

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung der Universität Tübingen

**Einfluss eines drehbaren Griffstücks auf muskuläre
Belastung, Arbeitspräzision, Aspekte der Körperhaltung
sowie Handhabung des laparoskopischen Instruments bei
minimalinvasiven Eingriffen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Stoffels, Anne-Katrin

2022

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. M. Rieger
2. Berichterstatter: Professor Dr. A. Nieß

Tag der Disputation: 07.12.2017

*Für Markus,
Tom, Maila und Justus*

Inhalt

1. Einleitung	7
1.1. Hintergrund	7
1.2. Fragestellung	12
1.3. Studie als Teil eines Forschungsprojekts.....	13
2. Methodik	15
2.1. Studiendesign	15
2.2. Probanden	18
2.3. Instrumente	19
2.4. Operation – Laparoskopische suprazervikale Hysterektomie	19
2.5. Oberflächen-Elektromyografie (OEMG)	20
2.5.1. Bipolare Ableitung	21
2.5.2. Hautvorbereitung.....	21
2.5.3. Elektroden	21
2.5.4. Auswahl der Muskeln	22
2.5.5. Normalisierung	23
2.5.5.1. Position zur Normalisierung der Mm. trapezii dexter et sinister und des M. deltoideus.....	24
2.5.5.2. Position zur Normalisierung des M. biceps brachii.....	24
2.5.5.3. Position zur Normalisierung des M. extensor digitorum	24
2.5.5.4. Position zur Normalisierung des M. flexor carpi radialis.....	25
2.5.6. Marker	25
2.5.7. Signalverstärkung und Digitalisierung	25
2.5.8. Elektromyographische Aktivität (EA)	26
2.5.9. Medianfrequenz (MF)	26
2.6. Verarbeitung der OEMG-Daten.....	26
2.7. Probandenfragebogen	27
2.8. Subjektive Bewertung der Instrumente mittels Fragebogen.....	28
2.9. Statistik	28
2.9.1. OEMG	28
2.10. Befragung.....	29

3. Ergebnisse.....	30
3.1. Studienpopulation	30
3.2. OEMG-Ergebnisse	32
3.2.1. M. trapezius sinister, pars descendens	33
3.2.2. M. trapezius dexter, pars descendens.....	34
3.2.3. M. deltoideus dexter, pars acromialis	35
3.2.4. M. biceps brachii dexter.....	36
3.2.5. M. extensor digitorum dexter	37
3.2.6. M. flexor carpi radialis dexter.....	38
3.2.7. Zusammenfassung der OEMG-Ergebnisse.....	39
3.3. Ergebnisse der Fragebögen.....	42
3.3.1. Fragebogen: Bewertung des jeweiligen Instruments	42
3.3.2. Fragebogen: Vergleichende Befragung beider Instrumente	43
3.3.3. Entscheidung für Instrument.....	45
3.3.4. Dauer der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument.....	46
4. Diskussion.....	47
4.1. Ergebnisse der OEMG	47
4.2. Ergebnisse der Befragung	51
4.3. Labor- vs. Feldstudie.....	52
4.4. Gewöhnung.....	53
4.5. Auswahl der suprazervikalen Hysterektomie als geeignete Operation zur Datenerhebung	54
4.6. Methodische Aspekte der OEMG und Limitationen der OEMG im Feld.....	55
4.7. Methodische Aspekte zum verwendeten Fragebogen	56
4.8. Studienpopulation und Fallzahl	58
4.9. Andere Faktoren	60
4.10. Weiterführende Studien.....	60
4.11. Ausblick.....	61
5. Zusammenfassung	62
6. Literaturverzeichnis.....	64

7. Anhang.....	69
7.1. Probandenfragebogen Messtag 1	69
7.2. Probandenfragebogen Messtag 2	83
7.3. Nordischer Fragebogen	96
8. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift	104

1. Einleitung

1.1. Hintergrund

Laparoskopische Operationen⁽¹⁾ haben gegenüber der Laparotomie⁽²⁾, vor allem für den Patienten, einige relevante Vorteile: Durch kleinere Wundflächen kommt es zu geringeren Blutungen und Infektionen sind seltener. Außerdem leiden die Patienten postoperativ weniger unter Schmerzen und erholen sich rascher. Da die Schnitte, die notwendig sind, um das Operationsgebiet zu erreichen, kleiner sein können, kommt es zu weniger Narben. Für die Chirurgen ist die Detailansicht durch den Einsatz vergrößernder Optiken besser und laparoskopische Operationen können häufig schneller durchgeführt werden, als dies bei einer Laparotomie der Fall wäre.¹

Allerdings bringt dieses Operationsverfahren auch Nachteile für den Chirurgen mit sich. Laut Esposito et al. sind 43,5 % der Chirurgen der Meinung, dass laparoskopische Eingriffe von Vorteil für den Patienten, jedoch in Bezug auf die Ergonomie – im Sinne belastender Körperhaltungen – nachteilig für den Chirurgen sind.² Viele laparoskopisch tätige Chirurgen klagen über muskuloskelettale Beschwerden^{3,4,5} wie Muskelermüdung³, Schmerzen^{6,7} oder Taubheitsgefühle^{6,7,8} vor allem in den Schultern, aber auch im Rücken, Nacken und in den Händen und Fingern^{3,4,7,9,10,11}. Der Anteil an Chirurgen, die von Beschwerden berichten, variiert in verschiedenen Studien: beispielsweise sind es bei van Veelen et al. ca. 50 % der Befragten¹¹, bei Wauben et al. 80 %³, sowie bei Park et al. ca. 87 %¹².

Statisches Arbeiten³, ungünstige Körperhaltungen und einseitige Belastungen⁹ werden vor allem mit diesen Beschwerden in Verbindung gebracht,¹³ da die Chirurgen bei der Laparoskopie oft gezwungen sind, von der Neutralposition abweichende Positionen einzunehmen, wie z. B. beide Schultern – oder oft auch nur eine Schulter – hochzuziehen oder das Handgelenk in Flexion oder

⁽¹⁾ Laparoskopie: „Unter einer Laparoskopie versteht man die endoskopische Betrachtung der Bauchhöhle und der in ihr enthaltenen Organe.“

Quelle: <http://flexikon.doccheck.com/de/Laparoskopie> [14.12.2016].

⁽²⁾ Laparotomie: „Als Laparotomie wird die Eröffnung der Bauchhöhle im Rahmen eines chirurgischen Eingriffs bezeichnet.“ Quelle: <http://flexikon.doccheck.com/de/Laparotomie> [14.12.2016].

Ulnardeviation zu halten. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Muskeln des Operators, vor allem im Nacken, bedingt durch das Arbeitsumfeld und das Equipment stark einseitig belastet werden, was ebenfalls zu einem erhöhten Risiko für muskuloskelettale Beschwerden und Erkrankungen führen kann.⁹

Der für jedes Instrument durch einen Trokar⁽³⁾ in der Bauchwand des Patienten fest vorgegebene Zugang zum Operationsgebiet schränkt den Operateur in seinen Freiheitsgraden ein und zwingt ihn zu ungünstigen und unbequemen Handgelenksstellungen, die eingenommen werden müssen, um verschiedene Bereiche des Bauchraums erreichen zu können.¹⁴

Matern et al. veranschaulicht die ungünstige Arbeitshaltung eines laparoskopisch tätigen Chirurgen folgendermaßen:

„auf einem Bein auf dem Fußtritt zwischen mehreren Fußschaltern stehend, den Rücken gekrümmt, eine Schulter und den Arm nach unten hängend verkrampft, ein Organteil mit einer Zange festhaltend; währenddessen mit weit ausholenden Bewegungen mit dem anderen nach oben gehobenen Arm, mit extrem abgewinkelten Handgelenken, die Finger in und um Griffe verbogen, feine Präparationsschritte an empfindlichen Regionen im Patienten durchführend. Während des ganzen Manövers start er in eine ganz andere Richtung, nämlich auf den Monitor, und schiebt den Kopf in unnatürlicher Weise nach vorne, um dem Bild näher zu sein.“¹⁵

Ein direkter Vergleich offener und laparoskopischer Operationen zeigt, dass die Chirurgen, die laparoskopisch tätig sind, häufiger und über stärkere Beschwerden berichten.^{16,17} Sie nehmen vermehrt eine statische Körperhaltung in Rumpf und Nacken/Hals ein,^{18,19} während sie die oberen Extremitäten hingegen mehr bewegen¹⁹ und stärker beanspruchen müssen,^{5,6,17} als dies bei offenen Operationen der Fall ist. In verschiedenen Studien konnten bei laparoskopischen – im Vergleich zu offenen – Operationen erhöhte Muskelbeanspruchungen nachgewiesen werden.^{16,17}

⁽³⁾ Trokar: Punktionsinstrument, das z. B. in der minimal-invasiven Chirurgie verwendet wird, um Zugang zu einer Körperhöhle zu erhalten. Quelle: <http://flexikon.doccheck.com/de/Trokar> [22.12.2016].

Auch im Vergleich mit Roboter-assistierten Operationen zeigt sich, dass bei den laparoskopischen Operationen häufiger Beschwerden auftreten, die das muskuloskelettale System betreffen.^{7,10,20} Es konnte gezeigt werden, dass die Arbeitshaltung bei laparoskopischen Operationen weniger ergonomisch korrekten Positionen entspricht, als dies bei Roboter-assistierten der Fall ist, vor allem was die Stellung des Handgelenks betrifft.²⁰

Um ihre Beschwerden zu reduzieren, haben die Chirurgen nicht sehr viele Möglichkeiten: Laut Park et al. versuchen 84 % dies, indem sie ihre Haltung ändern, während 30 % die Instrumente wechseln oder eine Pause einlegen. 40 % ignorieren ihre Probleme.¹²

Auch die Beschaffenheit der laparoskopischen Instrumente kann einen Einfluss auf die Beschwerden der Chirurgen haben. Die Operationen wurden mit der Zeit sehr viel komplexer, die Instrumente wurden den gestiegenen Anforderung jedoch meist nur wenig angepasst, was verstärkt Ermüdung oder muskuloskelettale Beschwerden zur Folge hat.⁵ Quick et al. zeigten, dass die mittels Oberflächenelektromyografie erfasste Muskelaktivität der Nacken-, Schulter- und Armmuskulatur unter anderem abhängig vom Design des Griffs ist.²¹ Emam et al. demonstrierten in ihrer Studie ebenfalls, dass das Design des Griffs die Bewegungen, den Anteil der eingesetzten Muskulatur und die Muskelermüdung der oberen Extremitäten stark beeinflussen kann.²² Auf die Frage, welchem Faktor im Operationssaal Chirurgen ihre Beschwerden zuordnen würden, gaben in einer Studie 74,4 % das Design der Instrumente an.¹² In einer anderen Studie wurde ebenfalls unter anderem das Instrumentendesign für Muskelskelettprobleme verantwortlich gemacht.⁴ Viele Chirurgen sind der Meinung, dass laparoskopische Instrumente unangenehmer in der Handhabung sind als konventionelle chirurgische Instrumente.¹⁶ Berguer et al. zeigen, dass der Kraftaufwand für Extensoren und Flexoren des Unterarms und die Daumenmuskeln bei der Verwendung von laparoskopischen Instrumenten signifikant größer ist als bei Instrumenten für die offene Chirurgie.⁶ Eine höhere Beanspruchung der Muskeln wird auch in anderen Studien gezeigt, die laparoskopische Instrumente mit Instrumenten für die offene Chirurgie vergleichen.^{5,17,23}

Ein laparoskopisches Instrument nach heutigem Standard ist mit einem Griff ausgestattet, der starr in Längsrichtung ausgerichtet ist. Dadurch ist die Bewegungsfreiheit im Handgelenk stark eingeschränkt, was wiederum zu Ausgleichsbewegungen in Hand, Ellenbogen und Schulter führt. Außerdem kommt es durch die Instrumente zu starker Flexion und Ulnardeviation im Handgelenk.⁵ Laut Johnson wird durch Ulnardeviation und Flexion die maximale Kraft, die zum Greifen aufgebracht werden kann, stark reduziert,²⁴ was wiederum eine höhere Belastung der Muskulatur zur Folge hat. Eine andere Studie kommt zu dem Ergebnis, dass, vor allem, wenn der Operateur das Instrument mit flektiertem Handgelenk in einem Winkel von 90° hält, die Muskeln stark beansprucht werden.²³ Hinzu kommt, dass die Kraftübertragung vom Griff auf den Arbeitseinsatz sehr ungünstig ist. Laparoskopisch tätige Chirurgen müssen vier- bis sechsmal mehr Kraft aufbringen als offen operierende, um den gleichen Arbeitsschritt auszuführen.¹⁹ Dies trägt zusätzlich zu einer stärkeren Muskelbeanspruchung bei.

Ungünstige Körperhaltungen während der Arbeit können auch die Effizienz des Chirurgen und die Qualität seiner Arbeit beeinflussen.²⁵ Eine Studie, in der die Arbeit mit herkömmlichen laparoskopischen Instrumenten untersucht wurde, konnte zeigen, dass sowohl Position als auch Ausrichtung des Instrumentenschafts Auswirkungen auf unbeabsichtigte Bewegungen am Effektor haben können, die wiederum intraoperative Prozesse beeinflussen.²⁶ Außerdem steigt mit der Arbeitsbelastung die Wahrscheinlichkeit für Fehler.²⁷ Deshalb wäre es auch für die Patienten von Vorteil, die Ergonomie der Instrumente zu verbessern.

Weiterhin konnte in einer Studie gezeigt werden, dass die Beschwerden sogar das soziale Leben der Chirurgen beeinflussen: 50 % der Befragten leiden auch zu Hause unter Schmerzen, 44,4 % gaben an, mindestens zweimal pro Woche Schmerzmittel zu benötigen und 27 % schlafen aufgrund ihrer Schmerzen schlecht.²

Man ist sich darüber im Klaren, dass es sowohl für die Chirurgen als auch für die Patienten wichtig wäre, dass in Zukunft unter ergonomisch günstigeren Bedingungen gearbeitet wird.^{3,6,15} In vielen Studien wird deswegen an die Industrie appelliert, das Design der Instrumente dahingehend zu verbessern, dass die Instrumente mehr den ergonomischen Anforderungen entsprechen.^{6,7,8,9,16}

Die zurzeit genutzten laparoskopischen Instrumente verursachen ergonomische Probleme, wie extreme Handgelenksstellungen.²⁸ Van Veelen et al. fordern unter anderem von dem Instrumentendesign, dass die Form des Griffs so gestaltet sein sollte, dass extreme Handgelenksstellungen vermieden werden. Diese sollten während der Bedienung in nicht mehr als 30 % der Zeit eingenommen werden, um Beschwerden zu vermeiden.^{28,29} Laut Matern et al. soll durch das Instrumentendesign erreicht werden, dass verkrampte Positionen sowie übermäßige Schulterbewegungen vermieden werden können.²⁶

Es wurde von der Firma Erbe Elektromedizin GmbH (Tübingen) ein laparoskopisches Instrument mit einem, laut Hersteller ergonomisch optimierten, um 360° frei drehbaren Griffstück („ERGO-Griff“, im Folgenden als LI-Ergo bezeichnet, s. Abbildung 1) entwickelt, das auch bereits auf dem Markt erhältlich ist. Dieses soll im Vergleich zum nicht beweglichen Standardgriffstück (im Folgenden als LI-Standard bezeichnet) bewirken, dass extreme Handgelenksstellungen seltener eingenommen werden müssen und somit die Muskeln im Bereich von Nacken, Schultern und Armen weniger belastet werden. Laut Hersteller sorgt der Griff für eine entspanntere Körperhaltung, da der Chirurg das Instrument durch die anschlagfreie Rotation des Griffstücks flexibler und dadurch entspannter bedienen kann. Ein „verkramptes Arbeiten“ soll so verhindert werden. Bei Bedarf kann der Griff in jeder Position arretiert werden.³⁰



Abbildung 1: ERGO-Griff

https://www.erbe-med.com/download.php?path=/erbe/media/Marketingmaterialien/85100-085_ERBE_DE_Gefaessversiegelung__D079702.pdf

1.2. Fragestellung

Im Vordergrund dieser Arbeit steht die Frage, ob die Verwendung des LI-Ergo bei Routineeingriffen laparoskopisch tätiger Chirurgen in der Gynäkologie zu einer Reduktion der muskulären Belastung im Bereich der Muskulatur von Nacken, Schulter, Arm und Hand führt.

Als sekundäre Fragestellung gilt es zu untersuchen, ob sich durch die Verwendung des LI-Ergo Einschränkungen in der Handhabung und in der Arbeitspräzision oder Nachteile bezüglich der Körperhaltung ergeben.

Falls Vorteile durch die Verwendung des LI-Ergo festzustellen sind, könnte den Chirurgen somit der Arbeitsalltag erleichtert werden und es könnte muskuloskelettalen Erkrankungen vorgebeugt werden. Dies hätte nicht nur einen positiven Effekt für die Chirurgen, sondern auch für die Patienten, da durch geringe Beschwerden und muskuläre Beanspruchung auf Seiten der Chirurgen die Fehlerrate bei medizinischen Eingriffen sinkt bzw. die Qualität der Arbeit besser ist.^{3,25}

1.3. Studie als Teil eines Forschungsprojekts

Diese Studie ist Teil eines Forschungsprojekts. Im Rahmen dessen wurde im Vorfeld eine Laborstudie unter standardisierten Bedingungen durchgeführt.^{31,32,33} Hier konnten Störfaktoren größtenteils ausgeschaltet werden, was unter realen Bedingungen schwieriger umzusetzen ist. Dazu wurden 57 Laien untersucht, die keinerlei Erfahrung im Umgang mit laparoskopischen Instrumenten hatten, während sie sowohl mit dem LI-Ergo, als auch mit dem LI-Standard verschiedene laparoskopische Tätigkeiten (Simulation am Pelvitainer⁽⁴⁾) an einem Trainingsgerät für Chirurgen durchführten. Die Aufgaben wurden in zwei verschiedenen Arbeitshöhen absolviert. Dabei wurde die Muskelaktivität verschiedener Muskeln mittels Oberflächen-Elektromyografie abgeleitet (objektive Bewertung). Zusätzlich wurde die Handgelenksstellung (Dorsalextension und Palmarflexion) aufgezeichnet. Eine Einschätzung der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument wurde mittels Fragebogen ermittelt (subjektive Bewertung). Außerdem wurden die Probanden gefragt, welches der beiden Instrumente sie bevorzugen würden. Es zeigten sich zwischen den beiden Instrumenten keine signifikanten Unterschiede in der Muskelaktivität.^{31,32,33} Bei einer Aufgabe, bei der es um das statische Halten in bestimmten Positionen ging, zeigte sich für eine Position mit dem LI-Ergo eine geringere Muskelaktivität am M. flexor carpi radialis als mit dem LI-Standard, allerdings ohne statistische Signifikanz.³² Auch bei der subjektiven Einschätzung unterschieden sich die beiden Instrumente nicht wesentlich. Allerdings schnitt das LI-Ergo tendenziell besser bei Fragen ab, bei denen es um die Körperhaltung ging. Bei Fragen bezüglich der Präzision erzielten beide dasselbe Ergebnis.^{34,35} Auch objektiv zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Arbeitspräzision.³² Die Messung der Handgelenksstellung ergab, dass mit dem LI-Ergo häufiger die Neutralstellung eingenommen wurde, als mit dem LI-Standard, bei dem häufiger extreme Flexionen und vor allem Extensionen beobachtet werden konnten. Bei der Frage, welches der beiden Instrumente sie bevorzugen würden, entschieden sich 34 Probanden für das LI-Ergo und 17 für das LI-Standard (die übrigen Probanden haben die Frage nicht beantwortet oder ein Unentschieden angegeben).³¹ Weiterhin kam die Studie zu dem Ergebnis, dass eine optimale

⁽⁴⁾ Pelvitainer: Simulator zum Erlernen laparoskopischer Operationstechniken.

Arbeitshöhe ein wichtigerer Faktor ist, um die muskuläre Belastung zu reduzieren, als der ergonomisch optimierte Griff.^{31,32,33}

In einem zweiten Teil dieses Forschungsprojekts wurden die beiden laparoskopischen Instrumente in einer Feldstudie im Operationssaal unter realen Bedingungen untersucht. Die Operateure führten an zwei Operationstagen je eine Operation mit dem LI-Ergo und eine mit dem LI-Standard durch. Bei den betrachteten Operationen handelte es sich um Routineoperationen (suprazervikale Hysterektomie), die sehr häufig durchgeführt werden. Dabei wurden auch hier zur objektiven Beurteilung die Muskelaktivität der gleichen Muskeln wie bei der Laborstudie³¹ mittels Oberflächen-Elektromyografie gemessen und zur subjektiven Bewertung die Einschätzung der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument mittels Fragebogen wiedergegeben. Da die Anwendungsdauer der laparoskopischen Instrumente bei den realen Operationen länger war als in den Simulationen der Laborstudie, bestand die Möglichkeit, dass ein Effekt durch das Instrument zu beobachten sein könnte. Dadurch, dass im Labor mit dem LI-Ergo seltener extreme Handgelenksstellungen eingenommen wurden, war zu erwarten, dass dies im Feldversuch ebenso der Fall sein würde und insbesondere an Extensoren und Flexoren eine geringere Muskelaktivität würde festgestellt werden können. Aus Hygienegründen war die Analyse der Handgelenksstellung allerdings nicht möglich, weswegen hier nur die Muskelaktivität betrachtet werden konnte.

