

Diplomarbeit

**Der Effekt von Musik auf die Leistungsfähigkeit
des/der Chirurgen/in beim Anlegen einer
mikrochirurgischen arteriellen Anastomose**

Eine prospektive randomisierte Studie

eingereicht von

Philipp Kastner

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie Graz

unter der Anleitung von

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. phil. Dr. med. univ. Franz Josef Seibert
Zweitbetreuer: OA. Dr. Stefan Mathias Froschauer,
Kepleruniversitätsklinikum Linz

Graz, am 15.10.2019

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 15.10.2019

Philipp Kastner eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Hauptbetreuer, Dr. Franz Seibert, der einen reibungslosen Ablauf rund um die Arbeit ermöglichte.

Zudem möchte ich mich herzlich bei meinem Zweitbetreuer Dr. Stefan Froschauer, Oberarzt am Kepleruniklinikum Linz, für die tatkräftige Unterstützung bedanken. Er ermöglichte mir die Studie im Mikrochirurgischen Ausbildungszentrum Linz durchzuführen, und stand mir bei jeglichen Fragen und Unklarheiten zur Seite.

Weiters möchte ich dankend das oben genannte Mikrochirurgische Ausbildungszentrum Linz (MAZ) erwähnen, welches mir die Räumlichkeiten, und Utensilien, welche für die Studie benötigt wurden, zur Verfügung stellte.

Großer Dank gebührt Bsc. Matthias Holzbauer, für die Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Studie, sowie der Auswertung der Ergebnisse.

Ich möchte mich hiermit auch bei meiner Freundin Anna für die moralische Unterstützung bedanken.

Vor allem aber bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich in der gesamten Studienzeit sowohl finanziell als auch emotional unterstützt haben.

Zusammenfassung

Hintergrund: Musik wird üblicherweise in Operationssälen weltweit abgespielt. Jedoch gibt es eine laufende, bislang ungeklärte Diskussion darüber, ob es zu Stressreduktion und Entspannung oder zu Ablenkung führt.

Ziel dieser Arbeit war es anhand einer prospektiven randomisierten Studie festzustellen, ob ein möglicher positiver Einfluss von Musik auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in beim Anlegen einer mikrochirurgischen arteriellen Anastomose nachzuweisen ist.

Methodik: Es wurden eine Anfänger/innengruppe (15 Studierende der Humanmedizin) und eine Experten/innengruppe (15 erfahrene Mikrochirurgen/innen) in die Studie eingeschlossen. Nach einfacher Randomisierung wurde jede Gruppe in 2 Kohorten getrennt. Eine „music-playing-first“ und eine „music-playing-second“ Kohorte. Jede/r Teilnehmende nähte eine Anastomose mit, sowie eine Anastomose ohne persönlicher Lieblingsmusik.

Folgende Parameter wurden zwischen den beiden angelegten Anastomosen verglichen:

- Zeit, die für das Anlegen benötigt wurde
- Performance des/der Chirurgen/in anhand der „SmaRT-Scale“
- Qualität der Anastomose evaluiert mittels „ALI-Score“

Zusätzlich wurde untersucht, ob es einen signifikanten Zusammenhang zwischen subjektiver Präferenz (mit oder ohne Musik), und der tatsächlichen Leistungsfähigkeit gibt.

Resultate: Das Hören von Musik hatte weder bei den Studierenden noch bei den Expertinnen und Experten einen signifikanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in hinsichtlich Performance, Qualität der Anastomose und Zeit die zum Anlegen benötigt wurde.

Jedoch gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen subjektiver Präferenz (mit oder ohne Musik) und der Performance der Chirurgen/innen während des Nähens, mit hohen SMaRT-Scale-Scores bei den Experten/innen. ($p= 0,044$)

Schlussfolgerung: Fühlen sich erfahrene Chirurgen/innen durch Musik subjektiv positiv beeinflusst, verbessert diese tatsächlich ihre Leistungsfähigkeit beim Anlegen von mikrochirurgischen arteriellen Anastomosen, hinsichtlich besserer Performance. (SMaRT-Scale)

In der Anfänger/innengruppe zeigte Musik keinerlei Effekt auf die Performance der Chirurgen/innen oder die Qualität der Anastomose.

Abstract

Background: Music is commonly played in operating rooms; however, there is an ongoing discussion regarding whether it leads to stress reduction or distraction. Because microsurgery demands utmost concentration and precise motor control, we conducted the present study to investigate a potentially beneficial impact of music on performing a microsurgical anastomosis.

Methods: We included a novice group (15 inexperienced medical students) and a professional group (15 experienced microsurgeons) in our study. Simple randomization was performed within every group to allocate participants to the music-playing-first or music-playing-second cohort. Each participant performed two end-to-end anastomoses on a chicken thigh model. Participant demographics, their subjective preference for work environment (music/no music), and time to completion were noted. The performance of the participants was assessed on the basis of the Stanford Microsurgery and Resident Training (SMaRT) scale by an independent examiner and the final anastomoses were evaluated according to the anastomosis lapse index.

Results: Listening to music had no significant effect on time to completion, SMaRT scale scores, and anastomosis lapse index scores in both novice and professional cohorts. However, the subjective preference to work while listening to music correlated with high SMaRT scale scores within the professional cohort ($p = 0.044$)

