

Diplomarbeit

**SIMULATIONSBASIERTES
AUSBILDUNGSPROGRAMM FÜR
MEDIZINSTUDIERENDE IN RÜCKENMARKSNAHEN
PUNKTIONSVORFAHREN**

eingereicht von

Christian Maier

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin,
Klinische Abteilung für Spezielle Anästhesiologie, Schmerz- und
Intensivmedizin**

unter der Anleitung von

Dr. med. univ. Thomas Wegscheider

und

Univ.-Prof. Dr. med. Michael K. Herbert

Graz, 10.12.2019

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 10.12.2019

Christian Maier eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich Platz finden, um all jenen zu danken, die mich im Laufe meiner medizinischen Ausbildung unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. univ. Thomas Wegscheider, der mir in seiner Funktion als Hauptbetreuer dieser Abschlussarbeit stets unterstützend zur Seite stand und sich meiner Fragen geduldig annahm. Seine Begeisterung in der simulationsbasierten Lehre hatten wesentlichen Einfluss auf das Zustandekommen dieser Arbeit.

Einen besonderen Dank möchte ich auch an Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Michael K. Herbert aussprechen, der mir die Möglichkeit zur Umsetzung dieser Abschlussarbeit an der Klinischen Abteilung für Spezielle Anästhesiologie, Schmerz- und Intensivmedizin gab.

Mein größter Dank gilt an dieser Stelle meiner Familie und insbesondere meinen Eltern und meiner Schwester. Mit ihrer Geduld und ihrem Rückhalt unterstützten sie mich in jeder Situation und standen mir stets zur Seite. Ich danke euch!

Dank aussprechen möchte ich auch noch an all die Freunde, die mich auf meinem Weg begleitet haben und mit denen ich schöne Zeiten verbringen durfte. Meine beiden Kollegen und guten Freunde Jakob und Johannes möchte ich an dieser Stelle besonders hervorheben. Mit ihnen gemeinsam durfte ich den Großteil meines Studiums absolvieren sowie wohl auch den Großteil abseits davon.

Vielen Dank!

Zusammenfassung

Hintergrund: In der modernen Medizin nehmen rückenmarksnahe Punktionsverfahren einen wichtigen Stellenwert ein. Die praktischen Fertigkeiten diesbezüglich sind in den Rasterzeugnissen für die Ausbildung zur Fachärztin und zum Facharzt für Anästhesiologie und Intensivmedizin, internistische Sonderfächer sowie Neurologie explizit erwähnt (1). Art und Umfang der diesbezüglichen Wissens- und Kompetenzenvermittlung an den Medizinischen Universitäten in Österreich sind nicht einheitlich. Die vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, die Effekte eines simulationsbasierten Ausbildungs- und Trainingsprogramms auf den theoretischen Wissensstand Medizinstudierender sowie deren praktischen Fertigkeiten in rückenmarksnahen Punktionsverfahren zu evaluieren.

Material und Methoden: Ein strukturiertes Ausbildungs- und Trainingsprogramm wurde entwickelt und in die Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ integriert. Dieses gliederte sich in einen theoretischen und einen praktischen Ausbildungsteil. Die Datenerhebung erfolgte anhand eines Formativen Integrativen Tests (FIT) sowie mittels audio-visuell dokumentierter strukturierter praktischer Prüfungen (PPC). Die erhobenen Daten wurden digital gespeichert und mittels IBM® SPSS® Statistics und Microsoft® Excel ausgewertet.

Ergebnisse: 13 vollständige Datensätze konnten für den FIT und 15 für den PPC erhoben werden. Die statistische Analyse mittels t -Test bei verbundenen Stichproben lässt einen signifikanten Zuwachs im theoretischen Wissensstand der Studierenden vom Beginn bis zum Ende des Ausbildungsprogramms erkennen ($t(12) = -5.58, p < .001$). Im Mittel betrug die Erfolgsquote der Studierenden bei der Spinalpunktion 80.8% und 73.3% bei der Periduralpunktion.

Schlussfolgerung: Es hat sich gezeigt, dass die Studierenden vom Ausbildungs- und Trainingsprogramm profitieren konnten. Dieses erweist sich hinsichtlich der Wissens- und Kompetenzenvermittlung in rückenmarksnahen Punktionsverfahren als potentiell geeignet. Die Ergebnisse der strukturierten Verfahrensüberprüfung müssen jedoch kritisch betrachtet werden.

Schlüsselwörter: Rückenmarksnahe Punktionsverfahren, Simulation, Ausbildung

Abstract

Context: In modern medicine spinal procedures take an important role. Therefore, the relevant practical skills are explicitly mentioned in the training regulations as specialist in anesthesiology and intensive care medicine, internal medicine and neurology (1). Exact manner and range of the relevant knowledge and competence mediation regarding spinal procedures are not uniform at the Medical Universities in Austria. The aim of the present work is to evaluate the effects of a simulation-based education and training program for medical students on theoretical knowledge and their practical skills in spinal procedures.

Materials and Methods: A structured education and training program was developed and implemented in “Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer”. The course was divided into a theoretical and a practical training part. The data was collected using a Formative Integrative Test (FIT) as well as audiovisually documented structured examinations (PPC). The anonymized data was stored digitally and evaluated using IBM® SPSS® Statistics and Microsoft® Excel.

Results: For the FIT and PPC 13 or 15 complete datasets could be collected. Paired-samples *t*-tests indicated a statistically significant improvement in the students' theoretical knowledge before and at the end of the training program ($t(12) = -5.58, p = < .001$). The average score of the practical skills checklist was 80.8% for lumbar puncture and 73.3% for epidural puncture.

Conclusion: The study shows that students benefited from the training and education program. This proves to be potentially useful in terms of knowledge and competence mediation in spinal procedures. However, the results of the structured review process need to be considered critically.

Keywords: spinal procedures, simulation, education

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNGEN	II
ZUSAMMENFASSUNG	III
ABSTRACT	IV
INHALTSVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IX
TABELLENVERZEICHNIS	X
1 EINLEITUNG	1
1.1 Studienziele.....	2
1.2 Aktueller Ausbildungsstand in Österreich.....	2
1.3 Historische Aspekte.....	3
1.4 Anatomische Grundlagen.....	4
1.4.1 Wirbelsäule und Wirbelkanal	4
1.4.2 Rückenmark, Rückenmarkshäute und Spinalnerven.....	6
1.5 Physiologie.....	8
1.6 Lokalanästhetika	10
1.7 Spinalpunktion und Spinalanästhesie.....	12
1.7.1 Indikationen	13
1.7.2 Kontraindikationen	14
1.7.3 Durchführung.....	17
1.7.4 Komplikationen	20

1.7.5	Ausbreitung	23
1.8	Periduralpunktion und Periduralanästhesie	24
1.8.1	Indikationen	24
1.8.2	Kontraindikationen	25
1.8.3	Durchführung	25
1.8.4	Komplikationen	29
1.8.5	Ausbreitung	30
1.8.6	Thorakale PDA	31
1.9	Kombinierte Spinal- und Periduralanästhesie	32
2	MATERIAL UND METHODEN	33
2.1	Arbeitsumgebung	33
2.1.1	Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer	33
2.1.2	Simulationsobjekt.....	35
2.1.3	Verwendetes Equipment.....	35
2.2	Ausbildung im Rahmen der Untersuchung.....	36
2.2.1	Theoretische Ausbildung	36
2.2.2	Praktische Ausbildung	37
2.3	Studienkollektiv	37
2.3.1	Einschlusskriterien.....	38
2.3.2	Informierte Einwilligung der Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer	38
2.3.3	Anonymität und Vertraulichkeit erhobener Daten	38

2.3.4	Ethische Überlegungen, Risiko und Benefits für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer	39
2.4	Datenerfassung.....	40
2.4.1	Formativer Integrativer Test (FIT).....	40
2.4.2	Procedure Proficiency Check (PPC).....	41
2.5	Analysierte Parameter.....	42
2.6	Datenauswertung	43
3	ERGEBNISSE.....	44
3.1	Auswertung des Formativen Integrativen Tests	44
3.2	Auswertung des Procedure Proficiency Checks.....	46
3.2.1	Auswertung der Spinalpunktion	46
3.2.2	Auswertung der Periduralpunktion.....	53
4	DISKUSSION.....	62
4.1	Effekte auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden	62
4.2	Effekte auf die praktischen Fertigkeiten der Studierenden	64
4.3	Limitationen.....	66
4.4	Conclusio	67
5	LITERATURVERZEICHNIS.....	68
	ANHANG – ETHIKVOTUM.....	74
	ANHANG – INFORMED CONSENT	76
	ANHANG – FORMATIVER INTEGRATIVER TEST	80
	ANHANG – CHECKLISTEN	84

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenosintriphosphat
bpm	beats per minute
cm	Zentimeter
CSA	continuous spinal anesthesia
CSE	combined spinal-epidural anesthesia
EK	Ethikkommission
EKG	Elektrokardiogramm
FIT	Formativer Integrativer Test
G	Gauge
HSV	Herpes-simplex-Virus
kg	Kilogramm
L	lumbales Wirbelsegment
Lig. / Ligg.	Ligamentum / Ligamenta
LOR	loss of resistance
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
N.	Nervus
NaCl	Natriumchlorid
NiBP	Non-invasive Blood Pressure
PDA	Periduralanästhesie
PDK	Periduralkatheter
pK _a	Säurekonstante
PPC	Procedure Proficiency Check
Proc.	Processus
PTT	Part-Task-Training
SpO ₂	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung
Th	thorakales Wirbelsegment
TUR-Syndrom	Transurethrales Resektionssyndrom

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1 Die Hüllen des Rückenmarks. Querschnitt durch den Wirbelkanal in Höhe des 2. Brustwirbels. Quelle: Anderhuber, Pera, Streicher (Hrsg.) 2012, S. 1024 (18).....	7
Abbildung 1.2 Lagebeziehung der Rückenmarkssegmente zur Wirbelsäule. Quelle: Anderhuber, Pera, Streicher (Hrsg.) 2012, S. 1009 (18)	8
Abbildung 3.1 Gesamtergebnisse des FIT zu den Testzeitpunkten T1–T3	45
Abbildung 3.2 Einzelergebnisse des FIT zu den Testzeitpunkten T1–T3.....	45
Abbildung 3.3 In Summe erreichte Punkteanzahl bei der Spinalpunktion	46
Abbildung 3.4 Durchführungszeiten der Spinalpunktion	47
Abbildung 3.5 Arbeitsschritt I bis III Spinalpunktion.....	49
Abbildung 3.6 Arbeitsschritt IV bis VI Spinalpunktion	50
Abbildung 3.7 Arbeitsschritt VII bis IX Spinalpunktion	51
Abbildung 3.8 Arbeitsschritt X und XI Spinalpunktion.....	52
Abbildung 3.9 In Summe erreichte Punkteanzahl bei der Periduralpunktion	53
Abbildung 3.10 Durchführungszeiten der Periduralpunktion	54
Abbildung 3.11 Arbeitsschritt I bis III Periduralpunktion	56
Abbildung 3.12 Arbeitsschritt IV bis VI Periduralpunktion.....	57
Abbildung 3.13 Arbeitsschritt VII bis IX Periduralpunktion.....	58
Abbildung 3.14 Arbeitsschritt X bis XII Periduralpunktion.....	59
Abbildung 3.15 Arbeitsschritt XIII bis XV Periduralpunktion	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1 Klassifizierung der Nervenfasertypen sowie ihre Blockierbarkeit durch Lokalanästhetika. Quelle: In Anlehnung an Striebel 2013, S. 168 (19)	9
Tabelle 1.2 Kontraindikationen der Spinalpunktion / Spinalanästhesie (12,16,23)	16
Tabelle 1.3 Empfohlene Punktionshöhe bei Anlage eines PDK in Abhängigkeit vom operativen Eingriff. Quelle: In Anlehnung an Striebel 2013, S. 191 (19)	32
Tabelle 2.1 Inhalte der theoretischen Ausbildung im Rahmen der Untersuchung	36

1 Einleitung

In der modernen Medizin nehmen rückenmarksnahe Punktionsverfahren einen wichtigen Stellenwert ein. Sie finden Anwendung in zahlreichen Sonderfächern, unter anderem in der Anästhesiologie und Neurologie sowie in der Schmerzmedizin als therapeutisches und / oder diagnostisches Verfahren.

Die praktischen Fertigkeiten rückenmarksnaher Punktionsverfahren sind in den Rasterzeugnissen für die Ausbildung zur Fachärztin und zum Facharzt für Anästhesiologie und Intensivmedizin, internistische Sonderfächer (in Grundausbildung) sowie Neurologie explizit erwähnt (1). Art und Umfang der diesbezüglichen Wissens- und Kompetenzenvermittlung im Diplomstudium Humanmedizin an den Medizinischen Universitäten in Österreich sind nicht einheitlich.

Diverse Untersuchungen haben gezeigt, dass der Einsatz eines simulationsunterstützten Trainingsprogramms positive Effekte auf den Lernerfolg der Teilnehmenden, insbesondere bezogen auf das Training praktischer Fertigkeiten, haben kann (2–4). Es existieren für den europäischen und angloamerikanischen Raum bereits einige Studien zu rückenmarksnahen Punktionsverfahren im simulierten Setting in der postgradualen Ausbildung, in der studentischen Lehre jedoch in deutlich geringerem Ausmaß (5–9). Eine amerikanische Untersuchung aus dem Jahr 2017 lässt positive Effekte eines Simulationstrainings für Medizinstudierende zum Erwerb der Fertigkeit einer Lumbalpunktion erkennen (10). Ähnliche Effekte konnten bereits Adachi et al. 2012 beschreiben (11). Für die österreichischen Medizinischen Universitäten fehlen entsprechende Untersuchungen bisher.

1.1 Studienziele

Die vorliegende Untersuchung setzt sich zum Ziel, die Effekte eines simulationsbasierten Ausbildungsprogramms für Medizinstudierende der Medizinischen Universität Graz zu beschreiben. Dies erfolgt mit Fokus auf das theoretische Wissen der an dieser Untersuchung Teilnehmenden betreffend rückenmarksnaher Punktionsverfahren sowie auch den durch sie im Rahmen der Lehrveranstaltung erlangten praktischen Fertigkeiten. Des Weiteren wird untersucht, ob sich das hierfür entwickelte Ausbildungsprogramm für den Erwerb der oben angeführten Wissens- und Kompetenzenvermittlung als geeignet erweist.

1.2 Aktueller Ausbildungsstand in Österreich

Die Ausbildungsordnung der Österreichischen Ärztekammer (ÖÄK) sieht die Fertigkeiten rückenmarksnaher Punktionsverfahren in den Rasterzeugnissen für die Ausbildung zur Fachärztin und zum Facharzt für Anästhesiologie und Intensivmedizin, internistische Sonderfächer (in Grundausbildung) sowie Neurologie vor (1). Art und Umfang der Wissens- und Kompetenzenvermittlung von rückenmarksnahen Punktionsverfahren im Diplomstudium Humanmedizin an den Medizinischen Universitäten in Österreich erscheinen uneinheitlich. Im Zuge der Recherche zur Erstellung dieser Arbeit im Mai 2018 konnte keine Pflichtlehrveranstaltung an einer öffentlichen Medizinischen Universität in Österreich identifiziert werden, welche explizit rückenmarksnaher Punktionsverfahren, deren theoretische Grundlagen sowie dafür relevante praktische Kompetenzen vermittelt. An der Medizinischen Universität Graz besteht die Möglichkeit zum Erwerb dieses Wissens sowie der erforderlichen Kompetenzen im Rahmen der Lehrveranstaltungsreihe „Die Grazer SIMLine“, einem freien Wahlpflichtfach mit Teilnahmebeschränkung. Eine Ausbildung in rückenmarksnahen Punktionsverfahren ist in vergleichbarem Umfang auch im Curriculum der Medizinischen Universität Graz nicht realisiert.

1.3 Historische Aspekte

Die Entwicklung der Lokalanästhesie nimmt ihren Ursprung 1860 mit der Entdeckung des Kokains durch Albert Niemann. Diesem gelang erstmalig die Isolierung des Hauptalkaloids aus den Blättern des Kokastrauches. Obwohl die lokalanästhetischen Effekte des Kokains bereits früher beobachtet wurden, blieben diese weitestgehend unbeachtet, bis es 1884 dem in Wien praktizierenden Augenarzt Carl Koller gelang, Operationen am Auge mit Hilfe standardisierter Kokainlösungen, erfolgreich durchzuführen. Diese Demonstration der anästhetischen Eigenschaften des Kokains definiert den eigentlichen Beginn der Lokalanästhesie. Kokainlösungen fanden daraufhin immer breitere Anwendung. So berichtete Carl Ludwig Schleich 1892 erstmalig über die Infiltrationsanästhesie mit Kokain. Ihm gelang es dabei, größere Körperregionen mit Hilfe verdünnter Kokainlösungen zu betäuben (12).

Der erste Bericht über die erfolgreiche klinische Durchführung einer Spinalanästhesie stammt aus dem Jahr 1899, als August Bier, ein Chirurg aus Kiel, die intrathekale Anwendung von Kokain im Rahmen einer Fußamputation beschrieb (13). Die Methode geriet allerdings nach anfänglicher Euphorie rasch in Verruf. Grund dafür waren die damit verbundenen Gefahren und Nebenwirkungen, schwerwiegende Blutdruckabfälle sowie die Toxizität des Kokains (12). Um 1910 fanden auch erstmalig sakrale bzw. peridurale Anästhesieverfahren gehäuft Anwendung, wobei die erste Periduralanästhesie vermutlich bereits 1885, wenn auch eher zufällig, durch Einbringen von Kokain in den Periduralraum, durch den US-amerikanischen Neurologen James Leonard Corning, stattfand (14). 1931 wurde von Eugen Bogdan Aburel zum ersten Mal das Einbringen eines Katheters in den kaudalen Periduralraum beschrieben (15).

Als Durchbruch für die Lokalanästhesie gilt die Synthese von Novocain durch den Münchner Chemiker Alfred Einhorn im Jahr 1904. Mit Novocain war nunmehr eine Substanz verfügbar, die, verglichen mit dem Kokain, eine wesentlich geringere Toxizität bei deutlich potenterer lokalanästhetischer Wirkung zeigte.

Neuroaxiale Blockaden erfreuten sich jedoch aufgrund mangelnder Zuverlässigkeit, Sicherheitsbedenken und dem von Patientinnen und Patienten nach Injektion hoher Dosen eines Lokalanästhetikums beschriebenen Gefühls der Paralyse in den unteren Extremitäten, geringer Beliebtheit (16). Im Laufe der Zeit wurden immer neuere Lokalanästhetika entwickelt sowie Techniken und Materialien modifiziert, was den weiteren geschichtlichen Verlauf der Lokalanästhesie maßgeblich bestimmte. Seit Mitte der 1960er-Jahre erfreuen sich regionalanästhesiologische Verfahren, als Alternative zur Allgemeinanästhesie, stetig wachsender Beliebtheit (12). Die Spinalanästhesie gilt beispielsweise als sichere, einfach durchzuführende Technik mit einer geringen Rate an schwerwiegenden Komplikationen und zählt damit heutzutage zu den am häufigsten eingesetzten regionalanästhesiologischen Verfahren (17).

1.4 Anatomische Grundlagen

1.4.1 Wirbelsäule und Wirbelkanal

Die Wirbelsäule des Menschen besteht normalerweise aus 7 Hals-, 12 Brust- und 5 Lendenwirbeln sowie dem mit dem 5. Lendenwirbel beweglich verbundenen Kreuz- und dem sich kaudal daran anschließenden Steißbein. Die Form der Wirbel variiert dabei stark in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule. Die 24 freien oder präsakralen Wirbel werden durch 23 Zwischenwirbelscheiben beweglich miteinander verbunden. Die einzelnen Wirbel fungieren dabei als Glieder einer Knochengelenkskette, die durch Bänder und Muskeln ihre nötige Stabilität erfährt (18). Praktische Bedeutung kommt insbesondere folgenden drei Bandstrukturen zu, da diese bei der (medianen) Punktion des Wirbelkanals perforiert werden (19):

- Lig. supraspinale: Es verbindet die Spitzen der Dornfortsätze.
- Lig. interspinale: Es spannt sich zwischen Ober- und Unterkante zweier Dornfortsätze aus.
- Lig. flavum: Es verbindet die Wirbelbögen zweier Wirbel miteinander.

Die Wirbelsäule stellt jedoch kein starres Gebilde dar, sondern lässt sich wie erwähnt durch Muskeln auch sehr umfangreich in allen Ebenen des Raumes bewegen. Die Wirbelsäule des erwachsenen Menschen weist in der Sagittalebene eine Reihe typischer Krümmungen auf. Im Hals- und Lendenbereich zeigt sich eine nach vorne konvexe Krümmung (Lordose), im Brust- und Sakralbereich eine nach hinten konvexe Krümmung (Kyphose). Für die Durchführung rückenmarksnaher Punktionsverfahren erweist sich zudem die Stellung der Dornfortsätze in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule von praktischer Bedeutung. Während diese im Lumbalbereich nahezu horizontal ausgerichtet sind und relativ viel Abstand zu den benachbarten Dornfortsätzen lassen, legen sie sich in den thorakalen Segmenten der Wirbelsäule dachziegelartig übereinander und weisen eine lange nach abwärts gerichtete Form auf. Beim medianen Zugangsweg einer rückenmarksnahen Punktion muss dieser Umstand bei der Wahl des jeweiligen Einstichwinkels berücksichtigt werden (18).

Der Spinal- oder Wirbelkanal, *Canalis vertebralis*, dient als schützender Raum für das Rückenmark mit seinen Häuten und Gefäßen. Er wird durch die Wirbelsäule gebildet. Die Ausdehnung des Wirbelkanals erstreckt sich vom Foramen magnum bis zu seinem kaudalen Ende, dem Hiatus sacralis. Die vordere Begrenzung wird von den Dorsalflächen der Wirbelkörper und der Zwischenwirbelscheiben gebildet. Dorsal wird der Wirbelkanal durch die Wirbelbögen und die zwischen diesen ausgespannten Ligg. flava begrenzt. Durch die Bänder der Wirbelsäule ist der Wirbelkanal bis auf die Foramina intervertebralia geschlossen. Diese ventral der Querfortsätze gelegenen Öffnungen erlauben es den Rückenmarksnerven (und Gefäßen), aus dem Wirbelkanal ein- bzw. auszutreten. Im Querschnitt stellt sich der Wirbelkanal in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule äußerst variabel dar. So ist er im Bereich der Hals- und Lendengegend weit und dreieckig, an der Brustwirbelsäule dagegen eng, kranial rund bzw. kaudal queroval und im Bereich des Kreuzbeins annähernd halbmondförmig. Entsprechend der physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule folgt auch der Wirbelkanal an sich keinem geradlinigen Verlauf, sondern weist ebenfalls eine Lordose im Hals- und Lendenbereich sowie eine Kyphose im Brust- und Sakralbereich auf (18,20).

1.4.2 Rückenmark, Rückenmarkshäute und Spinalnerven

Das Rückenmark ist beim Erwachsenen mit einer Länge von ungefähr 50cm deutlich kürzer als der Spinalkanal. Diese Tatsache ist dem Umstand geschuldet, dass es im Verlauf des Körperwachstums zu einem Aufstieg des Rückenmarks im Spinalkanal kommt, da dieses in seiner Längenentwicklung im Vergleich zur knöchernen Wirbelsäule deutlich zurückbleibt. So befinden sich die jeweiligen Segmente des Rückenmarks im dritten Embryonalmonat noch annähernd auf gleicher Höhe mit den dazugehörigen Zwischenwirbellöchern (Foramina intervertebralia), während sich das kaudale Ende des Rückenmarks, der Conus medullaris, beim Neugeborenen etwa in Höhe des dritten Lumbalwirbels und beim Erwachsenen ungefähr auf Höhe der Wirbelkörper L1/L2 befindet (18). In der erwachsenen Population stellt sich die Höhe des Conus medullaris äußerst variabel dar und reicht vom mittleren Drittel von Th12 bis zum oberen Drittel von L3. In der Arbeit von Saifuddin, Burnett und White wird die Position des Conus medullaris am häufigsten im unteren Drittel des ersten Lumbalwirbelkörpers angegeben, wobei sich kein signifikanter Unterschied bezüglich Geschlecht oder zunehmendem Alter zeigte (21). Die Wurzelfasern, welche kaudal des Conus medullaris auslaufen und über die jeweiligen Foramina intervertebralia den Spinalkanal verlassen, werden als Cauda equina („Pferdeschwanz“) bezeichnet (18).

