

Ein Arm-Stütz-System für laparoskopisch tätige Chirurgen: Evaluation auf vorklinischer Ebene

Benjamin STEINHILBER¹, Robert SEIBT¹, Anja KUSTERMANN¹,
Monika A. RIEGER¹, Kristian KARLOVIC², Thomas MAIER²,
Michael HEIDINGSFELD³, Oliver SAWODNY³, Meike ADAM⁴,
Sascha HOFFMANN⁵, Ralf ROTHMUND⁵

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung
Universitätsklinikum Tübingen*

Wilhelmstraße 27, D-72074 Tübingen

² *Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

³ *Institut für Systemdynamik, Universität Stuttgart
Waldburgstr. 17/19, D-70511 Stuttgart*

⁴ *Klinik für Urologie, Universitätsklinikum Tübingen
Hoppe-Seyler-Straße 3, D-72076 Tübingen*

⁵ *Universitätsfrauenklinik, Universitätsklinikum Tübingen
Clawerstraße 7, D-72076 Tübingen*

Kurzfassung: Ein Arm-Stütz-System (ASsyst) zur Reduktion biomechanischer Belastungen von laparoskopisch tätigen Chirurgen wurde auf vorklinischer Ebene evaluiert. Nach Eingewöhnung an das ASsyst führten 12 laparoskopieerfahrene Chirurgen aus Gynäkologie und Urologie simulierte laparoskopische Aufgaben mit und ohne ASsyst (randomisiert beginnend) durch. Die Muskelbeanspruchung (M. trapezius, M. erector spinae) wurde oberflächenelektromyographisch gemessen. Zudem wurden Fehlerhäufigkeit und Arbeitsgeschwindigkeit bei den laparoskopischen Aufgaben erfasst und es erfolgte eine standardisierte Befragung zu Arbeitspräzision und Ergonomie. Der Einsatz des ASsysts ergab eine verringerte Geschwindigkeit bei unveränderter Fehlerhäufigkeit. Bei einer der laparoskopischen Aufgaben trat eine Reduktion der Muskelaktivität im rechten M. trapezius und im linken M. erector spinae auf. Dies wurde durch die Befragungsergebnisse bestätigt. In weiteren Untersuchungen sollte die praktische Bedeutung einer verlängerten Operationsdauer für die Implementierung eines ASsysts in ein klinisches Setting betrachtet werden. Ferner ist zu prüfen, inwieweit die Reduktion der Muskelaktivität von der verringerten Arbeitsgeschwindigkeit beeinflusst wird.

Schlüsselwörter: Armstütze, Beanspruchungsreduktion, Laparoskopie, Ergonomie, Schulter-Nackermuskulatur

1. Hintergrund

Laparoskopisch tätige Chirurgen sind spezifischen biomechanischen Belastungen ausgesetzt und unterliegen dadurch einem erhöhten Risiko für Muskelskelettsbeschwerden (Steinhilber et al. 2015). Bei der Laparoskopie werden mittels miniaturisierter Instrumente, die über kleine Körperöffnungen (zwischen 5 und 12 mm

Durchmesser) eingebracht werden und an der Spitze einer bis zu 50 cm langen röhrenförmigen Mechanik angebracht sind, intrakorporal Operationen durchgeführt. Durch den räumlichen Versatz von ca. 40 bis 50 cm können Bewegungen nicht mehr wie gewohnt durchgeführt werden und müssen je nach Entfernung des zu präparierenden Gewebes an wechselnde Hebellängen angepasst werden. Zudem werden Bewegungsabläufe und statische Haltearbeiten dadurch erschwert, dass durch räumliche Einschränkungen am Operationstisch oder wegen der geringen Größe des operativen Zuganges Arbeiten mit gestreckt gehaltenem oder stark angewinkeltem Arm ausgeführt werden müssen. Diese Bedingungen sind gerade bei Eingriffen von mittlerer bis langer Dauer sehr ermüdend, können zu Beschwerden führen und das Risiko für Fehler erhöhen (Quick et al 2003, Esposito et al. 2013, Berguer 1998, Jafri et al. 2013). Flexibel anpassbare und automatisch nachgeführte Auflegesysteme stellen einen technischen Lösungsansatz dar, um notwendige Haltekräfte des Chirurgen zu reduzieren, Bewegungsabläufe zu optimieren und Ermüdung während statischen Haltepositionen zu minimieren. Das in Abbildung 1 dargestellte und von der Universität Stuttgart und den Industriepartnern Trumpf Medizintechnik und Festo AG & Co. KG im Rahmen des Industry on Campus Projekts 103 entwickelte Arm-Stütz-System (ASsyst), wurde bezüglich muskulärer Beanspruchung sowie Arbeitspräzision und -geschwindigkeit bewertet.



