

Diplomarbeit

Herkunft, Verlauf und Astfolge der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis in Bezug auf chirurgische Zugänge zur Lendenwirbelsäule und zum Hüftgelenk

eingereicht von

Carina Sophie Anzinger

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr.⁽ⁱⁿ⁾ med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Gottfried Schatz Forschungszentrum

Lehrstuhl für makroskopische und klinische Anatomie

unter der Anleitung von

Ao.Univ.-Prof. Dr. Michael Pretterklieber

Priv.Doz. DDr. Bettina Pretterklieber, Bakk. rer. nat.

Graz, am 30.07.2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Weiters erkläre ich eidesstattlich, dass keine anderen, als die angeführten Quellen verwendet und die wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht wurden.

Graz, am 30.07.2024

Carina Sophie Anzinger eh.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank an all jene Personen richten, die mich auf dem Weg meines Studiums und bei der Entstehung dieser Diplomarbeit auf ihre jeweilige Art und Weise unterstützt und somit zur erfolgreichen Erstellung dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Zuallererst richte ich meinen Dank an meinen Erstbetreuer Herrn Ao.Univ.-Prof. Dr. Michael Pretterklieber, der mir mit seiner umfassenden fachlichen Kompetenz zur Seite gestanden ist und mich mit seiner langjährigen Erfahrung in diesem Tätigkeitsbereich betreut hat.

Diesen Dank richte ich auch an Frau Priv.Doz. DDr. Bettina Pretterklieber, Bakk. rer. nat., die mir ebenso tatkräftig mit Anregungen zur Seite gestanden ist.

Lieber Michael, liebe Bettina vielen Dank!

Mein Dank richtet sich ebenso an alle Körperspender*innen, die durch ihre Entscheidung, ihren Körper der Wissenschaft zur Verfügung zu stellen, eine solche Arbeit erst ermöglicht haben.

Den größten Dank möchte ich dabei allerdings meiner Familie, ganz besonders meinen Eltern, Christine und Ing. Martin Johann Anzinger aussprechen, die mir mit ihrer bedingungslosen Unterstützung, ihrem guten Zuspruch und offenen Ohr, dieses Studium ermöglicht und mich auf meinem Weg begleitet haben. Ein ebenso großer Dank gilt meiner Schwester, Natalie Juliane, die mich im Präpariersaal während der Datensammlung immer wieder unterhalten und mir Gesellschaft geleistet hat. Ich wünsche dir ebensoviel Erfolg auf deinem Weg.

Liebe Mama, lieber Papa, liebe Natalie vielen Dank!

Ein besonderer Dank gilt meinen Freunden und Freundinnen, die mich auf meinem Weg immer begleitet, auch mal auf andere Gedanken gebracht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Zusammenfassung

Einleitung

Die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis können in ihrem Verlauf durch chirurgische Eingriffe verletzt werden (1–4). So besteht ein Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim direkt anterioren von 0-83% (5) und beim anterolateralen Zugangsweg zum Hüftgelenk von 0-27% (6,7). Alle drei Nerven zeigen sich durch operative Zugänge zur Lendenwirbelsäule gefährdet (1–4). Zur Risikominimierung empfehlen diverse Autor*innen genaue Kenntnisse des regulären Verlaufs und von Varianten dieser Nerven (1,2,4). Um zu diesem Verständnis beizutragen, wurden die Austrittshöhen und etwaige Stammbildungen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis untersucht. Bei letzterem erfolgte die Vermessung des Durchtrittspunkts durch die Fascia lata in Bezug auf die Spina iliaca anterior superior. Außerdem wurden mögliche Überschneidungen des Nervenverlaufs mit den Schnittführungen beim direkt anterioren, anterolateralen und lateralen Zugangsweg zum Hüftgelenk identifiziert.

Methoden

Eine sorgfältige stratigraphische Präparation erfolgte, nach Genehmigung des Ethikkomitees der Medizinischen Universität Graz (34-331 ex 21/22), an 40 Präparaten. Aufgrund der vorab festgelegten Ausschlusskriterien konnten 39 Präparate (21F (Frau/en), 18M (Mann/Männer) davon 32-Ethanol-fixiert, 8 unfixiert) in die Studie eingeschlossen werden. Daraus resultieren, nach Ausschluss von weiteren neun Seiten, 69 Körperseiten, in welchen der Fasziendurchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis vermessen und die Zugangswege zum Hüftgelenk visualisiert wurden.

29 fixierte Präparate (15F, 14M), entsprechend 58 Körperseiten, wurden hinsichtlich der Stammbildungen dieser Nerven untersucht. In 13 Individuen (7F, 6M) erfolgte außerdem die Darstellung der Austritte der Nerven aus dem Wirbelkanal. Die Daten wurden mittels Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016) und IBM SPSS Statistics 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) analysiert.

Ergebnisse

Der Nervus cutaneus femoris lateralis verlief konstant in einer Duplikatur der Fascia lata. Er trat 55.64 ± 16.30 mm distal der Spina iliaca anterior superior in die Subkutis ein. In 69.6% der Fälle erfolgte dieser Fasziendurchtritt im Mittel 8.15 mm lateral einer durch die Spina iliaca anterior superior gelegten Senkrechten. Diese Orientierungslinie wurde lotrecht auf die Verbindungslinie beider Spinae iliaca anterior superior, die Linea interspinalis, angelegt. In 15.9% lag der Durchtrittspunkt im Mittel 6.36 mm medial und in 14.5% genau auf der senkrechten Orientierungslinie. In 36 Seiten trat im Mittel 33.47 ± 16.90 mm distal der Spina iliaca anterior superior ein kräftiger Ramus posterior in die Subkutis ein.

Der Verlauf des Nervus cutaneus femoris lateralis und seiner Äste überschneidet sich in 84.1% mit der Schnittführung des direkt anterioren, in 89.9% des anterolateralen und in 84.1% des lateralen Zugangs zum Hüftgelenk. Sofern es zu keiner Überschneidung des Nervenverlaufs mit einem der chirurgischen Schnittführungen kam, war auffälligerweise auch kein definierter Ramus posterior vorhanden.

51.7% der Plexus lumbalis wiesen Stammbildungen der untersuchten Nerven auf, wobei es in acht Seiten zu mehr als einer Stammbildung kam. Drei Individuen hatten dabei idente Stammbildungen auf beiden Seiten, wobei zwei nur je einen beidseitigen Stamm des Nervus iliohypogastricus mit dem Nervus ilioinguinalis zeigten. Das dritte (weibliche) Individuum wies neben dieser Stammbildung auf beiden Seiten ebenso eine Stammbildung des Nervus cutaneus femoris lateralis mit dem Nervus femoralis auf.

Die Austrittshöhen aus dem Wirbelkanal waren nur bei einem Mann und einer Frau für alle untersuchten Nerven seitengleich.

Diskussion

Der Nervus cutaneus femoris lateralis kreuzte in seinem subkutanen Verlauf in über 80% der Fälle alle drei Zugangswege zum Hüftgelenk. Da ein definierter Ramus posterior in 47.8% aller Präparate fehlte und bei diesen häufiger keine Überschneidung des Nervenverlaufs mit einem der Zugangswege beobachtet wurde, könnte dieser Verlauf protektiv sein. Bisher noch nicht beschrieben wurde, dass der Nervus cutaneus femoris lateralis vor seinem Austritt in die Subkutis in einer Duplikatur der Fascia lata verläuft.

Die in 51.7% der Plexus auftretenden Stammbildungen waren vorwiegend einseitig. Drei Individuen wiesen allerdings beidseitig symmetrische Stammbildungen der drei Nerven auf. Zum ersten Mal beobachtet wurde eine Zusammensetzung des Nervus ilioinguinalis aus Fasern der Nervi thoracalis XII et lumbalis I-II. Der Nervus cutaneus femoris lateralis wies sogar zwei bisher noch nicht beschriebene Bildungsformen auf. Diese Variabilität des Plexus lumbalis mit den unterschiedlichen Austrittshöhen und Stammbildungen könnte das Verletzungsrisiko bei lateralen Zugängen zur Lendenwirbelsäule erhöhen. Das Wissen darum kann aber auch bei der Wahl der optimalen Seite des Zugangsweges hilfreich sein.

Abstract

Introduction

The iliohypogastric, ilioinguinal and lateral femoral cutaneous nerves are at risk of injury during lateral approaches to the lumbar spine (4). Furthermore, the lateral femoral cutaneous nerve is at risk during anterior, anterolateral and lateral approaches to the hip joint (1–3). As the lateral femoral cutaneous nerve is reported to be harmed during the direct anterior approach in 0-83% (5) and during the anterolateral approach in 0-27%, some authors recommend an exact knowledge of the regular course and its variability (1,2,4). Therefore, this study aimed to contribute to better understanding the course and source of these nerves by qualifying and quantifying their origin and possible trunk formations. It further aimed to measure the point of entry into the subcutaneous tissue of the lateral femoral cutaneous nerve in relation to the anterior superior iliac spine and report possible intersections between the course of the nerve and the direct anterior, anterolateral and lateral approach to the hip joint.

Material and Methods

With the approval by the Ethics Committee of the Medical University of Graz (34-331 ex 21/22), a careful stratigraphic dissection was carried out on 40 specimens. Due to the predetermined exclusion criteria, this study is based on 39 specimens (21F (female), 18M (male), 32 ethanol-fixed, 7 non-embalmed) resulting in 69 body sides. In these specimens, the exit point of the lateral femoral cutaneous nerve from the fascia lata was measured and the relation between the course of the nerve and the different approaches to the hip joints was visualized.

In 29 fixed specimens (15F, 14M), corresponding to 58 sides of the body, the course and trunk formation of the iliohypogastric, ilioinguinal and lateral femoral cutaneous nerves was studied.

In 13 fixed specimens (7F, 6M), the origin of these nerves from the spinal nerves was visualized. Data analysis was performed using Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016) and IBM SPSS Statistics 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results

The lateral femoral cutaneous nerve was constantly found in a duplication of the fascia lata before entering the subcutaneous tissue of the thigh. It entered the subcutaneous tissue of the thigh 55.64 ± 16.30 mm distal to the anterior superior iliac spine. In 69.6% the fascial passage occurred on average 8.15 mm lateral to a vertical line passing through the anterior superior iliac spine, which was placed perpendicular to the linea interspinalis. In 15.9% the entry point was on average 6.36 mm medial and in 14.5% directly on the vertical orientation line. Within 36 sides, a distinct posterior branch entered the subcutaneous tissue of the thigh 33.47 ± 16.90 mm distal to the anterior superior iliac spine.

The branches of the lateral femoral cutaneous nerve overlapped with the incision of the direct anterior approach in 84.1%, the anterolateral approach in 89.9% and the lateral approach in 84.1%. In all cases lacking any intersection between these approaches and the course of the nerve, also a well-defined posterior branch was absent.

Trunk formations of the iliohypogastric, ilioinguinal and lateral femoral cutaneous nerve were present in 51.7% of lumbar plexus, with more than one trunk formation within eight lumbar plexus. Three individuals had identical trunk formations on both sides, whereby two only showed one bilateral trunk of the iliohypogastric and ilioinguinal nerve. The third, a female individual, additionally showed a trunk formation of the lateral femoral cutaneous with the femoral nerve on both sides.

Regarding the segmental origin of the nerves examined, only one male and one female showed the bilateral identical origins for all nerves. However, the iliohypogastric and ilioinguinal nerves frequently arose bilaterally from the same spinal nerves.

Discussion

Over 80% of cases showed an intersection of branches of the lateral femoral cutaneous nerve with the three surgical approaches to the hip joint examined. The only protective factor seems to be the altered course of the nerve apparently caused by the absence of a defined posterior branch.

Trunk formations occurring in 51.7% of lumbar plexus were predominantly unilateral, with only three individuals presenting bilateral symmetrical trunk formations of the iliohypogastric, ilioinguinal and lateral femoral cutaneous nerve.

Regarding the segmental origin, an origin for the ilioinguinal nerve of the 12th thoracic to second lumbar spinal nerve was observed. Furthermore, the lateral femoral cutaneous nerve exhibited two previously undescribed forms of origin.

The resulting variability of the lumbar plexus could increase the risk of injury during lateral approaches to the lumbar spine but can otherwise be helpful in choosing the optimal access route to the lumbar part of the spine.

Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen

Kongressbeitrag – 118. Jahrestagung der Anatomischen Gesellschaft (Graz)

Source and course of the iliohypogastric, ilioinguinal and lateral femoral cutaneous nerves in relation to surgical approaches to the vertebral column and hip joint: a gross anatomic study.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung	II
Zusammenfassung	III
Einleitung	III
Methoden	III
Ergebnisse	IV
Diskussion	V
Abstract	VI
Introduction	VI
Material and Methods	VI
Results	VII
Discussion	VIII
Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen	IX
Kongressbeitrag – 118. Jahrestagung der Anatomischen Gesellschaft (Graz)	IX
Inhaltsverzeichnis	X
Abbildungsverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XVI
1. Einleitung	2
2. Anatomischer Hintergrund	4
2.1 Das periphere Nervensystem	4
2.1.1 Nervi spinales	4
2.1.2 Die Plexus - Bildung der Spinalnerven	4
2.1.3 Plexus lumbalis	5
2.1.4 Nervus iliohypogastricus	5
2.1.5 Nervus ilioinguinalis	5
2.1.6 Nervus genitofemoralis	6
2.1.7 Nervus cutaneus femoris lateralis	6
2.1.8 Nervus femoralis	7
2.1.9 Nervus obturatorius	7

2.2	Topographische Anatomie des Plexus lumbalis	7
3.	Klinischer Hintergrund	9
3.1	Zugangswege zum Hüftgelenk	9
3.1.1	Technik des direkt anterioren Zugangsweges (direct anterior approach, Smith-Petersen)	9
3.1.2	Technik des anterolateralen Zugangsweges (anterolateral approach, Watson-Jones)	10
3.1.3	Technik des lateralen Zugangsweges (lateral approach)	10
3.2	Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Zugangswege zum Hüftgelenk	11
3.2.1	Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim direkt anterioren Zugangsweg	11
3.2.2	Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim anterolateralen Zugangsweg	12
3.2.3	Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim lateralen Zugangsweg	12
3.3	Verletzungsrisiko der Nerven des Plexus lumbalis bei lateralen Zugängen zur Lendenwirbelsäule	12
4.	Material und Methode	13
4.1	Präparate	13
4.2	Studiendesign	14
4.3	Methode	14
4.4	Präparation des Nervus cutaneus femoris lateralis	15
4.5	Vermessung des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	16
4.6	Visualisierung der Zugangswege zum Hüftgelenk	17
4.6.1	Anteriorer Zugangsweg	17
4.6.2	Anterolateraler Zugangsweg	18
4.6.3	Lateraler Zugangsweg	19
4.7	Präparation der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis von der ventralen Bauchwand bis zu ihrem Ursprung	20
4.8	Abtragung des Musculus psoas major	21
5.	Ergebnisse	22
5.1	Der Nervus cutaneus femoris lateralis und sein Ramus posterior in Relation zur Spina iliaca anterior superior	22
5.1.1	Seitenvergleich der Distanzen des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior	23

5.1.2	Geschlechtsvergleich der Distanzen des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior	26
5.1.3	Abweichung des Nervus cutaneus femoris lateralis zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior	28
5.2	Der Nervus cutaneus femoris lateralis in Relation zu den Zugangswegen zum Hüftgelenk	31
5.3	Stammbildungen im Retroperitoneum	35
5.3.1	Stammbildungen des Nervus iliohypogastricus und ilioinguinalis	37
5.3.2	Stammbildungen des Nervus cutaneus femoris lateralis	40
5.3.3	Seitenpräferenz der Stammbildungen	41
5.4	Austrittshöhen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis	42
5.4.1	Nervus iliohypogastricus	42
5.4.2	Nervus ilioinguinalis	43
5.4.3	Nervus cutaneus femoris lateralis	44
6.	Diskussion	46
6.1	Der Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	46
6.1.1	Senkrechte Distanz des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	46
6.1.2	Abweichung des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Senkrechten auf die Spina iliaca anterior superior	47
6.2	Lage des Durchtritts des Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	48
6.3	Klinische Relevanz des subkutanen Verlaufs des Nervus cutaneus femoris lateralis	49
6.4	Quantifizierung der Stammbildungen im Retroperitoneum	51
6.4.1	Zusammensetzung der Stammbildungen	51
6.4.2	Embryonale Grundlage der Entwicklung der Stammbildungen	52
6.5	Ursprung der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis	53
6.5.1	Variabilität des Ursprungs des Nervus iliohypogastricus	53
6.5.2	Variabilität des Ursprungs des Nervus ilioinguinalis	53
6.5.3	Variabilität des Ursprungs des Nervus cutaneus femoris lateralis	54
6.6	Klinische Relevanz der Variabilität des Plexus lumbalis und der Stammbildungen seiner Nerven	55
7.	Literaturverzeichnis	56

8.	Anhang	XVIII
8.1	Messprotokoll für den Durchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior – Überschneidung mit den Zugangswegen	XVIII
8.2	Protokoll Stammbildungen	XIX
8.3	Protokoll Austrittshöhen	XX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Schematische Darstellung der Vermessungen der Fasziendurchtritte des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior	16
Abbildung 2 - Visualisierung des direkt anterioren Zugangswegs	17
Abbildung 3 - Visualisierung des anterolateralen Zugangswegs	18
Abbildung 4 - Visualisierung des lateralen Zugangswegs	19
Abbildung 5 - Boxplot der Distanz des Fasziendurchtritts des Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) aus der Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior (SIAS) im Seitenvergleich	24
Abbildung 6 - Boxplot der Distanz des Fasziendurchtritts des Ramus posterior (R. post.) des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior (SIAS) im Seitenvergleich	26
Abbildung 7 - Überschneidung des direkt anterioren Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)	31
Abbildung 8 - Überschneidung des anterolateralen Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)	31
Abbildung 9 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)	31
Abbildung 10 - Überschneidungen des direkt anteriorer Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)	32
Abbildung 11 - Überschneidungen des anterolateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)	32
Abbildung 12 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (roter Faden mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)	32
Abbildung 13 - Überschneidung des direkt anterioren Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)	33

Abbildung 14 - Überschneidung des anterolateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln) _____	33
Abbildung 15 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln) _____	33
Abbildung 16 - Direkt anteriorer Zugangsweg (roter Faden) ohne Überschneidungen mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln) _____	34
Abbildung 17 - Stamm der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) auf der linken Seite in einem männlichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) und Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet _____	37
Abbildung 18 - Stammbildung der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) und Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet _____	37
Abbildung 19 - Stamm der Nervi iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervi subcostalis (NSC) et cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet _____	38
Abbildung 20 - Stamm der Nervi subcostalis (NSC), iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet _____	38
Abbildung 21 - Zwei Stammbildungen auf der gleichen Seite - Stamm der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) und Stamm der Nervi cutaneus femoris lateralis (NCFL) et femoralis (NF) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) abgebildet _____	40
Abbildung 22 - Faseraustausch zwischen den Nervi cutaneus femoris lateralis (NCFL) et genitofemoralis (NGF) auf der linken Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervi subcostalis (NSC), iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) abgebildet _____	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Mittelwert, Standardabweichung und Varianz der Distanz von der Spina iliaca anterior superior zu den Durchtrittspunkten des Stamms des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior _____	22
Tabelle 2 - Seitenvariabilität der Entfernung des Durchtrittspunkts des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior _____	23
Tabelle 3 - Seitenvariabilität des Durchtrittspunkts des Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior _____	25
Tabelle 4 - Geschlechtsvariabilität der Distanz der Durchtrittspunkte des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior _____	27
Tabelle 5 - Abweichung des Fasziendurchtritts von einer Senkrechten auf die Linea interspinalis der ipsilateralen Spina iliaca anterior superior _____	28
Tabelle 6 - Distanz der Abweichung zur Senkrechten auf die Linea interspinalis der ipsilateralen Spina iliaca anterior superior _____	29
Tabelle 7 - Individuelles Seitenverhältnis - Aufschlüsselung nach Anzahl und Geschlecht _____	30
Tabelle 8 - Anzahl der Stammbildungen - Häufigkeit in Zahlen und Prozent _____	35
Tabelle 9 - Art der Stammbildungen und ihre Häufigkeit in absoluten Zahlen und Prozent _____	36
Tabelle 10 - Stammbildungen der Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis - Darstellung nach Geschlecht und Seite _____	39
Tabelle 11 - Stammbildungen des Nervus cutaneus femoris lateralis - Darstellung nach Geschlecht und Seite _____	41
Tabelle 12 - Ursprung des Nervus iliohypogastricus - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent _____	42
Tabelle 13 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus iliohypogastricus _____	43
Tabelle 14 - Ursprung des Nervus ilioinguinalis - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent _____	43

Tabelle 15 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus ilioinguinalis	44
Tabelle 16 - Ursprung des Nervus cutaneus femoris lateralis - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent	44
Tabelle 17 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus cutaneus femoris lateralis	45

1. Einleitung

Der Plexus lumbalis und seine Nerven werden hinsichtlich ihrer regelhaften Anordnung und eventueller Abweichungen davon seit über 100 Jahren untersucht. Schon die ersten Arbeiten dazu zeigten eine breite Variabilität seiner Bildung (8,9) allerdings war zu diesem Zeitpunkt die embryonale Entwicklung desselben nicht genau geklärt. Keibel et al. (10) und Corning (11) erklärten dies erstmals im frühen 20. Jahrhundert durch die variierende Verschmelzung von Nerven-Muskel-Anlagen. Diese Erklärung hat noch heute Gültigkeit (12).