Ähnlich dem Gehirn ist auch das Rückenmark von drei Häuten, der Dura mater spinalis, der Arachnoidea mater spinalis und der Pia mater spinalis, umgeben. Im Vergleich dazu teilt sich die Dura mater beim Verlassen der Schädelhöhle am Foramen magnum in ein dünnes äußeres Blatt, welches das Periost des Wirbelkanals bildet, und ein dickes inneres Blatt, die eigentliche Dura mater spinalis, welche den Durasack bildet. Dieser erstreckt sich vom Foramen magnum bis üblicherweise auf Höhe des zweiten Sakralwirbels und enthält den äußeren Liquorraum und das Rückenmark. Der Raum zwischen den beiden Blättern der Dura ist der, mit Fett und einem dichten Venengeflecht ausgefüllte, Epi- bzw. Periduralraum (siehe Abbildung 1.1). Er umgibt die Dura mater spinalis von allen Seiten und erstreckt sich über die gesamte Länge des Wirbelkanals (18,20). Die Weite des Periduralraums variiert in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule und wird von lumbal nach zervikal immer enger.

Der dorsale Periduralraum präsentiert sich in der Medianebene am weitesten und beträgt auf Höhe des zweiten Lendenwirbels 5mm, auf Höhe des sechsten Brustwirbels 2,5–3mm und im Bereich des fünften Halswirbels 1–1,5mm. In der europäischen Population ist der Periduralraum bei der Hälfte der Bevölkerung in der Medianebene in einer Tiefe von 4cm erreicht. Das Lig. flavum findet sich in 80% in einer Tiefe von 4–6cm (22). Der Innenseite der Dura mater spinalis legt sich die Arachnoidea mater spinalis an und bildet damit die äußere Begrenzung des liquorgefüllten Subarachnoidalraums (Spinalraum). Die innere Begrenzung stellt die, dem Rückenmark direkt anliegende, Pia mater spinalis dar (18,20).

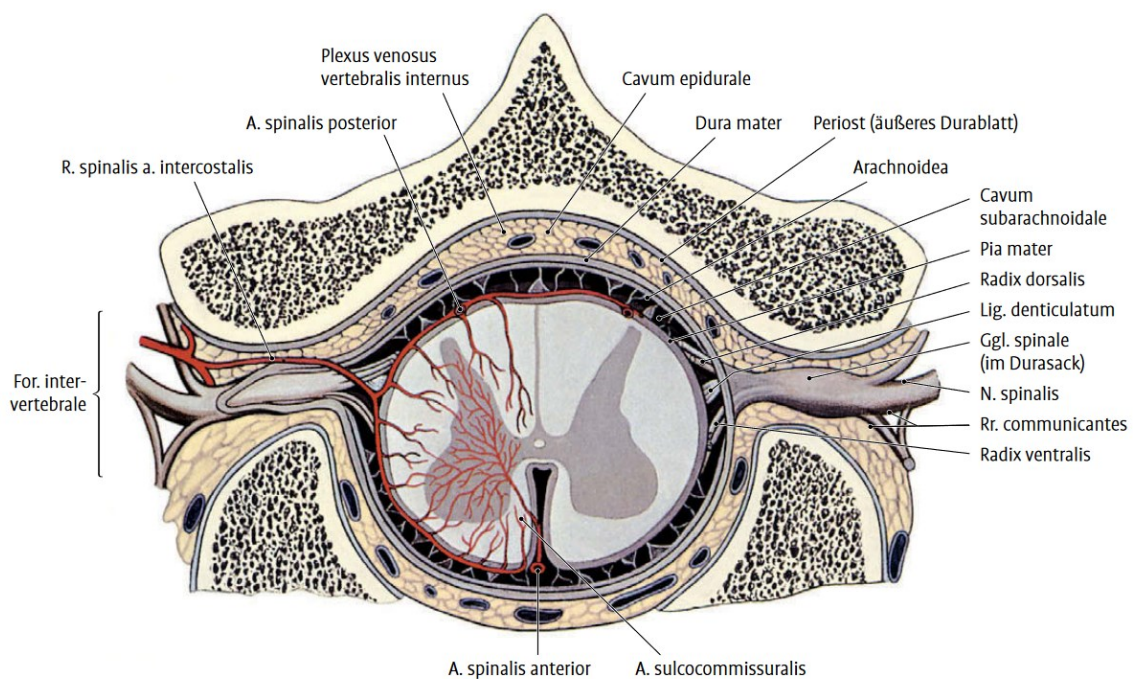


Abbildung 1.1: Die Hüllen des Rückenmarks. Querschnitt durch den Wirbelkanal in Höhe des 2. Brustwirbels. Quelle: Anderhuber, Pera, Streicher (Hrsg.) 2012, S. 1024 (18)

Aufgrund der Wachstumsdifferenzen zwischen Rückenmark und Wirbelsäule findet sich der Austrittspunkt der Nervenwurzeln aus dem Rückenmark weiter kranial als jener beim Verlassen des Wirbelkanals über die jeweiligen Foramina intervertebralia. Die paarigen Rückenmarksnerven nehmen daher einen umso steileren Verlauf, je weiter kaudal sie aus dem Rückenmark austreten (siehe Abbildung 1.2). Lediglich die ersten drei bis vier Spinalnerven weisen einen annähernd horizontalen Verlauf ihrer Nervenwurzeln auf.

Kaudal des Conus medullaris ziehen die Nervenwurzelfasern als Cauda equina durch den Subarachnoidalraum zu ihren jeweiligen Foramina intervertebralia (20). Von Bedeutung zeigt sich die Kenntnis dieser anatomischen Gegebenheit insofern, als mit Hilfe einer rückenmarksnahen Anästhesie bzw. Analgesie die angestrebte Ausbreitung selbiger im gewünschten Areal zu erreichen ist.

Wichtige Landmarken sind (14):

- Th4: Mamillenhöhe
- Th6: Xyphoid
- Th8: Rippenbogen
- Th10: Nabelhöhe
- Th12/L1: Leistenhöhe

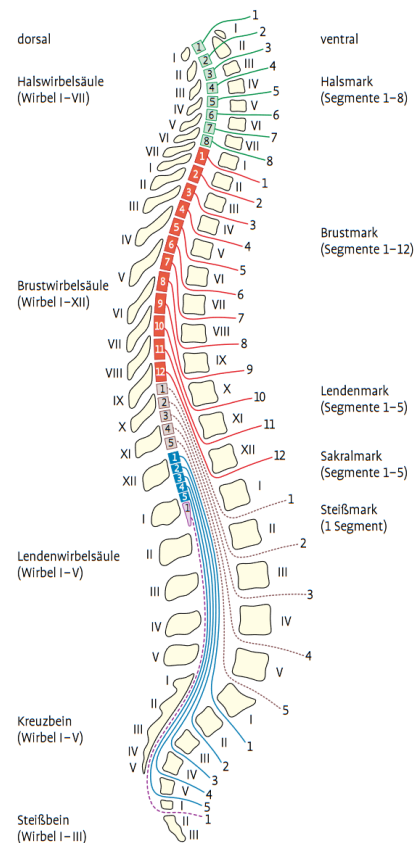


Abbildung 1.2: Lagebeziehung der Rückenmarkssegmente zur Wirbelsäule. Quelle: Anderhuber, Pera, Streicher (Hrsg.) 2012, S. 1009 (18)

1.5 Physiologie

Im Rahmen einer neuroaxialen Blockade erfolgt die intrathekale bzw. peridurale Injektion einer analgetisch wirksamen Medikamentendosis. Ihre Wirkung entsteht vordergründig durch die Blockade der ventralen und dorsalen Spinalnervenwurzeln. In abgeschwächter Intensität erfolgt auch eine Blockade der myelinfreien Hinterhornganglien sowie des spinalen Neuroparenchyms. Im Falle einer periduralen Medikamentenapplikation müssen diese jedoch zuvor durch die Dura in den Subarachnoidalraum diffundieren, um direkt am Neuroparenchym wirken zu können. Über die Zirkulation des Liquor cerebrospinalis kommt es in geringem Ausmaß auch zu einer longitudinalen Umverteilung intrathekal aktiver Substanzen und einer damit verbundenen Wirkung dieser an anderen Abschnitten des Rückenmarks sowie übergeordneter zentralnervöser Strukturen (22,23).

Nach der Injektion eines Lokalanästhetikums tritt zunächst der Effekt der Sympathikolyse ein. Auslösend dafür ist die Blockade präganglionärer sympathischer Fasern. Diese induzieren eine arterielle sowie venöse Gefäßweitstellung. Die Blockade erfolgt dabei jedoch nicht streng segmental, wodurch die Sympathikolyse die sensible Blockade um 2–4 Segmente in ihrer Höhenausbreitung übertrifft (22,23).

Der eigentliche angestrebte anästhetische Effekt einer neuroaxialen Blockade ist die Unterdrückung des sensorischen Empfindens (22,23).

Ist die Konzentration des Lokalanästhetikums ausreichend hoch, so erfolgt auch eine Blockade der dicken motorischen Fasern und eine damit einhergehende muskuläre Relaxation. Die Ausbreitungshöhe dieser motorischen Blockade liegt gewöhnlich 1–4 Segmente unterhalb der sensorischen Blockade (22,23).

Die zeitliche Diskrepanz, mit welcher die unterschiedlichen Effekte nach Injektion eines Lokalanästhetikums zu beobachten sind, lassen sich durch Betrachtung der Nervenfasertypen erklären. Entscheidend für die Blockierbarkeit eines Nervs sind dessen Dicke sowie der Myelinisierungsgrad. Nervenfasern werden umso leichter durch ein Lokalanästhetikum blockiert, je kleiner ihr Durchmesser ist und je besser sie myelinisiert sind (siehe Tabelle 1.1). Daraus ergibt sich, dass die einzelnen Fasertypen bei einer neuroaxialen Blockade für gewöhnlich in folgender Reihenfolge blockiert werden (19): B-, C-, A δ -, A γ -, A β -, A α -Fasern.

Fasertyp	Durchmesser (μm)	Myelinisiert	Blockierbarkeit durch Lokalanästhetika	Funktion	
A-Fasern	Alpha	12–20	ja	+	Motorik
	Beta	5–12	ja	++	Druck, Berührung
	Gamma	3–6	ja	+++	Muskelspindel
	Delta	2–5	ja	++++	Temperatur und gut lokalisierbarer Schmerz
B-Fasern	< 3	ja	+++++	präganglionäre sympathische Fasern (Gefäßengstellung)	
C-Fasern	0,3–1,2	nein	+++++	schlecht lokalisierbarer Schmerz	

Tabelle 1.1: Klassifizierung der Nervenfasertypen sowie ihre Blockierbarkeit durch Lokalanästhetika. Quelle: In Anlehnung an Striebel 2013, S. 168 (19)

Da die C-Fasern im Vergleich zu den B-Fasern nicht myelinisiert sind, werden sie erst nach den B-Fasern blockiert, obwohl jene einen geringeren Durchmesser aufweisen. Die B-Fasern stellen die präganglionären sympathischen Fasern dar und sind somit für die Vasokonstriktion verantwortlich. Ihre Blockade führt demnach zu einer arteriellen sowie venösen Gefäßweitstellung, was häufig als Wärmegefühl und deutliches Hervortreten der venösen Gefäße im ausgeschalteten Gebiet wahrzunehmen ist. Eine mögliche Komplikation eben genannter Vasodilatation ist das Auftreten eines abrupten Blutdruckabfalls aufgrund des reduzierten venösen Rückflusses zum Herzen (19).

1.6 Lokalanästhetika

Die Impulsweiterleitung in einer Nervenzelle ist abhängig von spannungsgesteuerten Ionenkanälen. Diese befinden sich in der Zellmembran und öffnen bzw. schließen in Abhängigkeit vom Membranpotenzial. Die Signaltransduktion von Nervenzellen erfolgt durch Depolarisation (Membranpotenzialänderung in positive Richtung) der Nervenzellmembran. Über spannungsabhängige Natriumkanäle strömen hierbei Natriumionen in das Innere der Nervenzelle, wodurch es zur Ausbildung und Fortleitung eines Aktionspotenzials kommt. Zeitlich etwas verzögert öffnen nun spannungsabhängige Kaliumkanäle und bedingen einen Auswärtsstrom von positiv geladenen Kaliumionen aus dem Zellinneren. Es kommt zur Repolarisation der Nervenzellmembran. Um den ursprünglichen Ionengradienten (extrazellulär mehr Natriumionen, intrazellulär mehr Kaliumionen) wiederherzustellen, benötigt es einen energieverbrauchenden aktiven Transportprozess, da die Natrium- und Kaliumionen jeweils gegen den elektrochemischen Gradienten transportiert werden müssen. Dieser Vorgang wird durch die Natrium-Kalium-ATPase gesteuert (24).

Lokalanästhetika sind Stoffe, welche die spannungsabhängigen Natriumkanäle einer Nervenzelle reversibel blockieren und somit den für die Depolarisation notwendigen Natriumeinstrom in die Zelle verhindern. Aufgrund dessen kommt es zu einer Membranstabilisierung wodurch, die Initiierung und Fortleitung von Aktionspotenzialen in Nervenfasern ausbleibt.

Ein Lokalanästhetikum wird in der Regel in unmittelbarer Nähe peripherer Nerven injiziert und dringt durch Diffusion in selbige ein. Dies bewirkt eine Membranstabilisierung und blockiert die Impulsweiterleitung in diesen Nerven (19,25).

Lokalanästhetika weisen eine beträchtliche Variabilität hinsichtlich ihrer Potenz auf. Dieser Umstand ist größtenteils auf die unterschiedliche Lipidlöslichkeit der verschiedenen Lokalanästhetika und die damit verbundenen Diffusionseigenschaften durch die Nervenzellmembran zurückzuführen (26). Lokalanästhetika mit hoher Lipidlöslichkeit dringen demnach leichter und rascher in eine Nervenzelle ein als solche mit niedriger Lipidlöslichkeit (14). Die Potenz von Lokalanästhetika nimmt also mit steigender Lipidlöslichkeit zu, während die für eine Wirkung erforderliche Dosis abnimmt (25).

Die Blockade der spannungsabhängigen Natriumkanäle erfolgt an der Innenseite der Zellmembran, daher müssen die Lokalanästhetikamoleküle zunächst in das Innere der Zelle gelangen. Werden Lokalanästhetika in ein Gewebe injiziert, so liegen sie in einem Dissoziationsgleichgewicht vor, also in zwei verschiedenen Formen. Ein Teil der Moleküle des Lokalanästhetikums liegt in ionisierter wasserlöslicher Form vor, der andere Teil in nicht-ionisierter lipidlöslicher Form. Für den Wirkmechanismus der Lokalanästhetika spielt diese Ladung eine entscheidende Rolle, da lediglich die nicht-ionisierten lipidlöslichen Moleküle gute Diffusionseigenschaften besitzen und so bis in das Innere der Nervenaxone diffundieren können. In den Axonen werden diese nicht-ionisierten Moleküle durch Anlagerung eines Wasserstoffions in die ionisierte (dissoziierte) Form überführt. Die ionisierte Form stellt letztendlich die biologisch aktive Form dar, welche nun an die Natriumkanäle an der Innenseite der Zellmembran bindet (19,25). Das Verhältnis von ionisierten zu nicht-ionisierten Molekülen eines Lokalanästhetikums wird durch den pK_a -Wert angegeben. Er ist umgekehrt proportional der Konzentration lipidlöslicher Moleküle. Diese ist also umso höher, je niedriger der pK_a -Wert eines Lokalanästhetikums ist (14). Das Verhältnis dieser Moleküle ist der entscheidende Faktor für die Anschlagzeit eines Lokalanästhetikums. Wie viele Moleküle in ionisierter bzw. nicht-ionisierter Form vorliegen hängt jedoch auch vom pH des Gewebes ab, in welches das Lokalanästhetikum injiziert wird.

Vereinfacht gesagt: Injiziert man ein Lokalanästhetikum mit einem pK_a von 7,4 in ein Gewebe mit einem physiologischen pH von 7,4, so würden 50% der Moleküle in ionisierter und 50% in nicht-ionisierter Form vorliegen. Der Zusammenhang von pK_a und pH kann anhand der Henderson-Hasselbalch-Gleichung dargestellt werden (26):

$$\log(\text{ionisierte Form} / \text{nicht-ionisierte Form}) = pK_a - \text{pH}$$

Wird ein Lokalanästhetikum in ein saures Milieu injiziert (z.B. entzündetes Gewebe), so liegen deutlich mehr Moleküle in der ionisierten Form vor und können aufgrund ihrer schlechten Diffusionseigenschaften nicht durch die Zellmembran diffundieren. Daher erklärt sich auch die deutlich abgeschwächte Wirksamkeit von Lokalanästhetika in entzündeten Geweben (19,25).

Ein für die Spinalanästhesie bedeutender Begriff ist jener der Barizität. Er beschreibt das Verhältnis der Dichte zweier Flüssigkeiten, im Falle der Spinalanästhesie also das Verhältnis der Dichte von Lokalanästhetikum und Liquor cerebrospinalis. Eine hyperbare Lösung ist demnach schwerer als der Liquor und sinkt in diesem ab, während eine isobare Lösung die gleiche Dichte besitzt und theoretisch am Injektionsort verbleibt und eine hypobare Lösung im Liquor aufsteigt. Die Barizität eines Lokalanästhetikums spielt damit eine Rolle in der Ausbreitung einer Spinalanästhesie (23).

1.7 Spinalpunktion und Spinalanästhesie

Der Begriff Spinalanästhesie beschreibt ein rückenmarksnahes Anästhesieverfahren, bei welchem die Injektion eines Lokalanästhetikums in den mit Liquor gefüllten lumbalen Subarachnoidalraum erfolgt. Dabei wird die Signalübertragung der aus dem Rückenmark austretenden Nervenwurzeln gehemmt und es kommt zu einer sensorischen und gegebenenfalls motorischen Blockade der unteren Körperhälfte (23). Sie zeichnet sich durch eine einfache Durchführung mit hoher Erfolgsquote und raschem Wirkungseintritt bei gleichzeitig fehlender systemischer Toxizität aus und gilt gegenwärtig als am häufigsten eingesetztes regionalanästhesiologisches Verfahren überhaupt (12).

Eine Spinalanästhesie erfolgt üblicherweise als einzeitige Injektion (Single shot) eines Lokalanästhetikums in den Subarachnoidalraum und ist in dieser Form deutlich verbreiteter als in jener eines kontinuierlichen Katheterversfahrens (kontinuierliche Spinalanästhesie / CSA) (19).

Eine Punktion des Spinalkanals kann auch aufgrund diagnostischer Zwecke zum Gewinn von Liquor oder zur intrathekalen Applikation von Antibiotika und Chemotherapeutika indiziert sein (27).

1.7.1 Indikationen

Mittels Spinalanästhesie lassen sich Eingriffe an den unteren Extremitäten, dem Perineum und im Bereich des Unterbauches (inkl. Sectio caesarea) durchführen (23). Neben dem Operationsgebiet und der Art des Eingriffs sollen insbesondere auch die individuellen Vorerkrankungen und Wünsche der Patientin / des Patienten bei der Indikationsstellung berücksichtigt werden (12).

Die Spinalanästhesie zeigt sich speziell bei Patientinnen und Patienten mit bronchopulmonalen Erkrankungen von Vorteil, da die physiologischen Atemparameter weitestgehend unbeeinflusst bleiben (12). Rodgers et al. zeigten hierbei insbesondere ein reduziertes Auftreten postoperativer Pneumonie und Ateminsuffizienz als nach einer Intubationsnarkose (28).

Prinzipiell ist auch bei der / dem nicht nüchternen Patientin / Patienten (z.B. bei Sectio caesarea) die Spinalanästhesie der Intubationsnarkose vorzuziehen. Die Wahrscheinlichkeit einer Aspiration ist aufgrund der erhaltenen Schutzreflexe wesentlich geringer (12).

Bei Interventionen unter Spinalanästhesie kann aufgrund des niedrigen Blutdrucks und des ungehinderten venösen Rückstroms zum Herzen der Blutverlust deutlich reduziert werden (12). Das Auftreten thromboembolischer Ereignisse wurde während bzw. nach Operationen unter Spinalanästhesie seltener beobachtet als dies nach Allgemeinanästhesie der Fall war (28).

Bei endoskopischen urologischen Eingriffen erweist sich die Spinalanästhesie von Vorteil, da aufgrund des erhaltenen Bewusstseins die neurologischen Symptome des TUR-Syndroms zeitnäher erkannt werden können (23).

1.7.2 Kontraindikationen

Prinzipiell stellt die Ablehnung des Verfahrens durch die Patientin / den Patienten weiterhin eine allgemeine Kontraindikation für die Durchführung eines spinalen Punktionsverfahrens dar. Ohne vorherige Aufklärung und ausdrückliche Zustimmung der Patientin / des Patienten darf dieses nicht durchgeführt werden. Des Weiteren gilt eine Allergie gegenüber dem Lokalanästhetikum als absolute Kontraindikation einer Spinalanästhesie (12).

Liegt eine lokale Infektion im Bereich der Einstichstelle bzw. am Punktionsort vor, so ist dies, aufgrund der potentiellen intrathekalen Keimverschleppung und den damit verbundenen möglichen Komplikationen (z.B. Meningitis, Enzephalitis, Abszess), als absolute Kontraindikation anzusehen. Erkrankungen, welche mit einer verminderten Immunkompetenz einhergehen, bedürfen einer individuellen Abwägung hinsichtlich möglicher Risiken (23).

Die Durchführung eines spinalen Punktionsverfahrens ist bei Patientinnen und Patienten mit Beeinträchtigung der Thrombozytenfunktion bzw. der plasmatischen Gerinnung aufgrund des Blutungsrisikos in den Spinalkanal mit persistierenden neurologischen Ausfällen risikobehaftet. 60–80% der klinisch relevanten rückenmarksnahen Blutungen sind mit einer primären oder erworbenen (z.B. medikamenteninduziert) hämorrhagischen Gerinnungsstörung, einer blutigen Punktion oder bei Patientinnen und Patienten mit Spondylitis ankylosans (Morbus Bechterew) assoziiert. Eine präoperative Risikostratifizierung zur Beurteilung der Blutungsneigung ist daher unabdingbar und erfolgt anhand einer gezielten Anamnese bzw. als standardisiertes Vorgehen in Form eines Fragebogens. Eventuell sind weitere Abklärungen (z.B. Thrombozytenfunktionstest) erforderlich (23).

Ein erhöhter intrakranieller Druck ist aufgrund der Gefahr einer medullären Herniation als absolute Kontraindikation anzusehen (16).

Hinsichtlich einer Infektion mit Herpes-simplex-Virus Typ II (HSV) gegen Ende einer Schwangerschaft, wird eine Sectio caesarea angeraten um eine Infektion des Kindes zu verhindern. Bei der Primärinfektion mit HSV kommt es zur Virämie, weshalb die Indikationsstellung einer rückenmarksnahen Blockade eher restriktiv gestellt werden sollte. Bei einer neuerlichen Infektion bleibt die Virämie hingegen aus (23).

Fieber stellt grundsätzlich keine Kontraindikation für die neuroaxiale Blockade dar. Liegt jedoch eine Bakteriämie vor, muss zwischen dem unter Umständen erhöhten Risiko einer bakteriellen Keimverschleppung in den Spinalkanal und den Risiken alternativer anästhesiologischer Verfahren abgewogen werden. Bei geplanten neuroaxialen Blockaden empfiehlt sich daher vorab die Einleitung einer antibiotischen Therapie (16). Eine unbehandelte Bakteriämie gilt als absolute Kontraindikation.

Neuroaxiale Blockaden bedingen aufgrund der Sympathikolyse ein gesteigertes venöses Pooling in den unteren Extremitäten sowie eine Senkung des vaskulären Widerstands. Dieser Umstand kann bei Patientinnen und Patienten mit schwerer Hypovolämie zu einer akuten, mitunter lebensbedrohlichen, Hypotension nach Injektion eines Lokalanästhetikums führen. Ebenso gilt es für Patientinnen und Patienten mit signifikanter Aortenstenose, Herzvitien mit Rechts-Links-Shunt und solchen mit pulmonaler Hypertonie eine abrupte Senkung des Gefäßwiderstands oder des venösen Rückflusses zum Herzen zu vermeiden. Für dieses Patientenkollektiv gelten rückenmarksnahe Anästhesieverfahren als relativ kontraindiziert (16,23).

Bei Patientinnen und Patienten mit chronischen Kopf- und Rückenschmerzen sollte die Indikationsstellung bezüglich eines spinalen Punktionsverfahrens individuell getroffen werden. Eine Ablehnung des Verfahrens per se ist bei dieser Patientengruppe aus medizinischer Sicht jedoch nicht angezeigt (12).