2. Methodik

2.1. Studiendesign

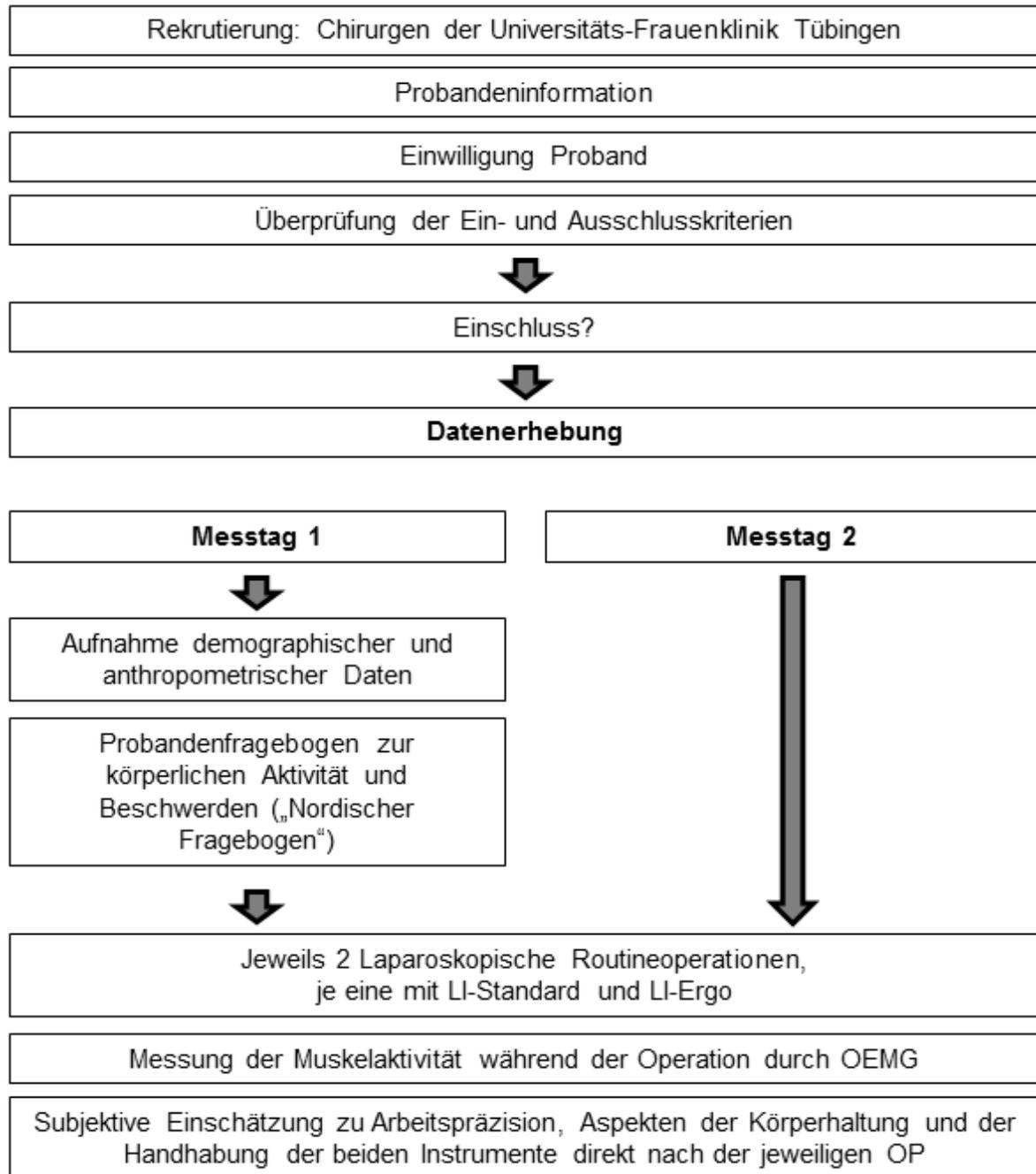


Abbildung 2: Studiendesign

Zum Ablauf der Studie s. Abbildung 2: Studiendesign.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen genehmigt und alle teilnehmenden Probanden gaben nach mündlicher und schriftlicher Aufklärung ihre freiwillige und schriftliche Einwilligung, an der Studie teilzunehmen. Die Probanden hatten die Möglichkeit, die Studie jederzeit und ohne Angabe von Gründen abubrechen.

In der Studie wurden ein Standardinstrument mit festem Griff („LI-Standard“; Griffstück für BiClamp LAP-Zangen und BiClamp 110, mit Anschlusskabel 4 m und MF-Anschlussstecker⁽⁵⁾ 20195-145, ERBE Elektromedizin GmbH, Deutschland) und eines mit um 360° drehbarem Griff („LI-Ergo“; Griffstück für BiClamp E LAP-Zangen, mit Kabel 4 m und MF-Anschlussstecker, 20195-240, ERBE Elektromedizin GmbH, Deutschland) verwendet. Vor den Untersuchungen im Rahmen der Studie hatten die teilnehmenden Chirurgen Gelegenheit, sich an das LI-Ergo zu gewöhnen. Alle Probanden mussten mindestens fünf Operationen mit dem LI-Ergo durchgeführt haben, bevor sie in die Studie eingeschlossen wurden.

Die Daten eines jeden Probanden wurden während insgesamt vier laparoskopischen Operationen erhoben. Dabei wurden jeweils zwei Operationen mit dem LI-Ergo und dem LI-Standard durchgeführt.

Nach Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden die demographischen und anthropometrischen Daten und Angaben zur körperlichen Aktivität und Beschwerden mittels Nordischem Fragebogen³⁶ (s. Anhang) erhoben.

Im Anschluss wurden die Probanden für die Messung vorbereitet.

Gemessen wurde während vier laparoskopischen Hysterektomien, die hinsichtlich des Ablaufs und der Arbeitsbelastung gut miteinander vergleichbar sind, da es sich um Routineeingriffe handelt. Bei unvorhergesehenen Komplikationen oder Abweichungen vom Standardverfahren wurde die Messung

⁽⁵⁾ MF-Anschlussstecker: „M“ von „Male“ für Stecker und „F“ von „Female“ für Buchse, vgl. http://www.omega.de/Temperature/pdf/nhxx_nhx.pdf [16.12.2016]

abgebrochen und der Messtag wiederholt. Für jeden Probanden gab es zwei Messtage mit je zwei unmittelbar aufeinander folgenden Operationen. Der Operationsplan wurde für jeden Chirurgen dahingehend modifiziert, dass die ersten beiden Operationen des Tages für diese Studie geeignete laparoskopisch durchgeführte suprazervikale Hysterektomien waren. Dadurch wurde sichergestellt, dass weder Muskelermüdung noch mentaler Stress aufgrund vorangegangener chirurgischer Tätigkeiten, die in der Studie untersuchten Eingriffe beeinflussen. Vor der ersten Operation wurde mittels Randomisierung festgelegt, mit welchem Griffstyp (LI-Ergo oder LI-Standard) die erste Operation (OP1) durchgeführt wird. Für die zweite Operation (OP2) wurde dementsprechend der andere Griffstyp verwendet. Am zweiten Messtag wurde die Reihenfolge umgekehrt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Untersuchte Operationen

Messtag	OP	Verwendetes Griffstück	Messgröße		
			OEMG	Befragung zu jeweiligem Instrument	Vergleichende Befragung beider Instrumente
1	OP1	Griffstück A	kontinuierlich	unmittelbar nach OP1	Ende von Messtag 1
	OP2	Griffstück B	kontinuierlich	unmittelbar nach OP2	
2	OP3	Griffstück B	kontinuierlich	unmittelbar nach OP3	Ende von Messtag 2
	OP4	Griffstück A	kontinuierlich	unmittelbar nach OP4	

OEMG: Oberflächen-Elektromyografie

Zur objektiven Beurteilung der muskulären Belastung während den Operationen wurde kontinuierlich die Muskelaktivität des linken und rechten M. trapezius, des M. deltoideus dexter, des M. biceps brachii dexter und der Extensoren und Flexoren des rechten Unterarms erfasst. Die Chirurgen wurden weder bei ihrer Arbeit noch in ihrer Bewegungsfreiheit durch die Messtechnik eingeschränkt. Zur Normalisierung der OEMG-Messwerte musste jeder Proband für jeden Muskel eine Maximalkraftunabhängige Referenzkontraktion mit einem Gewicht von 2 kg absolvieren. Die Normalisierungsmessungen fanden zu Beginn des Messtages jeweils vor der ersten Operation statt.

Zur subjektiven Beurteilung der Handhabung wurde unmittelbar nach jeder OP das jeweilige Instrument mittels Fragebogen bewertet. Zusätzlich wurde am Ende eines Messtages eine vergleichende Bewertung beider Grifftypen durchgeführt, ebenfalls mittels Fragebogen (s. Tabelle 1). Außerdem sollten die Chirurgen sich entscheiden, welches der beiden Instrumente sie bevorzugen würden.

2.2. Probanden

Die Studie wurde mit elf chirurgisch tätigen Gynäkologen (drei Frauen, acht Männer) der Universitäts-Frauenklinik Tübingen durchgeführt.

Einschlusskriterien für die Studie waren eine ausreichende Erfahrung im Umgang mit laparoskopischen Instrumenten und die Durchführung von mindestens fünf Operationen mit dem LI-Ergo im Vorfeld der Studie. Außerdem mussten die Probanden deutschsprachig sein.

Ausschlusskriterien waren neuromuskuläre Erkrankungen, Bewegungseinschränkungen der oberen Extremitäten oder akute Erkrankungen. Diese wurden durch eine orientierende körperliche Untersuchung ausgeschlossen.

Die Probanden gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Studie wurde im Vorfeld von der zuständigen Ethikkommission genehmigt.

2.3. Instrumente

Die Instrumente sind speziell für laparoskopische Operationen konzipiert. Sie bestehen aus einem Pistolengriff, einem Instrumentenschaft und dem Arbeitseinsatz (Schere oder Zange), welcher durch den Instrumentenschaft mit dem Griff verbunden ist.

Im Vordergrund der Studie steht die Untersuchung der Arbeit mit dem ERGO-Griffstück für bipolare Instrumente (LI-Ergo; Griffstück für BiClamp E LAP-Zangen, mit Kabel 4 m und MF-Anschlussstecker, 20195-240, ERBE Elektromedizin GmbH, Deutschland). Dieser Griff ist um 360° drehbar.

Als Vergleich dient ein bis auf den ERGO-Griff identisches Standardinstrument (LI-Standard; Griffstück für BiClamp LAP-Zangen und BiClamp 110, mit Anschlusskabel 4 m und MF-Anschlussstecker 20195-145, ERBE Elektromedizin GmbH, Deutschland). Dieses verfügt über einen in Längsrichtung ausgerichteten, feststehenden Griff.

2.4. Operation – Laparoskopische suprazervikale Hysterektomie

Bei dieser Operation wird der Corpus uteri laparoskopisch entfernt, die Zervix verbleibt im Körper. Dazu wird der Uterus mittels Schere und Koagulationszange freipräpariert und unterhalb des Übergangs zur Zervix mit einer Schlinge abgesetzt. Anschließend wird der abgetrennte Uterus durch einen Morcellator aus dem Bauchraum entfernt. Der Zervixstumpf kann je nach Situs vernäht werden.³⁷

Diese Operation wird von den Chirurgen routinemäßig durchgeführt. Die Operationen ähneln sich sehr bezüglich Ablauf, Länge und Arbeitsaufwand, weswegen sie gut miteinander vergleichbar sind. Für die Datenauswertung wurde lediglich die Phase des „Freipräparierens“ betrachtet, da nur dort die zu untersuchenden Instrumente zum Schneiden und Koagulieren verwendet werden.

2.5. Oberflächen-Elektromyografie (OEMG)

Die Oberflächen-Elektromyografie dient der Erfassung muskulärer Aktivität. Dazu gehören die Ableitung, Analyse und grafische Darstellung elektrischer Potentiale in der Muskulatur.³⁸ Die Potentiale werden mithilfe von Elektroden an der Hautoberfläche als elektrische Aktivität abgeleitet. Die Anzahl und Intensität der Spikes korreliert mit der Kontraktionskraft des Muskels. Das EMG-Signal steigt also mit der Muskelkontraktion.³⁹ Abhängig vom gewählten Normalisierungsverfahren können die Signale dann im Sinne von Muskelbelastung und -beanspruchung beurteilt werden.

Die OEMG ist gut geeignet, um muskuläre Beanspruchung zu untersuchen und Arbeitsplätze zu beurteilen. Häufig wird mit dieser Methode untersucht, ob muskuloskelettale Beschwerden arbeitsbedingt sind.³⁸ Zur Bewertung von Arbeitsplätzen zählt auch die Beurteilung der Ergonomie von Arbeitsgeräten, wie z. B. die in dieser Studie untersuchten laparoskopischen Instrumente.

Die OEMG hat gegenüber der intramuskulären Elektromyografie den Vorteil, dass die Methode nicht-invasiv ist und die Elektroden auf einfache Weise aufgebracht werden können.⁴⁰

Das OEMG-Rohsignal ist die Summe der Aktionspotentiale, die im Elektromyogramm als positive und negative Peaks zu sehen sind. Bei zunehmender Muskelinnervation steigt die Amplitude der Peaks.³⁸ Je nach Muskel und seiner Beanspruchung, Kraft und Ermüdung reicht der Frequenzbereich des OEMG-Rohsignals von ca. 5 Hz bis zu maximal 800 Hz.⁴¹

Aus dem OEMG-Rohsignal werden verschiedene Störsignale (z. B. Bewegungsartefakte, EKG, Signale anderer Muskeln) herausgefiltert. Mit den so gewonnenen Kennwerten wird die muskuläre Beanspruchung berechnet.

Es wurde die Messtechnik PS11 (THUMEDI, Thum-Jahnsbach, Deutschland) verwendet. Die Chirurgen trugen das Messgerät an einem Gürtel befestigt mit sich, die Daten wurden auf einen internen Datenlogger gespeichert. Zur Überwachung der Messwerte wurde eine Bluetoothverbindung mit einem Laptop hergestellt und von einem Untersucher überwacht. Bei der Applikation der

Messtechnik an den Probanden wurde sorgfältig darauf geachtet, dass die Chirurgen in ihrer Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt wurden. Um dies sicherzustellen, wurden einige Kontrollbewegungen durchgeführt, wie beispielsweise die Abduktion der Arme.

2.5.1. Bipolare Ableitung

Die Muskelpotentiale wurden bipolar (zwischen zwei Elektroden in Faserlängsrichtung über dem Muskel) abgeleitet. Eine weitere Möglichkeit zur Ableitung der Muskelpotentiale wäre die monopolare Ableitung, bei der die Potentiale zwischen einer Elektrode über dem Muskel und einer weiter entfernt liegenden Referenzelektrode abgeleitet werden.³⁸

In dieser Studie wurde die bipolare Ableitung bevorzugt, da sie nicht so anfällig für externe Störungen ist wie die monopolare Ableitung. Die geringere Störanfälligkeit wird dadurch erreicht, dass externe Störungen zeitgleich an beiden Elektroden eintreffen, so dass das Differenzsignal davon weitgehend unbeeinflusst wird.

2.5.2. Hautvorbereitung

Um den Widerstand der Haut über dem entsprechenden Muskel zu verringern, wurde die Haut durch Abreiben mit einer abrasiven Paste (D.O. Weaver NuPrep Skin Prep Gel, Weaver and Company, USA) vorbereitet, mit der die Haut von abgestorbenen Hautpartikeln und Schmutz zu befreit wird. Außerdem werden so eventuell verwendete Hautcremes entfernt, die ebenfalls zu einer Erhöhung des Widerstands führen können.⁴¹ Bei starker Körperbehaarung wurde diese zuvor durch Rasieren entfernt. Als Nebeneffekt wird durch die Hautvorbereitung erreicht, dass die Elektroden besser haften.⁴¹

2.5.3. Elektroden

Es wurden selbstklebende Einwegelektroden mit einer Fläche aus Silber/Silberchlorid (Ag/AgCl) und einem Durchmesser von 15 mm eingesetzt. Der Abstand zwischen den Elektroden blieb stets konstant bei 25 mm. Die

Elektroden sind nicht selektiv für einen bestimmten Muskel⁴², daher ist es wichtig sie gut zu platzieren, um „Cross-talk“ – elektrische Signale, die von anderen Muskeln stammen – zu reduzieren.³⁹ Die Elektroden werden auf dem Muskelbauch und in Faserlängsrichtung aufgebracht, damit die Signale von identischen Muskelfasern abgeleitet werden.⁴³ So kann eine höhere Selektivität erreicht werden.⁴⁰

Außer den Elektroden, die der Ableitung der Muskelaktivität dienen, wird eine Masseelektrode angebracht, die Störsignale vermindern soll und das Messgerät vor elektrostatischen Entladungen schützt.³⁸ Sie wird an einer Stelle mit geringer myoelektrischer Aktivität angebracht³⁹, hier auf dem Processus spinosus des siebten Zervikalwirbels.

Nachdem alle Elektroden appliziert wurden, wurde durch Überprüfung der übertragenen Daten während willkürlicher Kontraktion der jeweiligen Muskeln am Laptop kontrolliert, ob von allen Muskeln ein ausreichendes Signal empfangen werden konnte. Wurde die elektrische Aktivität eines Muskels nicht ausreichend übertragen, konnte die Lage der Elektroden nochmals korrigiert werden. Es wurde zusätzlich kontinuierlich beobachtet, ob sich eine der Elektroden während der Arbeit gelöst hat. Dies wurde dann als Störung angezeigt.

Außerdem wurde sichergestellt, dass die Kabel, die die Elektroden mit dem Messgerät verbinden, die Chirurgen bei keiner Bewegung einschränken oder sie bei ihrer Arbeit behindern.

2.5.4. Auswahl der Muskeln

Es wurden, wie auch in der Laborstudie³¹, die Muskeln untersucht, die bei der Laparoskopie am stärksten beansprucht werden: M. trapezius dexter, pars descendens, M. trapezius dexter, pars descendens, M. deltoideus dexter, pars acromialis, M. biceps brachii dexter, M. extensor digitorum dexter und M. flexor carpi radialis dexter.

Im Gegensatz zur Laborstudie spielte es hierbei keine Rolle, ob die Probanden Rechts- oder Linkshänder sind, da die Operationsposition immer die gleiche ist und deshalb mit rechts gearbeitet wird.

Um die Elektroden am zweiten Messtag auf exakt denselben Stellen anbringen zu können, wurden am ersten Messtag Schablonen angefertigt, auf denen die Elektrodenposition in Bezug zu Landmarken wie z. B. Muttermale eingezeichnet und festgehalten wurden.

2.5.5. Normalisierung

Da das OEMG-Signal einer hohen inter- und intraindividuellen Variabilität unterliegt, muss auf einen definierten Referenzwert kalibriert werden (Normalisierung), um Vergleiche ziehen zu können.^{38,39} Dazu wird das OEMG-Signal des Zielmuskels bei der zu untersuchenden Bewegung/Belastung in Bezug zum OEMG-Signal desselben Muskels bei einer Referenzkontraktion gesetzt.⁴⁴ Es gibt verschiedene Normalisierungsverfahren, wie beispielsweise die maximale willkürliche isometrische Muskelkontraktion (= maximal voluntary contraction, MVC) oder das Halten eines Gewichts in einer definierten Position über einen bestimmten Zeitraum (relative willkürliche isometrische Kontraktionen = reference voluntary contraction, RVC), keines davon gilt jedoch als Goldstandard. Es gibt allerdings Untersuchungen, die zeigen, dass von der Maximalkraft unabhängige submaximale isometrische Kontraktionen (RVC) zuverlässiger sind als maximale (MVC).^{45,46} Die Normalisierung mit der RVC ist nicht so stark von Motivation und Gesundheitszustand des Probanden abhängig wie die mit der MVC.⁴⁷ Vor allem wenn es darum geht berufliche Tätigkeiten in Feldmessungen zu vergleichen und nicht Personenunterschiede zu zeigen, sind maximalkraftunabhängige Referenzwerte vorzuziehen.⁴⁷ Außerdem können Gruppen mit unterschiedlicher physischer Leistungsfähigkeit durch Normalisierung der EA mit relativen Normalisierungsverfahren besser miteinander verglichen werden.⁴⁸

Zur Bestimmung der RVC wurden von den Probanden verschiedene Positionen für die jeweiligen Zielmuskeln eingenommen, um diese zu normalisieren. Um die Zielmuskeln stärker zu beanspruchen, wurden dabei Hanteln mit einem Gewicht von 2 kg für eine definierte Zeit (60 Sekunden) gehalten. Nach jeder Position hatten die Probanden eine Pause von 60 Sekunden, in der die Muskeln wieder entspannen konnten.

Bei allen Normalisierungsmessungen wurde zur Ermittlung des Referenzwertes lediglich das EMG der ersten 20 Sekunden betrachtet und davon eine stabile Phase von zehn Sekunden verwendet. Über den gesamten Zeitraum von 60 Sekunden kommt es zur Ermüdung, die im Referenzwert nicht enthalten sein darf. Daher wird nur der Anfang der jeweiligen Kontraktion verwendet, wo noch keine Ermüdung stattgefunden hat.

2.5.5.1. Position zur Normalisierung der Mm. trapezii dexter et sinister und des M. deltoideus

Der Stand ist hüftbreit. Der Oberkörper wird aufrecht gehalten, die gestreckten Arme 90° (bis zur Waagerechten) abduziert und um ca. 15° antevertiert, so dass die Schulterblätter sich in einer Ebene befinden. Die Arme werden mit jeweils 2 kg rechts und links belastet, indem in jeder Hand eine Hantel (2 kg) gehalten wird. Die Position wird für 60 Sekunden gehalten.

2.5.5.2. Position zur Normalisierung des M. biceps brachii

Der Stand ist hüftbreit. Der Oberkörper wird aufrecht gehalten, die Oberarme befinden sich nach unten gerichtet in der Vertikalen, die Arme sind im Ellenbogen 90° angewinkelt und zeigen parallel nach vorne, die Handflächen zeigen nach innen. Die Arme werden mit jeweils 2 kg rechts und links belastet, indem in jeder Hand eine Hantel (2 kg) gehalten wird. Die Position wird für 60 Sekunden gehalten.