Aus dem Plexus lumbalis stammen die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis, cutaneus femoris lateralis, femoralis und obturatorius (12,13) und dieser wird variabel von den Rami ventrales der Nervi lumbales I-IV gebildet (12–14). Zusätzlich können sich die Rami ventrales der Nervi thoracicus XII et lumbalis V daran beteiligen (14). Aufgrund der Versorgungsgebiete der Nerven des Plexus lumbalis und oben genannter embryonaler Entwicklung (10–12) sind gemeinsame Stämme der einzelnen Nerven möglich, die sich bis in die Bauchwand erstrecken können. Dies wurde in mehreren Studien bereits erwähnt, wobei hinsichtlich der Häufigkeit der einzelnen Stammbildungen unterschiedliche Angaben vorliegen (14–16).

In der klinischen Praxis gewinnt das Wissen um die Variabilität der konkreten segmentalen Bildung und des Vorkommens gemeinsamer Stämme, insbesondere im Kontext iatrogenen Nervenläsionen (17,18), an Bedeutung.

So sind der Plexus lumbalis selbst und die unmittelbar lateral anschließenden Teilbereiche seiner Äste potentiell durch chirurgische Eingriffen an der Lendenwirbelsäule, unter anderem bei lateralen Zugangswegen, gefährdet (4,19).

In der Peripherie des Körpers kann der Nervus cutaneus femoris lateralis bei chirurgischen Zugängen zur Hüfte in Mitleidenschaft gezogen werden (5). Dieser betritt medial der Spina iliaca anterior superior und profund zum Ligamentum inguinale den Oberschenkel (12,20). Dort durchbricht er die Fascia lata in etwa eine Handbreite distal und eine Fingerbreite medial der Spina iliaca anterior superior (12). Von dort an verläuft der Nervus cutaneus

femoris lateralis variabel (1–3) im subkutanen Gewebe, um die Haut an der lateralen Seite des Oberschenkels zu versorgen (12,13).

Kaudal der Spina iliaca anterior superior kreuzt der Nerv die derzeit verwendeten chirurgischen Zugangswege zum Hüftgelenk, insbesondere den direkten anterioren Zugang. Dabei postulieren Dahm et al. (5) und Goulding et al. (21), dass die Häufigkeit von Läsionen des Nervus cutaneus femoris lateralis in klinischen Studien, vor allem sofern Nervenläsionen nicht als primärer Endpunkt gesetzt wurde (5), deutlich unterschätzt wird. So weicht die mediane Inzidenzrate von Läsionen des Nervus cutaneus femoris lateralis mit 28% in einer klinischen Studie (5) deutlich von den Annahmen anatomischer Studien ab, welche aufzeigen, dass der Verlauf des Nervus cutaneus femoris lateralis in 42% (3) bis 81% (21) den direkten anterioren Zugangsweg schneidet. Für den anterolateralen Zugangsweg gibt es derzeit keine klinischen Berichte über Läsionen dieses Nervs (7), obwohl auch hier eine anatomische Studie eine Überschneidung des Zugangsweges mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis in 27% der untersuchten Präparate festgestellt hat (6).

Generell sind aber iatrogene Nervenläsionen für etwa ein Fünftel aller traumatischen Nervenläsionen verantwortlich (18). Daher ist ein genaues Wissen der Bildung und des Verlaufs der einzelnen Nerven relevant (22). Das Ziel dieser Studie ist daher die anatomische Variabilität des Plexus lumbalis erneut aufzuzeigen und den Zusammenhang zu chirurgischen Zugangswegen herzustellen. Dafür erfolgte die seitenspezifische Bestimmung der segmentalen Bildung und Stammformationen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis. Um die Relation zwischen dem Verlauf des Nervus cutaneus femoris lateralis und den derzeit verwendeten Zugängen zum Hüftgelenk aufzuzeigen, wurde die Distanz zwischen seinem Austrittspunkt aus der Fascia lata und der Spina iliaca anterior superior vermessen. Außerdem wurde sein weiterer Verlauf in Bezug auf die derzeit gängigen Zugangswege zum Hüftgelenk bestimmt, um das mögliche Verletzungsrisiko abschätzen zu können.

2. Anatomischer Hintergrund

2.1 Das periphere Nervensystem

Die Nerven des Plexus lumbalis und der Plexus lumbalis selbst sind Teil des peripheren Nervensystems (13). Sie leiten Informationen aus der Peripherie über afferente Fasern Richtung zentrales Nervensystem und übermitteln über efferente Fasern Informationen vom zentralen Nervensystem an die jeweiligen peripher liegenden Organe (13).

2.1.1 Nervi spinales

Die Grundbaueinheit dieses Abschnitts des peripheren Nervensystems sind dabei die Nervi spinales. Diese beinhalten die motorischen Axone der Vorderhornzellen und die primär afferenten Neurone, deren Perikaryen in den Spinalganglien lokalisiert sind. Die Nervi spinales verlassen den Canalis spinalis durch die segmental angeordneten Foramina intervertebralia (12,13). Entsprechend der Abschnitte der Wirbelsäule und des Rückenmarks unterscheidet man die Nervi cervicales, thoracici, lumbales et sacrales, sowie den Nervus coccygeus (12). Knapp nach dem Austritt teilen sich die Nervi spinales jeweils in einen Ramus anterior und Ramus posterior, wobei die Plexus regelhaft nur von den Rami ventrales gebildet werden (13).

2.1.2 Die Plexus - Bildung der Spinalnerven

Die Rami anteriores der Nervi spinales besitzen im Weiteren die Eigenschaft sich in gewissen Bereichen zu verflechten und somit Faseraustausche durchzuführen, wobei der Faseraustausch in eine Richtung (Anastomosis simplex) oder in beide Richtungen (Anastomosis mutua) erfolgen kann (12,13). Dieser Austausch von Nervenfasern entsteht bereits während der embryonalen Entwicklung (11). So laufen im Embryo alle Nervi spinales zunächst singular in die Peripherie, wo sie die Muskel- und Hautanlagen versorgen, welche somit ebenfalls noch singular einem Spinalsegment zuzuordnen sind (11,12). In der weiteren Entwicklung kommt es im Bereich der Extremitäten zur Verschmelzung der segmentierten Muskel- und Hautanlagen und somit ebenso zur Verschmelzung der Nervenanlagen, da die ursprüngliche Nervenfasern-Muskelzellverbindung bestehen bleibt (11). Die nun primär entstandenen Nervengeflechte werden in der weiteren Entwicklung und vor allem während des Längenwachstums auseinandergezogen. Somit entstehen zwei Nervengeflechte, eines wirbelsäulennahe und eines intramuskulär. Dazwischen verlaufen die distinkten peripheren Nerven, welche ebenfalls Anteile mehrerer Segmente führen

können (11). Die wirbelsäulennahen Nervengeflechte werden als Plexus bezeichnet (13). Entsprechend der Ausbildung der beiden Extremitätenpaare kommt es im menschlichen Körper zur Entstehung von Plexus in vier Bereichen und es werden bilateral die Plexus cervicalis, brachialis, lumbalis und sacralis gebildet (12–14). Distal zum Faseraustausch innerhalb des Plexus können Nerven gemeinsame Stämme formieren, die sich erst weiter in der Peripherie aufspalten (14).

2.1.3 Plexus lumbalis

Im Regelfall wird der Plexus lumbalis aus den Nervi lumbales I-IV gebildet (23,24). Variabel beteiligt sich auch der Nervus thoracicus XII daran (14,23,24). Der Nervus lumbalis IV teilt sich dabei als sogenannter Nervus furcalis in drei Äste, wobei einer dieser Äste sich dem Nervus femoralis und ein weiterer sich dem Nervus obturatorius anlagert. Der dritte Ast vereinigt sich mit dem Ramus ventralis des Nervus lumbalis V zum Truncus lumbosacralis. Dieser steigt über die Linea terminalis ins kleine Becken ab und vereinigt sich mit den Nervi sacrales I-III (IV) zum Plexus sacralis (12).

2.1.4 Nervus iliohypogastricus

Seine Fasern erhält dieser Nerv im Regelfall vom Ramus ventralis des Nervus thoracicus XII und des Nervus lumbalis I (12,13,24). Einige Autor*innen beschreiben seinen Ursprung allerdings auch singular von Nervus lumbalis I (25) oder Nervus thoracicus XII (14); auch eine Beteiligung des Nervus thoracicus XI wird erwähnt (14). Mit seinen Rami musculares versorgt dieser Nerv die kaudalen Anteile der ventrolateralen Bauchwandmuskulatur, über den Ramus cutaneus lateralis die Haut der Hüftgegend und über den Ramus cutaneus anterior die Haut der Leistengegend (12,13).

2.1.5 Nervus ilioinguinalis

Der Nervus ilioinguinalis entsteht zumeist singular von dem Nervus lumbalis I (12,14,24), allerdings werden ebenso Varianten mit Beteiligung des Nervus thoracicus XII (13,14) und der Nervi lumbales II et III (14) beschrieben. Ebenso kann dieser Nerv nicht vorhanden sein und vom Ramus genitofemoralis ersetzt werden (14). Mittels der Nervi labiales anteriores versorgt er bei weiblichen Individuen, den ventralen Anteil der Labia majora. Bei männlichen Individuen innerviert er mit den Nervi scrotales anteriores die Haut des Hodensackes. Die muskulären Äste versorgen gemeinsam mit dem Nervus iliohypogastricus die kaudalen Anteile der Bauchwandmuskulatur (12,13).

2.1.6 Nervus genitofemoralis

Regelhaft erhält der Nervus genitofemoralis seine Fasern aus den Nervi lumbales I et II (12,13). Es werden aber ebenso Ursprünge des Nervs singular von den Nervi lumbales I vel II oder aus unterschiedlich von den Nervi lumbales I, II vel III gebildeten Stämmen beschrieben (26). Im weiteren Verlauf teilt sich der Nerv in seine zwei Äste, den Ramus genitalis und Ramus femoralis (12), wobei diese Äste bereits primär separat vom Plexus lumbalis abgehen können (14,26). Der Ramus genitalis versorgt motorisch den Musculus cremaster und sensibel die Haut des Hodensackes beim männlichen Individuum und bei der Frau die Haut der großen Schamlippen (12,13). Der Ramus femoralis versorgt bei beiden Geschlechtern die Haut im Bereich des Hiatus saphenus und den medialen Bereich des Oberschenkels sensibel (12).

2.1.7 Nervus cutaneus femoris lateralis

Im Regelfall aus Nervenfasern der Nervi lumbales II-IV (13), beziehungsweise Nervi lumbales II et III (12,14) aufgebaut, versorgt dieser Nerv die Haut im lateralen Bereich des Oberschenkels sensibel. Abgesehen von seiner variablen Bildung kann der Nervus cutaneus femoris lateralis auch fehlen und dabei durch einen Ramus cutaneus femoris anterior des Nervus femoralis ersetzt werden (14).

Im lateralen Bereich des Oberschenkels weist er drei Verlaufstypen auf. Der anteriore Typ wird durch einem prominenten anterioren Ast, welcher am lateralen Rand des Musculus sartorius verläuft, charakterisiert. Der posteriore Typ weist einen starken posterioren Ast auf und der Fächer-Typ (fan-type) einen Nerv der sich in mehrere gleichstarke Nervenästen auffächert (1,2). Nach Rudin et al. (1) kommen die drei Verlaufsformen etwa gleich häufig vor, wohingegen Thaler et al. (2) eine Dominanz des anterioren Typs mit einem Auftreten in 70.5% der Präparate feststellten.

2.1.8 Nervus femoralis

Dieser motorische und sensible Nerv erhält seine Fasern im Regelfall von den Nervi lumbales I-IV (12,14). In seinem weiteren Verlauf teilt er sich in einen oberflächlichen und einen tiefen Anteil, wobei aus dem oberflächlichen Anteil die Rami musculares für den Musculus sartorius und die Rami cutanei femoris anteriores, welche die Vorderseite des Oberschenkels versorgen, entspringen (12). Sein tiefer Anteil führt Fasern für die motorische Versorgung des lateralen Anteiles des Musculus pectineus und aller Köpfe des Musculus quadriceps femoris (12). Die sensiblen Fasern des tiefen Anteils des Nervs vereinen sich zum Nervus saphenus (12), welcher im Weiteren die ventromediale Seite des Unterschenkels und das Kniegelenk versorgt (13).

2.1.9 Nervus obturatorius

Der Nervus obturatorius führt ebenso motorische und sensible Fasern. Er wird von den Rami ventrales der Nervi lumbales II-IV gespeist (13,14), wobei sich auch der Ramus ventralis nervi lumbalis I beteiligen kann (12). Aus seinem Nervenstamm geht die Innervation des Musculus obturatorius externus hervor. Er teilt sich hernach in einen Ramus anterior und Ramus posterior (12,13). Der Ramus anterior versorgt die Musculi adductor longus, adductor brevis, gracilis et pectineus und der Ramus posterior die Musculi adductor magnus et minimus (12,13). Der Ramus anterior endet mit einem zarten Hautast, der das kaudale Drittel der medialen Fläche des Oberschenkels sensibel versorgt. Mit dem Ramus posterior ziehen dabei Fasern zur Bildung des Ramus articularis mit, welcher die Hüftkapsel sensibel innerviert (12).

2.2 Topographische Anatomie des Plexus lumbalis

Der Plexus lumbalis liegt zwischen den ventralen und dorsalen Anteilen des Musculus psoas major. Die von ihm abgehenden Nerven ziehen in ihrem weiteren Verlauf durch das Retroperitoneum in Richtung ihrer Zielgebiete. Der kranialste Nerv des Plexus lumbalis, der Nervus iliohypogastricus, tritt dabei am dorsolateralen Rand des Musculus psoas major aus und verläuft ventral des Musculus quadratus lumborum liegend parallel und kaudal zum Nervus subcostalis. Er tritt im Weiteren kranial der Crista iliaca zunächst durch den Musculus transversus abdominis durch und läuft zwischen diesem und dem Musculus obliquus internus abdominis, bevor er auch diesen durchbricht und so die Schicht zwischen Musculi obliquus internus et externus abdominis erreicht.

Durch den *Musculus obliquus externus abdominis* gelangen seine sensiblen Endäste in die Subkutis. Distal des *Nervus iliohypogastricus* verläuft der *Nervus ilioinguinalis*, welcher ebenso aus dem dorsolateralen Rand des *Musculus psoas* austritt. Er verläuft analog zum *Nervus iliohypogastricus* durch die ventrolateralen Bauchwandmuskeln zur Innenseite des Leistenbandes. Durch den *Anulus inguinalis superficialis* erreicht er die Haut der äußeren Genitalregion. Der *Nervus genitofemoralis* durchbricht den *Musculus psoas major* an seiner ventralen Fläche und teilt sich bei seinem Abstieg in seine zwei Äste. Der *Ramus femoralis* zieht danach ventral der *Arteria femoralis* durch die *Lacuna vasorum*, um im Bereich des *Hiatus saphenus* subkutan zu werden. Der *Ramus genitalis* gelangt durch den *Anulus inguinalis profundus* in den *Canalis inguinalis*. Beim Mann verläuft er ab dort im *Funiculus spermaticus*, bei der Frau parallel zum *Ligamentum teres uteri* und erreicht so das *Scrotum* beziehungsweise das *Labium majus*. Als nächstes tritt der *Nervus cutaneus femoris lateralis* an der lateralen Seite des *Musculus psoas major* aus und verläuft zwischen der derben *Fascia iliaca* und dem *Musculus iliacus* zur *Spina iliaca anterior superior*. Durch die *Lacuna musculorum* gelangt er an den Oberschenkel, wo er von der *Fascia lata* bedeckt ist. Er durchbricht diese Faszie etwa eine Handbreite distal und eine Fingerbreite medial der *Spina iliaca anterior superior*. Mit mehreren Ästen innerviert er die Subkutis des lateralen Bereichs des Oberschenkels. Der *Nervus femoralis* deszendiert in der Rinne zwischen dem *Musculus psoas* und *Musculus iliacus* zur *Lacuna musculorum* und durch diese hindurch an den Oberschenkel, wo er sich in seinen oberflächlichen und tiefen Anteil aufteilt. Der *Nervus obturatorius* durchbricht den *Musculus psoas major* an seinem dorsomedialen Rand, um als einziger Nerv des *Plexus lumbalis* Richtung kleines Becken abzustiegen. Dabei überkreuzt der *Nervus obturatorius* die *Linea terminalis* auf Höhe der *Articulatio sacroiliaca* und verläuft zunächst dorsal, dann lateral der *Vasa iliaca communis* entlang der lateralen Wand des kleinen Beckens. Durch den *Canalis obturatorius* verlässt er dieses daraufhin folgend, um in den Oberschenkel einzutreten und dort zu den *Musculi adductores* zu gelangen. (12)

3. Klinischer Hintergrund

17.4% aller traumatischen Nervenläsionen sind iatrogenen Ursprungs (18) und 94% dieser entstehen aufgrund chirurgischer Eingriffe (22). Als mögliche Verletzungsmechanismen werden dabei direkte Traumata durch die Operation, durch Schnitte, Druck, Irritation durch Schrauben und chirurgische Instrumente, oder indirekte Verletzungen durch die Lagerung angesehen (17,27). Iatrogene Nervenverletzungen werden intra- aber auch postoperativ diagnostiziert (22). So ist bei einem postoperativ neurologischen Defizit bei präoperativ unauffälligen Patient*innen bereits von einer Nervenläsion auszugehen (22), wobei nicht alle Nervenläsionen ein erneutes chirurgisches Vorgehen zur Reparatur verlangen. Anhaltspunkt hierbei kann die bereits 1951 von Sunderland (28) eingeführte Klassifikation für traumatische Nervenläsionen sein. Dieser unterscheidet in seiner Publikation (28) fünf Grade der Nervenläsion und erweitert somit die Klassifikation von Seddon (29). Als Eingriffe mit erhöhtem Risiko für Nervenläsionen zählen dabei unter anderem orthopädische und unfallchirurgische Eingriffe, wie Osteosynthesen und Osteotomien (17,22). Dabei stellten Kretschmar et al. (17) sowohl das Risiko einer Verletzung gemischt motorisch-sensibler als auch sensibler Nerven fest.

