

Aus der
Klinik für Allgemein-, Viszeral-, und Transplantationschirurgie
Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Jens Werner

**Eine Interventionsstudie am Laparoskopie-Simulator
mit Vergleich von HandballerInnen mit Studierenden der Medizin**

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

vorgelegt von
Florian Moritz Constantin Becker

aus
Berlin

Jahr
2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Markus Guba
Mitberichterstatter: PD Dr. Inga Hege
Prof. Dr. Thomas Gilg

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. Rainer Christoph Miksch

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 21.11.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Zusammenfassung:	6
Abstract:	7
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Einleitung	12
1.1. Ziel und Fragestellung	12
1.2. Definitionen	13
1.2.1. Minimal-invasive Chirurgie.....	13
1.2.2. Das Endoskop.....	13
1.2.3. Die Laparoskopie	13
1.3. Die laparoskopische Chirurgie.....	14
1.3.1. Historischer Überblick.....	14
1.3.2. Anwendungsgebiete	16
1.3.3. Die Bedeutung der Hand-Augen-Koordination	18
1.3.4. Einordnung in den thematischen Kontext, Ansätze und Ausblick	19
1.3.5. Hypothese	21
1.4. Die technische Ausstattung der Laparoskopie	22
1.4.1. Das Laparoskop.....	22
1.4.2. Instrumente und Technik	22
1.4.3. OP-Setting.....	26
1.4.4. Trainingskonzepte und Endotrainer.....	27
1.5. Die Cholezystektomie als Beispiel eines laparoskopischen Eingriffs.....	29
1.5.1. Definitionen	29
1.5.2. Anatomische Grundlagen	29
1.5.3. Epidemiologie	32
1.5.4. Indikationen.....	32
1.5.5. Kontraindikationen	32
1.5.6. Operatives Vorgehen	33
1.5.7. Peri- und postoperatives Management.....	34
1.5.8. Komplikationen	34
2. Methodik und Material	35
2.1. Design der Studie	35
2.1.1. Dokumentation.....	37
2.1.2. Datenerhebung	37
2.1.3. Parameter und statistische Auswertung.....	38
2.1.4. Datenauswertung.....	38
2.1.5. Statistische Auswertung.....	38
2.2. Manuelle Aufgaben der SAGES	40
2.2.1. PEG-Transfer	41

2.2.2.	Precision Cutting	43
2.2.3.	Suturing with intracorporeal knot	45
2.3.	NASA-TLX.....	47
2.3.1.	Mental Demand.....	47
2.3.2.	Physical Demand	47
2.3.3.	Temporal Demand	47
2.3.4.	Performance.....	47
2.3.5.	Effort.....	48
2.3.6.	Frustration	48
2.3.7.	Rating.....	48
3.	Ergebnisse.....	49
3.1.	Probandenkollektiv.....	49
3.2.	PEG-Transfer	50
3.2.1.	Zeit	50
3.2.2.	Fehler	52
3.2.3.	Performance Score	52
3.3.	Precision Cutting	57
3.3.1.	Zeit	57
3.3.2.	Fehlschnitte.....	58
3.3.3.	Gradanzahl.....	59
3.3.4.	Ausrisse/Abbrüche	61
3.3.5.	Performance Score	62
3.4.	Intracorporeal Suturing	67
3.4.1.	Zeit	67
3.4.2.	Abweichung.....	68
3.4.3.	Knotenausführung.....	69
3.4.4.	Gültige Durchführungen.....	71
3.4.5.	Performance Score	72
3.5.	NASA Test	77
4.	Diskussion	79
4.1.	Zusammenfassung	79
4.1.1.	Probandenkollektiv.....	80
4.1.2.	Materialien und Methodik.....	81
4.2.	PEG-Transfer	83
4.3.	Precision Cutting	85
4.4.	Intracorporeal Suturing	86
4.5.	Praktische Implikationen	88
	Literaturverzeichnis	91
	Anhang A:	96
	Danksagung.....	99
	Affidavit.....	100

Zusammenfassung:

Die laparoskopische Chirurgie hat sich in den letzten 20 Jahren zum Goldstandard bei den meisten operativen abdominellen Eingriffen entwickelt. Das Outcome eines solchen Eingriffs ist dabei abhängig von der Erfahrung und den Fertigkeiten des Operateurs.

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die prospektive Analyse der Fertigkeiten von HandballerInnen am Laparoskopie-Simulator (Endotrainer). Die Hypothese ist, dass die im Handballsport bewährte Hand-Augen-Koordination einen Einfluss darauf hat, warum HandballerInnen a priori und im Verlauf des Trainings bessere Ergebnisse erzielen als Studierende der Medizin.

Die Trainingskonzepte in der minimal-invasiven Chirurgie haben sich in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Um diese weiterhin zu verbessern und positive Einflüsse herauszufiltern, werden folgende Fragestellungen bearbeitet: Wie unterscheidet sich die Leistung der HandballerInnen von derer von Studierenden der Medizin? Womit kommen HandballerInnen besser zurecht und womit die potentiellen ChirurgInnen? Welche Probleme oder Chancen ergeben sich in beiden Kohorten?

Um diesen Fragen zu beantworten, wurde eine Versuchsreihe mit zwei Gruppen durchgeführt. Eine Fallgruppe bestehend aus HandballerInnen (n=13) und eine Kontrollgruppe bestehend aus Studierenden der Medizin (n=73). Die Testung der Kontrollgruppe hat bereits im Vorfeld dieser Studie stattgefunden.

An einem Endotrainer absolvierten beide Gruppen die gleichen, genormten Übungen, ohne bisher Erfahrung in diesem Bereich gesammelt zu haben.

Als Basis der verschiedenen Aufgaben diente das webbasierte Trainingsprogramm der Fundamentals of laparoscopic surgery (FLS), das auch in der klinischen Praxis zur Ausbildung und zum Training von ChirurgInnen genutzt wird. Alle ProbandInnen absolvierten an vier Terminen je drei Aufgaben am Endotrainer. Die Aufgaben bezogen sich dabei auf die Hand-Augen-Koordination und nahmen in der Schwierigkeit zu. Für jede Übung besteht ein vordefinierter Schlüssel, der in Zusammenschau der gemessenen Parameter einen Performance-Score ergibt. Anhand dieses Performance-Scores lassen sich die Leistungen der einzelnen ProbandInnen, aber auch der Gruppen miteinander vergleichen. Außerdem lassen sich Rückschlüsse auf die Lernkurven ziehen.

Bei allen drei Übungen konnten die ProbandInnen eine positive Lernkurve und eine kontinuierliche Verbesserung aufweisen, die sich in einer Steigerung des Performance-Scores darstellen lässt. Für die Aufgabe PEG-Transfer ergab sich am vierten von vier Tagen ein moderater, signifikanter Unterschied bei der Performance. Beim Precision Cutting war der Unterschied an den Tagen 1 bis 3 signifikant, während sich am vierten Tag kein signifikanter Unterschied bei der Leistung zeigen lassen konnte. Nach statistischer Auswertung ließ sich für die dritte Aufgabe, das Intracorporeal Suturing, an keinem Tag ein signifikanter Unterschied für die Performance von HandballerInnen und Studierenden der Medizin feststellen.

Abstract:

Laparoscopic surgery has become the gold standard for most abdominal surgical procedures over the last 20 years. The outcome of such a procedure depends on the experience and skills of the surgeon.

The primary aim of this work is to prospectively analyze the skills of handballers on the laparoscopy simulator (endotrainer). The hypothesis is that hand-eye coordination, which is well established in handball, has an influence on why handball players perform better than medical students at the beginning and then also from the learning curve.

Training concepts in minimally invasive surgery have continued to evolve in recent years. In order to continue to improve them or to filter out positive influences, the following questions will be addressed: How does the performance of handball players differ from medical students? What do handball players cope better with and what do potential surgeons cope better with? What problems or opportunities arise in both cohorts?

To get closer to these questions, a series of experiments with two groups was conducted. A case group consisting of handball players (n=13) and a control group consisting of medical students (n=73). Testing of the control group had already taken place prior to this study.

Both groups completed the same standardized exercises on an endo trainer without having had any previous experience in this area.

The web-based Fundamentals of laparoscopic surgery (FLS) training program, which is also used in clinical practice to educate and train surgeons, served as the basis for the various tasks. All subjects completed three tasks on the endotrainer on each of four dates. The tasks were related to hand-eye coordination and increased in difficulty. For each exercise there is a predefined key, which in combination with the measured parameters results in a performance score. This performance score can be used to compare the performance of the individual subjects and also of the groups. In addition, conclusions can be drawn about the learning curves.

In all three exercises, the test persons showed a positive learning curve and a continuous improvement, which can be represented by an increase in the performance score. For the PEG Transfer task, there was a moderate, significant difference of the results on the last of four days. For Precision Cutting, the difference was significant on days 1 to 3, while no significant difference in performance could be shown on the fourth day. After statistical analysis, for the third task, Intracorporeal Suturing, no significant difference could be found for the performance of handball players and medical students on any day.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Trokardorn und Trokare	23
Abbildung 2 - Instrumente: Schere, Greifzange und Nadelhalter	25
Abbildung 3 - Nadel und Faden Polysorb 2-0	25
Abbildung 4 - Endotrainer als In-vitro Modell	28
Abbildung 5 - Topographie der Gallenblase	30
Abbildung 6 - Arterielle und venöse Versorgung der Gallenblase	31
Abbildung 7 - Calot-Dreieck mit Begrenzungen	31
Abbildung 8 - Laparoskopische Cholezystektomie - Trokarplatzierung	33
Abbildung 9 - Übungsaufbau PEG-Transfer	41
Abbildung 10 - Übungsaufbau Precision Cutting	43
Abbildung 11 - Links: Übungsring, Rechts: Testring	44
Abbildung 12 - Übungsaufbau Intracorporeal Suturing	45
Abbildung 13 - Simulierte Gefäßläsion mit Ein- und Ausstichstelle	46
Abbildung 14 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag - PEG Transfer	50
Abbildung 15 - Performance Score HandballerInnen beim PEG Transfer Tag 1 bis 4	53
Abbildung 16 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim PEG Transfer	53
Abbildung 17 - Entwicklung Performance Score Studierende beim PEG Transfer Tag 1 bis 4	54
Abbildung 18 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim PEG Transfer	54
Abbildung 19 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag beim Precision Cutting	57
Abbildung 20 - Anzahl der Fehlschnitte pro ProbandIn je Tag beim Precision Cutting	58
Abbildung 21 - Durchschnittlich geschnittene Gradanzahl beim Precision Cutting	59
Abbildung 22 - Absolute und relative Anzahl an ausgeschnittenen Kreisen beim Precision Cutting	60
Abbildung 23 - Absolute und relative Anzahl bestandener Versuche beim Precision Cutting	61
Abbildung 24 - Performance Score der HandballerInnen beim Precision Cutting Tag 1 bis 4	62
Abbildung 25 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim Precision Cutting	63
Abbildung 26 - Entwicklung Performance Score der Studierenden beim Precision Cutting Tag 1 bis 4	63
Abbildung 27 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim Precision Cutting	64
Abbildung 28 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag beim Intracorporeal Suturing	67

Abbildung 29 - Abweichung in mm pro ProbandIn je Tag beim Intracorporeal Suturing.....	68
Abbildung 30 - Absolute und relative Anzahl fehlerhafter Knoten beim Intracorporeal Suturing	69
Abbildung 31 - Absolute und relative Anzahl insuffizienter Knoten - Intracorporeal Suturing	70
Abbildung 32 - Absolute und relative Anzahl gültige Durchgänge beim Intracorporeal Suturing	71
Abbildung 33 - Entwicklung Performance Score HandballerInnen Tag 1 bis 4 beim Intracorporeal Suturing	72
Abbildung 34 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim Intracorporeal Suturing.....	73
Abbildung 35 - Entwicklung Performance Score Studierende Tag 1 bis 4 beim Intracorporeal Suturing	74
Abbildung 36 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim Intracorporeal Suturing	75
Abbildung 37 - Wichtigkeit der Ebenen im Gesamten	77
Abbildung 38 - Entwicklung der Wichtigkeit aller Ebenen über alle 4 Tage.....	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Demographie des Probandenkollektivs	49
Tabelle 2 - Fehleranzahl beim PEG Transfer	52
Tabelle 3 - Ränge und statistische Auswertung PEG Transfer	55
Tabelle 4 - Ränge und statistische Auswertung Precision Cutting	65
Tabelle 5 - Ränge und statistische Auswertung Intracorporeal Suturing.....	76

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
A.	Arteria (Arterie)
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften ev.
bzw.	beziehungsweise
CAES	Chirurgische Arbeitsgemeinschaft Endoskopie und Sonografie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Dct.	Ductus (Gang)
Destatis	Statistisches Bundesamt
et al.	und andere in der Literaturangabe bei Veröffentlichung mehrerer Personen
FLS	Fundamentals of Laparoscopic Surgery
Geschlecht (w/m)	w = weiblich; m= männlich
LA	Laparoskopische Appendektomie
Lig.	Ligamentum (Band)
MIC	Minimal-invasive Chirurgie
MISTELS	McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills
MTSV	Männer-Turn- und Sportverein
n	Anzahl der Stichprobe
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OP	Operation
p.W.	pro Woche
R.	Ramus (Ast)
r	Effektstärke nach Cohen
SAGES	Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons
TLX	Task Load Index
u.a.	unter anderem
V.	Vena (Vene)
v.	vor
VR	Virtuelle Realität
Z	Statistischer Wert zur Unterscheidung von Leistungen zweier Gruppen

1. Einleitung

1.1. Ziel und Fragestellung

In dieser Arbeit wird die Leistung von HandballerInnen am Laparoskopie-Simulator getestet und Leistungen von Medizinstudierenden, den potentiellen ChirurgInnen der Zukunft, gegenübergestellt.

Die minimal-invasive Chirurgie hat die chirurgische Disziplin revolutioniert. Sie gehört mittlerweile zum festen Bestandteil der Kernkompetenz aller ChirurgInnen. Zudem wird das operative Spektrum der minimal-invasiven Chirurgie immer breiter.(1)

Dementsprechend haben sich auch die Trainingskonzepte in der minimal-invasiven Chirurgie in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Im Gegensatz zur offenen Chirurgie ist die Lernkurve bei der minimal-invasiven Chirurgie deutlich flacher. Dies macht das häufige Trainieren bestimmter Übungen und Abläufe umso wichtiger.(2, 3)

Laparoskopische Interventionen können mit einem Training am Simulator optimiert und die Leistung der ChirurgInnen verbessert werden.(4) Aus diesem Grund wurde ein Simulator-basiertes Training des American College of Surgeons eingeführt.(5)

Als besonders wichtiges Element bei minimal-invasiven Eingriffen gilt die Hand-Augen-Koordination.(6) Bereits das Trainieren von Basis-Übungen zeigt einen messbaren Effekt auf das Ergebnis laparoskopischer Eingriffe.(7)

Die Hand-Augen-Koordination spielt zudem eine wichtige Rolle in verschiedenen Ball-sportarten. So zeigten Tests den Vorteil von HandballerInnen und BasketballerInnen gegenüber AthletInnen anderer Sportarten.(8)

Das vorrangige Ziel dieser Arbeit ist die prospektive Analyse der Fertigkeiten von HandballerInnen am Laparoskopiesimulator. Für diese Zwecke dienen Übungen an verschiedenen Tagen als Intervention.

Sowohl die sportliche Leistung als auch Operationen benötigen eine präzise Ausführung von komplexen Bewegungsmustern unter Zeitdruck.

Die Hypothese ist, dass HandballerInnen aufgrund der Hand-Augen-Koordination zu Beginn und insgesamt bei der Lernkurve eine bessere Leistung am Laparoskopie-Simulator erzielen als Studierende der Medizin.

1.2. Definitionen

1.2.1. Minimal-invasive Chirurgie

Die minimal-invasive Chirurgie (kurz MIC) ist ein operatives Verfahren, das großen Funktionserhalt gewährleistet, indem es Strukturen weitestgehend schont und vor größerer Narbenentstehung schützt.(9)

Diese Vorteile werden durch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der notwendigen operativen, instrumentellen und apparativen Technik gesichert.(10)

In der MIC lässt sich die Laparoskopie von der Endoskopie abgrenzen. Als Synonym für die minimal-invasive Chirurgie wird auch der Begriff der „Schlüsselloch-Technik“ verwendet.(11) Besonders wichtig für diese Art der Chirurgie ist ein hoch technisierter Arbeitsplatz in Form eines Hybrid-OPs. Dieser beinhaltet im eigentlichen OP-Saal zusätzlich passende Schnittstellen zur Darstellung der Bildgebung und Benutzung der Technik.(11)

1.2.2. Das Endoskop

Das Endoskop erlaubt die Untersuchung von Körperhöhlen mittels Lichtsystem, Objektiv und Videochip (Okular). Zudem dienen Vorrichtungen zum Spülen und Absaugen für ein sauberes und übersichtliches Arbeiten.(12)

Für diagnostische und auch therapeutische Zwecke lassen sich zudem Spezialinstrumente einführen, auf die im weiteren Verlauf der Arbeit weiter eingegangen wird.

Das flexible Endoskop wird vom starren Endoskop unterschieden. Letzteres wird u.a. im Rahmen einer Thorakoskopie, Rekto-/Proktoskopie, und vor allem bei der Laparoskopie eingesetzt.(12)

1.2.3. Die Laparoskopie

Die Laparoskopie beschreibt die Sichtung der Bauchhöhle mittels Endoskop. Durch mehrere, kleine Schnitte in der Haut der PatientInnen werden Trokare, sogenannte Arbeitsrohre, in den Bauch eingebracht. Durch die Trokare kann mit zusätzlichen, speziell für diese Art von Eingriffen angefertigten Instrumenten gearbeitet werden, wodurch eine umfassende Beurteilung vom jeweiligen Operationsgebiet möglich wird. Für eine bessere Darstellung wird die Körperhöhle mittels CO₂-Insufflation aufgebläht. Im Anschluss können Geräte und Endoskop vorgeschoben werden.(12)

1.3. Die laparoskopische Chirurgie

1.3.1. Historischer Überblick

Die laparoskopische Chirurgie ist ein noch relativ junges chirurgisches Tätigkeitsfeld, das vor allem im ästhetischen Sinne eine absolute Bereicherung für den Menschen bietet, jedoch auch im Outcome der konventionellen Chirurgie in nichts nachsteht. Blickt man in der Geschichte zurück, so war die Chirurgie eine wahre Kraftanstrengung und ein nicht gerade sauberes Handwerk.

Die Chirurgie an sich ist wahrscheinlich so alt wie die Menschheit selbst. Die Untersuchung von gefundenen Leichen aus der Steinzeit zeigte, dass bereits zu dieser Zeit Trepanationen, operative therapeutische Eröffnungen der Schädelkalotte zur Druckentlastung, durchgeführt wurden. Es ließen sich um die Trepanationslöcher Knochenneubildungen feststellen, sodass davon auszugehen ist, dass diese Behandlungen auch bereits in diesen Zeiten überlebt wurden.(13, 14)

In der hellenistischen Zeit kam es letztlich zum größten Fortschritt der früheren Geschichte. Bereits im 5. Jahrhundert v. Christus wurden entsprechende Ärztehäuser mit Sprechzimmern und Operationssälen gebaut.(14)

Der wohl bekannteste Name dieser Zeit spielt auch heute medizingeschichtlich eine bedeutende Rolle. Hippokrates, ein herausragender Mediziner seiner Zeit, der sowohl Schriften über die Innere Medizin verfasste, als auch in seinen chirurgischen Werken einzelne Operationen beschrieb und darstellte.(14)

Im 13. Jahrhundert wurde die Medizin in Italien und Frankreich immer bedeutsamer. Aus diesen Zeiten belegen zahlreiche Niederschriften und Zeichnungen verschiedenster Operationen diese Entwicklung.(14)

Sehr blutige und gleichsam menschenunwürdige Eingriffe waren Gang und Gebe. Hinzu kamen große Narben, die die Infektionsgefahr erhöhten und somit den Erfolg einer gelungenen Operation in Gefahr brachten.

Der große Fortschritt der Chirurgie trat im 19. Jahrhundert mit dem Aufkommen zahlreicher Erfindungen ein. Inspiriert von einem Schwertschlucker führte Adolf Kußmaul die erste Endoskopie des Magens mit einem starren Endoskop durch.(15) Die noch widrigen Lichtverhältnisse verhinderten jedoch diagnostische Erkenntnisse.

Mit der Entwicklung eben dieser Endoskopie um 1850 und der Weiterentwicklung der Technik, nahm das Potenzial seinen Lauf.

1901 führte Georg Kelling, ein Gastroenterologe, die erste Laparoskopie an einem Hund durch.(16) Damit konnte er als erster Mensch per „Schlüssellochtechnik“ in das Innere

eines Lebewesens blicken. Im Jahre 1910 gelang Hans-Christian Jacobaeus der erste laparoskopische Eingriff am Menschen.(16) 1933 schaffte Fervers die erste laparoskopische Bridenlösung.(17)

Aus deutscher Sicht ist der Gynäkologe Kurt Semm in der Weiterentwicklung der Laparoskopie von großer Wichtigkeit. Er entwickelte nicht nur die Pelviskopie (Spiegelung des Beckens) zur Diagnostik und Therapie weiter, sondern auch die dafür notwendigen Instrumente und Techniken. Hierunter fielen der CO₂-Insufflator 1963 oder die Thermo-koagulation 1973. Im Rahmen dieser neuartigen chirurgischen Weiterentwicklung war der in der Frauenheilkunde ansässige Semm heftigen Anfeindungen seiner chirurgischen KollegInnen ausgesetzt. Er ließ sich jedoch nicht beirren und arbeitete vehement weiter an der Entwicklung seiner Ideen. Schließlich ist es sein Verdienst, dass die Spiegelung des kleinen Beckens weiterentwickelt und die Laparoskopie etabliert wurde.(18)

In den 1980er Jahren führte Semm die erste laparoskopische Appendektomie und vier Jahre später die erste Laparoskopie-assistierte vaginale Hysterektomie durch.(19, 20)

Die Folgejahre waren geprägt von zahlreichen Weiterentwicklungen durch die aufkommende Technisierung. Trotz des Gegenwindes und Versuchen von chirurgischen Kollegen ihm die Approbation zu entziehen, konnte Semm durch zahlreiche Demonstrationen die laparoskopische Chirurgie in den USA etablieren. So waren es immer mehr ChirurgInnen, die auf den Zug aufsprangen.

1985 führte Erich Mühe, ein deutscher Chirurg, mit den von Semm erfundenen Gerätschaften die erste laparoskopische Cholezystektomie durch.(21)

Die Gründung von Arbeitsgemeinschaften wie die Chirurgische Arbeitsgemeinschaft Endoskopie und Sonografie (CAES) in Hamburg 1976 und die Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (SAGES) führten zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung dieser Operationstechnik.(22, 23)

In den urologischen Fachmagazinen wurde 1983 zum ersten Mal der Begriff „Minimal invasive Chirurgie“ von John Wickham geprägt.(24)

Heutzutage gilt am Abdomen der laparoskopische Zugang für die allermeisten Eingriffe als Standard. Dies erfordert im Denken und Handeln der Chirurgen einen Paradigmenwechsel. Zum einen sind selbstverständlich die anatomischen und medizinischen Grundlagen unbedingte Voraussetzung, zum anderen wird es jedoch kontinuierlich wichtiger Operationen in immer kleinere Teilschritte zu unterteilen, um den kompletten Operationsvorgang zu perfektionieren. Exakt dies beschreibt ein Konzept von Dr. Marc Im-

menroth über mentales Training in der Chirurgie. Seine Gedanken werden auf sportpsychologisches Training zurückgeführt. Vergleichbar mit einer Bewegungsanalyse ist das Unterteilen der einzelnen chirurgischen Schritte.(25)

In den letzten Jahren hat sich das Einsatzspektrum der laparoskopischen Chirurgie vor allem auch im Bereich der Onkologie und Leberchirurgie vergrößert.

Der Anteil von großen laparoskopischen Eingriffen (≥ 3 Lebersegmente) bzw. komplexen Resektionen ist laut einer Metaanalyse aus dem Jahr 2016 mit 30% relativ gesehen zwar gering, absolut nimmt die Bedeutung der laparoskopischen Eingriffe auch in der Leber- und Pankreaschirurgie zu. (26)

Die häufigste Indikation eines laparoskopischen Eingriffes in der onkologischen Leberchirurgie ist das hepatozelluläre Karzinom.(26) Gerade zur Senkung potenzieller Komplikationen bei Patienten mit Leberzirrhose wird bevorzugt die minimalinvasive Technik eingesetzt.(27)

1.3.2. Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete der laparoskopischen Chirurgie sind vielseitig.(1) So findet sich die Laparoskopie nicht nur in den Fachrichtungen der Allgemein- und Viszeralchirurgie bei der Reparatur von Bauchhernien oder bei Resektionen des Kolons. Insbesondere auch in Fächern wie der Gynäkologie und Urologie kommt die Technik u.a. bei Hysterektomien oder Prostata-Operationen zum Einsatz.(28)

Je nach Befund des Patienten, chirurgischer Kompetenz und nach Abschätzung von Nutzen und Risiken wird eine Operation konventionell offen oder minimal-invasiv laparoskopisch operiert. Eine Laparoskopie kann sowohl zur Diagnostik als auch zur Therapie eingesetzt werden.

1.3.2.1. Diagnostische Laparoskopie

Zu den diagnostischen Indikationen der Laparoskopie zählt die Abklärung bei unklaren abdominellen Beschwerden und die Abklärung bei onkologischem Verdacht. Die sogenannte explorative - also erkundende - Laparoskopie wird insbesondere zum Tumorstaging, zur Feststellung der Ausdehnung, zur Gewinnung von Biopsien und zur makroskopischen Beurteilung bei gastrointestinalen Fragestellungen eingesetzt.(29) Ziel der diagnostischen Laparoskopie ist die Diagnosefindung und eine gegebenenfalls damit verbundene Operationsindikation.

Für jede medizinische Intervention gibt es Kontraindikationen, die es zu beachten gilt. Darunter zählen unter anderem kardio-pulmonale Störungen in Form einer dekompensierten Herzinsuffizienz, eines akuten Myokardinfarkts oder auch schwere Lungenerkrankungen. Gerinnungsstörungen bieten das Risiko von akuten, schweren Blutungen. Schwere Infektionen im Sinne einer Peritonitis könnten zur Keimverschleppung und im schlimmsten Fall zur Sepsis führen.(29)

1.3.2.2. Therapeutische Laparoskopie

Die Indikationen der therapeutischen Laparoskopie richten sich nach der Grunderkrankung. Ein Beispiel der therapeutischen Laparoskopie ist die Cholezystektomie, die Entfernung der Gallenblase.(18) Die laparoskopische Cholezystektomie ist die am häufigsten durchgeführte minimalinvasive Operation von AllgemeinchirurgInnen.(30) Die Laparoskopie wird auch bei der Appendektomie als Goldstandard bei akuter Appendizitis eingesetzt. Eine Studie der Universität Marburg verwies in diesem Fall auf eine deutlich reduzierte Komplikationsrate und verkürzte Liegedauer.(31, 32) Zudem zeigt sich auch im pädiatrischen Setting bei einer akuten Appendizitis eine Überlegenheit der laparoskopischen Technik.(33)

Weitere Indikationen sind die Sigmadivertikulitis und kolorektale Adenome. Kontraindikationen ergeben sich aus dem jeweiligen Eingriff. Bei der Cholezystektomie sind dies beispielsweise eine akute Pankreatitis, Choledocholithiasis mit Verschlussikterus sowie der Verdacht auf ein Gallenblasenkarzinom. Zu den intraoperativen Kontraindikationen zählt u.a. die Perforation der Gallenblase mit bestehender galliger Peritonitis.(29)

1.3.3. Die Bedeutung der Hand-Augen-Koordination

Der Begriff Koordination leitet sich von dem lateinischen Verb „ordinare“ ab. Etwas koordinieren/organisieren/zusammen ordnen. Physiologisch betrachtet ist die Koordination ein vom zentralen Nervensystem gesteuertes und den Gegebenheiten angepasstes Zusammenspiel mehrerer Systeme. Die visomotorische Koordination nimmt eine bedeutende Rolle ein, die ein Zusammenwirken von Blick- und Handbewegungen erlaubt.(34)

Grundlage sind mehrere physiologisch funktionierende Systeme des zentralen und peripheren Nervensystems. Benötigt werden nicht nur manuelle Bewegungen, die im menschlichen Körper motorisch durch die Muskulatur ausgeführt werden, sondern zudem sensorische Systeme, die Reize wahrnehmen. Im wechselnden Zusammenspiel reagieren die verschiedenen Systeme aufeinander.

Die Augen als eines der wichtigsten sensorischen Systeme, leiten die Informationen in die dafür vorgesehenen Areale im menschlichen Gehirn. Dort werden die Informationen verarbeitet und weitergeleitet. Folglich entsteht eine möglichst effiziente, zeitliche und räumliche Kopplung.(35)

Auch Kandel et al.(36) beschrieben ein Zusammenspiel sensorischer und motorischer Systeme des menschlichen Körpers. Zusätzlich erhalten diese Systeme Informationen von Motivationssystemen. Das limbische System stellt in diesem Modell Motivationssysteme dar. So werden zusätzlich Informationen abgerufen, die sich auf Emotionen, Gedächtnis und Erfahrungen beziehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich bei Bewegungen oder Reaktionen sowohl sensorische Prozesse als auch motorische Systeme stets gegenseitig beeinflussen. Dabei bilden sensorische Prozesse die Sinne Sehen, Hören, Gleichgewicht und Propriozeption ab. Motorische Systeme spiegeln die Bewegung an sich wider.