Vorbestehende neurologische Erkrankungen, wie beispielsweise die Multiple Sklerose, stellen grundsätzlich keine unbedingte Kontraindikation dar. Sie sind jedoch durchaus herausfordernd, da nicht gänzlich geklärt ist, ob diese das Risiko einer neuroaxialen Blockade erhöhen bzw. ob ein eventuelles Fortschreiten oder ein Rückfall der Krankheit durch die Spinalanästhesie bedingt sein könnte (29). Postoperative neurologische Auffälligkeiten sind dabei jedoch häufiger auf den Eingriff selbst, eine Blutsperre oder die Lagerung während des Eingriffs zurückzuführen als auf die neuroaxiale Blockade an sich. Tätowierungen im Bereich der Einstichstelle gelten grundsätzlich nicht als Kontraindikation. Wenn möglich, wird jedoch empfohlen, die Punktion in einem farbstofffreien Areal durchzuführen (30,31).

Einen zusammenfassenden Überblick über die Kontraindikationen für die Durchführung einer Spinalpunktion / Spinalanästhesie gibt Tabelle 1.2.

Absolute Kontraindikationen	Relative Kontraindikationen
Ablehnung des Verfahrens durch die Patientin / den Patienten	Bakteriämie
Allergie gegen Lokalanästhetika	Beeinträchtigung der Immunkompetenz
Lokale Infektion im Bereich der Punktionsstelle	Primäre Herpes-simplex-II-Infektion (Virämie)
Unbehandelte Bakteriämie	Relevante Aortenstenose
Manifeste hämorrhagische Diathese oder therapeutische Antikoagulation	Kardiales Vitium mit Rechts-Links-Shunt und pulmonaler Hypertonie
Unbehandelte Hypovolämie	Deformierende Erkrankungen der Wirbelsäule (inkl. Morbus Bechterew)
Erhöhter intrakranieller Druck	Chronische Kopf- und Rückenschmerzen

Tabelle 1.2: Kontraindikationen der Spinalpunktion / Spinalanästhesie (12,16,23)

1.7.3 Durchführung

Nachfolgend wird die Durchführung einer Spinalpunktion anhand der Empfehlungen nach Ellenby et al. 2006 in „*Videos in clinical medicine. Lumbar Puncture*“ (27), erschienen im New England Journal of Medicine, beschrieben, ergänzt bzw. modifiziert durch die von der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI) formulierten „*Anforderungen an die Hygiene bei Punktionen und Injektionen*“ (32) 2011 sowie dem Lehrbuch „*Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin*“ (19).

Eine Spinalpunktion kann grundsätzlich an Patientinnen und Patienten in sitzender oder in liegender Position (Seitenlagerung) vorgenommen werden. Entscheidend ist hierbei, dass die Patientin / der Patient einen Rundrücken („Katzenbuckel“) bildet, um so die Abstände zwischen den Dornfortsätzen der Wirbelkörper zu vergrößern und damit die Punktion zu erleichtern. Bei der Punktion im Sitzen muss die Patientin / der Patient dabei das Kinn zur Brust nehmen. Üblicherweise sitzt die Patientin / der Patient am Bettrand bzw. am Rand des Operationstisches und stellt dabei die Beine auf eine Fußbank ab. Wird die Punktion im Liegen vorgenommen, wird die Patientin / der Patient gebeten, die Beine soweit als möglich an den Bauch heranzuziehen. Da es nach Injektion des Lokalanästhetikums zu einer vasovagalen Synkope kommen kann und die Gefahr besteht, dass die Patientin / der Patient durch den plötzlichen Blutdruckabfall unvermittelt kollabiert, muss bei der Punktion im Sitzen unbedingt eine Hilfsperson anwesend sein, welche die Patientin / den Patienten stützt bzw. festhält (19,27). Während der Durchführung des Verfahrens ist eine standardmäßige Überwachung (EKG, NiBP, SpO₂) der Vitalparameter obligat. Ebenso gilt ein funktionierender intravenöser Zugang als unverzichtbar (23).

Um die korrekte Punktionsstelle zu finden, wird die Verbindungslinie zwischen den beiden Beckenkämmen der Patientin / des Patienten als Orientierungspunkt verwendet. Diese Verbindungslinie schneidet die Wirbelsäule auf Höhe des Dornfortsatzes des vierten Lendenwirbels. Legt man die flachen Hände auf die Beckenkämme der Patientin / des Patienten, so treffen sich die beiden Daumen ebendort.

Die Spinalpunktion wird zumeist zwischen den Dornfortsätzen des dritten und vierten Lendenwirbels oder jenen des vierten und fünften Lendenwirbels durchgeführt. Um die beabsichtigte Punktionsstelle auch nach der Desinfektion noch zu erkennen, kann diese z.B. durch einen längeren und kräftigen Druck mit dem Daumnagel oder mittels Stift markiert werden (19,27). Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut klassifiziert die Spinalanästhesie (Single shot) zur Risikogruppe 3 gehörend und empfiehlt das Abdecken der Punktionsstelle mittels sterilem Abdeck- oder Lochtuch sowie das Tragen steriler Handschuhe und eines Mund-Nasen-Schutzes durch die ausführende Person (32). Nach mehrmaliger großflächiger zentrifugaler Desinfektion unter Einhaltung der Einwirkzeit, wird die Punktionsstelle mittels sterilem Abdeck- oder Lochtuch abgeklebt. Da es sich bei der Spinalpunktion um ein schmerzhaftes und unter Umständen angstausslösendes Verfahren handelt, wird in der Regel eine Hautquaddel mit einem schnell wirksamen Lokalanästhetikum gesetzt und gleichzeitig die tiefen Bandstrukturen betäubt (19,27).

Nach erneuter Palpation und Sicherstellung der korrekten Punktionsstelle empfiehlt es sich, eine dickere Führungskanüle bis in das Lig. interspinale einzustechen. Über diese wird anschließend eine möglichst dünne Spinalkanüle (z.B. 25G) eingeführt (19). Die Punktion sollte am Oberrand des unteren Dornfortsatzes des gewählten Zwischenwirbelraums in Mittellinie, etwa 15° nach kranial ausgerichtet, in Richtung Bauchnabel der Patientin / des Patienten, erfolgen (27). Es empfiehlt sich die Verwendung einer atraumatischen „Pencil-Point-Nadel“, da sich hiermit eine geringere Inzidenz für die Komplikation eines postpunktionellen Kopfschmerzes hat nachweisen lassen (33). Wird eine Spinalkanüle mit Quincke-Schliff, also eine Kanüle mit schneidender Spitze, verwendet, so sollte der Kanülenanschliff während der Punktion nach lateral ausgerichtet sein. Grund dafür ist der Verlauf der Bindegewebsfasern der zu durchstechenden Dura. Die klassische Darstellung der Dura mater spinalis beschreibt einen longitudinalen Faserverlauf (34), welcher später auch histologisch bestätigt wurde (35). Wird der Anschliff nach lateral gerichtet, werden die Bindegewebsfasern idealerweise auseinandergedrängt, wohingegen die Fasern bei nach kranial bzw. kaudal ausgerichtetem Kanülenanschliff eher durchtrennt werden.

Dies hat ein größeres Loch in der Dura zur Folge und begünstigt somit das Auftreten eines postpunktionellen Kopfschmerzes (19).

Wenn richtig positioniert, durchdringt die Kanüle folgende Strukturen: Haut, subkutanes Fettgewebe, Ligamentum supraspinale, Ligamentum interspinale, Ligamentum flavum, Periduralraum und Dura mater spinalis (und die mit ihr verwachsene Arachnoidea mater spinalis). Die Kanülenspitze befindet sich nach Perforation der Dura also im liquorgefüllten Subarachnoidalraum. Die Duraperforation kann dabei häufig als zarter Klick empfunden werden. Tropft nach Entfernen des Mandrin Liquor ab, liegt die Kanüle richtig. Misslingt die Punktion bzw. kommt es beim Vorstechen zu Knochenkontakt, sollte die Kanüle zurückgezogen, jedoch ohne dabei das Hautniveau zu verlassen, und die Stichrichtung korrigiert werden. Wurde der Subarachnoidalraum korrekt punktiert, tropft nach Entfernen des Mandrins langsam klarer Liquor ab. Sofern die Punktion mit einer Kanüle mit Quincke-Schliff und nach lateral gerichtetem Kanülenanschliff durchgeführt wurde, wird diese nun um 90° gedreht, sodass der Anschliff der Kanüle nun in der Regel nach kranial ausgerichtet ist. Wurde versehentlich ein Gefäß perforiert, können die ersten Tropfen oft blutig tingiert sein. Bei korrekter Lage der Kanülenspitze im Subarachnoidalraum tropft in weiterer Folge jedoch bald klarer Liquor ab (19,27).

Wird zum Zweck eine Spinalanästhesie nun ein Lokalanästhetikum injiziert, so darf dies erst geschehen, wenn klarer Liquor austritt. Hierfür wird normalerweise mit der mit Lokalanästhetikum gefüllten Spritze eine kurze Aspirationsprobe durchgeführt, um sich nochmals von der korrekten Lage der Spinalkanüle zu überzeugen. Erkennbar ist dies an einer Schlierenbildung, welche bei der Aspiration von Liquor in der Spritze sichtbar wird (19).

Die Punktionsstelle wird nach Entfernen der Kanüle gereinigt und mit sterilem Verbandsmaterial abgedeckt.

1.7.4 Komplikationen

Kardiovaskuläre Komplikationen

Die Häufigkeit einer direkt mit der Spinalanästhesie assoziierten Hypotension wird in der Literatur mit 10–40% angegeben (17). Ursächlich dafür ist die Blockade präganglionärer sympathischer Fasern. Diese bewirken eine arterielle und venöse Gefäßerweiterung in den blockierten Segmenten und können aufgrund des verminderten venösen Rückstroms zum Herzen einen reduzierten kardialen Output bedingen. Um einen zu raschen Abfall des Blutdrucks während der Punktion zu vermeiden, empfiehlt sich eine Kohydratation, also eine Flüssigkeitszufuhr (vorzugsweise mit kristalloiden Lösungen) unmittelbar vor Punktionsbeginn bzw. währenddessen (19). In 13% der Spinalanästhesien tritt eine Bradykardie (HF < 50/min) auf (23). Auroy et al. beschrieben in einer prospektiven Studie bei 40640 durchgeführten Spinalanästhesien 26 Fälle eines Herz-Kreislaufstillstandes, 6 davon mit letalem Ausgang. Allen Herz-Kreislaufstillständen ging eine Bradykardie voraus (36).

Postpunktioneller Kopfschmerz

Der postpunktionelle Kopfschmerz stellt eine der gängigsten Komplikationen einer Spinalpunktion dar (37). In 90% der Fälle tritt er innerhalb der ersten drei Tage nach erfolgter Punktion auf (38). Charakteristisch ist ein frontal oder okzipital lokalisierter Schmerz mit hoher Intensität und Ausstrahlung in Nacken und Schultern mit Besserung der Symptomatik im Liegen. Die Pathogenese des postpunktionellen Kopfschmerzes ist nicht vollständig geklärt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ein durch die Perforation der Dura bedingter kontinuierlicher Austritt von Liquor mit daraus resultierendem Zug an den Meningen ursächlich ist (39). Die Inzidenz ist abhängig von diversen Faktoren, wie beispielsweise der Größe und Form der verwendeten Nadel oder den individuellen Charakteristika der Patientinnen und Patienten. Sie konnte im Laufe der Jahre jedoch deutlich reduziert werden. Üblicherweise ist der postpunktionelle Kopfschmerz selbstlimitierend. Persistieren die Kopfschmerzen trotz konventioneller Therapie, so kann ein periduraler Blut-Patch indiziert sein (38).

Dabei werden der Patientin / dem Patienten auf Höhe des Duralecks einige Milliliter Eigenblut in den Periduralraum injiziert, welches dort gerinnt und das Leck verschließt (38).

Neurologische Komplikationen

Die Inzidenz für bleibende neurologische Schäden nach Durchführung einer Spinalanästhesie wird mit 0.01–0.7% angeführt (40). Als potenziell schwerwiegende Komplikation nach rückenmarksnahen Punktionsverfahren gelten spinale oder epidurale Raumforderungen, sei es einer Blutung oder eines inflammatorischen Geschehens geschuldet (23). Oft wird bei der Punktion eines der zahlreichen venösen Gefäße im Periduralraum perforiert. Dadurch kann sich ein mitunter ausgeprägtes peridurales Hämatom bis hin zur Querschnittssymptomatik aufgrund einer Rückenmarkskompression ausbilden. Umso wichtiger ist die ausführliche Anamnese hinsichtlich etwaiger Störungen der Blutgerinnung vor Durchführung einer Punktion in Rückenmarksnähe (19).

Als vergleichsweise harmlose Komplikation wird das Auftreten einer aseptischen Meningitis betrachtet. Typischerweise treten die charakteristischen Symptome Fieber, Nackensteifigkeit und Photophobie innerhalb von 24 Stunden auf. Die aseptische Meningitis wird symptomatisch therapiert und ist üblicherweise innerhalb einiger Tage auskuriert. Klinisch davon nicht zu unterscheiden ist die bakterielle Meningitis, welche einer unverzüglichen antibiotischen Therapie bedarf. Die Unterscheidung von aseptischer und bakterieller Meningitis wird anhand einer Liquordiagnostik gestellt (17,23).

Eine seltene Komplikation stellt das Cauda-equina-Syndrom dar. Charakteristisch sind perianale Sensibilitätsausfälle, Harn- und Stuhlinkontinenz sowie variable Defizite der unteren Extremitäten. Ursächlich dafür erscheint eine toxisch hohe Konzentration eines Lokalanästhetikums im Bereich der Spinalwurzeln. Das Cauda-equina-Syndrom kann auch aufgrund einer Kompression in Rückenmarksnähe, wie beispielsweise im Rahmen eines spinalen Hämatoms oder Abszesses, auftreten. Unter Umständen kommt es zu einer langsamen Rückbildung der Symptome über Wochen oder Monate, es wurden jedoch auch bleibende neurologische Defizite beschrieben (17,23).

Das transiente neurologische Syndrom beschreibt einen intensiven symmetrischen radikulären Rückenschmerz nach neuroaxialer Blockade, welcher ohne sensorische oder motorische Defizite einhergeht. Die Beschwerden treten in der Regel einige Stunden nach erfolgter Blockade auf und bilden sich für gewöhnlich innerhalb weniger Tage spontan zurück (17,23).

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten besteht bei einer akzidentiellen zu hohen Punktion die Gefahr einer Rückenmarksverletzung. Eine solche ist wahrscheinlicher, wenn die Punktionsstelle oberhalb von L3/L4 liegt. Dieser Umstand kommt insbesondere bei adipösen Patientinnen und Patienten zu tragen (41).

Ein Liquorverlust nach Perforation der Dura, wie er bereits im Rahmen des postpunktionellen Kopfschmerzes erwähnt wurde, stellt sich ebenso ursächlich für das Auftreten etwaiger Hirnnervenstörungen dar. Eine geringfügige Verlagerung zentralnervöser Strukturen bedingt einen Zug an Hirnnerven. Am häufigsten ist der N. abducens (VI) betroffen, wodurch es zu temporären Sehstörungen (Doppelbilder) kommt. Die Beschwerden sind üblicherweise selbstlimitierend und bilden sich zumeist innerhalb einer Woche zurück. Eine Persistenz wurde nur in wenigen Einzelfällen beschrieben (23).

Steigt die Ausbreitung der Spinalanästhesie über das Brustwarzenniveau (Th4) auf, so kann dies unter Umständen zur Hemmung der interkostalen Atemmuskulatur sowie zur Hemmung der Sympathikusaktivierung des Herzens mit Bradykardie und ausgeprägter Hypotonie führen (19). Eine Blockierung der thorakalen Segmente Th1–Th6 kann aufgrund eines überwiegenden Vagotonus eine Bronchokonstriktion sowie eine affektive Dyspnoe bedingen. Erreicht ein intrathekal appliziertes Lokalanästhetikum toxisch hohe Konzentrationen, so können auch zerebrale Strukturen von dessen dämpfenden Eigenschaften betroffen sein. Es entsteht das klinische Erscheinungsbild einer „totalen Spinalanästhesie“ mit Koma, zentraler Apnoe und arterieller Hypotension bis zum Herz-Kreislaufstillstand (23).

Weitere mögliche Komplikationen sind Rückenschmerzen, vorübergehender Harnverhalt, passagere Hörstörungen, ein Versagen der Spinalanästhesie sowie Übelkeit und Erbrechen (23).

1.7.5 Ausbreitung

Die Ausbreitung einer Spinalanästhesie ist von einer Vielzahl an Variablen abhängig. Dies erschwert eine präzise Vorhersage. Neben physikalischen bzw. pharmakologischen Faktoren spielen auch patientenbezogene Faktoren eine Rolle. Die meisten dieser Variablen haben jedoch einen nur geringen direkten Effekt auf die Ausbreitung des injizierten Lokalanästhetikums (23).

In erster Linie ist die Verteilung des Lokalanästhetikums im Liquor dosisabhängig (42). Volumen und Konzentration spielen jedoch eine nur untergeordnete Rolle (43,44). Ein entscheidender Faktor für die physikalische Umverteilung des Lokalanästhetikums im Liquor ist dessen Barizität, also das Verhältnis der Dichte von Lokalanästhetikum und Liquor (45). Wird beispielsweise eine hyperbare Lösung verwendet, so kann die Anästhesieausbreitung durch Lagerung der Patientin / des Patienten beeinflusst werden, da diese im Liquor absinkt. Die Liquordichte ist allerdings nicht einheitlich und variiert in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Schwangerschaft und Krankheit (45).

Zu den Patientenfaktoren zählen neben Körperbau und Alter auch das individuelle Volumen des im Spinalkanal vorhandenen Liquors (23). Das Gesamtvolumen des Liquor wird beim Erwachsenen mit etwa 150ml angegeben, wovon sich etwa die Hälfte in der Schädelhöhle befindet (38). Es zeigt sich jedoch eine hohe interindividuelle Variabilität hinsichtlich der Menge des lumbosakral vorkommenden Liquors (46). So variiert diese von 28ml bis 81ml und ist stark vom intraabdominellen Druck abhängig. Patientinnen und Patienten mit einem erhöhten intraabdominellen Druck, wie beispielsweise während der Schwangerschaft oder bei Adipositas, weisen daher ein geringeres Volumen an Liquor im lumbosakralen Bereich auf. Gegebenenfalls ist bei diesen Patientinnen und Patienten eine Dosisanpassung erforderlich (23).

Da die Punktion für die Spinalanästhesie zumeist in einer Höhe zwischen dem dritten und fünften Lendenwirbel erfolgt, erweist sich die Punktionshöhe als Faktor mit geringer Bedeutung bezüglich der anästhesiologischen Ausbreitung. Ebenso nimmt die Geschwindigkeit, mit der ein Lokalanästhetikum injiziert wird, nur eine untergeordnete Rolle ein (23).

1.8 Periduralpunktion und Periduralanästhesie

Der Begriff der Epi- oder Periduralanästhesie (PDA) beschreibt ein rückenmarksnahes Anästhesieverfahren, welches über das Einbringen einer therapeutisch wirksamen Medikamentendosis in den Periduralraum eine sensorische und gegebenenfalls motorische Blockade induziert. Überwiegend wird sie dabei als kontinuierliches Verfahren, in Form einer Katheterperiduralanästhesie bzw. -analgesie, angewandt (22). Häufig erfolgt die Kombination mit einer Allgemeinanästhesie. Die einzeitige Injektion als sogenannte „Single-Dose“-Technik ist hingegen nicht sehr weit verbreitet. Im Gegensatz zur Spinalpunktion wird bei einer korrekt durchgeführten Periduralpunktion die Dura nicht verletzt. Der liquorgefüllte Spinalraum wird also nicht eröffnet. Dieser Umstand erlaubt es die Punktion des Periduralraums demnach theoretisch auf jeder Höhe der Wirbelsäule vorzunehmen (19). Ein Periduralkatheter findet beispielsweise zum Zweck der peri- bzw. postoperativen Analgesie, einer schmerzarmen vaginalen Entbindung oder auch bei malignom-assoziierten Schmerzzuständen bzw. chronischen Schmerzzuständen anderer Genese Anwendung (47).

1.8.1 Indikationen

Die Periduralanästhesie gilt als neuroaxiale Blockade mit breit gefächertem Anwendungsgebiet. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz rückenmarksnaher Anästhesieverfahren im Vergleich zur Allgemeinanästhesie mit einer verminderten Mortalität assoziiert ist (28). Eine Metaanalyse von Ballantyne et al. beschreibt insbesondere einen signifikanten Unterschied bei periduraler Opioidgabe bzw. periduraler Applikation eines Lokalanästhetikums hinsichtlich des pulmonalen Outcome (48).

Als alleiniges Verfahren kann die Periduralanästhesie für Interventionen an den unteren Extremitäten, dem Becken und Perineum sowie im unteren Bauchbereich angewandt werden. Weitere spezifische Anwendungsmöglichkeiten einer periduralen Anästhesie bzw. Analgesie beinhalten Operationen an Kniegelenk und Hüfte, Gefäßrekonstruktionen an den unteren Extremitäten, Amputationen, Schmerzzustände im Rahmen der Geburt sowie postoperativ bei einer Vielzahl an chirurgischen Interventionen und Traumata im Bereich des Thorax mit Frakturen von Rippen oder Sternum (49). Es sei u.a. auch noch der Effekt der Sympathikolyse eines peridural verabreichten niederprozentigen Lokalanästhetikums erwähnt. Es ließ sich hierbei eine schnellere Wiederaufnahme der normalen Transitzeit der Darmpassage nach großen Bauchoperationen nachweisen (50).

1.8.2 Kontraindikationen

Die Gegebenheiten, unter welchen die Durchführung einer Periduralanästhesie kontraindiziert sind, decken sich weitestgehend mit jenen, die auch für die Durchführung einer Spinalanästhesie formuliert wurden. Einzig der Umstand chronischer Kopfschmerzen als relative Kontraindikation hinsichtlich eines spinalen Punktionsverfahrens gilt hier nicht, da bei korrekt durchgeführter Punktion des Periduralraums die Dura nicht verletzt wird. Die pathophysiologischen Mechanismen für die Entstehung eines postpunktionellen Kopfschmerzes kommen damit nicht zum Tragen (19).

1.8.3 Durchführung

Nachfolgend wird die Durchführung der Anlage eines Periduralkatheters mittels „loss of resistance“-Methode, anhand der Empfehlungen nach Kim et al. 2018 in „*Placing a Lumbar Epidural Catheter*“ (47), erschienen im New England Journal of Medicine, beschrieben, ergänzt bzw. modifiziert durch die von der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI) formulierten „*Anforderungen an die Hygiene bei Punktionen und Injektionen*“ (32) 2011 sowie dem Lehrbuch „*Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin*“ (19).

Die Punktion des Periduralraums kann grundsätzlich, gleich wie jene des Spinalraums, in sitzender oder in liegender (Seitenlagerung) Position der Patientin / des Patienten vorgenommen werden. Auch hier wird die maximal mögliche Flexion der Wirbelsäule angestrebt, d.h. die Patientin / der Patient wird aufgefordert, einen Rundrücken zu bilden, um damit die Punktion zu erleichtern. Eine standardmäßige Überwachung der Vitalparameter (zumindest EKG, NiBP und SpO₂) sowie ein funktionierender intravenöser Zugang sind auch bei dieser Punktionstechnik obligat (19,47).

Im Gegensatz zur Spinalpunktion wird bei der Periduralpunktion nicht der Subarachnoidalraum, sondern der Periduralraum punktiert. Bei korrekt durchgeführter Punktion wird die Dura also nicht verletzt. Die Durchführung einer periduralen Punktion ist demnach theoretisch auf jeder Höhe der Wirbelsäule möglich. Aufgrund der anatomischen Variabilität hinsichtlich der Weite des Periduralraums in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule und der potentiellen Gefahr einer Rückenmarksverletzung bei Punktionen oberhalb des Conus medullaris, gestaltet sich die Periduralpunktion technisch wesentlich schwieriger als die Spinalpunktion (19).

Im Rahmen der aseptischen Ausführung der Punktion klassifiziert die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut die Anlage eines PDK bzw. die PDA zur Risikogruppe 4 gehörend und empfiehlt neben dem Abdecken der Punktionsstelle mittels sterilem Abdeck- oder Lochtuch das Tragen steriler Handschuhe, einer OP-Haube, eines Mund-Nasen-Schutzes sowie eines sterilen, langärmeligen Kittels durch die auszuführende Person (32).