3.1 Zugangswege zum Hüftgelenk

Wird die Indikation zur chirurgischen Versorgung des Hüftgelenkes gestellt, so stehen mehrere Zugangswege in unterschiedlichen Modifikationen zur Verfügung. Zu den klassischen Zugangswegen zählen dabei unter anderem der direkt anteriore (direct anterior approach, Smith-Petersen-approach), der anterolaterale (anterolateral approach, Watson-Jones-approach) oder laterale Zugangsweg (lateral approach) zum Hüftgelenk (30,31).

3.1.1 Technik des direkt anterioren Zugangsweges (direct anterior approach, Smith-Petersen)

Der Hautschnitt wird 2-4cm lateral der Spina iliaca anterior superior begonnen und nach distal 8-12cm erweitert. Dabei sollte darauf geachtet werden, den Hautschnitt in Richtung der lateralen Seite des ipsilateralen Knies zu setzen. Daraufhin wird durch die Subkutis in Richtung Fascia lata präpariert, wobei auf den Nervus cutaneus femoris lateralis geachtet werden sollte. Die Fascia lata wird im Weiteren inzidiert und zwischen Musculus tensor fasciae latae und Musculus sartorius in die Tiefe eingegangen, womit folgend der Musculus rectus femoris nach medial und der Musculus gluteus medius nach lateral verlagert wird. Schließlich kann die Kapsel des Hüftgelenks dargestellt werden kann. (32,33)

3.1.2 Technik des anterolateralen Zugangsweges (anterolateral approach, Watson-Jones)

Der Hautschnitt beim anterolateralen Zugangsweg wird anterior der Spitze des Trochanter majors gesetzt. Ziel ist es dabei ihn so zu orientieren, dass der Hautschnitt im Bereich zwischen Musculus tensor fasciae latae und Musculus gluteus medius zum Liegen kommt. Die Subcutis wird bis auf die Faszie durchtrennt, und ebendiese daraufhin in identer Richtung des Hautschnittes eröffnet. Anschließend wird stumpf in den Spalt zwischen Musculus tensor fasciae latae und Musculus gluteus medius eingegangen. Der Musculus gluteus medius wird von seiner Kontaktfläche mit dem Collum femoris retrahiert und somit die Gelenkscapsel zur Ansicht gebracht. Diese kann in Folge inzidiert und so das Gelenk dargestellt werden. (34,35)

3.1.3 Technik des lateralen Zugangsweges (lateral approach)

Beim lateralen Zugangsweg wird ein längs des Trochanter major verlaufender Hautschnitt zirka 3-5cm proximal dessen begonnen und 5-8cm nach distal des Trochanter majors gezogen. Die Fascia lata wird zwischen dem Musculus tensor fascia latae und Musculus gluteus medius eröffnet und der Musculus gluteus medius dargestellt. Dieser wird anschließend in seiner Mitte oder zwischen dem anterioren und mittleren Drittel in Faserrichtung gespalten. Der darunter zum Vorschein kommende Musculus gluteus minimus wird wiederum gespalten, entweder in Faserrichtung oder entlang des Collum femoris. Damit wird die Gelenkscapsel zur Ansicht gebracht, welche anschließend ebenfalls durchtrennt wird, um das Gelenk zu eröffnen. (32,36)

3.2 Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Zugangswege zum Hüftgelenk

Aufgrund seines variablen Verlaufes am Oberschenkel kann es zu Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis beim chirurgischen Zugang zum Hüftgelenk kommen (1–3,6). Dabei kann der Nerv einerseits im Rahmen des Hautschnittes und der Präparation durchtrennt, andererseits durch Kompression während der Operation selbst und die dafür nötige Lagerung beeinträchtigt werden (37). Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis führen zur typischen Meralgia paraesthetica, das heißt zu Hypästhesien, Kribbelgefühl und Schmerzen im Bereich des lateralen Anteils des Oberschenkels, wobei nach Homma (38) das führende Symptom in 47% die Hypästhesie, in 28% Kribbelparästhesien und in 25% Schmerz war. Dies erklärt sich durch das autonome Gebiet des Nervus cutaneus femoris lateralis, das heißt die Tatsache, dass die Haut im lateralen Bereich des Oberschenkels ausschließlich von genanntem Nerv innerviert wird (12–14).

3.2.1 Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim direkt anterioren Zugangsweg

Hierfür kommen klinische und anatomische Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. So stellten Dahm et al. (5) in einer Metaanalyse klinischer Studien ein medianes Risiko von 28% für klinische Anzeichen einer Läsion des Nervus cutaneus femoris lateralis fest. Dabei merkten sie (5) an, dass in Studien mit dem Fokus auf Nervenverletzungen ein signifikant höheres Risiko angegeben wird. Es ergab sich ein Streubereich bei der Häufigkeit einer Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis in den, in die Analyse inkludierten, Studien zwischen 0-83% (5). Die Studie von Ozaki et al. (39) kombinierte einen anatomischen und klinischen Ansatz, denn sie stellten mittels Ultraschalls präoperativ den Verlaufstyp des Nervus cutaneus femoris lateralis fest. Sie (39) benutzten den direkt anterioren Zugangsweg zum Hüftgelenk. Der postoperative Funktionstest des Nervus cutaneus femoris lateralis ergab, dass es bei einem präoperativ festgestellten Fächer-Typus des Nervenverlaufs in 90% zu einer Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis kam (39). Anatomische Studien ergeben generell ein deutlich höheres Risiko für Nervenverletzungen aufgrund von Überschneidungen des Verlaufs des Nervus cutaneus femoris lateralis mit dem direkt anterioren Zugangsweg. So stellten Sugano et al. (3) in ihrer Studie ein Gesamtrisiko von 42% fest, wobei vor allem Nerven mit posteriorer Verlaufsform gefährdet sind. Goulding et al. (21) stellten im Rahmen ihrer Studie ein Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris

lateralis von 81% fest. Sie vermuteten, dass die Verletzung eben dieses Nervs beim direkt anterioren Zugangsweg klinisch unterschätzt wird.

3.2.2 Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim anterolateralen Zugangsweg

Bei Benützung des anterolateralen Zugangsweg erbrachten klinische Studien keine Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis (7). Anatomisch wiesen Ukai et al. (6) allerdings eine Überschneidung des Nervenverlaufs mit dem Zugangsweg in 27% der Präparate nach.

3.2.3 Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim lateralen Zugangsweg

Für diesen Zugangsweg weisen klinische Studien kein Verletzungsrisiko für den Nervus cutaneus femoris lateralis nach (40–42).

3.3 Verletzungsrisiko der Nerven des Plexus lumbalis bei lateralen Zugängen zur Lendenwirbelsäule

Bei traumatischen oder degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule ist in gewissen Fällen eine operative Versorgung notwendig, dabei kommt unter anderem der laterale Zugang durch den Musculus psoas major (lateral transpsoas approach) zum Einsatz. Allerdings birgt dieser Zugangsweg Risiken der Verletzung des Plexus lumbalis, durch die nötige Spaltung des Muskels und das Einbringen von Retraktoren, Dilatatoren oder anderer Instrumente (4,43–45). Besonders betroffen sind die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et genitofemoralis, wobei Grunert et al. (4) sowohl partielle Verletzungen als auch eine komplette Durchtrennung dieser Nerven beschreiben. Ebenso werden Empfindungsstörungen im lateralen Bereich des Oberschenkels nach Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule beobachtet (44), wobei Grunert et al. (4) in ihrer anatomischen Studie nur von partielle Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis berichten.

4. Material und Methode

4.1 Präparate

Diese Arbeit beruht auf 32 Ethanol-fixierten und acht unfixierten Präparate, woraus Beobachtungen in 80 Körperseiten (in Folge kurz Seiten genannt) resultieren. Präparate mit sichtbaren Operationsnarben, Verletzungen oder Tumoren im Bereich des Oberschenkels und der Bauchwand wurden ausgeschlossen, wobei bei lediglich einseitigem Vorliegen dieser Veränderungen die zweite Seite nicht ausgeschlossen wurde. Aufgrund von Operationsnarben im Bereich des proximalen Abschnitts des Oberschenkels mussten daher ein unfixiertes weibliches Präparat komplett und drei linke (2F (Frau/en) (1 unfixiert, 1 fixiert), 1M (Mann/Männer) (fixiert)), sowie sechs rechte (3F (unfixiert), 3M (2 unfixiert, 1 fixiert)) Seiten ausgeschlossen werden. Final verblieben somit 39 Individuen (21F, 18M) woraus sich bezüglich des Nervus cutaneus femoris lateralis und der Zugangswege zum Hüftgelenk 69 präparierte, und untersuchte Seiten ergaben.

Von diesen 39 Individuen war es bei 29 (15F, 14M) möglich, in einem weiteren Präparationsschritt im Retroperitoneum eventuelle Stammbildungen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis zu studieren. Die restlichen Präparate waren aufgrund des laufenden Präparierkurses oder anderer Forschungsvorhaben davon ausgeschlossen.

Aus demselben Grund konnte nur in 13 (7F, 6M) dieser 29 Individuen der Austritt der Nerven aus dem Canalis vertebralis durch stratigraphisches Abtragen des Musculus psoas major dargestellt werden.

Alle für diese Studie verwendeten Präparate stammten von Körperspender*innen. Diese hatten zu Lebzeiten ihren Körper dem Lehrstuhl für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universität Graz testamentarisch vermacht. Mit diesem Vermächtnis zur Körperspende gaben sie auch die Einwilligung, dass ihre Körper für die anatomische Lehre und Forschung verwendet werden. Zusätzlich wurde die Studie von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt (Nummer des Votums: 34-331 ex 21/22).

4.2 Studiendesign

Wie bereits angedeutet, hatte diese Studie mehrere Ziele.

Bei allen 39 Präparaten wurde der Nervus cutaneus femoris lateralis am Oberschenkel durch stratigraphische (schichtweise) Präparation identifiziert und die Relativposition des Austrittspunkts aus der Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior vermessen. Nach Darstellung aller Äste erfolgte eine visuelle Abschätzung möglicher Überschneidungen des Nervenverlaufs mit den Zugangswegen zum Hüftgelenk. Somit konnte die mögliche Verletzungsrate des Nervus cutaneus femoris lateralis bei chirurgischen Zugängen zum Hüftgelenk erhoben werden.

In 29 Individuen wurde zusätzlich das eventuelle Vorliegen von Stammbildungen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis präparatorisch festgestellt.

Bei 13 dieser Präparate erfolgte außerdem die Bestimmung des segmentalen Austritts dieser Nerven aus dem Wirbelkanal, um auch in diesem Bereich eventuelle Varianten dieser Nerven des Plexus lumbalis zu erheben.

4.3 Methode

Um diese Ziele zu erreichen, erfolgt die schrittweise, schichtweise Präparation der genannten Nerven am Oberschenkel, in der ventralen Bauchwand und im Retroperitoneum. Dabei wurde im ersten Schritt der Nervus cutaneus femoris lateralis im subkutanen Fettgewebe dargestellt und identifiziert und die Distanz zwischen seinem Durchtritt durch die Fascia lata und der Spina iliaca anterior superior mittels elektronischer Schublehre vermessen. Nach Darstellung der Äste des Nervs wurde deren Verlauf in Bezug auf eine durch die Spina iliaca anterior superior gelegte Vertikale und auf die Schnittführung der drei Standardzugänge zum Hüftgelenk bestimmt. Im zweiten Schritt wurden die Nerven des Plexus lumbalis durch schichtweise Präparation der ventrolateralen Bauchwand und des Retroperitoneums identifiziert. Sie wurden in Richtung ihres Abgangs zurückverfolgt und etwaige Stammbildungen wurden vermerkt. Im letzten Schritt wurde bei 13 Individuen der Musculus psoas major sorgfältig entlang der durchtretenden Nerven entfernt, um deren Austrittshöhen aus dem Wirbelkanal zu bestimmen.

Die Datenauswertung erfolgte mittels Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016) und IBM SPSS Statistics 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

4.4 Präparation des Nervus cutaneus femoris lateralis

Der erste Hautschnitt wurde der Crista iliaca folgend Richtung Spina iliaca anterior superior gesetzt, wobei er in etwa zwei Zentimeter über diese hinaus - dem Verlauf folgend - verlängert wurde. Von dort aus erfolgte ein zweiter Hautschnitt vertikal in der Mitte der Vorderseite des Oberschenkels entlang bis zum Knie. In dieser Höhe wurde ein dritter horizontaler Hautschnittes proximal des Knies nach lateral geführt. Der so gewonnene Hautlappen wurde daraufhin türflügelartig nach lateral von der Subcutis abpräpariert. In der Subcutis wurde daraufhin der Nervus cutaneus femoris lateralis im proximalen Bereich des Oberschenkels aufgesucht und Richtung seines Fasziendurchtritts nach kranial verfolgt. Danach erfolgte ebenso die Darstellung der einzelnen Äste des Nervus cutaneus femoris lateralis bis zum distalen Ende des mittleren Drittels des Oberschenkels.

4.6 Visualisierung der Zugangswege zum Hüftgelenk

Die Zugangswege zum Hüftgelenk wurden daraufhin mittels entsprechend gespannten Fäden visualisiert (siehe Abbildungen 2-4). Somit konnten Überschneidungen des Hautschnittes mit dem Verlauf des Nervus cutaneus femoris lateralis dokumentiert werden. Der Verlauf der Hautschnitte wurde gemäß den Angaben von Petis et al. (32), Röttinger et al. (34) und der AO surgery reference (33,35,36) simuliert.

4.6.1 Anteriorer Zugangsweg

Für den anterioren Zugangsweg wurde gemäß Petis et al. und der AO surgery reference (32,33) ein 10cm langer Hautschnitt, beginnend 2cm lateral der Spina iliaca anterior superior, parallel zur Längsachse des Femur simuliert. Abbildung 2 zeigt den Verlauf des Hautschnittes als blaue Linie.

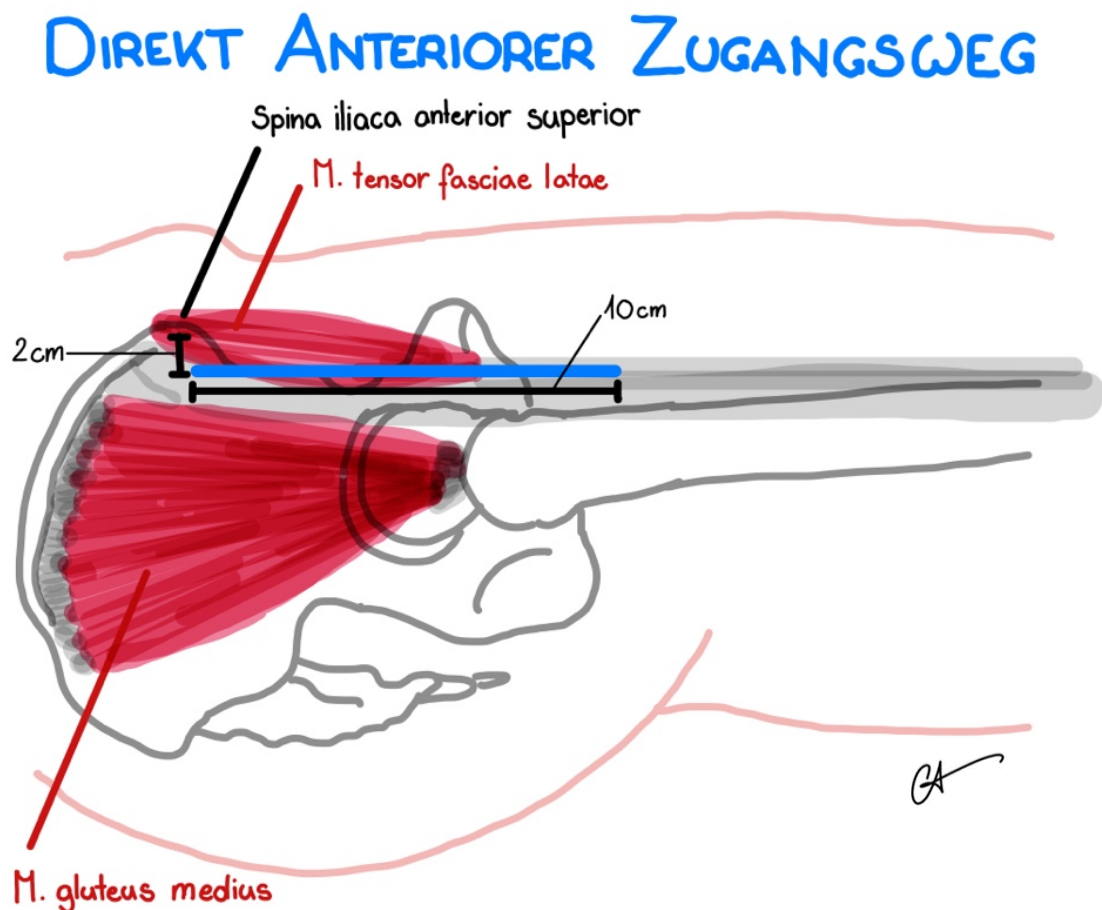


Abbildung 2 - Visualisierung des direkt anterioren Zugangswegs - Blau: Zugangsweg, Schwarz: Längenmaße des Hautschnitts, M.: Musculus

4.6.2 Anterolateraler Zugangsweg

Um den anterolateralen Zugangsweg zu visualisieren, wurde ein 7cm proximal der Spitze des Trochanter major beginnender, leicht gekrümmter Hautschnitt, der 10cm nach distal des Trochanter major verlängert wurde, gelegt. Wie von Röttinger et al. (34) empfohlen, lag dieser im Bereich zwischen dem dorsalen Rand des Musculus tensor fasciae latae und dem ventralen Rand des Musculus gluteus medius, zwischen welchen entsprechend weiter in die Tiefe eingegangen werden sollte. In Abbildung 3 ist der Hautschnitt wiederum mittels blauer Linie angezeigt.

