

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Anwendbarkeit des SALAS-Scores in der virtuellen, laparoskopischen  
Cholezystektomie

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Matthias Jannik Duwe  
aus Hamburg

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:	Univ.-Prof.
1. Gutachter:	PD Dr. med.
2. Gutachter:	PD Dr. med.
Tag der Promotion:	20.10.2023

Diese Arbeit ist meinen Großeltern Vera und Günther Karl Duwe gewidmet.

Danke, dass ihr mich immer gefördert habt.

Danke, dass ihr immer an mich geglaubt habt.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	IV
1 Einleitung / Ziel der Dissertation .....	1
1.1 Einleitung .....	1
1.2 Ziel der Dissertation .....	2
2 Literaturdiskussion .....	3
2.1 Laparoskopische Chirurgie .....	3
2.2 Historische Hintergründe zur Laparoskopie .....	3
2.3 Die laparoskopische Chirurgie heute .....	4
2.4 Vor- und Nachteile der laparoskopischen Chirurgie .....	5
2.5 Training von Chirurgischen Assistenten .....	8
2.6 Stand zur Bewertung chirurgischer Leistungen .....	10
2.7 Virtuelles Training von Kameraassistenten .....	15
2.8 Stand zur Bewertung der Leistung der Kameraassistenten .....	16
2.9 Kameranavigation in der roboterassistierten Chirurgie .....	23
3 Material und Methoden .....	26
3.1 Studiendesign .....	26
3.2 Räumlichkeiten .....	27
3.3 Simulation .....	27
3.4 Leistungsbewertung .....	32
3.5 SALAS-Score .....	32
3.6 Studienkollektiv .....	34
3.7 Fragebogen .....	34
3.8 Statistische Analyse .....	37
4 Ergebnisse .....	38
4.1 Studierende .....	38
4.2 Virtuelle Gallenblasenentfernung .....	38
4.3 SALAS Punktzahl .....	39
5 Diskussion .....	43
5.1 Qualität der Kameraunterstützung .....	43
5.2 Validierung des SALAS-Scores .....	43
5.3 Qualität der Kameraunterstützung in Abhängigkeit vom Operateur .....	47
5.4 Spielen von Videospiele als Einflussfaktor .....	48
5.5 Zusammenhang zwischen Leistung der Kameraassistenten und der Operationszeit .....	49
5.6 Zusammenhang zwischen Leistung der Kameraassistenten und den visuell-räumlichen Fähigkeiten der Kameraassistenten .....	50
5.7 Hohes Selbstvertrauen als Einflussfaktor auf den SALAS-Score .....	51
5.8 Männliches Geschlecht als Einflussfaktor .....	51

5.9	Anwendbarkeit des SALAS-Scores und seiner Items..... im VRL vs. in vivo Operation.....	52
5.10	Selection Bias .....	52
5.11	Ausblick .....	53
6	Zusammenfassung.....	55
7	Literaturverzeichnis .....	57
8	Anhang .....	63
8.1	Erlahrung zu Ethischen Belangen.....	63
9	Danksagung.....	64
10	Tabellarischer Lebenslauf .....	65

## Abkürzungsverzeichnis

VRL-Simulatoren	Virtual Reality Laparoscopy
vCHE	virtuelle Cholezystektomie
SALAS-Score	structured assessment of laparoscopic assistance skills
LCN	laparoskopischen Kameranavigation
MIC	minimal-invasive Chirurgie
LNf	laparoskopische Fundoplikatio nach Nissen
GERD	Gastroösophageale Refluxkrankheit
CME	laparoskopische komplette mesokolische Exzision
GOALS	Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills
OSATS	Objective structured assessment of technical Skills
OSCE	Objective Structured Clinical Examination
ITER	In-training Evaluation Report
VAS	visuellen Analogskala
ICC	Intraclass correlation coefficient
CTG	Gruppen mit Kameratraining
NTG	Gruppe ohne Training
SL-Gruppe	strukturierte simulatorgestützte Trainingssitzungen im Skills Lab
OP-Gruppe	traditionelles Training im OP zur Kameranavigation während laparoskopischer Eingriffe
Interventionsgruppen	Gruppe erhielt ein Kameranavigationstraining
Kontrollgruppe	Gruppe erhielt kein Training
LASTT	Laparoscopic skills testing and training
OSA-CNS	Objective structured assessment of camera navigation skills

CRM+	positiver zirkumferenzieller Resektionsrand
LCRS	laparoskopische kolorektale Chirurgie
RACRS	roboterassistierte kolorektale Chirurgie
Skillslab	zentrale Trainingseinrichtung
vCHE	virtuelle Dissektion der Gallenblase
VP	Gefäßvorbereitung und -sektion
GD	Gallenblasendissektion
IQR	Interquartilsabstand
Dyade	Zweierteam
ISC	laparoskopische Schweine-Cholezystektomie
VSA	visuell-räumliche Fähigkeiten

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Operateur und Student während des Kurses in den Räumlichkeiten des Skillslab der Universitätsmedizin Mainz (Aufnahme mit Einverständnis der Teilnehmer 2017)

Abbildung 2: Screenshot „Berühren“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 3: Screenshot „Kammernavigation 0°“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 4: Screenshot „Heben und greifen“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 5: Screenshot „Ring übertragen“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 6: Screenshot „Anbringen von Clips“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 7: Screenshot „Feinpräparation“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 8: Screenshot „Virtuelle Dissektion der Gallenblase“ LapSim®, Version 2015

Abbildung 9: Eintrittsfragebogen des Skillslabkurses zur individuellen Merkmalerhebung der Studierenden

Abbildung 10: Abschlussfragebogen des Skillslabkurses zur individuellen Merkmalerhebung der Studierenden

Abbildung 11: Leistung des Operateurs in der virtuellen Cholezystektomie (vCHE). in Bezug auf den SALAS-Score der Gruppe A und in Bezug auf den SALAS-Score der Gruppe B. SALAS = structured assessment of laparoscopic assistant skills

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Laparoskopie

Tabelle 2: Objective structured assessment of technical skill (OSATS) Score [50]

Tabelle 3: Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) Scoring System [51]

Tabelle 4: Der OSA-CNS-Score [57]

Tabelle 5: Bewertungskriterien des SALAS-Score mit Punktesystem

Tabelle 6: Modifizierte Ratingskala des SALAS-Score mit Punktesystem

Tabelle 7: Einzelne Leistungsparameter des Chirurgen in Bezug auf die Kameranavigationsfähigkeiten des Kamerassistenten

Tabelle 8: Leistung der Studierenden in der virtuellen Laparoskopie während des zweitägigen Trainings

# 1 Einleitung / Ziel der Dissertation

## 1.1 Einleitung

Seit über 30 Jahren wird in Deutschland minimalinvasive Bauchchirurgie durchgeführt, die Schlüssellochchirurgie revolutionierte die chirurgischen Fächer und ist heute für diverse Eingriffe in Leitlinien als Standard empfohlen [1, 2, 3]. Im Laufe der Jahre wurde der positive Einfluss eines gut ausgebildeten Kameraassistenten auf die Operationszeit und den Operationsverlauf während eines laparoskopischen Eingriffs gut untersucht [4-6]. Abgesehen von einer verkürzten Operationszeit nimmt das Auftreten von Komplikationen bei angemessener Kameranavigation ab [7]. VRL-Simulatoren (Virtual Reality Laparoscopy) sind bereits für die manuelle Ausbildung von Chirurgen gut etabliert. VRL-Simulatoren wurden entwickelt, um chirurgische Fähigkeiten in einer sicheren Umgebung zu trainieren. Die Software ermöglicht die Messung der chirurgischen Leistung mithilfe von metrischen Berechnungen, Zeiten und Fehlern, um ihre Lernkurve zu verkürzen und damit die Patientensicherheit zu erhöhen. VRL-Simulatoren können Leistungswerte für verschiedene Kameranavigationsübungen berechnen und sind für ein angemessenes Kameranavigationstraining validiert und etabliert [2, 9, 10, 11]. Während einer simulierten Operation, z. B. virtuelle Cholezystektomie (vCHE) bewertet der Simulator jedoch in der Regel nur die Leistung des operierenden Chirurgen, nicht die Qualität der Kameranavigation. Die angemessene Navigation des Laparoscops ist jedoch von erheblicher klinischer Bedeutung und kann den Operationsablauf einer laparoskopischen Operation deutlich erleichtern oder erheblich erschweren.

Der Einfluss der Kameranavigationsqualität auf die chirurgische Leistung oder das Operationsergebnis ist bis dato wenig erforscht. Einige Studien haben gezeigt, dass eine Beteiligung von Medizinstudierenden oder unerfahrenem Assistenzpersonal an einer laparoskopischen Operation zu einer längeren Operationszeit führt [4-6].

Um die Leistung der Assistenten zu bewerten und ihre Fortschritte während des Trainings auf einer VRL-Simulation zu verfolgen, ist eine objektive Bewertungsskala erforderlich. Mit dem im Vorfeld veröffentlichten und validierten SALAS-Score (strukturierte Bewertung der Fähigkeiten der laparoskopischen Kameranavigation) ist es nun möglich, die Qualität der Kameraassistenz erstmals intraoperativ objektiv zu bewerten [12].

## 1.2 Ziel der Dissertation

Ziel dieser Arbeit ist es, die Anwendbarkeit des SALAS-Score anhand virtueller Cholezystektomien zu validieren und den Einfluss der Qualität der laparoskopischen Kameranavigation (LCN), auf die Leistung des operierenden Chirurgen zu untersuchen. Dies wurde mit studentischen Probanden während einer mit einem VRL-Simulator durchgeführten Cholezystektomie untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen als Grundlage für zukünftige intraoperative Analysen dienen. Die für diese Arbeit gesammelten Daten wurden im Vorfeld in Surgery Today der Japan Surgical Society unter dem Titel „Higher quality camera navigation improves the surgeon’s performance – Evidence from a preclinical study“ (2020 Oct-Dec;16(4):355-359) veröffentlicht [13].

## **2 Literaturdiskussion**

### **2.1 Laparoskopische Chirurgie**

Unter einer Laparoskopie versteht man die endoskopische Betrachtung des Intraoperitonealraums und seiner Organe. Sie kann explorativer (explorative Laparotomie) oder interventioneller Natur (laparoskopische Chirurgie) sein.

Bei der laparoskopischen Chirurgie handelt es sich um eine minimal-invasive Form der Operation (MIC), bei der über kleine Hautschnitte Trokare eingebracht werden. Über die Trokare werden spezielle Instrumente und eine Kameraoptik (Laparoskop) in den Körper eingebracht. Um Platz für Navigation, Instrumente und die Operation intraperitoneal zu schaffen, wird CO<sub>2</sub> konstant intraabdominell insuffliert (Kapnoperitoneum) [14].

### **2.2 Historische Hintergründe zur Laparoskopie**

Die Laparoskopie ist eine recht junge Operations- und Diagnosetechnik der Medizin.

Die moderne Endoskopie geht auf eine Arbeit von Philipp Bozzini (1773-1809) zurück, der verschiedene Lichtleiter untersuchte. Er entwickelte ein Gerät, bestehend aus einem optischen Teil mit der Beleuchtungsquelle (Kerze und Hohlspiegel) und einem mechanischen Bestandteil, das sich der Anatomie der Körperöffnung anpasste und auch die Durchführung von Operationen ermöglichte. Der Arzt war hierbei zum einen Operateur und musste zudem für eine ausreichende Sicht auf den Arbeitsbereich sorgen [15].

Eine der ersten dokumentierten diagnostischen Laparoskopien beim Menschen führte 1910 der Schwede Hans Christian Jacobaeus (1879-1937) durch. In den folgenden Jahren setzte sich die Laparoskopie im Bereich der Diagnostik (vor allem von Lebererkrankungen) gegenüber der Laparotomie durch [15].

Heute besteht ein laparoskopisches Operationsteam meist aus mindestens einem Operateur und einer Kameraassistentin. In den chirurgischen Disziplinen gilt der Kieler Gynäkologe Kurt Semm (1927-2003) als Pionier dieser Technik. So führte er 1980, trotz großer Skepsis im Kollegium, an der Universität Kiel die erste laparoskopische Appendektomie durch [17].

Die Weiterentwicklung von Kamertechnik, laparoskopischem Instrumentarium und die wachsende Erfahrung und Fähigkeiten von Operateuren ermöglichten im Verlauf die Durchführung immer komplexerer Eingriffe [18]. In diesem Prozess entwickelte sich die Kameraassistentz als eigenständiger Aufgabenbereich. Der Kameraassistent visiert das Operationsgebiet an, während der Operateur sich mit seinen Instrumenten auf den Operationsbereich konzentrieren kann. Die Entwicklung der Fiberglastechnologie (1958), der Kaltlichtquelle (1962), und der Hochleistungs-Hopkins-Optik (1962) sowie die Einführung der Farbvideografie (1968) führten zu der heute standartmäßig verwendeten Videolaparoskopie, welche eine detailgetreue und bestmögliche Darstellung des Operationsgebiets für Operateur und Assistentz ermöglicht [16].

### **2.3 Die laparoskopische Chirurgie heute**

Heute ist die laparoskopische Operationstechnik für diverse Eingriffe leitliniengerechter Standard. So werden unter anderem Appendektomien und Gallenblasenentfernungen überwiegend laparoskopisch operiert [1].

Betrachtet man zum Beispiel die Appendizitis, so zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg des Anteils der MIC im Zeitraum von 1983 bis 1997 auf 33 % [19] und von 2005 bis 2009 von 47 % auf 86 % [20].

Dieser Anstieg ist das Resultat einer immer sichereren Durchführbarkeit, einer geringeren Rate an Wundinfektionen, einer kürzeren postoperativen Erholungsphase und der vorteilhaften intraoperativen Differenzialdiagnostik [21, 22, 23].

Für die Fundoplikatio zeigt sich eine vergleichbare Entwicklung. Auch hier wird die laparoskopische Vorgehensweise aufgrund der unbestreitbaren Vorteile in den aktuellen Leitlinien empfohlen [2]. So konnten randomisierte Studien von Salminen et al. zeigen, dass für die MIC Verfahren der laparoskopischen Fundoplikatio nach Nissen (LNF) und der partiellen 270° Toupetfundoplikatio ein vergleichbarer fünf Jahres Erfolg im Sinne eines verminderten Reflux zu erzielen ist [24].

Das 10-Jahres-Ergebnisse einer multizentrischen randomisierten kontrollierten Studie, die den Langzeiterfolg der LNF und konventionellen Nissen-Fundoplikatio verglich, zeigte geringere postoperative Hernien oder Fundusdefekte der LNF gegenüber der offenen Variante. Konventionell operierte Patienten wurden mit einer

doppelt so hohen Wahrscheinlichkeit erneut aufgrund einer GERD (Gastroösophageale Refluxkrankheit) Symptomatik operiert [25].

Auch in der Leitlinie zur Divertikelkrankheit wird empfohlen, die laparoskopische Sigmaresektion der konventionellen offenen Operation aufgrund der signifikanten Vorteile vorzuziehen [3]. Es zeigte sich auch hier eine kürzere Krankenhausverweildauer und eine verkürzte Operationszeit. Weiter waren Wundinfektion und intraabdominelle Abszessbildung sowie Fasziendehiszenz seltener zu beobachten. Die postoperative Darmmotilität trat früher wieder ein. Der Langzeitverlauf hingegen und die Letalität werden laut Studienlage nicht beeinflusst [26].

Auch in der Onkochirurgie gibt es eine Entwicklung zur MIC. So zeigte zum Beispiel die Arbeit von Kauff et al., dass in der Onkochirurgie die laparoskopische komplette mesokolische Exzision (CME) der offenen CME nicht unterlegen ist und bei entsprechender Expertise durchgeführt werden kann [27].

Die minimalinvasive Chirurgie entwickelt sich zurzeit in einem schnellen Tempo weiter. Eine der Grenzen ist der heutige Wissensstand. Im operativen Einsatz im Krankenhaus selbst sind die Grenzen der minimalinvasiven Chirurgie heute vor allem durch fehlende Expertise von Operateur und auch Kameraassistent oder Ressourcen wie nichtvorhandenes Equipment gesetzt. Sowohl Operateure als auch Kameraassistenten müssen jeden einzelnen Schritt des Operationsablaufs beherrschen, um einen guten Operationsverlauf zu gewährleisten. Das Operationsergebnis ist eine Teamleistung bei der beide Seiten, Operateur und Assistent, abhängig voneinander sind. Ein stetiges Training und Weiterbildungsprogramm ist sowohl für erfahrene Operateure, als auch für unerfahrene Kameraassistenten notwendig, um die Neuerungen der Technik und den Fortschritt der Wissenschaft zu vermitteln und die Qualität von laparoskopischen Operationen gewährleisten zu können.

## **2.4 Vor- und Nachteile der laparoskopischen Chirurgie**

Die Vor- und Nachteile der laparoskopischen Operationstechnik sind vielseitig (Tabelle 1), wobei die Vorteile deutlich überwiegen, so dass sich minimalinvasive Operationstechniken seit 1980 in vielen Bereichen durchgesetzt haben und heute als

leitliniengerechter Standard durchgeführt werden. So haben sich bei der Appendektomie im minimalinvasiven Verfahren ein Vorteil bei der Rate von Wundinfektionen, beim postoperativen Schmerzmanagement und eine geringere allgemeine postoperative Komplikationsrate gegenüber der konventionellen Appendektomie gezeigt. Weiterhin war der Klinikaufenthalt kürzer und die Rückkehr zum alltäglichen Leben schneller erreicht [1].

Auch bei der Gallenblasenentfernung hat sich die MIC aufgrund des gesamt geringeren postoperativen Risikos, der geringeren Komplikationsraten, der geringeren Operationszeit und einer kürzeren Hospitalisierungszeit gegenüber der konventionellen offenen Cholezystektomie durchgesetzt [28].

Ebenfalls bei der Versorgung von Leistenhernien, der am häufigsten in der Allgemein- und Viszeralchirurgie durchgeführten Operation, zeigte sich vor allem in bestimmten Patientenpopulationen ein Vorteil bezüglich der Entwicklung eines chronischen Schmerzsyndroms bei der MIC Technik. So ist heutzutage vor allem bei Frauen, beidseitigen Leistenhernien, vorangegangenen Operationen oder vorausgegangener offener Operationstechnik die MIC die zu bevorzugende Technik [29].

Auch in der operativen Versorgung des Kolonkarzinoms zeigte sich eindeutig, dass die MIC nach Möglichkeit zu bevorzugen ist. Komplikationen wie intraoperativer Blutverlust, Wundinfektion, intraabdominelle Abszessbildung, postoperativer Ileus und Faziendehiszenz traten bei MIC seltener auf. Zudem war die Hospitalisierungszeit kürzer. Auch zeigte sich im Langzeitverlauf keine erhöhte Rezidivrate oder erhöhte tumorbedingte Sterblichkeit. Der erste postoperative perianale Windabgang und erster postoperativer Stuhlgang waren bei der MIC Variante früher zu verzeichnen [26]. Auch ist die Zufriedenheit der Patienten nach minimalinvasiver Chirurgie mit dem kosmetischen Ergebnis der Narbe meist besser. Die frühere Mobilisierung aufgrund der besseren Schmerzkompensation senkt weiter das Thrombose-, Embolie-, und Pneumonie Risiko [30].

Die Nachteile der laparoskopischen Operationstechnik ergeben sich aus der Komplexität des Verfahrens. So kann das Blickfeld des Operateurs im Vergleich zum offenen Verfahren eingeschränkt sein. Weiter ist er erheblich von der Qualität der Kameranavigation des Kameraassistenten abhängig. Auch ist das taktile Gefühl des Gewebes über die laparoskopischen Instrumente geringer. Die Lernkurve von Operateuren in der MIC ist flacher/länger im Vergleich zu offenen Verfahren, was die

Ausbildung beteiligter für ein optimales komplikationsarmes Operationsergebnis zeit- und -kostenintensiver gestaltet. Wiederum muss der Operationsablauf durch den Operateur sowohl im offenen Verfahren als auch im laparoskopischen Verfahren beherrscht werden, um bei unvorhersehbaren Komplikationen eine komplikationsarme Konvertierung auf ein offenes Verfahren gewährleisten zu können, was die Ausbildung von Chirurgen erneut zeit- und kostenintensiver macht [5, 31].