Nach Aufsuchen und Desinfektion der Punktionsstelle, Abdecken und lokaler Betäubung, wird nun die Periduralkanüle (Tuohy-Kanüle) bis in das Lig. interspinale vorgeschoben. Dies entspricht üblicherweise einer Tiefe von 2–4cm. Eine mögliche Technik besteht darin, die Tuohy-Kanüle unter Verwendung beider Hände und mit nach oben ausgerichtetem Anschliff vorzuschieben. Zeigefinger und Daumen fassen dabei jeweils die Flügel an den Seiten der Kanüle. In manchen Fällen wird jetzt über die liegende Kanüle noch eine lokale Betäubung für die tiefen Bandstrukturen injiziert.

Bei der gängigen Widerstandsverlustmethode („loss of resistance“, LOR) wird anschließend der Mandrin herausgezogen und eine spezielle, besonders leichtgängige, mit 2–3ml NaCl 0,9% gefüllte, LOR-Spritze auf die Tuohy-Kanüle aufgesetzt. Die dominante Hand der ausführenden Person erfasst dabei die Spritze und übt mit dem Daumen einen mäßigen kontinuierlichen Druck auf den Stempel der Spritze aus. Die nicht-dominante Hand fasst die Kanüle und stützt sich gleichzeitig am Rücken der Patientin / des Patienten ab, während die Kanüle nun Millimeter für Millimeter vorsichtig vorgeschoben wird. Die Intention dabei ist, eine Führung im Stichkanal zu gewährleisten. Damit soll ein unkontrolliertes Vorschieben der Kanüle bei etwaigen plötzlichen Bewegungen der Patientin / des Patienten verhindert werden. Bei der Punktion des Periduralraums durchdringt die Kanüle zunächst die Haut und das subkutane Fettgewebe, beim medianen Zugang im Weiteren das Lig. supraspinale, das Lig. interspinale und schließlich das Lig. flavum. Letzteres erzeugt einen relativ festen Widerstand. Dieser Widerstand stellt die Grundlage der Punktionstechnik des LOR dar. Solange sich die Kanülenspitze im dichten Lig. flavum befindet, ist der Injektionswiderstand so groß, dass sich nahezu keine NaCl-Lösung injizieren lässt. Beim Durchtritt der Kanülenspitze durch das Lig. flavum in den lockeren Periduralraum fällt der Injektionswiderstand abrupt ab („loss of resistance“). Die Kochsalzlösung lässt sich widerstandslos injizieren. Die Kanüle darf nun nicht mehr weiter vorgeschoben werden. Der Periduralraum ist erreicht. Bei Punktionen oberhalb des Conus medullaris droht bei einem weiteren Vorschieben eine Verletzung des Rückenmarks (19,47).

Der mediane Zugang empfiehlt sich für die Punktion im Bereich des zervikothorakalen und thorakolumbalen Übergangs sowie für lumbale Punktionen. Im thorakalen Bereich kann der mediane Zugang aufgrund der sich dachziegelartig überlagernden Dornfortsätze der Brustwirbel erheblich erschwert sein. Hier erweist sich der paramediane Zugang von Vorteil. Dabei wird die Punktionsstelle etwa 1cm lateral des tastbaren Endes des Proc. spinosus gewählt und in einem Winkel von 15–25° zur Sagittalebene und ungefähr 55° nach kranial in Richtung Foramen intervertebrale vorgestochen (22).

Im Anschluss an die Identifizierung des LOR und der erfolgreichen Punktion des Periduralraums, kann nun ein Katheter platziert werden. Dieser wird vorsichtig über die liegende Tuohy-Kanüle eingeführt und sollte 3–5cm tief im Periduralraum liegen. Die Kanüle ist in Zentimeterschritten markiert. Wurde die Punktion beispielsweise mit einer 9cm langen Kanüle durchgeführt, während 4cm nach dem LOR noch außerhalb des Hautniveaus zu sehen sind, so beträgt die Distanz von Haut zu Periduralraum 5cm. Der Katheter selbst ist ebenso markiert und wird nun über die Kanüle mindestens 5cm tief in den Periduralraum eingeführt. Der Katheter darf aufgrund der Gefahr einer Katheterabscherung niemals über die noch liegende Kanüle zurückgezogen werden. Nachdem der PDK platziert wurde, wird die Tuohy-Kanüle gegenläufig des Katheters entfernt und dieser vorsichtig soweit zurückgezogen, dass die Spitze die oben erwähnten 3–5cm tief im Periduralraum liegt. Beispiel: Trat der LOR bei 5cm auf, so sollte der Katheter zwischen der 8cm-Markierung und der 10cm-Markierung fixiert werden. Anschließend wird an das Katheterende ein Adapter sowie ein Partikelfilter konnektiert (19,47).

Um eine intrathekale oder intravasale Katheterfehlage auszuschließen, wird zunächst eine Aspirationsprobe durchgeführt. Können weder Liquor noch Blut aspiriert werden, gilt dies bereits als relativ zuverlässiger Indikator hinsichtlich einer korrekten Lage des Katheters. Ein definitiver Ausschluss einer Fehllage lässt sich davon jedoch nicht ableiten. Um eine negative Aspirationsprobe zu bestätigen, erfolgt die Injektion einer Testdosis. Üblicherweise werden hierfür ca. 3ml Lidocain 1,5% mit einem Adrenalinzusatz (z.B. Epinephrin 1:200000) verwendet. Nach Applikation der Testdosis gilt es, die Patientin / den Patienten engmaschig zu überwachen. Läge der Katheter intravasal, so würde die adrenalinhaltige Komponente der applizierten Testdosis zu raschen hämodynamischen Veränderungen, wie beispielsweise Palpitationen, einem Herzfrequenzanstieg um 10bpm oder einer Steigerung des systolischen Blutdrucks um 15mmHg führen. Aufgrund der systemischen Effekte des Lidocains, kann es zudem zum Auftreten eines metallischen Geschmacks im Mund oder eines Tinnitus kommen. Im Falle einer intrathekalen Lage der Katheterspitze, wären rasch einsetzende neurologische Veränderungen, wie beispielsweise sensorische Ausfälle und motorische Defizite zu beobachten.

Zeigt die Patientin / der Patient keinerlei Reaktion auf die injizierte Testdosis, so kann davon ausgegangen werden, dass der Katheter nicht fälschlicherweise intravasal oder intrathekal platziert wurde (47).

Liegt die Katheterspitze korrekt im Periduralraum, so wird die Punktionsstelle gereinigt, der Verschlussstopfen auf das Katheterende angeschraubt und der Katheter fixiert. Die Austrittsstelle des Katheters aus der Haut wird in der Regel mit einem transparenten Pflaster abgedeckt, um etwaige Infektionszeichen rasch erkennen zu können. Der Katheter wird üblicherweise in Schlaufenform angelegt und entlang des Rückens der Patientin / des Patienten über der linken Schulter angeklebt (19,47).

1.8.4 Komplikationen

Die potentiellen Komplikationen einer Periduralpunktion / Periduralanästhesie präsentieren sich weitestgehend ähnlich jener der Spinalpunktion / Spinalanästhesie. Die mit einem Liquorverlust einhergehenden Komplikationen treten jedoch lediglich bei unbeabsichtigter Perforation der Dura auf. Scherer et al. beschrieben in einer prospektiven Studie aus dem Jahr 1993 die akzidentielle Duraperforation bei Anlage eines thorakalen PDK mit 1.23% (13 von 1071 Patientinnen und Patienten) (51). Eine weitere Untersuchung beschreibt bei 17439 periduralen Punktionen 107 (0.61%) Fälle einer Perforation der Dura (52). Ein postpunktioneller Kopfschmerz trat bei 17 (16%) Patientinnen und Patienten auf. Auroy et al. beobachteten bei 30413 durchgeführten PDAs 3 Fälle eines Herz-Kreislaufstillstands (36).

Die Inzidenz schwerwiegender neurologischer Komplikation liegt bei periduralen Blockaden höher als bei Subarachnoidalen. Eine schwedische Untersuchung beschreibt ein vier- bis fünffach erhöhtes Auftreten von Komplikationen nach periduralen im Vergleich mit subarachnoidalen Blockaden (53). Ein spinales Hämatom wird dabei in 21 Fällen bei etwa 450000 durchgeführten periduralen Blockaden beschrieben. Ein Review aus dem Jahr 2003 gibt die Inzidenz eines periduralen Hämatoms mit 0.0006% an (54).

Eine unbeabsichtigte intrathekale Fehlinjektion eines Lokalanästhetikums kann einen Blutdruckabfall, Bradykardie oder Apnoe nach sich ziehen (47). Eine „totale Spinalanästhesie“ kann die Folge sein.

Eine potentiell schwerwiegende Komplikation stellt die intravasale Fehllage eines PDK dar. Tanaka et al. zu Folge liegt das Risiko einer Gefäßpunktion bei 0.67% (52). Wird eine intravasale Fehllage nicht erkannt und ein Lokalanästhetikum injiziert, so kann dies gravierende Folgen nach sich ziehen. Eine toxisch hohe Plasmakonzentration des Lokalanästhetikums kann unter Umständen bis zur zentralen Atemdepression sowie zur zentralen Kreislaufdepression mit Hypotonie, Herzrhythmusstörungen bis hin zur Asystolie führen (19).

Treten beim Einführen eines Katheters Probleme auf, so darf dieser niemals über die noch liegende Kanüle herausgezogen werden. Wird der PDK über die Kanüle zurückgezogen, besteht die Gefahr einer Katheterabscherung, also der Dislozierung der Spitze des Katheters mit Verbleib im Periduralraum. Gegebenenfalls muss also zuerst die Kanüle entfernt werden, bevor der Katheter gezogen werden kann (19).

Als äußerst seltene Komplikation gilt die Atemdepression nach periduraler Opioidverabreichung. Diese tritt gegebenenfalls erst Stunden nach der Applikation auf. Scherer et al. beschrieben in einer prospektiven Untersuchung bei 1071 thorakal gelegten PDKs zur postoperativen Analgesie lediglich einen einzigen Fall (0,09%) der Atemdepression nach periduraler Injektion von 0,3mg Buprenorphin (51).

1.8.5 Ausbreitung

Die Ausbreitung einer periduralen Blockade weist eine große interindividuelle Variabilität auf und lässt daher keine exakte Vorhersage zu. Die Weite des Periduralraums nimmt von kaudal nach kranial ab, wodurch sich ein injiziertes Flüssigkeitsvolumen kranial über mehrere Segmente ausbreitet als dass dies das gleiche Volumen weiter kaudal tun würde (22). Die Kapazität des Periduralraums variiert damit stark in den unterschiedlichen Abschnitten der Wirbelsäule.

Park et al. konnten zeigen, dass die gleiche Dosis eines Lokalanästhetikums bei älteren männlichen Patienten zu einer höheren Anästhesieausbreitung führt als bei Jüngeren (55). Eine generalisierte Dosisempfehlung, um ein Segment zu blockieren, ist daher nicht zielführend. Die Ausbreitung einer peridural applizierten Lösung ist in erster Linie abhängig vom injizierten Volumen (56). Für peridural injizierte Lokalanästhetika formulierten Gerheuser und Roth folgende Orientierungshilfen hinsichtlich der Dosierung (22): Pro auszuschaltendem Segment werden bei einer / einem durchschnittlichen Patientin / Patienten zervikal 1–1,5ml, thorakal 1,5–2,0ml und lumbal 2–2,5ml benötigt. Eine Dosisreduktion um bis zu 30% empfiehlt sich bei erhöhtem intraabdominellem Druck, bei geriatrischen Patientinnen und Patienten um bis zu 50%.

1.8.6 Thorakale PDA

Wie bereits erwähnt, kann eine PDA theoretisch auf jeder Höhe der Wirbelsäule vorgenommen werden. Die Punktionshöhe muss dabei in Abhängigkeit vom operativen Eingriff bzw. der angestrebten Anästhesieausbreitung gewählt werden. So wird beispielsweise bei thorakalen Operationen, großen abdominalchirurgischen Eingriffen oder auch nach Rippenserienfrakturen des Öfteren ein PDK zum Zweck der peri- bzw. postoperativen Analgesie angelegt (19). Die Punktion des Periduralraums im thorakalen Bereich verlangt höchste Vorsicht und Erfahrung von der ausführenden Person. Bei versehentlicher Perforation der Dura droht eine Rückenmarksverletzung mit unter Umständen irreversiblen Folgeschäden. Scherer et al. beschrieben das Risiko einer akzidentiellen Duraperforation bei Anlage eines thorakalen PDK mit 1.23% (51). Die Spitze des Katheters sollte bei der thorakalen PDA etwa in der Mitte der zu anästhesierenden Segmente zu liegen kommen (siehe Tabelle 1.3). Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten im Bereich der Brustwirbelsäule muss die Stichrichtung bei der Punktion dementsprechend steil in Richtung kranial angepasst werden (19).

Operationsort	Punktionshöhe	Angestrebte Anästhesieausbreitung
Thorakotomie	Th6/7	Th2–8
Abdominothorakale Operation	Th7/8, Th8/9	Th4–12
Oberbauchoperation (z.B. Gastrektomie)	Th8/9, Th9/10	Th6–12
Unterbauchoperation	Th10/11, Th11/12	Th8–L2
Abdominale Aortenoperation	Th10/11, Th11/12	Th8–L2
Untere Extremität	L3/4	Th12–S1

Tabelle 1.3: Empfohlene Punktionshöhe bei Anlage eines PDK in Abhängigkeit vom operativen Eingriff. Quelle: In Anlehnung an Striebel 2013, S. 191 (19)

1.9 Kombinierte Spinal- und Periduralanästhesie

Mit der sogenannten CSE (combined spinal-epidural anesthesia) besteht die Möglichkeit, die beiden Verfahren der Spinal- und Periduralanästhesie zu kombinieren. Die CSE verbindet die Vorteile einer schnellen effizienten motorischen Blockade durch die Spinalanästhesie mit der Möglichkeit einer Nachinjektion und postoperativen Analgesie eines liegenden PDK. Früher wurden hierfür zwei verschiedene Punktionsstellen benötigt. Heute wird die CSE fast ausschließlich mittels sogenannter „needle-through-needle“ Technik durchgeführt. Dabei wird zunächst der Periduralraum mit einer Tuohy-Kanüle punktiert, über welche anschließend eine dünne Spinalkanüle bis in den Subarachnoidalraum vorgeschoben und ein Lokalanästhetikum injiziert wird. Im Anschluss an die Medikamentenapplikation wird die dünne Spinalkanüle entfernt und über die noch liegende Tuohy-Kanüle ein PDK platziert. Die CSE erlaubt eine Reduktion der intrathekal benötigten Medikamentendosis, wodurch die kardiovaskulären Effekte reduziert werden können. Im Vergleich zur herkömmlichen Spinalanästhesie weist die CSE eine geringgradig höhere Versagensrate auf (17).

Ein Nachteil der CSE besteht darin, dass nach intrathekal applizierter Medikamentendosis der Periduralkatheter nicht mehr ausgetestet werden kann, d.h. eine intrathekale Fehllage der Katheterspitze nur äußerst schwer zu erfassen ist (19).

2 Material und Methoden

Kern dieser wissenschaftlichen Abschlussarbeit ist die Evaluation eines Ausbildungs- und Trainingsprogramms zum Thema rückenmarksnaher Punktionsverfahren. Dieses wurde an der Medizinischen Universität Graz erstellt und im Rahmen der freien Wahlfachlehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ umgesetzt. Es handelt sich hierbei um eine Lehrveranstaltung aus der Lehrveranstaltungsreihe „Die Grazer SIMLine“. Es wurden die Effekte des Ausbildungsprogramms auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden sowie auf deren praktische Fertigkeiten ermittelt. Dies erfolgte unter Zuhilfenahme eines Formativen Integrativen Tests (FIT) sowie in audio-visuellen dokumentierten strukturierten praktischen Prüfungen (Procedure Proficiency Check / PPC).

2.1 Arbeitsumgebung

Die Durchführung dieser Untersuchung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Clinical Skills Center (CSC) der Medizinischen Universität Graz. Dieses stellte die für die Durchführung der Untersuchung benötigte Infrastruktur (Räumlichkeiten, simulationsmedizinische- und medizintechnische Ausstattung, Ressourcen zur Datenerhebung und -auswertung und zur Erstellung und Vervielfältigung der Fragebögen und des Lehrmaterials) zur Verfügung.

2.1.1 Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer

„Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ ist Teil der Lehrveranstaltungsreihe „Die Grazer SIMLine“. Sie steht im Rang eines freien Wahlfachs. Mittlerweile umfasst „Die Grazer SIMLine“ fünf eigenständige Lehrveranstaltungen:

- Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie
- Die Grazer SIMLine: Burns
- Die Grazer SIMLine: Chest Pain
- Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer
- Die Grazer SIMLine: Notaufnahme

Alle Lehrveranstaltungen der „Grazer SIMLine“ sind als freies Wahlfach mit immanentem Prüfungscharakter konzipiert und werden ausschließlich einmal pro Semester angeboten. Eine Lehrveranstaltung umfasst 30 Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten, wofür, nach positiver Absolvierung, 1 European Credit Transfer System-Punkt (ECTS) vergeben wird. Die Beurteilung erfolgt anhand der aktiven Mitarbeit der Studierenden im Rahmen der Lehrveranstaltung sowie der Anwesenheit, wobei hier eine Mindestanwesenheit von 85% erreicht werden muss.

„Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ setzt sich zum Ziel, Studierenden „simulationsbasiert die leitlinienkonforme Planung und Durchführung innerklinischer Transporte kritisch kranker Patientinnen und Patienten sowie das Management häufiger technischer und medizinischer Transportzwischenfälle“ zu vermitteln (57). Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Kommunikation zwischen den Teilnehmenden sowie auf der Kenntnis im Umgang des verwendeten Equipments. Die erforderlichen theoretischen Grundlagen werden den Studierenden anhand von multimedial unterstützten Seminaren vermittelt. Ergänzend werden digitale Lernunterlagen, welche über den Virtuellen Medizinischen Campus (VMC) der Medizinischen Universität Graz abrufbar sind, unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Im Anschluss an die Vermittlung der theoretischen Grundlagen erlernen und trainieren die Studierenden im Rahmen von simulationsbasierten Part-Task-Trainings (PTT) die Anwendung und Umsetzung des zuvor vermittelten theoretischen Wissens. Um dies möglichst effizient durchführen zu können, werden die einzelnen PTTs in Kleingruppen zu maximal 8 Teilnehmenden abgehalten. In szenariobasierten High-Fidelity-Simulationstrainings am Ende der Lehrveranstaltung wenden die Studierenden das zuvor vermittelte theoretische und praktische Wissen auf konkrete innerklinische Transportsituationen an. Im Anschluss an die einzelnen Simulationstrainings findet jeweils ein Debriefing statt. Hierbei wird das durchgeführte Szenario und dessen relevante Punkte genau analysiert und gruppenintern nachbesprochen. Die Studierenden erhalten somit nach jedem absolvierten Simulationstraining ein konstruktives Feedback.

2.1.2 Simulationsobjekt

Die simulationsbasierten PTTs sowie die strukturierte Verfahrensüberprüfung am Ende der Lehrveranstaltung wurden an einem „Lumbar Puncture and Spinal Epidural Training Model“ des Herstellers CAE Blue Phantom™ durchgeführt. Das im Rahmen der Untersuchung verwendete Trainingsmodell erlaubt spinale und peridurale Punktionen im Lumbalbereich. Neben einfachen Punktionsstechniken lassen sich auch Katheterverfahren durchführen. Eine Verwendung ist dabei sowohl in aufrechter als auch in liegender (Seitenlage) Position möglich. Die anatomischen Strukturen umfassen neben Lig. flavum, Periduralraum, Dura mater und dem Subarachnoidalraum auch äußere Landmarken, wie eine über die gesamte Länge palpable Wirbelsäule oder tastbare Beckenkämme. Der Subarachnoidalraum ist dabei mit einer klaren Flüssigkeit gefüllt. Das Trainingsmodell erlaubt neben den oben erwähnten Punktionsstechniken und Katheterverfahren auch die subarachnoidale und peridurale Injektion von Lösungen. Das Modell misst 43cm x 28cm x 43cm und hat dabei ein Gewicht von 15kg.

2.1.3 Verwendetes Equipment

Die Durchführung der Spinalpunktion erfolgte mittels einer Sprotte® Spinalnadel 25G x 90mm der Firma Arrow®. Die Periduralpunktion wurde mittels eines „Portex® Epiduralminipacks“ durchgeführt. Dieses beinhaltet folgende Komponenten:

- Tuohy-Nadel 18G x 80mm
- Nylonkatheter (Multiport mit geschlossenem Ende)
- LOR-Kunststoffvorrichtung (10ml)
- Katheteretikett
- Katheteranschluss
- Einfädelhilfe
- 0,2-Mikron-Flachfilter
- ansteckbare Flügel

2.2 Ausbildung im Rahmen der Untersuchung

Das Ausbildungs- und Trainingsprogramm für die Studierenden zum Thema rückenmarksnaher Punktionsverfahren wurde anhand des Lehrveranstaltungskonzepts der „Grazer SIMLine“ erstellt. Es wurde dementsprechend in einen theoretischen Ausbildungsteil und einen darauffolgenden simulationsbasierten, praktischen Ausbildungsteil untergliedert.

2.2.1 Theoretische Ausbildung

Die theoretische Ausbildung wurde zu Beginn der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ abgehalten. Im Rahmen einer multimedial unterstützten Einführung im Lehrformat eines Seminars, wurden die notwendigen theoretischen Grundlagen zum Thema rückenmarksnaher Punktionsverfahren vermittelt. Es wurde hierfür eine Unterrichtseinheit von 45 Minuten in Anspruch genommen.

Einen Überblick über die Inhalte der theoretischen Ausbildung gibt Tabelle 2.1.

Inhalte der theoretischen Ausbildung
<ul style="list-style-type: none">– Allgemeine Bemerkungen inkl. Definition– Anatomische Grundlagen– Grundlagen zu Lokal- und Regionalanästhesie– Indikationen und Kontraindikationen– Mögliche Komplikationen– Durchführung einer Spinalpunktion / Spinalanästhesie– Durchführung der Anlage eines PDK

Tabelle 2.1: Inhalte der theoretischen Ausbildung im Rahmen der Untersuchung

2.2.2 Praktische Ausbildung

Der praktische Ausbildungsteil wurde in den Ablauf der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ integriert. Die Studierenden wurden hierfür in Kleingruppen aufgeteilt und durchliefen insgesamt vier verschiedene Stationen mit unterschiedlichen PTTs. Jede Station wurde von einer fachkundigen Person angeleitet. Es wurde darauf geachtet, dass die jeweilige Gruppengröße eine maximale Anzahl von acht Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmern nicht überschritt.

Eine der vier Stationen vermittelte den Studierenden in Form eines simulationsbasierten PTT die praktischen Kompetenzen zur Durchführung einer Spinalpunktion / Spinalanästhesie bzw. zur Anlage eines PDK. Die korrekte Durchführung beider Punktionstechniken wurde zu Beginn von der fachkundigen Person demonstriert. Im Anschluss konnten die Studierenden selbständig die demonstrierten Verfahren am Simulator (CAE Blue Phantom™ Lumbar Puncture and Spinal Epidural Training Model) durchführen und trainieren. Um das Ausbildungs- und Trainingsprogramm lückenlos in den Ablauf der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“ integrieren zu können, wurde die Zeit für das Training inklusive Anleitung durch die fachkundige Person auf 45 Minuten pro Teilnehmerinnen- bzw. Teilnehmer-Gruppe beschränkt.

2.3 Studienkollektiv

„Die Grazer SIMLine“ ist eine Lehrveranstaltungsreihe, welche unabhängig vom Studienfortschritt von Studierenden der Humanmedizin der Medizinischen Universität Graz absolviert werden kann. Als Voraussetzung für die Teilnahme an der Lehrveranstaltung wird die positive Absolvierung der Pflichtlehrveranstaltung „Famulaturallenz“ aus dem ersten Studienjahr formuliert (58). Dies geschieht vor dem Hintergrund, ein einheitliches Mindestmaß an notwendigen theoretischen und praktischen Vorkenntnissen der Teilnehmenden sicherstellen zu können. Um zu gewährleisten, dass die Lehrveranstaltung und alle in ihr enthaltenen Trainingssituationen möglichst effektiv abgehalten werden können, ist die Anzahl der Teilnehmenden der Lehrveranstaltung auf 32 begrenzt.

Somit kann sichergestellt werden, dass das Verhältnis von Instructorinnen und Instruktoeren zu teilnehmenden Studierenden maximal 1:8 beträgt.

