach dem Zufallsprinzip, so dass im Vorfeld kein Einfluss auf Zustand und Qualität der Muskeln genommen wird. Der Retroperitonealraum ist eröffnet und alle Organe des Abdomens sind entfernt. Auch die Nieren sind von den Studenten bereits entnommen. Ein schneller Zugang zu den Muskeln ist somit möglich und wird nicht durch weitere Präpariertechniken erschwert.

Bekannte Daten zu den Personen sind Alter, Gewicht und Größe zum Todeszeitpunkt. Auch das Geschlecht ist bekannt und kann in der Auswertung berücksichtigt werden. Das durchschnittlich erreichte Lebensalter liegt bei 80,5 Jahren (50 – 96 a). Die Konservierung der Leichname ist unmittelbar nach dem Tod mit 4%igem Formalin erfolgt. Zur anschließenden Fixierung wurde eine standardisierte Lösung verwendet. Zum Zeitpunkt der Entnahme der Muskeln beträgt die Liegezeit der Leichen im Anatomischen Institut zwischen 0,5 und 2 Jahren.

Insgesamt handelt es sich um 45 weibliche und 50 männliche Leichen mit unterschiedlichem Ernährungszustand (durchschnittlich 58,5 kg). Die Durchschnittsgröße beträgt 165,2 cm. Bei den weiblichen Leichnamen kann zu einer Person keine Angabe zur Größe gemacht werden, so dass sich die errechnete Durchschnittsgröße in der Studie auf n= 44 bezieht (Tabelle 1).

Nach Vorpräparation durch die Studenten können 190 Mm. psoas majores im Bauchraum in situ begutachtet, Besonderheiten erfasst und für die weitere Untersuchung entnommen werden.

Tabelle 1: Biometrische Daten der Präparate

	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]
Gesamtdurchschnitt (n= 95)	80,5	165,2	58,5
Spannweite	50 – 96	144,0 – 183,0	29,0 – 95,0
Durchschnitt weiblicher Präparate	82,6	157,0	55,1
Durchschnitt männlicher Präparate	78,7	170,3	61,5

Vor der Entnahme erfolgt die Markierung der für die Fragestellung dieser Arbeit relevanten Strukturen des Retroperitonealraumes. Für die Studie werden die oberen Anteile des Plexus lumbosacralis identifiziert. Es handelt sich um die Nerven N. femoralis, N. obturatorius und N. cutaneus femoris lateralis, die sich aus den Fasern der Segmente L1-L4 zusammensetzen (LIPPERT 2000B, Abbildung 6).

Um die dorsale Oberfläche der Muskeln vollständig zu erhalten, müssen die Präparate möglichst ursprungsnah an den lateralen Seitenflächen der Wirbelkörper, der Bandscheiben und z.T. an den Procc. costales abgesetzt werden. Es wird darauf geachtet, dass das Nervengeflecht des Plexus lumbalis bei der Präparation nicht beschädigt wird.

Sämtliche Muskeln lassen sich in die verschiedenen Auswertungen einbeziehen und werden entsprechend ihrem Zustand (z.B. durch Skoliose beeinträchtigte Präparate) und in Bezug zur Konstitution (Ernährungszustand) des Situs bewertet. So können 14 Muskeln in die Studie eingebracht werden, die von Präparaten stammen, bei denen eine Skoliose vorliegt. Diese beeinträchtigt die Ausprägung der Muskeloberflächen in situ. Je nach Art der Skoliose (links- oder rechtskonvex) sind die Muskeln in ihrer Form verändert und dementsprechend auch die topographische Beziehung der Nervenstrukturen zum M. psoas sowie zu anderen Nerven des Plexus lumbalis.

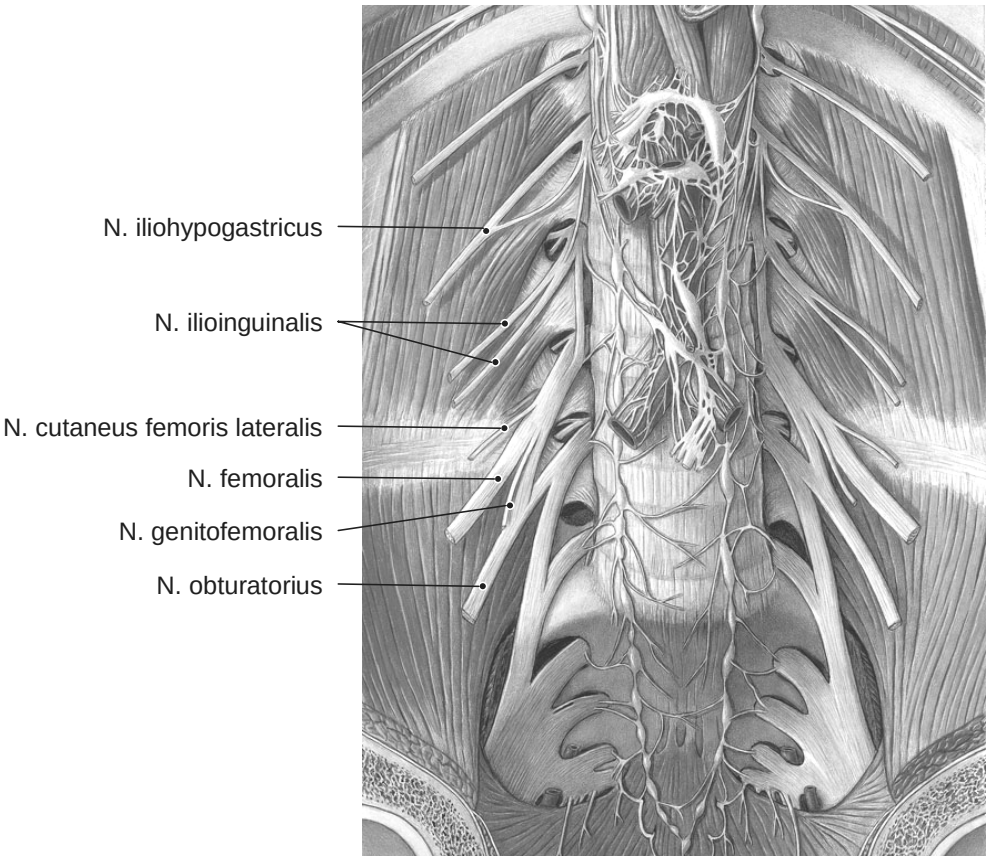


Abbildung 6: Darstellung des Plexus lumbalis mit seinen Nerven (nach PUTZ & PABST 2000b, S. 212)

2.2. Methoden

2.2.1. Entnahme der Präparate

Im Präparierkurs wird der Bauchraum von ventral eröffnet und durch Entnahme der intraperitonealen Organe eine Zugangsmöglichkeit zum Retroperitonealraum geschaffen. Die Nieren sind bereits aus ihrem Lager mobilisiert. Auch das retroperitoneale Fettgewebe ist aus dem Situs entfernt. Es bietet sich zur Entnahme ein freier Blick auf Wirbelsäule, Mm. psoas und die großen Gefäße (Aorta abdominalis, V. cava) an der dorsalen Rumpfwand (Abbildung 7).

Für die Studie werden zunächst alle Strukturen und topographischen Gegebenheiten des Retroperitonealraumes identifiziert sowie die Wirbelkörperhöhen der Lendenwirbelsäule bestimmt. Dazu werden die Aorta abdominalis und die V. cava inferior von der ventralen Oberfläche der Wirbelsäule gelöst, um Bandscheiben und Wirbelkörper sau-

ber voneinander zu unterscheiden. Die Oberkanten der Wirbelkörper von L2 – L5 und des ersten Sakralwirbels S1 (Promontorium) lassen sich anschließend mit Punktionsnadeln in situ markieren. Markierungen am Muskel werden mit nicht-resorbierbarem Nahtmaterial angebracht. Zunächst werden die Oberkanten der Wirbelkörper auf die Muskeln übertragen.

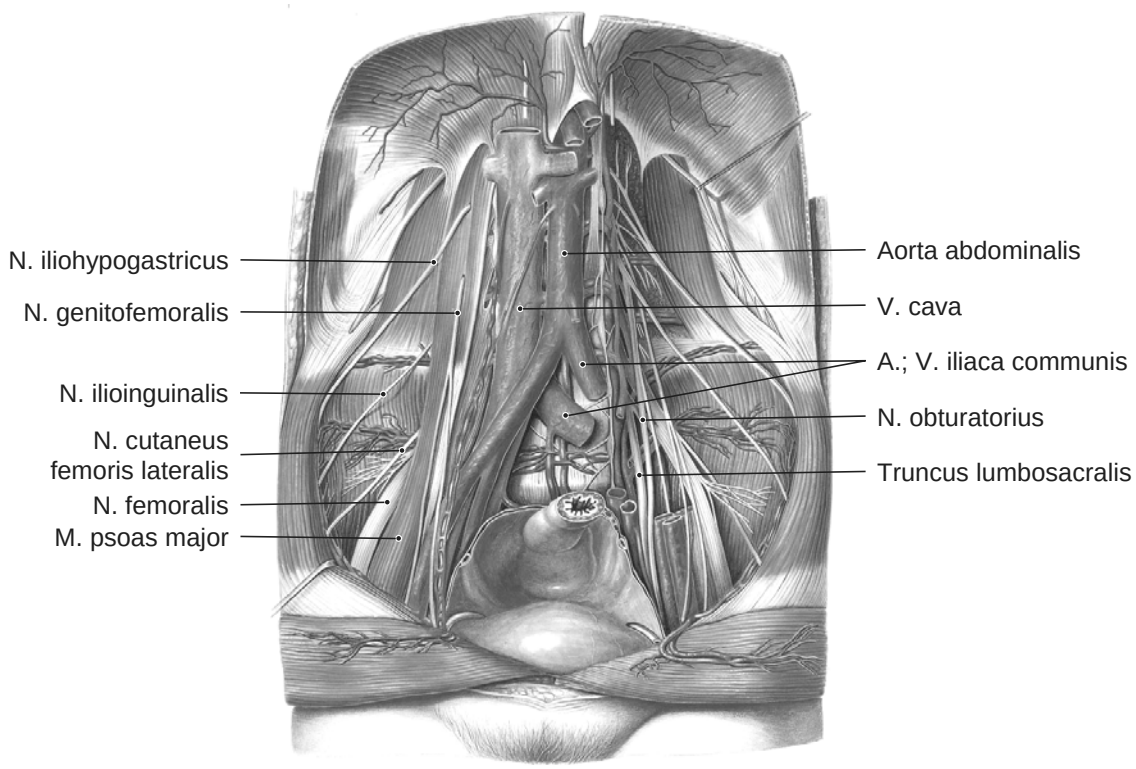


Abbildung 7: Topographischer Überblick über die Strukturen des Retroperitonealraumes (nach PUTZ & PABST 2000b, S. 213)

Am kaudalen Ende des Muskels wird als erste Markierung die Oberkante des Promontoriums und kranial die Oberkante des Wirbelkörpers L3 angebracht (Abbildung 8).

Die relevanten Nervenstrukturen des Plexus lumbalis, vor allem der N. femoralis, der N. obturatorius und der N. cutaneus femoris lateralis werden für die Entnahme mit Nahtmaterial umschlungen und so für die weitere Auswertung markiert. Auf Besonderheiten im Nervenverlauf muss bereits in situ geachtet werden, damit diese bereits bei der Entnahme berücksichtigt werden können.

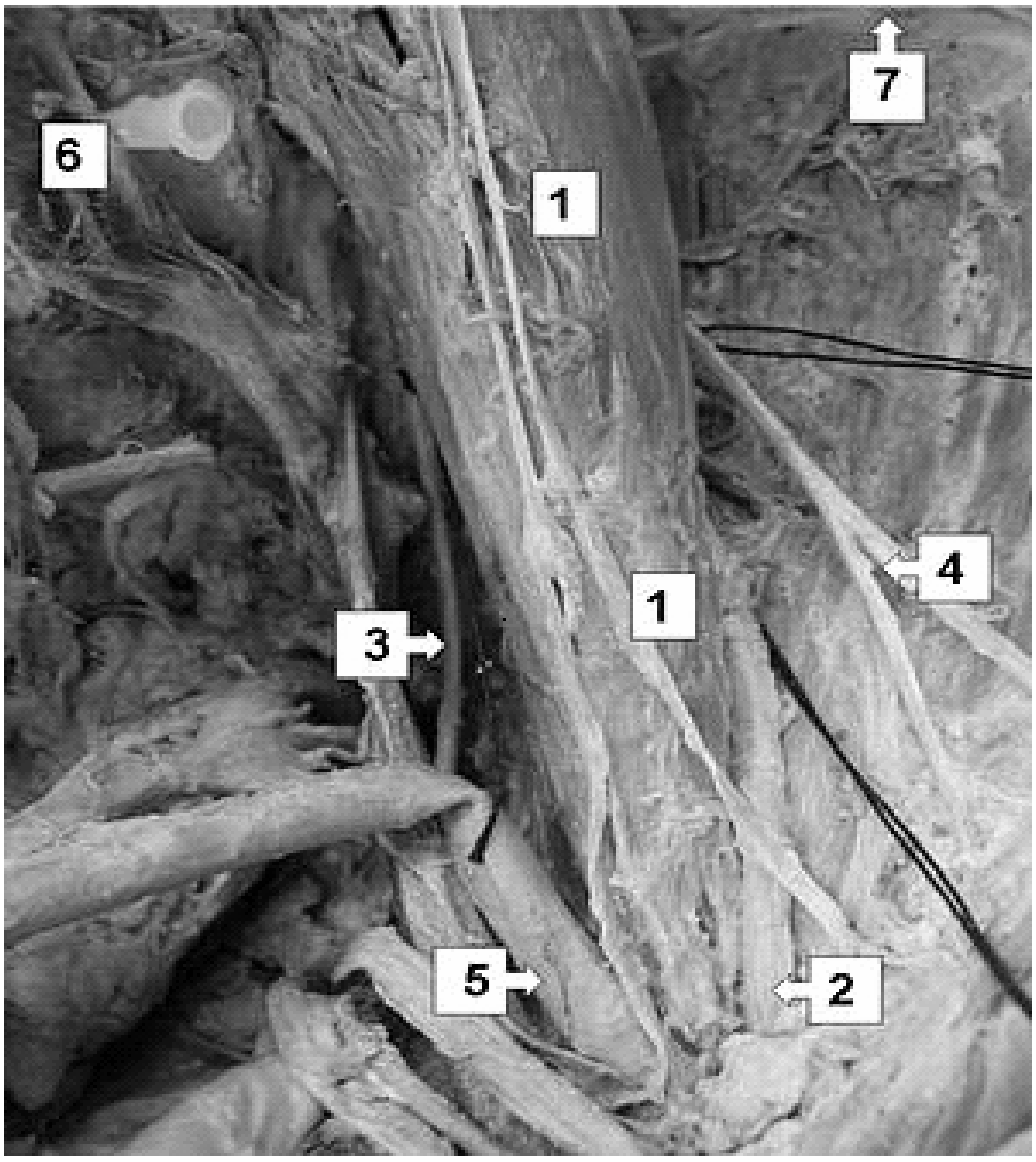


Abbildung 8: Darstellung des M. psoas major [1], des N. femoralis [2], des N. obturatorius[3] und des N. cutaneus femoris lateralis[4] sowie der A. femoralis [5], der Wirbelsäule [6] und des Beckenkamms [7] nach Markierung in situ (LITZ ET AL. 2005)

Um die topographische Situation des Situs besser zu überschauen, werden beidseits die Spinae iliacae posteriores superiores (SIPS) und die interkristale Linie am Präparat identifiziert. Die Markierung ihrer Lage in situ erfolgt mit Hilfe von Punktionsnadeln. Dies scheint sinnvoll, um die Position der Mm. psoas in situ beurteilen und den Verlauf der Nerven im Retroperitonealraum besser einsehen zu können (Abbildung 9).

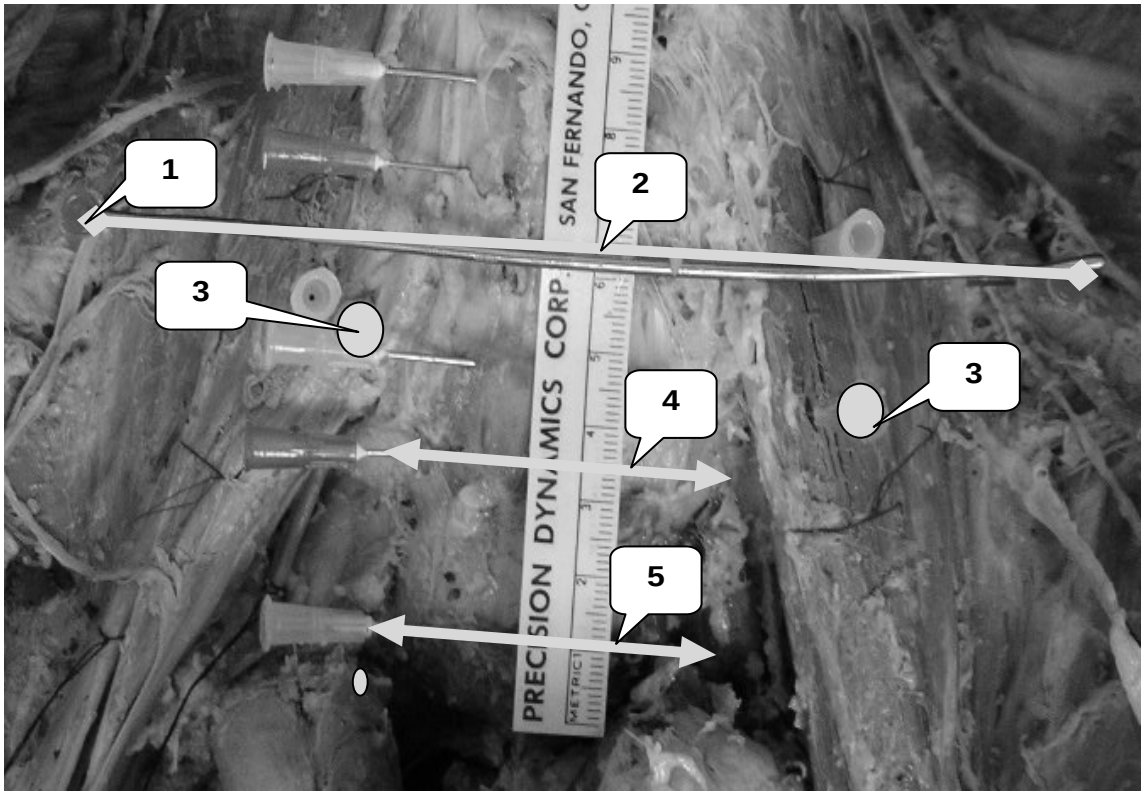


Abbildung 9: Markierung der Strukturen im Retroperitonealraum: Crista iliaca [1], interkristale Linie [2], SIPS [3], Wirbelkörperoberkante L5 [4], Wirbelkörperunterkante L5 [5]

Die Mm. psoas werden zu ihrer Entnahme zunächst so weit kaudal wie möglich im kleinen Becken durchtrennt. Anschließend lassen sich die Muskeln durch stumpfes Unterminieren von der dorsalen Rumpfwand lösen. Schließlich können sie mit dem Skalpell möglichst ursprungsnah von den Wirbelkörperseitenflächen und den Wirbelfortsätzen (Procc. costales) abgesetzt werden. Zuletzt werden die Nervenstrukturen kaudal des Muskels gelöst, wobei der Muskel selbst in Höhe des Wirbelkörpers L2 abpräpariert wird. Hierbei wird darauf geachtet, auch tiefe Anteile der Mm. psoas zu erhalten und die Muskeln mit unversehrter dorsaler Oberfläche entnehmen zu können.

Anschließend werden die Muskeln paarig in 4%iger Formaldehydlösung bis zur weiteren Vermessung verwahrt.

2.2.2. Auswertung der Präparate

2.2.2.1. Vermessung der Muskeloberflächen

Um die Oberflächen der Mm. psoas erfassen zu können, müssen diese zunächst aus der fixierenden Formaldehydlösung genommen werden. Anschließend bringt man die Muskeln auf eine ebene Unterlage. Alle Distanzen am Muskel lassen sich mit einer Schublehre vermessen.

Die Ausdehnung des Muskelbauches von der ventrolateralen Wirbelkörperoberfläche zur dorsalen Rumpfwand wird im Rahmen dieser Arbeit als „Muskeldicke“ definiert. Die Breite des Muskels entspricht seiner Muskelfläche von der medialen Seite (Wirbelkörper) zur lateralen Seite (laterale Rumpfwand). Breite und Dicke der Muskeln werden immer auf Höhe der Oberkante des Wirbelkörpers L5 gemessen (Abbildung 10).

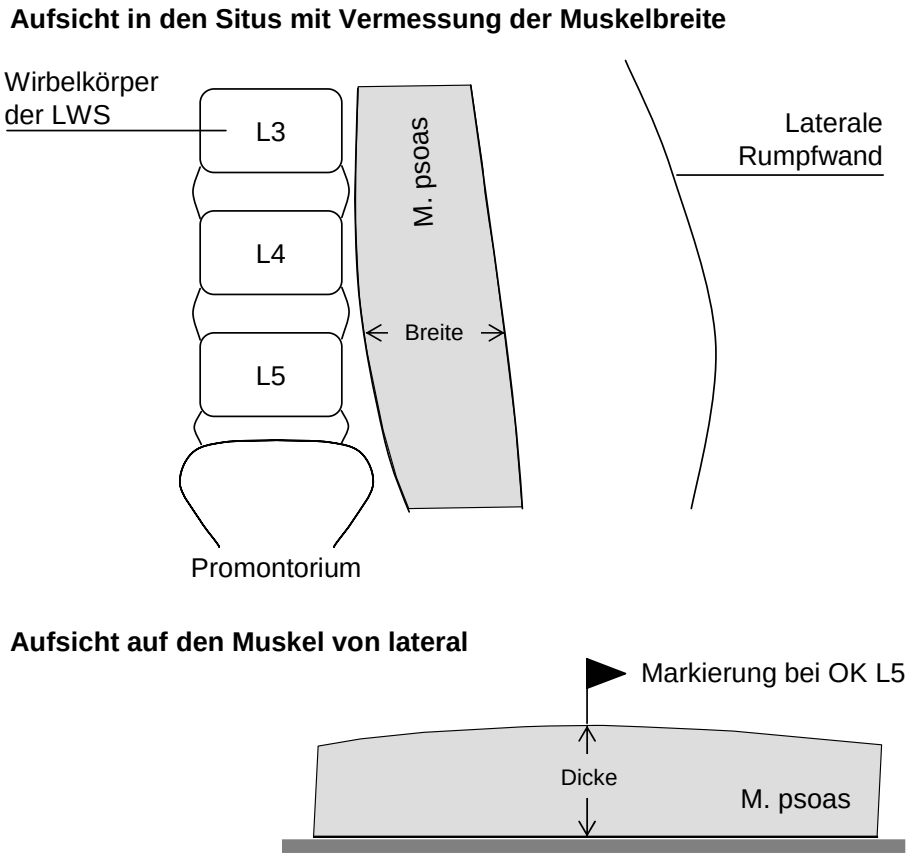


Abbildung 10: Vermessung der Muskelparameter Breite und Dicke

Die Längen der Muskeln werden ebenfalls bestimmt, sie sind für die Studie allerdings nicht relevant. Da die Muskeln auf unterschiedlichen Höhen zwischen Wirbelkörper L2/L3 abgesetzt sind, wäre ihre Erfassung zu ungenau.

2.2.2.2. Bestimmung und Vermessung der Nervenverläufe

Entscheidend für die Studie ist der intramuskuläre Verlauf der Nn. femorales, cutanei femoris laterales und obturatorii sowie deren topographische Beziehungen zueinander. Um ihr Verhalten am und im Muskel zu untersuchen, wird zuvor die Unterscheidung in intra- und extramuskulären Nervenverlauf vorgenommen. Bereits vor der Entnahme aus dem Situs lassen sich die Nerven einzeln betrachten und werden markiert. Die Markierung erfolgt, um die spätere Identifizierung am Muskelpräparat zu erleichtern und Verwechslungen auszuschließen (Abbildung 11).

Nach Entnahme werden die Nervenverläufe zunächst getrennt voneinander untersucht und dokumentiert. Besonderheiten und Beziehungen zu den anderen relevanten Strukturen lassen sich aufzeigen und später in Beziehung zu den zuvor bestimmten Wirbelkörperhöhen setzen. Als Hilfsmittel zur Vermessung dienen eine Schublehre, ein Maßband sowie ein Winkelmesser. Erfasst werden intramuskuläre Parameter, wie Eintritts- und Austrittshöhe der Nerven, die intramuskuläre Verlaufsstrecke und der Eintrittswinkel. Außerdem gilt es, mehrteilige Nerven zu entdecken und die unterschiedlichen Verläufe der Anteile festzuhalten.

Bei extramuskulären Verläufen lässt sich der Nerv am Muskel aufsuchen und seine Beziehung zu anderen Strukturen im Retroperitonealraum (V. lumbalis, Wirbelkörper und –fortsätze) darstellen.

Für die weitere Auswertung werden ebenso die Nervenfaserdicken vermessen. Dabei kommt dasselbe Instrument (Schublehre) zum Einsatz wie für die Untersuchung der Muskeloberflächen. Die Bestimmung der Werte erfolgt jedoch auf verschiedenen Wirbelkörperhöhen.