Das eingeschränkte Blickfeld und die eingeschränkten Möglichkeiten der Navigation des Operateurs ergeben sich aufgrund der kleinen Zugangswege und der Mobilität von Darm und Bauchorganen sowie der Lunge, was die Zugangswege zum Zielorgan behindern kann, ein Wegschieben und Weghalten, gegebenenfalls durch einen weiteren Assistenten, sind daher wichtige Schritte im Operationsablauf. Auch das Lagern und Weghalten der Organe hat ein gewisses Komplikationspotenzial. So kann es zu Durchblutungsstörungen bei zu langer punktuellen Druckbelastung eines Organs kommen. Um dieser Situation vorzubeugen, werden fächerartige flächige Instrumente zum Weghalten verwendet. Weiter macht man sich durch Lagerung des Patienten die Schwerkraft zunutze [32].

Ein weiterer Nachteil der laparoskopischen Chirurgie ist die Beherrschbarkeit von Blutungen oder etwaiger Organverletzungen, zum Beispiel beim Einbringen von Trokaren oder intraoperativ, was den Wechsel auf ein offenes Verfahren nötig machen und zu einer längeren Operationszeit führen kann [26, 33].

Tabelle 1: Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Laparoskopie

<b>Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Laparoskopie</b>	
<b>Vorteile der Laparoskopie:</b>	<b>Nachteile der Laparoskopie:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion der postoperativen Schmerzen, daher Frühere Mobilisierung (seltener Thrombosen, seltener Embolien, seltener Pneumonien), Geringerer Analgetikaverbrauch, Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes</li> <li>- Verkürzung der postoperativen Darmatonie</li> <li>- Bessere kosmetische Ergebnisse durch kleinere Narben</li> <li>- Weniger Wundheilungsstörungen</li> <li>- Weniger Narbenhernien (da kleinere Narben)</li> <li>- Weniger Adhäsionsbildung (Vorteil für Folgeeingriffe und seltener Darmstrinkturen)</li> <li>- Bessere Sicht im Operationsgebiet durch Vergrößerungseffekt der Optik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erschwerte Beherrschung von Komplikationen wie Blutungen</li> <li>- Inspektion und Tastsinn verringert</li> <li>- Höhere Kosten</li> <li>- Technisch hoher Aufwand</li> <li>- 2-dimensionale Sicht auf den Operationsbereich</li> <li>- Eingeschränkte Beweglichkeit der Instrumente</li> <li>- Längere Lernkurven</li> <li>- Geringeres taktile Gefühl über die Instrumente</li> </ul>

## 2.5 Training von Chirurgischen Assistenten

Seit der ersten Veröffentlichung des modernen Laparoskopieverfahrens sind mehrere Jahrzehnte vergangen. Heutzutage sind laparoskopische Eingriffe in den Operationssälen auf der ganzen Welt zu einer gängigen, häufig leitliniengerechten Eingriffstechnik geworden [1, 2, 3]. Auch die medizinischen Fakultäten haben die Vorbereitung neuer Chirurgen auf diese Technik in ihre Lehrpläne aufgenommen. Chirurgen der „alten Schule“ erlernen laparoskopische Arbeitstechniken in Ausbildungskursen und verbessern sie beispielsweise in einem Trainings-Operationssaal mit Tieren wie Hunden, Schweinen und Ratten [34].

Im Gegensatz zur konventionellen offenen Chirurgie müssen die Chirurgen die Handhabung der Instrumente beherrschen und die Bewegungen ihrer Hände mit dem visuellen Feedback eines zweidimensionalen Bildes koordinieren. Sie müssen ständig

üben, um die notwendige Geschicklichkeit zu bewahren und ihre laparoskopischen chirurgischen Fähigkeiten weiter zu verbessern. Im Gegensatz hierzu gibt es Krankenhäuser, in denen Assistenzärzte der Chirurgie zur Übung laparoskopischer Techniken Operationen unter der Aufsicht eines erfahrenen Chirurgen an Patienten durchführen. Dabei wird die Leistung des Auszubildenden auf der Grundlage des Urteils eines erfahrenen Chirurgen bewertet. Auch wenn die laparoskopische Leistung beaufsichtigt wird, besteht ein implizites Risiko, wenn die Ausbildung an Patienten in vivo erfolgt. Eine vorherige Ausbildung und eine objektive Qualifikation in dieser minimalinvasiven Technik sind erforderlich, bevor im Operationssaal am Menschen geübt werden kann [31]. Eine anerkannte Alternative für das In-Vivo-Üben und die Aufrechterhaltung laparoskopischer psychomotorischer Fähigkeiten sind laparoskopische Trainer und Simulatoren [35-37]. Diese Geräte bestehen aus einem Simulationsgerät, in dem das laparoskopische Training ohne Verletzungsgefahr für Patienten durchgeführt werden kann. Diese Trainingssysteme werden in physische Trainer, VRL-Simulatoren und eine dritte Klasse, die Hybridtrainer, eingeteilt [38, 39].

Virtual-Reality-Simulatoren sind im Allgemeinen sehr teuer. Ihr ausgeklügeltes und komplexes mechanisches Design mit haptischem Feedback und ausgeklügelter Simulationssoftware ermöglicht es dem Auszubildenden, in einer vollständig virtuellen Umgebung zu üben, ohne dass ein erfahrener Chirurg zur Aufsicht benötigt wird. Die hohen Kosten und die geringe Tragbarkeit dieser Geräte schränken jedoch den Zugang der Assistenzärzte zu diesen Systemen ein [31].

Physikalische Trainer oder Boxtrainer ermöglichen es dem Auszubildenden, in einer realistischen Umgebung mit echten laparoskopischen Instrumenten zu üben und Aufgaben zu bewältigen, die speziell für die Bewertung gängiger laparoskopischer Fertigkeiten wie die Handhabung von Gegenständen, das Herstellen von Knoten oder das Schneiden von Gewebe entwickelt wurden. Diese physischen Trainer verwenden die Zeit als gemeinsame Messgröße für die Bewertung der Leistung einer Aufgabe und analysieren diese Zeiten dann mit statistischen Instrumenten. Es wurde gezeigt, dass Boxtrainer das Selbstvertrauen und die Geschicklichkeit eines Auszubildenden erhöhen [40, 41]. Dennoch muss die Bewertung der laparoskopischen Fähigkeiten von einem erfahrenen Chirurgen vorgenommen werden, was auf den Mangel an objektiver Bewertung als Hauptnachteil der kostengünstigen Boxtrainer hinweist [42-44].

Letztlich vereinen hybride Trainer die Vorteile von VRL-Simulatoren und physischen Trainern, indem sie ein Gefühl für die reale Welt mit professionellen Werkzeugen in

einer virtuellen Umgebung vermitteln [45, 46]; außerdem können die Auszubildenden durch eine intelligente Software objektiv bewertet werden [37,47,48].

## 2.6 Stand zur Bewertung chirurgischer Leistungen

Es bestand ein dringender Bedarf an intraoperativen Bewertungsinstrumenten um laparoskopische Fertigkeiten zu entwickeln und deren Reliabilität und Validität zu bewerten. Hierzu haben sich zwei Scores, der GOALS und der OSATS Score etabliert.

Martin et al. beschäftigten sich in ihrer Arbeit zu OSATS mit der Messbarkeit praktischer chirurgischer Fertigkeiten von Assistenzärzten [49]. Sie stellten fest, dass, im Gegensatz zur Überprüfung von Faktenwissen oder Arzt-Patienten-Interaktionen z. B. durch schriftliche Examina oder OSCE (objective structured clinical examination), obwohl man in der Aus- und Weiterbildung von Chirurgen großen Wert auf die Vermittlung technischer Kompetenzen legt, die Möglichkeit diese verlässlich zu bewerten oder zu überprüfen fehlten. Die bis dahin verfügbaren Messmethoden waren nicht validiert und bildeten eher die persönliche Meinung der Bewertenden ab.

Mit OSATS wurde eine Methode entwickelt, die manuellen Fähigkeiten eines Operateurs einzuschätzen. Es wurden 20 Assistenzärzte in der Allgemeinchirurgie bei einer zwei Stunden andauernden und acht Stationen umfassenden Ausbildungseinheit an Tieren und Simulatoren durch 48 zertifizierte Chirurgen beobachtet. Ziel war es, einen Bewertungsmaßstab zu entwickeln, welcher es ermöglicht, ebenso reliabel wie objektiv die chirurgischen Fertigkeiten der Probanden zu messen. So konnten verschiedene Trainingsprogramme und Ausbildungskonzepte miteinander verglichen werden.

Für das OSATS Testmodell wurden zwei Arten von Bewertungssystemen entwickelt. Eine operationsbezogene Checkliste mit 20-40 Punkten, die zusammen mit erfahrenen Chirurgen entwickelt wurde und einzelne entscheidende Teilschritte der Operation beinhaltete und eine detaillierte globale Bewertungsskala (Tabelle 2) mit sieben Einzelpunkten, bei der ein Proband auf einer Likert-Skala zwischen einen und fünf Punkte erreichen konnte [49, 50].

Martin et al. sehen ihre Untersuchung als valide an, da Probanden mit größerer klinischer Erfahrung auch signifikant bessere Ergebnisse erzielen.

Tabelle 2: Objective structured assessment of technical skill (OSATS) Score [50]

Objective structured assessment of technical skill (OSATS) Score				
Globale Bewertungsskala der Operationsleistung				
Bitte umkreisen sie die Nummer entsprechend der Leistung in jeder Kategorie, unabhängig vom Trainingslevel				
1. Respekt für das Gewebe:				
1	2	3	4	5
Häufiges einsetzen unnötiger Kraft am Gewebe oder verursacht Verletzungen durch unsachgemäße Benutzung der Instrumente	Behandelt Gewebe sorgfältig, aber verursacht gelegentlich versehentlichen Schaden		Behandelt Gewebe durchgehend angemessen mit minimalen Schäden	
2. Zeit und Bewegung:				
1	2	3	4	5
Viele nicht benötigte Bewegungen	Effizient in Zeit/ Bewegung, aber einige nicht benötigte Bewegungen		Klare Wirtschaftlichkeit und Effizienz in der Bewegung	
3. Umgang mit Instrumenten:				
1	2	3	4	5
Macht wiederholt ruckartige oder unangebrachte Bewegungen mit den Instrumenten, unsachgemäßer Gebrauch der Instrumente	Benutzt Instrumente kompetent, aber wirkt gelegentlich steife oder ungeschickt		Flüssiges bewegen der Instrumente ohne Ungeschick	
4. Kenntnis der Instrumente:				
1	2	3	4	5
Fragt häufig nach falschem Instrument, oder verwendet das falsche Instrument	Kennt die Namen der meisten Instrumente und benutzt die angebrachten Instrumente		Kennt die Instrumente und ihre Namen offensichtlich	
5. Operationsfluss:				
1	2	3	4	5
Unterbricht die Operation häufig und scheint den nächsten Schritt nicht zu kennen	Zeigt gelegentlich vorwärts Planung mit angemessenen Fortschritt des Eingriffs		Offensichtlich geplanter Operationsablauf mit problemlosem Ablauf von Schritt zu Schritt	
6. Nutzung der Assistenz:				
1	2	3	4	5
Assistenz wird durchgehend falsch eingesetzt oder Assistenz wird nicht eingesetzt	Die meiste Zeit angemessene Verwendung der Assistenz		Die Assistenz wird die gesamte Zeit strategisch zum bestmöglichen Vorteil eingesetzt	
7. Kenntnis des speziellen Eingriffes:				
1	2	3	4	5
Mangelhaftes wissen. Benötigte spezifische Anweisungen für die meisten Schritte	Kennt alle wichtigen Schritte der Operation		Zeigte Vertrautheit mit allen Aspekten der Operation	

Vassiliou et al. knüpften an die Arbeit von Martin et al. an und übertrugen diese in das laparoskopische Umfeld [50, 51]. Zuvor war in einer Studie festgestellt worden, dass der überwiegende Anteil der Assistenzärzte mit der Weiterbildung in minimalinvasiven Techniken nicht zufrieden war. Die chirurgische Weiterbildung alleine im Operationssaal stattfinden zu lassen, erschien Vassiliou et al. aus ökonomischen, ethischen und juristischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll [51].

Die bisher verwendeten trainingsbegleitenden Auswertungsberichte (engl. In-training Evaluation Report, ITER) beinhalten nicht selten Distributionsfehler und zentrale Tendenzen sowie den Halo-Effekt [51].

ITER helfen den Assistenzärzten nicht dabei ein Verständnis dafür zu entwickeln, an genau welchem Aspekt ihrer Fähigkeiten noch Verbesserungsbedarf besteht. Aufgrund der fehlenden spezifischen Rückmeldung sehen Vassiliou et al. ITER nicht als geeignete Methode für die Bewertung minimalinvasiver Chirurgie bzw. von deren Trainingsprogrammen. Ein Instrument, welches intraoperativ technische Fertigkeiten im laparoskopischen Bereich valide messen kann, existierte noch nicht.

Hierfür entwickelten Vassiliou et al. den GOALS-Score (global operative assessment of laparoscopic skills; englisch für „übergreifende Bewertung operativer laparoskopischer Fähigkeiten“) [51]. Zunächst wurden die wichtigsten technischen Aspekte der Laparoskopie definiert. Zu diesem Zweck wurden Videoaufnahmen verschiedener laparoskopischer Operationen analysiert und erfahrene laparoskopische Operateure befragt.

Bei der Entwicklung des Bewertungswerkzeugs orientierten sich die Autoren an OSATS und arbeiteten mit einer operationsspezifischen Checkliste mit zehn Punkten sowie einer Globalen Rating Scala (Tabelle 3).

Die Globale Rating Scala des GOLAS-Scores besteht aus einer 5 Punkte umfassenden Bewertungsskala, einer 10 Punkte umfassende aufgabenspezifische Checkliste für die Dissektion der Gallenblase aus der Leber und zwei 10 cm langen visuellen Analogskalen (VAS) für die Gesamtkompetenz und die Schwierigkeit des Falls. Die Items von GOALS werden anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala mit Ankern bei 1, 3 und 5 bewertet, wobei „1“ die niedrigste Stufe der Leistung darstellt und „5“ als ideale Leistung angesehen wird (Tabelle 3). Die Gesamtpunktzahl für die globale

Bewertungsskala ergibt sich aus der Summe der Punktzahlen für jedes der 5 Items, wobei die maximale Gesamtpunktzahl 25 beträgt [51].

Insgesamt wurden mit dem entwickelten GOALS-Score 21 Teilnehmer untersucht. Darunter drei Ärzte im ersten Jahr der Weiterbildung zum Allgemeinchirurgen, drei im zweiten Jahr, zwei im dritten Jahr, sechs im vierten Jahr und drei im fünften Jahr. Hinzu kamen noch vier Oberärzte. Assistenten der ersten drei Jahre wurden als unerfahren gewertet, ab dem vierten Jahr der Weiterbildung wurden die Operateure durch Vassiliou et al. in die Gruppe der erfahrenen laparoskopischen Chirurgen eingeteilt [51].

Alle Beobachter waren erfahren mit laparoskopischen Operationen und waren mit den Schritten der laparoskopischen Cholezystektomie vertraut. Sie wurden durch eine kurze Schulung in die Bewertungskriterien von GOALS eingeführt und angehalten, die volle Bandbreite, der zur Verfügung stehenden Punkte zu vergeben. Zudem wurden sie angehalten, Besonderheiten in der Anatomie wie auch der technischen Begebenheiten in ihre Bewertung miteinfließen zu lassen.

Die interne Konsistenz geben Vassiliou et al. mit Werten von 0,91 bis 0,93 für Cronbachs Alpha an. Die Intraclass coefficients (ICC) war bei allen untersuchten Varianten über 0,8. Die geringste Übereinstimmung war bei dem Punkt „Gewebsumgang“ zu finden. Die besten Werte für die ICC gab es beim GOALS Gesamtscore. Die VAS und die Checkliste schnitten diesbezüglich schlechter ab.

In der Untersuchung der Konstruktvalidität zeigte sich, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den unerfahrenen und den erfahrenen Gruppen von Operateuren besteht. So erreichen unerfahrene Chirurgen im Durchschnitt einen Wert von 13,0 von 25 möglichen Punkten. Im Gegensatz dazu erreichen erfahrene Chirurgen einen GOALS-Score von 19,4 [51].

Tabelle 3: Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) Scoring System [51]

Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) Scoring System
Komponenten der globalen Bewertungsskala des intraoperativen Bewertungsinstruments*
Tiefenwahrnehmung
1. Schießt ständig über das Ziel hinaus, weitläufige Bewegungen, korrigiert langsam
2.
3. Schießt einenge male über das Ziel hinaus oder verfehlt das Ziel, aber korrigiert schnelle
4.
5. Lenkt Instrumente genau in der richtigen Ebene zum Ziel
Bimanuelle Geschicklichkeit
1. Benutzt lediglich eine Hand, ignoriert die nicht dominierende Hand, schlechte Koordination zwischen den Händen
2.
3. Benutzt beide Hände, aber hat keine perfekte Interaktion der Hände
4.
5. Benutz beide Hände in einem perfekt ergänzendem Zusammenspiel für Optimale Ergebnisse
Effizienzen
1. Unsichere, ineffektive Versuche; viele vorsichtige Bewegungen; ständige Fokus Änderung oder Intervalle ohne Fortschritt
2.
3. Langsame, aber geplante Bewegungen sinnvoll organisiert
4.
5. Selbstbewusstes, effektives und sicheres führen, behält den Fokus auf dem Ziel bis es mit einer anderen besseren Herangehensweise erreicht werden kann
Umgang mit Gewebe
1. Grobe Bewegungen, reist am Gewebe, verletzt benachbarte Strukturen, schlechte Greifer Kontrolle, Greifer rutscht häufig ab
2.
3. Behandelt Gewebe angemessen gut, kleinere Verletzungen benachbarten Gewebes (wie gelegentliches unnötiges bluten oder Abrutschen des Greifers)
4.
5. Behandelt Gewebe gut, wendet angemessen Zug an, vernachlässigbarer Schaden von benachbarten Strukturen
Anatomie
1. Unfähig die gesamte Aufgabe zu erfüllen, selbst mit mündlicher Anleitung
2.
3. Fähig die Aufgabe sicher mit leichter Anleitung zu erfüllen
4.
5. Fähig die Aufgabe selbständig ohne Hilfestellung zu erfüllen
* Die Beschreibungen sind die „Anker-“ Beschreibungen für Punktzahl 1, 3, und 5.

## 2.7 Virtuelles Training von Kameraassistenten

Die laparoskopische Kameranavigation (LCN) wird oft als der einfachere Teil der laparoskopischen Operationen angesehen. Dennoch ist die Rolle des Kameraassistenten in der Laparoskopie wichtig, da eine adäquate Sicht auf das Operationsfeld unerlässlich ist, um einen kontinuierlichen Verfahrensablauf zu gewährleisten und Fehler, Zeitverzögerungen und Frustration des Chirurgen zu vermeiden [6, 10, 52].

Durch die europäische Arbeitszeitrichtlinie und einen zunehmenden Mangel an Chirurgen wird die Kameraassistenz häufig unerfahrenen Assistenzärzten oder sogar Medizinstudenten anvertraut. Dies hat unter anderem zu Forschungen über robotergestützte Kameraassistenz geführt. Auch Ausbildungszertifikate für Medizinstudenten werden diskutiert. Es ist bekannt, dass sich die LCN verbessert, wenn der Assistent Erfahrung in einer sicheren und zeitsparenden Simulationsumgebung sammelt [52, 53, 54, 55].

In einer randomisierten Studie, welche durch die Arbeitsgruppe um Huber et al. durchgeführt wurde, in welcher Medizinstudenten nach dem Zufallsprinzip in Gruppen mit Kameratraining (CTG) oder ohne Training (NTG) eingeteilt wurden, konnte gezeigt werden, dass eine höhere Bewertung des anderen Teampartners, Selbstvertrauen bei der Assistenz bei einem laparoskopischen Grundverfahren und das männliche Geschlecht signifikant mit besseren CTG-Leistungsergebnissen korrelierten. Die Teams mit einem geschulten Kameraassistenten zeigten eine Tendenz zu besseren Leistungen in den gestellten Aufgaben [6].