2.5.5.3. Position zur Normalisierung des M. extensor digitorum

Es wird die gleiche Position wie für M. biceps brachii eingenommen, die Handflächen zeigen jedoch nach unten (in Pronationsstellung) und die Finger werden komplett durchgestreckt. Die Arme werden mit jeweils 2 kg rechts und links belastet, indem an jeder Hand eine Hantel (2 kg) mit einem Riemen distal der Artt. metacarpophalangeae auf der Volarseite befestigt wird. Die Hanteln befinden sich somit auf der Palmarseite. Die Position wird für 60 Sekunden gehalten.

2.5.5.4. Position zur Normalisierung des M. flexor carpi radialis

Es wird die gleiche Position wie für M. biceps brachii eingenommen, die Handflächen zeigen jedoch nach oben (in Supinationsstellung) und die Finger werden komplett durchgestreckt. Die Arme werden mit jeweils 2 kg rechts und links belastet, indem an jeder Hand eine Hantel (2 kg) mit einem Riemen distal der Artt. metacarpophalangeae auf der Palmarseite befestigt wird. Die Hanteln befinden sich somit auf der Volarseite. Die Position wird für 60 Sekunden gehalten.

2.5.6. Marker

Während der Signalerfassung wurden die verschiedenen Tätigkeitsabschnitte, die die suprazervikale Hysterektomie beinhaltet, wie beispielsweise das Nähen, das Schneiden und Koagulieren oder das Morcellieren, durch Marker gekennzeichnet. Die Marker wurden manuell gesetzt und zusammen mit den OEMG-Signalen aufgezeichnet. Dadurch konnten die Tätigkeitsabschnitte ihrem zugehörigen Signal bei der Auswertung eindeutig zugeordnet werden und die gezielte Analyse der Arbeit mit dem jeweiligen laparoskopischen Instrument ist möglich.

Für die Auswertung war nur die Phase „Schneiden und Koagulieren“ relevant, in der der Uterus freipräpariert wurde, da nur dort die untersuchten laparoskopischen Instrumente zum Einsatz kamen.

2.5.7. Signalverstärkung und Digitalisierung

Durch Differenzverstärkung werden störende Umgebungseinflüsse reduziert: Die Signale an beiden Elektroden werden voneinander subtrahiert und die Differenzen verstärkt. Dadurch werden Signale, die von entfernten Störquellen kommen und deshalb gleichförmig an beiden Elektroden ankommen, zum größten Teil herausgefiltert.³⁸ Zusätzlich werden zur Reduktion von Störsignalen Hoch- (16 Hz) und Tiefpassfilter (650 Hz) eingesetzt. Durch den Tiefpassfilter können Störungen durch Cross-talk reduziert werden, da dieser ein niedrigeres Frequenzspektrum hat, weil sein Ursprung weiter entfernt liegt.⁴⁹

Um Störungen durch die Herzaktivität zu vermindern, wurde zusätzlich ein EKG bipolar abgeleitet. Dieses kann dann aus den Rohdaten herausgefiltert werden.

Die Abtastrate, mit der die Signale erfasst wurden, liegt bei 2048 Hz.

Die Messdaten wurden digital verarbeitet und gespeichert. Es wurden sowohl die Rohdaten, als auch die daraus ermittelten Kennwerte gespeichert. So können bei Unstimmigkeiten in den Kennwerten diese nochmals mit den Rohdaten abgeglichen werden.

2.5.8. Elektromyographische Aktivität (EA)

Die EA ist die zeitliche Dichte von Summenaktionspotentialen und zeigt sich im Rohsignal als mittlere Amplitude. Sie spiegelt die Muskelerregung wider und korreliert somit mit der aufgebrauchten Muskelkraft, also mit der Beanspruchung eines Muskels. Ermüdet der Muskel, wird eine vermehrte Muskelinnervation notwendig, um eine Kraft aufrechtzuerhalten, und die EA steigt an. Die EA wird als Effektivwert aus dem Frequenz-Leistungs-Spektrum (EA_{RMSspekt} – root mean square) berechnet.³⁸

2.5.9. Medianfrequenz (MF)

Die Medianfrequenz ist ein Kennwert, der die Verteilung der elektrischen Leistung über die im Signal enthaltenen Frequenzen wiedergibt. Sie verändert sich je nachdem, welche Kraft ein Muskel aufbringt und wie ermüdet er ist. Die MF teilt das Frequenz-Leistungs-Spektrum so, dass ober- und unterhalb der MF jeweils die gleichen Inhalte liegen.³⁸

2.6. Verarbeitung der OEMG-Daten

Signalstörungen wie Bewegungsartefakte, Übersteuerung oder Störungen durch gelöste Elektroden wurden aus den Daten herausgefiltert.

In den bearbeiteten Rohdaten, den Kennwerten, wurden mit Hilfe der während der Messung gesetzten Marker die verschiedenen Phasen der Normalisierung und der OP (Nähen, Schneiden und Koagulieren, Morcellieren) manuell markiert.

Dazu wurde die Software Subcom verwendet. So kann später gezielt auf die Werte der verschiedenen Phasen zurückgegriffen und die Muskelaktivität für die entsprechende Phase berechnet werden, denn obwohl das OEMG-Signal während der gesamten Operation kontinuierlich abgeleitet wurde, sind nur die Daten, die während der Präparationsphase erhoben wurden, relevant. In dieser Phase wird das Gewebe durch Schneiden und Koagulation mit den untersuchten laparoskopischen Instrumenten freipräpariert.

Zur Normalisierung wurde nur der Anfang der Referenzkontraktion (Median der ersten zehn Sekunden) verwendet, um die Referenz-EA zu ermitteln. Dieser Bereich ist am besten geeignet, da hier noch keine Muskelermüdung stattgefunden hat. Die elektrischen Aktivitäten, die während der Laparoskopie ermittelt wurden, wurden für jeden Muskel durch die jeweilige normalisierte Referenz-EA (nEA) dividiert. Die Werte sind in Prozent angegeben.

Zuletzt wurden, um beide Instrumente direkt miteinander zu vergleichen, die nEA des LI-Ergo von den nEA des LI-Standard subtrahiert.

2.7. Probandenfragebogen

Den Probanden wurden verschiedene Fragen gestellt, um die allgemeine Anamnese zu erfassen und die Ein- und Ausschlusskriterien zu überprüfen. Diese wurden zusammen mit den Befunden der körperlichen Untersuchung, die vor allem der Funktionsprüfung dient, dokumentiert (s. Anhang).

Mit dem Probandenfragebogen (Nordischer Fragebogen³⁶, s. Anhang) wurden allgemeine Angaben zur Person, wie Alter, Gewicht und Körpergröße, aber auch Angaben zur sportlichen Aktivität, den in den letzten fünf Jahren ausgeübten beruflichen Tätigkeiten sowie aktuelle und zurückliegende muskuloskelettale Beschwerden erfasst. Diese Daten können möglicherweise Störfaktoren (Confounder) darstellen und müssen daher unter Umständen bei der Datenauswertung berücksichtigt werden.

Zusätzlich wurden die Chirurgen gefragt, ob die beiden durchgeführten suprazervikalen Hysterektomien vom Schwierigkeitsgrad und vom zeitlichen und körperlichen Aufwand her miteinander vergleichbar waren. War dies nicht der

Fall, bestand die Möglichkeit, den Messtag zu wiederholen. Eine solche Wiederholung musste bei einem Probanden durchgeführt werden, weil es während einer Operation zu unerwarteten Komplikationen kam.

2.8. Subjektive Bewertung der Instrumente mittels Fragebogen

Die Probanden füllten verschiedene Fragebögen zur Beurteilung der Instrumente aus: einen Fragebogen zur Bewertung des jeweiligen Instruments (5-stufige Likertskala; monopolare Skala mit verbaler Unterstützung aller Antwortabstufungen), einen zur vergleichenden Befragung beider Instrumente (7-stufige Likertskala; bipolare Skala) und zum Schluss wurde die Frage gestellt, welches der beiden Instrumente die Probanden bevorzugen würden (s. Anhang).

Die Bewertung des jeweiligen Instruments wurde als monadischer Test (Einzeltest) durchgeführt. Hierbei beurteilt der Proband lediglich ein Instrument, es wird also nicht mit dem anderen Instrument verglichen.⁵⁰ Der Vergleich beider Instrumente erfolgte als paralleler nicht-monadischer Test (Vergleichstest).

2.9. Statistik

2.9.1. OEMG

Zur Verarbeitung der Daten der Elektromyografie wurde das Statistikprogramm JMP 11 (SAS Inc. Cary, NC, USA) verwendet.

Um die muskuläre Beanspruchung zu vergleichen, wurden für jeden Muskel aus den normalisierten Werten der elektrischen Aktivität (nEA) die Differenzen zwischen den beiden Griffstücken (LI-Standard minus LI-Ergo) gebildet. Ein nichtparametrischer Wilcoxon-Mann-Whitney-Test wurde verwendet, um die Ergebnisse auf statistische Signifikanz zu überprüfen, das Signifikanzniveau α liegt bei 0,05.

Es wurden die statistischen Größen Median, 25. und 75. Perzentil berechnet. Der Median der nEA gibt einen guten Gesamtüberblick über die muskuläre Belastung. Das 25. Perzentil zeigt niedrige Muskelaktivitäten an, wie sie z. B. bei statischen

Aufgaben zu finden sind. Das 75. Perzentil wird genutzt, um hohe Muskelaktivitäten, also Belastungsspitzen, während der Operation darzustellen.

2.10. Befragung

Die Auswertung der Befragungsdaten erfolgte mittels deskriptiver Statistik. Dabei wurden sowohl die Ergebnisse der Bewertung des jeweiligen Instruments als auch die der vergleichenden Befragung beider Instrumente als relative Häufigkeiten (Angabe in Prozent) in einem Balkendiagramm dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1. Studienpopulation

Die Studie wurde mit elf chirurgisch tätigen Gynäkologen (drei Frauen, acht Männer) der Universitäts-Frauenklinik Tübingen mit einem mittleren Alter von 42 Jahren (Spanne 33–65 Jahre) durchgeführt. Das Gewicht der Probanden lag im Mittel bei 77 kg (59–90 kg) und die Körpergröße bei 178 cm (167–187 cm). Die Erfahrung in der Laparoskopie liegt im Median bei 10 Jahren (Spanne 2–14 Jahre). Sechs von elf Probanden betreiben regelmäßig Sport, wobei es sich überwiegend um Ausdauersport wie Radfahren oder Lauftraining handelt. Die Dauer der sportlichen Aktivitäten variiert zwischen 0 und 6 Stunden pro Woche, der Median liegt bei 1,5 Stunden pro Woche (s. Tabelle 2).

Bei einem Probanden kam es während einer Operation zu unerwarteten Komplikationen, sodass der Messtag wiederholt werden musste.

Neun von elf Chirurgen absolvierten jeweils vier Operationen. Zwei Chirurgen konnten wegen Krankheit und Abwesenheit am Messtag 2 nur zwei Operationen durchführen. Daher konnten insgesamt 40 Operationen analysiert werden, 20 mit dem LI-Ergo und 20 mit dem LI-Standard. Alle 40 betrachteten Operationen wurden ohne Komplikationen abgeschlossen.

Tabelle 2: Charakteristika der Studienpopulation

Geschlecht	Männlich: 8 Weiblich: 3
Alter [Jahre]	Median: 42 Spanne: 33–65
Körpergewicht [kg]	Durchschnitt: 77 SD: 9,8
Körpergröße [cm]	Durchschnitt: 178 SD: 7,0
BMI [kg/m ²]	Durchschnitt: 24 SD: 2,6
Händigkeit [n]	Rechtshändig: 11 Linkshändig: 0 Beidhändig: 0
Muskuloskelettale Beschwerden in den letzten 7 Tagen [n]	Nacken: 0 Schulter: 0 Oberer Rücken: 0 Unterer Rücken: 0 Ellbogen: 0 Handgelenk: 0
Muskuloskelettale Beschwerden in den letzten 12 Monaten [n]	Nacken: 5 Schulter: 3 Oberer Rücken: 2 Unterer Rücken: 3 Ellbogen: 1 Handgelenk: 1
Berufserfahrung mit laparoskopischer Tätigkeit [Jahre]	Median: 10 Spanne: 2–14
Sport [h/Woche]	Median; 1,5 Spanne: 0-6 (vorwiegend Ausdauersport)

SD: Standardabweichung; BMI: Body Mass Index

3.2. OEMG-Ergebnisse

Es wurden die normalisierten Daten der Präparationsphase analysiert, da hier das jeweilige laparoskopische Instrument verwendet wurde. Es wurde jeweils die Differenz der nEA zwischen dem LI-Standard und dem LI-Ergo gebildet, die Angaben sind in Prozent.

Positive Werte bedeuten, dass eine Reduktion der Muskelaktivität durch das LI-Ergo stattgefunden hat, Werte um 0 % zeigen, dass es keinen Unterschied zwischen den beiden Griffstücken gab, und negative Werte sagen aus, dass es zu einer erhöhten Muskelaktivität durch das LI-Ergo gekommen ist.

Zunächst wird jeder Muskel einzeln betrachtet. Im Anschluss werden die Muskeln noch einmal in einer Übersicht zusammengefasst.

3.2.1. M. trapezius sinister, pars descendens

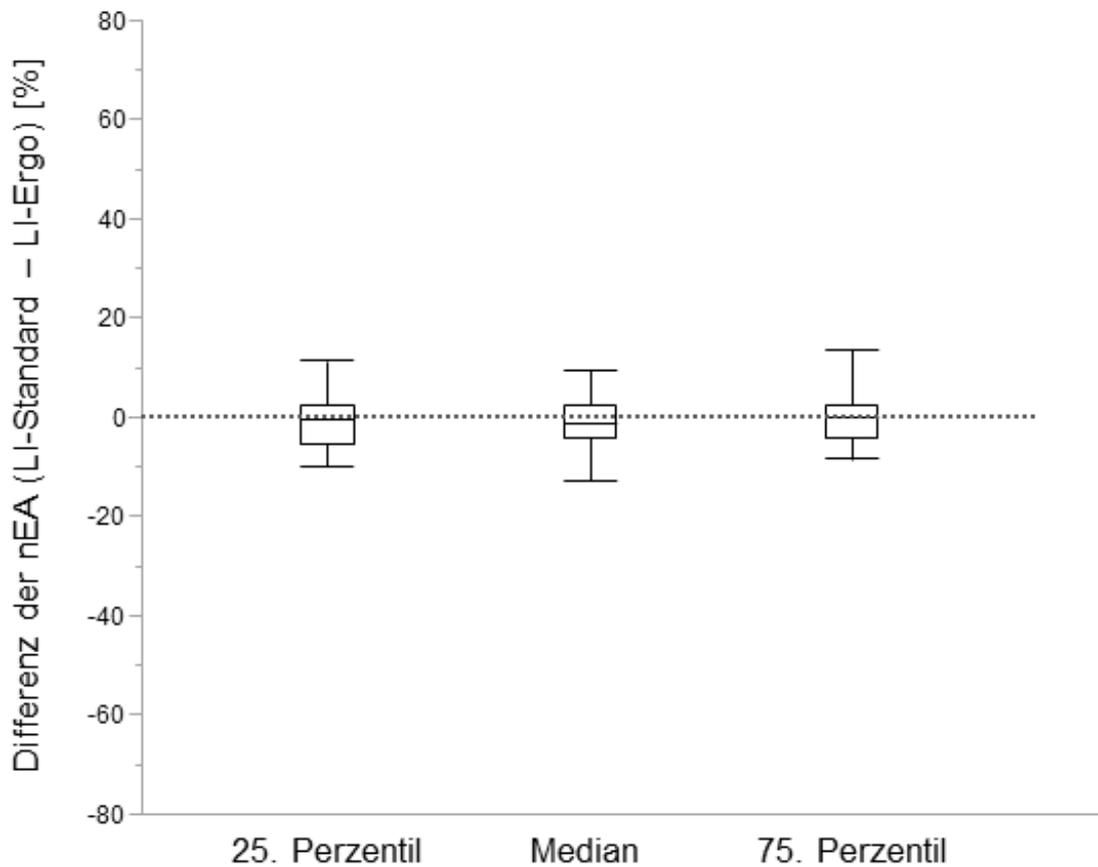


Abbildung 3: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. trapezius sinister, pars descendens. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Am M. trapezius sinister lässt sich keine Veränderung der elektrischen Aktivität und somit keine Reduktion der Belastung des Muskels durch das LI-Ergo feststellen (s. Abbildung 3). Weder beim Median, noch beim oberen oder unteren Quartil zeigen sich Unterschiede zwischen den beiden Griffstücken.

3.2.2. M. trapezius dexter, pars descendens

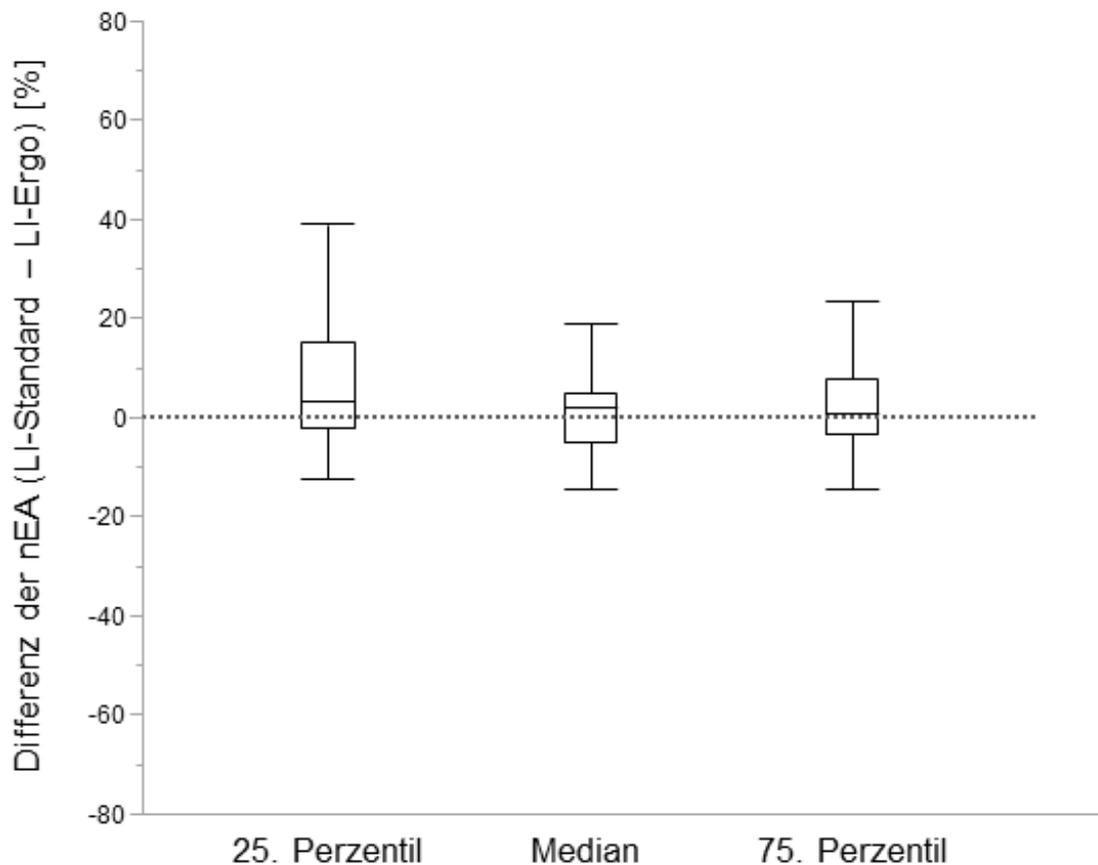


Abbildung 4: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. trapezius dexter, pars descendens. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Auch beim M. trapezius dexter bewegen sich alle drei Box-Plots bei der Differenz der nEA um 0 %. Somit kam es auch hier zu keiner Reduktion der Belastung des Muskels durch das LI-Ergo (s. Abbildung 4).

3.2.3. M. deltoideus dexter, pars acromialis

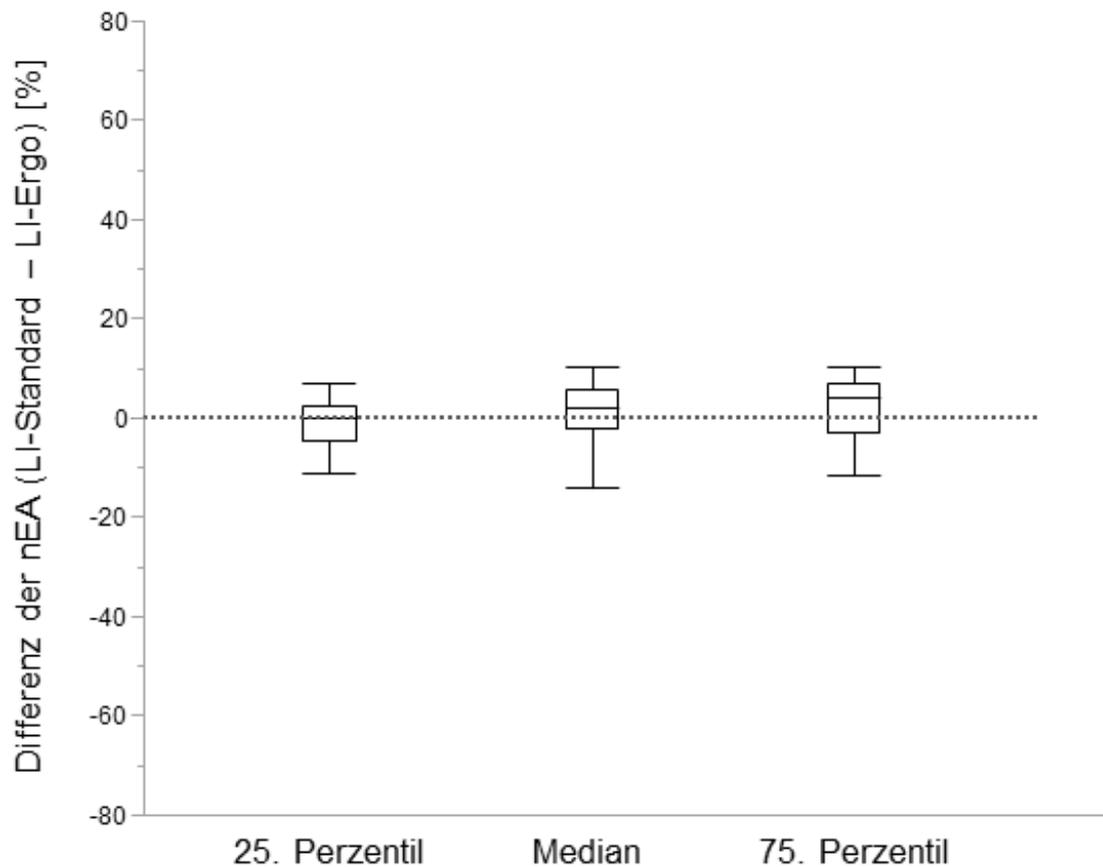


Abbildung 5: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. deltoideus dexter, pars acromialis. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Am M. deltoideus dexter lässt sich ebenfalls keine Reduktion der elektrischen Aktivität und somit der Belastung des Muskels durch das LI-Ergo feststellen (s. Abbildung 5).

