

Karl-Friedrich Kowalewski

Dr. med.

Analyse laparoskopischer Fähigkeiten und Bewegungsmuster auf Basis von Expertenmodellen und metrischen Parametern

Fach: Chirurgie

Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Felix Nickel, MME

Die Minimal Invasive Chirurgie hat sich in vielen Bereichen als die Standardversorgung in der modernen Chirurgie des 21. Jahrhunderts etabliert. Kleinere Schnitte, ein geringeres Operationstrauma und ein verkürzter Krankenhausaufenthalt bedingen zahlreiche Vorteile für die Patienten und haben zur breiten Akzeptanz dieser Methode geführt. Die besonderen Gegebenheiten in der Minimal Invasiven Chirurgie, wie indirekte Sicht und eingeschränkte Freiheitsgrade, sind für den Operateur jedoch technisch anspruchsvoller und erfordern ein adäquates und längeres Training. Zu diesem erhöhten Anforderungsspektrum gehört das laparoskopische Knoten und Nähen. Dieses stellt eines der komplexesten Manöver in der Minimal Invasiven Chirurgie dar und ist besonders schwer zu erlernen. Sicheres Knoten ist jedoch bei operativen Eingriffen stets von maßgeblicher Bedeutung für das gesamte Operationsergebnis. Zur Optimierung des Trainings wurden eine Vielzahl von Trainingsmodalitäten, wie bspw. Box-Trainer und Virtual Reality-Trainer entwickelt und im Rahmen multimodaler Trainingscurricula in die chirurgische Ausbildung integriert. Die Wirksamkeit dieser Methoden und die Übertragbarkeit der erlernten Fertigkeiten in den realen Operationssaal wurden in zahlreichen Studien belegt. Daraufhin wurden in den USA und in einigen Ländern Europas verbindliche Vorgaben zur Akkreditierung eingeführt.

In der hier vorgestellten Arbeit wurde einerseits ein schrittweiser Ansatz zum Erlernen der notwendigen psychomotorischen und visuospatialen Fähigkeiten für das laparoskopische Knoten untersucht. Dazu wurde eine randomisiert kontrollierte Studie mit laparoskopischen Novizen im chirurgischen Training durchgeführt. Die Interventionsgruppe trainierte das laparoskopische Nähen und Knoten schrittweise. Zunächst erfolgte das Training der psychomotorischen Fähigkeiten unter direkter Sicht auf das Operationsfeld bis zum Erreichen zuvor definierter Zielkriterien. Erst danach erfolgte der Wechsel an einen Endoskopieturm zum Training der visuospatialen Fähigkeiten. Die Kontrollgruppe dagegen trainierte psychomotorische und visuospatiale Fähigkeiten simultan direkt am Endoskopieturm bis zum Erreichen der Zielkriterien. Als zweiter Schwerpunkt der Arbeit wurde ein Sensor- und Expertenmodell basiertes Trainingssystem entwickelt, evaluiert und validiert. Dadurch ist es möglich, den Lernfortschritt beim laparoskopischen Training anhand metrischer Parameter zu objektivieren, sowie die Fertigkeiten erfahrener Chirurgen mit Hilfe der visualisierten Bewegungskurven weiterzugeben.

Es zeigte sich, dass ein schrittweiser Ansatz zu einer signifikanten Reduktion der Trainingszeit am Endoskopieturm führt und das Training somit effizienter gestaltet wird. Auch für ein vorgegebenes

Zeitlimit von unter zwei bzw. drei Minuten pro Knoten wurden die Zielkriterien signifikant schneller erreicht. Dieser Trainingseffekt zeigt sich also vor allem zu Beginn der Lernkurve. Im Hinblick auf die Gesamttrainingszeit und Anzahl der benötigten Versuche waren beide Ansätze gleichwertig. Der schrittweise Trainingsablauf führt also zur Reduktion der Zeit an kostenintensiven Geräte wie dem Endoskopieturm, wodurch diese Geräte einer größeren Zahl von Trainierenden zugänglich gemacht werden können.

Das im Rahmen dieses Projekts entwickelte Trainingssystem wurde hinsichtlich Machbarkeit, Validität und Reliabilität untersucht. Dabei zeigte sich, dass mithilfe der aufgezeichneten Parameter (Pfadlänge, Anzahl der Bewegungen, Geschwindigkeit, Gelenkwinkel) eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Erfahrungsstufen der Chirurgen möglich ist. Zudem waren die aufgezeichneten Werte durch die automatisierte computer-basierte Berechnung reproduzierbar und somit reliabel, da subjektive Faktoren ausgeblendet werden konnten. Durch das Trainingssystem können die besonderen Schwierigkeiten in der Minimal Invasiven Chirurgie nun genauer untersucht werden. Die Unterteilung des Knotens in Einzelprozesse ermöglichte die genauere Identifizierung schwieriger Schritte. Durch die visuelle Darstellung der Bewegungskurven von chirurgischen Instrumenten und Gelenken mit Hilfe der Sensoren war ein besseres Verständnis für die benötigten Bewegungsabläufe möglich. Nach zukünftigen weiteren Verbesserungen des Systems kann prinzipiell ein Feedback anhand der Erfahrung von Experten generiert werden. Dazu muss das System situationsabhängig erkennen, in welcher Operationsphase sich der Trainierende aktuell befindet. Durch einen Vergleich mit zuvor aufgezeichneten Expertenmodellen kann genau angezeigt werden, welche Bewegung der Experte in dieser spezifischen Situation durchgeführt hat. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Erweiterung des Trainingssystems um weitere Sensoren oder die Schaffung einer Wissensbasis mit automatischer Phasenerkennung nötig.

Für ein optimales Training ist letztendlich ein ganzheitliches Curriculum notwendig, welches die verschiedenen Trainingsansätze (schrittweises Erlernen, Multimodalität) in optimaler Kombination vereint. Es ist denkbar, dass erst durch die Kombination vieler Ansätze signifikante Effekte detektiert werden können, die in einzelnen Studien verwaschen werden. Das vorgestellte Projekt kann die Grundlage für eine feingranulare Evaluation mit bisher nicht berücksichtigten und objektivierbaren Parametern sein. Lernkurven werden verbessert, das Training unabhängiger gestaltet und dennoch um die Komponente Erfahrung erweitert. In weiteren Forschungsarbeiten können neue Technologien, vor allem aus dem Bereich der Virtual und Augmented Reality, einbezogen und genutzt werden.