Abbildung 11: Markierung der Nerven am Muskelpräparat in situ

N. cutaneus femoris lateralis

Für die Auswertung des N. cutaneus femoris lateralis stehen 140 Muskelpräparate zur Verfügung. An den restlichen Präparaten ist der Nerv nicht aufzufinden.

Beschrieben werden intra- und extramuskuläre Verläufe der identifizierten Nn. cutanei femoris laterales. Es wird gesondert auf die intramuskulär verlaufenden Nerven geachtet, da diese im Muskel aufgesucht und ihre Beziehung zu anderen Nervenstrukturen dokumentiert werden sollen. Wichtig ist es, die Entstehung von einzelnen Muskelkom-

partimenten innerhalb des M. psoas aufzuzeigen, welche die Nerven des Plexus lumbalis beinhalten und sie von der Umgebung abgrenzen. Fraglich ist, ob solche Muskellogen die Kommunikation der Nerven im Muskel erschweren und eine Anästhesie nur unvollständig oder gar nicht ermöglichen. Es soll auf intramuskuläres Bindegewebe und Muskelfaszien geachtet werden, die den Muskel in einzelne Kompartimente unterteilen und die Nerven in ihrem Verlauf beeinflussen. Dies scheint aufgrund der Studie von FARNY ET AL. (1994A) vor allem für den Verlauf des N. cutaneus femoris lateralis und des N. femoralis wichtig zu sein.

Zuerst wird die Höhe der Austrittsstelle des N. cutaneus femoris lateralis an der lateralen Muskelseite identifiziert. Dies erfolgt anhand der Markierungen der Wirbelkörperhöhen am Muskel und der vorhandenen Nervenwurzelgeflechte an der dorsalen Muskelseite. Anschließend wird der Nerv stumpf mit einer anatomischen Pinzette in seinem intramuskulären Verlauf bis zur Eintrittsstelle an der dorsalen Muskelseite verfolgt. Mit einem Maßband wird die Länge der intramuskulären Verlaufsstrecke bestimmt. Danach sucht man die Eintrittsstelle des Nerven in den Muskel auf und dokumentiert deren Höhe.

Auf diese Weise lassen sich auch mehrteilige Nervenstränge berücksichtigen. Einzelne Anteile der Nerven werden getrennt voneinander vermessen. Zuletzt wird der Eintrittswinkel der Nerven in den Muskel an der dorsalen Muskelseite ermittelt. Hier dient die Auflagefläche des Muskels auf der Präparierunterlage als Bezugsebene für die Bestimmung des Verlaufswinkels α des Nervs (Abbildung 12).

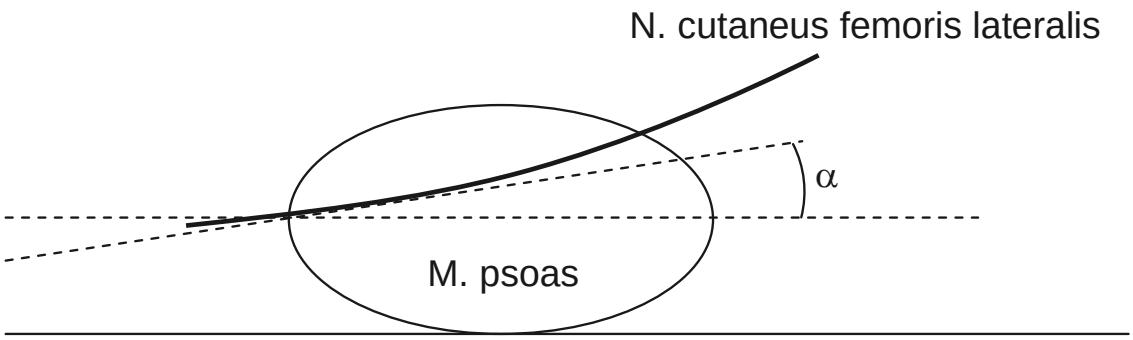


Abbildung 12: Eintrittswinkelbestimmung des N. cutaneus femoris lateralis in den M psoas

N. femoralis

Für die Auswertung des Nervenverlaufs des N. femoralis wird die Methodik der Untersuchung übernommen. Ebenso lassen sich die Nervenverläufe in intra- und extramuskuläre Anteile einteilen. Zu bestimmen sind die gleichen Parameter des Nervenverlaufs (Eintrittshöhe, Austrittshöhe, Eintrittswinkel, intramuskuläre Verlaufsstrecke, Anteile des Nervs) wie zuvor beim N. cutaneus femoris lateralis. Die Beziehung der beiden Nerven im intramuskulären Verlauf soll dokumentiert werden. Ziel ist es, gemeinsame Verläufe und kommunizierende Muskelschichten darzustellen und die Austrittsstellen am Muskel zu vergleichen. Dies soll Aufschluss über das Verhalten der Nerven zueinander geben und damit einhergehende Probleme bei der intramuskulären Anästhesie aufklären.

Nach Bestimmung aller intramuskulären Parameter, wie Eintritts- und Austrittshöhe, intramuskuläre Verlaufsstrecke, Eintrittswinkel und Nervenanteile, werden die extramuskulär gelegenen Anteile ausgewertet. Hierfür wird ihr Verlauf von der Höhe der Entstehung des Nervs aus den verschiedenen Wurzelanteilen bis zur Wiedervereinigung mit weiteren Anteilen des Nervs verfolgt.

Bei komplett intramuskulärem Verlauf soll gesondert auf intramuskuläre Nervenaufzweigungen geachtet und die Anteile einzeln in ihrem Verlauf beurteilt werden.

N. obturatorius

Beim N. obturatorius lässt sich der Verlauf entlang des Muskels dokumentieren. Er zieht regelhaft an der dorsomedialen Muskelseite extramuskulär nach kaudal. Dabei wird seine Eintrittshöhe in den Situs nach Vereinigung aller anteiligen Nervenfasern erfasst. Außerdem sollen gemeinsame Verlaufsstrecken mit dem N. femoralis im retroperitoneal gelegenen Fettgewebe aufgezeigt und weitere Besonderheiten in seinem Verlauf aufgezeigt werden. Die bereits aufgeführten Techniken zur Bestimmung der Nervenverläufe lassen sich ausnahmslos übernehmen und auf den N. obturatorius anwenden.

2.2.2.3. Auswertung der Skoliosepräparate

Im Rahmen der Studie wird an sieben Leichnamen eine Skoliose festgestellt, die so stark ausgeprägt ist, dass sie sowohl die Muskeloberflächen als auch die Nervenverläufe beeinträchtigt. Zur gesonderten Auswertung dieser Muskelpräparate lassen sich die beschriebenen Techniken übernehmen und unter Beachtung der Veränderungen an den einzelnen Muskeln anwenden. Hierbei steht im Vordergrund, die abweichende Muskelmorphologie zu erfassen und die damit einhergehenden Veränderungen im Nervenverlauf zu dokumentieren. Die erfassten Werte werden sowohl einzeln als auch im Gesamtkontext bewertet.

2.2.2.4. Darstellung der Nervenverläufe im MRT

Um die Nerven intramuskulär darzustellen, ohne die Muskeln dabei zu beschädigen, werden einige Präparate vor der makroskopischen Auswertung im MRT untersucht. Zur Vermessung verwendet man eine Handspule, um die Muskeln in verschiedenen Sequenzen (T1- und T2-gewichtet) nativ betrachten zu können. Jeder Muskel wird einzeln in die Messposition eingebracht und erfasst. Es ist zunächst eine geeignete Sequenz zu suchen, die zu einem ausreichenden Kontrast zwischen Muskel- und Nervengewebe führt. Sämtliche Sequenzen in T1- und T2-Wichtung lassen sich dabei am Präparat vermessen.

Da es sich um bereits konserviertes, nicht vitales Gewebe handelt, können keine Hilfssubstanzen Verwendung finden, da sich das Kontrastmittel nach der Injektion nicht entlang der Nervenstrukturen verteilen würde.

Es wird jedoch versucht, zumindest den N. femoralis durch lokale Markierung mit einer Nitroglycerinkapsel im MRT darzustellen. Diese werden in der Regel für die Therapie herzbedingter Beschwerden verwendet. Sie scheinen zur Markierung der Struktur geeignet, da sie sich aufgrund ihrer flüssigen Phase in der Kapsel darstellen lässt. Für die Markierung muss der Nerv intramuskulär aufgesucht und die Kapsel auf dem Nerv positioniert werden. Anschließend wird der Nerv wieder vollständig mit Muskelgewebe bedeckt. Die Messspule lässt sich um den Muskel anbringen. Es erfolgt die Vermessung mit unterschiedlichen Sequenzen.

Da die Erhebung der Ergebnisse jedoch an nicht vorpräparierten Muskeln vorgenommen werden soll, endet dieser Versuch der Darstellung. Die Muskeln müssten für eine ausführliche Darstellung zu sehr präpariert werden, um die Nerven darstellen zu können. Dies würde eine weitere makroskopische Auswertung zu sehr beeinflussen und deren Ergebnisse verfälschen.

3. Ergebnisse

3.1. Muskeloberflächen und ihre Beziehungen zu biometrischen Daten der Präparate

3.1.1. Muskeloberflächen

In die Auswertung der Muskeloberflächen lassen sich 189 der 190 Muskeln einbeziehen. Ein Muskel muss ausscheiden, da sich die bei der Präparation angebrachten Höhenmarkierungen gelöst haben.

Bei der Vermessung der Muskeloberflächen je eines Leichnams ergeben sich keine stark differierenden Seitenunterschiede der Muskeln (Tabelle 2).

Tabelle 2: Vermessung der Muskeloberflächen

	Breite der Muskeln [cm]	**Dicke der Muskeln [cm]**
Gesamtdurchschnitt	3,86	2,3
Durchschnitt der Mm. psoas links	3,9	2,3
Durchschnitt der Mm. psoas rechts	3,8	2,4

Alle Muskeln variieren in ihrer Breite im Situs von 2,0 cm bis 5,7 cm. Die Ausprägung der Muskeln von Wirbelkörper zu dorsaler Rumpfwand (Dicke) zeigt Werte zwischen 0,9 cm und 3,6 cm (beispielhafte Darstellung der Muskeloberflächen in Abbildung 13).

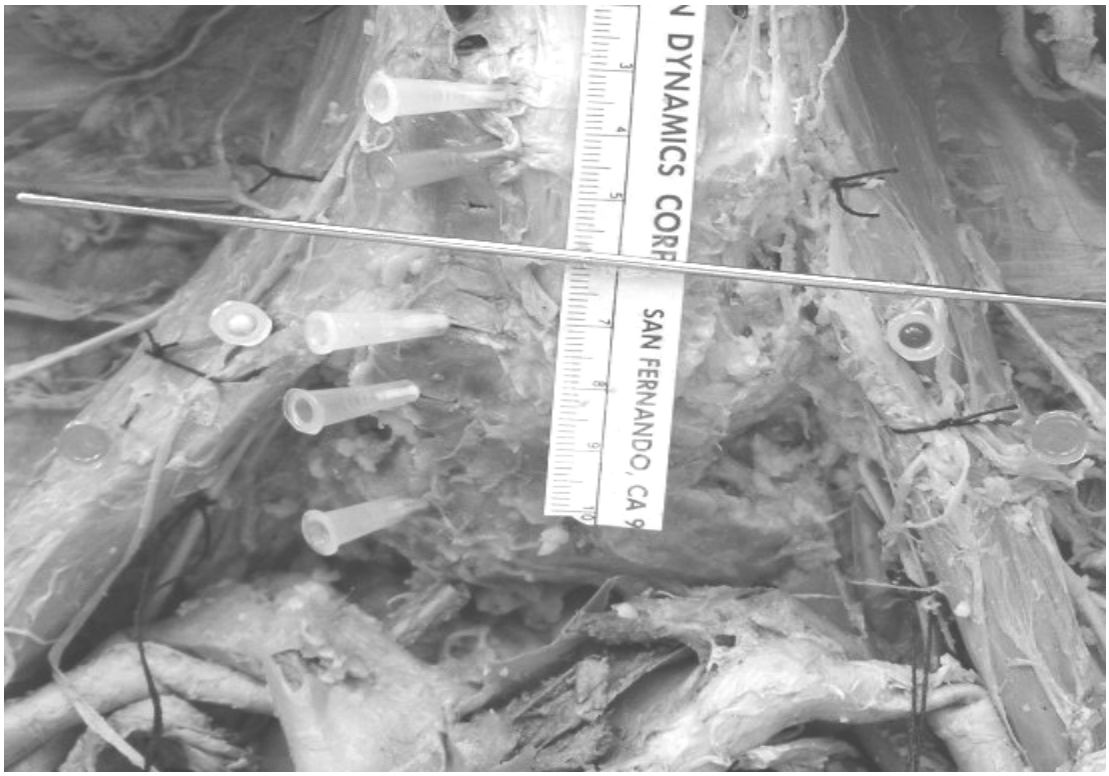


Abbildung 13: Darstellung der anatomischen Verhältnisse im Retroperitonealraum mit den Mm. psoas eines weiblichen Leichnams

Unterschiede in Breite und Dicke der Präparate ergeben sich bei der Differenzierung der Stichprobe in männliche und weibliche Präparate. Die Spannweite der Breite weiblicher Präparate reicht von 2,0 cm bis 4,8 cm. Bei Betrachtung der Muskeldicken können Merkmalsausprägungen zwischen 0,9 cm und 2,8 cm festgestellt werden. Männliche Präparate weisen Muskelbreiten zwischen 2,9 cm bis 5,7 cm auf. Für die Dicke treten Werte von 1,4 cm bis 3,6 cm auf. Das Maximum für die Dicke und Breite ist bei männlichen Präparaten zu beobachten, das Minimum wird an weiblichen Präparaten vermessen. Die aus der Stichprobe bestimmten Mittelwerte von Muskelbreite und -dicke sind in Abbildung 14 dargestellt.

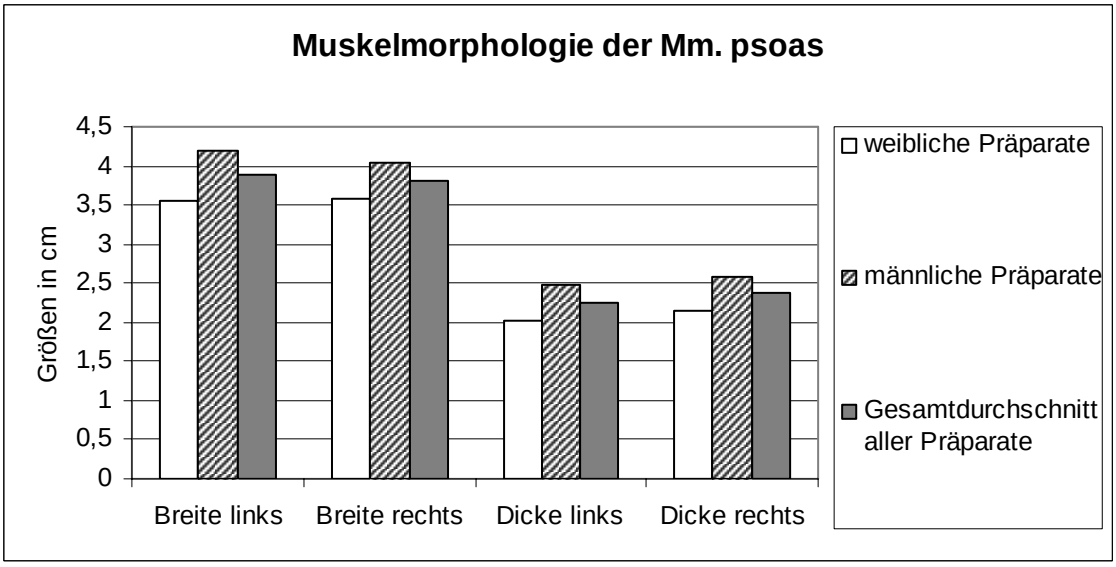


Abbildung 14: Unterschiede in der Muskelmorphologie männlicher und weiblicher Präparate

3.1.2. Einfluss des Bodymassindex (BMI) auf die Ausprägung der Muskeloberflächen

Da sich bei der Auswertung der Präparate so unterschiedliche Werte für die Ausdehnung der Muskeln im Situs zeigen, stellt sich die Frage, ob ein direkter Zusammenhang zwischen dem Gewicht und der Größe der Personen (BMI = Körpergewicht in kg/Körpergröße in cm²) zu den Muskeln besteht.

Der errechnete Bodymassindex ergibt Werte zwischen 10,9 kg/ cm² und 32 kg/ cm². Im Mittel liegt der errechnete BMI bei 21,1 kg/ cm², wobei die Mittelwerte der weiblichen und männlichen Präparate ähnlich sind (männlicher Durchschnitts-BMI 21,2 kg/ cm², weiblicher Durchschnitts -BMI 20,9 kg/ cm²).

Der kleinste BMI-Wert in der Studie korreliert jedoch nicht mit dem kleinsten Wert der Breite oder Dicke der Muskeln. Auch der größte BMI zeigt keine Beziehung zu den Maßen der Muskeln. Sowohl für hohe als auch für niedrige BMI-Maße können ähnliche Breiten- und Längenmaße der Muskeln gemessen werden. Unter der Annahme, dass auf der untersuchten Höhe bei Oberkante L5 der Muskelquerschnitt einen annähernd elliptischen Querschnitt besitzt, wird die Fläche der Muskeln berechnet ($A = \pi/4 \cdot Breite \cdot Dicke$). Aus Abbildung 15 und Abbildung 16 ist ersichtlich, dass kein einfacher funktionaler Zusammenhang zwischen den Flächen und dem BMI besteht.

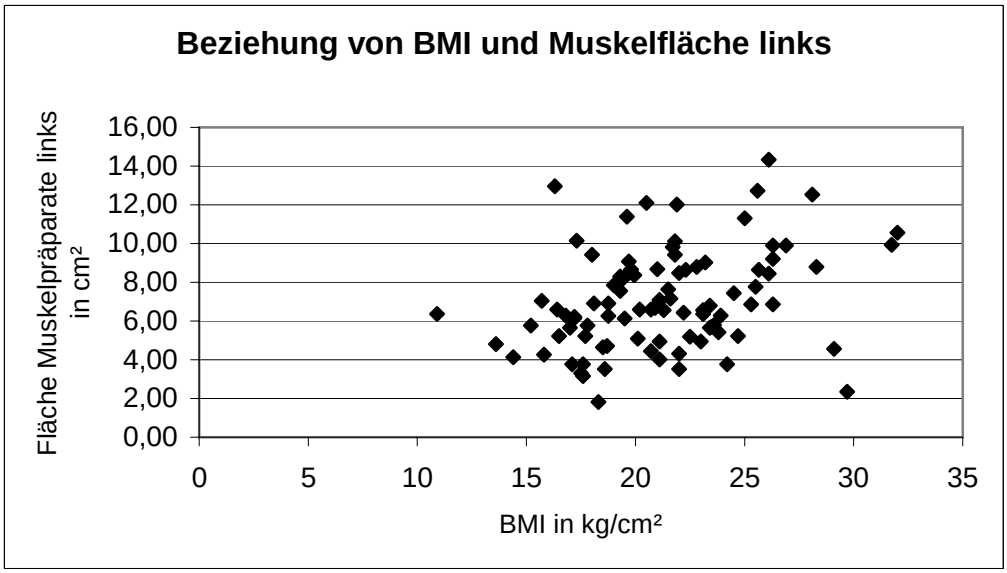


Abbildung 15: Beziehung der Muskelflächen links zum BMI der Personen

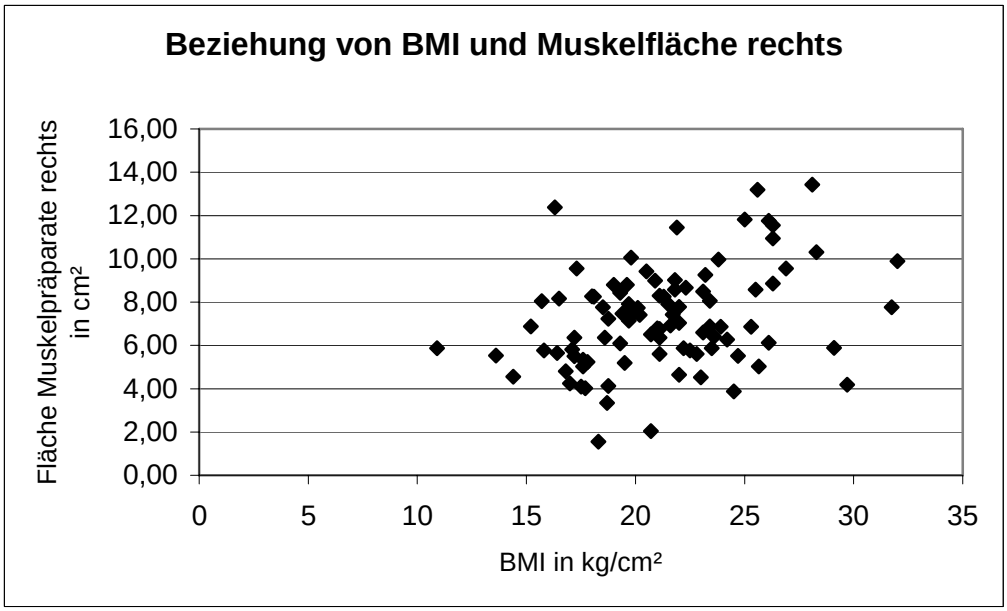


Abbildung 16: Beziehung der Muskelflächen rechts zum BMI der Personen

Bei einem Leichnam der Studie kann ein ausgeprägtes Aortenaneurysma im Bereich der Abgänge der Iliakalgefäße festgestellt werden. Dieses komprimiert den Muskel sehr stark und erschwert somit die Entnahme. Bei der Untersuchung ergeben sich jedoch keine auffälligen Abweichungen von den Ergebnissen der anderen Präparate.

3.1.3. Einfluss des Alters auf die Ausprägung der Muskeloberflächen

Vorhandene biometrische Daten der Leichname lassen sich in Zusammenhang mit den im Rahmen der Studie erhobenen Werten für die Muskeloberflächen bringen. Es soll untersucht werden, inwieweit das Alter der Leichname Einfluss auf die Ausprägung der Muskeln hat. Die Überlegung wäre, ob jüngere Personen über eine stärker ausgeprägte Muskulatur an der dorsalen Rumpfwand verfügen als ältere immobile Personen. Da der Grad der Mobilität der einzelnen Personen vor ihrem Tod nicht bekannt ist, wird versucht, das individuelle Alter zum Todeszeitpunkt mit den Muskeloberflächen in direkten Zusammenhang zu bringen. Verglichen werden die einzelnen Präparate untereinander. Dafür kann man die jeweils bekannten Daten der Leichname (Alter zum Todeszeitpunkt) mit den ermittelten Werten für die Muskeloberflächen (A= π/4·Breite·Dicke). gemeinsam betrachten (Abbildung 17 und Abbildung 18).

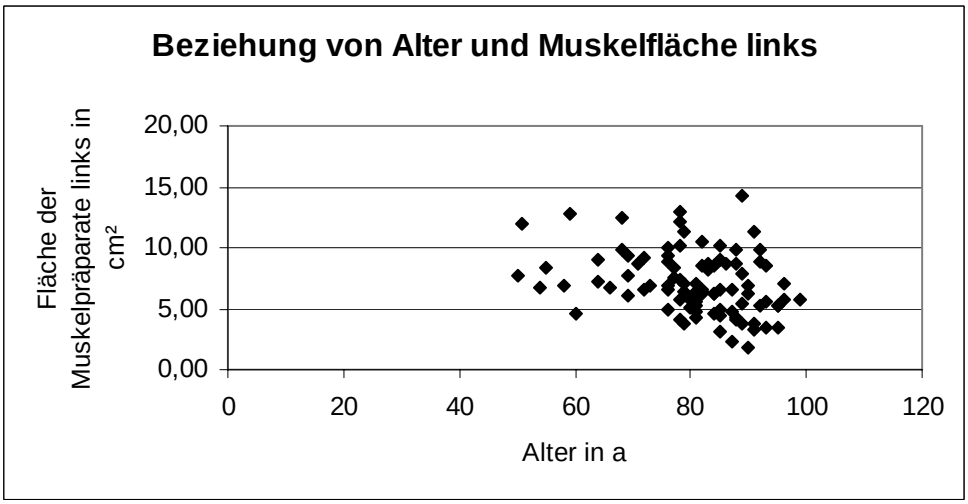


Abbildung 17: Beziehung der Muskelflächen links zum Alter der Personen

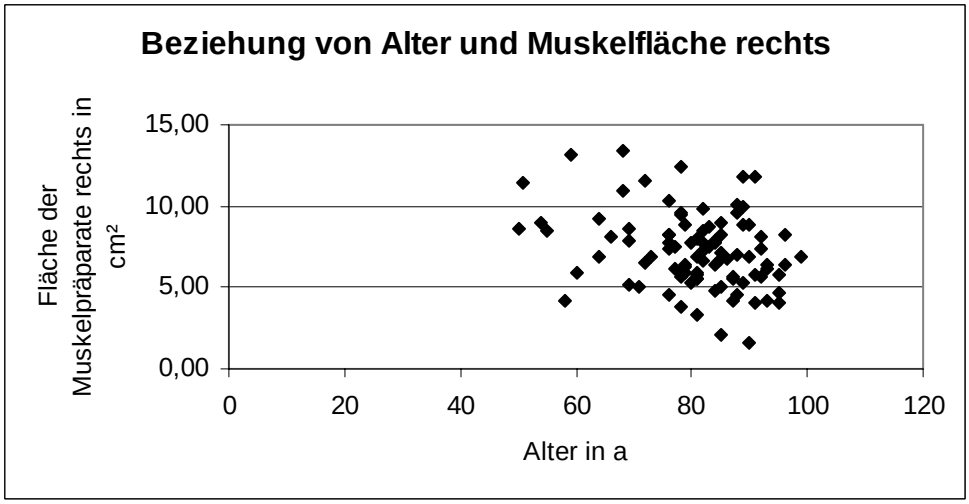


Abbildung 18: Beziehung der Muskelflächen rechts zum Alter der Personen

Im Vergleich ergeben sich jedoch keine direkten Zusammenhänge, die darauf schließen lassen, dass ein älterer Mensch geringer ausgeprägte Mm. psoas besitzt als ein jüngerer. Die Werteverteilung ist so individuell, dass sich für diese Studie keine direkte Beziehung herstellen lässt.