3.2.4. M. biceps brachii dexter

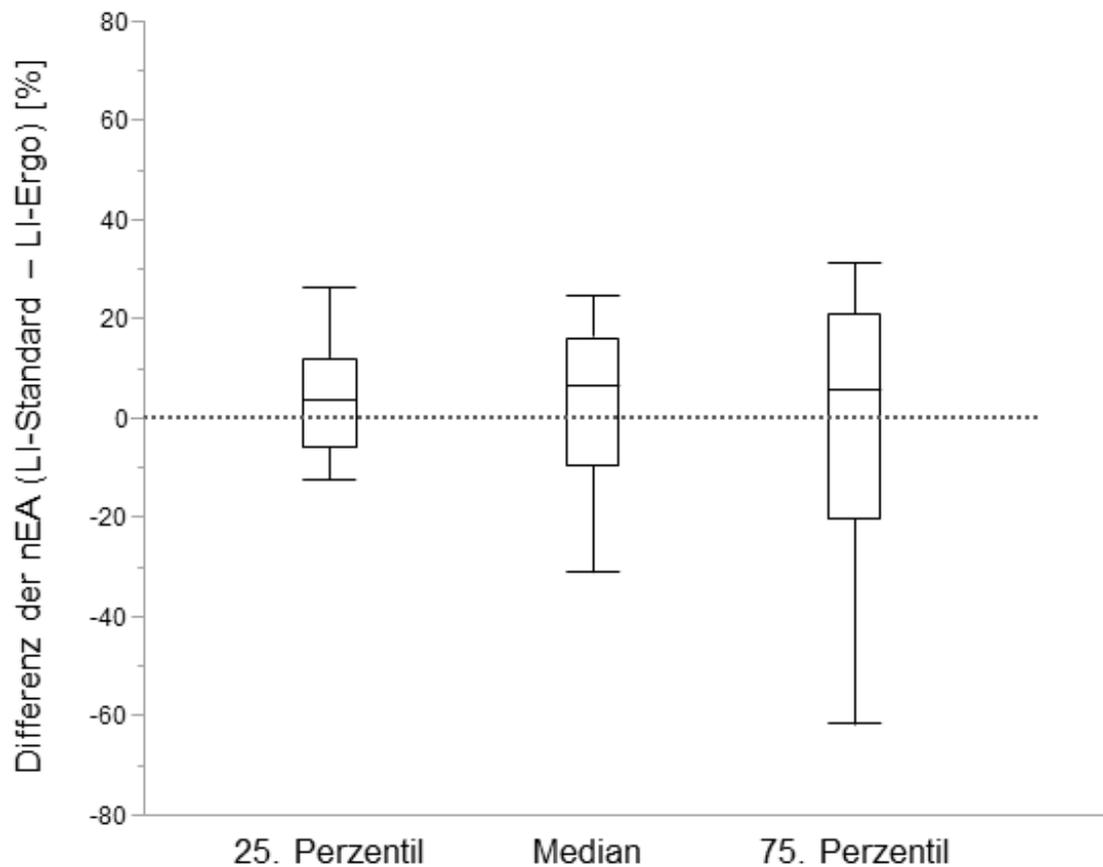


Abbildung 6: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. biceps brachii dexter. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Auch am M. biceps brachii dexter zeigen sich keine Unterschiede bei der muskulären Belastung zwischen den beiden Griffstücken. Die Box-Plots für Median, oberes und unteres Quartil befinden sich alle bei 0 % Differenz der nEA (s. Abbildung 6).

3.2.5. M. extensor digitorum dexter

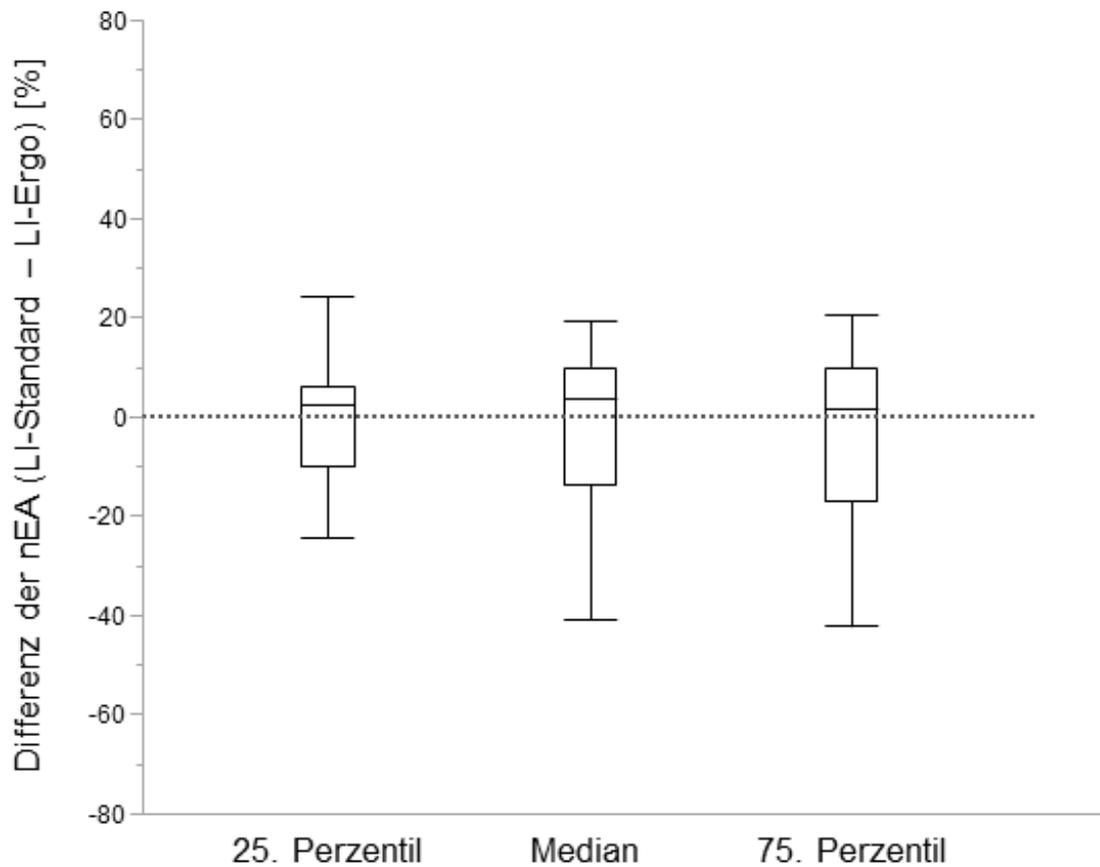


Abbildung 7: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. extensor digitorum dexter. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Am M. extensor digitorum dexter lässt sich keine Reduktion der elektrischen Aktivität und somit der Belastung des Muskels durch das LI-Ergo feststellen (s. Abbildung 7).

3.2.6. M. flexor carpi radialis dexter

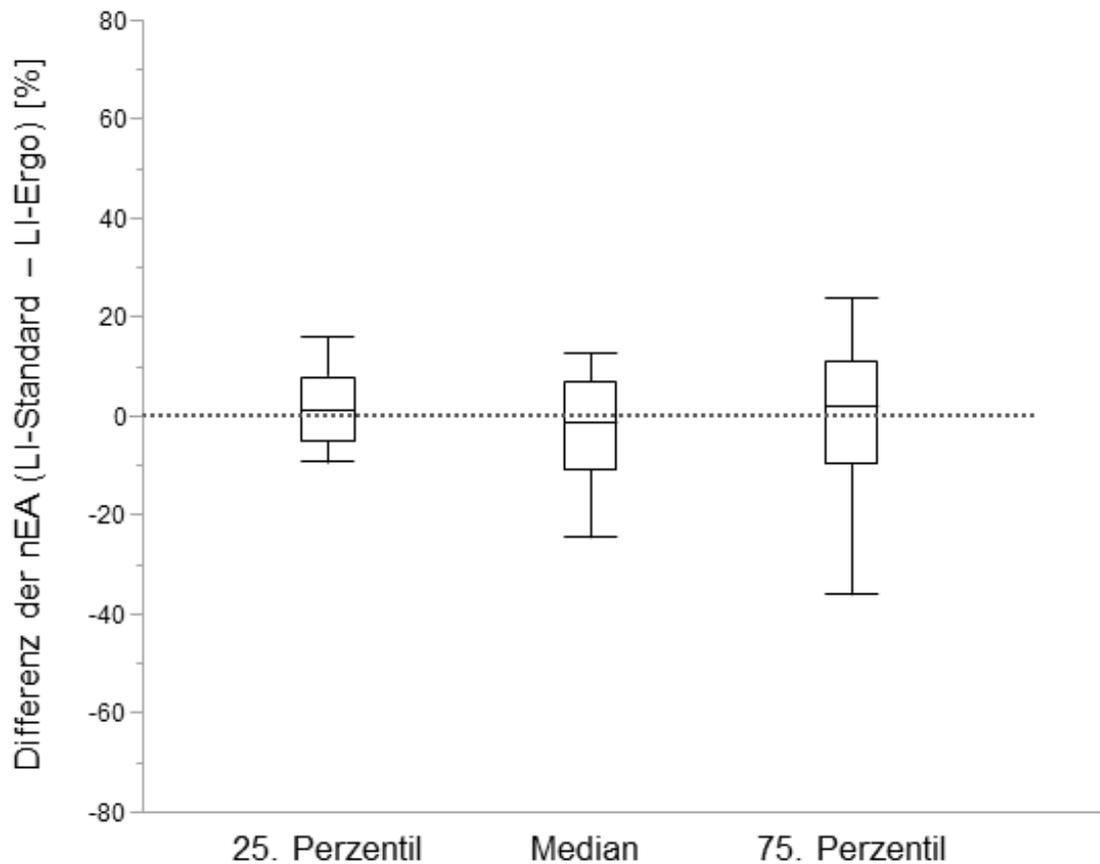


Abbildung 8: Differenz der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo) am M. flexor carpi radialis dexter. Angegeben sind 25. Perzentile, Median und 75. Perzentile.

Ebenso zeigt sich am M. flexor carpi radialis dexter keine Reduktion der elektrischen Aktivität durch das drehbare Griffstück. Alle Box-Plots bewegen sich bei der Differenz der nEA um 0%. Es kann also auch hier keine geringere muskuläre Belastung durch das LI-Ergo erreicht werden (s. Abbildung 8).

3.2.7. Zusammenfassung der OEMG-Ergebnisse

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass bei der Analyse der elektrischen Aktivitäten verschiedener Muskeln keine Reduktion der muskulären Belastung durch die Verwendung des LI-Ergo nachgewiesen werden konnte.

Abbildung 9 gibt eine Übersicht über die Mediane der Differenzen der normalisierten elektrischen Aktivität. Bei allen betrachteten Muskeln liegt die Differenz zwischen den beiden Instrumenten etwa bei 0 %.

Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die Messergebnisse: Angegeben sind das 25. Perzentil, der Median und das 75. Perzentil der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA [%]) für die beiden untersuchten Instrumente. In Klammern ist der Interquartilenabstand angegeben. Weiterhin sind die p-Werte der Differenzen von LI-Ergo und LI-Standard angegeben. Keiner der p-Werte zeigt Signifikanz (kein p-Wert ist kleiner als 0,05).

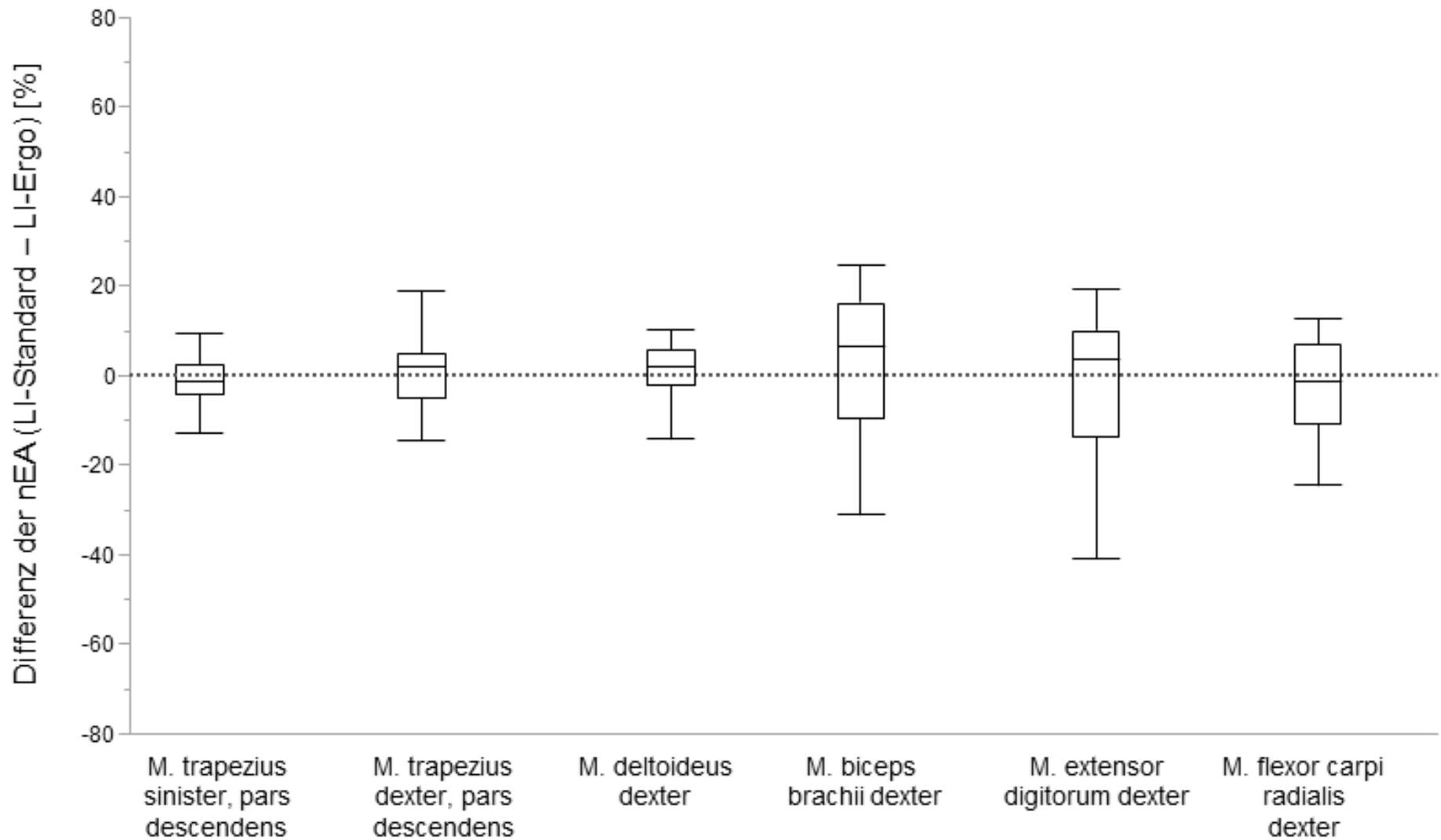


Abbildung 9: Übersicht über die Differenzen der normalisierten elektrischen Aktivität (nEA) zwischen dem Standardgriffstück (LI-Standard) und dem drehbaren Griffstück (LI-Ergo). Angegeben ist jeweils der Median.

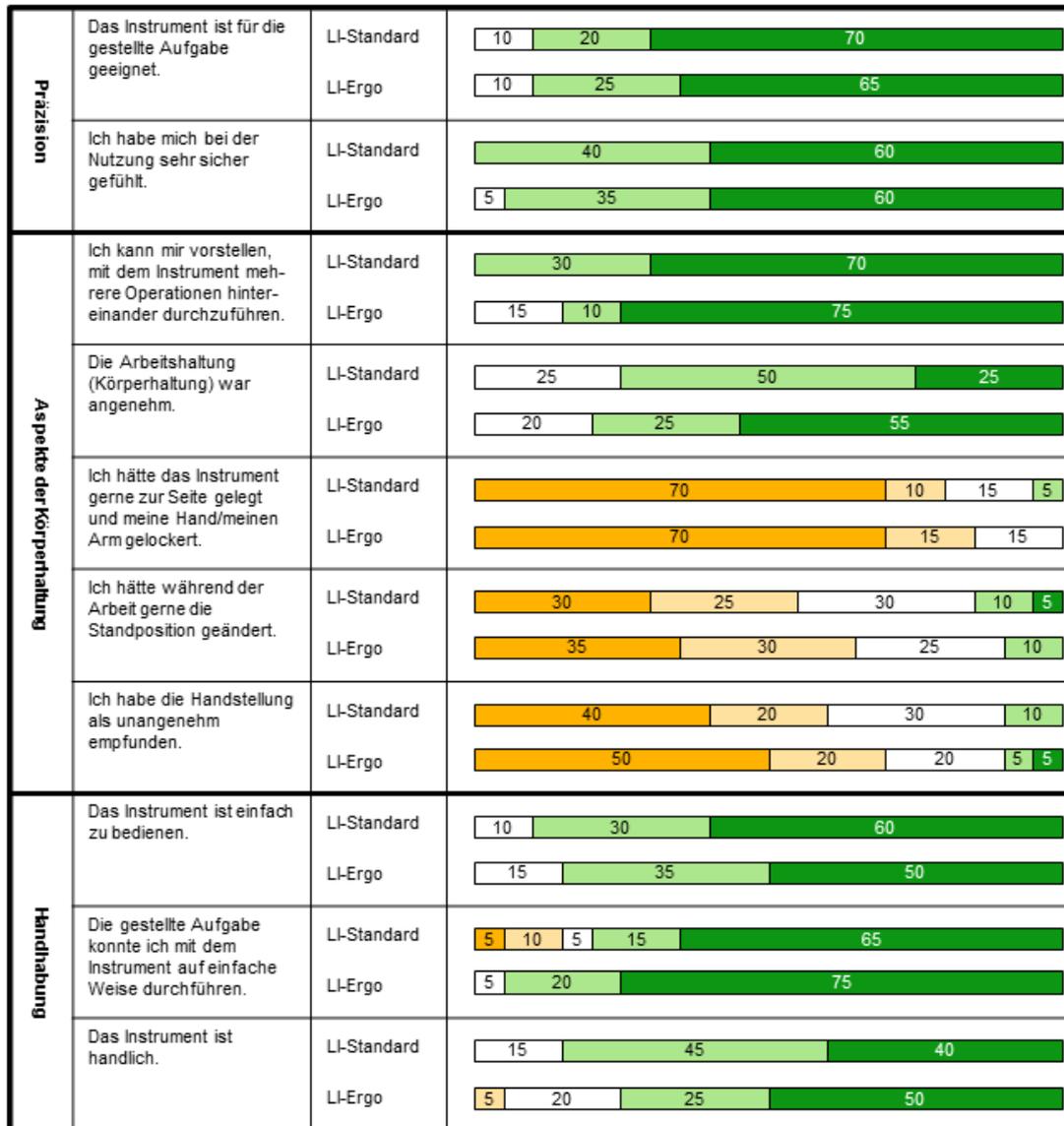
Tabelle 3: 25. Perzentil, Median und 75. Perzentil der nEA während der laparoskopischen Tätigkeit

	nEA LI-Ergo [% Referenz-EA]			nEA LI-Standard [% Referenz-EA]			p-Werte der Differenzen von LI-Ergo und LI-Standard		
	P ₂₅ (Inter- quartilen- Abstand)	Median (Inter- quartilen- Abstand)	P ₇₅ (Inter- quartilen- Abstand)	P ₂₅ (Inter- quartilen- Abstand)	Median (Inter- quartilen- Abstand)	P ₇₅ (Inter- quartilen- Abstand)	P ₂₅ p-Wert	Median p-Wert	P ₇₅ p-Wert
TRAP _{sin}	21 (13)	29 (16)	35 (20)	24 (18)	27 (18)	31 (24)	0,63	0,83	0,91
TRAP _{dex}	28 (23)	40 (26)	48 (29)	35 (16)	42 (25)	51 (25)	0,06	0,36	0,43
DELTA	10 (12)	16 (18)	26 (20)	10 (05)	17 (10)	25 (19)	0,93	0,40	0,16
BIC	40 (40)	59 (50)	88 (60)	49 (37)	66 (50)	87 (68)	0,23	0,41	0,68
EXT	38 (31)	59 (36)	88 (41)	43 (15)	64 (27)	92 (30)	1	0,94	0,77
FLEX	25 (19)	48 (22)	71 (39)	25 (16)	48 (24)	76 (44)	0,71	0,88	1

LI-Ergo: drehbares Griffstück; LI-Standard: festes Standardgriffstück; P₂₅: 25. Perzentil; P₇₅: 75. Perzentil; nEA: elektrische Aktivität normalisiert auf Referenz-EA; TRAP_{sin}: M. trapezius pars descendens des linken Arms; TRAP_{dex}: M. trapezius pars descendens des rechten Arms; DELTA: M. deltoideus acromialis des rechten Arms; BIC: M. biceps brachii des rechten Arms; EXT: M. extensor digitorum des rechten Arms; FLEX: M. flexor carpi radialis des rechten Arms

3.3. Ergebnisse der Fragebögen

3.3.1. Fragebogen: Bewertung des jeweiligen Instruments



Bewertungskategorien:

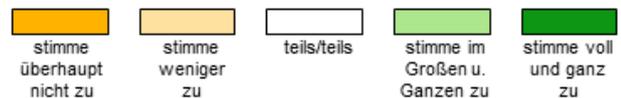


Abbildung 10: Übersicht über die Ergebnisse des Fragebogens zur Bewertung des jeweiligen Instruments

Die Fragen zur subjektiven Bewertungen des jeweiligen Instruments können in die drei Kategorien „Präzision“, „Aspekte der Körperhaltung“ und „Handhabung“ unterteilt werden. Es zeigen sich in jeder der drei Kategorien kaum Unterschiede zwischen den beiden laparoskopischen Instrumenten, es ist weder eine Tendenz zugunsten des LI-Ergo noch zugunsten des LI-Standard festzustellen (s. Abbildung 10).

