

**Aus der Kinderchirurgischen Klinik und Poliklinik im  
Dr. von Haunerschen Kinderspital  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Direktor: Prof. Dr. D. von Schweinitz**

**Vergleich verschiedener Trainingsmodelle für die  
laparoskopische Chirurgie bei Säuglingen und Kleinkindern:  
Pelvitainer vs. Tiermodell**

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

**Vorgelegt von  
Nadine Tillo**

**aus  
Groß-Umstadt  
(2009)**

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München**

**Berichterstatter:** Prof. Dr. Dietrich von Schweinitz

**Mitberichterstatter:** Priv. Doz. Dr. Martin Kreis

**Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:** Dr. med. M.B. Heinrich

**Dekan:** Prof. Dr. med. Dr.h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

**Tag der mündlichen Prüfung:** 15.01.2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>Seite</b>
1.1. Minimal invasive Chirurgie bei Kindern	1
1.1.1. Vor- und Nachteile der minimal invasiven Chirurgie im Vergleich zur offenen Chirurgie	1
1.1.1.1. Chirurgisches Gewebstrauma	1
1.1.1.2. Sicht auf das Operationsgebiet	1
1.1.1.3. Postoperative Adhäsionen	2
1.1.1.4. Immunantwort auf chirurgisches Gewebstrauma	2
1.1.1.5. Auswirkungen des Pneumoperitoneums	3
1.1.1.6. Metabolische und respiratorische Veränderungen	3
1.1.1.7. Postoperativer Schmerz, Kostenaufbau und Hospitalisationszeit	4
1.1.1.8. Kosmetisches Ergebnis	4
1.1.1.9. Ausblicke und Innovationen	5
1.1.2. Entwicklung der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern	5
1.1.3. Anatomische und physiologische Besonderheiten der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern	7
1.1.3.1. Anatomische Unterschiede	7
1.1.3.2. Physiologische Unterschiede	8
1.1.4. Technische Geräte der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern	9
1.1.5. Besonderheiten im Ablauf der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern	11
1.1.5.1. Patientenvorbereitung und Lagerung	12
1.1.5.2. Setzen der Arbeitstrokare und Operationsablauf	13

1.2. Trainingsmodelle für die minimal invasive Chirurgie	14
1.2.1. Trainingsmodelle bei Erwachsenen	14
1.2.2. Lernkurven	17
1.2.3. Trainingsmodelle bei Kindern	18
1.3. Fragestellung	19
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>21</b>
2.1. Probanden	21
2.2. Versuchstiere	21
2.3. Instrumente und Geräte für die minimal invasive Chirurgie	21
2.3.1. Instrumente	22
2.3.2. Technik-Einheit	25
2.4. Modifizierter Pelvitainer	26
2.5. Vorbereitungen	28
2.5.1. Lehrvideo	28
2.5.2. Qualitätsindex	28
2.5.3. Fragebögen für die Probanden	30
2.6. Studiendesign	30
2.7. Eingangstest am Pelvitainer	30
2.7.1. Greifübung	30
2.7.2. Schachtelübung	31
2.7.3. Nahtübung	31
2.8. Ablauf der Übungsoperationen (Kolonbiopsie)	32
2.8.1. Operation am Tier	32
2.8.2. Operation am Pelvitainer	33
2.9. Abschlußoperation am Tier	34

2.10.	Wiederholung des Eingangstests	34
2.11.	Organisatorischer Ablauf der Studie	35
2.12.	Videoauswertung	35
2.13.	Material	35
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>37</b>
3.1.	Probanden	37
3.2.	Fragebögen zu Beginn der Studie	37
3.3.	Eingangstest	40
3.4.	Lernkurven	41
3.4.1.	Operationszeit der Kolonbiopsie (Übungseingriffe)	41
3.4.2.	Lernkurve des Qualitätsindex (Übungseingriffe)	44
3.5.	Regressionsgerade	46
3.6.	Abschlußoperation	47
3.6.1.	Verlauf der Operationszeit bei der Abschlußoperation	47
3.6.2.	Verlauf des Qualitätsindex bei der Abschlußoperation	48
3.7.	Wiederholung des Eingangstests	50
3.8.	Befragung nach Abschluß der Studie	51

<b>4. Diskussion</b>	<b>54</b>
4.1. Beurteilung des Eingangstests	54
4.2. Beurteilung des Verlaufes der Operationszeit	55
4.2.1. Lernkurve der Trainingsoperationen	55
4.2.2. Abschlußoperation	56
4.2.3. Wieviele Eingriffe sind notwendig, um die optimale Lernkurve zu erreichen?	57
4.3. Beurteilung des Qualitätsindex	59
4.3.1. Sinn eines Qualitätsindex bei der Beurteilung minimal invasiver Eingriffe	59
4.3.2. Zusammensetzung des Qualitätsindex	60
4.3.3. Lernkurve des Qualitätsindex	64
4.3.4. Regressionsgeraden des Qualitätsindex	65
4.3.5. Veränderung des Qualitätsindex bei der Abschlußoperation	66
4.4. Wiederholung des Eingangstests der Basistechniken	66
4.5. Beurteilung der Fragebögen	67
4.6. Stellenwert von Trainingsmodellen in der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern	70
4.7. Rechtfertigung des Tiermodells	71
4.8. Der optimale MIC-Kurs in der Kinderchirurgie	75
4.9. Ausblick	79
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>81</b>
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	<b>83</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>88</b>
<b>8. Danksagung</b>	<b>97</b>
<b>9. Curriculum vitae</b>	<b>98</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Minimal invasive Chirurgie bei Kindern

### 1.1.1 Vor- und Nachteile der minimal invasiven Chirurgie im Vergleich zur offenen Chirurgie

#### 1.1.1.1 Chirurgisches Gewebstrauma

Nach dem traditionellen hippokratischen Eid ist ein medizinischer Eingriff je eher vertretbar, desto weniger invasiv er ausfällt. Aus ethischer Sicht ist es deshalb vorzuziehen, das Eindringen in den Körper eines Patienten, wann immer möglich, zu vermeiden. Dies steht in Kontrast zur klassischen offenen Chirurgie. Dank der Einführung der Anästhesie im Jahre 1846 war es möglich, Körperhöhlen zu öffnen, und die Chirurgie, die sich bislang mit der Behandlung äußerer Krankheiten zufrieden geben musste, wurde mehr und mehr zur „inneren“ Medizin. Eines der Prinzipien der klassischen Chirurgie jedoch war und ist noch heute die adäquate Darstellung des Operationsfeldes, welche oft große Inzisionen verlangt. Dies gilt vor allem dann, wenn eine Körperhöhle eröffnet werden soll. Die Körperoberfläche muss, auch wenn sie bei den meisten Eingriffen gar nicht selbst betroffen ist, geöffnet werden, damit der Operateur gute Sicht auf das Operationsgebiet hat. Daraus können sich nicht unerhebliche Komplikationen ergeben, wie beispielsweise Wundinfektionen, Nahtdehiszenzen oder Narbenbrüche. Auch wenn keine Komplikationen auftreten, so resultiert doch aus der Eröffnung der Körperoberfläche eine erhöhte Morbidität. Je größer der Hautschnitt ist, desto mehr Faszien, Muskeln und Nerven sind durchtrennt worden. Dies verlangsamt den Heilungsprozess, und zudem bleibt der Wundschmerz oft über die erste postoperative Zeit hinaus bestehen und kann chronisch werden. Überschüssendes Narbengewebe ist nicht nur ein kosmetisches Problem, sondern kann auch schmerzhaft sein und den Patienten in seiner Bewegungsfähigkeit einschränken. Wird eine Körperhöhle eröffnet, so kommt es rasch zu Wasser- und Temperaturverlust, was eine besondere Gefahr für Kleinkinder und Säuglinge darstellt. Ein Austrocknen des Gewebes und der intraoperative Umgang mit dem Gewebe verursachen Traumata und beeinträchtigen den Heilungsprozess. (2)

#### 1.1.1.2 Sicht auf das Operationsgebiet

Die endoskopische Chirurgie ermöglicht dem Operateur aufgrund der Vergrößerung um ein Vielfaches und der guten Ausleuchtung eine bessere Sicht auf das Operationsgebiet als die offene Chirurgie. Insbesondere sonst schwer

einsehbar Regionen lassen sich so optimal darstellen. Meist fungiert ein Assistent als „Kameramann“, der das Sichtfeld einstellt. Daher ist der Erfolg einer Operation auch von dessen Kameraführung abhängig. Nachteilig kann eine Blutung während eines laparoskopischen Eingriffes sein, diese ist oft schwieriger zu kontrollieren als bei der offenen Chirurgie und setzt ausreichende Erfahrung des Operateurs in der minimal invasiven Chirurgie voraus. Außerdem kann eine Blutung die detaillierte endoskopische Anatomie verschwommen erscheinen lassen und durch Absorption des Lichtes die zu Verfügung stehende Leuchtkraft verringern. Der endoskopisch arbeitende Chirurg sollte daher sehr exakt vorgehen und operiert in der Folge meist auf eine wesentlich atraumatischere Art und Weise als bei offenen Eingriffen. (2)

#### 1.1.1.3 Postoperative Adhäsionen

Die Ausbildung von postoperativen Adhäsionen ist Folge fast jeden abdominalchirurgischen Eingriffes. Sie ist sowohl abhängig von präoperativen mechanischen oder chemischen Schäden an Organen und Peritoneum sowie von bakteriellen Infektionen oder auch stattgehabter Bestrahlung z.B. bei onkologischen Patienten als auch von der intraoperativen Wundfläche. Die schwerwiegendste Komplikation solcher Verwachsungen sind Störungen der Darmpassage mit konsekutivem Subileus oder gar Ileus. Daraus resultieren längere Hospitalisation und steigende Kosten. Häufig treten, auch noch Jahre später, Schmerzen bei den betroffenen Patienten auf. Oftmals ist eine Adhäsiolektomie oder eine notfallmäßige Laparotomie bei akutem Ileus notwendig. Bei Patientinnen, die früher schon einmal eine Laparotomie erhalten hatten, fanden sich bei später durchgeführten Laparoskopien sehr häufig Verwachsungen zwischen der Narbe und intraabdominellen Organen (4). Polymeneas et al. fanden bei Patienten nach laparoskopischer Cholezystektomie wenige leichte bis gar keine Adhäsionen, während alle Patienten der Vergleichsgruppe (Z.n. offener Cholezystektomie) ausgedehnte Verwachsungen aufwiesen (42). Auch andere klinische und experimentelle Studien konnten zeigen, dass bei laparoskopischen Eingriffen die Inzidenz und das Ausmaß von Verwachsungen geringer ausfallen (18, 30, 41).

#### 1.1.1.4 Immunantwort auf chirurgisches Gewebstrauma

Chirurgische Eingriffe bewirken Veränderungen der lokalen und systemischen Immunantwort. Diese Veränderungen sind assoziiert mit einem Anstieg der postoperativen Morbidität. Minimal invasive Techniken scheinen das Immunsystem im Vergleich zur offenen Chirurgie weniger zu schwächen, was für den Heilungsprozess sehr wichtig ist. Laparoskopische Techniken werden immer stärker in die Allgemein Chirurgie integriert, und so richtet sich das



Augenmerk zunehmend auch auf die immunologischen Konsequenzen dieser Verfahren. (31)

Chirurgische Eingriffe am Darm beispielsweise setzen eine Entzündungskaskade innerhalb der intestinalen Muscularis in Gang, die postoperativ Störungen der Darmmotilität verursacht. Unterschiedliche Zytokine werden nach und nach in die Peritonealflüssigkeit abgegeben. Deren Konzentration ist jeweils vom Ausmaß des chirurgischen Traumas abhängig. Diese Überproduktion von Entzündungsmediatoren hat höchstwahrscheinlich einen schädigenden Effekt auf Organfunktionen zur Folge. Somit kann durch eine gestörte Wundheilung beispielsweise ein erhöhtes Risiko für Anastomoseninsuffizienzen bestehen. Spezifische zelluläre Immunfunktionen wie z.B. die mikrobizide Aktivität von peritonealen Phagozyten sind nach elektiven chirurgischen Eingriffen herabgesetzt. Dadurch ist die Gefahr einer postoperativen Infektion erhöht. Bei laparoskopischen Eingriffen fällt die lokale und systemische Produktion von Zytokinen und Akut-Phase-Proteinen geringer aus und die „peritoneale Immunität“ bleibt unberührt als bei der offenen Chirurgie. (2)

#### 1.1.1.5 Auswirkungen des Pneumoperitoneums

Tierversuche haben gezeigt, dass das zur Aufrechterhaltung des Pneumoperitoneums verwendete Gas möglicherweise eine essentielle immunmodulatorische Wirkung hat (40, 56). Ure et al. zeigten am Schweinemodell, dass der laparoskopische Zugang mit CO<sub>2</sub> anstatt mit Luft eine verminderte Immunsuppression zur Folge hat (61). Der Gebrauch von CO<sub>2</sub> als Insufflationsgas bewirkt jedoch lokale und systemische Veränderungen des Säure-Basen-Haushaltes sowie der Hämodynamik (7, 62). Auch der Insufflationsdruck selbst verursacht hämodynamische Störungen und kann, wenn er längere Zeit anhält, zu einem abdominellen Kompartmentsyndrom führen (23). High flow verursacht ein Austrocknen des Gewebes und Hypothermie. Daher ist es nicht verwunderlich, dass sowohl das neuroendokrine, das Zytokin- als auch das CRP-System während der endoskopischen Chirurgie auch aktiviert werden. Jedoch fällt diese Immunantwort abhängig von Eingriff und Operationszeit deutlich vermindert aus. (2)

#### 1.1.1.6 Metabolische und respiratorische Veränderungen

Viele Studien beschäftigten sich mit den metabolischen und respiratorischen Veränderungen nach operativen Eingriffen. Der Vergleich zwischen minimal invasiv und offen durchgeführten Cholezystektomien zeigte z.B., dass sich die Parameter der respiratorischen Funktion (Vitalkapazität, FEV<sub>1</sub>, Peak Flow

sowie PaO<sub>2</sub>) bei Patienten nach Laparoskopie signifikant weniger verschlechterten als bei denjenigen nach Laparotomie (21, 26, 36). Bezüglich metabolischer Veränderungen stellte sich heraus, dass sowohl die Glucose- als auch die Cortisolkonzentration nach offener im Vergleich zur laparoskopischen Cholezystektomie signifikant höher war, was auf vermehrte postoperative Stressreaktion nach offenen Eingriffen hindeutet. Darüber hinaus waren Laborparameter wie CRP und LDH nach konventioneller Operation signifikant höher. (39)

#### 1.1.1.7 Postoperativer Schmerz, Kostaufbau und Hospitalisationszeit

Das Ausmaß postoperativer Schmerzen kann mittels visueller Analogskala (VAS) evaluiert werden. Patienten nach einer laparoskopischen Cholezystektomie gaben auf dieser Skala signifikant niedrigere Werte an als Patienten nach einer offenen Cholezystektomie. Auch ihr Bedarf an Analgetika war geringer. Die postoperative Mobilisation des Patienten konnte früher erfolgen, die Hospitalisationszeit fiel kürzer aus und die Aufnahme der Alltagstätigkeiten erfolgte schneller als bei offen durchgeführten Eingriffen (21, 26, 32, 36). Ueda et al. untersuchten in einer aktuellen Studie am Schweinmodell die Unterschiede bzgl. der Darmpassage nach laparoskopischer bzw. offener Gastrektomie. In der Gruppe der laparotomierten Tiere war die postoperative Darmpassage signifikant verlängert (60). Dies bestätigten Le Blanc-Louvry et al., die bei Patienten nach laparoskopischer Cholezystektomie eine deutlich früher einsetzende Darmaktivität als bei Patienten nach offener Chirurgie fanden (32).

#### 1.1.1.8 Kosmetisches Ergebnis

Häufig wird die kosmetische Wirkung einer Narbe verharmlost. Für den Patienten jedoch verbleibt die Narbe als lebenslanges Makel. Entscheidend für die Kosmetik ist die Länge der Inzision. Gerade Eltern sehen jede Narbe an ihrem Kind als eine Narbe auf dessen Seele an. Darüber hinaus beginnen Eltern oft, über die Narben zu klagen, sobald das vielleicht lebensbedrohliche Ereignis, welches einen chirurgischen Eingriff erst notwendig gemacht hat, aus ihrem Bewusstsein verschwunden ist. Es muss auch daran gedacht werden, dass Narben bei Kindern mit den Patienten mitwachsen. Während der Pubertät wird die Integrität des eigenen Körpers sehr wichtig für ein Kind, und jede noch so kleine Abweichung vom Körperschema wird sehr ernst genommen. Hier liegt der große Vorteil der minimal invasiven Chirurgie mit deutlich kleineren Hautinzisionen. (2)

### 1.1.1.9 Ausblicke und Innovationen

Die bildgebenden Systeme und Instrumente der minimal invasiven Chirurgie erfahren in kurzen Zeitabschnitten stetige Verbesserungen. Es wurden Systeme entwickelt, die eine Vergrößerung der Arbeitsfläche ermöglichen und die Bildqualität deutlich verbessern. Es wurden Studien durchgeführt, die sich mit dem Gebrauch anderer Insufflationsgase, wie z.B. Helium, beschäftigten (34,44). Außerdem wurden auch schon Geräte entwickelt, um die Bauchdecke anzuheben, sodass ohne Gasinsufflation operiert werden kann (7, 43). Diese beiden Methoden haben sich allerdings nicht durchgesetzt. Auch auf dem Gebiet der Naht- und Koagulationstechniken gibt es immer wieder Neuerungen, wie z.B. verschiedene Stapler, die bei Darmresektionen eingesetzt werden können oder Dissektionsapparate. Vielleicht zukunftsweisend ist die Entwicklung des „Da Vinci Surgical System“, welches dem Chirurgen ermöglicht, robotergesteuert selbst komplexe minimal invasive Operationen durchzuführen. Der Operateur sitzt während des Eingriffs bequem an einer „Konsole“ und führt von dort aus die benötigten Handgriffe aus, die vom System nahtlos auf die chirurgischen Instrumente übertragen werden. So kann theoretisch ein Patient beispielsweise in Europa von einem Spezialisten in USA operiert werden.

Zweifelsohne hat die minimal invasive Chirurgie als die weniger invasive Methode Vorteile für den Patienten. Die therapeutischen Möglichkeiten der endoskopischen Chirurgie heute hat die Idee der klassischen Chirurgie, dass man für gute Sichtverhältnisse einen großen Schnitt benötigt, revidiert. Dank moderner Anästhesie und technischer Neuerungen kann so über eine kleinere Inzision eine gute Übersicht erreicht werden. Der Patient profitiert von einer rascheren Genesung, geringeren Schmerzen sowie kürzeren Aufenthalten in der Klinik. Diese neuen Erkenntnisse sollten auch und gerade bei Kindern angewandt werden, um den kleinen Patienten die Vorteile der minimal invasiven Chirurgie zukommen zu lassen.

### 1.1.2 Entwicklung der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern

Laparoskopie in der Kinderchirurgie ist nicht neu. Im Jahre 1970 führten Gans und Berci endoskopische Eingriffe bei Kindern durch, die mit der sogenannten Hopkins-Stablinse erfolgten und bezeichneten sie als sinnvoll einsetzbar für Diagnostik und einfache Vorgänge wie z.B. Gewebsbiopsien. In demselben Jahr jedoch wurde die Computertomographie eingeführt. Zusammen mit der Fortentwicklung des Ultraschalls und später auch der Magnetresonanztomographie konnten nun intraabdominelle Pathologien auf nicht-invasive Art

und Weise diagnostiziert werden, so dass zunächst keine weiteren Eingriffe minimal invasiv bei Kindern erfolgten. Zunächst wurde die Laparoskopie hauptsächlich nur für die Diagnostik von intraabdominell gelegenen Hoden verwendet. Die parallel dazu laufende technologische Entwicklung von extrem hellen Lichtquellen wie z.B. Xenon, hochauflösenden Videomonitoren und kleinere Instrumente führte dazu, dass auch bei Kindern im Verlauf aufwändigere operative Eingriffe laparoskopisch durchgeführt werden konnten. Bei Erwachsenen beschrieb Kurt Semm als Erster komplexe endoskopische Eingriffe wie z.B. die Appendektomie und die Hysterektomie. Dr. Phillip Mouret's Beschreibung einer laparoskopischen Cholezystektomie im Jahre 1987 führte zu einem Umbruch in der Erwachsenen Chirurgie. Die laparoskopische Cholezystektomie wurde in der Folgezeit durch Dubois, Perissat, Olsen und Reddick weiter popularisiert, und trotz anfänglichen Widerstandes und vieler Zweifel ist sie heute überall bei den Allgemeinchirurgen anerkannt als die „Methode der Wahl“ in der Behandlung einer Cholelithiasis und konnte auch im Verlauf bei Kindern Einzug halten. (1)

Kinderchirurgen waren zunächst eher abgeneigt, die laparoskopische Chirurgie als Methode anzunehmen. Gerade der Gebrauch einer Veress-Nadel zur Gasinsufflation bei Kindern wurde als potentiell gefährlich eingeordnet. Die Komplikationsrate beim Gebrauch einer Veress-Nadel bei Kindern wird mit 3-10% angegeben. Die Anwendung der „offenen Laparoskopie“ oder der sogenannten „Hasson-Technik“ zum Einführen der Optik hat jedoch das Risiko unbeabsichtigter viszeraler Verletzungen so gut wie ausgeschaltet und die Laparoskopie bei Kindern sehr viel sicherer gemacht. Dies führte zu einer größeren Akzeptanz der laparoskopischen Chirurgie. (1)

Im Weiteren stellte die Größe der laparoskopischen Instrumente ein Problem dar. Laparoskopische Instrumente für Erwachsene sind im Allgemeinen zu lang für Kinder und haben einen zu großen Durchmesser. Dies macht sie größtenteils unbrauchbar für die Verwendung bei kleinen Kindern. Es hat wenig Sinn, für die Laparoskopie bei Kindern mehrere 10 mm lange Inzisionen zu machen, wenn viele pädiatrische Eingriffe über einen oftmals nicht mehr als 2-3 cm großen Zugang bewältigt werden können. Diese Probleme sind gelöst worden durch die Entwicklung kürzerer laparoskopischer Instrumente und dazu passender Trokare mit kleineren Durchmessern. Die Mikrolaparoskopie, die vor kurzem in der Erwachsenen Chirurgie eingeführt wurde, benutzt Instrumente mit einem Durchmesser von 2-3 mm, welche man sogar über intravenöse Katheter in den Körper einbringen kann. Dadurch wird das Trauma durch den chirurgischen Zugang noch weiter verringert. Diese Entwicklung ist vor allem für die pädiatrische Laparoskopie von Nutzen. (1)

### 1.1.3 Anatomische und physiologische Besonderheiten der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern

In der pädiatrischen Laparoskopie gibt es wichtige anatomische und physiologische Unterschiede, die es zu berücksichtigen gilt, wenn man die Laparoskopie bei Kindern anwenden will.

#### 1.1.3.1 Anatomische Unterschiede

Der Nabel: Beim Neugeborenen sind die beiden Umbilikalarterien (Ligg. umbilicalia lat.) und die Umbilikalvene (Lig. teres) in den ersten Lebenswochen noch nicht obliteriert, und es besteht ein potentiell Risiko für eine Gasembolie, wenn CO<sub>2</sub> mittels Blindpunktion in eines dieser Gefäße eingeleitet wird. Aufgrund dieser anatomischen Besonderheit ist es im Allgemeinen vernünftiger, bei Säuglingen den ersten Trokar offen zu setzen.

Die Harnblase: Die Harnblase ist beim Neugeborenen ein intraabdominelles Organ. Daraus ergeben sich spezielle Probleme, da die Harnblase bei Säuglingen einer größeren Gefahr durch unbeabsichtigte Perforation unterworfen ist. Auch ist das Peritoneum im Bereich des Unterbauches etwas schlaffer, was dazu führen kann, dass das parietale Peritoneum vor dem sich nähernden Trokar flüchtet; dies macht das Einführen von Trokaren in den suprapubischen Bereich oder in den Unterbauch schwierig. Die Aa. epigastricae inf. sind besonders bei jungen Kindern sehr prominent, und diese Gefäße werden, wie auch in der Erwachsenenlaparoskopie, am häufigsten verletzt. Es muss größte Vorsicht angewendet werden, um eine Gefäßverletzung zu vermeiden.

Der Oberbauch: Das Lig. falciforme und die Umbilikalvene (Lig. teres) formen bei Säuglingen und Kindern eine sehr prominente Falte. Man kann in dieser Falte leicht „verloren gehen“, wenn man die Hasson-Technik durchführt, d.h. eine mittellinige Inzision an der Linea alba macht. Es ist daher einfacher, eine querverlaufende Inzision in die Linea alba zu setzen, um den Zugang zur Bauchhöhle sicherzustellen.

Die Eingeweide: Die Leber liegt bei Neugeborenen und Säuglingen unterhalb des Rippenbogens und kann bis zum Nabel reichen. Vena cava inf. sowie Aorta abdominalis befinden sich kaum 1 cm von der Bauchdecke entfernt und sind - bei Blindpunktion- einem beträchtlichen Risiko der Perforation ausgesetzt, selbst wenn die sogenannten Sicherheitstrokare benutzt werden. Daher empfiehlt es sich, alle Instrumententrokare nur über direkte Sichtkontrolle einzuführen, um Verletzungen der Bauchorgane zu vermeiden. (1)

### 1.1.3.2 Physiologische Unterschiede

Atmung: Säuglinge betreiben überwiegend Zwerchfellatmung, und der durch die Gasinsufflation erhöhte intraabdominelle Druck behindert die Zwerchfellausdehnung, was zu erhöhtem Sauerstoffbedarf führt. Beweisend hierfür ist der prompte Anstieg des End-CO<sub>2</sub>-Flusses von ca. 10 mmHg nachdem das Gas in den Bauchraum geströmt ist. Dieser Zustand kann zwar vom Anästhesisten korrigiert werden, dies wird jedoch bei sehr hohen Drücken zunehmend schwieriger. Bei Kindern mit einem Körpergewicht von unter 10 kg sollte ein Druck von 10 mmHg für die Insufflation nicht überschritten werden. Höhere Drücke können bei Kindern mit mehr als 10 kg Körpergewicht mit einer relativen Sicherheit angewendet werden. Eine andere Gefahr ergibt sich aus der Tatsache, dass bei vielen Geräten ein Fluss von 1 Liter Gas pro Minute eingestellt ist, und ein Fluss von weniger Gas gar nicht möglich ist. Das Abdomen eines Neugeborenen fasst jedoch, bei voller Insufflation, nur etwa 500 ml CO<sub>2</sub>, und benutzt man hier einen High-flow, kann der Bauch zu schnell aufgebläht werden, was zu kardialen Arrhythmien führen kann. (1)

Hypothermie: Kinder unterliegen bei laparoskopischen Eingriffen einem beträchtlichen Risiko, eine Hypothermie zu entwickeln. Insbesondere die Aufrechterhaltung des Pneumoperitoneum durch den Gebrauch von High-flow ist mit Gefahren behaftet, da das eingeführte CO<sub>2</sub> kalt ist, und ein erheblicher Wärmeverlust auftreten kann. Zur Vermeidung des Wärmeverlusts ist es notwendig, ein Gas-Leckage zu minimieren, indem man die Trokare mit dem kleinstmöglichen Durchmesser verwendet und sicherstellt, dass alle Trokare und Instrumente luftdicht schließen. (1)

Die endoskopische Chirurgie ist dennoch nicht immer „minimal“ invasiv. Abhängig von der Größe des Eingriffs, Präparation und Operationszeit können Veränderungen der Immunantwort und metabolischer Parameter identisch zur offenen Chirurgie sein. Eine aktuelle Studie von Sumpelmann et al. zeigt, dass gerade in der Kinderchirurgie z.B. das anästhesiologische Management während aufwändiger laparoskopischer Eingriffe aufgrund der pathophysiologischen Effekte des erhöhten intraabdominellen Drucks erschwert sein kann. Die Versuche wurden an weißen New Zealand-Kaninchen durchgeführt. Bei einem Pneumoperitoneum von > 2 Stunden konnte das Auftreten von metabolischer Azidose, Hypovolämie sowie einer verminderten kardialen Schlagleistung nachgewiesen werden. Daher wird bei großen laparoskopischen Eingriffen ein ausgedehnteres Monitoring dringend empfohlen (58). Auch das Phänomen der Oligo- bis Anurie während eines Pneumoperitoneums vor allem bei Säuglingen im ersten Lebensjahr ist bekannt, jedoch kommt es dabei zu keiner signifikanten Alteration der renalen Durchblutung oder der Serum- und Urinkonzentration

harnpflichtiger Substanzen. Die Menge an Infusionen während des Eingriffes korreliert nicht mit der Urinausscheidung. (15)

Bis heute sind viele Fortschritte in der pädiatrischen Laparoskopie gemacht worden, und es wurde ausreichend Erfahrung gesammelt, um der Laparoskopie einen angemessenen Platz in der Kinderchirurgie zu verschaffen.

#### 1.1.4 Technische Geräte der MIC bei Kindern

Während der letzten Jahre hat sich das für die pädiatrische Laparoskopie zur Verfügung stehende Instrumentarium stetig verbessert. Frühe Versuche in der endoskopischen Chirurgie bei Kindern wurden mit Instrumenten und Trokaren, die eigentlich für Erwachsene konzipiert waren, durchgeführt. Diese Instrumente waren sowohl im Durchmesser zu groß als auch zu lang um sie komfortabel bei den kleinen Patienten anwenden zu können. Heute aber sind Instrumente erhältlich, die die Anwendung von endoskopisch-chirurgischen Verfahren bei Säuglingen und Kindern erleichtern.

Trokare sind die am meisten benutzten Instrumente in der endoskopischen Chirurgie. Sowohl wiederverwendbare wie auch Einmaltrokare werden im Allgemeinen in der Kinderchirurgie benutzt. Die Trokare werden mittels eines Führungsstabes in die Körperhöhle eingebracht. Dieser kann entweder eine schneidende oder konische Spitze haben. Die schneidende Spitze ermöglicht ein leichteres Einführen, hinterlässt jedoch einen größeren Defekt in der Bauchdecke. Die konische Spitze dehnt das Gewebe eher und lässt ein kleineres Loch, wenn der Trokar hinterher entfernt wird; außerdem ermöglicht sie einen dichteren Abschluss zwischen Trokar und Bauchdecke und verhindert dadurch, dass das zuvor insufflierte Gas austritt, was besonders bei Kindern mit dünner Bauchdecke leicht auftreten kann. Sogenannte „Sicherheitstrokare“ sind nicht wirklich sicher, auch diese müssen unter Sicht ohne Drehbewegungen eingebracht werden.