2.3.1 Einschlusskriterien

In die Untersuchung eingeschlossen wurden alle Studierenden der Medizinischen Universität Graz, im Alter zwischen 18 und 99 Jahren, welche sich im Sommersemester 2018 über das Lehrveranstaltungsregister der Medizinischen Universität Graz (MEDonline) für die Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer – Freies Wahlfach (LV-Nummer 0091.047)“ angemeldet haben, im Zeitraum vom 23.05.2018 bis einschließlich 12.06.2018 an der Lehrveranstaltung teilgenommen und zu Beginn der Untersuchung der wissenschaftlichen Verwertung der im Rahmen dieser Studie erhobenen anonymisierten Daten schriftlich zugestimmt haben (Informed Consent).

2.3.2 Informierte Einwilligung der Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer

Studierende welche sich zur Teilnahme an der Untersuchung entschlossen haben, unterfertigten einen schriftlichen Informations- und Einwilligungsbogen (Informed Consent) und bestätigten damit ihre Einwilligung zur wissenschaftlichen Bearbeitung der freiwillig und anonym erhobenen Daten.

2.3.3 Anonymität und Vertraulichkeit erhobener Daten

Die Anonymität der Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer wurde durch eine nicht auf Einzelpersonen zurückführbare Teilnehmerinnen- bzw. Teilnehmer-Identifikationsnummer sichergestellt, welche alle an der Lehrveranstaltung teilnehmenden Studierenden anonym und zufällig zogen. Die eigene Identifikationsnummer war lediglich den Teilnehmerinnen und Teilnehmern selbst bekannt.

Die erhobenen Daten wurden elektronisch erfasst und auf einem Datenträger der Medizinischen Universität Graz gespeichert. Nur der Prüfer hatte Zugang zum betreffenden Speichermedium sowie zu den darauf gespeicherten anonymen Daten.

Die Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer konnten durch Vorlage ihrer Teilnehmerinnen- bzw. Teilnehmer-Identifikationsnummer beim Prüfer (Aufhebung der Anonymität) die Löschung der mit dieser Nummer verknüpften Daten verlangen.

2.3.4 Ethische Überlegungen, Risiko und Benefits für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Die Untersuchung involvierte männliche und weibliche Prüfungsteilnehmer und Prüfungsteilnehmerinnen sowie Frauen im gebärfähigen Alter.

Die Teilnahme an dieser Untersuchung war für die Teilnehmenden frei von gesundheitlichen, persönlichen und finanziellen Risiken. Die Teilnahme erfolgte freiwillig, unentgeltlich und anonym. Durch die Teilnahme an dieser Untersuchung erwachsen den Studierenden keine wie auch immer gearteten Vorteile.

Durch eine Nicht-Teilnahme an dieser Untersuchung erwachsen den Studierenden keine wie auch immer gearteten Nachteile.

Die Teilnahme oder Nicht-Teilnahme an dieser Untersuchung hatte keinen Einfluss auf die Beurteilung der Studienleistung im Rahmen der Lehrveranstaltung, im Umfeld welcher sie durchgeführt wurde.

Die Durchführung der vorliegenden Untersuchung wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz mit Votum vom 14.05.2018 mit der EK-Nummer 30-296 ex 17/18 genehmigt. Das positive Votum der Ethikkommission befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

2.4 Datenerfassung

Durch Auswertung der Formativen Integrativen Tests (FIT) wurden die Effekte des Ausbildungsprogramms auf den theoretischen Wissensstand ermittelt. Die Effekte auf den Erwerb praktischer Kompetenzen wurden mittels standardisierter Prozeduren-Checklisten, welche im Zuge der strukturierten praktischen Prüfungen (PPC) verwendet wurden, erhoben. Zur Datenauswertung wurde eine audio-visuelle Dokumentation angefertigt.

2.4.1 Formativer Integrativer Test (FIT)

Anhand eines Formativen Integrativen Tests wurde der Wissensstand über die theoretischen Inhalte zum Thema rückenmarksnaher Punktionsverfahren der Teilnehmenden ermittelt. Der Test wurde insgesamt dreimal durchgeführt: das erste Mal vor Beginn der multimedial unterstützten Einführung, ein zweites Mal nach Abhaltung der Einführung und ein drittes Mal im Anschluss an die strukturierte Verfahrensüberprüfung am Ende der Lehrveranstaltung. Der Formative Integrative Test umfasste 12 Fragen im Multiple-Choice-Format. Für die Durchführung des Tests wurden pro Durchgang etwa 8 Minuten veranschlagt. Eine Frage wurde nur dann als richtig gewertet, wenn alle richtigen Antwortmöglichkeiten der jeweiligen Frage korrekt angegeben wurden. Ob eine Frage eine oder mehrere richtige Antwortmöglichkeiten beinhaltet, wurde den Teilnehmenden nicht verraten. Es wurde lediglich mündlich sowie auch in schriftlicher Form auf dem Fragebogen selbst darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit mehrerer richtiger Antworten pro Frage besteht. Es konnten maximal 12 Punkte erreicht werden.

Das Ergebnis des Tests hatte keinerlei Auswirkung auf die Beurteilung bzw. den positiven Abschluss der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“.

2.4.2 Procedure Proficiency Check (PPC)

Nach Abschluss der theoretischen Ausbildung und Absolvierung der praktischen Trainingseinheiten (PTT) im Rahmen der Lehrveranstaltung, führten die Studierenden simulationsbasiert jeweils einzeln und selbstständig entweder eine Spinalpunktion oder die Anlage eines Periduralkatheters durch.

Um das Verhältnis der zu untersuchenden praktischen Verfahren ausgeglichen zu halten, wurden die Teilnehmenden randomisiert und zogen ihre Aufgabenstellung aus einem verdeckten Lostopf, welcher die Möglichkeiten A (Spinalpunktion) und B (Periduralkatheter) in gleicher Anzahl enthielt. Wurde ein Los aus dem Lostopf gezogen, so wurde dieses verworfen und die Anzahl der zur Verfügung stehenden Lose verringerte sich um 1. Das Simulationsszenario beinhaltete die sterile Reinigung der Punktionsstelle, das sterile Ankleiden inklusive hygienischer Händedesinfektion, die Durchführung der Punktion selbst sowie die Fixierung des Periduralkatheters bzw. das Abdecken der Punktionsstelle mit geeignetem Verbandsmaterial, wenn es sich bei dem durchzuführenden Verfahren um die Spinalpunktion handelte. Die Durchführung der jeweiligen Aufgabenstellung der Teilnehmenden wurde audio-visuell dokumentiert. Für die Auswertung der strukturierten Verfahrensüberprüfung wurden zwei standardisierte Checklisten erstellt, welche den Anforderungen an die Hygiene bei Punktionen und Injektionen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut als Grundlage entsprachen (32). Die jeweiligen Unterpunkte der Checklisten wurden nach dem Binärprinzip entweder mit „erfüllt“ oder „nicht erfüllt“ beurteilt. Ein „erfüllt“ entspricht dabei dem Wert 1, ein „nicht erfüllt“ dem Wert 0. Die Aufgabenstellung der Spinalpunktion hatte eine maximal mögliche Punkteanzahl von 11 Punkten. Bei der Aufgabenstellung der Anlage eines PDK konnten maximal 15 Punkte erreicht werden.

Das Ergebnis des PPC hatte keinerlei Auswirkung auf die Beurteilung bzw. den positiven Abschluss der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer“.

2.5 Analyisierte Parameter

Anhand eines FIT erfolgte zunächst ein Precourse-Assessment, um den theoretischen Wissensstand der Studierenden hinsichtlich rückenmarksnaher Punktionsverfahren vor Beginn des Ausbildungs- und Trainingsprogramms zu evaluieren. Der FIT wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung zwei weitere Male durchgeführt. Für die Abhaltung wurden vordefinierte Zeitpunkte bestimmt. Der Inhalt der im FIT gestellten Multiple-Choice-Fragen wurde zur Gänze in der multimedial unterstützten theoretischen Einführung zum Thema rückenmarksnahe Punktionsverfahren abgehandelt. Anhand des FIT wurden die Effekte des Ausbildungsprogramms auf den theoretischen Wissensstand analysiert.

Um die Effekte auf den Erwerb praktischer Kompetenzen festzustellen, wurden die audio-visuell dokumentierten Punktionszenarien im Rahmen der Datenauswertung mehrmals gesichtet und anhand der standardisierten Prozeduren-Checklisten ausgewertet. Das inhaltliche Hauptaugenmerk der standardisierten Checklisten lag in dem korrekten Ablauf der Durchführung einer Spinalpunktion bzw. der Anlage eines PDK sowie der Einhaltung der hygienischen Anforderungen (32).

Checkliste Spinalpunktion

Die Checkliste „Spinalpunktion“ prüfte, ob die Studierenden die Durchführung einer Spinalpunktion selbstständig und ohne Anleitung korrekt ausführen konnten und ob die notwendigen hygienischen Anforderungen dabei eingehalten wurden (32).

Checkliste Periduralpunktion

Die Checkliste „Periduralpunktion“ prüfte, ob die Studierenden die Durchführung der Anlage eines PDK selbstständig und ohne Anleitung korrekt ausführen konnten und ob die notwendigen hygienischen Anforderungen dabei eingehalten wurden (32).

Neben den Effekten des Ausbildungsprogramms auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden sowie auf den Erwerb praktischer Kompetenzen, wurde die benötigte Zeit für die Durchführung der Simulationsszenarien erfasst.

2.6 Datenauswertung

Sämtliche im Zuge der Untersuchung mittels FIT und in audio-visueller Dokumentation erhobene Datensätze (PPC) wurden in anonymisierter Form in einer elektronischen Datenbank erfasst und anschließend einer deskriptiven statistischen Analyse unterzogen. Zur Anwendung kamen hierbei die Programme IBM® SPSS® Statistics sowie Microsoft® Excel.

Um einen etwaigen Zusammenhang von Durchführungszeit und erreichter Punkteanzahl zu ermitteln, wurde der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient herangezogen. Die Analyse des FIT erfolgte unter anderem mittels t -Test bei verbundenen Stichproben. Die Diagramme wurden unter Verwendung von Microsoft® Excel erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Auswertung des Formativen Integrativen Tests

Um die Effekte des Ausbildungsprogramms auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden zu ermitteln, wurde ein Formativer Integrativer Test im Multiple-Choice-Format herangezogen. Der FIT wurde an drei vordefinierten Zeitpunkten der Untersuchung abgehalten: vor Beginn der multimedial unterstützten theoretischen Einführung (T1), nach Abhaltung der multimedial unterstützten theoretischen Einführung (T2) sowie im Anschluss an die strukturierte Verfahrensüberprüfung am Ende der Lehrveranstaltung (T3). Insgesamt konnten 13 vollständige Datensätze erhoben und in die statistische Analyse eingeschlossen werden.

Bei einer maximal möglichen Punkteanzahl von 12 Punkten erzielten die Studierenden zum Testzeitpunkt T1 im Mittel ein Ergebnis von 5.23 ($SD = 1.58$) Punkten. Das entspricht 43.6%. Im Median wurden 6 Punkte erreicht. Von den insgesamt 13 Studierenden erzielten 15.4% ($n=2$) 2–3 Punkte (16.7%–25.0%), 69.2% ($n=9$) 4–6 Punkte (33.3%–50.0%) und 15.4% ($n=2$) 7–8 Punkte (58.3%–66.7%). In Abbildung 3.1 sind die Ergebnisse zum Testzeitpunkt T1 in Form eines Boxplots dargestellt.

Zum Testzeitpunkt T2 erreichten 76.9% ($n=10$) der Studierenden 6–9 Punkte (50.0%–75.0%) und 23.1% ($n=3$) 10–11 Punkte (83.3%–91.7%). Im Mittel wurden somit 8.15 Punkte (67.9%; $SD = 1.79$) erreicht. Im Median erzielten die Studierenden 8 Punkte. Die statistische Analyse mittels t -Test bei verbundenen Stichproben zeigt einen signifikanten Unterschied der Ergebnisse zu den Testzeitpunkten T1 und T2 ($t(12) = -5.57, p < .001$). Abbildung 3.1 zeigt die Ergebnisse zum Testzeitpunkt T2 in Form eines Boxplots.

15.4% ($n=2$) der Studierenden erzielten zum Testzeitpunkt T3 6 Punkte (50.0%), 61.5% ($n=8$) 7–10 Punkte (58.3%–83.3%) und 23.1% ($n=3$) 11 Punkte (91.7%). Im Median wurden 8 Punkte erreicht. Der Mittelwert zum Testzeitpunkt T3 betrug 8.46 Punkte (70.5%; $SD = 1.78$).

Die statistische Analyse mittels t -Test bei verbundenen Stichproben lässt bei einem Konfidenzintervall von 95% keinen signifikanten Unterschied der Ergebnisse zu den Testzeitpunkten T2 und T3 erkennen ($t(12) = -0.74, p = .472$). Abbildung 3.1 zeigt die Ergebnisse zum Testzeitpunkt T3 in Form eines Boxplots.

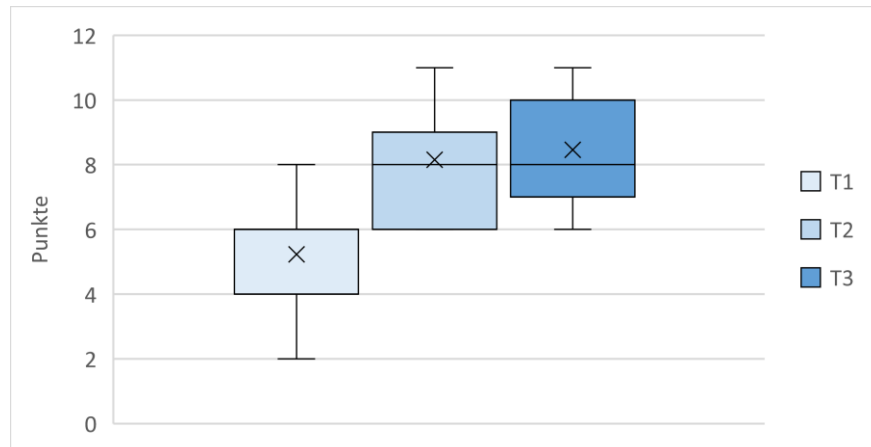


Abbildung 3.1: Gesamtergebnisse des FIT zu den Testzeitpunkten T1–T3

Die statistische Analyse mittels t -Test bei verbundenen Stichproben lässt einen signifikanten Unterschied der Ergebnisse zu den Testzeitpunkten T1 und T3 erkennen ($t(12) = -5.58, p < .001$).

Abbildung 3.2 stellt die Einzelergebnisse der Studierenden zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten dar.

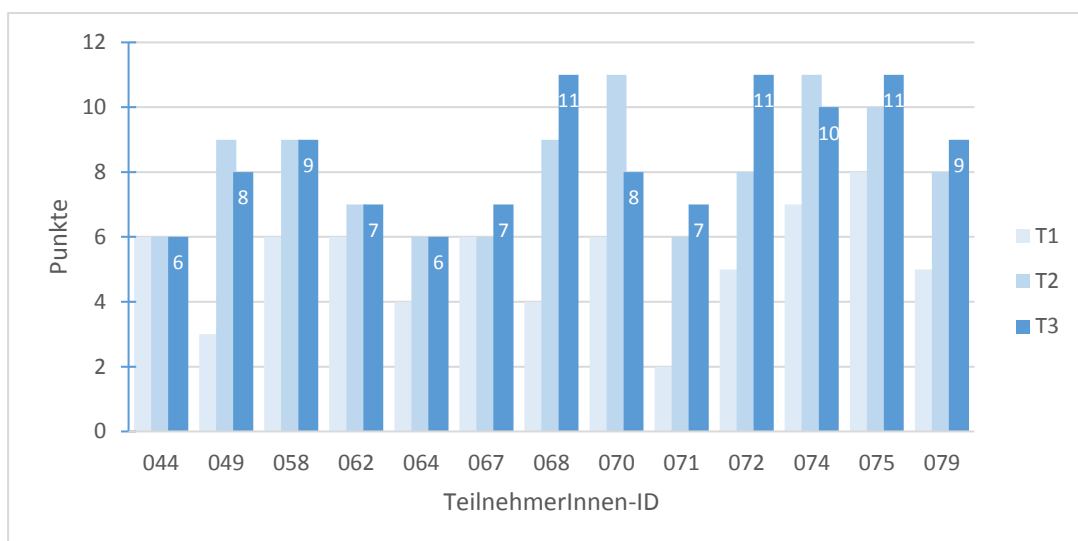


Abbildung 3.2: Einzelergebnisse des FIT zu den Testzeitpunkten T1–T3

3.2 Auswertung des Procedure Proficiency Checks

Die Effekte des Ausbildungsprogramms auf den Erwerb praktischer Fertigkeiten wurde anhand der strukturierten Verfahrensüberprüfung mittels PPC ermittelt. Im Zuge der Untersuchung konnten insgesamt 15 Punktionszenarien vollständig audio-visuell dokumentiert und ausgewertet werden. In 9 Fällen (60.0%) wurde die Spinalpunktion und in 6 Fällen (40.0%) die Anlage eines PDK durchgeführt.

3.2.1 Auswertung der Spinalpunktion

In 9 von 15 (60.0%) Fällen war die Spinalpunktion Gegenstand des Punktionszenarios. Es konnte eine maximale Punkteanzahl von 11 Punkten erreicht werden. Dabei konnten 44.4% (n=4) der Studierenden insgesamt 8 Punkte (72.7%), 22.2% (n=2) insgesamt 9 Punkte (81.8%) und 33.3% (n=3) insgesamt 10 Punkte (90.9%) erzielen. Durchschnittlich wurden von den Studierenden 8.9 Punkte (80.8%) erreicht.

Abbildung 3.3 zeigt eine graphische Darstellung der erreichten Gesamtpunkteanzahl der Studierenden.

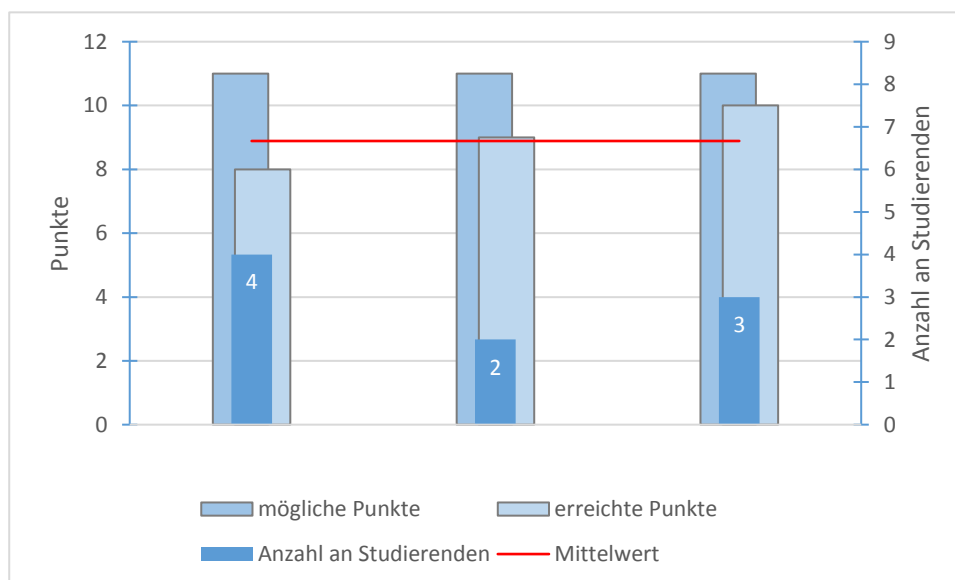


Abbildung 3.3: In Summe erreichte Punkteanzahl bei der Spinalpunktion

3.2.1.1 Auswertung der Durchführungszeiten

Im Rahmen der strukturierten Verfahrensüberprüfung erfolgte auch die Dokumentation hinsichtlich der Durchführungszeit der Teilnehmenden in den einzelnen Punctionsszenarien. Die insgesamt 9 Studierenden benötigten für die Durchführung einer Spinalpunktion zwischen 05:54min und 14:18min. Durchschnittlich wurde eine Zeit von 09:43min benötigt.

In Abbildung 3.4 sind die Ergebnisse der Durchführungszeiten der Studierenden graphisch dargestellt.

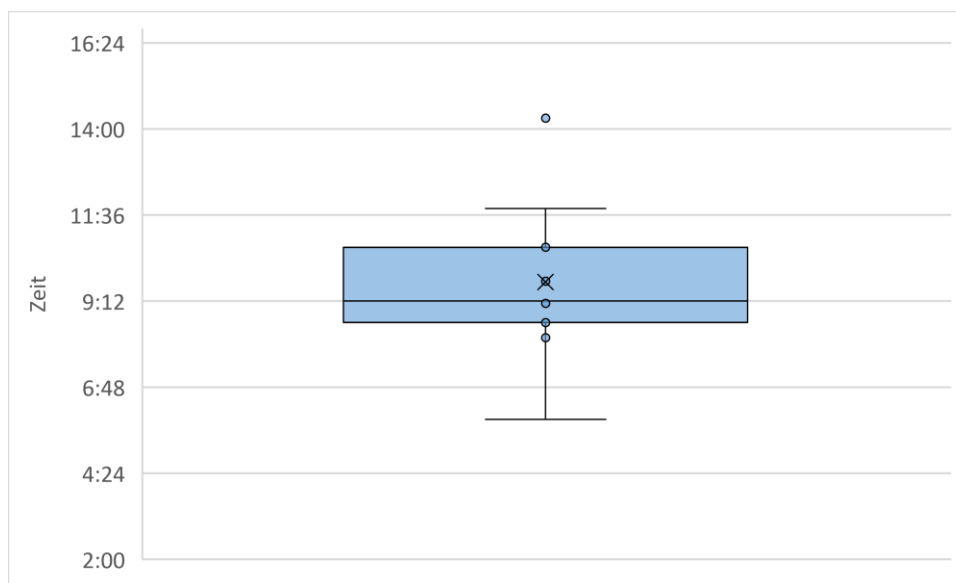


Abbildung 3.4: Durchführungszeiten der Spinalpunktion

Ob sich ein Zusammenhang zwischen der Durchführungszeit der Punction und der von den Studierenden erzielten Punkteanzahl erkennen lässt, wurde anhand der Rangkorrelationsanalyse nach Spearman ermittelt. Dabei zeigte sich mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = .045$ eine minimal positive Korrelation, ohne dabei jedoch signifikant zu sein ($p = .909$).

3.2.1.2 Detaillierte Betrachtung der einzelnen Arbeitsschritte

Um die audio-visuell dokumentierten Punktionsszenarien standardisiert auswerten zu können, wurden Prozeduren-Checklisten erstellt. Für die Spinalpunktion wurden hierfür 11 Arbeitsschritte definiert, welche jeweils mit einem Punkt bewertet wurden. Die einzelnen Arbeitsschritte wurden als erfüllt betrachtet, wenn diese mit samt ihren Unterpunkten korrekt durchgeführt worden sind.

Arbeitsschritt I:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden auf die eigene Schutzausrüstung achteten. Es wurde zumindest die Verwendung keimarmer Handschuhe vorausgesetzt. Der Arbeitsschritt wurde von 88.9% (n=8) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt II:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die korrekte Punktionsstelle aufgefunden wurde. Lediglich der Zwischenwirbelraum zwischen dem dritten und vierten Lendenwirbel wurde als korrekte Punktionsstelle gewertet. Der Arbeitsschritt wurde von 55.6% (n=5) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt III:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden vor dem Setzen einer örtlichen Betäubung eine 3-malige Sprüh- / Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel (unter Beachtung der Einwirkzeit) durchführten. Der Arbeitsschritt wurde von 77.8% (n=7) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.5 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte I bis III.