Weitere Ansätze, wie der Zusammenhang konsumierender neoplastischer Erkrankungen der Personen und ihr Einfluss auf die Muskelausprägung, können nicht nachvollzogen werden, da die Todesursachen nicht bekannt sind.

3.2. Verläufe der Nerven und ihre Beziehungen zueinander

In die Auswertung der einzelnen Nervenverläufe werden sämtliche Muskelpräparate einbezogen. An einigen Präparaten sind die für die Studie wichtigen Nervenstrukturen nicht aufzufinden, was für einen Fehler bei der Präparation spricht. In anderen Fällen verlaufen die relevanten Nerven im Situs extramuskulär und sind nur mangelhaft am Muskel fixiert, so dass sie sich bei der Entnahme gelöst haben könnten. Dies ist zumindest eine Erklärung dafür, dass eine so hohe Anzahl von Nerven nicht am Präparat aufgefunden werden kann. In situ ist ein solch erheblicher Anteil von fehlenden Nerven nicht zu verzeichnen gewesen. Die Auswertung der jeweiligen Nerven bezieht sich jeweils auf die Anzahl der aufgefundenen Nerven.

3.2.1. Verlauf des N. cutaneus femoris lateralis

In die Auswertung des Nervenverlaufs des N. cutaneus femoris lateralis werden 140 Muskelpräparate einbezogen. Bei der Präparation sind 50 Präparate entnommen worden, an denen keine Nervenstruktur, die dem N. cutaneus femoris lateralis entspricht, aufzufinden ist. In einem Fall lässt sich der Nerv durch fehlende Markierung des Muskels nicht vermessen.

Der N. cutaneus femoris lateralis tritt in den meisten Fällen zwischen den Lendenwirbelkörpern L3 und L4 in den Muskel von dorsolateral ein und zieht intramuskulär an der lateralen Muskelseite zur ventralen Oberfläche (Abbildung 19). Nach seinem Austritt verläuft er weiter nach kaudal.

Von den 140 erfassten Nerven befinden sich 72 an den linken und 68 an den rechten Mm. psoas. Erfasst wird die Anzahl der Nerven die sich auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 intramuskulär oder extramuskulär befinden (Abbildung 20).

Die Auswertung ergibt, dass 96 der untersuchten Nn. cutanei femoris laterales (entspricht 68,6%) auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 im Muskel verlaufen. 30,0% (42 von 140 Nerven) der vorhandenen Nerven sind bei Bandscheibe L4/L5 entweder bereits aus dem Muskel ausgetreten und extramuskulär zu finden oder weisen von vornherein einen extramuskulären Verlauf auf. Ein komplett extramuskulärer Verlauf lässt sich in der Studie nur an fünf Präparaten feststellen.

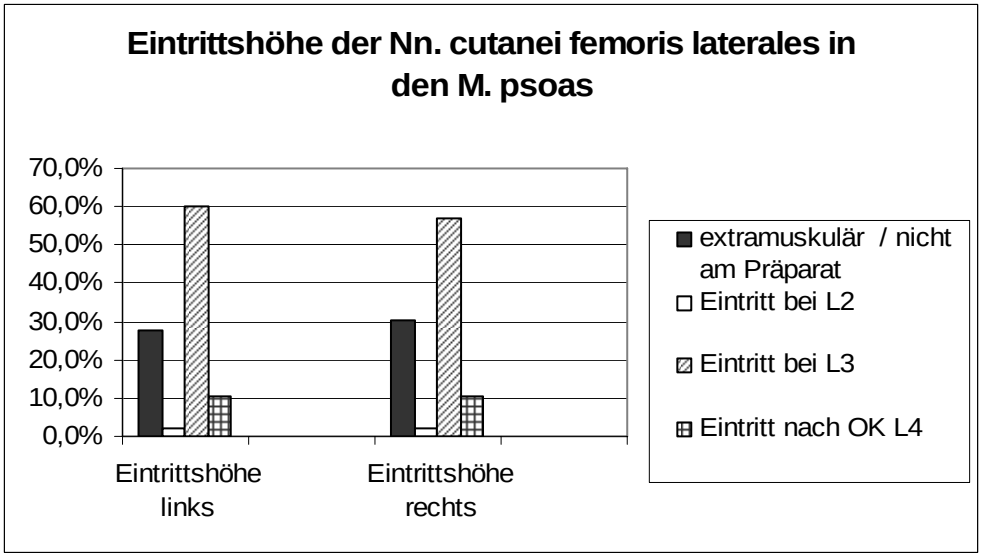


Abbildung 19: Eintrittshöhe der Nn. cutanei femoris laterales in den M. psoas

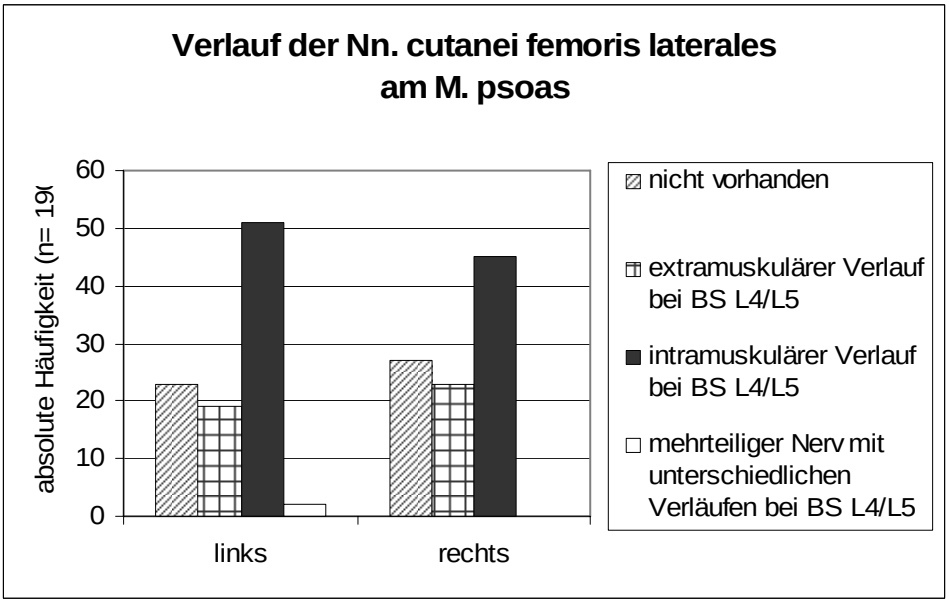


Abbildung 20: Verlauf der Nn. cutanei femoris laterales auf Höhe der Bandscheibe L4/L5

An vier linken und fünf rechten Mm. psoas finden sich Nn. cutanei femoris laterales, die mehrere Anteile haben. Ein Nerv weist auf Höhe L4/L5 einen unterschiedlichen Verlauf seiner beiden Anteile auf, da ein Anteil des Nervenstrangs bereits nach kurzem Verlauf aus dem Muskel austritt, um im weiteren Verlauf an der lateralen Muskelseite nach ventrolateral zu ziehen. Die intramuskulären Verlaufsstrecken der zusätzlichen Anteile gehen nicht gesondert in die Betrachtung der Verläufe ein. Die Untersuchung erfolgt jeweils am Hauptast der jeweiligen Nerven.

Bei Vermessung der intramuskulären Verlaufsstrecken lassen sich individuell sehr unterschiedliche Werte erheben. Die Ergebnisse reichen von einer minimalen intramuskulären Verlaufsstrecke von 1,0 cm bis zu ausgedehnten 9,4 cm. Aus den Präparaten der linken Körperhälfte können von 69 intramuskulär verlaufenden Nn. cutanei femoris laterales Daten erhoben werden. Rechts wurden 66 Nerven mit intramuskulärem Verlauf ausgewertet. Die fünf komplett extramuskulär verlaufenden Nerven werden in diese Auswertung nicht mit einbezogen.

Die minimalste intramuskuläre Verlaufsstrecke beträgt 1,0 cm. Der maximalste Wert (9,4 cm) lässt sich bei einem Leichnam erheben, bei dem beide Nn. cutanei femoris laterales sehr lange intramuskuläre Verlaufsstrecken haben (links 9,4 cm, rechts 9,0 cm). Im Durchschnitt weisen die Nerven aller Präparate einen intramuskulären Verlauf von

5,67 cm auf, wobei die Nerven an den rechten Muskeln einen geringfügig kürzeren Verlauf haben (Tabelle 3).

Auch die Eintrittswinkel zeigen stark differierende Ergebnisse (5° bis 30°), wobei die Nerven durchschnittlich in einem Winkel von 16,3° in den Muskel eintreten.

Weiterführende Auswertungen werden durch die Vermessung der Faserdicke der Nerven vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Messungen lassen sich jedoch nicht in die Studie einbeziehen, da sie auf unterschiedlichem Höhenniveau erfolgt sind. Es kann jedoch in situ gezeigt werden, dass die Nervendicke in ihrem Verlauf stark schwankt, da die Nerven durch umgebendes Gewebe in ihrer Form beeinflusst werden. Die in der Studie erhobenen Werte für die Dicke des N. cutaneus femoris lateralis liegen zwischen 1,0 und 3,5 mm.

Tabelle 3: Verlaufsstrecken der Nn. cutanei femoris laterales

	Nn. cutanei femoris laterales links	**Nn. cutanei femoris laterales rechts**
Durchschnittliche intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	5,8	5,5
Geringste intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	1,0	1,0
Längste intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	9,4	9,0

3.2.2. Verlauf des N. femoralis

Die Auswertung der Nn. femorales erfolgt an 188 Nerven, von denen 95 aus der rechten Seite und 93 aus der linken Seite des Situs stammen. Zwei Nerven sind am linken M. psoas nicht auffindbar. Es wird der Nervenverlauf beobachtet, seine Eintrittsstellen und seine Beziehung zum N. obturatorius und vor allem zum N. cutaneus femoris lateralis. Der Nerv verläuft zunächst von seinem Eintrittspunkt in den Situs an die Dorsal-

seite des Muskels. Je nach Verlauf befindet er sich entlang der lateralen Muskelseite intra- oder extramuskulär und zieht von da nach ventral. Von der ventralen Muskeloberfläche verläuft der Nerv nach kaudal. Bei einem intramuskulären Verlauf tritt der Nerv dorsal in den Muskel ein und zieht im Muskel auf die laterale oder ventrale Seite des Muskels, wo er austritt. Austrittsstellen finden sich meist an der ventrolateralen Muskeloberfläche. Selten kann ein Austritt an der ventralen Seite beobachtet werden.

Die Auswertung der Präparate zeigt, dass 116 der untersuchten Nn. femorales (entspricht 68,1%) auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 intramuskulär und 63 Nerven (entspricht 31,9%) extramuskulär verlaufen (Abbildung 21).

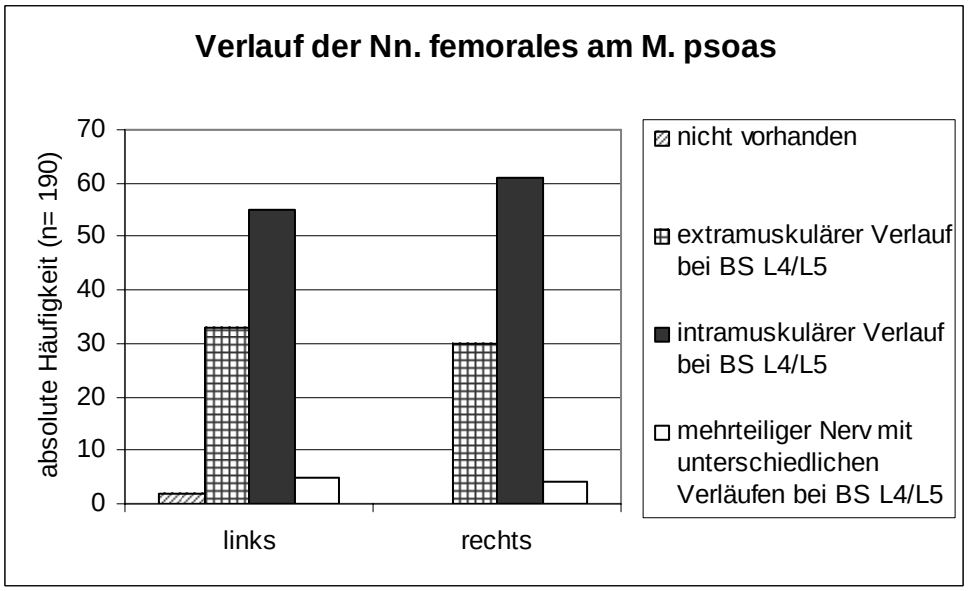


Abbildung 21: Verlauf der Nn. femorales auf Höhe der Bandscheibe L4/L5

Häufig tritt der Nerv erst auf Höhe des 4. Lendenwirbelkörpers in den Muskel ein, was seine intramuskuläre Verlaufsstrecke im Vergleich zum N. cutaneus femoris lateralis verkürzt (Abbildung 22).

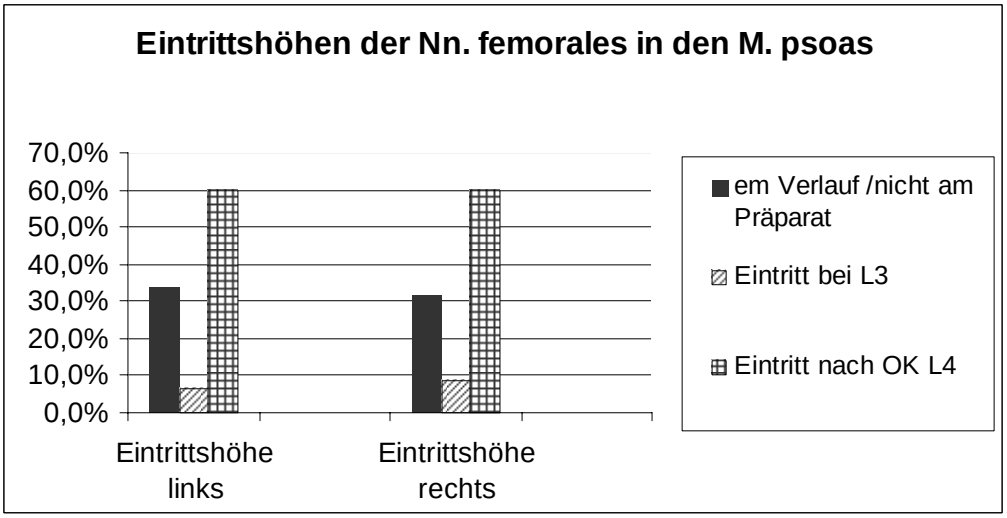


Abbildung 22: Eintrittshöhen der Nn. femorales in den M. psoas

Durchschnittlich verläuft der N. femoralis nur 4,86 cm weit intramuskulär (1,3 cm bis 9,7 cm), tritt aber weiter kaudal als der N. cutaneus femoris lateralis aus dem Muskel aus.

Die erhobenen Daten zu den geringsten und zu den längsten intramuskulären Verlaufsstrecken an den linken und rechten Muskeln lassen sich nicht an den Muskeln eines Leichnams finden. Die Werte zeigen sehr unterschiedliche Größen zwischen rechten und linken Präparaten einer Person. Nur 14,4% der intramuskulär verlaufenden Nerven treten vor, beziehungsweise direkt auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 aus. 53,7% der untersuchten Nn. femorales treten kaudal der Bandscheibe L4/L5 aus. In mehreren Fällen wird ein langstreckiger Verlauf intramuskulär beobachtet mit einer Austrittsstelle auf Höhe des Os sacrum (Tabelle 4).

Der durchschnittliche Eintrittswinkel der Nerven in den M. psoas liegt bei 14,3°, wobei sich individuelle Werte zwischen 5˚ und 35˚ erheben lassen.

Die extramuskulär verlaufenden Nerven ziehen in den meisten Fällen an der dorsolateralen Kante des Muskels in enger Beziehung zum N. obturatorius nach kaudal. Häufig finden sie sich in Fettgewebe eingebettet, das an der dorsolateralen und der lateralen Oberfläche des Muskels den Retroperitonealraum auskleidet. Hier stellen sich enge Beziehungen zwischen N. femoralis und N. obturatorius ein, die gemeinsam im Fettgewebe in enger Nachbarschaft verlaufen.

Tabelle 4: Verlaufsstrecken des N. femoralis

	N. femoralis links	N. femoralis rechts
Durchschnittliche intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	4,86	4,86
Geringste intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	1,3	1,5
Längste intramuskuläre Verlaufsstrecke [cm]	9,0	9,7

Der intramuskuläre Verlauf des N. femoralis wird in Bezug zum N. cutaneus femoris lateralis betrachtet und in den verschiedenen Muskelschichten dargestellt. Ziel ist, gemeinsame Verläufe intramuskulär aufzudecken oder kommunizierende Muskellogen zu dokumentieren. Es zeigen sich in der Studie keine Beziehungen der Muskelschichten untereinander. Intramuskuläre Bindegewebszüge sind ebenso wenig nachweisbar wie abgrenzende Faszien oder Muskelstränge. Wenn sich eine Beziehung der Nerven zueinander herstellen lässt, dann ist es der Verlauf am Austrittspunkt aus dem Muskel. An der lateralen Muskelkante liegen die Nerven und ihre Austrittsstellen häufig nah beieinander. Intramuskulär verlaufen die beiden Nerven jedoch nicht in gleichen Muskelschichten. Da der Eintritt beider Nerven in den Muskel im Höhenniveau variiert und ihre Eintrittswinkel nicht sehr steil sind, verläuft der N. cutaneus femoris lateralis eher in ventraleren Anteilen des Muskels, der N. femoralis in tiefer gelegenen dorsalen Schichten.

In 29 Fällen lassen sich die Nn. femorales mit zwei Anteilen im Muskel darstellen. Es findet sich regelhaft ein wesentlich breiterer Hauptnervenstrang, von dem sich intramuskulär kleinere Faseranteile abzweigen. Diese verlaufen getrennt in verschiedenen Schichten des Muskels. Nach einigen Zentimetern, meist bereits nach Austritt an der ventrolateralen Muskelseite, vereinigen sie sich mit dem Hauptnervenstrang wieder zum N. femoralis. Bei acht Nerven kann ein dreiteiliger Nervenverlauf beobachtet werden.

Die Nervenfaserdicke zeigt für den N. femoralis die größten Werte. Die Merkmalsausprägung liegt zwischen 4,0 mm und 13,0 mm. Der Verlauf der Nerven in Bezug auf ihre intra- oder extramuskuläre Lage bestimmt in großen Anteilen die Form der Nervenstruktur. Auch der N. femoralis ist durch umgebendes Gewebe geformt und passt sich seiner Umgebung an. Vor allem intramuskulär liegende Anteile sind eher flach und breit ausgeprägt. Es ist fraglich, ob dies ein entsprechender Vorteil bei Punktionsverfahren und der Ausbreitung von Anästhetika im Muskel und entlang des Nervs ist.

3.2.3. Verlauf des N. obturatorius

Zur Auswertung der Nn. obturatorii können 187 Nerven verwendet werden. Davon befinden sich 94 am linken M. psoas und 93 an den Muskeln der rechten Seite.

Die verschiedenen Nervenwurzelanteile aus L2-L4, die den N. obturatorius bilden, verlaufen meist bis L4 intramuskulär in den tiefen Anteilen des M. psoas in der Nähe der Wirbelkörperfortsätze (Procc. costales). Sie treten an der dorsalen Oberfläche aus dem Muskel aus, bevor sie sich zum N. obturatorius vereinen. Im Verlauf stellt sich der N. obturatorius in der Untersuchung regelhaft extramuskulär dar. Er verläuft an der dorsomedialen Seite des M. psoas nach kaudal. Bei extramuskulären Verläufen des N. femoralis lässt sich vor allem auf Höhe L4/L5 eine enge Nachbarschaft der beiden Nerven feststellen. Weiterhin ist der N. obturatorius in seinem Verlauf nach kaudal in retroperitoneales Fettgewebe eingebettet, das eine gute Abgrenzung und Schutz bietet. Dieses Fettpolster ist vor allem im Alter stark ausgeprägt.

An 134 Präparaten (entspricht 71,7% der untersuchten Präparate) verläuft der N. obturatorius auf der untersuchten Höhe (Bandscheibe L4/L5) extramuskulär an der dorsalen Seite des Muskels. Bei 51 Muskeln (entspricht 27,3%) lässt sich der Nerv erst tiefer als Wirbeloberkante L5 am Muskel auffinden. Dieses Ergebnis bezieht sich auf die Nerven, die erst auf dieser Höhe aus den einzelnen Nervenwurzelanteilen entstehen und die weiter kranial nur als Nervenwurzelstränge zu identifizieren sind. Einzelne Anteile können bereits ab L3 im und am Muskel gefunden werden. Nur in einem Fall befindet sich der N. obturatorius auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 intramuskulär (Abbildung 23).

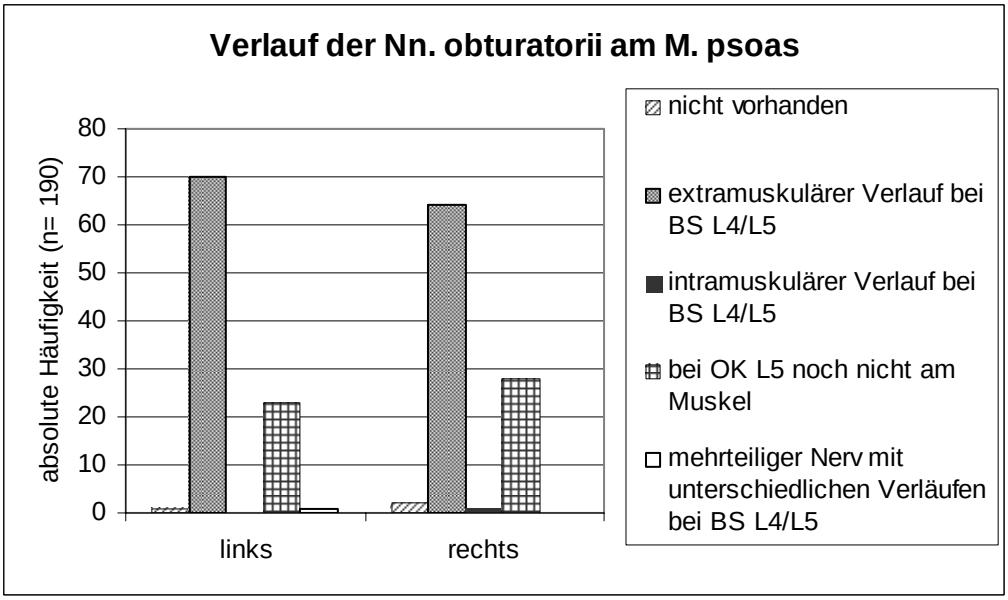


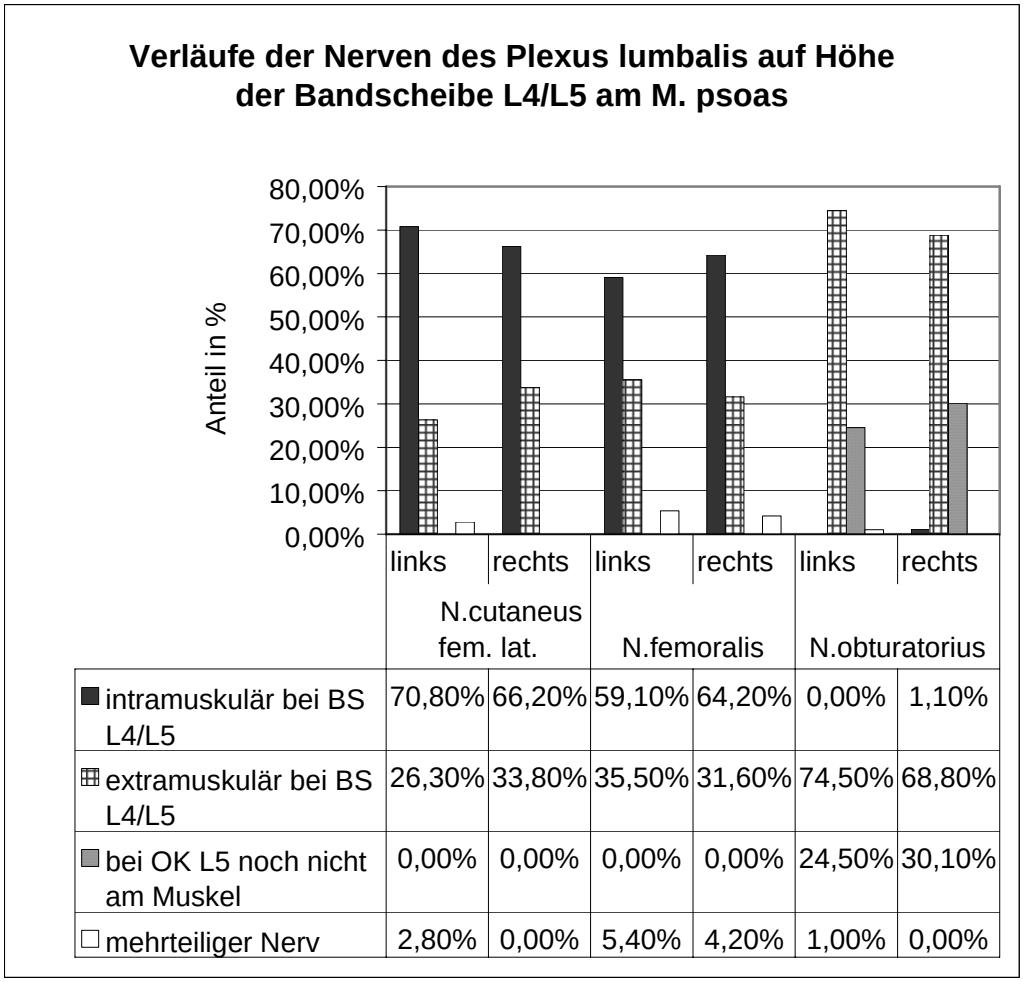
Abbildung 23: Verlauf der Nn. obturatorii auf Höhe der Bandscheibe L4/L5

Bei der Auswertung fällt der gemeinsame Verlauf des N. obturatorius mit der V. lumbalis ascendens auf. Die V. lumbalis ascendens zieht in mehreren Fällen auf Höhe der Wirbelkörper L4/L5 parallel zum kaudalen Verlauf des N. obturatorius nach kranial. In wie vielen Fällen ein gemeinsamer Verlauf besteht, kann nicht ausreichend geklärt werden, da durch die Präparation Teile des vertebralen Venennetzes entlang der Wirbelsäule entfernt worden sind. Außerdem ist es möglich, dass durch das Unterminieren der Muskeln bei der Präparation einige Venen in situ verblieben sind.