Zuvor wurde bereits durch die Arbeitsgruppe um Franzeck et al. ebenfalls eine randomisierte kontrollierte Studie zur Wirksamkeit virtuell basierter Trainingssysteme durchgeführt. An dieser prospektiven, randomisierten, kontrollierten Studie nahmen 24 Medizinstudenten teil, die noch keine Erfahrung mit Kameranavigation oder Simulatoren hatten. Nach einem Baseline-Kameranavigationstest im OP wurden die Teilnehmer nach dem Zufallsprinzip in sechs strukturierte simulatorgestützte Trainingssitzungen im Skills Lab (SL-Gruppe) oder in das traditionelle Training im OP zur Kameranavigation während sechs laparoskopischer Eingriffe (OP-Gruppe) eingeteilt. Nach dem Training wurde der Kameratest wiederholt. Die Videos aller Tests (einschließlich der von 14 Experten) wurden von fünf verblindeten, unabhängigen Experten nach einem strukturierten Protokoll bewertet. Es konnte gezeigt werden,

dass simulatorgestütztes Training der Kameranavigation in den OP übertragen werden kann, wobei das traditionelle praktische Training als Kontrolle dient. Darüber hinaus ist das Simulator-Kameranavigationstraining für die laparoskopische Chirurgie ebenso effektiv, aber zeitsparender als der traditionelle Unterricht [10].

## 2.8 Stand zur Bewertung der Leistung der Kameraassistentenz

Vor dem Hintergrund, dass der Kameraassistent in der laparoskopischen Chirurgie aufgrund der Teamleistung zunehmend wichtig ist [6, 13], ist es umso wichtiger geworden objektive Bewertungskriterien, sowohl intraoperativ als auch für Trainingszwecke im Simulator für die Leistung des Kameraassistenten zu schaffen.

In der 2014 von Graafland et al. veröffentlichten multizentrischen prospektiven Kohortenstudie wurde das Kameranavigationstraining bei Schlüsselgruppen in der MIC untersucht [53]. Hintergrund der Studie war, dass untrainierte laparoskopische Kameraassistenten in der MIC oftmals nur suboptimal das Operationsgeschehen mit der Kamera einstellen und dadurch das Risiko für intraoperative Fehler stieg. Weiter stellten die Autoren fest, dass meist das unerfahrenste Mitglied des OP-Teams die Kameranavigation durchführte. Zu dieser Gruppe gehören meist Assistenzärzte in früher Weiterbildung, Medizinstudenten und OP-Pflegekräfte. Es wurde festgestellt, dass Studenten und OP-Pflegekräfte zuvor kein strukturiertes Laparoskopietraining erhalten hatten. In der Studie wurde zur Bewertung der Kameraführung ein Modul der virtuellen LCN des Simendo virtual reality simulator herangezogen. Gemessen wurden die Augenscheinvalidität und die Konstruktvalidität des LCN-Moduls. Die Augenscheinvalidität wurde mit einem Fragebogen zur wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der empfundenen Ähnlichkeit der virtuellen Navigation zur Realität überprüft. Die Konstruktvalidität wurde gemessen, indem die Scores von unterschiedlich erfahrenen Kameraassistenten verglichen wurden. Parameter waren hierbei die Geschwindigkeits- und Bewegungskompetenz des jeweiligen Kameraassistenten. Die Ergebnisse zeigten eine einheitliche und positive Auswertung des Fragebogens bezüglich des LCN-Moduls unter erfahrenen und unerfahrenen Nutzern, was eine signifikante inhaltliche Validität aufzeigte. Erfahrene und mittelmäßig erfahrene Kameraassistenten hatten im Vergleich zu der unerfahrenen Gruppe eine signifikant bessere Kamerastabilität und Bearbeitungszeit im LCN-Modul ( $p < 0,05$ ). Die Lernkurve zeigte eine signifikante Verbesserung für die

Kamerastabilität und die Bearbeitungszeit in allen Gruppen ( $p < 0,05$ ). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen die Gesichtvalidität und Konstruktvalidität des LCN-Moduls. Das Modul eignet sich für den Einsatz im Training von OP-Pflegekräften und chirurgischen Assistenzärzten zu Beginn der Weiterbildung, das darauf abzielt, die Teamleistung in der minimal-invasiven Chirurgie zu verbessern [53].

2017 veröffentlichten Paschold et al. ebenfalls eine virtual-reality Studie [56]. Sie vergleicht die initiale Leistung und die Lernkurve von OP-Pflegekräften, Medizinstudenten und Assistenzärzten (im ersten Jahr) in der laparoskopischen Kameraführung. Die Teilnehmer der drei Gruppen absolvierten drei definierte Aufgaben (Kameranavigation, peg transfer, fine dissection) an einem virtuellen Laparoskopiesimulator an jeweils drei aufeinanderfolgenden Tagen. In Laparoskopie geübtes Personal fungierte als Kontrollgruppe (Experten). Die Teilnehmer füllten vor und nach dem Kurs einen Fragebogen aus.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Studenten und die OP-Pflegekräfte in ihrer Leistung vergleichbar waren ( $p > 0,05$ ), die Leistung der Assistenzärzte war besser und erreichte am Ende Expertenniveau. Die Studenten, OP-Pflegekräfte und die Assistenzärzte hatten vergleichbare beidhändige Fähigkeiten, während die Experten signifikant bessere bimanuelle Manöver absolvierten ( $p < 0,05$ ). Nach erhaltenem Training waren alle drei Gruppen gleichermaßen fähig, in einfachen laparoskopischen Operationen zu assistieren [56].

Eine 2016 veröffentlichte randomisierte Studie von Nilsson et al. bewertete anhand dreier Gruppen von je zwölf unerfahrenen chirurgischen Assistenzärzten erstmals die Kameraführung im Operationssaal bei laparoskopischen Operationen [57].

Sie untersuchten, wie die Kameraführung unerfahrene Assistenzärzte trainiert und der Transfer erlernter Fähigkeiten in den Operationssaal gelingen kann. Die drei Gruppen erhielten zuvor eine unterschiedliche Schulung. Die erste Gruppe erhielt ein Kameranavigationstraining, die zweite führte virtuell eine Cholezystektomie durch (Interventionsgruppen) und die dritte erhielt kein Training (Kontrollgruppe).

Zusätzliche technische Fähigkeiten der Kameranavigation wurden der Interventionsgruppe im Anschluss an das zuvor erhaltene Training anhand des LASTT-Modells (Laparoscopic skills testing and training) vermittelt. Die Kontrollgruppe durchlief ebenfalls das LASTT-Modell, jedoch ohne zuvor erhaltenes Training. Das Erlernen

technischer Fähigkeiten, wie Kameraführung mit gleichzeitigem Anvisieren verschiedener Ziele, konnte damit im virtuellen Setting trainiert werden. Parameter wie benötigte Gesamtzeit für die Aufgaben, Gesamtstrecke der laparoskopischen Bewegungen und die genutzten Winkelausmaße wurden dabei automatisch aufgezeichnet und im Anschluss für alle drei Gruppen ausgewertet. Das primäre Ziel der Arbeit war die Bewertung der Kameraführung bei einer Cholezystektomie im Operationssaal anhand eines Bewertungstools. Der "Objective Structured Assessment of Camera navigations Skills-Score" (OSA-CNS) (Tabelle 4), angelehnt an den OSATS-Score, bildete die Grundlage der Bewertung. Sekundäres Ziel war zum einen die Bewertung der motorischen Fähigkeiten, durch die Aufgaben im LASTT-Modell. Zum anderen wurden im Anschluss die vier Bereiche Interesse/Spaß, empfundene Kompetenz, Navigationsmöglichkeiten und psychischer Druck während des Geschicklichkeitstrainings durch Fragebögen abgefragt.

Für die Kameranavigationsfähigkeit bei der Cholezystektomie im Operationssaal konnte die Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe feststellen ( $p > 0,05$ ).

Es konnte gezeigt werden, dass die Interventionsgruppen die Aufgaben im LASTT-Modell signifikant schneller absolvierten als die Kontrollgruppe ( $p < 0,05$ ).

Die Bewertungskriterien Interesse/Spaß und wahrgenommene Navigationsmöglichkeiten wurden dagegen von den Studienteilnehmern in der Kontrollgruppe als signifikant höher bewertet als in den Interventionsgruppen ( $p < 0,05$ ).

Beim Training durch das LASTT-Modell wurde innerhalb der beiden Interventionsgruppen kein signifikanter Unterschied deutlich ( $p > 0,05$ ).

In der Studie von Nilsson et al. wurde zusammenfassend festgestellt, dass ein strukturiertes simulationsbasiertes Training die zur Kameranavigation nötigen technischen Fähigkeiten verbesserte. Es konnte jedoch zwischen den unterschiedlich trainierten Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Kameraassistenz, beim Transfer vom virtuellen Setting in den Operationssaal, festgestellt werden. Innerhalb der Interventionsgruppen wurden keine Unterschiede beobachtet. Außerdem zeigte sich, dass die untrainierte Gruppe mehr Interesse/Spaß und eine größere Wahrnehmung der Navigationsmöglichkeiten innerhalb der Kameranavigation hatte. Dieses unerwartete Ergebnis wurde von der Studienleitung

mit der geringeren Erwartungshaltung und der guten Leistung der Kontrollgruppe erklärt [57].

Tabelle 4: Der OSA-CNS-Score [57]

<b>Objective structured assessment of camera navigation skills – OSA-CNS</b>				
<b>1. Sicht auf das Operationsgeschehen</b>				
1	2	3	4	5
Präsentiert häufig periphere Teile des Visualisierungsfeld, mit suboptimale Vergrößerung und/oder hat einer unruhige Hand	Kann zentrieren, dimensionieren und hält das Visualisierungsfeld stabil während des größten Teils der Operation		In der Lage, angemessen zu dimensionieren, zentrieren und hält das Visualisierungsfeld allzeit stabil	
<b>2. Halten des Horizont</b>				
1	2	3	4	5
Verliert die horizontale Ausrichtung immer wieder und kann die Achse wenn nötig nicht einstellen	Behält die Ausrichtung weitestgehend die Zeit über bei, kann die Achse bis zu einem gewissen Grad korrigieren, wenn sich das Visualisierungsfeld bewegt		Behält die horizontale Ausrichtung bei und stellt die horizontale Achse ein wenn sich das Visualisierungsfeld bewegt	
<b>3. Kameranavigation</b>				
1	2	3	4	5
Probleme beim finden und der Einhaltung des richtigen Winkels	Behält meist einen angemessenen Winkel bei		Winkelt dar Kamera zu jeder Zeit entsprechend	
<b>4. Zusammenstoßen von Instrumenten</b>				
1	2	3	4	5
Häufige Instrumentenkollision aufgrund der Unfähigkeit, das Laparoskop zurückzuziehen oder Positionstausch durchzuführen, um Instrumentenkollision zu vermeiden	Vermeidet meistens eine Instrumentenkollision		Vermeidet Instrumentenkollision durch zurückzuziehen oder Positionstausch des Laparoskop zu jeder Zeit	
<b>5. Selbstständigkeit</b>				
1	2	3	4	5
Chirurg muss wiederholt führen und korrigieren, um ein optimales Operationsfeld zu haben	Kann die meiste Zeit selbstständig navigieren, braucht aber etwas Anleitung		Ist technisch unabhängig, und brauchen keine Anleitung vom Chirurgen	

Die klinische Arbeit von Huber et al. aus 2016 beschäftigte sich mit der Entwicklung und Anwendung eines objektiven intraoperativen Bewertungstools für die Qualität der Kameranavigation [58]. Dieser Score sollte in Anlehnung an vorhandene Scores zur Bewertung praktischer intraoperativer Fertigkeiten (z. B. „OSATS“, „GOALS“) erstellt werden. Zunächst wurden die Bewertungskriterien für die laparoskopische Kameranavigation fachärztlich definiert. Es wurden sechs Kernpunkte definiert. Diese bestanden aus Zentrierung des Operationsfeldes, die korrekte Einstellung des Horizonts, die korrekte Darstellung der Instrumente, keine Unterbrechung des Operationsflusses, ausbleiben verbaler Kommentare oder manueller Eingriffe des Operateurs. Anschließend wurde in der klinischen Studie eine Bestandserhebung der sechs Items im Rahmen verschiedenster laparoskopischer Operationen durchgeführt, um die Inhaltsvalidität zu prüfen. Die Parameter des Scores wurden mithilfe eines eigens entwickelten computerbasierten Analyseprogramms pro Zeiteinheit erhoben. Zu Beginn der Studie wurden die Rohdaten der sechs definierten Kernpunkte bei verschiedenen laparoskopischen Operationen wie Cholezystektomien, Fundoplikationen, Sigmaresektionen, Herniotomien, aber auch Rektum- und Ösophagusresektionen erhoben (n = 44). Hierbei ließ sich ein Unterschied zwischen erfahrenen (mindestens Fachärzte) und eher unerfahrenen Kameraassistenten feststellen. So war der „Horizont“ bei unerfahrenen häufiger inkorrekt, jedoch erreichte dieser Unterschied keine statistische Signifikanz ( $p > 0,05$ ). Die Anzahl der „verbalen Kommandos“ ( $p < 0,05$ ) und die Anzahl „manueller Korrekturen“ ( $p < 0,05$ ) waren bei unerfahrenen Kameraassistenten bedeutend höher [58]. Der so entwickelte Score schaffte die Grundlage zur Bewertung der Kameraassistenten bei laparoskopischen Operationen.

Im weiteren Verlauf der Studie wurden weitere Operateure und Kameraassistenten zur Bestätigung der Konstruktvalidität und Beurteilung der Reliabilität des Scores und der Interratervariabilität bewertet. Nach Spezifizierung der Methodik im Rahmen von 20 laparoskopischen Cholezystektomien wurde das Bewertungssystem bei zwölf weiteren elektiven Cholezystektomien bei symptomatischer Cholezystolithiasis mit unterschiedlichen Operationsteams eingesetzt. Die sechs Bewertungskriterien blieben wie zuvor erläutert. Die Erhebung der Parameter pro Zeiteinheit wurde ebenfalls mittels computerbasiertem Analyseprogramm durchgeführt und in Fehlern pro Minute angegeben. Zur Analyse durch zwei unabhängige Rater wurden die Videos des

Operationsteams mit Audioaufnahme sowie die mit dem Laparoskop aufgenommenen Videos synchronisiert.

Insgesamt sieben verschiedene chirurgische Mitarbeiter führten die Kamera. Oberärzte zeigten eine niedrigere Fehlerquote als Assistenzärzte ( $p > 0,05$ ). Die Analyse der Interratervariabilität ergab ein Cronbachs Alpha von 0,842 für das Bewertungskriterium „centering“, 0,709 für „horizon“, 0,783 für „disruption“ und 0,619 für „target out of view“. Somit konnte eine gute interne Konsistenz (Cronbachs Alpha  $> 0,7$ ) nachgewiesen werden. Die Anzahl der verbalen und manuellen Korrekturen war jeweils identisch. Im Rahmen der ersten Anwendungen konnte die Praktikabilität und eine niedrige Interratervariabilität des entwickelten Bewertungssystems festgestellt werden. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Validität des Scores an einem größeren Kollektiv weiter untersucht werden müsste [58].

2018 veröffentlichten Huber et al. eben diese Studie, sie planten die Anwendung des Scores im Rahmen weiterer viszeralkirurgischer Operationen zur Beurteilung der Reliabilität. Im weiteren Verlauf der Studie wurden die Parameter definiert und anschließend die Verifizierung des SALAS-Score anhand von insgesamt 80 intraoperativen Aufzeichnungen durchgeführt. Der Score basiert somit auf einer intraoperativen Fehleranalyse der Kameraassistenten [12]. Zuletzt wurde dieser Score mit vier unterschiedlichen Ratern validiert. Sie benutzten Video- und Audioaufzeichnungen von 20 elektiven laparoskopischen Cholezystektomien. Das Item „Disruption out of flow“, also das Feststellen der Unterbrechung des Operationsflusses, wurde aufgrund mangelnder Objektivität aus dem SALAS-Score entfernt. Somit wurde ein Bewertungsinstrument aus 5 Items bestehend (Tabelle 5) entwickelt und validiert, das eine strukturierte Bewertung der laparoskopischen Kamerafähigkeiten gewährleisten sollte (structured assessment of laparoscopic assistant skills – SALAS).

Der Score zeigte eine hohe interne Konsistenz (Cronbachs Alpha  $> 0,7$ ) und eine geringe Interratervariabilität (ICC 0,866). Erfahrene Kameraassistenten erzielten im Vergleich zu unerfahrenen Assistenten signifikant bessere SALAS-Score Ergebnisse ( $p < 0,05$ ). Die Studie belegt, dass der SALAS-Score valide, verlässlich und praktisch anwendbar ist. Zudem schlossen die Autoren aus den Ergebnissen, dass dieser Score

für weitere Untersuchungen in Bezug auf die Effizienz der Kameraführung und dessen Training benutzt werden kann [12].

Im Anschluss an die Intraoperative Validierung der laparoskopischen Cholezystektomien veröffentlichten Huettl et al. 2020 zwei Arbeiten, welche die intraoperative Validierung des SALAS-Score anhand der Fundoplicatio und kolorektalen Resektion zum Ziel hatten. Hierbei wurde die Kameraassistenten zunächst direkt bei der Operation und im Anschluss mit Hilfe von Video- und Tonaufnahmen postoperativ bewertet. Dafür analysierten zwei Rater die Fundoplikationen und kolorektalen Resektionen in Gänze, zwei weitere Rater bewerteten aufgezeichneten Operationen zum Teil. Bei der Fundoplikatio wurde die Konstruktvalidität mit einer Signifikanz zwischen erfahrenen und unerfahrenen Kameraassistenten für alle Rater nachgewiesen ( $P < 0,05$ ). Der klasseninterne Korrelationskoeffizient von 0,897 zeigt die geringe Interratervariabilität des Scores. Der angewandte SALAS-Score erwies sich als effektiv, indem er zwischen erfahrenen und unerfahrenen Kameraassistenten unterscheiden konnte.

Bei der kolorektalen Resektion konnte die Interratervariabilität und Zuverlässigkeit des SALAS-Scores mit einem klasseninternen Korrelationskoeffizienten von 0,88 nachgewiesen werden. Diese Studien zeigt die Anwendbarkeit des SALAS-Scores auf komplizierte laparoskopische Verfahren wie die Fundoplikatio oder kolorektalen Resektion, was zukünftig weitere Untersuchungen zum Einfluss der Kameranavigation auf die chirurgische Leistung und das operative Ergebnis ermöglicht [59, 60].

Tabelle 5: Bewertungskriterien des SALAS-Score mit Punktesystem

<b>SALAS-Score</b>			
Score Punktzahl	1	2	3
Item			
Zentrierung	>1/10 min	<1/10 min	0-1/30 min
Horizont	>1/10 min	<1/10 min	0-1/30 min
Ziel außer Sicht	>2/Operation	1-2/Operation	keine
Verbale Korrektur	>1/5 min	0-1/5 min	keine
Manuelle Korrektur	>1/Operation	1/Operation	keine
Gesamte Score Punktzahl	Summe aller Items		(Spanne 5-25)

## 2.9 Kameranavigation in der roboterassistierten Chirurgie

In den vergangenen Jahren ist das Feld der robotischen Chirurgie hinzugekommen. Die robotische Chirurgie hat die Besonderheit, dass die Kameranavigation wieder durch den Operateur selbst zum Beispiel über Pedale, Joystick oder Stimme kontrolliert durchgeführt wird [61, 62, 63].

Ein Beispiel der Kameraassistenz ist beim roboterassistierten Operieren das Da-Vinci-Operationssystem, ein System, mit dem der Chirurg die dreidimensionale Kamera selbst steuern und in die gewünschte Position bringen kann [64]. Der Chirurg ist bei diesem System im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie zugleich Operateur und Kameraassistent in einer Person [61].