Die Gesamtheit aller Handlungen bedarf einer optimalen Feinabstimmung aller Systeme im menschlichen Körper. Dass diese Fähigkeit erlernt wird, ist in der Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten im Kindesalter zu sehen. Es ist besonders wichtig diese Fähigkeiten zu fördern und weiterzuentwickeln. Je besser die koordinativen Fähigkeiten sind, desto einfacher erscheinen bestimmte Bewegungen und Fertigkeiten im weiteren Verlauf.

Eine gute Koordination stellt die Basis dar, bestimmte Aufgaben oder Herausforderungen zu bewältigen. Egal ob bei MusikerInnen oder bei SportlerInnen, in der Medizin oder gar beim professionellen elektronischen Gaming-Sport. Es bedarf grundsätzlich eines Zusammenspiels von Händen und Augen.

In der Chirurgie hilft eine trainierte Hand-Auge-Koordination dabei, eine komplikationslose und erfolgreiche Operation durchzuführen. Zusätzlich wird das im Studium und im Berufsleben erworbene Wissen über anatomische Strukturen und chirurgische Abläufe angewandt.

Ob die Hand-Auge-Koordination eine individuell mehr oder weniger vorhandene Fertigkeit darstellt, die einem sozusagen in die Wiege gelegt wird und mit kontinuierlichem Training verbessert werden kann wird in den kommenden Kapiteln behandelt.

1.3.4. Einordnung in den thematischen Kontext, Ansätze und Ausblick

Die Lernkurve von ChirurgInnen unterliegt individuellen Faktoren. Es ist eine Vielzahl an Wiederholungen notwendig, um die gewünschten Ergebnisse zu erreichen. Dies wurde bereits 2012 in einem systematischen Review evaluiert. In der Zusammenschau von 23 Studien über die Lernkurven in der laparoskopischen, kolorektalen Chirurgie, werden deutliche Unterschiede bezüglich der Lernkurve gezeigt. Die Anzahl an Trainingswiederholungen liegt zwischen 88 und 152.(37)

Auch Dinçler et al. legen in ihren Erkenntnissen dar, dass erfahrene KolorektalchirurgInnen etwa 70 bis 80 Resektionen benötigen, um eine konstante Leistung abzurufen.(38)

Die Lernkurve bei der laparoskopischen Appendektomie (LA) unterscheidet sich hingegen. Die LA ist ein geeigneter Eingriff für ChirurgInnen mit wenig Erfahrung. In diesem Fall sind 20 bis 30 Wiederholungen für eine solide Durchführung wichtig.(39, 40)

Auch bei der laparoskopischen Cholezystektomie scheint eine steile Lernkurve zu Beginn vorzuliegen. Bereits nach 35 Eingriffen konnten die Komplikationsrate sowie die Operationszeit signifikant gesenkt werden.(41)

Eine entsprechende Einordnung der notwendigen Anzahl von Eingriffen ist schwierig zu gestalten. Das Lernen ist beim Menschen ein individueller Prozess. Zusätzlich bestehen bei verschiedenen Eingriffen unterschiedliche Lernkurven, je nachdem welcher Parameter untersucht werden soll. Für die Reduktion von Komplikationen sind in der kolorektalen Chirurgie 143 Eingriffe notwendig. Für einen möglichst geringen Blutverlust sind 87 Eingriffe nötig. 96 Eingriffe benötigen ChirurgInnen für eine verkürzte Operationsdauer und 103 Eingriffe zur Verkürzung der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus.(37)

Diese Anzahl an Eingriffen mussten ÄrztInnen in der chirurgischen Ausbildung an ihren PatientInnen erreichen. Gleichsam waren Komplikationsrisiko hoch und die Dauer der Operationen lang. Um die Ausbildung der ChirurgInnen zu verbessern und das Risiko bestimmter Komplikationen zu reduzieren, wurden verschiedene Trainingskonzepte etabliert. Diese werden in Kapitel 1.4.4. erläutert.

Durch die Weiterentwicklung von Technik und Instrumentarien ergeben sich für die MIC kontinuierlich neue Möglichkeiten. Zu den aktuellen Forschungsthemen gehören die Roboter-assoziierte laparoskopische Chirurgie und die 3D-Laparoskopie. Letztere hat ihren Ursprung in der Unterhaltungsbranche und ließ sich von der 3D-Technik der Filmindustrie inspirieren.(28) Bei der dreidimensionalen Laparoskopie tragen die ChirurgInnen, ähnlich wie bei Filmen gleicher Art, eine Brille, die das Bild dreidimensional darstellt. Die Technik führt zu einer besseren Darstellung anatomischer Strukturen.(42)

Roboter-Systeme sind weiterhin ein spannendes Gebiet der Forschung. Das wohl berühmteste Beispiel ist hier das Da-Vinci System, das mit einer vergrößerten 3D-Ansicht spezielle Eingriffe möglich macht.(43)

Eine große Chance in der Forschung mit Roboter-Systemen brachte die Aufhebung des Patentes und damit das Ende der Monopolstellung 2019. In einer Studie von Shademan et al. führten Roboter Nähte und intestinale Anastomosen an Schweinemodellen durch. Das Potenzial von autonomen Robotersystemen hinsichtlich Effizienz, neuer Zugangswege und des Outcomes konnte demonstriert werden.(44)

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass Menschen, die regelmäßig Computerspiele spielen besser am Laparoskopiesimulator abschneiden als Menschen, die keine Computerspiele spielen. Folgernd soll das Spielen von 2D- oder 3D-Spielen das Abschneiden bei den chirurgischen Aufgaben verbessern.(45)

Überdies hinaus wurde auch die simulierte Endoskopie in der Virtuellen Realität (VR) - also das Durchführen einer virtuellen Endoskopie beim Tragen einer VR-Brille - mit dem konventionellen Training verglichen. Hierbei zeigten sich minimale Unterschiede bei der Leistung, jedoch keine signifikanten Vorteile gegenüber konventionellen Trainingsformen.(46) Trotzdem zeigt sich, dass die Art der virtuellen Simulation mehr und mehr ein Bestandteil der Ausbildung werden könnte.(47) Wie genau jedoch die Integration in die Ausbildung aussieht wird Bestandteil weiterer Forschung sein.

Bisher durchgeführte Untersuchungen zeigen einen starken Zusammenhang der Hand-Auge-Koordination bei Sportarten wie Basketball und Handball.(8)

Diese Fertigkeit scheint nicht nur im Sport von herausragender Bedeutung zu sein, sondern hat auch in vielen anderen Bereichen ihren Stellenwert. So benötigen ChirurgInnen zum einen ein gewisses Maß an Expertise, zum anderen auch eine geschulte Hand-Augen-Koordination, um wichtige Operationen mit Erfolg durchführen zu können. Gerade im Sport, aber auch in der Chirurgie bei minimal-invasiven Operationen ist eine gute räumliche Vorstellung unabdingbar. Dies führt in der Chirurgie zu einer erfolgreichen, komplikationslosen Operation, im Sport zum Torerfolg oder gewonnenen Spiel.

Dass Sportarten wie Handball und Basketball eine verbesserte Hand-Augen-Koordination aufweisen führt zu weiteren Fragen. Können HandballerInnen in Testungen eine ähnliche oder sogar steilere Lernkurve als potenzielle ChirurgInnen aufweisen? Lassen sich aus den Fähigkeiten und dem Trainingsrepertoire der SportlerInnen möglicherweise Handlungsempfehlungen oder Übungen ableiten?

1.3.5. Hypothese

Die Hypothese ist, dass die im Handballsport bewährte Hand-Auge-Koordination einen positiven Einfluss darauf hat, dass HandballerInnen zu Beginn sowie in der Entwicklung der Lernkurve besser am Laparoskopie-Simulator abschneiden als Studierende der Medizin.

1.4. Die technische Ausstattung der Laparoskopie

1.4.1. Das Laparoskop

Zusätzlich zu den ChirurgInnen ist für die laparoskopische Chirurgie folgende Grundausstattung notwendig(48):

- eine Kamera mit Videogerät und Monitor
- eine Lichtquelle für die Optik
- ein Gas-Insufflator
- eine Saug-Spül-Einrichtung
- eine Thermo- oder Elektrokoagulationseinheit

1.4.2. Instrumente und Technik

Bei der minimal-invasiven Chirurgie werden viele Techniken und Instrumente eingesetzt. In diesem Abschnitt soll vor allem auf die Instrumente eingegangen werden, die in den Übungen dieser prospektiven Studie eingesetzt wurden.

1.4.2.1. Laparoskopie-Turm

Der Laparoskopie- oder Endoskopie-Turm trägt die für die minimal-invasive Chirurgie notwendige Technik. Dazu gehört ein Bildschirm, der dem chirurgischen Team zur Darstellung der Bauchhöhle dient. Eine Saug- und Spül-Einrichtung, die Flüssigkeiten und Rauch absaugen kann und sowohl Operationsgebiet als auch Kamera spülen und säubern kann. Der CO₂-Insufflator, der unabdingbar ist für eine bessere Sicht und einen größeren Handlungsspielraum. Zudem ist der Laparoskopie-Turm frei beweglich, so dass eine Änderung der Lagerung bei veränderten Bedingungen problemlos möglich ist.(17)

1.4.2.2. Kamera und Lichtquelle

Eine Xenonlampe bildet die Lichtquelle. Diese kann manuell eingestellt werden und wird über ein Kabel am Kamerasystem angeschlossen. Digitale Kameras werden zum Beginn der Operation über einen Weißabgleich eingestellt. Während der Operationen dienen externe Regler der Einstellung eines scharfen Bildes.(17)

1.4.2.3. Gasinsufflation

Zur Verbesserung der intraoperativen Bedingungen wird Gas in Form von Kohlenstoffdioxid in die Körperhöhle eingeflößt. Dies hat nicht nur eine bessere Sicht zum Vorteil, sondern bringt den ChirurgInnen auch einen größeren Bewegungsradius im Bauchraum.

Eine bessere Übersicht und eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit von Verletzungen tragen zu einem schnelleren und komplikationslosen Verlauf bei.(17)

Zu achten ist auf die Höhe des individuellen Druckes. Die Drücke variieren je nach Eingriff und PatientIn, da die Höhe des intraabdominellen Druckes mit der Höhe des intrakraniellen Drucks korreliert.(49) Zusätzlich führt das CO₂-Gemisch bei vielen Patienten zu postoperativen Schulterschmerzen und zu einem Druckgefühl im Oberkörper.(50) Die Intensität scheint dabei je nach verbliebenem Gasvolumen zu variieren.(51)

1.4.2.4. Trokare

Die Testungen der einzelnen Übungen wurde ohne Trokare nur mit dem Simulationstrainer durchgeführt. Trotzdem ist das Prinzip Trokar wichtig zu verstehen und wird deshalb in diesem Abschnitt behandelt.

Trokare dienen gewissermaßen als Schnittstelle zwischen Operationssitus und ChirurgIn. Mit dem stumpfen oder spitzen Einbringen von Trokaren an mehreren Orten können Operationen minimal-invasiv durchgeführt werden. Trokare unterscheiden sich in Durchmesser und Länge. Zudem gibt es Trokare, die wiederverwertbar sind.(18)



Abbildung 1 – Trocardorn und Trokare

Grundsätzlich ist ein Trokar wie ein Rohr aufgebaut. In dem Rohr befindet sich ein Trocardorn, ein spitzer Stab, mit dem vorsichtig in den Bauchraum vorpräpariert wird.(17) Sobald der Trokar in der entsprechenden Körperhöhle sitzt, wird der Dorn herausgezogen und es entsteht eine Schleuse für Materialien und Instrumente.

Beim Einführen müssen ChirurgInnen auf umliegende und vor Ort verlaufende Strukturen achten. Dieses Risiko wird mit dem Schaffen eines Pneumoperitoneums reduziert. Dieses kann in offener oder geschlossener Technik erfolgen.(52)

Bei der geschlossenen Technik wird mit Hilfe einer speziellen Nadel, der Veres-Nadel, die Bauchhöhle blind punktiert. Es erfolgt dann über diese Nadel die Gasinsufflation, das Einbringen der Kamera und unter Sicht die Anlage weiterer Trokare.

Die offene Technik erfolgt über eine Hautinzision. Nach vorsichtiger Präparation, Durchtrennen der unteren Hautschichten und Spaltung der Muskelfaszien kann das Peritoneum mit einer Schere präpariert werden. Mit einem Optiktrokar inklusive Optik wird nun unter Sicht der Trokar bis in die Bauchhöhle vorgeschoben, ehe mit der Gasinsufflation begonnen wird. Dann können weitere Arbeitstrokare unter Sicht an die passenden Orte eingebracht werden.(52)

1.4.2.5. Instrumente

Laparoskopische Instrumente bestehen aus drei Einheiten: Der Hülse, einem Griff und dem Effektor. Der Effektor beschreibt dabei das Instrument an sich. Für diese Studie wurden Greifzangen, eine Schere und zwei Nadelhalter genutzt. Diese sind in Abbildung 2 exemplarisch dargestellt. Aufgrund der teils notwendigen Anwendung von Strom, ist die Hülse so konstruiert, dass problemlos mit Strom gearbeitet werden kann. Auf diese Funktion wurde in der Studie jedoch verzichtet.



Abbildung 2 - Instrumente: Schere, Greifzange und Nadelhalter

Für das Nähen simulierter Läsionen wurde ein Polysorb 2-0 Faden genutzt.



Abbildung 3 - Nadel und Faden Polysorb 2-0

1.4.3. OP-Setting

Minimal-invasive Eingriffe bedürfen eines voll ausgestatteten Operationssaals. Dies dient einerseits der allgemeinen Versorgung der PatientInnen. Andererseits muss bei Komplikationen reagiert werden und im schlimmsten Fall auf eine konventionelle, offene Operation umgestellt werden.

Bei einer laparoskopischen Operation führt der/die erste OperateurIn die chirurgischen Schritte durch, während der/die zweite OperateurIn die Kamera führt und bedient, die durch den Optiktrokar in die Bauchhöhle eingeführt wird. Wichtig ist eine klare und gute Sicht auf den Operationssitus aller Beteiligten über den Bildschirm. Zusätzlich kann weitere Assistenz bei der Operation unterstützen.

1.4.4. Trainingskonzepte und Endotrainer

Mit der zunehmenden Bedeutung der laparoskopischen Chirurgie wurden Trainingskonzepte entwickelt. Diese Konzepte trainieren und simulieren bestimmte laparoskopische Fertigkeiten und Operationen. Ein Konzept beschreibt verschiedene Aufgaben, die mit einem Endotrainer durchgeführt werden. Alle Schritte und Tätigkeiten werden dabei wie im OP-Saal auch über einen Monitor verfolgt.

Ein Endotrainer stellt einen vorgegebenen Raum im Sinne einer Körperhöhle dar und dient als Trainingsmodell für laparoskopische Prozeduren. Analog zu Prozeduren der minimal-invasiven Chirurgie besitzt das Modell vorgegebene Zugangswege, durch welche die notwendige Technik in das Modell eingebracht werden kann. Ein großer Vorteil dabei ist, dass im Endotrainer beliebige Übungen aufgebaut und durchgeführt werden können.

Grundsätzlich werden zwei Trainingsmodelle unterschieden: In-vitro Modelle und In-vivo Modelle.

In-vitro Modelle sind sogenannte Pelvi- oder Endotrainer, die es den ProbandInnen erlauben, sich auf den Kernpunkt gewisser Aufgaben zu konzentrieren. Mit dieser Art des Trainings werden Modelle beschrieben, die außerhalb eines lebenden Organismus stattfinden. Diese bestehen grob beschrieben aus einem Trainingsbereich, der eine bestimmte Körperhöhle darstellt. Diese Körperhöhle ist der Trainingsbereich für die verschiedenen Übungen. Über eine Kamera wird das Blickfeld auf den Bildschirm projiziert, entsprechend der Darstellung im Operationssaal.(53)

In-vivo Modelle erlauben die Durchführung einer bestimmten Prozedur in einem „lebenden“ Organismus. Tiermodelle dienen in diesem Fall als Operationsobjekt und bauen meist auf das Training im Pelvitrainer auf. Das Training lässt sich mit einem OP-ähnlichen Umfeld und einem lebensechten Organismus simulieren.(54)

Diese Art der Trainingskonzepte spielen grundsätzlich im chirurgischen Bereich eine wichtige Rolle.

Bei der Simulation laparoskopischer Eingriffe zeigt sich, dass neben bestimmten Parametern (OP-Zeit oder Komplikationen) auch einzelne laparoskopische Fertigkeiten trainiert werden können.(55)

Auch Troncoso-Bacelis et al. kommen zu dem Ergebnis, dass bereits das Durchführen simpler Übungen, im Sinne eines Aufwärmens, am Simulator zu besseren Ergebnissen führen. Dabei werden die Operationszeit und die Komplikationsrate reduziert.(56)

Zusammenfassend sind Simulationsmodelle für alle ChirurgInnen zu jedem Ausbildungsstadium eine sehr gute Möglichkeit zur Verbesserung der eigenen Fertigkeiten und Leistung.

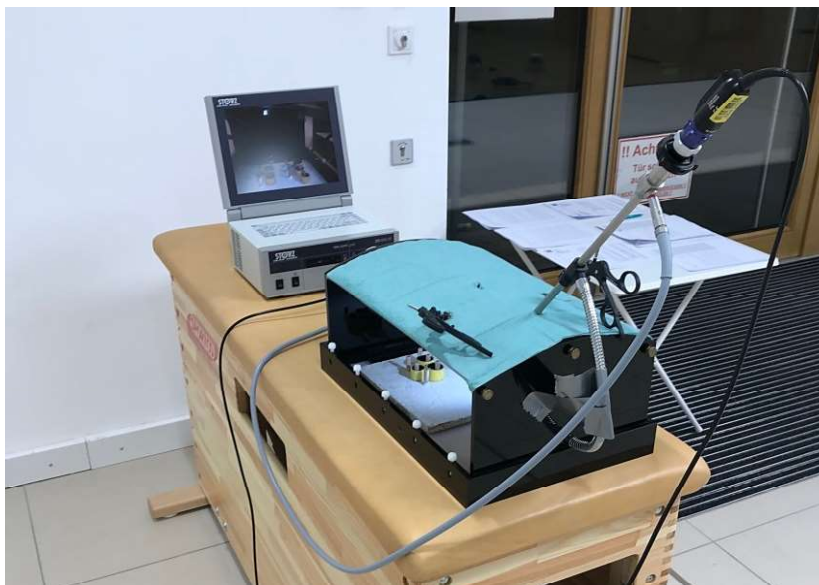


Abbildung 4 - Endotrainer als In-vitro Modell

Abbildung 4 zeigt ein voll ausgestattetes Trainingskonzept. Neben einem Bildschirm mit integriertem Kamera- und Lichtsystem wird der Endotrainer mit den benötigten Instrumentarien bedient. Im Inneren des Endotrainers sieht man beispielhaft eine Übung aufgebaut. Der simulierte Optik-Trokar wurde dabei in zentraler Position in den Endotrainer eingeführt und befestigt. Über das Kamera- und Lichtsystem lässt sich der Übungsaufbau auf dem Bildschirm darstellen.

Links und rechts seitlich des Optik-Trokar sind die weiteren Zugänge gesetzt. Für die Testungen wurde auf das Benutzen von Trokaren verzichtet. Für bessere Lichtverhältnisse wurde der Endotrainer auf beiden Seiten mit einem OP-Tuch abgedeckt. Zusätzlich dient die Abdeckung als Sichtschutz, damit die Handlungen einzig auf dem Bildschirm angeschaut werden müssen.

1.5. Die Cholezystektomie als Beispiel eines laparoskopischen Eingriffs

Das Ausbildungsprogramm FLS, auf das in Kapitel 2.1. und 2.2. genauer eingegangen wird und zum Training und Erlernen von wichtigen laparoskopischen Basisfertigkeiten aufgebaut wurde, ist nicht verfahrensspezifisch organisiert und dementsprechend nicht an einzelnen Prozeduren evaluiert worden.

Laut Destatis wurden 2020 in Deutschland insgesamt knapp 16 Millionen Operationen durchgeführt. Auf Platz 11 der Rangliste steht die Cholezystektomie mit rund 190 Tausend Eingriffen(57), von denen wiederum etwa 90 %, also rund 170 Tausend laparoskopisch durchgeführt werden.(58) Im Vergleich dazu steht die Appendektomie auf Rang 36 mit knapp 100 Tausend Eingriffen.

Auf Basis dieser Zahlen wird als Paradebeispiel auf die laparoskopische Entfernung der Gallenblase eingegangen. Diese ist mittlerweile die Standardtherapie der akuten Gallenblasenentzündung.

Sofern die Indikation zur Operation gestellt wurde, sollte diese frühzeitig durchgeführt werden. Laut aktueller S3 Leitlinie der AWMF (59) besteht ein starker Konsens, dass die laparoskopische Cholezystektomie in einer 4-Trokartechnik durchgeführt werden sollte. Diese Standardtechnik ist dafür geeignet, das Calot-Dreieck gut darzustellen und somit das Komplikationsrisiko zu reduzieren. Grundsätzlich hat die Erfahrung des/der Chirurgen einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer des Eingriffes und auf die Komplikationsrate.(59)

1.5.1. Definitionen

- Cholelithiasis = Gallensteine (unabhängig der Lokalisation)
- Choledocholithiasis = Gallensteine im Ductus choledochus
- Cholezystolithiasis = Gallensteine in der Gallenblase
- Cholezystitis = Entzündung der Gallenblase
- Cholangitis = Entzündung der Gallenwege

1.5.2. Anatomische Grundlagen

Im folgenden Abschnitt erfolgt ein grundlegender anatomischer und topographischer Überblick zum besseren Verständnis der einzelnen Schritte einer laparoskopischen Cholezystektomie. Die Aufgaben der Gallenblase bestehen in Speicherung, Eindickung

und Sekretion der Gallenflüssigkeit, welche in der Leber gebildet wird und in der Gallenblase gespeichert werden.(60)

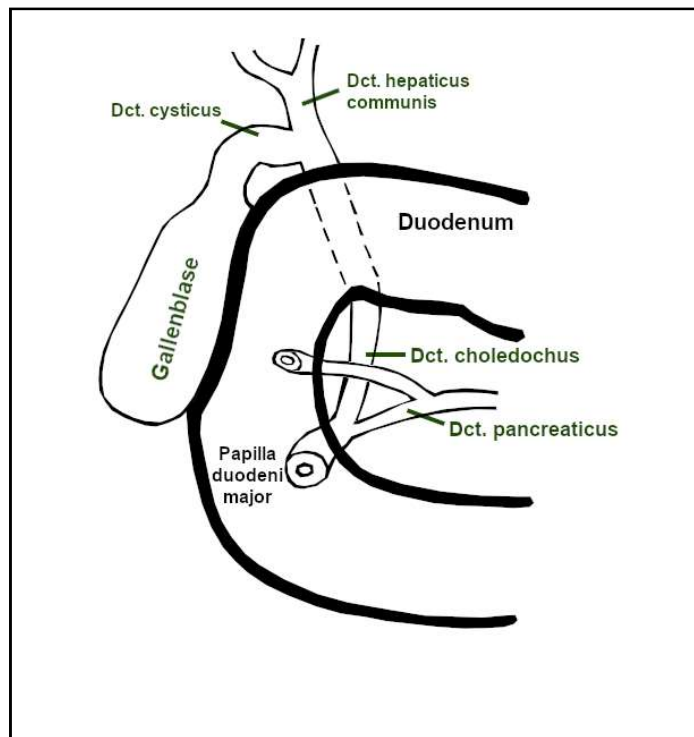


Abbildung 5 - Topographie der Gallenblase

Die Gallenblase liegt intraperitoneal und besteht anatomisch aus einem Hals, Körper und Grund, dem sogenannten Fundus. Sie befindet sich in der Fossa vesicae biliaris auf der Unterseite der Leber, einer den Bauchorganen zugewandte Fläche. Der Ductus cysticus vereinigt sich mit dem Ductus hepaticus communis und zieht als Ductus choledochus im Ligamentum hepatoduodenale zum Duodenum (Zwölffingerdarm). Hierbei zieht der Ductus choledochus in den Pankreaskopf ein und vereinigt sich mit dem Ductus pancreaticus. Die Gallenflüssigkeit und Enzyme der Bauchspeicheldrüse gelangen zur Unterstützung der Verdauung über die Papilla duodeni major in den Zwölffingerdarm.(61)

Die arterielle Blutversorgung (Abbildung 6) der Gallenblase erfolgt über die Arteria cystica, die der Arteria hepatica dextra entspringt. Venös fließt das Blut über die Venae cysticae in das Abflussgebiet der Portalvene. Zudem lässt sich in der gleichen Abbildung und in Abbildung 7 das Calot-Dreieck darstellen, das während der Operation von großer Bedeutung ist. In diesem Gebiet können vielfältige Varianten auftreten. Ein irrtümliches Abklemmen der falschen Strukturen kann zu schwerwiegenden Komplikationen führen und muss unbedingt vermieden werden.

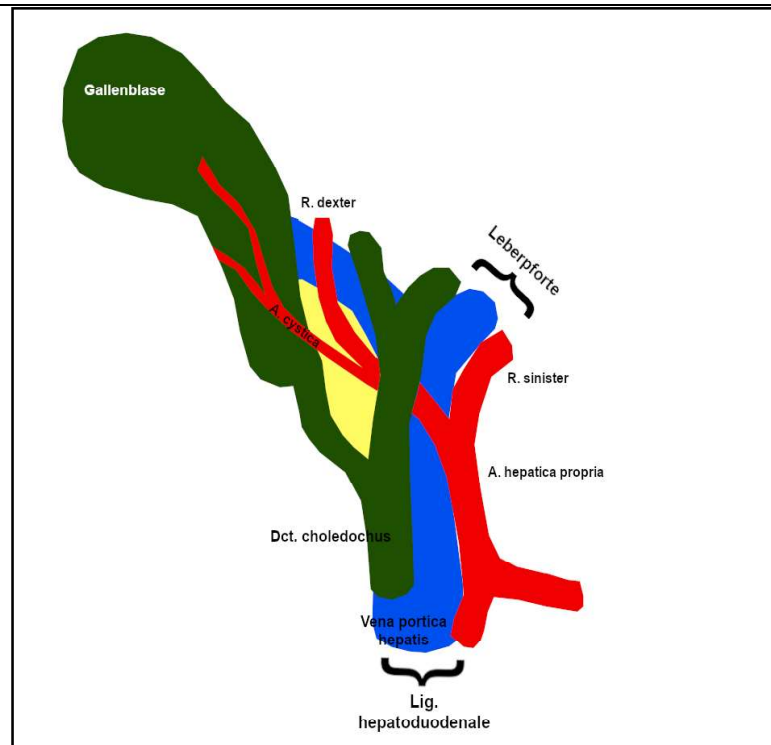


Abbildung 6 - Arterielle und venöse Versorgung der Gallenblase

Das Calot-Dreieck (in Abbildung 7 in gelber Farbe schraffiert) wird durch folgende Strukturen gebildet:

- Unterrand der Leber
- Ductus cysticus
- Ductus hepaticus communis

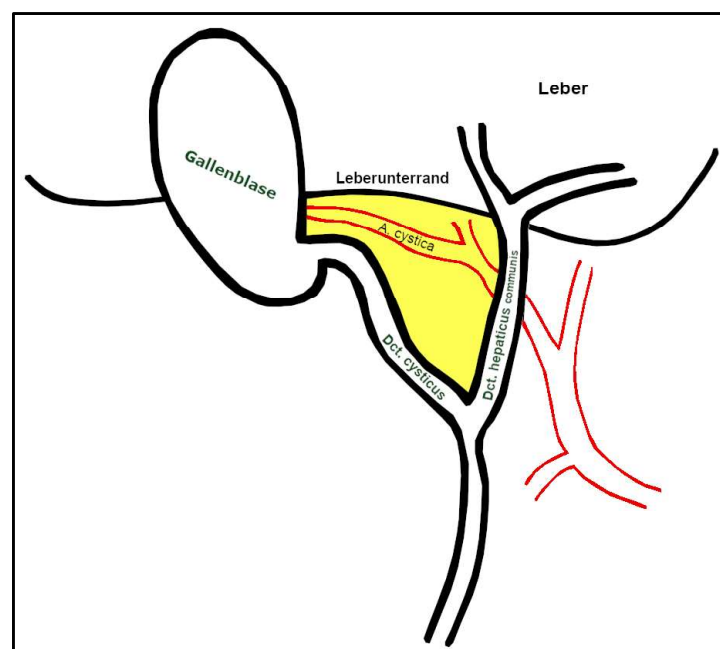


Abbildung 7 - Calot-Dreieck mit Begrenzungen

1.5.3. Epidemiologie

Die akute Cholezystitis hat in Deutschland eine Prävalenz von etwa 15-20%. Pro Jahr werden in Deutschland etwa 200.000 Gallenblasen entfernt.(59) Frauen sind etwa doppelt so häufig betroffen wie Männer. Ein wichtiger Faktor in der Entstehung einer Gallenblasenentzündung sind Gallensteine. Die 6F-Regel fasst die klassischen Risikofaktoren für die Entstehung von Gallensteinen zusammen(62): Neben dem weiblichen Geschlecht, einem adipösen Ernährungszustand, einem hellen Hauttyp spielen außerdem Faktoren wie die Fertilität in einem Alter größer als 40 Jahren und genetische Faktoren eine wichtige Rolle.