Während der Präparation im Situs und bei Untersuchung des isolierten Muskelpräparats lassen sich an einigen Mm. psoas Aufzweigungen des N. obturatorius in einen weiteren Anteil (N. obturatorius externus/accessorius) nachweisen. Die Ausprägung der Nervenfaserdicken der Nn. obturatorii zeigen ähnliche Werte wie die der Nn. cutanei femoris laterales. Durch seinen extramuskulären Verlauf im Fettgewebe und geschützt durch M. psoas und die Wirbelkörper wird der N. obturatorius jedoch kaum beeinflusst. Es zeigt sich ein regelmäßig messbarer kreisrunder Querschnitt ohne komprimierte Stellen. Der N. cutaneus femoris lateralis ist durch die intramuskuläre Lage verstärkt abgeflacht. Die Werte für die Faserdicke des N. obturatorius liegen im Bereich zwischen 2,0 mm und 5,0 mm.

3.2.4. Vergleich der Nervenverläufe des Plexus lumbalis

Bei der Auswertung der Nervenverläufe fällt auf, dass sowohl bei den Nn. femorales als auch bei den Nn. cutanei femoris laterales der intramuskuläre Verlauf der Nerven dominiert. In 67 Fällen, bei denen beide Nerven am Präparat aufzufinden sind, zeigt sich ein intramuskulärer Verlauf der Nerven auf Höhe der Bandscheibe L4/L5. Der N. obturatorius verläuft regelhaft extramuskulär an der Dorsalseite des M. psoas (Abbildung 24).



	N.cutaneus fem. lat. links	N.cutaneus fem. lat. rechts	N.femoralis links	N.femoralis rechts	N.obturatorius links	N.obturatorius rechts
intramuskulär bei BS L4/L5	70,80%	66,20%	59,10%	64,20%	0,00%	1,10%
extramuskulär bei BS L4/L5	26,30%	33,80%	35,50%	31,60%	74,50%	68,80%
bei OK L5 noch nicht am Muskel	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	24,50%	30,10%
mehrteiliger Nerv	2,80%	0,00%	5,40%	4,20%	1,00%	0,00%

Abbildung 24: Verläufe der Nerven des Plexus lumbalis

Der Verlauf der Nerven variiert in situ stark. Es lässt sich keine regelhafte Aussage treffen. Ebenso können keine Rückschlüsse zwischen dem BMI einer Person, der Muskelmorphologie und durch sie beeinflusste Nervenverläufe getroffen werden.

3.3. Einfluss der Muskelmorphologie auf den Nervenverlauf

Im Rahmen der Studie können verschiedene Verläufe von Nerven auf unterschiedlichen Muskelhöhen dokumentiert werden. Die untersuchte Höhe bei Wirbelkörper L4/L5 stellt den Verlauf der Nerven auf dieser Ebene dar, nicht jedoch die Beziehung des Gesamtverlaufes der Nerven zur Ausprägung des Muskels. Es stellt sich die Frage, ob die Dicke und Breite oder die Fläche der Muskeln in Zusammenhang mit intra- und extramuskulären Verläufen der Nerven stehen. Es ist zu untersuchen, ob bei gut ausgeprägten Muskeln häufiger ein intramuskulärer Verlauf zu verzeichnen ist als bei dünnen, schmalen Mm. psoas.

Vergleich und Auswertung der erhobenen Daten erbringen für die Studie keinen Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern. Sowohl sehr breite und tief in den Situs reichende Präparate als auch dünnere Muskeln zeigen intra- und extramuskuläre Nervenverläufe. So findet sich beispielsweise bei der geringsten Muskelbreite von 2,0 cm (Dicke 1,3 cm) ein intramuskulärer Verlauf der Nerven. Ebenso lässt sich ein solcher für die größte Muskelbreite von 5,7 cm (Dicke 3,2 cm) beobachten. Es können an ähnlich stark ausgeprägten Präparaten (5,5 cm Breite) extramuskuläre Verläufe der Nerven dokumentiert werden. Es lässt sich kein regelhaftes Verhältnis von extramuskulärem Verlauf der Nerven und einer geringeren Muskeldicke darstellen. Die Annahme eines generellen extramuskulären Verlaufs bei schwach ausgeprägten Mm. psoas ist somit falsch. Der Verlauf variiert individuell und muss deshalb für jeden Patienten neu evaluiert werden.

Die Muskelbreite scheint in diesem Rahmen ebenso keine Rolle zu spielen. Der Vergleich lässt keine Gemeinsamkeiten mit dem Verlauf der Nerven in situ erkennen. Es ergeben sich auch bei geringen Muskeldicken (1,3 cm) intramuskuläre Verläufe. Ebenso können an relativ stark ausgeprägten Muskeln (Dicken bis 3,4 cm) extramuskuläre Nervenverläufe dargestellt werden.

Gemeinsamkeiten zwischen den erhobenen Muskelparametern und den Nervenverläufen sind nicht nachweisbar und lassen sich somit im Vorfeld einer Punktion nicht als gegeben annehmen. Fraglich ist, ob Immobilität und der damit verbundene Muskelabbau Einfluss auf intra- oder extramuskuläre Verläufe hat. Dies kann im Rahmen der Studie nicht geklärt werden.

3.4. Ergebnisse der durch Skoliose beeinträchtigten Präparate

In der Studie lässt sich an sieben Leichnamen eine eindeutige Skoliose feststellen. Die Auswertung der Präparate stützt sich auf 14 Muskeln. Die Skoliose wird zunächst in situ dokumentiert. Anschließend erfolgt die Vorbereitung auf Markierung und Entnahme der Muskeln.

Sämtliche Skoliosen, die in der Studie vorkommen, sind bei weiblichen Personen zu finden. Das durchschnittliche Alter der Personen liegt zum Todeszeitpunkt bei 85,4 Jahren (zwischen 76 a bis 93 a; vgl. Tabelle 8). Im Vergleich dazu ist der Altersdurchschnitt aller Personen ohne Skoliose 80,2 Jahre.

Bei der Untersuchung der Muskeln stellt sich heraus, dass zwischen beiden Muskeln einer Person deutliche Unterschiede in der Ausprägung der Breite des Muskels bestehen. Dies lässt sich an zehn von 14 Mm. psoas eindeutig zeigen und ist vor der Entnahme in situ sichtbar. Die Unterschiede liegen zwischen 0,9 cm bis 1,3 cm innerhalb der Muskeln eines Leichnams (Abbildung 25).

Bei den anderen vier Muskelpräparaten ergeben sich derartige Unterschiede nicht. Die Veränderungen lassen sich hier nur in geringem Maß feststellen. Das heißt, sie variieren untereinander nicht so stark in Breite und Dicke.

Die anderen Präparate der Studie (ohne Skoliose) werden ebenfalls auf Unterschiede untersucht. In 19 von 88 Fällen differieren die Muskelbreiten eines Leichnams zwischen 0,9 cm und 1,8 cm. Folglich ist also seltener ein eindeutiger Unterschied zwischen beiden Muskeln sichtbar.

Abbildung 25: Abbildung der veränderten Muskelmorphologie bei Skoliose

Aus den dargestellten Ergebnissen lässt sich schließen, dass je nach Ausprägung der Skoliose der jeweilig betroffene Muskel in seiner Form verändert wird. Das heißt rechtskonvex gekrümmte Wirbelsäulen beeinträchtigen den rechten M. psoas stärker, linkskonvex ausgerichtete Skoliosen den linken Muskel (Tabelle 5).

Die Durchschnittswerte für sämtliche Präparate ohne Skoliose zeigen größere Durchschnittswerte für Dicke und Breite des Muskels in situ. Es finden sich für die Mm. psoas links durchschnittliche Werte der Breite von 3,9 cm und für die Dicke 2,3 cm. An den Muskeln des rechten Retrositus ergeben sich Mittelwerte für die Breite von 3,8 cm und für die Dicke von 2,4 cm (vgl. Tabelle 2).

Die Unterschiede für Präparate an skoliotischen Wirbelsäulen lassen sich deutlich von der normalen Muskelmorphologie abgrenzen. Durchschnittswerte ergeben eindeutige Veränderungen an den Muskeln, die in ihrer Lage in situ beeinträchtigt sind.

Tabelle 5: Muskelmorphologie der Präparate von skoliotisch veränderten Wirbelsäulen

	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]	Dicke links [cm]	Dicke rechts [cm]
Durchschnittswert	3,54	3,58	1,9	2,27
Minimale Ausdehnung	2,4	2,6	1,3	1,8
Maximale Ausdehnung	4,8	4,5	2,8	2,7

Nach den erhobenen Befunden der veränderten Muskelmorphologie stellt sich die Frage, ob diese Einfluss auf den Verlauf der Nerven am Präparat hat. Für die Betrachtung des Nervenverlaufs wird der Nerv am Präparat identifiziert und sein Verhalten am Muskel untersucht. In vier von 14 Fällen ist der N. cutaneus femoris lateralis nicht am Präparat auffindbar, die Auswertung stützt sich auf vier Nn. cutanei femoris laterales des linken und sechs Nerven an den Präparaten des rechten Situs.

Es zeigt sich, dass die untersuchten Nerven in drei von vier Fällen links und in fünf von sechs Fällen am rechten Muskel eine längere intramuskuläre Verlaufsstrecke haben. Ihre Austrittsstelle befindet sich auf Höhe der Bandsscheibe L4/L5 oder erst im weiteren Verlauf nach kaudal bei L5. In zwei Fällen lässt sich eine sehr kurze intramuskuläre Verlaufsstrecke von 2,8 cm links und 2,5 cm rechts darstellen. Die Austrittshöhe liegt oberhalb der Bandscheibe L4/L5.

Der N. femoralis wird mit gleicher Methodik betrachtet und in seinem Verlauf dokumentiert. In sieben von 14 Fällen verläuft der Nerv extramuskulär. Insgesamt errechnet sich daraus ein Anteil von 11,6% an allen extramuskulär verlaufenden Nerven der Studie. Für die restlichen untersuchten Nn. femorales zeigt sich ein längerer intramuskulärer Verlauf der Nerven (im Mittel 6,5 cm links und 7,0 cm rechts) mit einer Austrittshöhe unterhalb der untersuchten Höhe.

Für die Betrachtung des N. obturatorius können 13 Nerven einbezogen werden. Es ergibt sich, dass neun von 13 Nerven auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 extramuskulär an der dorsomedialen Seite des Muskels nach kaudal ziehen. In den restlichen vier Fällen werden die Nerven erst tiefer aus den einzelnen Fasersegmenten gebildet (Abbildung 26).

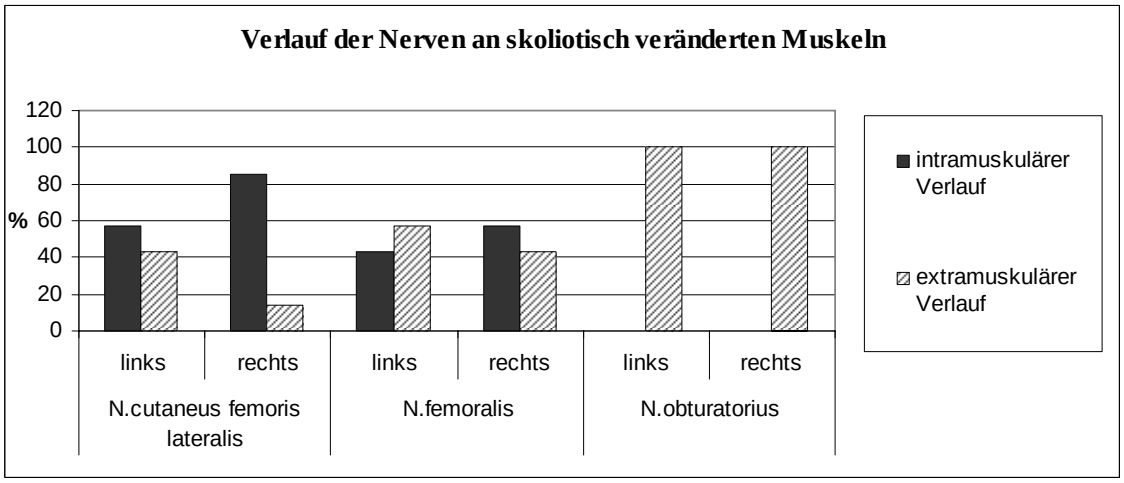


Abbildung 26: Nervenverläufe an Skoliosepräparaten

4. Diskussion

Ziel der Studie ist die Erfassung des unterschiedlichen Verlaufs der oberen Nerven des Plexus lumbalis (N. cutaneus femoris lateralis, N. femoralis, N. obturatorius) im Retroperitonealraum. Berücksichtigt werden intra- und extramuskuläre Verläufe am M. psoas sowie mehrteilige Nervenverläufe mit ihren Aufzweigungen und Verlaufsstrecken. An einer großen Fallzahl von 190 Präparaten kann gezeigt werden, wie sich die Nerven makroskopisch zueinander verhalten. Ihr Verlauf in den verschiedenen Schichten des Muskels wird dokumentiert. Auf anatomische Besonderheiten kann gezielt geachtet und in Bezug zur Fragestellung der Studie eingegangen werden. Andere Studien, die die Verwendung ultraschallkontrollierter Darstellungen des Plexus lumbalis für die PCB untersuchen (KAPRAL & MARHOFER 2002, KIRCHMAIR 2001, KIRCHMAIR ET AL. 2002, WIESSNER ET AL. 2004A), können mit den neu gewonnenen Erkenntnissen über den Nervenverlauf ergänzt werden.

Im Rahmen der Studie lassen sich die Variationen der Nervenverläufe am und im M. psoas darstellen. Insbesondere der extra- und intramuskuläre Verlauf der Nerven und die intramuskulären Verlaufsstrecken werden betrachtet und verglichen. Verschiedene Eintrittshöhen der Nerven in den Muskel können an den Präparaten bestimmt werden. Gemeinsame intramuskuläre Nervenverläufe auf den Wirbelkörperhöhen zwischen L4/L5 lassen sich darstellen. Die Erkenntnisse der Untersuchung liefern genauere topographische Zusammenhänge zum Verlauf der Nerven zueinander. Die Kenntnis der Anatomie der Nerven und des M. psoas ist wichtig für das Vorgehen bei Punktionen (DI BENEDETTO ET AL. 2005).

4.1. Untersuchungsmaterial

Die untersuchten Präparate stammen vorwiegend von Personen höheren Alters. Vor allem der körperliche Zustand, der durch die Lebensumstände und Erkrankungen vor dem Tod beeinflusst wird, bedingt verschiedene Veränderungen an Muskeln und der Wirbelsäule. An einigen Leichnamen finden sich Muskeln, die durch Gefäßanomalien oder Wirbelsäulenkrümmungen in ihrer Form beeinträchtigt sind. Individuelle Unterschiede in Anatomie und Physiognomie treten bei jedem Menschen auf. Die Verände-

rungen in situ wirken sich nicht stark negativ auf die Muskelpräparate aus. Sie werden lediglich als Einfluss auf den Muskel dokumentiert.

Vorteil der Untersuchung ist der große Studienumfang, der gewisse Abweichungen der anatomischen Gegebenheiten im Situs tolerieren und einzeln erfassen kann.

Fraglich ist, welchen Einfluss Konservierung und Fixierungszeit der Leichname haben. Es besteht die Möglichkeit, dass Strukturen ihre ursprüngliche Form verlieren und sich dadurch die anatomischen Verhältnisse ändern. Muskelfasern können durch die lange Fixierung in ihrer Ausprägung und Nervenstrukturen in ihrem Verlauf beeinträchtigt werden. Dies ist denkbar, wenn die Fixierungslösung dem Gewebe sehr viel Wasser entzieht oder eine unvollständige Fixierung den Muskel austrocknen lässt und ihn so in seiner Ausprägung und Form verändert. Es ist möglich, dass sich trockene Muskelfasern aus dem Verband lösen und Strukturen freilegen, die normalerweise bedeckt sind. Vergleichende Studien, die Muskelmorphologie und Nerven vor und nach Fixierung untersuchen, können Aufschluss über diese Fragen geben. Die Umsetzung einer solchen Langzeitstudie erscheint jedoch schwierig, da die Präparation mit anschließender makroskopischer Untersuchung und Fixierung sowie die Lagerung erheblichen Zeitaufwand bedeutet und eventuell von mehreren Personen durchgeführt werden muss. Dies würde die Auswertung der Präparate jedoch beeinflussen, da zwei Untersucher eventuell verschiedene Auswertungstechniken anwenden. Zum Schluss müsste erneut eine makroskopische Untersuchung mit anschließendem Vergleich der Daten durchgeführt werden.

Die Möglichkeit der Darstellung des Plexus lumbalis in situ bei Patienten ist durch verschiedene radiologische Verfahren möglich. Anatomie und Struktur des Retroperitonealraumes können mit Sonografie, CT und MRT dargestellt werden. Um direkte Vergleiche von Nervenstrukturen am Lebenden und am Leichnam anzustellen, müsste ein neues Verfahren zur nicht invasiven Darstellung gefunden werden. Eine Entnahme von Muskelpräparaten für die Untersuchung würde sich zumindest für weitere Studien erübrigen. Der Nutzen für die Anwendung bei lumbaler Plexusanästhesie wäre groß und könnte beispielsweise neue Erkenntnisse über atemabhängige Veränderungen im Retrositus und deren Einfluss auf den M. psoas und die Nerven liefern.

4.2. Diskussion der Methoden

4.2.1. Entnahme der Präparate

Die verwendeten Leichname sind im Rahmen des anatomischen Präparierkurses von Studenten der Ludwig-Maximilians-Universität vorpräpariert worden. Organe des Retroperitonealraumes wurden entfernt und die Mm. psoas freigelegt. Die vorliegende Situation liefert sehr gute Arbeitsbedingungen, da eine erweiterte Präparation des Retrositus nicht notwendig ist, um die Muskeln freizulegen und die Nerven zu identifizieren. Der Zugang zu den Muskeln ist leicht und die Entnahme schnell durchzuführen. Hierdurch können allerdings andere Strukturen (z.B. der Nieren) in Bezug zu den Muskeln nur schlecht beurteilt werden.

Vor allem die Lagebeziehung des Plexus lumbalis und des M. psoas zur Niere kann nicht ermittelt werden. Es können daher auch keine Rückschlüsse auf die Nähe des unteren Nierenpols zum Punktionsort der Psoaskompartmentblockade gezogen werden. Probleme, die bei diesem Anästhesieverfahren auftreten, werden durch ein Tiefertreten der Nieren im Alter vermutet. In der Literatur wird die Nierenpunktion bei PCB mit Ausbildung eines subkapsulären Hämatoms als Komplikation beschrieben (AIDA ET AL. 1996). Auch die in diesen Fällen hinderliche Zystenniere lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht aufdecken. Ihre Prävalenz steigt im Alter und kann ein Hindernis für die Durchführung von Punktionen an der dorsalen Rumpfwand sein (CARRIM & MURCHISON 2003).

Die Lage der Mm. psoas im Retroperitonealraum und zu den Leitstrukturen der PCB (Cristae iliacae, interkristale Linie, Spina iliaca posterior superior, L5) wird durch die angebrachten Markierungen in situ dargestellt (Abbildung 9). Bei der Präparation aufgesuchte Strukturen lassen sich in situ markieren und können bereits vor der Entnahme beurteilt werden.

Die Nervenstrukturen des Plexus lumbalis sind teilweise vorpräpariert und aus ihrem Verlauf gelöst. Einige Nerven, die bereits entfernt oder abgerissen worden sind, können nicht identifiziert werden. Am häufigsten ist der N. cutaneus femoris lateralis betroffen, da er die dünnste Struktur der zu untersuchenden Nerven ist. Durch seinen Verlauf im Retroperitonealraum entlang der dorsalen Rumpfwand wird er leicht übersehen. Die Wahrscheinlichkeit einer ungewollten Entnahme oder Beschädigung bei der Präparation

ist groß. Vor allem die Auswertung ist durch das häufige präparationsbedingte Fehlen des Nervs eingeschränkt. Der Vergleich der Nervenverläufe am Präparat ist in einigen Fällen daher nicht möglich. Fehlende Nerven können auch nicht in die Bewertung der intra- oder extramuskulären Nervenverläufe einbezogen werden. Eine Hilfe für das Auffinden der Nerven soll die Markierung der Nervenstrukturen bei der Präparation sein. Sie erleichtert die Identifizierung bei der Auswertung und vermeidet Verwechslungen mit weiteren Nerven des Plexus lumbalis.

Bei der Markierung der Muskeln ist es wichtig, dass die Oberkanten der Wirbelkörper genau übertragen werden. Bei dem in dieser Studie verwendeten Verfahren ergeben sich Schwierigkeiten, wenn die Wirbelsäulen stark verändert oder Bandscheiben und Wirbelkörper nur schwer voneinander zu unterscheiden sind. Probleme stellen sich vor allem an Leichnamen mit schweren Skoliosen ein. Die Wirbelkörper sind in diesem Fall teilweise stark rotiert sowie deformiert und lassen sich deshalb nur schwer genau identifizieren und voneinander unterscheiden. Die Zwischenwirbelräume sind teilweise verknöchert oder degeneriert, so dass die Einordnung schwer fällt. Das Übertragen der Markierungen von den Wirbelkörpern auf die Muskeln ist daher mühsam.

Ein weiteres Problem sind altersbedingte Verknöcherungen der Bandscheiben (Osteochondrosen). Auch hier gelingt in manchen Fällen die genaue Identifizierung der Grenze von Bandscheibe und Wirbelkörpern nicht. Folglich können Ungenauigkeiten bei der Übertragung auftreten. Die manuelle Identifizierung erlaubt es jedoch, anatomische Gegebenheiten und Besonderheiten einzuordnen und auf die Lage der Muskeln anzuwenden.

In einer auf dieser Arbeit aufbauenden Studie sollte darauf geachtet werden, die Nervenstrukturen so gut wie möglich bereits bei der Vorpräparation zu erhalten. Die große Anzahl fehlender, beziehungsweise nicht zu identifizierender Nerven lässt sich so begrenzen. Außerdem sollten Organe des Retroperitonealraumes erst bei der Studie entnommen werden, um topographische Gegebenheiten der Nieren in situ beurteilen zu können. Dies ist vor allem für die PCB von großer Bedeutung.

Kombinierte Studien, in denen die Verhältnisse des Retroperitonealraumes sonographisch dargestellt werden und anschließend unter Kontrolle die Punktionsstelle des Plexus lumbalis bestimmt wird, erscheinen sinnvoll (KIRCHMAIR ET AL. 2002, WIESSNER ET AL. 2004B). Dieses Vorgehen findet bereits für andere Nervenplexuspunk-

tionen statt und sollte standardmäßig auch für die PCB zur Anwendung kommen (KAPRAL & MARHOFER 2002).

4.2.2. Auswertung der Präparate

Die Auswertung der Präparate erfolgt in dieser Studie durch eine standardisierte Methode. Zunächst werden die Muskeloberflächen vermessen und anschließend der Verlauf der Nerven im und am M. psoas verfolgt. Bei der Präparation angebrachte Markierungen stellen Bezugspunkte für die Auswertung dar. Um sicherzustellen, dass sich die Markierungen auch nach längerer Konservierung und Lagerung in Formaldehyd nicht auflösen, findet nicht resorbierbares chirurgisches Nahtmaterial Anwendung. Sämtliche Präparate lassen sich mit den gleichen Instrumenten (Schublehre, Winkelmesser und Maßband) vermessen. Als Folge der Auswertung aller Präparate durch eine Person treten Abweichungen bei der Anwendung des Vermessungsschemas in dieser Studie nicht auf.