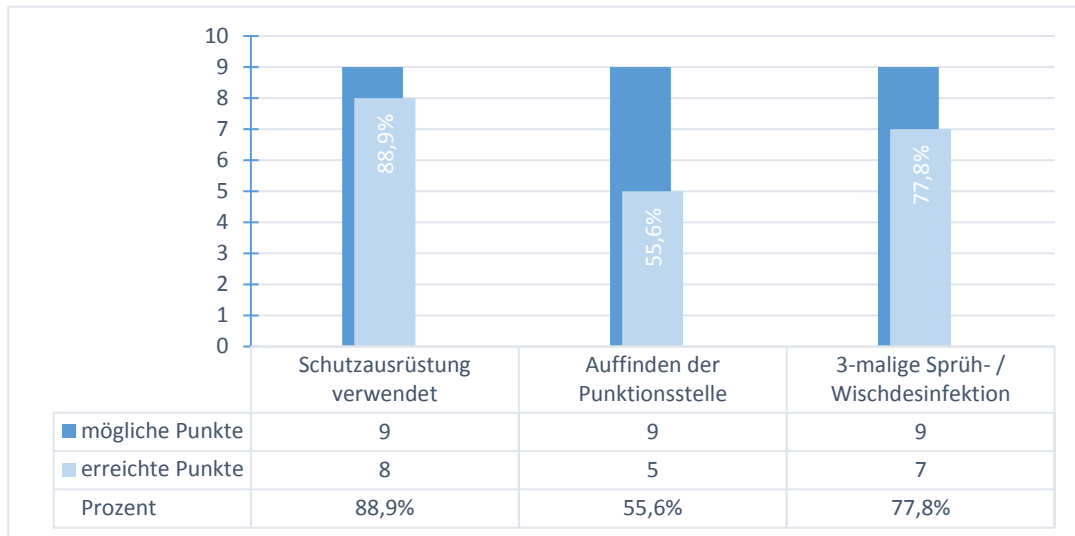


Abbildung 3.5: Arbeitsschritt I bis III Spinalpunktion

Arbeitsschritt IV:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden das Lokalanästhetikum für die örtliche Betäubung korrekt vorbereiteten und anschließend an der Punktionsstelle eine oberflächliche und tiefe Lokalanästhesie setzten. Bei der Vorbereitung wurde darauf geachtet, dass für das Aufziehen des Lokalanästhetikums und für das Setzen der örtlichen Betäubung nicht dieselbe Kanüle verwendet wurde. Die Applikation des Lokalanästhetikums in das Gewebe des Simulators konnte nur angedeutet werden, da eine oberflächliche Injektion in das verwendete Trainingsmodell nicht möglich ist. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=9) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt V:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden eine hygienische Händedesinfektion ausführten. Der Arbeitsschritt wurde von 88.9% (n=8) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt VI:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn sich die Studierenden unter Wahrung der Sterilitätsbedingungen vollständig ankleideten. Es mussten Mund-Nasen-Schutz, OP-Haube, sterile Handschuhe und ein steriler langärmeliger Kittel angelegt werden. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=9) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.6 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte IV bis VI.

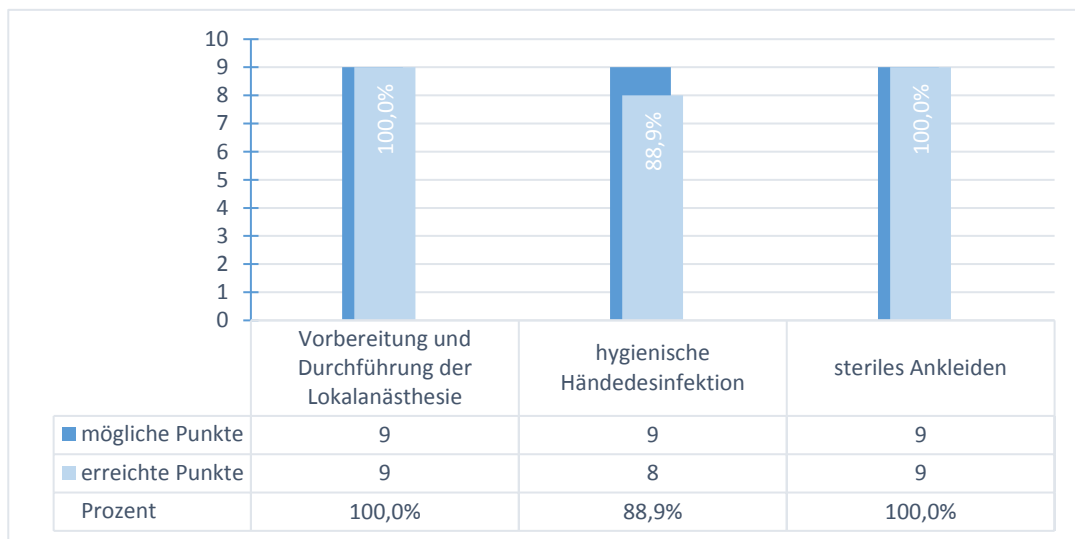


Abbildung 3.6: Arbeitsschritt IV bis VI Spinalpunktion

Arbeitsschritt VII:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn von den Studierenden eine korrekte Wischdesinfektion der Punktionsstelle mit den sterilen Kugeltupfern durchgeführt und die Punktionsstelle anschließend mit einem sterilen Lochtuch abgedeckt wurde. Der Arbeitsschritt wurde von 77.8% (n=7) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt IIX:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die benötigten Materialien für die Durchführung der Punktion von den Studierenden steril gehandhabt wurden. Des Weiteren wurde auf die Wahrung der Sterilität am Arbeitsplatz geachtet. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=9) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt IX:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn es den Studierenden gelang, den Spinalraum zu punktieren. Als Indikator für eine korrekt platzierte Kanülenspitze wurde das Abtropfen von klarem Liquor über die liegende Spinalkanüle festgelegt. Der Arbeitsschritt wurde von 33.3% (n=3) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.7 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte VII bis IX.

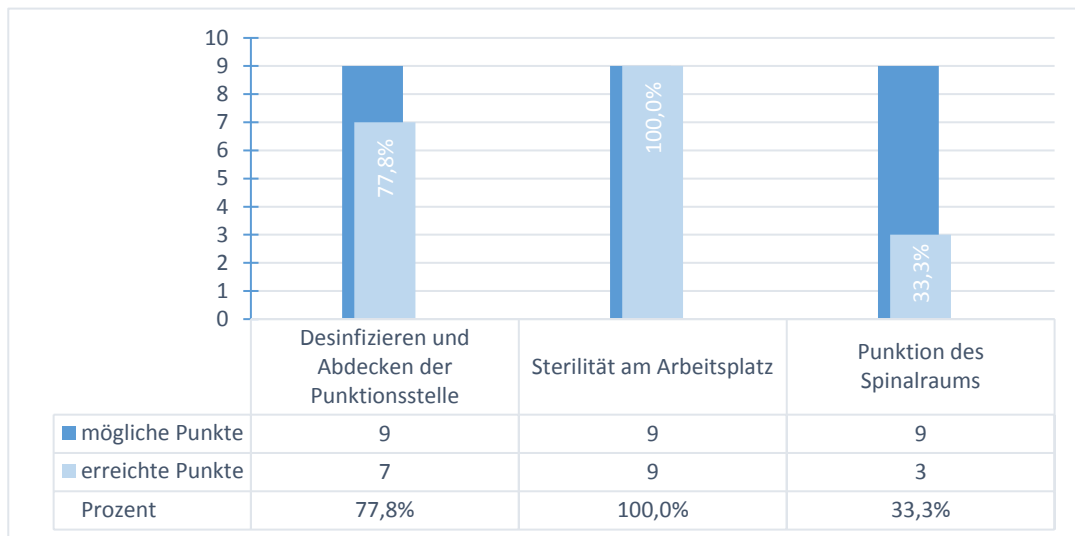


Abbildung 3.7: Arbeitsschritt VII bis IX Spinalpunktion

Arbeitsschritt X:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden eine Aspirationsprobe über die liegende Spinalkanüle durchführten. Es wurde lediglich die Durchführung der Aspirationsprobe verlangt. Der Punkt wurde auch vergeben, wenn kein Liquor aspiriert werden konnte. Der Arbeitsschritt wurde von 66.7% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt XI:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden die Punktionsstelle nach Entfernen der Kanüle mit sterilem Verbandsmaterial abdeckten. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=9) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.8 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte X und XI.

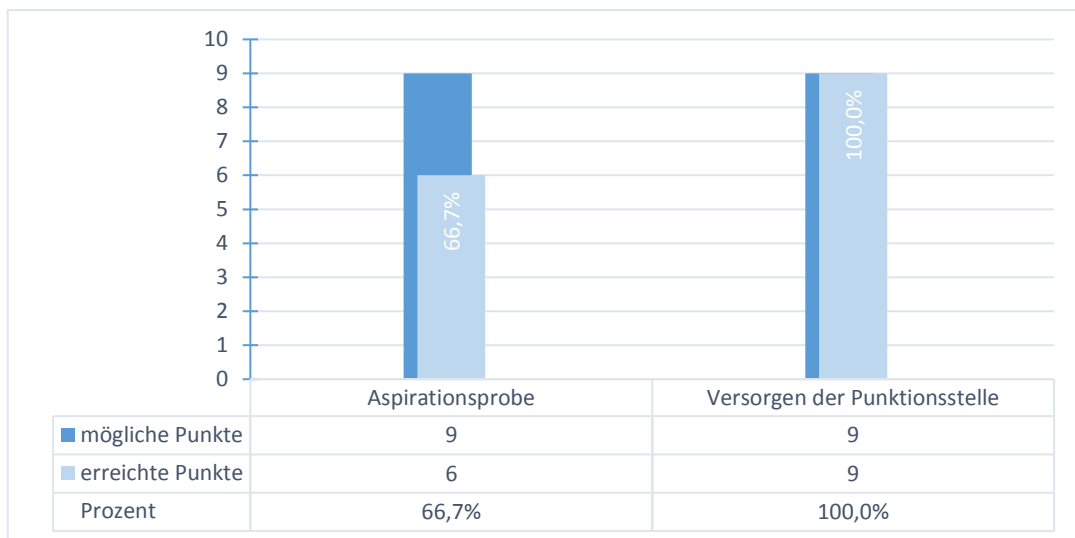


Abbildung 3.8: Arbeitsschritt X und XI Spinalpunktion

3.2.2 Auswertung der Periduralpunktion

In 6 von 15 (40.0%) Fällen war die Periduralpunktion Gegenstand des Punktionsszenarios. Es konnte eine maximale Punkteanzahl von 15 Punkten erreicht werden. Dabei konnten 50.0% (n=3) der Studierenden insgesamt 10 Punkte (66.7%) und 50.0% (n=3) insgesamt 12 Punkte (80.0%) erzielen. Durchschnittlich wurden von den Studierenden 11 Punkte (73.3%) erreicht.

Abbildung 3.9 zeigt die Ergebnisse der Gesamtpunkteanzahl der Studierenden.

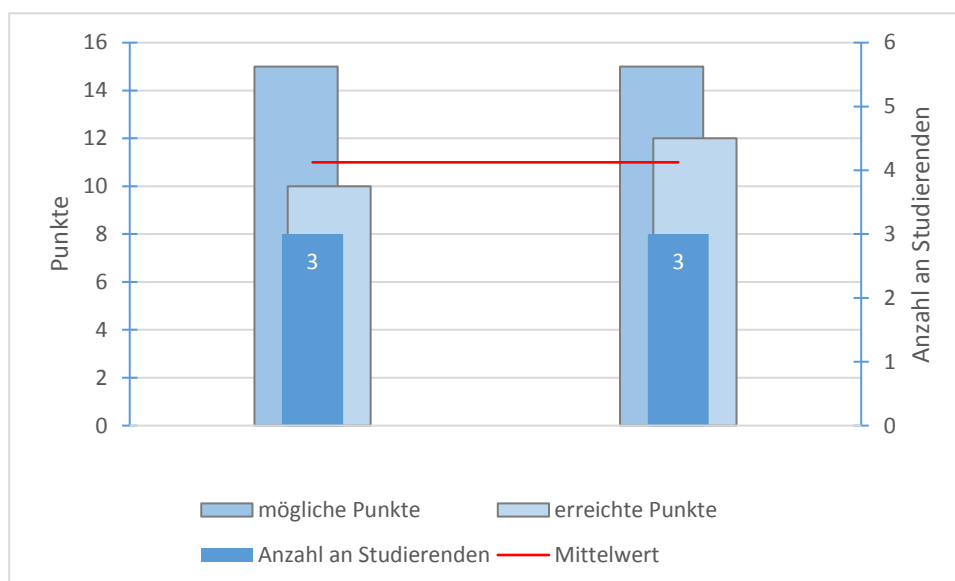


Abbildung 3.9: In Summe erreichte Punkteanzahl bei der Periduralpunktion

3.2.2.1 Auswertung der Durchführungszeiten

Analog der Spinalpunktion erfolgte auch im Rahmen der strukturierten Verfahrensüberprüfung zur Periduralpunktion die Dokumentation der Durchführungszeiten. Die Studierenden benötigten für die Absolvierung des Punktionsszenarios zwischen 10:15min und 15:49min. Der Mittelwert betrug dabei 13:24min.

In Abbildung 3.10 sind die Ergebnisse der Durchführungszeiten der Studierenden graphisch dargestellt.

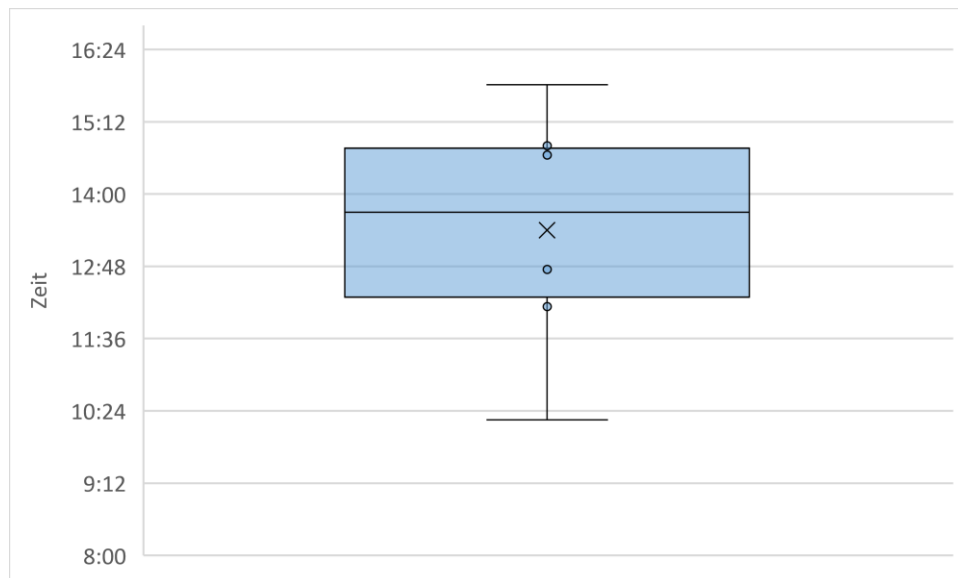


Abbildung 3.10: Durchführungszeiten der Periduralpunction

Ob sich ein Zusammenhang zwischen der Durchführungszeit der Periduralpunction und der von den Studierenden erzielten Punkteanzahl erkennen lässt, wurde anhand der Rangkorrelationsanalyse nach Spearman ermittelt. Dabei zeigte sich mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = .488$ eine mäßig positive Korrelation, ohne dabei jedoch signifikant zu sein ($p = .326$).

3.2.2.2 Detaillierte Betrachtung der einzelnen Arbeitsschritte

Auch für die Periduralpunction wurde eine Prozeduren-Checkliste erstellt. Hierfür wurden 15 Arbeitsschritte definiert, welche jeweils mit einem Punkt bewertet wurden. Die einzelnen Arbeitsschritte wurden als erfüllt betrachtet, wenn diese mit samt ihren Unterpunkten korrekt durchgeführt wurden.

Arbeitsschritt I:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden auf die eigene Schutzausrüstung achteten. Es wurde zumindest die Verwendung keimarmer Handschuhe vorausgesetzt. Der Arbeitsschritt wurde von 83.3% (n=5) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt II:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden vor dem Setzen einer örtlichen Betäubung eine dreimalige Sprüh- / Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel (unter Beachtung der Einwirkzeit) durchführten. Der Arbeitsschritt wurde von 50.0% (n=3) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt III:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden das Lokalanästhetikum für die örtliche Betäubung korrekt vorbereiteten und anschließend an der Punktionsstelle eine oberflächliche und tiefe Lokalanästhesie setzten. Analog der Spinalpunktion wurde auch hier darauf geachtet, dass für das Aufziehen des Lokalanästhetikums und für das Setzen der örtlichen Betäubung nicht dieselbe Kanüle verwendet wurde. Die Applikation des Lokalanästhetikums in das Gewebe des Simulators konnte auch in diesem Punktionszenario lediglich angedeutet werden, da eine oberflächliche Injektion in das verwendete Trainingsmodell nicht möglich ist. Der Arbeitsschritt wurde von 83.3% (n=5) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.11 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte I bis III.

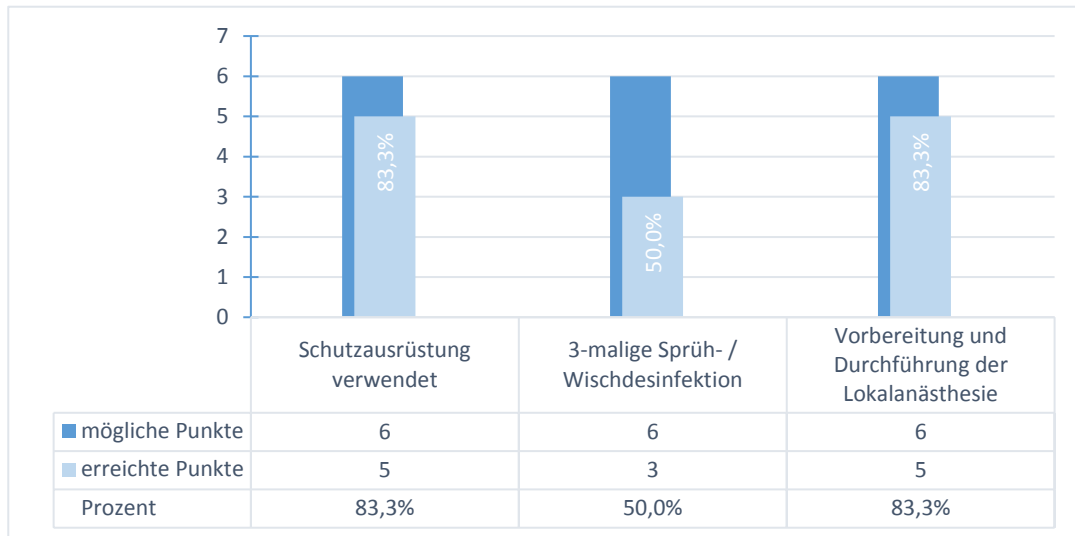


Abbildung 3.11: Arbeitsschritt I bis III Periduralpunktion

Arbeitsschritt IV:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden eine hygienische Händedesinfektion ausführten. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt V:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn sich die Studierenden unter Wahrung der Sterilitätsbedingungen vollständig ankleideten. Es mussten Mund-Nasen-Schutz, OP-Haube, sterile Handschuhe und ein steriler langärmeliger Kittel angelegt werden. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt VI:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn von den Studierenden eine korrekte Wischdesinfektion der Punktionsstelle mit den sterilen Kugeltupfern durchgeführt und diese anschließend mit einem sterilen Lochtuch abgedeckt wurde. Der Arbeitsschritt wurde von 100,0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.12 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte IV bis VI.

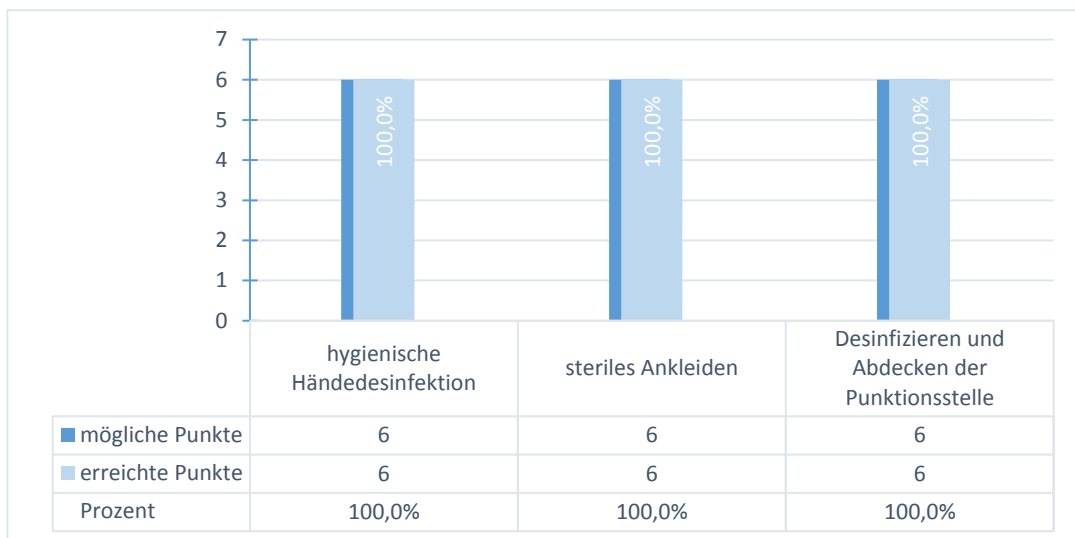


Abbildung 3.12: Arbeitsschritt IV bis VI Periduralpunktion

Arbeitsschritt VII:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die benötigten Materialien für die Durchführung der Punktion von den Studierenden steril gehandhabt wurden. Des Weiteren wurde auf die Wahrung der Sterilität am Arbeitsplatz geachtet. Der Arbeitsschritt wurde von 100,0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt IIX:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden die Tuohy-Kanüle bis in das Lig. interspinale vorschoben, den Mandrin entfernten und eine Lokalanästhesie für die tiefe Rückenmuskulatur setzten. Der Arbeitsschritt wurde von 33,3% (n=2) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt IX:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden unter Zuhilfenahme der LOR-Spritze den Periduralraum erfolgreich punktierten. Als Indikator für eine korrekt platzierte Kanülenspitze im Periduralraum wurde neben der erwarteten Punktionstiefe ein deutlich erkennbarer LOR herangezogen. Wurde die Punktion des Periduralraums nicht erfolgreich durchgeführt, so wurden die Studierenden aufgefordert, im Punktionsszenario fortzufahren, um damit eine Auswertung der Folgeschritte zu ermöglichen. Der Arbeitsschritt wurde von 16,7% (n=1) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.13 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte VII bis IX.

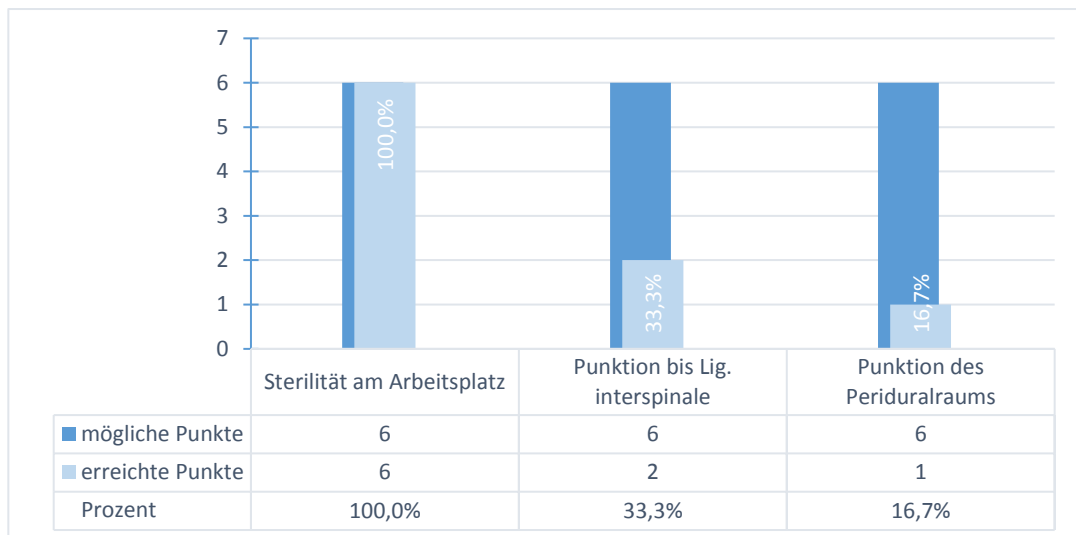


Abbildung 3.13: Arbeitsschritt VII bis IX Periduralpunktion

Arbeitsschritt X:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden den Periduralkatheter korrekt über die liegende Kanüle einführten. Der Katheter durfte dabei nicht an der Spitze angefasst werden. Der Arbeitsschritt wurde von 100,0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt XI:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden die Kanüle gegenläufig des Katheters entfernten. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt XII:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden die Katheterkupplung an das Ende des Periduralkatheters anbrachten und anschließend eine Aspirationsprobe durchführten. Es wurde lediglich die Durchführung der Aspirationsprobe verlangt. Wurde Liquor aspiriert, so wurde der Punkt trotzdem vergeben. Der Arbeitsschritt wurde von 33.3% (n=2) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.14 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte X bis XII.