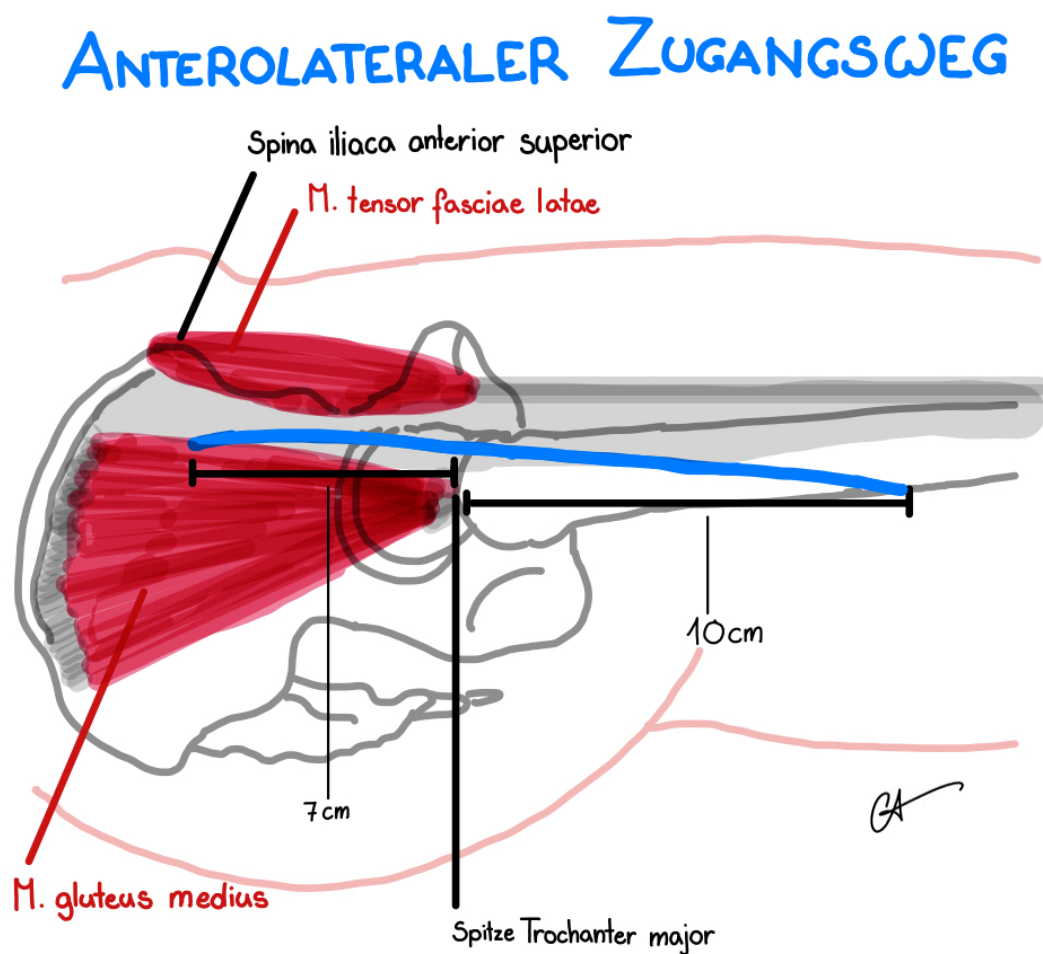


Abbildung 3 - Visualisierung des anterolateralen Zugangswegs - Blau: Zugangsweg, Schwarz: Längenmaße des Hautschnitts, M.: Musculus

4.6.3 Lateraler Zugangsweg

Für den lateralen Zugangsweges liegt der Hautschnitt direkt lateral des Trochanter major. Er beginnt 4cm proximal des Trochanter major und reicht 8cm nach distal. In Abbildung 4 wird dieser Hautschnitt wiederum als blaue Linie gezeigt.

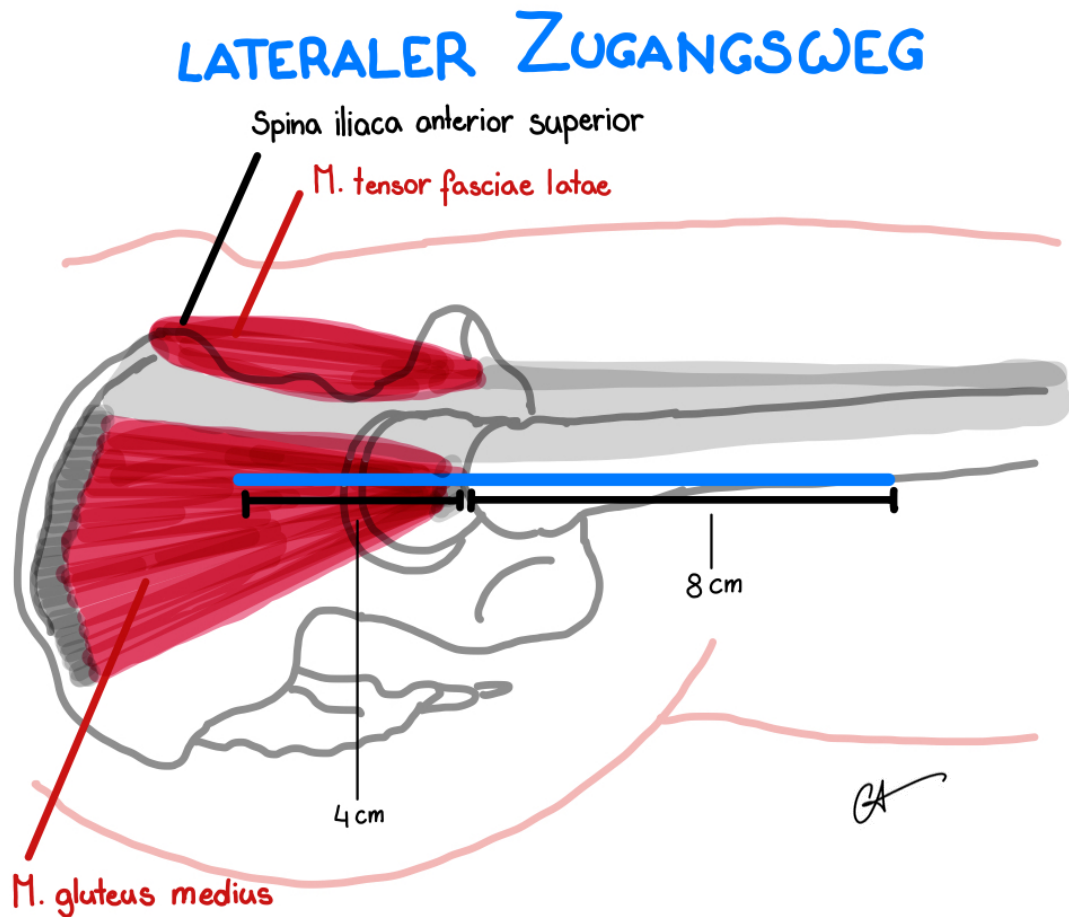


Abbildung 4 - Visualisierung des lateralen Zugangswegs - Blau: Zugangsweg, Schwarz: Längenmaße des Hautschnitts, M.: Musculus

4.7 Präparation der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis von der ventralen Bauchwand bis zu ihrem Ursprung

Es erfolgte die Anlage eines vom Processus xiphoideus zur Symphyse führenden medianen Hautschnittes. Dieser wurde am proximalen Ende vom Processus xiphoideus entlang des Rippenbogens und am distalen Ende entlang des Ligamentum inguinale über die Spina iliaca anterior superior und die Crista iliaca nach lateral erweitert. Daraufhin konnte die Haut von der Subcutis abpräpariert und anschließend die Subcutis en bloc, von der Linea alba ausgehend, entfernt werden. Dabei wurden die Hautäste, insbesondere der Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis dargestellt und identifiziert.

Dann wurde der Musculus obliquus externus abdominis zur Darstellung gebracht. Seine Ursprungszacken von den Rippen wurden gegen den Musculus serratus anterior separiert und einzeln abgehoben. Ab der mittleren Axillarlinie wurde er vertikal, in kraniokaudaler Richtung bis zur Crista iliaca, durchtrennt. Von dort aus erfolgte ein Schnitt entlang der Muskelfasern, der die Crura mediale et laterale separierte und so den Canalis inguinalis eröffnete. Im Anschluss konnte der Musculus obliquus externus stumpf Richtung medial zum lateralen Rand der Rektusscheide von dem darunterliegenden Musculus obliquus internus abdominis mobilisiert werden. Um die Hautnerven zu erhalten, wurden diese dabei durch ihre Muskeldurchtritte gezogen. Zur Separation des Musculus obliquus internus abdominis vom Musculus transversus abdominis wurde der Nervus ilioinguinalis von der Peripherie Richtung Ursprungsgebiet zurückverfolgt. Nach Abgrenzung der beiden Muskeln, wurde der Musculus obliquus internus entlang des Nervus ilioinguinalis Richtung mittlerer Axillarlinie und danach entlang dieser in kranialer Richtung gespalten und ebenfalls nach medial bis zum lateralen Rand der Rektusscheide mobilisiert. Durch diese Präparation konnten die segmentalen Nervi thoracici und die Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis erhalten und deren Kurs innerhalb der ventralen Bauchwand studiert werden. Nach Eröffnung der Bauchhöhle und Präparation der intraperitoneal gelegenen Organe, erfolgte die Eviszeration, um das Retroperitoneum darzustellen. Anschließend wurden die Nerven des Plexus lumbalis im Retroperitoneum an ihrem Austritt aus dem Musculus psoas major identifiziert und nach distal präpariert. Dabei wurden etwaige Stammbildungen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis identifiziert und notiert.

4.8 Abtragung des Musculus psoas major

Zur Darstellung des Austrittes besagter Nerven des Plexus lumbalis durch die Foramina intervertebralia erfolgte in 13 Individuen die sorgfältige Abtragung des Musculus Psoas major entlang der vorab identifizierten Nerven.

5. Ergebnisse

5.1 Der Nervus cutaneus femoris lateralis und sein Ramus posterior in Relation zur Spina iliaca anterior superior

Der Nervus cutaneus femoris lateralis inklusive seines Austrittspunkts aus der Fascia lata konnte bei allen 69 Präparateseiten zur Darstellung gebracht werden. Während der Präparation zeigte sich aber, dass dieser distal der Spina iliaca anterior superior zunächst in einer Faszienduplikatur verläuft, ehe er in die Subkutis gelangt. Der Austrittspunkt wurde daher als distale Öffnung der Faszienduplikatur und somit den Übergang des Nervs in das subkutane Gewebe definiert. Zusätzlich zeigten 36 Präparateseiten einen definierten Ramus posterior, dessen Fasziendurchtritt ebenso vermessen wurde.

Im Mittel lag der Austrittspunkt des Stammes des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Faszienduplikatur 55.64 ± 16.30 mm distal der Spina iliaca anterior superior, wobei die kürzeste Distanz 19 mm und die längste 88 mm distal zur Spina iliaca anterior superior betrug. Der Durchtrittspunkt des Ramus posterior lag im Mittel 33.47 ± 16.90 mm distal der Spina iliaca anterior superior. (Tabelle 1)

Deskriptive Statistik

	Anzahl	Mittelwert (in mm)	Standardabweichung (in mm)	Varianz (in mm)
Distanz des Austritts des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	69	55.64	16.30	265.79
Distanz des Austritts des Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior	36	33.47	16.90	285.69

Tabelle 1 - Mittelwert, Standardabweichung und Varianz der Distanz von der Spina iliaca anterior superior zu den Durchtrittspunkten des Stammes des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior

5.1.1 Seitenvergleich der Distanzen des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior

Zieht man den Seitenvergleich, so zeigt sich für die Distanz des Austrittspunkts zur Spina iliaca anterior superior auf der rechten Seite eine mittlere Distanz von 52.48 ± 18.87 mm und auf der linken Seite eine mittlere Distanz von 58.53 ± 13.45 mm. (Tabelle 2, Abbildung 5)

Seitenvariabilität des Durchtritts des Nervus cutaneus femoris lateralis

	Seite		in mm	
Distanz des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	rechts	Mittelwert	52.48	
		95% Konfidenzintervall für den Mittelwert	untere Grenze	45.80
			obere Grenze	59.17
		Median	53.00	
		Standardabweichung	18.87	
		Minimum	19	
		Maximum	88	
		Streubreite	69	
	links	Mittelwert	58.53	
		95% Konfidenzintervall für den Mittelwert	untere Grenze	53.98
			obere Grenze	63.07
		Median	56.50	
		Standardabweichung	13.44	
		Minimum	32	
Maximum		83		
Streubreite		51		

Tabelle 2 - Seitenvariabilität der Entfernung des Durchtrittspunkts des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior

Es zeigte sich für die rechte Seite eine Streubreite von 69mm, mit einer minimalen Distanz von 19mm und einer maximalen Distanz von 88mm (Tabelle 2). Die auf der linken Seite erhobenen Maße hatten eine um 18mm geringere Streubreite als auf der rechten Seite. Diese betrug 51mm. Dabei war das Minimum mit 32mm um 13mm größer als auf der Gegenseite. Das Maximum zeigte sich allerdings mit 83mm nur um 5mm geringer als auf der rechten Seite. (Tabelle 2, Abbildung 5)

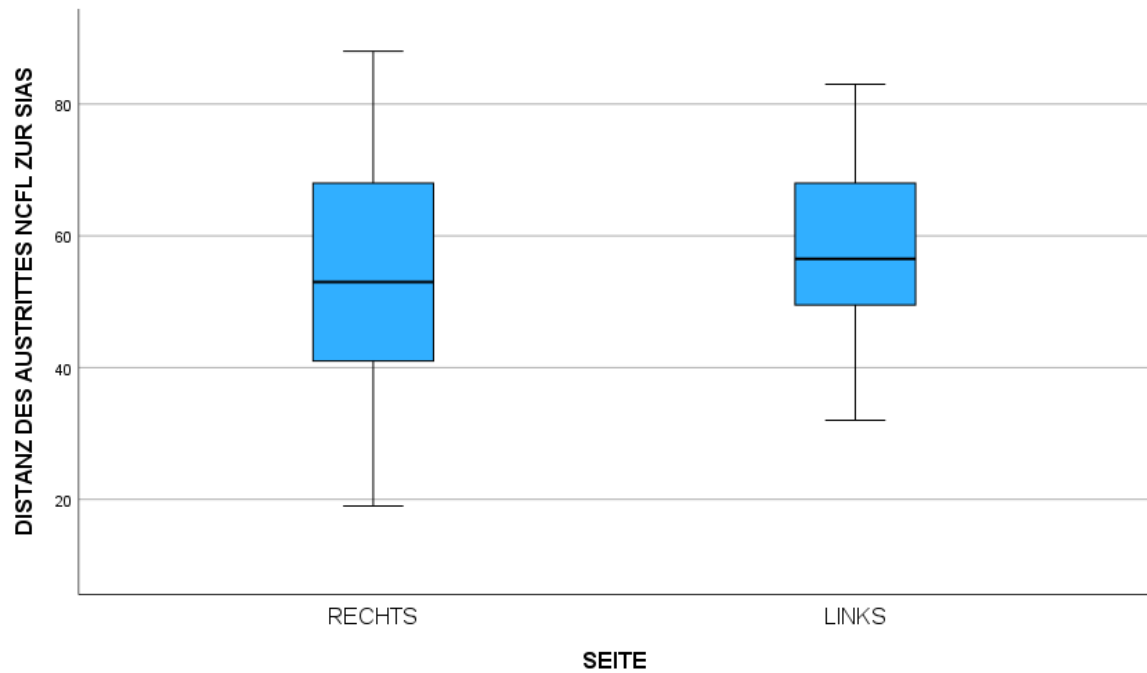


Abbildung 5 - Boxplot der Distanz des Fasziendurchtritts des Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) aus der Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior (SIAS) im Seitenvergleich

Ein distinkter Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis war in 36 Fällen vorhanden. Dieser trat im Mittel auf der rechten Seite 38.33 ± 14.93 mm und auf der linken Seite 30.00 ± 18.11 mm distal der Spina iliaca anterior superior durch die Fascia lata. Hier war im Gegensatz zum Durchtritt des Nervenstamms die Streubreite auf der linken Seite mit 70 mm deutlich größer als auf der rechten Seite mit 49 mm. (Tabelle 3, Abbildung 6)

Seitenvariabilität des Durchtritts des Ramus posterior

	Seite		in mm	
Distanz Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior	rechts	Mittelwert	38.33	
		95% Konfidenzintervall für den Mittelwert	untere Grenze	30.07
			obere Grenze	46.60
		Median	37.00	
		Standardabweichung	14.93	
		Minimum	15	
		Maximum	64	
		Streubreite	49	
	links	Mittelwert	30.00	
		95% Konfidenzintervall für den Mittelwert	untere Grenze	21.76
			obere Grenze	38.24
		Median	24.00	
		Standardabweichung	18.11	
		Minimum	10	
Maximum	80			
Streubreite	70			

Tabelle 3 - Seitenvariabilität des Durchtrittspunkts des Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior

Die grafische Darstellung (Abbildung 6) zeigt, dass die größere Streubreite der Messwerte für die linke Seite durch einige Ausreißer verursacht wird.