Conclusion: Playing their preferred music in the operating room improves the performance scores of surgeons, but only if they subjectively appreciate working with background music. In case of the microsurgery novices, an anastomosis is a considerably demanding task because of which music had no effect on their performance or final quality of work.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	2
Zusammenfassung	3
Abstract	5
<i>Tabellenverzeichnis</i>	9
1 Einleitung	11
1.1 <i>Musik</i>	11
1.2 <i>Wirkung der Musik auf den Körper</i>	11
1.3 <i>Musik und Konzentration</i>	12
1.4 <i>Musik in Operationssälen</i>	13
1.5 <i>Der Effekt von Musik auf die Effizienz des chirurgischen Wundverschlusses</i>	13
1.6 <i>Definition Mikrochirurgie</i>	15
1.7 <i>Geschichte der Mikrochirurgie</i>	15
1.7.1 <i>Weitere wegweisende Taten</i>	17
2 Relevantes Fachwissen	18
2.1 <i>Arterien</i>	18
2.1.1 <i>Arterien vom muskulären Typ</i>	18
2.2 <i>Gefäßanastomosen</i>	20
2.2.1 <i>End-zu-End-Anastomosen</i>	20
2.2.2 <i>Durchführung der End-zu-End-Anastomose</i>	20
2.2.3 <i>End-zu-Seit-Anastomosen</i>	25
2.3 <i>The Stanford Microsurgery and Resident Training (SMaRT) Scale</i>	26
2.3.1 <i>Ergebnisse der Studie</i>	28
2.3.2 <i>Schlussfolgerung der Studie</i>	30
2.4 <i>Anastomosis Lapse Index (ALI)</i>	31

2.4.1	Hintergrund	31
2.4.2	Methoden	32
2.4.3	Ergebnisse	33
2.4.4	Schlussfolgerung	34
2.5	<i>Mikrochirurgische Instrumente und Nahtmaterialien</i>	35
2.5.1	Mikroskop	35
2.5.2	OP-Lupensysteme	36
2.5.3	Mikropinzetten	37
2.5.4	Mikronadelhalter und -scheren	37
2.5.5	Gefäßklemmen	38
2.5.6	Nahtmaterial	38
2.6	<i>Mikrochirurgische Ausbildung</i>	40
2.7	<i>Lebendtierpräparate in der Mikrochirurgie</i>	42
3	Studie	44
3.1	<i>Einleitung</i>	44
3.2	<i>Fragestellung und Ziel der Diplomarbeit</i>	45
3.2.1	Hauptfragestellung	45
3.2.2	Nebenfragestellung	45
3.3	<i>Methodik</i>	46
3.3.1	Statistische Methoden	48
3.4	<i>Material</i>	49
3.4.1	Ein- und Ausschlusskriterien	49
3.4.2	Untersuchte Parameter	49
3.4.3	Beschreibung des Datensatzes	50
4	Ergebnisse – Resultate	51
4.1	<i>Medizinstudenten/innen</i>	51
4.2	<i>Erfahrene Mikrochirurgen/innen</i>	52

5	Diskussion.....	55
5.1	<i>Fazit</i>	57
6	Literaturverzeichnis.....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Alter, Geschlechterverteilung und subjektive Präferenz der Medizinstudenten/innen....	51
Tabelle 2: Alter, Geschlechterverteilung und subjektive Präferenz der professionellen Mikrochirurgen/innen	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Alexis Carrel, (8).....	16
Abbildung 2: Carl-Olof Nylén (8)	16
Abbildung 3: Aufbau einer Arterie (15).....	19
Abbildung 4: a. Trimmen der Adventitia; b. Einbringen des Gefäßdilators; c. Spülen mittels Heparinlösung (8).....	21
Abbildung 5: verschiedene Ecknahtpositionen (a,b 180°, c 120°) (8).....	22
Abbildung 6: 1. Einstich im 90° Winkel; 2. Fassen der Nadel mit der Mikropinzette (8).....	23
Abbildung 7: SMaRT-Scale (16).....	27
Abbildung 8: Studienabschnitt 1 (16)	28
Abbildung 9: Studienabschnitt 2 (16)	29
Abbildung 10: Studienabschnitt 3 (16)	29
Abbildung 11: Studienabschnitt 4 (16)	30
Abbildung 12: Die 10 unterschiedlichen Fehler im ALI-Score (17)	31
Abbildung 13: Auflistung der Anzahl der jeweiligen Fehler (17)	32
Abbildung 14: Vergleich der durchschnittlichen Fehler von Tag 3 und Tag 5 (17).....	33
Abbildung 15: Zeiss OP-Mikroskop, Arbeitstisch mit Mikro-Besteck, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz	35
Abbildung 16: Zeiss Lupenbrille, Quelle: https://www.lupenbrille.de/kopfupe-eyemag-smart-adidas	36
Abbildung 17: Mikropinzette, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz.....	37
Abbildung 18: Mikronadelhalter, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz.....	37
Abbildung 19: Mikrobesteck mit verschiedenen Mikroscheren, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz	37
Abbildung 20: Gefäßclips, Streichholz dient zur Veranschaulichung der Größe, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz.....	38
Abbildung 22: Studienabschnitt 1	39
Abbildung 22: unterschiedliche mikrochirurgische Nadeln, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz	39
Abbildung 23: Zeit für die Durchführung der Anastomose bei Studenten/innen und Profis	53

Abbildung 24: ALI-Score der Studenten/innen und Profis mit/ohne Musik	54
Abbildung 25: SMaRT-Werte der Studenten/innen und Profis mit/ohne Musik	54

1 Einleitung

1.1 Musik

„Die Musik drückt das aus, was nicht gesagt werden kann und worüber zu schweigen unmöglich ist.“

Victor Hugo, französischer Schriftsteller

1.2 Wirkung der Musik auf den Körper

Musik als Mittel zur Entspannung ist weltweit seit langer Zeit weit verbreitet.

Auch die stressende Eigenschaft gewisser Musik und die damit verbundene negative Wirkung auf den menschlichen Körper ist bereits erforscht. (1)

Musik löst in Menschen Emotionen aus, ob positiv oder negativ, oder verstärkt selbige. Ebenso wird über eine leistungssteigernde Wirkung der Musik schon seit langer Zeit berichtet. (1)

Die Wirkung von Musik auf den Körper wurde schon in unzähligen Studien weltweit behandelt, und ist nach wie vor ein sehr aktuelles Thema. Es sind bereits Effekte auf die Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität und andere physiologische Parameter nachgewiesen.(2) Unter anderem wurde festgestellt, dass Musik als Prämedikation zu einer signifikant niedrigeren Ängstlichkeitsrate als Midazolam führte.(3) Ebenso zählt Musik aufgrund der stressreduzierenden Wirkung, als wertvoller Bestandteil der postoperativen Behandlung nach Herzoperationen.(2,3)

Auch in vielen anderen Bereichen wie der Psychiatrie, der Geriatrie, der Schmerztherapie sowie in der Palliativmedizin wird Musik als Behandlungsmethode eingesetzt. (1)

Nun stellt sich die Frage, ob Musik einen Einfluss auf die Konzentration und Leistungsfähigkeit von Chirurgen/innen in den Operationssälen dieser Welt hat.