Zurzeit werden Robotersysteme zum Beispiel in laparoskopischer Technik mittels Da-Vinci-Operationssystem zur Resektion von Enddarmkrebs vermehrt eingesetzt [65, 66].

Jayne et al. verglichen 2017 mit der internationalen ROLARR-Studie multizentrisch randomisiert (Robotic vs. Laparoscopic Resection for Rectal Cancer) die robotergestützte (RAR) am Da-Vinci-Operationssystem und die konventionelle laparoskopische Operation (LR) zur Behandlung von Rektumtumoren. Das Ziel der Studie war es herauszufinden, ob die Roboterassistenz eine laparoskopische Rektumresektion besser und einfacher machen kann. Primärer Endpunkt war die Konversionsrate zur offenen Operation. Sekundäre Endpunkte bildeten die Rate von positivem zirkumferenziellen Resektionsrand (CRM+) sowie die 3-Jahres-Lokalrezidivrate, die intra- und postoperative Morbidität, Mortalität, Blasen- und Sexualfunktion, Lebensqualität, 3-Jahres-tumorfrees und gesamtes Überleben, Resektatqualität und die Wirtschaftlichkeit.

Es konnte kein eindeutiger Unterschied zwischen der robotergestützten und der konventionellen Laparoskopie zur Behandlung von Enddarmtumoren festgestellt werden ( $p = 0,16$ ). Die CRM+ Rate und Morbidität sowie Mortalität waren in beiden Gruppen gleich. Sowohl für die Wirksamkeit als auch für die Sicherheit gibt es für beide Operationen keine signifikanten Unterschiede. Die Vorteile zeigten sich bei einzelnen Risikofaktoren in der Subgruppenanalyse. So profitieren offenbar besonders adipöse und männliche Patienten von der Roboterassistenz sowie diejenigen, bei denen eine tiefe anteriore Rektumresektion vorgenommen wird [65].

In 2019 veröffentlichten Polat et al. eine prospektive Kohortenstudie, welche die laparoskopische kolorektale Chirurgie (LCRS) als Standardmethode und die neuere roboterassistierte kolorektale Chirurgie (RACRS) vergleichen sollte. Analysiert wurden Daten von Patienten, welche sich im Dezember 2014 bis Oktober 2017 einer RACRS- oder LCRS-Operation mit Darmkrebs im Stadium I-III unterzogen hatten. Primärer Endpunkt war das onkologische Outcome (Resektatränder, Anzahl entnommener Lymphknoten, Lokarezidiv). Sekundäre Endpunkte waren Fernmetastasen, Gesamtüberleben, krankheitsfreies Überleben, Operationszeit, Konversion, Dauer des Krankenhausaufenthalts sowie intra- und postoperative Komplikationen.

Es wurden insgesamt 206 RACRS- (129 Kolon und 77 Rektum) und 172 LCRS- (138 Kolon und 34 Rektum) Operationen in die Auswertung eingeschlossen.

Die gesamte mediane Nachbeobachtungszeit betrug 15 Monate (0,2–36). Das onkologische Outcome zwischen den beiden Gruppen war ähnlich. Bei Dickdarmkrebs wurden tumorfreie Resektatränder bei 99,3 % in der RACRS-Gruppe gegenüber 98,6 % in der LCRS-Gruppe ( $p = 0,60$ ) erreicht. Die durchschnittliche Anzahl der entnommenen Lymphknoten betrug  $16 \pm 6$  gegenüber  $18 \pm 7$  ( $p = 0,16$ ) und die Lokalrezidivrate in 24 Monaten betrug 3,8 % vs. 3,8 % ( $p = 0,99$ ). Beim Rektumkarzinom wurden tumorfreie Resektatränder bei 89,6 % in der RACRS-Gruppe gegenüber 94,3 % in der LCRS-Gruppe ( $p = 0,42$ ) erreicht, die durchschnittliche Anzahl der entnommenen Lymphknoten betrug  $16 \pm 8$  gegenüber  $15 \pm 4$  ( $p = 0,51$ ) und Lokalrezidivrate in 24 Monaten betrug 9,5 versus 5,6 % ( $p = 0,42$ ). Das Auftreten von Metastasen, Überlebensraten, Operationszeit, Dauer des Krankenhausaufenthalts und die Anzahl schwerer postoperativer Komplikationen unterschied sich zwischen den RACRS- und LCRS-Gruppen nicht. Konversions- und intraoperative Komplikationsraten waren in der RACRS-Gruppe signifikant niedriger als in der LCRS-Gruppe (3 % vs. 9 %,  $p = 0,008$  bzw. 2 % vs. 8 %,  $p = 0,003$ ).

Die Studie zeigte somit, RACRS ist sicher in der Behandlung von Patienten mit Darmkrebs im Stadium I-III. Das onkologische Ergebnis unterschied sich nicht zwischen den RACRS- und LCRS-Gruppen. RACRS hatte einen Vorteil bei Konversions- und intraoperativer Komplikationsrate [66].

Ein weiteres Beispiel des roboterassistierten Operierens ist das Soloassist. Über Joystick oder Stimme wird hier die Kameranavigation vom Operateur selbst übernommen [62, 63].

Ob die robotische Chirurgie signifikante Vorteile im Hinblick auf Kameraführung und operative Ergebnisse zeigt, wird in Zukunft weiter Inhalt der Forschung sein.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Studiendesign**

Zwischen 2015 und 2017 nahmen insgesamt 94 Studenten an einem außercurricularem Kurs teil. Die Teilnehmer wurden zufällig aus interessierten Studierenden des klinischen Abschnitts des Humanmedizinstudiums der Universitätsmedizin Mainz ausgewählt. In dieser prospektiven Studie konnten 81 der 94 Teilnehmer in die Auswertung aufgenommen werden (der Ausschluss von 13 Teilnehmern erfolgte aufgrund unvollständiger Daten, nachträglicher Überarbeitung des Fragebogens oder fehlender Anwesenheit am zweiten Kurstag oder technischer Probleme des Simulators). Alle in die Studie eingeschlossenen Teilnehmer absolvierten 8 Übungen, die in ein strukturiertes zweitägiges Training auf einer VRL-Simulation im Rahmen eines nicht curricularen Peer-to-Peer-Kurses eingebettet waren. Der Lehrplan umfasste sechs Übungen zur Verbesserung der manuellen Fähigkeiten sowie zwei Kameranavigationsaufgaben. Weiter wurde den Studierenden im Rahmen eines Kurzvortrags laparoskopisches Instrumentarium sowie ein Umriss zur Historie zum Einsatz und Ablauf der Schlüssellochchirurgie in der Visceralchirurgie gegeben. Während der manuellen Übungen wurden jeweils zwei Studierende als Operationsteam (Operateur und Kameraassistent) für die zwei manuellen Aufgaben eingesetzt und wechselten sich als Operateur und Kameraassistent ab. Am Ende des Kurses unterstützten alle Studierenden denselben Chirurgen (Assistenzarzt der Visceralchirurgie im fortgeschrittenem Weiterbildungsstand) während einer vCHE.

Insgesamt wurden 21 Kurse an jeweils zwei aufeinander folgenden Tagen gegeben. Jeder Kurstag umfasste zwei Stunden Lehrinhalte. Ein 6-stündiger Ein-Tages-Kurs floss aufgrund einer nicht vergleichbaren Datenlage (unter anderem anderer Fragebogen und anderes Kursdesign) nicht in die Auswertung ein.

Die Teilnahme am Kurs sowie an der Studie war freiwillig und die Teilnehmer gaben eine mündliche Einverständniserklärung ab.

### 3.2 Räumlichkeiten

Der Kurs fand in einem stillgelegten OP-Trakt der Universitätsmedizin Mainz, der von Studierenden als „Skillslab-Trainingscenter“ (Abbildung 1) betrieben wird, statt. Der Simulator wurde von der Klinik für Allgemein-, Visceral- und Transplantationschirurgie der Universitätsmedizin Mainz gestellt.



Abbildung 1: Operateur und Student während des Kurses in den Räumlichkeiten des Skillslab der Universitätsmedizin Mainz (Aufnahme mit Einverständnis der Teilnehmer 2017)

### 3.3 Simulation

Als Simulator wurde der LapSim<sup>®</sup> von der Firma Surgical Science (Göteborg, Schweden) verwendet. Installiert war die Softwareversion 2015 unter Windows XP. Die Übungen umfassten:

Einzelner Student:

- „Berühren“ (um das Handling des Simulators kennen zu lernen - nicht in der Auswertung) (Abbildung 2),
- „Kameranavigation (0°)“ (Abbildung 3),
- „Kameranavigation (30°)“,

Student mit Student:

- „Greifen“,
- „Heben und Greifen“ (Abbildung 4),
- „Ringe übertragen“ (Abbildung 5),
- „Anbringen von Clips“ (Abbildung 6),
- „Feinpräparation“ (Abbildung 7),
- „Virtuelle Dissektion der Gallenblase“ (Abbildung 8)

sowie als Student (Kameranavigation) mit Chirurg:

- „Virtuelle Dissektion der Gallenblase (vCHE)“.

Die Simulatorsoftware unterteilt das vCHE in zwei Teile: Gefäßvorbereitung und -sektion (VP) sowie Gallenblasendissektion (GD).



Abbildung 2: Screenshot „Berühren“ LapSim®, Version 2015



Abbildung 3: Screenshot „Kammernavigation 0°“ LapSim®, Version 2015

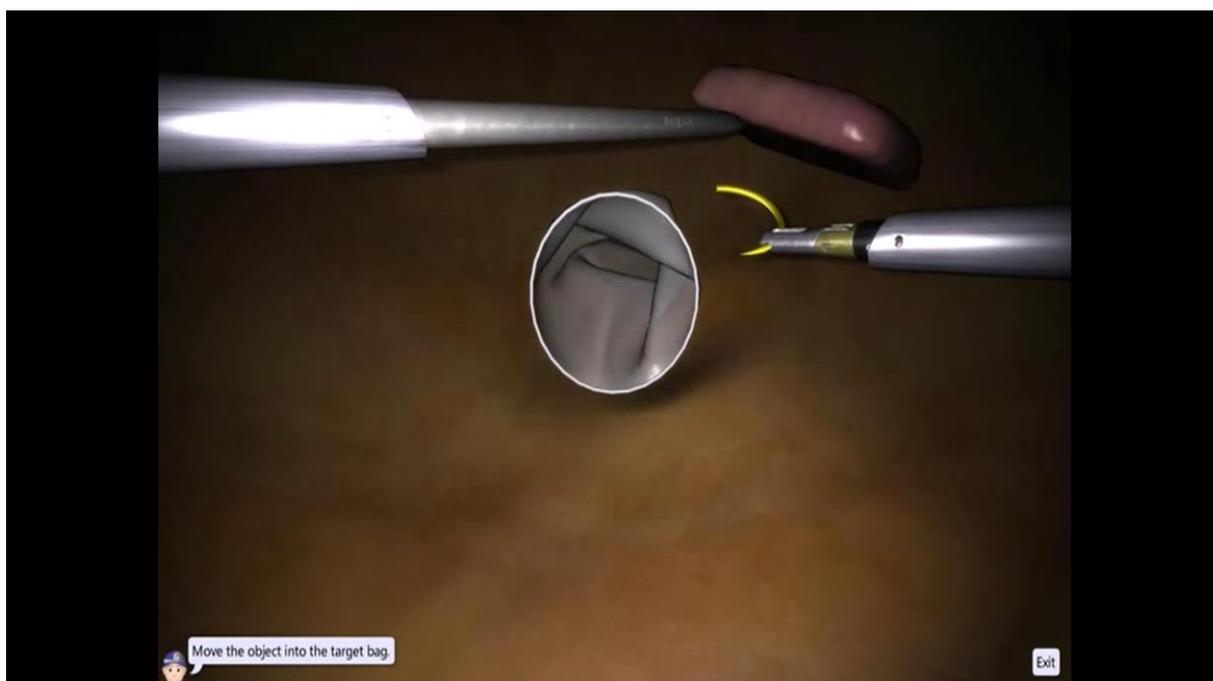


Abbildung 4: Screenshot „Heben und greifen“ LapSim®, Version 2015

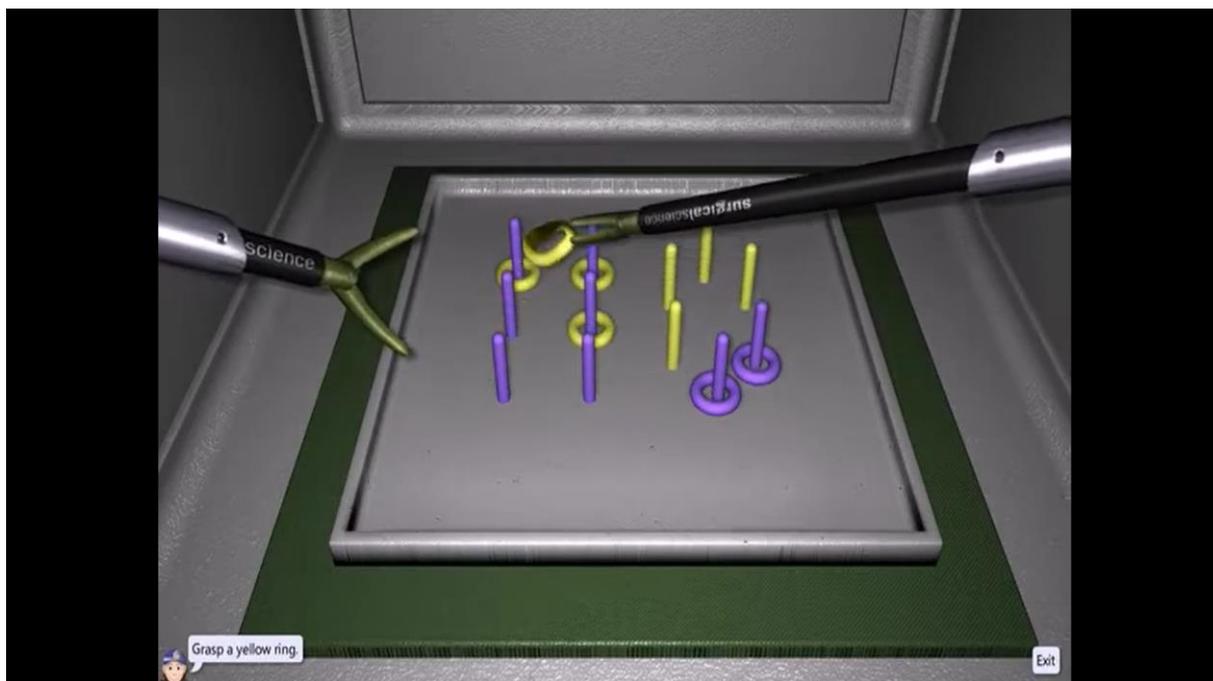


Abbildung 5: Screenshot „Ring übertragen“ LapSim®, Version 2015

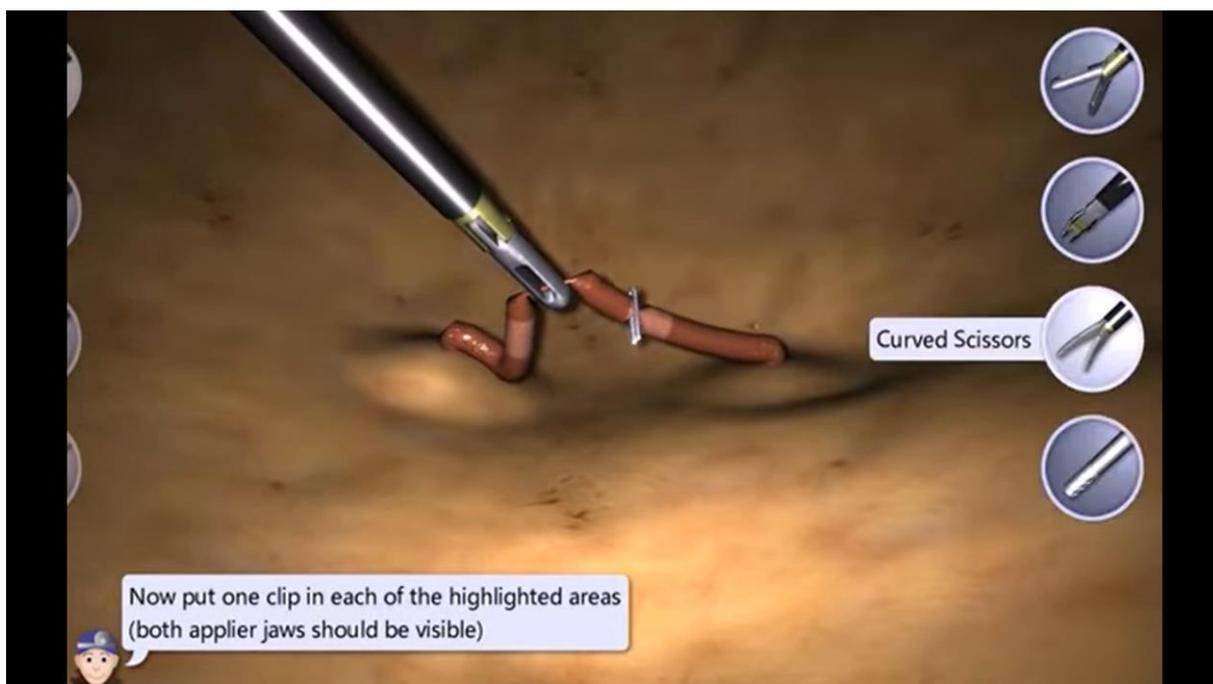


Abbildung 6: Screenshot „Anbringen von Clips“ LapSim®, Version 2015



Abbildung 7: Screenshot „Feinpräparation“ LapSim®, Version 2015

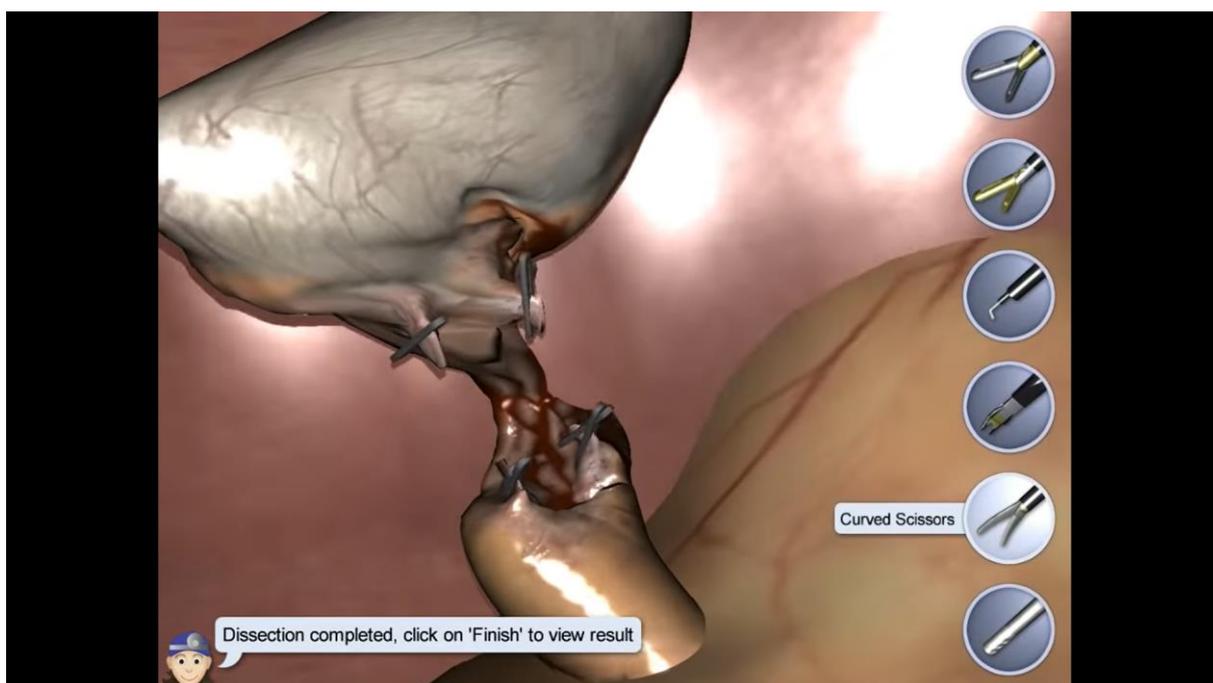


Abbildung 8: Screenshot „Virtuelle Dissektion der Gallenblase“ LapSim®, Version 2015

### 3.4 Leistungsbewertung

Die Leistung der Teilnehmer wurde basierend auf dem berechneten Z-Score bewertet, der als  $z = (x - \mu) / \sigma$  definiert ist, wobei  $x$  der Roh-Score ist,  $\mu$  der Mittelwert des Parameters und  $\sigma$  die Standardabweichung des Parameters darstellen. Die Z-Scores für die einzelnen Elemente wurden in drei Unterkategorien (Zeit, Wirtschaftlichkeit des Handelns und Fehler) sortiert und zu einem Gesamt-Z-Score für jede Aufgabe addiert.