4.2.2.1. Vermessung der Muskeloberflächen

Die Untersuchung beginnt mit der Identifizierung der ursprünglichen Lage der Muskeln im Situs. Muskeln aus der linken und rechten Situsseite werden getrennt voneinander untersucht, um die Werte für die einzelnen Muskeln in der Auswertung vergleichen zu können. Im Anschluss erfolgt die Vermessung der Muskeloberflächen. Es werden Muskeldicke, -breite und -länge erfasst. Durch die Vermessung der Muskeloberflächen ist es möglich, die Ausdehnung der Muskeln im Retroperitonealraum, nicht jedoch die Krümmung der Oberflächen zu berücksichtigen. Die Muskeldicke und die -breite im Situs werden daher nur auf Höhe der Oberkante des Wirbelkörpers L5 bestimmt. Diese Höhe erscheint sinnvoll, da sie für das Aufsuchen von Punktionsstellen für den Plexus lumbalis hilfreich ist.

Die Vermessung der Länge der Muskeln lässt sich nicht einheitlich durchführen. Bei der Präparation werden die Muskeln den Gegebenheiten der Vorpräparation entsprechend auf unterschiedlichen Höhen abgesetzt. Für die weitere Studie spielt die Länge der Muskeln jedoch auch keine entscheidende Rolle, da nicht die Länge, sondern vielmehr Breite und Dicke für die Punktion entscheidend sind. Die Blockade wird auf dem Höhenniveau zwischen L3-L5, je nach angewendeter Technik, durchgeführt. Hierfür er-

folgt die Identifizierung der Wirbelkörperhöhen, und die Länge des Muskels muss nicht extra berücksichtigt werden. Trotzdem sollte in einer nachfolgenden Studie auch dieser Parameter näher untersucht werden, um Unterschiede der Muskellängen zu den Wirbelkörperhöhen am Leichnam festzustellen. Es könnte gezeigt werden, ob die Körpergröße mit entsprechenden Wirbelkörperhöhen korreliert. Dies könnte sich entscheidend auf die Länge der Muskeln in situ auswirken. Die Nervenverläufe im Muskel sollten demnach zusätzlich vermessen werden, um Unterschiede in Abhängigkeit von der Körpergröße feststellen zu können.

4.2.2.2. Bestimmung und Vermessung der Nervenverläufe

Alle Nervenverläufe werden nach der Vermessung der Muskeloberflächen auf Höhe der Oberkante des Wirbelkörpers L5 verglichen. Die Betrachtung der Nerven erfolgt zunächst einzeln in ihrem Verlauf, ausgehend vom Eintritt der Nerven in den Muskel bis zur Austrittsstelle. Dabei werden vor allem intramuskulär verlaufende Nerven beachtet und ausgewertet, da sich bei diesen intramuskuläre Verlaufsstrecken, Eintritts- und Austrittswinkel vergleichen lassen und gemeinsame Strecken der Nerven dokumentiert werden können. Individuelle Unterschiede und Besonderheiten der Muskeln und Nerven können ermittelt und eingeordnet werden.

Auch mehranteilige Nervenverläufe, die sich intramuskulär ergeben, sollen entdeckt und dokumentiert werden. Beachtung finden besonders die Anteile, die gesondert vom Hauptanteil des Nervs von intramuskulär nach extramuskulär verlaufen und sich dann wieder mit dem Hauptteil vereinigen. Weitere Anteile, die sich intramuskulär zur Innervation des Muskels abzweigen, werden nicht gesondert vermessen, da sie intramuskulär enden und für die Blockade an Knie und Hüfte keine Rolle spielen. Ihr Verlauf wird bis zu seiner endgültigen Verzweigung im Muskel verfolgt und als solcher dokumentiert. Für die weitere Auswertung sind diese Nervenfasern jedoch nicht entscheidend.

Nach der Einzelauswertung wird der Verlauf aller Nerven auf der definierten Höhe betrachtet und verglichen. Es ist zu untersuchen, ob die Nerven bei der Oberkante L5 in Beziehung zueinander stehen oder zumindest alle am Muskel verlaufen. Schwierigkeiten ergeben sich bei der Bewertung wenig muskulär gehaltener Nerven. Teilweise lassen sich diese schlecht in ihrem Verlauf beurteilen, weil die Nervenwurzeln an der dorsalen Muskelseite nur locker fixiert sind. Vor allem der N. obturatorius ist häufig nur

wenig am Muskel fixiert, da er fast ausnahmslos im extramuskulären Fettgewebe der dorsalen Rumpfwand verläuft. Durch die verminderte Fixierung können Höhenunterschiede im Vergleich zur Lage in situ aufgetreten sein. Dies lässt sich allerdings nur schlecht vermeiden. Die Präparation und Entnahme der Muskeln aus ihrer ursprünglichen Lage verändert zwangsläufig die Fixierung der Nerven und Gefäße am Muskel. Wenn das Fettgewebe mit entnommen wird, lässt sich der Nerv ohne Komplikationen bei der Auswertung darstellen. Er wird so über die Präparation hinaus besser am Muskel gehalten. Das Problem der schlechteren Fixierung stellt sich bei intramuskulären Nervenverläufen nicht.

Grundlage der Studie sind intramuskulär verlaufende Nerven. Die Kommunikation der Nerven im Muskel soll, wenn vorhanden, dargestellt werden. Dies erscheint sinnvoll, da der Eintritt der Nerven in den Muskel auf unterschiedlichen Wirbelkörperhöhen erfolgt und nicht generell von einer Beziehung der Nerven untereinander ausgegangen werden kann. Der intramuskuläre Verlauf zeigt häufig sehr unterschiedliche Längen der Strecken. Vorteilig scheint die genaue makroskopisch-anatomische Aufklärung und Untersuchung der Positionen der Nerven. Andere Verfahren am Lebenden, wie die Sonographie, können diese Zusammenhänge nicht genau aufzeigen, da durch Schallschatten und Luftüberlagerungen Messungen gestört werden. Eine genaue Visualisierung der Nerven ist daher auch mit Ultraschall nicht möglich. Der Untersucher kann sich oft auch mit dem Ultraschall nur einen eingeschränkten Überblick über die anatomischen Gegebenheiten des Retroperitonealraumes verschaffen (KAPRAL &MARHOFER 2002, KIRCHMAIR ET AL. 2002). Trotzdem kann dieses Verfahren zur begleitenden Unterstützung der Punktion und Visualisierung der Nadelposition im Situs genutzt werden.

Die Magnetresonanz- und die Computertomographie liefern bei Einsatz spezifischer Kontrastmittel genauere Aussagen über die Lage des Plexus im Muskel (MANNION ET AL. 2005A, HANNA ET AL. 1993). Individuelle Unterschiede können durch Erfassung und Dokumentation aller makroskopischen Veränderungen eingeordnet werden. Für die präoperative Darstellung muss jedoch eine weitere Punktion erfolgen, die eine routinemäßige Anwendung ausschließt.

Weiterführende Untersuchungen, zum Beispiel die Vermessung der Nervendicke, werden ebenfalls durchgeführt. Die Auswertung erscheint jedoch problematisch, da die Nerven im Verlauf stark in ihrer Ausprägung variieren. Alle Unterschiede lassen sich

mit einer einfachen Messung nicht erfassen. Ein weiterer zukünftiger Studienansatz könnte sein, den Einfluss der Nervendicke auf die Ausbreitung und Weiterleitung von Blockaden zu erfassen. Dies erscheint sinnvoll, um Methoden der Anästhesie, wie die PCB, sicherer zu gestalten. Es könnten Erkenntnisse gewonnen werden, warum manche Punktionen nicht vollständig angelegt sind oder weshalb Komplikationen entstehen, wenn die Nerven nicht ausreichend blockiert sind.

In dieser Studie zeigen sich deutliche Unterschiede der Nervenfaserdurchmesser in situ. Der N. cutaneus femoris lateralis ist eindeutig am dünnsten von seiner Ausprägung, gefolgt vom N. obturatorius. Der kräftigste Nerv der Studie und des Plexus lumbalis ist der N. femoralis. Problematisch bei der Vermessung ist jedoch, dass die Nerven nicht exakt rund sind, sondern in ihrem Verlauf durch umliegende anatomische Strukturen geprägt werden. So erscheint vor allem der N. femoralis in seiner intramuskulären Verlaufsstrecke eher flach und breit als rund. Somit können keine exakten Angaben bezüglich der Durchmesser erfolgen. Es handelt sich nur um annähernde Werte über Nervendicken an bestimmten Stellen. Die entsprechenden Messungen sind aufgrund der genannten Problematik nicht direkt in den Vergleich der Nerven und ihrer Verläufe in der Studie einzubeziehen.

4.2.2.3. Auswertung der Skoliosepräparate

Die Auswertung der Präparate, die durch Skoliosen der Wirbelsäule beeinträchtigt sind, bezieht sich auf 14 Muskeln. Auswahl und Präparation der Leichname erfolgen nach dem Zufallsprinzip, die Skoliosen werden erst bei der Präparation entdeckt. Es handelt sich um sieben weibliche Leichname, an denen sich rechts- und linkskonvexe Skoliosen nachweisen lassen, die die Muskelmorphologie beeinflussen. Sämtliche Muskeln werden ebenso markiert wie alle anderen Präparate der Studie. Auch die Nerven lassen sich wie zuvor aufsuchen und identifizieren und schließlich komplett mit dem Muskel entnehmen. Besonderheiten, die bereits im Retroperitonealraum erkennbar sind, werden notiert und für die Auswertung verwendet.

Alle Methoden der Auswertung können für die Muskeln übernommen werden, auf individuelle Unterschiede wird gesondert eingegangen. Der Ablauf der Untersuchung unterscheidet sich nicht von dem der anderen Muskeln. Die Ergebnisse lassen sich nach demselben Schema dokumentieren und analysieren.

Die Untersuchung der Skoliosepräparate kann Aufschluss über den Zusammenhang anatomischer Veränderungen im Retroperitonealraum mit dem Verlauf der Nerven im Muskel geben. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Präparate exakt zu beurteilen und Besonderheiten aufzudecken. Da nur an sieben Leichnamen eine Skoliose entdeckt werden kann, ist die statistische Aussagekraft eingeschränkt. Weiterhin ist zu beachten, dass die Skoliosen in der Studie nur in weiblichen Leichnamen zu finden sind. Über männliche Muskelpräparate kann keine Aussage erfolgen.

Es sollte in einer zukünftigen Studie versucht werden, weitere Leichname zu präparieren, an denen eine Skoliose vorliegt, um die Erkenntnisse der Studie zu erweitern. Männliche Präparate müssen in die Untersuchung einbezogen werden, um Unterschiede oder Gemeinsamkeiten an den Muskeln aufzudecken.

4.2.2.4. Probleme bei der Darstellung der Nervenverläufe im MRT

Mit dem Ziel, die gewonnenen Ergebnisse zu unterstützen, erfolgt die Untersuchung einiger Muskeln im Magnetresonanztomographen. Im Anschluss ist der Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit denen der konventionellen Auswertung geplant.

Ausgewählte Präparate werden dazu aus der Fixierungslösung genommen und in einer Vermessungsspule platziert. Die Spule dient der Darstellung von Handgelenken im MRT. Ihr Umfang erscheint jedoch auch geeignet für die Vermessung und Positionierung der Muskeln im MRT. Es ist notwendig, für die Messung sämtliche Sequenzen des MRT anzuwenden, die die Darstellung der Nerven im Muskel ermöglicht. Außerdem werden einige Nerven mit Nitroglycerinkapseln markiert.

Die Untersuchung im MRT beschränkt sich in dieser Studie auf fünf Präparate. Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Studien bestehen nicht. Vermessungen der Mm. psoas in situ bei Patienten werden bereits erfolgreich durchgeführt (MANNION ET AL. 2005A), können aber nicht für unsere Präparate angewendet werden. Die Verwendung von Kontrastmitteln ist nicht möglich, da diese sich nicht verteilen und nur lokal im Muskel verbleiben. Entscheidende Strukturen lassen sich nicht markieren. Die Darstellung muss komplett nativ erfolgen.

Der Versuch, die Nerven gesondert zu markieren, erscheint nicht sinnvoll. Ihr gezieltes Aufsuchen und die intramuskuläre Markierung können zur Veränderung der anatomi-

schen Position führen. Die Beeinflussung der zu erhebenden Parameter ist groß. Dies schließt ein weiteres Vorgehen mit dieser Methode von vornherein aus, da die gewünschten Daten an nicht präparierten Muskeln erhoben werden sollen. Dies erscheint wichtig, um einen Vergleich mit einer anschließenden makroskopischen Untersuchung des Muskels anstellen zu können.

4.3. Diskussion der Ergebnisse

4.3.1. Ergebnisse der Auswertung der Muskeloberflächen

Es zeigen sich beim interindividuellen Vergleich der Muskeln in den meisten Fällen nur geringe Unterschiede. Dies lässt darauf schließen, dass der paarig angelegte M. psoas nur geringen Schwankungen in der Ausprägung unterliegt. Größere Unterschiede lassen sich durch Veränderungen des Situs, zum Beispiel in Form einer auftretenden Skoliose, erklären. Das bedeutet, dass bei Personen mit veränderter Wirbelsäulenstatik auch die Möglichkeit einer muskulären Differenz zwischen beiden Mm. psoas zu berücksichtigen ist. Punktionen sollten, sofern altersbedingte und krankhafte Veränderungen der Wirbelsäule vorliegen, im Vorfeld durch weitere Untersuchungen ergänzt und vorbereitet werden. Die veränderten Muskeloberflächen können Einfluss auf den Verlauf der Nerven und damit auf die Ausbreitung von Lokalanästhetika im Muskel haben. Es ist zu beachten, dass die Punktion des Muskels durch veränderte Fixierung an den Wirbelkörpern und damit verbundenen Lageinstabilitäten im Retrositus erschwert sein kann. Auch die Veränderung der Muskeloberflächen durch die Rotation der Wirbelkörper, an denen er fixiert ist, kann Probleme bei der PCB verursachen. Dies kann beispielsweise ein Abgleiten der Punktionsnadel bedingen und bei Fehllage des Katheters Komplikationen im Sinne einer epiduralen Ausbreitung des Anästhetikums hervorrufen (DE BIASI ET AL. 2003).

KIRCHMAIR (2001) stellt in einer Studie an Leichnamen mithilfe sonographischer Messungen die Verhältnisse im Retroperitonealraum und die Mm. psoas dar. Die Erkenntnisse aus diesem Vorgehen sollen die Psoaskompartmentblockade in der Anästhesie erleichtern und die Orientierung bei einer PCB ermöglichen. Die Nerven des Plexus lumbalis können durch die Sonografie jedoch nicht in ihrem Verlauf beobachtet werden. Es erscheint trotzdem wichtig, die Muskeln vor einer Punktion darzustellen, um die

Eindringtiefe der Punktionsnadeln zu kontrollieren und die Position korrigieren zu können.

Es besteht ein deutlicher Unterschied zwischen den Muskeln der beiden Geschlechter. Das legt den Schluss nahe, dass auch an der dorsalen Rumpfwand bei Frauen der Anteil der Muskelfasern geringer ist als beim Mann. Dies kann im Rahmen der Studie nicht ausreichend belegt werden, da nur auf einer definierten Höhe (Oberkante L5) gemessen wird. Die gemessenen Werte zeigen jedoch eine deutliche Differenz der Ausprägungen der Muskeln (Abbildung 14). Der geringere Anteil an Muskelmasse im weiblichen Körper ist bekannt. Fraglich ist, ob sich dies direkt auf den M. psoas übertragen lässt.

Ein Kennzeichen der Studie ist die direkte Vermessung der Oberflächen am Muskelpräparat. Auf diese Weise können Veränderungen sofort erfasst und berücksichtigt werden. Dies ist am Patienten nicht möglich, da sich die Muskeln nur durch MRT- oder CT-Aufnahmen genauer betrachten lassen und der Retrositus für weitere Bestimmungen nur schwer zugänglich ist. DIETEMANN ET AL. (1987) gelang es, die Muskeln und Nervenstrukturen auf CT-Aufnahmen zu zeigen. Dies ist ein Fortschritt für die gesamte Visualisierung der retroperitonealen Verhältnisse und der Beziehung der Nerven zum Muskel. Dies ermöglicht im Komplikationsfall die Darstellung der angelegten Katheterblockade, um sowohl die Nadelposition als auch die Ausbreitung des Anästhetikums zu überprüfen.

Genauso können im Vorfeld einer Punktion die Muskelmorphologie und die Veränderungen am Muskel beurteilt werden. Es ist allerdings ein relativ aufwändiges Verfahren, bei dem erst die Anlage eines Psoaskatheters erfolgen muss, um bei der Vermessung im CT Kontrastmittel einspritzen zu können. Für routinemäßige Anwendungen ist es daher nicht geeignet.

Es ist jedoch wichtig, sich im Vorfeld einer Punktion über mögliche anatomische Besonderheiten zu informieren. Wie in dieser Studie gezeigt werden kann, gibt es keinen direkten Parameter, der über die Ausprägung der Muskeloberflächen entscheidet. Verschiedene Einflüsse können die Ausdehnung der Muskeln im Situs verändern. Daher reicht es oft nicht, nur die Punktionsstelle am Rücken zu identifizieren, es muss auch individuell bei der Punktion vorgegangen werden. Vor allem die Dicke der Muskeln kann für den Blockadeerfolg entscheidend sein, da sie die Ausbreitung des eingespritzten Anästhetikums beeinflussen kann. Wenn die Oberflächen durch anatomische Vari-

anten oder entzündliche Prozesse verändert sind, kann die Punktion möglicherweise erschwert sein. Ein Abgleiten der Nadel ist genauso möglich wie das Verrutschen eines angelegten Katheters bei mangelnder Fixierung im Muskel. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, inwieweit nicht sogar die Muskelmorphologie entscheidender am Blockadeerfolg beteiligt ist als der Verlauf der Nerven. Eine Überprüfung der retroperitonealen Verhältnisse und der Muskeloberflächen kann somit großen Einfluss auf die Komplikationsrate haben.

Die alleinige Darstellung der Muskeln kann mit Sonografie am Patienten erfolgen (KAPRAL & MARHOFER 2002, KIRCHMAIR 2001, KIRCHMAIR ET AL. 2002), ohne dass dieser zusätzlich einer Strahlenbelastung ausgesetzt wird. Es besteht zudem die Möglichkeit, bei einer PCB die Ausbreitung des Anästhetikums nach Einspritzen durch den Katheter zu dokumentieren (MANNION ET AL. 2005A). Hierfür wird das Anästhetikum als Kontrastmittel im MRT verwendet. Dies sollte erfolgen, wenn die genaue Lage des Katheters nicht sicher ist oder bereits im Vorfeld Risiken für die Punktion vorliegen (Osteochondrose, retroperitoneale Tumoren, Skoliosen, ausgeprägte Adipositas). Der Erfolg der verschiedenen Punktionsverfahren der PCB kann so genauer verifiziert und die Katheterlage optimiert werden.

Zur Überprüfung der Katheterlage eignen sich außerdem Röntgenaufnahmen, für die ebenfalls das Anästhetikum als Kontrastmittel dient (DE BIASI ET AL. 2003). Bei auftretenden Komplikationen, die einer epiduralen Ausbreitung des Anästhetikums entsprechen (Blutdruckabfall, Apnoe), kann die Katheterposition nochmals überprüft werden.

Es bleibt zu klären, inwieweit die Konservierung der Leichen Einfluss auf die Muskelmorphologie hat. Dies ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da die Leichen bei Muskelentnahme bereits über einen längeren Zeitraum fixiert sind. Je nach Todeszeitpunkt liegt die Fixierung zwischen 0,5 und 2 Jahren zurück. Man muss zudem beachten, dass bei der großen Anzahl von Leichnamen mehrere Präparatoren die Konservierung und Fixierung vorgenommen haben. Dies hat sowohl Einfluss auf Qualität der Konservierung des gesamten Körpers wie auch auf den einzelnen Muskel. Da alle Präparate ausnahmslos aus dem Anatomischen Institut der LMU München kommen, ist die Fixierungslösung für alle Präparate gleich.

4.3.2. Einfluss des Bodymassindex auf die Muskeloberflächen

Schwankungen der individuellen Werte der Muskeloberflächen legen nahe, dass der Ernährungszustand einer Person Einfluss auf die Ausprägung der Muskeln hat. Um dieser Vermutung nachzugehen, werden bereits bekannte Daten der Leichname verwendet, um den BMI der einzelnen Körper zu errechnen. Dieser wird den jeweiligen Muskelpaaren zugeordnet. Es soll versucht werden, die einzelnen Werte in Zusammenhang zu bringen. Die Vermutung ist, dass ein geringer BMI mit einer geringeren Muskelausprägung einhergehen könnte oder im umgekehrten Fall ein stark erhöhter BMI die Muskelmorphologie beeinflussen könnte. Wenn dies so wäre, müsste man diesen Umstand für Punktionen im Bereich des Plexus lumbalis berücksichtigen, da die Eindringtiefe der Punktionsnadel dementsprechend angepasst werden müsste.

In der Studie können nur bekannte Daten der Leichname, wie Körpergröße, -gewicht und Alter mit den erhobenen Werten aus den Vermessungen verglichen werden. Ein großer Vorteil wäre, wenn sich bestimmte Lebensgewohnheiten der Personen vor ihrem Tod evaluieren ließen. Diese könnte man in Zusammenhang mit dem Muskelvolumen betrachten, um Rückschlüsse zwischen Trainingszustand und individueller Muskelmorphologie zu ziehen. Im Vorfeld dieser Studie zeigten HANSON ET AL. (1999), dass sich die Rasse, das Alter und das Geschlecht auf die Muskelausprägung auswirken können. In der Auswertung dieser Studiendaten zeigen sich jedoch keinerlei Übereinstimmungen, die die Annahme unterstützen, dass der persönliche BMI auch die Muskeln beeinflusst. Wahrscheinlich vermehrt sich nur das Fettgewebe um den Muskel. Es könnte versucht werden, Vergleichswerte zwischen älteren und jüngeren Personen durch bildgebende Verfahren zu ermitteln. Eine Darstellung von Muskeln und Plexusanatomie am Patienten kann mit Computertomographie oder MRT erfolgen (HANNA ET AL. 1993, MANNION ET AL. 2005A). Unterschiede der Muskeln, die sich durch verschiedene Mobilitätsgrade ergeben, können so erfasst werden

In einer weiteren Studie (CAPDEVILA ET AL. 2002) wird gezeigt, dass der BMI insofern Einfluss auf Punktionen hat, dass sich die Hautdicke und der Abstand der Hautoberfläche zum Muskel und Plexus der betroffenen Person ändern. Da der Plexus durch diese Umstände in tieferen Schichten anzutreffen ist, sollte dies bei Punktionen berücksichtigt werden (FARNY ET AL. 1994A). Zur annähernden Orientierung kann man sich an der Formel BMI/5 + 3cm orientieren (LITZ ET AL. 2005). Gewicht und Körpergröße sind bei

einer präoperativen Evaluation leicht zu erfassen und sollten Anhalt für eine zusätzliche Untersuchung geben, wenn der BMI zu hohe Werte (25-30 kg/cm²) überschreitet. Die Überprüfung der retroperitonealen Verhältnisse kann leicht und schnell mit Sonographie durchgeführt und schließlich für die Anlage der PCB genutzt werden.

Nicht nur die Punktion an sich, auch Komplikationen bei der PCB werden durch Adipositas begünstigt, da der Ernährungszustand Einfluss auf die Verhältnisse des Retrositus hat. Die Identifizierung wichtiger Punkte für die PCB wird hierdurch erschwert (LITZ ET AL. 2005, ROTZINGER ET AL. 2004).

Weitere Parameter, die eine Punktion beeinflussen können, sollten berücksichtigt werden. Vor allem müssen für die Beurteilung der Muskeloberflächen Gegebenheiten des Situs beachtet werden. Die Parameter, die Breite und Dicke der Muskeln beeinträchtigen können, sollten berücksichtigt werden. Vor allem bei einem älteren Patientenkollektiv sollte auf Nierentiefstand im Punktionsgebiet geachtet werden. Ein Nierentiefstand wird bei zystisch degenerierten Nieren nicht selten beobachtet und wird im Alter gehäuft vorgefunden (CARRIM & MURCHISON 2003). Die Niere liegt normalerweise dem M. psoas und dem M. quadratus lumborum mit ihrer dorsalen Fläche an. Sie steht auf der linken Seite etwa zwischen dem 11. Brustwirbel und dem 2. Lendenwirbel. Auf der rechten Seite steht sie aufgrund ihrer anatomischen Beziehung zur Leber tiefer; man findet sie zwischen dem 12. Brust- und dem 3. Lendenwirbelkörper (LIPPERT 2000A). Unter normalen Umständen verschiebt sich die Niere bei Inspiration um 1-2 Wirbelkörper nach kaudal. Ist die Niere durch Veränderungen stark vergrößert, verändert sich auch die anatomische Lage, so dass sie bis ins Punktionsgebiet reichen kann. Eine Fehlpunktion am unteren Nierenpol kann zu schwerwiegenden Komplikationen führen (AIDA ET AL. 1996). Auch eine Vermehrung des retroperitonealen Fettgewebes bei Adipositas könnte die Orientierung erschweren und zu veränderter Nierenlage führen.

4.3.3. Einfluss des Alters auf die Muskeloberflächen

Ein weiterer Ansatz, die unterschiedlichen Werte der Muskeloberflächen zu erklären, ist ein möglicher Bezug des Alters zur Ausprägung der Mm. psoas. Ein Nachteil der in dieser Arbeit verwendeten Stichprobe ist, dass der individuelle Mobilisierungsgrad der Personen vor ihrem Tod nicht bekannt ist. Kontakte zu Angehörigen bestehen nicht, so

dass die Erfragung damit ausgeschlossen ist. Die Schlussfolgerungen beschränken sich daher auf das erreichte Alter und die in der Studie erhobenen Daten.