Steigert Musik die Leistungsfähigkeit von Chirurgen/innen beim Anlegen von mikrochirurgischen Anastomosen?

Es folgt eine kurze Zusammenfassung einiger Studien, welche inhaltlich ähnliche Themen behandeln, und somit wichtig für diese Studie waren.

1.3 Musik und Konzentration

Rong-Hwa Huang und Yi-Nuoh Shi behandelten 2011 das Thema, ob Hintergrundmusik die Konzentration von Arbeiterinnen und Arbeitern relevant beeinflusst. Studien belegen, dass Hintergrundmusik das menschliche Verhalten beeinflusst. Dadurch stellte sich die Frage, inwiefern verschiedene Musikrichtungen, und die Vorliebe der Hörer/innen zur jeweiligen Musikrichtung, die Konzentration im Arbeitsumfeld beeinflussen. (4)

Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Konzentration beziehungsweise Ablenkung mehr von der persönlichen Vorliebe als von der abgespielten Musikrichtung abhängt.(4)

Folglich ist es laut Rong-Hwa Huang und Yi-Nouh wichtig, bei der Auswahl der Hintergrundmusik keine Musik zu wählen, die den Arbeitern/innen überaus gefällt oder nicht gefällt, um die Konzentration der Arbeiter/innen nicht zu beeinträchtigen. Es sollte eine neutrale Hintergrundmusik gewählt werden. (4)

1.4 Musik in Operationssälen

Ullmann et al führten 2008 eine Studie durch, um den Einfluss von Musik auf Ärzte/innen und Krankenpfleger/schwestern welche in Operationssälen arbeiteten, zu evaluieren.

Sie entwarfen einen Fragebogen und sendeten ihn an 250 Ärzte/innen und Krankenpfleger/schwestern in drei verschiedenen Krankenhäusern. 171 Fragebögen wurden vollständig ausgefüllt zurückgesendet, und somit in die Studie eingeschlossen.

63% gaben an regelmäßig im Operationssaal Musik zu hören. Die häufigste ausgewählte Musikrichtung war klassische Musik, und die gewählte Musikrichtung stand in keinem Zusammenhang mit dem durchgeführten chirurgischem Verfahren. Die gewünschte Lautstärke war mit zunehmendem Alter geringer, und 78,9 % der Teilnehmer/innen gaben an, dass Musik im Operationssaal sie ruhiger und effizienter macht. Zusammenfassend wirkt sich Musik, laut dieser Studie, positiv auf das Personal in Operationssälen aus. (5,6)

1.5 Der Effekt von Musik auf die Effizienz des chirurgischen Wundverschlusses

Lies und Zhang veröffentlichten 2015 eine Studie mit dem Namen „Prospective Randomized Study of the Effect of Music on the Efficiency of Surgical Closures“.

Sie stellten fest, dass in den meisten Operationssälen der Welt Musik abgespielt wird. (7)

Einige Chirurgen/innen meinen, dass Musik Stress und die Dauer der Operation senken würden, wobei andere behaupten, dass Musik Ablenkung bedeutet und vermieden werden sollte.(7)

Ziel war es, den Effekt von Musik auf die einfache Wundversorgung nachzuweisen. Plastische Chirurgen/innen wurden aufgefordert, Wunden an Schweinefüßen, abwechselnd mit und ohne Musik, schichtweise zu nähen. Es wurde eine einfache Randomisierung angewendet, um die Teilnehmer/innen zur „music playing first“

oder „music playing second“ Gruppe zuzuordnen. Die Zeit sowie die Qualität der Naht wurden verblindet bewertet. Die Ergebnisse wurden analysiert um signifikante Zeitunterschiede für die Ausführung der Naht, und Qualität des Wundverschlusses festzustellen.(7)

Das Hören von Lieblingsmusik erniedrigte die Zeit zum Durchführen der Naht im Durchschnitt um 8% bei allen Teilnehmern/innen. Bei erfahreneren Chirurgen/innen (PGY 4-6 / senior residents) kam es sogar zu einer Reduktion von 10%. Die Qualität der angelegten Naht war in der „music-playing-group“ ebenfalls besser (3,3 zu 3,1 / $p = 0,047$). (7)

Durch das Hören von Lieblingsmusik konnten die Teilnehmer/innen der Studie den Wundverschluss durchschnittlich um 8% schneller durchführen, und die Qualität des Wundverschlusses nahm ebenfalls zu. Die Studie zeigte, dass der Einfluss von Musik die Effizienz des einfachen Wundverschlusses verbessert was zu Kosteneinsparungen im Gesundheitssystem führen kann.(7)

1.6 Definition Mikrochirurgie

Unter Mikrochirurgie wird eine chirurgische Operationstechnik verstanden, bei welcher Mikroskope zur Vergrößerung verhelfen. Dadurch werden unter anderem Eingriffe am Nervensystem, sowie auch an kleinsten Blutgefäßen ermöglicht. Unterschiedlichste Verfahren können seit der Einführung spezieller Mikroskope mit bis dahin nicht gekannter Präzision durchgeführt werden. (8)

„Mikrochirurgie stellt im weitesten Sinne eine Bezeichnung für diffizile chirurgische Eingriffe an sehr feinen Gewebsstrukturen dar, die in zahlreichen chirurgischen Disziplinen verwendet werden. Sie zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass sie mithilfe von sehr vergrößernden optischen Sehhilfen an kleinsten anatomischen Strukturen unterschiedliche operative Eingriffe ermöglicht.“ (8)

Die Mikrochirurgie ist eine universelle Technik, die weder auf Körperregionen, noch auf Fachgebiete beschränkt ist. Wo früher hauptsächlich die Rekonstruktion traumatischer Defekte im Vordergrund stand, werden die mikrochirurgischen Techniken heutzutage bei der onkologischen Rekonstruktion, als auch bei Eingriffen aufgrund degenerativer Erkrankungen eingesetzt. (8)