### 3.5 SALAS-Score

Der SALAS-Score wurde entwickelt, um die Qualität der intraoperativen Leistung bei der Kameranavigation von Kameraassistenten während einer laparoskopischen Operation zu messen. Er soll eine strukturierte Bewertung der Fähigkeiten des laparoskopischen Assistenten ermöglichen. Um den Score berechnen zu können, werden Operationszeit und fünf verschiedene Fehleritems während der Operation gezählt. Diese gezählten Fehleritems umfassen:

- „Zentrierung“; das für den Operateur relevante Geschehen ist in der Mitte des Bildschirms zentriert.
- „Horizont“; der Horizont des von dem Kameraassistenten eingestellten Bildes und des Operationsgeschehens liegen übereinander.
- „Ziel außer Sicht“; das Operationsgeschehen wurde aus dem Blick verloren.
- „Verbale Korrektur“; der Operateur muss dem Kameraassistenten verbal Anweisungen geben, um die Operation fortsetzen zu können.
- „Manuelle Korrektur“; der Operateur greift aktiv in die Kameraführung ein.

Jedes Score-Item kann eine Wertung von 1, 3 und 5 erreichen (Tabelle 6).

Zur Berechnung des SALAS-Scores wurde weiter die Operationszeit herangezogen. Aufgrund der kurzen OP-Zeit (deutlich unter 30 min) in vCHE musste die Bewertungsskala (Zeitfenster) für Horizont und Zentrierung des ursprünglichen SALAS-Scores von 30 min auf 20 min geändert werden (Tabelle 6). Die Erhebung des SALAS-Score erfolgte bei jedweder Anwendung im Rahmen der Studie durch den gleichen intensiv in der Anwendung des SALAS-Score geschulten Forschungsassistenten.

Die einzelnen Score-Werte konnten wie folgt erreicht werden:

Die Definition der Zeitintervalle im SALAS-Score:

- Verbale Korrektur: 5 Minutenintervall
- Zentrierung, Horizont: 10 Minutenintervall
- Ziel außer Sicht, Manuelle Korrektur: Gesamtsimulationsdauer
- Das letzte Intervall wurde immer auf die entsprechende Dauer aufgerundet

Die erreichbaren Punkte pro Zeitintervall:

- Für „Zentrierung“ und „Horizont“ erhielt man einen Punkt, falls die Bewertung mehr als einmal pro zehn Minuten der Simulation vorkam ( $> 1/10$  min). Drei Punkte erhielt man, wenn das Item weniger als ein Mal pro zehn Minuten vorkam ( $< 1/10$  min) und fünf Punkte, wenn es null bis ein Mal pro 20 Minuten ( $0 - 1/20$  min) vorkam.
- Das Item „Ziel außer Sicht“ wurde bei mehr als zweimaligem Vorkommen pro Simulation mit einem Punkt gewertet ( $> 2/\text{Simulation}$ ), mit drei Punkten bei einmaligem bis zweimaligem Vorkommen pro Simulation ( $1 - 2/\text{Simulation}$ ) und mit fünf Punkten bei Ausbleiben der Wertung (keine).
- Das Item „Verbale Korrektur“ erzielte einen Punkt bei mehr als einer Anweisung pro fünf Minuten ( $> 1/5$  min), drei Punkte bei einer Bewertung pro fünf Minuten ( $0 - 1/5$  min) und fünf Punkte bei keiner Angabe (keine).
- Das Bewertungskriterium „Manuelle Korrektur“ wurde mit einem Punkt bewertet, falls es mehr als einem Mal pro Operation auftrat ( $> 1/\text{Simulation}$ ), drei Punkte bei einmaligem Auftreten ( $1/\text{Simulation}$ ) und fünf Punkte bei Ausbleiben (keine).

Folglich belief sich der SALAS-Score und damit die Bewertung der Leistung des Kameraassistenten auf eine Summe zwischen 5 und 25 Punkten.

Tabelle 6: Modifizierte Ratingskala des SALAS-Score mit Punktesystem

Modifizierter SALAS-Score			
Score Punktzahl	1	2	3
Item			
Zentrierung	>1/10 min	<1/10 min	0-1/20 min
Horizont	>1/10 min	<1/10 min	0-1/20 min
Ziel außer Sicht	>2/Operation	1-2/Operation	keine
Verbale Korrektur	>1/5 min	0-1/5 min	keine
Manuelle Korrektur	>1/Operation	1/Operation	keine
Gesamte Score Punktzahl	Summe aller Items		(Spanne 5-25)

### 3.6 Studienkollektiv

Das Studienkollektiv bestand aus Medizinstudenten, die keine oder nur geringe Erfahrung mit laparoskopischen Operationen hatten. Alle Studierenden waren im klinischen Abschnitt des Medizinstudiums. Die teilnehmenden Studierenden wurden anhand des im Median erreichten SALAS-Werts in eine Gruppe mit niedriger Performance (Gruppe A) und eine Gruppe mit hoher Performance (Gruppe B) unterteilt. (Die Studierenden wurden nach Perzentilen aufgeteilt (A: SALAS  $\leq$  11, 1.-3. Quartil, n = 60; B: SALAS > 11, 4. Quartil, n = 21)).

### 3.7 Fragebogen

Die individuellen Merkmale der Studierenden wurden vor und nach dem Kurs anhand eines Fragebogens (Abbildung 9, 10) durch die Studierenden ausgefüllt und so erfasst. Der Fragebogen erfasste persönliche Merkmale wie Geschlecht, Alter, Händigkeit, Erfahrung mit Videospiele, vorherige Erfahrung mit Laparoskopie oder VRL, Teamgeist, Kommunikationsfähigkeiten, Feinmotorik und Selbstvertrauen, bei einem einfachen laparoskopischen Eingriff assistieren zu können. Der Fragebogen wurde auf Grundlage von Thesen erstellt, wie zum Beispiel: Das Spielen von Videospiele oder die Händigkeit haben einen Einfluss auf die Kameranavigation.

**Eingangsfragebogen zum Kurs Minimalinvasive Chirurgie und neue Technologien in der Viszeralchirurgie**

**Semester:**

Liebe Studierende,

die Klinik für Allgemein-, Viszeral und Transplantationschirurgie ist bestrebt, die Qualität der Lehre stetig zu verbessern. Mit diesem Fragebogen möchten wir die Ausgangsbedingungen erfassen, mit denen Sie in den Kurs kommen. Wir möchten Sie bitten, die folgenden Fragen zu beantworten. Die Auswertung erfolgt anonym und Ihre Teilnahme ist freiwillig.

**Vielen Dank für Ihre Mitwirkung!**

**Wie lautet Ihr Login-Name?** \_\_\_\_\_

**Wie alt sind Sie?** \_\_\_\_\_

**Welchem Geschlecht gehören Sie an?**  männlich  weiblich

**Sind Sie Rechts- oder Linkshänder?**  rechts  links

**Spielen Sie regelmäßig Computer bzw. mit einer Spielkonsole?**

sehr häufig      nie

**Haben Sie schon einmal an einem Laparoskopie-Simulator gearbeitet?**

ja  nein

**Durften Sie bereits bei einer laparoskopischen Operation assistieren?  
Wenn ja, wie oft?:**

Nein  1-2 mal  3-5 mal  6 mal und mehr

**Wie hoch ist Ihr Interesse an chirurgischen Fächern?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Streben Sie an in einem chirurgischen Fach zu arbeiten?**

ja  nein  weiß nicht

**Streben Sie an, im Gebiet der der Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie zu arbeiten?**

**Wie würden Sie Ihre Teamfähigkeit einschätzen?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Wie würden Sie Ihre kommunikativen Fähigkeiten einschätzen?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Wie schätzen Sie Ihre feinmotorischen Fähigkeiten ein?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Würden Sie sich zutrauen bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation zu Assistieren (z.B. Kameraführung)?**

ja  nein

Abbildung 9: Eintrittsfragebogen des Skillslabkurses zur individuellen Merkmalserhebung der Studierenden

**Abschlussbefragung zum Kurs Minimalinvasive Chirurgie und neue Technologien in der Viszeralchirurgie**

Semester:

Wie lautet Ihr Login-Name? \_\_\_\_\_

**Die Veranstaltung fördert mein Interesse an der Chirurgie?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Wie hoch schätzen Sie die Relevanz der Inhalte für die ärztliche Bildung ein?**

sehr hoch      sehr niedrig

**Wie war die Hilfestellung durch die Tutoren/Assistenten?**

sehr gut      schlecht

**Wie war die Betreuung durch die Tutoren/Assistenten?**

sehr gut      schlecht

**Die Gruppengröße pro Simulator ist mit einem guten Lernerfolg vereinbar?**

sehr gut      schlecht

**Die zur Verfügung stehende Zeit war ausreichend?**

sehr gut      schlecht

**Wer war ihr Kamerassistent? (Bitte Kürzel angeben)**

\_\_\_\_\_

**Wie empfanden Sie die Zusammenarbeit mit Ihrem Kameraassistenten?**

sehr gut      schlecht

**Wie empfanden Sie die Zusammenarbeit mit dem Operateur?**

sehr gut      schlecht

**In welchem Maße haben Sie folgende Kompetenzen in der Veranstaltung erworben bzw. ausgebaut?**

Problemlösungsfähigkeit

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

Kommunikative Fähigkeiten

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

Teamfähigkeit

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

Fähigkeit zur Verantwortungsübernahme

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

Fähigkeit zur Selbsteinschätzung

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

Konzentrationsfähigkeit

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

**Würden Sie sich zutrauen bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation zu Assistieren (z.B. Kameraführung)?**

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

**Wie hoch ist Ihr Interesse an den chirurgischen Fächern?**

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

**Ich bin an weiteren Kursen interessiert?**

trifft voll zu      trifft gar nicht zu

**Wenn man alles in einer Note zusammenfassen könnte, würde ich der Veranstaltung folgende Note (1-5) geben:**

Hier können Sie die Laparoskopie-Simulation kommentieren:

Abbildung 10: Abschlussfragebogen des Skillslabkurses zur individuellen Merkmalerhebung der Studierenden

### 3.8 **Statistische Analyse**

Die statistische Analyse wurde unter Verwendung von IBM SPSS Statistics 23 (IBM, Armonk, NY, USA) durchgeführt. Der Spearman-Koeffizient wurde für die Korrelationsanalyse verwendet. Der nichtparametrische Mann-Whitney-U-Test und der Kruskal-Wallis-Test wurden durchgeführt, um die Unterschiede zwischen zwei Gruppen zu analysieren. p-Werte  $< 0,05$  wurden als signifikant angesehen. Die Daten werden als Median und Interquartilsabstand (IQR) dargestellt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Studierende

81 Studierende (36 Männer, 45 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 24 Jahren (Bereich 20 - 35 Jahre) konnten in die Datenauswertung eingeschlossen werden. 13 Datensätze von Teilnehmern konnten aufgrund unvollständiger Daten, nachträglicher Überarbeitung des Fragebogens oder Abwesenheit am zweiten Tag sowie technischer Probleme des Simulators nicht in die Auswertung einfließen. 73 Teilnehmer (90 %) waren Rechtshänder. Die Mehrheit der Studenten hatte keine VRL-Erfahrung (91 %) und hatte nie zuvor bei einer laparoskopischen Operation assistiert (80 %). 83 % der Teilnehmer verneinten häufiges spielen von Videospiele. Der Prozentsatz der Studenten mit einem sehr hohen oder hohen Interesse an einem chirurgischen Beruf stieg von 63 % zu Beginn auf 70 % am Ende des Kurses. Auch das Vertrauen in die eigene Fähigkeit während einer einfachen laparoskopischen Operation zu assistieren, stieg von 70 % auf 80 %. Weder Geschlecht, Händigkeit, häufiges Spielen von Videospiele, Erfahrung mit laparoskopischen Simulatoren noch früheres Assistieren bei laparoskopischen Eingriffen beeinflussten die Leistung der Studenten in Bezug auf Kameranavigation oder manuelle Fähigkeiten bei der Kameranavigation signifikant ( $p \geq 0,05$ ).

### 4.2 Virtuelle Gallenblasentfernung

Bei der virtuellen Cholezystektomie in Bezug auf die Leistung des Chirurgen betrug der mittlere Z-Score für die Gefäßvorbereitung (VP)  $-0,18$   $[-7,37; 5,91]$ . In Kombination mit der Leistung der Gallenblasendisektion (GD)  $1,00$   $[-9,99; 5,95]$  ergab dies einen Gesamt-Z-Score von  $-1,6$   $[-10,13; 7,99]$  für die vollständige virtuelle Cholezystektomie (vCHE). Geschlecht, Händigkeit, Spielfrequenz und Erfahrung des Kameraassistenten mit laparoskopischen Simulatoren hatten keinen signifikanten Einfluss auf den Z-Score des Chirurgen für VP, GD oder vCHE. Die Leistung des Chirurgen durch GD war signifikant besser, wenn der Student keine Erfahrung in der laparoskopischen Chirurgie hatte ( $p = 0,03$ ).

### 4.3 SALAS Punktzahl

Basierend auf dem im Median erreichten SALAS-Score von 11 [9; 13] wurde die Studienpopulation in zwei Gruppen eingeteilt (Gruppe A: SALAS  $\leq$  11, n = 60; Gruppe B: SALAS  $>$  11, n = 21). Ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen, begünstigend Gruppe B, zeigte sich in Bezug auf die Leistung des Chirurgen (Abbildung 11). Für die gesamte Studienpopulation zeigte sich eine positive Korrelation zwischen den Z-Scores für VP ( $p < 0,001$ ), GD ( $p = 0,001$ ) sowie vCHE ( $p < 0,001$ ) und des SALAS-Score des Assistenzstudenten (Tabelle 7).

Insgesamt war ein besserer SALAS-Score mit einer kürzeren virtuellen Operationszeit verbunden ( $p < 0,001$ ). Zwischen Gruppe A 508 s [429 s; 601 s] und B 422 s [365 s; 493 s] wurde die virtuelle Operationszeit um 86 Sekunden im Median (IQR) reduziert [16,9 %;  $p < 0,001$ ]. Während der vCHE traten in Gruppe B weniger Fehler auf (Gruppe A: -2,39 [-8,53; 3,19]; Gruppe B: 4,74 [0,97; 7,12];  $p < 0,001$ ) (Tabelle 7).

Im Kurs vor der vCHE mit Chirurgen, zeigten Gruppe A und B keine signifikanten Unterschiede in der VRL-Leistung (Tabelle 8).

Die Selbstwahrnehmung der Teilnehmer stimmte mit der individuellen SALAS-Punktzahl überein. Studenten, die sich sicher fühlten, in einer laparoskopischen Operation nach dem Kurs assistieren zu können, erreichten einen mittleren SALAS-Wert von 11 [9; 12] im Vergleich zu nicht selbstbewussten Studenten mit einem mittleren Wert von 9 [7; 10,5] ( $p = 0,038$ ). Die zu Beginn des Kurses bestehende Selbstwahrnehmung war nicht mit dem SALAS-Score korrelierend ( $p = 0,72$ ). Häufiges Spielen von Computerspielen zeigte einen signifikanten positiven Einfluss auf den individuellen SALAS-Score ( $p = 0,013$ ). Während des Kameratrainings mit der 30°-Optik tendierten Studierende mit einem höheren SALAS-Score (Gruppe B) zu besseren Performance-Scores, ohne eine Signifikanz zu erreichen ( $p = 0,40$ ).

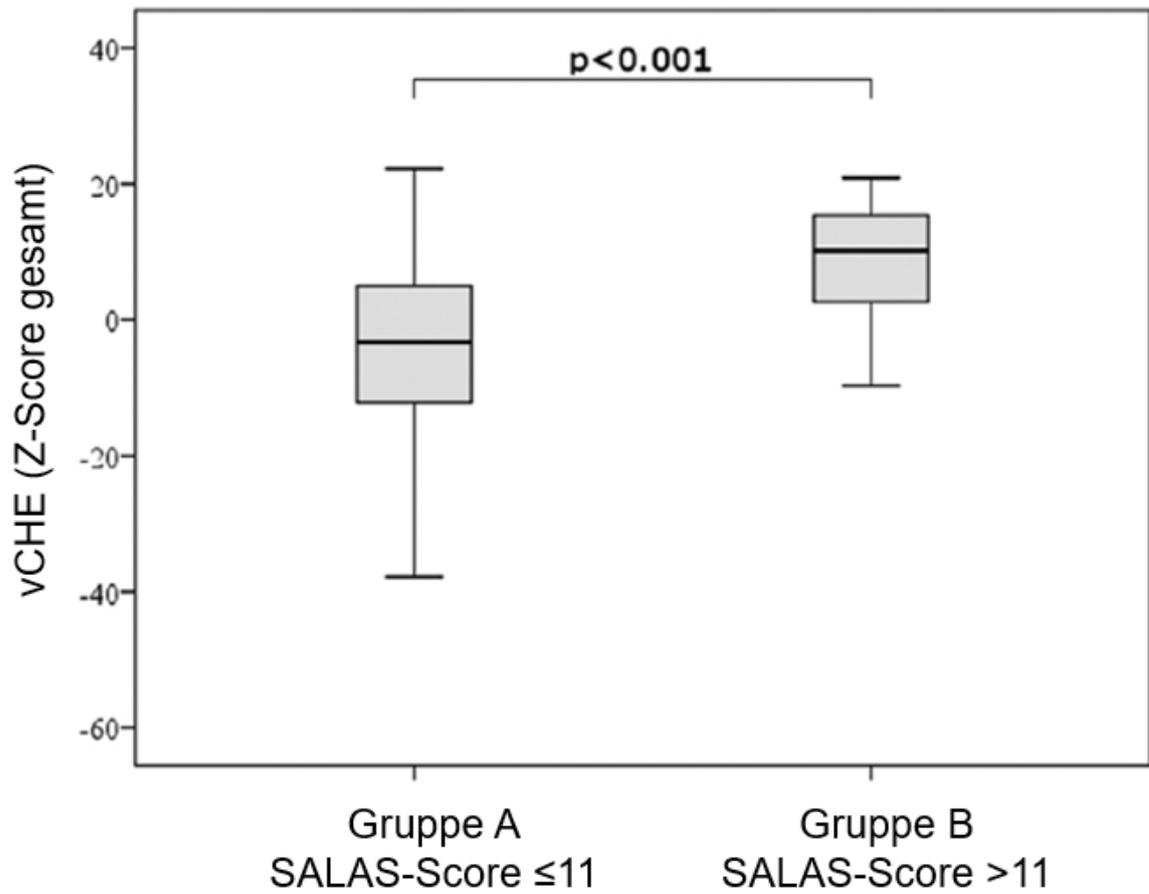


Abbildung 11: Leistung des Operators in der virtuellen Cholezystektomie (vCHE) in Bezug auf den SALAS-Score der Gruppe A und in Bezug auf den SALAS-Score der Gruppe B. SALAS = structured assessment of laparoscopic assistant skills

Tabelle 7: Einzelne Leistungsparameter des Chirurgen in Bezug auf die Kameranavigationsfähigkeiten des Kamerassistenten