Möglich wäre es, dass im Alter durch Muskelhypotrophie bei Immobilität der Muskel seine ursprüngliche Form verändert und damit auch sein Volumen. Es könnte sein, dass sich dadurch der Verlauf der Nerven verändert. Wenn sich durch die Hypotrophie die intramuskuläre Verlaufsstrecke verkürzt oder sich durch geringere Fixierung Ein- und Austrittsstellen der Nerven verändern, kann dies die PCB erschweren. In der Betrachtung und im Vergleich von Alter und Muskeldaten ergeben sich jedoch keine Ergebnisse, die diesen Ansatz unterstützen würden. Um diesen Ansatz belegen zu können, müsste der Trainingszustand der Personen beurteilt werden. Da dies nicht möglich ist, kann keine weitere Untersuchung dieses Ansatzes erfolgen.

Es liegt nahe, dass die Kombination verschiedener Merkmale, wie Trainingszustand, Geschlecht, Rasse und Gewicht der Person, ebenso wie Veränderungen des Retrositus im Alter (Skoliose der Wirbelsäule, verdrängende Gefäßveränderungen, Tumoren), einen gemeinsamen Einfluss auf die Muskeln haben. Die Interdependenz der Variablen würde erklären, warum die Einzelbetrachtung nicht ergiebig ist, die interindividuellen Unterschiede aber sehr groß sind. IMAMURA ET AL. (1993) belegen den Einfluss von Alter und Geschlecht der Personen auf die individuelle Ausprägung des M. psoas. Die Unterschiede in der Muskelmorphologie zeigen sich vor allem im Alter zwischen 30 und 40 Jahren. Männer haben den größten Psoasdurchmesser im Alter von 30 Jahren, dieser verringert sich bis zum 40. Lebensjahr auf zwei Drittel seiner Ausgangsgröße. Bei Frauen kann eine Halbierung des ursprünglichen Durchmessers vom 30. zum 40. Lebensjahr gemessen werden. Auch Immobilität beeinflusst den Muskel direkt und kann für die Abnahme der Muskelausprägung im Situs verantwortlich sein. Im Alter nimmt zudem die Masse des den Muskel umgebenden Fettgewebes zu und die Dichte des Muskels ab.

Unterschiede bei Muskelmorphologie und -oberflächen durch verschiedene Herkunft der Personen werden durch HANSON ET AL. (1999) belegt. Rassenunterschiede machen sich an der Muskulatur bemerkbar und müssen bei Punktionen berücksichtigt werden. In einer Untersuchung an 44 verstorbenen Schwarzafrikanern und Kaukasiern zeigen HANSON ET AL. (1999), dass die Mm. psoas bei Schwarzen deutlich stärker ausgeprägt sind als bei Weißen. Sowohl für die Breite als auch für die Dicke und den Durchmesser

des Muskels lassen sich bei Schwarzafrikanern größere Werte als bei Kaukasiern messen. Die durchschnittlich erhobenen Werte auf dem Niveau L4/L5 liefern vergleichbare Ergebnisse mit den in dieser Studie ermittelten Werten für die Dicke der Muskeln (Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich der Muskelmorphologie des M. psoas verschiedener Rassen

	Schwarzafrikaner	Weiße	Studienergebnisse
Dicke [mm]	43,9 ± 1,5	20,8 ± 1,1	23,2 ± 0,53
Breite [mm]	49,5 ± 1,8	22,1 ± 1,2	38,6 ± 0,71

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Evaluation vor einer möglichen Punktion ist die gezielte Frage nach der Einnahme von Antikoagulanzien. Die gehäufte Anwendung von Medikamenten zur prophylaktischen Gerinnungshemmung im Alter muss berücksichtigt werden. Komplikationen nach Punktionen mit der Ausbildung großer retroperitonealer Hämatome sind von AVELINE & BONNET (2004), BÜTTNER (2005) und KLEIN ET AL. (1997) beschrieben worden. Auch die Ausprägung von Hämatomen am M. psoas ist möglich und kann durch Kompression der Nerven intramuskulär zu Schmerzen führen.

Ebenso können sich Abszesse entlang des M. psoas nach Anlage eines Katheters entwickeln und zu Problemen führen. Solche entzündlichen Prozesse können einerseits zur Verdrängung des Muskels führen, andererseits kann die Analgesie nicht mehr sichergestellt werden. Außerdem wäre es möglich, dass weitere Komplikationen auftreten, die bis zur Ausbildung einer Sepsis führen (NEUBURGER ET AL. 2005).

Auch ausgeprägte Gefäßveränderungen der abdominellen Aorta, vor allem Aneurysmen können den Muskel in seiner Lage beeinträchtigen und aus seiner ursprünglichen Position verdrängen. Bei einem Leichnam der Studie wird ein sehr großes Aneurysma im Retrositus festgestellt. Die ventrale Oberfläche des Muskels ist durch Kompression verändert. Durch die Lage des Aneurysmas wird zudem die Entnahme des Muskels erschwert. Es ist denkbar, dass durch solche Umstände Irritationen des Plexus lumbalis zustande kommen können. Auch PILZ & HOPF (1975) beschreiben eine derartige Komplikation bei vorliegendem Aortenaneurysma. Auch andere Prozesse sind denkbar und müssen Berücksichtigung bei der Beurteilung der Muskeln finden. So können bei-

spielsweise entzündliche Veränderungen im Retroperitonealraum, die in der Nähe des M. psoas auftreten, oder Strahlenplexopathien nach Radiatio bei kolorektalem Carcinom Auslöser ausgeprägter Plexopathien sein. Auch angeborene Gefäßanomalien und neoplastische Neubildungen, die sowohl Muskel als auch Nerven beeinflussen, müssen in die Überlegungen einbezogen werden, wenn ein ausgeprägter Schmerzbefund vorliegt (OBERNDORFER & GRISOLD 2004). Komplikationen, die durch solche Veränderungen auftreten, können schwerwiegende Folgen für das Leben des Patienten haben und verlangen deshalb enge Grenzen für die Indikationsstellung der PCB und ein gezieltes Vorgehen bei der Punktion.

4.3.4. Ergebnisse der Auswertung der Nervenverläufe

Auf der untersuchten Höhe (L4/L5) zeigen die Nervenverläufe die größte Übereinstimmung für ihr gemeinsames Auftreten am Muskel. Für die Auswertung werden die relevanten Strukturen des Plexus lumbalis zunächst einzeln betrachtet und schließlich ihr Verhalten auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 dokumentiert. Hier lassen sich gleiche Verlaufsstrecken und Austrittsstellen aus dem Muskel beurteilen. Dieses Ergebnis ist hilfreich für die genaue Definition von Punktionsstellen und deren Identifizierung am Patienten. Der Verlauf der Nerven ist entscheidend für das Gelingen der Punktion und der exakten Katheteranlage.

Im Rahmen der Studie wird versucht, die Nervenverläufe im Muskel mit der Magnetresonanztomographie darzustellen. Sämtliche Sequenzen werden an fünf Muskeln getestet. Entgegen der ursprünglichen Annahme lassen sich keine Kontraste zwischen Muskel und Nerven erzeugen. Die Untersuchung wird aus diesem Grund nicht fortgeführt.

Es sollte eigentlich eine Darstellung der Nerven vor der makroskopischen Untersuchung am Muskel erfolgen, um die nervalen Strukturen in ihrem intramuskulären Verlauf zu beurteilen. Für diese Untersuchung darf der Muskel nicht in seiner Form verändert werden. Um dies zu gewährleisten, können keine intramuskulären Markierungen angebracht werden.

Die Darstellung des Retroperitonealraumes und des M. psoas kann genutzt werden, um die Ausbreitung des Analgetikums und die Lage des Katheters im Psoaskompartment zu überprüfen**.** MANNION ET AL. (2005A) zeigen in einer Studie an vier Patienten die Darstellung des M. psoas und die Ausbreitung von Kontrastmittel über die angelegte Punk-

tionsnadel. Es werden zwei Punktionsverfahren nach CAPDEVILA und nach WINNIE verglichen. Nach Katheteranlage wird der Erfolg mit Magnetresonanztomographie überprüft. Es ist grundsätzlich möglich, die Nervenverläufe so sichtbar zu machen. Qualitativ gute Aussagen erhält man ebenso durch die Untersuchung mit Computertomographie (CAPDEVILA ET AL. 2002).

4.3.4.1. Verlauf des N. cutaneus femoris lateralis

Diese Studie zeigt, dass der Nerv in den meisten Fällen einen intramuskulären Verlauf hat. Im Muskel gibt der N. cutaneus femoris lateralis weitere Fasern ab, die nach kurzer Strecke enden und vermutlich der Innervation des M. psoas dienen. Die entscheidende Auswertungshöhe der Studie ist der Raum zwischen den Wirbelkörpern L4 und L5. An dieser Stelle werden sämtliche Nervenverläufe dokumentiert und mit den anderen beiden untersuchten Nervenstrukturen verglichen. Der N. cutaneus femoris lateralis zeigt auf dieser Höhe in 70,7% der Fälle einen intramuskulären Verlauf. 29,3% der untersuchten Nerven sind auf Höhe der Bandscheibe L4/L5 bereits aus dem Muskel ausgetreten oder haben einen komplett extramuskulären Verlauf (3,6% aller Nerven). Die Ergebnisse zeigen, dass die Nn. cutanei femoris laterales vorrangig intramuskulär verlaufen und auf der Höhe der Bandscheibe L4/L5 mit weiteren Nervenstrukturen des Plexus lumbalis kommunizieren können. Dies geschieht vor allem durch die Nähe während des intramuskulären Verlaufs und bei Austritt aus dem Muskel. In der Studie wird vor allem die Nähe der Nn. femorales zu den Nn. cutanei femoris laterales festgestellt. Der N. obturatorius ist durch seine extramuskuläre Lage nicht in die Kommunikation der Nerven am lateralen Muskelrand einbezogen, verläuft aber auf der untersuchten Höhe meist nah am Muskel. Aufgrund dieses Ergebnisses sollte die PCB auf Höhe der Wirbelkörper L4/L5 angelegt werden. Je nach angewendetem Punktionsverfahren sollte der Anästhesist individuell entscheiden, ob eine Korrektur bei unvollständiger Anlage der Blockade nach kranial erfolgen kann.

Durch den hohen Anteil an extramuskulären Verläufen des N. cutaneus femoris lateralis auf der untersuchten Höhe zeigt sich jedoch auch, weshalb die PCB teilweise zu einer unvollständigen Blockade der drei Nerven führen. Wenn ein intramuskulärer Verlauf der Nerven vorliegt, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer vollständigen Blockade ausgegangen werden. Dies erklärt sich durch die bessere Ausbreitung des Anäs-

thetikums entlang der Nerven, wenn diese im Muskel verlaufen. Im Vorfeld der Punktion ist dies allerdings nur schwer zu evaluieren und damit kein sicherer Parameter für die Punktion. Die Probleme, die bei der Blockade auftreten, erklären sich durch die mangelnde Infiltration der Nerven mit Anästhetikum. Durch eine komplett extramuskuläre Lage ist die Ausbreitung des Anästhetikums auf die Nerven erschwert, da bei der PCB zunächst der M. psoas punktiert wird. Die Verteilung erfolgt also intramuskulär und erreicht die extramuskulär gelegenen Nerven nicht. Der Nervenverlauf ist jedoch ein Parameter, der nicht willentlich beeinflusst werden kann und daher immer als Variable bei der Punktion erscheint. Rückschlüsse können nicht von einem Patienten auf den nächsten gezogen werden, da die Aufteilung des Plexus lumbalis zu individuell ist. Es zeigen sich zwar häufig gemeinsame Verläufe der Nn. cutanei femoris laterales und der Nn. femorales, diese können jedoch, wie in dieser Arbeit gezeigt, immer variieren und so das Punktionsergebnis beeinflussen.

Es zeigt sich also, dass die PCB nur durch Evaluation der anatomischen Gegebenheiten im Vorfeld, ausführliche Planung und gute Überwachung während der Punktion verbessert werden kann. Risiken einer Fehlpunktion, wie die Ausbreitung des Analgetikums in den Epiduralraum (ROTZINGER ET AL. 2004), können hierdurch eingeschränkt werden. Die Ausbreitung des Anästhetikums auf den Spinalraum oder eine Fehllage des Katheters im Spinalkanal (POUSMAN ET AL. 2003) können durch Kombination der PCB mit Sonografie verhindert bzw. reduziert werden. Leitsymptome spinaler Anästhesie, wie Blutdruckabfall, Atemnot, weite Pupillen und mangelnde Reaktion auf Schmerzreize, müssen Beachtung finden. Zum Nachweis kann eine radiologische Darstellung der Ausbreitung des Anästhetikums im Spinalkanal erfolgen (DE BIASI ET AL. 2003). Außerdem kann die posteriore Psoaskompartmentblockade auch zu unvollständiger Spinalanästhesie führen, wenn sie vor dieser angelegt wird (LANG ET AL. 2005). Die Einschätzung der vollständigen Anästhesie ist insofern eingeschränkt, als der Patient keine Aussage über die Schmerzintensität machen kann.

Der Nervenverlauf lässt sich in der Studie exakt am Präparat vermessen. Sowohl intramuskuläre Verlaufsstrecken als auch Ein- und Austrittsstellen können sehr genau ermittelt werden. Eintrittsstellen der Nerven in den Muskel zeigen sich relativ konstant bei Wirbelkörper L3/L4, die Austrittsstellen variieren teilweise stark, da sie von der intramuskulären Verlaufsstrecke, dem Verlaufswinkel und den individuellen Gegebenheiten

abhängig sind. Je nachdem wie lang die intramuskuläre Verlaufsstrecke ist, können die Austrittsstellen zwischen L4 und S1 dokumentiert werden. Auch die Länge des Verlaufs kann einen Blockadeerfolg bedingen oder unmöglich machen. Bei zu kranialem Austritt oder zu kurzem intramuskulärem Verlauf kann die Nerveninfiltration ebenfalls erschwert sein.

Eintrittswinkel werden zusätzlich vermessen, um zu untersuchen, wie sie den weiteren Verlauf beeinflussen. Die Vermessungen sind bei einer Lage der Muskeln in situ nur schwer zu realisieren, da sich die Nervenwurzeln an der dorsalen Muskelseite befinden und der Zugang schwierig ist. Vor allem die flexible Betrachtung der Muskeln von allen Seiten ermöglicht bei der Auswertung eine Dokumentation des Verhaltens der Nervenfasern. Ausnahmen können so besser erfasst werden, beispielsweise können mehrteilige Nervenstränge im Muskel dargestellt und einzeln dokumentiert werden.

Zuletzt stellt sich die Frage, wie der Verlauf der Nerven bei den 50 Präparaten gewesen ist, die nicht in die Auswertung der Nn. cutanei femoris laterales einbezogen werden können. Zu klären bleibt, warum die Nerven nicht am Präparat aufzufinden sind. Möglich ist, dass die Nerven komplett extramuskulär verlaufen oder dass die Nerven bei der Präparation in situ abgerissen sind. Wenn all die Nerven extramuskulär verlaufen, würde sich das Ergebnis zugunsten der extramuskulären Verläufe verschieben und die erhobenen Werte in Frage stellen. In einer erneuten Studie wäre es sinnvoll, den Verlauf der Nerven von Anfang an in situ zu dokumentieren, um Fehler auszuschließen. In Bezug auf die Muskelmorphologie und entsprechende intramuskuläre Nervenverläufe könnte man versuchen, die definierte Länge des Muskels in Bezug zum intramuskulären Verlauf zu sehen.

4.3.4.2. Verlauf des N. femoralis

Der Verlauf des N. femoralis wird wie zuvor der N. cutaneus femoris lateralis am M. psoas untersucht. Für diesen Studienabschnitt können 188 Muskeln einbezogen werden, an denen der Nerv nachzuweisen ist. Die Auswertung stützt sich auf 95 Muskeln aus der rechten und 93 aus der linken Körperhälfte. Durch die starke Ausprägung des N. femoralis ist die Markierung des Nervs in situ einfach. Er kann problemlos mit dem Muskel während der Präparation entnommen werden. Die Zahl fehlender Nerven lässt sich so im Vorfeld minimieren.

In den Auswertungen zeigt sich überwiegend ein intramuskulärer Verlauf der Nerven auf der untersuchten Höhe zwischen L4/L5. Des Weiteren zeigt der Nerv häufig mehrere Anteile, die sich im Muskel verzweigen. Die einzelnen Anteile haben oft verschiedene Faserverläufe im Muskel. Sie vereinigen sich jedoch entweder intramuskulär oder kurz nach Austritt aus dem Muskel. Die intramuskuläre Verlaufsstrecke variiert stark. Der Nerv tritt meist auf Höhe L4 in den Muskel ein und weist dann unterschiedlich lange Verläufe im Muskel auf.

Im Rahmen dieser Studie wird versucht, den Einfluss der Muskelmorphologie und des Alters der Patienten auf den Verlauf des Nerven zu dokumentieren. Der Nerv besteht aus zahlreichen Fasern, die sich an der Dorsalseite des M. psoas aus den einzelnen Wurzelanteilen von L2-L4 vereinigen. Es könnte sein, dass die Muskeldicke an der Eintrittsstelle des Nervs entscheidend für den weiteren Verlauf ist. Dies kann in der Untersuchung nicht bestätigt werden. In der Auswertung lässt sich kein direkter Zusammenhang zwischen dem Parameter Muskeldicke und Verlauf des N. femoralis herstellen. Unterschiedliche Werte der Muskeldicke im Situs können mit intra- und extramuskulären Verläufen einhergehen. Die unterschiedlichen Muskelbreiten zeigen ebenfalls keine Korrelation mit dem intramuskulären Nervenverlauf.

Auffällig ist die Nähe der extramuskulär verlaufenden Nn. femorales zu N. obturatorius und V. lumbalis ascendens. Sie ist in einigen Fällen am entnommenen Präparat zu sehen. In den Fällen, in denen der Nerv extramuskulär nachweisbar ist (31,9%), kann er im Fettgewebe identifiziert werden. An dieser Stelle befindet sich auch der N. obturatorius an der Dorsalseite des Muskels. Eine Erklärung für die Unvollständigkeit einer PCB könnte demnach der extramuskuläre Verlauf der Nerven im Fettgewebe sein. Einige Anästhetika breiten sich im Fettgewebe nur schlecht aus und erreichen so die Nerven nur in geringen Mengen. Es besteht zudem die Möglichkeit einer partiellen Blockade des N. femoralis, wenn vereinzelt Fasern in den dorsalen Anteilen des M. psoas erreicht werden. Im weiteren Verlauf kann die Verteilung des Anästhetikums wie beschrieben eingeschränkt sein.

Die Nähe des N. obturatorius zur V. lumbalis ascendens könnte der Grund für weitere Komplikationen sein. Es besteht die Möglichkeit der intravasalen Applikation des Anästhetikums und der Ausbildung retroperitonealer Hämatome. Diese können vor allem im Zusammenhang mit der Einnahme von Antikoagulanzien beobachtet werden (BÜTTNER

2005, KLEIN ET AL. 1997). Eine Aspirationsprobe vor Injektion des Anästhetikums ist daher unerlässlich.

Um Risiken einzugrenzen, zeigt sich immer wieder die Notwendigkeit sonographischer Kontrollen bei der Punktion (WIESSNER ET AL. 2004A, WIESSNER ET AL. 2004B). Auch die Abklärung der anatomischen Verhältnisse des Retroperitonealraumes ist im Vorfeld einer Punktion zu empfehlen. Dies sollte geschehen, um Fehlpunktionen zu vermeiden und anatomische Variationen besser einschätzen zu können.

4.3.4.3. Verlauf des N. obturatorius

Der Verlauf des N. obturatorius wird analog zu den beiden anderen Nerven der Studie dargestellt und dokumentiert. Allgemein lässt sich sagen, dass die Darstellung und das Aufsuchen des N. obturatorius durch seinen Verlauf erleichtert ist. Seine Lage kann regelmäßig an der Dorsalseite des Muskels dokumentiert werden. Nur in einem Fall wird ein kurzer intramuskulärer Verlauf festgestellt. Der Nerv wird nach kaudal im Retrositus von Fettgewebe umschlossen. Das Fett um den Muskel und im Retroperitonealraum nimmt im Alter an Menge zu und kann dann auch die anderen Nerven des Plexus lumbalis umschließen und ihre Position beeinflussen (IMAMURA ET AL. 1983). Punktionserfolge können dadurch eingeschränkt sein, wenn sich das Anästhetikum nur schlecht im Fettgewebe verteilt.

Der Nerv hat eine enge Beziehung zu den anderen Nervenstrukturen im Retrositus. Vor allem im Bereich der Bandscheibe zwischen L4/L5 sind die Nerven in unmittelbarer Nachbarschaft im und am Muskel angeordnet. Ihr weiterer Verlauf bestimmt sich durch Gegebenheiten des jeweiligen Körpers. Durch den extramuskulären Verlauf des N. obturatorius erscheint eine Punktion und Blockade in situ erschwert zu sein. Die vollständige Blockade bei der PCB kann durch die Anästhesie einzelner Wurzelfasern gelingen. Diese verlaufen wie die Wurzelfasern für den N. femoralis im dorsalen Anteil des M. psoas. Bei guter Punktion des Muskels und Ausbreitung des Anästhetikums kann so die vollständige Blockade aller Nerven gelingen.

Durch die in dieser Studie angewendete sorgfältige Entnahme kann von einem regelhaften Verlauf des Nervs an der Dorsalseite des Muskels ausgegangen werden. Dieser extramuskuläre Verlauf des Nervs erklärt den Umstand einer häufig erschwerten vollständigen Blockade des Plexus lumbalis. Es zeigt sich auch bei der Untersuchung des

N. obturatorius, dass der Nerv auf der untersuchten Höhe in den meisten Fällen (71,7%) auffindbar ist. Daraus ergibt sich, dass auch in diesem Fall die Punktion und die Korrektur der Nadelposition nach weiter kranial sinnvoll erscheinen. Vor und während der Korrektur sollte die Nadelposition zumindest mittels Elektrostimulation kontrolliert werden. Die Wahrscheinlichkeit, einen Großteil der Fasern auf Höhe L4/L5 zu blockieren, ist gut. Eine reguläre Punktion an einer noch weiter kranial gelegenen Stelle erscheint momentan schwierig, da nur unter sonografischer Kontrolle Risiken weitgehend minimiert werden können.

Der Einfluss eines zusätzlichen N. obturatorius accessorius scheint nur von geringer Bedeutung zu sein. Das Auftreten eines mehrteiligen Nervenverlaufs ist in der Literatur (BARDEEN 1907) beschrieben und soll teilweise für die Unterschiede der Innervationsgebiete des N. obturatorius verantwortlich sein. Für die Punktion ist dies von untergeordneter Bedeutung, da die Blockade höher angelegt ist als die Aufzweigung des Nervs in einzelne Bestandteile.

4.3.5. Ergebnisse der Skoliosepräparate

Im Vergleich zu den anderen Präparaten der Studie ergeben sich an den 14 Muskeln deutlich verminderte Ausprägungen der Muskeloberflächen. Auffällig sind die Unterschiede zwischen den Muskeln eines Leichnams, die öfter als in anderen Fällen stark interindividuell zu variieren scheinen. Dies lässt sich auf die Beeinträchtigung der Muskeln durch Rotation der Wirbelkörper und Verschiebung der Wirbelsäule im Retroperitonealraum zurückführen.

DE BIASI ET AL. (2003) beschreiben den Einfluss von Skoliosen und Adipositas auf eine Punktion. Es können vermehrt schwere Komplikationen auftreten, wenn die Identifikation wichtiger Orientierungspunkte nicht möglich ist. Eine Katheterfehllage kann zu ausgedehnter Epiduralanästhesie und Spinalanästhesie führen (LITZ ET AL. 2004, MURAVCHICK & OWENS 1976, POUSMAN ET AL. 2003).

Nachteil der vorliegenden Untersuchung ist die geringe Zahl der Präparate. Durch die rein zufällige Auswahl der Leichname kann im Vorfeld kein Einfluss auf die Anzahl der Muskelpräparate genommen werden. Die Anzahl der Leichname mit Skoliose beläuft sich auf 7 aus 95 untersuchten Körpern.

In der Studie ist die direkte Dokumentation des Nervenverlaufs am Präparat möglich. Der Nerv kann individuell aufgesucht werden. Für die spezielle Auswertung des Nervenverlaufs an diesen Präparaten stehen nur zehn Nn. cutanei femoris laterales zur Verfügung, da sich vier nicht mehr an den entnommenen Muskeln auffinden lassen.

Alle untersuchten Nerven verlaufen zumindest teilweise im Muskel. In den meisten Fällen kann ein sehr langer intramuskulärer Verlauf gezeigt werden. Nur 2 der 10 Nerven treten vor der untersuchten Höhe zwischen L4 und L5 aus.

Der N. femoralis kann ausnahmslos identifiziert und beurteilt werden. Er verläuft in der Hälfte der Fälle extramuskulär. In der Gesamtbetrachtung macht dies einen erheblichen Anteil an allen extramuskulär verlaufenden Nn. femorales der Studie aus. Es stellt sich die Frage, ob die veränderte Muskelmorphologie mit diesen Verläufen in Zusammenhang steht. Eventuell verursacht die veränderte Muskeldicke und -breite einen intra- oder extramuskulären Verlauf. Eine weiterführende Studie könnte diese erhobenen Werte bestätigen oder verwerfen.