1.7 Geschichte der Mikrochirurgie

Erste Aufzeichnungen fanden sich bereits im 2.Jhdt. nach Chr. Legenden zufolge wirkten Cosmas und Damian, zwei christliche Heilige, als Ärzte und behandelten ihre Patienten/innen unentgeltlich. Die Brüder gelten nicht nur als Schutzpatrone und Symbolfiguren der Ärzte/innen, sondern sollen sogar die erste Transplantation eines Beines durchgeführt haben. (9)

„Aus der Verehrung der beiden Heiligen und aus dem Glauben an ihre Wunder entwickelte sich die der Transplantation. (...) Er träumte, dass die beiden Heiligen zu ihm kämen, sein krankes Bein abnehmen und es durch das Bein eines ägyptischen Mohren, der kurz zuvor gestorben war, ersetzen.“ (9)

Mitte des 16. Jahrhunderts entstanden erste Grundzüge der Gefäßnaht bei der Versorgung von Kriegsverletzungen, bis Zacharias Janssen zu Beginn des 17. Jahrhunderts mit der Erfindung des ersten Mikroskops einen wichtigen Meilenstein in der Geschichte der Mikrochirurgie setzte. (8)

Aus dem 19. Jahrhundert liegen einige Berichte vor, die auf einschneidende Meilensteine in der Mikrochirurgie schließen lassen. So auch die erste End-zu-End Anastomose 1899, welche auf Jassinowski zurückgeht. (8)

Neben Eck, Czerny und Guthrie spielte aber vor allem der französische Chirurg und Physiologe Alexis Carrel (1873-1944) eine wichtige Rolle bei der Erarbeitung der gefäßchirurgischen Verbindungen. (8,10,11) Carrel entwickelte nicht nur die spezielle Technik zur Verbindung durchtrennter Blutgefäße, sondern beschrieb zudem 1902 die trianguläre Nahttechnik von End-zu-End-Anastomosen, welche auch heute noch angewendet wird. 1912 erhielt der Franzose dafür den Nobelpreis. (10,11)



Abbildung 1: Alexis Carrel, (8)

Auch die Entdeckung des Koagulationshemmers Heparin 1916, durch den damaligen Medizinstudenten Jay McLean, gilt als wichtiger Schritt in der Durchführung mikrochirurgischer Techniken. (11)



Abbildung 2: Carl-Olof Nylén (8)

Während anfangs unterschiedliche Lupensysteme Anwendung fanden, wird die moderne Mikrochirurgie, wie wir sie auch heute verstehen, mit dem Einsatz des monokularen Mikroskops verknüpft. (8)

Der schwedische Arzt Carl-Olof Nylén (1892-1978) gilt dabei als erster Mediziner, der während einer Inspektion des Ohres um 1920 ein monokulares Mikroskop verwendete. Seither wird Nylén oft als „Vater der Mikrochirurgie“ bezeichnet. Sein Lehrer und Kollege Gunnar Holmgren (1875-1954) schuf währenddessen 1923 mit dem binokularen Mikroskop die Voraussetzung für räumliches Sehen. (8,10)

„Letztendlich wurde erst Anfang der 1950er Jahre durch die Firma Carl Zeiss eine konstruktive Entwicklung des Operationsmikroskops eingeleitet, die eine grundlegende Verbreitung in verschiedenen chirurgischen Gebieten nach sich zog.“ (8)

Die erste mikrochirurgische Gefäßanastomose unter Zuhilfenahme eines Mikroskops erfolgte 1960 durch die Gefäßchirurgen Jacobson und Suarez, welche Blutgefäße mit einem Durchmesser von 1,4mm anastomosierten und den Begriff „Mikrochirurgie“ prägten. (8,10,11)

1.7.1 Weitere wegweisende Taten

- Kleinert (1963), Handchirurg, erste Revaskularisation einer partiellen Fingeramputation
- Nakayama (1964), Herz-Thorax-Chirurg, freie mikrochirurgische Gewebetransfers von Jejunumsegmenten zur Speiseröhrenrekonstruktion
- Buncke (1964), Plastischer Chirurg, Kaninchenohrreplantation
 - deutlich kleinere Gefäßdimensionen
 - erstmals Gefäßanastomosen mit Durchmesser <1mm
 - Folge: erste mikrochirurgische Großzehentransplantation auf eine Hand beim Primaten
- Taylor (1973), Transplantation eines freien composite Lappens, später auch Techniken des vaskularisierten Knochentransfers von Hüfte oder Fibula zur Rekonstruktion von Defekten im Kopf- und Halsbereich
- James (1976), erste erfolgreiche Reimplantation eines abgerissenen Segments von Nase und Oberlippe
- Clodius (1976), erste mikrochirurgische Lymphgefäßanastomose (8,10,12,13)

2 Relevantes Fachwissen

2.1 Arterien

Es wird grundsätzlich zwischen zwei Arten von Arterien unterschieden, welche sich durch den Aufbau der Media unterscheiden:

- Arterien vom elastischen Typ
- Arterien vom muskulären Typ

Die herznahen Arterien sowie deren große Abgänge (Aorta und Truncus pulmonalis) zählen zum elastischen Typ. Die danach anschließenden Arteriensegmente gehören zum Typ der muskulären Arterien. (14)

Im unserem Fall nähern wir die Anastomosen an der Arteria Femoralis eines Hühnerschenkels. Da die Arteria Femoralis eine muskuläre Arterie ist, wird in den folgenden Absätzen sowohl der muskuläre Typ, als auch die Arteria Femoralis genauer beschrieben.