Für Kinderchirurgen sind Optiken mit einem Durchmesser von 5 mm gebräuchlich. Inzwischen gibt es schon kleine Geräte mit exzellenter Auflösung. Je kleiner jedoch die Optik, desto geringer die Leuchtkraft, und es entsteht ein undeutliches, farbloses Bild auf dem Videomonitor. Jedes Jahr kommt eine neue Generation von Kameras auf den Markt, die den Gebrauch von kleineren Optiken mit einer akzeptablen Bildgebung ermöglichen. In Zukunft werden digitale hochauflösende Kameras zur Verfügung stehen, die den Einsatz von 1-2 mm-Optiken bei den meisten pädiatrisch-endoskopischen Verfahren möglich machen werden. Diese Geräte gibt es in verschiedenen Längen und Winkeln. Kurze Optiken erlauben ein kompakteres Operationsfeld, die Kamera wird jedoch näher an die Bauchdecke gebracht, was sich manchmal störend auf die

Instrumentenhandhabung während der Operation auswirkt. Allgemein gibt es bei den Optiken Winkel von  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  und  $70^\circ$ . Solche mit  $30^\circ$  und  $45^\circ$  gestatten, dass sich die Spitze der Optik oberhalb des Operationsfeldes innerhalb der Bauch- oder Brusthöhle bewegt; diese Position verhindert, dass sie die Arbeitsinstrumente behindert und vermittelt häufig eine bessere Übersicht als beim Gebrauch von geraden Optiken. Geräte mit  $0^\circ$  und  $30^\circ$  sind obligatorisch in der pädiatrischen Laparoskopie, solche mit  $45^\circ$  und  $70^\circ$  können in speziellen Situationen auch nützlich werden. Kameras werden heutzutage mit Ein- oder Drei-Farben-Computerchips angeboten. Drei-Farben-Kameras haben eine bessere Bildschärfe und sind besonders gut bei endoskopisch-chirurgischen Verfahren bei Säuglingen und Kindern einzusetzen. Es sind auch schon dreidimensionale Kameras erhältlich, die auf endoskopisch-chirurgischen Kongressen für viel Aufsehen gesorgt haben, aber sie scheinen noch nicht ausgereift genug zu sein, um eine breite klinische Anwendung bei Kindern zu finden. Eine andere vielversprechende Neuerscheinung sind Digitalkameras, welche eine weitaus bessere Bildauflösung bei kleineren Optiken sowie eine digitale Aufarbeitung des Bildes ermöglichen.

Insufflatoren, die man in der Erwachsenen Chirurgie benutzt, können meist auch in der Kinderchirurgie angewendet werden. Idealerweise sollten Insufflatoren den Gasfluss sowohl zum Patienten hin als auch von ihm weg zulassen; so kann ein konstanter intrakavitärer Druck am besten aufrecht erhalten werden. Unidirektionale Insufflation kann den reguliert eingestellten Druck in der kindlichen Bauchhöhle, die ja nicht so viel Volumen fasst wie beim Erwachsenen, überschreiten. So wird der Patient längere Zeit einem erhöhten intrakavitären Druck ausgesetzt, was zu erheblichen Störungen der Gewebsdurchblutung oder auch der Atmung führen kann. Der Gebrauch von anderen Gasen als  $\text{CO}_2$ , wie z.B. Helium, bleibt vorerst experimentell. Die Laparoskopie ohne Gasinsufflation, und stattdessen mit „Korkeziehen“, Drähten oder Metallstützen wie z.B. Geräte zur Bauchdeckenhebung befindet sich noch im Entwicklungsstadium. Diese Geräte zur Anhebung der Bauchdecke haben zumindest in der Theorie die Vorteile, dass die Trokare vereinfacht werden könnten, da kein Gasventil mehr notwendig wäre. Das aufgebaute Operationsfeld würde durch Saugvorgänge nicht kollabieren und die Kosten würden sich allgemein verringern. Weitere Entwicklungen sind also notwendig, bevor diese Geräte weitverbreitete Anwendung finden.

Die meisten Instrumente, die für die pädiatrische Laparoskopie erhältlich sind, wurden ursprünglich für Erwachsene konzipiert. Sie sind häufig zu lang und im Durchmesser zu groß. Die ideale Position eines Instrumentes während der Operation ist die, dass sich  $2/3$  des Instrumentes innerhalb der Bauchhöhle befinden und das restliche  $1/3$  außerhalb des Körpers. Diese Stellung ermöglicht eine ökonomische äußere, sowie eine präzise innere Bewegung des Gerätes. Instrumente für Erwachsene können häufig nur zu etwa 20% in die Bauchhöhle



eines Kindes eingebracht werden, während 75-80% ihrer Länge außerhalb des Körpers verbleiben; diese Anordnung macht das Operieren unangenehm und weniger präzise. Da bei der pädiatrischen Laparoskopie die Trokare oft nah beieinander gesetzt werden müssen, behindern sich sowohl lange als auch kurze Instrumente oft gegenseitig. Laparoskopische Instrumente, mit einer Handhabung wie in der offenen Chirurgie eignen sich meist am besten. Geräte, bei denen man beide Hände benötigt, um sie zu schließen oder anderweitig zu bedienen, sind sehr viel schwieriger zu benutzen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Benutzung von Instrumenten, die für Säuglinge und Kinder geeignet sind, ein entscheidender Faktor für die Qualität laparoskopischer Operationen ist. Die Instrumente sollten vom Operateur sorgfältig ausgesucht werden und seinen Vorlieben entsprechen. Das wachsende Interesse an der Mikroendoskopie beim Erwachsenen hat das Angebot an für die pädiatrische Laparoskopie geeigneten Instrumenten stark erweitert.

#### 1.1.5 Besonderheiten im Ablauf der minimal invasiven Eingriffe bei Kindern

In der endoskopischen Chirurgie werden etablierte chirurgische Verfahren angewendet. Jedoch lässt sich das Trauma durch den verkleinerten operativen Zugang verringern, es treten weniger Komplikationen auf, der Heilungsprozess beschleunigt sich und es werden bessere kosmetische Ergebnisse erzielt. Chirurgische Verfahren werden innerhalb des begrenzten Intra- und Extraperitonealraumes durch minimale Bewegungen ausgeführt und dabei über Optik und Videomonitor direkt kontrolliert.

Die Möglichkeit, endoskopische Eingriffe beim Kind sicher und erfolgreich durchzuführen, beruht größtenteils auf dem Verstehen und der richtigen Anwendung der Geräte und Instrumente sowie der Schaffung eines sicheren Zugangs und Anlegen eines Pneumoperitoneums. Fehlerhafter Umgang mit diesen wichtigen Punkten schafft unnötige Komplikationen und bringt den Patienten in Gefahr. Daher ist es unumgänglich, sich mit der Methode der Laparoskopie absolut vertraut zu machen, bevor man sie auf Patienten anwendet. Darüber hinaus sollte das Prinzip der endoskopischen Anatomie klar sein: der Operateur sieht anatomische Strukturen und ihre Beziehung zueinander auf dem Bildschirm, d.h. zweidimensional anstatt dreidimensional wie in der offenen Chirurgie. Die Qualität und die Größe des Bildes hängt erstens stark davon ab, wie weit die darzustellenden Strukturen vom Teleskop entfernt sind, und zweitens von der Qualität der Kamera, der Lichtquelle und des Monitors. Zur Identifikation von bestimmten Strukturen werden anatomische Orientierungspunkte und Farbunterschiede zu Hilfe genommen. Unpassend gesetzte Trokare, technische Probleme mit der Bildgebung, Adhäsionen,

unerwartet große Strukturen und Blutungen können sowohl den laparoskopischen Zugang wie auch die Sicht in hohem Maße behindern.

Wie schon erwähnt, ist es besonders wichtig, die anatomischen Unterschiede bei Säuglingen und Kleinkindern zu beachten. Diese anatomischen Besonderheiten machen den operativen Zugang und das intraabdominelle Arbeiten bei Säuglingen und Kleinkindern zu einer viel schwierigeren Aufgabe als bei älteren Kindern oder Erwachsenen. Andererseits haben die jungen Patienten gut abgrenzbare anatomische Orientierungspunkte, da sie im Gegensatz zu Erwachsenen viel geringere Mengen an Fett besitzen, was das Auffinden und z.B. Durchtrennen von Strukturen um einiges leichter macht. (2)

#### 1.1.5.1 Patientenvorbereitung und Lagerung

Die Einwilligung sowohl für den laparoskopischen Eingriff als auch für den Umstieg auf eine offene Operation muss vorliegen. Es muss sichergestellt werden, dass alle Geräte und Instrumente vorhanden sind, funktionieren und kompatibel sind. Der Insufflator sollte für den benötigten Fluss und Druck präpariert sein und das Display sollte sowohl für den Chirurgen als auch für den Anästhesisten sichtbar und leicht zugänglich sein. Der Elektrokoagulator muss auf die kleinste Stufe eingestellt werden: bei Säuglingen und Kleinkindern sollte man bei der monopolaren Diathermie mit 2,5W starten und stufenweise bis 50W steigern können. Ein konventionelles Laparotomie-Set muss immer griffbereit sein für Notfälle oder wenn eine Umstellung auf die offene Methode notwendig wird. Das Abdomen sollte vorher auf Narben inspiziert und nach vergrößerten Organen wie Leber, Milz oder einer abdominellen Masse abgetastet werden. Weiterhin ist es wichtig, dass die Harnblase leer ist, bevor man die Veressnadel oder den ersten Trokar in den Bauchraum einführt. Der Gebrauch einer nasogastralen Magensonde ist üblicherweise für den Anästhesisten notwendig, erleichtert aber darüberhinaus den Zugang zum und das Arbeiten im Oberbauch. Bei Eingriffen am Kolon hat sich ein routinemäßiger präoperativer Einlauf als vorteilhaft erwiesen. Der Patient muss korrekt positioniert sein, um die sichere Einführung von Veressnadel und Trokaren zu erleichtern und dem Operateur eine angenehme Haltung zu ermöglichen. Darüber hinaus ist eine korrekte Lagerung und Polsterung des Patienten wichtig, um auch bei längeren Operationszeiten Druckschäden zu vermeiden.

Ein Pneumoperitoneum kann auf zwei Arten angelegt werden: entweder mit der geschlossenen Methode, d.h. Blindpunktion mit der Veressnadel oder mit der offenen Hasson-Technik. Zur Insufflation wird meist CO<sub>2</sub> benutzt, da es sicher ist und schnell über die Lunge abgeatmet wird, Verbrennungen während der Elektrokoagulation unterbindet, keine optische Verzerrung hat und preiswert ist.

Sauerstoff oder Raumluft fördern Verbrennungen und können leichter zu einer Gasembolisation führen, ähnlich wie Lachgas. (2)

#### 1.1.5.2 Setzen der Arbeitstrokare und Operationsablauf

Präoperativ sollte eine gute Planung der Trokarposition durchgeführt werden. Position und Anzahl der benötigten Arbeitstrokare hängt ab vom geplanten Eingriff, der Größe des Patienten und dem Vorhandensein von Narben auf der Bauchdecke oder anderen abdominellen Besonderheiten. Die Arbeitstrokare werden am besten auf beiden Seiten und vor dem Teleskop angebracht, um die Hand-Auge-Koordination und die Bedienung der Instrumente zu erleichtern und diese jederzeit im Blickfeld zu haben. Instrumente, die in entgegengesetzter Richtung in den Bauchraum eingeführt werden, erzeugen spiegelbildliche Abbildungen und solche Positionen sollten vermieden werden. Beim Setzen des ersten Trokars ist es empfehlenswert, die Bauchdecke mit einer Hand zu stabilisieren und den Trokar sehr vorsichtig unter kontinuierlichen Drehbewegungen und leichtem Druck einzuführen; der Mittelfinger dient hierbei als „Stop“.

Instrumente zum Knüpfen und Nähen, zur Elektrokoagulation, zum Saugen und Spülen kommen, wie in der Erwachsenen Chirurgie, auch bei Säuglingen und Kleinkindern zum Einsatz, allerdings natürlich in viel kleinerer Ausführung. Meist werden 5 mm-Instrumente benutzt. Im Gegensatz zum Erwachsenen muss auf viel kleinerem Raum z.B. genäht oder geknüpft werden. Der Operateur muss behutsamer mit Gewebe und Instrumenten umgehen, die Gefahr der Verletzung intraabdomineller Strukturen ist höher. Andere Instrumente wiederum, die in der Erwachsenen Chirurgie etabliert sind, gibt es für Säuglinge nicht: Clips stehen nur einzeln zur Verfügung, und Stapler (Nahtmaschinen für z.B. Darmnähte) sind noch nicht in der 5 mm-Ausführung vorhanden. Das bedeutet für den Kinderchirurgen, dass er das intra- und extrakorporale Knüpfen sehr gut beherrschen muss, da es zum Nähen oder zur Blutstillung fast keine andere Möglichkeit gibt. (2)

## 1.2 Trainingsmodelle für die minimal invasive Chirurgie

### 1.2.1 Trainingsmodelle bei Erwachsenen

Das Erlernen der Grundtechniken minimal invasiver Eingriffe wird heutzutage routinemäßig vor allem in der Erwachsenen Chirurgie an verschiedenen Trainingsmodellen geschult. Dabei kommen In-vitro-Modelle (sogenannte Pelvitainer), Tiermodelle sowie virtuelle Simulatoren zum Einsatz.

Das Modell, das für das Training in der laparoskopischen Chirurgie am häufigsten benutzt wird, ist der sogenannte Pelvitainer. Der Operateur kann seine technischen Fähigkeiten hier in einem sicheren und kontrollierten Umfeld steigern. Faktoren wie Zeitdruck im OP oder Angst vor Fehlern fallen hier weg. In verschiedenen Studien wurden solche Pelvitainer entwickelt, um die chirurgischen Basistechniken zu erlernen und zu evaluieren. Hierbei handelt es sich um einen Plexiglaskasten, der mit einer Gummimembran von oben verschlossen wird. Über die Membran können die Trokare eingebracht und die Instrumente in den Kasten eingeführt werden. In den Pelvitainer kann man verschiedene Übungsobjekte (z.B. Klammern, Schaumstofforgane, Tierdarm) hineinlegen, an denen dann bestimmte Techniken erlernt werden können.

Meist beginnt man mit „offenen“ Übungen; dabei wird die Gummiabdeckung abgenommen, und der Operateur hat freie Sicht auf den „Situs“. So kann er sich mit den Instrumenten und deren Handhabung durch die Trokare vertraut machen und die Übungsaufgaben erst einmal im dreidimensionalen Raum angehen. In einer zweiten Stufe wird der Pelvitainer abgedeckt und der Operateur sieht, so wie es hinterher auch am Patienten sein wird, das OP-Gebiet über eine Kamera am Monitor. Hier kommen nun die Schwierigkeiten der Zweidimensionalität und der Hand-Auge-Koordination hinzu. Wenn der Proband sich mit den Instrumenten ausreichend vertraut gemacht hat, beginnt man mit einfachen Übungen wie z.B. dem Nadeltransfer, bei dem jeweils eine Nadel vom rechten ins linke Instrument (Nadelhalter oder Klemme) übergeben wird, oder dem Knoten oder Clippen an Schaumstofforganen. Im nächsten Schritt können einzelne Organe von Tieren (Schwein, Kaninchen) in den Pelvitainer gelegt werden, z.B. Darmabschnitte oder Leber. Operationen wie die Cholezystektomie werden an Tierorganen im Pelvitainer erlernt. Einzelne Schritte und z.T. sogar komplexe „künstliche Operationen“ können so trainiert werden. Es gibt auch die Möglichkeit einer künstlichen Perfusion von Organen im Pelvitainer, um bei Verletzungen Blutungen zu imitieren.

Derossis et al. stellten ein Modell vor, bei dem die Probanden in 7 verschiedenen Übungen u.a. Techniken wie Schneiden, Nähen, extra- und

intrakorporales Knüpfen sowie die Applikation von Clips und Staplern ausführen sollten (11). Eine andere Gruppe entwickelte ein ähnliches Modell speziell für Chirurgen, die schon laparoskopische Erfahrung gesammelt hatten und ihre Fertigkeiten aufrechterhalten und weitertrainieren wollten (55). Sackier et al. konzipierten ein neues Trainingsmodell für die laparoskopische Cholezystektomie, mit dem der junge Chirurg erst einmal seine Hand-Auge-Koordination und andere Techniken erlernen kann, bevor er an das Tiermodell geht (48). Es wurde auch ein Torso mit Gasinsufflation entwickelt, in den Tierorgane integriert werden können, so dass der Proband Eingriffe wie die laparoskopische Cholezystektomie, die Appendektomie, Fundoplicatio und weitere Operationen trainieren kann (64). Heute wird in vielen Kursen schon im Pelvitainer mit perfundierten Organen trainiert (POP-Pelvitainer = permanent organ perfusion).

Häufig ist der Pelvitainer die Vorstufe zum Tiermodell. Das wohl am weitesten verbreitete Tiermodell in der laparoskopischen Chirurgie ist das Schweinmodell; es wird seit vielen Jahren in der Erwachsenenchirurgie angewandt. Böhm und Milsom setzen es als Übungsmodell für laparoskopische Kolektomien ein (3), Watson et al. verwendeten das Schweinmodell für die Gallengangschirurgie (65). Weitere Operationen, die heute zu Übungszwecken am Tiermodell durchgeführt werden, sind beispielsweise die Fundoplicatio (68) und die Nephrektomie (22).

Im Vergleich zum Pelvitainer bietet das In-vivo-Modell einige Vorteile und Besonderheiten: die anatomischen Verhältnisse ähneln dem des Patienten, Blutungen werden sichtbar, d.h. man muss sorgfältiger mit dem Gewebe umgehen, und allgemein können einige Komplikationen auftreten, die dann auch therapiert werden müssen (Blutstillung, Überwachung und Sicherstellung der Kreislaufparameter, Behebung von Narkosezwischenfällen). Daraus ergeben sich Stresssituationen für den Operateur, mit denen er sich, wie im richtigen Leben, auseinandersetzen muss. Leider gibt es für die Kinderchirurgie noch keine standardisierten Modelle, die dem Situs eines Säuglings oder Kleinkindes entsprechen.

Eine andere Möglichkeit des Trainings ergibt sich im Bereich der Computersimulation und „Virtual reality“. Der Begriff „Virtual reality“ wurde in den 80er Jahren durch Jaron Lanier geprägt als „Schnittstelle zwischen Mensch und Computer, die eine realistische Umgebung simuliert und es dem Benutzer gleichzeitig ermöglicht, aktiv daran teilzunehmen“ (16). Das Konzept der Computersimulation im Bereich „Training“ ist nicht neu. Vielleicht am meisten bekannt ist Ihre Verwendung auf dem Gebiet der zivilen und militärischen Luftfahrt. Die seit langem bestehende und erfolgreiche Verwendung von Flugsimulatoren führte dazu, dass diese Technologie auch im Bereich der chirurgischen Ausbildung immer mehr angewandt wird. Dabei kommt sie in folgenden Gebieten zum Einsatz: chirurgisches Training und

Ausbildung, Planung von operativen Eingriffen, Schulung der räumlichen Orientierung und Telechirurgie (16).

Issenberg und andere zeigten, dass Simulatoren ideal sind, um Techniken zu erlernen, bei denen die einzelnen Schritte oft wiederholt werden müssen, und schlugen vor, jeder Chirurg sollte sich, bevor er sich an „echte“ Patienten heranwagt, einem solchen Training unterziehen (25). Es ist wichtig, sich klarzumachen, dass Simulationen nicht komplett identisch zu wirklichen Ereignissen sind; vielmehr soll eine effektive Simulation den Lernenden in „lebensnahe“ Situationen bringen, in denen er gefordert ist, sich den Überblick über ein Problem zu verschaffen, Entscheidungen zu treffen, Aktionen durchzuführen und auf deren Ergebnisse zu reagieren. (17)

Computergenerierte Simulationen für das Training von technischen Fähigkeiten bringen viele Vorteile mit sich: sie erlauben dem Anfänger, an einem „real-life event“ teilzunehmen, ohne dass ein signifikantes Risiko besteht. In einem virtuellen Modell gibt es keinen Patienten, dem Schaden zugefügt werden könnte. Die verschiedenen Übungsschritte können so oft wie nötig wiederholt werden, Verletzungen können gesetzt, Komplikationen ausgelöst werden, ohne dass Konsequenzen entstehen. Wenn genügende Sicherheit in den einzelnen Übungsschritten erlangt ist, können auch komplexe Operationen am Simulator durchgeführt werden. Hierbei soll der Ausführende alle zuvor erlernten Fähigkeiten anwenden, wie z.B. die chirurgischen Basistechniken, das Verständnis für die anatomischen Verhältnisse und deren Beziehungen zueinander, Instrumenten-Feedback durch Interaktion mit dem virtuellen Gewebe sowie die räumliche Orientierung im Operationsfeld.

Ein anderer Gesichtspunkt, der den Einsatz von Trainingsmodellen auf dem Gebiet des chirurgischen Trainings sinnvoll erscheinen lässt, hängt zusammen mit dem sog. „Yerkes-Dodson-Gesetz“: zu Beginn des 20. Jahrhunderts konnten diese beiden Wissenschaftler den Zusammenhang zwischen Stress einerseits und effektivem Lernen andererseits aufzeigen. Hierbei zeigte sich, dass der optimale Lerneffekt unter moderatem Stress zustande kommt, während hoher Stress, wie er im Operationssaal vorkommt (z.B. zeitliche Begrenzung des Eingriffs, technische Schwierigkeiten, Komplikationen, Sorgen um den Patienten, Mängel bei den Gerätschaften, interpersonelle Probleme, Telefongespräche von Station etc.), aber auch zu wenig Stress den zu erreichenden Lerneffekt vermindern. In den verschiedenen Modellen kann man die chirurgischen Basistechniken unter dem Einfluss von moderatem Stress optimal erlernen, und wäre somit für die Operation am „echten Patienten“ besser vorbereitet. Darüber hinaus böte dann der Operationssaal eine bessere Lernsituation, da man (durch die gute Vorbereitung) jetzt weniger unter Stress steht und einen höheren Nutzen aus dieser Situation ziehen kann (gemäß Yerkes-Dodson-Gesetz).

Obwohl Computersimulation und Virtual reality vielversprechende Ansätze für die Zukunft aufweisen, müssen die Systeme, die heute angeboten werden, noch stark weiterentwickelt und verfeinert werden; dies wird ermöglicht durch immer bessere und leistungsfähigere Computer, so dass in nächster Zeit auf diesem Gebiet einiges zu erwarten ist. (19,51) Rosser schlägt noch eine andere Trainingsmöglichkeit für Chirurgen vor: interaktive Programme auf CD-ROM, in denen Texte, Animationen, Fotos, Videos und sprachgesteuerte Anweisungen miteinander kombiniert werden. Solche Programme sind eine optimale Ergänzung zu den traditionellen Trainingsmethoden, und darüber hinaus könnte man auf diese Weise relativ preisgünstig vielen Chirurgen Wissen vermitteln. (46)

Dennoch wird für die Computersimulation die größte Herausforderung die Simulation mit dem Tastsinn beim Umgang mit dem Gewebe sein. Hier überwiegen zur Zeit der Vorteil des Pelvitainers und des Tiermodells.

### 1.2.2 Lernkurven

Im Zuge der Weiterentwicklung der minimal invasiven Chirurgie hat unter anderem ein Aspekt immer mehr Beachtung gefunden: wie sieht die Lernkurve eines Chirurgen aus? Eine Lernkurve ist eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen der Sachkenntnis in einem Verfahren und einer Variablen, meist ein Wert von klinischem Interesse, wie z.B. die Operationszeit. Viele Studien haben ganz allgemein gezeigt, dass mit steigender Erfahrung sowohl die OP-Zeit als auch die Komplikations- und Konversionsrate (intraoperativer Wechsel vom laparoskopischen zum offenen Verfahren) sinken (5, 10, 12, 20, 24, 37, 57).

Betrachtet man Lernkurven im Hinblick auf chirurgisches Training, so ergeben sich 3 signifikante Merkmale:

Die übliche Form der chirurgischen Lernkurve ist mit der Lernkurve für den Erwerb allgemeiner motorischer Fähigkeiten zu vergleichen. Ein etabliertes Charakteristikum dieser Kurven ist, dass eine Verbesserung der Fähigkeiten schneller in der Anfangsphase stattfindet, also zu einem Zeitpunkt, an dem der Proband noch wenig Erfahrung mit dem Verfahren hat. Folglich ist der Anfangsteil der Lernkurve steil. Je mehr Routine der Proband erlangt, desto flacher wird auch die Kurve, und die Fortschritte sind nicht mehr so klar zu sehen. Das bedeutet, dass man mit relativ wenigen Übungseinheiten seine Fähigkeiten schon sichtbar verbessern kann. Die Kurven für die OP-Zeit und die Komplikationsrate verlaufen ähnlich.

Die Form der Lernkurve variiert für jeden einzelnen Probanden und jede Aufgabenstellung. Einflussgrößen der Lernkurve sind Veränderungen im Umfeld, z.B. Wechsel von Instrumenten, andere Größenverhältnisse, andere Umgebung und unterschiedliche Stressfaktoren. Hieraus können sich akute Schwankungen in der Lernkurve ergeben. Mit wachsender Vertrautheit mit den Einflussfaktoren steigt das Selbstvertrauen und somit kann die OP in kürzerer Zeit und mit weniger Komplikationen durchgeführt werden.

All diese Aspekte sollten berücksichtigt werden bei der Planung von Kursen. (45). Lekawa et al. zeigten, dass es beim Erlernen von minimal invasiven Techniken keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernkurven von erfahrenen und denen von unerfahrenen Chirurgen gibt und dass OP-Zeiten, Komplikations- und Konversionsraten sowie Dauer des stationären Aufenthaltes in beiden Gruppen vergleichbare Werte ergaben. Ein Vorteil für junge Chirurgen mag eine bessere Hand-Auge-Koordination sein, eine Fähigkeit, die auch aus der Vertrautheit und dem selbstverständlichen Umgang der jüngeren Generation mit Computer- und Videospiele erwächst. (33)

Die Lernkurven von minimal-invasiven Eingriffen bei Säuglingen sind aufgrund der geringen Fallzahlen und der fehlenden Trainingsmöglichkeiten weitestgehend unbekannt.

### 1.2.3 Trainingsmodelle bei Kindern

Bei Säuglingen und Kleinkindern ist in den letzten Jahren die Anzahl der technisch anspruchsvollen Eingriffe in der minimal invasiven Chirurgie rasch angestiegen. Diese speziellen, sehr schwierigen Eingriffe haben aber erfahrungsgemäß eine längere Lernkurve und gerade bei diesen Eingriffen ist jedoch die Patientenzahl sehr gering. Daher wird besonders in diesem Bereich ein Training außerhalb des OPs notwendig. Durch die langjährige erfolgreiche Anwendung der Laparoskopie in der Erwachsenen Chirurgie steigt der Druck auf die Kinderchirurgen, dieses Verfahren auch bei den Kleinsten zu etablieren. In Deutschland gab es bis vor kurzem noch keinen Laparoskopiekurs, der mit Modellen mit angepasstem Situs eines Säuglings oder Kleinkindes arbeitet, und so speziell Kinderchirurgen anspricht. Der erste Kurs mit Kaninchen-Modellen erfolgte 2005 in Tuttlingen.

Kellnar et al. entwickelten ein Trainingskonzept für die Behandlung von tracheo-ösophagealen Malformationen bei Frühgeborenen: sie führten thorakoskopische und laparoskopische Operationen an Ratten durch, um herauszufinden, ob man durch adäquates Training minimal invasive Eingriffe auch auf engstem Raum erlernen und anwenden kann (27). Leider hat sich dieses Modell nicht durchsetzen können, da es zu klein und sehr anfällig für Störfaktoren war. Eine andere Möglichkeit ist das Kaninchenmodell, welches in



einer Arbeitsgruppe um H. Till erforscht wurde. Die Bauchhöhle dieser weißen New Zealand-Kaninchen, die auch in unserer Studie Verwendung fanden, hat in etwa ein Volumen von 580 ml, der Thorax von ca. 250 ml, was vergleichbar mit den entsprechenden Maßen beim Neugeborenen ist. Verschiedene relevante Eingriffe wurden am Kaninchen durchgeführt, darunter die Gastrostomie, Kolostomie, Darm- und Lungenbiopsien sowie Anastomosen des Ösophagus (29).

### 1.3 Fragestellung

Seit Ende der 70er Jahre werden laparoskopische Operationen an Kindern und Säuglingen durchgeführt. Die weltweit am häufigsten durchgeführten Eingriffe sind die Appendektomie, die diagnostische Laparoskopie zur Abklärung unklarer Abdominalbeschwerden und zur Inspektion des inneren Genitale, die Kryptorchismusbehandlung, die Fundoplicatio, die Adhäsiolyse sowie die Thorakoskopie (52). Die minimal invasive Chirurgie bietet sich, wie auch bei den Erwachsenen, wegen des kleineren operativen Traumas, der geringeren postoperativen Komplikationsrate sowie der schnelleren postoperativen Erholung an. Weitere Vorteile sind der Lupeneffekt der Optiken und die Vergrößerung durch die Videoaufzeichnung sowie die exzellente Ausleuchtung und Übersicht im Abdomen (63).

In der Erwachsenen Chirurgie hat die minimal invasive Chirurgie einen festen Stellenwert und findet ihre Anwendung in jeder allgemeinchirurgischen oder viszeralchirurgischen Abteilung. In der Kinderchirurgie gibt es nur wenige Zentren, die über die kleinen Basiseingriffe hinaus laparoskopische Eingriffe durchführen können.

Leider fehlen bislang Trainingsmöglichkeiten speziell für Kinderchirurgen, da ein dem Schweinmodell in der Erwachsenen Chirurgie vergleichbares Modell noch nicht etabliert ist. Die Fallzahlen in der Kinderchirurgie sind klein, die technischen Anforderungen jedoch sehr hoch. Eine praktische Ausbildung ist jedoch notwendig, bevor der Operateur an den kleinen Patienten tritt. Die Diskrepanz zwischen Operationszahlen und benötigter Erfahrung und Übung zeigt die Notwendigkeit eines strukturierten Trainingsmodells für kinderchirurgische minimal invasive Eingriffe. Im Rahmen der Suche nach möglichen Trainingsmodellen entstand diese Doktorarbeit. Das In-vivo-Modell (Kaninchen) soll mit dem In-vitro-Modell (Pelvitainer) verglichen werden, um mögliche Trainingscurricula zu finden.