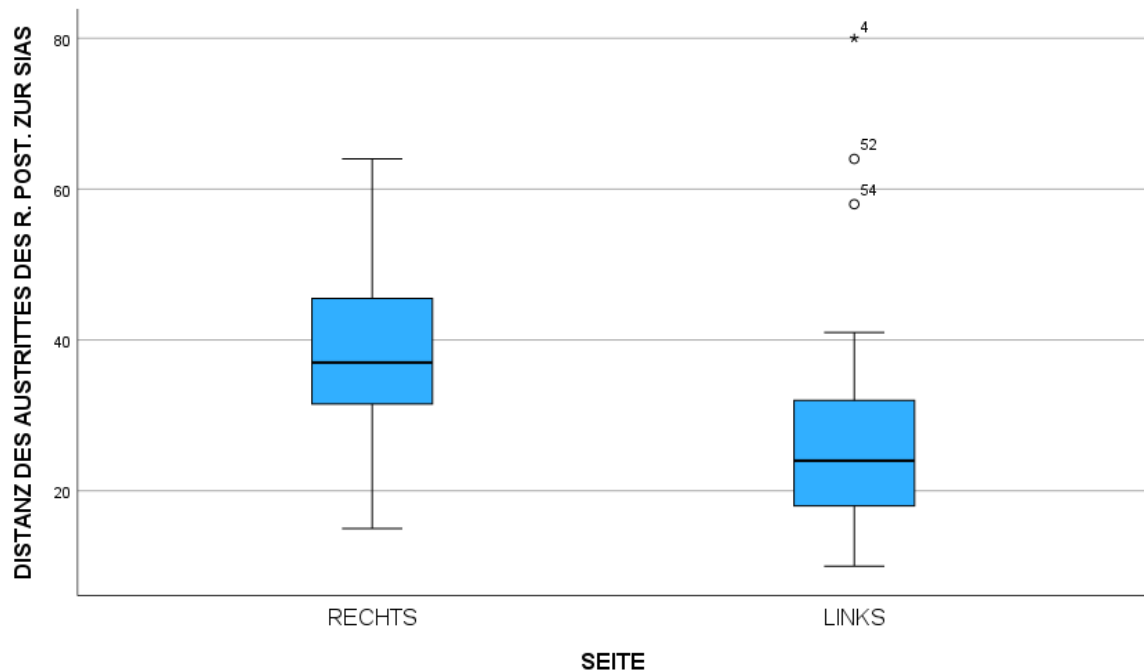


Abbildung 6 - Boxplot der Distanz des Fasziendurchtritts des Ramus posterior (R. post.) des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Fascia lata zur Spina iliaca anterior superior (SIAS) im Seitenvergleich

5.1.2 Geschlechtsvergleich der Distanzen des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior

Bei den weiblichen Individuen lag der Fasziendurchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis im Mittel 59.71 ± 16.05 mm und des Ramus posterior im Mittel 36.76 ± 19.00 mm distal der Spina iliaca anterior superior. Der Messwert des Nervus cutaneus femoris lateralis wies eine Streubreite von 63 mm und der seines Ramus posterior von 69 mm auf. Bei Männern lag der Fasziendurchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis im Mittel 61.07 ± 12.20 mm und der seines Ramus posterior 28.87 ± 13.42 mm distal der Spina iliaca anterior superior. Die Streubreiten beider Werte betragen 42 mm bei der Distanz des Nervus cutaneus femoris lateralis beziehungsweise 54 mm bei der Distanz seines Ramus posterior. (Tabelle 4)

Geschlechtsvariabilität der Distanzen der Austrittspunkte

	Geschlecht		in mm	
Distanz des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior	männlich	Mittelwert	61.07	
		95% Konfidenzintervall	untere Grenze	54.31
			obere Grenze	67.82
		Median	58.00	
		Standardabweichung	12.20	
		Minimum	41	
		Maximum	83	
	Streuung	42		
	weiblich	Mittelwert	59.71	
		95% Konfidenzintervall	untere Grenze	52.41
			obere Grenze	67.02
		Median	59.00	
		Standardabweichung	16.05	
		Minimum	19	
Maximum		82		
Streuung	63			
Distanz Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior	männlich	Mittelwert	28.87	
		95% Konfidenzintervall	untere Grenze	21.44
			obere Grenze	36.30
		Median	30.00	
		Standardabweichung	13.42	
		Minimum	10	
		Maximum	64	
	Streuung	54		
	weiblich	Mittelwert	36.76	
		95% Konfidenzintervall	untere Grenze	28.11
			obere Grenze	45.41
		Median	32.00	
		Standardabweichung	19.00	
		Minimum	11	
Maximum		80		
Streuung	69			

Tabelle 4 - Geschlechtsvariabilität der Distanz der Durchtrittspunkte des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior zur Spina iliaca anterior superior

5.1.3 Abweichung des Nervus cutaneus femoris lateralis zu einer Senkrechten auf die Linea interspinalis durch die ipsilaterale Spina iliaca anterior superior

Abweichung des Faszien durchtritts des Nervus cutaneus femoris lateralis

	Gesamt (Seiten)	Prozent	weiblich (Seiten)	männlich (Seiten)
keine	10	14.5%	8	2
lateral	48	69.6%	23	25
medial	11	15.9%	6	5

Tabelle 5 - Abweichung des Faszien durchtritts von einer Senkrechten auf die Linea interspinalis der ipsilateralen Spina iliaca anterior superior

Am häufigsten, nämlich in 48 Seiten, lag der Austrittspunkt des Stammes des Nervus cutaneus femoris lateralis lateral zur Senkrechten durch die Spina iliaca anterior superior (Tabelle 5). In acht Frauen und neun Männer war diese Lagevariante beiderseits und in je sieben Frauen und Männern einseitig vorhanden. Die mittlere laterale Abweichung von der Senkrechten betrug 8.15mm (Tabelle 6) bei einer mittleren Distanz zur Spina iliaca anterior superior von 53.35mm.

In 11 Seiten (3R, 8L) und somit am zweithäufigsten kam es zur medialen Abweichung des Austrittspunktes, wobei die mittlere Abweichung 6.36mm betrug (Tabellen 5 und 6). Eine mediale Abweichung trat dabei immer nur auf einer Seite eines Individuums auf und konnte an sechs Frauen und fünf Männern beobachtet werden. Die mittlere Distanz zur Spina iliaca anterior superior betrug dabei 56.36mm.

In den verbliebenen 10 Seiten lag der Faszien durchtritt des Stammes des Nervus cutaneus femoris lateralis exakt auf der Senkrechten durch die Spina iliaca anterior superior (Tabelle 5). Dabei war die Distanz zur Spina iliaca anterior superior mit einem Wert von im Mittel 65.80mm länger als bei medialer oder lateraler Abweichung des Faszien durchtritts. Das Seitenverhältnis war hierbei mit je fünf rechten und fünf linken Seiten ausgeglichen, allerdings lag nur bei zwei weiblichen Individuen der Faszien durchtritt des Nervens auf beiden Seiten exakt auf der Orientierungslinie (Tabelle 7). Dies und die Tatsache, dass diese Lage des Faszien durchtritts in acht Seiten weiblicher und nur zwei Seiten männlicher Präparate vorhanden war, weist auf einen deutlichen sexuellen Dimorphismus hin.

Distanz der Abweichung zur Senkrechten auf die Linea interspinalis

Abweichung		in mm	
lateral	Mittelwert	8.15	
	95% Konfidenzintervall	untere Grenze	7.08
		obere Grenze	9.21
	Median	8.00	
	Standardabweichung	3.67	
	Minimum	1	
	Maximum	18	
	Streuung	17	
medial	Mittelwert	6.36	
	95% Konfidenzintervall	untere Grenze	5.23
		obere Grenze	7.50
	Median	6.00	
	Standardabweichung	1.69	
	Minimum	4	
	Maximum	10	
	Streuung	6	

Tabelle 6 - Distanz der Abweichung zur Senkrechten auf die Linea interspinalis der ipsilateralen Spina iliaca anterior superior

Bezüglich des individuellen Seitenverhältnisses zeigten 17 Präparate (8F, 9M) eine beidseitige laterale Abweichung des Durchtritts und zwei weibliche Präparate beidseitig keine Abweichung. Eine beidseitige mediale Abweichung wurde nicht gefunden. In den restlichen Präparaten kam es zu unterschiedlichen Abweichungen auf beiden Seiten. So fand sich in sechs Präparaten je eine mediale und eine laterale, in drei je eine mediale und keine und in zwei je eine laterale und keine Abweichung. In neun Präparaten konnte aufgrund des Ausschlusses der zweiten Seite keine Aussage getroffen werden. (Tabelle 7)

Individuelles Seitenverhältnis

Abweichung	Anzahl Präparate	Frau	Mann
beidseitig lateral	17	8	9
eine medial – eine lateral	6	2	4
eine ohne – eine medial	3	3	0
eine ohne – eine lateral	2	1	1
beidseitig ohne	2	2	0
eine Seite ausgeschlossen	9	5	4
Total	39	21	18

Tabelle 7 - Individuelles Seitenverhältnis - Aufschlüsselung nach Anzahl und Geschlecht

5.2 Der Nervus cutaneus femoris lateralis in Relation zu den Zugangswegen zum Hüftgelenk

In die Analyse des Verlaufs des Nervus cutaneus femoris lateralis zum direkt anterioren, zum anterolateralen und lateralen Zugangsweg zum Hüftgelenk wurden alle Überschneidungen zwischen den chirurgischen Schnittführungen, dem Stamm und den Ästen des Nervus cutaneus femoris lateralis einbezogen.

Es zeigte sich eine Überschneidung zumindest von einzelnen Ästen des Nervs in 58 Seiten (84.1%) mit dem direkt anterioren Zugangsweg, in 62 (89.9%) Seiten mit dem anterolateralen Zugangsweg und in 58 Seiten (84.1%) mit dem lateralen Zugangsweg.

Abbildung 7-9 zeigen Überschneidungen aller drei Zugangswege, in blau dargestellt, mit dem Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis in einem weiblichen Individuum auf der linken Seite.

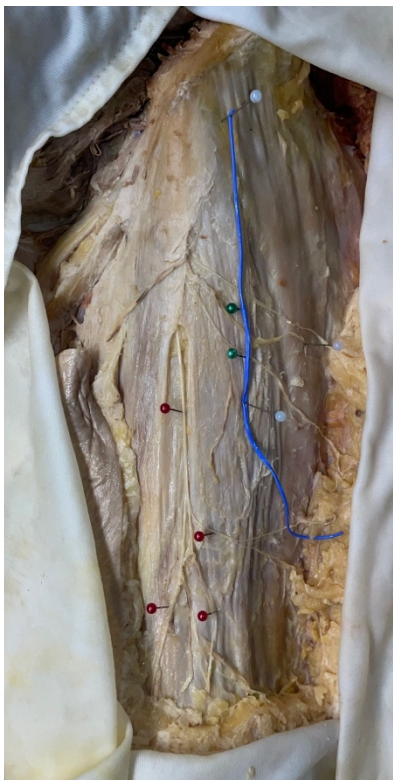


Abbildung 9 - Überschneidung des direkt anterioren Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)

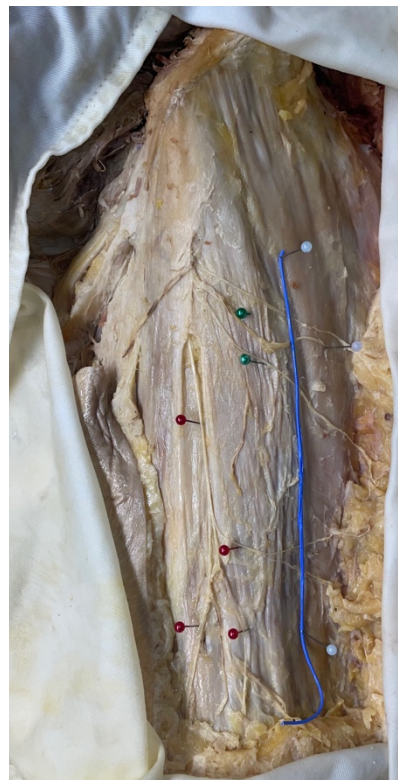


Abbildung 8 - Überschneidung des anterolateralen Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)



Abbildung 7 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (blauer Faden) mit dem Ramus posterior (grüne Stecknadeln) des Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)

Abbildung 10-12 zeigen Überschneidungen aller drei mittels roten Schnüren markierten Zugangswege sowohl mit den Ästen des Nervus cutaneus femoris lateralis in einem männlichen Präparat auf der linken Seite.

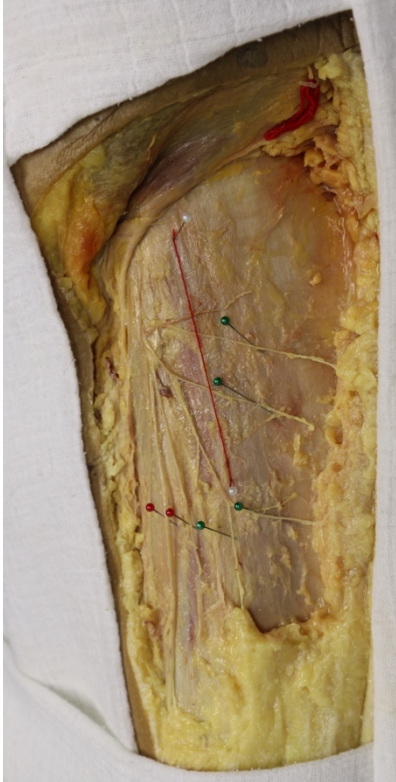


Abbildung 12 - Überschneidungen des direkt anteriorer Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)



Abbildung 11 - Überschneidungen des anterolateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)



Abbildung 10 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)

Abbildung 13-15 zeigen Überschneidungen aller drei mit roten Schnüren markierten Zugangswege, mit anterioren und posterioren Ästen des Nervus cutaneus femoris lateralis in einem männlichen Individuum auf der linken Seite.

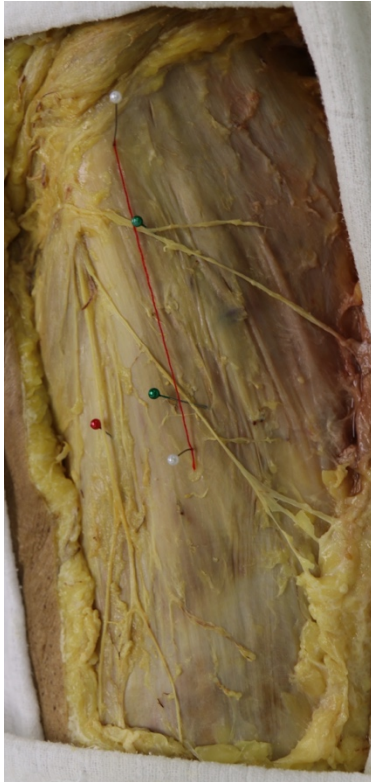


Abbildung 15 - Überschneidung des direkt anterioren Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)

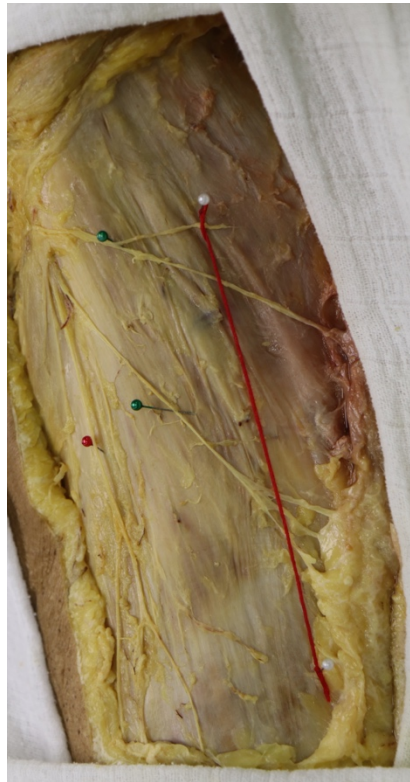


Abbildung 14 - Überschneidung des anterolateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)



Abbildung 13 - Überschneidung des lateralen Zugangswegs (roter Faden) mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote und grüne Stecknadeln)

Dabei kam es in nur einem weiblichen Individuum beidseitig zu keiner Überschneidung des Nervus cutaneus femoris lateralis mit den drei Zugangswegen zum Hüftgelenk. Hier lag der Austrittspunkt des Nervus cutaneus femoris lateralis exakt auf der Senkrechten durch die Spina iliaca anterior superior, rechts 88mm und links 56mm distal der Spina iliaca anterior superior.

Zusätzlich kam es in zwei weiteren rechten (1F, 1M) und zwei linken (2M) Seiten zu keiner Überschneidung der Zugangswege. Abbildung 16 zeigt keine Überschneidung des mit einem roten Faden markierten direkt anterioren Zugangswegs mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis in einem weiblichen Präparat auf der rechten Seite.

Auffällig war in diesen Fällen, dass sie keinen definierten Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis aufwiesen.

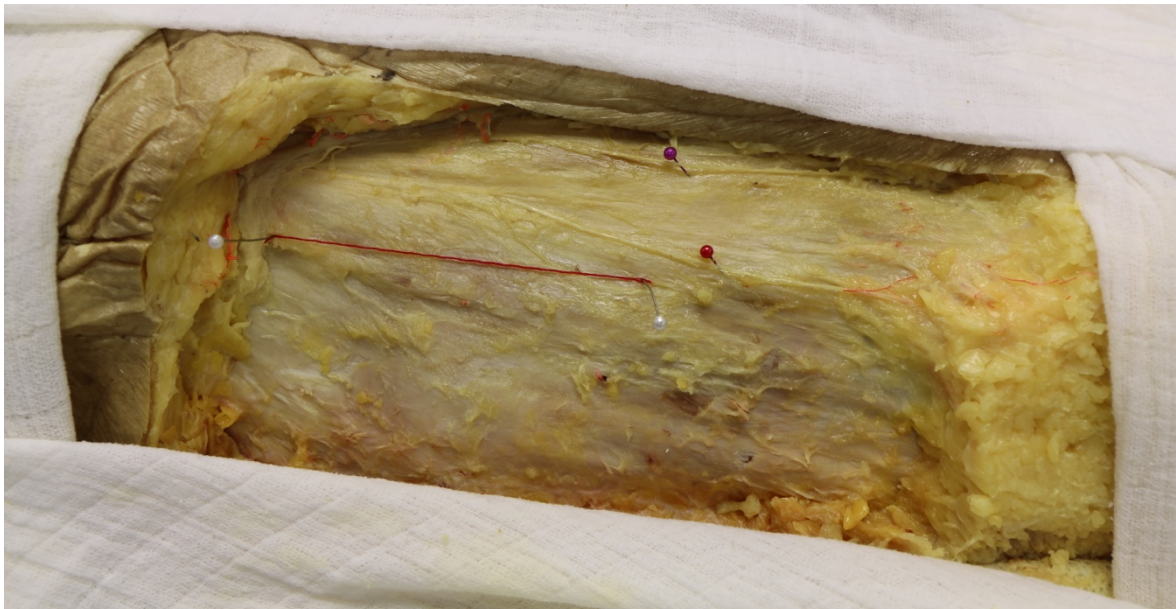


Abbildung 16 - Direkt anteriorer Zugangsweg (roter Faden) ohne Überschneidungen mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis (rote Stecknadeln)

5.3 Stammbildungen im Retroperitoneum

In 29 Präparaten (15F, 14M) resultierend in 58 Seiten konnten die Stammbildungen im Retroperitoneum dargestellt und notiert werden.

Anzahl der Stammbildungen

	Häufigkeit	Prozent
keine	28	48.3
eine	24	41.4
zwei	6	10.3
Gesamt	58	100.0

Tabelle 8 - Anzahl der Stammbildungen - Häufigkeit in Zahlen und Prozent

Wobei acht Individuen (3F, 5M) beidseitig keine Stammbildung aufwiesen und weitere 12 (7F, 5M) nur eine einseitige Stammbildung aufwiesen, somit in 28 Seiten (48.3%) keine Stammbildung vorlag. In insgesamt neun Individuen (5F, 4M) kam es zu Stammbildungen auf beiden Seiten, wobei fünf (3F, 2M) auf beiden Seiten je nur eine Stammbildung aufwiesen. In vier Individuen (2F, 2M) fand sich auf zumindest einer Seite mehr als eine Stammbildung. Als Resultat wiesen insgesamt sechs Seiten mehr als eine Stammbildung auf, wobei zwei Individuen je zwei Stammbildungen auf beiden Seiten trugen. (Tabelle 8)

Dieselbe Stammbildung auf beiden Seiten trat in insgesamt drei Individuen auf, wobei alle drei je einen Stamm der Nervi subcostalis et iliohypogastricus zeigten. Zusätzlich zeigt eine Frau neben dem beidseitigen Stamm der Nervi subcostalis et iliohypogastricus einen ebenso beidseitigen Stamm der Nervi cutaneus femoris lateralis et femoralis.