2.1.1 Arterien vom muskulären Typ

Von den kleinsten namenlosen Arterien, bis hin zu den mittelgroßen Arterien welche zu den jeweiligen Organen ziehen, gehören nahezu alle Arterien zum muskulären Typ. Arteriolen sind durch lediglich 1-2 Muskelschichten und einen inneren Durchmesser von unter 100 μ definiert. (14)

Die wichtigsten Komponenten der Gefäßwände sind:

- Endothel: Kleidet alle Gefäße aus, und stellt die entscheidende Barriere zwischen Intra- und Extravasalraum dar (14)
- Glatte Muskulatur: Bestimmt die Gefäßweite und die Wandspannung der Arterie, und produziert Extrazellulärmatrix (14)

- Extrazellulärmatrix: Bestimmt die mechanischen Funktionen der Gefäßwände und besteht aus kollagenen Fasern, elastischen Fasern und Proteoglykanen. (14)

Die Gefäßwand der muskulären Arterien ist wie folgt aufgebaut:

Intima

Die Intima besteht aus dem Endothel und einer subendothelialen Schicht, die vor allem Extrazellulärmatrix und kaum Zellen enthält.

Das Endothel hat vielfältige Funktionen von welchen einige hier aufgelistet werden:

- Diffusionsbarriere
- Adhäsion
- Blutgerinnung
- Gefäßweite

(14)

Media

Die breiteste Schicht der Arterienwand ist die sogenannte Tunica Media welche aus glatten Muskelzellen besteht.

Die Gefäßweite der Arterien wird durch den Tonus dieser glatten Muskelzellen bestimmt. (14)

Adventitia

Die Verankerung des Gefäßes in der Umgebung wird durch die Tunica Adventitia, eine Bindegewebsschicht, gegeben.

In dieser Bindegewebsschicht befinden sich die Versorgungseinrichtungen der Gefäßwand (Blut und Lymphgefäße). (14,15)

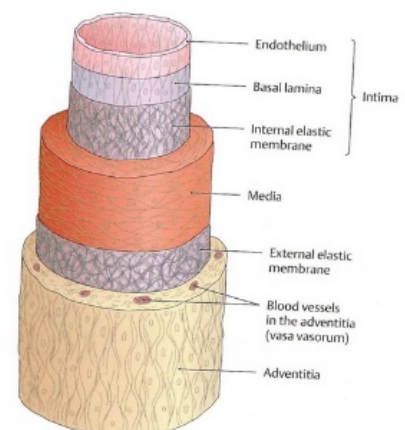


Abbildung 3: Aufbau einer Arterie (15)

2.2 Gefäßanastomosen

2.2.1 End-zu-End-Anastomosen

„Die mikrochirurgische End-zu-End-Anastomose bildet den Grundpfeiler in der Mikrochirurgie der Gefäße und wird immer dann verwendet, wenn zwei Gefäßenden miteinander zu verbinden sind.“ (8)

Das Spektrum der Anwendung von mikrochirurgischen Anastomosen ist sehr breit, und dehnt sich von herzchirurgischen über plastische, neurochirurgische, bis zu Supermikrochirurgischen Indikationen aus.(8)

Die Schwierigkeit der arteriellen mikrochirurgischen Anastomose variiert stark und ist von der Kaliberstärke, der Fragilität, der topographischen Position, dem umliegenden Gewebe der Arterie und weiteren Faktoren abhängig. Ein gutes Ergebnis spiegelt sich nicht nur durch perfekte Knotenplatzierung, sondern auch durch Gewebeschonung wieder. (8)

2.2.2 Durchführung der End-zu-End-Anastomose

Die Durchführung besteht grundsätzlich immer aus den folgenden Operationsschritten:

1. Präparation der Gefäßstümpfe
2. Setzen der Nähte
3. Knotung
4. Naht der Hinterwand
5. Öffnen der Gefäßklemme und Prüfen der Anastomose

ad 1 Präparation der Gefäßstümpfe

Die Präparation der Gefäßstümpfe ist essentiell für die erfolgreiche Anlage einer mikrochirurgischen Anastomose.

Zuerst sollte sichergestellt werden, dass beide Gefäßstümpfe eine glatte Schnittfläche vorweisen, und adäquat gekürzt werden, falls sie traumatisiert sind.

Außerdem muss geprüft werden, ob eine spannungsfreie Adaptation der Stümpfe möglich ist, ansonsten kann es nötig sein ein Veneninterponat zu verwenden. Thrombosierung und Einreißen der Anastomose können Komplikationen bei erhöhter Spannung sein.

Sobald die Gefäßenden suffizient präpariert sind, werden, in ausreichendem Abstand zum Gefäßende, Gefäßklemmen angebracht.

Die Entfernung zum Gefäßrand stellt sicher, dass ins Gefäßlumen eingesehen werden kann. Somit wird das

Risiko des Durchstechens der Hinterwand beim Nähen minimiert. Aus diesem Grund sollte im Bereich der Gefäßstümpfe die Tunica Adventitia getrimmt werden. Es sollte trotzdem nicht zu viel Adventitia entfernt werden, da ein Anfassen an der Adventitia eine optimale Gewebsschonung begünstigt, und Gefäßspasmen vermieden werden sollten.

Wenn diese Schritte durchgeführt wurden, werden die Gefäßlumina mit einem Gefäßdilator dargestellt, und die Stümpfe mit verdünnter Heparinlösung gespült. Die Gefäßklemme am zuführenden Gefäß sollte nach abgeschlossener Präparation kurz geöffnet werden, um den Blutfluss zu überprüfen. ((8), S.90)