Für die Betrachtung des N. obturatorius können 13 der 14 Muskeln verwendet werden. Ein Nerv hat sich durch die Präparation gelöst. An 9 der 13 Muskeln wird ein extramuskulärer Verlauf der Nerven am Muskel auf Höhe der Bandscheibe zwischen L4/L5 beobachtet. In den restlichen Fällen ist der Nerv erst im weiteren Verlauf nach kaudal am Muskel zu sehen. Die Ergebnisse decken sich mit den Verläufen der Nn. obturatorii an anderen Präparaten. Der beobachtete Verlauf ist nicht auffällig, da der Nerv auch in allen anderen Fällen fast ausnahmslos extramuskulär anzutreffen ist. Ein intramuskulärer Verlauf wäre nicht zu erwarten gewesen.

Fraglich ist, ob die veränderte Muskelmorphologie die Nerven in ihrem Verlauf komprimieren kann und so zu Problemen führt. Dies könnte sich ähnlich einer Tumorplexopathie mit verdrängendem Wachstum im Retroperitonealraum auswirken und klinische Symptome wie Dysästhesien hervorrufen (OBERNDORFER & GRISOLD 2004). Um dieser Tatsache nachzugehen, bedarf es einer gesonderten Befragung von Patienten mit klinisch relevanter Skoliose. Außerdem sollte ein bildgebendes Verfahren genutzt werden, um das Ausmaß der Störung und der dazugehörigen Veränderung an Muskeln und Wirbelsäule zu dokumentieren.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

In der Studie können neue Erkenntnisse über den gemeinsamen Verlauf der Nerven im und am M. psoas gewonnen werden. Vor allem das Verhältnis zwischen dem N. femoralis und dem N. cutaneus femoris lateralis wird konkretisiert und ihre Lage zueinander beschrieben. Leider können nicht sämtliche Präparate vollständig in die Untersuchung einbezogen werden, da einige Nerven nicht mehr am Muskel aufzufinden sind. In einer erneuten Studie wäre es daher sinnvoll, den Verlauf der Nerven von Anfang an in situ zu dokumentieren, um Fehler auszuschließen.

Eine regelhafte Aussage über den Verlauf der Nerven am und im Muskel lässt sich nicht treffen, da sich die Nerven interindividuell verschieden verhalten. Es muss also immer eine individuelle Evaluation der Plexusanatomie erfolgen. Eine genauere Bestimmung der Lagebeziehungen im Situs kann nicht durchgeführt werden, da zahlreiche interne und externe Einflüsse den Verlauf der Nerven und den Muskel beeinträchtigen. Hier fallen in der Studie vor allem Veränderungen der Muskeln durch ausgeprägte Wirbelsäulendeformationen und durch Gefäßveränderungen im Retrositus auf. Die dokumentierten Ergebnisse liefern jedoch Hinweise für eine genauere Positionierung der Nadel bei Punktionen im Bereich des Plexus lumbalis und des M. psoas. Die Mehrzahl der untersuchten Nerven kann auf der untersuchten Höhe L4/L5 intramuskulär oder nah am Muskel angetroffen werden. Bei einer unvollständigen Nervenblockade durch die herkömmliche Positionierung der Nadel kann eine Korrektur nach kranial zum Erfolg führen. Diese sollte vorsichtig und wenn möglich unter visueller sonographischer Kontrolle erfolgen, da das Risiko für eine versehentliche Nierenpunktion steigt.

Auch die Nervendicke kann einen Einfluss auf die Punktionsergebnisse haben. So könnte in weiteren Studien die Beziehung zwischen der Faserdicke der Nerven und dem Punktionsergebnis herausgearbeitet werden. Möglich wäre, dass die Dicke der Nerven den Erfolg der Blockade beeinflusst, indem die Aufnahmefläche für das Anästhetikum vermindert ist. Eventuell ist dies ein maßgebender Faktor, der die Punktion erschwert. Die Nerven müssen im Verlauf nach kaudal verfolgt werden. Dann können Unterschiede in der Faserausprägung erfasst und Schwankungen dokumentiert werden. Der Vergleich der Nervendicken der Nn. cutanei femoris laterales und der Nn. obturatorii mit einer ausgeprägteren Struktur wie dem N. femoralis erscheint sinnvoll.

Weiterführende Ergebnisse, wie die Auswertung der Skoliosepräparate, zeigen, dass erhebliche interindividuelle Unterschiede bestehen. So stellen sich in der Untersuchung der Präparate vor allem Veränderungen an den Muskeloberflächen und damit einhergehende Beeinträchtigungen im Nervenverlauf dar. In anderen Studien zur PCB und Psoasanatomie werden Patienten mit skoliotischen Veränderungen der Wirbelsäule von vornherein aus dem Studienkollektiv ausgeschlossen (KIRCHMAIR ET AL. 2002). Da die Skoliose im Alter jedoch keine Seltenheit ist, ist es wichtig, auch Daten zu erheben, die von einem solchen Patientengut stammen, um weitere Erfahrungen für die Durchführung der PCB sammeln zu können. Eine sichere Aussage lässt sich aus den Beobachtungen dieser Studie nicht treffen. Der Umfang der Stichprobe ist zu gering, um die Ergebnisse verallgemeinern zu können. Außerdem konnten die Ergebnisse nur an weiblichen Leichnamen erhoben werden. Durch eine Vergrößerung des Studienumfangs hätten sich sicher noch mehr Präparate finden lassen, die für eine Auswertung an Skoliosepräparaten geeignet gewesen wären. Die Studie könnte nachträglich erweitert werden, um auch männliche Leichname mit Skoliose in die Auswertungen einbeziehen zu können. Auch die spezielle Untersuchung der Mm. psoas an lebenden Patienten mit Skoliose könnte angestrebt werden. Eine genaue Erfassung der veränderten Muskelmorphologie bei Skoliose könnte durch MRT-Untersuchungen erfolgen. Besonderheiten ließen sich so genauer in die anatomischen Verhältnisse des Retroperitonealraumes einordnen. Eine solche Untersuchung kann ebenso Aufschluss über Veränderungen der Muskeloberflächen bei altersgegebenen Beeinträchtigungen der Wirbelsäule geben. Auch weitere Strukturen des Retrositus (Nieren, Gefäße, Muskeln und knöcherne Strukturen) sollten dargestellt werden, um sie bei Punktionen berücksichtigen zu können. Hilfreiche Verfahren für diese Beurteilung sind CT und Sonografie. Diese helfen im Vorfeld einer Punktion, die Orientierungspunkte zu identifizieren und sicher am Patienten aufzusuchen. Die Indikation zur Psoaskompartmentblockade bei vorliegender Skoliose muss unter Beachtung der speziellen Risiken bei veränderter Wirbelsäulenstatik vorsichtiger gestellt werden.

Mit zunehmendem Alter ändert sich zudem das Verhältnis von Zwischenwirbelräumen und Wirbelkörpern durch Osteochondrose und Osteoporose. Dies kann zu ähnlichen Schwierigkeiten bei der genauen Identifikation der Leitstrukturen der PCB führen wie bei skoliotischen Wirbelsäulen (LITZ ET AL. 2005, LITZ ET AL. 2004, DE BIASI ET

AL. 2003). Eine ungenaue Positionierung der Punktionsstelle an der dorsalen Rumpfwand kann weiterhin das Risiko für Fehlpunktionen und Komplikationen erhöhen.

Die Kombination der Punktion des Psoaskompartments mit einem bildgebenden Verfahren, vor allem der Sonographie, erscheint aufgrund vieler möglicher Einflussvariablen sinnvoll. Zur Darstellung der Muskeloberflächen liefert dieses Verfahren wichtige Hinweise auf Veränderungen im Retrositus, die Nervenverläufe können jedoch nicht einzeln dargestellt werden. Für solche Zwecke eignen sich sowohl die MRT als auch die CT. Da die Darstellung der Nervenverläufe jedoch nicht einfach und ohne Risiken erfolgen kann, sollte die Indikation jedoch nicht allzu großzügig gestellt werden. Eine Untersuchung im Vorfeld einer Punktion kann allerdings wichtige Erkenntnisse über Veränderungen an den Mm. psoas und des Retroperitonealraumes liefern.

Vor allem kombinierte Verfahren (Punktion unter sonografischer Kontrolle) scheinen gut auf die individuellen Bedürfnisse einzugehen und können Risiken bei der Punktion minimieren. Die genaue Überwachung der Lage der Punktionsnadel steht dabei im Vordergrund. Schwierigkeiten, die sich bei einer PCB ergeben, können schneller erkannt werden und damit die Gefahr einer möglichen Komplikation verringern.

KIRCHMAIR (2001) und KAPRAL & MARHOFER (2002) zeigen in ihren Untersuchungen, dass die ultraschallgestützte Punktion das Aufsuchen von anatomischen Punkten des Retroperitonealraumes erleichtert. Auch WIESSNER ET AL. (2004B) konnten große Erfolge für die Punktion und eine Risikominimierung für Nierenpunktionen erzielen (WIESSNER ET AL. 2004A), wenn sie sonografische Kontrollen durchführten. Eine Kombination der neu gewonnenen Erkenntnisse über Nervenverlauf und Muskelmorphologie mit diesem kontrollierten Verfahren scheint sinnvoll.

Die Darstellung der Psoaskompartmentblockade kann außerdem nach Injektion von Kontrastmittel über die Katheteranlage auch mit MRT erfolgen (MANNION ET AL. 2005A). HANNA ET AL. (1993) zeigen die bessere räumliche Darstellung des Plexus lumbalis und der Mm. psoas durch eine CT-Studie an Patienten. Diese Verfahren haben den Vorteil, dass die einzelne Darstellung der Nervenstrukturen in situ ohne vorherige makroskopische Markierung möglich ist. Damit existiert ein Verfahren, dass die Visualisierung des Plexus im Retroperitonealraum ermöglicht und somit Risiken im Vorfeld einer Punktion ausschließen kann. Verfahren, die eine Punktion des M. psoas bereits vor der eigentlichen Punktion verlangen, um die Nerven darzustellen, sollten jedoch aus

Sicherheitsgründen nur durchgeführt werden, wenn die Verhältnisse im Retrositus extrem verändert scheinen. Das Risiko einer Fehlpunktion ist in diesem Fall erhöht und die Indikation für die PCB muss entsprechend überdacht werden. Zudem sollten die zusätzliche Strahlenbelastung bei CT-Untersuchungen und die Kosten beider Verfahren bedacht werden, die entstehen, wenn jeder Patient vor einer PCB untersucht werden würde. Im Vergleich der Verfahren ist jedoch die Sonografie die kostengünstigste und einfachste Methode zur Unterstützung von Punktionen.

Beim Auftreten von Zeichen einer epiduralen oder spinalen Anästhesie können konservative Röntgenaufnahmen verwendet werden, um die Lage der Katheterspitze zu kontrollieren (DE BIASI ET AL. 2003). Damit bietet sich eine relativ kostengünstige und einfache Methode, eine Katheteranlage zu überprüfen, wenn die Punktion unter erschwerten Bedingungen durchgeführt werden muss.

Weitere Faktoren, die den Erfolg einer PCB mindern können, sind die individuellen Gegebenheiten, die nicht oder nur bedingt beeinflussbar sind. In der Studie werden vor allem zwei Faktoren untersucht, die die Muskelmorphologie beeinflussen können. Es zeigen sich jedoch in der Studie keine eindeutigen Einflüsse von Alter oder Ernährungszustand auf die Muskelmorphologie des M. psoas. In der Auswertung lassen sich hier keine direkten Zusammenhänge zwischen dem BMI einer Person und ihrem Muskelvolumen auf der untersuchten Höhe erkennen. Im Retrositus der Leichname stellt sich jedoch teilweise ein vermehrtes retroperitoneales Fettgewebe dar, das Nerven und Muskel umkleidet. Das Alter spielt laut einer Studie von IMAMURA ET AL. (1983) eine tragende Rolle für Veränderungen an den Muskeln und ihren Oberflächen. Auch für den individuellen BMI lässt sich ein Einfluss auf die retroperitoneale Muskelloge und damit auf die Lage der Muskeln nachweisen. Dies kann bei veränderter Muskellage das Ergebnis der Punktion beeinträchtigen. Ein höherer BMI erschwert zum einen die Identifikation von knöchernen Strukturen, zum anderen verändert sich der Abstand des Plexus lumbalis zum Hautniveau. Vor allem die Eindringtiefe der Nadelspitze und die Katheterposition lassen sich bei diesen Patienten schwieriger berechnen als bei Personen mit normalem BMI (LITZ ET AL. 2005). Eine direkte Beziehung zwischen dem Ernährungszustand und der Ausprägung der Muskeloberflächen liegt jedoch nicht vor. Demnach wird eine Zunahme von Muskelmasse scheinbar nicht durch einen höheren BMI verursacht.

Ein weiterer Faktor, der sowohl Nervenverlauf als auch die Muskelmorphologie beeinflussen kann, ist der individuelle Trainingszustand der Personen. In diesem Studienkollektiv sind weder Mobilität noch Tätigkeiten der Personen vor ihrem Tod bekannt, daher können keine detaillierten Untersuchungen in dieser Richtung erfolgen. IMAMURA ET AL. (1983) zeigen in ihrer Studie, dass Immobilität in jedem Alter zu einer starken Abnahme der Muskeldicke führen kann. Die anatomischen Verhältnisse im Retroperitonealraum können hierdurch für eine Punktion ungünstig verändert werden. Dies beeinflusst ebenfalls die Nadeleindringtiefe, da der Plexus in einer der Haut näher gelegenen Schicht anzutreffen ist. Auf diese Veränderungen sollte präoperativ gesondert geachtet werden. Zur Evaluation bedarf es in diesem Fall lediglich einiger Fragen nach dem Mobilitätsgrad der Person, um diesen Risikofaktor einzugrenzen. Es könnte außerdem in einer weiteren Studie die gesamte Ausdehnung des Muskels im Situs vermessen werden. Die Berechnung des Gesamtvolumens könnte Aufschluss über das Gesamtverhältnis der Muskelmasse zum Geschlecht geben. Die Studie kann als Ausgangspunkt dienen, um weitere Vergleiche anzustellen. Unterschiede in der Ausprägung der Muskulatur der dorsalen Rumpfwand können einflussreiche Faktoren bei Punktionen sein. Die Eindringtiefe der Punktionsnadel muss eventuell stärker variiert und sowohl geschlechtsbezogen als auch individuell berechnet werden. Vor allem für Punktionen, die ohne Unterstützung bildgebender Verfahren durchgeführt werden, ist dieses Ergebnis von Bedeutung.

In der Studie kann an einer Leiche ein sehr ausgeprägtes Aneurysma der Aorta dargestellt werden. Auch solche Veränderungen im Retrositus können zu massiven Beeinträchtigungen des M. psoas und somit zu einer Veränderung der Plexusanatomie führen (PILZ & HOPF 1975). Ebenso können Tumoren im Bereich des Retroperitonealraumes die Nerven infiltrieren und zu Läsionen führen (OBERNDORFER & GRISOLD 2004). Es darf nicht vergessen werden, dass die Prävalenz für Nierenzysten im Alter stark ansteigt. Vor allem bei Männern ist die Wahrscheinlichkeit höher als bei Frauen (CARRIM & MURCHISON 2003). Dies muss besondere Beachtung finden, da eine Fehlpunktion des unteren Nierenpols zu schwerwiegenden Komplikationen bis hin zum Nierenversagen führen kann. Während der Präparation und Markierung der Muskeln fielen einige Besonderheiten im Retroperitonealraum der Personen auf, die eine PCB sehr erschweren können. Eine genaue Evaluation von bekannten Erkrankungen des Retrositus, wie

Aneurysmata, Tumoren, Abszessgeschehen und Lymphknotenmetastasen, sollte daher im Vorfeld jeder Punktion durchgeführt werden.

Die unterschiedlichen Nervenverläufe am und im M. psoas und die zahlreichen Einflussfaktoren zeigen also, dass jede Punktion gut geplant und sorgfältig durchgeführt werden muss, um Risiken einzuschränken und Fehler zu vermeiden. Eine Darstellung der Nerven ist in situ nur eingeschränkt möglich und erweist sich durch die retroperitoneale Lage des Plexus lumbalis als schwierig. Die engen anatomischen Verhältnisse des Retroperitonealraumes können zu Problemen führen, wenn Organe, Knochen oder Gefäße in diesem Bereich verändert sind. Eine genaue Bestimmung der Punktionsstelle des Psoaskompartiments erscheint daher notwendig. Den Erkenntnissen der Studie folgend, eignet sich eine Punktion des M. psoas auf Höhe der Wirbelkörper L4/L5, um die Nerven des Plexus bestmöglich zu erreichen. Korrekturen der Katheterposition sollten sich im Falle einer erschwerten Punktion nach kranial richten und möglichst sonografisch kontrolliert werden.

6. Zusammenfassung

Bereits seit einigen Jahren werden für die Anästhesie bei Hüft- und Knieoperationen periphere Nerven- und Plexusblockadeverfahren eingesetzt. Diese sollen intra- und postoperativ die Analgesie verbessern und eine schnellere Mobilisierung der Patienten ermöglichen. Vor allem bei der Durchführung der Psoaskompartmentblockade (PCB) treten jedoch immer wieder Komplikationen auf, die sich vor allem durch unvollständige Nervenblockade oder durch Ausbreitung des Schmerzmittels nach epidural zeigen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch genaue Betrachtung der Nerven des Plexus lumbalis (vor allem der Nn. femoralis, obturatorius und cutaneus femoris lateralis), die Zusammenhänge zwischen den Nervenverläufen im und am M. psoas aufzuzeigen sowie individuelle Einflussfaktoren (Alter, Körpermaße, organische Besonderheiten) auf Muskel und Nerven aufzudecken. Zudem soll untersucht werden, ob es eine Möglichkeit gibt, durch genauere Kenntnis der Nervenverläufe die Lage der Punktionsstelle zu verbessern, um die Komplikationsrate zu verringern.

Die Studie wird an 95 Leichnamen durchgeführt, die zuvor im Präparierkurs des Anatomischen Instituts der LMU vorpräpariert werden. Im Situs werden zunächst Leitstrukturen der PCB sowie die Mm. psoas und die Nerven des Plexus lumbalis aufgesucht, anschließend mit Nahtmaterial markiert und entnommen. Auf individuelle Besonderheiten im Situs wird bereits während der Entnahme geachtet, um diese in die spätere Auswertung einbeziehen zu können. Die Untersuchung erfolgt strukturiert an jedem einzelnen Muskel mit einer Schublehre und einem Winkelmesser, um sowohl die Muskelmorphologie als auch die Nervenverläufe optimal erfassen zu können.

In der Untersuchung der Präparate lässt sich weder ein Einfluss des Alters der Personen noch ihres Bodymassindex auf die Ausprägung der Muskeloberflächen zeigen. Lediglich das Geschlecht der Personen scheint einen Zusammenhang mit der Dicke und Breite der Muskeln zu haben, da sich die Werte mit der größten Ausdehnung der Muskeln im Situs bei männlichen Leichnamen (Breite: 5,7 cm, Dicke: 3,6 cm) und die kleinsten gemessenen Werte bei Präparaten weiblicher Personen (Breite: 2,0 cm, Dicke: 0,9 cm) finden.

Die Auswertung der Nervenverläufe und ihrer Beziehungen ergibt, dass der N. cutaneus femoris lateralis auf der untersuchten Höhe (Bandscheibe L4/L5) in 68,6 % und der N.

femoralis in 68,1 % der Fälle intramuskulär anzutreffen sind. Der N. obturatorius hat einen regelhaft extramuskulären Verlauf an dieser Stelle oder ist erst noch weiter kaudal als auf Höhe der Wirbelkörperoberkante L5 im Situs aufzufinden. Die einzelnen Verläufe der Nerven variieren jedoch so stark, dass sich in dieser Studie keine Regelmäßigkeit feststellen lässt, auf deren Grundlage eine Veränderung der Punktionsstelle die Blockade sicherer machen würde.

Wichtig erscheint jedoch die Kenntnis von individuellen muskuloskeletalen (Skoliosen) und organischen (Nierentiefstand, Nierenzysten, Aortenaneurysmen) Besonderheiten, die die Muskelmorphologie und die Nervenverläufe beeinflussen und daraus folgend eine Punktion erschweren oder unmöglich machen können.

In Hinblick auf die zunehmende Zahl der PCB bei Operationen an Knie und Hüfte sollten individuelle Einflussfaktoren genau erfragt und bei Hinweisen auf muskuloskeletale Veränderungen oder bekannten vaskulären Vorerkrankungen weitere diagnostische Schritte (Sonografie, MRT der Wirbelsäule) eingeleitet werden. Die Erfolgswahrscheinlichkeit der PCB erhöht sich durch zusätzlich zur Elektrostimulation durchgeführte sonografische Kontrollen während der Punktion. Dies erleichtert die Katheteranlage und verbessert die Blockade aller drei Nerven durch individuelle Anpassung an die Verhältnisse im Retroperitonealraum. Zudem hat der Anästhesist die Möglichkeit, die Position der Punktionsnadel nach kranial zu korrigieren ohne dabei Strukturen des Retroperitonealraumes zu verletzen.

7. Literaturverzeichnis

AIDA ET AL. 1996

Aida S, Takahashi H, Shimoji K (1996) **Renal subcapsular hematoma after lumbar plexus block**. Anesthesiology 84: 452-455.

AVELINE & BONNET 2004

Aveline C, Bonnet F (2004) **Delayed retroperitoneal haematoma after failed lumbar plexus block**. Br J Anaesth 93: 589-591.

AWAD & DUGGAN 2005

Awad IT, Duggan EM (2005) **Posterior lumbar plexus block: anatomy, approaches and techniques**. Reg Anesth Pain Med 30: 143-149.

BARDEEN 1907

Bardeen. American Journal of Anatomy (1907) **Gray`s Anatomy of the Human Body: The Lumbosacral Plexus**. http://education.yahoo.com/reference/gray/subjects/subject?id=212#1 (06/02/2005).

BIBOULET ET AL. 2004

Biboulet P, Morau D, Aubas P, Bringuier-Branchereau S, Pharm D, Capdevila X (2004) **Postoperative analgesia after total hip arthroplasty: Comparison of intravenous patient-controlled analgesia with morphine and single injection of femoral nerve or psoas compartment block. A prospective, randomize, double-blind study**. Reg Anesth Pain Med 29: 102-109.

BROADBENT ET AL. 2000

Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R (2000) **Ability of anaesthesists to identify a marked lumbar interspace.** Anaesthesia 55: 1122-1126.

BÜTTNER 2005

Büttner J (2005) **Thrombembolieprophylaxe bei peripheren Blockadetechniken zur Regionalanästhesie**. Anaesthesie-cme.de 1.

CAPDEVILA ET AL. 1999

Capdevila X, Barthelet Y, Biboulet P et al. (1999) **Effects of postoperative analgesic technique on the surgical outcome and duration of rehabilitation after major knee surgery**. Anesthesiology 91: 8.

CAPDEVILA ET AL. 2002

Capdevila X, Macaire P, Dadure C, Choquet O, Biboulet P, Ryckwaert Y, D`Athis F (2002) **Continous psoas compartment block for postoperative analgesia after total hip arthroplasty: New landmarks, technical guidelines, and clinical evaluation**. Anesth Analg 94: 1606-1613.

CAPDEVILA ET AL. 2005

Capdevila X, Coimbra Claudia, Choquet O (2005) **Approaches to the lumbar plexus: Success, risks and outcome.** Reg Anesth Pain Med 30: 150-162.

CARRIM & MURCHISON 2003

Carrim ZI, Murchison JT (2003) **The prevalence of simple renal and hepatic cysts detected by spiral computed tomography**. Clin Radiol 58: 626-629.

CHAYEN ET AL. 1976

Chayen D, Nathan H, Chayen M (1976) **The Psoas Compartment Block.** Anesthesiology 45: 95-99.

DE BIASI ET AL. 2003

De Biasi P, Lupescu R, Burgun G, et al (2003) **Continous lumbar plexus block: Use of radiographie to determine catheter tip location**. Reg Anesth Pain Med 28: 135-139.

DI BENEDETTO ET AL. 2005

Di Benedetto P, Pinto G, Arcioni R, De Blasi RA, Sorrentino L, Rossifragola I, Baciarello M, Capotondi C (2005) **Anatomy and imaging of lumbar plexus**. Minerva Anestesiol 71: 549-554.

DIETEMANN ET AL. 1987

Dietemann JL, Sick H, Wolfram-Gabel R, Cruz da Silva R, Koritke JG, Wackenheim A (1987) **Anatomy and computed tomography of the normal lumbosacral plexus.** Neuroradiology 29: 58-68.

FARNY ET AL. 1994A

Farny J, Drolet P, Girard M (1994) **Anatomy of the posterior approach to the lumbar plexus block**. Can J Anaesth 41: 480-485.

FARNY ET AL. 1994B

Farny J, Girard M, Drolet P (1994) **Posterior approach to the lumbar plexus combined with a sciatic nerve block using lidocaine.** Can J Anaesth 41: 486-491.

GANIDAĞLI ET AL. 2005

Ganidağlı S, Cengiz M, Baysal Z, Baktiroglu L, Sarban S (2005) **The comparison of two lower extremity block techniques combined with sciatic block: 3-in-1 femoral block vs. psoas compartment block**. Int J Clinical Practice 59: 771-776.

GENTILI ET AL. 1998

Gentili M, Aveline C, Bonnet F (1998) **Rachianesthésie totale après bloc du plexus lombaire par voie postérieure.** Ann Fr Anesth Réanim 17: 740-742.