3.3.2. Fragebogen: Vergleichende Befragung beider Instrumente

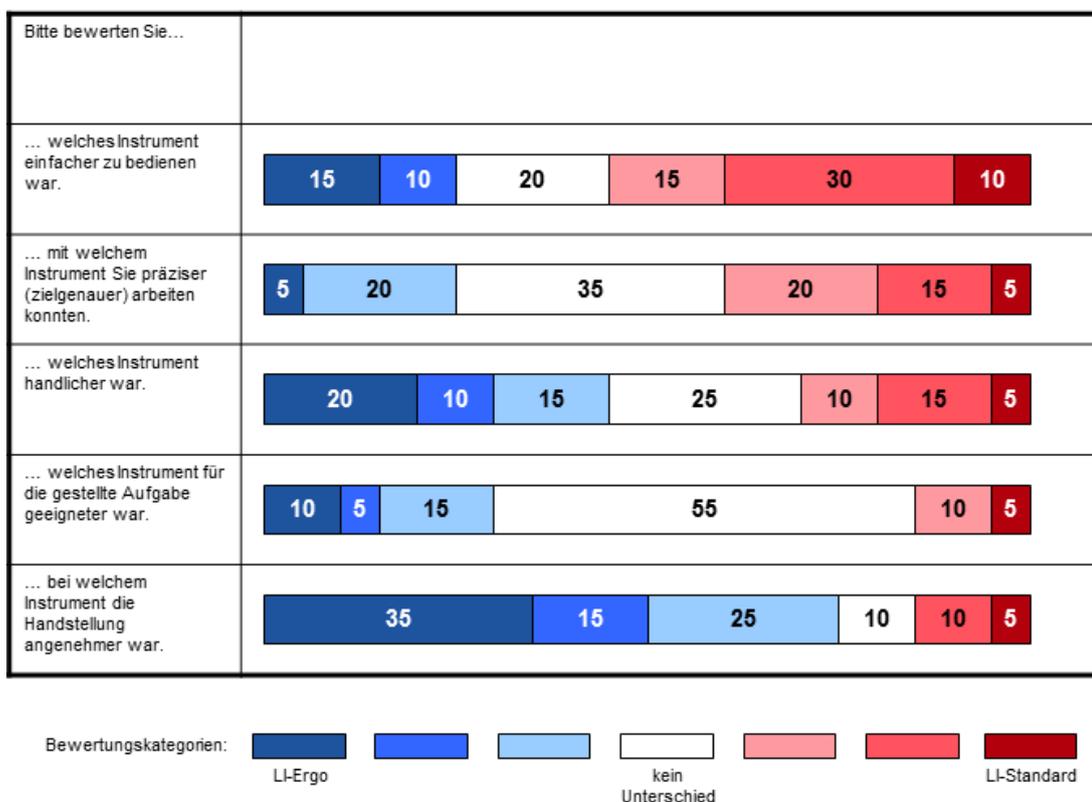


Abbildung 11: Übersicht über die Ergebnisse des Fragebogens zur vergleichenden Befragung beider Instrumente

Bei der Befragung, in der die beiden Instrumente direkt miteinander verglichen wurden, beantworteten 55 % der Probanden die Frage, welches Instrument einfacher zu bedienen war, zugunsten des LI-Standard, während 25 % sich für das LI-Ergo entschieden.

Die Frage nach der Präzision beantworteten 40 % pro LI-Standard, 25 % pro LI-Ergo.

Die Frage nach der Handlichkeit wurde mit 45 % eher zugunsten des LI-Ergo beantwortet, 30 % entschieden sich für das LI-Standard.

Bei der Frage, welches Instrument für die gestellte Aufgabe, also die Operation, geeigneter war, konnten 55 % der Probanden keinen Unterschied feststellen, 30 % fanden das LI-Ergo geeigneter, 15 % das LI-Standard.

Bei der Entscheidung, bei welchem Instrument die Handstellung angenehmer war, stimmten die Probanden eindeutig für das LI-Ergo (75 %), nur 15 % fanden das LI-Standard angenehmer.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Fragen bezüglich Präzision eher zugunsten des LI-Standard beantwortet wurden, wohingegen die Probanden bei Fragen, bei denen es um die Körperhaltung geht, zugunsten des LI-Ergo entschieden haben (s. Abbildung 11).

3.3.3. Entscheidung für Instrument

Am Ende des jeweiligen Messtags wurden die Probanden gefragt, welches der beiden Instrumente sie bevorzugen würden. Da es für jeden Probanden zwei Messtage gab, konnte jeder zwei Stimmen abgeben. Es hätten also 22 Stimmen abgegeben werden können. Da zwei der Probanden Messtag 2 wegen Krankheit bzw. Abwesenheit jedoch nicht durchführen konnten, konnten insgesamt 20 Stimmen abgegeben werden (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Ich würde folgendes Instrument bevorzugen...

Proband	Messtag 1		Messtag 2	
	LI-Ergo	LI-Standard	LI-Ergo	LI-Standard
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *
6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Instrument	LI-Ergo	LI-Standard	LI-Ergo	LI-Standard

* bei diesem Probanden fand Messtag 2 nicht statt

17 Stimmen wurden abgegeben, drei enthielten sich oder haben unbeabsichtigt keine Stimme abgegeben.

Neunmal wurde das LI-Ergo (blau) bevorzugt, acht Stimmen bevorzugten das LI-Standard (rot).

3.3.4. Dauer der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument

Bezüglich der mittleren Dauer der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument gab es keinen Unterschied zwischen dem LI-Ergo und dem LI-Standard (s. Tabelle 5). Alle Operationen wurden in weniger als 60 Minuten durchgeführt.

Tabelle 5: Dauer der Arbeit mit dem jeweiligen Instrument

	LI-Ergo [min]	LI-Standard [min]
P₂₅	22,1	20,3
Median	29,7	28,1
P₇₅	35,0	38,0

P₂₅: 25. Perzentil; P₇₅: 75. Perzentil

4. Diskussion

Als primäre Fragestellung wurde in dieser Studie untersucht, ob die Verwendung des LI-Ergo bei laparoskopischen Routineeingriffen in der Gynäkologie zu einer Reduktion der muskulären Belastung im Bereich der Muskulatur von Nacken, Schulter, Arm und Hand der Chirurgen führt. Die Studie zeigt, dass bei der Verwendung des LI-Ergo keine Unterschiede in der Beanspruchung der untersuchten Muskeln im Vergleich zur Arbeit mit dem LI-Standard bestehen.

Weiterhin wurde untersucht, ob durch die Verwendung des LI-Ergo Einschränkungen in der Arbeitspräzision oder Nachteile bezüglich der Handhabung oder der Körperhaltung – verglichen mit dem LI-Standard – auftreten. Im Rahmen der subjektiven Bewertung der beiden Instrumente zeigen sich bei der Bewertung der einzelnen Instrumente keine Unterschiede zwischen dem LI-Ergo und dem LI-Standard. Bei der vergleichenden Befragung beider Instrumente hingegen ist in der Kategorie „Präzision“ eine Tendenz zugunsten des LI-Standard zu verzeichnen, während hingegen die Fragen bezüglich der Körperhaltung deutlich zugunsten des LI-Ergo beantwortet werden. Bei der Entscheidung für eines der beiden Instrumente zeigt sich, dass weder das eine noch das andere klar bevorzugt wird.

4.1. Ergebnisse der OEMG

Es konnte keine Reduktion der muskulären Belastung durch das LI-Ergo festgestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem der Laborstudie.^{31,32,33}

Wie in der Laborstudie auch wurden folgende Muskeln untersucht: M. trapezius dexter, pars descendens, M. trapezius dexter, pars descendens, M. deltoideus dexter, pars acromialis, M. biceps brachii dexter, M. extensor digitorum dexter und M. flexor carpi radialis dexter.

Die in dieser Studie getroffene Auswahl deckt sich teilweise mit der Auswahl an Muskeln, die in ähnlichen Studien betrachtet wurden, beispielsweise wurden dort die Muskelaktivitäten des M. trapezius⁵¹, des M. deltoideus^{21,22,52}, des M. biceps brachii⁵², des M. extensor digitorum^{23,53,54,55} und des M. flexor carpi radialis⁵⁴ bestimmt. In diesen Studien konnten durch die Verwendung verschiedener Griffstücke laparoskopischer Instrumente signifikante Unterschiede in der Muskelaktivität festgestellt werden.

Teilweise wurden aber auch andere Muskeln untersucht. Zum Beispiel konnten beim Vergleich verschiedener Grifftypen signifikante Unterschiede der muskulären Beanspruchung nachgewiesen werden bei der Untersuchung der Muskelaktivität des M. extensor carpi ulnaris²³, des M. flexor digitorum superficialis^{23,53,54,55}, des M. flexor carpi ulnaris^{23,51,54}, des M. flexor digitorum profundus^{23,55} und der Aktivität der Thenarmuskulatur^{23,51,53,54,55}. In einer Studie, in der die Wirkung der Ausrichtung des Instrumentenschafts (gerade oder gebogen) auf die muskuläre Belastung untersucht wurde, konnten signifikante Unterschiede bei folgenden Muskeln festgestellt werden: M. pectoralis major, M. extensor carpi ulnaris, M. extensor carpi radialis und M. flexor digitorum superficialis.⁵²

Die Studienlage zeigt insgesamt, dass die hier getroffene Auswahl der Muskeln gut geeignet ist, um die muskuläre Beanspruchung bei laparoskopischen Operationen ausreichend zu repräsentieren.

Die Messung des M. flexor digitorum profundus wäre schwierig zu realisieren gewesen, da dieser zu den tiefen Flexoren in der Unterarmmuskulatur gehört und daher für OEMG nur schwer zugänglich ist.

Die Messung der Thenarmuskulatur wäre im Operationssaal aufgrund der Hygienevorschriften nicht möglich gewesen.

Es hätten jedoch auch die Aktivitäten anderer Muskeln gemessen werden können. Der M. extensor carpi ulnaris ist ebenso wie der M. extensor

digitorum für die Dorsalextension verantwortlich. Da in der Laborstudie gezeigt wurde, dass extreme Handgelenksstellungen (auch Dorsalextensionen) bei der Verwendung des LI-Standard häufiger vorkamen als bei der Arbeit mit dem LI-Ergo³¹, hätte hier eventuell ein signifikanter Unterschied zu beobachten sein können. Auch der M. extensor carpi radialis ist ebenfalls an der Dorsalextension beteiligt und ist zudem ein Faustschluss Helfer. Da bei ungünstigen Handgelenksstellungen die Kraft, die zum Greifen aufgebracht werden kann, geringer ist²⁴, wäre auch an diesem Muskel ein Effekt vorstellbar.

Statt der Untersuchung des M. flexor carpi radialis hätten auch der M. flexor digitorum superficialis oder der M. flexor carpi ulnaris untersucht werden können, da diese ebenso für die Flexion des Handgelenks verantwortlich sind.

In einer Studie von Büchel et al.⁵¹ wurden die Muskelaktivitäten während der Arbeit mit drei verschiedenen Grifftypen miteinander verglichen. Die Grifftypen unterschieden sich dabei in mehreren Punkten voneinander, wie z. B. in der Rotationsfunktion des Schafts, in der Qualität des Schneidens und Greifens, in der Materialbeschaffenheit, darin, ob die Größe für alle Handgrößen passend ist, oder darin, ob das Instrument intuitiv korrekt genutzt wird. Es könnte also mehrere Gründe für einen Effekt auf die muskuläre Beanspruchung geben, die eventuell auch nur in ihrer Summe zu einem Effekt führen. In dieser Studie gibt es nur einen Unterschied zwischen den beiden Grifftypen LI-Ergo und LI-Standard, nämlich die Rotation des Griffs um 360°. Ansonsten sind die beiden Instrumente identisch. Es ist möglich, dass der Einfluss nur eines geänderten Parameters nicht groß genug ist, um unter den hier gegebenen Bedingungen als Effekt auf die muskuläre Beanspruchung sichtbar zu werden.

Emam et al.²² verglichen in einer Studie drei verschiedene Grifftypen von laparoskopischen Nadelhaltern: einen „rocker“-Griff, einen „ball“-Griff und einen herkömmlichen „finger loop“-Griff. Der „finger loop“-Griff ist den hier

verwendeten Griffen dabei am ähnlichsten. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl der „rocker“-Griff, als auch der „ball“-Griff dem „finger loop“-Griff bezüglich der muskulären Beanspruchung überlegen sind. Dieses Ergebnis legt den Verdacht nahe, dass eine Verbesserung eines „finger loop“-Griffs vielleicht der falsche Ansatzpunkt ist und es einen größeren Nutzen haben könnte, wenn die Vorteile des „rocker“-Griffs oder des „ball“-Griffs aufgegriffen und weiterentwickelt würden.

Bei Matern et al.⁵⁴ wurden fünf verschiedene Grifftypen miteinander verglichen. Dabei ist der „ring“-Griff den Instrumenten dieser Studie ähnlich. Bei Matern ist durch den „ring“-Griff die Aktivität für den M. flexor carpi radialis hoch. Dies wird dadurch erklärt, dass eine Abduktion nach radial notwendig ist, um den Griff in eine Linie mit dem Unterarm zu bringen. Für unsere Studie bedeutet dies, dass die Kraft, die für die Radialabduktion aufgebracht werden muss, eventuell so hoch ist, dass der Effekt, den das LI-Ergo auf die Flexion hat, durch die Radialabduktion überlagert werden könnte. Als Verbesserung wird vorgeschlagen, den Winkel zwischen Schaft und Griff zu vergrößern⁵⁴, was ebenfalls ein möglicher Ansatzpunkt für das LI-Ergo wäre.

Berguer et al. verglichen in einer Studie einen „pistol“-Griff mit einem „in line“-Griff. Hierzu wurden unter anderem die Muskelaktivitäten von M. flexor carpi ulnaris, M. flexor digitorum profundus und M. flexor digitorum superficialis abgeleitet.²³ Der „pistol“-Griff zeigte bei allen Muskeln Vorteile gegenüber dem „in line“-Griff, außer wenn in einem Winkel von 90°, also im rechten Winkel zum Chirurgen, gearbeitet wird. Hier zeigte der „in line“-Griff deutliche Vorteile, weil er dem Chirurgen erlaubt sein Handgelenk zu rotieren, so dass dadurch – im Vergleich mit dem „pistol“-Griff – eine extreme Flexion und Ulnardeviation vermieden werden kann. Die muskuläre Beanspruchung in den Flexoren wurde dadurch signifikant reduziert. In der Laborstudie konnte gezeigt werden, dass durch das LI-Ergo seltener extreme Handgelenksstellungen eingenommen werden³¹ und dass die Muskelaktivität des M. flexor carpi radialis bei einer Halteaufgabe in einer

bestimmten Position durch das LI-Ergo – wenn auch nicht signifikant – reduziert werden konnte.³³ Daher wäre – analog zu Berguer – eigentlich auch ein Effekt an den Flexoren zu erwarten gewesen. Eventuell müssen aber während einer routinemäßig verlaufenden laparoskopischen suprazervikalen Hysterektomie nicht sehr oft solch extreme Handgelenksstellungen eingenommen werden, weil keine schwierig zu erreichenden Stellen im Bauchraum operiert werden müssen. Da aus Hygienegründen kein Sensor zur Erfassung der Handgelenksstellung angebracht werden konnte, lässt sich dies allerdings nicht überprüfen. Es ist aber denkbar, dass über einen gesamten Arbeitstag (an dem verschiedene Operationen durchgeführt werden und nicht jede Operation routinemäßig verläuft) betrachtet, gehäuft solche extremen Positionen eingenommen werden müssen und durch deren Summation die muskuläre Beanspruchung dadurch reduziert werden kann, dass mit dem LI-Ergo vermehrt in der Neutralposition gearbeitet werden kann.

In einer anderen Studie von Berguer et al. waren die Unterschiede in der Muskelaktivität bei maximaler Flexion im Handgelenk am größten.⁵⁵ Vor allem bei hohen Kraftanforderungen ist eine extreme Handgelenksstellung sehr ungünstig, weil so nicht die maximale Kraft aufgebracht werden kann.²⁴ Daher wurde hier das 75. Perzentil der elektrischen Aktivität berechnet, um eventuelle Kraftspitzen darstellen zu können, allerdings zeigt sich auch hierbei keine statistische Signifikanz. Falls aber, wie oben bereits erwähnt, bei dieser OP nicht häufig extreme Handgelenksstellungen eingenommen werden mussten, wäre hier auch kein Effekt zu erwarten gewesen.

4.2. Ergebnisse der Befragung

Die Befragung der Chirurgen fällt nicht eindeutig zugunsten des einen oder des anderen Instruments aus. Bei der Bewertung des jeweiligen Instruments sind keinerlei Unterschiede festzustellen, während bei der vergleichenden Befragung beider Instrumente Tendenzen in den verschiedenen Kategorien zu erkennen sind: In der Kategorie „Aspekte der

Körperhaltung“ schneidet das LI-Ergo besser ab, in der Kategorie „Präzision“ das LI-Standard.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen der OEMG, bei der kein Vorteil durch eines der beiden Griffstücke erzielt werden konnte. Die bessere Bewertung des LI-Ergo bezüglich der Körperhaltung lässt vermuten, dass die Muskeln weniger beansprucht werden. Ein eventueller Effekt könnte aber durch höhere muskuläre Anforderungen aufgrund des ungewohnten Umgangs mit dem LI-Ergo verdeckt worden sein, was durch die schlechtere Bewertung bezüglich der Präzision unterstrichen wird.

Die Ergebnisse der Befragung decken sich ebenfalls größtenteils mit den Ergebnissen der Laborstudie.^{34,35} Auch hier wurde das LI-Ergo bezüglich der Körperhaltung tendenziell besser bewertet, allerdings sind in der Kategorie „Präzision“ – anders als in der Feldstudie – keine Unterschiede festzustellen. Auch dies weist darauf hin, dass die Chirurgen – im Gegensatz zu den Laien in der Laborstudie – an den Umgang mit dem LI-Standard gewöhnt sind und daher die Arbeit mit diesem als präziser einschätzen.

Eine Erklärung dafür, dass das LI-Ergo in der Kategorie „Präzision“ schlechter abschneidet, könnte sein, dass den Probanden mit diesem Instrument ein Freiheitsgrad mehr zur Verfügung steht als mit dem LI-Standard, was zwar ergonomisch angenehmere Positionen erlaubt, aber höhere Anforderungen an die motorischen Fähigkeiten stellt, was wiederum mit einer erhöhten muskulären Beanspruchung einhergeht.

4.3. Labor- vs. Feldstudie

Viele der Studien, die signifikante Ergebnisse zeigen, wurden im Labor durchgeführt.^{21,22,23,51,52,53,54,55} Die Unterschiede sind im Labor leichter herauszuarbeiten als in Feldstudien, da die Bedingungen standardisiert sind und Störfaktoren weitestgehend ausgeschaltet werden können. So kann z. B. die Tischhöhe immer optimal angepasst werden, was im OP nicht

exakt umsetzbar ist. Auch der Versuchsablauf ist im Labor immer derselbe, während Operationen sich immer voneinander unterscheiden, auch wenn sie routinemäßig und nach einem bestimmten Schema durchgeführt werden.

Allerdings decken sich die Ergebnisse dieser Feldstudie und die der vorausgegangenen Laborstudie: Auch bei optimalen und standardisierten Bedingungen konnte kein eindeutiger Vorteil durch das LI-Ergo dargestellt werden. Jedoch ist in der Laborstudie eine Tendenz zur Reduktion der muskulären Beanspruchung durch das LI-Ergo bei einer Halteaufgabe in einer bestimmten Position zu erkennen.³² Diese wäre vielleicht bei einer längeren Aufgabendauer signifikant gewesen. Jedenfalls lässt dieses Ergebnis vermuten, dass das LI-Ergo einen Effekt auf die Muskelaktivität hat, der aber vielleicht nur unter anderen Bedingungen aufgedeckt werden kann.

4.4. Gewöhnung

Die jahrelange Gewöhnung an das LI-Standard könnte einen Einfluss sowohl auf die Muskelaktivität als auch auf die Befragung gehabt haben.

In einer Studie von Uchal et al., in der zwei Griffstücke unter anderem durch die Muskelaktivität der Unterarmmuskulatur miteinander verglichen wurden, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die meisten Probanden waren an ein Griffstück gewöhnt und es wird hier vermutet, dass dadurch die Vorteile des anderen Griffstücks verdeckt werden könnten.⁵⁶ Dies könnte in unserer Studie ebenso der Fall sein.