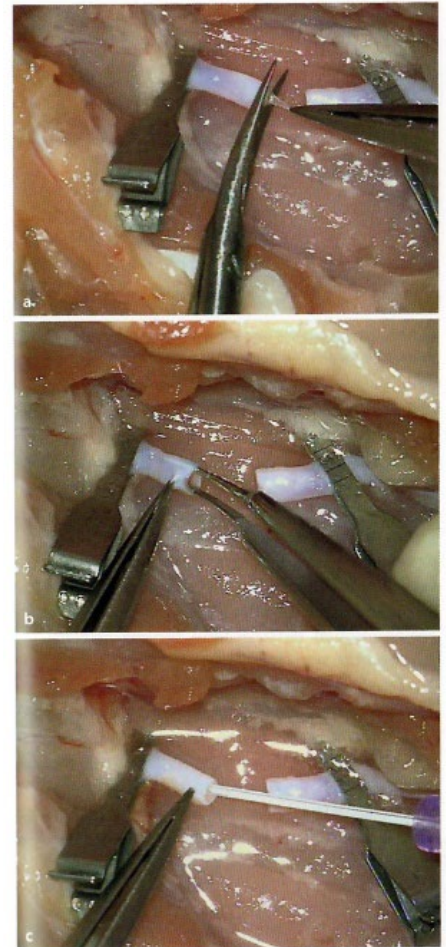


Abbildung 4: a. Trimmen der Adventitia; b. Einbringen des Gefäßdilators; c. Spülen mittels Heparinlösung (8)

ad 2 Setzen der Nähte

Zuerst sollte immer der schwierigste Knoten durchgeführt werden, da nach mehreren angelegten Knoten meist die Sicht ins Lumen sowie die Erreichbarkeit der Knoten herabgesetzt ist.

Zu Beginn der Anastomose werden die Ecknähte gesetzt. Da diese die finale Position der Anastomose festlegen, sollte auf eine korrekte Adaptation geachtet werden. Es sollte die Orientierung der Gefäße beachtet werden um ein Verdrehen zu verhindern. Die Ecknähte können entweder in einem Abstand von 180° oder 120° zueinanderstehen.

Im Rahmen der 180° Technik werden folglich 2 Ecknähte angelegt. Im Gegensatz dazu sind es bei der 120° Technik 3 Ecknähte.

Der Abstand zwischen Gefäßende und Einstichstelle sollte laut einigen Regeln ungefähr die doppelte Gefäßdicke vorweisen. Wichtig ist, dass darauf geachtet wird in einem 90° Winkel zum Gefäß einzustechen.

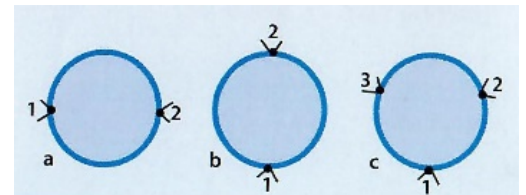


Abbildung 5: verschiedene Ecknahtpositionen (a, b 180° , c 120°) (8)

Bevor am anderen Gefäßstumpf, kongruent zum

Einstich, ausgestochen wird, empfiehlt es sich, in den meisten Fällen, Auszustechen und Umzugreifen. Dazu wird die Nadel mit der Mikropinzette gefasst und im Verlauf der Nadel gewebsschonend herausgezogen. Anschließend wird die Adventitia des anderen Gefäßstumpfs mit der Pinzette gefasst, und kongruent zum Einstich auf der anderen Seite ausgestochen.

Dieser Vorgang kann, wenn es die Position zulässt und das Lumen gut einsehbar ist, übersprungen werden, und es wird direkt ohne Umgreifen am anderen Gefäßstumpf ausgestochen.

Der Faden wird anschließend soweit durchgezogen, dass ein problemloses Knoten gewährleistet ist. ((8), S.90-93)

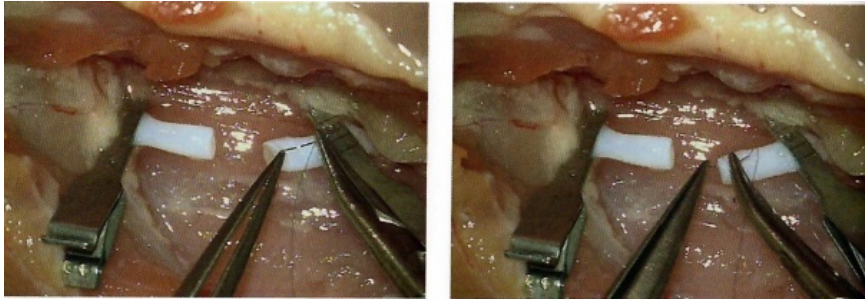


Abbildung 6: 1. Einstich im 90° Winkel; 2. Fassen der Nadel mit der Mikropinzette (8)

ad 3 Knotung

Die Knotung von arteriellen Anastomosen erfolgt gewöhnlich nach dem bekannten 2-1-1 Prinzip, welches auch bei Einzelknopfnähten an der Haut angewandt wird.

Zuerst wird ein Doppelknoten in eine, danach ein einfacher Knoten in die andere Richtung durchgeführt. Abschließend wird noch ein Knoten in die ursprüngliche Richtung angelegt. Nachdem der erste Eckknoten abgeschlossen ist, wird der zweite Eckknoten in 180° zum ersten angelegt.

Danach werden die Knoten von der einen Ecknaht zur anderen angelegt.

Der Knotenabstand hängt vom Gefäßdurchmesser und der Fadenstärke ab.

Wie viele Stiche endgültig durchgeführt werden, ist natürlich auch vom Operateur abhängig. ((8), S.93-95)

ad 4 Naht der Hinterwand

Sobald die Vorderwand genäht ist, wird das Gefäß an den Ecknähten auf die andere Seite gedreht. Dies ist vor allem bei erhöhter Spannung durch kurze Gefäßenden erschwert. Bei erhöhter Spannung ist die optimale Platzierung der Ecknähte von überaus hoher Bedeutung.

Nachdem das Gefäß gewendet wurde, wird überprüft, ob im Zuge des Nähens der Vorderwand, die Hinterwand mitgestochen wurde.

In diesem Fall muss mindestens dieser Knoten entfernt und wiederholt werden.

Im schlimmsten Fall, muss die Anastomose geöffnet, und neu gestartet werden.

Wurden keine Fehler entdeckt, wird die Hinterwand in derselben Technik wie die Vorderwand genäht.

Hierbei muss noch mehr auf Stiche durch die Gegenwand geachtet werden da diese später, nach der erneuten Wendung, nicht mehr inspiziert werden können. ((8), S.95)

ad 5 Öffnen der Gefäßklemmen und Prüfen der Anastomose

Zuerst wird die distale Gefäßklemme und als nächster Schritt die proximale Gefäßklemme entfernt.