Tiermodelle stehen immer wieder in der Diskussion über Ethik und Vertretbarkeit. Es gibt einige Länder, darunter z.B. Großbritannien, in denen solche Tiermodelle nicht genehmigt sind. Es gilt herauszufinden, ob der Nutzen,

den das In-vivo-Modell für die spätere Anwendung der Methode am Patienten bringt, die ethischen Bedenken aufwiegt. Es stellt sich die Frage, inwieweit Kinderchirurgen in Ausbildung typische kinderchirurgische laparoskopische Operationen am angepassten Pelvitainer bzw. Tiermodell erlernen können. Ist das Tiermodell ethisch gerechtfertigt? Welche Arbeitsschritte lassen sich sinnvoll in den Modellen verbessern?

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Probanden

Für die Teilnahme an diesem Versuch wurden aus dem Pool der kinderchirurgischen Assistenten aus Münchner Kinderkliniken Operateure mit geringer bis keiner Erfahrung in der minimal invasiven Chirurgie ausgesucht. Geplant war eine Randomisierung der Teilnehmer in zwei Gruppen zu je sechs Personen. Eine Gruppe sollte am Pelvitainer, die andere am Tiermodell trainieren.

### 2.2 Versuchstiere

Die Probanden führen ihre operativen Eingriffe an weiblichen, erwachsenen weißen New Zealand-Kaninchen durch. Ein Ethikantrag für die Durchführung dieser Versuche lag vor.

Für die Narkose wird eine im Hause etablierte Methode angewandt. Die Tiere erhalten als Prämedikation 10 mg Diazepam-Lipuro s.c. ca. 1 Stunde vor dem Eingriff. Zur Narkoseeinleitung wird zunächst 0,5 mg Atropin intramuskulär zur Verhinderung einer Hypersalivation gegeben. Zur Analgosedierung werden 20 mg/kg KG Ketanest sowie 5 mg/kg KG Dormicum intramuskulär verabreicht. Es erfolgt eine zusätzliche Gabe von 0,2 mg/kg KG Medetomidin (Domitor®). In tiefer Analgosedierung und spontan atmend wird das Kaninchen in Rückenlage auf dem Operationstisch fixiert und an Bauch, Hals und rechtem Oberarm geschoren. Zur Ableitung des EKG werden Nadelelektroden angebracht. Mittels eines Pulsoxymeters am rechten Oberarm kann die Sauerstoffsättigung gemessen werden. Es wird durch eine Venae sectio ein zentraler Venenkatheter in die Vena iugularis interna eingebracht und mit einer Ligatur fixiert. Darüber wird ein Dauertropf mit einer Kombination von 50 mg Ketanest und 10 mg Dormicum aufgelöst in 50 ml NaCl 0,9% mit einer Laufgeschwindigkeit adaptiert an die Tiefe der Analgosedierung bzw. der Narkose verabreicht. Anschließend erfolgt die cervicale Tracheotomie und das Einbringen eines Tubus der Größe 4,0, welcher mit einer Naht (Ethibond 2/0) fixiert wird. Dann kann das Tier über ein Beatmungsgerät (Baby-Log) kontrolliert beatmet werden.

### 2.3 Instrumente und Geräte für die minimal invasive Chirurgie

Nach drei Vorversuchen wurde der Aufbau der Einheit für die minimal invasive Chirurgie am Kaninchen zur optimalen Durchführung der Eingriffe festgelegt.

### 2.3.1 Instrumente

Folgende Instrumente werden in unserer Studie verwendet:

#### Laparoskopische Dissektionsklemme

(Dufner 27973-01: MICTEC Dissektionsklemme gebogen, ohne Sperre, Y-Griff, Ø 2,7 mm, Arbeitslänge 135 mm)

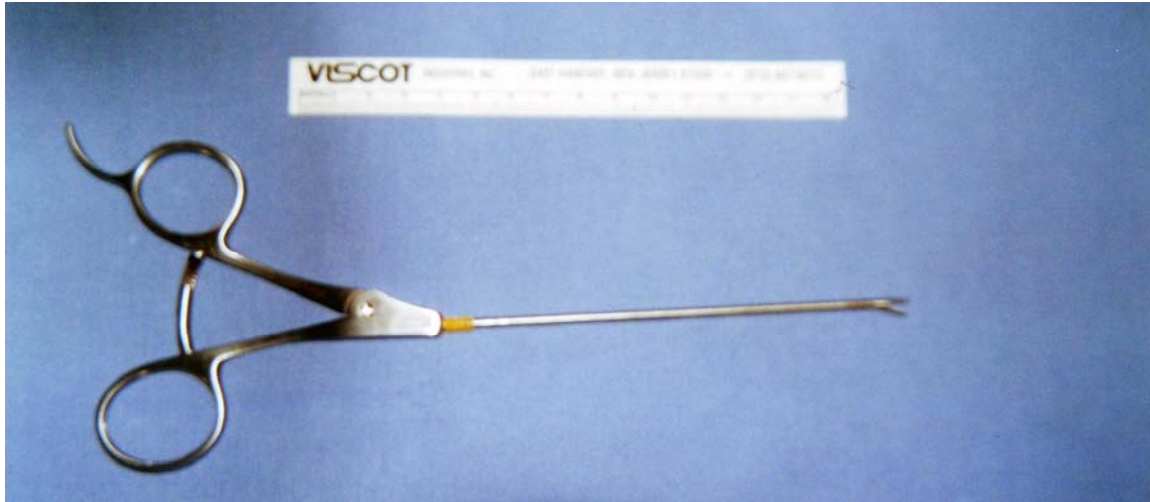


Abb. 1: Laparoskopische Dissektionsklemme

#### Laparoskopische Schere

(Dufner 27975-01: MICTEC Schere gerade mit Y-Griff, Ø 2,7 mm, Arbeitslänge 135 mm)

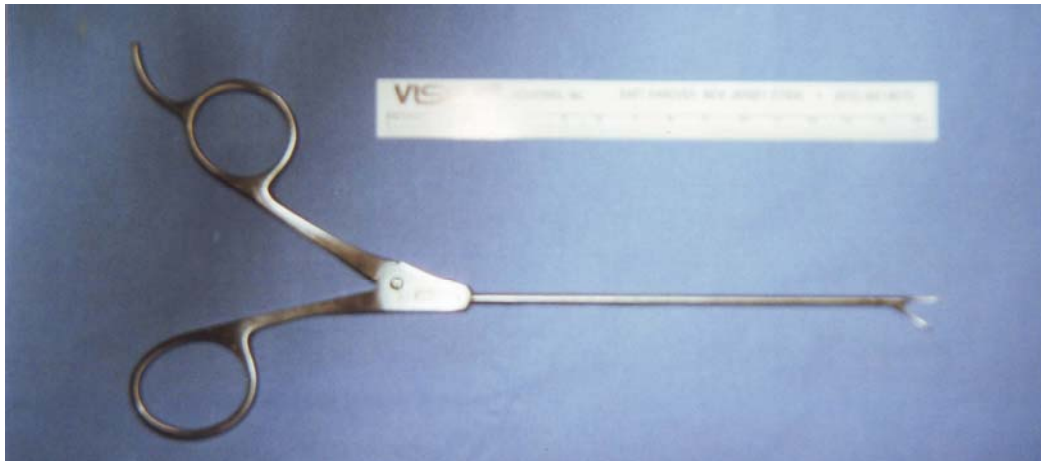


Abb. 2: Laparoskopische Schere

### Laparoskopischer Nadelhalter

(Dufner 27968-05: MICTEC DIRONDAL Nadelhalter Top dur gerade mit Hegarsperre, Ø 2,7 mm, Arbeitslänge 135 mm)

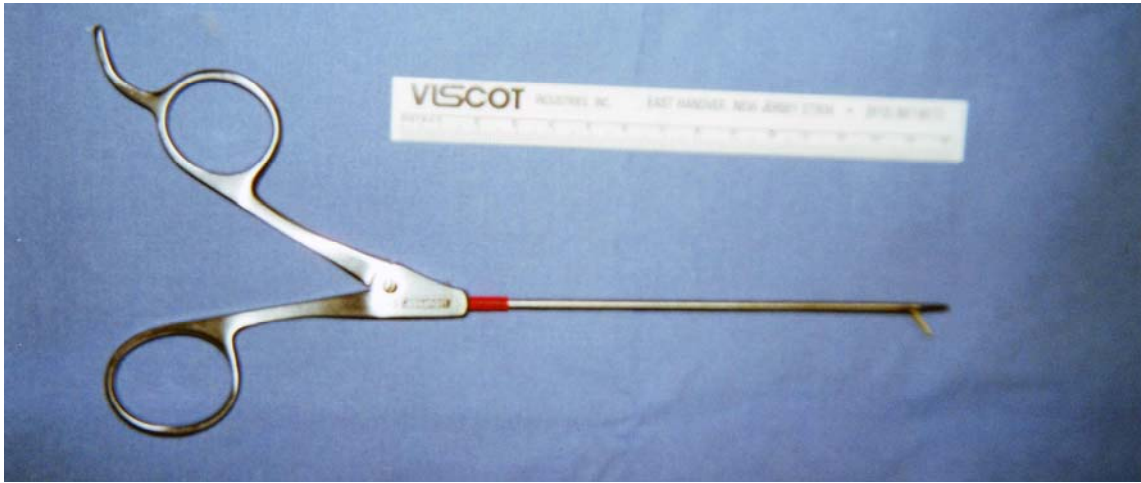


Abb. 3: Laparoskopischer Nadelhalter

### Arbeitsstrokare

(Dufner 27913-18: Trokarset stumpf mit Klappenventil, ohne Insufflationshahn, Ø 3 mm, Arbeitslänge 30 mm mit Metallgewindehülse)

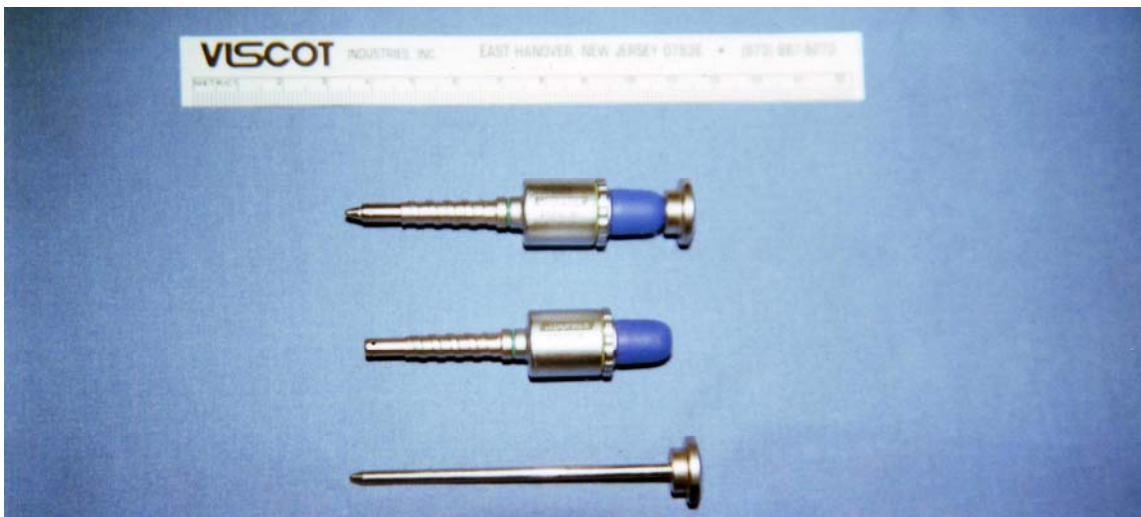


Abb. 4: Arbeitsstrokare

Funktionstrokar 5mm (Ethicon: Endopath)



Abb. 5: Funktionstrokar (5mm)

Optik 5mm (ohne Abbildung)

### 2.3.2 Technik-Einheit

Die Laparoskopie-Einheit setzt sich aus folgenden Geräten zusammen:

- SONY-Bildschirm
- Insufflator mit CO<sub>2</sub>-Flasche (Dufner)
- Lichtquelle (Dufner 55040-00: DIROLIGHT FS 10)
- Lichtleitkabel
- Kamera (Olympus)
- Videogerät



Abb. 6: Beatmungsgerät und Monitoring





Abb. 7: Laparoskopie-Einheit

#### 2.4 Modifizierte Pelvitainer

Für unsere Studie modifizierten wir einen Pelvitainer der Firma Ethicon, indem die Plexiglasabdeckung durch eine weiche Gummimatte ausgetauscht wurde. Dadurch erreichten wir eine realistischere Nachahmung der Bauchdecke. Die drei Trokare wurden in gleichem Abstand wie im Tiermodell in die Gummimatte eingebracht; zusätzlich wurden mit Hilfe von zwei zusätzlichen Korkplatten der Raum des Pelvitainers verkleinert, um die Arbeitsfläche etwas zu erhöhen und um einen kleineren Arbeitsraum entsprechend dem Tiermodell zu schaffen.



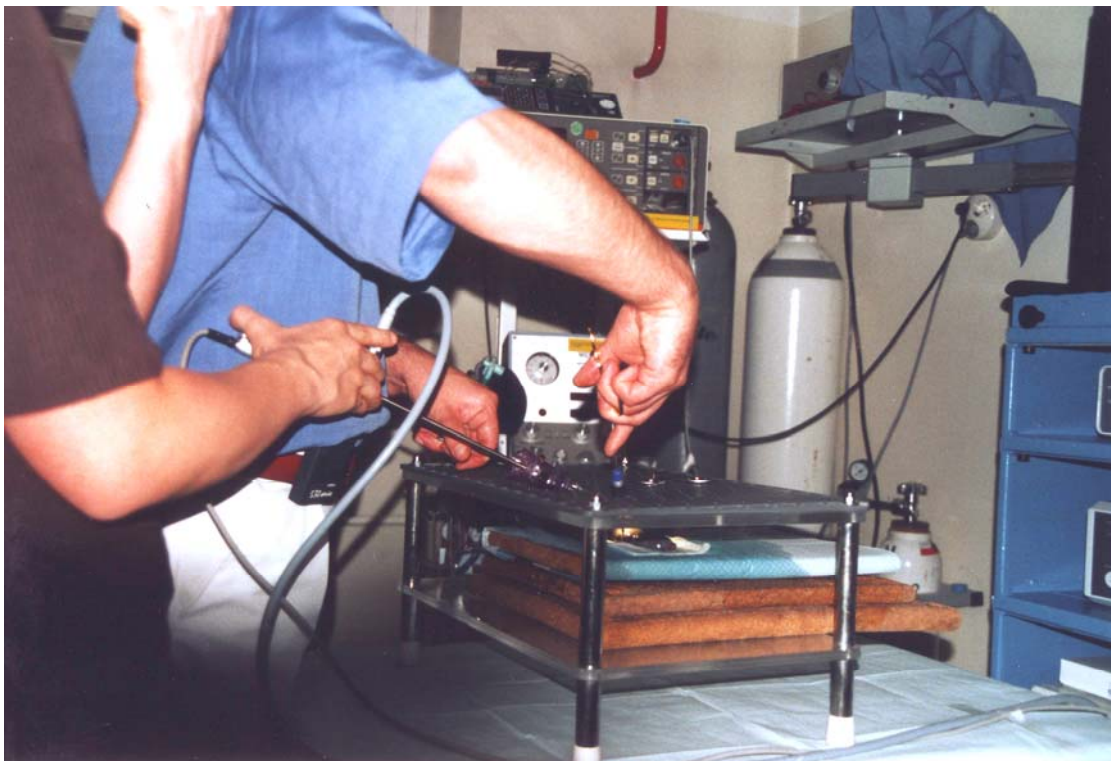
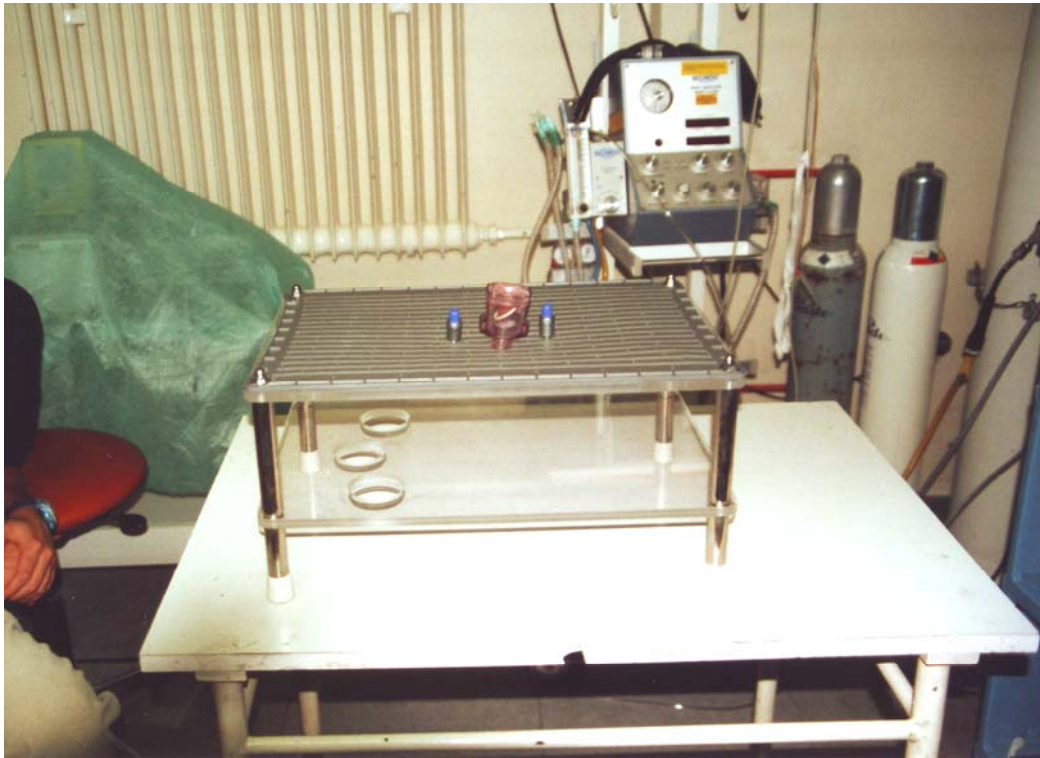


Abb. 8+9: Der modifizierte Pelvitainer

## 2.5 Vorbereitungen

### 2.5.1 Lehrvideo

Im Rahmen der Vorbereitungen wurde ein ca. dreiminütiges Lehrvideo über den zu erlernenden Eingriff erstellt. In den Vorversuchen zur Studie wurde das Video der Operation mit allen festgelegten Schritten mit Textangaben zu einem Lehrvideo geschnitten. Die einzelnen darauf abgebildeten Operationsschritte sind:

- Fassen und Schneiden
- Durchstechen der Nadel durch die Bauchdecke
- Fassen und Positionieren der Nadel
- Naht
- Abschneiden und Ausstechen

Dieses Video sollte den Probanden einmal vor den Trainingsoperationen am Pelvitainer gezeigt werden. Dazu wird ein standardisierter Text vorgelesen, der kurze Erläuterungen zu den dargestellten Schritten enthält. Zu diesem Zeitpunkt wissen die Probanden noch nicht, welcher Gruppe sie zugeteilt werden. Das Video wird allen Probanden als endgültige Operation am Kaninchen vorgestellt. Vor Beginn der Eingriffe an Pelvitainer oder Tiermodell sollte den Probanden das Video erneut gezeigt werden.

### 2.5.2 Qualitätsindex

Zur Beurteilung der Qualität des durchgeführten Eingriffs wurde vor Beginn der Studie ein Index erarbeitet. In diesen Index gehen alle wichtigen Komplikationen, Kriterien der Naht und erfolgreichen Biopsie mit einer entsprechenden Punktegewichtung ein. Im Einzelnen sind dies: Perforation, Begleitverletzung und Gewebetrauma (d.h. wie oft der Darm angefasst wird, bevor geschnitten oder genäht wird), Ausreißen der Naht, lockerer Knoten, Umfassen der Nadel und Zeit für die Naht, sowie eine erfolgreiche Biopsie. Die Perforation, die Zeit für die Naht sowie die Biopsie wurden als wichtigste Parameter mit den höchsten Punktzahlen (d.h. jeweils 20 Punkte) bewertet werden, insgesamt können maximal 100 Punkte erreicht werden.

Der Qualitätsindex wurde in Zusammenarbeit mit einem Experten auf dem Gebiet der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern erstellt. Die Ausgewogenheit der Faktoren, die notwendig sind, um die Qualität der Naht und die Komplikationen der Darmbiopsie zu beurteilen, sowie die Bewertung jedes einzelnen Faktors wurden sorgfältig herausgearbeitet.

Der Qualitätsindex sollte vor Beginn der Studie durch Operationen von Experten in der minimal invasiven Chirurgie getestet werden, sowie die Auswertung von Videos von Probanden zusätzlich von anderen Testpersonen (unabhängige Kinderchirurgen) überprüft werden.

Nach Abschluss der Versuche sollten die einzelnen Videos von zwei Beobachtern anhand des Qualitätsindex ausgewertet werden (s. 2.9).

Folgende Tabellen zeigen den Qualitätsindex im Detail:

## KOMPLIKATIONEN

<b>Perforation</b>	Nein = 20 Ja = 0
<b>Begleitverletzungen</b>	Nein = 8 Ja = 0
<b>Gewebetrauma</b>	Nein = 8 Mäßig = 4 Ja = 0

## NAHT

<b>Ausreißen der Naht</b>	Nein = 8 Ja = 0
<b>Lockerer Knoten</b>	Nein = 8 Ja = 0
<b>Umfassen der Nadel</b>	0-2 x = 8 3-4 x = 4 5 x = 0
<b>Zeit für die Naht</b>	< 6 min = 20 7-10 min = 10 > 10 min = 0

Tab. 1: Qualitätsindex zur Beurteilung der Qualität der durchgeführten Darmbiopsie

### 2.5.3 Fragebögen für die Probanden

Nach der Begrüßung der Probanden sollte ein Fragebogen ausgeteilt werden, der die bisherigen Erfahrungen mit der Laparoskopie, die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten sowie ihre Erwartungen an die Studie abfragt. Am Ende der Versuchsreihe sollte erneut eine Umfrage erfolgen. Die Fragebögen sind im Anhang aufgeführt.

## 2.6 Studiendesign

Folgendes Studiendesign wurde für die Durchführung festgelegt:

- Abschnitt 1: Fragebögen  
Lehrvideo  
Eingangstest (Grundübungen am Pelvitainer)  
Einteilung in die Gruppen
- Abschnitt 2: Lehrvideo (Wiederholung)  
Kolonbiopsie am Tier bzw. Pelvitainer (8 Übungeingriffe)
- Abschnitt 3: Abschlußoperation
- Abschnitt 4: Fragebögen  
Wiederholung des Eingangstests

## 2.7 Eingangstest am Pelvitainer

Die Probanden erhalten anhand des Lehrvideos eine Einführung in die Operationsschritte. Dann werden nach jeweiliger kurzer Erklärung einzeln am Pelvitainer folgende Grundübungen absolviert.

### 2.7.1 Greifübung

Zur Abfrage des Umgangs mit der Faszange und dem Nadelhalter und Nadel wird zunächst eine Greifübung durchgeführt. 10 Nadeln sollen nacheinander aus dem einen Gefäß mit dem Nadelhalter aufgenommen werden, anschließend auf

die Fasszange übergeben und schließlich in ein zweites Gefäß abgelegt werden. Die Übung wird für drei Minuten durchgeführt, und die in dieser Zeit korrekt transportierten Nadeln werden per Videoauswertung gezählt.

### 2.7.2 Schachtelübung

Zur Erfassung der räumlichen Orientierung und Geschicklichkeit wird dann dem Probanden eine Streichholzschachtel vorgelegt, die er mittels Nadelhalter und Fasszange öffnen soll, das sich darin befindliche Streichholz mit der Fasszange herausholen und in ein Gefäß ablegen soll. Danach soll er die Streichholzschachtel schließen, anschließend die Schachtel erneut öffnen, das Streichholz hineinlegen und die Schachtel wieder schließen. Die dazu benötigte Zeit wird jeweils gestoppt.

### 2.7.3 Nahtübung

Zur Abfrage der intrakorporalen Nahttechnik erfolgt die nächste Übung an einem Schaumstoffstreifen, an dem mit 5/0-Prolene-Fäden Einzelknopf-Nähte durchgeführt werden sollen. Die Probanden haben 12 Minuten Zeit, um so viele Nähte wie möglich zu machen, wobei eine komplette Naht aus 3 übereinandergesetzten Knoten bestehen soll. Hinterher wird per Videoauswertung die Anzahl und Festigkeit der fertiggestellten Nähte sowie die Frequenz von Fassen und Positionieren der Nadel bestimmt.

Nachdem die Probanden diese Grundübungen absolviert haben, wird ihnen mitgeteilt, ob sie in die Tiermodell- oder in die Pelvitruainergruppe eingeteilt worden sind. Am jeweiligen Modell sollen sie nun den geforderten Eingriff, wie er im Lehrvideo gezeigt wurde, üben und diesen am Ende alle als Test-Operation am Kaninchen durchführen.

## 2.8 Ablauf der Übungsoperationen (Kolonbiopsie)

### 2.8.1 Operationen am Tier

Bei dem narkotisierten Kaninchen werden unter Monitoring der Vitalparameter zunächst die letzten Operationsvorbereitungen getroffen: im mittleren Unterbauch wird mit einem Skalpell der Größe 11 ein kleiner Hautschnitt gesetzt, durch den ein 5 mm-Funktionstrokare der Firma Ethicon („Endopath“) in die Bauchhöhle eingeführt wird. Um ein Leck zu vermeiden, wird der Trokar mit einer Ethibond 2/0-Naht fixiert. Darüber kann jetzt CO<sub>2</sub> zum Anlegen eines Pneumoperitoneums insuffliert werden; der intraabdominelle Druck wird während der Dauer der Operation konstant auf 8 mmHg gehalten. Anschließend wird eine 5 mm-Optik (Olympus) in den Trokar eingeführt, und dann kann unter laparoskopischer Sicht jeweils ein 3 mm-Arbeitstrokare der Firma Dufner über einen kleinen Hautschnitt im rechten bzw. linken Unterbauch eingebracht werden; auch diese werden durch eine Ethibond 2/0-Annahnaht fixiert. Jetzt ist die Ausgangsposition für den Eingriff geschaffen und die Probanden können mit der laparoskopischen Kolonbiopsie beginnen: in den rechten Arbeitstrokare wird die Schere, in den linken die Faszange eingeführt. An einem geeigneten Stück Dickdarm wird nun die Serosa mit der Faszange, möglichst ohne wiederholtes Anfassen, angehoben und mit der Schere von der Mucosa abgetrennt. Dabei soll darauf geachtet werden, den Darm nicht zu eröffnen und die Größe der Biopsie so zu wählen, dass der Defekt hinterher mit einer Einzelnaht suffizient verschlossen werden kann. Die Faszange wird dann aus dem Trokar gezogen und die geborgene Biopsie in einem Reaktionsgefäß zur späteren Beurteilung verwahrt. Nun wird die Schere rechts durch einen Nadelhalter ersetzt, die Faszange links wieder eingeführt. Der Springer sticht jetzt die Nadel unter laparoskopischer Sicht durch die Bauchdecke ein; dabei sollen die epigastrischen Gefäße möglichst geschont werden. Der Operateur nimmt die Nadel mit dem Nadelhalter auf und bringt sie anschließend mit beiden Instrumenten in die richtige Position. Dann wird ein Rand des Defektes mit der Faszange angehoben und mit der Nadel durchstoßen, ebenso wird mit dem anderen Rand verfahren. Verschlossen wird der Defekt nun durch eine Einzelknopfnahnaht, bestehend aus drei intrakorporal geknüpften Knoten. Während des gesamten Vorgangs muss darauf geachtet werden, die Nadel nur unter Sicht zu führen und nicht etwa Darm, andere Organe oder Gefäße zu verletzen. Nach Beendigung der Naht wird der Nadelhalter wieder durch die Schere ersetzt, die Nadel abgeschnitten und mit dem erneut eingeführten Nadelhalter durch die Bauchwand (wieder unter Berücksichtigung der Gefäßsituation) ausgestochen. Hierbei soll auch das Peritoneum möglichst schonend behandelt werden. Der Restfaden wird zum Schluss noch abgeschnitten und über den rechten Trokar ausgeführt.

Folgende Abbildung zeigt ein für den Eingriff vorbereitetes Tier:



Abb. 10: Für den Eingriff vorbereitetes Tier

### 2.8.2 Operation am Pelvitainer

Nach Beendigung der Eingriffe am Tiermodell wird das Kaninchen eingeschläfert und mittels Laparotomie ein etwa 15 cm langes Stück Dickdarm entnommen. Dieses wird in den modifizierten Pelvitainer gelegt, so dass die Probanden der Pelvitainergruppe ihre Eingriffe durchführen können. Der Ablauf des Eingriffes ist mit dem oben beschriebenen Ablauf identisch.

Die folgende Abbildung zeigt die Naht im Pelvitainer:

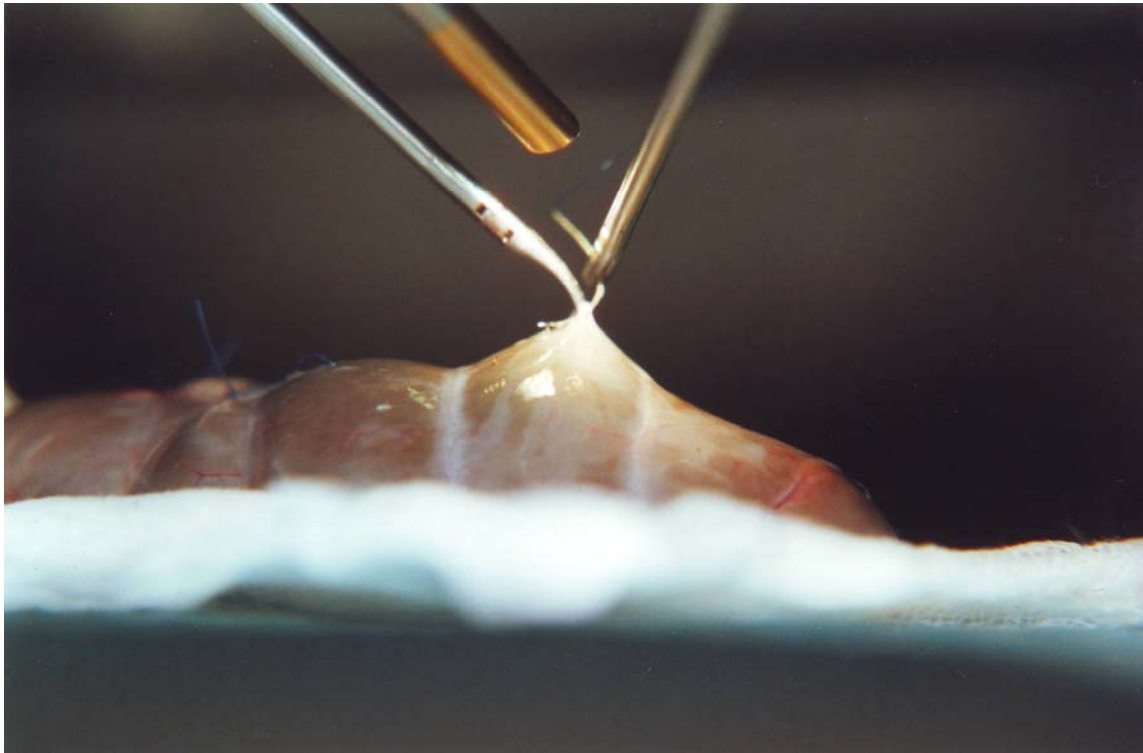


Abb. 11: Naht im Pelvitainer

## 2.9 Abschlussoperation am Tier

Nach den 8 Übungseingriffen sollten die Probanden beider Gruppen jeweils eine Abschlußoperation am Tiermodell durchführen. Auch hierbei wurden sie wieder nach dem Qualitätsindex beurteilt und die benötigte Zeit wurde gestoppt.