Bezüglich der Verteilung der Stammbildungen konnten, die in Tabelle 9 dargestellten, Stammbildungen gefunden werden. Aufgrund des Verteilungsmusters wurden im Weiteren zwei Gruppen definiert. Stammbildungen, welche die Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis betreffen und Stammbildungen mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis. Dabei kam es in dieser Arbeit in nur zwei Seiten zu einer Überschneidung dieser Gruppen, mit einer Stammbildung des Nervus ilioinguinalis mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis.

Arten der Stammbildungen und ihre Häufigkeit

	Häufigkeit	Prozent
keine	28	48.3
Nervi subcostalis et iliohypogastricus	11	19.0
Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis	1	1.7
Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis	7	12.1
Nervi ilioinguinalis und cutaneus femoris lateralis	2	3.4
Nervi genitofemoralis et cutaneus femoris lateralis	1	1.7
Nervi cutaneus femoris lateralis et femoralis	2	3.4
2 Stammbildungen: Nervi subcostalis et iliohypogastricus et Nervi ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis	1	1.7
2 Stammbildungen: Nervi subcostalis et iliohypogastricus et Nervi cutaneus femoris lateralis et femoralis	4	6.9
2 Stammbildungen: Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis et Nervi cutaneus femoris lateralis et femoralis	1	1.7
Gesamt	58	100.0

Tabelle 9 - Art der Stammbildungen und ihre Häufigkeit in absoluten Zahlen und Prozent

5.3.1 Stammbildungen des Nervus iliohypogastricus und ilioinguinalis

Insgesamt 20 (12F, 8M) der 29 untersuchten Individuen wiesen eine zumindest einseitige Stammbildung der Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis auf. In 11 Individuen (5F, 6M) zeigte sich ein Stamm des Nervus subcostalis mit dem Nervus iliohypogastricus, wobei wiederum fünf (2F, 3M) diesen Stamm auf beiden Seiten ausbildeten. Somit resultierte das Auftreten dieses Stammes in 16 Seiten, wobei er bei Frauen dreimal auf der linken und viermal auf der rechten Seite zu finden war, bei Männern fünfmal links und viermal rechts. (Abbildungen 17 und 18)

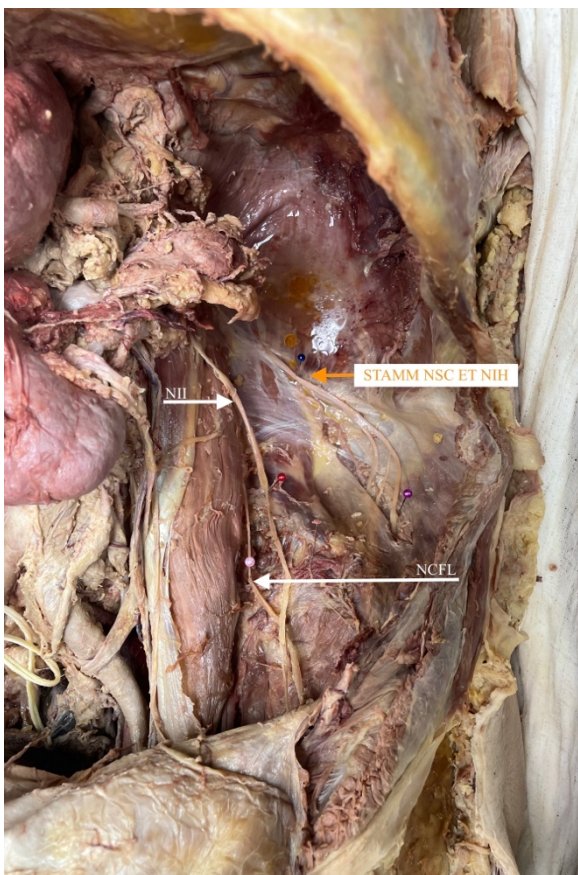


Abbildung 17 - Stamm der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) auf der linken Seite in einem männlichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) und Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet

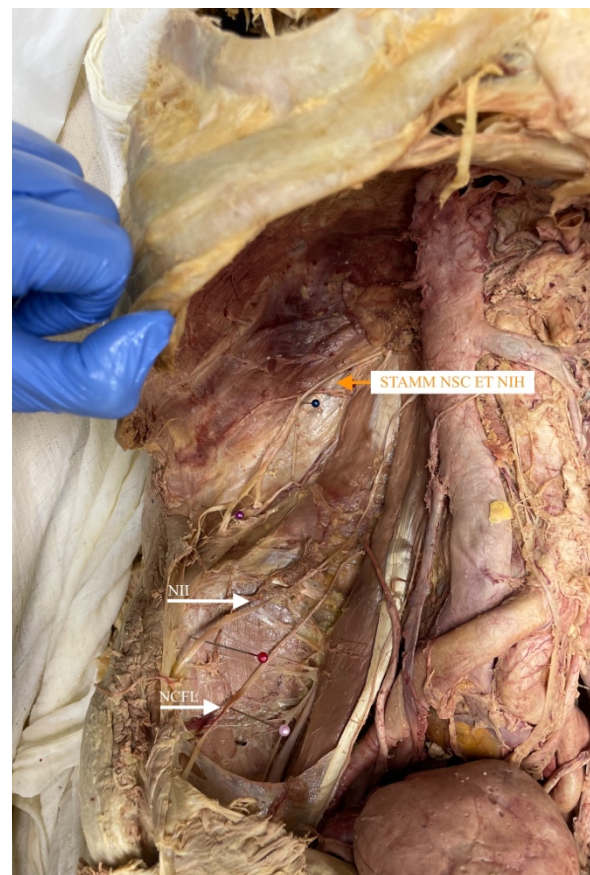


Abbildung 18 - Stammbildung der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) und Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet

In acht Individuen (6F, 2M) bildeten die Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis (Abbildung 19) einen gemeinsamen Stamm, wobei dieser in sechs rechten, aber nur in zwei linken Seiten vorlag. Intraindividuell kam diese Stammbildung immer nur einseitig vor.

Zusätzlich zeigte ein weibliches Präparat auf der rechten Seite einen gemeinsamen Stamm der Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis (Abbildung 20).

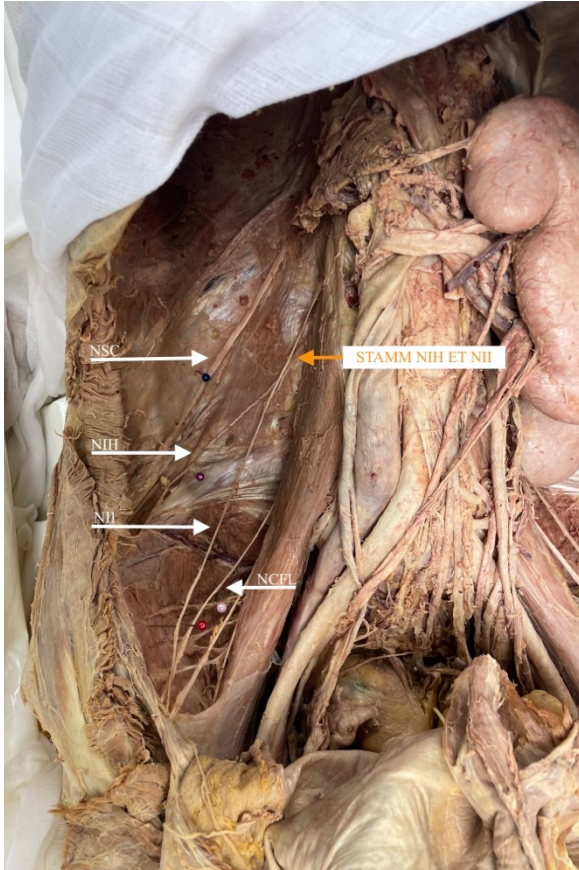


Abbildung 20 - Stamm der Nervi iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervi subcostalis (NSC) et cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet

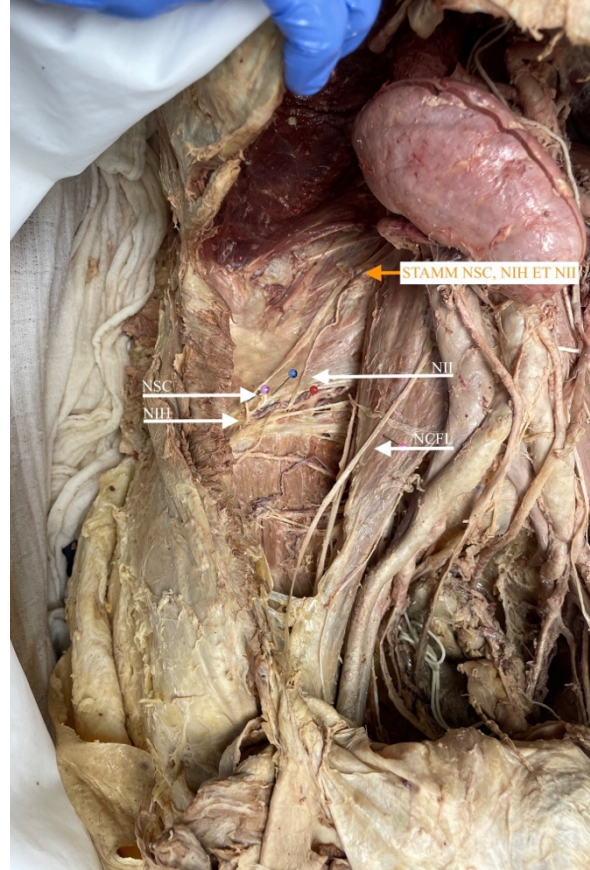


Abbildung 19 - Stamm der Nervi subcostalis (NSC), iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus cutaneus femoris lateralis (NCFL) abgebildet

Insgesamt traten die Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis betreffende variable Stammbildung in 15 rechten und 10 linken Seiten auf. (Tabelle 10)

Darstellung nach Geschlecht- und Seitenverteilung

Stammbildungen		Seite		Total
		links	rechts	
Nervi subcostalis et iliohypogastricus	weiblich	3	4	7
	männlich	5	4	9
	Total	8	8	16
Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis	weiblich		1	1
	Total		1	1
Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis	weiblich	1	5	6
	männlich	1	1	2
	Total	2	6	8

Tabelle 10 - Stammbildungen der Nervi subcostalis, iliohypogastricus et ilioinguinalis - Darstellung nach Geschlecht und Seite

5.3.2 Stammbildungen des Nervus cutaneus femoris lateralis

Eine Stammbildung des Nervus cutaneus femoris lateralis mit einem anderen Nerven des Plexus lumbalis konnte in insgesamt neun Präparaten (5F, 4M) nachgewiesen werden, davon war dieser in sieben Individuen unilateral und in zwei Individuen bilateral vorhanden. Die bilaterale Stammbildung erfolgte dabei in beiden Fällen (1F, 1M) mit dem Nervus femoralis (Abbildung 21). Drei weitere Male (1F, 2M) lag diese Stammbildung unilateral (exklusiv linksseitig) vor. Unilaterale Stämme des Nervus cutaneus femoris lateralis mit dem Nervus ilioinguinalis wurden in drei Individuen, zweimal rechts- und einmal linksseitig vorgefunden. In einem weiblichen Individuum bildete der Nervus cutaneus femoris lateralis einen gemeinsamen Stamm mit dem Nervus genitofemoralis (Abbildung 22). (Tabelle 11)

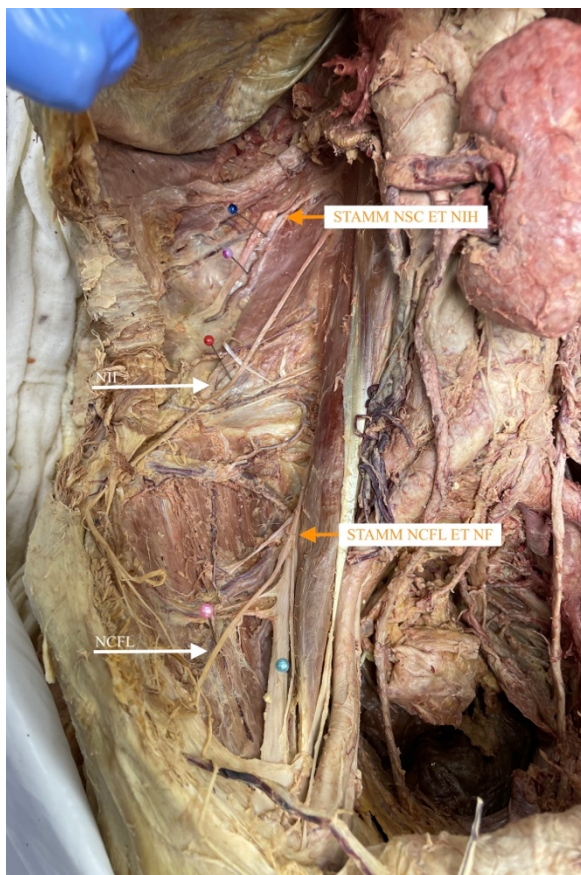


Abbildung 22 - Zwei Stammbildungen auf der gleichen Seite - Stamm der Nervi subcostalis (NSC) et iliohypogastricus (NIH) und Stamm der Nervi cutaneus femoris lateralis (NCFL) et femoralis (NF) auf der rechten Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervus ilioinguinalis (NII) abgebildet

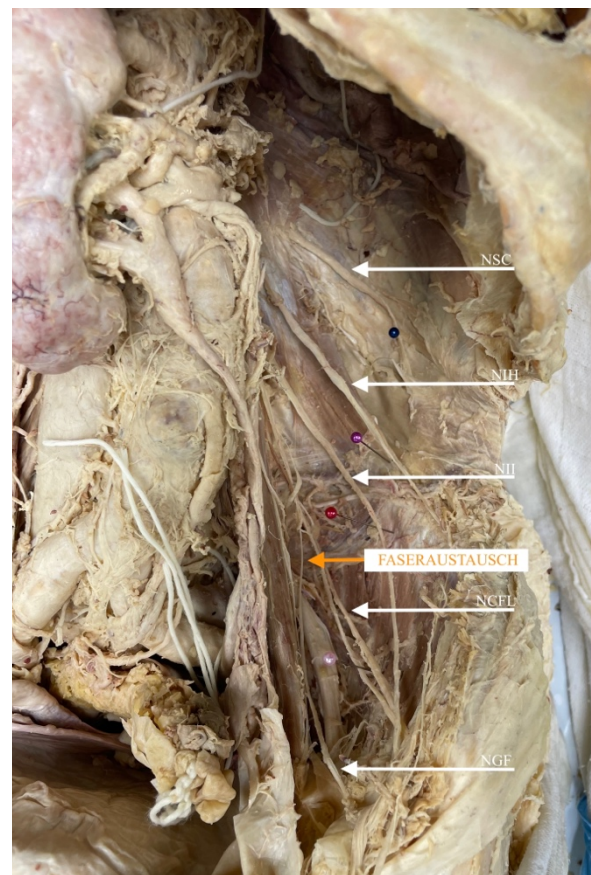


Abbildung 21 - Faseraustausch zwischen den Nervi cutaneus femoris lateralis (NCFL) et genitofemoralis (NGF) auf der linken Seite in einem weiblichen Präparat, ebenso Nervi subcostalis (NSC), iliohypogastricus (NIH) et ilioinguinalis (NII) abgebildet

Darstellung nach Geschlecht- und Seitenverteilung

Stammbildungen		Seite		Total
		links	rechts	
Nervi ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis	weiblich	1	0	1
	männlich	0	2	2
	Total	1	2	3
Nervi genitofemoralis et cutaneus femoris lateralis	weiblich	1		1
	Total	1		1
Nervi cutaneus femoris lateralis et femoralis	weiblich	3	1	4
	männlich	2	1	3
	Total	5	2	7

Tabelle 11 - Stammbildungen des Nervus cutaneus femoris lateralis - Darstellung nach Geschlecht und Seite

5.3.3 Seitenpräferenz der Stammbildungen

Dabei zeigte sich über die gesamte Gruppe keine Seitenpräferenz für Stammbildungen, so befanden sich in 10 Frauen und sechs Männern die Stammbildungen auf der rechten und in sieben Frauen und sieben Männern auf der linken Seite. Allerdings waren einseitige Stammbildungen in weiblichen Individuen häufiger (fünf der sieben Frauen) rechtsseitig. Bei Männern kam es bei einseitigem Auftreten zu einer ausgeglicheneren Verteilung mit drei linken und zwei rechten Seiten.

5.4 Austrittshöhen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis

Die segmentalen Austritte der untersuchten Äste des Plexus lumbalis waren insgesamt nur in zwei Individuen (1F, 1M) ident. In den 11 anderen Individuen zeigten lediglich individuelle Nerven idente Austrittshöhen.

5.4.1 Nervus iliohypogastricus

Ursprung des Nervus iliohypogastricus

	Häufigkeit	Prozent
Nervus thoracicus XII	8	30.8
Nervus lumbalis I	15	57.7
Nervi thoracicus XII et lumbalis I	3	11.5
Gesamt	26	100.0

Tabelle 12 - Ursprung des Nervus iliohypogastricus - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent

Der Nervus iliohypogastricus wurde vom Nervus thoracicus XII und dem Nervus lumbalis I gebildet. In 15 Plexus lumbalis lag eine singuläre Abstammung des Nervus iliohypogastricus aus dem Nervus lumbalis I vor. In fünf Präparaten (3F, 2M) kam es dabei zu einer beidseitigen Abstammung des Nervus iliohypogastricus vom Nervus lumbalis I. In weiteren fünf Präparaten (2F, 3M) wurde dieser Abgang unilateral links beobachtet.