Somit kommt es zur neuerlichen Durchblutung und es können Blutungen detektiert werden. Kommt es lediglich zu kleinen Blutungen, empfiehlt es sich die Anastomose mit einer feuchten Kompresse zu bedecken und kurze Zeit zu warten, da es oft zum eigenständigen Sistieren dieser minimalen Blutungen kommt. Bei größeren Blutungen jedoch, sollten Extra-Nähte angelegt werden, um die Qualität der Anastomose zu verbessern. Bei Bedarf können dazu die Gefäßklemmen erneut angelegt werden. ((8), S.95-97)

2.2.3 End-zu-Seit-Anastomosen

Neben den End-zu-End-Anastomosen, stellen auch die End-zu-Seit-Anastomosen einen wichtigen Part in der Mikrochirurgie dar. Diese Art der Anastomose wird verwendet, wenn das bestehende Gefäß nicht durch eine End-zu-End-Anastomose unterbrochen werden soll.

Zum Beispiel findet sie oft Anwendung beim Anschluss einer Lappenplastik in der oberen sowie unteren Extremität.

Da End-zu-Seit-Anastomosen in der vorliegenden Studie nicht zur Verwendung kamen wird nicht genauer darauf eingegangen. ((8), S.106-113)

2.3 The Stanford Microsurgery and Resident Training (SMaRT) Scale

Satterwhite et al. berichteten 2014 über Ergebnisse ihrer online Trainingsplattform für auszubildende Mikrochirurgen/innen anhand des damals neuartigen SMaRT Scales. Der SMaRT Scale soll Lehrende zuverlässig dabei unterstützen, den Lernprozess der Auszubildenden zu beurteilen. (16)

Eine Gruppe von 17 Auszubildenden wurde in 2 Kohorten getrennt wobei einer Kohorte das Online-Übungsportal für eine Woche zur Verfügung stand und der anderen nicht. Vor und nach dieser „Übungswoche“ wurden ein schriftlicher Test sowie eine praktische „Übung“ durchgeführt, bei welcher die Teilnehmer/innen 10.0 Nylon Nähte an unterschiedlichen Präparaten anlegen sollten. (16)

Mit Hilfe der globalen Bewertungsskala (SMaRT-Scale) wurden die Ergebnisse der praktischen Übung anhand von 9 Kategorien bewertet. Jede Kategorie wurde mit Hilfe einer Skala von 1 bis maximal 5 Punkten bewertet, wobei 1 Punkt ‚Versagen‘ und 5 Punkte ‚optimale Performance‘ bedeutet. (16)

Instrument Handling				
1	2	3	4	5
Repeated tentative or awkward moves, inappropriate use of instruments		Competent use of instruments, occasionally stiff or awkward		Fluid concise moves with appropriate instruments
Respect for "Tissue"				
1	2	3	4	5
Frequent unnecessary tissue force or damage to vessels		Careful tissue handling, occasional inadvertent damage		Consistently handled tissue carefully and appropriately, minimal tissue damage
Efficiency				
1	2	3	4	5
Many wasted moves, regrasps multiple times, does not pull needle out of field		Some wasted moves, regrasps occasionally, sometimes pulls needle out of field		No wasted moves, grasps once only, always pulls needle out of field
Suture Handling				
1	2	3	4	5
Multiple passes, grasps tip of needle, pulls needle out not on the curve		A few passes, sometimes grasps the tip, sometimes pulls needle out on the curve		Sutures were consistently handled delicately under control, single passes, never grasps the tip, always pulls needle out on the curve
Suturing Technique				
1	2	3	4	5
Inaccurate needle placement, pulls needle through roughly, inefficient knot tying, too much movement of anastomosis/tissue with tying		Inconsistent needle placement, rough/inconsistent needle passage, knot tying too loose, tight, or inefficient		Accurate needle placement, takes needle out on curve, efficient tying, tissue/tissue stays still with tying
Quality of Knot				
1	2	3	4	5
Not square, loose, cut ends too long/short		Partially square, somewhat loose, cut ends OK length		Square, snug, cut ends proper length
Final Product				
1	2	3	4	5
Rough outer appearance, poor suture spacing, suture ends intraluminal		Anastomosis inconsistently bunched or inverted, suture spacing inconsistent		Smooth outer appearance, all suture ends extraluminal, appropriate spacing
Operation flow				
1	2	3	4	5
Frequent lack of forward progression; stopped operating frequently and seemed unsure of next move		Demonstrates some forward planning with reasonable progression or procedure		Proceeds at appropriate pace with obviously planned course
		Overall Assessment		
Overall Performance				
1	2	3	4	5
Unable to perform the procedure		Able to perform the procedure		Mastery of all aspects

Abbildung 7: SMaRT-Scale (16)

2.3.1 Ergebnisse der Studie

2.3.1.1 Studienabschnitt 1

- Das Ergebnis des SMaRT Scale korrelierte mit dem Ausbildungsstand. Fortgeschrittene Teilnehmer/innen erzielten höhere Werte als weniger fortgeschrittene (Abb. 8 li.)
- Ebenso korrelierte das Ergebnis mit der Erfahrung der individuellen Teilnehmer/innen. Eine höhere Anzahl an zuvor durchgeführten Anastomosen führte zu höheren Werten (Abb.8 re.) (16)

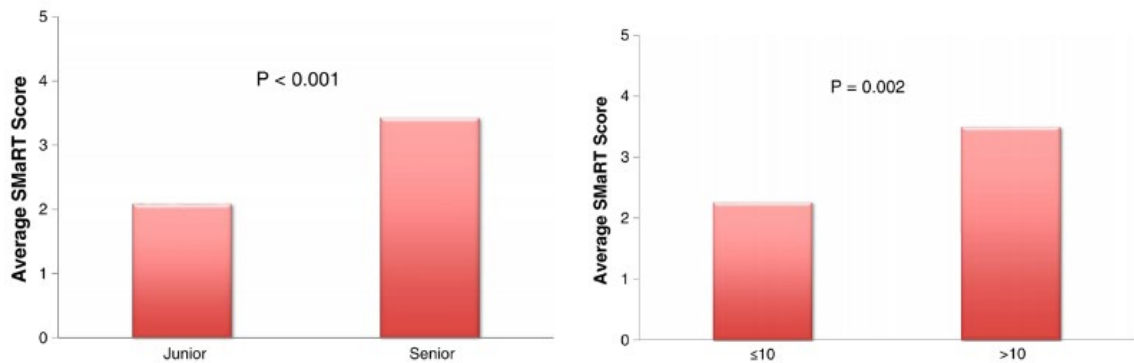


Abbildung 8: Studienabschnitt 1 (16)