Abbildung 1: *Arm-Stütz-System (ASsyst) bei simulierten laparoskopischen Eingriffen*

2. Methode

Für die Evaluationsmessungen wurden insgesamt 12 Chirurgen der Universitätsfrauenklinik und der Klinik für Urologie untersucht. An einem "Übungstag" lernten die laparoskopieerfahrenen Chirurgen den Umgang mit dem ASsyst (Unterstützungsstärke 90% Armgewicht) kennen, um Lerneffekte am Versuchstag zu minimieren. Am Versuchstag wurden laparoskopische Aufgaben mit und ohne ASsyst (randomisiert beginnend) an einem sogenannten Pelvitainer, mit dem

laparoskopische Eingriffe simuliert werden können, ausgeführt. Die Aufgaben waren eine einarmig auszuführende statische Ziel-Halte-Aufgabe sowie eine dynamische Aufgabe mit Einsatz beider Arme. Bei der Ziel-Halte-Aufgabe wurde eine Metallhülse (Durchmesser ca. 4 mm) über einen federgelagerten Stift ohne Berührung eines umgebenden Rings (Durchmesser ca. 20 mm) geführt. Eine Ringberührung wurde als Fehler gewertet (Arbeitspräzision). Bei der dynamischen Aufgabe waren sechs farbige Pins zwischen den Instrumenten zu übergeben und möglichst schnell in farblich korrespondierende Felder abzulegen (Arbeitsgeschwindigkeit). Die Muskelbeanspruchung (M. trapezius, M. erector spinae) wurde mittels bipolarer Oberflächenelektromyographie (OEMG) gemessen. Die Haut über den Muskeln wurde mit abrasiver Paste vorbereitet. Es wurden selbstklebende Silber/Silberchlorid Elektroden (aktiver Durchmesser 15 mm, Elektrodenabstand 25 mm Mitte-Mitte) in Muskelfaserlängsrichtung angebracht. Die Elektrodenpositionierung orientiere sich an internationalen Standards der SENIAM Gruppe (SENIAM). Das OEMG Rohsignal wurde mit 4096 Hz digitalisiert sowie tief und hochpass gefiltert (12 Hz / 4. Ordnung, 1350 Hz / 11. Ordnung). Nach Fast-Fourier-Transformation (1024 FFT-Punkte, Bartlett-Fenster mit 50% Überlappung) wurde die elektrische Aktivität als root mean square aus dem Frequenz-Leistungsspektrum berechnet.

Zudem erfolgte nach Durchführung der laparoskopischen Aufgaben eine standardisierte Befragung zu Arbeitspräzision und Ergonomie, so dass beide Situationen (mit und ohne ASsyst) anhand einer 7-stufigen Likertskala vergleichend bewertet wurden. Zur statistischen Auswertung wurden Boxplots mit Median und Quartilen verwendet sowie der nichtparametrische Wilcoxon Rangsummentest um Unterschiede zwischen der Situation mit und ohne ASsyst zu prüfen (Alphaniveau: 0.05).

3. Ergebnisse

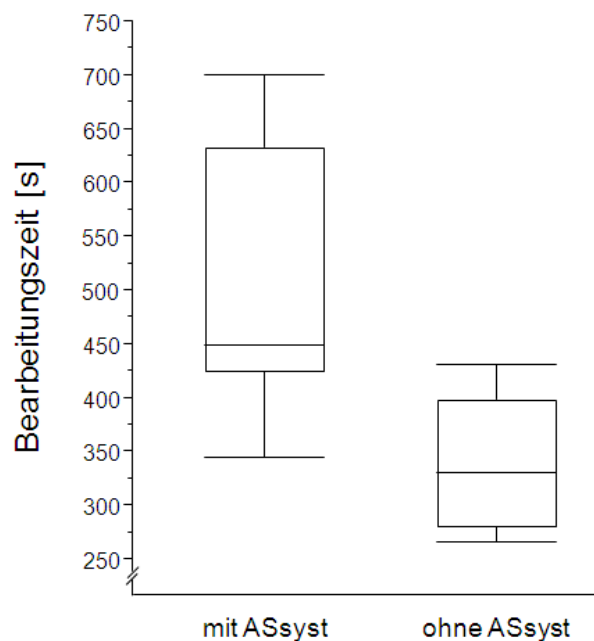


Abbildung 2: Boxplots der Arbeitsgeschwindigkeit (summierte Bearbeitungsdauer für zwei Durchgänge der dynamischen Aufgabe „Pins ablegen“ mit und ohne Verwendung des ASsysts).

In Abbildung 2 ist die Arbeitsgeschwindigkeit anhand der Bearbeitungszeit für die dynamische Aufgabe dargestellt. Der Einsatz des ASsysts ergab dabei eine deutlich geringere Arbeitsgeschwindigkeit (Median über die Probanden mit ASsyst: 444 s, ohne ASsyst: 349 s). Die Arbeitspräzision, die anhand der Fehlerhäufigkeit bei der Ziel-Halte-Aufgabe ermittelt wurde, zeigte kaum Unterschiede zwischen der Situation mit und ohne ASsyst (Median mit ASsyst: 3, ohne ASsyst 3,5).

Bei der dynamischen Aufgabe trat eine Reduktion der Muskelaktivität im rechten und linken M. trapezius (rechts 44% Reduktion, $p = 0.01$; links 50% Reduktion, $p = 0.18$) und im linken M. erector spinae (rechts 0%, $p=0.28$; links 14% Reduktion, $p = 0.02$) auf. Diese Beanspruchungsminderung wurde durch die Befragungsergebnisse bestätigt.