Eventuell war die Übungsphase mit mindestens fünf Operationen zu kurz, um den Umgang mit dem LI-Ergo genauso gut zu beherrschen wie den mit dem LI-Standard. In Studien konnte gezeigt werden, dass die Muskelaktivität steigt, wenn die Anforderung an motorische Fähigkeiten höher wird.^{57,58} Deshalb ist es vorstellbar, dass eine potentielle Abnahme der Muskelaktivität beim LI-Ergo durch eine erhöhte Muskelaktivität infolge

von höheren motorischen Anforderungen – weil der Umgang mit diesem Instrument noch nicht sicher beherrscht wird – verschleiert wird, wenn die Übungsphase zuvor zu kurz war. In der Laborstudie konnte bei ungeübten Laien bezüglich der Präzision sowohl subjektiv als auch objektiv kein Unterschied zwischen dem LI-Ergo und dem LI-Standard festgestellt werden.^{31,32} Die Chirurgen in der Feldstudie hingegen schätzen die Präzision mit dem LI-Ergo geringer ein. Dies spricht ebenfalls dafür, dass die Chirurgen schon zu lange an das LI-Standard gewöhnt waren und die Übungsphase nicht ausreichend war, um mit dem drehbaren Griffstück die gleiche Routine zu erlangen. Dass die Operationsdauer sich jedoch nicht zwischen dem LI-Ergo und dem LI-Standard unterschied, lässt vermuten, dass die Präzision objektiv betrachtet nicht beeinflusst wurde.

Die Gewöhnung könnte auch einen Einfluss auf die Befragung gehabt haben, da die Chirurgen die Instrumente eventuell nicht ganz objektiv beurteilen konnten und dem neuen LI-Ergo eher kritisch gegenüberstanden. Dass in der Bewertung der Instrumente die Fragen zur Präzision eher zugunsten des LI-Standard beantwortet wurden, könnte also daran liegen, dass die Chirurgen an den Umgang mit diesem Instrument gewöhnt waren. Es wäre durchaus denkbar, dass sie die Arbeit mit dem LI-Ergo genau so präzise eingeschätzt hätten, wenn sie mit diesem Instrument ebenso viel Erfahrung gehabt hätten. Diese Vermutung wird durch eine Studie von Santos-Carreras et al. gestützt, in der demonstriert wurde, dass die Chirurgen das Griffstück bevorzugen, mit dem sie vertraut sind.¹⁰

4.5. Auswahl der suprazervikalen Hysterektomie als geeignete Operation zur Datenerhebung

Im Feldversuch sind keine standardisierten Bedingungen zu erreichen, daher wurde im Vorfeld eine Laborstudie durchgeführt. Obwohl der Ablauf der Operation nicht immer identisch ist und die Operationsbedingungen sich unterscheiden, da z. B. jeder Patient individuell bezüglich Körpergröße, Körpergewicht und Situs ist, ist die suprazervikale Hysterektomie gut für

diese Studie geeignet, da sie routinemäßig durchgeführt wird und der Ablauf immer einem gewissen Schema folgt. Auch die Dauer der OPs ist gut miteinander vergleichbar. Dass die Rahmenbedingungen treffend gewählt wurden, wird dadurch unterstrichen, dass die Ergebnisse von Labor- und Feldstudie sich im Wesentlichen decken.

Die Instrumente wurden während den Operationen durchschnittlich 28 bis 30 Minuten genutzt (Median LI-Ergo = 29,7 Minuten, Median LI-Standard 28,1 Minuten). Der analysierte Zeitraum war eventuell nicht lang genug, um eine umfassende Aussage über Ermüdung und Beanspruchung der verschiedenen Muskeln treffen zu können. Bei Esposito et al. werden die muskuloskelettalen Beschwerden in 66,6 % der Fälle erst nach länger andauernden Operationen bedeutsam,² was darauf hinweist, dass es einen Unterschied machen könnte, wenn über einen längeren Zeitraum gemessen würde. Es wird jedoch nicht definiert, wie lange genau diese Operationen andauern. In einer anderen Studie konnten signifikante Unterschiede in der muskulären Aktivität bei einer Messdauer von $44 \pm 10,2$ Minuten ermittelt werden.⁵² Eventuell wäre eine nachfolgende Studie sinnvoll, in der das LI-Ergo in länger andauernden Operationen oder während eines gesamten Arbeitstages genutzt wird.

4.6. Methodische Aspekte der OEMG und Limitationen der OEMG im Feld

Die Elektroden sind auf der Haut fixiert, die Haut ändert aber nicht ihre Länge analog zu den Muskelfasern während einer Kontraktion.⁴⁹ Die Muskeln ändern also eventuell während der Kontraktion ihre Lage in Relation zu den Elektroden. Gerade bei den kleineren Muskeln des Unterarms könnte dies eine Rolle spielen. Da die Normalisierung isometrisch, die Arbeit während der Operation aber dynamisch war, könnte der Effekt dadurch umso größer sein.

Auch Cross-talk könnte die Messung beeinflusst haben, da gerade am Unterarm die Muskeln klein sind und verschiedene Muskeln nahe aneinander liegen.

Andere Störungen können größtenteils ausgeschlossen werden. Durch die bipolare Ableitung elektrischer Aktivität blieb das Signal von externen Störungen weitgehend unbeeinflusst. Sowohl Störungen durch gelöste Elektroden als auch durch das EKG wurden aus den Rohdaten herausgefiltert.

In vielen anderen Studien, die dieser ähnlich sind, wird die MVC als Referenzwert genommen.^{21,23,52,51,53,54,55} Deshalb wäre es interessant gewesen, die MVC in dieser Studie ebenfalls zu bestimmen, um die Ergebnisse mit denen anderer Studien besser vergleichen zu können. Allerdings ist, wie zuvor beschrieben, die RVC besser geeignet, um intra- und interindividuelle Unterschiede auszugleichen. Zudem ist sie im Feldversuch leichter zu bestimmen als die MVC.^{47,48}

4.7. Methodische Aspekte zum verwendeten Fragebogen

Bei der Erstellung eines Fragebogens sollten laut Adler et al.⁵⁹ einige Grundlagen beachtet werden. Unter anderem wird gefordert:

„Der Umfang der gestellten Fragen sollte nicht zu groß sein, da mit zunehmender Zeit die Konzentration und die Motivation der Benutzer nachlässt. Dies kann sich negativ auf die Ergebnisqualität auswirken.

Die Fragen sollten immer so präzise und einfach wie möglich formuliert werden.

Es sollte immer nur ein Kriterium in einer Frage behandelt werden.

Die Wortwahl sollte immer auf die zu befragenden Benutzer und deren Vorwissen abgestimmt sein. Die Formulierung ist so zu wählen, dass die

Frage neutral gestellt wird, um die Befragten bei der Beantwortung nicht zu beeinflussen.“

Diese Anforderungen wurden bei den Fragebögen zur Bewertung der Instrumente erfüllt.

Zur Bewertung der Instrumente wurden zwei verschiedene Befragungen durchgeführt: Eine Befragung zur Bewertung des jeweiligen Instruments direkt im Anschluss an eine OP (monadischer Test) und eine vergleichende Befragung der beiden Instrumente (paralleler nicht-monadischer Test). Es stellt sich die Frage, welche der beiden Befragungsarten geeigneter ist, um die Einschätzung der Chirurgen gut widerzuspiegeln.

Laut Berekoven et al. zeigt der Vergleichstest (nicht-monadischer Test) die Unterschiede zwischen den Produkten deutlicher auf als der monadische Test. Allerdings bestehe die Gefahr, dass die Unterschiede zwischen den beiden Produkten überbetont werden.⁵⁰ Dies wird durch die vergleichende Befragung beider Instrumente gut widergespiegelt, da hier eindeutige Vorteile des LI-Ergo bezüglich der Körperhaltung herausgestellt werden konnten und bezüglich der Präzision eine Tendenz zugunsten des LI-Standard festzustellen ist. Bei der Bewertung der einzelnen Instrumente zeigten sich jedoch keine Unterschiede.

Laut Porst ist es besser, wenn die zu vergleichenden Objekte einzeln bewertet werden, da dadurch die Gefahr der Manipulation der Befragten durch den direkten Vergleich nicht gegeben ist.⁶⁰ Außerdem sei, so Berekoven et al., der monadische Test realitätsnäher und daher valider, weil ja üblicherweise auch nur ein Produkt verwendet werde.⁵⁰ In der Bewertung des jeweiligen Instruments sind im Gegensatz zur vergleichenden Befragung keine Unterschiede festzustellen, was darauf hindeutet, dass die Unterschiede durch den nicht-monadischen Test zu stark herausgehoben werden.

Berekoven et al. empfehlen die Vorteile beider Testarten zu nutzen, um möglichst umfassende Informationen zu erhalten.⁶¹ Dies wurde in dieser Studie dadurch umgesetzt, dass beide Testarten nacheinander durchgeführt wurden. So konnte gezeigt werden, dass bei der Arbeit mit dem LI-Ergo und dem LI-Standard zwar Unterschiede bezüglich Arbeitspräzision und Körperhaltung zwischen den beiden Instrumenten bestehen, diese aber so gering sind, dass sie bei der Bewertung eines einzelnen Instruments nicht ins Gewicht fallen.

Zuletzt sollten sich die Chirurgen für ein Instrument entscheiden: Es wurden nur 17 von 20 möglichen Stimmen abgegeben. Neunmal wurde das LI-Ergo bevorzugt, acht Stimmen bevorzugten das LI-Standard. Nun stellt sich die Frage, wie mit den fehlenden Werten umgegangen werden sollte. Bei Nichtbeachtung der fehlenden Werte wäre das Verhältnis relativ ausgeglichen, sodass keine Bevorzugung eines der beiden Instrumente festzustellen wäre. Wenn man aber davon ausginge, dass die Probanden an beiden Tagen dasselbe Instrument bevorzugten, ergäben sich 14 Stimmen für das LI-Ergo und acht für das LI-Standard. Somit würde die Mehrheit der Chirurgen eher zur Verwendung des LI-Ergo tendieren. Dies würde sich auch eher mit dem Ergebnis der Laborstudie decken, in der 17 Probanden das LI-Standard bevorzugten, 34 hingegen das LI-Ergo.³¹ Um dieses Problem gar nicht erst entstehen zu lassen, hätten die Untersucher genauer darauf achten müssen, dass dieser Teil des Fragebogens jedes Mal bearbeitet wird.

4.8. Studienpopulation und Fallzahl

Ein Einschlusskriterium der Studie war eine ausreichende Erfahrung im Umgang mit laparoskopischen Instrumenten. Die Erfahrung in der Laparoskopie liegt im Median bei 10 Jahren (Spanne 2–14 Jahre), dieses Kriterium konnte demnach von allen Probanden erfüllt werden.

Im Probandenfragebogen (Nordischer Fragebogen) wurden aktuelle und zurückliegende muskuloskelettale Beschwerden abgefragt. Aktuell wurden keine Beschwerden angegeben, was verglichen mit der Literatur untypisch für laparoskopische tätige Chirurgen ist. Wenn man die letzten 12 Monate betrachtet, werden jedoch Beschwerden in Nacken, Schulter und Rücken berichtet, was die Datenlage gut widerspiegelt.^{3,4,7,9,10}

Sechs von elf Probanden betreiben regelmäßig Sport, der Median liegt bei 1,5 Stunden pro Woche. Damit ist der Anteil an Probanden, die Sport treiben und denen, die sich nicht sportlich betätigen, relativ ausgeglichen. Es wird vorwiegend Ausdauersport betrieben, sodass nicht von einem Einfluss auf die Nacken-, Schulter- oder Armmuskulatur ausgegangen werden muss. Außerdem wäre ein Effekt durch Sport zu vernachlässigen, da jeder Proband an jedem Messtag sowohl eine Operation mit dem LI-Ergo als auch eine mit dem LI-Standard durchgeführt hat. Dadurch, dass mit den Differenzen aus beiden Operationen gearbeitet wurde, würde dieser mögliche Effekt sich somit „neutralisieren“.

Die Fallzahl ist mit elf Probanden relativ gering. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die Anzahl an Chirurgen, die für diese Studie infrage kommen, begrenzt ist. Es konnten nicht mehr als elf Chirurgen, die die Ein- und Ausschlusskriterien der Studie erfüllen, an der Universitäts-Frauenklinik Tübingen rekrutiert werden.

Um die Fallzahl zu erhöhen, führte jeder Proband mit beiden Instrumenten jeweils zwei Operationen durch. Da zwei der elf Chirurgen krankheitsbedingt nur zwei der vier vorgesehenen Operationen absolvieren konnten, wurden insgesamt 40 Operationen betrachtet.

Die Fallzahlen in vergleichbaren Studien sind ähnlich gering. In einer Studie von Emam et al. wurden zehn Chirurgen untersucht²², in zwei Studien von Berguer et al. jeweils neun Chirurgen^{23,55}.

4.9. Andere Faktoren

Es gibt in der minimalinvasiven Chirurgie mehr als nur einen spezifischen Grund für körperliche Beschwerden.³ So können neben dem Instrumentendesign die Tischhöhe, die Monitorposition, die Fußschalter und andere Faktoren eine Rolle spielen.¹⁵ Auch die Trokarposition kann einen Einfluss auf die Belastung der Muskulatur haben.⁵² Psychosoziale Faktoren und mentaler Stress sowie fehlende Pausen behindern ebenfalls die Entspannung der Muskulatur und nehmen somit ebenso Einfluss.⁶² Andere Studien zeigen, dass Chirurgen bereits wegen der Haltung, die sie aufgrund des Monitors einnehmen müssen, Nackenschmerzen beklagen.¹² Die Position des Monitors könnte also einen größeren Einfluss auf die Körperhaltung haben als der Griff des Instruments. Auch van Veelen et al. weisen darauf hin, dass es wichtig ist, alle Faktoren zu berücksichtigen, die die Haltung des Chirurgen beeinflussen, und nicht ein einzelnes Problem zu fokussieren. Beispielsweise würde nur ein neues Design eines Instruments nicht das Problem der extremen Handgelenksstellungen lösen, wenn die Höhe des Tisches nicht ergonomisch angepasst sei.²⁸ Dies bestätigt auch die zu diesem Forschungsprojekt gehörende Laborstudie, in der gezeigt wurde, dass eine optimale Tischhöhe einen größeren Einfluss auf die Muskelaktivität und somit auf die Entlastung der Muskulatur hat als die Verwendung des LI-Ergo.³¹

4.10. Weiterführende Studien

Es wären noch andere Studien denkbar gewesen, um genauere Aussagen treffen zu können.

Eine Studie, in der Chirurgen am Pelvi-Trainer unter denselben standardisierten Bedingungen arbeiten wie die Laien in der Laborstudie könnte einem besseren direkten Vergleich dienen.

Die objektive Messung der Handgelenksstellung mit einem Goniometer, wie sie in der Laborstudie zur Anwendung kam, war aus Hygienevorschriften in

der Feldstudie im Operationssaal nicht möglich. Sie unterstrich die subjektive Bewertung der Laien, da bei Verwendung des LI-Ergo die neutrale Handgelenksstellung häufiger war. Es wäre also interessant gewesen, ob die Handgelenksstellung der Chirurgen der der Laien ähnlich gewesen ist. Die subjektiven Befragungsergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass auch bei den Chirurgen die Handgelenksstellung durch das drehbare Griffstück optimiert wurde.

Eine Studie, in der die Chirurgen vor Beginn der Datenerhebung für mindestens ein halbes Jahr regelmäßig mit dem LI-Ergo gearbeitet haben, wäre geeignet, um den Gewöhnungseffekt zu minimieren.

4.11. Ausblick

Chirurgen zeigen bei der Single-Incision Laparoscopic Surgery (SILS) noch stärkere muskuloskelettale Beschwerden als bei der konventionellen Laparoskopie mit drei Zugängen zum Operationsgebiet.^{2,63} Da dieses Gebiet der Laparoskopie immer weiter verbreitet und entwickelt wird, ist es umso wichtiger, die ergonomischen Bedingungen zu verbessern.

Auch für die Patienten wäre eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen enorm wichtig, da mit der Arbeitsbelastung auch die Wahrscheinlichkeit für Fehler steigt.²⁷ Außerdem konnte gezeigt werden, dass mit einem Griffstück, das zu einer geringeren Belastung der Muskulatur führt, kürzere Bearbeitungszeiten und eine bessere Qualität der Arbeit erzielt werden konnten.²²

5. Zusammenfassung

Hintergrund:

Laparoskopische Eingriffe bieten viele Vorteile für den Patienten, bergen aber Nachteile für den Chirurgen, indem muskuloskelettale Beschwerden wie Ermüdung, Taubheitsgefühle oder Schmerzen vor allem im Nacken und in den oberen Extremitäten verursacht werden können. Vor allem eine statische und durch die Arbeitsmittel bedingte ergonomisch gesehen ungünstige Arbeitshaltung wird mit diesen Beschwerden in Verbindung gebracht. Das laparoskopische Instrument wird als ein möglicher Einflussfaktor gesehen und in einigen Studien wurde bereits ein ergonomisch günstigeres Design für die Instrumente gefordert. In dieser Studie wurde daher untersucht, ob ein laparoskopisches Instrument mit einem um 360° frei drehbaren Griffstück („ERGO-Griff“, LI Ergo) die Belastung sowohl subjektiv als auch objektiv im Vergleich mit dem festen Standardgriffstück (LI Standard) reduzieren kann.

Methoden:

Elf chirurgisch tätige Gynäkologen führten laparoskopische Routineeingriffe durch. Es wurden insgesamt 40 Operationen (20 mit dem LI Ergo, 20 mit dem LI Standard) untersucht. Dabei wurden kontinuierlich die Muskelaktivitäten des linken und rechten M. trapezius, des M. deltoideus dexter, M. biceps brachii dexter und der Extensoren und Flexoren des rechten Unterarms mittels Oberflächen-Elektromyografie (OEMG) erfasst. Außerdem erfolgte eine das jeweilige Instrument bewertende (5-stufige Likertskala) und eine die Instrumente vergleichende (7-stufige Likertskala) Befragung. Gefragt wurde nach Arbeitspräzision, Handhabung und Ergonomie. Zuletzt sollten die Chirurgen sich entscheiden, welches der beiden Instrumente sie bevorzugen.

Ergebnisse:

Es konnte keine Reduktion der Muskelaktivität durch den Gebrauch des LI Ergo gegenüber dem LI Standard nachgewiesen werden. Bei der isolierten Bewertung der einzeln betrachteten Instrumente zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden laparoskopischen Instrumenten. Bei der vergleichenden Befragung wurden die Fragen bezüglich Präzision eher zugunsten des LI Standard beantwortet, wohingegen die Chirurgen bei den Fragen, bei denen es um die Körperhaltung geht, deutlich zugunsten des LI Ergo entschieden. Bei der Entscheidung, welches der beiden Instrumente die Chirurgen bevorzugen würden, kam es zu einem ausgeglichenen Ergebnis mit keinem Favoriten.

Diskussion:

In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich bei den untersuchten Muskeln keine Reduktion der Muskelaktivität bei der Verwendung des LI Ergo. In einer vorausgegangenen, zu diesem Forschungsprojekt gehörenden Laborstudie konnte gezeigt werden, dass das LI Ergo für die Handgelenksstellung einen Vorteil bietet. Mögliche positive Effekte des LI Ergo auf die Muskelaktivität könnten sich entsprechend in einer Studie zeigen, in der die laparoskopischen Instrumente über einen längeren Zeitraum eingesetzt werden. Im Hinblick auf die Präferenz der Chirurgen für das LI Standard könnte die jahrelange Gewöhnung der Chirurgen von Bedeutung sein.

6. Literaturverzeichnis

- ¹ Hochuli E: Perioperative Gynäkologie: Prävention und Therapie perioperativer Komplikationen, 1993; S. 213 f. ISBN 978-3-642-95694-2.
- ² Esposito C et al. Work-related upper limb musculoskeletal disorders in paediatric laparoscopic surgery. A multicenter survey. *J Pediatr Surg.* 2013 Aug;48(8):1750-6. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.01.054.
- ³ Wauben LS, van Veelen MA, Gossot D, Goossens RH. Application of ergonomic guidelines during minimally invasive surgery: a questionnaire survey of 284 surgeons. *Surg Endosc.* 2006 Aug;20(8):1268-74. Epub 2006 Jul 20.
- ⁴ Van Veelen MA, Nederlof EA, Goossens RH, Schot CJ, Jakimowicz JJ. Ergonomic problems encountered by the medical team related to products used for minimally invasive surgery. *Surg Endosc.* 2003 Jul;17(7):1077-81. Epub 2003 May 6.
- ⁵ Berguer R. Surgical technology and the ergonomics of laparoscopic instruments. *Surg Endosc.* 1998 May;12(5):458-62.
- ⁶ Berguer R, Forkey DL, Smith WD. Ergonomic problems associated with laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 1999 May;13(5):466-8.
- ⁷ Gofrit ON, Mikahail AA, Zorn KC, Zagaja GP, Steinberg GD, Shalhav AL. Urology. Surgeons' perceptions and injuries during and after urologic laparoscopic surgery. 2008 Mar;71(3):404-7. doi: 10.1016/j.urology.2007.07.077.
- ⁸ Hemal AK, Srinivas M, Charles AR. Ergonomic problems associated with laparoscopy. *J Endourol.* 2001 Jun;15(5):499-503.
- ⁹ Pfeffer S, Hofmann A, Maier T, Rothmund R, Sievert KD, Seibt R, Rieger MA, Steinhilber B (2013): Ergonomics of Selected Laparoscopic Procedures – Need for Action? *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 58 S1 1.
- ¹⁰ Santos-Carreras L, Hagen M, Gassert R, Bleuler H. Survey on surgical instrument handle design: ergonomics and acceptance. *Surg Innov.* 2012 Mar;19(1):50-9. doi: 10.1177/1553350611413611. Epub 2011 Aug 25.
- ¹¹ Van Veelen MA, Meijer DW. Ergonomics and design of laparoscopic instruments: results of a survey among laparoscopic surgeons. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 1999 Dec;9(6):481-9.
- ¹² Park A, Lee G, Seagull FJ, Meenaghan N, Dexter D. Patients benefit while surgeons suffer: an impending epidemic. *J Am Coll Surg.* 2010 Mar;210(3):306-13. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2009.10.017. Epub 2009 Dec 24.
- ¹³ Szeto GP, Ho P, Ting AC, Poon JT, Cheng SW, Tsang RC. Work-related musculoskeletal symptoms in surgeons. *J Occup Rehabil.* 2009 Jun;19(2):175-84.
- ¹⁴ Patkin M, Isabel L. Ergonomics, engineering and surgery of endosurgical dissection. *J R Coll Surg Edinb.* 1995 Apr;40(2):120-32.
- ¹⁵ Matern U, Rückauer KD, Farthmann EH. Die Arbeitshaltung des laparoskopisch tätigen Chirurgen: Ideal und Wirklichkeit. *Zentralbl Chir* 125 (2000) 698-701.