Am zweithäufigsten, in acht Plexus lumbalis, stammte der Nervus iliohypogastricus vom Nervus thoracicus XII ab. Ein beidseitiges Auftreten dieser Variante fand sich dabei in drei Individuen (2F, 1M). Die weiteren zwei unilateralen Austritte (1F, 1M) fanden sich wiederum auf der linken Seite. Gemeinsam aus dem Nervus thoracicus XII und dem Nervus lumbalis I wurde der Nervus iliohypogastricus in drei Individuen (1F, 2M) auf der rechten Seite gebildet. (Tabellen 12 und 13)

Geschlechts- und Seitenvariabilität des Ursprungs des Nervus iliohypogastricus

			Seite		Total
			links	rechts	
Nervus thoracicus XII	Geschlecht	weiblich	2	3	5
		männlich	1	2	3
	Total		3	5	8
Nervus lumbalis I	Geschlecht	weiblich	5	3	8
		männlich	5	2	7
	Total		10	5	15
Nervi thoracicus XII et lumbalis I	Geschlecht	weiblich		1	1
		männlich		2	2
	Total			3	3

Tabelle 13 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus iliohypogastricus

5.4.2 Nervus ilioinguinalis

Ursprung des Nervus ilioinguinalis

	Häufigkeit	Prozent
Nervus lumbalis I	21	80.8
Nervi thoracicus XII et lumbalis I	1	3.8
Nervi thoracicus XII, lumbales I et II	1	3.8
Nervi lumbales I et II	3	11.5
Gesamt	26	100.0

Tabelle 14 - Ursprung des Nervus ilioinguinalis - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent

Der Nervus ilioinguinalis wurde variabel vom Nervus thoracicus XII und dem ersten und zweiten Nervus lumbalis gebildet, wobei eine beidseitig symmetrische Bildung in 11 Individuen (5F, 6M) vorlag. Bei 10 (5F, 5M) dieser Individuen stammte der Nerv ausschließlich vom Nervus lumbalis I und bei einem Mann aus einem Stamm des ersten und zweiten Lumbalnerven ab. In einer Frau stammte der Nerv auf der linken Seite vom Nervus lumbalis I und auf der rechten Seite aus einem Stamm der Nervi lumbales I et II ab. In lediglich einem weiblichen Individuum war der Nervus thoracicus XII an der Bildung des Nervus ilioinguinalis beteiligt. Dabei wurde der Nerv auf der linken Seite von einem gemeinsamen Stamm der Nervi thoracicus XII et Nervus lumbalis I und auf der rechten Seite

vom Nervus thoracicus XII und den ersten beiden Nervi lumbales gebildet. (Tabellen 14 und 15)

Geschlechts- und Seitenvariabilität des Ursprungs des Nervus ilioinguinalis

			Seite		Total
			links	rechts	
Nervus lumbalis I	Geschlecht	weiblich	6	5	11
		männlich	5	5	10
	Total		11	10	21
Nervi thoracicus XII et lumbalis I	Geschlecht	weiblich	1		1
		Total		1	
Nervi thoracicus XII, lumbales I et II	Geschlecht	weiblich		1	1
		Total			1
Nervi lumbales I et II	Geschlecht	weiblich	0	1	1
		männlich	1	1	2
	Total		1	2	3

Tabelle 15 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus ilioinguinalis

5.4.3 Nervus cutaneus femoris lateralis

Ursprung des Nervus cutaneus femoris lateralis

	Häufigkeit	Prozent
Nervi lumbales II et III	9	34.6
Nervus lumbalis II	6	23.1
Nervi lumbales I, II et III	4	15.4
Nervi lumbales I et II	3	11.5
Nervi lumbales II, III et IV	3	11.5
Nervi lumbales I, II, III et IV	1	3.8
Gesamt	26	100.0

Tabelle 16 - Ursprung des Nervus cutaneus femoris lateralis - Darstellung der absoluten Zahlen und Prozent

Der Nervus cutaneus femoris lateralis erwies sich hinsichtlich seiner Bildung als variabelster Nerv. So waren dabei in unterschiedlicher Weise die Nervi lumbales I-IV beteiligt. Wurde

der Nerv lediglich von einem Segment gebildet, war dies immer der Nervus lumbalis II. Dies kam in einer Frau bilateral und vier Mal einseitig links (1F, 3M) vor. Bei den weiteren Individuen wurde der Nervus cutaneus femoris lateralis am häufigsten aus zwei Segmenten, meistens aus den Nervi lumbales II et III, gebildet. Dies kam insgesamt neun Mal unilateral und in drei Männern bilateral vor. Am zweithäufigsten erwies sich die oben erwähnte singuläre Abstammung vom Nervus lumbalis I, gefolgt von einer Stammbildung vom ersten bis dritten lumbalen Spinalnervens in vier weiblichen Präparaten, je zwei auf der linken und zwei auf der rechten Seite. In einem Mann und einer rechten Seite einer Frau konnte eine Abstammung des Nervus cutaneus femoris lateralis von den Nervi lumbales I et II nachgewiesen werden. In insgesamt drei Seiten (1L (links), 2R (rechts)) wurde der Nervus cutaneus femoris lateralis von den Nervi lumbales II, III et IV gebildet. (Tabellen 16 und 17)

Geschlechts- und Seitenvariabilität des Ursprungs des Nervus cutaneus femoris lateralis

		Seite		Totalt
		links	rechts	
Nervi lumbales II et III	weiblich	0	1	1
	männlich	3	5	8
	Total	3	6	9
Nervus lumbalis II	weiblich	2	1	3
	männlich	3	0	3
	Total	5	1	6
Nervi lumbales I, II et III	weiblich	2	2	4
	Total	2	2	4
Nervi lumbales I et II	weiblich	1	2	3
	Total	1	2	3
Nervi lumbales II, III et IV	weiblich	1	1	2
	männlich		1	1
	Total	1	2	3
Nervi lumbales I, II, III et IV	weiblich	1		1
	Gesamt	1		1

Tabelle 17 - Geschlechts- und Seitenvariabilität für den Ursprung des Nervus cutaneus femoris lateralis

6. Diskussion

6.1 Der Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior

In 69 Seiten von 39 Präparaten erfolgte die Vermessung des Nervus cutaneus femoris lateralis, welcher in allen Seiten distal der Spina iliaca anterior superior bis zu seinem Austritt in die Subkutis in einer Duplikatur der Fascia lata verlief. Kranial davon verläuft der Nerv profund zur Fascia iliaca und liegt dieser direkt an. Diese Faszie ist wiederum am Ligamentum inguinale fest verwachsen und setzt sich unter dessen Vermittlung in die Fascia lata fort (24). Die im Rahmen dieser Arbeit beobachtete Faszienduplikatur ist somit eine Eigenheit der Fascia lata und umhüllt den Nervus cutaneus femoris lateralis von der Spina iliaca anterior superior bis zu seinem distal gelegenen Fasziendurchtritt. Die Länge dieser Faszienduplikatur entspricht daher der gemessenen Entfernung des Austrittspunktes des Nervus cutaneus femoris lateralis in die Subcutis von der Spina iliaca anterior superior. Eine solche Faszienduplikatur wurde bisherig nur von Amgad (46) allerdings ohne jegliche Längenangabe beschrieben.

6.1.1 Senkrechte Distanz des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior

Streicher und Pretterklieber (12) beschreiben den Durchtrittspunkt des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Fascia lata etwa eine Handbreite distal der Spina iliaca anterior superior, welcher den Werten dieser Arbeit mit einer mittleren Distanz des Durchtritts des Nervus cutaneus femoris lateralis von 55.64 ± 16.30 mm nahekommt. Genauere metrische Angaben wurden bislang nur in Bezug auf den Übertritt des Nervus cutaneus femoris lateralis vom Bauchraum in den Oberschenkel auf Höhe des Ligamentum inguinale gemacht, wobei hier die Abweichung zur Spina iliaca anterior superior auf dieser Höhe vermessen wurde (47). In Bezug auf den Übertritt des Nervs ins subkutane Gewebe des Oberschenkels gibt es keine metrischen Angaben.

Da das Ligamentum inguinale eine, bei Patient*innen nicht eindeutig bestimmbare, Orientierungslinie und die Lage des Nervus cutaneus femoris lateralis auf dieser Höhe noch subfaszial ist, erfolgten die Vermessungen des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior, wobei der Fokus dabei auf dem Durchtrittspunkt des Nervs lag. Die Messwerte zeigten einen geringgradigen Geschlechtsdimorphismus. So lag die mittlere Distanz bei männlichen Körperspendern bei 61.07 ± 12.20 mm, bei Frauen bei

59.71±16.05mm. Deutlicher zeigte sich der Unterschied zwischen der rechten und linken Seite, mit einem Durchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Faszienduplikatur auf der linken (58.53±13.45mm) im Mittel knapp 6mm distaler als auf der rechten Seite (52.48±18.87mm). Da diese anthropometrischen Daten zu ersten Mal erhoben wurde, gibt es dafür keine Vergleichswerte.

6.1.2 Abweichung des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Senkrechten auf die Spina iliaca anterior superior

Nach Streicher und Pretterklieber (12) liegt der eine Handbreite distale Fasziendurchtritt im Normalfall eine Fingerbreite medial der Spina iliaca anterior superior. In dieser Arbeit zeigte sich der mediale Durchtrittspunkt mit nur 11 Seiten (15.9%) nicht als Regelfall. In 10 Seiten lag er genau auf der Vertikalen durch die Spina iliaca anterior superior. Aber in der absoluten Mehrzahl (48 Seiten, 69.6%) lag der Durchtrittspunkt lateral dieser Orientierungslinie. Die mediale Abweichung belief sich dabei im Mittel auf 6.36±1.69mm, die laterale auf 8.15±3.67mm.

In rezenter Literatur finden sich keine Angaben zum Austrittspunkt des Nervus cutaneus femoris lateralis aus der Fasia lata.

6.2 Lage des Durchtritts des Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis zur Spina iliaca anterior superior

Ein klar definierter Ramus posterior des Nervus cutaneus femoris lateralis war in 36 Seiten von 25 Individuen vorhanden. Dieser wurde schon in früheren Arbeiten (1–3,39) beschrieben, wobei auch eine morphologische Typisierung in einen anterioren, posterioren und Fächer-Typ (fan type) erfolgt ist. Eine Vermessung des Austrittspunktes des Ramus posterior aus der Fascia lata wurde bislang noch nicht vorgenommen, allerdings beschreiben mehrere Arbeiten ein erhöhtes Risiko der Verletzung des Nervs bei operativen Zugängen zum Hüftgelenk bei Vorliegen eines posterioren Typs (1–3,39). Daher wurde dieser offensichtlich praktisch nicht unwichtige Messwert in der vorliegenden Arbeit erhoben.

Im Mittel trat der Ramus posterior 33.47 ± 16.9 mm distal der Spina iliaca anterior superior aus. Auf der rechten Seite (38.47 ± 14.93 mm) lag dieser Durchtritt im Schnitt etwa 8 mm weiter distal als auf der linken Seite (30.00 ± 18.11 mm). Hierbei zeigte sich kein Zusammenhang mit der Distanz des Durchtritts des Stammes des Nervus cutaneus femoris lateralis. Denn entgegen dem möglichen Schluss, dass ein distaler Austrittspunkt des Nervenstammes zu einem distaler gelegenen Durchtritts des Ramus posterior führt, lag dieser im Mittel weiter proximal. So trat der Nervus cutaneus femoris lateralis auf der rechten im Schnitt 6 mm proximaler als auf der linken Seite aus der Fascia lata aus, der Ramus posterior allerdings auf der rechten 8 mm distaler als auf der linken Seite.

6.3 Klinische Relevanz des subkutanen Verlaufs des Nervus cutaneus femoris lateralis

Sowohl anatomische als auch klinische Studien befassen sich mit dem Risiko der Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis durch einen chirurgischen Zugang zum Hüftgelenk. Dabei belegen zahlreiche Autor*innen in ihren Studien ein Verletzungsrisiko beziehungsweise die tatsächliche Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis durch die entsprechenden Symptome, wie unter anderem eine Meralgia paresthetica (3,5–7,21,38–41,48). Andererseits divergieren diese in ihren grundlegenden Daten deutlich. So wird in klinischen Studien eine Verletzungsrate des Nervs beim direkt anterioren Zugangsweg von 0% (41) bis 74% (48) beschrieben, womit Dahm et al. (5) in ihrer Metaanalyse eine mediane Inzidenzrate von 28% erhalten. Anatomische Studien hingegen zeigten ein Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis beim direkt anterioren Zugangsweg von 42% (3) bis 81% (21). In der vorliegenden Arbeit ist der Wert, gegeben durch die festgestellte Überschneidung von zumindest einzelnen Ästen des Nervus cutaneus femoris lateralis mit dem direkt anterioren Zugangsweg mit 84.1% noch höher als das von Goulding et al. (21) angegebene Risiko. Damit ergibt sich auch hier wieder ein weitaus höheres Verletzungsrisiko des Nervs gegenüber klinischen Studien. Dies kann, wie bereits von Dahm et al. (5) festgestellt, einerseits daran liegen, dass das Verletzungsrisiko in klinischen Studien unterschätzt wird, vor allem, wenn die Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis nicht im Fokus des Interesses steht. Andererseits kann vermutet werden, dass die Verletzung einzelner Äste des Nervus cutaneus femoris lateralis beim Patienten möglicherweise zu keiner klinischen Symptomatik führt.

Ukai et al. (6) stellten ein Verletzungsrisiko des Nervus cutaneus femoris lateralis von 27% durch den anterolateralen Zugang fest. Klinisch stellten Takada et al. (7) fest, dass es zu keiner Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis bei diesem Zugang gekommen ist. Vergleicht man allerdings, wie in der vorliegenden Studie diesen Zugangsweg mit dem Verlauf des Nervus cutaneus femoris lateralis und seiner Äste, so ergibt sich aufgrund der festgestellten Überschneidungen ein Verletzungsrisiko des Nervs in 89.9%. Ein Grund für diese schon dramatische Diskrepanz kann wiederum darin liegen, dass die Durchtrennung einzelner Äste keine Symptome hervorruft oder sich die Symptomatik durch das erneute Aussproießen erholt. So zeigten Doi et al. (48) in ihrer Arbeit, dass sich die klinische Symptomatik in 26% der Patient*innen zurückbildete.

Die topographische Beziehung des Nervus cutaneus femoris lateralis zum lateralen Zugangsweg wurde bislang anatomisch noch nicht untersucht. Klinische Studien sind sich in ihrem Ergebnis einig, dass es zu keiner Verletzung des Nervus cutaneus femoris lateralis beim direkt lateralen Zugangsweg kommt (40–42). Dies steht im eindeutigen Widerspruch zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Denn es konnte gezeigt werden, dass sich der Verlauf der Äste des Nervus cutaneus femoris lateralis in 84.1% mit der Schnittführung für den direkt lateralen Zugangsweg überschneidet. Allerdings kam es dabei zu keiner Überschneidung mit dem Verlauf des Hauptstammes, sondern nur von einzelnen Ästen, was das Ausbleiben einer entsprechenden Symptomatik erklären könnte.

Bisherige Studien zogen keinen Vergleich des Verletzungsrisikos des Nervus cutaneus femoris lateralis bei den drei hier angesprochenen Zugangswegen zum Hüftgelenk. Die vorliegende Arbeit ergibt für alle drei Zugangswege ein deutlich über 80% liegendes Risiko der Verletzung einzelner Äste des Nervus cutaneus femoris lateralis, häufig aber unter Aussparung seines Hauptstammes. Wie bereits durch einige Studien (1,3) beschrieben, ist dabei der Nervus cutaneus femoris lateralis bei Vorliegen eines Fächer- oder posterioren Typs besonders verletzungsgefährdet. Dies entspricht auch den vorliegenden Resultaten, da in jedem Fall einer fehlenden Überschneidung des Nervs mit den Zugangswegen zum Hüftgelenk ein definierter Ramus posterior fehlte.

6.4 Quantifizierung der Stammbildungen im Retroperitoneum

Im Rahmen der vorliegenden Studie war in 21 der 29 Individuen eine Stammbildung vorhanden, wobei sich ein asymmetrisches Auftreten zeigt. So wiesen nur drei Individuen die Stammbildungen derselben Nerven auf beiden Seiten auf. In allen anderen Präparaten zeigten sich entweder keine, unilaterale oder unterschiedliche bilaterale Stammbildungen.

6.4.1 Zusammensetzung der Stammbildungen

In dieser Arbeit wurden zwei Gruppen von Stammbildungen unterschieden. Die erste Gruppe bilden die gemeinsamen Stämme der Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis betreffenden und die zweite Gruppe die Stammbildungen mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis.

Am häufigsten wurde dabei von bisherigen Autor*innen die Stammbildung des Nervus iliohypogastricus mit dem Nervus ilioinguinalis beschrieben, wobei dies bei Klaasen et al. in 20% (49), bei Zaluska et al. (50) in 25% und bei Geh et al. (51) in 26% auftrat. In der hiesigen Arbeit fand sich in 27,5% der Plexus eine Stammbildung der Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis. Manolakos et al. (16) beobachtete zusätzliche Stammbildungen der Nervus iliohypogastricus mit dem Nervus subcostalis oder Nervus cutaneus femoris lateralis. In dieser Arbeit fanden sich Stammbildungen des Nervus iliohypogastricus mit dem Nervus subcostalis in 11 der 29 Präparate. Stammbildung des Nervus subcostalis mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis wurden aktuell nicht beobachtet. Bezüglich des Nervus ilioinguinalis beschreibt Bergman (14) mögliche Stammbildungen mit dem Nervus cutaneus femoris lateralis. Dies wurde in der hiesigen Arbeit in drei Plexus lumbalis beobachtet.

Stammbildungen des Nervus cutaneus femoris lateralis werden vor allem mit dem Nervus femoralis beschrieben (26,52). Dies konnte in dieser Arbeit in sieben Plexus lumbalis beobachtet werden. In einem Präparat zeigte sich ebenso eine Stammbildung des Nervus cutaneus femoris lateralis mit dem Nervus genitofemoralis.

6.4.2 Embryonale Grundlage der Entwicklung der Stammbildungen

Die Entstehung der Stammbildungen ist dabei auf die metamere Entwicklung des Embryos zurückzuführen. So beschreibt bereits Corning (11) in seinem Lehrbuch die Entstehung des Plexus und damit der Bildung einzelner Nerven aus mehreren benachbarten Rückenmarksegmenten durch das Zusammenwachsen einzelner Myotome und somit auch die entsprechende Zusammensetzung der diese Myotome versorgenden Nerven. Streeter (10) beschreibt im Weiteren, dass es zur Zusammenlegung benachbarter Nerven kommen kann. Diese zwei Thesen (10,11) erklären die Entwicklung von Stammbildungen.

Im konkreten Fall der Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis zeigten Bardeen und Elting (9), dass sich deren Versorgungsgebiete und damit die segmentalen Ursprünge im Rückenmark überlappen.

6.5 Ursprung der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis et cutaneus femoris lateralis

6.5.1 Variabilität des Ursprungs des Nervus iliohypogastricus

Im Regelfall soll der Nervus iliohypogastricus von den Nervi spinales des 12. thorakalen und ersten lumbalen Rückenmarkssegments gebildet werden (12,13,24). Diese Variante konnte in der vorliegenden Arbeit nur in 12% der Fälle gefunden werden. Als häufigsten Ursprung fand sich in 58% der Fälle dagegen die singuläre Abstammung des Nervus iliohypogastricus vom Nervus spinalis lumbalis I. Auch in anderen Arbeiten (53–55) wird dieser Ursprung als Regelfall beschrieben, allerdings mit höheren Prozentwerten als in dieser Studie. So beschreiben Gogi et al.(54) und Nontasaen et al.(55) einen Ursprung des Nervs vom Nervus lumbalis I in 62.5% (54) bzw. 63% (55). Anandhi et al. (53) fanden diese Variante sogar in 86% der Fälle.

Der in dieser Arbeit beschriebene singuläre Ursprung vom 12. thorakalen Rückenmarkssegment wurde dabei in derselben Häufigkeit (30%) nur von Bardeen und Elting (9) beschrieben. Anandhi et al. (53) fanden diesen hingegen nur in 2% der von ihnen untersuchten Fälle.

Varianten mit Beteiligung des 11. thorakalen Spinalsegment (9) oder eine komplette Aplasie des Nervus iliohypogastricus (55) konnten in dieser Arbeit nicht beobachtet werden.