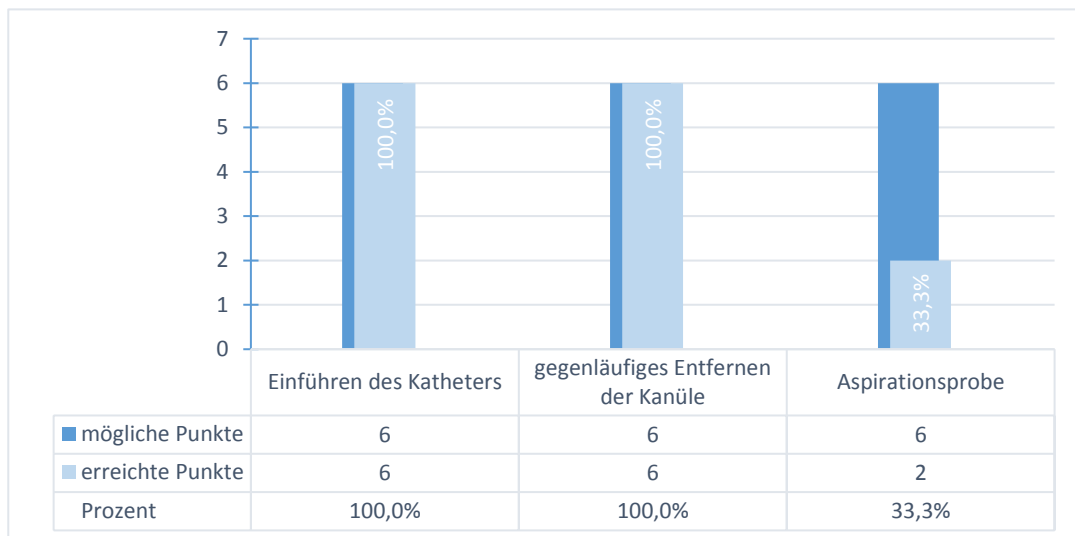


Abbildung 3.14: Arbeitsschritt X bis XII Periduralpunktion

Arbeitsschritt XIII:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden den PDK-Filter an die Katheterkupplung anbrachten und anschließend langsam eine Testdosis injizierten. Der Arbeitsschritt wurde von 66.7% (n=4) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt XIV:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden vor der Fixierung des Katheters die Punktionsstelle reinigten. Der Arbeitsschritt wurde von 33.3% (n=2) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Arbeitsschritt XV:

Ein Punkt wurde für diesen Arbeitsschritt vergeben, wenn die Studierenden den Katheter korrekt am Patienten fixierten. Aus simulationstechnischen Gründen war eine neuerliche Fixierung in jedem Punktionszenario nicht möglich, sodass bei verbaler Kommunikation des Vorgangs der Fixierung der Punkt vergeben wurde. Die Studierenden mussten dabei unaufgefordert die Fixierungsmaßnahmen artikulieren. Des Weiteren musste klar vermittelt werden, dass der Katheter in Schlaufenform angelegt und über der linken Schulter des Simulators angebracht wird. Der Arbeitsschritt wurde von 100.0% (n=6) der Studierenden korrekt ausgeführt.

Abbildung 3.15 illustriert die Ergebnisse der Arbeitsschritte XII bis XV.

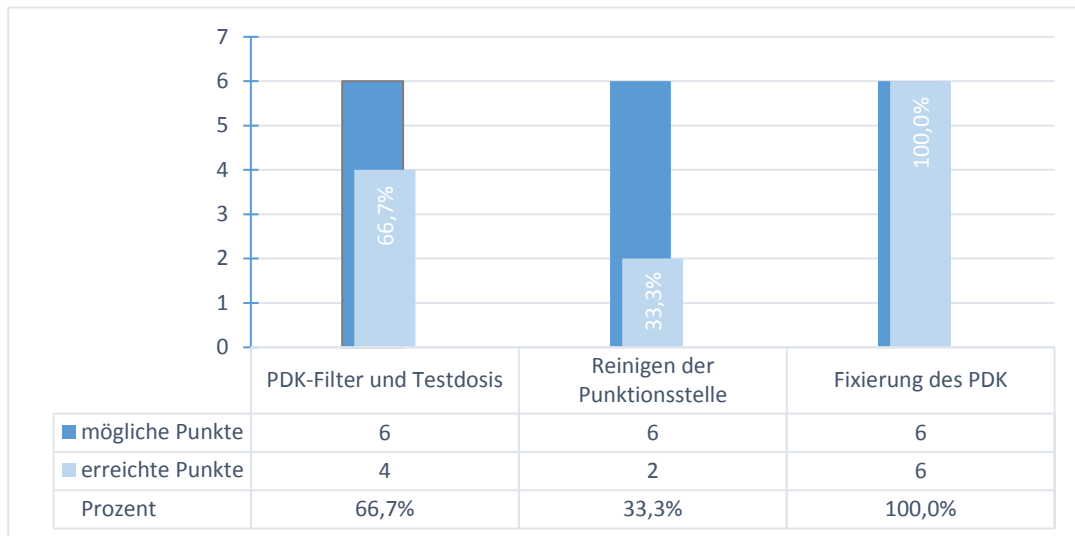


Abbildung 3.15: Arbeitsschritt XIII bis XV Periduralpunktion

4 Diskussion

Es existieren bereits einige Untersuchungen, welche sich mit der Fragestellung der Effekte eines simulationsbasierten Ausbildungsprogramms zum Thema rückenmarksnahe Punktionsverfahren auseinandersetzen. Die Studienlage erweist sich dabei in der postgradualen Ausbildung umfassender als in der studentischen Lehre (5–9). Im Zuge der Recherche zur Erstellung dieser Arbeit, konnten zwei Studien identifiziert werden, welche einen, jedoch nicht uneingeschränkten, Vergleich mit der vorliegenden Untersuchung zulassen (10,11). Beide Arbeiten behandeln die Effekte eines simulationsbasierten Trainingsprogramms für Medizinstudierende zum Erwerb der praktischen Fertigkeiten einer Lumbalpunktion. Eine Untersuchung, welche die praktischen Kompetenzen hinsichtlich eines periduralen Punktionsverfahrens im simulierten Setting beschreibt, konnte in der studentischen Lehre nicht ausgemacht werden.

4.1 Effekte auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden

Das im Rahmen dieser Untersuchung entwickelte Ausbildungs- und Trainingsprogramm wurde anhand des Lehrveranstaltungskonzepts der „Grazer SIMLine“ konzipiert und dementsprechend in einen theoretischen und daran anschließenden simulationsbasierten praktischen Ausbildungsteil untergliedert.

Der theoretische Ausbildungsteil umfasste eine Lehrveranstaltungseinheit zu 45 Minuten. Im Rahmen einer multimedial unterstützten Einführung wurden den Studierenden die erforderlichen theoretischen Grundlagen zum Thema rückenmarksnahe Punktionsverfahren vermittelt. Ein Überblick über die Inhalte der theoretischen Einführung ist in Tabelle 2.1 ersichtlich. Der Formative Integrative Test wurde im Format eines Multiple-Choice-Tests mit Mehrfachauswahl gestaltet. Es wurde dieses Fragenformat gewählt, da es sich hierbei um die gängigste Prüfungsmodalität der Medizinischen Universität Graz handelt.

Es konnte eine maximale Punkteanzahl von 12 Punkten erreicht werden. Pro Abhaltung des Tests wurden in etwa acht Minuten für die Beantwortung veranschlagt. Dies entspricht rund 40 Sekunden pro Frage.

Die in dieser Untersuchung eingeschlossenen Studierenden konnten im Rahmen des Precourse-Assessment im Mittel 5.23 Punkte (43.6%; $SD = 1.58$) erzielen. Zu Ende des Ausbildungs- und Trainingsprogramms erreichten die Studierenden im Mittel 8.46 Punkte (70.5%; $SD = 1.78$). Die statistische Analyse mittels t -Test bei verbundenen Stichproben zeigt dabei einen signifikanten Unterschied in den Testergebnissen zu den beiden Zeitpunkten ($t(12) = -5.58, p < .001$). Es lässt sich daher also ableiten, dass die Studierenden, hinsichtlich ihres theoretischen Wissensstands, vom Ausbildungsprogramm profitieren konnten. Toy et al. untersuchten in ihrer Arbeit, neben den praktischen Fertigkeiten, ebenso den Effekt des entwickelten Trainingsprogramms auf den theoretischen Wissensstand der Studierenden (10). Dabei wurden insgesamt 24 Studierende (im 2. und 3. Studienjahr) in die Untersuchung eingeschlossen. Im Unterschied zu der hier vorliegenden Arbeit wurden dabei insgesamt vier Fertigkeiten untersucht: Intubation, Etablierung eines arteriellen Gefäßzugangs, Lumbalpunktion sowie die Etablierung eines zentralvenösen Gefäßzugangs. Die Effekte auf den theoretischen Wissensstand wurden ebenso anhand eines Multiple-Choice-Tests untersucht. Dieser umfasste insgesamt 40 Fragen, wovon sich jeweils zehn Fragen auf eines der oben erwähnten Verfahren bezogen. Der Test wurde zu Beginn und am Ende des Trainingsprogramms abgehalten. Ein theoretischer Vortrag zur Vermittlung des Grundwissens wurde nicht abgehalten. Toy et al. konnten hierbei für die Lumbalpunktion und die Etablierung eines zentralvenösen Gefäßzugangs jedoch keinen signifikanten Unterschied in den Testergebnissen der Studierenden zu Beginn und Ende des Trainingsprogramms beschreiben (10). Interessanterweise zeigte sich in der hier vorliegenden Untersuchung bereits ein signifikanter Unterschied der Testergebnisse zu den Testzeitpunkten T1 und T2 ($t(12) = -5.57, p < .001$), also vor Beginn der multimedial unterstützten theoretischen Einführung (T1) und nach Abhaltung dieser (T2). Zwischen den Testzeitpunkten T2 und T3 kann jedoch kein signifikanter Unterschied mehr beschrieben werden.

Im Vergleich mit der Arbeit von Toy et al., die keine Signifikanz in der Veränderung des theoretischen Wissensstands hinsichtlich der Lumbalpunktion und Etablierung eines zentralvenösen Gefäßzugangs beschreiben konnten, fällt auf, dass im Zuge des durch sie konzipierten Trainingsprogramms die Abhaltung eines Vortrags zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen der zu untersuchenden Verfahren unterblieb (10). Es besteht daher die Möglichkeit, dass sich die multimedial unterstützte Einführung zu Beginn der Lehrveranstaltung als ursächlich für den signifikanten Unterschied in den Testergebnissen des FIT erweist.

4.2 Effekte auf die praktischen Fertigkeiten der Studierenden

Die Effekte des Ausbildungs- und Trainingsprogramms auf den Erwerb praktischer Kompetenzen Medizinstudierender hinsichtlich rückenmarksnaher Punktionsverfahren wurden anhand der standardisierten Prozeduren-Checklisten untersucht. Die Studierenden konnten dabei durchschnittlich 80.8% der Checkliste für die Spinalpunktion und 73.3% der Checkliste für die Anlage eines PDK erfüllen.

Bei näherer Betrachtung der Einzelergebnisse der strukturierten Verfahrensüberprüfung fällt auf, dass sich die Studierenden insbesondere im Auffinden des Spinal- und Periduralraums mit Schwierigkeiten konfrontiert sahen. Lediglich 16.7% (n=1) der Studierenden konnten den Periduralraum korrekt identifizieren. Im Zuge der Spinalpunktion erfüllten 33.3% (n=3) der Studierenden den Arbeitsschritt einer korrekt platzierten Kanülenspitze im Spinalraum. Im Falle des Punktions szenarios der Anlage eines PDK kann dieser Umstand am ehesten dadurch erklärt werden, dass sich die in der LOR-Spritze befindliche NaCl-Lösung bei kontinuierlich ausgeübtem Druck auf den Stempel über die zuvor gesetzten Punktionskanäle im Rahmen des Trainings vorzeitig entleeren konnte. Der LOR wurde dadurch in einigen Punktions szenarien frühzeitig „imitiert“ und von den Studierenden fälschlicherweise als solcher interpretiert. Neben der für eine korrekte Identifizierung des Periduralraums zu geringen Punktionstiefe, erweist sich der Umstand, dass der Katheter in diesen Szenarien nicht vorgeschoben werden konnte, als bestärkend hinsichtlich dieser Argumentation.

Im Falle der Spinalpunktion muss jedoch am ehesten davon ausgegangen werden, dass sich schlichtweg eine falsch platzierte Kanülenspitze ursächlich für die niedrige Erfolgsquote erweist.

Auffallend zeigt sich zudem, dass im Punktionszenario der Anlage eines PDK lediglich 33.3% (n=2) der Studierenden die Punktionsstelle nach Entfernung der Kanüle reinigten, obwohl dieser Arbeitsschritt als vergleichsweise einfach durchzuführend eingestuft werden kann. Dabei könnte von Bedeutung sein, dass am Simulationsobjekt im Rahmen der Punktion keinerlei Verunreinigungen in Form von Blut erkennbar werden, wie dies jedoch an der / dem realen Patientin / Patienten vorkommen würde.

Interessanterweise führten beim Punktionszenario der Spinalpunktion doppelt so viele Studierende (66.6% vs. 33.3%) eine Aspirationsprobe durch, als bei jenem der Anlage eines PDK. Da es sich bei letzterem um das technisch anspruchsvollere Punktionsverfahren handelt, wurde der Aspirationsprobe möglicherweise aufgrund der komplexeren vorausgehenden Arbeitsschritte weniger Beachtung beigemessen.

In den Arbeitsschritten „Schutzausrüstung verwendet“, „Vorbereitung und Durchführung der Lokalanästhesie“, „hygienische Händedesinfektion“, „steriles Ankleiden“ sowie „Sterilität am Arbeitsplatz“ konnte eine vergleichsweise hohe Erfolgsquote der Studierenden (88.9%–100.0% bzw. 83.3%–100.0%) in beiden Punktionsverfahren beobachtet werden. Sämtliche eben genannten Arbeitsschritte erfahren auch im Rahmen anderer praktischer Fertigkeiten in der Medizin Bedeutung und sind nicht ausschließlich auf rückenmarksnahe Punktionsverfahren beschränkt. Es darf also davon ausgegangen werden, dass die Studierenden im Laufe ihrer medizinischen Ausbildung mit genannten Arbeitsschritten bereits vor Absolvierung des Ausbildungs- und Trainingsprogramms in Berührung gekommen sind.

Die im Rahmen dieser Untersuchung beobachteten Ergebnisse auf die praktischen Kompetenzen der Studierenden hinsichtlich rückenmarksnaher Punktionsverfahren können nur bedingt mit der aktuell vorliegenden Studienlage verglichen werden.

Sowohl Adachi et al. (11) als auch Toy et al. (10) konnten in ihren Arbeiten den positiven Effekt eines simulationsbasierten Trainingsprogramms für Medizinstudierende zum Erwerb der praktischen Kompetenzen einer Lumbalpunktion beschreiben. Adachi et al. ließen dabei die praktischen Fertigkeiten nach Absolvierung des Trainingsprogramms einerseits von den Studierenden selbst, andererseits von der Instruktoren bzw. dem Instruktor bewerten (11). Dies erfolgte anhand einer 6-stufigen Likert-Skala. Interessanterweise übertraf die Selbsteinschätzung der Studierenden die Einschätzung, welche von den Instruktoren bzw. Instruktorinnen getroffen wurde.

Im Unterschied zu der hier vorliegenden Arbeit wurde in der Untersuchung von Toy et al. zunächst ein Baseline-Assessment anhand einer Prozeduren-Checkliste vor Beginn des Trainingsprogramms erhoben (10). Am Ende wurden die praktischen Fertigkeiten der Studierenden anhand derselben Checkliste erneut evaluiert. Die Studierenden fungierten dabei als ihre eigene Kontrollgruppe. In der hier vorliegenden Untersuchung fehlt ein Ausgangswert als Vergleich. Ein Vergleich der Ergebnisse der strukturierten Verfahrensüberprüfung mit jenen von Toy et al. ist aufgrund der unterschiedlichen Prozeduren-Checklisten, die im Rahmen der Untersuchungen zum Einsatz kamen, nicht uneingeschränkt zulässig (10).

4.3 Limitationen

Neben der geringen Fallzahl, die hier als limitierender Faktor angegeben werden muss, können insbesondere die Ergebnisse der strukturierten Verfahrensüberprüfung als nur bedingt aussagekräftig betrachtet werden. Aufgrund eines fehlenden Ausgangswerts zu Beginn der Untersuchung, lassen die erhobenen Daten hier keinen Vergleich zu. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse des PPC mit bereits publizierten Arbeiten ist aufgrund der Divergenz in den Checklisten die zur Anwendung kamen lediglich eingeschränkt zu treffen. Als weiterer limitierender Faktor muss erwähnt werden, dass die Vorerfahrungen der Teilnehmenden hinsichtlich der zu untersuchenden Punktionsverfahren unbestimmt blieben.

4.4 Conclusio

In der modernen Medizin nehmen rückenmarksnahe Punktionsverfahren einen wichtigen Stellenwert ein. Neben der Anwendung als diagnostisches Verfahren, erfreuen sich insbesondere regionalanästhesiologische Techniken, inklusive neuroaxialer Blockaden, einer wachsenden Beliebtheit (12). Gegenwärtig darf also davon ausgegangen werden, dass rückenmarksnahe Punktionsverfahren auch in Zukunft gehäuft Anwendung finden.

Da die in der hier vorliegenden Untersuchung evaluierten Punktionsverfahren durchaus als anspruchsvolle praktische Fertigkeiten im Rahmen der medizinischen Tätigkeit angesehen werden können, wurde versucht, ein Ausbildungs- und Trainingsprogramm zu entwickeln, welches die praktischen Kompetenzen dahingehend bereits in der studentischen Lehre zu vermitteln vermag.

Die im Zuge der Untersuchung erhobenen Ergebnisse zeigen, dass sich das hierfür entwickelte Ausbildungs- und Trainingsprogramm mit Einschränkungen als geeignet erweist, um Medizinstudierenden die notwendigen theoretischen Grundlagen betreffend rückenmarksnaher Punktionsverfahren sowie auch deren im Rahmen der Lehrveranstaltung erlangten praktischen Kompetenzen zu vermitteln. Hier kann insbesondere eine Signifikanz hinsichtlich des theoretischen Wissenszuwachs der Teilnehmenden beschrieben werden. Die Ergebnisse der strukturierten Verfahrensüberprüfung müssen differenziert betrachtet werden, da eine Vergleichbarkeit mit bereits existierenden Untersuchungen nur schwer zu treffen ist.

Neben den Arbeiten von Adachi et al. (11) und Toy et al. (10) wird der positive Effekt eines simulationsbasierten Ausbildungs- und Trainingsprogramms in rückenmarksnahen Punktionsverfahren auch im postgradualen Bereich beschrieben (5–9). Die im Rahmen dieser Untersuchung entwickelte strukturierte Ausbildung erweist sich für den Erwerb der oben angeführten Wissens- und Kompetenzenvermittlung als potentiell geeignet. Unter Berücksichtigung der Limitationen, kann die vorliegende Arbeit jedoch Ausgang für weiterführende Untersuchungen hinsichtlich eines effektiven Trainingsprogramms in der studentischen Lehre zum Thema rückenmarksnaher Punktionsverfahren sein.

5 Literaturverzeichnis

1. Österreichische Ärztekammer (ÖÄK). Ausbildungsinhalte und Rasterzeugnisse (KEF und RZ-V 2015) [Internet]. 2015 [cited 2019 Oct 26]. Available from: <https://www.aerztekammer.at/ausbildungsinhalte-und-rasterzeugnisse-kef-und-rz-v-2015>
2. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB. Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. *Acad Med*. 2011;86(6):706–11.
3. Scalese RJ, Obeso VT, Issenberg SB. Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education. *J Gen Intern Med*. 2008;23:46–9.
4. Reed T, Pirotte M, McHugh M, Oh L, Lovett S, Hoyt AE, et al. Simulation-Based Mastery Learning Improves Medical Student Performance and Retention of Core Clinical Skills. *Simul Healthc*. 2016;11(3):173–80.
5. Udani AD, Macario A, Nandagopal K, Tanaka MA, Tanaka PP. Simulation-Based Mastery Learning with Deliberate Practice Improves Clinical Performance in Spinal Anesthesia. *Anesthesiol Res Pract*. 2014;2014:659160.
6. McMillan HJ, Writer H, Moreau KA, Eady K, Sell E, Lobos AT, et al. Lumbar puncture simulation in pediatric residency training: improving procedural competence and decreasing anxiety. *BMC Med Educ*. 2016;16:198.
7. Kessler DO, Auerbach M, Pusic M, Tunik MG, Foltin JC. A randomized trial of simulation-based deliberate practice for infant lumbar puncture skills. *Simul Healthc*. 2011;6(4):197–203.
8. Conroy SM, Bond WF, Pheasant KS, Ceccacci N. Competence and retention in performance of the lumbar puncture procedure in a task trainer model. *Simul Healthc*. 2010;5(3):133–8.

9. Friedman Z, Siddiqui N, Katznelson R, Devito I, Bould MD, Naik V. Clinical impact of epidural anesthesia simulation on short-and long-term learning curve: High-versus low-fidelity model training. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(3):229–32.
10. Toy S, McKay RS, Walker JL, Johnson S, Arnett JL. Using Learner-Centered, Simulation-Based Training to Improve Medical Students' Procedural Skills. *J Med Educ Curric Dev.* 2017;4:2382120516684829.
11. Adachi K, Yoshimura A, Aso R, Miyashita T, Yoshida D, Teramoto A, et al. Clinical clerkship course for medical students on lumbar puncture using simulators. *J Nippon Med Sch.* 2012;79(6):430–7.
12. Van Aken H, Wulf H. *Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie.* 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010.
13. Bier A. Versuche über Cocainisierung des Rückenmarkes. *Dtsch Zeitschrift für Chir.* 1899;51:361–9.
14. Schulte am Esch J, Bause H, Kochs E, Scholz J, Standl T, Werner C. *Duale Reihe Anästhesie. Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie.* 4. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2011.
15. Curelaru I, Sandu L. Eugen Bogdan Aburel (1899–1975). The pioneer of regional analgesia for pain relief in childbirth. *Anaesthesia.* 1982;37(6):663–9.
16. Silva M, Halpern SH. Epidural analgesia for labor: Current techniques. *Local Reg Anesth.* 2010;3:143–53.
17. Di Cianni S, Rossi M, Casati A, Cocco C, Fanelli G. Spinal anesthesia: an evergreen technique. *Acta Biomed l'Ateneo Parm.* 2008;79(1):9–17.
18. Anderhuber F, Pera F, Streicher (Hrsg.) J. *Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band.* 19.Auflage. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012.

19. Striebel HW. Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin. 8. Auflage. Stuttgart, Germany: Schattauer; 2013.
20. Hafferl A, Thiel W. Lehrbuch der Topographischen Anatomie. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1969.
21. Saifuddin A, Burnett SJD, White J. The variation of position of the conus medullaris in an adult population. A magnetic resonance imaging study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(13):1452–6.
22. Gerheuser F, Roth A. Periduralanästhesie. *Anaesthesist*. 2007;56(5):499–526.
23. Gerheuser F, Craß D. Spinalanästhesie. *Anaesthesist*. 2005;54(12):1245–70.
24. Behrends JC, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, et al. *Duale Reihe Physiologie*. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2016.
25. Graefe KH, Lutz W, Bönisch H. *Duale Reihe Pharmakologie und Toxikologie*. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2011.
26. Becker DE, Reed KL. Local anesthetics: review of pharmacological considerations. *Anesth Prog*. 2012;59(2):90–102.
27. Ellenby MS, Tegtmeyer K, Lai S, Braner DA. Videos in clinical medicine. Lumbar puncture. *N Engl J Med*. 2006;355(13):e12.
28. Rodgers A, Walker N, Schug S, McKee A, Kehlet H, Van Zundert A, et al. Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural or spinal anaesthesia: results from overview of randomised trials. *Br Med J*. 2000;321(7275):1493.
29. Hebl JR, Horlocker TT, Schroeder DR. Neuraxial anesthesia and analgesia in patients with preexisting central nervous system disorders. *Anesth Analg*. 2006;103(1):223–8.