-
- 16 Berguer R, Remler M, Beckley D. Laparoscopic instruments cause increased forearm fatigue: A subjective and objective comparison of open and laparoscopic techniques. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies* Volume 6, Issue 1, 1997.
 - 17 Berguer R, Chen J, Smith WD. A comparison of the physical effort required for laparoscopic and open surgical techniques. *Arch Surg.* 2003 Sep;138(9):967-70.
 - 18 Berguer R, Rab GT, Abu-Ghaida H, Alarcon A, Chung J. A comparison of surgeons' posture during laparoscopic and open surgical procedures. *Surg Endosc.* 1997 Feb;11(2):139-42.
 - 19 Nguyen NT, Ho HS, Smith WD, Philipps C, Lewis C, De Vera RM, Berguer R. An ergonomic evaluation of surgeons' axial skeletal and upper extremity movements during laparoscopic and open surgery. *Am J Surg.* 2001 Dec;182(6):720-4.
 - 20 Lawson EH, Curet MJ, Sanchez BR, Schuster R, Berguer R. Postural ergonomics during robotic and laparoscopic gastric bypass surgery: a pilot project. *J Robot Surg.* 2007;1(1):61-67. Epub 2007 Feb 10.
 - 21 Quick NE, Gillette JC, Shapiro R, Adrales GL, Gerlach D, Park AE. The effect of using laparoscopic instruments on muscle activation patterns during minimally invasive surgical training procedures. *Surg Endosc.* 2003 Mar;17(3):462-5. Epub 2002 Oct 29.
 - 22 Emam TA, Frank TG, Hanna GB, Cuschieri A. Influence of handle design on the surgeon's upper limb movements, muscle recruitment, and fatigue during endoscopic suturing. *Surg Endosc.* 2001 Jul;15(7):667-72. Epub 2001 May 11.
 - 23 Berguer R, Gerber S, Kilpatrick G, Beckley D. An ergonomic comparison of in-line vs pistol-grip handle configuration in a laparoscopic grasper. *Surg Endosc.* 1998 Jun;12(6):805-8.
 - 24 Johnson SL. Ergonomic hand tool design. *Hand Clin.* 1993 May;9(2):299-311.
 - 25 Hanna GB, Shimi S, Cuschieri A. Optimal port locations for endoscopic intracorporeal knotting. *Surg Endosc.* 1997 Apr;11(4):397-401.
 - 26 Matern U, Waller P. Instruments for minimally invasive surgery: principles of ergonomic handles. *Surg Endosc.* 1999 Feb;13(2):174-82.
 - 27 Yurko YY, Scerbo MW, Prabhu AS, Acker CE, Stefanidis D. Higher mental workload is associated with poorer laparoscopic performance as measured by the NASA-TLX tool. *Simul Healthc.* 2010 Oct;5(5):267-71. doi: 10.1097/SIH.0b013e3181e3f329.
 - 28 Van Veelen, Jakimowicz, Kazemier. Improved physical ergonomics of laparoscopic surgery. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2004 Jun;13(3):161-6.
 - 29 Van Veelen, Meijer DW, Goossens RH, Snijders CJ. New ergonomic design criteria for handles of laparoscopic dissection forceps. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2001 Feb;11(1):17-26.
 - 30 Prospekt der Firma Erbe Elektromedizin GmbH „Sichere Versiegelung von Gefäßen“
<https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0>

-
- ahUKEwjU8tGEp_3OAhXkBsAKHYbDCGEQFggcMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.erbe-med.com%2Fdownload.php%3Fpath%3D%2Ferbe%2Fmedia%2FMarketingmaterialien%2F85100-085_ERBE_DE_Gefaessversiegelung__D079702.pdf&usg=AFQjCNG1u7-_xi8cbvm1oMXpslAGZ1DVKw&bvm=bv.131783435,d.bGg [25.09.2016].
- ³¹ Steinhilber B, Seibt R, Reiff F, Rieger MA, Kraemer B, Rothmund R. Effect of a laparoscopic instrument with rotatable handle piece on biomechanical stress during laparoscopic procedures. *Surg Endosc.* 2015 Apr 1.
- ³² Steinhilber B, Reiff F, Seibt R, Rieger MA, Kraemer B, Rothmund R. Ergonomic benefits from a laparoscopic instrument with rotatable handle piece: importance of operation field area and working height. *PREMUS2016 Toronto, book of abstracts, Preventing work-related musculoskeletal disorders in a global economy, 2016.* S. 182. ISBN: 978-0-9699726-7-9.
- ³³ Reiff F, Stoffels AK, Seibt R, Rothmund R, Rieger MA, Steinhilber B. Einfluss eines laparoskopischen Instruments mit drehbarem Griffstück auf die Trapeziusaktivität bei definierten statischen Halteaufgaben – erste Ergebnisse. *Dokumentation der 54. Jahrestagung der DGAUM 2014.* ISBN 978-3-9811784-9-4.
- ³⁴ Stoffels A-K, Reiff F, Seibt R, Rothmund R, Rieger MA, Steinhilber B. Einfluss eines drehbaren Griffstücks auf die Handhabung des laparoskopischen Instruments und die Trapeziusaktivität bei simulierten minimalinvasiven Tätigkeiten – erste Ergebnisse. *Dokumentation über die 54. Jahrestagung, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., 02. bis 04. April 2014, Dresden.* Hrsg. Seidler A. Dresden 2014: 500-503.
- ³⁵ Steinhilber B, Reiff F, Stoffels A-K, Seibt R, Rothmund R, Rieger MA. Einfluss eines laparoskopischen Instruments mit drehbarem Griffstück auf subjektive und objektive Beanspruchungsgrößen. *60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft, 12.-14. März 2014, München.* Hrsg. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund, GfA-Press 2014: 475-477.
- ³⁶ http://www.rueckenkompass.de/download_files/doc/Fragen-Nordischer.pdf [26.09.2016].
- ³⁷ Uhl B. *OP-Manual der Gynäkologie und Geburtshilfe: Alles für den OP und die Station, 2. Auflage, 2013.* ISBN: 9783131308320.
- ³⁸ Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM) und Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA): *Oberflächen-Elektromyographie in der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie und Arbeitswissenschaft.* AWMF-Register Nr. 002/016 Klasse: S2k; 2013.
- ³⁹ Göbel M (2004). *Electromyography.* N. Stanton et al. (Eds.) *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods.* 2004; 19-1 to 19-8. Taylor & Francis Ltd., London.
- ⁴⁰ Fridlund AJ, Cacioppo JT. Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology.* 1986 Sep;23(5):567-89.

-
- ⁴¹ Seibt R, Bradl I. Oberflächen-elektromyographische Echtzeit-Analysen – technische Anforderungen und praktische Realisierung am Beispiel des Gerätes ‚PS11-EMG‘.
http://www.thumedi.de/THUMEDI_KG/Download/Grundlagen_der_Oberflaechen_Elektromyografie_Messung.pdf [23.01.2017].
- ⁴² Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther.* 2000 May;80(5):485-98.
- ⁴³ De Luca CJ. *Surface electromyography: Detection and recording.* 2002; DelSys Incorporated 10, 2011.
- ⁴⁴ Burden A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010 Dec;20(6):1023-35.
doi: 10.1016/j.jelekin.2010.07.004. Epub 2010 Aug 10.
- ⁴⁵ Yang JF, Winter DA. Electromyography reliability in maximal and submaximal isometric contractions. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983 Sep;64(9):417-20.
- ⁴⁶ Balogh I, Hansson GA, Ohlsson K, Strömberg U, Skerfving S. Interindividual variation of physical load in a work task. *Scand J Work Environ Health.* 1999 Feb;25(1):57-66.
- ⁴⁷ Steinhilber B, Rieger MA. Arbeitsmedizinisch ausgerichtete Normalisierungsverfahren der Oberflächen-Elektromyographie – Ergebnisse einer standardisierten Literaturübersicht. *Zbl Arbetismed* 63 (2013) 254-259.
- ⁴⁸ Steinhilber B, Ullbrich F, Seibt R, Rieger MA. Normalisierung der Oberflächen-Elektromyographie: Aspekte der Reproduzierbarkeit und Bedeutung für die Ergebnisinterpretation. *Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed* 19 (2) 2014.
- ⁴⁹ De Luca C. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 1997, 13, 135-163.
- ⁵⁰ Berekoven L, Eckert W, Ellenrieder P. *Marktforschung*, 2009. S. 153 f. ISBN 978-3-8349-1548-1.
- ⁵¹ Büchel D, Mårvik R, Hallabrin B, Matern U. Ergonomics of disposable handles for minimally invasive surgery. *Surg Endosc.* 2010 May;24(5):992-1004. doi: 10.1007/s00464-009-0714-x. Epub 2009 Oct 29.
- ⁵² Manukyan GA, Waseda M, Inaki N, Torres Bermudez JR, Gacek IA, Rudinski A, Buess GF. Ergonomics with the use of curved versus straight laparoscopic graspers during rectosigmoid resection: results of a multiprofile comparative study. *Surg Endosc.* 2007 Jul;21(7):1079-89. Epub 2007 May 5.
- ⁵³ Matern U, Giebmeier C, Bergmann R, Waller P, Faist M. Ergonomic aspects of four different types of laparoscopic instrument handles with respect to elbow angle. An electromyogram-based study. *Surg Endosc.* 2002 Nov;16(11):1528-32. Epub 2002 Jun 27.
- ⁵⁴ Matern U, Kuttler G, Giebmeier C, Waller P, Faist M. Ergonomic aspects of five different types of laparoscopic instrument handles under dynamic conditions with respect to specific laparoscopic tasks: an electromyographic-based study. *Surg Endosc.* 2004 Aug;18(8):1231-41. Epub 2004 Jun 23.
- ⁵⁵ Berguer R, Gerber S, Kilpatrick G, Remler M, Beckley D. A comparison of forearm and thumb muscle electromyographic responses to the use of

-
- laparoscopic instruments with either a finger grasp or a palm grasp. *Ergonomics*. 1999 Dec;42(12):1634-45.
- ⁵⁶ Uchal M, Brogger J, Rukas R, Karlsen B, Bergamaschi R. In-line versus pistol-grip handles in a laparoscopic simulator. A randomized controlled crossover trial. *Surg Endosc*. 2002 Dec;16(12):1771-3. Epub 2002 Jul 29.
- ⁵⁷ Laursen B, Jensen BR, Sjøgaard G. Effect of speed and precision demands on human shoulder muscle electromyography during a repetitive task. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998 Nov;78(6):544-8.
- ⁵⁸ Laursen B, Jensen BR, Ratkevicius A. Performance and muscle activity during computer mouse tasks in young and elderly adults. *Eur J Appl Physiol*. 2001 Apr;84(4):329-36.
- ⁵⁹ Adler M, Herrmann H, Koldehoff M, Meuser V, Scheuer S, Müller-Arnecke H, Windel A, Bleyer T. *Ergonomiekompandium – Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2010. S. 54 f. ISBN 978-3-88261-118-2.
- ⁶⁰ Porst R. *Fragebogen*. Ein Arbeitsbuch, 2014. S. 125. ISBN 978-3-658-02117-7.
- ⁶¹ Berekoven L, Eckert W, Ellenrieder P. *Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, 2009. S. 378. ISBN 978-3-8349-1548-1.
- ⁶² Engelmann C, Schneider M, Kirschbaum C, Grote G, Dingemann J, Schoof S, Ure BM. Effects of intraoperative breaks on mental and somatic operator fatigue: a randomized clinical trial. *Surg Endosc*. 2011 Apr;25(4):1245-50. doi: 10.1007/s00464-010-1350-1. Epub 2010 Sep 11.
- ⁶³ Esposito C, El Ghoneimi A, Yamataka A, Rothenberg S, Bailez M, Ferro M, Gamba P, Castagnetti M, Mattioli G, Delagausie P, Antoniou D, Montupet P, Marte A, Saxena A, Bertozzi M, Philippe P, Varlet F, Lardy H, Caldamone A, Settini A, Pelizzo G, Becmeur F, Escolino M, De Pascale T, Najmaldin A, Schier F. Work-related upper limb musculoskeletal disorders in paediatric laparoscopic surgery. A multicenter survey. *J Pediatr Surg*. 2013 Aug;48(8):1750-6. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.01.054.

7. Anhang

7.1. Probandenfragebogen Messtag 1

Probandenkennung

CRF Ein- und Ausschlusskriterien

Studienabschnitt	Datum	Check	Anmerkungen
Ein- und Ausschlusskriterien		<input type="checkbox"/>	
Untersucher	Florian Reiff <input type="checkbox"/>	Anne-Katrin Stoffels <input type="checkbox"/>	
Studieneinschluss	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	

Bemerkung:

1. Ein- und Ausschlusskriterien

Allgemein		
	Ja	nein
Deutschsprachig		
Einverständniserklärung unterschrieben		
Ausschluss		
	<input type="checkbox"/>	

Orientierende Untersuchung		
	ja	nein
Nackengriff möglich		
Schürzengriff möglich		
Beugung der Arme/Hände/Finger problemlos		
Bewegung des Handgelenks problemlos		
HWS-Rotation frei beweglich?		
Ausschluss:		

2. Medikation

Vollständige regelmäßige Medikation	
1. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
2. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
3. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
4. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen

Probandenkennung

CRF Probandenfragebogen

Unterarm-Länge	_____ (cm)				
Ellenbogen-Boden- Abstand (mit Schuhen)	_____ (cm)				
Augen-Boden-Abstand (mit Schuhen)	_____ (cm)				
Einstellungen	Tisch- Höhe	Tisch- Neigung (längs)	Tisch- Neigung (Seitli- che)	Höhe Haupt- monitor Neigung	Höhe Sekun- därmoni- tor Neigung
Randomisierung	TAG 1 - OP 1				
	<input type="checkbox"/> offener Drehgriff <input type="checkbox"/> geschlossener Griff				

Probandenkennung

Erklärung der Instrumente und Aufgaben

1. Randomisieren des Instruments mit Münze nur für den ersten Messtag /der Rest ergibt sich)
2. Handy weglegen
3. Erklären des Messablaufs:
 - a. Bekleben
 - b. Normalisieren mit Gewichten
 - c. OP1
 - i. Synchronisieren der Kameras und EMG: Operateur macht 3 Kreise im Bauchraum mit dem Instrument, Gleichzeitig Karte „Null“ ins Kamerabildhalten + Marker drücken
 - ii. Operateur gibt Bescheid, wenn die Operationsphase mit den ERBE Instrumenten beendet sind
 - iii. Dann wird Operateur zu möglichen Missempfindungen befragt
 - d. Normalisieren nach OP1
 - e. Befragung zum verwendeten Instrument der rechten Hand
 - f. OP2
 - i. Siehe OP1
 - g. Normalisieren nach OP2
 - h. Befragung zum verwendeten Instrument
 - i. Befragung zu beiden Instrumenten im Vergleich
 - j. Befragung zu den beiden OPs

Anbringen der Elektroden

1. Der Proband soll den CRF „Einschätzung zu den beiden Instrumenten“ während dem Bekleben lesen und bei Verständnisproblemen nachfragen.
2. Erklären wann der Fragebogen zum Einsatz kommt.
3. Überprüfung der Elektroden mittels EMG und Blatt mit Farb-/Kanalvorgaben
4. PS11 Uhr nach Computer Uhr stellen!

Probandenkennung

START-Normalisierung

Neutralstellung

→ Schulterbreiter Stand, Arme hängen lassen, Blick geradeaus, Entspannen

		Bemerkung
1	ohne Gewicht (30 s)	

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

		Bemerkung
2	ohne Gewicht (30 s)	
3	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
4	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
5	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
6	2 kg (60 s)	

OP1

Griff	fest <input type="checkbox"/>	drehbar <input type="checkbox"/>
Dauer	_____ min	
Besonderheiten	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	

**Alle 10 Minuten Karten zum Synchronisieren hochhalten und Marker setzen.
Mit Karte „0“ bei kreisender Bewegung des Operateurs beginnen.**



Probandenkennung

CRF Missempfindungen direkt nach OP 1

Haben Sie Missempfindungen* in	Nein	Ja	Welche?	Wie stark?										Bemerkung		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Nacken																
Schulter																
Oberarm																
Ellenbogen																
Unterarm																
Handgelenk																
Hand																
Finger (welcher?)																
Oberer Rücken (BWS)																
Unterer Rücken (LWS)																
Andere: _____																

Kommentar:

*Missempfindungen: z.B. Brennen, Ziehen, Verspannung, Ermüdung, Schmerz, Kribbeln, Taubheit, Druck, ...



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

CRF Einschätzungen zur OP1

Wie sehr stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der rechten Hand

	stimme überhaupt nicht zu	stimme weniger zu	teils/ teils	stimme im Großen und Ganzen zu	stimme voll und ganz zu
Das Instrument ist einfach zu bedienen.					
Das Instrument ist handlich.					
Das Instrument ist für die gestellte Aufgabe geeignet.					
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Instrument mehrere Operationen hintereinander durchzuführen.					
Die Arbeitshaltung (Körperhaltung) war angenehm.					
Ich habe mich bei der Nutzung sehr sicher gefühlt.					
Ich hätte während der Arbeit gerne die Standposition geändert.					
Ich habe die Handstellung als unangenehm empfunden.					
Ich hätte das Instrument gerne zur Seite gelegt und meine Hand/meinen Arm gelockert.					
Die gestellte Aufgabe konnte ich mit dem Instrument auf einfache Weise durchführen.					

Ich konnte mit dem Instrument präzise (zielgenau) arbeiten.	
	unpräzise präzise



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Zwischen-Normalisierung

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

		Bemerkung
2	ohne Gewicht (30 s)	
3	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
4	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
5	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
6	2 kg (60 s)	



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

OP2

Griff	fest <input type="checkbox"/>	drehbar <input type="checkbox"/>
Dauer	_____ min	
Besonderheiten	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	

Alle 10 Minuten Karten zum Synchronisieren hochhalten und Marker setzen.
Mit Karte „0“ bei kreisender Bewegung des Operateurs beginnen.



Probandenkennung

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

CRF Missempfindungen direkt nach OP 2

Haben Sie Missempfindungen* in	Welche?		Wie stark?										Bemerkung		
	Nein	Ja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Nacken															
Schulter															
Oberarm															
Ellenbogen															
Unterarm															
Handgelenk															
Hand															
Finger (welcher?)															
Oberer Rücken (BWS)															
Unterer Rücken (LWS)															
Andere: _____															

Kommentar: _____

*Missempfindungen: z.B. Brennen, Ziehen, Verspannung, Ermüdung, Schmerz, Kribbeln, Taubheit, Druck, ...

--	--	--	--	--	--

Wie sehr stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der **rechten Hand**

	stimme überhaupt nicht zu	stimme weniger zu	teils/ teils	stimme im Großen und Ganzen zu	stimme voll und ganz zu
Das Instrument ist einfach zu bedienen.					
Das Instrument ist handlich.					
Das Instrument ist für die gestellte Aufgabe geeignet.					
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Instrument mehrere Operationen hintereinander durchzuführen.					
Die Arbeitshaltung (Körperhaltung) war angenehm.					
Ich habe mich bei der Nutzung sehr sicher gefühlt.					
Ich hätte während der Arbeit gerne die Standposition geändert.					
Ich habe die Handstellung als unangenehm empfunden.					
Ich hätte das Instrument gerne zur Seite gelegt und meine Hand/meinen Arm gelockert.					
Die gestellte Aufgabe konnte ich mit dem Instrument auf einfache Weise durchführen.					

Ich konnte mit dem Instrument präzise (zielgenau) arbeiten.	_____
	unpräzise präzise



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

END-Normalisierung

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

		Bemerkung
2	ohne Gewicht (30 s)	
3	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
4	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
5	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
6	2 kg (60 s)	



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Wie bewerten Sie abschließend die beiden Instrumente im Vergleich?
Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der rechten Hand.