## 2.10 Wiederholung des Eingangstests

Am Ende des Trainingsabschnittes sollen die Grundübungen (siehe 2.7) in derselben Art und Weise nochmals durchgeführt werden, um erfassen zu können, inwieweit sich die Probanden in den Basistechniken verbessert haben. Die Ergebnisse „vorher“/ „nachher“ sollen verglichen werden.



## 2.11 Organisatorischer Ablauf der Studie

Die gesamte Studie wurde in zwei Blöcken zu je sechs Versuchstagen durchgeführt. Der erste Block umfasste die Zeit vom 12.06.01 bis zum 03.07.01, der zweite die Zeit vom 10.07.01 bis zum 26.07.01. Die Versuchstage wurden so geplant, dass zunächst 3 Probanden aus der Tiermodell-Gruppe ihre Eingriffe durchführten (Dauer jeweils ca. 20 Minuten). Danach wurde das Tier mit Kaliumchlorid eingeschlafert und laparotomiert. Sowohl das schon bearbeitete Stück Darm als auch ein ca. 15 cm langes neues Stück wurden entnommen. Letzteres wurde an beiden Enden mit einer Vicryl-Naht verschlossen, in den Pelvitainer gelegt und ab und zu mit Natriumchlorid angefeuchtet. Dann kamen 3 Probanden der Pelvitainer-Gruppe, um ihre Eingriffe durchzuführen. Am Ende der Versuche wurden die Nähte an beiden Darmstücken auf ihre Dichtigkeit hin überprüft und die Knotenfestigkeit bewertet. Alle Eingriffe wurden auf Videokassetten aufgezeichnet und am Ende der Testreihe ausgewertet.

## 2.12 Videoauswertung

Nach Abschluss der Studie sollen die Eingriffe, die alle auf Videokassetten aufgezeichnet werden, von unabhängigen Beobachtern ausgewertet werden. Zum einen wird dabei die für die Gesamtoperation sowie die für die Naht benötigte Zeit registriert, zum anderen werden anhand des oben genannten Qualitätsindex die evtl. aufgetretenen Komplikationen erfasst und in einen Punktwert umgewandelt.

## 2.13 Material

### Modelle

- weisse New Zealand-Kaninchen
- modifizierter Pelvitainer (Ethicon) mit Gummimatte und zwei Korkplatten

## Instrumente

- Schere kräftig
- Schere fein
- Mikroschere
- Pinzette chirurgisch
- Pinzette anatomisch
- Wundspreizer
- Overhold fein
- Skalpell (11)
- Verress-Nadel
- Laparoskopische Schere (Dufner)
- Laparoskopische Faszange (Dufner)
- Laparoskopischer Nadelhalter (Dufner)
- Trokar 5 mm „Endopath“ (Ethicon)
- Trokare 2,7 mm (Dufner)
- Tubus Größe 4,0
- Zentralvenöser Katheter

## Nahtmaterial

- Ligaturen (Vicryl)
- Annähte (Ethibond 2/0)
- Fäden (Prolene 5/0)

## Medikamente

- Diazepam-Lipuro
- Medetomidin (Domitor)
- Dormicum
- Atropin
- Ketanest
- Kaliumchlorid
- Natriumchlorid

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Probanden

An unserer Studie nahmen 12 kinderchirurgische Assistenten (5 weiblich, 7 männlich) unterschiedlichen Ausbildungsstandes teil, darunter 3 Ärzte im Praktikum, 8 Assistenzärzte und 1 Facharzt. Die Probanden waren zwischen 25 und 40 Jahre alt und hatten alle noch wenig Erfahrung mit der minimal invasiven Chirurgie. Sie wurden randomisiert in 2 Gruppen zu je 6 Personen eingeteilt. Ziel war das Erlernen einer laparoskopischen Darmbiopsie in einem Trainingsprogramm. Die Trainingseingriffe sollten in zwei verschiedenen Säuglingsmodellen, d.h. unter beengten räumlichen Bedingungen erfolgen. Gruppe 1 hat an einem modifizierten Pelvitainer, Gruppe 2 am Tiermodell trainiert. Anschließend sollte die Umsetzung der erlernten Fähigkeiten in einem in-vivo-Eingriff überprüft werden.

#### 3.2 Fragebögen zu Beginn der Studie

Vor Beginn der Versuche erhielt jeder Proband einen Fragebogen, der die bisherigen Erfahrungen mit der minimal invasiven Chirurgie, die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten diesbezüglich sowie die Erwartungen an die Studie abfragte. Folgende Ergebnisse konnten aus den Antworten ausgewertet werden.

Die Selbsteinschätzung der Erfahrung in den unterschiedlichen Tätigkeiten in der minimal invasiven Chirurgie ist in Tabelle 2 dargestellt. Die meiste Erfahrung wurde im Bereich der Kameraassistent und 1.Assistenz angegeben.

Erfahrung in der MIC als ...	n =
als Kameraassistent	9
als 1. Assistent	6
als Operateur unter Aufsicht	3
als selbständiger Operateur	0
gar keine Erfahrungen	3

Tab. 2: Einschätzung der Erfahrung in der MIC

Die Einschätzung der höchsten Sicherheit in den unterschiedlichen Tätigkeiten der minimal invasiven Chirurgie war ebenfalls im Bereich Kameraassistent und 1.Assistenz am besten. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Inwieweit fühlen Sie sich in diesen Tätigkeiten sicher ...	n =
als Kameraassistent	9
als 1. Assistent	6
als Operateur unter Aufsicht	3
als selbständiger Operateur	0
gar keine Erfahrungen	3

Tab. 3: Einschätzung der Sicherheit in der MIC

Die Fähigkeiten in den speziellen Fertigkeiten, die in der MIC notwendig sind, wurden einzeln abgefragt („sehr hoch“ bis „sehr niedrig“) und von den Probanden meist im mittleren Bereich beantwortet, bis auf spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren. Die ausgewerteten Antworten sind in Tabelle 4 abgebildet.

Fähigkeiten	Einstufung				
	sehr hoch	hoch	mittel	niedrig	sehr niedrig
Geschicklichkeit in den Bewegungen	1	3	<b>6</b>	1	1
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	1	<b>7</b>	2	1	1
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	2	<b>4</b>	3	1	2
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	1	<b>5</b>	2	3	1
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	1	2	3	<b>4</b>	2
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	0	1	<b>5</b>	5	1
Teamfähigkeit	3	<b>8</b>	1	0	0
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	3	<b>8</b>	1	0	0

Tab. 4: Einschätzung der eigenen Fähigkeiten in der MIC

Die Probanden sollten bei der nächsten Frage eine Rangfolge von 1 bis 8 der Fähigkeiten, die einen guten Chirurgen in besonderem Maße auszeichnen, aufstellen. In der Auswertung wurden die Rangfolgen gemittelt und eine Gesamtrangfolge erstellt (Tabelle 5).

„Einen guten Chirurgen zeichnet in besonderem Maße aus...“	
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	2,1
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	2,7
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	3,9
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	4,3
Geschicklichkeit in den Bewegungen	4,5
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	5,2
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	6,1
Teamfähigkeit	7,3

Tab. 5: Rangfolge über die Fähigkeiten, die einen guten Chirurgen auszeichnen.

Die Einschätzungen der Probanden der zu erwartenden Trainingsmöglichkeiten in diesem Versuch sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Welche Trainingsmöglichkeiten erwarten Sie sich im Rahmen dieses Versuches?					
	trifft voll und ganz zu	trifft überwiegend zu	trifft zum Teil zu	trifft weniger zu	trifft überhaupt nicht zu
Geschicklichkeit in den Bewegungen	8	2	2	0	0
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	6	2	3	0	1
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	2	6	2	2	0
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	6	4	0	2	0
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	3	5	3	1	0
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	5	4	3	0	0
Teamfähigkeit	0	6	3	1	2
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	0	2	5	3	2

Tab. 6: Einschätzung der zu erwartenden Trainingsmöglichkeiten.

### 3.3 Eingangstest

Zu Beginn erfolgte ein Eingangstest der Teilnehmer zur Überprüfung der Basistechniken in der MIC. Der Test umfasste drei Teile: 1) eine Greifübung mit Transfer von gebogenen Nadeln, 2) eine Koordinationsübung mit einer Streichholzschachtel und 3) eine Nahtübung am Schaumstoff. Bei der ersten Übung war die Anzahl der transportierten Nadeln ausschlaggebend, bei der zweiten wurde die benötigte Zeit in Minuten ausgewertet und bei der Nahtübung wurden Anzahl und Festigkeit der Nähte sowie die Frequenz von Fassen und Positionieren bestimmt.

Es zeigte sich im Eingangstest zwischen den beiden Gruppen in allen drei Übungen kein signifikanter Unterschied, somit bestanden gleiche Ausgangsbedingungen in den beiden Gruppen. In der Tabelle 7 und Abbildung 10 sind die Ergebnisse dargestellt.

<b>Eingangstest</b>	<b>Teil 1</b>	<b>Teil 2</b>	<b>Teil 3</b>
	<b>Greifübung</b>	<b>Koordination</b>	<b>Nahtübung</b>
	[Zahl der Nadeln]	[min]	[Ø min]
<b>Gruppe A (Pelvitainer)</b>	7,33	1,92	6,34
<b>Gruppe B (Tiermodell)</b>	9,8	2,22	4,8

Tab. 7: Ergebnisse des Eingangstestes der beiden Gruppen.

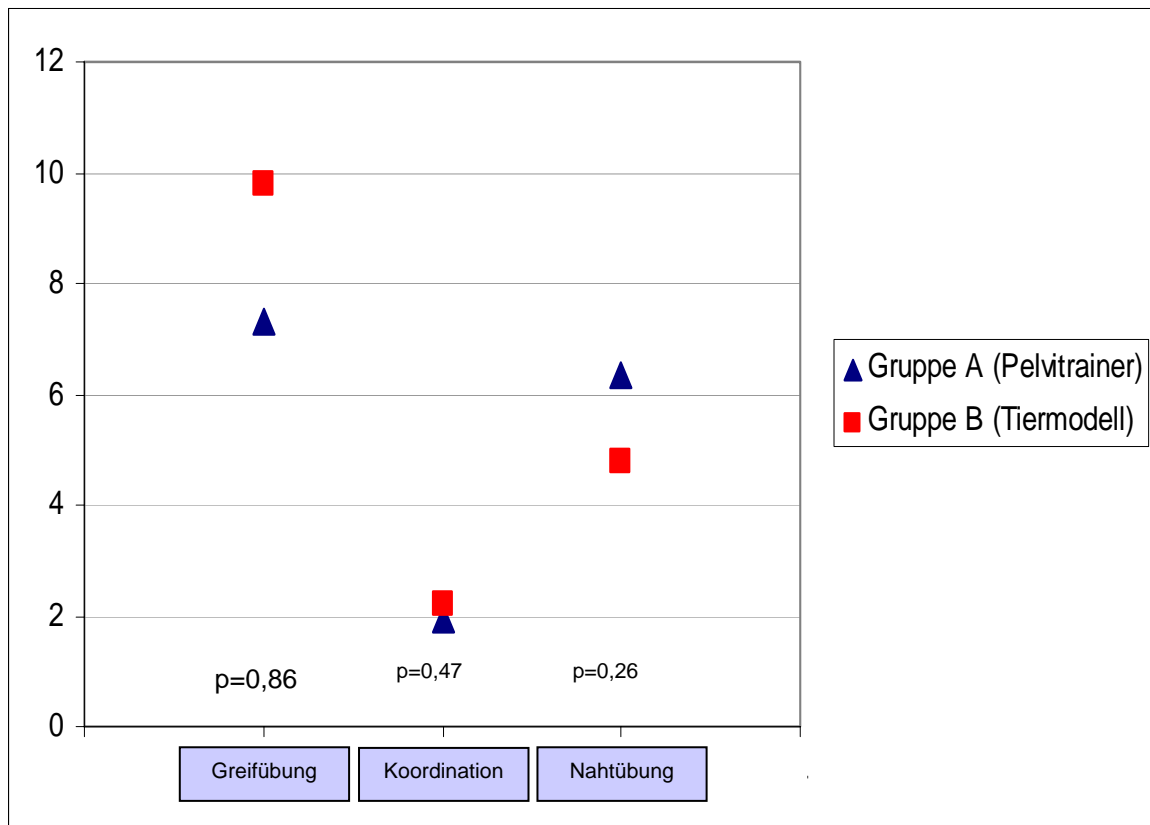


Abb. 10: Darstellung der Ergebnisse des Eingangstestes der Pelvitrainer- vs Tiermodell-Gruppe.

### 3.4 Lernkurven

#### 3.4.1 Operationszeit der Kolonbiopsie (Übungseingriffe)

Im Rahmen der 8 Übungseingriffe wurden zunächst die durchschnittlichen Operationszeiten pro Eingriff bei beiden Gruppen ermittelt, die dann in einem Diagramm aufgetragen wurden. So ergaben sich zwei unterschiedliche Lernkurven hinsichtlich der Operationszeit, die in der Abbildung 11 dargestellt sind.

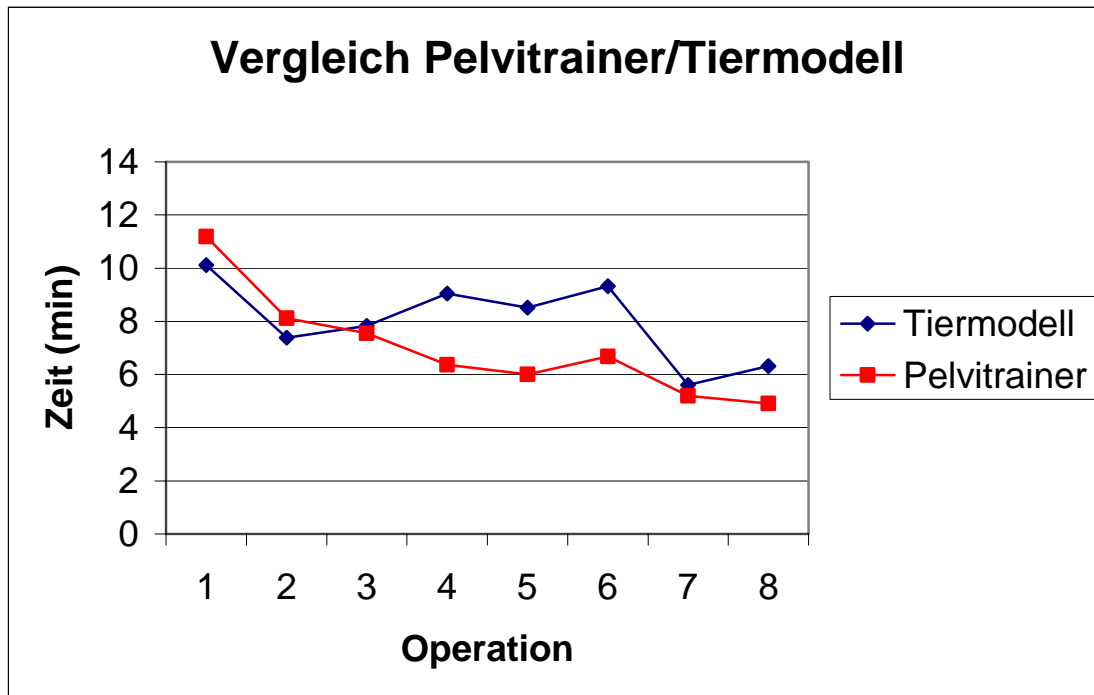


Abb. 11: Vergleich der mittleren Operationszeiten der Gruppen, die am Tiermodell bzw. am Pelvitrainer übten.

Die Probanden im Tiermodell benötigten beim ersten Eingriff durchschnittlich 10 Minuten 7 Sekunden, diejenigen im Pelvitrainer durchschnittlich 11 Minuten 10 Sekunden. Schon beim zweiten Eingriff konnte man in beiden Gruppen einen starken Abfall der Operationszeit beobachten: die Tiergruppe benötigte jetzt nur 7 Minuten 24 Sekunden und die Pelvitrainergruppe 8 Minuten 7 Sekunden. Im weiteren Verlauf verbesserten sich die Probanden der Pelvitrainergruppe kontinuierlich bis zur Bestzeit von 4 Minuten 54 Sekunden beim letzten Eingriff im In-vivo-Modell. Die Probanden der Tiergruppe hatten während der ersten 5 Eingriffe Operationszeiten um die 8 bis 9 Minuten, mit einem Höchstwert von 9 Minuten 20 Sekunden beim 6. Eingriff, danach verbesserten sie sich kontinuierlich bei Werten um die 6 Minuten.

Insgesamt zeigt sich in der Pelvitrainer-Gruppe eine harmonischere Lernkurve der Operationszeit, in der Tiermodell-Gruppe sind im Verlauf nochmals Anstiege der Operationszeit zu verzeichnen.

In der Abbildungen 12 und 13 sind beispielhaft die Lernkurven für die Operations- und Nahtzeit eines Probanden in der Tiermodell-Gruppe und der Pelvitrainer-Gruppe dargestellt.



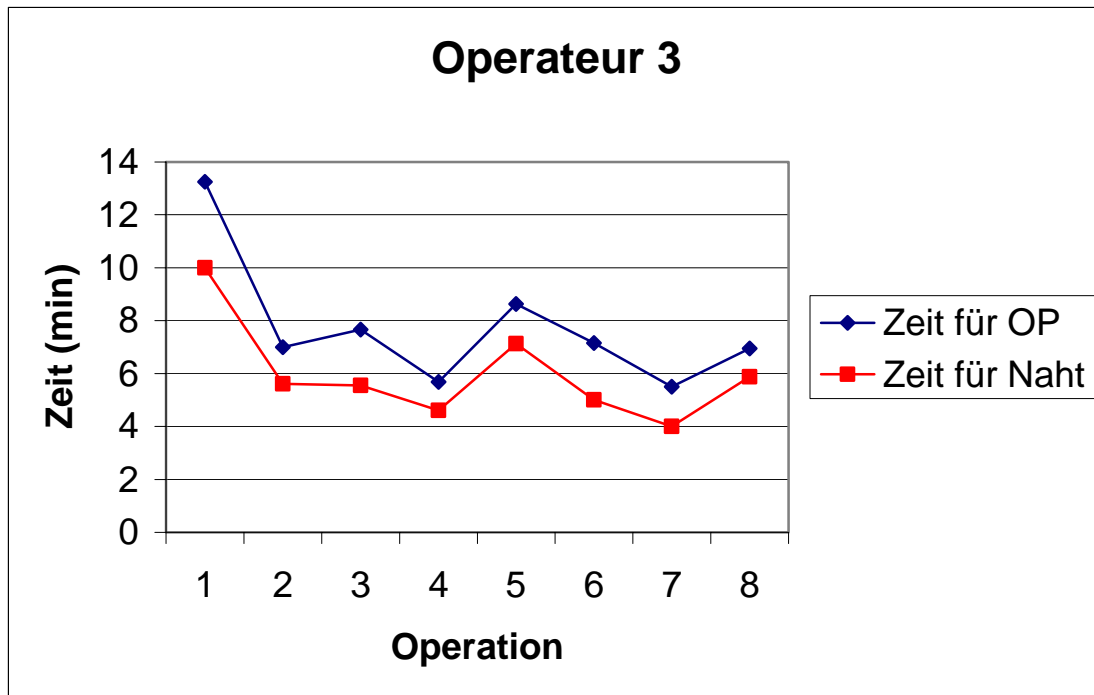


Abb. 12: Lernkurve der Operations- und Nahtzeit im Tiermodell (Operateur Nr. 3).

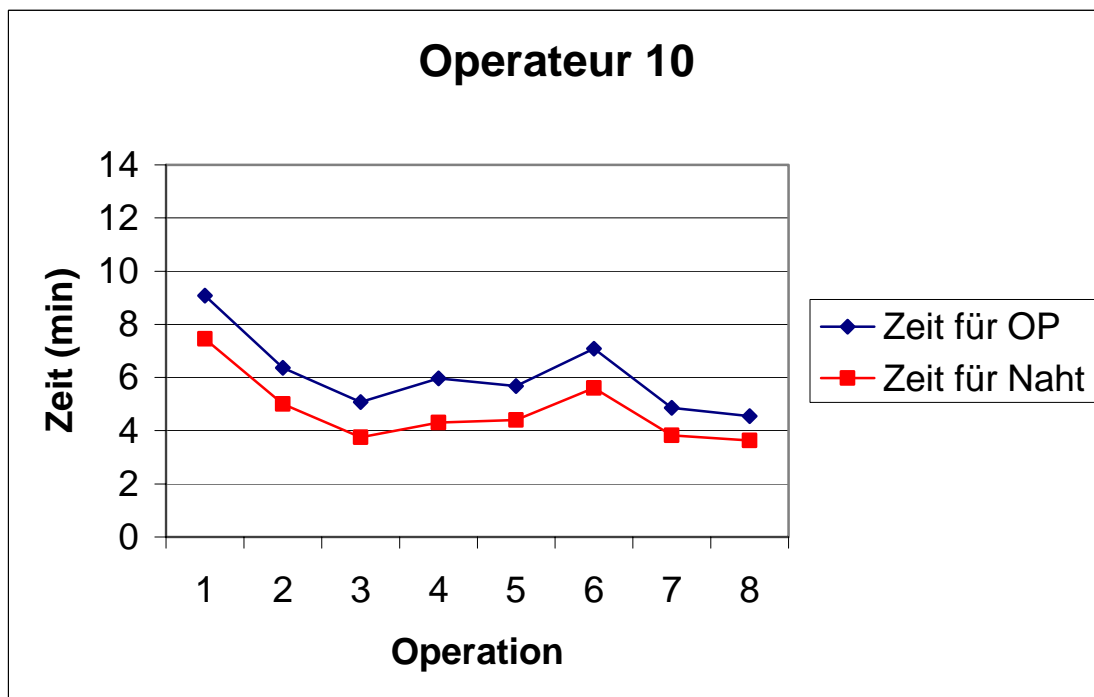


Abb. 13: Lernkurve der Operations- und Nahtzeit im Pelvitrainer (Operateur Nr. 10).

### 3.4.2 Lernkurve des Qualitätsindex (Übungseingriffe)

Zur Beurteilung der Qualität des durchgeführten Eingriffes wurde vor Beginn der Studie ein Index ausgearbeitet. In diesen Index gehen alle wichtigen Komplikationen, Kriterien der Naht und die erfolgreich durchgeführte Biopsie mit einer entsprechenden Punktegewichtung ein (siehe 2.5.2). Die einzeln bewerteten Punkte sind eine Perforation, eine Begleitverletzung und die Beurteilung des Gewebetrauma, Ausreißen der Naht, Festigkeit des Knoten, Umfassen der Nadel und Zeit für die Naht, sowie eine erfolgreiche Biopsie. Die Perforation, die Zeit für die Naht sowie die Biopsie wurden als wichtigste Parameter mit den höchsten Punktzahlen (d.h. jeweils 20 Punkte) bewertet, insgesamt konnten maximal 100 Punkte erreicht werden.

Vor Beginn der Studie wurde der endgültige Qualitätsindex anhand von Beispielvideos verschiedener Chirurgen getestet. Der Index wurde zunächst von uns evaluiert und dann mit einem linearen Score der Experten verglichen (1=sehr gut, 2=gut, 3=milde Komplikation wie z.B. Gewebetrauma oder leichte Blutung, 4=schwere Komplikation wie z.B. Perforation oder starke Blutung). Es gab keinen relevanten Unterschied zwischen beiden Scores.

Wir überprüften zusätzlich die Validität des Index, indem wir 3 Videos jedes Teilnehmers an zwei verschiedene erfahrene Chirurgen an verschiedenen Kliniken schickten und sie um eine Bewertung der Eingriffe anhand unseres Qualitätsindex baten. Diese Ergebnisse verglichen wir mit unseren Daten anhand des Mann & Whitney-U-Test. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

	Studie (R <sub>A</sub> )	Experte 1 (R <sub>B</sub> )	U	
1. Operation	67,5	68,5	31,5	NS
2. Operation	66,5	69,5	30,5	NS
3. Operation	64,5	71,5	28,5	NS

	Studie (R <sub>A</sub> )	Experte 2 (R <sub>B</sub> )	U	
1. Operation	70,5	65,5	29,5	NS
2. Operation	73,5	62,5	26,5	NS
3. Operation	64	72	28	NS

Tab. 8: Vergleich zwischen Studienteam und Experten bzgl. Qualitätsindex

Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen der Experten und unseren Ergebnissen.

So konnte ein Index erarbeitet werden, der einen klaren und logischen Aufbau hat und als objektives Instrument zur Beurteilung des geplanten operativen Eingriffes eingesetzt werden kann.

In der Videoauswertung der operativen Eingriffe wurde für jede Operation der Score bestimmt. Für beide Gruppen wurde der jeweilige Durchschnittsscore pro Eingriff berechnet. Somit konnten auch für den Qualitätsindex zwei unterschiedliche Lernkurven im Bezug auf den Verlauf des Qualitätsindex erstellt werden (Abbildung 14).

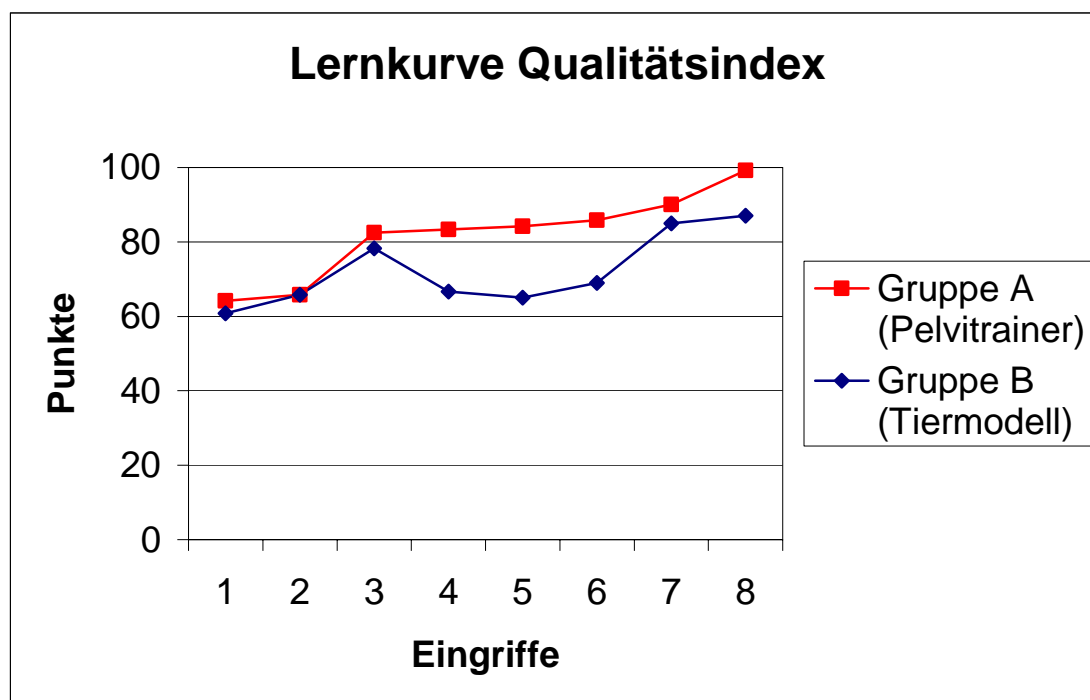


Abb. 14: Darstellung der Lernkurven des Qualitätsindex im Verlauf der Übungsoperationen Pelvitrainer- vs. Tiermodell-Gruppe.

Die Probanden im Tiermodell kamen anfangs auf einen durchschnittlichen Wert von 60 Punkten. Nach langsamer Steigerung während der ersten Eingriffe bis auf 78 Punkte musste man wieder einen leichten Abfall auf ca. 66 Punkte verzeichnen. Danach verbesserten sich die Probanden kontinuierlich bis auf 87. Die Probanden im Pelvitrainer erzielten anfänglich durchschnittlich 64 Punkte und steigerten sich dann bis zum letzten In-vitro-Eingriff auf einen Punktwert von 99.

### 3.5 Regressionsgerade

In der Lernkurve des Qualitätsindex wurden die Werte mit ihrer jeweiligen Standardabweichung aufgetragen. Die optimale Regressionsgerade und deren Steigung wurden berechnet. Die Steigung der Regressionsgerade, die durch den Gradienten  $b$  ausgedrückt wird, beschreibt die Verbesserung des Index der jeweiligen Gruppe. So erhält man einen objektiven Wert zur Beurteilung der Verbesserung der Qualität des Eingriffs im Verlauf der 8 Übungseingriffe. Für die Tiermodell-Gruppe lag der Gradient  $b$  bei 1,75 und bei der Pelvitruainer-Gruppe bei 4,48. Daraus wird ersichtlich, dass sich die Probanden der Pelvitruainer-Gruppe im Hinblick auf ihre Fähigkeiten in der minimal invasiven Chirurgie in höherem Maße als die der Tiergruppe steigern konnten. In der Abbildung 15 bzw. 16 sind die Regressionsgeraden mit ihren Gradienten für die beiden Gruppen dargestellt. Der Unterschied zwischen der Pelvitruainer-Gruppe und der Tiermodell-Gruppe war signifikant ( $p=0,04$ ).