30. Welliver D, Welliver M, Carroll T, James P. Lumbar epidural catheter placement in the presence of low back tattoos: A review of the safety concerns. *AANA J.* 2010;78(3):197–201.
31. Wulf H, Hertl M, Folz B, Szeimies RM. Tattoos. *Anaesthesist.* 2005;54(4):397.
32. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI). Anforderungen an die Hygiene bei Punktionen und Injektionen. *Bundesgesundheitsblatt.* 2011;54:1135–44.
33. Strupp M, Schueler O, Straube A, Von Stuckrad-Barre S, Brandt T. “Atraumatic” Sprotte needle reduces the incidence of post-lumbar puncture headaches. *Neurology.* 2001;57(12):2310–2.
34. Greene HM. Lumbar puncture and the prevention of postpuncture headache. *J Am Med Assoc.* 1926;86(6):391–2.
35. Patin DJ, Eckstein EC, Harum K, Pallares VS. Anatomic and biomechanical properties of human lumbar dura mater. *Anesth Analg.* 1993;76(3):535–40.
36. Auroy Y, Narchi P, Messiah A, Litt L, Rouvier B, Samii K. Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology.* 1997;87(3):479–86.
37. Bezov D, Ashina S, Lipton R. Post-dural puncture headache: Part II - Prevention, management, and prognosis. *Headache.* 2010;50(9):1482–98.
38. Turnbull DK, Shepherd DB. Post-dural puncture headache: pathogenesis, prevention and treatment. *Br J Anaesth.* 2003;91(5):718–29.
39. Ahmed S V., Jayawarna C, Jude E. Post lumbar puncture headache: diagnosis and management. *Postgrad Med J.* 2006;82(973):713–6.
40. Pollock JE. Neurotoxicity of intrathecal local anaesthetics and transient neurological symptoms. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2003;17(3):471–84.

41. Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R. Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anaesthesia*. 2000;55(11):1122–6.
42. Pitkänen M, Rosenberg PH. Local anaesthetics and additives for spinal anaesthesia - characteristics and factors influencing the spread and duration of the block. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2003;17(3):305–22.
43. Van Zundert AAJ, Grouls RJE, Korsten HHM, Lambert DH. Spinal anesthesia volume or concentration - what matters? *Reg Anesth*. 1996;21(2):112–8.
44. Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Borghi B, Cedrati V, Torri G. Low dose hyperbaric bupivacaine for unilateral spinal anaesthesia. *Can J Anaesth*. 1998;45(9):850–4.
45. McLeod GA. Density of spinal anaesthetic solutions of bupivacaine, levobupivacaine, and ropivacaine with and without dextrose. *Br J Anaesth*. 2004;92(4):547–51.
46. Hogan QH, Prost R, Kulier A, Taylor M Lou, Liu S, Mark L. Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid volume and the influence of body habitus and abdominal pressure. *Anesthesiology*. 1996;84(6):1341–9.
47. Kim A, Sendlewski G, Zador E, Kalsi M, Zador L, Kurup V. Placing a lumbar epidural catheter. *N Engl J Med*. 2018;378(8):e11.
48. Ballantyne JC, Carr DB, DeFerranti S, Suarez T, Lau J, Chalmers TC, et al. The comparative effects of postoperative analgesic therapies on pulmonary outcome: cumulative meta-analyses of randomized, controlled trials. *Anesth Analg*. 1998;86(3):598–612.
49. Antibas PL, do Nascimento Junior P, Braz LG, Vitor Pereira Doles J, Módolo NS, El Dib R. Air versus saline in the loss of resistance technique for identification of the epidural space. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;18(7):CD008938.

50. Guay J, Nishimori M, Kopp SL. Epidural Local Anesthetics Versus Opioid-Based Analgesic Regimens for Postoperative Gastrointestinal Paralysis, Vomiting, and Pain After Abdominal Surgery: A Cochrane Review. *Anesth Analg*. 2016;123(6):1591–602.
51. Scherer R, Schmutzler M, Giebler R, Erhard J, Stöcker L, Kox WJ. Complications related to thoracic epidural analgesia: a prospective study in 1071 surgical patients. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1993;37(4):370–4.
52. Tanaka K, Watanabe R, Harada T, Dan K. Extensive application of epidural anesthesia and analgesia in a university hospital: Incidence of complications related to technique. *Reg Anesth*. 1993;18(1):34–8.
53. Moen V, Dahlgren N, Irestedt L. Severe neurological complications after central neuraxial blockades in Sweden 1990-1999. *Anesthesiology*. 2004;101(4):950–9.
54. Moraca RJ, Sheldon DG, Thirlby RC. The Role of Epidural Anesthesia and Analgesia in Surgical Practice. *Ann Surg*. 2003;238(5):663–73.
55. Park WY, Hagins FM, Rivat EL, Macnamara TE. Age and epidural dose response in adult men. *Anesthesiology*. 1982;56(4):318–20.
56. Burn JMB, Guyer PB, Langdon L. The spread of solutions injected into the epidural space: A study using epidurograms in patients with the lumbosciatic syndrome. *Br J Anaesth*. 1973;45(4):338–45.
57. Lehrveranstaltungen / Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer - Freies Wahlfach [Internet]. 2019 [cited 2019 Oct 26]. Available from: [https://online.medunigraz.at/mug_online/ee/ui/ca2/app/desktop/#!/slc.tm.cp/student/courses/218797?\\$ctx=design=ca;lang=de;profile=STUDENT;rbaId=](https://online.medunigraz.at/mug_online/ee/ui/ca2/app/desktop/#!/slc.tm.cp/student/courses/218797?$ctx=design=ca;lang=de;profile=STUDENT;rbaId=)
58. Mileder L, Wegscheider T, Dimai HP. Teaching first-year medical students in basic clinical and procedural skills - a novel course concept at a medical school in Austria. *GMS Z Med Ausbild*. 2014;31(1):Doc6.

Anhang – Ethikvotum

Ethikkommission



Medizinische Universität Graz

Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz
ethikkommission@medunigraz.at
Tel.: +43 / 316 / 385-13928, Fax: -14348

VOTUM gültig bis 14.05.2019

EK-Nummer: 30-296 ex 17/18
Studientitel: Simulation-based training program for medical students in spinal procedures
Prüfer: Dr. med. univ. Thomas Wegscheider
Medizinische Universität Graz
Sponsor: Medizinische Universität Graz
Ansprechpartner: Dr. med. univ. Thomas Wegscheider, 8036 Graz, Auenbruggerplatz 2
CRO: -
Antragsteller: Univ.-Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Klinische Abteilung für
Ansprechpartner: Dr. med. univ. Thomas Wegscheider

Die o.a. Studie wurde von der Ethikkommission erstmals im 'expedited Review' am 29.03.2018 behandelt. Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen:

Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung der Studie in der vorliegenden Form.

Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagesordnungspunkt als befugten anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben: keine

Zur Beurteilung vorliegende Dokumente:

Dokumente eingegangen am 19.03.2018, begutachtet im 'expedited Review' am 29.03.2018

✓ Antragsformular ECS	19.03.2018
✓ Originalprotokoll Studienprotokoll_RMNPV_V1.0_17032018 V1.0	17.03.2018
✓ Informed Consent Form Informed_Consent_RMNPV_V1.0_17032018 V1.0	17.03.2018
✓ Sonstiges: FIT_RMNPV_V1.0_17032018 V1.0	17.03.2018
✓ Sonstiges: PPC_RMNPV_spinal_V1.0_17032018 V1.0	17.03.2018
✓ Sonstiges: PPC_RMNPV_peridural_V1.0_17032018 V1.0	17.03.2018

Dokumente eingegangen am 04.05.2018, begutachtet im 'expedited Review' am 14.05.2018

✓ Antragsformular ECS Unterschriftenseiten	19.03.2018
✓ Sonstiges: Ansuchen auf Erlass Bearbeitungsbeitrag	19.03.2018
✓ Letter of Authorization	11.04.2018

Die Ethikkommission geht - rechtlich unverbindlich - davon aus, dass es sich um keine klinische Prüfung nach AMG bzw. MPG handelt.

Es handelt sich um eine Studie im Rahmen einer Diplomarbeit.

Das Votum der Ethikkommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung der Prüferin / des Prüfers / der Prüfer für die ordnungsgemäße Durchführung der Studie unter Einhaltung aller einschlägiger gesetzlicher Bestimmungen und Richtlinien.

Weiters machen wir darauf aufmerksam, dass der Kommission unverzüglich zu melden sind:

- Abweichungen vom Protokoll aus Sicherheitsgründen oder Protokolländerungen

EK-Nummer: 30-296 ex 17/18

Votum (14.05.2018)

Seite 1 von 2

Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz. www.medunigraz.at

Rechtsform: Juristische Person öffentlichen Rechts gem. Universitätsgesetz 2002. Information: Mitteilungsblatt der Universität und www.medunigraz.at, DVR-Nr. 210 9494. UID: ATU 575 111 79. Bankverbindung: Bank Austria Creditanstalt BLZ 12000 Konto-Nr. 500 948 400 04, Raiffeisen Landesbank Steiermark BLZ 38000 Konto-Nr. 49510.


- Änderungen, die das Risiko der Teilnehmer/-innen erhöhen oder die Durchführung der Studie wesentlich beeinflussen
- Mutmaßliche unerwartete schwerwiegende Nebenwirkungen - SUSARs (AMG-Studien ab 1.5.2004) oder schwerwiegende unerwünschte Ereignisse - SAEs (andere Studien)
- Jegliche Information über sonstige Umstände, die die Sicherheit der Teilnehmer/-innen oder die Durchführung der Studie beeinträchtigen können

Dieses Votum gilt für ein Jahr ab dem Datum der Ausstellung. Bei längerer Studiendauer ist rechtzeitig vor Ablauf der Gültigkeit des Votums ein Zwischenbericht vorzulegen (Berichtsformular), um eine etwaige Verlängerung zu erlangen.

Graz, 14. Mai 2018



Univ. Prof. Dr. Josef Haas
Vorsitzender



Univ. Prof. Dr. Hermann Toplak
Stv. Vorsitzender

Achtung: Bitte bei allen das Projekt betreffende Schreiben oder telefonischen Anfragen die EK-Nummer angeben!

Anhang – Informed Consent



Medizinische Universität Graz

Information und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Beobachtungsstudie

„Simulationsbasiertes Ausbildungsprogramm für Medizinstudierende in rückenmarksnahen Punktionsverfahren“

im Rahmen der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer – Freies Wahlfach (LV-
Nummer 0091.047)“

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie herzlich ein an der oben genannten Beobachtungsstudie teilzunehmen.

Ihre Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig, anonym und unentgeltlich. Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie haben keine nachteiligen Folgen für die Absolvierung der Lehrveranstaltung.

1. Was ist der Zweck dieser Studie?

Der Zweck dieser Beobachtungsstudie ist die Evaluierung der Effektivität der obengenannten Lehrveranstaltung. Des Weiteren werden die in dieser Untersuchung gesammelten Daten für die Verfassung einer wissenschaftlichen Abschlussarbeit zum Erwerb des Titels Doktor(in) der gesamten Heilkunde (Dr. med. univ.) herangezogen.

2. Wie läuft die Beobachtungsstudie ab?

Folgende Maßnahmen werden aus Studiengründen durchgeführt:

- 1) Sie ziehen zufällig und anonym eine TeilnehmerInnen-Identifikationsnummer. Diese stellt sicher, dass sämtliche von Ihnen erhobenen personenbezogenen Daten ausschließlich in anonymisierter Form analysiert werden können. Nur Sie kennen Ihre persönliche TeilnehmerInnen-Identifikationsnummer. Durch Vorlage dieser Nummer bei den Studienverantwortlichen, können Sie jederzeit die Löschung der mit dieser Nummer verknüpften Daten veranlassen.
- 2) Zu Beginn, während sowie am Ende der Lehrveranstaltung werden Ihr kognitives Wissen anhand schriftlicher Kenntnistests (formativer integrativer Tests / FIT) sowie Ihre praktische Fertigkeit per strukturierter Verfahrensüberprüfung (Procedure Proficiency Check / PPC) ermittelt.
- 3) Außerdem werden im Rahmen von Simulationstrainings Audio- und Videoaufzeichnungen dazu verwendet die Anwendbarkeit des Erlernten auf konkrete Situationen zu evaluieren.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Beobachtungsstudie?

Durch die Teilnahme an dieser Studie werden Sie potentiell zur Verbesserung der obengenannten Lehrveranstaltung beitragen. Sie selbst haben außer dem Erwerb theoretischen Wissens und praktischer Kenntnisse keinen Nutzen an der Teilnahme. Weder die Teilnahme, noch ein Austreten oder das Nichtteilnehmen an der Studie haben Auswirkung auf die Beurteilung der Lehrveranstaltung.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Nein. Grundsätzlich gibt es keine Risiken, Beschwerden oder Begleiterscheinungen, die direkt in Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Beobachtungsstudie stehen. Ihre kognitiven bzw. praktischen Fertigkeiten werden auch keinesfalls zur Lehrveranstaltungsbeurteilung herangezogen werden.

5. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser Beobachtungsstudie gesammelten Daten verwendet?

Nur Dr. med. univ. Thomas Wegscheider wird Zugriff auf jene Daten haben, in denen Sie namentlich genannt werden („personenbezogene“ Daten).

Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen Ihre Einwilligung in die wissenschaftliche Verwendung der Daten widerrufen.

Die Weitergabe der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und in anonymisierter Form. Sie werden ausnahmslos nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Daten dieser Studie (z.B. im Rahmen einer wissenschaftlichen Abschlussarbeit) werden Sie nicht namentlich genannt.

6. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen in Zusammenhang mit dieser Studie steht Ihnen folgende Person gerne zur Verfügung:

Dr. Thomas Wegscheider
Klinische Abteilung für Spezielle Anästhesiologie, Schmerz- und
Intensivmedizin, Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Medizinische Universität Graz

Erreichbar unter: thomas.wegscheider@medunigraz.at bzw. 0316 / 385 – 81872

7. Einwilligungserklärung

Name in Druckbuchstaben:

Geburtsdatum:

Matrikelnummer:

Ich habe dieses Informationsblatt gelesen und verstanden. Alle meine Fragen wurden beantwortet und ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Mit meiner persönlich datierten Unterschrift gebe ich hiermit freiwillig mein Einverständnis, dass meine Daten gespeichert und ohne direkten Personenbezug für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden dürfen. Ich weiß, dass ich diese Zustimmungen jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen kann.

Eine Kopie dieser Information und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt beim zuständigen Studienleiter.

.....
(Datum und Unterschrift des/-r Studienteilnehmenden)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des Studienleiters)

(Der / Die Teilnehmende erhält eine unterschriebene Kopie der Information und Einwilligungserklärung, das Original verbleibt im Studienordner des Studienleiters.)

Anhang – Formativer Integrativer Test

TeilnehmerInnen – ID:	Ergebnis

 **8 Minuten**

Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer

FIT

Formativer Integrativer Test

Rückenmarksnahe Punktionen

Frage 1 von 12

Die häufigste Punktionsstelle für die Spinalanästhesie befindet sich auf Höhe von ...

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- C4/5
- L2/3
- L3/4
- L4/5
- Th11/12

Frage 2 von 12

Keine Komplikationen der Spinalpunktion sind ...

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Blutdruckabfall
- Infektion
- peridurales Hämatom
- postspinaler Kopfschmerz
- vestibulärer Nystagmus

Frage 3 von 12

Bei Überschreiten der Sympathikusblockade über Brustwarzenniveau besteht die Gefahr einer ...

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Atemlähmung
- Bradykardie
- Hypertensiven Krise
- Paraplegie
- Tachykardie

Rückenmarksnahe Punktionen / Formativ integrativer Test (FIT) / V1.0 / 17.03.2018

Seite 1

Frage 4 von 12

Bei der Punktion des Spinalkanals durchdringt die Kanüle einige anatomische Strukturen. Benennen Sie die korrekte Reihenfolge!

(Kreuzen Sie die richtige Antwortmöglichkeit an!)

- Haut-subkutanes Fettgewebe-Lig. supraspinale-Lig. interspinale-Lig. flavum-Periduralraum-Dura mater-Spinalraum
- Haut-Periduralraum-Dura mater-Lig. supraspinale-Lig. interspinale-Lig. flavum-subkutanes Fettgewebe-Spinalraum
- Haut-subkutanes Fettgewebe-Lig. flavum-Lig. supraspinale-Lig. interspinale-Periduralraum-Dura mater-Spinalraum
- Haut-subkutanes Fettgewebe-Lig. supraspinale-Lig. flavum-Lig. interspinale-Dura mater-Periduralraum-Spinalraum
- Haut-subkutanes Fettgewebe-Lig. interspinale-Lig. supraspinale-Lig. flavum-Spinalraum-Dura mater-Periduralraum

Frage 5 von 12

Nennen Sie mögliche Kontraindikationen für eine Spinalpunktion/Spinalanästhesie!

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Alter >75 Jahre
- lokale Infektion in der Nähe der Punktionsstelle
- systemisch bakterielle Infektion
- Thrombozytenaggregationsstörung
- Verdacht auf erhöhten intrakraniellen Druck
- vorangegangene Operation an der BWS

Frage 6 von 12

Unterschied zwischen Periduralanästhesie (=PDA) und Spinalanästhesie?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- bei der Periduralanästhesie wird die Dura durchstoßen, bei der Spinalanästhesie nicht
- bei der Spinalanästhesie wird die Dura durchstoßen, bei der Periduralanästhesie nicht
- bei der Spinalanästhesie wird lediglich die Sensibilität ausgeschaltet
- Periduralanästhesie und Spinalanästhesie sind Synonyme
- Keine Antwortmöglichkeit ist richtig

Frage 7 von 12

Bei welcher Komplikation wird ein sog. „periduraler Blut-Patch“ (Blutplombe) durchgeführt?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Doppelbilder
- Parese kaudal der Punktionsstelle
- peridurales Hämatom
- schwerer postspinaler Kopfschmerz (länger als 4-5 Tage)
- Schwindel

Frage 8 von 12

Sie befinden sich am Ende Ihrer Ausbildung zur/zum Fachärztin/Facharzt für Anästhesiologie und leiten die Narkose bei einer Patientin, bei welcher eine Thorakotomie durchgeführt wird. Sie entscheiden sich unter anderem für die Anlage eines Periduralkatheters. Ihre angestrebte Anästhesieausbreitung betrifft das Areal Th2-8.

Sie führen die Punktion daher korrekterweise auf Höhe von durch?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Th6/7
- Th7/8
- Th8/9
- Th9/10
- Th10/11

Frage 9 von 12

Was versteht man unter dem sog. „*loss of resistance*“?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Als *loss of resistance* wird der Durchtritt der Kanüle durch das Lig. interspinale bezeichnet.
- Als *loss of resistance* wird der Durchtritt der Kanüle durch die Dura bezeichnet.
- Beim Durchtritt der Kanüle durch das Lig. flavum in den Periduralraum kommt es zum abrupten Abfall des Injektionswiderstands.
- Nach Injektion eines Lokalanästhetikums in den Spinalraum kann es zu einem plötzlichen Blutdruckabfall kommen, welcher als *loss of resistance* bezeichnet wird.
- Der *loss of resistance* wird durch den punktionsinduzierten Hustenreiz ausgelöst.

Frage 10 von 12

Welche Aussage trifft zu?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- bei der PDA kommt es in 90% zu einem massiven Blutdruckabfall weshalb besondere Vorsicht geboten ist
- bei der PDA wird der Liquorraum eröffnet
- die PDA ist ein komplikationsloses Verfahren
- die Wirkung der PDA tritt wesentlich schneller ein als die der Spinalanästhesie
- eine Kopfschmerzanamnese ist keine Kontraindikation für die PDA

Frage 11 von 12

Komplikationen bei der PDA können sein ...

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- Atemdepression bei periduraler Gabe von Opioiden
- Blutdruckabfall nach Injektion eines Lokalanästhetikums
- Katheterabscherung
- peridurales Hämatom
- Rückenmarksverletzung

Frage 12 von 12

Welche Fasern werden bei der Spinalanästhesie durch das Lokalanästhetikum als Erstes blockiert?

(Kreuzen Sie die richtige/n Antwortmöglichkeit/en an!)

- A-alpha-Fasern
- A-beta-Fasern
- A-delta-Fasern
- B-Fasern
- C-Fasern

Anhang – Checklisten

TeilnehmerInnen – ID:	Ergebnis	Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer <h1 style="font-size: 2em; margin: 0;">PPC</h1> Procedure Proficiency Check
Checker – ID:	----- von 11 Punkten	

⌚ ___ Min ___ Sek

**Rückenmarksnahe Punktionsverfahren
(Spinalpunktion)**

Situationsbriefing:

- Männlicher, 45 Jahre alter Patient in sitzender Position, an den Überwachungsmonitor angeschlossen (EKG, SpO₂, NiBP), normfrequenter Sinusrhythmus
- Eine Spinalpunktion soll durchgeführt werden
- TeilnehmerIn übernimmt die Rolle des Arztes/der Ärztin, 1 Assistenz steht zur Verfügung
- Ein Tisch mit dem benötigtem Material steht zur Verfügung, steril verpacktes Material wird von der Assistenz zugereicht
- **Zeitdokumentation von Beginn bis Ende des Szenarios**

Checkliste	<input checked="" type="checkbox"/>
Arzt / Ärztin achtet auf die eigene Schutzausrüstung (keimarme Handschuhe).	
Arzt / Ärztin findet die korrekte Punktionsstelle auf (L3/L4).	
Arzt / Ärztin führt eine 3-malige Sprüh/Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel durch und beachtet jeweils die Einwirkzeit.	
Arzt / Ärztin bereitet die Lokalanästhesie korrekt vor und setzt anschließend eine oberflächliche und tiefe Lokalanästhesie.	
Arzt / Ärztin führt eine hygienische Händedesinfektion durch.	
Arzt / Ärztin kleidet sich steril an (Mund-Nasenschutz, Kopfaube, steriler Mantel, sterile Handschuhe)	
Arzt / Ärztin führt eine korrekte Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel durch und bringt ein steriles Lochtuch über der Punktionsstelle an.	
Arzt / Ärztin achtet auf die Sterilität am Arbeitsplatz. Mindestens: steriles Abdecken des Tisches	
Arzt / Ärztin führt die Punktion des Spinalraumes durch und entfernt den Mandrin.	
Arzt / Ärztin führt eine Aspirationsprobe durch.	
Arzt / Ärztin deckt die Punktionsstelle mit sterilem Verbandsmaterial ab.	

TeilnehmerInnen – ID:	Ergebnis	Die Grazer SIMLine: Critical Care Transfer <h1 style="margin: 0;">PPC</h1> Procedure Proficiency Check
Checker – ID:	----- von 15 Punkten	

___ Min ___ Sek	Rückenmarksnahe Punktionsverfahren (Periduralpunktion)
---	---

Situationsbriefing:

- Männlicher, 45 Jahre alter Patient in sitzender Position, an den Überwachungsmonitor angeschlossen (EKG, SpO₂, NiBP), normfrequenter Sinusrhythmus
- Ein Periduralkatheter soll angelegt werden
- TeilnehmerIn übernimmt die Rolle des Arztes/der Ärztin, 1 Assistenz steht zur Verfügung
- Ein Tisch mit dem benötigtem Material steht zur Verfügung, steril verpacktes Material wird von der Assistenz zugereicht
- **Zeitdokumentation von Beginn bis Ende des Szenarios**

Checkliste	<input checked="" type="checkbox"/>
Arzt / Ärztin achtet auf die eigene Schutzausrüstung (keimarme Handschuhe).	
Arzt / Ärztin führt eine 3-malige Sprüh/Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel durch und beachtet jeweils die Einwirkzeit.	
Arzt / Ärztin bereitet die Lokalanästhesie korrekt vor und setzt anschließend eine oberflächliche und tiefe Lokalanästhesie.	
Arzt / Ärztin führt eine hygienische Händedesinfektion durch.	
Arzt / Ärztin kleidet sich steril an (Mund-Nasenschutz, Kopfhabe, steriler Mantel, sterile Handschuhe)	
Arzt / Ärztin führt eine korrekte Wischdesinfektion mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel durch und bringt ein steriles Lochtuch über der Punktionsstelle an.	
Arzt / Ärztin achtet auf die Sterilität am Arbeitsplatz. Mindestens: steriles Abdecken des Tisches	
Arzt / Ärztin führt eine 2-3cm tiefe Punktion mit der PDA-Kanüle durch, entfernt den Mandrin und setzt eine Lokalanästhesie für die tiefe Rückenmuskulatur.	
Arzt / Ärztin schiebt die Kanüle bis in den PD-Raum weiter vor.	
Arzt / Ärztin führt den Periduralkatheter korrekt über die Kanüle ein (Katheter wird nicht an der Spitze angefasst).	
Arzt / Ärztin entfernt die Kanüle gegenläufig des Katheters.	
Arzt / Ärztin konnektiert die Katheterkupplung und führt eine Aspirationsprobe durch.	
Arzt / Ärztin konnektiert den PDK-Filter und injiziert (langsam) eine Testdosis.	
Arzt / Ärztin reinigt die Punktionsstelle.	
Arzt / Ärztin fixiert den Katheter korrekt (Katheter wird in Schlaufenform angelegt, Fixierung des Katheters entlang des Rückens, Fixierung des PDK-Filters über der linken Patientenschulter).	