Aufgrund dieser Verteilung der Risikofaktoren zu Ungunsten des weiblichen Geschlechts entstehen während Schwangerschaften gelegentlich akute Entzündungen. Die Cholezystektomie kann in diesen Fällen in jedem Trimenon der Schwangerschaft durchgeführt werden.(59)

Die laparoskopische Cholezystektomie ist in Deutschland die Therapie der Wahl bei akuter Cholezystitis. Durch das Vermeiden eines größeren Bauchschnitts entstehen mehrere Vorteile. Offensichtlich ist ein kosmetischer Vorteil bei der minimal-invasiven Variante. Zudem kommt ein geringerer Weichteilschaden und die damit einhergehende frühere Mobilisierung. Daraus resultiert wiederum ein geringeres Thromboserisiko und zusätzlich ein geringeres Risiko zur Entwicklung eines postoperativen Tonusverlustes der Darmmuskulatur mit konsekutiver Lähmung.(62)

1.5.4. Indikationen

Die Cholezystektomie ist eine der häufigsten durchgeführten Operationen in der Viszeralchirurgie. Neben der Perforation der Gallenblase und dem akuten Abdomen bei akuter Entzündung der Gallenblase, wird die Indikation zur operativen Versorgung zudem häufiger bei symptomatischer Cholelithiasis gestellt. Bei rezidivierenden Entzündungen der Gallenblase ist die Operation die Therapie der Wahl.

1.5.5. Kontraindikationen

Als mögliche Kontraindikation gilt das Gallenblasenkarzinom. Dieses erfordert gleichzeitig die Entfernung von Lymphknoten und zusätzlich die mögliche Entfernung von Lebersegmenten. Im Sinne einer erweiterten onkologischen Resektion ist die laparoskopische Cholezystektomie nicht die geeignete OP-Technik.(63)

Relative Kontraindikationen sind durch Gerinnungsstörungen des Blutes gegeben. Mögliche Verwachsungen, sogenannte Briden, die durch Voroperationen entstehen, können durch ein erhöhtes Risiko von Komplikationen den Umstieg auf ein offenes Verfahren notwendig machen.

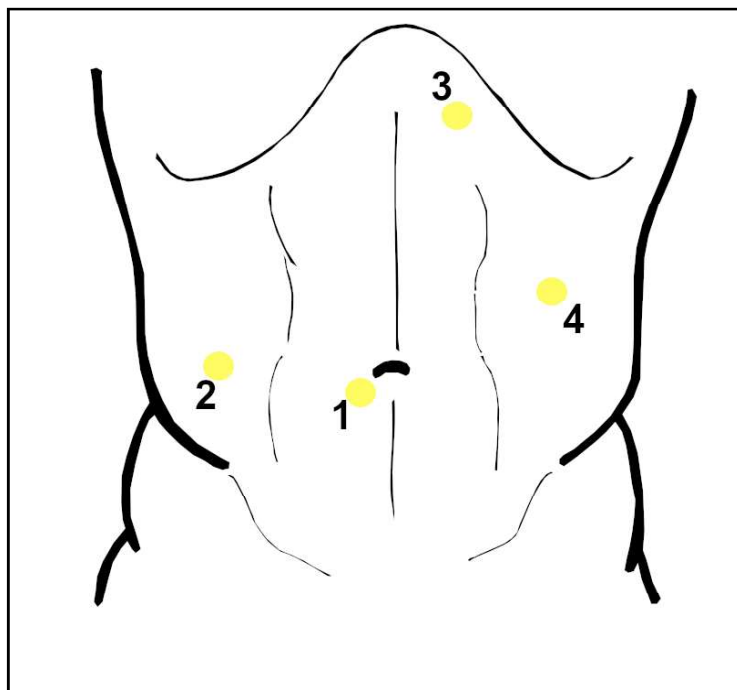


Abbildung 8 - Laparoskopische Cholezystektomie - Trokarplatzierung

1.5.6. Operatives Vorgehen

Die laparoskopische Cholezystektomie wird in folgenden Schritten durchgeführt(63):

1. Lagerung des Patienten in Rückenlage, Beine auf Beinstützen, leicht in der Hüfte flektiert
2. Einbringen des ersten Trokars 1 (12mm) umbilikal in der Linea alba
3. Anlegen eines Pneumoperitoneums mittels CO₂-Insufflation
4. Videoskopische Revision des Abdomens
5. Einbringen der weiteren Trokare 2, 3 und 4
6. Über Zugang 2 und 3 wird der Situs dargestellt, indem mit je einer Faszange die Gallenblase nach oben gezogen wird. Die Leberunterfläche wird sichtbar. Die Gallenblase inklusive Infundibulum und Ligamentum hepatoduodenale wird frei.
7. Am Infundibulum erfolgt nun die stumpfe Präparation des Ductus cysticus sowie der Arteria cystica. Wichtig ist die eindeutige Identifizierung des Calot-Dreiecks.
8. Ductus cysticus und Arteria cystica werden mittels Clips abgeklemmt, sodass das Absetzen der Strukturen erfolgen kann.

-
9. Die Gallenblase wird mit einer Hakenelektrode unter kontinuierlichem Zug der Faszanzange aus dem Gallenblasenbett an der Leberunterfläche gelöst. Dies geschieht unter ständiger Blutstillung.
 10. Die ausgelöste Gallenblase wird in einen Bergebeutel gelegt und kranial der Leber, unter dem Zwerchfell abgelegt.
Vorsicht bei intraoperativen Verletzungen der Gallenblase: Hier muss die sofortige Steinextraktion stattfinden und das Peritoneum ausreichend gespült werden.
 11. Nach Kontrolle der Blutstillung im Leberbett wird die Gallenblase im Bergebeutel aus dem Abdomen entfernt.
 12. Unter endoskopischer Kontrolle werden die Trokare aus dem Abdomen entfernt.
 13. Der Verschluss des vorderen Faszienblattes sowie die Hautnaht schließt die Operation ab.

1.5.7. Peri- und postoperatives Management

Je nach individueller Infektionslage ist in bestimmten Fällen eine perioperative Antibiotika-Gabe sinnvoll. Die vor der Operation gelegte Magensonde kann nach der Operation entfernt werden. Sobald der/die PatientIn wach ist, kann der Kostaufbau erfolgen. Für den Krankenhausaufenthalt ist eine Thromboembolieprophylaxe notwendig. Nach 10 Tagen können die restlichen Fäden entfernt werden. Nach etwa zwei bis drei Tagen können die PatientInnen in die häusliche Versorgung entlassen werden.

1.5.8. Komplikationen

Durch die mechanische Reizung und Blutungen kann es subhepatisch zu einer Ansammlung von Wundflüssigkeit kommen. Zum Abfluss des Wundsekrets empfiehlt sich die Anlage einer Drainage.(64)

Im Laufe der OP kommt es zwangsläufig zu Verletzungen von Gallengängen. Im Falle von schwerwiegenden Verletzungen kann es zu einer Verlegung kommen, welche zu einer Cholestase und damit potentiell zu einer Entzündung der Gallengänge führt. Ebenso können sich dadurch begünstigt Biliome, Zysten mit Galle als Inhalt, bilden.(65)

2. Methodik und Material

2.1. Design der Studie

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen einer Interventionsstudie verfasst.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität zugelassen. (Projekt Nummer 18-135) Dabei konzentriert sich die Studie auf den Einfluss von Training am Laparoskopie-Simulator auf die Lernkurve beim Durchführen von laparoskopischen Grundtechniken. Diese Grundtechniken wurden über das Programm „Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS)“ von der Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (SAGES) definiert.(5) Es wurde gezeigt, dass die Aneignung dieser Skills die Leistung der laparoskopischen Interventionen steigert.(4)

Aus diesem Grund wurde das Simulator-basierte Training des FLS Programms ausgewählt. Die Übungen werden zum Trainieren aber auch zur Testung der ProbandInnen angewandt.

Zum Design der Studie gehört die Auswahl von zwei Gruppen: Die Testgruppe der HandballerInnen und die Kontrollgruppe mit Studierenden der Medizin.

Die Daten der Kontrollgruppe wurden im klinischen Wahlfach „Minimal-invasive Chirurgie“ des Humanmedizinstudiums der Ludwig-Maximilians-Universität München erhoben. Hier wurden drei Gruppen zu einer großen Kohorte zusammengefasst. (n=73)

Die Studierenden befanden sich zum Zeitpunkt der Testungen im klinischen Abschnitt des Studiums. Aufgrund des abgeschlossenen vorklinischen Abschnitts besitzen die Studierenden ein fundamentales anatomisches Wissen und ein grundsätzliches chirurgisches Verständnis.

Für die Kontrollgruppe wurden folgende Einschlusskriterien gewählt:

- Abgeschlossener vorklinischer Studienabschnitt (Semester 1-4 mit bestandener erster ärztlichen Prüfung)
- Erfolgreiche Teilnahme am Kurs „Minimal invasive Chirurgie“ oder erfolgreiches Bestehen des Eingangstestates im selbigen Kurs
- Unterschriebene Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie
- Alter > 18 Jahre

Es ergaben sich folgende Ausschlusskriterien:

- Keine unterschriebene Einverständniserklärung
- TeilnehmerInnen mit ≥ 2 h praktischer Erfahrung mit MIC (bereits absolviertes Simulator-basiertes Training, Assistenz bei MIC Prozeduren)
- Keine erfolgreiche Teilnahme des Kurses „Minimal-invasive Chirurgie“ oder des Eingangstestates im selbigen Wahlfach
- Aktiv handballspielende Studierende

Im Zeitraum vom 23.10.2018 bis zum 29.01.2020 wurden in dieser Studie HandballerInnen des MTSV Schwabing am Laparoskopie-Trainer getestet. Die Organisation und Terminfindung gestaltete sich dabei als aufwändig, da die TeilnehmerInnen vor dem Handballtraining bereits alle Testungen durchführen mussten. Dabei musste die Planung so gestaltet werden, dass 1,5 bis 2h vor dem Training die Testungen begannen. Für berufstätige ProbandInnen ergab sich durch diese Zeitvorgaben eine zusätzliche Einschränkung bei der Terminfindung.

Zudem sorgte die SARS-CoV-2-Pandemie durch die Infektionsschutzmaßnahmen für weitere Schwierigkeiten wie einen Trainingsstopp. Aus diesen Gründen war es nicht möglich eine größere Stichprobe zu generieren. In dieser Zeitspanne wurden 13 ProbandInnen (n=13) getestet. Eine Vorauswahl wurde nicht getroffen.

Die Einschlusskriterien wurden wie folgt gewählt:

- Aktive HandballerInnen seit mindestens 12 Monaten
- Unterschriebene Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie
- Alter > 18 Jahre

Es ergaben sich folgende Ausschlusskriterien:

- Keine unterschriebene Einverständniserklärung
- TeilnehmerInnen mit ≥ 2 h praktischer Erfahrung mit MIC (bereits absolviertes Simulator-basiertes Training, Assistenz bei MIC Prozeduren)
- Aktives oder absolviertes Studium der Humanmedizin

2.1.1. Dokumentation

Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und erfolgte nach entsprechender Aufklärung und Einverständniserklärung der ProbandInnen. Für alle ProbandInnen wurde dies dokumentarisch festgehalten. Die Daten wurden je ProbandIn erhoben, in der Klinik gesammelt, anonymisiert und verarbeitet. Eine Weitergabe der Daten hat nicht stattgefunden.

Aufgrund der Kontrollgruppe mit Studierenden der Medizin sollten mindestens zehn weibliche und zehn männliche Handballer eingeschlossen werden. Durch die pandemische Lage durch das SARS-CoV-2 und dem damit verbundenen Infektionsschutzgesetz konnte dieses Ziel nicht erreicht werden. Nach Prüfung der Gruppe auf Homogenität wurden elf männliche und zwei weibliche Handballer (n=13) in die Studie eingeschlossen. Dem gegenüber stehen Medizinstudierende (n=73) im klinischen Abschnitt des Studiums.

2.1.2. Datenerhebung

Die Studie wurde monozentrisch durch die Abteilung Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie des Klinikums Großhadern der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt.

An vier verschiedenen Terminen wurden HandballerInnen der Damen- und Herrenmannschaft des MTSV Schwabing vor dem Training getestet. Hierbei sollten pro Tag drei Übungen am Laparoskopie-Trainer durchgeführt werden. Jede Übung konnte eine bestimmte Zeit geübt werden, anschließend wurde je Übung eine Testung durchgeführt. Für jeden Teilnehmer sahen alle vier Termine wie folgt aus:

Ablauf:

- PEG-Transfer:
 - Übungszeit 7:30 Minuten
 - 5 Minuten Testung
- Precision Cutting
 - Übungszeit 7:30 Minuten
 - 5 Minuten Testung
- Suturing with intracorporeal knot
 - Übungszeit 15 Minuten
 - 10 Minuten Testung

Jeweils vor und nach dem Testungstag erfolgten Speichelproben.

Pro ProbandIn wurde für jede Übung pro Tag ein Performance-Score berechnet, der die Leistung des Probanden aufgrund erhobener Parameter darstellt. Diese wurden analog zur „MentaLap-Studie“ mit den Medizinstudierenden bestimmt.

Bei der „MentaLap-Studie“ nahmen Studierende der Medizin teil, die sich zum Zeitpunkt der Erhebung an der LMU München im klinischen Studienabschnitt befanden und die praktischen Übungen der FLS (PEG-Transfer, Precision Cutting, Suturing with intracorporeal knot) an vier Tagen durchführten. In dieser Studie wurden zusätzlich Übungen mit Sprachassistent und mit Roboterassistenz durchgeführt. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte bisweilen nicht.

Zusätzlich haben die Probanden einen demographischen Fragebogen beantwortet. Nach jeder Trainingseinheit wurde außerdem über diesen Tag eine Befragung per NASA-App durchgeführt.

2.1.3. Parameter und statistische Auswertung

Für alle durchgeführten Übungen wurden Daten erhoben. Dies ist hauptsächlich unter Beobachtung geschehen. Der Parameter „Zeit“ wurde für jede Übung gemessen und spielt eine wichtige Rolle in der Score-Ermittlung. Die weiteren für die Übungen relevanten Parameter sind im Abschnitt 2.2 detailliert erläutert. Durch die erhobenen Daten konnten auch negative Werte im Performance-Score entstehen.

2.1.4. Datenauswertung

Die erhobenen Daten wurden zur Auswertung in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Office Excel eingetragen und strukturiert aufgearbeitet.

Zum einen wurde das Gesamtkollektiv aus 86 TeilnehmerInnen betrachtet (HandballerInnen n=13, Studierende n=73), zum anderen wurden die einzelnen Gruppen gesondert betrachtet und vergleichend gegenübergestellt.

Im weiteren Verlauf sind die Daten der beiden Gruppen, sofern nicht anders beschrieben, voneinander getrennt dargestellt.

2.1.5. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung und Berechnung erfolgte mit IBM SPSS Statistics 26 für Windows 10.

Zur Berechnung wurde die deskriptive Statistik herangezogen, um die Angabe von Anzahl, Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum, Maximum, Interquartilsabstand und Spannweite abzubilden.

Aufgrund der nicht normalverteilten Daten, wurde beim Vergleich zweier unabhängiger Stichproben der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Für die jeweiligen Korrelationen wurde die Effektstärke nach Cohen eingesetzt.

Ein Signifikanzniveau für p-Werte kleiner 0,05 wurde für alle Tests angenommen.

Die Grafiken und Diagramme entstanden über die Datenausgabe von SPSS und über das Programm Numbers Version 6.1 von Apple.

2.2. Manuelle Aufgaben der SAGES

Die methodische Grundlage wird von Übungen der Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES) gebildet. Mit den Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) wird ein seit 1997 bestehendes evidenzbasiertes Trainingsverfahren für ChirurgInnen vorgestellt.

Die FLS ist ein Ausbildungsprogramm, das Basisgrundlagen und technischen Fertigkeiten für das laparoskopische Operieren vermittelt. Schwerpunkte bilden kognitive, theoretische Informationen, die sich auf perioperative Situationen beziehen. Zusätzlich besteht ein praktischer Teil, dessen Augenmerk auf manuellen Aufgaben liegt.(66) Gerade für Anfänger ist das Programm geeignet, um sich notwendige Fertigkeiten anzueignen und diese zu trainieren. Zusätzlich zeigt sich durch das Training der verschiedenen Übungen auch eine steile Lernkurve.(67)

Die Leistung der TeilnehmerInnen wird bei jeder Aufgabe anhand eines Performance-Scores dokumentiert. Performance Scores erlauben es, den Fortschritt der einzelnen Teilnehmer darzustellen. Dies ist eine wichtige Grundlage, um den Trainingsschwerpunkt auf bestimmte Bereiche zu lenken und mögliche Schwachstellen zu verbessern.(67)

Das McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills (MISTELS) dient als Vorlage für die praktischen Übungen. Das MISTELS beschreibt ein valides Konstrukt aus fünf Aufgaben, die in einem Endotrainer durchgeführt und getestet werden.(68)

Zudem ist MISTELS ein praktisches System, das es erlaubt bestimmte laparoskopische Fähigkeiten reliabel und nützlich zu trainieren.(69) Auf diesen Grundlagen bedient sich SAGES an dem Aufbau der FLS und integriert die manuellen Aufgaben der McGill University of Montreal in ihr eigenes umfassendes System.

Neben einem theoretisch-informellen Teilbereich besitzt das Programm einen manuellen Teil mit fünf Aufgaben.(70) Dabei wird viel Wert auf Fertigkeiten gelegt, die beim laparoskopischen Operieren wichtig sind. Der Fokus liegt hierbei auf dem Ablauf bestimmter Bewegungen, aber auch auf dem Erlernen verschiedener Techniken, die für die einzelnen Prozeduren wichtig sind.

Die FLS umfassen fünf Aufgaben: PEG-Transfer, Precision Cutting, Ligating Loop, Suture with Extracorporeal Knot und Suture with Intracorporeal knot.

In dieser Interventionsstudie liegt das Augenmerk auf den Übungen PEG-Transfer, Precision Cutting und Suture with intracorporeal knot.

2.2.1. PEG-Transfer



Abbildung 9 - Übungsaufbau PEG-Transfer

Materialien: 6 Kunststoffobjekte mit Arbeitsplatte, 2 Greifzangen

Durchführung:

- 1) Die Übung beginnt mit der Aufnahme des ersten Objektes.
- 2) Mit der nicht dominanten Hand nehmen die ProbandInnen das erste der sechs Objekte auf und übergeben es auf die dominante Hand.
- 3) Nun wird das Objekt an eine beliebige Position auf der anderen Seite gelegt. Der Vorgang wiederholt sich für alle sechs Objekte.
- 4) Sobald alle Objekte auf der anderen Seite abgelegt wurden, folgt nun die Aufnahme der Objekte mit der dominanten Hand. Analog werden alle Objekte wieder zurück auf die ursprüngliche Startseite transportiert.
- 5) Sobald das letzte Objekt wieder auf der Startseite abgelegt wurde ist die Übung beendet und die Zeit wird gestoppt. Bei Überschreiten der Maximalzeit (300 Sekunden) gilt die Übung ebenso als beendet.

Wichtige Parameter beim PEG-Transfer:

- Zeit in Sekunden
- Fehler: Wird ein Objekt fallen gelassen, so gilt dies als Fehler, sofern das Objekt ohne Probleme erneut aufgenommen werden kann. Die Anzahl der fallengelassenen Objekte ergibt die Anzahl der Fehler.
- Abbruchkriterium: Fällt ein Objekt aus dem Sichtfeld des Probanden oder kann nicht zurück in die Greifzange aufgenommen werden, so gilt die Übung als abgebrochen und nicht bestanden.

2.2.2. Precision Cutting

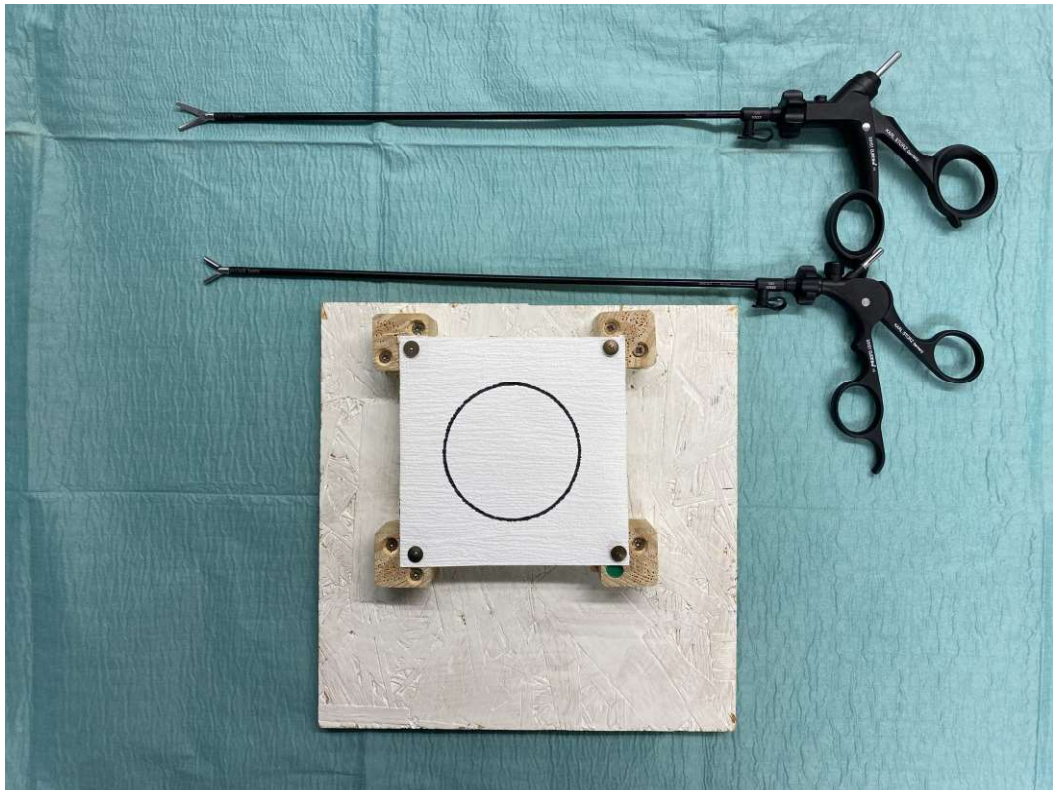


Abbildung 10 - Übungsaufbau Precision Cutting

Materialien: Aufgezeichneter Kreis mit Arbeitsplatte, eine Greifzange und eine Schere

Durchführung:

- 1) Die Übung beginnt, sobald der erste Schnitt mit der Schere auf ca. 5 Uhr erfolgt ist. Mit dem ersten Schnitt beginnt auch die Zeitnahme.
- 2) Der Kreis wird von den ProbandInnen im Uhrzeigersinn ausgeschnitten.
- 3) Wurde der Kreis bis etwa 11 Uhr ausgeschnitten, wird die Schnittrichtung geändert. Der restliche Kreis wird nun gegen den Uhrzeigersinn bis zum Ende ausgeschnitten.
- 4) Wenn der Kreis vollständig aus der Schablone geschnitten wurde, endet die Zeitnahme und die Übung ist beendet. Die Übung ist auch beendet, sofern die vorgegebene Zeit von 300 Sekunden überschritten wurde.
- 5) Ziel ist es, den Kreis entlang der Linie auszuschneiden. Dabei sollten die Schnitte im Kulanzbereich von $\pm 5\text{mm}$ liegen.

Parameter:

- Zeit in Sekunden
- Fehler: Wird die Linie außerhalb oder innerhalb des Kreises um 5mm überschritten, so gilt dies als Fehlschnitt. Jeder Schnitt und somit Fehlschnitt, der über diesem Wert liegt gilt als Fehler, und wird mit in den Performance-Score gerechnet.
- Abbruchkriterium: Wird das Papier des Kreises vollständig von der Unterlage ausgerissen, so gilt die Aufgabe als nicht bestanden.

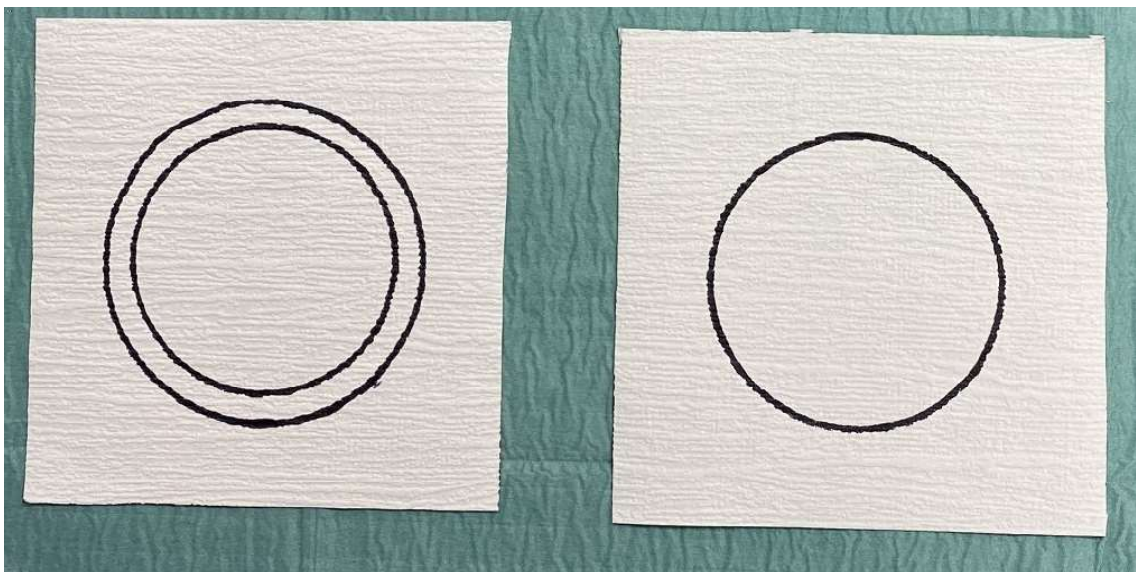


Abbildung 11 - Links: Übungsring, Rechts: Testring

In Abbildung 11 sind die beiden Ringvorlagen abgebildet. Auf der linken Seite sieht man den Übungsring, der in der Übungszeit ausgeschnitten wird und der die Fehlertoleranzgrenze aufzeigt. Der Übungsring besteht aus zwei Ringen, wobei der innere Ring einen Durchmesser von 6,8cm und der äußere Ring einen Durchmesser von 8,8cm hat.

Rechts hingegen sieht man den Testring ohne Übungstoleranz. Der Durchmesser hat hier einen Wert von 7,5cm.

2.2.3. Suturing with intracorporeal knot

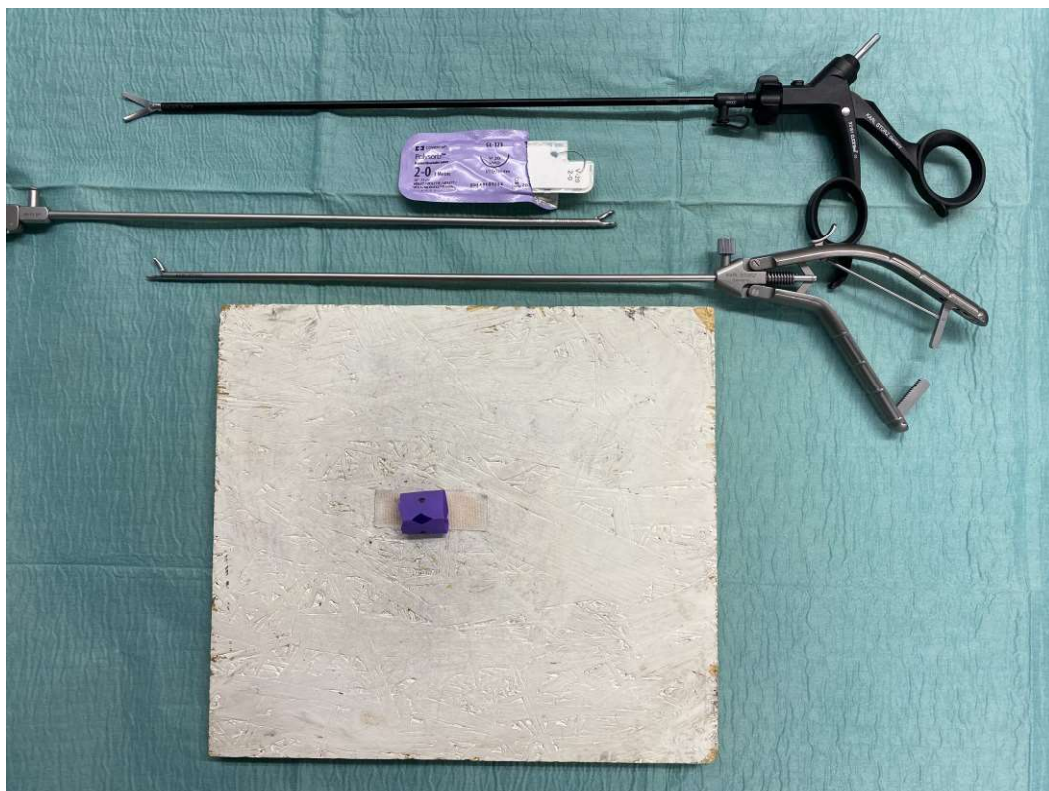


Abbildung 12 - Übungsaufbau Intracorporeal Suturing

Materialien: 2 Nadelhalter, eine Schere, Polysorb 2-0 Nadel und Faden, Fingerling und die Arbeitsplatte

Durchführung:

- 1) Die ProbandInnen haben in beiden Händen einen Nadelhalter. Im Nadelhalter der nicht dominanten Hand wird der Faden orientierend fixiert. Das heißt die Nadel wird bereits in der Richtung gehalten, mit der die dominante Hand die Nadel übernehmen kann.
- 2) Sobald das erste Instrument im Blickfeld erscheint beginnt die Zeitnahme.
- 3) An den Seiten des Fingerlings befindet sich jeweils eine Markierung. Möglichst nah an dieser Markierung soll der/die ProbandIn einstechen und auf der anderen Seite ebenso nah ausstechen.
- 4) Mit der gleichen Hand soll nun die Nadel übernommen werden und anschließend drei Knoten gemacht werden. Die Technik erlernen die ProbandInnen im jeweiligen Trainingsabschnitt. Nach jedem Knoten muss die Nadel in den jeweils anderen Nadelhalter übergeben werden. Nur so sind die Knoten am Ende der Übung belastungsstabil.
- 5) Nach dem dritten Knoten werden die Nadel und das Ende des Fadens in einen Nadelhalter gespannt.