<b>Einzelne Leistungsparameter des Chirurgen in Bezug auf die Kameranavigationsfähigkeiten des Kamerassistenten</b>			
Übung	Z-Score, Median (IQR)		p
	Gruppe A (SALAS-Score ≤11 (n=60))	Gruppe B (SALAS-Score >11 (n=21))	
Gefäßvorbereitung (VP)	-3.18 (-9.81; 2.35)	5.76 (1.72; 8.71)	<0.001
Effektivität	-0.66 (-3.30; 1.20)	1.84 (0.53; 2.43)	0.001
Zeit	-0.20 (-1.07; 0.37)	0.59 (0.35; 0.94)	<0.001
Fehlerrate	-2.11 (-5.06; 1.59)	4.08 (0.78; 5.17)	<0.001
Gallenblasendisektion (GD)	-0.66 (-4.57; 4.30)	5.13 (-0.61; 8.45)	0.002
Effektivität	-0.35 (-4.28; 3.35)	3.75 (0.84; 5.50)	0.003
Zeit	0.10 (-0.64; 0.46)	0.58 (0.21; 0.88)	0.003
Fehlerrate	0.22 (-1.94; 2.05)	1.61 (-0.30; 3.26)	0.074
Virtuelle Gallenblasenentfernung (vCHE)			
Effektivität	-1.01 (-6.22; 2.34)	5.15 (2.53; 7.16)	<0.001
Zeit	-0.26 (-1.82; 0.80)	1.20 (0.59; 1.60)	<0.001
Fehlerrate	-2.39 (-8.53; 3.19)	4.74 (0.97; 7.12)	<0.001

IQR = Interquartilsabstand; SALAS = Structured assessment of laparoscopic assistant skills

Tabelle 8: Leistung der Studierenden in der virtuellen Laparoskopie während des zweitägigen Trainings

<b>Leistung der Studierenden in der virtuellen Laparoskopie während des zweitägigen Trainings</b>			
Übung	Z-Score, Median (IQR)		p
	Gruppe A (SALAS-Score ≤11 (n=60))	Gruppe B (SALAS-Score >11 (n=21))	
Kameranavigation 0°	0.61 (-1.92; 2.36)	0.79 (-1.82; 2.29)	0.98
Kameranavigation 30°	1.01 (-0.43; 2.49)	2.41 (-2.13; 3.51)	0.40
Feinpräparation	3.20 (-1.70; 5.32)	3.68 (-3.07; 5.59)	0.76
Ring übertragen	1.11 (-1.11; 3.05)	0.17 (-1.63 ;3.81)	0.91
Anbringen von Clips	2.58 (-1.08; 5.16)	1.75 (-2.02; 4.59)	0.42
Greifen	2.96 (-3.28; 4.91)	3.51 (-2.09; 5.94)	0.74
Heben und Greifen	4.07 (-5.45; 6.55)	1.73 (-3.71; 7.24)	0.98

IQR = Interquartilsabstand; SALAS = Structured assessment of laparoscopic assistant skills

## 5 Diskussion

### 5.1 Qualität der Kameraunterstützung

Neben der Leistung des Chirurgen ist die Qualität der Kameraunterstützung ein wichtiger Faktor für effiziente laparoskopische Operation und somit der Patientensicherheit. VRL-Simulatoren ermöglichen das Training von manuellen und Kameranavigationsfähigkeiten einer Einzelperson, aber auch als chirurgisches Zweierteam. Die Leistung des Kameraassistenten wird jedoch vom VRL-Simulator nicht aufgezeichnet. Auf Hirsts Empfehlung hin, chirurgische Forschung auch in einer idealen Umgebung durchzuführen [67], wurde die aktuelle Studie unter Verwendung einer VRL-Simulation durchgeführt. Weiterhin sollte die Übertragbarkeit des SALAS-Scores auf die VRL am Beispiel von der vCHE validiert werden. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass ein besserer SALAS-Score mit einer deutlich kürzeren virtuellen Operationszeit verbunden ist, was mit der Arbeit von Babineau und Mori übereinstimmt, die angaben, dass die Operationszeit mit unerfahrenen Kameraassistenten zunimmt [4, 5]. Darüber hinaus war die Fehlerrate in der High-performance-Gruppe signifikant niedriger. Zhu et al. erzielten das gleiche Ergebnis in ihrer Studie und stellten fest, dass einem unerfahrenen Assistenten das Wissen über die kritischen Schritte während einer Operation fehlt, was zu einer unzureichenden Sicht auf das Operationsfeld führt [7]. Eine geneigte Ansicht auf das Operationsfeld zwischen 15° - 30° wurde bei 72,7 % der Komplikationen dokumentiert [6, 7]. In all diesen Studien wurde Unerfahrenheit des Kameraassistenten mit einer schlechteren Unterstützung gleichgesetzt. Der niedrige mittlere SALAS-Wert in dieser Studie stützt diese Annahme.

### 5.2 Validierung des SALAS-Scores

Eine klinische Arbeit von Huber et al. aus 2016 beschäftigte sich mit der Entwicklung und Anwendbarkeit eines objektiven intraoperativen Bewertungstools für die Qualität der Kameranavigation bei laparoskopischen Eingriffen [58]. Dieser Score sollte in Anlehnung an vorhandene Scores zur Bewertung praktischer intraoperativer Fertigkeiten (z. B. „OSATS“, „GOALS“) erstellt werden.

Weitere Arbeitsgruppen beschäftigten sich ebenfalls mit diesem Thema. So zum Beispiel die Arbeitsgruppe von Nilsson et al., welche mit dem OSA-CNS eine

Adaptation des OSATS erarbeitete. Diese Adaptation unterscheidet sich von den SALAS-Studien jedoch deutlich. Zur Bewertung der Kameraassistenten wurden bei Nilsson et al. Kriterien wie „häufig“, „die meiste Zeit“, „stetig“ und „wiederholt“ genutzt, was dem Rater relativ viel Interpretationsspielraum ließ [57].

In der Studie von Nilsson et al. wurde zusammenfassend festgestellt, dass ein strukturiertes simulationsbasiertes Training die zur Kameranavigation nötigen technischen Fähigkeiten verbesserte. Es konnte jedoch zwischen den unterschiedlich trainierten Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Kameraassistenten, beim Transfer vom virtuellen Setting in den Operationssaal, festgestellt werden [57]. Mit dem SALAS-Score ist dies gelungen.

Die Bewertungskriterien von Nilsson et al., welche einen relevanten subjektiven Bewertungsspielraum zuließen, wurden in diesen Arbeiten durch objektive Kriterien ersetzt [58]. Zu ihnen zählen das Zentrieren des Operationsfeldes, das korrekte Einstellen des Horizonts, die Darstellung der Instrumente im Blickfeld, sowie die Anzahl der verbalen Kommandos und manuellen Korrekturen, die durch den Operateur nötig waren. Die Bewertungsmöglichkeit der Kameraassistenten durch den SALAS-Score lässt im Vergleich zu Nilsson et al. eine deutlich objektivere Beurteilung zu.

Die Rohdaten der durch Huber et al. definierten sechs Kernpunkte („centering“, „horizon“, „disruption“, „target out of view“, „verbal correction“ und „manual correction“) wurden bei verschiedenen laparoskopischen Operationen wie Cholezystektomien, Fundoplikationen, Sigmaresektionen, Herniotomien, aber auch Rektum- und Ösophagusresektionen erhoben (n = 44). Hierbei wurde ein Unterschied zwischen erfahrenen (mindestens Fachärzte) und eher unerfahrenen Kameraassistenten festgestellt. So war der „Horizont“ bei unerfahrenen häufiger inkorrekt, jedoch erreichte dieser Unterschied keine statistische Signifikanz ( $p > 0,05$ ). Die Anzahl der „verbalen Kommandos“ ( $p < 0,05$ ) und die Anzahl „manueller Korrekturen“ ( $p < 0,05$ ) waren bei unerfahrenen Kameraassistenten bedeutend höher [58]. Der so entwickelte Score schaffte die Grundlage zur Bewertung der Kameraassistenten bei laparoskopischen Operationen und Simulationen.

Im weiteren Verlauf der Studie wurden weitere Operateure und Kameraassistenten zur Bestätigung der Konstruktvalidität und Beurteilung der Reliabilität des Scores und der Interratervariabilität bewertet. Nach Spezifizierung der Methodik im Rahmen von 20

laparoskopischen Cholezystektomien wurde das Bewertungssystem bei zwölf weiteren elektiven Cholezystektomien bei symptomatischer Cholezystolithiasis mit unterschiedlichen Operationsteams eingesetzt.

Die sechs Bewertungskriterien blieben unverändert. Die Erhebung der Parameter erfolgte in Fehler pro Minute. Zur Analyse durch zwei weitere unabhängige postoperative Rater wurden die Videos des Operationsteams mit Audioaufnahmen sowie die mit dem Laparoskop aufgenommenen Videos synchronisiert.

Sieben verschiedene chirurgische Mitarbeiter führten die Kamera. Oberärzte zeigten eine niedrigere Fehlerquote als Assistenzärzte ( $p > 0,05$ ). Die Analyse der Interratervariabilität ergab ein Cronbachs Alpha von 0,842 für das Bewertungskriterium „centering“, 0,709 für das Bewertungskriterium „horizon“, 0,783 für das Bewertungskriterium „disruption“ und 0,619 für das Bewertungskriterium „target out of view“. Somit konnte eine gute interne Konsistenz (Cronbachs Alpha  $> 0,7$ ) nachgewiesen werden. Die Anzahl der verbalen und manuellen Korrekturen war jeweils identisch. Im Rahmen der ersten Anwendungen konnte die Praktikabilität und eine niedrige Interratervariabilität des entwickelten Bewertungssystems festgestellt werden. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Validität des Scores an einem größeren Kollektiv weiter untersucht werden müsste [58].

2018 veröffentlichten Huber et al. eben diese Studie. Sie planten die Anwendung des Scores im Rahmen weiterer viszeralchirurgischer Operationen zur Beurteilung der Reliabilität. Im weiteren Verlauf der Studie wurden Scoringparameter definiert und anschließend die Verifizierung des SALAS-Score anhand von insgesamt 80 intraoperativen Aufzeichnungen durchgeführt. Der Score basiert somit auf einer intraoperativen Fehleranalyse der Kameraassistenten [12]. Zuletzt wurde dieser Score mit vier unterschiedlichen Ratern validiert. Diese benutzten Video- und Audioaufzeichnungen von 20 elektiven laparoskopischen Cholezystektomien. Das Item „Disruption out of flow“, also das Feststellen der Unterbrechung des Operationsflusses, wurde aufgrund mangelnder Objektivität aus dem SALAS-Score entfernt. Somit wurde ein Bewertungsinstrument aus 5 Items entwickelt und validiert, welches eine strukturierte Bewertung der laparoskopischen Kamerafähigkeiten gewährleistete.

Der Score zeigte eine hohe interne Konsistenz (Cronbachs Alpha  $> 0,7$ ) und eine geringe Interratervariabilität (ICC 0,866). Erfahrene Kameraassistenten erzielten im

Vergleich zu unerfahrenen Assistenten signifikant bessere SALAS-Score Ergebnisse ( $p < 0,05$ ). Die Studie belegt, dass der SALAS-Score valide, verlässlich und praktisch anwendbar ist. Zudem schlossen die Autoren aus den Ergebnissen, dass dieser Score für weitere Untersuchungen in Bezug auf die Effizienz der Kameraführung und dessen Training benutzt werden kann [12].

Im Anschluss an die Intraoperative Validierung der laparoskopischen Cholezystektomie veröffentlichten Huettl et al. 2020 zwei Arbeiten, welche die intraoperative Validierung des SALAS-Score anhand der Fundoplicatio und der kolorektalen Resektion zum Ziel hatten. Hierbei wurde die Kameraassistenten zunächst direkt bei der Operation und im Anschluss mit Hilfe von Video- und Tonaufnahmen postoperativ bewertet. Dafür analysierten zwei Rater die Fundoplikationen und kolorektalen Resektionen jeweils in Gänze, zwei weitere Rater bewerteten die aufgezeichnete Operationen in Teilen. Bei der Fundoplikatio wurde die Konstruktvalidität mit einer Signifikanz zwischen erfahrenen und unerfahrenen Kameraassistenten für alle Rater nachgewiesen ( $p < 0,05$ ). Der klasseninterne Korrelationskoeffizient von 0,897 zeigt die geringe Interratervariabilität des Scores. Der angewandte SALAS-Score erwies sich als effektiv, indem er zwischen erfahrenen und unerfahrenen Kameraassistenten unterscheiden konnte, was sich mit den Ergebnissen in der VRL dieser Studie deckt.

Bei der kolorektalen Resektion konnte die Interratervariabilität und Zuverlässigkeit des SALAS-Scores mit einem klasseninternen Korrelationskoeffizienten von 0,88 nachgewiesen werden. Diese Studien zeigten die Anwendbarkeit des SALAS-Scores auf komplizierte laparoskopische Verfahren wie die Fundoplikatio oder kolorektale Resektion, was zukünftig weitere Untersuchungen zum Einfluss der Kameranavigation auf die chirurgische Leistung und das operative Ergebnis ermöglicht [59, 60]. Auf eine erneute Validierung der Interratervariabilität im Rahmen dieser Arbeit wurde aufgrund der zuvor durch Huber et al. und Huettl et al. dargelegten eindeutigen Datenlagen verzichtet.

Eine Einschränkung der aktuellen Studie ist gegeben durch die Studienpopulation von Medizinstudenten ohne Erfahrung in der laparoskopischen Chirurgie, was zu einem niedrigen mittleren SALAS-Wert von 11 im Vergleich zu den Validierungsstudien führt, in der die LCN von Assistenzärzten und Fachärzten mit weit mehr Erfahrung durchgeführt wurde [12, 58, 59, 60]. Aus diesem Grund basierte die

Gruppenzuordnung auf Quartilen. Weitere Studien mit verschiedenen Kohorten, einschließlich chirurgischer Assistenzärzte, müssen die aktuellen Ergebnisse bestätigen. Darüber hinaus wäre ein Vergleich der virtuellen Leistung mit dem SALAS-Score hilfreich, um die Daten weiter zu objektivieren.

Mit dem SALAS-Score ist es nun möglich, reliabel und valide die Qualität der Kameranavigation eines Assistenten objektiv zu bewerten. Sowohl in der Trainingssituation als auch während einer in vivo Operation kann die Leistung des Kameraassistenten dokumentiert und bewertet werden. So wird es möglich, die Aus- und Weiterbildung von Studierenden und Chirurgen weiter zu optimieren. Nun können Trainingsszenarien zur Kameranavigation erstellt werden und Lernkurven der Kameraassistenten über verschiedenen Simulationen und Eingriffe hinweg verfolgt werden. Dies kann zur Optimierung und Maximierung des Lernerfolgs beitragen. So können Kameraassistenten ihrem Ausbildungsstand entsprechend für anspruchsvolle oder weniger anspruchsvolle Operationen eingesetzt werden, wovon auch Patient und Operateur profitieren. Hierfür wäre es denkbar, eine anhand der Schwierigkeit der Kameraführung gestaffelte Freigabe für die Kameranavigation einzuführen.

So hat die aktuelle Arbeit zeigen können, dass der Chirurg in der VRL, bei der laparoskopischen Cholezystektomie sowohl im Hinblick auf die Operationsdauer als auch auf die Fehlerrate bessere Ergebnisse erzielt, wenn der Kameraassistent einen höheren SALAS-Score erreicht hat.

In der Theorie ist der SALAS-Score für Patienten ebenso von Vorteil, da durch eine bessere Kameranavigation der Operateur fokussierter arbeiten kann. Analysen aus der Simulation legen diesen Einfluss nahe [6]. In der in vivo Operation kann durch den SALAS-Score dieser Sachverhalt zukünftig strukturiert untersucht werden.

### **5.3 Qualität der Kameraunterstützung in Abhängigkeit vom Operateur**

Paschold et al. konnten 2014 zeigen, dass für verschiedene Subgruppen von Operateuren, ein Warm-up Effekt bei erfahrenen Operateuren und für weniger Erfahrene Operateure ein Ermüdungseffekt vorlag [68].

Ein Ermüdungseffekt beim Operateur (im Sinne einer Abnahme der Leistung mit steigender OP-Zahl am selben Tag, z. B. messbar durch eine Zunahme der OP-Zeit)

oder ein Warm-up Effekt (im Sinne besserer Leistungen in nachfolgenden OPs, z. B. messbar durch eine Abnahme der OP-Zeit) konnte in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. So ist es nicht möglich, eine Aussage bezüglich der Kameranavigationsleistung unabhängig von der Leistung des Operateurs zu treffen. Dies könnte Gegenstand nachfolgender Forschung mit modifiziertem Studienaufbau sein (z. B. könnten verschiedene Chirurgen mit einer konstanten Gruppe von kameraassistierenden Studierenden eine vCHE durchführen).

#### **5.4 Spielen von Videospiele als Einflussfaktor**

In einer vorhergehenden Studie von Paschold et al. von 2013 mit 488 Medizinstudenten zeigte sich ein positiver Einfluss des häufigen Videospieldkonsums auf die Navigationsleistung der VRL-Kamera [69]. Ebenso war häufiges Spielen von Videospiele in der aktuellen Studie mit einem positiv signifikant höheren SALAS-Wert für VP, GD oder vCHE mit Chirurgen verbunden, erreichte jedoch während der eigenständig durchgeführten 8 Übungen keine statistische Signifikanz für die Leistung der Studierenden am Simulator. Dies könnte dadurch erklärbar sein, dass Paschold et al. in 2013 die 488 Studierenden über einen im Lehrplan fest implementierten Kurs für das 5. Semester Chirurgie rekrutierten. Es ist wahrscheinlich, dass auch weniger für Videospiele affine Studierende in die Studie einfließen. Weiter wurden Studierende mit laparoskopischer Vorerfahrung aus der Studie exkludiert, was zu einer größeren Trennschärfe geführt haben könnte [69]. Die Studierenden unserer Studie waren über einen freiwilligen außercurricularen Kurs, also mit einem anzunehmenden chirurgischen Grundinteresse rekrutiert worden.

Auch Sammut et al. hoben die Vorteile häufiger Videospiele hinsichtlich einer angemessenen Kameraunterstützung hervor. Häufiges Spielen war mit statistisch signifikant besseren Ergebnissen bei der Aufrechterhaltung des laparoskopischen Kamerahorizonts verbunden. Die Autoren geben an, dass sowohl Aktivitäten als auch Spiele- und Kameranavigation ähnliche Augen-Hand-Fähigkeiten und visuell-räumliche Fähigkeiten erfordern [70].

## 5.5 Zusammenhang zwischen Leistung der Kameraassistenten und der Operationszeit

Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass ein besserer SALAS-Score mit einer deutlich kürzeren virtuellen Operationszeit verbunden ist. Dies Ergebnis wird durch die Literatur gestützt. Die Arbeiten verschiedener Arbeitsgruppen konnten zeigen, dass die Operationszeit mit unerfahrenen Kameraassistenten zunimmt [4, 5, 71, 72].

So zeigten dies bereits 2004 Babinaue et al. in einer retrospektiven Datenanalyse zwischen 2001 und 2002 bei verblindeten Eingriffen in einem kommunalen Klinikum. Einbezogene Eingriffe waren Leistenhernienoperationen, laparoskopische Cholezystektomien, partielle Kolektomien und Karotisendarteriektomien. Der Zeitaufwand für die Durchführung einer Operation stieg, wenn der Eingriff die Schulung eines Assistenzarztes beinhaltete.

Im Ergebnis gab es bei den vier untersuchten Verfahren eine signifikante Verlängerung der Operationszeit. Erhöhte Kosten entstanden hauptsächlich dadurch, dass der Facharzt nicht anderweitig in der zusätzlich benötigten Zeit eingesetzt werden konnte [5].

Auch Mori et al. konnten 2015 in Ihrer retrospektiven Analyse von Daten und Operationsaufzeichnungen von nicht notfallmäßiger, stationärer und laparoskopischer allgemeiner Chirurgie zeigen, dass die Teilnahme von Medizinstudenten an laparoskopischen Eingriffen mit einer verlängerten Operationszeit verbunden war.