HANNA ET AL. 1993

Hanna MH, Peat SJ, D'Costa F (1993) **Lumbar Plexus Block: an anatomical study.** Anaesthesia 48: 675-678.

HANSON ET AL. 1999

Hanson P, Magnusson SP, Sorensen H, Simonsen EB (1999) **Anatomical differences in the psoas muscles in young black and white men**. J Anat 194(Pt 2): 303-307.

IMAMURA ET AL. 1983

Imamura K, Ashida H, Ishikawa T, Fujii MJ (1983) **Human major psoas muscle and sacrospinalis muscle in relation to age: a study by computed tomography**. J Gerontol 38: 678-681.

JELEV ET AL. 2005

Jelev L, Shivarov V, Surchev L (2005) **Bilateral variations of the psoas major and the iliacus muscles and presence of an undescribed variant muscle—accessory iliopsoas muscle**. Ann Anat 187: 281-286.

KAPRAL & MARHOFER 2002

Kapral S, Marhofer P (2002) **Ultraschall in der Regionalanästhesie, Teil II: Ultraschallunterstützte Blockaden der peripheren Nervenbahnen**. Der Anästhesist 51: 1006-1014.

KIRCHMAIR 2001

Kirchmair LPM (2001) **Der ultraschallkonrollierte Psoas-Kompartment-Block: Grundlagen und Technik für ein neues Verfahren in der Regionalanästhesie**. Universität Innsbruck. Dissertationsdatenbank.

KIRCHMAIR ET AL. 2002

Kirchmair L, Entner T, Kapral S, Mitterschiffthaler G (2002) **Ultrasound guidance for the psoas compartment block: An imaging study.** Anesth Analg 94: 706-710.

KLEIN ET AL. 1997

Klein S, D`Ercole F, Greengrass R, Warner D (1997) **Enoxaparin Associated with Psoas Hematoma and Lumbar Plexopathie after Lumbar Plexus Block**. Anesthesiology 87: 1576-1579.

LANG ET AL. 2005

Lang SA, Prusinkiewicz C, Tsui BCH (2005) **Failed spinal anesthesia after a psoas compartment block.** Can J Anesth 52: 74-78.

LIPPERT 2000A

Lippert H (2000) **Niere(Ren[Nephros])**. In: Lippert H (Autor) Lehrbuch Anatomie. Urban & Fischer, München Jena, 323-340.

LIPPERT 2000B

Lippert H.: **Plexus lumbalis**. In: Lippert H (Autor) Lehrbuch Anatomie. Urban & Fischer, München Jena, 353-354.

LITZ ET AL. 2005

Litz RJ, Vicent O, Wiessner D, Heller AR (2005) **Der Psoaskompartmentblock – höhere Effektivität auf Kosten der Sicherheit?**. Anaesthesie-CME.de: Beitrag 7.

LITZ ET AL. 2004

Litz RJ, Vicent O, Wiessner D, Heller AR (2004) **Misplacement of a psoas compartment catheter in the subarachnoid space**. Reg Anesth Pain Med 29: 60-64.

MANNION ET AL. 2005A

Mannion S, Barrett J, Kelly D, Murphy DB, Shorten GD (2005) **A description of the spread of injectate after psoas compartment block using magnetic resonance imaging**. Reg Anesth Pain Med 30: 576-571.

MANNION ET AL. 2005B

Mannion S, O'Callaghan S, Walsh M, Murphy DB, Shorten GD (2005) **In with the new, out with the old? Comparison of two approaches for psoas compartment block**. Anaesth Analg 101: 259-264.

MORIN ET AL. 2005

Morin AM, Kratz CD, Eberhart LH, Dinges G, Heider E, Schwarz N, Eisenhardt G, Geldner G, Wulf H (2005) **Postoperative analgesia and functional recovery after total-knee replacement: comparison of a continous posterior lumbar plexus (psoas compartment) block, a continous femoral nerve block, and the combination of a continous femoral and sciatic nerve block.** Reg Anesth Pain Med 30: 434-445.

MURAVCHICK & OWENS 1976

Muravchick S, Owens WD (1976) **An unusual complication of lumbosacral plexus block: A case report.** Anesth Analg 55: 350-352.

NEUBURGER ET AL. 2005

Neuburger M, Lang D, Büttner J (2005) **Psoasabszess bei Psoaskompartmentkatheter.** Der Anaesthesist 54: 341-345.

OBERNDORFER & GRISOLD 2004

Oberndorfer S, Grisold W (2004) **Lumbosakrale Plexopathien bei Tumorpatienten**. J Neurol, Neurochir Psychiatr 5: 14-16.

PANDIN ET AL. 2002

Pandin PC, Vandesteene A, d´Hollander AA (2002) **Lumbar plexus posterior approach: a catheter placement description using electrical stimulation**. Anesth Analg 95: 1428-1431.

PARKINSON ET AL. 1989

Parkinson SK, Mueller JB, Little WL, Bailey SL (1989) **Extent of blockade with various approaches to the lumbar plexus.** Anesth Analg 68: 243-248.

PILZ & HOPF 1975

Pilz H, Hopf C (1975) **Irritationen des Plexus lumbalis durch Aneurysma der Aorta abdominalis.** J Neurol 210: 67-69.

POUSMAN ET AL. 2003

Pousman RM, Mansoor Z, Sciard D (2003) **Total spinal anesthetic after continous posterior lumbar plexus block**. Anesthesiology 98: 1281-1282.

PUTZ & PABST 2000A

Putz R, Pabst R (2000) **Sobotta-Atlas der Anatomie des Menschen – Band 1.** Urban & Fischer 21. Aufl. München Jena.

PUTZ & PABST 2000B

Putz R, Pabst R (2000) **Sobotta-Atlas der Anatomie des Menschen – Band 2.** Urban & Fischer 21. Aufl. München Jena.

ROTZINGER ET AL. 2004

Rotzinger M, Neuburger M, Kaiser H (2004): **Epidurale Fehllage eines Psoaskompartmentkatheters. Fallbericht einer seltenen Komplikation.** Der Anaesthesist 53: 1069-1071.

SIM & WEBB 2004

Sim IW, Webb T (2004) **Anatomy and anaesthesia of the lumbar somatic plexus**. Anaesth Intensive Care 32: 178-187.

SPRATT ET AL. 1996

Spratt JD, Logan BM, Abrahams PH (1996) **Variant slips of Psoas and Iliacus muscles with splitting of the Femoral nerve**. Clin Anat 9: 401-404.

TANYELI ET AL. 1997

Tanyeli E, Sargon MF, Karahan ST (1997) **An anatomic study of the lateral femoral cutaneous nerve.** Surg Radiol Anat 19: 307-310.

TUBBS ET AL. 2005

Tubbs RS, Salter EG, Wellons JC 3rd, Blount JP, Oakes WJ (2005): **Anatomical landmarks for the lumbar plexus on the posterior abdominal wall.** J Neurosurg Spine 2: 335-38.

VICENT ET AL. 2005

Vicent O, Theissig F, Wiessner D, Heller AR, Koch T, Putz R, Litz RJ (2005) **Das Psoaskompartment - Fakt oder Fiktion? Eine anatomische Untersuchung**. J Anasth Intensivbehandl 2: 191-192.

WATSON ET AL. 2005

Watson MW, Mitra D, McLintock TC, Grant SA (2005) **Continous versus single-injection lumbar plexus blocks: Comparison of the effects on morphine use and early recovery after total knee arthroplasty**. Reg Anesth Pain Med 30: 541-547.

WELLER ET AL. 2003

Weller RS, Gerancher JC, Crews JC, Wade KL (2003) **Extensive retroperitoneal hematoma without neurologic deficit in two patients who underwent lumbar plexus block and were later anticoagulated**. Anesthesiology 98: 581-585.

WIESSNER ET AL. 2004A

Wiessner D, Litz RJ, Vicent O, Koch T, Heller AR (2004) **Estimating the risk of unintentional renal puncture during psoas compartment block.** Eur J Anaesthesiol 73: 107.

WIESSNER ET AL. 2004B

Wiessner D, Litz RJ, Vicent O, Koch T, Heller AR (2004) **Psoas compartment block using ultrasonic guidance by a lateral view in patients.** Eur J Anaesthesiol 73: 109.

WINNIE ET AL. 1973

Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z (1973) **The inguinal paravascular technic of lumbar plexus anesthesia :"the 3-in-1-block"**. Anesth Analg 52: 989-996.

WINNIE ET AL. 1974

Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z, Radonjic R (1974) **Plexus block for lower extremity surgery.** Anesthesiology Review 1: 1-11.

A Anhang

Tabelle 7: Biometrische Daten und Muskelmorphologie

Präparat-nummer	Geb.-datum	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI	Geschlecht	Skoliose	Tiefe links [cm]	Tiefe rechts [cm]	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]
*14/3	15.10.1936	66	173	70	23,4	m	0	3,6	3,8	2,4	2,7
102/2	29.10.1923	78	170	50	17,3	m	0	3,8	3,8	3,4	3,2
*23/2	27.02.1911	91	164	46	17,1	w	1	2,4	3,7	2,0	2,0
*29/3	11.06.1918	84	158	42	16,8	w	0	3,2	3,6	2,5	1,7
*6/3	04.06.1912	90	169	75	26,3	m	0	4,6	4,9	1,9	2,3
101/3	24.07.1916	87	0	47	0,0	w	0	3,0	3,7	2,0	2,8
102/3	23.02.1927	76	173	95	31,7	m	0	5,5	4,3	2,3	2,3
103/3	01.02.1914	89	160	45	17,6	w	0	3,2	3,4	1,5	2,0
104/2	24.12.1925	76	167	50	18,0	w	1	4,8	3,9	2,5	2,7
104/3	22.03.1921	82	174	70	23,1	m	0	4,5	4,7	1,8	2,3
105/3	14.10.1952	50	175	78	25,5	m	0	4,5	5,2	2,2	2,1
106/3	10.05.1914	89	178	81	26,1	m	0	5,7	4,4	3,2	3,4
111/3	26.09.1913	77	166	55	20,0	m	0	3,8	4,0	2,8	2,4
112/2	02.04.1920	82	172	65	22,0	m	0	4,5	4,5	2,4	2,2
113/3	24.02.1913	90	144	38	18,3	w	0	2,1	2,2	1,1	0,9
114/3	26.03.1943	60	169	83	29,1	w	0	2,9	2,5	2,0	3,0
115/3	12.02.1912	81	167	69	24,7	w	1	3,7	2,6	1,8	2,7
117/3	28.09.1914	89	175	73	23,8	m	0	3,0	4,7	2,3	2,7
118/2	25.10.1922	79	174	64	21,1	m	0	3,9	3,0	2,3	2,7
118/3	21.01.1919	84	178	61	19,7	m	0	4,5	3,6	2,4	2,8
119/3	21.01.1912	91	160	64	25,0	m	0	4,8	4,7	3,0	3,2
120/3	08.06.1908	95	170	65	22,5	m	0	3,3	3,5	2,0	2,1
121/2	23.03.1926	76	156	44	18,1	w	0	4,4	4,2	2,0	2,5
121/3	15.06.1916	87	171	48	16,4	m	0	4,2	3,6	2,0	2,0
122/2	23.03.1926	95	156	43	17,7	w	0	3,5	3,2	1,9	1,6

Präparat-nummer	Geb.-datum	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI	Geschlecht	Skoliose	Tiefe links [cm]	Tiefe rechts [cm]	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]
122/3	30.05.1949	54	165	57	20,9	m	0	3,7	4,4	2,3	2,6
124/2	27.09.1912	77	172	57	19,3	m	0	3,7	3,1	2,6	2,5
124/3	03.08.1921	82	164	62	23,1	w	0	3,8	4,2	2,2	2,0
126/3	02.10.1916	87	148	65	29,7	w	0	2,3	2,8	1,3	1,9
128/3	23.03.1952	51	175	67	21,9	m	0	4,5	4,7	3,4	3,1
129/3	19.09.1919	84	127	51	31,6	m	0	3,6	3,0	2,2	2,7
130/2	19.03.1921	64	152	50	21,6	w	0	3,8	4,2	2,4	2,1
130/3	30.07.1922	81	164	63	23,4	w	0	3,0	3,5	2,4	2,5
131/2	06.12.1937	80	164	48	17,8	m	0	3,5	3,7	2,1	1,8
131/3	11.10.1918	85	169	59	20,7	w	0	2,7	2,0	2,1	1,3
132/2	25.09.1910	92	154	54	22,8	w	1	4,0	3,1	2,8	2,3
132/3	13.04.1934	69	170	63	21,8	m	0	4,0	4,2	3,0	2,6
133/3	20.06.1918	85	163	58	21,8	m	0	4,6	4,1	2,8	2,8
134/3	01.08.1921	81	161	41	15,8	w	0	3,4	4,9	1,6	1,5
138/3	05.12.1910	93	154	62	26,1	w	0	4,3	4,1	2,5	1,9
139/2	19.12.1916	85	176	61	19,7	m	0	3,5	3,5	3,3	2,6
139/3	19.08.1922	81	155	45	18,7	w	0	4,0	2,5	1,5	1,7
140/3	31.01.1915	88	157	54	22,0	w	0	2,5	3,9	2,2	2,3
141/3	04.08.1934	69	165	53	19,5	m	0	3,9	3,0	2,0	2,2
142/2	18.08.1914	88	167	75	26,9	m	0	4,5	3,8	2,8	3,2
147/2	20.02.1903	99	170	44	15,2	w	0	3,5	3,5	2,1	2,5
148/2	25.01.1915	87	146	29	13,6	w	0	3,6	3,2	1,7	2,2
33/3	15.07.1926	76	164	76	28,3	w	0	4,0	4,1	2,8	3,2
36/3	04.01.1925	78	168	58	20,5	m	0	5,5	4,0	2,8	3,0
37/3	15.12.1910	92	169	62	21,7	w	0	5,0	4,3	2,5	2,2
38/3	18.03.1910	93	161	44	17,0	w	0	4,5	3,6	1,6	1,5
39/3	12.11.1923	79	156	54	22,2	w	0	3,9	3,4	2,1	2,2

Präparat-nummer	Geb.-datum	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI	Geschlecht	Skoliose	Tiefe links [cm]	Tiefe rechts [cm]	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]
40/3	31.01.1929	82	163	85	32,0	w	0	4,8	4,2	2,8	3,0
41/3	01.11.1917	85	160	54	21,1	w	0	3,5	4,3	1,8	2,0
44/3	19.06.1921	81	174	33	10,9	m	0	4,5	4,4	1,8	1,7
46/2	17.08.1923	78	154	58	24,5	w	0	4,3	2,9	2,2	1,7
49/3	01.12.1924	78	175	68	23,5	w	0	3,3	3,4	2,2	2,2
51/3	24.06.1931	71	164	69	25,7	m	0	5,0	3,2	2,2	2,0
52/3	04.05.1930	73	165	69	25,3	w	0	3,8	3,8	2,3	2,3
54/2	26.10.1925	76	156	56	23,0	w	0	3,5	3,6	1,8	1,6
55/2	30.09.1914	81	159	65	25,7	w	0	0,0	3,3	0,0	2,3
55/3	16.06.1906	96	162	62	23,6	m	0	3,2	3,4	2,3	2,4
56/3	30.06.1930	72	169	75	26,3	m	0	5,1	4,9	2,3	3,0
57/3	05.05.1918	85	165	58	21,3	m	0	3,8	4,2	2,2	2,5
58/3	03.04.1934	69	183	72	21,5	w	0	3,6	4,2	2,7	2,4
59/3	11.12.1918	84	156	45	18,5	w	0	3,7	4,3	1,6	2,3
65/3	13.05.1921	82	160	48	18,8	m	0	3,8	4,0	2,1	2,3
69/2	14.05.1916	86	180	68	21,0	m	0	4,8	3,6	2,3	2,4
70/3	12.05.1923	80	156	49	20,1	w	1	3,6	4,1	1,8	2,4
71/3	23.02.1924	79	164	65	24,2	w	0	3,0	4,2	1,6	1,9
73/3	15.05.1945	58	160	48	18,8	m	0	4,0	3,5	2,2	1,5
74/3	22.11.1919	83	172	66	22,3	m	0	4,4	4,6	2,5	2,4
75/3	13.05.1948	55	172	57	19,3	m	0	3,2	3,7	3,3	2,9
77/3	23.03.1924	79	172	58	19,6	m	0	5,0	4,0	2,9	2,8
78/2	10.07.1914	88	168	56	19,8	m	0	3,8	4,0	2,9	3,2
78/3	17.08.1921	81	167	48	17,2	m	0	4,6	3,5	1,7	2,0
80/2	30.12.1912	89	179	61	19,0	m	0	4,0	4,0	2,5	2,8
80/3	14.03.1922	81	180	51	15,7	m	0	3,9	4,1	2,3	2,5
82/2	20.06.1906	96	170	61	21,1	m	0	4,1	4,4	2,2	2,4

Präparat-nummer	Geb.-datum	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI	Geschlecht	Skoliose	Tiefe links [cm]	Tiefe rechts [cm]	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]
83/2	05.01.1930	72	166	57	20,7	w	0	3,0	3,6	2,8	2,3
86/3	27.01.1927	76	165	55	20,2	m	0	3,5	4,1	2,4	2,3
87/3	20.02.1925	78	163	56	21,1	w	0	3,2	3,1	1,6	2,3
88/3	24.11.1909	93	159	47	18,6	w	1	3,2	4,5	1,4	1,8
89/3	30.08.1924	78	166	45	16,3	m	0	5,5	4,5	3,0	3,5
90/2	20.01.1938	64	158	58	23,2	w	0	5,0	3,8	2,3	3,1
91/2	14.01.1911	91	174	53	17,5	m	0	3,0	2,9	1,4	1,8
91/3	24.06.1918	85	149	39	17,6	w	1	3,1	3,2	1,3	2,0
92/3	10.04.1935	68	169	75	26,3	m	0	3,6	4,1	3,5	3,4
93/3	29.01.1913	90	170	69	23,9	w	0	4,0	3,8	2,0	2,3
95/3	18.02.1944	59	170	74	25,6	m	0	4,5	4,8	3,6	3,5
96/2	20.01.1914	88	158	36	14,4	w	0	3,1	2,9	1,7	2,0
97/2	12.03.1919	83	176	60	19,4	m	0	4,0	3,8	2,6	2,5
97/3	24.12.1910	92	169	47	16,5	m	0	3,7	4,0	1,8	2,6
98/2	31.03.1907	95	164	59	22,0	w	0	3,2	3,7	1,4	1,6
98/3	03.01.1935	68	175	86	28,1	m	0	5,7	5,7	2,8	3,0

Tabelle 8: Werte und Daten der Skoliosepräparate

Präparat nummer	Alter	Tiefe links [cm]	Tiefe rechts [cm]	Breite links [cm]	Breite rechts [cm]
91/3	85	3,1	3,2	1,3	2,0
88/3	93	3,2	4,5	1,4	1,8
70/3	80	3,6	4,1	1,8	2,4
132/2	92	4,0	3,1	2,8	2,3
115/3	81	3,7	2,6	1,8	2,7
104/2	76	4,8	3,9	2,5	2,7
*23/2	91	2,4	3,7	2,0	2,0

Tabelle 9: Nervenverläufe

Präparatnummer	N.cut.fem.lat. links	N.cut.fem.lat. rechts	N.femoralis li.	N.femoralis re.	N.obturatorius links	N.obturatorius rechts
*14/3	1	1	2	2	1	1
*23/2	2	2	1	4	1	3
*29/3	1	1	2	2	4	1
*6/3	2	2	2	2	3	3
101/3	1	2	1	2	1	1
102/2	2	2	2	2	1	3
102/3	2	2	1	2	3	3
103/3	1	0	1	2	1	1
104/2	2	2	2	2	3	3
104/3	2	1	1	2	1	1
105/3	0	0	2	2	1	1
106/3	1	0	2	2	1	1
111/3	2	2	2	2	1	1
112/2	2	1	2	1	3	3
113/3	0	1	1	1	1	1
114/3	1	2	2	2	1	3
115/3	0	2	2	2	1	1
117/3	1	1	1	1	1	1
118/2	1	1	1	1	1	1
118/3	1	0	2	2	1	1
119/3	0	0	2	2	1	1
120/3	2	2	2	4	1	1
121/2	2	2	1	1	1	1
121/3	2	2	2	2	1	1
122/2	2	2	4	1	3	3

Präparatnummer	N.cut.fem.lat. links	N.cut.fem.lat. rechts	N.femoralis li.	N.femoralis re.	N.obturatorius links	N.obturatorius rechts
36/3	2	0	2	2	3	3
37/3	4	1	1	2	1	1
38/3	2	2	2	1	3	3
39/3	0	2	2	2	1	1
40/3	2	2	2	2	3	3
41/3	2	2	1	1	3	3
44/3	2	0	2	2	3	3
46/2	2	2	2	1	1	1
49/3	2	2	2	1	1	1
51/3	2	2	0	1	1	1
52/3	0	0	2	1	3	3
54/2	2	1	2	1	1	3
55/2	0	1	0	2	0	3
55/3	2	2	2	2	1	1
56/3	1	2	2	2	3	3
57/3	2	2	2	2	1	3
58/3	0	0	2	2	1	0
59/3	2	2	2	2	3	3
65/3	1	1	2	2	3	1
69/2	2	2	1	1	1	1
70/3	2	2	2	2	1	1
71/3	2	2	2	1	1	1
73/3	2	1	2	2	1	1
74/3	2	2	4	1	3	3
75/3	2	2	2	2	3	3

Pärparatnum-mer	N.cut.fem.lat. links	N.cut.fem.lat. rechts	N.femoralis li.	N.femoralis re.	N.obturatorius links	N.obturatorius rechts
122/3	2	0	1	2	1	1
124/2	2	2	2	2	1	1
124/3	2	0	2	2	3	3
126/3	1	1	1	1	1	1
128/3	2	2	1	2	1	1
129/3	0	0	1	1	3	1
130/2	2	2	2	2	1	3
130/3	2	0	1	1	1	1
131/2	2	0	1	1	1	1
131/3	4	0	2	2	1	1
132/2	1	1	1	1	1	0
132/3	2	2	2	2	1	1
133/3	1	1	4	2	1	1
134/3	0	0	2	2	1	1
138/3	0	0	2	2	1	1
139/2	0	1	1	2	1	1
139/3	0	0	1	1	3	1
140/3	2	2	2	2	1	1
141/3	0	1	1	1	3	1
142/2	2	2	1	1	3	3
147/2	0	2	2	2	1	1
148/2	1	1	2	2	1	1
33/3	2	1	2	2	1	2

Pärparatnum-mer	N.cut.fem.lat. links	N.cut.fem.lat. rechts	N.femoralis li.	N.femoralis re.	N.obturatorius links	N.obturatorius rechts
77/3	2	0	4	2	3	3
78/2	0	1	1	2	1	1
78/3	2	0	2	2	3	3
80/2	1	1	2	2	1	3
80/3	0	1	1	2	1	1
82/2	0	2	2	2	1	1
83/2	1	2	1	2	1	1
86/3	2	1	1	4	1	1
87/3	0	2	4	2	1	1
88/3	0	0	1	4	1	3
89/3	2	2	1	2	1	1
90/2	2	2	2	2	1	1
91/2	0	0	1	1	1	1
91/3	0	2	1	1	1	1
92/3	2	2	2	2	1	1
93/3	1	0	2	1	1	1
95/3	2	0	1	2	1	1
96/2	1	0	2	1	1	1
97/2	0	0	2	2	1	1
97/3	2	2	2	1	1	1
98/2	2	0	2	2	1	1
98/3	2	2	1	1	1	1

Definitionen:

0 = nicht vorhanden

1 = bei BS L4/L5 em

2 = bei BS L4/L5 im

3 = bei OK L5 noch nicht am Muskel

4 = teilweise im/em bei BS L4/L5

Danksagung

Herrn Professor Dr. med. Dr. h.c. R. Putz danke ich für die gute Betreuung und Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit. Sein Verständnis für die Probleme eines Doktoranden und die hilfreichen Tipps und Anleitungen haben die Arbeit erleichtert und ein stetiges Vorankommen ermöglicht.

Ich danke Herrn Dr. med. R. J. Litz für die Anregungen zu dieser Arbeit und die Einführung in die Thematik. Ohne seine Ideen wäre die Arbeit nicht entstanden. Zudem möchte ich mich bei Herrn Dr. med. O. Vicent und Frau Dr. med. D. Wiessner für die aufwendige Hilfe bei der Präparation der Leichname bedanken.

Meinen Eltern gilt ein besonderer Dank für das grenzenlose Vertrauen in meine Vorhaben, die immerwährende Unterstützung bei allen Aufgaben und die Ermöglichung meiner Ausbildung.

Nicht zuletzt danke ich Dr.-Ing. N. Möller für sein Verständnis in der langen Erarbeitungsphase, für den Rückhalt und das Vertrauen, die mir die Kraft und die Ausdauer für Examen und Promotion gegeben haben.

Lebenslauf

Franziska Elisabeth Theissig

geboren am 14.06.1982 in Dresden

Schulausbildung:

1988-1992	73. POS Hanns-Rothbarth, Dresden
1992-1993	Gymnasium Großzschachwitz, Dresden
1993-1999	Städtisches Gymnasium, Kamenz
1999-2000	Joseph-Haydn-Gymnasium, Dresden
07/2000	Abitur

Universitäre Ausbildung:

SS 2001- SS 2007	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians Universität München
SS 2003	Ärztliche Vorprüfung
08/2006 - 07/2007	Praktisches Jahr
WS 2007	Ärztliche Prüfung
30.11. 2007	Approbation