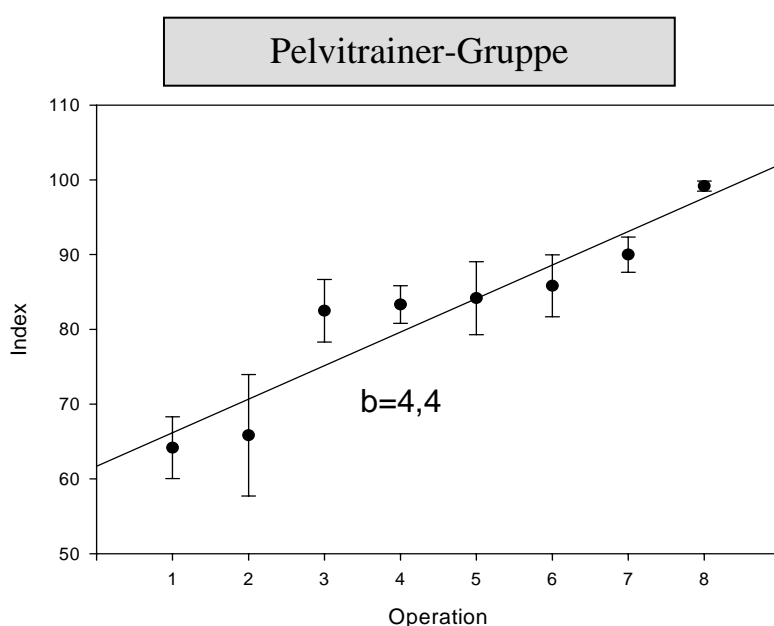


Abb. 15: Darstellung der Regressionsgeraden des Qualitätsindex der Übungsoperationen in der Pelvitruainer-Gruppe

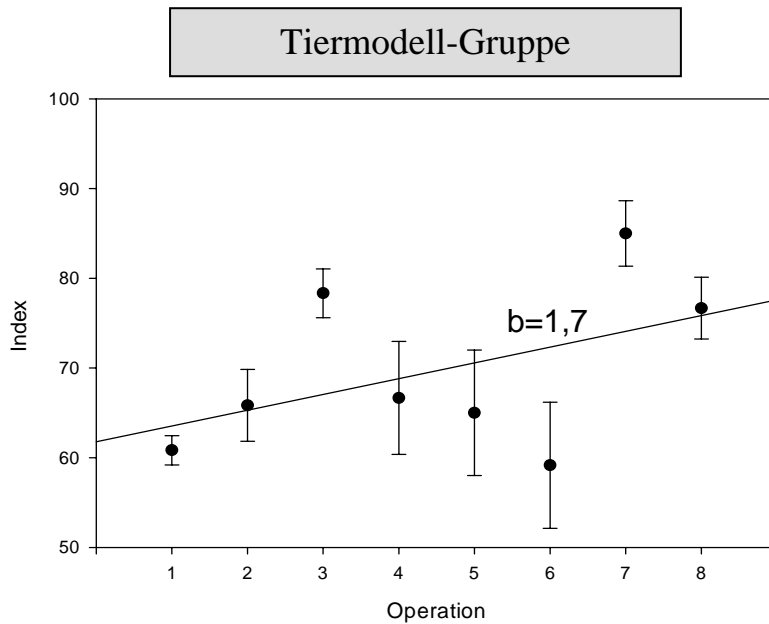


Abb. 16: Darstellung der Regressionsgeraden des Qualitätsindex der Übungsoperationen in der Tiermodell-Gruppe.

### 3.6 Abschlussoperation

#### 3.6.1 Verlauf der Operationszeit bei der Abschlussoperation

Die letzte Operation erfolgte für alle Teilnehmer als Abschlusseingriff im Tiermodell. Diese „Prüfungsoperation“ zeigte in den beiden Gruppen unterschiedliche Ergebnisse. In der Pelvitruainer-Gruppe kam es zu einer erheblichen Anstieg der Operationszeit von 4,9 Minuten auf 9,6 Minuten. Somit hatte sich die Operationszeit fast verdoppelt. Im Gegensatz dazu konnte in der Tiermodell-Gruppe noch eine weitere Verbesserung verzeichnet werden, die Operationszeit verkürzte sich von 6,3 auf 5,4 Minuten. In der Abbildung 17 ist die Kurve der Operationszeit der beiden Gruppen bis zur Abschluss-Operation (AOp= Operation 9) abgebildet.

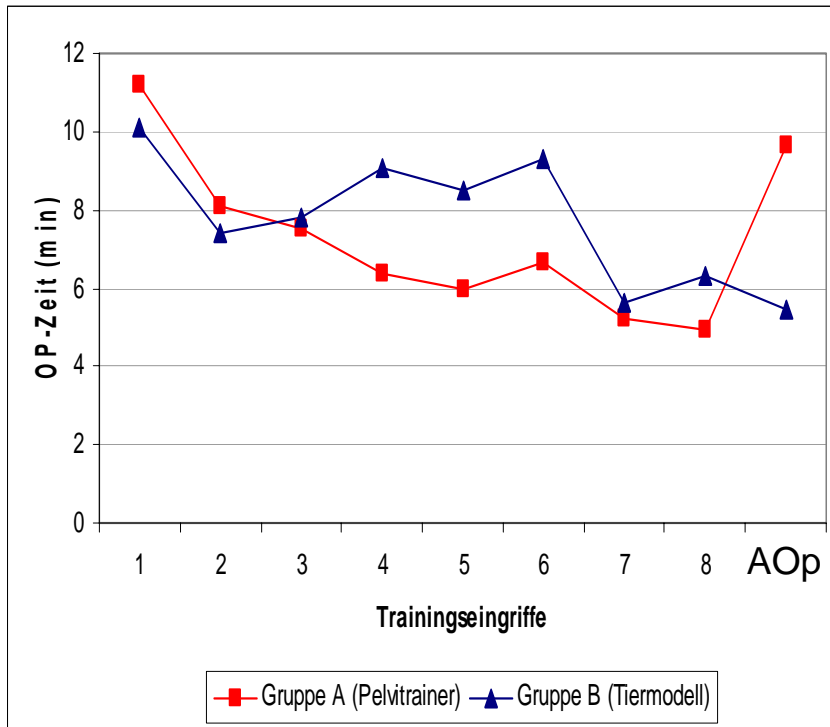


Abb. 17: Veränderung der Operationszeit bis zur Abschlussoperation (AOp) in der Pelvitrainer und Tiermodell-Gruppe.

### 3.6.2 Verlauf des Qualitätsindex bei der Abschlussoperation

Auch der Qualitätsindex zeigte eine unterschiedliche Veränderung in den beiden Gruppen bei der Abschlussoperation. In der Abbildung 18 sind die Kurven des Qualitätsindex bis zu Abschlussoperation (AOp) im Vergleich zu den 8 Trainingseingriffen dargestellt. Hierbei verschlechterte sich die Pelvitrainer-Gruppe von 99 auf 74 und die Tiermodell-Gruppe verbesserte sich von 87 auf 93 Punkte. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war signifikant ( $p=0,04$ ).

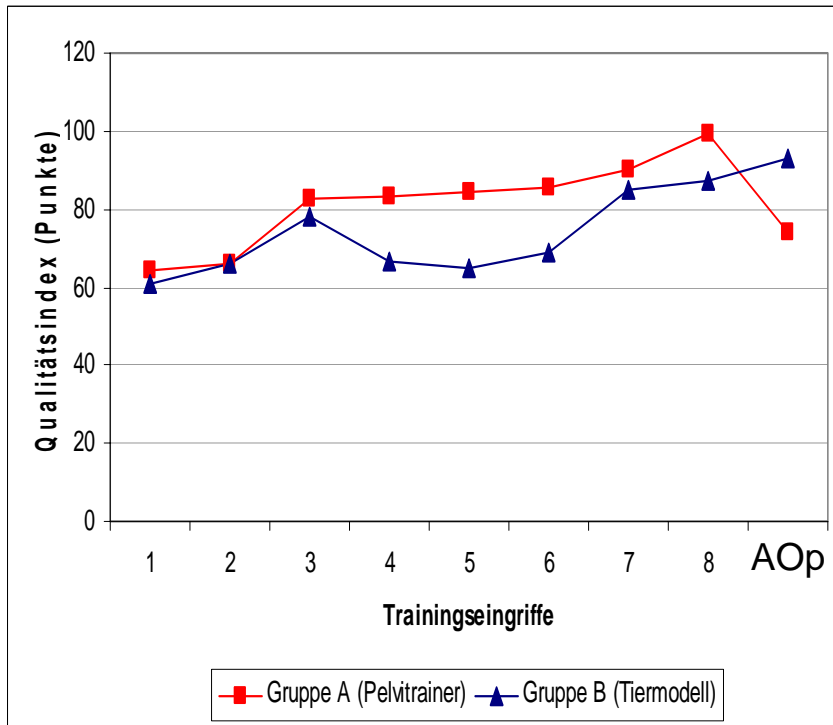


Abb. 18: Veränderung des Qualitätsindex bis zur Abschlussoperatrion (AOp) in der Pelvitrainer und Tiermodell-Gruppe.

Die genaue Veränderung der Punkte des Index jedes einzelnen Teilnehmers in der Abschlussoperation ist in der Abbildung 19 dargestellt.

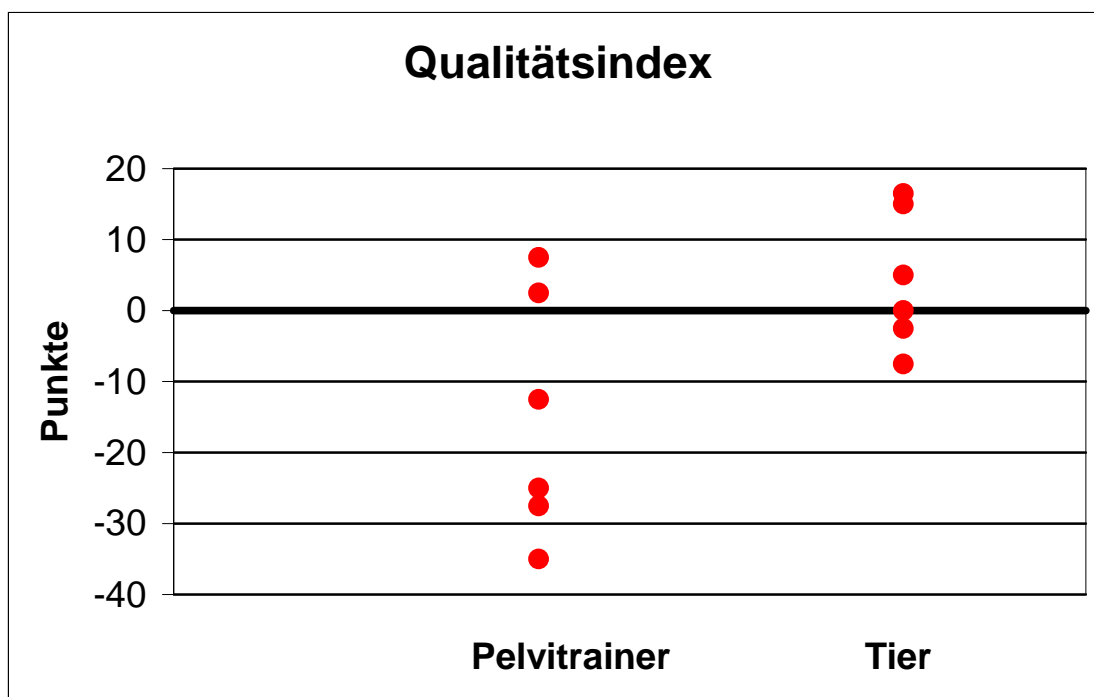


Abb. 19: Veränderung des Qualitätsindex bei der Abschlussoperation ( $p=0,04$ )

### 3.7. Wiederholung des Eingangstests

In der Wiederholung des Eingangstests zeigte sich in beiden Gruppen eine eindeutige Verbesserung: die Anzahl der transferierten Nadeln stieg deutlich an und die benötigte Zeit für die Koordinationsübung und die Nahtübung reduzierte sich. Die Probanden der Pelvitruainergruppe verbesserten sich im Vergleich zur Tiermodell-Gruppe geringfügig mehr, es fand sich jedoch kein signifikanter Unterschied. Die Ergebnisse sind in Abbildung 20 sowie Tabelle 9 dargestellt.

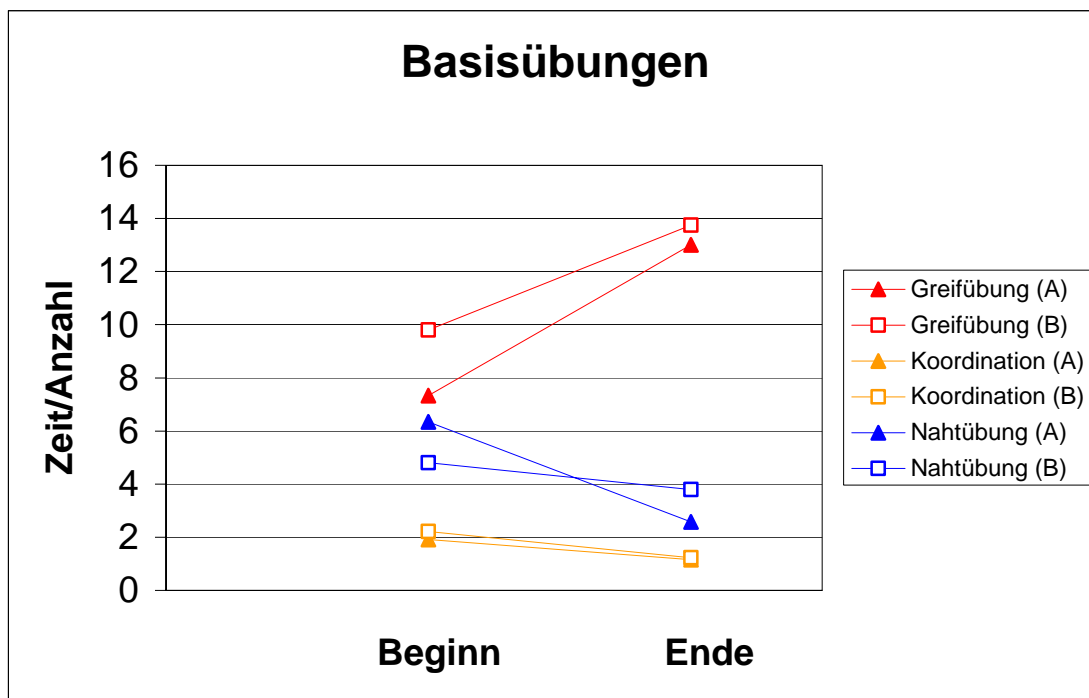


Abb. 20: Vergleich zwischen Eingangstest und der Wiederholung zwischen den beiden Gruppen: A (Pelvitruainer-Gruppe) und B (Tiermodell-Gruppe).



Pelvitainer-Gruppe (A)			
	<b>Eingangstest</b>	<b>Wiederholung</b>	<b>Differenz</b>
<b>Greifübung</b>	7,33 (7,0)	13,00 (12,5)	5,67 (5,0)
<b>Schachtelübung</b>	1,92 (1,65)	1,15 (0,84)	0,77 (0,48)
<b>Nahtübung</b>	6,34 (6,08)	2,58 (2,46)*	3,76 (3,57)

Tiermodell-Gruppe (B)			
	<b>Eingangstest</b>	<b>Wiederholung</b>	<b>Differenz</b>
<b>Greifübung</b>	11,83 (13,0)	15,75 (15,5)	3,25 (3,0)
<b>Schachtelübung</b>	1,92 (2,13)	0,93 (0,96)*	1,08 (1,18)
<b>Nahtübung</b>	4,18 (3,44)	3,79 (3,37)	0,05 (0,1)

Tab. 9: Vergleich zwischen Eingangstest und der Wiederholung zwischen den beiden Gruppen: A (Pelvitainer-Gruppe) und B (Tiermodell-Gruppe).

### 3.8. Befragung nach Abschluss der Studie

Am Ende der Studie erfolgte eine erneute Befragung der Probanden über einen Fragebogen. Über 90% der Probanden sahen ihre Erwartungen an den Kurs erfüllt. Sie gaben an, sich nach dem Besuch des Kurses verstärkt darum zu bemühen, bei laparoskopischen Operationen zu assistieren / zu operieren. Die Mehrzahl der Befragten kann sich vorstellen, mit Hilfe derartiger Kurse neue chirurgische Verfahren zu erlernen und hält solche Kurse für ein geeignetes Instrument zur Qualitätssicherung in Krankenhäusern. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse zur Befragung bezüglich der Einschätzung der erlernten Fähigkeiten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Probanden den meisten Fortschritt in den Bereichen Geschicklichkeit, Beherrschung der Basistechniken (Knoten, Naht) und Navigation /Orientierung verzeichnen konnten.

Wie schätzen Sie nach Besuch dieses Kurses Ihre Fähigkeiten in den folgenden Punkten ein?					
	deutlich gestiegen	etwas gestiegen	unverändert	etwas gesunken	deutlich gesunken
Geschicklichkeit in den Bewegungen	3	5	2	0	0
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	5	4	1	0	0
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	1	4	5	0	0
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	3	4	3	0	0
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	1	4	5	0	0
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	1	3	3	3	0
Teamfähigkeit	1	3	6	0	0
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	2	3	5	0	0

Tab. 10: Einschätzung der erlernten Fähigkeiten nach Beenden der Studie.

Die Bedeutung des Kurses für der einzelnen Aspekte des Training wurden in der nächsten Frage beleuchtet. Hier zeigte sich, dass die Teilnehmer den oben genannten Bereichen mit dem größten Lerneffekt auch die größte Bedeutung für den Kurs zuordneten. Die Daten sind in Tabelle 11 dargestellt.

Wie schätzen Sie die Bedeutung des Kurses für das Training folgender Aspekte ein?					
	sehr hoch	hoch	mittel	niedrig	sehr niedrig
Geschicklichkeit in den Bewegungen	8	1	1	0	0
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	6	1	3	0	0
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	0	4	5	1	0
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	1	6	2	1	0
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	1	2	4	1	2
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	2	1	4	3	0
Teamfähigkeit	1	3	3	1	2
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	2	3	3	1	1

Tab. 11: Einschätzung der Bedeutung des Kurses für das Training einzelner Aspekte am Ende der Studie.

Es wurde auch erneut die Frage bezüglich der Fähigkeiten, die einen guten Chirurgen ausmachen abgefragt. Die Daten sind in der Tabelle 12 dargestellt. Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied in der Rangfolge.

„Einen guten Chirurgen zeichnet in besonderem Maße aus...“	Beginn	Ende
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe	2,1	2,8
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren	2,7	3,2
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	3,9	3,7
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	4,3	3,8
Geschicklichkeit in den Bewegungen	4,5	4,4
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	5,2	5,0
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	6,1	6,1
Teamfähigkeit	7,3	7,0

Tab. 12: Angabe der Probanden in der Abschlussbefragung über die Rangfolge der Fähigkeiten, die einen guten Chirurgen auszeichnen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Beurteilung des Eingangstests

Die Probanden absolvierten am Beginn der Studie einen Eingangstest zur Überprüfung der Grundfertigkeiten der minimal invasiven Chirurgie. Es wurden drei verschiedene Übungen als Test durchgeführt. Diese Übungen sind in unterschiedlicher Abwandlung aus verschiedenen anderen Studien bekannt und können somit als Standardübungen angesehen werden (8, 11, 14, 53). In unserer Studie verwendeten wir einen Nadeltransfer, einen Geschicklichkeitstest mit einer Streichholzschachtel und eine Nahtübung. Als andere Beispiele ließen Fried et al. ihre Probanden im Simulator Klammern vom rechten Instrument zum linken und umgekehrt transferieren sowie intrakorporal knüpfen (14). Chung et al. testeten Probanden, die an einem laparoskopischen Workshop teilnahmen, vorher und nachher in einem Trainingssimulator. Auch hier kamen Transfer- und Nahtübungen sowie Geschicklichkeitsaufgaben zur Anwendung (8). Scott et al. entwickelten ein laparoskopisches Trainingsmodell, an dem ähnliche Koordinations- und Geschicklichkeitsübungen wie an unserem Modell durchgeführt wurden (53).

Damit eignen sich die von uns durchgeführten Übungen, laparoskopische Fähigkeiten einzelner Probanden objektiv zu evaluieren und sie untereinander zu vergleichen. In unserem Eingangstest ergab sich in allen drei Übungen hinsichtlich der Fähigkeiten zwischen den Probanden der Tiermodell-Gruppe und denen der Pelvitainer-Gruppe kein signifikanter Unterschied. Daher kann man von gleichen Voraussetzungen bezüglich der laparoskopischen Fähigkeiten in beiden Gruppen zu Beginn der Studie ausgehen.

Für die von uns durchzuführende Studie wurde vorher ein Video angefertigt, welches den zu erlernenden Eingriff am Kaninchenmodell demonstrierte. Jeder Proband konnte sich dieses Video vor seinem ersten Übungseingriff alleine und in Ruhe betrachten. Auch Keyser et al. zeigten den Probanden vor der Durchführung der Tests ein Video, in dem die einzelnen Übungen vorgeführt wurden (28). Somit konnte vor der ersten Trainingsoperation für jeden Probanden die gleichen Voraussetzungen bezüglich des neu durchzuführenden Eingriffes gewährleistet werden. Jeder der Teilnehmer erhielt genau die gleichen Informationen zu Durchführung der einzelnen Schritte der Operation.

## 4.2 Beurteilung des Verlaufes der Operationszeit

### 4.2.1 Lernkurve der Trainingsoperationen

Die Lernkurven für die Operationszeit zeigen, dass sich die Probanden der Pelvitainergruppe (A) im Laufe der 8 Eingriffe kontinuierlich verbessern konnten. Die Lernkurve hat hier einen typischen Verlauf. Anfangs sieht man einen steilen Abfall der Kurve, dann wird sie relativ bald flacher, um sich letztendlich auf einem Niveau einzupendeln. Dies bedeutet, dass die Probanden sich schon beim zweiten Eingriff stark verbessern konnten, d.h. hier lag der größte Fortschritt vor, danach gingen die Verbesserungen in kleineren Schritten voran und nach einigen Eingriffen hatten die Operateure ihr Niveau der Operationszeit erreicht.

Die Probanden, die am Pelvitainer trainierten, fanden immer die gleiche Ausgangssituation vor: ein ca. 10 cm langes gefülltes Stück Kaninchendarm auf einer Korkplatte. Die Ausrichtung zum Blickfeld und den Arbeitsinstrumenten war immer die gleiche. Sie konnten sich voll und ganz auf Ihre Aufgabe, nämlich eine Biopsie aus diesem Stück Darm zu entnehmen, konzentrieren. Im Gegensatz zum Tiermodell störten hier keine anderen Organe, auf die sie Rücksicht nehmen müssten. Daher fokussierte sich die Aufmerksamkeit auf den schonenden Umgang mit dem Gewebe, die korrekte Handhabung der Instrumente und den reibungslosen Ablauf des Eingriffes. Der Proband gewann immer mehr an Sicherheit, konnte so den Eingriff in immer kürzerer Zeit erledigen. So entstand eine gewünschte Lernkurve, die sich in unserem Fall nach ca. 5 Eingriffen auf einem Niveau einpendelte.

Bei den Probanden, die im Tiermodell trainierten, gestaltete sich die Lernkurve anders. Sie wurden von Anfang an mit den spezifischen Problemen des In-vivo-Modells konfrontiert. Die Situation in der Bauchhöhle ist nie ganz identisch, Begleitverletzungen können auftreten und Blutungen können dem Operateur den Blick auf das Operationsfeld erschweren. Es treten häufiger Probleme mit der Kamera auf als im Pelvitainer wie z.B. das Beschlagen der Optik. Die Lernkurve der Operationszeit der Probanden im Tiermodell stellt sich daher nicht im typischen Verlauf wie bei der Pelvitainer-Gruppe dar. Es zeigte sich z.B. bei Operateur 1-3 beim 6. Eingriff ein Anstieg der Operationszeit. Daraus ergibt sich ein unruhiger, sprunghafter Verlauf der Lernkurve. Erst zu einem späteren Zeitpunkt verlaufen die Lernkurven wieder homogen. Allerdings haben die Probanden im Tiermodell die Möglichkeit, die auftretenden in-vivo Probleme schrittweise anzugehen und so früher besser zu meistern. Plötzliche Störfaktoren können problemorientiertes Lernen ermöglichen. Bei Eingriffen am Menschen gibt es wie auch im In-vivo-Modell immer wieder Situationen, in denen man mit Unvorhergesehenem konfrontiert wird und akut auftretende Probleme bewältigen muss. Der Operateur ist im Tiermodell von Anfang an

mehr Stress ausgesetzt als im Pelvitainer und lernt daher, wie man in solchen Fällen handeln sollte. Allerdings dürfen diese Störfaktoren des In-vivo-Modells nicht grundsätzlich den Ablauf der Operation blockieren, da ansonsten die Frustration und Überforderung des Probanden einen negativen Einfluss auf den Lernerfolg und die Motivation hat. Daher sollte die Schwierigkeit der Übungsoperation im Tiermodell an den Ausbildungsstand der Probanden optimal angepasst sein.

#### 4.2.2 Abschlussoperation

Im Anschluss an die Übungsoperationen erfolgte davon zeitlich abgesetzt eine Abschlussoperation, die von allen Probanden im Tiermodell durchgeführt wurde. Hier sollte der Umstieg vom Pelvitainer in ein In-vivo-Modell genauer untersucht werden.

Die Probanden der Pelvitainergruppe verbesserten sich während der 8 Übungseingriffe am In-vitro-Modell in den geforderten Basistechniken, wie z.B. Entnahme der Biopsie, Nähen und Knüpfen sowie schonender Umgang mit dem Gewebe kontinuierlich und konnten die benötigte Operationszeit signifikant verringern. Die im Pelvitainer erlernten Fähigkeiten sollten nun auf das Tiermodell übertragen werden. Im Abschlusseingriff verschlechterten sich die Probanden der Gruppe A mit signifikantem Anstieg der Operationszeit. Die veränderten räumlichen Verhältnisse der Bauchhöhle im Vergleich zum Pelvitainer erschwerten den Eingriff erheblich mit folgendem Anstieg der Operationszeit. Der Situs des Tiermodells, mit dem der Operateur nun konfrontiert wurde, ist jedes Mal anders. Das Stück Darm, aus dem die Biopsie entnommen werden sollte, ist eingebettet in eine Vielzahl von weiteren Darmschlingen. Hinzu kommt die Peristaltik, die dem Operateur die Arbeit erschwert. Bestimmte Begleitverletzungen werden im Tier demnach erst möglich und führen unter Umständen zu erheblichen Verzögerungen im Ablauf, wenn z.B. Blutungen auftreten oder eine Perforation übernäht werden muss. Auch technische Probleme sind im Tiermodell häufiger, so kann es z.B. zu Problemen mit der Kamera kommen, wie anhaltendes Beschlagen der Optik aufgrund der Körperwärme des Tieres oder Verschmutzung der Optik mit Blut etc., so dass auch dadurch Zeitverzögerungen und Störungen im Ablauf entstehen können.

Die Probanden der Gruppe B hingegen konnten sich erwartungsgemäß beim Abschlusseingriff noch einmal verbessern und hatten signifikant höhere Werte sowohl bei der Operationszeit als auch im Qualitätsindex als die Probanden der Pelvitainergruppe.

Insgesamt lässt sich also feststellen, dass die Probanden, die die Basistechniken sowie die Handhabung der Instrumente im Pelvitainer so erfolgreich haben

erlernen können, diese nicht suffizient auf das Tiermodell übertragen konnten und daher beim Abschlusseingriff eine manifeste Verschlechterung der Operationszeit erfahren mussten. Erstaunlich ist die erhebliche Verlängerung der Operationszeit um fast das Doppelte. Das bedeutet, dass auch nach Erlernen eines einfachen laparoskopischen Eingriffes mit Beherrschen der Technik im In-vitro-Modell beim Umstieg ins In-vivo-Modell mit einem Mehraufwand an Operationszeit zu rechnen ist. Somit ist auch der Umstieg vom Pelvitainer zum Patienten nicht ohne Zeitverluste zu bewältigen.

#### 4.2.3 Wieviele Eingriffe sind notwendig um die optimale Lernkurve zu erreichen?

Anhand unserer Lernkurven für die Operationszeit konnten wir zeigen, dass die von uns gewählte Anzahl der Eingriffe, nämlich 8, ausreichend ist, um einen kleinen Eingriff wie die Darmbiopsie in angemessener Zeit und ohne Komplikationen zu erlernen. Nach ca. 5 Eingriffen wurde ein stabiles Plateau bezüglich der Operationszeit erreicht. Dabei genügt zur Beurteilung der Operation die Operationszeit als alleinige Lernkurve nicht aus: zwar bedeutet eine kurze Operationszeit auch eine kurze Narkose, was für den Patienten von Vorteil ist, jedoch muss der Eingriff korrekt und sicher durchgeführt werden. Die Sicherheit des Patienten darf nicht zugunsten kurzer Operationszeiten und immer neuer „Rekorde“ gefährdet werden. Man kann davon ausgehen, dass die für einen Eingriff benötigte Zeit vom Ausbildungsstand des Operateurs abhängt, und auch Komplikationen werden bei unerfahrenen Chirurgen häufiger sein. Je öfter ein bestimmter Eingriff von einer Einzelperson durchgeführt wird, desto mehr gewinnt derjenige an Erfahrung und Können, die Komplikationen werden seltener und damit verringert sich die benötigte Zeit und die Qualität steigt.