In 700 laparoskopischen Eingriffen, die unter Berücksichtigung der Wundklasse, der Eingriffsgruppe und des operierenden Chirurgen eingeschlossen wurden, war die Anwesenheit von Medizinstudenten mit einer zusätzlichen Gesamtoperationszeit von 28 Minuten verbunden. Der signifikanteste Anstieg trat zwischen dem Hautschnitt und dem Hautverschluss auf. Es wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Medizinstudenten und postoperativen Komplikationen beobachtet. Die Rolle während der laparoskopischen Operation der Medizinstudenten war, da die Studie Retrospektiv angelegt war, nicht eindeutig definiert. Von den Autoren wurde eine eher aktive Rolle wie Kameraassistenz angenommen [4].

Weiter zeigten Kowalewski et al. in 2019 in Ihrer randomisierten, kontrollierten Studie mit laparoskopisch naiven Medizinstudenten, dass ein Training als Team, die Zeit, die benötigt wurde um die Aufgaben zu lösen, im Vergleich zu einzeltrainierten Studierenden, verkürzte. An der Studie nahmen 100 Medizinstudenten teil.

Interventionsgruppen nahmen allein (n = 40) oder als Zweierteam (Dyade) (n = 40) an einem multimodalen Trainingscurriculum mit E-Learning, grundlegendem und prozeduralem Skills-Training unter Verwendung von Box- und VR-Trainern teil. Die Nachdurchführung einer laparoskopischen Schweine-Cholezystektomie (ISC) an Leichen wurde als primäres Ergebnis von verblindeten Ratern unter Verwendung von OSATS gemessen. Die globale operative Bewertung der laparoskopischen Fähigkeiten (GOALS), die Zeit für die ISC und der VR-Leistung waren sekundäre Ergebnisse. Die Kontrollgruppe (n = 20) hatte kein oben beschriebenes Training bekommen. Ziel der Studie war es zu definieren, ob das Laparoskopie-Training allein oder zu zweit durchgeführt werden sollte.

In den OSATS und GOALS Ergebnissen gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Dyade und allein zeigten eine überlegene Leistung auf dem VR-Trainer gegenüber der Kontrollgruppe für Zeit, Anzahl der Bewegungen und Weglänge, aber nicht für Komplikationsrate und die Anwendung von Kauterisation.

Daher scheint das dyadische Training eine Alternative gegenüber Einzeltraining zu sein, insbesondere wenn die Trainingszeit begrenzt ist und Ressourcen so effizient wie möglich eingesetzt werden müssen [71].

Roch et al. fanden ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der Leistung der Kameraassistenten und der Zeit [72].

## **5.6 Zusammenhang zwischen Leistung der Kameraassistenten und den visuell-räumlichen Fähigkeiten der Kameraassistenten**

Roch et al. fanden einen Zusammenhang zwischen der Leistung der Kameraassistenten und der Zeit, die benötigt wurde, um eine Aufgabe mit ihren visuell-räumlichen Fähigkeiten (VSA) zu bewältigen.

In Ihrer monozentrischen prospektiven Studie wurden die VSA der 71 Teilnehmer mit einem Würfelvergleichstest vor dem LCN-Training bewertet.

Das LCN-Training bestand aus drei Aufgaben mit zunehmender Komplexität. Jede Aufgabe wurde viermal ausgeführt und die Leistung jedes Mal bewertet.

Es verbesserten alle Teilnehmer die LCN-Leistung während des Trainings. Vom ersten bis zum vierten Versuch aller drei LCN-Trainingsaufgaben wurden signifikante Leistungsverbesserungen und schnellere Abschlusszeiten der Aufgaben beobachtet.

Es wurden Korrelationen und multivariate Regressionsanalysen verwendet, um den

Einfluss von VSA-Fähigkeiten auf LCN-Fähigkeiten zu bewerten. Die VSA schien Auswirkungen auf die LCN-Leistung und den Trainingsfortschritt zu haben, insbesondere bei komplexen LCN-Aufgaben. Der Zusammenhang von VSA- und LCN-Leistung erreichte insbesondere für weniger erfahrene Assistenten und komplexere Aufgaben Bedeutung [72].

Die visuell-räumliche Fähigkeit der Studierenden wurde in dieser Studie nicht bewertet, könnte aber eine interessante Ergänzung für weitere Untersuchungen sein. So könnte es möglich sein, wie im Studienaufbau von Roch et al., die Leistungen der VSA der Teilnehmer mit einem Würfelvergleichstest vor dem LCN-Training zu erheben und die Korrelationen von VSA und vCHE mittels Korrelations- und multivariaten Regressionsanalyse zu errechnen.

### **5.7 Hohes Selbstvertrauen als Einflussfaktor auf den SALAS-Score**

Abgesehen von häufigem Konsum von Videospiele hatte ein höheres Selbstvertrauen zur Unterstützung eines grundlegenden laparoskopischen Verfahrens nach dem Kurs einen signifikanten positiven Einfluss auf den SALAS-Score. Dieses Ergebnis wird durch diverse frühere Arbeiten gestützt [6, 12, 69]. Die Literatur bietet jedoch widersprüchliche Belege für die Beziehung zwischen Selbsteinschätzung und Experten-/Zieleinschätzung. In den Studien von Gow und Lipsett neigten insbesondere die leistungsstärkeren Probanden dazu, ihre eigenen Fähigkeiten zu unterschätzen, während Arora et al. eine signifikante Korrelation zwischen der Selbst- und Expertenbewertung fanden [73-75].

In dieser Arbeit konnte auch gezeigt werden, dass mit diesem zweitägigen Kurs das Interesse an einem chirurgischen Beruf und das Vertrauen, bei einer einfachen laparoskopischen Operation zu assistieren, zunahm. Auch die Selbstwahrnehmung der Studierenden über ihre Kameranavigation waren nach dem Kurs in Bezug auf ihre objektiven Fähigkeiten präziser. Der positive Einfluss der Simulation auf die Selbstwahrnehmung wird in mehreren Studien bestätigt [6, 31, 69, 76-78].

### **5.8 Männliches Geschlecht als Einflussfaktor**

Im Gegensatz zu vorhergehenden Arbeiten hatte das männliche Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf den SALAS-Score. Dies kann auf eine Auswahlverzerrung zurückzuführen sein, da sich die Teilnehmer aus Selbstmotivation für diesen Kurs

angemeldet hatten, während die anderen Analysen in Lehrplänen (curricular) stattfanden [69], wobei möglicherweise weiter Frauen mit einem besseren VSA bevorzugt wurden und daher die geschlechtsspezifischen Unterschiede im VSA ausgeglichen wurden [79, 80].

### **5.9 Anwendbarkeit des SALAS-Scores und seiner Items im VRL vs. in vivo Operation**

In den vergangenen Jahren sind VRL-Simulatoren deutlich fortschrittlicher geworden. Jedoch sind nicht alle Aspekte der Laparoskopie bis dato simulierbar, wie zum Beispiel die Haptik der Instrumente oder der Horizont der Kameraoptik. Letzteres kann dazu führen, dass der Horizont tendenziell in der VRL einfacher für den navigierenden Assistenten einstellbar ist, als bei einer in vivo laparoskopischen Operation, wo auf individuelle anatomische Begebenheiten, bzw. Landmarken anders Rücksicht genommen werden muss. Dies kann je nach Rater zu unterschiedlichen SALAS-Scoring Ergebnissen führen. Gleiches gilt für das Item „Ziel außer Sicht“, da eine in der VRL-Simulation verschmutzte Kameraoptik „einfacher“ zu reinigen ist, könnten hier Rater zu unterschiedlichen Scoring-Ergebnissen in Vergleich zur in vivo Operation gelangen.

### **5.10 Selection Bias**

Eine Limitation der vorliegenden Arbeit könnte Selection Bias sein. So ist zum Beispiel aufgrund der Rekrutierungsabläufe der Studierenden nicht verhinderbar gewesen, dass Ergebnisse hierdurch beeinflusst wurden. In der Vorliegenden Studie wurde der Pool der Studierenden aus freiwillig interessierten Studierenden aller klinischen Semester rekrutiert. Andere Studien wie zum Beispiel Paschold et al. von 2013 mit 488 Medizinstudenten arbeiteten mit einem fest im Lehrplan implementierten Studienablauf, was den Querschnitt der Studierendenschaft bezüglich verschiedener Charakteristika wie Geschlecht, Alter, Interesse an der Chirurgie deutlich diverser gestaltete [69]. So könnte dies zum Beispiel Einfluss auf die Relevanz von Geschlecht im Zusammenhang von Videospieldkonsum gehabt haben, da chirurgisch Interessierte Frauen und Männer gegebenenfalls schon im Alltag Videospiele unterschiedlich oft konsumieren. Auf die Kameranavigation bezogen konnte diese Arbeit mit einem besseren SALAS-Score einen Zusammenhang von Videospieldkonsum zeigen.

## 5.11 Ausblick

Die visuell-räumliche Fähigkeit der Studierenden wurde in dieser Studie nicht bewertet, könnte aber eine interessante Ergänzung für weitere Untersuchungen sein, wenn wie von Roch et al. beschrieben ein Zusammenhang von VSA und Leistung der Kameranavigation besteht [72]. Eine weitere Einschränkung der aktuellen Studie ist die Studienpopulation von Medizinstudenten ohne Erfahrung in der laparoskopischen Chirurgie, was zu einem niedrigen mittleren SALAS-Wert von 11 im Vergleich zu der Validierungsstudie führt, in der LCN von Assistenzärzten und Fachärzten mit weit mehr Erfahrung durchgeführt wurde [12]. Aus diesem Grund basierte die Gruppenzuordnung auf Quartilen. Weitere Studien mit verschiedenen Kohorten, einschließlich chirurgischer Assistenzärzte, müssen die aktuellen Ergebnisse bestätigen. Darüber hinaus wäre ein Vergleich der virtuellen Leistung mit dem SALAS-Score hilfreich, um die Daten weiter zu objektivieren. Während einer vCHE zeichnet der verwendete Simulator nur die Leistung des operierenden Chirurgen auf, nicht aber die Leistung des Assistenten. Daher muss der SALAS-Score während der vCHE bewertet werden, um die LCN-Qualität zu analysieren. Möglicherweise kann dies mit Weiterentwicklung der VRL-Simulatoren möglich werden. Um den Einfluss der Kameranavigation auf die laparoskopische Leistung weiter zu analysieren, sollte die gleichzeitige intraoperative Analyse des Chirurgen (z. B. GOALS-Score [51]) und des Kameraassistenten (SALAS-Score) Teil künftiger Untersuchungen sein. Der Einfluss der Kommunikation zwischen Kameraassistent und Chirurg kann auch in zukünftigen Studien untersucht werden. Es zeigte sich weiter, dass sich die Ausbildung als Einheit von zwei Auszubildenden in der laparoskopischen Simulation im Vergleich zum Training allein als effizienter erweist [71]. Darüber hinaus verbessert die Ausbildung als interaktives Team (Kameraassistent und Chirurg) die Zusammenarbeit und die Leistungsparameter in einem VRL-Setup [6]. Für zukünftige Studien bezüglich roboterassistierte Laparoskopie, wie z. B. im Soloassist [62], könnte es auch interessant sein, einen modifizierten SALAS-Score in Einheit mit einem modifizierten GOALS-Score anzuwenden, um die Gesamtleistung des Operateurs einzuschätzen. Eine Modifizierung des SALAS-Score wäre notwendig, da die Kameraführung und das Steuern der Operationsarme des Roboters durch den Operateur selbst über eine Steuereinheit erfolgt. Bei der Anwendung des SALAS-Scores wäre somit eine Limitierung des Scores bei den Items manuelle und verbale Korrektur gegeben.

Zusammenfassend kann der validierte SALAS-Score die Navigationsfähigkeiten des Kameraassistenten bei der virtuellen Cholezystektomie auf einem Simulator bewerten. Die Leistung des Chirurgen wurde maßgeblich von der LCN-Qualität beeinflusst. Ein höherer SALAS-Wert war mit einer kürzeren Operationszeit und einer geringeren Fehlerrate verbunden.

## 6 Zusammenfassung

Um die Qualität der Kameraunterstützung objektiv beurteilen zu können, wurde der SALAS-Score (Structured Assessment of Laparoscopic Assistance Skills) entwickelt und für die laparoskopische Cholezystektomie validiert. Ziel dieser Arbeit war es, die Anwendbarkeit des SALAS-Scores während der Cholezystektomie auf einem Virtual-Reality-Simulator (vCHE) zu untersuchen. Zwischen 2015 und 2017 wurden aus diesem Grund insgesamt 81 Medizinstudenten in eine prospektive Studie aufgenommen. Alle Teilnehmer absolvierten einen strukturierten zweitägigen Schulungskurs auf einem laparoskopischen Virtual-Reality-Simulator mit 6 manuellen und 2 Kameranavigationsübungen. Alle Studenten assistierten während einer vCHE, die alle vom selben Chirurgen durchgeführt wurden. Zur Berechnung des SALAS-Scores (Bereich 5 - 25 Gesamtpunktzahl) wurde die Anzahl der Fehler in Bezug auf Zentrierung, Horizontanpassung und Instrumentenvisualisierung sowie manuelle und verbale Korrekturen durch den Chirurgen aufgezeichnet. Der Simulator registrierte die virtuellen Leistungsparameter. Die individuellen Merkmale der Studierenden wurden mit Fragebögen erhoben.

Die Leistung des Chirurgen in vCHE korreliert positiv mit dem SALAS-Score des Kameraassistenten ( $p < 0,001$ ). Zusätzlich war ein höherer SALAS-Score mit einer kürzeren Operationszeit ( $p < 0,001$ ) und einer niedrigeren Fehlerrate ( $p < 0,001$ ) verbunden. Die Studienpopulation wurde durch den mittleren SALAS-Score von 11 [9; 13] in zwei Gruppen unterteilt (Gruppe A: SALAS  $\leq 11$ ,  $n = 60$ ; Gruppe B: SALAS  $> 11$ ,  $n = 21$ ). Im Vergleich dieser beiden Gruppen wurde ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Leistung des Chirurgen bei der virtuellen Operation zugunsten der Gruppe B festgestellt ( $p < 0,001$ ). Darüber hinaus wurde für Gruppe B eine signifikant kürzere Betriebszeit während der vCHE gezeigt (Gruppe A: 508 s [429 s; 601 s]; Gruppe B: 422 s [365 s; 493 s];  $p = 0,001$ ). Häufiges PC-Spielen und ein höheres Selbstvertrauen während eines einfachen laparoskopischen Eingriffes zu assistieren waren mit einem besseren SALAS-Score verbunden ( $p = 0,013$ ). Der SALAS-Score wird somit als nützliches Instrument zur Bewertung der Navigationsfähigkeiten der Kamera in vCHE implementiert. Die Kameranavigationsfähigkeiten korrelieren positiv mit den operativen Leistungsparametern während der vCHE.

Die Arbeit konnte den SALAS-Score im Rahmen der vCHE validieren, der SALAS-Score ist ein anwendbares Werkzeug, um die Navigationsfähigkeiten des

Kameraassistenten zu bewerten. Weiter konnte bewiesen werden, dass eine bessere Kameranavigation die Leistung des Operateurs positiv beeinflusst.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Dai L, Shuai J. Laparoscopic versus open appendectomy in adults and children: A meta-analysis of randomized controlled trials. *United European Gastroenterol J.* 2017 Jun;5(4):542-553. doi: 10.1177/2050640616661931. Epub 2016 Aug 16. PMID: 28588886; PMCID: PMC5446136.
- [2] Koop H, Fuchs KH, Labenz J, Lynen Jansen P, Messmann H, Miehlke S, Schepp W, Wenzl TG; Mitarbeiter der Leitliniengruppe. S2k-Leitlinie: Gastroösophageale Refluxkrankheit unter Federführung der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS):AWMF Register Nr. 021-013 [S2k guideline: gastroesophageal reflux disease guided by the German Society of Gastroenterology: AWMF register no. 021-013]. *Z Gastroenterol.* 2014 Nov;52(11):1299-346. German. doi: 10.1055/s-0034-1385202. Epub 2014 Nov 12. PMID: 25390216.
- [3] Leifeld L, Germer CT, Böhm S, Dumoulin FL, Häuser W, Kreis M, Labenz J, Lembcke B, Post S, Reinshagen M, Ritz JP, Sauerbruch T, Wedel T, von Rahden B, Kruis W. S2k-Leitlinie Divertikelkrankheit/Divertikulitis [S2k guidelines diverticular disease/diverticulitis]. *Z Gastroenterol.* 2014 Jul;52(7):663-710. German. doi: 10.1055/s-0034-1366692. Epub 2014 Jul 15. PMID: 25026009.
- [4] Mori M, Liao A, Hagopian TM, Perez SD, Pettitt BJ, Sweeney JF. Medical students impact laparoscopic surgery case time. *J Surg Res.* 2015 Aug;197(2):277-82. doi: 10.1016/j.jss.2015.04.021. Epub 2015 Apr 9. PMID: 25963166.
- [5] Babineau TJ, Becker J, Gibbons G, Sentovich S, Hess D, Robertson S, Stone M. The "cost" of operative training for surgical residents. *Arch Surg.* 2004 Apr;139(4):366-9; discussion 369-70. doi: 10.1001/archsurg.139.4.366. PMID: 15078701.
- [6] Huber T, Paschold M, Lang H, Kneist W. Influence of a camera navigation training on team performance in virtual reality laparoscopy. *J Surg Sim.* 2015;2:35-39. DOI:10.1102/2051-7726.2015.0008
- [7] Zhu A, Yuan C, Piao D, Jiang T, Jiang H. Gravity line strategy may reduce risks of intraoperative injury during laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2013 Dec;27(12):4478-84. doi: 10.1007/s00464-013-3093-2. Epub 2013 Jul 27. PMID: 23892760.
- [8] Satava RM. Virtual reality surgical simulator. The first steps. *Surg Endosc.* 1993 May-Jun;7(3):203-5. doi: 10.1007/BF00594110. PMID: 8503081.
- [9] Beyer-Berjot L, Aggarwal R. Toward technology-supported surgical training: the potential of virtual simulators in laparoscopic surgery. *Scand J Surg.* 2013;102(4):221-6. doi: 10.1177/1457496913496494. Epub 2013 Sep 20. PMID: 24056136.
- [10] Franzeck FM, Rosenthal R, Muller MK, Nocito A, Wittich F, Maurus C, Dindo D, Clavien PA, Hahnloser D. Prospective randomized controlled trial of simulator-based versus traditional in-surgery laparoscopic camera navigation training. *Surg Endosc.* 2012 Jan;26(1):235-41. doi: 10.1007/s00464-011-1860-5. Epub 2011 Aug 19. PMID: 21853391
- [11] Larsen CR, Oestergaard J, Ottesen BS, Soerensen JL. The efficacy of virtual reality simulation training in laparoscopy: a systematic review of randomized trials. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2012 Sep;91(9):1015-28. doi: 10.1111/j.1600-0412.2012.01482.x. Epub 2012 Jul 24. PMID: 22693954.
- [12] Huber T, Paschold M, Schneble F, Poplawski A, Huettl F, Watzka F, Lang H, Kneist W. Structured assessment of laparoscopic camera navigation skills: the SALAS score. *Surg Endosc.* 2018 Dec;32(12):4980-4984. doi: 10.1007/s00464-018-6260-7. Epub 2018 Jun 4. PMID: 29869085.