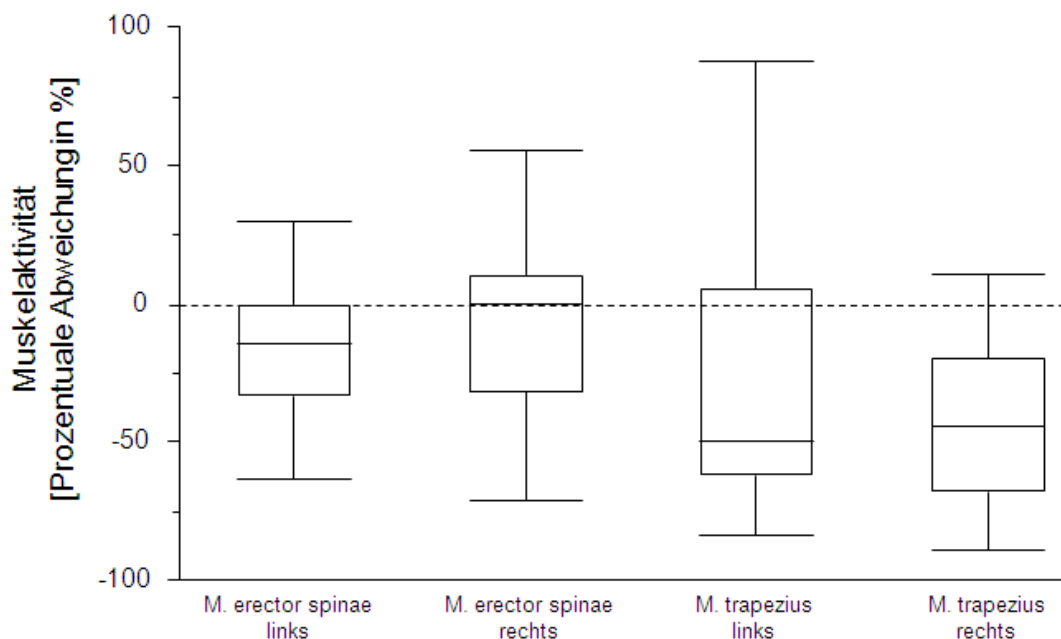


Abbildung 3: Boxplots der Muskelaktivität als relative Abweichung zur nicht-gestützten Situation bei der dynamischen Aufgabe „Pins ablegen“. Negative Werte bedeuten eine Reduktion der Muskelaktivität durch das ASsyst.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass das ASsyst eine deutliche Reduktion der biomechanischen Belastung im Schulternackebereich bewirkt. Auch im unteren Rücken kommt es teilweise zu einer Entlastung. Allerdings geht die Verwendung des aktuell als Labormuster ausgeführten ASsysts mit einer deutlich verringerten Arbeitsgeschwindigkeit einher, die für eine Implementierung und Akzeptanz im klinischen Setting problematisch sein könnte. In weiteren Untersuchungen sollte untersucht werden ob die Arbeitsgeschwindigkeit durch intensive Gewöhnung an das ASsyst weiter erhöht werden kann und welche praktische Bedeutung eine etwaige verlängerte Operationsdauer für die Implementierung eines ASsysts in ein klinisches Setting hat. Ferner ist zu prüfen, inwieweit die Reduktion der Muskelaktivität von der verringerten Arbeitsgeschwindigkeit verursacht wird.

5. Finanzierung

Die Studie ist Teil des “Industry on Campus” Projektes IoC-103 (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden Württemberg, initiiert durch das interuniversitäre Zentrum für medizinische Technologien Stuttgart-Tübingen) “Interaktionsbasierte manipulatorgestützte Assistenz” in Kooperation mit Trumpf Medizin Systeme und Festo AG & Co. KG.

6. Literatur

- Berguer R (1998) Surgical technology and the ergonomics of laparoscopic instruments. *Surg Endosc* 12:458-462.
- 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, Pascale T, Najmaldin A, Schier F (2013) Work-related upper limb musculoskeletal disorders in paediatric laparoscopic surgery. A multicenter survey. *J Pediatr Surg* 48:1750-1756-
- Jafri M, Brown S, Arnold G, Abboud R, Wang W (2013) Energy consumption during simulated minimal access surgery with and without using an armrest. *Surg Endosc* 27: 971-977.
- Quick NE, Gillette JC, Shapiro R, Adrales GL, Gerlach D, Park AE (2003) The effect of using laparoscopic instruments on muscle activation patterns during minimally invasive surgical training procedures. *Surg Endosc* 17:462-465
- SENIAM group. Zugriff am 13.01.2016 unter <http://www.seniam.org/>
- Steinhilber B, Hoffmann S, Karlovic K, Pfeffer S, Maier T, Hallasheh O, Kruck S, Seibt R, Rieger MA, Heidingsfeld M, Feuer R, Sawodny O, Rothmund R, Sievert K-D (2015) Development of an arm support system to improve ergonomics in laparoscopic surgery: study design and provisional results. *Surg Endosc* 29:2851-2858.