Für die in unserer Studie durchgeführte Darmbiopsie reicht, wie oben erwähnt, eine kleine Anzahl von Eingriffen aus. Es stellt sich die Frage, wie viele Eingriffe für eine komplexere Operation notwendig sind. Hunter et al. führten eine Studie durch, um die Lernkurve für die laparoskopische Cholezystektomie zu quantifizieren. Dabei ließen sie ihre Probanden drei Eingriffe als Kameramann, drei Eingriffe als 1.Assistent und dann drei Eingriffe als Operateur am Schwein durchführen. Registriert wurden jeweils die Operationszeit, problemloses Setzen des Pneumoperitoneums, Dissektion und Clipping von Ductus cysticus und Gefäßen, operative Cholangiographie, Dissektion der Gallenblase ohne Wandverletzung, Hämostase, Bergung der Gallenblase in einem Stück sowie Unversehrtheit anderer abdominaler Organe. Es zeigte sich, dass eine signifikante Verbesserung nur in den Punkten „Operationszeit“ und „Dissektion der Gallenblase ohne Wandverletzung“ erreicht werden konnte. Das lag vor allem daran, dass der letztgenannte Punkt

beim ersten Eingriff von weniger als 50 % der Probanden erfolgreich ausgeführt werden konnte und sich die Probanden bei den Folgeeingriffen in diesem Punkt stark verbessert hatten. Daraus lässt sich Folgendes schließen: um eine statistisch signifikante Verbesserung von einzelnen Parametern in Studien mit nur kleinen Tierzahlen zeigen zu können, müssen die Unterschiede zwischen den einzelnen Eingriffen groß sein. Andernfalls ergibt sich eine flache Lernkurve. Wenn eine bestimmte Aufgabe schon beim ersten Eingriff leicht ausgeführt werden kann (d.h. die Aufgabe war definitiv einfach), ist das Voranschreiten in Richtung Perfektion bei nur kleinen Eingriffszahlen nicht ausreichend zu erkennen. Hunter hat allerdings keine suffiziente Antwort auf die Frage, wie viele Eingriffe denn nun nötig sind, um ein gewisses Plateau in der Lernkurve für laparoskopische Eingriffe zu erhalten. Er empfiehlt, dass Chirurgen, bevor sie neue laparoskopische Prozeduren an Menschen durchführen, diese Eingriffe am bestmöglichen Modell solange üben, bis sie problemlos, komplikationsarm und in angemessenem zeitlichen Rahmen ausgeführt werden können (24). Cagir et al. erfassten die Lernkurve für die laparoskopische Cholezystektomie beim Menschen und fanden heraus, dass eine statistisch signifikante Verbesserung in den Parametern Operationszeit, Konversionsrate und Komplikationen erst nach ca. 35 Eingriffen zu verzeichnen ist, d.h. 30 bis 35 Eingriffe sind nötig, um adäquate Erfahrung für die laparoskopische Cholezystektomie zu sammeln. Darüber hinaus wird empfohlen, in der Lernperiode das Patientengut sorgfältig auszuwählen, um mögliche Komplikationen zu minimieren sowie unter Aufsicht eines laparoskopisch erfahrenen Chirurgen zu arbeiten (5). Andere Studien fanden, dass die Lernkurve für die laparoskopisch assistierte Kolektomie länger als erwartet war: das Plateau für eine angemessene Operationszeit zeigte sich erst nach 35 bis 50 Eingriffen (66). Soot et al. untersuchten in einer Studie, wieviele Eingriffe notwendig sind, um eine laparoskopische Fundoplicatio erfolgreich durchzuführen. Hier zeigte sich die größte Verbesserung in den Lernkurven von Operationszeit, Konversionsrate sowie Komplikationen nach etwa 25 Eingriffen, wobei die genannten Faktoren auch in den nächsten 75 Fällen noch weiter absanken (57). Eine Studiengruppe gab als Plateau der Lernkurve für die laparoskopische Fundoplicatio 50 Eingriffe am Patienten an und forderte Verbesserungen an Lernmodellen, um die genannte Zahl und damit die Gefahren für den Patienten zu minimieren (6).

Bei komplexeren Operationen sind also erwartungsgemäß Erfolge erst nach einer größeren Anzahl von Eingriffen (ca. 30) zu verzeichnen. Man muss sich wirklich kritisch fragen, ob es aus ethischer Sicht gerechtfertigt ist, den Patienten dabei als „Trainingsmodell“ zu benutzen, wie es in den vorher genannten Studien der Fall ist. Vielmehr müssen durch geeignete Trainingsmethoden Komplikationsraten und benötigte Operationszeit schon soweit gesenkt werden, dass ein weitestgehend problemloses Operieren am Patienten möglich wird. Natürlich ist ein Eingriff am „lebenden Objekt“ immer



noch etwas anderes als am Trainingsmodell oder in einer Computersimulation. Die Basistechniken, der Ablauf des Eingriffes sowie die Handhabung von evtl. auftretenden Komplikationen müssen dem Chirurg aber gut vertraut sein, bevor er sich an den Patienten begibt. Andernfalls resultierten eine nicht akzeptable Komplikationsrate und eine unangemessen lange Operationszeit, die eine Verlängerung der Narkose und eventuell weitergehende Probleme nach sich ziehen kann. Allerdings muss zwischen Operationszeit und Qualität der Operation unterschieden werden, da die alleinige Betrachtung der Operationszeit nicht die Qualität der Operation mit folgenreichen Komplikationen für den Patienten bedeutet. Nur die gleichzeitige Erfassung der Komplikationen kann eine umfassende Aussage zur Bestimmung der Lernkurven und Empfehlungen für Ausbildungskonzepte treffen.

Die oben genannten Studien beziehen sich auf Eingriffe, die in der Erwachsenen Chirurgie mittlerweile als Standard angesehen werden, wie z.B. die laparoskopische Cholezystektomie. Der Kinderchirurg steht vor dem Problem, dass er mit zum Teil sehr komplexen minimal invasiven Operationen konfrontiert wird, beispielsweise der Behandlung von tracheo-ösophagealen Malformationen. Die Fallzahlen in der Kinderchirurgie sind jedoch so klein, dass es schwierig wird, allein durch das Operieren Routine zu erlangen. Umso wichtiger ist es für den Kinderchirurgen, in einem ständigen Trainingsprozess zu bleiben. Das bedeutet, dass er, auch wenn er bestimmte Eingriffe schon an Patienten durchgeführt hat, die Basistechniken und die Abläufe der jeweiligen Operationen immer wieder an geeigneten Modellen üben muss. Nur so kann der Kinderchirurg seine erlernten Fähigkeiten aufrechterhalten und sich die Schwierigkeiten und eventuell auftretenden Probleme bei komplexen Eingriffen vor Augen führen.

### 4.3 Beurteilung des Qualitätsindex

#### 4.3.1 Sinn eines Qualitätsindex bei der Beurteilung minimal invasiver Eingriffe

MIC ist seit geraumer Zeit ein fester Bestandteil im Alltag des Allgemeinchirurgen. Die Ausbildung von Assistenten, die noch nicht mit den verschiedenen in der Laparoskopie geforderten technischen Fähigkeiten vertraut sind, wird unterschiedlich gehandhabt. Während in einigen Institutionen das altbewährte Apprenticeship-Modell, das so erfolgreich im Erlernen der offenen Chirurgie zur Anwendung kommt, auch für das Training in der Laparoskopie beibehalten wird, stimmen die meisten Experten darin überein, dass für das Erlernen der laparoskopischen Chirurgie andere Trainingsmöglichkeiten notwendig sind. Es ist jedoch schwierig, den Einfluss solcher alternativen

Trainingsmethoden auf die klinischen Fähigkeiten zu beurteilen, da bisher kein standardisiertes Instrument existiert, um laparoskopische Eingriffe zu evaluieren.

In vielen Studien wurden verschiedene Simulatoren und Modelle entwickelt. Es wäre aber notwendig, ein einheitliches Bewertungssystem für diese Modelle zu etablieren. Wenn jedes Trainingsprogramm mit unterschiedlichen Maßstäben bewertet wird, kann kein Vergleich stattfinden. Ein standardisiertes Bewertungssystem könnte auch in der Zukunft auf neu entwickelte Ideen angewandt werden, um deren Validität und Nutzen zu bestimmen. Dies gilt vor allem für Modelle, an denen die Abläufe operativer Eingriffe der minimal invasiven Chirurgie geschult werden. Eubanks et al. entwickelten einen Score, der speziell zur Beurteilung der laparoskopischen Cholezystektomie konzipiert wurde. Dieser Score verwendete ähnliche Parameter wie das von uns ausgearbeitete Bewertungssystem.

Technische Fähigkeiten können gemessen werden anhand von detaillierten Protokollen, direkter Beobachtung durch Experten oder nachträglicher Analyse des auf Videoband aufgezeichneten Eingriffs. Die Analyse dieser Protokolle sowie die subjektive Beobachtung sind weder verlässlich noch gültig, außer wenn ein Vorgang nach festgelegten Kriterien beurteilt wird. Nur so können sich die Verlässlichkeit und die Gültigkeit der Aussagen reproduzierbar verbessern.

Minimal invasive Eingriffe sind einzigartig auf dem Gebiet der Chirurgie, da das Operationsgebiet auf einem Monitor wiedergegeben wird. Ohne großen Aufwand lassen sich hier über einen Videorecorder Aufnahmen der Prozedur machen, die es erlauben, sich den Eingriff zu jedem beliebigen späteren Zeitpunkt und so oft man will noch einmal anzusehen. Dadurch können einerseits technische Fertigkeiten objektiv von unabhängigen Beobachtern systematisch beurteilt werden, andererseits kann der Operateur selbst anhand der Videoanalyse aus seinen Fehlern lernen und eventuelle Schwachstellen erkennen (13). Ein Scoring-System zur Beurteilung der Qualität des MIC-Eingriffes bietet sich also über eine Videoauswertung an.

#### 4.3.2 Zusammensetzung des Qualitätsindex

Zur Beurteilung der Qualität der durchgeführten Operationen wurde vor Beginn unserer Studie ein Index erstellt. In diesen Qualitätsindex gehen alle wichtigen Komplikationen sowie verschiedene Kriterien der Naht und einer erfolgreichen Biopsie mit einer entsprechenden Punktegewichtung ein. Die Perforation, die Zeit für die Naht und die Biopsie sind mit den höchsten Punkten bewertet. Insgesamt können 100 Punkte erreicht werden. Weitere Komponenten sind

Begleitverletzungen, Gewebetrauma, Ausreißen der Naht, lockerer Knoten und Umgreifen der Nadel. Die einzelnen genannten Punkte sind in Bezug auf die zu erlernenden MIC-Techniken die relevanten Qualitätsmerkmale.

Die Perforation ist eine ernste Komplikation bei Eingriffen im Abdomen. Der Operateur muss fähig sein, bei einer Darmbiopsie nur in der gewünschten Schicht zu schneiden und den Darm dabei nicht zu eröffnen, was vor allem bei kleinen Kindern Geschicklichkeit und Vorsicht erfordert. Sollte eine Perforation auftreten, so ist eine kompliziertere Naht als vorgesehen notwendig, um den Defekt wieder suffizient zu verschließen. Eine sichere Naht- und Knüpftechnik ist notwendig. Dies alles ist verbunden mit einem Zeitverlust, mit der Gefahr der Nahtinsuffizienz und einer nachfolgenden Infektion. Daher ist bei der Biopsie große Sorgfalt anzuwenden. Aus den genannten Gründen wurde dieser Aspekt mit einer höheren Punktzahl bewertet.

Die erfolgreiche Biopsie ist das Ziel des Eingriffs. Das Gewinnen der Biopsie sollte ohne Komplikationen durchgeführt werden. Die Biopsie muss groß genug sein, um sie hinterher zur histologischen Untersuchung zu geben und zu einem aussagekräftigen Ergebnis kommen zu können. Darüber hinaus erfordert es eine gewisse Geschicklichkeit, das gewonnene Gewebestückchen unversehrt über den Trokar aus dem Bauch zu befördern und nicht zu verlieren. Die erfolgreiche Biopsie wurde ebenfalls mit einer hohen Gewichtung im Index gewertet.

Die für die Naht benötigte Zeit nimmt einen großen Teil der Gesamtoperationszeit ein und ist daher mitbestimmend für die nötige Narkosedauer. Sie wird beeinflusst von den technischen Fertigkeiten des jeweiligen Operateurs und in diesen Punkt fließen auch indirekt die Parameter Gewebetrauma, Ausreißen der Naht, lockerer Knoten und Umgreifen der Nadel ein, die jeweils mit einem Zeitaufwand verbunden sind. So kann man den Punkt „Nahtzeit“ auch als Gesamtparameter für die Geschicklichkeit und Umsichtigkeit des Probanden verstehen.

Die drei eben genannten Parameter wurden von uns als zentralen Punkt für den zu erlernenden Eingriff angesehen und daher im Qualitätsindex in der Summe der drei Parameter mit der höchsten Punktzahl bewertet.

Die folgenden Punkte gehen mit einer geringeren Gewichtung in den Index ein. Anhand der Begleitverletzungen (Blutungen, Verletzung benachbarter Organe) kann man sehen, inwieweit der Operateur in der Lage ist, sich in einem beengten Raum ohne Komplikationen zu bewegen. Das Ausmaß der Begleitverletzungen wirkt sich wiederum auf die Operationszeit aus, da die entstandenen Läsionen zusätzlich versorgt werden müssen. Unter dem Punkt „Gewebetrauma“ wurde der schonende Umgang mit dem Gewebe beurteilt. Dies bedeutet z.B. wie kräftig und wie häufig der Operateur den Darm fasst, ob er daran reißt oder behutsam mit dem empfindlichen Gewebe umgeht. Durch sicheres,

kontrolliertes und vorsichtiges Anfassen und Positionieren wird unnötiges Gewebetrauma vermieden, und so können Komplikationen verringert und Zeit gespart werden. Wieder ist die Geschicklichkeit und Umsicht des Operateurs gefordert. Als weitere Parameter wurde die Güte der Naht bewertet. Das Ausreißen der Naht ist ein wichtiges Kriterium für eine sichere Nahttechnik und wiederum den schonenden Umgang mit dem Gewebe. Ein fester Knoten spricht für gute Knüpftechnik und eine sichere Knotentechnik garantiert auch bei entstandenen Komplikationen, bei denen man oft schnell und effektiv handeln muss, eine sichere Naht. Sogenannte „Luftknoten“ bedingen Zeitaufwand, da eine neue Naht gesetzt werden muss, und sie bergen bei Belassen die Gefahr der Nahtinsuffizienz mit nachfolgenden Problemen. Diese Dinge sind Basistechniken, die der Operateur unbedingt können muss, bevor er Eingriffe an Säuglingen oder Kleinkindern vornimmt. Als letzten Punkt nahmen wir das Umgreifen der Nadel in unseren Index auf. Häufiges Umgreifen der Nadel wirkt sich nicht nur auf die Operationszeit aus, sondern birgt auch die Gefahr der Verletzung von Nachbarorganen bei unvorsichtigem Handling im kleinen, beengten abdominiellen Raum des Säuglings. Zudem sagt dieser Parameter etwas aus über das räumliche Vorstellungsvermögen des Probanden, d.h. wie er sich die Nadel optimal positioniert. Auch das Wissen um den richtigen Umgang mit den laparoskopischen Instrumenten und deren ergonomische Anforderungen fließt hier mit ein.

Aus all den genannten Punkten setzt sich unser Qualitätsindex zusammen. Wir überprüften die Aussagekraft des Index, indem wir drei voneinander unabhängige Beobachter ein Video eines erfahrenen Chirurgen auswerten ließen. In allen drei Fällen vergaben die Beobachter höchste Punktzahlen. In einem weiteren Schritt wurde die Validität des Index nochmals überprüft, indem wir Videos von drei Eingriffen von jedem der 12 Probanden an zwei verschiedene erfahrene Kinderchirurgen in verschiedenen Krankenhäusern schickten und diese um eine Evaluation der Eingriffe baten. Wir verglichen dann deren Daten und unsere Ergebnisse mittels U-Test. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den erhobenen Daten der unabhängigen Tester und unserer Auswertung. Diese Übereinstimmung lässt uns davon ausgehen, dass der Qualitätsindex gut geeignet ist zur objektiven Beurteilung der MIC-Operationen.

Auch in anderen Studien wurden ähnliche Scores benutzt: Eubanks et al. entwickelten ein System zur objektiven Beurteilung technischer Fähigkeiten bei der laparoskopischen Cholezystektomie. Die direkte Observation mit strukturierten Kriterien wird als die verlässlichste und gültigste Methode angesehen, um technische Fertigkeiten und handwerkliche Geschicklichkeit während eines operativen Eingriffes zu evaluieren. In Eubanks Studie wurden 30 laparoskopische Cholezystektomien auf Video aufgenommen und dann von drei objektiven Beobachtern anhand des eigens entwickelten Scoring-Systems

ausgewertet. Bei einer Gesamtpunktzahl von 90 wurden jeweils zwischen 2 und 10 Punkte für die erfolgreiche Durchführung jedes einzelnen der 23 vorgesehenen Schritte vergeben. Die Operation wurde also in 23 Teilschritte unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades eingeteilt, die bei jedem Eingriff von jedem Operateur durchlaufen werden müssen. Ausserdem wurden Fehlerpunkte für 21 mögliche Fehler, abhängig vom relativen Schweregrad und der Häufigkeit mit der der Fehler gemacht wird, verteilt. Zu den Fehlern wurden, ähnlich wie in unserer Arbeit, unter anderem folgende Faktoren gezählt: Blutung, Verletzung umliegender Organe, wiederholte Versuche zu Schneiden oder zu Clippen sowie verlängerte Operationszeit. Es stellte sich heraus, dass mit dieser Methode untersucherunabhängig die technischen Fähigkeiten objektiv beurteilt werden konnten.

Der Wert eines Scoring-Systems ist vielfältig: zum einen können damit verschiedene Trainingsmethoden (Pelvitainer, Tiermodell, Computersimulatoren) auf ihren Einfluss auf das Erlernen technischer Fähigkeiten hin evaluiert werden, zum anderen kann der Proband selbst sich den von ihm durchgeführten Eingriff noch einmal ansehen und spezifische Schwachstellen anhand des Scoring-Systems identifizieren. Außerdem können Institutionen, die sich mit der Ausbildung von Chirurgen beschäftigen, auf diese Weise spezielle Trainingspläne erstellen, häufige Fehlerquellen, die möglicherweise auf technischen Fehlern oder Mängeln im Instrumentarium beruhen, herausfinden und so Verbesserungen in der Operationstechnik und dem Equipment herbeiführen. (13)

Scott et al. untersuchten, welchen Einfluss das Erlernen von Standardübungen im Pelvitainer auf die technische Geschicklichkeit bei der laparoskopischen Cholezystektomie hat. Sie benutzten eine sogenannte „Global Rating Scale of operative performance“, die in vielen Punkten mit unserem Qualitätsindex übereinstimmt. Die darin enthaltenen Kriterien waren unter anderem: Umgang mit dem Gewebe, Bewegungsablauf und Umgang mit den Instrumenten, Vertrautheit mit dem Equipment, Operationsfluss, Vertrautheit mit den geforderten Operationsschritten und sinnvoller Einsatz von Assistenten. Die genannten Kriterien wurden jeweils mit Punkten zwischen 1 (schlechtester Wert) und 5 (bester Wert) bewertet und daraus wurde dann eine Gesamtsumme erstellt (53). Es wurde aber keine Gewichtung der einzelnen Punkte durchgeführt.

Es wäre wünschenswert, wenn auch für Kinderchirurgen im Rahmen der Entwicklung von speziellen Operationskursen ein solches Bewertungssystem eingeführt würde, welches auf die speziellen minimal invasiven Eingriffe in der Kinderchirurgie abgestimmt ist.

### 4.3.3 Lernkurve des Qualitätsindex

Betrachtet man die Lernkurven für den Qualitätsindex in beiden Gruppen, so fällt auf, dass diese im Vergleich zu den Lernkurven für die Operationszeit eher linear verlaufen. Das bedeutet, dass hier ein längerer, stetiger und homogener Lernprozess vor sich geht als bei der alleinigen Betrachtung der Operationszeit der Fall ist. In der Pelvitrainer-Gruppe fand sich bezüglich der Operationszeit, wie oben schon beschrieben, eine typische Lernkurve mit relativ schneller Verringerung der für den Eingriff benötigten Zeit, die dann auf einem Niveau stagniert. Beim Qualitätsindex sieht die Kurve für die Probanden der Pelvitrainer-Gruppe anders aus: sie steigt langsam, aber stetig an, bis der maximal zu erreichende Punktwert erlangt wird. Es findet hier eine kontinuierliche Verbesserung in den im Qualitätsindex berücksichtigten Punkten statt, ohne dass Schwankungen auftreten. Die Probanden werden immer sicherer im Nähen und Knüpfen, gehen sorgfältiger mit dem Gewebe um und setzen weniger Begleitverletzungen. Dass die Lernkurve der Pelvitrainer-Gruppe im Vergleich zu der der Tiermodell-Gruppe so gleichmäßig linear ansteigt, liegt, wie oben schon erwähnt, an den im Pelvitrainer konstanteren Bedingungen für den Eingriff. Der Proband findet immer wieder die gleiche Situation vor, er erinnert sich an Fehler, die er möglicherweise beim letzten Eingriff gemacht hat, und kann diese beim nächsten Mal versuchen zu vermeiden. Die vertraute Situation im Pelvitrainer macht es ihm leichter als einem Probanden im Tiermodell, sich auf etwaige Fehler oder Unsicherheiten und deren Vermeidung zu konzentrieren, er fühlt sich sicherer in seinem Operationsgebiet und kann so die im Qualitätsindex wichtigen Punkte besser berücksichtigen. So kommt es zum linearen Anstieg der Punktezahl und damit der Lernkurve.

Bei den Probanden der Tiermodellgruppe zeigt die Lernkurve für den Qualitätsindex keinen so linearen Verlauf wie die der Pelvitrainergruppe. Während der ersten drei Eingriffe am Kaninchen steigert sich zwar die Punktezahl im Index ähnlich wie im Pelvitrainer, aber bei der vierten Operation kommt es in der Tiermodellgruppe zu einem Einbruch, d.h. die Probanden verschlechtern sich in Bezug auf den Qualitätsindex, bevor sich die Punktezahl ab dem 7. Eingriff wieder kontinuierlich erhöht und beim Abschlusseingriff die Maximalwertung erreicht wird. Unmittelbar hiermit hängt auch die Verlängerung der Operationszeit während der Eingriffe 4-7 in der Tiermodellgruppe ab, auch hier gibt es so einen Einbruch. Die Gründe dafür sind zum Teil schon zur Sprache gekommen: im Tiermodell gibt es viel mehr Möglichkeiten für den Operateur Begleitverletzungen zu setzen. Im Pelvitrainer liegt ein einziges präpariertes Stück Darm vor, an dem der Eingriff durchgeführt werden soll, wohingegen der Proband im Kaninchen durch benachbarte Darmschlingen behindert wird, die Peristaltik am lebenden Tier kann störend

sein und es können Blutungen entstehen. Verletzungen an Zwerchfell, Peritoneum, Gefäßen und Nachbarorganen können gesetzt werden. Dies geht wiederum mit einem Zeitverlust und somit der Verlängerung der Operationszeit sowie einem Punkteabfall im Qualitätsindex einher. Erst ab dem 7. Eingriff am Tiermodell haben die Probanden genügend Erfahrung gesammelt und immer mehr Sicherheit gewonnen, um sich besser auf die geforderten technischen Fähigkeiten konzentrieren und so ihren Qualitätsindex verbessern zu können.

#### 4.3.4 Regressionsgeraden des Qualitätsindex

Anhand der Regressionsgeraden des Qualitätsindex kann der Lerneffekt der Übungsoperationen der beiden Gruppen abgelesen werden. Im Diagramm werden die im Qualitätsindex erreichten Werte mit der jeweiligen Standardabweichung aufgetragen. Es wird die am besten passende Gerade durch die Punkte errechnet. So erhält man die Steigung der Geraden ( $b$ ), die die Verbesserung des Index ausdrückt. Dies erleichtert den Vergleich beider Gruppen.

Für die Probanden der Pelvitainergruppe beträgt  $b = 4,48$ . Für die Tiergruppe liegt der Wert bei 1,75. Das bedeutet, dass sich die Teilnehmer der Pelvitainergruppe in ihrem Modell während der Übungseingriffe erheblich gesteigert haben und im Verlauf höhere Werte des Qualitätsindex erzielen konnten. Dies unterstreicht die Vorteile des Pelvitainers: das unveränderte Setting und der Ausschluss von Störfaktoren erleichtert das Erlernen der Basistechniken des operativen Ablaufes wie Fassen, Schneiden, Nähen und Knüpfen.

Diese Daten zeigen, dass der Ablauf einer laparoskopischen Operation zu Beginn am besten in einer Umgebung erlernt werden kann, in der sich der Lernende, ohne von anderen Aspekten einer „Live-Operation“ abgelenkt zu werden, voll und ganz auf diese Basistechniken konzentrieren kann. Dies ist im Pelvitainer gut möglich. Jedoch muss man beachten, dass hier Störfaktoren und Komplikationen vollständig ausgeschaltet sind. Diese können erst in einem In-vivo-Modell trainiert werden. Der schonende Umgang mit dem Gewebe zur Vermeidung von Blutungen und anderen Verletzungen, Versorgung von Begleitverletzungen wenn nötig sowie Probleme mit der Narkose und deren Behebung überraschen ansonsten den Operateur am Patienten. Diese Aspekte können im Tiermodell erarbeitet und perfektioniert werden.

#### 4.3.5 Veränderung des Qualitätsindex bei der Abschlussoperation

Obwohl die Probanden der Pelvitainer-Gruppe ihren Qualitätsindex bis zur 8. Operation auf 99 Punkte steigern konnten, mussten sie beim Umsteigen vom In-vitro- zum In-vivo-Modell einen herben Rückschlag diesbezüglich erfahren: sie verloren im Durchschnitt 25 Punkte und kamen nur noch auf 74 Punkte. Die Probanden der Tiermodellgruppe hingegen konnten ihren Index noch steigern auf 93 Punkte. Dies zeigt die Problematik auf, dass es zu erheblichen Qualitätsverlusten beim Umstieg vom In-vitro- auf das In-vivo-Modell kommt. Dieser Effekt lässt sich, wie in unserer Studie, sogar bei kleinen operativen Eingriffen nachweisen.

#### 4.4 Wiederholung des Eingangstests der Basistechniken

Am Ende unserer Studie wiederholten wir den Eingangstest. Alle Probanden führten noch einmal die drei Standardübungen durch: Nadeltransfer, Streichholzschachtelübung und Knotentechnik. In der statistischen Auswertung zeigte sich, dass sich sowohl die Probanden der Tiermodell-Gruppe als auch diejenigen der Pelvitainer-Gruppe signifikant verbessern konnten im Vergleich zum Eingangstest. Die Anzahl der transferierten Nadeln steigerte sich und die benötigte Zeit für die Schachtelübung und das Knoten wurde verringert. Die Probanden der Pelvitainergruppe (Gruppe A) transferierten im Mittel 5,67, diejenigen Tiermodellgruppe (Gruppe B) 3,25 Nadeln mehr als beim Eingangstest. Bei der Nahtübung benötigten die Teilnehmer der Gruppe A nach Abschluß der Studie im Mittel 2 Minuten weniger als davor, die der Gruppe B 2,75 Minuten weniger als beim Eingangstest. Daraus lässt sich schließen, dass sowohl im Tiermodell als auch im Pelvitainer die Basistechniken suffizient erlernt werden können.

Trotzdem halten wir es nach Abschluss unserer Studie für sinnvoll, die Grundtechniken (Umgang mit den laparoskopischen Instrumenten, Hand-Auge-Koordination, Greifen, Nähen und Knüpfen, Schneiden etc.) am In-vitro-Modell zu erlernen. Es wäre unwirtschaftlich und ethisch nicht vertretbar, Chirurgen mit kaum Erfahrung in der minimal invasiven Chirurgie gleich am Tiermodell üben zu lassen, da das Trainieren der Basistechniken erwartungsgemäß am Anfang viel Zeit und Geduld fordert und mit Misserfolgen und Rückschritten gerechnet werden muss. Würde man die ersten Übungen am Tiermodell durchführen, wäre ein hoher Verbrauch an Tieren unumgänglich. Die Narkose kann nicht beliebig



lang aufrechterhalten werden, es können aufgrund der Unerfahrenheit der Operateure so große Verletzungen entstehen, dass ein weiteres Training an ein und demselben Tier unmöglich wird. Darüber hinaus können solche Hindernisse für den Operateur frustrierend sein und den Lernerfolg mindern. Daher scheint das ideale Umfeld für den Anfänger der Pelvitainer zu sein: hier kann sich der Lernende ganz auf seine Aufgaben konzentrieren, wird nicht durch große Begleitverletzungen irritiert, steht nicht unter Zeitdruck seitens der Anästhesie und kann so die zu meisternden Übungen beliebig oft unter den gleichen Umständen wiederholen. Sobald er sich darin sicher fühlt und Routine in den geforderten Basistechniken erlangt hat, kann er das Erlernte auf das Tiermodell übertragen. Im Tiermodell können die komplexen Abläufe einzelner Eingriffe trainiert und der Umgang mit Komplikationen geschult werden. So werden die zu Verfügung stehenden Tiere optimal genutzt und der Erfolg stellt sich schneller ein.

#### 4.5 Beurteilung der Fragebögen

Zu Beginn unserer Studie legten wir allen Probanden einen Fragebogen vor, um uns ein Bild über deren bisher gemachte Erfahrungen sowie deren Wünsche und Erwartungen an eine solche Studie zu machen. Neben persönlichen Daten wie Alter, Geschlecht und Weiterbildungsjahr erhob dieser Fragebogen vor allem Fakten bezüglich der eigenen Erfahrung mit minimal invasiver Chirurgie. Abgefragt wurden der Einsatz der Probanden als Kameramann/ Assistent/ Operateur in der minimal invasiven Chirurgie sowie die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten in folgenden Punkten: Geschicklichkeit in den Bewegungen, Beherrschung der chirurgischen Basistechniken, sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe, Navigation und Orientierung im Operationsfeld, spezifische Kenntnisse über das angewandte Verfahren, Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment, Teamfähigkeit, gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen. Daneben wurde abgefragt, welche der genannten Punkte die Probanden als die wichtigsten für die minimal invasive Chirurgie ansahen und ob sie unseren Kurs als sinnvoll für ihr chirurgisches Training erachteten. Ferner wurde gefragt, wie die Probanden in ihrer Klinik an die minimal invasive Chirurgie herangeführt wurden und ob sie schon einmal an einem ähnlichen Kurs teilgenommen hatten. Die Probanden füllten den Fragenbogen anonym aus und wurden erst danach in ihre jeweilige Gruppe (Tiermodell bzw. Pelvitainer) eingeteilt.

Nach Abschluss unserer Studie ließen wir die Probanden nochmals einen Fragebogen ausfüllen. Über 90% der Befragten sahen ihre Erwartungen an die Studie bestätigt und fühlten sich befähigt, in der Folge unter Anleitung eines

erfahrenen Chirurgen einen laparoskopischen Eingriff durchzuführen. Alle Probanden gaben an, dass ihr Interesse an minimal invasiven Operationen geweckt worden sei und sie sich in Zukunft verstärkt um die Mitwirkung bei solchen Eingriffen bemühen werden. Die meisten der Befragten können sich vorstellen, mit Hilfe derartiger Kurse neue chirurgische Verfahren zu erlernen und sind sich sicher, dass dadurch auch die Patienten profitieren.

Sowohl in der Pelvitainer- als auch in der Tiergruppe wurde dem Kurs besondere Bedeutung für das Training von chirurgischen Basistechniken sowie der Geschicklichkeit in den Bewegungen beigemessen. Auch die Navigation und Orientierung im Operationsfeld wurde als Aspekt angesehen, den man in einem solchen Kurs gut trainieren kann. Dies entspricht insgesamt den Erwartungen, die die Teilnehmer im Vorfeld an den Kurs stellten.