- [13] Huettl F, Huber T, Duwe M, Lang H, Paschold M, Kneist W. Higher quality camera navigation improves the surgeon's performance: Evidence from a pre-clinical study. *J Minim Access Surg.* 2020 Oct-Dec;16(4):355-359. doi: 10.4103/jmas.JMAS\_143\_19. PMID: 31793451; PMCID: PMC7597869.
- [14] Stuby K. Laparoskopie. *Chirurgische Gastroenterologie.* 1990; p 173-179. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-83674-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-83674-9_6).
- [15] Reuter J H; Reuter M A; Loenicker D. Phillip Bozzini und die Endoskopie des 19. JH. Arbeitsgemeinschaft Gynäkologische Endoskopie. 1987; p 1-2. <https://www.ag-endoskopie.de/geschichte-der-endoskopie>.
- [16] Liselotte Mettler (Hrsg.): Endoskopische Abdominalchirurgie in der Gynäkologie: mit 15 Tabellen. P20-25 2002, ISBN 3-7945-1965-5
- [17] Kurt Semm: Technische Operationsschritte der endoskopischen Appendektomie. In: Langenbecks Archiv für Chirurgie. Volume 376, Nr. 2, März 1991, p. 121–126, doi:10.1007/bf01263469
- [18] Hatzinger M, Kwon ST, Langbein S, Kamp S, Häcker A, Alken P. Hans Christian Jacobaeus: Inventor of human laparoscopy and thoracoscopy. *J Endourol.* 2006 Nov;20(11):848-50. doi: 10.1089/end.2006.20.848. PMID: 17144849.
- [19] Huber T; Paschold M; Bartsch F; Lang H; Kneist W. Weiterbildungseingriff Appendektomie - Was hat sich in 10 Jahren geändert?. *Der Chirurg.* 2015; 87(4):326-31. DOI: 10.1007/s00104-015-0122-9.
- [20] Koch A; Marusch F; Gastinger I; Schmidt U; Lippert H. Die Appendizitisbehandlung in der letzten Dekade des 20. Jahrhunderts. *Zentralbl Chir.* 2002; 127(4):290-6. DOI: 10.1055/s-2002-31563.
- [21] Sahm M, Pross M, Lippert H. Akute Appendizitis - Wandel in Epidemiologie, Diagnostik und Therapie [Acute appendicitis - changes in epidemiology, diagnosis and therapy]. *Zentralbl Chir.* 2011 Feb;136(1):18-24. German. doi: 10.1055/s-0030-1247477. Epub 2010 Dec 23. PMID: 21184386.
- [22] Semm K. Endoscopic appendectomy. *Endoscopy.* 1983 Mar;15(2):59-64. doi: 10.1055/s-2007-1021466. PMID: 6221925.
- [23] Lippert H; Koch A; Marusch F; Wolff S; Gastinger I. Offene vs. laparoskopische Appendektomie. *Der Chirurg.* 2014; 73(8):791-798. DOI:10.1007/s00104-002-0500-y.
- [24] Salminen PT, Hiekkanen HI, Rantala AP, Ovaska JT. Comparison of long-term outcome of laparoscopic and conventional nissen fundoplication: a prospective randomized study with an 11-year follow-up. *Ann Surg.* 2007 Aug;246(2):201-6. doi: 10.1097/01.sla.0000263508.53334.af. PMID: 17667497; PMCID: PMC1933575.
- [25] Broeders JA, Rijnhart-de Jong HG, Draaisma WA, Bredenoord AJ, Smout AJ, Gooszen HG. Ten-year outcome of laparoscopic and conventional nissen fundoplication: randomized clinical trial. *Ann Surg.* 2009 Nov;250(5):698-706. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181bcdaa7. PMID: 19801931.
- [26] Schwenk W; Neudecker J; Haase O. Evidenzlage der laparoskopischen Chirurgie beim Kolonkarzinom-Current evidence for laparoscopic surgery of colonic cancer. *coloproctology.* 2015; 37 381–390. <https://doi.org/10.1007/s00053-015-0026-7>.
- [27] Kauff D W; Babic B; Grimminger P P; Kneist W; Lang H. Der Chirurg: Lymphadenektomie in der onkologischen Viszeralchirurgie – Teil 2. *Der Chirurg.* 2019; 90(6):505–521. DOI: 10.1007/s00104-019-0963-8.

- [28] Funk F. Laparoskopische versus konventionelle Cholezystektomie. Refubium-Repositorium der freien Universität Berlin. 2012; p 1. <http://dx.doi.org/10.17169/refubium-9132>.
- [29] Berger D. Evidenzbasierte Behandlung der Leistenhernie des Erwachsenen. Deutsches Ärzteblatt Int. 2016; 4;113(9):150-7. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0150.
- [30] Sparn MB, Widmann B, Pietsch U, Weitzendorfer M, Warschkow R, Steffen T. Risk factors and outcomes of postoperative aspiration pneumonia in abdominal surgery patients: An exact matching and weighting analysis. *Surgery*. 2021 Nov;170(5):1432-1441. doi: 10.1016/j.surg.2021.05.025. Epub 2021 Jun 17. PMID: 34148710.
- [31] Alonso-Silverio, G.A., et al., Development of a Laparoscopic Box Trainer Based on Open Source Hardware and Artificial Intelligence for Objective Assessment of Surgical Psychomotor Skills. *Surg Innov*, 2018: p. 1553350618777045.
- [32] Runkel N, Jurcovan O. Die spezifischen Komplikationsrisiken der minimal-invasiven Chirurgie [Specific complications of minimally invasive surgery]. *Chirurg*. 2015 Dec;86(12):1097-104. German. doi: 10.1007/s00104-015-0105-x. PMID: 26541448.
- [33] Molloy D, Kaloo PD, Cooper M, Nguyen TV. Laparoscopic entry: a literature review and analysis of techniques and complications of primary port entry. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*. 2002 Aug;42(3):246-54. doi: 10.1111/j.0004-8666.2002.00246.x. PMID: 12230057.
- [34] Martinez AM, Kalach AC, Espinoza DL. Millimetric laparoscopic surgery training on a physical trainer using rats. *Surg Endosc*. 2008 Jan;22(1):246-9. doi: 10.1007/s00464-007-9658-1. Epub 2007 Nov 20. PMID: 18030523.
- [35] Vedel C, Bjerrum F, Mahmood B, Sorensen JL, Strandbygaard J. Medical students as facilitators for laparoscopic simulator training. *J Surg Educ*. 2015 May-Jun;72(3):446-51. doi: 10.1016/j.jsurg.2014.10.011. Epub 2014 Nov 20. PMID: 25467733.
- [36] Yoon R, Del Junco M, Kaplan A, Okhunov Z, Bucur P, Hofmann M, Alipanah R, McDougall EM, Landman J. Development of a novel iPad-based laparoscopic trainer and comparison with a standard laparoscopic trainer for basic laparoscopic skills testing. *J Surg Educ*. 2015 Jan-Feb;72(1):41-6. doi: 10.1016/j.jsurg.2014.06.011. Epub 2014 Jul 19. PMID: 25052844.
- [37] Prasad MS, Manivannan M, Manoharan G, Chandramohan SM. Objective Assessment of Laparoscopic Force and Psychomotor Skills in a Novel Virtual Reality-Based Haptic Simulator. *J Surg Educ*. 2016 Sep-Oct;73(5):858-69. doi: 10.1016/j.jsurg.2016.04.009. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27267563.
- [38] Nguyen T, Braga LH, Hoogenes J, Matsumoto ED. Commercial video laparoscopic trainers versus less expensive, simple laparoscopic trainers: a systematic review and meta-analysis. *J Urol*. 2013 Sep;190(3):894-9. doi: 10.1016/j.juro.2013.03.115. Epub 2013 Apr 6. PMID: 23567747.
- [39] Ruparel RK, Brahmabhatt RD, Dove JC, Hutchinson RC, Stauffer JA, Bowers SP, Richie E, Lannen AM, Thiel DD. "iTrainers"--novel and inexpensive alternatives to traditional laparoscopic box trainers. *Urology*. 2014 Jan;83(1):116-20. doi: 10.1016/j.urology.2013.09.030. Epub 2013 Nov 16. PMID: 24246314.
- [40] Hogle NJ, Widmann WD, Ude AO, Hardy MA, Fowler DL. Does training novices to criteria and does rapid acquisition of skills on laparoscopic simulators have predictive validity or are we just playing video games? *J Surg Educ*. 2008 Nov-Dec;65(6):431-5. doi: 10.1016/j.jsurg.2008.05.008. PMID: 19059173.
- [41] Zapf MA, Ujiki MB. Surgical resident evaluations of portable laparoscopic box trainers incorporated into a simulation-based minimally invasive surgery curriculum. *Surg Innov*. 2015 Feb;22(1):83-7. doi: 10.1177/1553350614535858. Epub 2014 Jun 11. PMID: 24925895.

- [42] Botden SM, Torab F, Buzink SN, Jakimowicz JJ. The importance of haptic feedback in laparoscopic suturing training and the additive value of virtual reality simulation. *Surg Endosc.* 2008 May;22(5):1214-22. doi: 10.1007/s00464-007-9589-x. Epub 2007 Oct 18. PMID: 17943369.
- [43] Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surg Endosc.* 2004 Mar;18(3):485-94. doi: 10.1007/s00464-003-9043-7. Epub 2004 Feb 2. PMID: 14752633.
- [44] Diesen DL, Erhunmwunsee L, Bennett KM, Ben-David K, Yurcisin B, Ceppa EP, Omotosho PA, Perez A, Pryor A. Effectiveness of laparoscopic computer simulator versus usage of box trainer for endoscopic surgery training of novices. *J Surg Educ.* 2011 Jul-Aug;68(4):282-9. doi: 10.1016/j.jsurg.2011.02.007. Epub 2011 May 4. PMID: 21708364.
- [45] Jalink MB, Goris J, Heineman E, Pierie JP, Ten Cate Hoedemaker HO. Face validity of a Wii U video game for training basic laparoscopic skills. *Am J Surg.* 2015;209:1102-1106. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.09.034>
- [46] Jalink MB, Heineman E, Pierie JP, ten Cate Hoedemaker HO. The effect of a preoperative warm-up with a custom-made Nintendo video game on the performance of laparoscopic surgeons. *Surg Endosc.* 2015 Aug;29(8):2284-90. doi: 10.1007/s00464-014-3943-6. Epub 2014 Nov 1. PMID: 25361658.
- [47] Haro BB, Zappella L, Vidal R. Surgical gesture classification from video data. *Med Image Comput Comput Assist Interv.* 2012;15(Pt 1):34-41. doi: 10.1007/978-3-642-33415-3\_5. PMID: 23285532.
- [48] Molchanov P, Gupta S, Kim K, Kautz J. Hand gesture recognition with 3D convolutional neural networks. Paper presented at: 2015 IEEE Conference on Computing and Visual Pattern Recognition Workshops; June 2015; Santa Clara, CA
- [49] Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, Brown M. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997 Feb;84(2):273-8. doi: 10.1046/j.1365-2168.1997.02502.x. PMID: 9052454.
- [50] Niitsu H, Hirabayashi N, Yoshimitsu M, Mimura T, Taomoto J, Sugiyama Y, Murakami S, Saeki S, Mukaida H, Takiyama W. Using the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) global rating scale to evaluate the skills of surgical trainees in the operating room. *Surg Today.* 2013 Mar;43(3):271-5. doi: 10.1007/s00595-012-0313-7. Epub 2012 Sep 1. PMID: 22941345; PMCID: PMC3574562.
- [51] Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, Bergman S, Leffondré K, Stanbridge D, Fried GM. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg.* 2005 Jul;190(1):107-13. doi: 10.1016/j.amjsurg.2005.04.004. PMID: 15972181.
- [52] Omote K, Feussner H, Ungeheuer A, Arbter K, Wei GQ, Siewert JR, et al. Self-guided robotic camera control for laparoscopic surgery compared with human camera control. *Am J Surg* 1999; 177: 321–4. doi: 10.1016/S0002-9610(99)00055-0.
- [53] Graafland M, Bok K, Schreuder HW, Schijven MP. A multicenter prospective cohort study on camera navigation training for key user groups in minimally invasive surgery. *Surg Innov.* 2014 Jun;21(3):312-9. doi: 10.1177/1553350613505714. Epub 2013 Oct 16. PMID: 24132469.
- [54] European Community Directive 2000/34/EC of the European Parliament and of the Council. *Off J Eur Community* 2000;L195: 41.
- [55] Deutsche Gesellschaft für Allgemein und Viszeralchirurgie. Nachrichten aus der DGAV. <http://www.dgav.de/news/meldungs-seite/article/nachrichten-aus-der-dgav-im-dezember-2013.html>2013.

- [56] Paschold M, Huber T, Maedge S, Zeissig SR, Lang H, Kneist W. Laparoscopic assistance by operating room nurses: Results of a virtual-reality study. *Nurse Educ Today*. 2017 Apr;51:68-72. doi: 10.1016/j.nedt.2017.01.008. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28131934.
- [57] Nilsson C; Sorensen J L; Konge L; Westen M; Stadeager M; Ottesen B; Flemming B. Simulation-based camera navigation training in laparoscopy-a randomized trial. *Surg Endosc*. 2016; 31(5):2131-2139. DOI: 10.1007/s00464-016-5210-5.
- [58] Huber T; Paschold M; Schneble F; Lang H; Kneist W. Entwicklung eines Scores zur Bewertung der Kameraassistenz bei laparoskopischen Operationen. German Medical Science GMS Publishing House. 2016; p 1. DOI: 10.3205/16dgch477.
- [59] Huettl F; Lang H; Paschold M; Bartsch F; Hiller S; Hensel B; Corvinus F; Grimminger P P; Kneist W; Huber T. Quality-based Assessment of Camera Navigation Skills for Lap Fundoplication. *Dis Esophagus*. 2020; 18;33(11):doaa042. DOI: 10.1093/dote/doaa042.
- [60] Huettl F, Lang H, Paschold M, Watzka F, Wachter N, Hensel B, Kneist W, Huber T. Rating of camera navigation skills in colorectal surgery. *Int J Colorectal Dis*. 2020 Jun;35(6):1111-1115. doi: 10.1007/s00384-020-03543-9. Epub 2020 Mar 28. PMID: 32222935; PMCID: PMC7245595.
- [61] Kübler H; Gakis G. Roboter-assistierte Laparoskopie. Klinik und Poliklinik für Urologie und Kinderurologie Universitätsklinikum Würzburg. 2018; p 1. <https://www.ukw.de/urologie/schwerpunkte/roboter-assistierte-laparoskopie/>.
- [62] Holländer SW, Klingen HJ, Fritz M, Djalali P, Birk D. Robotic Camera Assistance and Its Benefit in 1033 Traditional Laparoscopic Procedures: Prospective Clinical Trial Using a Joystick-guided Camera Holder. *Surg Technol Int*. 2014 Nov;25:19-23. PMID: 25419950.
- [63] Jell A, Fuchtmann J, Xiao M, Bernhard L, Berlet M, Feussner H, Wilhelm D. Robotic Endoscope Control - State of the Art of Voice Control and Other Options for Laparoscopic Camera Robot Guidance. *Surg Technol Int*. 2022 May 19;40:17-24. doi: 10.52198/22.STI.40.SO1545. PMID: 35546494.
- [64] Watanabe G; Ishikawa N. Da Vinci surgical system. *Kyobu Geka*. 2014; 67(8):686-9. PMID: 25138939.
- [65] Jayne D, Pigazzi A, Marshall H, Croft J, Corrigan N, Copeland J, Quirke P, West N, Rautio T, Thomassen N, Tilney H, Gudgeon M, Bianchi PP, Edlin R, Hulme C, Brown J. Effect of Robotic-Assisted vs Conventional Laparoscopic Surgery on Risk of Conversion to Open Laparotomy Among Patients Undergoing Resection for Rectal Cancer: The ROLARR Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2017 Oct 24;318(16):1569-1580. doi: 10.1001/jama.2017.7219. PMID: 29067426; PMCID: PMC5818805.
- [66] Polat F, Willems LH, Dogan K, Rosman C. The oncological and surgical safety of robot-assisted surgery in colorectal cancer: outcomes of a longitudinal prospective cohort study. *Surg Endosc*. 2019 Nov;33(11):3644-3655. doi: 10.1007/s00464-018-06653-2. Epub 2019 Jan 28. PMID: 30693389; PMCID: PMC6795614.
- [67] Hirst A, Philippou Y, Blazeby J, Campbell B, Campbell M, Feinberg J, Rovers M, Blencowe N, Pennell C, Quinn T, Rogers W, Cook J, Koliass AG, Agha R, Dahm P, Sedrakyan A, McCulloch P. No Surgical Innovation Without Evaluation: Evolution and Further Development of the IDEAL Framework and Recommendations. *Ann Surg*. 2019 Feb;269(2):211-220. doi: 10.1097/SLA.0000000000002794. PMID: 29697448.
- [68] Paschold M, Huber T, Kauff DW, Buchheim K, Lang H, Kneist W. Preconditioning in laparoscopic surgery--results of a virtual reality pilot study. *Langenbecks Arch Surg*. 2014 Oct;399(7):889-95. doi: 10.1007/s00423-014-1224-4. Epub 2014 Jul 27. PMID: 25064362.
- [69] Paschold M, Niebisch S, Kronfeld K, Herzer M, Lang H, Kneist W. Cold-start capability in virtual-reality laparoscopic camera navigation: a base for tailored training in undergraduates. *Surg Endosc*. 2013;27:2169-2177.

- [70] Sammut M, Sammut M, Andrejevic P. The benefits of being a video gamer in laparoscopic surgery. *Int J Surg*. 2017 Sep;45:42-46. doi: 10.1016/j.ijso.2017.07.072. Epub 2017 Jul 19. PMID: 28733118.
- [71] Kowalewski KF, Minassian A, Hendrie JD, Benner L, Preukschas AA, Kenngott HG, et al. One or two trainees per workplace for laparoscopic surgery training courses: results from a randomized controlled trial. *Surg Endosc*. 2019;33:1523-1531.
- [72] Roch PJ, Rangnick HM, Brzoska JA, Benner L, Kowalewski KF, Müller PC, Kenngott HG, Müller-Stich BP, Nickel F. Impact of visual-spatial ability on laparoscopic camera navigation training. *Surg Endosc*. 2018 Mar;32(3):1174-1183. doi: 10.1007/s00464-017-5789-1. Epub 2017 Aug 24. PMID: 28840317.
- [73] Gow KW. Self-evaluation: how well do surgery residents judge performance on a rotation? *Am J Surg*. 2013 May;205(5):557-62; discussion 562. doi: 10.1016/j.amjsurg.2013.01.010. Epub 2013 Mar 15. PMID: 23499389.
- [74] Lipsett, P.A., I. Harris, and S. Downing, Resident self-other assessor agreement: influence of assessor, competency, and performance level. *Arch Surg*, 2011. 146(8): p. 901-6.
- [75] Arora S, Miskovic D, Hull L, Moorthy K, Aggarwal R, Johannsson H, Gautama S, Kneebone R, Sevdalis N. Self vs expert assessment of technical and non-technical skills in high fidelity simulation. *Am J Surg*. 2011 Oct;202(4):500-6. doi: 10.1016/j.amjsurg.2011.01.024. PMID: 21943950.
- [76] Gearhart, S., et al., Development of a train-to-proficiency curriculum for the technical skills component of the fundamentals of endoscopic surgery exam. *Surg Endosc*, 2018. 32(7): p. 3070-3075.
- [77] Burden C, Appleyard TL, Angouri J, Draycott TJ, McDermott L, Fox R. Implementation of laparoscopic virtual-reality simulation training in gynaecology: a mixed-methods design. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2013 Oct;170(2):474-9. doi: 10.1016/j.ejogrb.2013.07.003. Epub 2013 Aug 8. PMID: 23932183.
- [78] Alam M, Wilson MSJ, Tang B, Tait IS, Alijani A. A training tool to assess laparoscopic image navigation task performance in novice camera assistants. *J Surg Res*. 2017 Nov;219:232-237. doi: 10.1016/j.jss.2017.05.096. Epub 2017 Jul 1. PMID: 29078887.
- [79] Voyer D, Voyer S, Bryden MP. Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychol Bull*. 1995 Mar;117(2):250-70. doi: 10.1037/0033-2909.117.2.250. PMID: 7724690.
- [80] Sneider JT, Hamilton DA, Cohen-Gilbert JE, Crowley DJ, Rosso IM, Silveri MM. Sex differences in spatial navigation and perception in human adolescents and emerging adults. *Behav Processes*. 2015 Feb;111:42-50. doi: 10.1016/j.beproc.2014.11.015. Epub 2014 Nov 25. PMID: 25464337; PMCID: PMC4304985.

## **8 Anhang**

### **8.1 Erlahrung zu Ethischen Belangen**

Die Studie wurde gemäß der Erklahrung von Helsinki und ihren späteren Änderungen durchgeführt. Da es sich um eine Analyse von Aus- und Weiterbildung handelt, bestätigte die lokale Ethikkommission die Studie, ohne dass ein vollständiges Votum der Ethikkommission erforderlich war.

## **9 Danksagung**

## **10 Tabellarischer Lebenslauf**

### **Lebenslauf**