Bitte bewerten Sie ...	Drehgriff	kein Unterschied			fester Griff	
... welches Instrument einfacher zu bedienen war.	<input type="radio"/>					
... mit welchem Instrument Sie präziser (zielgenauer) arbeiten konnten	<input type="radio"/>					
... welches Instrument handlicher war.	<input type="radio"/>					
... welches Instrument für die gestellte Aufgabe geeigneter war.	<input type="radio"/>					
... bei welchem Instrument die Handstellung angenehmer war.	<input type="radio"/>					

Mir ist positiv aufgefallen:

Drehbarer Griff	Fester Griff

Mir ist negativ aufgefallen:

Drehbarer Griff	Fester Griff

Ich würde folgendes Instrument bevorzugen:

mit festem Griff | mit Drehgriff



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Waren die beiden OPs vom Schwierigkeitsgrad her miteinander vergleichbar?

ja | nein

Wenn nein, bitte erläutern:

Waren die die Einstellungen des Operationstisches (Tischhöhe, -neigung) bei beiden OPs miteinander vergleichbar?

ja | nein

Wenn nein, bitte erläutern:

7.2. Probandenfragebogen Messtag 2

Probandenkennung

CRF Probandenfragebogen – Tag 2

Studienabschnitt	Datum	Check	Anmerkungen
Ein- und Ausschlusskriterien		<input type="checkbox"/>	
Untersucher	Florian Reiff <input type="checkbox"/>	Anne-Katrin Stoffels <input type="checkbox"/>	
Studieneinschluss	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	

Bemerkung:

Randomisierung	TAG 2 - OP 3
	<input type="checkbox"/> offener Drehgriff <input type="checkbox"/> geschlossener Griff

Probandenkennung

Erklärung der Instrumente und Aufgaben

1. Randomisieren des Instruments mit Münze nur für den ersten Messtag /der Rest ergibt sich)
2. Handy weglegen
3. Erklären des Messablaufs:
 - a. Bekleben
 - b. Normalisieren mit Gewichten
 - c. OP1
 - i. Synchronisieren der Kameras und EMG: Operateur macht 3 Kreise im Bauchraum mit dem Instrument, Gleichzeitig Karte „Null“ ins Kamerabildhalten + Marker drücken
 - ii. Operateur gibt Bescheid, wenn die Operationsphase mit den ERBE Instrumenten beendet sind
 - iii. Dann wird Operateur zu möglichen Missempfindungen befragt
 - d. Normalisieren nach OP1
 - e. Befragung zum verwendeten Instrument der rechten Hand
 - f. OP2
 - i. Siehe OP1
 - g. Normalisieren nach OP2
 - h. Befragung zum verwendeten Instrument
 - i. Befragung zu beiden Instrumenten im Vergleich
 - j. Befragung zu den beiden OPs

Anbringen der Elektroden

1. Der Proband soll den CRF „Einschätzung zu den beiden Instrumenten“ während dem Bekleben lesen und bei Verständnisproblemen nachfragen.
2. Erklären wann der Fragebogen zum Einsatz kommt.
3. Überprüfung der Elektroden mittels EMG und Blatt mit Farb-/Kanalvorgaben
4. PS11 Uhr nach Computer Uhr stellen!

Probandenkennung

START-Normalisierung

Neutralstellung

→ Schulterbreiter Stand, Arme hängen lassen, Blick geradeaus, Entspannen

1		Bemerkung
	ohne Gewicht (30 s)	

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

2 3		Bemerkung
	ohne Gewicht (30 s)	
	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

4		Bemerkung
	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

5		Bemerkung
	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

6		Bemerkung
	2 kg (60 s)	

OP3

Griff	fest <input type="checkbox"/>	drehbar <input type="checkbox"/>
Dauer	_____ min	
Besonderheiten	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

**Alle 10 Minuten Karten zum Synchronisieren hochhalten und Marker setzen.
Mit Karte „0“ bei kreisender Bewegung des Operateurs beginnen.**



Probandenkennung

CRF Missempfindungen direkt nach OP 3

Haben Sie Missempfindungen* in	Nein	Ja	Welche?	Wie stark?										Bemerkung		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Nacken																
Schulter																
Oberarm																
Ellenbogen																
Unterarm																
Handgelenk																
Hand																
Finger (welcher?)																
Oberer Rücken (BWS)																
Unterer Rücken (LWS)																
Andere: _____																

Kommentar:

*Missempfindungen: z.B. Brennen, Ziehen, Verspannung, Ermüdung, Schmerz, Kribbeln, Taubheit, Druck, ...



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

CRF Einschätzungen zur OP3

Wie sehr stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der rechten Hand

	stimme überhaupt nicht zu	stimme weniger zu	teils/ teils	stimme im Großen und Ganzen zu	stimme voll und ganz zu
Das Instrument ist einfach zu bedienen.					
Das Instrument ist handlich.					
Das Instrument ist für die gestellte Aufgabe geeignet.					
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Instrument mehrere Operationen hintereinander durchzuführen.					
Die Arbeitshaltung (Körperhaltung) war angenehm.					
Ich habe mich bei der Nutzung sehr sicher gefühlt.					
Ich hätte während der Arbeit gerne die Standposition geändert.					
Ich habe die Handstellung als unangenehm empfunden.					
Ich hätte das Instrument gerne zur Seite gelegt und meine Hand/meinen Arm gelockert.					
Die gestellte Aufgabe konnte ich mit dem Instrument auf einfache Weise durchführen.					

Ich konnte mit dem Instrument präzise (zielgenau) arbeiten.	
---	--



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Zwischen-Normalisierung

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

		Bemerkung
2	ohne Gewicht (30 s)	
3	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
4	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
5	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
6	2 kg (60 s)	



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

OP4

Griff	fest <input type="checkbox"/>	drehbar <input type="checkbox"/>
Dauer	_____ min	
Besonderheiten	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	

Alle 10 Minuten Karten zum Synchronisieren hochhalten und Marker setzen.
Mit Karte „0“ bei kreisender Bewegung des Operateurs beginnen.



Probandenkennung

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

CRF Missempfindungen direkt nach OP 4

Haben Sie Missempfindungen* in	Welche?		Wie stark?										Bemerkung		
	Nein	Ja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Nacken															
Schulter															
Oberarm															
Ellenbogen															
Unterarm															
Handgelenk															
Hand															
Finger (welcher?)															
Oberer Rücken (BWS)															
Unterer Rücken (LWS)															
Andere: _____															

Kommentar: _____

*Missempfindungen: z.B. Brennen, Ziehen, Verspannung, Ermüdung, Schmerz, Kribbeln, Taubheit, Druck, ...



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Wie sehr stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?
 Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der **rechten Hand**

	stimme überhaupt nicht zu	stimme weniger zu	teils/ teils	stimme im Großen und Ganzen zu	stimme voll und ganz zu
Das Instrument ist einfach zu bedienen.					
Das Instrument ist handlich.					
Das Instrument ist für die gestellte Aufgabe geeignet.					
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Instrument mehrere Operationen hintereinander durchzuführen.					
Die Arbeitshaltung (Körperhaltung) war angenehm.					
Ich habe mich bei der Nutzung sehr sicher gefühlt.					
Ich hätte während der Arbeit gerne die Standposition geändert.					
Ich habe die Handstellung als unangenehm empfunden.					
Ich hätte das Instrument gerne zur Seite gelegt und meine Hand/meinen Arm gelockert.					
Die gestellte Aufgabe konnte ich mit dem Instrument auf einfache Weise durchführen.					

Ich konnte mit dem Instrument präzise (zielgenau) arbeiten.	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> unpräzise präzise </div>



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

END-Normalisierung

Trapezius/Deltoideus

→ abduzieren 90° im Schultergelenk (Handfläche nach unten, in Skapulaebene)

		Bemerkung
2	ohne Gewicht (30 s)	
3	mit Gewicht 2Kg (60 s)	

Biceps

→ Handfläche zeigt nach innen; Hantel steht senkrecht; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
4	2 kg (60 s)	

Unterarm Flexoren

→ Handfläche zeigt nach oben; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
5	2 kg (60 s)	

Unterarm Extensoren

→ Handfläche zeigt nach unten; Ellenbogen 90°

		Bemerkung
6	2 kg (60 s)	



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Wie bewerten Sie abschließend die beiden Instrumente im Vergleich?
Die Aussagen beziehen sich **nur** auf das Instrument in der rechten Hand.

Bitte bewerten Sie ...	Drehgriff	kein Unterschied			fester Griff	
... welches Instrument einfacher zu bedienen war.	<input type="radio"/>					
... mit welchem Instrument Sie präziser (zielgenauer) arbeiten konnten	<input type="radio"/>					
... welches Instrument handlicher war.	<input type="radio"/>					
... welches Instrument für die gestellte Aufgabe geeigneter war.	<input type="radio"/>					
... bei welchem Instrument die Handstellung angenehmer war.	<input type="radio"/>					

Mir ist positiv aufgefallen:

Drehbarer Griff	Fester Griff

Mir ist negativ aufgefallen:

Drehbarer Griff	Fester Griff

Ich würde folgendes Instrument bevorzugen:

mit festem Griff | mit Drehgriff



Probandenkennung

--	--	--	--	--	--

Waren die beiden OPs vom Schwierigkeitsgrad her miteinander vergleichbar?

ja | nein

Wenn nein, bitte erläutern:

Waren die die Einstellungen des Operationstisches (Tischhöhe, -neigung) bei beiden OPs miteinander vergleichbar?

ja | nein

Wenn nein, bitte erläutern:

7.3. Nordischer Fragebogen

Fragebogen über Beschwerden am Bewegungsapparat (Nordischer Fragebogen)

Untersuchungsdatum		
Tag	Monat	Jahr

Identnummer (ID)
(Bitte vom untersuchenden Arzt erfragen)

Tätigkeitscode
(wird nachgefragt, bitte nicht ausfüllen)
(01 - 99)

Hinweis zum Ausfüllen des Frageboogens:

Bitte lesen Sie die Fragen aufmerksam durch und beantworten Sie jede Frage nach Ihrer Einschätzung durch Einsetzen der Daten oder durch Ankreuzen der entsprechenden Antwortfelder. In Zweifelsfällen überlegen Sie bitte erneut und geben dann die am meisten zutreffende Antwort.

1. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an!

1 weiblich 2 männlich

2. Welche Nationalität haben Sie?

0 Deutsch 1 andere

.....

4. Wie alt sind Sie?

Lebensalt Jahre

5. Wie wird Ihre jetzige Tätigkeit bezeichnet?

.....

5. Wie lange haben Sie diese Tätigkeit bei Ihrem derzeitigen Arbeitgeber ausgeübt?

ca. Jahre Monate

6. Wie lange haben Sie diese Tätigkeit insgesamt, also auch bei anderen Arbeitgebern ausgeübt?

ca. Jahre Monate

7. Wieviele Stunden arbeiten Sie im Durchschnitt in der Woche (Regelarbeitszeit + Überstunden)?

..... Stunden

8. Welche anderen Tätigkeiten haben Sie in Ihrem Leben bisher ausgeübt (Lehre, Studium, Wehrdienst, Berufstätigkeiten usw.)? Wie lange dauerten diese? Falls der vorgesehene Platz in der Tabelle nicht ausreicht, verwenden Sie bitte die Rückseite dieses Bogens.

Zeitraum von - bis	Bezeichnung der Tätigkeit

Ihre Bemerkungen:

Fragebogen zu Beschwerden am Stütz- und Bewegungsapparat

1. Gab es bisher einen Arbeitsplatzwechsel aus gesundheitlichen Gründen ?

◦ Nein ◦ Ja

2. Wieviel wiegen Sie ?

Ihr Körpergewicht: ca. kg

3. Wie groß sind Sie?

Ihre Körpergröße : ca. cm:

4. Sind Sie Rechts- oder Linkshänder?

◦ Linkshänder ◦ Rechtshänder

5. Treiben Sie regelmäßig Sport? Wenn ja, welchen?

◦ Nein ◦ Ja

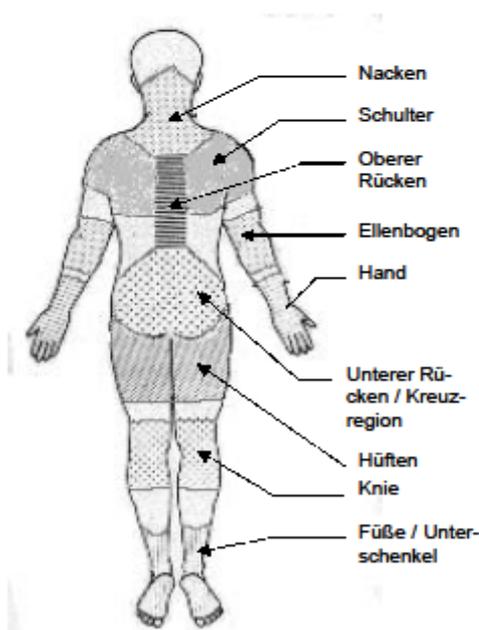
Sportart

.....

ca. Stunden pro Woche

6. Rauchen Sie?

◦ Nein ◦ Ja



In den nächsten Fragen sollen Sie angeben, ob Sie in einem bestimmten Körperbereich schon einmal Schmerzen oder Beschwerden hatten. Die Körperregionen, die auf den nächsten Seiten abgefragt werden, wurden in der links abgebildeten kleinen Figur eingezeichnet.

Die Grenzen zwischen den Körperregionen können auch ineinander übergehen. Sie entscheiden bitte selbst, welche Körperbereiche betroffen sind.

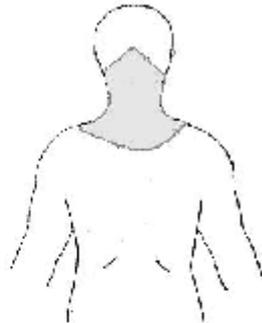
Unter Schmerzen sind sowohl punktförmige und eng begrenzte Schmerzen bis hin zu nicht genau lokalisierbaren und nicht genau beschreibbaren Schmerzempfindungen in den angegebenen Körperregionen zu verstehen.

Bitte berücksichtigen Sie auch Schmerzen, wenn Sie in einen anderen Körperbereich (z.B. ein Ischias-Schmerz) ausstrahlen! In Zweifelsfällen versuchen Sie bitte die am meisten zutreffende Antwort zu geben!

Allgemeine Angaben zu Beschwerden im Muskel-Skelett-System

Hatten Sie während der letzten 12 Monate zu irgend einer Zeit Beschwerden oder Schmerzen in folgenden Körperregionen?	Diese beiden Spalten sind nur zu beantworten, wenn die Fragen in der 1. Spalte (links) mit „Ja“ beantwortet wurden.	
	Waren sie wegen der Beschwerden in den letzten 12 Monaten irgendwann nicht in der Lage, ihre normale Arbeit zu tun (beruflich, zu Hause oder Freizeitbeschäftigungen)?	Hatten Sie während der letzten 7 Tage irgendwann Beschwerden?
1. Nackenregion <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
2. Schulterregion <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
3. Ellenbogenregion <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
4. Handgelenke / Hände <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
5. Oberer Rücken / Brustwirbelsäule <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
6. Unterer Rücken (Kreuz) <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
7. Ein oder beide Hüften / Oberschenkel <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
8. Ein oder beide Knie <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
9. Ein oder beide Knöchel / Füße <input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja

**Fragen zu Beschwerden in der Nackenregion /
Halswirbelsäule**



Unter **Nackenbeschwerden** werden Stechen, Schmerzen und Mißempfindungen in dem schraffierten Gebiet zusammengefaßt.

Bitte konzentrieren Sie sich ausschließlich auf diesen Bereich, berücksichtigen Sie nicht Beschwerden, die in benachbarten Körperteilen auftreten. Solche Beschwerden, z.B. im Schultergebiet, werden gesondert erfragt.

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - **ein** Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden im Nacken bzw. im Bereich der Halswirbelsäule (schraffierter Bereich)?

- Nein
Falls Sie keine Beschwerden hatten, fahren Sie bitte mit der Beantwortung auf der folgenden Seite bei Frage 1 fort.

1 Ja **weiter**

2. Waren Sie jemals wegen dieser Nackenbeschwerden im Krankenhaus?

- Nein 1 Ja

3. Wurden Sie im Bereich des Nackens während eines Unfalles verletzt?

- Nein 1 Ja

4. Mußten Sie aufgrund von Nackenbeschwerden irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

- Nein 1 Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten insgesamt Nackenbeschwerden verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte.

Beschwerden im Nacken hatte ich in den letzten 12 Monaten...

- niemals (bzw. 0 Tage).
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tagen, jedoch nicht täglich.
 4 jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr keine Nackenschmerzen hatten, fahren Sie bitte bei Frage 1 auf der nächsten Seite fort.

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Nackenschmerzen hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen!

6. Haben die Nackenbeschwerden Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

- Nein 1 Ja

B. Freizeitaktivitäten

- Nein 1 Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Nackenbeschwerden Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

- So stark waren die Beschwerden nicht.
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tagen.

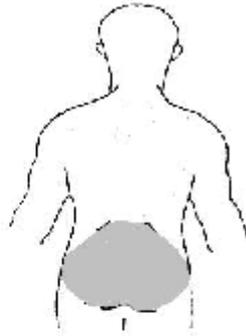
8. Haben Sie wegen Ihrer Nackenbeschwerden einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

- Nein 1 Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Beschwerden in der Nackenregion?

- Nein 1 Ja

**Fragen zu Beschwerden im unteren Rücken
(Kreuz / Lendenwirbelsäule)**



Die folgenden Fragen beziehen sich auf den schraffierten Körperteil. Bei Beschwerden im Kreuz sind z.B. gemeint: lokaler punktförmiger Schmerzen, nicht genau lokalisierbare Schmerzen oder nicht genau zu beschreibende Schmerzempfindungen in dem schraffierten Gebiet, unabhängig davon, ob der Schmerz in ein Bein oder beide Beine ausstrahlt (Ischias).

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - ein Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden im Kreuz bzw. im Bereich der Lendenwirbelsäule (schraffierter Bereich)?

- Nein
Falls Sie keine Beschwerden hatten, fahren Sie bitte auf der folgenden Seite bei Frage 1 fort.

◦ Ja **weiter** 

2. Waren Sie jemals wegen Ihrer Rückenbeschwerden im Krankenhaus?

- Nein ◦ Ja

3. Wurden Sie im Bereich der Lendenwirbelsäule während eines Unfalles verletzt?

- Nein ◦ Ja

4. Mußten Sie aufgrund von Rückenbeschwerden irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

- Nein ◦ Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten insgesamt Rückenbeschwerden verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte!

Beschwerden im Rücken hatte ich in den letzten 12 Monaten...

- niemals (bzw. 0 Tage).
 ◦ 1 an 1-7 Tagen.
 ◦ 2 an 8-30 Tagen.
 ◦ 3 an mehr als 30 Tage, jedoch nicht täglich.
 ◦ 4 jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr keine Rückenbeschwerden hatten, fahren Sie bitte bei Frage 1 auf der nächsten Seite fort. 

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Rückenbeschwerden hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen! **weiter** 

6. Haben die Rückenbeschwerden Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

- Nein ◦ Ja

B. Freizeitaktivitäten

- Nein ◦ Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Rückenbeschwerden Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

- So stark waren die Beschwerden nicht.
 ◦ 1 an 1-7 Tagen.
 ◦ 2 an 8-30 Tagen.
 ◦ 3 an mehr als 30 Tagen.

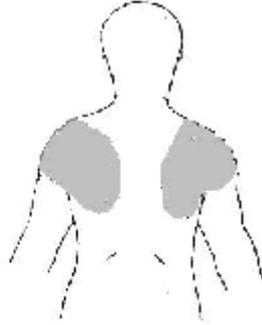
8. Haben Sie wegen Ihrer Rückenbeschwerden einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

- Nein ◦ Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Rückenbeschwerden?

- Nein ◦ Ja

Fragen zu Beschwerden in den Schultern



Unter **Schulterbeschwerden** werden Stechen, Schmerzen und Mißempfindungen in dem oben gekennzeichneten Bereich zusammengefaßt.

Bitte konzentrieren Sie sich hier ausschließlich auf diesen Bereich, berücksichtigen Sie nicht Beschwerden, die in benachbarten Bereichen (z.B. Nacken) auftreten.

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - ein Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden in den Schultern (schraffierter Bereich) ?

0 Nein
Falls Sie keine Beschwerden hatten, entfällt die Beantwortung der folgenden Fragen.

1 Ja, links 2 Ja, rechts 3 Ja, beidseitig



2. Waren Sie jemals wegen Ihrer Schulterbeschwerden im Krankenhaus?

0 Nein 1 Ja

3. Wurden Sie im Bereich der Schultern während eines Unfalles verletzt?

0 Nein 1 Ja, links
 2 Ja, rechts
 3 Ja, beidseitig

4. Mußten Sie aufgrund von Schulterbeschwerden irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

0 Nein 1 Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten Schulterbeschwerden verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte!

Beschwerden in den Schultern hatte ich in den letzten 12 Monaten...

0 niemals (bzw. 0 Tage).
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tage, jedoch nicht täglich.
 4 jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr keine Schulterbeschwerden hatten, entfällt die Beantwortung der folgenden Fragen.

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Schulterbeschwerden hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen!



6. Haben die Schulterbeschwerden Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

0 Nein 1 Ja

B. Freizeitaktivitäten

0 Nein 1 Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Schulterbeschwerden Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

0 So stark waren die Beschwerden nicht.
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tagen.

8. Haben Sie wegen Ihrer Schulterbeschwerden einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

0 Nein 1 Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Schulterbeschwerden?

0 Nein 1 Ja

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

8. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde am Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung der Eberhard Karls Universität zu Tübingen unter Betreuung von Frau Prof. Dr. med. Monika A. Rieger, Ärztliche Direktorin des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung, durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. med. Monika A. Rieger, Ärztliche Direktorin, Dr. Benjamin Steinhilber, Leitung des Forschungsschwerpunkts Arbeitsbedingte Belastungen – Arbeitsgestaltung, Robert Seibt und Prof. Dr. med. Ralf Rothmund, Universitäts-Frauenklinik Tübingen. Die Studie wurde gefördert durch die Firma Erbe Elektromedizin GmbH (Tübingen). Erbe Elektromedizin GmbH war weder bei der Entwicklung des Studiendesigns noch bei der Dateninterpretation beteiligt.

Sämtliche Versuche wurden (nach Einarbeitung durch Labormitglieder [Dr. Benjamin Steinhilber, Robert Seibt]) von mir (in Zusammenarbeit mit Florian Reiff, Florian Ullbrich, Inga Hemsen) durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte (nach Anleitung durch Dr. Benjamin Steinhilber) durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig (nach Anleitung durch Dr. Benjamin Steinhilber) verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den _____

(Anne-Katrin Stoffels)