- 6) Der leere Nadelhalter wird nun aus dem Endotrainer entfernt und stattdessen eine Schere eingeführt. Mit dieser Schere werden die Nadel und der restliche Faden gelöst, sodass nur noch das „Gefäß“ mit den drei Knoten im Übungsaufbau steht.
- 7) Die Übung wurde beendet, sobald alle Fäden durchtrennt und aus dem Endotrainer entfernt wurden.

Parameter:

- Zeit in Sekunden
- Abweichung von Ein- und Ausstich in mm summiert
- Knoten fehlerhaft ausgeführt (ja=1, nein=2)
- Knoten insuffizient, das heißt der Knoten ist nach der Übung auflösbar.
- Abbruchkriterium: Reißt das Gefäß aus oder wird zerstört, sodass es nicht mehr zusammenzunähen ist, wird die Übung abgebrochen



Abbildung 13 - Simulierte Gefäßläsion mit Ein- und Ausstichstelle

Für die Übung wurde ein Gummihandschuh so präpariert, dass ein Objekt mit zwei Öffnungen entsteht (Abbildung 13). Links und rechts wurde die Ein- bzw. Ausstichstelle markiert. Auf der Oberfläche des Objekts befindet sich eine vorgegebene Läsion, die in der Übung genäht werden muss.

2.3. NASA-TLX

Der NASA-TLX ist ein Test um auf mehreren Ebenen die Arbeitsbelastung zu erfassen. Die Ebenen betreffen psychische Anforderungen, physische Anforderungen und zeitliche Anforderungen, die eigene Leistung, die damit verbundene Anstrengung und Frustration. Ursprünglich wurde der NASA-TLX für die Flugfahrt entworfen und wird mittlerweile in vielen verschiedenen Bereichen für die Testung von Einflüssen angewandt.(71)

Der Test besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil ist ein paarweiser Vergleich der oben genannten Ebenen, um damit über mehrere Vergleiche eine Gewichtung zu erhalten. Mit der Gewichtung wird eine Rangliste erstellt, um individuell pro ProbandIn den größten subjektiven Einfluss zu erörtern. Der zweite Teil besteht aus der Skalierung der einzelnen Ebenen. Die Skalierung erfolgt dabei von gut zu schlecht bzw. von niedrig zu hoch. Durch die Skalierung und die paarweisen Vergleiche wird ein Wert berechnet, der über alle vier Tage abgebildet wird.

2.3.1. Mental Demand

Die Kategorie Mental Demand beinhaltet die geistige Anstrengung, die ein Proband während der Übung aufbringen muss. Dabei werden Faktoren wie das Denken, Entscheidungen treffen und Berechnungen mit einbezogen. Die Kategorie bildet dementsprechend alle psychischen Belastungen ab, die während des Testungstages auf die ProbandInnen einwirken.

2.3.2. Physical Demand

Diese Kategorie zeigt für alle ProbandInnen, wie anstrengend die Aufgaben auf einer physischen Ebene empfunden wurden. Die physischen Aufgaben beinhalten sämtliche Handbewegungen im Sinne von Drücken, Ziehen, Drehen, Kontrollieren, Halten und die neuro-muskuläre Aktivierung sowie das Schauen oder der körperliche Einsatz an sich.

2.3.3. Temporal Demand

Hier wurde ermittelt welchen Einfluss der Faktor Zeit auf die Leistung der ProbandInnen hatte. Konnten die Aufgaben mit der vorgegebenen Zeit solide absolviert werden oder wurde mit der zeitlichen Komponente ein zusätzlicher Druck aufgebaut.

2.3.4. Performance

Die Performance ergibt sich aus den folgenden Bewertungen: Wie erfolgreich haben die ProbandInnen ihre eigene Leistung am jeweiligen Tag eingeschätzt? Wie zufrieden waren die ProbandInnen mit der eigenen Performance? Wurden die Ziele zu erreichen?

Die Performance bildet die einzige Ausnahme bei der Skalierung, welche hier von schlecht zu gut bewertet wurde.

2.3.5. Effort

Diese Ebene beschreibt den Einsatz, den die ProbandInnen nach eigenem Empfinden pro Testtag aufgebracht haben. Die ProbandInnen bewerten hierbei ihre Bemühungen darum, ihre Leistung zu verbessern und die individuellen Ziele zu erreichen.

2.3.6. Frustration

Eine Ebene, die sich auf die Leistung auswirkt, ist das Maß an Frustration, das sich bei den ProbandInnen während der Testung aufgebaut hat. Dieses wird von den ProbandInnen selbst bewertet und beinhaltet unter anderem Unsicherheit, Stress und die Stimmung während und direkt nach der Testung.

2.3.7. Rating

Für jede Kategorie wurde über die individuelle Gewichtung ein für alle ProbandInnen individueller Score berechnet. Die Gewichtung der Faktoren ist im Ergebnisteil dargestellt. Dabei können sich Rückschlüsse auf die Ebenen ergeben, die für die Leistung größeren Einfluss haben.

3. Ergebnisse

3.1. Probandenkollektiv

Das Kollektiv beinhaltet insgesamt 86 ProbandInnen, die an den notwendigen Trainingstagen teilgenommen haben. Diese verteilen sich auf die Fallgruppe der HandballerInnen (n=13) und die Kontrollgruppe der Studierenden (n=73).

Stichprobe (n=73)	HandballerInnen (n=13)		Studierende (n=73)	
Alter (Mittelwert)	28,0 Jahre		25,5 Jahre	
	♀	♂	♀	♂
	2	11	38	35
	15,4 %	84,6 %	52 %	48 %

Tabelle 1 - Demographie des Probandenkollektivs

Das Durchschnittsalter des gesamten Kollektivs beträgt $25,93 \pm 4,90$ Jahre. Werden die beiden Gruppen isoliert betrachtet, so ergibt sich bei den HandballerInnen ein Durchschnittsalter von $28,08 \pm 4,59$ Jahre, bei den Studierenden von $25,55 \pm 4,89$.

Mit 21 Jahren bzw. 37 Jahren wurden Minimal- bzw. Maximalwert in der Kohorte der HandballerInnen angegeben. Die Kohorte der Studierenden ist im Schnitt 2,5 Jahre jünger. Das Durchschnittsalter der Studierenden liegt bei $25,55 \pm 8,53$ Jahren.

Im Schnitt haben die HandballerInnen $17,15 \pm 6,24$ Jahre aktiv Handball gespielt. Es ergeben sich im Schnitt $2,08 \pm 0,64$ Trainingseinheiten pro Woche und HandballerIn. Unter den 13 HandballerInnen befanden sich zum Zeitpunkt der Datenerhebung fünf StudentInnen.

Die rechte Hand war bei 61,5% der HandballerInnen die dominante Hand. Bei knapp 38,5% war es die linke Hand. Die Körpergröße der Männer betrug im Schnitt 186,5cm. Die Frauen kamen auf eine durchschnittliche Größe von 165cm. Bei allen HandballerInnen ergab dies einen Mittelwert von $183,15 \pm 13,09$ cm.

Bei den Studierenden zeigt sich ein ausgeglichenes Bild bei der Geschlechterverteilung. 52% sind weiblich, das entspricht absolut 38 Teilnehmerinnen, 48% sind männlich. Die Studierenden befanden sich zum Zeitpunkt der Datenerhebung im klinischen Abschnitt des Medizinstudiums. $8,53 \pm 1,92$ Semester hatten die Studierenden im Schnitt bereits studiert.

Im Vergleich der Gruppen kann leider nicht auf Daten zur Körpergröße oder zur dominanten Hand bei den Studierenden zurückgegriffen werden.

3.2. PEG-Transfer

3.2.1. Zeit

Der Faktor Zeit fließt als wichtiger Parameter in den Performance-Score ein. Die Messung erfolgt in Sekunden und gibt darüber Auskunft, wie schnell die Aufgabe absolviert wurde.

Beginn der Zeitmessung war das Berühren bzw. das Aufgreifen des ersten Objektes. Die Zeitnahme wurde beendet, wenn das letzte Objekt wieder ordnungsgemäß abgelegt wurde. Insgesamt standen 300 Sekunden zur Verfügung. War es den ProbandInnen nicht möglich die Übung in der vorgegebenen Zeit zu absolvieren, wurden für diesen Versuch 301 Sekunden eingetragen.

Die folgende Abbildung zeigt im Vergleich beider Gruppen, die Entwicklung der benötigten Zeit über alle vier Termine.

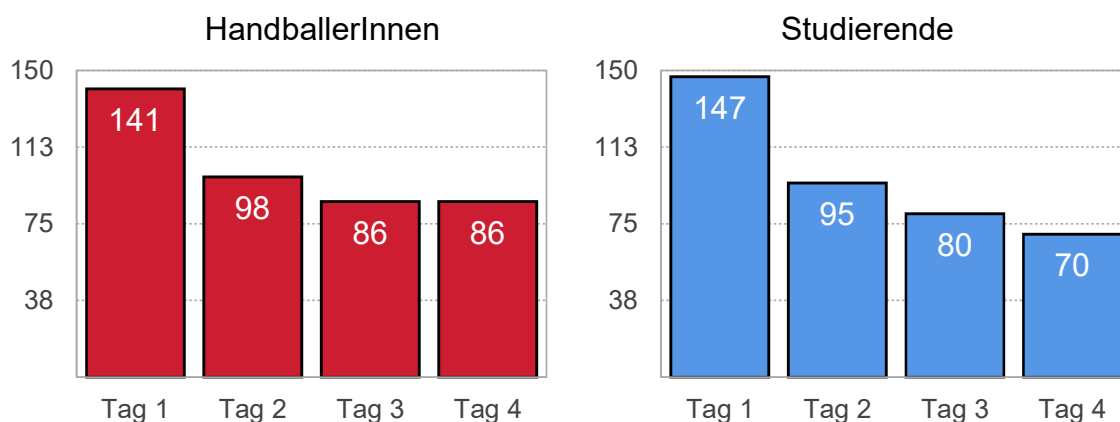


Abbildung 14 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag - PEG Transfer

Betrachtet man die Zeiten, so ergeben sich für die Tage 1 bis 4 folgende Werte in Sekunden:

- Tag 1: HandballerInnen $140,92 \pm 53,17$; Studierende $147,19 \pm 45,02$
- Tag 2: HandballerInnen $98,23 \pm 28,66$; Studierende $94,88 \pm 30,31$
- Tag 3: HandballerInnen $85,62 \pm 14,68$; Studierende $80,26 \pm 29,16$
- Tag 4: HandballerInnen $86,56 \pm 22,16$; Studierende $70,48 \pm 25,44$

Die Bestzeit betrug bei den HandballerInnen 67 Sekunden, während bei den Studierenden 41 Sekunden dokumentiert wurden. Das Maximum beträgt in beiden Gruppen 301 Sekunden.

3.2.2. Fehler

Die Anzahl der Fehler fließt ebenso in den Performance Score ein. Ein Fehler ist definiert als das Herausfallen eines Objektes aus der Greifzange. Ist dieses Objekt nicht mehr im Blickfeld oder lässt sich nicht mehr aufgreifen, so gilt die gesamte Übung als nicht bestanden und wird an diesem Punkt abgebrochen.

In der folgenden Tabelle 3 sind die durchschnittlichen Fehler pro ProbandIn pro Übungstag dargestellt. Die Zahl in Klammern beschreibt die absolute Fehleranzahl gerechnet auf alle ProbandInnen der Kohorte.

Durchschnittliche Fehleranzahl (Absolute Anzahl) (PEG)

TAGE	STUDIERENDE	HANDBALLER
PEG Tag 1	0,15 ± 0,40 (11)	0,69 ± 0,85 (8)
PEG Tag 2	0,21 ± 0,53 (15)	0,31 ± 0,48 (4)
PEG Tag 3	0,14 ± 0,35 (10)	0,08 ± 0,28(1)
PEG Tag 4	0,16 ± 0,50 (12)	0,46 ± 1,13 (6)

Tabelle 2 - Fehleranzahl beim PEG Transfer

3.2.3. Performance Score

Die Berechnung des Performance-Scores erfolgt aus den Parametern Zeit und Fehler. Die Darstellung der einzelnen Ergebnisse beinhaltet Boxplots zur deskriptiven Darstellung der einzelnen Tagesleistungen sowie zum Vergleich beider Gruppen.

In den Abschnitten 3.2.1. und 3.2.2. wurden bereits die Parameter Zeit und Fehler abgebildet. Der Performance-Score wird wie folgt berechnet:

$$\text{PEG-Transfer} = 300 (\text{Zeitvorgabe}) - \text{benötigte Zeit (in Sekunden)} - (10 \times \text{Fehleranzahl})$$

Je höher die Werte des Performance Scores sind, desto besser ist die Performance der ProbandInnen. Mit den Parametern, die in die Berechnung einfließen, lassen sich auch negative Scores berechnen.

Die kommenden Seiten vergleichen die Performance der HandballerInnen mit den Studierenden. Hierbei dienen deskriptive Statistik, Boxplots und der Mann-Whitney-U Test zur Darstellung.

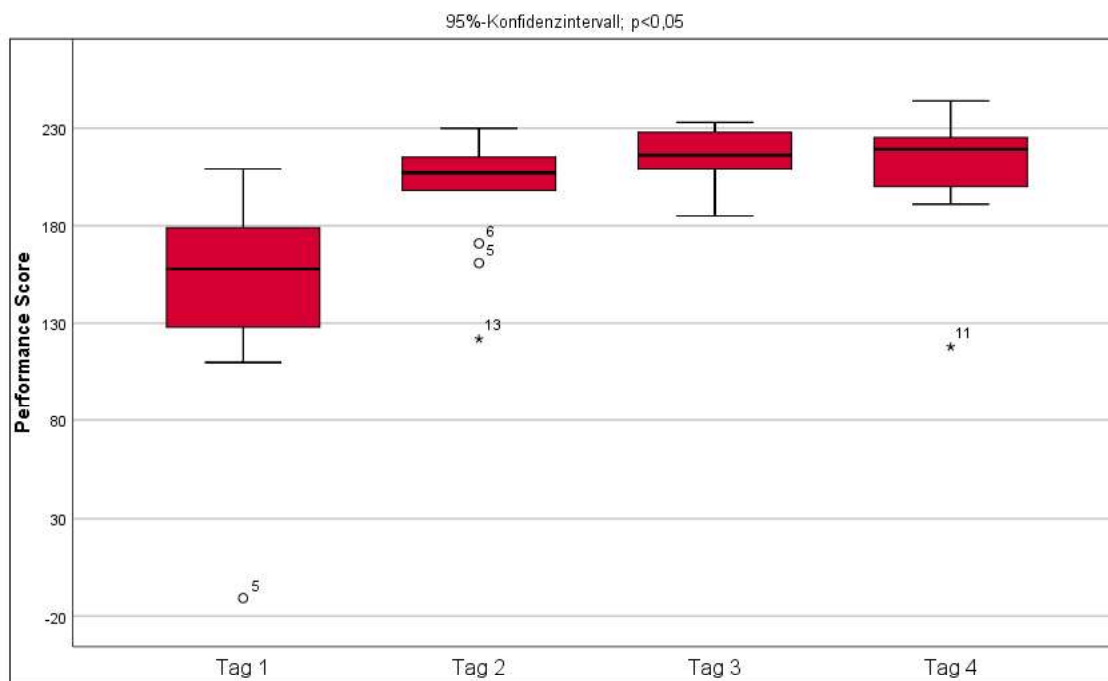


Abbildung 15 - Performance Score Handballerinnen beim PEG Transfer Tag 1 bis 4

Abbildung 15 stellt die Entwicklung der Leistung der HandballerInnen über die vier Tage gesehen dar. Zu sehen ist eine kontinuierliche Verbesserung der Leistung im Median.

An Tag 1 erreichten die HandballerInnen einen Median von $158,00 \pm 56,39$. Dieser Wert ließ sich an Tag 2 auf $207,00 \pm 30,79$ steigern. Eine weitere Steigerung konnte an Tag 3 erreicht werden. Die Werte beliefen sich auf $216,00 \pm 15,99$. Am letzten Tag der Studie kamen die HandballerInnen auf $219,00 \pm 31,81$.

Über alle Studientage konnten die Handballer insgesamt eine Steigerung der Performance um 61,00 Punkte verzeichnen. Zusätzlich wurde der Interquartilsbereich von 58,50 auf 28,50 reduziert. Die Spannweite konnte bis Tag 4 um 94,00 Punkte gesenkt

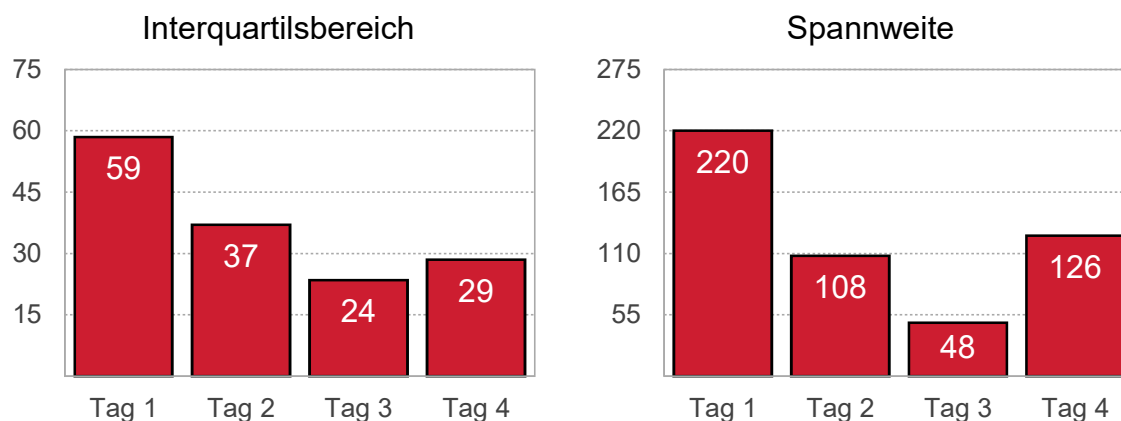


Abbildung 16 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim PEG Transfer

werden und beträgt an Tag 4 126,00 Punkte. In jeder Hinsicht rücken die individuellen Leistungen enger zusammen. Zum Vergleich mit den Studierenden zeigt Abbildung 17 die Entwicklung der Performance der Studierenden.

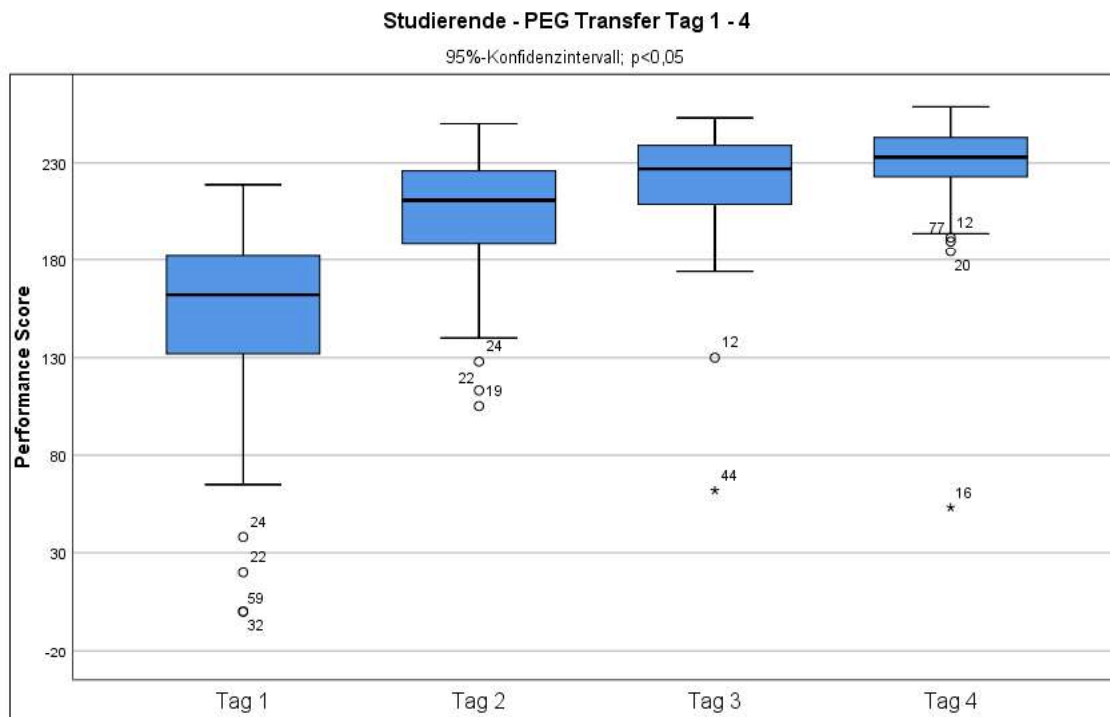


Abbildung 17 - Entwicklung Performance Score Studierende beim PEG Transfer Tag 1 bis 4

Die Studierenden konnten den Performance-Score an allen vier Tagen steigern. An Tag 1 betrug der Median $162,00 \pm 44,99$. Dieser Wert erhöhte sich an Tag 2 auf $211,00 \pm 30,86$ und an Tag 3 auf $227,00 \pm 29,16$. Am letzten Studientag kam es zum höchsten Median mit $233,00 \pm 27,23$. Die Leistung der Studierenden konnte kontinuierlich und insgesamt um 71,00 Punkte gesteigert werden.

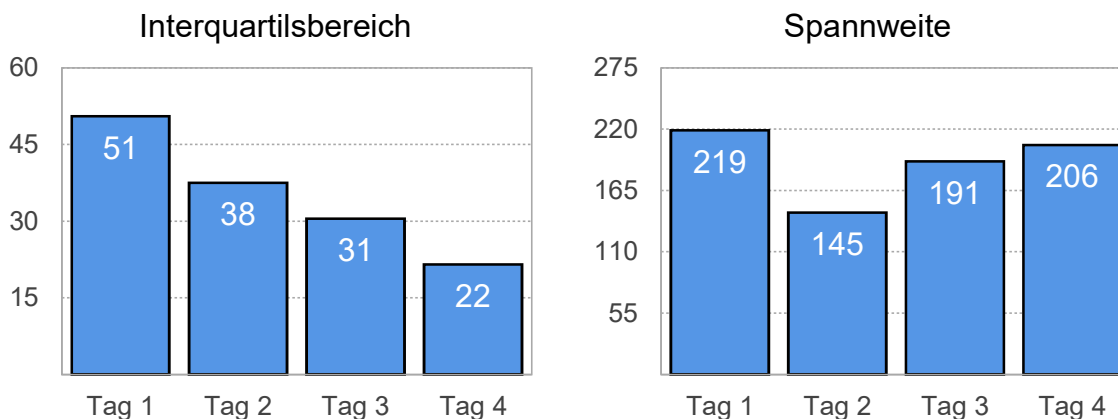


Abbildung 18 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim PEG Transfer

Abbildung 18 stellt die Entwicklung des Interquartilsbereichs und der Spannweite dar. Der Interquartilsbereich zeigt eine stetige Verkleinerung. Bei der Spannweite konnte vorübergehend eine Reduzierung festgestellt werden. Insgesamt konnte jedoch lediglich eine Reduzierung um 13 Punkte erreicht werden.

Zusammenfassend konnten sowohl HandballerInnen als auch Studierende die Performance im Laufe der Studie deutlich verbessern. Der Median stieg in beiden Gruppen kontinuierlich an und erreichte schließlich am vierten Tag den höchsten Wert. Zudem liegen die Werte am Ende der Testung enger zusammen als noch am ersten Tag.

Zur Prüfung eines signifikanten Unterschieds des Performance-Scores von Handballern und Studierenden wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Performance				
Tag 1	Studierende	73	43,79	3197,00
	HandballerInnen	13	41,85	544,00
	Gesamt	86		
Tag 2	Studierende	73	44,15	3223,00
	HandballerInnen	13	39,85	518,00
	Gesamt	86		
Tag 3	Studierende	73	45,42	3316,00
	HandballerInnen	13	33,69	425,00
	Gesamt	86		
Tag 4	Studierende	73	46,81	3417,00
	HandballerInnen	13	24,92	324,00
	Gesamt	86		
Mann-Whitney-U	453,000	427,000	334,000	233,000
Z	-0,259	-0,573	-1,695	-2,913
2-seitige Signifikanz	0,795	0,567	0,090	0,004

Tabelle 3 - Ränge und statistische Auswertung PEG Transfer

An den Tagen 1 bis 3 gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Leistungen von HandballerInnen und Studierenden.

Tag 1: $U = 453.000$, $Z = |-0.259|$, $p < .795$, $r = .028$.

Tag 2: $U = 427.000$, $Z = |-0.573|$, $p < .567$, $r = .062$.

Tag 3: $U = 334.000$, $Z = |-1.695|$, $p < .090$, $r = .183$.

Es gab einen moderaten, signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen an Tag 4: HandballerInnen ($MRang = 24,92$); Studierende ($MRang = 46,81$) an Tag 4. $U = 233.000$, $Z = |-2.913|$, $p < .004$, $r = .320$.

3.3. Precision Cutting

3.3.1. Zeit

Bei dieser Aufgabe wird die Zeit in Sekunden gemessen und gibt Auskunft über die benötigte Gesamtzeit. Der erste Schnitt markiert den Beginn der Zeitmessung. Jener Schnitt, der den Kreis auslöst, das Ende der Übung.

Die maximal mögliche Zeit beim Precision Cutting beträgt 300 Sekunden. Diese Zeit hatten alle ProbandInnen zur Verfügung, um die Aufgabe zu beenden. Schafft es der/die ProbandIn nicht in der vorgegebenen Zeit die Aufgabe zu bestehen, so werden 301 Sekunden für die Performance-Berechnung eingetragen.

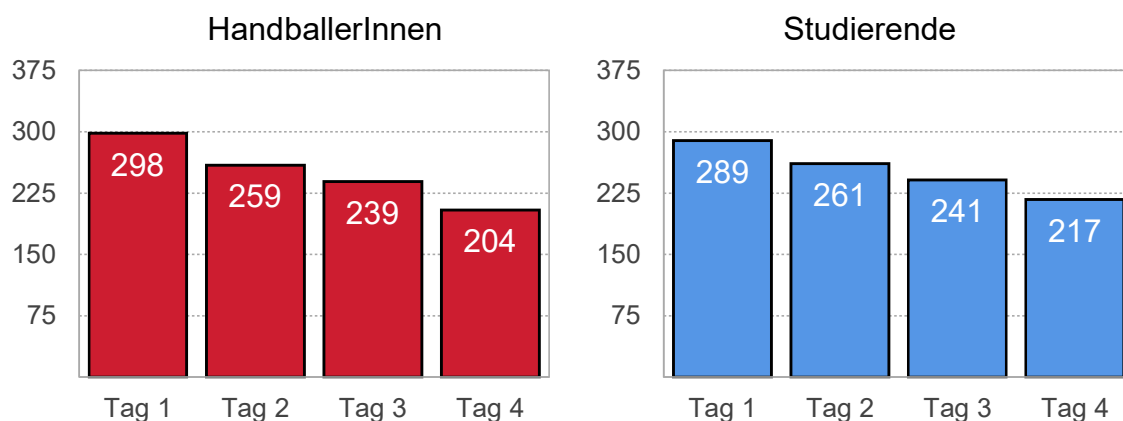


Abbildung 19 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag beim Precision Cutting

Die Durchschnittszeiten der jeweiligen Gruppe haben sich pro ProbandIn und pro Tag kontinuierlich verbessert. Im Schnitt konnten sich die Studierenden dabei um 72 Sekunden verbessern, während es bei den HandballerInnen 94 Sekunden waren. Beim Faktor Zeit zeigt sich ein kleiner Vorteil zu Gunsten der HandballerInnen.

Werden die Zeiten betrachtet so ergeben sich für die Tage 1 bis 4 folgende Werte in Sekunden:

- Tag 1: HandballerInnen $298,46 \pm 5,98$; Studierende $289,36 \pm 28,46$
- Tag 2: HandballerInnen $259,23 \pm 47,96$; Studierende $261,19 \pm 48,30$
- Tag 3: HandballerInnen $238,69 \pm 50,38$; Studierende $240,78 \pm 59,61$
- Tag 4: HandballerInnen $204,46 \pm 49,37$; Studierende $217,41 \pm 55,56$

Die schnellste Zeit unter den HandballerInnen betrug 145 Sekunden, die unter den Studierenden 113 Sekunden. In beiden Gruppen gab es Testungen, bei denen die Maximalzeit überschritten und die Aufgabe hieraufhin abgebrochen wurde.