Wenn man Tier- und Pelvitainergruppe bezüglich der persönlichen Einschätzung vor und nach dem Kurs gesondert betrachtet, kommt man zu folgenden Ergebnissen: Die Probanden der Pelvitainergruppe gaben an, dass sich ihre Fähigkeiten besonders in den Punkten „Geschicklichkeit in den Bewegungen“, „Beherrschung der chirurgischen Basistechniken“ und „Navigation und Orientierung im Operationsfeld“ verbessert hätten. Bei den Aspekten „Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe“, „Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren“, „Kenntnisse über Instrumente und Equipment“, „Teamfähigkeit“ und „Gute Konzentration und Umgang mit Stresssituationen“ bemerkten die Probanden subjektiv keine Steigerung. Diese Erkenntnisse bestätigen, dass man im In-vitro-Modell vor allem die Grundtechniken der minimal invasiven Chirurgie wie Nähen und Knüpfen erlernen und optimieren kann. Andererseits bleiben Aspekte wie gewebeschonendes Arbeiten oder das Handling von Problemsituationen größtenteils außen vor. Das kommt daher, dass der Proband im Pelvitainer naturgemäß gar nicht auf umliegendes Gewebe achten kann, weil dies in der Situation nicht vorhanden ist. Erfolgt dann der Wechsel ins Tiermodell, hat der Chirurg genau in diesem Punkt Probleme. Ähnlich verhält er sich mit dem Umgang mit Stresssituationen: im Pelvitainer kommt der Proband nicht in Berührung mit Begleitverletzungen, Blutungen, Komplikationen mit der Narkose. Dies sind Dinge, die dann im Tiermodell hinzukommen und erst hier zum Stress führen. Da die Probanden der Pelvitainergruppe nur die Abschlussoperation am Tier vorgenommen haben, konnten sie die genannten Punkte während des Trainings nicht in dem Maße kennen- und bewältigen lernen wie die Kollegen der Tiermodellgruppe, so dass hier subjektiv keine Fortschritte erzielt werden konnten.

Bei den Probanden der Tiergruppe gab es Verbesserungen vor allem bei den Aspekten „Beherrschung der chirurgischen Basistechniken“ und, im Gegensatz zur Pelvitainergruppe, in den Punkten „Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe“, „Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren“, „Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment“, „Teamfähigkeit“ sowie „Gute Konzentration und Umgang mit Stresssituationen“. Im Punkt „Geschicklichkeit in den Bewegungen“ gab es für die Probanden der Tiergruppe subjektiv keine große Steigerung. Wie im vorherigen Absatz schon erwähnt, mussten sich die Probanden der Tiergruppe während des gesamten Trainingsabschnittes mit gewebeschonendem Arbeiten und Umgang mit Stresssituationen beschäftigen und konnten so eine Verbesserung in diesen Punkten erzielen. Auch die Teamfähigkeit wurde bei diesem Modell mehr geschult, was wahrscheinlich daran liegt, dass der Kontakt mit dem Anästhesisten und dem Supervisor enger als beim Pelvitainermodell ist. Hinsichtlich der Geschicklichkeit in den Bewegungen sahen die Probanden der Tiergruppe keinen individuellen Fortschritt. Daraus könnte man folgern, dass sich die Befragten ein vorgeschaltetes Training am In-vitro-Modell gewünscht hätten, um diesen Punkt im Vorfeld zu trainieren und zu optimieren.

Bei der Frage „Was zeichnet einen guten Chirurgen in besonderem Maße aus?“ hielten die Probanden der Tiergruppe nach Abschluss des Trainings die Punkte „Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe“, „Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren“ sowie „Navigation und Orientierung im Operationsfeld“ für die drei wichtigsten. Die Probanden der Pelvitainergruppe schätzten die Aspekte „Beherrschung der chirurgischen Basistechniken“, „Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe“ und „Geschicklichkeit in den Bewegungen“ am höchsten ein.

Insgesamt kann man aus diesen Beobachtungen folgern, dass die meisten Probanden mit wenig Erfahrung in der minimal invasiven Chirurgie in unsere Studie gegangen sind und dass nach Abschluss der Studie alle Befragten der Meinung waren, von dem Kurs profitiert zu haben. Die zu Beginn der Studie geäußerten Wünsche und Erwartungen an den Kurs konnten während des Trainings bestätigt werden. Die meisten Probanden konnten darüber hinaus auch auf dem Gebiet „Teamfähigkeit“ dazulernen. Gerade bei neuen und komplizierteren Verfahren wie der minimal invasiven Technik in der Kinderchirurgie ist es wichtig, dass alle Beteiligten (Operateur und Assistent, OP-Schwestern, Anästhesie) Hand in Hand zusammenarbeiten und die einzelnen Schritte des geplanten Eingriffes verinnerlicht haben, damit ein reibungsloser Ablauf der Prozedur garantiert werden kann.

Da die Probanden nach Abschluss der Studie eine persönliche Verbesserung vor allem in den Punkten „Geschicklichkeit in den Bewegungen“ sowie „Beherrschung der chirurgischen Basistechniken“ angaben, kann man davon ausgehen, dass sowohl am Pelvitainer als auch am Tiermodell die grundlegenden Techniken der minimal invasiven Technik geschult werden können. Es sollte aber beim Erlernen eines spezifischen MIC-Eingriffes ein In-vitro-Training vorgeschaltet sein, damit der Proband sich dann im Tiermodell auf die dort hinzukommenden Schwierigkeiten konzentrieren kann und das Tier optimal genutzt werden kann.

#### 4.6 Stellenwert von Trainingsmodellen in der minimal invasiven Chirurgie bei Kindern

Unsere Studie hat gezeigt, dass die Grundtechniken der Laparoskopie am besten in einer Umgebung erlernt werden können, in der sich der Lernende völlig auf seine Aufgaben konzentrieren kann, ohne gestört oder behindert zu werden. Das bedeutet, dass man „Störfaktoren“ wie Blutungen, umliegende Organe etc. in dieser ersten Lernphase am besten ausschalten sollte. Hierfür eignet sich ein Pelvitainer, in dem der Proband die laparoskopischen Instrumente in aller Ruhe ausprobieren und sich mit den Basistechniken wie Schneiden, Fassen, Nähen und Knüpfen vertraut machen kann.

Wenn nun ein gewisses Niveau erreicht ist, das heißt wenn der Proband Sicherheit im Umgang mit den Grundtechniken erlangt hat und seine Fähigkeiten signifikant verbessert hat, sollte der Lernprozess im Tiermodell weitergeführt werden. Hier wird der Lernende noch einmal mit speziellen Problemen und Risiken konfrontiert, die er so nur im belebten Modell antrifft. Der Proband kann am Tiermodell diese Probleme kennenlernen und er muss lernen, mit diesen Problemen fertig zu werden. Erst dann können Eingriffe an Patienten vorgenommen werden. Fällt der Schritt „Tiermodell“ aus und hat der Proband nicht die Möglichkeit, seine erworbenen technischen Fähigkeiten am lebenden Modell zu verbessern, resultiert ein erhöhtes Risiko für den Patienten.

Für unsere Studie wählten wir einen relativ einfach durchzuführenden Eingriff, eine Darmbiopsie, aus, den die Probanden beider Gruppen erlernen sollten. Trotzdem gab es schon bei diesem kleinen Eingriff verhältnismäßig viele Komplikationen: Perforationen, Begleitverletzungen, verlängerte Operationszeit. Besonders beim Umstieg vom Pelvitainer zum Tiermodell konnten die jeweiligen Probanden ihre im In-vitro-Modell erworbenen Fähigkeiten nicht adäquat umsetzen und mussten starke Einbußen bzgl. Operationszeit und

Qualitätsindex erfahren. Wenn nun komplexere Eingriffe trainiert werden sollen, muss man mit erheblich mehr Komplikationen und längeren Operationszeiten rechnen. Wäre das Tiermodell nicht zwischengeschaltet, würden die genannten Komplikationen bei Eingriffen an Menschen auftreten, was ein hohes Risiko für den Patienten birgt.

Insbesondere in der Kinderchirurgie sind MIC-Eingriffe bei Säuglingen und Kleinkindern technisch sehr anspruchsvoll. Dem gegenüber steht aber eine geringe Anzahl an Operationen. Somit ist vor allem in diesem Bereich ein gutes Trainingskonzept zum Erlernen notwendig. Es erscheint sinnvoll, beim Training von laparoskopischen Methoden bei Kindern folgenden Weg einzuschlagen: an erster Stelle steht das Erlernen der Basistechniken am Pelvitainer, solange bis die Lernkurve ein Plateau erreicht hat. Dann soll der Lernende seine Fähigkeiten auf das Tiermodell übertragen und zusätzlich noch die speziellen Probleme am In-vivo-Modell kennenlernen und bewältigen. Erst danach kann er unter Aufsicht eines erfahrenen Chirurgen erste Eingriffe selbständig durchführen. Dabei ist zu beachten, dass es für Kinderchirurgen bezüglich des Tiermodells unbedingt Alternativen zum in der Erwachsenenchirurgie etablierten Schweinmodell geben muss, da die anatomischen Verhältnisse naturgemäß beim Kind viel beengter sind und ein Training am Schwein nicht ausreicht, um die spezifischen in der Chirurgie von Säuglingen und Kleinkindern geforderten Fähigkeiten zu erwerben. Uns erscheint ein Training am Kaninchenmodell daher sinnvoll und gerechtfertigt. Dieses Modell entspricht dem Situs eines Säuglings oder Kleinkindes, und der Operateur muss mit den Gegebenheiten des beengten Raumes und der kleineren Anatomie fertig werden. Natürlich muss auch schon der Pelvitainer an die spezielle Situation der Kinderchirurgen angepasst sein, so dass auch im ersten Trainingsschritt angemessene Größenverhältnisse herrschen. In der Kinderchirurgie sind diese Trainingsschritte auch für schon erfahrene MIC-Operateure sinnvoll, da der beengte Situs neue und andere Komplikationen birgt.

#### 4.7 Rechtfertigung des Tiermodells

Ein Ziel unserer Studie war, aufzuzeigen, in welchem Maße das Tiermodell Vorteile im Training von laparoskopischen Operationsmethoden bringt und ob es folglich ethisch gerechtfertigt ist, Tiere in diesen Trainingsprozess miteinzubinden. Wie wir in unserer Arbeit zeigen konnten, kam es bei den Probanden der Pelvitainer-Gruppe, nachdem diese sich im Pelvitainer in den Basistechniken hervorragend verbessern konnten, beim Umstieg in das Tiermodell zu einer erheblichen Verschlechterung. Sowohl Operationszeit als auch Komplikationsrate stiegen signifikant an, und alle bisher erworbenen

Fähigkeiten schienen sich am Kaninchen nicht adäquat umsetzen zu lassen. Hätten diese Probanden nach dem so erfolgreichen Training im In-vitro-Modell ohne zwischengeschaltetes Training am Tier gleich Eingriffe an Kindern durchgeführt, wäre es hier höchstwahrscheinlich zu einer unverträglich hohen Komplikationsrate und damit Verlängerung der Operationszeit gekommen. Bestimmte chirurgische Fähigkeiten und Handgriffe kann man nur am lebenden Modell erlernen. Dazu gehören, wie vorher schon erwähnt, der schonende Umgang mit dem Gewebe zur Vermeidung von Blutungen und Begleitverletzungen, das Auffinden und Versorgen von blutenden Gefäßen, der Umgang mit Stresssituationen sowie das schnelle Handeln in Problemfällen. Allen diesen Aspekten ist man im Pelvitainer nicht in dem Maße ausgesetzt wie es beim Tier und letztendlich beim Menschen der Fall ist. Daher halten wir es nach Abschluss unserer Studie und unter Berücksichtigung der Ergebnisse für gerechtfertigt und überaus sinnvoll, Tiermodelle beim Training von Operationsmethoden einzusetzen.

Um ein Tiermodell optimal ausnutzen zu können, müssen jedoch einige Aspekte beachtet werden: ein Basistraining am Pelvitainer, in dem die Grundtechniken der minimal invasiven Chirurgie sowie der richtige Umgang mit den Instrumenten erarbeitet werden, sollte unbedingt vorgeschaltet sein. Darüber hinaus haben wir in unsere Studie den Versuchablauf so gestaltet, dass möglichst viele Probanden hintereinander die Operationen an ein und demselben Tier durchführen konnten, so dass insgesamt möglichst wenige Tiere benötigt werden. Nachdem die Probanden der Tiermodellgruppe ihre Eingriffe beendet hatten, wurden demselben Tier Teile des Darms entnommen, mit denen dann die Probanden der Pelvitainer-Gruppe üben konnten. Durch gute Planung konnten die Ressourcen optimal genutzt werden.

Wolfe et al. diskutierten in ihrer Arbeit die Notwendigkeit des Einsatzes lebender Tiere im Rahmen des Trainings für minimal invasive Chirurgie. Die Techniken, die in der minimal invasiven Chirurgie gefordert sind, sind für die Chirurgen in Ausbildung anders als bei der offenen Chirurgie. Beim ersten Eingriff, der sich in der laparoskopischen Chirurgie etablierte, nämlich der Cholezystektomie, sind eher Basistechniken erforderlich wie der Gebrauch von Faszang, Schere und Koagulator. Kompliziertere Vorgänge wie koordiniertes zweihändiges Dissezieren, Nähen und Knüpfen sowie der Gebrauch von komplexeren Instrumenten sind hier nicht vorgesehen.

Viele abdominale und thorakale Eingriffe können in der Erwachsenen Chirurgie heute schon mit hoher Sicherheit und Effizienz laparoskopisch durchgeführt werden. Daraus erwächst der Wunsch und auch die Notwendigkeit für viele

Kinderchirurgen, sich diese neue Technik und die dazugehörenden Fähigkeiten möglichst schnell anzueignen, um auch den kleinen Patienten die Vorteile dieses Verfahrens zukommen lassen zu können. Bevor solche Eingriffe an Säuglingen und Kleinkindern vorgenommen werden, ist es allerdings sinnvoll und nötig, sich anhand von Lehrbüchern, Diskussionen, Demonstrationen und praktischen Übungen mit der laparoskopischen Methode zu befassen. Insbesondere die Nahttechniken, die Orientierung im beengten Raum sowie der Umgang mit dem zarten Gewebe erfordern großes Können. Es existiert aber Uneinigkeit in Bezug darauf, welche Rolle lebende Tiere in diesem Trainingsprozess haben sollen.

Die Vorteile von Tiermodellen beim Training von minimal invasiven Techniken speziell für die Kinderchirurgie liegen auf der Hand. Wenn man komplexere Techniken als z.B. die für die laparoskopische Cholezystektomie geforderten am Tiermodell übt, kommt es häufig zu intraoperativen Blutungen. Die Fähigkeit, ein blutendes Gefäß zu identifizieren und die Blutung zu stillen, ist und bleibt ein großer limitierender Faktor in der minimal invasiven Chirurgie, da das Absaugen zum Verlust des Pneumoperitoneums führt, das Blut die Optik beschmutzen und so die Sicht behindern kann und Blutkoagel nicht so leicht entfernt werden können. Daher muss die Fähigkeit, schonend mit dem Gewebe umzugehen und möglichst wenige Blutungen zu setzen, am lebenden Tier erworben werden. Im In-vitro-Modell können räumliche Verhältnisse nicht adäquat nachgebildet werden, und die Verwendung von tierischem Gewebe ex vivo ist nicht so wahrheitsgetreu, da es den Grundtonus verloren hat und fragiler ist als lebendes Gewebe. Ein solches Gewebe hat jedoch seinen Stellenwert im Trainingsprogramm eines Kinderchirurgen, da es verwendet werden kann um die Grundlagen des Nähens und Knüpfens, auch in Bezug auf die Geometrie der Naht und die Anzahl der Stiche, zu erlernen. Darüber hinaus ist es viel kostengünstiger als manch anderes Modell und verbessert den Lernprozess als Ganzes, wenn es als Trainingseinheit eingesetzt wird, bevor man ans Tiermodell und später dann an den kleinen Patienten geht.

Aber auch die Nachteile des Tiermodells sind offensichtlich. Einige Menschen lehnen den Gebrauch lebender Tiere in Lehre und Forschung grundsätzlich ab. Werden lebende Tiere eingesetzt, entstehen hohe Kosten einerseits für die Anschaffung, andererseits für die artgerechte Haltung, wofür ausgebildetes Personal und bestimmte Voraussetzungen, Ställe, Futter etc. notwendig sind. Und nicht zuletzt wird ein gesundes Tier nie die Pathologien mit sich bringen, die ja durch eine Operation behoben werden sollen. Daher repräsentiert das Tiermodell nie die Situation, wie sie beim Menschen vorkommen wird. Ein detailliertes Protokoll, worin die verwendete Spezies, eine Beschreibung des Eingriffs der vorgenommen werden sollte, Gründe für die Wahl gerade jener Spezies und Rechtfertigung für die Verwendung von Tieren enthalten war,

müssen an die zuständige Stelle geleitet werden. Ein Komitee entscheidet dann über die Zustimmung. Das Komitee lehnt Versuche, bei denen die Tiere überleben sollen, eher ab als solche, bei denen sie Tiere nach Beendigung des Eingriffes eingeschläfert werden.

Auch in anderen Studien konnten diese Schlussfolgerungen gemacht werden. Wolfe empfiehlt ebenfalls vor dem Training an lebenden Tieren Übungseinheiten an In-vitro-Modellen, speziell um die Naht- und Knüpftechniken kennenzulernen und darin sicherer zu werden. In seiner Studie konnte er beobachten, dass ohne solch ein vorgeschaltetes Training die Tiere nicht effizient genutzt wurden und bei den Probanden Frustration und Erschöpfung auftrat (67). Böhm und Milsom zeigen in ihrer Arbeit, in der es um laparoskopische kolorektale Chirurgie geht, dass Basistechniken zwar in In-vitro-Modellen erlernt werden können, für das präklinische Training von komplexeren Operationen jedoch Tiermodelle dringend notwendig sind. Nur am lebenden Tier können für den späteren Einsatz am Patienten wichtige Techniken erworben werden. In der genannten Studie wurden am Schweine- und am Hundemodell folgende Fähigkeiten geschult: atraumatische intraoperative Manipulation am Darm, Blutstillung von mesenterialen Gefäßen mittels Koagulation, Ligaturen und Clips, Dünndarmresektion, Dickdarmteilresektion und abdomino-perineale Exstirpation sowie End-zu-End-Anastomosen des Darms. (3) Diese Techniken können nicht an einem Pelvitrainer vermittelt werden. Edwards et al. beschreiben in ihrer Studie die Lernkurve für die laparoskopische Herniorrhaphie. Es zeigt sich, dass die ausführenden Chirurgen, allesamt unerfahren in minimal invasiver Chirurgie, nach ca. 30 Eingriffen in der Lage waren, die Operation ohne nennenswerte Komplikationen und in angemessener Zeit vorzunehmen. Anhand eines Fragebogens ergab sich auch, dass mit mehr Eingriffen, d.h. mit steigender Erfahrung der Chirurgen, sich die Patientenzufriedenheit steigerte. Insgesamt konnte also beobachtet werden, dass nach einer initialen Lernphase ein Rückgang der Komplikationen, eine Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes sowie eine höhere Sicherheit für die Patienten zu verzeichnen ist. Dadurch, dass die Operateure keinerlei Vorbildung auf dem Gebiet der laparoskopischen Chirurgie hatten, ergab sich ein möglicherweise unakzeptabel hohes Risiko für die Patienten im Bezug auf intra- und postoperative Komplikationen und die Rezidivquote, sodass von den Autoren unbedingt ein vorgeschaltetes Trainingsprogramm empfohlen wird. (11)



#### 4.8 Der optimale MIC-Kurs in der Kinderchirurgie

So begrüßenswert der Einzug neuer Techniken und Methoden in die Welt der Kinderchirurgie auch ist, man darf nicht vergessen, dass diese Neuerungen ohne adäquates Training und Wissen um die Vor- und Nachteile nicht sinnvoll und sicher eingesetzt werden können. Aber wie soll ein optimaler Laparoskopiekurs für Kinderchirurgen aussehen? Das alte sog. „Apprenticeship-Modell“, das über viele Jahrzehnte so erfolgreich angewandt wurde, ist immer noch aktuell, es muss jedoch eine Erweiterung und Anpassung an die neue Technik erfahren (5).

Viele Experten bemängeln das Fehlen von Richtlinien bezüglich der Ausbildung in minimal invasiver Chirurgie. Obwohl sowohl die Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (S.A.G.E.S.) als auch die European Association for Endoscopic Surgery and International Technique (E.A.E.S.) Richtlinien für das Erlernen und Trainieren von laparoskopischer Chirurgie definiert haben (49), einschließlich der Empfehlung, dass solche Kurse unter der Schirmherrschaft und Aufsicht von Universitätskliniken oder anderen dazu befähigten akademischen Einrichtungen stattfinden sollten, haben sich viele dieser Institute noch nicht mit diesem Punkt beschäftigt, während die Industrie oder andere nicht-akademische Strukturen schon vielerorts sogenannte „Hands-on-Kurse“ organisiert haben. Es resultiert eine große Inhomogenität bezüglich der Trainingsprogramme. Jedes Institut bestimmt seine eigenen Richtlinien, basierend auf der Erfahrung der Lehrenden und dem zu Verfügung stehendem Equipment, und Laparoskopiekurse werden, wenn überhaupt, sehr uneinheitlich veranstaltet. Von der Industrie veranstaltete Kurse sind oft zu sehr auf technische Belange ausgerichtet und vernachlässigen wichtige theoretische Aspekte.

Mari et al. suchten nach einer Lösung, die Balance zwischen Technik, theoretischem Wissen und praktischen Übungen zu finden und diese Aspekte in einem Kurs zu vereinen. Daher führten sie an der Universität Mailand einen Laparoskopiekurs für 21 junge Chirurgen im Rahmen der allgemeinchirurgischen Ausbildung durch, um sie mit den Grundprinzipien der Laparoskopie vertraut zu machen. Der Kurs basierte auf sog. „tutorial teaching“ und problemorientiertem Lernen. Die Probanden arbeiteten in kleinen Gruppen zusammen, in denen sie Checklisten erarbeiteten, Probleme diskutierten und an Übungsmodellen bestimmte laparoskopische Techniken trainierten. Am Ende des Kurses bewerteten die Teilnehmer die theoretischen Einheiten, die praktischen Übungen und die Effizienz des Tutorial-Teaching-Systems. Vor Beginn sollten die Probanden, ähnlich wie in unserer Studie, einen Fragebogen bezüglich ihrer chirurgischen Erfahrungen beantworten: keiner der Teilnehmer

hatte zuvor diagnostische oder therapeutische Laparoskopien vorgenommen, die meisten hatten an Laparoskopien als Kameramann teilgenommen, jedoch ohne spezifisches Anlernen durch einen erfahrenen Chirurgen. Insgesamt hatten alle Teilnehmer noch wenig operative Erfahrung. Das Ziel des Kurses war, die Probanden mit den laparoskopischen Grundtechniken und den für die Cholezystektomie wichtigsten Manövern vertraut zu machen. Die didaktischen Ziele enthielten folgende kognitive und psychomotorische Fähigkeiten: Sicherheit gewinnen im Umgang mit laparoskopischen Instrumenten und Vorrichtungen und adäquate Nutzung derselben, einen Operationssaal für die Laparoskopie vorbereiten, technische Probleme während der Laparoskopie erkennen und lösen, Indikationen, Grenzen und Ergebnisse der laparoskopischen Cholezystektomie kennen, die Technik der laparoskopischen Cholezystektomie beschreiben, Hand-Auge-Koordination erlernen, ein Pneumoperitoneum setzen und laparoskopisch nähen und dissezieren. In Kleingruppen wurden mit einem Tutor spezifische Probleme der minimal invasiven Chirurgie erarbeitet und diskutiert, ausserdem wurden Videoaufnahmen von Laparoskopien gezeigt, die den Probanden den Ablauf des Eingriffes sowie das technische Equipment näher bringen sollten. Anschließend konnten die Teilnehmer dann an Pelvitrainern die verschiedenen Grundtechniken schrittweise unter Aufsicht eines erfahrenen Chirurgen üben. Am Ende des Kurses bewerteten die Probanden sowohl das eigene Können als auch die Effizienz der Tutorials. Diese Mischform aus theoretischen und praktischen Kursteilen fand großen Anklang unter den Teilnehmern, sie konnten ihr Wissen vertiefen und dieses dann aktiv umsetzen. Auch die Effizienz des Kurses war gut. Die Steigerung des theoretischen Wissens wurde anhand der Differenz zwischen „Vorher“- und „Nachher“-Fragebögen ermittelt und dabei konnte eine wirkliche Steigerung festgestellt werden. Die didaktischen Ziele wurden demnach erreicht. Tutorial teaching und problemorientiertes Lernen (POL) fordern, verglichen mit herkömmlichen Lehrmethoden, eine größere Anzahl an Tutoren, d.h. Lehrern, sowie eine aufwändigere Gestaltung (Fragebögen, Videobänder, Tests, Fälle für POL). Zudem müssen die Lehrmaterialien immer individuell auf den bestimmten Kurs oder auf die Teilnehmer abgestimmt werden, was immer wieder Kreativität und neue Beschäftigung mit dem Thema seitens der Veranstalter und Tutoren verlangt. (35)

Morino et al. führten im Jahre 1990 den ersten organisierten Kurs für die laparoskopische Cholezystektomie in Italien durch. Die Kurse beinhalteten theoretische Abschnitte, Übungen an Pelvitrainern und Tiermodellen sowie die direkte Teilnahme an zwei laparoskopischen Cholezystektomien am Patienten. Um den Einfluss eines solchen Kurses auf die operative Tätigkeit der Teilnehmer zu bestimmen und um Anregungen für Verbesserungen zu erhalten, wurden den Teilnehmern einige Zeit nach dem Kurs detaillierte Fragebögen zur

Beantwortung vorgelegt. Die Auswertung dieser Fragebögen zeigte, dass, obwohl alle Befragten mit der Qualität des Kurses an sich zufrieden waren, so kurze „Hand-on“-Kurse kein komplett zufriedenstellendes Training bieten können, da eben die Zeit zu knapp bemessen ist und auf die einzelnen Teilnehmer nicht individuell genug eingegangen werden kann. Die meisten Teilnehmer forderten mehr praktisches Training, entweder am Tiermodell oder im Operationssaal selbst. (38)

Scott-Conner et al. beschrieben in ihrer Studie, wie die minimal-invasive Chirurgie an ihrem Institut aufgenommen und eingeführt wurde. Sie untersuchten Daten der ersten drei Jahre nach Beginn mit der Laparoskopie und ließen die Operateure Fragebögen beantworten. Insgesamt fanden sie heraus, dass sich die absolute Zahl der durchgeführten Operationen, nämlich Cholezystektomien und Appendektomien, seit der Einführung der Laparoskopie nicht erhöht hat, nur wurden eben mehr Eingriffe minimal-invasiv vorgenommen. Das bedeutet, dass die Indikationen für die oben genannten Eingriffe gleich geblieben sind und nicht etwa aufgrund der neuen Technik oder zu Übungszwecken mehr Patienten laparoskopisch operiert wurden. Bezüglich der Trainingsmöglichkeiten zeigte sich, dass die Befragten sowohl Pelvitainer als auch Tiermodelle und Simulatoren wichtig für den Erwerb von Basistechniken hielten. (54)

Royston et al. befürchteten, daß die minimal invasive Chirurgie in schlechten Ruf gerät, solange nicht die Öffentlichkeit von der Sicherheit der neuen Methode überzeugt ist. Die Einführung der laparoskopischen Cholezystektomie in Großbritannien erfolgte 1989 eher in ungeordneter und unkontrollierter Weise, so brachten sich etwa ein Drittel der Chirurgen die neue Technik selbst bei. Das Royal College of Surgeons machte zwar Anfang der 90er Jahre sinnvolle Vorschläge, wie ein Trainingsprogramm aussehen könnte, hat diese jedoch dann nicht umgesetzt. Der Mangel an Equipment sowie ein Mangel an Training hinderte anfangs die Einführung der minimal invasiven Chirurgie. Heutzutage herrscht kein Mangel an geeigneten Geräten und Instrumenten mehr, und Chirurgen werden oft geradezu überrollt von der Industrie, die ihre Produkte an den Mann bringen will. Auch für die Ansprüche der Kinderchirurgie sind ausreichend MIC-Instrumente vorhanden. Aber die Frage nach dem adäquaten Training ist noch nicht zufriedenstellend beantwortet. Es existieren zunehmend Kurse in unterschiedlicher Form mit jeweils anderem Fokus und Aufbau. Das Training für minimal invasive Eingriffe in der Kinderchirurgie sollte derart gestaltet sein, dass es dem Chirurgen hilft, sich schnell und sicher entlang der Lernkurve zu bewegen. Dafür sind Kurse mit interaktiven Lernmöglichkeiten notwendig. Außerdem sollte immer wieder eine Überprüfung der erlernten Fähigkeiten stattfinden, um den aktuellen Stand eines jeden Operateurs zu

eruiieren und etwaige Schwachstellen aufzudecken, die dann in einem Training behoben werden könnten. Aus den Erfahrungen dieser Kurse gehen die folgenden Aspekte vor, aus denen das Training bestehen sollte:

Vorlesungen: Sie sind wichtig für das Verständnis der Indikationen und Grundprinzipien der Laparoskopie beim Kind, das Vertrautwerden mit den Instrumenten und auch für das Kennenlernen des geschichtlichen Hintergrundes der Technik. SAGES hält in der Schulung der MIC folgende Aspekte für wichtig: die Pathophysiologie des Krankheitsbildes, Diagnose, operative Indikationen und Kontraindikationen, Wissen um alternative Behandlungsmethoden, Verstehen der Prinzipien der prä- und postoperativen Versorgung des Patienten sowie Kennen von Prävention, Diagnose und Behandlung von Komplikationen. Darüberhinaus sollten die relativen Vor- und Nachteile des offenen und des minimal invasiven Zugangs bekannt sein. (50) Rosser et al. fassen in ihrem Artikel "Minimally invasive surgical training solutions for the 21<sup>st</sup> century" noch einmal die SAGES-Richtlinien zusammen. Auch bei Kindern sollten Richtlinien bei den Kursen beachtet werden.

Videos: Die Teilnehmer können sich ein Video der zu erlernenden Prozedur immer und immer wieder ansehen. Das erlaubt ihnen, die neue Technik in ihrem eigenen Tempo zu erfassen und zu verbessern, ohne dass dabei immer ein Trainer anwesend sein müsste.

Demonstrationen: Trainierende Kinderchirurgen können einen erfahrenen Kollegen bei der Durchführung eines Eingriffs im Operationssaal beobachten. Dies stellt eine geeignete Methode dar, um sich Wissen anzueignen und sich technische Tricks und Tipps abzuschauen. Gerade in der Kinderchirurgie sind diese praktischen Tipps oft sehr hilfreich und stressreduzierend. Außerdem können so auch schwierige Fälle demonstriert werden.