6.5.2 Variabilität des Ursprungs des Nervus ilioinguinalis

Der zumeist von Nervus spinalis lumbalis I entspringende Nervus ilioinguinalis (12,14,24) kann aber auch vom Nervus spinalis thoracalis XII sowie den Nervi lumbales I-III abgegeben werden (14). Ein Fehlen des Nervs wird ebenso beschrieben (14,54). In unserer Arbeit zeigte sich der Nervus ilioinguinalis in allen Fällen vorhanden, eine Beteiligung des Nervus spinalis lumbalis III an seiner Bildung konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Analog zu bisherigen Angaben (12,14,24,53–55) wurde der Nervus ilioinguinalis in der großen Mehrheit (81%) ausschließlich vom Nervus spinalis lumbalis I gebildet. Die Häufigkeit weiterer Abgangsvarianten, nämlich aus den Nervi lumbales I et II, beziehungsweise Nervi thoracicus XII et lumbalis I waren mit den Angaben bisheriger Studien vergleichbar (53–55). Zusätzlich zeigte sich in einer rechten Seite ein Ursprung des Nervus ilioinguinalis vom Nervus thoracicus XII bis zum Nervus lumbalis II, welcher in bisherigen Arbeiten noch nicht beschrieben wurde (9,12,14,53–56).

6.5.3 Variabilität des Ursprungs des Nervus cutaneus femoris lateralis

Der Nervus cutaneus femoris lateralis zeigte sich in dieser Studie als der, bezüglich seines Ursprungs, Variabelste der untersuchten Nerven. So konnte - entgegen bisheriger Publikationen (12,14,52,53,55) - kein prädominanter Ursprungstyp festgelegt werden. Am häufigsten wurde der Nervus cutaneus femoris lateralis von den Nervi lumbales II et III gebildet. Dieser in anderen Studien als Regelform beschriebene Ursprung (12,53,55) war allerdings in den aktuell untersuchten Präparaten nur in 35% der Fälle vorhanden. Wesentlich häufiger als bisher beschrieben, ist der singuläre Ursprung vom Nervus lumbalis II mit 23% der Fälle, da Anandhi et al. (53) dies in lediglich 2%, Nontasaen et al. (55) in nur 3%, und Haladaj et al. (52) in nur 12% vorgefunden hatten. Zusätzlich fanden sich auch für diesen Nerven zwei, bisherig nicht beschriebene (14,52,53,55) Ursprungsmuster. So wurde er in vier Fällen von den Nervi lumbales I-III und in einem von den Nervi lumbales I-IV gebildet. Entgegen den Angaben von Anandhi et al. (53) und Haladaj et al. (52) fehlte der Nervus cutaneus femoris lateralis in keinem Individuum.

6.6 Klinische Relevanz der Variabilität des Plexus lumbalis und der Stammbildungen seiner Nerven

Die Variabilität der Stammbildungen und Zusammensetzung der Austrittshöhen der Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis und cutaneus femoris lateralis tragen zur Variabilität des Plexus lumbalis bei. Die Anatomie des Plexus lumbalis ist dabei entscheidend bei lateralen Zugangswegen zur lumbalen Wirbelsäule, wie unter anderem dem retroperitonealen Zugangsweg durch den Musculus psoas major (sogenannter transpsoas approach) (4). So beschreiben mehrere Autor*innen (19,44,45,57,58) ein Risiko beziehungsweise die tatsächliche Verletzung von Nerven des lumbalen Plexus beim lateralen retroperitonealen transpsoas Zugangsweg. Dabei konnten Ahmadian et al. (44) in ihrem Review eine Rate von 13.2% für Plexus-assoziierte Verletzungen bei genanntem Zugangsweg zur lumbalen Wirbelsäule finden. Eine motorische Schwäche wird dabei zwischen 0.7 und 33.6%, eine Sensibilitätsausfall in 0 bis 75% beschrieben (44,59). Lykissas et al. (43) beschreiben mit 48.6% eine deutlich höhere Rate der motorischen Symptome. Bezüglich der verletzten Nerven des Plexus lumbalis fanden Grunert et al. (4) partielle und totale Verletzungen der Nervi iliohypogastricus et ilioinguinalis, sowie partielle Verletzungen des Nervus cutaneus femoris lateralis. Banagan et al. (60) stellten weiters fest, dass es keine absoluten Sicherheitszonen bei lateralen Zugängen zur Wirbelsäule gibt. Die im Rahmen dieser Arbeit gefundene große Variabilität Nervenursprünge und Stammbildungen untermauert diese Aussagen. Die dabei vorgefundene Asymmetrie besagter Variationen sollte bei der präoperativen Planung der Wahl des Zugangsweges berücksichtigt werden, um Schädigungen der Nerven zu vermeiden. Dazu empfehlen He et al. (61) eine präoperative Untersuchung mittels hochauflösender Magnetresonanztomographie.

7. Literaturverzeichnis

1. Rudin D, Manestar M, Ullrich O, Erhardt J, Grob K. The anatomical course of the lateral femoral cutaneous nerve with special attention to the anterior approach to the hip joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(7).
2. Thaler M, Dammerer D, Hechenberger F, Hörmann R, Van Beeck A, Stofferin H. The anatomical course of the lateral femoral cutaneous nerve in relation to various skin incisions used for primary and revision total hip arthroplasty with the direct anterior approach. *J Arthroplasty.* 2021;36(1):368–73.
3. Sugano M, Nakamura J, Hagiwara S, Suzuki T, Nakajima T, Orita S, et al. Anatomical course of the lateral femoral cutaneous nerve with special reference to the direct anterior approach to total hip arthroplasty. *Mod Rheumatol.* 2020;30(4):752–7.
4. Grunert P, Drazin D, Iwanaga J, Schmidt C, Alonso F, Moisi M, et al. Injury to the lumbar plexus and its branches after lateral fusion procedures: A cadaver study. *World Neurosurg.* 2017;105:519–25.
5. Dahm F, Aichmair A, Dominkus M, Hofstaetter JG. Incidence of lateral femoral cutaneous nerve lesions after direct anterior approach primary total hip arthroplasty: A literature review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(8).
6. Ukai T, Suyama K, Hayashi S, Omura H, Watanabe M. The anatomical features of the lateral femoral cutaneous nerve with total hip arthroplasty: a comparative study of direct anterior and anterolateral supine approaches. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23.
7. Takada R, Jinno T, Miyatake K, Hirao M, Kimura K, Koga D, et al. Direct anterior versus anterolateral approach in one-stage supine total hip arthroplasty. Focused on nerve injury: A prospective, randomized, controlled trial. *J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc.* 2018;23(5).
8. Eisler P. *Der Plexus lumbosacralis des Menschen.* Halle: Max Niemeyer; 1892. 86 S.
9. Bardeen CR, Elting AW. A statistical study of the variations in the formation and position of the lumbo-sacral plexus in man. *Am J Anat.* 1901;(1):203–28.

10. Streeter GL. The development of the nervous system. Keibel F, Mall FP, Herausgeber. Philadelphia and London: Lippincott; 1912. (Manual of human embriology; Bd. 2).
11. Corning HK. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. 2. Aufl. München: J.F. Bergmann; 1925.
12. Streicher J, Pretterklieber ML. Kapitel 4: Bewegungsapparat. In Waldeyer AJ. Waldeyer Anatomie des Menschen. 19. vollständig überarbeitet und aktualisierte. Anderhuber F, Pera F, Streicher J, Herausgeber. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012. S95-426
13. Trepel M. Neuroanatomie - Struktur und Funktion. 7. Auflage. München: Elsevier; 2017.
14. Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Anatomy Atlases: Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation: Opus III: Nervous System: Plexuses and Nerves [Internet]. [zitiert 23. Oktober 2023]. Verfügbar unter: <https://www.anatomyatlases.org>
15. Matejčík V. Anatomical variations of lumbosacral plexus. Surg Radiol Anat. 2010;32(4):409–14.
16. Manolakos K, Zygogiannis K, Mousa C, Demesticha T, Protogerou V, Troupis T. Anatomical variations of the iliohypogastric nerve: A systematic review of the literature. Cureus. 2022;14(5):e24910.
17. Kretschmer T, Heinen CW, Antoniadis G, Richter HP, König RW. Iatrogenic nerve Injuries. Neurosurg Clin N Am. 2009;20(1):73–90.
18. Kretschmer T, Antoniadis G, Braun V, Rath SA, Richter HP. Evaluation of iatrogenic lesions in 722 surgically treated cases of peripheral nerve trauma. J Neurosurg. 2001;94(6):905–12.
19. Uribe JS, Arredondo N, Dakwar E, Vale FL. Defining the safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: An anatomical study. J Neurosurg Spine. 2010;13(2):260–6.
20. Grothaus MC, Holt M, Mekhail AO, Ebraheim NA, Yeasting RA. Lateral femoral cutaneous nerve: An anatomic study. Clin Orthop. 2005;(437):164–8.

21. Goulding K, Beaulé PE, Kim PR, Fazekas A. Incidence of lateral femoral cutaneous nerve neuropraxia after anterior approach hip arthroplasty. *Clin Orthop*. 2010;468(9).
22. Antoniadis G, Kretschmer T, Pedro MT, König RW, Heinen CPG, Richter HP. Iatrogenic nerve injuries. *Dtsch Ärztebl Int*. 2014;111(16):273–9.
23. Tandler J. *Lehrbuch der systemischen Anatomie*. Bd. 4. Nervensystem und Sinnesorgane. Leipzig: F. C. W. Vogel; 1929.
24. Hafferl A. *Lehrbuch der topographischen Anatomie*. 3. Aufl. Thiel W, Herausgeber. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1969.
25. William PL, Bannister LH. *Gray's Anatomy*. 38. Aufl. New York: Churchill Livingstone; 1995.
26. Urbanowicz Z. Fascicles of the genitofemoral nerve in postfetal life in man. *Folia Morphol*. 1976;35(1):31–9.
27. Wilbourn AJ. Iatrogenic nerve injuries. *Neurol Clin*. 1998;16(1):55–82.
28. Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*. 1951;74(4):491–516.
29. Seddon HJ. Three types of nerve injury. *Brain*. 1943;66(4):237–88.
30. Flevas DA, Tsantes AG, Mavrogenis AF. Direct anterior approach total hip arthroplasty revisited. *JBJS Rev*. 2020;8(4):e0144–e0144.
31. Ang JJM, Onggo JR, Stokes CM, Ambikaipalan A. Comparing direct anterior approach versus posterior approach or lateral approach in total hip arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(7):2773–92.
32. Petis S, Howard JL, Lanting BL, Vasarhelyi EM. Surgical approach in primary total hip arthroplasty: Anatomy, technique and clinical outcomes. *Can J Surg*. 2015;58(2):128.

33. Apivatthakakul T, Oh JK. Anterior approach (Smith-Petersen) to the proximal femur. In: Baumgaertner M, Herausgeber. AO Surgery Reference [Internet]. 3. Davos: AO Foundation; 2022 [zitiert 19. Mai 2024]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/proximal-femur/additional-credits>
34. Röttinger H. Minimalinvasiver Zugang zum Hüftgelenk (OCM) zur Implantation von Hüftendoprothesen. Oper Orthop Traumatol. 2010;22(4):421–30.
35. Apivatthakakul T, Oh JK. Anterolateral approach (Watson-Jones) to the proximal femur. In: Baumgaertner M, Herausgeber. AO Surgery Reference [Internet]. 3. Davos: AO Foundation; 2022 [zitiert 19. Mai 2024]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/proximal-femur/approach/anterolateral-approach-watson-jones>
36. Apivatthakakul T, Oh JK. Direct lateral approach to the proximal femur. In: Baumgaertner M, Herausgeber. AO Surgery Reference [Internet]. 3. Davos: AO Foundation; 2022 [zitiert 19. Mai 2024]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/proximal-femur/approach/direct-lateral-approach>
37. Benglis DM, Vanni S, Levi AD. An anatomical study of the lumbosacral plexus as related to the minimally invasive transpsoas approach to the lumbar spine: Laboratory investigation. J Neurosurg Spine. 2009;10(2):139–44.
38. Homma Y, Baba T, Sano K, Ochi H, Matsumoto M, Kobayashi H, u. a. Lateral femoral cutaneous nerve injury with the direct anterior approach for total hip arthroplasty. Int Orthop. 2016;40(8):1587–93.
39. Ozaki Y, Baba T, Homma Y, Tanabe H, Ochi H, Bannno S, et al. Preoperative ultrasound to identify distribution of the lateral femoral cutaneous nerve in total hip arthroplasty using the direct anterior approach. SICOT-J. 2018;4.
40. Mjaaland KE, Kivle K, Svenningsen S, Nordsletten L. Do postoperative results differ in a randomized trial between a direct anterior and a direct lateral approach in THA? Clin Orthop. 2019;477(1):145–55.

41. Restrepo C, Parvizi J, Pour AE, Hozack WJ. Prospective randomized study of two surgical approaches for total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2010;25(5):671-679.e1.
42. Delanois RE, Sultan AA, Albayar AA, Khlopas A, Gwam CU, Sodhi N, et al. The Röttinger approach for total hip arthroplasty: Technique, comparison to the direct lateral approach and review of literature. *Ann Transl Med*. 2017;5(S3):S31–S31.
43. Lykissas MG, Aichmair A, Sama AA, Hughes AP, Lebl DR, Cammisa FP, et al. Nerve injury and recovery after lateral lumbar interbody fusion with and without bone morphogenetic protein-2 augmentation: A cohort-controlled study. *Spine J*. 2014;14(2):217–24.
44. Ahmadian A, Deukmedjian AR, Abel N, Dakwar E, Uribe JS. Analysis of lumbar plexopathies and nerve injury after lateral retroperitoneal transpoas approach: Diagnostic standardization: A review. *J Neurosurg Spine*. 2013;18(3):289–97.
45. Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA. The lateral transpoas approach to the lumbar and thoracic spine: A review. *Surg Neurol Int*. 2012;3(Suppl 3):198–215.
46. Hanna A. The lateral femoral cutaneous nerve canal. *J Neurosurg*. 2017;126(3):972–8.
47. Mangla N, Wadhwa S, Mishra S, Sural S, Vasudeva N. Cadaveric study of variations in the course of lateral femoral cutaneous nerve: Insight to prevent injury. *Medeni Med J*. 2023;38(3):172–9.
48. Doi N, Kinoshita K, Sakamoto T, Minokawa A, Setoguchi D, Yamamoto T. Incidence and clinical outcome of lateral femoral cutaneous nerve injury after periacetabular osteotomy. *Bone Jt J*. 2021;103-B(4):659–64.
49. Klaassen Z, Marshall E, Tubbs RS, Louis RG, Wartmann CT, Loukas M. Anatomy of the ilioinguinal and iliohypogastric nerves with observations of their spinal nerve contributions. *Clin Anat N Y N*. 2011;24(4):454–61.
50. Załuska S. External structure of the ilioinguinal nerve in postnatal life in man. *Folia Morphol*. 1975;34:419–24.

51. Geh N, Schultz M, Yang L, Zeller J. Retroperitoneal course of iliohypogastric, ilioinguinal, and genitofemoral nerves: A study to improve identification and excision during triple neurectomy. *Clin Anat.* 2015;28(7):903–9.
52. Haładaj R, Wysiadecki G, Macchi V, de Caro R, Wojdyn M, Polguj M, et al. Anatomic variations of the lateral femoral cutaneous nerve: Remnants of atypical nerve growth pathways revisited by intraneural fascicular dissection and a proposed classification. *World Neurosurg.* Oktober 2018;118:e687–98.
53. Anandhi PG, Alagavenkatesan VN, Pushpa P, Shridharan P. A study to document the formation of lumbar plexus, its branching pattern, variations and its relation with psoas major muscle. *Int J Contemp Med Res IJCMR.* 2018;5(11):K20-23.
54. Gogi P. A study of variations in iliohypogastric and ilioinguinal nerves in human adults. *Int J Anat Res.* 2019;7(3.1):6727–31.
55. Nontasaen P, Das S, Nisung C, Sinthubua A, Mahakkanukrauh P. A cadaveric study of the anatomical variations of the lumbar plexus with clinical implications. *J Anat Soc India.* 2016;65(1):24–8.
56. Bardeen CR. A statistical study of the abdominal and border-nerves in man. *Am J Anat.* 1901;203–28.
57. Dakwar E, Le TV, Baaj AA, Le AX, Smith WD, Akbarnia BA, et al. Abdominal wall paresis as a complication of minimally invasive lateral transpsoas interbody fusion. *Neurosurg Focus.* 2011;31(4):E18.
58. Knight RQ, Schwaegler P, Hanscom D, Roh J. Direct lateral lumbar interbody fusion for degenerative conditions: Early complication profile. *J Spinal Disord Tech.* 2009;22(1):34–7.
59. Epstein NE. High neurological complication rates for extreme lateral lumbar interbody fusion and related techniques: A review of safety concerns. *Surg Neurol Int.* 2016;7(Suppl 25):S652–5.

60. Banagan K, Gelb D, Poelstra K, Ludwig S. Anatomic mapping of lumbar nerve roots during a direct lateral transpsoas approach to the spine: a cadaveric study. *Spine*. 2011;36(11):E687-691.
61. He L, Kang Z, Tang WJ, Rong LM. A MRI study of lumbar plexus with respect to the lateral transpsoas approach to the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2015;24(11):2538–45

8. Anhang

8.1 Messprotokoll für den Durchtritt des Nervus cutaneus femoris lateralis und seines Ramus posterior – Überschneidung mit den Zugangswegen

Präparatinformation

Geschlecht	Präparatseite	Präparatnummer	OP-Narben
<input type="checkbox"/> Mann <input type="checkbox"/> Frau	<input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> rechts		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
			Wenn ja, welche:

Messungen N. cutaneus femoris lateralis

Länge auf der Senkrechten, die im rechten Winkel auf die Linea interspinalis durch die Spina iliaca anterior superior steht	
Mediale/laterale Abweichung von der oben genannten Senkrechten	<input type="checkbox"/> medial <input type="checkbox"/> lateral <input type="checkbox"/> keine Länge:
Nervus cutaneus femoris lateralis Typ	<input type="checkbox"/> anterior/sartorius type <input type="checkbox"/> posterior type <input type="checkbox"/> fan type

Überschneidung des N. cutaneus femoris lateralis zu den Zugangswegen

Direkt anteriorer Zugangsweg	
Anterolateraler Zugangsweg	
Lateraler Zugangsweg	

Messung Ramus posterior

vorhanden nicht vorhanden

Distanz zur Spina iliaca anterior superior	
--	--

8.2 Protokoll Stammbildungen

Präparatinformation

Geschlecht	Präparatseite	Präparatnummer
<input type="checkbox"/> Mann <input type="checkbox"/> Frau	<input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> rechts	

Plexus lumbalis - Stammbildungen

Keine Stammbildungen	
Stammbildung	Nervi subcostalis – iliohypogastricus
	Nervi subcostalis – iliohypogastricus - ilioinguinalis
	Nervi iliohypogastricus – ilioinguinalis
	Nervi iliohypogastricus – ilioinguinalis – cutaneus femoris lateralis
	Nervi ilioinguinalis – cutaneus femoris lateralis
	Andere Form:

Bei Besonderheiten – Zeichnung

8.3 Protokoll Austrittshöhen

Geschlecht	Präparatseite	Präparatnummer
<input type="checkbox"/> Mann <input type="checkbox"/> Frau	<input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> rechts	

Nerv	Ursprung
Nervus iliohypogastricus	
Nervus ilioinguinalis	
Nervus cutaneus femoris lateralis	

Bei Besonderheiten – Zeichnung