3.3.2. Fehlschnitte

Beim Precision Cutting geht es darum möglichst präzise einen Kreis auszuschneiden, der auf einer Schablone befestigt wurde. Der Durchmesser dieses Kreises hat in der Trainingsphase einen Durchmesser zwischen 6,8 cm und 8,8 cm, wobei die Fehlertoleranz während des Trainings auf der Schablone markiert ist. Im Test hat die Schablone einen Durchmesser von 7,5 cm. Sobald die Kreislinie um mehr als 5 mm überschritten wird, wird als Fehlschnitt gewertet. Ebenso geht jeder Schnitt außerhalb des Bereiches als Fehlschnitt in die Bewertung ein.

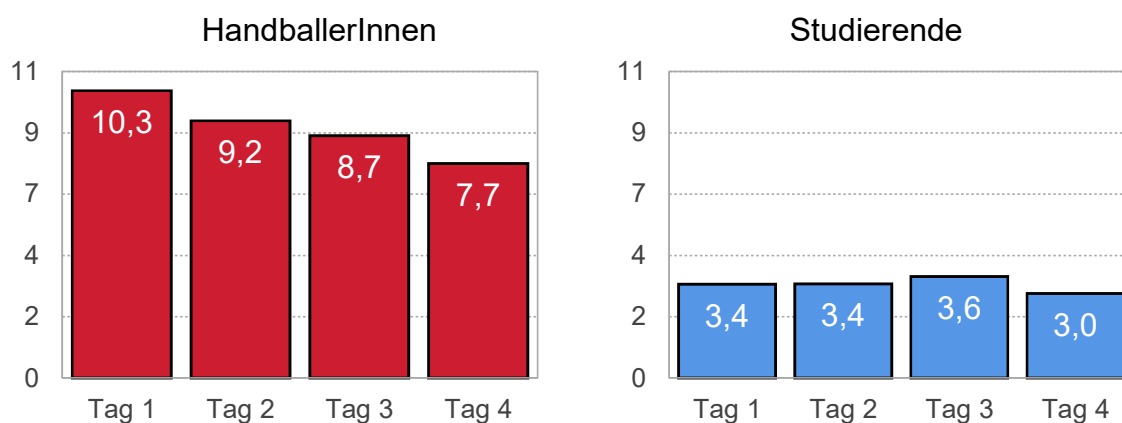


Abbildung 20 - Anzahl der Fehlschnitte pro ProbandIn je Tag beim Precision Cutting

In Abbildung 20 sind signifikante Unterschiede zu erkennen. Deutlich weniger Fehlschnitte leisteten sich im Schnitt die Studierenden. Außerdem war es mindestens einem Studierenden möglich pro Tag einen Bestwert mit 0 Fehlern zu absolvieren. Maximal wurden bei den Studierenden aufsteigend von Tag 1 bis 4 folgende Werte erzielt: 17, 20, 20, 22. Dieser Wert nahm im Verlauf der Studie zu.

Die Gruppe der HandballerInnen zeigte im Schnitt die deutlich höheren Fehlschnitt-Werte. Tendenziell stellt sich insgesamt jedoch auch in dieser Gruppe eine positive Entwicklung dar und die Fehlschnitte pro ProbandIn konnten um 2,6 vermindert werden. Eine fehlerfreie Testung gelang niemandem in der Gruppe der HandballerInnen. Die Minimalwerte ergeben sich an Tag 1 bis 4 wie folgt: 3, 1, 2, 2. An Maximalwerten wurden aufsteigend von Tag 1 bis 4 folgende Werte erreicht: 19, 19, 15, 17. Im Gesamten ergeben sich für die einzelnen Tage pro Kohorte folgende Werte:

- Tag 1: HandballerInnen $10,31 \pm 5,76$; Studierende $3,36 \pm 3,63$
- Tag 2: HandballerInnen $9,23 \pm 5,54$; Studierende $3,37 \pm 3,99$
- Tag 3: HandballerInnen $8,69 \pm 3,59$; Studierende $3,64 \pm 4,05$
- Tag 4: HandballerInnen $7,69 \pm 3,90$; Studierende $3,03 \pm 4,03$

3.3.3. Gradanzahl

Für die Berechnung des Performance-Scores spielt die Gradanzahl des ausgeschnittenen Kreises eine untergeordnete Rolle. Diese geht nicht direkt in die Berechnung mit ein, jedoch gilt die Aufgabe erst als bestanden, wenn der Kreis vollständig ausgeschnitten wurde. Zudem führt ein nicht ausgeschnittener Kreis zur Überschreitung der Zeitvorgabe und somit zu einem negativen Performance-Score.

In Abbildung 21 ist die Entwicklung beider Gruppen im Vergleich dargestellt:

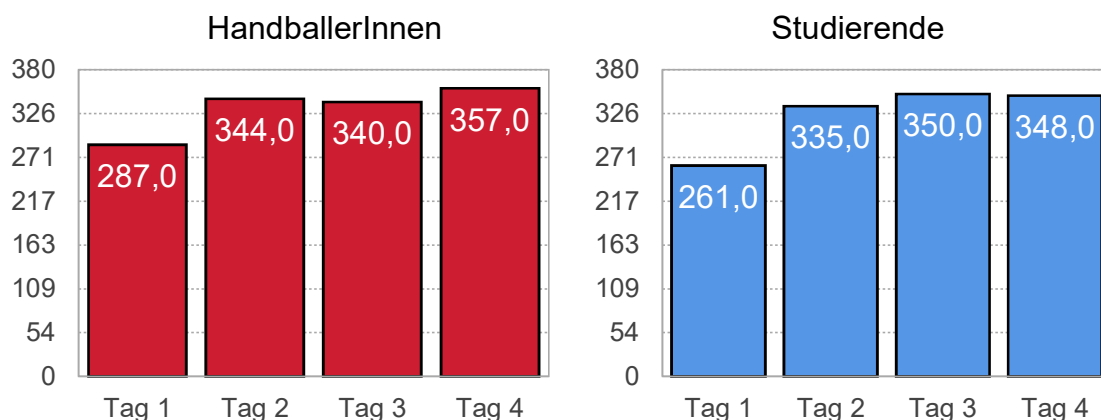


Abbildung 21 - Durchschnittlich geschnittene Gradanzahl beim Precision Cutting

In beiden Gruppen zeigt sich eine ähnliche Entwicklung im Hinblick auf die Durchschnittswerte. Werden die Standardabweichungen hinzugezogen, dann ergibt sich folgendes Bild:

- Tag 1: HandballerInnen $287,0 \pm 75,0$; Studierende $261,0 \pm 86,0$
- Tag 2: HandballerInnen $344,0 \pm 25,0$; Studierende $335,0 \pm 44,0$
- Tag 3: HandballerInnen $340,0 \pm 37,0$; Studierende $350,0 \pm 24,0$
- Tag 4: HandballerInnen $357,0 \pm 11,0$; Studierende $348,0 \pm 42,0$

Die folgenden Diagramme bilden die Anzahl der vollständig ausgeschnittenen Kreise dar. Die jeweils links dargestellten Diagramme zeigen die absolute Anzahl an ausgeschnittenen Kreisen. Auf der rechten Seite findet sich die entsprechende Darstellung der relativen Erfolgsrate.

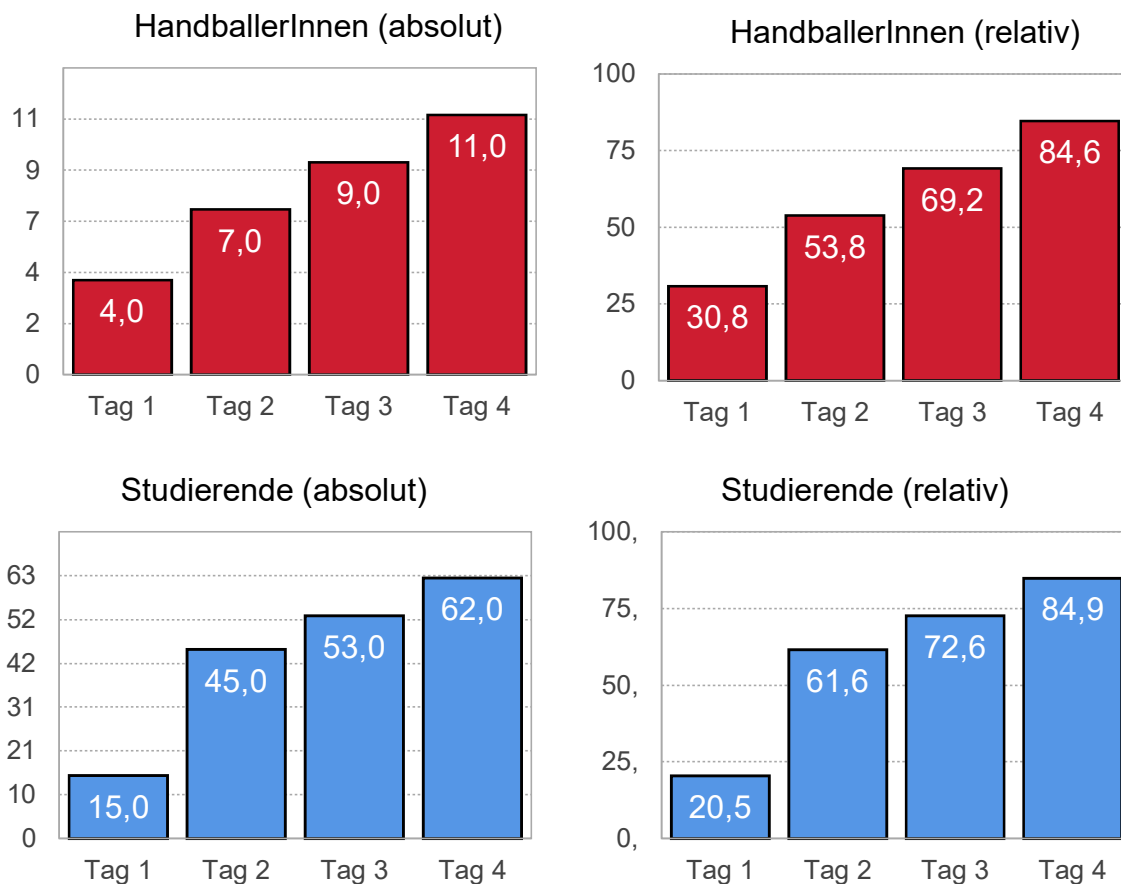


Abbildung 22 - Absolute und relative Anzahl an ausgeschnittenen Kreisen beim Precision Cutting

Über alle vier Testtage konnten die Leistungen verbessert werden. So konnten im Verlauf der Studie mit Fortschreiten der Testungstage mehr abgeschlossene Übungsdurchläufe dokumentiert werden. Dabei zeigt sich bei den HandballerInnen ein kontinuierlicher, gleichmäßiger Anstieg. Die Studierenden erreichen vom ersten zum zweiten Tag den stärksten Anstieg, während an den weiteren Tagen die Anzahl kontinuierlich und flacher ansteigt.

Am vierten und letzten Tag erreichen beide Gruppen Werte nahe der 85%, was im Umkehrschluss bedeutet, dass etwa 15% der ProbandInnen die Aufgabe auch am vierten Tag nicht komplett absolvieren konnten.

3.3.4. Ausriss/Abbrüche

In dieser Kategorie werden Abbrüche der Übung dargestellt, wobei ein Abbruch in diesem Fall als Ausriss einer Schablone aus der Vorrichtung im Endotrainer definiert ist. Eine Übung kann auch dann als „nicht bestanden“ bewertet werden, wenn ein Proband/ eine Probandin keinen Ausriss generiert hat.

Die Aufgabe gilt als bestanden, wenn...

- a) ...kein Ausriss generiert wurde,
- b) ...der Kreis vollständig ausgeschnitten wurde,
- c) ...die Aufgabe in 300 Sekunden oder weniger beendet wurde.

Abbildung 23 zeigt die gültigen Versuche beider Gruppen in absoluter und relativer Berechnung.

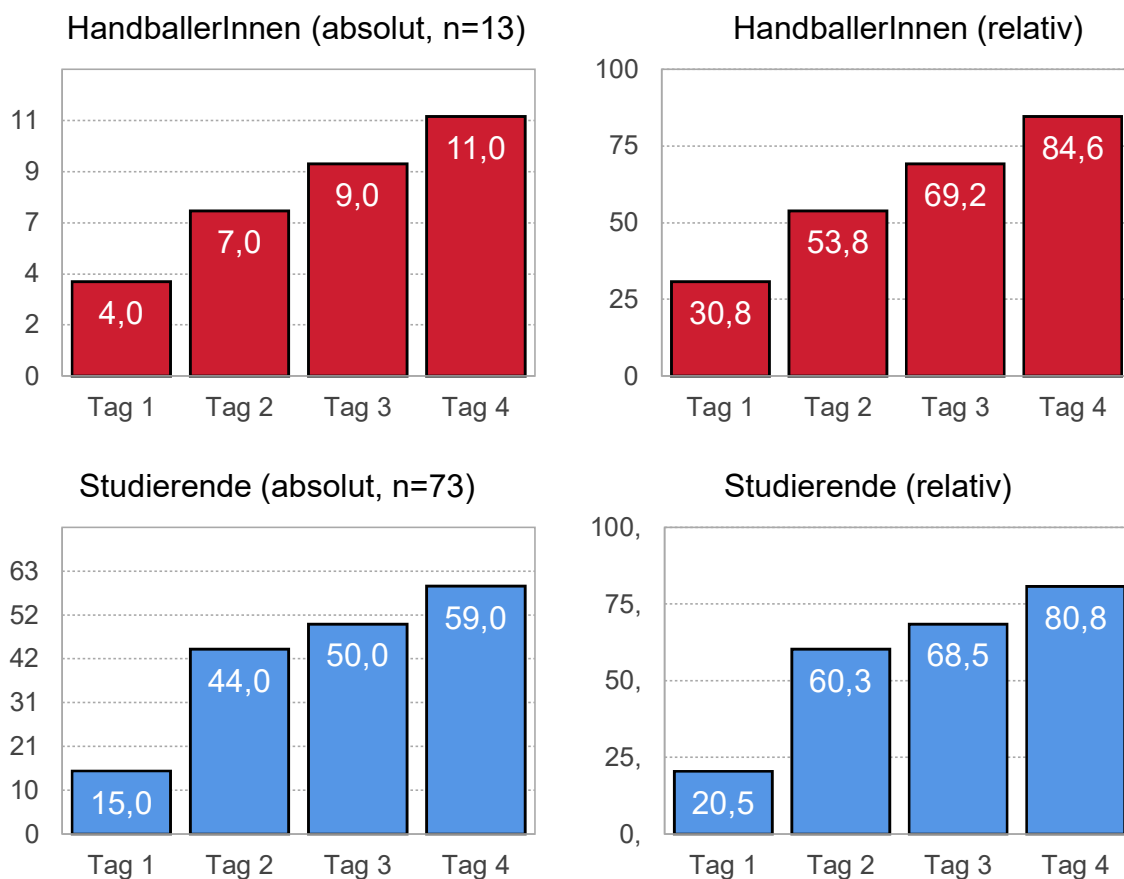


Abbildung 23 - Absolute und relative Anzahl bestandener Versuche beim Precision Cutting

In beiden Gruppen konnte die gültige Anzahl mit jedem Testtag gesteigert werden. Im Hinblick auf die relative Anzahl erzielten die HandballerInnen das insgesamt bessere Ergebnis.

3.3.5. Performance Score

Je höher die Werte des Performance Scores, desto besser ist die Performance der ProbandInnen. Mit den Parametern, die in die Berechnung einfließen, lassen sich auch negative Scores berechnen. In den vorangegangenen Kapiteln wurden die für den Performance Score notwendigen Parameter dargelegt, die beim Precision Cutting mit einfließen.

$$\text{Precision Cutting} = 300 \text{ (Zeitvorgabe)} - \text{benötigte Zeit (in Sekunden)} - (10 \times \text{Fehlschnitte})$$

Aus dieser Berechnung ergeben sich für die Gruppen die folgenden Werte und Diagramme.

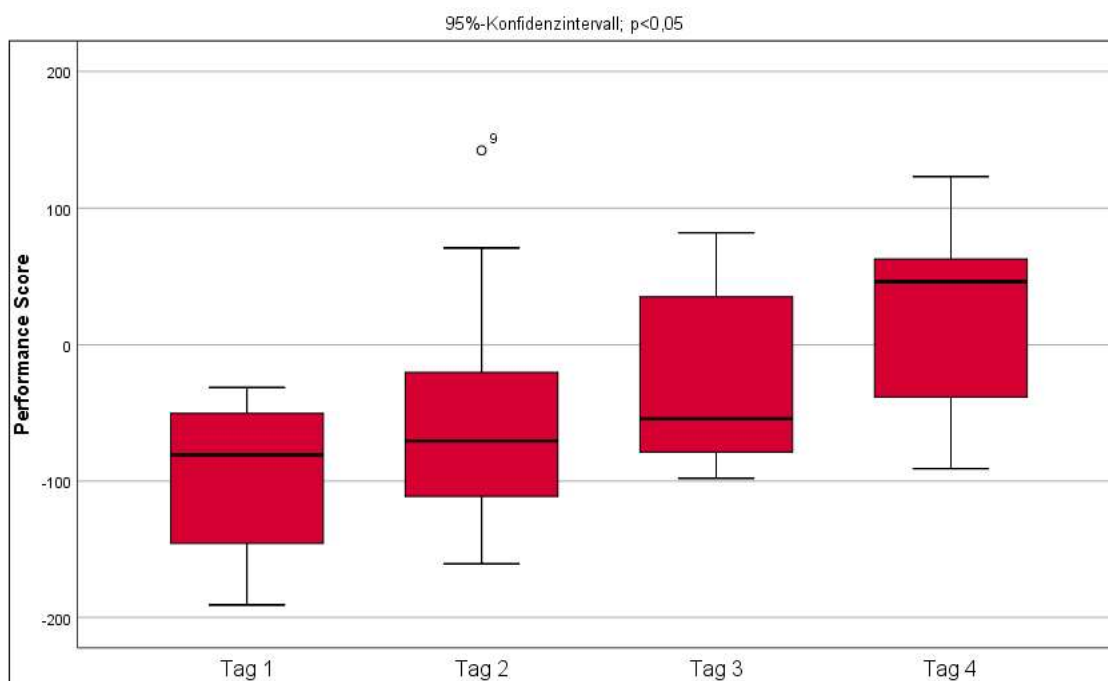


Abbildung 24 - Performance Score der HandballerInnen beim Precision Cutting Tag 1 bis 4

In Abbildung 24 ist die Entwicklung der Leistung der HandballerInnen über alle Termine der Studie dargestellt. Die Performance konnte kontinuierlich gesteigert werden. Es ist zu erkennen, dass die Performance Scores an den Tagen 1 bis 3 im Median negativ sind. Letztlich erreichte der Performance-Score an Tag 4 einen positiven Wert.

An Tag 1 betrug der Median der HandballerInnen $-81,00 \pm 56,62$. Dieser Wert ließ sich an Tag 2 leicht auf $-71,00 \pm 93,81$ erhöhen. Tag 3 zeigt einen Median von $-55,00 \pm 63,62$. Die größte Steigerung wurde am vierten Tag erzielt.

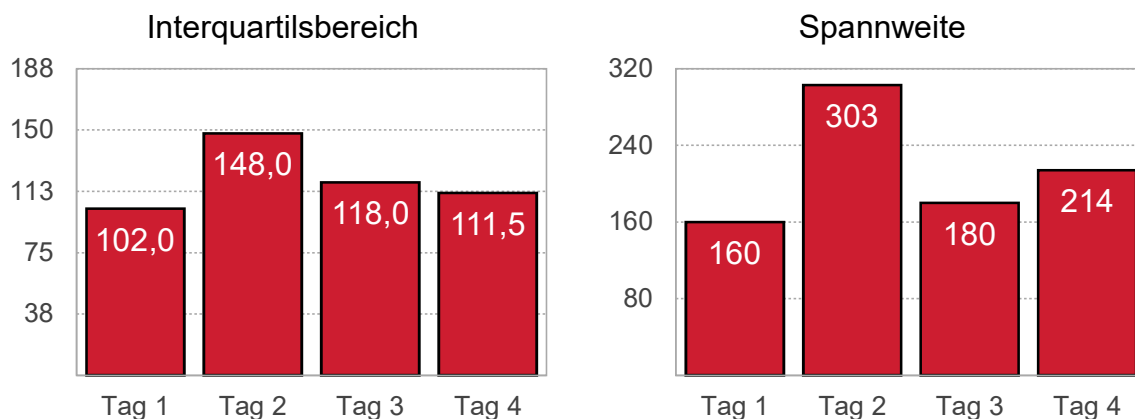


Abbildung 25 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim Precision Cutting

Hierbei erzielen die HandballerInnen einen Median von $46,00 \pm 70,96$. Der Score ließ sich insgesamt um 127 Punkte steigern.

Dem gegenübergestellt erhöhten sich sowohl Spannweite als auch Interquartilsabstand im Verlauf der Testung.

Der Minimalwert in der Gruppe der HandballerInnen konnte von Tag 1 (-191,00 Punkte) bis zu Tag 4 (-91,00 Punkte) um 100,00 Punkte verbessert werden. Ebenso kam es bei den Maximalwerten zu einer Verbesserung von -30,00 an Tag 1 auf 123,00.

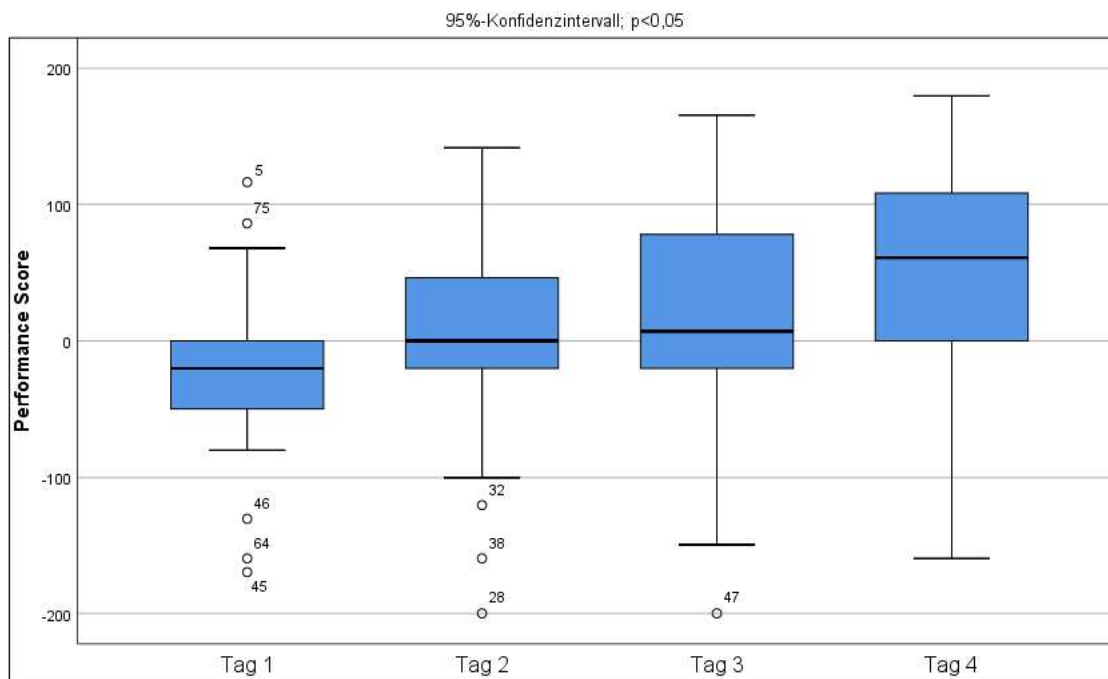


Abbildung 26 - Entwicklung Performance Score der Studierenden beim Precision Cutting Tag 1 bis 4

Im Vergleich dazu wird in Abbildung 26 die Entwicklung bei den Studierenden gezeigt.

Bei den Studierenden kann eine positive Tendenz der Median-Entwicklung festgestellt werden. Deutlich zu erkennen ist über alle vier Tage eine Zunahme des Interquartilsbereichs. (Abbildung 27).

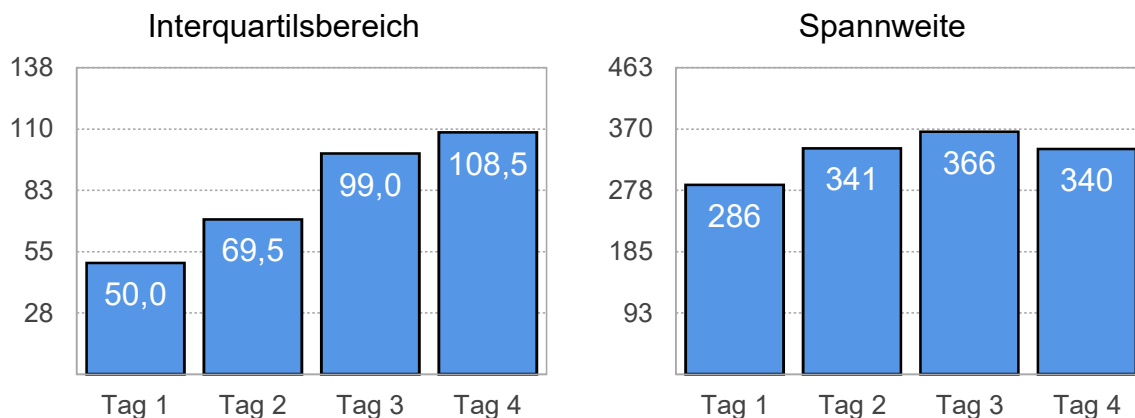


Abbildung 27 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim Precision Cutting

Die detaillierte Entwicklung beim Median ergibt folgende Werte.

Am ersten Tag wurde ein Median von $-20,00 \pm 45,07$ erzielt. Dieser Wert konnte an Tag 2 auf $0,00 \pm 59,06$ gesteigert werden. An Tag 3 erreichen die Studierenden einen Median von $7,00 \pm 71,39$, ehe es am letzten Tag zum größten Anstieg kommt und der Median $61,00 \pm 69,57$ erreicht. Die Spannweite erhöhte sich insgesamt von 286 auf 340.

Zusammenfassend verbesserten HandballerInnen und Studierende die Leistung beim Precision Cutting deutlich. Der Median stieg in beiden Gruppen kontinuierlich an. Am vierten Tag wurden in beiden Gruppen die Höchstwerte erzielt. Über alle vier Tage erhöht sich in beiden Gruppen die Streuung. Die Daten liegen am letzten Tag weiter auseinander als an Tag 1.

Performance				
Tag 1	Studierende	73	48,71	3556,00
	HandballerInnen	13	14,23	185,00
	Gesamt	86		
Tag 2	Studierende	73	46,50	3394,50
	HandballerInnen	13	26,65	346,50
	Gesamt	86		
Tag 3	Studierende	73	46,25	3376,00
	HandballerInnen	13	28,08	365,00
	Gesamt	86		
Tag 4	Studierende	73	45,41	3115,00
	HandballerInnen	13	32,77	426,00
	Gesamt	86		
Mann-Whitney-U	94,000	255,500	274,000	335,000
Z	-4,611	-2,642	-2,418	-1,682
2-seitige Signifikanz	0,000	0,008	0,016	0,093

Tabelle 4 - Ränge und statistische Auswertung Precision Cutting

Ein Mann-Whitney-U-Test wurde berechnet um zu überprüfen, ob sich der Performance-Score von HandballerInnen und Studierenden unterscheidet.

Am ersten Tag gab es einen starken, signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen.

HandballerInnen ($MRang = 14,23$); Studierende ($MRang = 48,71$) am ersten Studientag, $U = 94.000$, $Z = |-4.611|$, $p < .000$, $r = .497$.

Auch an Tag 2 zeigt sich ein signifikanter, jedoch moderater Unterschied beider Gruppen. HandballerInnen ($MRang = 26,65$); Studierende ($MRang = 46,50$), $U = 255.500$, $Z = |-2.642|$, $p < .008$, $r = .285$.

Am dritten Tag wurde ein signifikanter, ebenfalls moderater Unterschied zwischen HandballerInnen ($MRang = 28,08$) und Studierenden ($MRang = 46,25$) festgestellt, $U = 274.000$, $Z = |-2.418|$, $p < .016$, $r = .261$.

Am letzten Tag der Studie wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Leistungen der Handballer und Studierenden festgestellt, $U = 355.000$, $Z = -1.6821$, $p < .093$, $r = .181$.

3.4. Intracorporeal Suturing

3.4.1. Zeit

Bei der letzten Übung spielt die Zeit abermals eine wichtige Rolle in der Berechnung des Performance Scores. Für diese Aufgabe stehen den ProbandInnen zu Beginn 600 Sekunden zur Verfügung.

Die Zeitmessung wird gestartet, sobald die beiden Instrumente mit Nadel und Faden im Blickfeld sichtbar sind. Sobald die Übung absolviert wurde und der dritte und letzte Knoten gemacht wurde, müssen die Fäden durchgeschnitten werden und das übrige Nahtmaterial durch die Trokarlöcher entfernt werden. Die Übung ist in diesem Moment beendet und die Zeitnahme endet. Schaffen es die ProbandInnen nicht, die Übung in der vorgegebenen Zeit zu absolvieren, so werden 601 Sekunden dokumentiert.