Pelvitainer: Der Kinderchirurg führt kleinere Prozeduren und Teilschritte eines Eingriffs durch. Diese In-vitro-Modelle sind hilfreich bei der Einführung ins zweidimensionale Sehen und beim Vertraut werden mit dem laparoskopischen Instrumentarium sowie für die Schulung der Basistechniken. Auch komplexere Eingriffe können hier schrittweise erlernt werden.

Tiermodell: Dies ist hilfreich und nötig, um Prozeduren am lebenden Objekt zu trainieren, wo spezielle Probleme auftreten und trainiert werden. An diesen Modellen können sowohl leichtere wie auch kompliziertere Eingriffe durchgeführt werden.

Hands-on-Kurse: Um die Laparoskopie zufriedenstellend zu erlernen ist das Operieren unter Aufsicht eines erfahrenen Chirurgen sehr sinnvoll. Ein Hands-on-Kurs ist der unausweichliche Schritt vor dem eigenständigen und eigenverantwortlichen Operieren.

Kann in der eigenen Klinik diese speziellen Techniken der MIC nicht von einem erfahrenen Chirurg supervidiert werden, kann ein Hospitieren in spezialisierten Kliniken oder alternativ der Besuch eines erfahrenen MIC-Kinderchirurgen in der eigenen Klinik zu bestimmten geplanten Operationen sinnvoll sein.

Bei technisch anspruchsvollen Eingriffen der MIC bei Säuglingen sollte zusätzlich, um immer im Lernfluss zu bleiben, in bestimmten Abständen ein Training am Tiermodell stattfinden, um sich die Abläufe der einzelnen Eingriffe sowie die jeweiligen Schwierigkeiten wieder ins Gedächtnis zu rufen. (47)

#### 4.9 Ausblick

Unsere Beobachtungen zeigen, dass die Technik der Laparoskopie beim Kind am besten in einem strukturierten multimodalen Trainingskonzept erlernt wird. Somit können optimale Voraussetzungen für ein effizientes Training dieser Grundtechniken geschaffen werden. Alle einzelnen Trainingsmodelle haben ihren Stellenwert im Ablauf des Lernprozesses und schulen mit unterschiedlicher Gewichtung die Fähigkeiten. Somit können am Pelvitainer alleine nicht suffizient alle Anteile eines operativen Eingriffes im Kindesalter trainiert werden. Am Tiermodell müssen kompliziertere Schritte erarbeitet und perfektioniert werden. Wenn nun ein ausgiebiges Training an Modellen stattfinden kann, gibt dies dem jungen Chirurgen die Möglichkeit einer guten Vorbereitung auf den nächsten Schritt, nämlich Eingriffe an Säuglingen und Kleinkindern mit einem sicheren Gefühl unter Anleitung eines erfahrenen Kollegen durchführen zu können.

Wir halten diese Art von Curriculum für sinnvoll und geeignet, um jungen Kinderchirurgen das laparoskopische Operieren effizient beizubringen. Nun muss man sich Gedanken um die Durchführung solcher Curricula machen. Seit 2005 wird in Deutschland ein Kurs in minimal-invasiver Chirurgie speziell für Kinderchirurgen angeboten. In diesem Kurs wird an Pelvitrainern sowie an Ratten- und Kaninchenmodellen trainiert. Die Art, wie die Kaninchen hierbei für den Eingriff vorbereitet und dann narkotisiert werden, wurde von unserer Arbeitsgruppe im Rahmen unserer Versuche etabliert und von einem Team-Mitglied im Kurs durchgeführt. Es bleibt zu hoffen, dass in naher Zukunft mehr solche auf die Bedürfnisse von Kinderchirurgen abgestimmten Kurse angeboten werden. Gerade in der Kinderchirurgie sind die technischen Anforderungen an den Operateur sehr hoch, da die Fallzahlen klein und die Eingriffe im beengten Raum besonders diffizil sind. Daher muss es geeignete Trainingmöglichkeiten geben, um diese besonderen Fähigkeiten zu erlernen, um so den kleinen Patienten ein Höchstmaß an Sicherheit sowie eine adäquate Behandlung bieten zu können. Ob und wann andere Trainingmöglichkeiten durch Computersimulationen in Zukunft diese Trainingsmodelle ablösen ist zur Zeit noch unklar. Vorstellbar ist ein virtuelles Training von MIC-Eingriffen beim Kind in unterschiedlichen Schweregraden und technischen Ansprüchen.

## 5. Zusammenfassung

Die schnelle Entwicklung der fortgeschrittenen laparoskopischen Techniken ist eine große Herausforderung für die Fähigkeiten und die Kompetenz des Kinderchirurgen. Es ist daher selbstverständlich, dass eine adäquate Vorbereitung stattfinden muss, ehe der Operateur komplexe Eingriffe am Kind vornimmt. Die oftmals technisch sehr anspruchsvollen Operationen wie z.B. Korrekturen von ösophago-trachealen Malformationen oder Kolondurchzug bei M. Hirschsprung und die kleinen Fallzahlen werfen neue Fragen bezüglich der Trainingsmöglichkeiten gerade für junge Kinderchirurgen auf.

Unsere experimentelle Studie untersuchte, wie chirurgische Assistenten eine laparoskopische Darmbiopsie und einen Defektverschluss durchführen, nachdem sie am Pelvitainer oder am Kaninchenmodell übten. Die Eingriffe wurden an weißen Neuseeland-Kaninchen mit 3-mm-Instrumenten, einer 5-mm-Optik und 6/0-Prolene-Nähten absolviert. Zwölf chirurgische Assistenzärzte wurden in zwei Gruppen randomisiert eingeteilt. Ihre Hauptaufgabe war, eine seromuskuläre Darmbiopsie zu entnehmen und den Defekt mit einer intrakorporalen Naht zu verschließen. Zu Beginn der Studie wurde den Teilnehmern ein Fragebogen ausgehändigt, der die bisherigen Erfahrungen des Einzelnen mit der laparoskopischen Chirurgie abfragte. Nach einem vorgeschalteten Eingangstest, der die Probanden mit den Basistechniken der minimal invasiven Chirurgie vertraut machen sollte (Fassen, Schneiden, Nähte knüpfen), übte Gruppe I 8-mal am Pelvitainer und Gruppe II entsprechend am Kaninchenmodell. Jeder Teilnehmer führte die Operation bei einem abschließenden Test am Kaninchen durch. Operationszeit, Nahtzeit und die Schwere der Komplikationen wurden untersucht, letztere mittels eines vorher erarbeiteten Qualitätsindex. Anschließend wurden die Übungen aus dem Eingangstest (Basistechniken) wiederholt, um Verbesserungen der einzelnen Probanden festzustellen. Danach beantworteten die Teilnehmer noch einen abschließenden Fragebogen bezüglich ihrer während unserer Studie gewonnenen Erfahrungen.

Wir fanden heraus, dass die Probanden der Pelvitainergruppe, obwohl sie sich in den Übungseingriffen kontinuierlich verbessern konnten, bei der Abschlußoperation am Tiermodell bezüglich Operationszeit und Qualitätsindex stark abfielen im Vergleich zu den Probanden, die während der gesamten Studie am Tiermodell geübt hatten. Diese operierten signifikant schneller und hatten signifikant weniger Begleitverletzungen. Das zeigt, dass die im Pelvitainer erlernten Fähigkeiten nicht ohne Weiteres vom In-vitro- auf das In-vivo-Modell übertragen werden können. Aufgrund dieser Daten kann man davon ausgehen,

dass es auch zu einem Defizit an Qualität kommt und damit zu einer erhöhten Komplikationsrate, wenn der Operateur vom In-vitro-Trainingsmodell auf den Patienten umsteigt. Daher ist ein stufenweises Training mit einer ergänzenden Schulung an einem In-vivo-Modell empfehlenswert. Hierbei können die Basistechniken gut im Pelvitainer geübt und dann als Zwischenstufe im Tiermodell verfeinert und modifiziert werden, bevor der Operateur am Kleinkind und Säugling operiert.

Wir erachten das Tiermodell somit als wichtigen Schritt in der kinderchirurgischen Ausbildung, v.a. an Zentren, die komplexere minimal invasive Eingriffe durchführen. Seit 2005 wird in Freiburg ein Kurs in minimal invasiver Chirurgie speziell für Kinderchirurgen angeboten, und erfreulicherweise wird dort ein Narkoseverfahren am Kaninchen durchgeführt, welches wir im Rahmen unserer Studie etabliert hatten.



## Literaturverzeichnis

- 1) Atwell JD (Hrsg.) Paediatric surgery. Arnold-Verlag London 1998, Kapitel 83
- 2) Bax NMA, Georgeson KE, Najmaldin A, Valla J-S (1999) Endoscopic surgery in children. Springer-Verlag, S. 3-34
- 3) Böhm B, Milsom JW (1994) Animal models as educational tools in laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc* 8: 707-713
- 4) Brill AI, Nezhat F, Nezhat CH, Nezhat C (1995) The incidence of adhesions after prior laparotomy: a laparoscopic appraisal. *Obstet Gynecol* 85(6): 1064-1065
- 5) Cagir B, Rangraj M, Maffuci L, Herz BL (1994) The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. *J Laparoendosc Surg* 4(6): 419-427
- 6) Champault GG, Barrat C, Rozon RC, Rizk N, Catheline JM (1999) The effect of the learning curve on the outcome of laparoscopic treatment for gastroesophageal reflux. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 9(6): 375-381
- 7) Chiu AW, Chang LS, Birkett DH, Babayan RK (1995) The impact of pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum, and gasless laparoscopy on the systemic and renal hemodynamics. *J Am Coll Surg* 18(5): 397-406
- 8) Chung JY, Sackier M (1998) A method of objectively evaluating improvements in laparoscopic skills. *Surg Endosc* 12: 1111-1116
- 9) Cuschieri A (1993) Reflections on surgical training. *Surg Endosc* 7: 73-74
- 10) Cusick RA, Waldhausen JHT (2001) The learning curve associated with pediatric laparoscopic splenectomy. *Am J Surg* 181(5): 393-397
- 11) Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, Sigman HH, Barkun JS, Meakins JL (1998) Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg* 175: 482-487
- 12) Edwards CC, Bailey RW (2000) Laparoscopic hernia repair: the learning curve. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 10(3): 149-153
- 13) Eubanks TR, Clements RH, Pohl d, Williams N, Schaad DC, Horgan S, Pellegrini C (1999) An objective scoring system for laparoscopic surgery. *J Am Coll Surg* 189: 566-574
- 14) Fried GM, Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH (1999) Comparison of laparoscopic performance in vivo with performance measured in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc* 13: 1077-1081
- 15) Gomez Dammeier BH, Karanik E, Gluer S, Jesch NK, Kubler J, Latta K, Sumpelmann R, Ure BM (2005) Anuria during pneumoperitoneum in infants and children: a prospective study. *J Pediatr Surg* 40(9): 1454-1458

- 16) Gorman PJ, Meier AH, Krummel TM (1999) Simulation and virtual reality in surgical education: real or unreal? *Arch Surg* 134: 1203-1208
- 17) Gorman PJ, Meier AH, Rawn C, Krummel TM (2000) The future of medical education is no longer blood and guts, it is bits and bytes. *Am J Surg* 180: 353-356
- 18) Gutt CN, Oniu T, Schemmer P, Mehrabi A, Buchler MW (2004) Fewer adhesions induced by laparoscopic surgery? *Surg Endosc* 18(6): 898-906
- 19) Haluck RS, Krummel TM (2000) Computers and virtual reality for surgical education in the 21<sup>st</sup> century. *Arch Surg* 135: 786-792
- 20) Hasan A, Pozzi M, Hamilton JRL (2000) New surgical procedures: can we minimise the learning curve? *BMJ* 320: 171-173
- 21) Hendolin HI, Paakonon ME, Alhava EM, Tarvainen R, Kemppinen T, Lathinen P (2000) Laparoscopic or open cholecystectomy: a prospective randomised trial to compare postoperative pain, pulmonary function, and stress response. *Eur J Surg* 166(5): 394-399
- 22) Henkel TO, Potempa DM, Rassweiler J, Frede T, Stock C, Alken P (1994) Experimental studies for clinical standardization of transabdominal laparoscopic nephrectomy. *Eur Urol* 25 (1): 55-61
- 23) Hunter JG (1995) Laparoscopic pneumoperitoneum: the abdominal compartment syndrome revisited. *J Am Coll Surg* 181(5): 496-470
- 24) Hunter JG, Sackier JM, Berci G (1994) Training in laparoscopic cholecystectomy : quantifying the learning curve. *Surg Endosc* 8: 28-31
- 25) Issenberg S, McGaghie W, Hart I (1999) Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 282: 861-866
- 26) Joris J, Cigarini I, Legrand M, Jacquet N, De Groote D, Franchimont P, Lamy M (1992) Metabolic and respiratory changes after cholecystectomy performed via laparotomy or laparoscopy. *Br J Anaesth* 69(4): 341-345
- 27) Kellnar S, Till H, Böhm R (1997) Thoracoscopic surgery of the oesophagus in rats: a training concept for the treatment of tracheo-oesophageal malformations in preterm infants. *Ped Surg Int* 12: 116-117
- 28) Keyser EJ, Derossis AM, Antoniuk M, Sigman HH, Fried GM (2000) A simplified simulator for the training and evaluation of laparoscopic skills. *Surg Endosc* 14: 149-153
- 29) Kirlum HJ, Heinrich M, Till H (2005) The rabbit model serves as a valuable operative experience and helps to establish new techniques for abdominal and thoracic endosurgery. *Pediatr Surg Int* 21(2): 91-93

- 30) Krahenbuhl L, Schafer M, Kuzinkovas V, Renzulli P, Baer HU, Buchler MW (1998) Experimental study of adhesion formation in open and laparoscopic fundoplication. *Br J Surg* 85 (6): 826-830
- 31) Kuhry E, Jeekel J, Bonjer HJ (2004) Effect of laparoscopy on the immun system. *Semin Laparosc Surg* 11(1): 37-44
- 32) Le Blanc-Louvry I, Coquerel A, Koning E, Maillot C, Ducrotte P (2000) Operative stress response is reduced after laparoscopic compared to open cholecystectomy: the relationship with postoperative pain and ileus. *Dig Dis Sci* 45(9): 1703-1713
- 33) Lekawa M, Shapiro SJ, Gordon LA, Rothbart J, Hiatt R (1995) The laparoscopic learning curve. *Surg Laparosc & Endosc* 5(6): 455-458
- 34) Liem TK, Krishnamoorthy M, Applebaum H, Kolata R, Rudd RG, Chen W (1996) A comparison of the hemodynamic and ventilatory effects of abdominal insufflation with helium and carbon dioxide in young swine. *J Pediatr Surg* 31(2): 297-100
- 35) Mari G, De Nardi P, Zerbi A, Balzano G, Zannini L, Marassi A, Di Carlo V (1995) A postgraduate teaching course in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 9: 1119-1122
- 36) Mealy K, Gallagher H, Barry M, Lennon F, Traynor O, Hyland J (1992) Physiological and metabolic responses to open and laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 79(10): 1061-1064
- 37) Meinke AK, Kossuth T (1994) What is the learning curve for laparoscopic appendectomy? *Surg Endosc* 8: 371-375
- 38) Morino M, Festa V, Garrone C (1995) Survey on Torino courses: The impact of a two-day practical course on apprenticeship and diffusion of laparoscopic cholecystectomy in Italy. *Surg Endosc* 9: 46-48
- 39) Mrksic M, Cabafi Z, Feher I, Mirkovic M (2001) Surgical trauma in laparoscopic and classical cholecystectomy. *Med Pregl* 54(7-8): 327-331
- 40) Novitsky YW, Litwin DE, Callery MP (2004) The net immunologic advantage of laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 18(10): 1411-1419
- 41) Pattaras JG, Moore RG, Landman J, Clayman RV, Janetschek G, McDougall EM, Docimo SG, Parra RO, Kavoussi LR (2002) Incidence of postoperative adhesion formation after transperitoneal genitourinary laparoscopic surgery. *Urology* 59(1): 37-41
- 42) Polymeneas G, Theodosopoulos T, Stamatiadis A, Kourias E (2001) A comparative study of postoperative adhesion formation after laparoscopic versus open cholecystectomy. *Surg Endosc* 15(1): 41-43

- 43) Rademaker BM, Meyer DW, Bannenberg JJ, Klopper PJ, Kalkman CJ (1995) Laparoscopy without pneumoperitoneum. Effects of abdominal wall retraction versus carbon dioxide insufflation on hemodynamics and gas exchange in pigs. *Surg Endosc* 9(7): 797-801
- 44) Rademaker BM, Bannenberg JJ, Kalkman CJ, Meyer DW (1995) Effects of pneumoperitoneum with helium on hemodynamics and oxygen transport: a comparison with carbon dioxide. *J Laparoendosc Surg* 5(1): 15-20
- 45) Rogers DA, Elstein AS, Bordage G (2001) Improving continuing medical education for surgical techniques: applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery. *Annals of Surgery* 233(2): 159-166
- 46) Rosser J (1996) CD-ROM multimedia: the step before virtual reality. *Surg Endosc* 10: 1033-1035
- 47) Royston CMS, Lansdown MRJ, Brough WA (1994) Teaching laparoscopic surgery: the need for guidelines. *BMJ* 308: 1023-1025
- 48) Sackier JA, Berci G, Paz-Partlow M (1991) A new training device for laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 5: 158-159
- 49) SAGES (1991) Granting privileges for laparoscopic general surgery. *Am J Surg* 161: 324-325
- 50) SAGES position papers (1998) Integrating advanced laparoscopy into surgical residency training. *Surg Endosc* 12: 374-376
- 51) Satava RM (1993) Virtual reality surgical simulator: the first steps. *Surg Endosc* 7: 203-205
- 52) Schier F (1996) Minimal-invasive Chirurgie im Kindesalter. *Der Chirurg* 67: 593-603
- 53) Scott D, Bergen PC, Rege RV, Laycock R, Tesfay ST, Valentine RJ, Euhus DM, Jeyarajah DR, Thompson M, Jones DB (2000) Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 191: 272-283
- 54) Scott-Conner CEH, Hall TJ, Anglin BL, Muakkassa FF, Poole GV, Thompson AR, Wilton PB (1994) The integration of laparoscopy into a surgical residency and implications for the training environment. *Surg Endosc* 8: 1054-1057
- 55) Shapiro SJ, Paz-Partlow M, Daykhovsky L, Gordon LA (1996) The use of a modular skills center for the maintenance of laparoscopic skills. *Surg Endosc* 10: 816-819
- 56) Sido B, Teklote JB, Hartel M, Friess H, Buchler MW (2004) Inflammatory response after abdominal surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 18(3): 439-454
- 57) Soot SJ, Eshraghi N, Farahmand M, Sheppard BC, Devency CW (1999) Transition from open to laparoscopic fundoplication : the learning curve. *Arch Surg* 134: 278-281

- 58) Sumpelmann R, Schuerholz T, Marx G, Hartel D, Hecker H, Ure BM, Jesch NK (2006) Haemodynamic, acid-base and blood volume changes during prolonged low pressure pneumoperitoneum in rabbits. *Br J Anaesth* 96(5): 563-568
- 59) Till H, Kirlum HJ, Böhm R, Joppich I (2001) Thoracoscopic correction of oesophageal atresia: training in rabbits provides valuable surgical expertise and shortens the learning curve. *Ped Endosurg Innovation Tech* 5(3): 235-239
- 60) Ueda K, Matteotti R, Assalia A, Gagner M (2006) Comparative evaluation of gastrointestinal transit and immune response between laparoscopic and open gastrectomy in a porcine model. *J Gastrointest Surg* 10(1): 39-45
- 61) Ure BM, Niewold TA, Bax NM, Ham M, van der Zee DC, Essen GJ (2002) Peritoneal, systemic, and distant organ inflammatory responses are reduced by a laparoscopic approach and carbon dioxide versus air. *Surg Endosc* 16(5): 836-842
- 62) Volz J, Koster S, Weiss M, Schmidt R, Urbaschek R, Melchert F, Albrecht M (1996) Pathophysiologic features of a pneumoperitoneum at laparoscopy: a swine model. *Am J Obstet Gynecol* 174(1): 132-140
- 63) Waldschmidt J, Schier F (1991) Laparoscopic surgery in neonates and infants. *Eur J Pediatr Surg* 1: 145-150
- 64) Waseda M, Inaki N, Mailaender L, Buess GF (2005) An innovative trainer for surgical procedures using animal organs. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 14(4): 262-266
- 65) Watson DI, Treacy PJ, Williams JAR (1995) Developing a training model for laparoscopic bile duct surgery. *Surg Endosc* 9: 1116-1118
- 66) Wishner JD, Baker JW, Hoffman GC, Hubbard GW, Gould RJ, Wohlgemuth SD, Ruffin WK, Melick CF (1995) Laparoscopic-assisted colectomy: the learning curve. *Surg Endosc* 9: 1179-1183
- 67) Wolfe BM, Szabo Z, Moran ME, Chan P, Hunter JG (1993) Training for minimally invasive surgery: need for surgical skills. *Surg Endosc* 7: 93-95
- 68) Yokoyama, Mailaender, Raestrup, Buess (2003) Training system for laparoscopic fundoplication. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 12 (3): 143-150

## Liebe Kolleginnen und Kollegen!

Im Rahmen unserer Studie über Trainingsmöglichkeiten in der minimal invasiven Chirurgie beim Neugeborenen möchten wir Euch bitten, uns vor und nach dem Training einige Fragen zu beantworten.

Vielen Dank!

01 *An welchem Punkt der Weiterbildung befinden Sie sich?*

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| PJ-Student                   | <input type="checkbox"/> |
| Arzt im Praktikum            | <input type="checkbox"/> |
| 1.-2. Jahr der Weiterbildung | <input type="checkbox"/> |
| 3.-4. Jahr der Weiterbildung | <input type="checkbox"/> |
| 5.-6. Jahr der Weiterbildung | <input type="checkbox"/> |
| Facharzt                     | <input type="checkbox"/> |

02 *Haben Sie schon Erfahrungen in der endoskopischen Chirurgie?*

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| als Kameraassistent          | <input type="checkbox"/> |
| als erster Assistent         | <input type="checkbox"/> |
| als Operateur unter Aufsicht | <input type="checkbox"/> |
| als selbständiger Operateur  | <input type="checkbox"/> |
| gar keine Erfahrungen        | <input type="checkbox"/> |

03 *Inwieweit fühlen Sie sich in diesen Tätigkeiten sicher?*

- |                              | vollkommen<br>sicher     |                          |                          | vollkommen<br>unsicher   |                          |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| als Kameraassistent          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| als erster Assistent         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| als Operateur unter Aufsicht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| als selbständiger Operateur  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|                              | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |

04 Bitte ordnen Sie die Bedeutung folgender Punkte durch Bildung einer Reihenfolge. Benutzen Sie dabei die Zahlen 1 bis 10.

„Einen guten Chirurgen zeichnet **in besonderem Maße** aus:“

- Geschicklichkeit in den Bewegungen
- Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)
- Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung)
- Navigation und Orientierung im Operationsfeld
- Spezifische Kenntnisse über das angewandte Operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)
- Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment
- Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien
- Umgang mit Fehlern und Problemmanagement
- Teamfähigkeit
- Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen

05 Wie schätzen Sie Ihr Zutrauen in den folgenden Punkten ein?

- |  | sehr hoch                |                          | sehr niedrig             |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Geschicklichkeit in den Bewegungen   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

	sehr hoch		sehr niedrig		
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umgang mit Fehlern und Problemmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teamfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

06 *Wie werden Sie in Ihrer Klinik an komplexe operative Techniken herangeführt?  
(Mehrfachnennung)*

- gar nicht
- „learning on the job“
- Anleitung von Kollegen
- Anleitung vom Oberarzt/Chef
- Durchführung von speziellen Trainingsstunden
- Wir besitzen eine Trainingseinheit (Pelvi-Trainer o. ä.) und benutzen sie
- Sonstiges, und zwar:.....



07 „Mit dem Besuch dieses Kurses möchte ich meine chirurgischen Fähigkeiten verbessern im Hinblick auf...“

	trifft voll und ganz zu		trifft überhaupt nicht zu		
Geschicklichkeit in den Bewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umgang mit Fehlern und Problemmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teamfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Konzentrationsfähigkeit und Umgang mit Stresssituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

08 *Wenn Sie schon einmal an einem Kurs zur laparoskopischen Chirurgie teilgenommen haben, wo war das?*

Im ESI

universitärer Kurs

sonstiges, und zwar:.....

ich nehme das erste Mal an einem solchen Kurs teil

09 *Sie erlauben noch ein paar Fragen zu Ihrer Person?*

Alter: 20-25

25-30

30-35

35-40

40-45

über 45

Geschlecht: weiblich

männlich

Händigkeit: links

rechts

Vielen Dank!

## **Liebe Kolleginnen und Kollegen!**

Nach Abschluß unserer Studie möchten wir Euch noch einmal um die Beantwortung einiger Fragen bitten. Vielen Dank für Eure Mitarbeit!

01 *Sind Ihre Erwartungen an den Kurs erfüllt worden?*

trifft voll und ganz zu	trifft überhaupt nicht zu
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

02 *Fühlen Sie sich nach Besuch dieses Kurses befähigt, bei laparoskopischen Operationen....*

	ja	nein
die Kameraassistentz zu übernehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
als erster Assistent zu arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unter Aufsicht zu operieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
selbständig zu operieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

03 *Werden Sie sich nach Besuch dieses Kurses verstärkt bemühen, bei laparoskopischen Operationen zu assistieren / zu operieren?*

Ja                       Nein                       Weiß nicht

04 Bitte bewerten Sie nach Besuch unseres Kurses noch einmal die Bedeutung folgender Punkte.

„Einen guten Chirurgen zeichnet **in besonderem Maße** aus:“

	sehr wichtig		unwichtig		
Geschicklichkeit in den Bewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umgang mit Fehlern und Problemmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teamfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Konzentration und Umgang mit Stresssituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

05 *Wie schätzen Sie nach Besuch des Kurses Ihr Zutrauen in den folgenden Punkten ein?*

	deutlich gestiegen		deutlich gesunken		
Geschicklichkeit in den Bewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umgang mit Fehlern und Problemmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teamfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Konzentration und Umgang mit Stresssituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

06 *Wie beurteilen Sie die folgenden Aussagen?*

	trifft voll und ganz zu		trifft überhaupt nicht zu		
„Ich kann mir vorstellen, mit Hilfe derartiger Kurse neue chirurgische Verfahren zu erlernen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Kurse dieser Art sind ein geeignetes Instrument zur Qualitätssicherung in Krankenhäusern.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Vom Besuch dieses Kurses profitieren meine Patienten deutlich.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

07 *Wie schätzen Sie die Bedeutung des Kurses für das Training folgender Aspekte ein?*

	sehr hoch		sehr niedrig		
Geschicklichkeit in den Bewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beherrschung der chirurgischen Basistechniken (Naht, Knoten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sorgfältiger Umgang mit dem Gewebe (incl. sichere Präparation, Blutstillung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navigation und Orientierung im Operationsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spezifische Kenntnisse über das angewandte operative Verfahren (anatomische Verhältnisse, Ablauf, Gefahrenpunkte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kenntnisse über Instrumente und technisches Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klinisch-chirurgisches Urteilsvermögen, operative Strategien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umgang mit Fehlern und Problemmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teamfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Konzentration und Umgang mit Stresssituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

08 *Wie beurteilen Sie das Training am Organmodell im Hinblick auf folgende Punkte: (Mehrfachnennung)*

zu einfach	<input type="checkbox"/>
zu schwierig	<input type="checkbox"/>
nicht intensiv genug	<input type="checkbox"/>
nicht benutzerfreundlich	<input type="checkbox"/>
zu realitätsfern	<input type="checkbox"/>
nicht relevant	<input type="checkbox"/>
Trainingsabschnitt gut bemessen	<input type="checkbox"/>

## Curriculum vitae

### Persönliche Daten:

Name: Nadine Tillo  
 Anschrift: Rablstrasse 37  
 81669 München  
 Geburtsdatum: 08.07.1978  
 Geburtsort: Groß-Umstadt  
 Familienstand: ledig

### Schulbildung:

1984 – 1988 Grundschule Göggingen-West, Augsburg  
 1988 – 1997 Gymnasium Maria Stern, Augsburg

### Studium:

1997 – 2000 Vorklinisches Studium, LMU München  
 3/2000: Physikum  
 2000 – 2003 Klinisches Studium, TU München  
 3/2001: 1. Staatsexamen  
 3/2003: 2. Staatsexamen  
 2003 – 2004 Praktisches Jahr, LMU München  
 1. Tertial: Gynäkologie (Bürgerspital Solothurn)  
 2. Tertial: Chirurgie (Ospedale di Careggi, Florenz,  
 Ospedale Civico, Lugano)  
 3. Tertial: Innere Medizin (Klinikum Neuperlach)  
 4/2004: 3. Staatsexamen

### Berufliche Tätigkeit:

6/2004 – 09/2004 Ärztin im Praktikum, Gynäkologie, Kreisklinik  
 Trostberg  
 10/2004 – 09/2005 Assistenzärztin, Gynäkologie, Kreisklinik Trostberg  
 10/2005 – 09/2006 Assistenzärztin, Gynäkologie, Klinikum Traunstein  
 seit 10/2006 Assistenzärztin, Gynäkologie, Städtisches Klinikum  
 München, Standort Harlaching

## **Danksagung**

Mein Dank gilt all denen, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben und mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Zunächst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. H. Till sowie Herrn Prof. Dr. med. D. v. Schweinitz für die Überlassung des Themas sowie für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und der technischen Ausstattung vielmals bedanken.

Ein ganz, ganz herzliches Dankeschön geht an meine liebe und sehr geduldige Betreuerin, Frau Dr. med. M. Heinrich, Oberärztin der Kinderchirurgischen Klinik, für ihre hervorragende wissenschaftliche Betreuung, ihr großes Engagement und ihr stets offenes Ohr für meine Anliegen. Eine bessere Betreuerin kann man sich nicht wünschen!

Zudem danke ich Herrn Dr. med. H.-J. Kirlum für die wissenschaftliche Betreuung, vor allem was das Narkoseverfahren am Kaninchen betrifft, sowie allen Probanden für die Teilnahme an unserer Studie.

Diese Doktorarbeit widme ich in Dankbarkeit meinen lieben Eltern und meiner Schwester, die mich während des Studiums großzügig unterstützten und mir bei der Erstellung dieser Arbeit, gerade in anstrengenden Phasen, viel Aufmunterung und Ansporn boten.