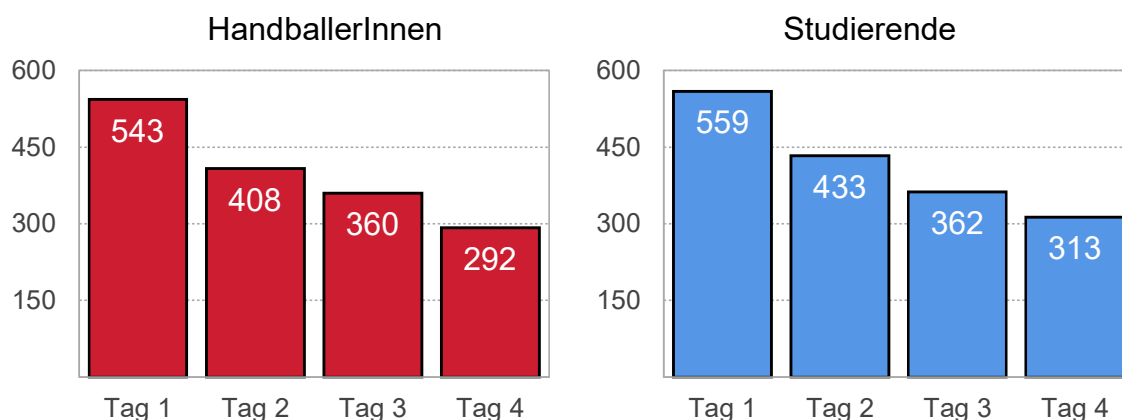


Abbildung 28 - Benötigte Zeit in Sekunden pro ProbandIn je Tag beim Intracorporeal Suturing

Abbildung 28 zeigt die Entwicklung der durchschnittlich gemessenen Zeit in Sekunden. Dabei zeigt sich in beiden Gruppen eine kontinuierliche Verringerung im Verlauf der Testungen. Im Einzelnen betrachtet werden folgende Zeiten mit Standardabweichung erzielt:

- Tag 1: HandballerInnen $542,69 \pm 103,10$; Studierende $559,11 \pm 89,24$
- Tag 2: HandballerInnen $408,23 \pm 152,10$; Studierende $432,78 \pm 144,79$
- Tag 3: HandballerInnen $360,38 \pm 140,51$; Studierende $361,85 \pm 137,65$
- Tag 4: HandballerInnen $291,62 \pm 140,38$; Studierende $312,78 \pm 135,32$

In Zusammenschau der Daten konnten sich die HandballerInnen um 251 Sekunden verbessern. Die Studierenden kamen auf einen Verbesserungswert von 246 Sekunden. Es

wurde in beiden Gruppen ein Maximalwert von 601 Sekunden festgestellt. Mit 91 Sekunden wird bei den Studierenden der kürzeste Durchlauf erreicht. Die schnellste Zeit der HandballerInnen betrug 141 Sekunden.

3.4.2. Abweichung

Die Abweichung definiert sich über die Ein- und die Ausstichstelle und spielt bei der Berechnung des Performance Scores eine bedeutende Rolle. Ein- und Ausstichposition sind auf beiden Seiten des simulierten Gefäßes markiert.

Den ProbandInnen wird so eine Hilfestellung geboten, sich an diesen Punkten zu orientieren. Die Abweichung berechnet sich aus der Summe des Abstands zur vorgesehenen Einstichstelle und des Abstands zur vorgesehenen Ausstichstelle. Abbildung 29 stellt die durchschnittliche Abweichung pro Tag dar.

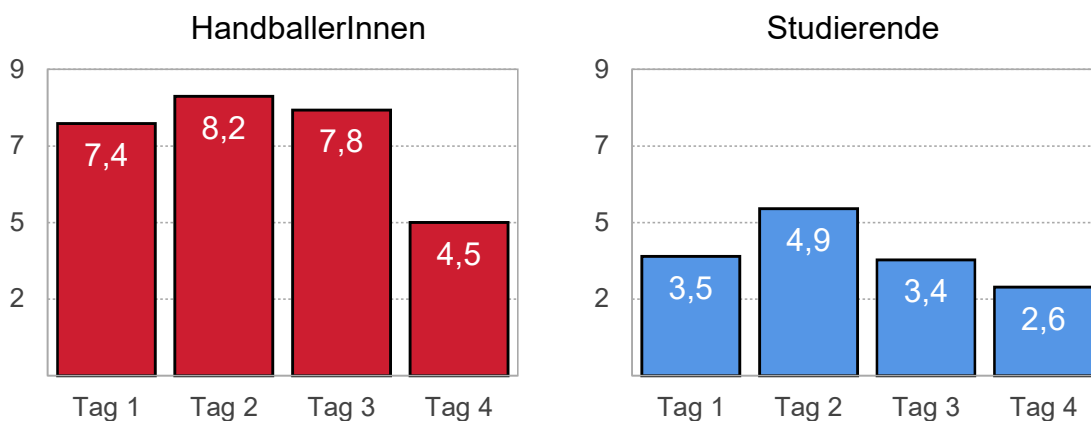


Abbildung 29 - Abweichung in mm pro ProbandIn je Tag beim Intracorporeal Suturing

Es fällt auf, dass die Gruppe der Studierenden an allen vier Tagen eine niedrigere Abweichung generiert als die Gruppe der HandballerInnen. Beide Gruppen zeigten zum letzten Testtag in dieser Kategorie eine deutliche Verbesserung. Während sich die Studierenden insgesamt um 0,9mm verbesserten, kamen die HandballerInnen auf eine Verbesserung um 2,9mm. Die einzelnen Tage lassen sich im Detail folgend darstellen.

- Tag 1: HandballerInnen $7,38 \pm 3,23$; Studierende $3,47 \pm 4,00$
- Tag 2: HandballerInnen $8,15 \pm 4,26$; Studierende $4,91 \pm 6,17$
- Tag 3: HandballerInnen $7,85 \pm 4,58$; Studierende $3,37 \pm 4,06$
- Tag 4: HandballerInnen $4,69 \pm 3,07$; Studierende $2,58 \pm 2,77$

In beiden Gruppen gab es Testungen bei denen der Minimalwert von 0,00mm Abweichung erzielt werden konnte. Maximal lagen die HandballerInnen 16mm von den Markierungen entfernt, die Studierenden maximal 26mm.

3.4.3. Knotenausführung

Die Qualität der Knoten hat in der Medizin eine große Wichtigkeit. Dieses Kapitel befasst sich mit der Qualität der Ausführung der Knoten. Hierbei wird zum einen die richtige Ausführung der Knoten betrachtet und zum anderen bewertet, ob die durchgeführten Knoten strapazierfähig sind und suffizient halten. Dazu wurde nach der Übung an den abgeschnittenen Enden gezogen. Löste sich dabei der Knoten auf, galt dieser als insuffizient. Festigten sich hingegen die Knoten durch das Ziehen, galten diese als suffizient.

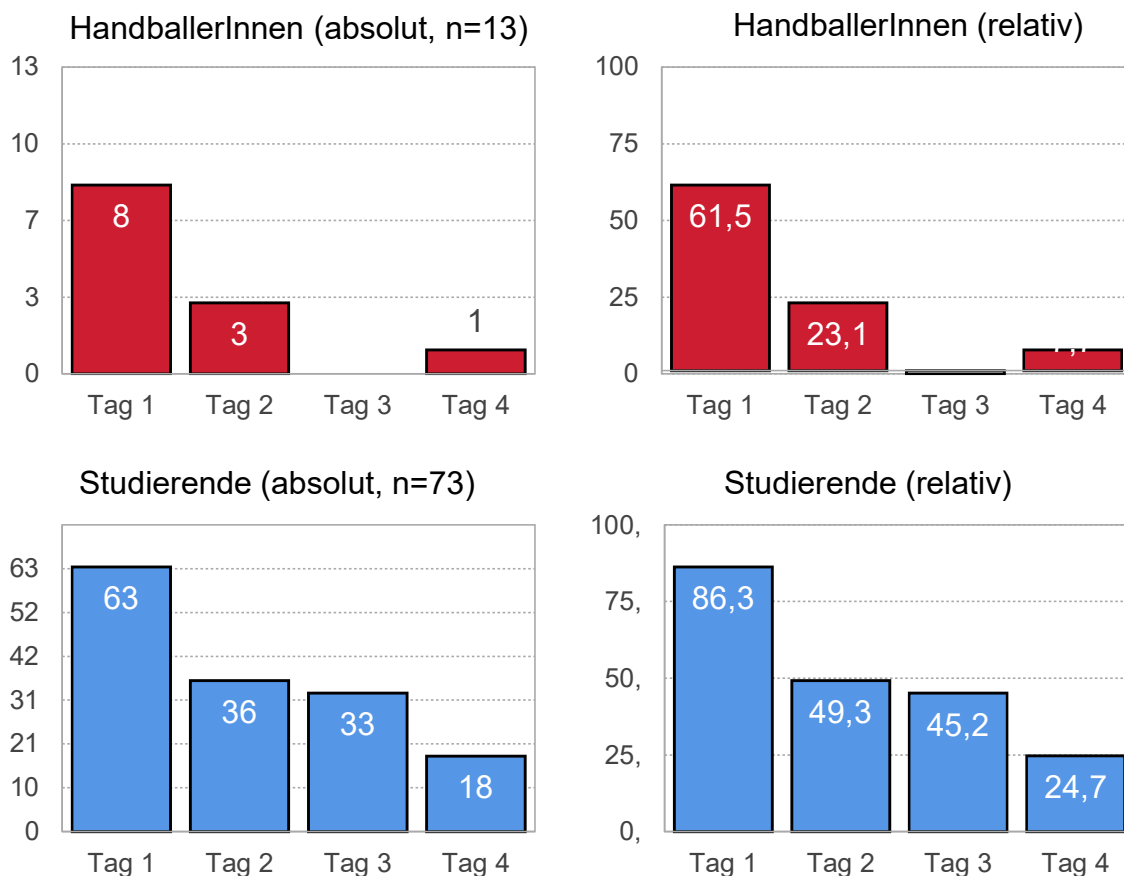


Abbildung 30 - Absolute und relative Anzahl fehlerhafter Knoten beim Intracorporeal Suturing

In Abbildung 30 ist die kontinuierliche Verbesserung der Leistung hinsichtlich der Knotenausführung in beiden Gruppen zu sehen. Relativ gesehen erzielt die Gruppe der HandballerInnen in der logarithmischen Darstellung einen geringeren prozentualen Anteil, jedoch bei einer deutlich niedrigeren Stichprobe.

Je nachdem, ob die richtige Technik beim Nähen angewandt wurde sind Knoten mehr oder weniger belastbar. Diese Informationen zeigt Abbildung 31 mit der Darstellung des Anteils an insuffizienten Knoten in beiden Gruppen:

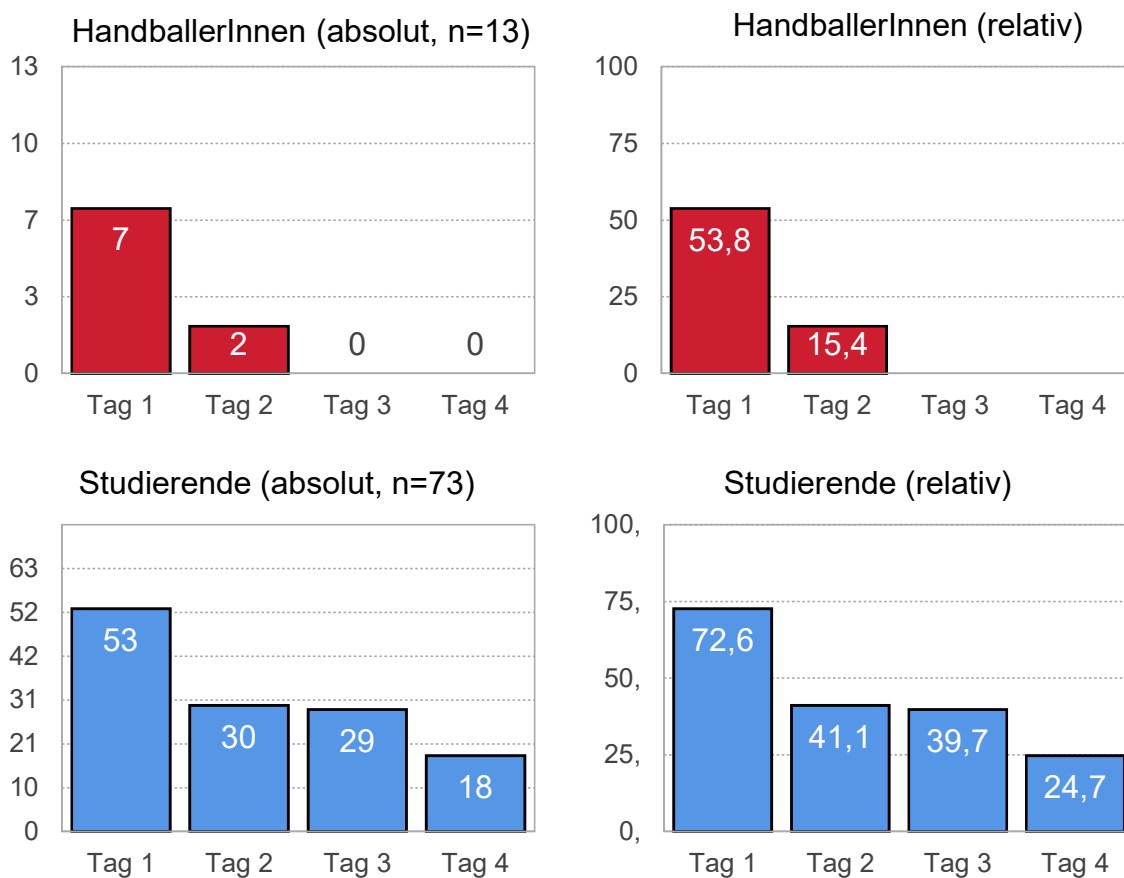


Abbildung 31 - Absolute und relative Anzahl insuffizienter Knoten - Intracorporeal Suturing

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich in Abbildung 31. Dabei lässt sich erkennen, dass Knoten, die nicht korrekt durchgeführt wurden, dennoch suffizient sein konnten. Die Gruppe der HandballerInnen weist in der relativen Berechnung weniger insuffiziente Knoten auf, wobei die kleinere Stichprobe zu beachten ist.

Diese Kategorie hat einen wichtigen Einfluss darauf, ob ein Durchgang als gültig bewertet wird.

3.4.4. Gültige Durchführungen

Die erfolgreiche Durchführung der Übung Intracorporeal Suturing beinhaltet einige Voraussetzungen. Folgende Faktoren müssen zutreffen, sodass eine Übung als bestanden gilt:

- die benötigte Zeit nicht > 600 Sekunden beträgt,
- die Knoten fehlerfrei ausgeführt wurden,
- die Knoten belastbar und suffizient sind
- und das „Gefäß“ nicht aus der Befestigung gerissen wurde.

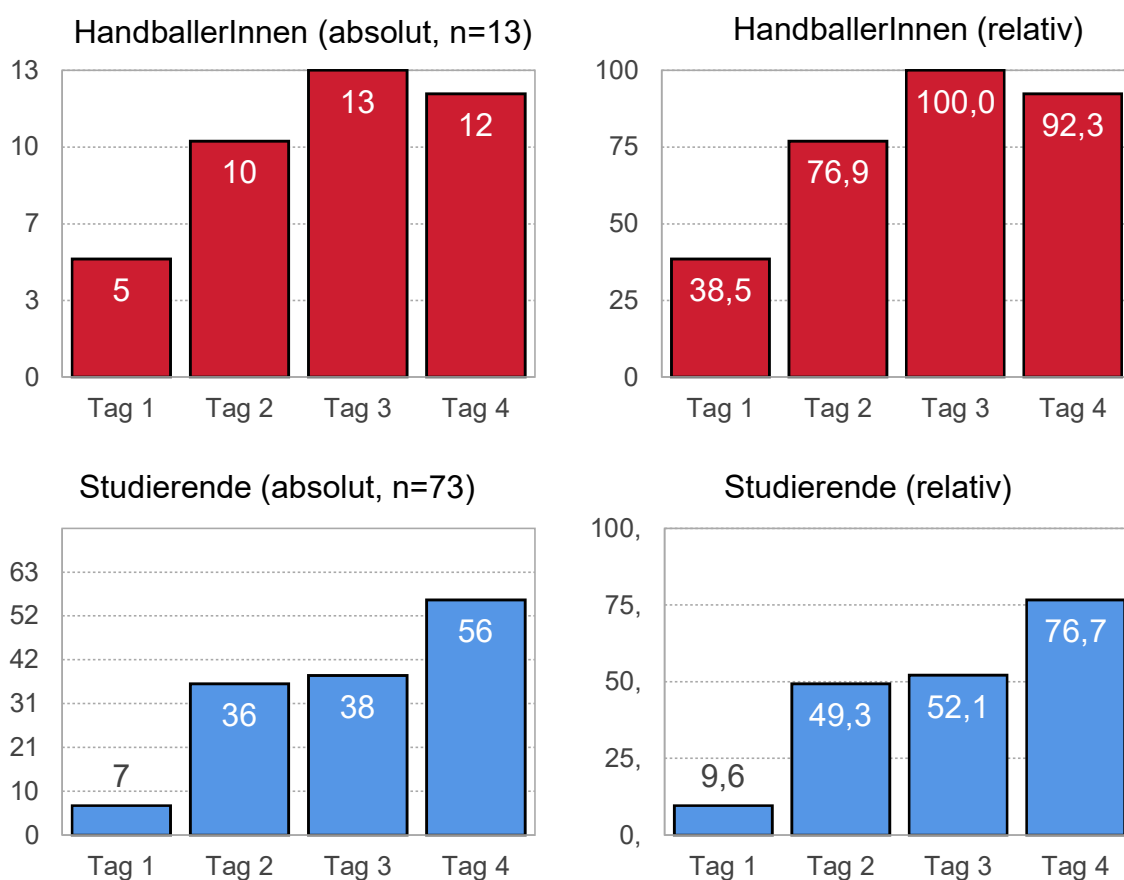


Abbildung 32 - Absolute und relative Anzahl gültige Durchgänge beim Intracorporeal Suturing

Die Gruppe der HandballerInnen zeigt bei dieser Übung eine insgesamt starke Verbesserung bis zum letzten Studientag. Dabei weisen am letzten Tag 92,3% der ProbandInnen einen gültigen Versuch auf. Auch die Studierenden zeigen bei dieser Übung eine positive Entwicklung über den Zeitraum der Studie. An Tag 1 konnten nur 7 von 73 ProbandInnen unter diesen Voraussetzungen einen gültigen Durchlauf erzielen konnten. Dieser Wert konnte über die vier Testtage auf 56 von 73 ProbandInnen an Tag 4 gesteigert werden. Insgesamt konnten so 76,7 % der ProbandInnen einen gültigen und somit bestandenem Durchlauf erzielen.

3.4.5. Performance Score

Die in den vorangegangenen Kapiteln 3.4.1. bis 3.4.4. beschriebenen Parameter fließen teilweise direkt und teilweise indirekt in die Berechnung des Performance Scores mit ein.

$$\text{Intracorporeal Suturing} = 600 \text{ (Zeitvorgabe)} - \text{benötigte Zeit (in Sekunden)} - (10 \times \text{Abweichung in mm}) - (10 \times \text{Knoten fehlerhaft}) - (20 \times \text{Knoten insuffizient})$$

Wie in der Formel zu sehen ist, spielt neben dem Faktor Zeit auch die Abweichung eine wichtige Rolle bei der Berechnung. Zusätzlich werden jeweils binär fehlerhafte Knoten und insuffiziente Knoten mit einberechnet. Binär bedeutet, dass fehlerfreie und suffiziente Knoten mit der Zahl 0 eingetragen werden. Hingegen werden fehlerhafte und insuffiziente Knoten mit der Zahl 1 eingetragen. Multipliziert mit dem Faktor 10 ergibt dies Strafpunkte. Trotz teilweise ungültigem Durchgang wird für alle ProbandInnen ein Performance Score ausgerechnet. Dieser kann wie in den ersten beiden Übungen negativ ausfallen.

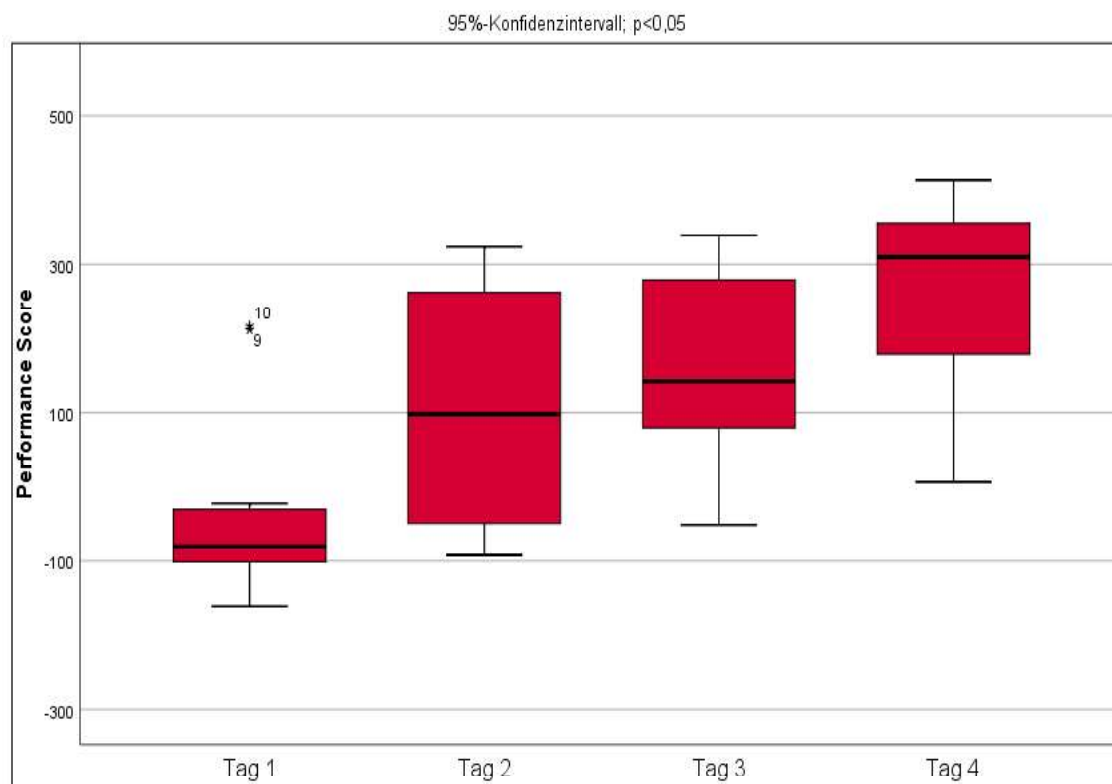


Abbildung 33 - Entwicklung Performance Score HandballerInnen Tag 1 bis 4 beim Intracorporeal Suturing

Abbildung 33 stellt die Entwicklung der Leistungen der HandballerInnen über den Zeitraum der Studie dar. Auffällig ist eine deutliche und kontinuierliche Verbesserung. Zu Beginn lag der Performance-Score im negativen Bereich. An den Tagen 2 bis 4 wurde der Median deutlich über die Nulllinie hinaus gesteigert.

An Tag 1 erzielten die HandballerInnen einen Median von $-81,00 \pm 120,29$. Bereits am zweiten Tag konnte eine deutliche Steigerung erzielt werden auf $98,00 \pm 162,27$. Tag 3 zeigt einen Median von $142,00 \pm 133,06$. Der Bestwert wird an Tag 4 mit einem Median von $310,00 \pm 56,62$ erreicht. Insgesamt ließ sich die Performance im Schnitt um 391 Punkte verbessern.

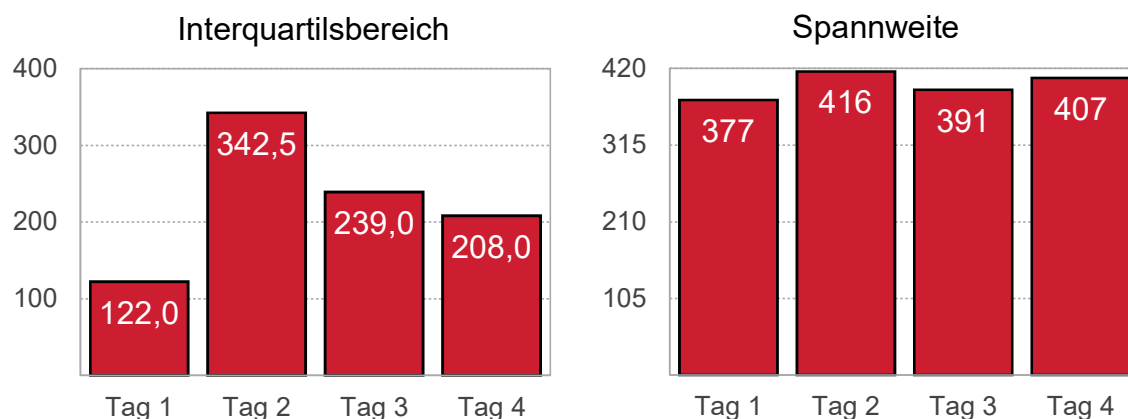


Abbildung 34 - Entwicklung HandballerInnen Interquartilsbereich und Spannweite beim Intracorporeal Suturing

Die Spannweite zeigte sich an allen vier Tagen bei den HandballerInnen in einem ähnlichen Bereich. Hingegen zeigte der Interquartilsbereich eine Fluktuation, beginnend mit 122,00 Punkten und abschließend mit 208,00 Punkten. Insgesamt erhöhte sich die Streuung in der Performance der Handballer im Laufe der Studie.

Bei Betrachtung der Extremwerte erzielten die HandballerInnen an Tag 1 einen absoluten Minimalwert von -161,00 Punkten. Dieser konnte bis zu Tag 4 deutlich erhöht werden. Am letzten Tag lag der Wert bei 6,00 Punkten. Auch die erzielten Maximalwerte konnten die HandballerInnen von 216,00 Punkten auf 413,00 Punkte deutlich verbessert werden.

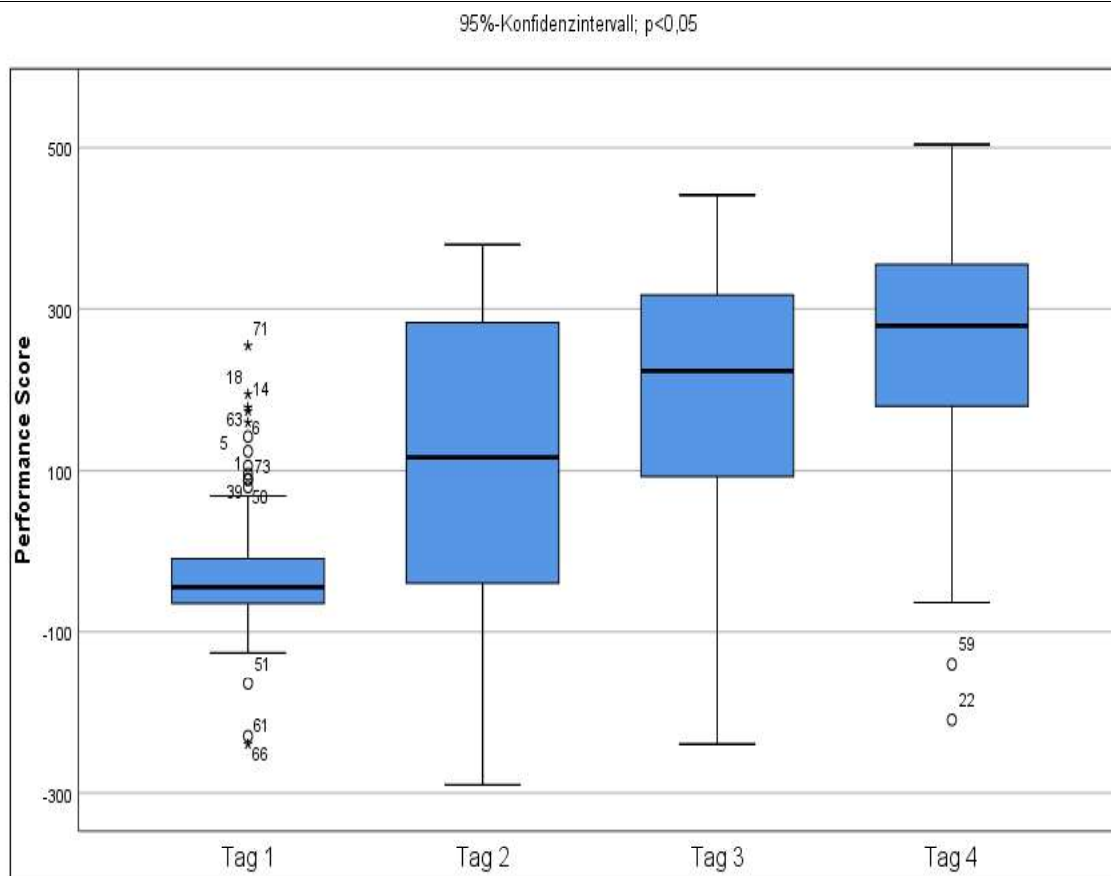


Abbildung 35 - Entwicklung Performance Score Studierende Tag 1 bis 4 beim Intracorporeal Suturing

Die Leistung der Studierenden nimmt eine ähnliche Entwicklung und ist in Abbildung 35 dargestellt. Hier zeigt sich analog zu der Leistung der HandballerInnen ein negativer Wert an Tag 1 und positive Werte an den Tagen 2 bis 4.

Genauer gesagt wurde an Tag 1 ein Median von $-45,00 \pm 89,71$ erzielt. Dieser Wert konnte an Tag 2 auf $116,50 \pm 180,15$ gesteigert werden. Am dritten Tag erreichten die Studierenden einen Median von $223,00 \pm 159,77$. Der beste Median-Wert von $279,00 \pm 151,68$ wurde von den Studierenden am vierten Tag erzielt.

Die Streuung der Werte lässt sich in Abbildung 36 über den Interquartilsbereich und die Spannweite zeigen. Diese nimmt im Laufe der Testung zu.

Nach Zusammentragen aller Daten ergibt sich für beide Gruppen eine positive Entwicklung mit Steigerung der Werte an allen vier Testungstagen.

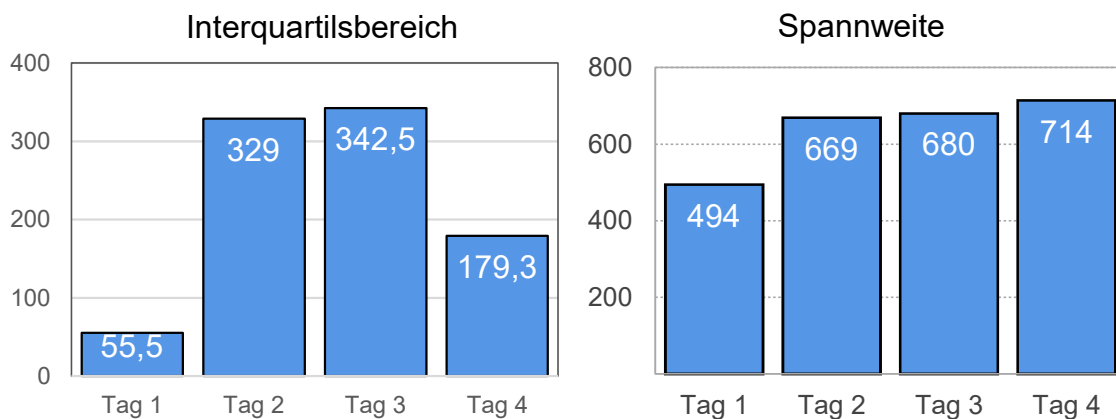


Abbildung 36 - Entwicklung Studierende Interquartilsbereich und Spannweite beim Intracorporeal Suturing

Deshalb wurde ein Mann-Whitney-U-Test berechnet um zu überprüfen, ob sich der Performance-Score von Handballern und Studierenden unterscheidet.

Performance	Studienarm	n	Mittlerer Rang	Rangsumme
Tag 1	Studierende	73	44,84	3273,50
	HandballerInnen	13	35,96	467,50
	Gesamt	86		
Tag 2	Studierende	73	43,82	3199,00
	HandballerInnen	13	41,69	542,00
	Gesamt	86		
Tag 3	Studierende	73	44,50	3248,50
	HandballerInnen	13	37,88	492,50
	Gesamt	86		
Tag 4	Studierende	73	43,35	3164,50
	HandballerInnen	13	44,35	576,50
	Gesamt	86		
Statistik (p<0,05)	Score Tag 1	Score Tag 2	Score Tag 3	Score Tag 4
Mann-Whitney-U	376,500	451,000	401,500	463,500
Z	-1,182	-0,283	-0,880	-0,133
2-seitige Signifikanz	0,237	0,777	0,379	0,894

Tabelle 5 - Ränge und statistische Auswertung Intracorporeal Suturing

Anhand der errechneten 2-seitigen Signifikanz über die statistische Auswertung lässt sich für alle 4 Testtage sagen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Performance von HandballerInnen und Studierenden gibt.

Tag 1: U = 376.500, Z= |-1.182|, p < .237, r= .127.

Tag 2: U = 451.000, Z= |-0.283|, p < .777, r= .031.

Tag 3: U = 401.500, Z= |-0.880|, p < .379, r= .095.

Tag 4: U = 463.500, Z= |-0,133|, p < .894, r= .014.

3.5. NASA Test

Zusammenfassend lässt sich für alle HandballerInnen darstellen, welche Ebenen die größte Bedeutung bei der Absolvierung der Aufgaben hatten.

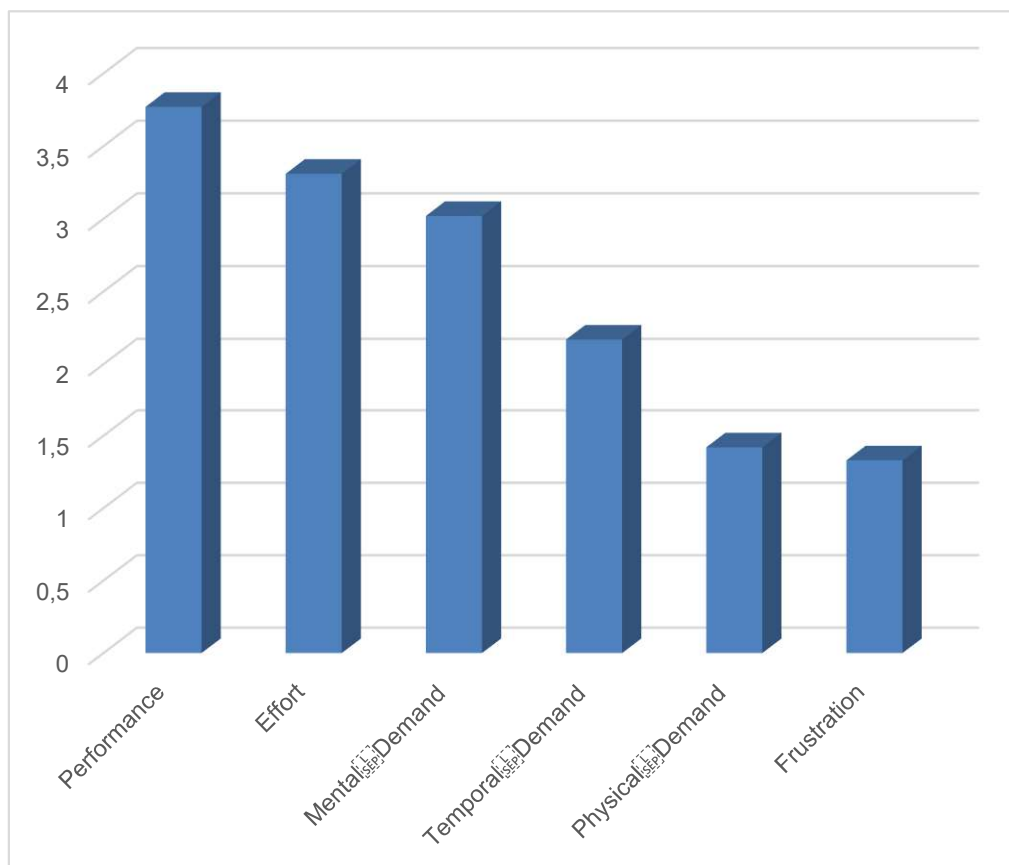


Abbildung 37 - Wichtigkeit der Ebenen im Gesamten

In Abbildung 37 ist die Wichtigkeit der Ebenen über alle 4 Tage dargestellt und bezieht sich dabei auf die Auswertung der HandballerInnen. Mit einem Faktor von 3,77 hat die Leistung der HandballerInnen den meisten Einfluss auf die Wichtigkeit. Dabei wurde der größte Fokus auf diese Ebene gesetzt. Dies hatte auf die Leistung den größten Impact. Dabei war vor allem der Einsatz, als zweit wichtigster Faktor, von großer Bedeutung. Zu erkennen ist auch, dass die mentale Belastung der zeitlichen und auch der körperlichen Belastung deutlich überlegen ist, was den Einfluss auf das Gesamtergebnis betrifft. Die erlebte Frustration scheint bei den Testungen wenig Einfluss zu haben.

Um einen genaueren Überblick über alle vier Tage zu erhalten wird in der nächsten Abbildung die Entwicklung der Faktoren über den Verlauf der Studie dargestellt.

Wie bereits in Abbildung 36 zu sehen ist, scheint es eine Zwei-Teilung der Einflussfaktoren zu geben. Auch Abbildung 38 zeigt, dass bei den HandballerInnen die eigentliche Leistung, der Einsatz und die mentale Anstrengung von größerer Bedeutung sind als Faktoren wie Zeit, körperliche Anstrengung und die Frustration über die eigene Leistung.



Abbildung 38 - Entwicklung der Wichtigkeit aller Ebenen über alle 4 Tage

4. Diskussion

4.1. Zusammenfassung

Mit der Analyse der Performance von HandballerInnen am Laparoskopie-Simulator wurde erstmals ein prospektiver Vergleich von SportlerInnen mit angehenden ChirurgInnen bzw. Medizinstudierenden im klinischen Abschnitt verfolgt. Mit der Durchführung dieser Studie erhofften wir uns weitere Erkenntnisse und Verbesserungen für die chirurgische Ausbildung. In der Literatur wurde bis zu diesem Zeitpunkt kein Ansatz beschrieben, der SportlerInnen am Endotrainer testet und mit ProbandInnen aus dem medizinischen Fachkreis vergleicht.

Getestet wurden die ProbandInnen an vier Tagen mit jeweils drei Übungen. Insgesamt wurden für jede Übung die notwendigen Parameter gemessen, aus denen in der Folge die vier Performance-Scores berechnet wurden.

Die individuelle Entwicklung anhand eines Performance-Scores konnte auf einer Lernkurve festgestellt und mit weiteren ProbandInnen verglichen werden.

Bereits in der Vergangenheit wurde gezeigt, dass das Training am Laparoskopie-Simulator zu einem besseren Outcome durch eine Steigerung der individuellen Leistung führt. (72-74)

Dabei kommt es insbesondere auf die Struktur des Trainings und die Art der Aufgaben an. Die Qualität des Endotrainers und die technischen Instrumente, die während des Trainings verwendet werden haben insgesamt weniger Auswirkung auf das Endergebnis. (75)

1998 wurde mit der Entwicklung eines Assessment Moduls und Trainingstools mit der Studie von Derossis AM et al. der Grundstein gelegt. (76) Die Datenerhebung zu sieben Aufgaben hat im Verlauf eine signifikante Verbesserung der Leistung gezeigt.

Die von Seaman et al. veröffentlichte Kohortenstudie aus dem Jahr 2021 im Journal of minimally invasive gynecology zeigt einen Vergleich des FLS Scores zweier Fachrichtungen über 10 Jahre. Es erfolgte ein Vergleich von ÄrztInnen der Gynäkologie und Geburtshilfe mit ÄrztInnen der Allgemeinchirurgie. Es konnte kein signifikanter Unterschied bei der Leistung festgestellt werden, wenngleich das Programm der gynäkologischen FLS Ausbildung eine geringere Wiederholungszahl bietet. (77)

Ein systematisches Review von Zendejas et al. (78) identifizierte 23 Studien, die eine Evidenz der Validität angegeben haben. Involviert waren neben der Allgemeinchirurgie

vor allem die Fachrichtungen der Gynäkologie und Urologie. In den meisten Studien wurden die Leistungen von BerufsanfängerInnen mit den Leistungen erfahrener ÄrztInnen verglichen. (70, 79, 80)

Anders beschreibt das Leon et al. in seiner 2021 veröffentlichten Studie, die eine ausreichende Validität bei der gynäkologisch, operativen Ausbildung noch nicht erreicht sieht.(81)

Zusätzlich zu der praktischen Erfahrung der ChirurgInnen spielt die Hand-Augen-Koordination bei minimal-invasiven Operationstechniken eine herausragende Rolle. In einer Publikation zeigte Pion et al. einen höheren Grad der Hand-Augen-Koordination bei Sportarten wie Basketball und Handball gegenüber anderen Sportarten.(8)

Bisherige Erhebungen zu SportlerInnen am Laparoskopie-Simulator mit der Durchführung der Fundamentals of Laparoscopic Surgery wurden bis zu diesem Zeitpunkt nicht beschrieben.

Die Hypothese ist, dass HandballerInnen zu Beginn des Trainings und im Verlauf des Lernprozesses einen höheren Performance-Score am Laparoskopie-Simulator aufweisen als Studierende der Medizin.

4.1.1. Probandenkollektiv

In das Probandenkollektiv wurden zwei Gruppen aufgenommen. Die Fallgruppe wurde durch HandballerInnen mit einer Stichprobengröße von $n=13$ gebildet. Die Kontrollgruppe, mit einer Stichprobe von $n=73$, ergab sich aus Medizinstudierenden des klinischen Abschnitts. Insgesamt wurden 86 ProbandInnen in die Studie eingeschlossen.

Zu Beginn der Studie wies keiner der Teilnehmenden praktische Kenntnisse am Laparoskopie-Simulator auf. Keiner der HandballerInnen studierte das Fach Humanmedizin, sodass es in diesem Zusammenhang zu keinem Wissensvorteil kam. Umgekehrt wurden Handballspielende unter den Medizinstudierenden nicht in das Probandenkollektiv eingeschlossen. Hinsichtlich des Übungsaufbaus, der Übungs- und der Testungszeit hatten beide Gruppen die gleichen Grundvoraussetzungen.

Grundsätzlich sollte bei den HandballerInnen eine Mindeststichprobe von $n=20$ erreicht werden. Durch eine größere und bezüglich des Geschlechts ausgeglichene Kohorte sollten besonders valide Ergebnisse erzielt werden. Dieses Ziel konnte aus mehreren Gründen nicht erreicht werden: Zum einen wurde die Studie vor dem jeweiligen Handballtraining durchgeführt. Für die erfolgreiche Teilnahme eines/einer ProbandIn waren je ProbandIn vier Termine notwendig. Diese Termine sollten zudem in einem engen zeitlichen Rahmen durchgeführt werden, sodass nicht zu große Interventionspausen entstehen.

Insgesamt entstehen hieraus für die geplante Stichprobengröße 80 Termine, die alle vor dem Handballtraining stattfinden mussten. Zwischen den einzelnen Testungen sollten maximal sieben Tage liegen und vor jedem Training konnten maximal 2 ProbandInnen einfach getestet werden. Da dieser zeitliche Rahmen für die meisten berufstätigen HandballerInnen nicht einzuhalten war, wurde die Teilnahme durch diese Gegebenheit zusätzlich erschwert.

Zum anderen erwies sich die Durchführung der Testungen bei fortschreitender SARS-CoV-2-Pandemie und dem damit verbundenen Infektionsschutzgesetz als kompliziert. Aus diesen Gründen wurde bei ausreichender Datenerfassung zu gegebenem Zeitpunkt die Studie abgeschlossen.

Die Gruppe der HandballerInnen (n=13) umfasst 11 männliche Probanden. Trotz der geringeren Anzahl an Teilnehmenden konnte ein valides Ergebnis erzielt werden. Dies konnte in den statistischen Tests dargestellt werden.

In der Kontrollgruppe ergab sich bei n=73 ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Frauen und Männern. Es konnte in beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern festgestellt werden, weshalb die Kohorten geschlechtsunspezifisch zusammengefasst und betrachtet werden konnten.

Insgesamt wiesen die HandballerInnen mit 28 Jahren ein höheres Durchschnittsalter auf als die Studierenden mit 25 Jahren.

4.1.2. Materialien und Methodik

Unsere Studie wurde monozentrisch an der Ludwig-Maximilians-Universität in München durchgeführt.

Das von uns angewandte Trainingsprogramm bestand aus den bereits im Vorwege umfangreich getesteten Übungen der Fundamentals of Laparoscopic Surgery, die von der Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons definiert wurden. [5]

Bei der Durchführung der Übungen wurde darauf geachtet, dass für alle ProbandInnen die gleichen Bedingungen bestehen. Dies bezog sich sowohl auf Aufbau der Übung und den Ort der Durchführung. Zusätzlich erhielten die Teilnehmenden die gleichen medizinischen Instrumente. Rückblickend konnten so für die ProbandInnen annähernd die gleichen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Beim Übungsaufbau wurde die Kamera des Laparoskopie-Simulators mit einem speziellen Device befestigt, das einen standardisierten Aufbau gewährleistet. Die Übung

wurde im Endotrainer stets an den gleichen Punkten befestigt. Materialien, Instrumente und Technik haben sich bei den ProbandInnen nicht unterschieden.

Der Ablauf der Übung und Testung wurde nach einem einheitlichen Schema durchgeführt. Hierbei erhielten alle Teilnehmenden die Möglichkeit einer zeitlich begrenzten Übungsphase, ehe es zur Testung kam. Die Übungsphase konnte individuell durch Hilfestellung via Erklärungsvideo oder das praktische Üben der Aufgabe genutzt werden. Während der Übungsphase war es dem Studienleiter erlaubt, Fragen zu beantworten und Tipps zu geben. Eine gewisse Freiheit hatten die TeilnehmerInnen während der Trainingsphase. Es konnte individuell entschieden werden, ob die komplette Trainingszeit genutzt wurde oder nicht. Wenn die ProbandInnen sich dafür entschieden, die Übungsphase zu beenden, wurde folgend der Testvorgang gestartet. Während der Testung konnte keine weitere Hilfestellung gegeben werden.

Die Kontrollgruppe wurde im Rahmen des klinischen Wahlfachs „Minimal-invasive Chirurgie“ im Simulationszentrum des Klinikums Großhadern getestet. Hierbei konnten die ProbandInnen die Übungen unter gleichen und gewohnten Bedingungen durchführen.

Die Testungen der HandballerInnen fanden zeitlich direkt vor dem Handballtraining des MTSV Schwabing statt. Aus diesem Grund musste die Testung in der Sporthalle selbst absolviert werden. Eine Testung unter strengen Laborbedingungen, wie die der Studierenden, konnte nicht eingehalten werden. Einzelne Übungstage wurden in der Halle an separaten Orten durchgeführt. Zudem konnten äußere Störfaktoren durch Dritte nicht ausgeschlossen werden. Trotz dieser Tatsache wurde darauf geachtet, dass die Gegebenheiten, wie oben bereits erläutert, der jeweils ersten Testung möglichst gut reproduziert und eingehalten wurden.

Für die Durchführung erhielten die ProbandInnen Instrumente, die ursprünglich für den OP vorgesehen sind. Eine entsprechende Einweisung hat jeweils vor dem ersten Testungstag stattgefunden.

Nach jeder Testung absolvierten die TeilnehmerInnen den NASA-Task Load Index (TLX), um Einflussfaktoren abzubilden. Dieser Test ist zudem Inhalt der Fundamentals of Laparoscopic Surgery und soll unter anderem die mentale Belastung darstellen. Dies ist interessant zu wissen, da eine höhere mentale Belastung mit einer schwächeren Leistung am Laparoskopie-Simulator verbunden sein soll. (72, 82, 83)

Über eine Applikation via Smartphone konnte dieses Tool problemlos im Anschluss der Übungen durchgeführt werden.

Einmalig füllten die ProbandInnen einen Fragebogen (Anlage 1) aus, der sich auf individuelle demographische Informationen bezieht. Mögliche weitere Faktoren, die sich gegebenenfalls auf die Performance auswirken könnten, wurden erhoben.

Für die statistische Aufarbeitung wurde neben der deskriptiven Statistik die Darstellung per Boxplots gewählt, da in einem Diagramm alle wichtigen Informationen abgebildet werden können. Die beiden Kohorten sind unabhängige Stichproben. Um auf signifikante Unterschiede zu testen, wurde deshalb der Mann-Whitney-U Test angewandt.

Zur genaueren Beurteilung der deskriptiven Statistik sollte neben dem Mittelwert vor allem der Median betrachtet werden, da dieser weniger anfällig für Ausreißer ist. Für den Mann-Whitney-U Test wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ angewandt.

Aufgrund der unterschiedlich großen Stichproben muss auf die relative und absolute Häufigkeit geachtet werden. So können vermeintlich größere oder geringere Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtet werden. Einen besseren Vergleich würde eine größere Stichprobe der HandballerInnen mit sich bringen. Die Kohorte der Studierenden besteht aus 3 einzelnen Gruppen à 24, 25 und 24 Probanden. Diese Kohortengröße würde sich für eine potenziell weitere Studie empfehlen.

Die statistische Auswertung und Ausarbeitung der Boxplots wurde mit IBM SPSS Statistics der Version 26 durchgeführt. Weitere Diagramme wurde mit dem Programm Numbers von Apple in der Version 6.1 und mit Microsoft Excel 2016 erstellt.

4.2. PEG-Transfer

Der direkte Vergleich von HandballerInnen und Medizinstudierenden zeigt beim PEG-Transfer eine ähnliche Entwicklung der Performance. Die in der deskriptiven Statistik erhobenen Werte sind zunächst ähnlich. Jedoch zeigt sich in der Statistik in der Anwendung des Mann-Whitney U Tests vor allem an Tag 4 ein signifikanter Unterschied zwischen der Leistung der beiden Gruppen. Der Median der Studierenden ergab einen signifikant größeren Wert.

Mit einem $r = .320$ zeigt die Stärke nach Cohen an diesem Tag einen mittleren Effekt. Somit kann am letzten Tag von einem signifikanten Unterschied ausgegangen werden. Die Studierenden zeigen in dieser Übung im Vergleich die moderat besseren Leistungen.

Bezogen auf die Studie handelt es sich um valide Daten. Die Aufgabe war gut reproduzierbar. In beiden Gruppen konnte ein schneller Lerneffekt festgestellt werden, der sich zu Beginn in einer steilen Lernkurve darstellt und bis zum vierten Tag abflacht. Es handelt sich um eine simple Übung, die ohne medizinisches Basiswissen durchzuführen ist. Dies könnte die Ähnlichkeit der Leistungsentwicklung erklären. Jedoch konnte die Übung einen individuellen Charakter aufweisen, weil die ProbandInnen selbständig entschieden haben, welche Objekte zuerst und wohin bewegt werden sollten.

Die Übung konnte durch äußere Gegebenheiten nicht beeinflusst werden. Die Rolle des individuellen Stressfaktors untersuchen wir bereits in einer weiteren Studie. Zudem lassen die Erkenntnisse aus dem NASA-TLX darauf schließen, dass die Leistung an sich, der Einsatz und die mentale Anstrengung den größten Einfluss auf die Leistung haben. Die Ergebnisse könnten weitere Erkenntnisse über die Performances geben. Somit könnte im weiteren Verlauf die Ausbildung der minimal-invasiven Chirurgie verbessert werden.

Gerade im Hinblick auf die Anzahl der ProbandInnen hätte eine höhere Anzahl von HandballerInnen eine bessere Aussage erlaubt. Für weitere Untersuchungen hinsichtlich der Aufnahme und Bewegung von Objekten wären weitere Aufgaben sinnvoll, die den ProbandInnen mehr Individualität abverlangen. Weitere Studien könnten die Unterschiede der Geschlechter detaillierter untersuchen. So könnten für beide Geschlechter spezielle Stärken und Schwächen gefiltert werden und das Training hinsichtlich dieser Ergebnisse angepasst werden.

Die möglichen Mechanismen hinter den leichten Unterschieden der Gruppen sind in den für die Berechnung des Performance Scores notwendigen Faktoren zu erahnen. Hierfür werden Zeit und Fehler mit einberechnet. Die HandballerInnen erreichten sowohl in Bezug auf die benötigte Zeit als auch auf die erzielte Anzahl an Fehlern minimal höhere und somit schlechtere Werte. Dies könnte insgesamt die Differenz der Performance im Vergleich zu den Studierenden erklären.

Die Trainingszeit als Faktor für die Performance könnte in seiner Bedeutung unterschätzt werden. Diese musste von den ProbandInnen bis zur Testung nicht vollständig ausgeschöpft werden, sondern konnte bis zu maximal fünf Minuten frei gewählt werden. Für weitere Untersuchungen wären Daten bezüglich der Trainingszeit von Interesse, da hierdurch weitere mögliche Unterschiede festgestellt werden könnten. Diese Unterschiede könnten wiederum Rückschlüsse auf die Gesamtperformance zulassen.

Insgesamt stellen sich die Unterschiede zwischen HandballerInnen und Studierenden nur sehr marginal dar. Trotz des signifikanten Unterschiedes in der Performance am vierten Tag ist in der Entwicklung und bei der Performance nur ein sehr geringer Unterschied zu erkennen.

4.3. Precision Cutting

Diese Aufgabe war für beide Gruppen anspruchsvoller, was sich in den insgesamt niedrigen Performances widerspiegelt. Auffällig ist der an allen Tagen höhere Performance Score der Studierenden. Jedoch ist diese Auffälligkeit gleichzeitig auch mit einer größeren Streuung dieser Gruppe verbunden. Diese lässt sich durch die Anzahl der teilnehmenden ProbandInnen erklären.

Es besteht ein signifikanter Unterschied an allen vier Testtagen. Die Betrachtung der Effektstärke nach Cohen zeigt mit $r = .497$ einen starken Effekt an Tag 1, während die Tage 2 ($r = .285$) und 3 ($r = .261$) eine mittlere Stärke und der Tag 4 ($r = .181$) eine schwache Effektstärke aufweisen.

Gut zu erkennen ist in beiden Gruppen eine kontinuierliche Verbesserung der Leistung, die sich insgesamt bei den HandballerInnen in einer etwas steileren Lernkurve zeigt. An Tag 4 erzielten die HandballerInnen den höheren Median. Spannend wäre in diesem Zusammenhang eine größere Stichprobe auf Seiten der HandballerInnen zu untersuchen, um einen besseren Vergleich zu erreichen. Jedoch zeigen die vier Testungstage in beiden Gruppen eine ähnliche Entwicklung.

Im Gegensatz zum PEG-Transfer zeigte sich an den ersten drei Tagen eine flache Lernkurve, die an Tag 4 in beiden Gruppen einen deutlichen Leistungssprung zeigt. Dies könnte ähnlich wie bei verschiedenen Eingriffen bedeuten, dass für einige Übungen bzw. Fertigkeiten ein höherer Trainingsaufwand notwendig ist, um ein gewisses Outcome zu erzielen.(37-41)

Worin liegen die Unterschiede bei beiden Gruppen? Betrachten wir dafür die notwendigen Faktoren, die für die Berechnung des Performance-Scores dokumentiert wurden: Die Zeit, die Fehlschnitte und die Abbruchkriterien.

Hinsichtlich der Zeit zeigten beide Gruppen geringe Unterschiede, welche die Unterschiede der Performance-Scores nicht erklären. Ähnlich sieht dies bezüglich der vollständig ausgeschnittenen Kreise und somit erfolgreichen Durchgängen aus. Hier weisen die HandballerInnen sogar die höheren Raten auf.

Die deutlichen Unterschiede der Performance, insbesondere der Tage 1 bis 3, lassen sich für die zweite Übung auf die Anzahl der registrierten Fehlschnitte zurückführen. Diese liegen bei den HandballerInnen signifikant höher, was sich negativ auf die Berechnung des Performance-Scores auswirkt. Während die Studierenden an allen vier Tagen im Schnitt 3,0 bis 3,6 Fehlschnitte aufwiesen, hatten die HandballerInnen im Schnitt 2- bis 3-fach mehr Fehlschnitte. Auf die relativ geringe Anzahl der ProbandInnen gesehen,

kann dies schnell zu signifikanten Unterschieden der Performance führen. Warum die Unterschiede gerade bei den Fehlschnitten so deutlich ausfallen, lässt sich nicht darstellen. Möglicherweise zielten viele ProbandInnen auf eine möglichst schnelle Zeit ab und nahmen dafür eine höhere Anzahl an Fehlschnitten in Kauf. Fraglich ist, ob sich der Performance-Score deutlich verändert, sofern auf die wichtigen Faktoren, die für die Berechnung der Scores wichtig sind, explizit hingewiesen wird. Weitere Untersuchungen könnten genau diese Gegebenheit mit einbeziehen und eine klarere Sicht auf die Unterschiede bringen.

4.4. Intracorporeal Suturing

Die dritte und vermeintlich anspruchsvollste Aufgabe für beide Gruppen war das Nähen einer simulierten Gefäßläsion im Endotrainer. Der Vergleich beider Gruppen stellt auch bei dieser Aufgabe einen bisher einzigartigen Ansatz dar.

Insgesamt entwickeln sich die Performance-Scores beider Gruppen über die vier Testtage ähnlich. Bereits am zweiten Testtag konnte eine deutliche Steigerung der Performance in beiden Gruppen festgestellt werden. Diese ließ sich auch über die letzten beiden Testtage beobachten.

In der statistischen Berechnung zeigt sich an allen Tagen kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. An den ersten Testtagen unterliegen die HandballerInnen im Vergleich der Performance den Studierenden. Dieses Ergebnis ändert sich zum vierten Testtag hin, sodass die HandballerInnen den höheren Performance-Score erreichen.

Diese Entwicklung lässt sich in mehreren Faktoren erklären. Für die Berechnung des Performance-Scores spielen unter anderem die Zeit und auch die Abweichung zum optimalen Ein- und Ausstich eine Rolle. In punkto Zeit haben die HandballerInnen zu Beginn deutlich länger gebraucht, was einen niedrigeren Performance-Score erklären lässt. Der Hauptmechanismus hinter den Unterschieden wird wahrscheinlich über die Abweichung generiert. Hierbei konnten die HandballerInnen nicht so geringe Werte wie die Studierenden erreichen. Aus den Berechnungen ergeben sich für die Tage 1 bis 3 daher niedrigere Performance-Scores. Zum letzten Tag konnte die Abweichung in der Gruppe der HandballerInnen deutlich verringert und verbessert werden, sodass die Performance im Vergleich zu den Vortagen deutlich angestiegen ist.

Insgesamt ließ sich diese Entwicklung auch bei den Studierenden beobachten, jedoch nicht in gleichem Ausmaß. Sodass die Handballer am letzten und vierten Tag einen größeren Performance-Score erzielen konnten.

Wie bei den Übungen zuvor würde eine höhere Anzahl der Stichprobe eine genauere Aussage erlauben, wie sich die Performance im Vergleich zu den Studierenden entwickelt. Trotzdem scheint es in dieser Übung keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen zu geben, wenngleich die HandballerInnen laut Studien eine sehr gut ausgebildete Hand-Augen-Koordination haben.(8) Interessant wäre zudem eine Betrachtung der Entwicklung über weitere Testtage hinaus. Die HandballerInnen konnten die Performance in allen drei Übungen bis zum letzten Tag deutlich steigern. Beim Precision Cutting und beim Intracorporeal Suturing übertrafen die HandballerInnen dabei die Studierenden genau zum letzten Tag hin. Durch weitere Testungen könnte man mögliche Unterschiede im Lernprozess im weiteren Verlauf beobachten.

4.5. Praktische Implikationen

In diesem ersten prospektiven Ansatz und dem Vergleichen der Performance von Handballern und Studierenden am Laparoskopie-Simulator, konnte in den meisten Fällen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dies schließt jedoch ein besseres Abschneiden einer der beiden Gruppen nicht aus.

In diesem speziellen Studienaufbau muss deshalb die Nullhypothese verworfen werden. HandballerInnen schneiden zwar zu gewissen Zeitpunkten in Bezug auf die Performance besser ab als Studierende der Medizin, jedoch gibt es keinen signifikanten Hinweis darauf, dass HandballerInnen zu Beginn und im Verlauf der Lernkurve bessere Leistung bringen als Studierende der Medizin.

Ein weiterer Aspekt, der möglicherweise zu anderen Ergebnissen führen könnte, liegt in der Art des Sportstatus. Wir haben in dieser Studie vor allem HobbysportlerInnen untersucht, die 2-3x pro Woche trainieren. Werden jedoch ProfisportlerInnen eingeschlossen, die beinahe jeden Tag Handball trainieren und spielen, könnten möglicherweise andere Ergebnisse erzielt werden, da gewisse Fertigkeiten besser trainiert und ausgebildet sind.

Aus diesen Ergebnissen können für die chirurgische Ausbildung und die Praxis vorerst keine Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Wie auch die Ergebnisse dieser Studie zeigen, konnte die Performance insgesamt vom ersten bis zum letzten Tag deutlich gesteigert werden. Das chirurgische Training nach den Fundamentals of laparoscopic surgery der SAGES hat dementsprechend seine Berechtigung und verbessert nicht nur einzelne Fertigkeiten, sondern das Outcome im Ganzen. Dies wurde bereits in verschiedenen Studien dargelegt.(4, 73)

Aus diesem Grund sollte weiterhin der Endotrainer als fester Bestandteil zu der chirurgischen Ausbildung zählen. Jedoch sollte weiterhin daran gearbeitet werden, diese Ausbildung kontinuierlich zu verbessern.

Für weitere Forschungen empfiehlt sich eine Studienreihe mit einer höheren Anzahl an ProbandInnen auf Seiten der HandballerInnen. Somit können Schwankungen verkleinert werden und damit validere Daten erhoben werden.

Möglicherweise wäre auch eine alternative Studienreihe mit TeilnehmerInnen einer anderen Sportart erkenntnisbringend. Laut Pion et al. hatten nicht nur HandballerInnen eine bessere Hand-Augen-Koordination im Vergleich zu anderen Sportarten, sondern unter anderem auch BasketballerInnen. [8]

Zusätzlich wäre es interessant zu wissen, wie die einzelnen Gruppen abschneiden, wenn zu Beginn der Studie die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren zur Berechnung des

Performance-Scores explizit erläutert werden. Würden sich dadurch die Leistungen verbessern lassen? Könnte dadurch eine signifikant bessere Leistung am Simulator erreicht werden? Andererseits wurde die Durchführung der Übungen und das Ziel, möglichst fehlerfrei die Aufgaben zu bestehen, klar formuliert. Es ist also fraglich, ob diese Informationen dabei helfen die Performance deutlich zu verbessern.

ProbandInnen lassen sich unterschiedlich von Einflüssen ablenken. Welche Stressoren wirken auf die Teilnehmenden ein, sodass die Performance negativ oder positiv beeinflusst wird? Ist es alleine der Faktor Zeit, der am meisten Druck ausübt oder liegt eine weitere äußere Stressbeeinflussung zugrunde? Dies gilt es in Zukunft weiterhin zu untersuchen und in die chirurgische Ausbildung einzuarbeiten.

Einen kleinen Ansatz zur Stressbeeinflussung haben wir in dieser Studie mit dem NASA LoadX Test verfolgt. Nach jedem Testtag beantworteten die ProbandInnen den NASA Test. Dabei konnte gezeigt werden, dass drei Faktoren einen größeren Einfluss auf die Performance der HandballerInnen zeigten. Dies war zum einen die Leistung an sich. Rückblickend auf den jeweiligen Tag waren die ProbandInnen zufrieden mit ihren Leistungen. Zusätzlich der Faktor Einsatz, auf den sich die meisten ProbandInnen besonders konzentrierten und der Faktor geistige Anstrengung. Diese drei Faktoren hatten einen größeren Einfluss auf die Durchführung der Übungen.

Zusammenfassend zeigen die statistischen Auswertungen, dass HandballerInnen über vier Testungstage eine positive Lernkurve und insgesamt eine steilere Lernkurve haben als Studierende der Medizin. Für die verschiedenen Übungen gibt es nur an einzelnen Tagen signifikante Unterschiede, die in der Zusammenschau der Daten keinen Hinweis für eine signifikant bessere Leistung am Endotrainer zu Beginn und auch im Verlauf geben. HandballerInnen und Studierende der Medizin haben dementsprechend eine ähnliche Leistungsentwicklung über vier Testungstage. Zusätzlich kam es bei keiner der drei Übungen zu einem Plateau, sodass die Lernkurve nicht vollständig dargestellt werden konnte. Zur statistischen Analyse wurden deskriptive Statistiken sowie der Mann-Whitney-U Test durchgeführt. Außerdem wurde der NASA LoadX Test angewandt, um die Wichtung möglicher Stressoren zu detektieren.

Der Mann-Whitney-U Test für den PEG-Transfer zeigte für die Tage 1 bis 3 keinen signifikanten Unterschied. Am vierten Tag wurde ein moderater signifikanter Unterschied festgestellt. Die statistische Auswertung ergibt für das Precision Cutting eine umgekehrte Entwicklung. Hierbei zeigten sich an den Tagen 1 bis 3 signifikante Unterschiede beider Gruppen, jedoch nicht mehr am vierten Tag. Beim Intracorporeal Suturing lässt sich anhand der errechneten 2-seitigen Signifikanz über die statistische Auswertung aller Testtage sagen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Performance von HandballerInnen und Studierenden der Medizin gibt.

Nach Auswertung der Daten des NASA LoadX Tests wurden von sechs abgefragten Stressoren drei mit einer höheren Gewichtung bewertet. Für die HandballerInnen zeigte sich eine Wichtigkeit vor allem in puncto eigene Leistung, Einsatz und mentale Anstrengung. Diese Faktoren scheinen eine größere Auswirkung auf die Performance zu haben als die Komponente des Zeitdrucks, der physikalischen Belastung oder des Misserfolgs. Im Gesamten betrachtet muss die Hypothese, dass HandballerInnen zu Beginn und auch im Verlauf der Lernkurve besser am Laparoskopie-Simulator abschneiden als Studierende der Medizin, abgelehnt werden.

Literaturverzeichnis

1. Etoh T, Honda M, Kumamaru H, Miyata H, Yoshida K, Kodera Y, et al. Morbidity and mortality from a propensity score-matched, prospective cohort study of laparoscopic versus open total gastrectomy for gastric cancer: data from a nationwide web-based database. *Surg Endosc.* 2018;32(6):2766-73.
2. Scott DJ, Dunnington GL. The new ACS/APDS Skills Curriculum: moving the learning curve out of the operating room. *J Gastrointest Surg.* 2008;12(2):213-21.
3. Moura-Junior LG, Ramos A, Campos JM, Ferraz AA, Rocha HAL, Costa GO. Teaching Model for Evaluation of the Ability and Competence Progress in Endosuture in Surgical Skill Laboratory. *Arq Bras Cir Dig.* 2017;30(4):256-9.
4. Sroka G, Feldman LS, Vassiliou MC, Kaneva PA, Fayez R, Fried GM. Fundamentals of laparoscopic surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room—a randomized controlled trial. *Am J Surg.* 2010;199(1):115-20.
5. Cullinan DR, Schill MR, DeClue A, Salles A, Wise PE, Awad MM. Fundamentals of Laparoscopic Surgery: Not Only for Senior Residents. *J Surg Educ.* 2017;74(6):e51-e4.
6. Belykh E, Onaka NR, Abramov IT, Yagmurlu K, Byvaltsev VA, Spetzler RF, et al. Systematic Review of Factors Influencing Surgical Performance: Practical Recommendations for Microsurgical Procedures in Neurosurgery. *World Neurosurg.* 2018;112:e182-e207.
7. Molinas CR, Binda MM, Sisa CM, Campo R. A randomized control trial to evaluate the importance of pre-training basic laparoscopic psychomotor skills upon the learning curve of laparoscopic intra-corporeal knot tying. *Gynecol Surg.* 2017;14(1):29.
8. Pion J, Segers V, Franssen J, Debuyck G, Deprez D, Haerens L, et al. Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(5):357-66.
9. R. O. Minimal invasive Chirurgie durch maximalen Funktionserhalt – am Beispiel der anatomischen Segmentresektion. *Zentralblatt für Chirurgie - Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie.* 2017:67 - 112.
10. Hirner A. WK. *Chirurgie.* Stuttgart: Thieme; 2008.
11. Schaenzler N. „So wenig invasiv wie möglich“: die Maxime der modernen Chirurgie. In: *Forum Spitzenmedizin Anzeigensonderveröffentlichung in der Süddeutschen Zeitung.* 2017:40.
12. Pschyrembel W. *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch.* 268 ed 2020 2020. 1970 p.
13. Prunières B. Sur les crânes artificiellement perforés à l'époque des dolmens. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris.* 1874:185-205.
14. Brunn Wv. *Kurze Geschichte der Chirurgie.* Berlin,: J. Springer; 1928. iv p., 1 l., p.
15. Killian G. Zur Geschichte der Oesophago- und Gastroskopie. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie.* 1901;58(5):499-512.
16. Hatzinger M, Badawi JK, Häcker A, Langbein S, Honeck P, Alken P. Georg Kelling (1866–1945). *Der Urologe.* 2006;45(7):868-71.
17. Carus T. *Operationsatlas Laparoskopische Chirurgie.* Heidelberg: Springer; 2010.
18. Granderath F. KA. *Laparoskopie in der chirurgischen Weiterbildung: Springer-Verlag;* 2017.

-
19. Fink D, Lang U, Kimmig R. Einsatz der Laparoskopie in der gynäkologischen Onkologie. *Gynäkologisch-geburtshilfliche Rundschau - GYNAKOL GEBURTSHILFL RUNDSCH.* 2009;49:109-10.
 20. K. S. Chronik Kieler Universitäts-Frauenklinik und Michaelis-Hebammenschule 1805–1995. Eine medizinhistorische Studie zum 190jährigen Bestehen. 1995:S. 62.
 21. Reynolds W, Jr. The first laparoscopic cholecystectomy. *JLS.* 2001;5(1):89-94.
 22. Saeger HD. Endoskopie zwischen Chirurgie und Gastroenterologie – aus der Sicht der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft für Endoskopie und Sonographie (CAES). *Visceral Medicine.* 2003;19(suppl 1)(Suppl. 1):2-6.
 23. Litynski GS. Endoscopic Surgery: The History, the Pioneers. *World Journal of Surgery.* 1999;23(8):745-53.
 24. Frampton S, Kneebone RL. John Wickham's New Surgery: 'Minimally Invasive Therapy', Innovation, and Approaches to Medical Practice in Twentieth-century Britain. *Social History of Medicine.* 2017;30(3):544-66.
 25. Immenroth M, Burger T, Brenner J, Nagelschmidt M, Eberspacher H, Troidl H. Mental training in surgical education: a randomized controlled trial. *Ann Surg.* 2007;245(3):385-91.
 26. Ciria R, Cherqui D, Geller DA, Briceno J, Wakabayashi G. Comparative Short-term Benefits of Laparoscopic Liver Resection: 9000 Cases and Climbing. *Ann Surg.* 2016;263(4):761-77.
 27. Han HS, Shehta A, Ahn S, Yoon YS, Cho JY, Choi Y. Laparoscopic versus open liver resection for hepatocellular carcinoma: Case-matched study with propensity score matching. *Journal of hepatology.* 2015;63(3):643-50.
 28. McLachlan G. From 2D to 3D: the future of surgery? *Lancet.* 2011;378(9800):1368.
 29. Schippers E, Tittel A, Stumpf M. Diagnostische Laparoskopie. In: Schumpelick V, Bleese N, Mommsen P, editors. *Kurzlehrbuch Chirurgie. 8. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage* ed: Georg Thieme Verlag; 2010.
 30. Lee WJ, Chan CP, Wang BY. Recent advances in laparoscopic surgery. *Asian J Endosc Surg.* 2013;6(1):1-8.
 31. Guller U, Hervey S, Purves H, Muhlbaier LH, Peterson ED, Eubanks S, et al. Laparoscopic versus open appendectomy: outcomes comparison based on a large administrative database. *Ann Surg.* 2004;239(1):43-52.
 32. Habben TAK, H. . Die laparoskopische Appendektomie als Standardverfahren in der Behandlung der akuten Appendizitis. Eine klinische Beobachtungsstudie. Marburg: Philipps-Universität Marburg; 2017.
 33. Liu Y, Cui Z, Zhang R. Laparoscopic Versus Open Appendectomy for Acute Appendicitis in Children. *Indian Pediatr.* 2017;54(11):938-41.
 34. Koordination (Physiologie)
Brockhaus Enzyklopädie Online. NE GmbH | Brockhaus; 2020.
 35. Laumond J-P. *Robot Motion Planning and Control*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1988. 347 p.
 36. Kandel E.R. SJH, Jessel T.M. *Neurowissenschaften: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg*; 1995.
 37. Miskovic D, Ni M, Wyles SM, Tekkis P, Hanna GB. Learning curve and case selection in laparoscopic colorectal surgery: systematic review and international multicenter analysis of 4852 cases. *Dis Colon Rectum.* 2012;55(12):1300-10.

-
38. Dinçler S, Koller M, Christen D, Buchmann P, editors. Laparoskopische Sigmaresektionen — eine Lernkurve. Digitale Revolution in der Chirurgie; 2002 2002//; Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
39. Jaffer U, Cameron AE. Laparoscopic appendectomy: a junior trainee's learning curve. *Jsls*. 2008;12(3):288-91.
40. Kim SY, Hong SG, Roh HR, Park SB, Kim YH, Chae GB. Learning Curve for a Laparoscopic Appendectomy by a Surgical Trainee. *J Korean Soc Coloproctol*. 2010;26(5):324-8.
41. Cagir B, Rangraj M, Maffuci L, Herz BL. The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. *J Laparoendosc Surg*. 1994;4(6):419-27.
42. Baum S, Sillem M, Ney JT, Baum A, Friedrich M, Radosa J, et al. What Are the Advantages of 3D Cameras in Gynaecological Laparoscopy? *Geburtshilfe Frauenheilkd*. 2017;77(1):45-51.
43. Lee N. Robotic surgery: where are we now? *The Lancet*. 2014;384(9952):1417.
44. Shademan A, Decker RS, Opfermann JD, Leonard S, Krieger A, Kim PCW. Supervised autonomous robotic soft tissue surgery. *Science Translational Medicine*. 2016;8(337):337ra64.
45. Datta R, Chon SH, Dratsch T, Timmermann F, Muller L, Plum PS, et al. Are gamers better laparoscopic surgeons? Impact of gaming skills on laparoscopic performance in "Generation Y" students. *PLoS One*. 2020;15(8):e0232341.
46. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC, Walsh CM. Virtual reality simulation training in endoscopy: a Cochrane review and meta-analysis. *Endoscopy*. 2019;51(7):653-64.
47. Mahmood T, Scaffidi MA, Khan R, Grover SC. Virtual reality simulation in endoscopy training: Current evidence and future directions. *World J Gastroenterol*. 2018;24(48):5439-45.
48. Gebhardt H. Operative Prinzipien, technische und apparative Ausstattung. In: Henne-Bruns D, editor. *Duale Reihe Chirurgie*. 4., aktualisierte Auflage ed: Georg Thieme Verlag; 2012.
49. Kamine TH, Papavassiliou E, Schneider BE. Effect of Abdominal Insufflation for Laparoscopy on Intracranial Pressure. *JAMA Surgery*. 2014;149(4):380-2.
50. Lee DH, Song T, Kim KH, Lee KW. Incidence, natural course, and characteristics of postlaparoscopic shoulder pain. *Surg Endosc*. 2018;32(1):160-5.
51. Song T, Kim KH, Lee KW. The Intensity of Postlaparoscopic Shoulder Pain Is Positively Correlated with the Amount of Residual Pneumoperitoneum. *J Minim Invasive Gynecol*. 2017;24(6):984-9.e1.
52. Tittel A, Schumpelick V. Prinzipien der Laparoskopie. In: Schumpelick V, Siewert JR, Rothmund M, editors. *Praxis der Viszeralchirurgie: Gastroenterologische Chirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2006. p. 123-9.
53. Mohan P, Chaudhry R. Laparoscopic Simulators : Are They Useful! *Med J Armed Forces India*. 2009;65(2):113-7.
54. Roberts KE, Bell RL, Duffy AJ. Evolution of surgical skills training. *World J Gastroenterol*. 2006;12(20):3219-24.
55. Pinheiro EFM, Barreira MA, Moura Junior LG, Mesquita CJG, Silveira RAD. Simulated training of a laparoscopic vesicourethral anastomosis. *Acta Cir Bras*. 2018;33(8):713-22.

-
56. Troncoso-Bacelis A, Soto-Amaro J, Ramirez-Velazquez C. [Warming up with endotrainer prior to laparoscopic cholecystectomy]. *Cir Cir.* 2017;85(4):299-305.
57. Destatis SB. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller). 2021:4-18.
58. IQTIG. Beschreibung der Qualitätsindikatoren und Kennzahlen nach DeQS-RL. Cholezystektomie. Prospektive Rechenregeln für das Erfassungsjahr 2020. 2019:4.
59. Gutt C, Jenssen C, Barreiros A-P, Götze TO, Stokes CS, Jansen PL, et al. Aktualisierte S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) zur Prävention, Diagnostik und Behandlung von Gallensteinen. *zs-gastro.* 2018;56(08):912-66.
60. Lüllmann-Rauch R, Asan E. Extrahepatische Gallenwege und Gallenblase. In: Lüllmann-Rauch R, Asan E, editors. *Taschenlehrbuch Histologie. 6., vollständig überarbeitete Auflage* ed: Georg Thieme Verlag; 2019.
61. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH. 3.16 Extrahepatische Gallenwege und Ductus pancreaticus. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH, editors. *Prometheus LernAtlas - Innere Organe. 5. Auflage* ed: Georg Thieme Verlag; 2018.
62. Herold G. *Innere Medizin 2020.* Köln: Herold, Gerd; 2019. 1012 p.
63. Decker D. Cholezystektomie. In: Hirner A, Weise K, editors. *Chirurgie. 2., überarbeitete Auflage* ed: Georg Thieme Verlag KG; 2008.
64. Nikpour AM, Knebel RJ, Cheng D. Diagnosis and Management of Postoperative Biliary Leaks. *Seminars in interventional radiology.* 2016;33(4):307-12.
65. Copelan A, Bahoura L, Tardy F, Kirsch M, Sokhandon F, Kapoor B. Etiology, Diagnosis, and Management of Bilomas: A Current Update. *Techniques in vascular and interventional radiology.* 2015;18(4):236-43.
66. *Fundamentals of Laparoscopic Surgery* [Internet]. Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons. Available from: <https://www.sages.org/wiki/fundamentals-laparoscopic-surgery/>.
67. Scott DJ, Ritter EM, Tesfay ST, Pimentel EA, Nagji A, Fried GM. Certification pass rate of 100% for fundamentals of laparoscopic surgery skills after proficiency-based training. *Surg Endosc.* 2008;22(8):1887-93.
68. Fraser SA, Feldman LS, Stanbridge D, Fried GM. Characterizing the learning curve for a basic laparoscopic drill. *Surg Endosc.* 2005;19(12):1572-8.
69. Dauster B, Steinberg AP, Vassiliou MC, Bergman S, Stanbridge DD, Feldman LS, et al. Validity of the MISTELS simulator for laparoscopy training in urology. *J Endourol.* 2005;19(5):541-5.
70. Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, Fraser SA, Stanbridge D, Ghitulescu G, et al. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg.* 2004;240(3):518-25; discussion 25-8.
71. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Hancock PA, Meshkati N, editors. *Advances in Psychology.* 52: North-Holland; 1988. p. 139-83.
72. Athanasiadis DI, Anton NE, Karim A, Colgate CL, Stefanidis D. Does the advanced training in laparoscopic suturing enhance laparoscopic suturing skill beyond fundamentals of laparoscopic surgery? *Surgery.* 2021;170(4):1125-30.

-
73. Ohtake S, Makiyama K, Yamashita D, Tatenuma T, Yao M. Training on a virtual reality laparoscopic simulator improves performance of live laparoscopic surgery. *Asian J Endosc Surg*. 2021.
74. Lingaraj C, Rai SK, Asuri K, Prajapati OP, Kumar S, Bhattacharjee H, et al. Effect of Short-term-focused Training on a Phantom Model in Improving Operative Room Performance Among Surgical Residents: A Randomized Trial. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2021;32(2):159-65.
75. Parente G, De Marziani L, Cordola C, Gargano T, Libri M, Lima M. Training minimally invasive surgery's basic skills: is expensive always better? *Pediatric Surgery International*. 2021;37(9):1287-93.
76. Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, Sigman HH, Barkun JS, Meakins JL. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg*. 1998;175(6):482-7.
77. Seaman SJ, Jorgensen EM, Tramontano AC, Jones DB, Mendiola ML, Ricciotti HA, et al. Use of Fundamentals of Laparoscopic Surgery Testing to Assess Gynecologic Surgeons: A Retrospective Cohort Study of 10-Years Experience. *J Minim Invasive Gynecol*. 2021;28(4):794-800.
78. Zendejas B, Ruparel RK, Cook DA. Validity evidence for the Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) program as an assessment tool: a systematic review. *Surg Endosc*. 2016;30(2):512-20.
79. Kolkman W, van de Put MAJ, Wolterbeek R, Trimbos JBMZ, Jansen FW. Laparoscopic skills simulator: construct validity and establishment of performance standards for residency training. *Gynecological Surgery*. 2008;5(2):109-14.
80. Korndorffer JR, Jr., Clayton JL, Tesfay ST, Brunner WC, Sierra R, Dunne JB, et al. Multicenter construct validity for southwestern laparoscopic videotrainer stations. *The Journal of surgical research*. 2005;128(1):114-9.
81. Leon MG, Dinh TA, Heckman MG, Weaver SE, Chase LA, DeStephano CC. Correcting the Fundamentals of Laparoscopic Surgery "Illusion of Validity" in Laparoscopic Vaginal Cuff Suturing. *J Minim Invasive Gynecol*. 2021;28(11):1927-34.
82. Surgery SFoL. FLS Manual Skills Written Instructions and Performance Guidelines 2014 [Available from: <https://www.flsprogram.org/wp-content/uploads/2014/03/Revised-Manual-Skills-Guidelines-February-2014.pdf>].
83. Hughes MA, Swan L, Taylor CL, Ilin R, Partridge R, Brennan PM. The Impact of Novel Nontechnical Stressors (Visual and Auditory) on Simulated Laparoscopic Task Performance Among Surgeons and Students. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*. 2021.

Anhang A:



Demographie Fragebogen:

Datum:

Pseudonym:

Alter (Jahre)	
Geschlecht (w/m)	
Beruf	
Seit wie vielen Jahren aktiv am Handball spielen?	
Anzahl Handballtraining/Woche?	
Links/Rechts?	
Körpergröße in cm	

	Schulnoten (1 = trifft voll zu ; 6 trifft überhaupt nicht zu)
1 Ich benutze beim Einparken lieber den Spiegel/ Kamera anstatt mich umzudrehen	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6
2 Ich benutze Virtual Reality Produkte (falls nein Frage 3.1, falls ja Frage 2.1?)	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6
2.1 Wie oft benutzen Sie diese (h/p.W.)?	
3 Ich spiele ein Musikinstrument (falls nein Frage 4, falls ja Frage 3.1)	<input type="radio"/> JA <input type="radio"/> Nein
3.1 Welches Instrument?	

3.2 Ich spiele ein Musikinstrument auf professionellem Niveau (öffentliche Auftritte oder Wettbewerbe)	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> Nein				
4 Ich spiele gerne Geschicklichkeitsspiele. (Mikado, Jenga, etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5 Ich spiele Konsolen-Spiele (X-Box, Playstation etc.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5.1 Ich spiele hauptsächlich „jump-and-run-Spiele“	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5.2 Ich spiele hauptsächlich Strategie-Spiele	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5.3 Ich spiele weniger als 2h/Woche Konsolen-Spiele	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5.4 Ich spiele zwischen 2 und 6h/Woche Konsolen-Spiele	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
5.5 Ich spiele mehr als 6h/Woche Konsolen-Spiele	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
6 Ich spiele gerne RubixCube/ Zauberwürfel. (falls ja, weiter zu Frage 6.1)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
6.1 Was ist Ihre Bestzeit?						
7 Ich habe einen guten räumlichen Orientierungssinn.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
8. Ich kann gut dreidimensional sehen?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
9. Ich treibe regelmäßig Sport (auch spezifizieren welche Sportart)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
9.1. Ich treibe weniger als 2h/Woche Sport	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> Nein				
9.2. Ich treibe zwischen 2 und 6h/Woche Sport	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> Nein				

9.3. Ich treibe mehr als 6h/Woche Sport	O JA O Nein
9.4. Ich treibe regelmäßig Leistungssport (Wettkämpfe organisiert durch offizielle Sport- verbände)	O JA O Nein

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank nachstehenden Personen entgegenbringen, ohne deren Mithilfe die Anfertigung dieser Promotionschrift niemals zustande gekommen wäre:

Mein Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr. Markus Guba, meinem Doktorvater, für die Betreuung dieser Arbeit und die vielfältige freundliche Hilfe und Unterstützung.

Einen besonderen Dank möchte ich dabei an Prof. Dr. Jens Werner, dem Direktor der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, aussprechen, ohne dessen Genehmigung und Bereitstellung der notwendigen Räumlichkeiten und Materialien diese Studie nicht hätte durchgeführt werden können.

Außerdem möchte ich mich bei meinem Betreuer Dr. Rainer Miksch bedanken, der mich im Rahmen der Abhandlung mit viel Rat, Anregungen und produktiven Gesprächen begleitet hat. Die zahlreichen Gespräche auf intellektueller und persönlicher Ebene werden mir immer als bereichernder und konstruktiver Austausch in Erinnerung bleiben.

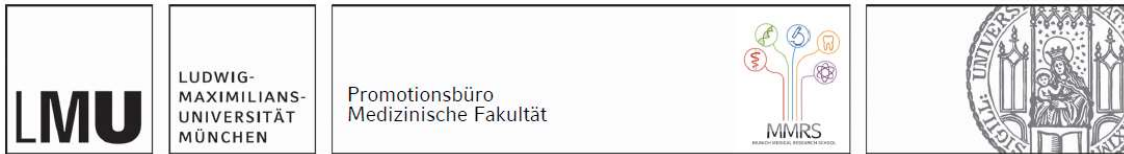
Darüber hinaus gilt mein Dank meiner Familie und meinen Freunden, die mich auch in schwierigen Zeiten unterstützt und immer wieder aufgeheitert haben. Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Eltern, Sylvia und Ulrich Becker, meiner Schwester Julia Becker, meinem Bruder Felix Becker sowie Isabelle Laiacker, die großzügig ihren PKW für die notwendigen Fahrten zu den Testungen bereitstellte.

Zudem danke ich meiner besseren Hälfte, Sarah Giar, die mir im kompletten Zeitraum der Anfertigung ein großer Rückhalt war, der als äußerst wichtiger Teil zum Erfolg meines Studiums beigetragen hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen Beteiligten zur Überlassung notwendiger Quellen und Dokumente bedanken. Ich danke allen Medizinstudierenden, die sich in die Studie eingebracht haben. Zudem freue ich mich über die insgesamt sehr gute Zusammenarbeit mit der Abteilung Handball des MTSV Schwabing und über das problemlose Nutzen der entsprechenden Räumlichkeiten vor Ort.

Meine ganze Dankbarkeit gilt den Handballerinnen und Handballern des MTSV Schwabing zur Teilnahme an den Testungen und dem damit verbundenen zeitlichen Aufwand. Ohne diesen Einsatz wäre die Studie in diesem Rahmen nicht möglich gewesen.

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Becker, Florian Moritz Constantin
Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Eine Interventionsstudie am Laparoskopie-Simulator mit Vergleich von HandballerInnen mit Studierenden der Medizin

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 21.11.2024
Ort, Datum

Florian Moritz Constantin Becker
Unterschrift Doktorand