2.3.1.2 Studienabschnitt 2

- Teilnehmer/innen, die im schriftlichen Teil gute Ergebnisse erzielten, waren auch im SMaRT Scale erfolgreicher (Abb.11 li.)
- Teilnehmer/innen, die Zugriff auf das Online Übungsportal hatten, zeigten Fortschritte im SMaRT Scale (Abb.11 re.) (16)

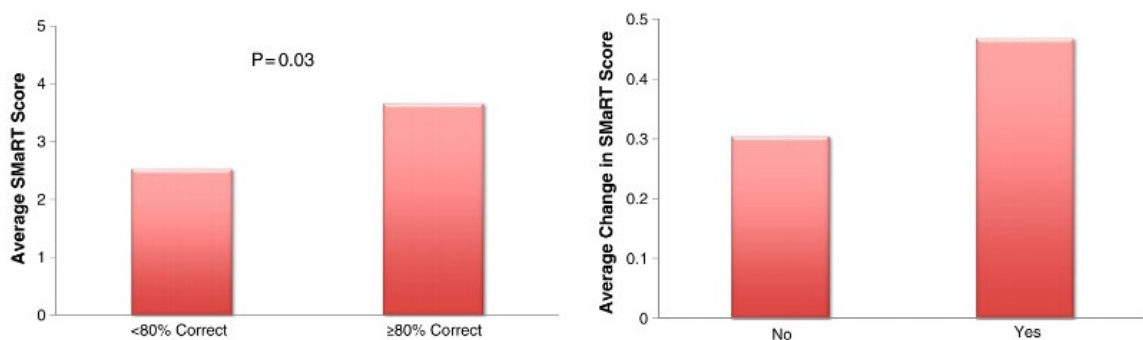


Abbildung 9: Studienabschnitt 2 (16)

2.3.1.3 Studienabschnitt 3

Die in ihrer Ausbildung weniger fortgeschrittenen Teilnehmer/innen, mit Zugriff auf das Online Übungsportal, erzielten im Vergleich zu weiter fortgeschrittenen Teilnehmer/innen größere Fortschritte im SMaRT Scale. (16)

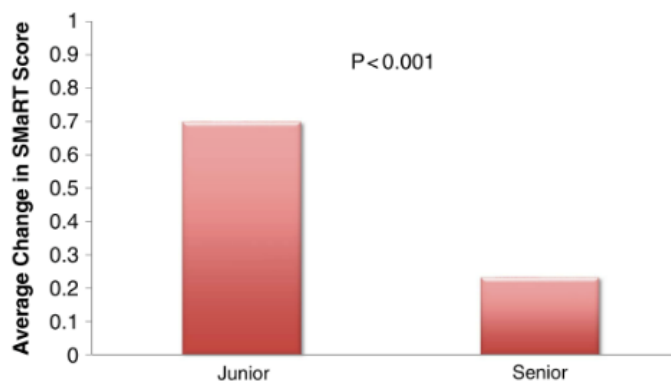


Abbildung 10: Studienabschnitt 3 (16)

2.3.1.4 Studienabschnitt 4

Selbstbewusste Teilnehmer/innen schnitten besser ab. (16)

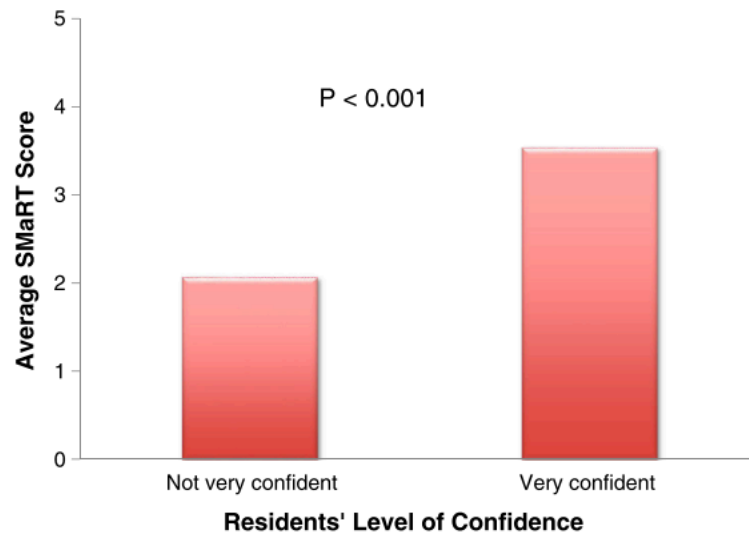


Abbildung 11: Studienabschnitt 4 (16)

2.3.2 Schlussfolgerung der Studie

Zusammenfassend ermöglicht der webbasierte Lehrplan und die dazu gehörende globale Bewertungsskala (SMaRT-Scale) eine optimale Lernunterstützung, mit deren Hilfe es möglich ist, Mikrochirurgie zu üben bevor man einen Operationsaal betritt. (16)

2.4 Anastomosis Lapse Index (ALI)

2.4.1 Hintergrund

In den letzten Jahren hat sich die Simulation zu einer der wichtigsten Trainingsmethoden in der Mikrochirurgie entwickelt.

Aufgrund der großen Zahl von, an nicht lebenden Modellen durchgeführten, mikrovaskulären Anastomosen, besteht natürlich der Bedarf an der Entwicklung von Methoden zur Bewertung dieser Anastomosen.

Der ALI-Score präsentiert, mittels Bewertung durch eine Fehlerliste, eine neuartige Beurteilungsform von mikrochirurgischen Anastomosen. (17)

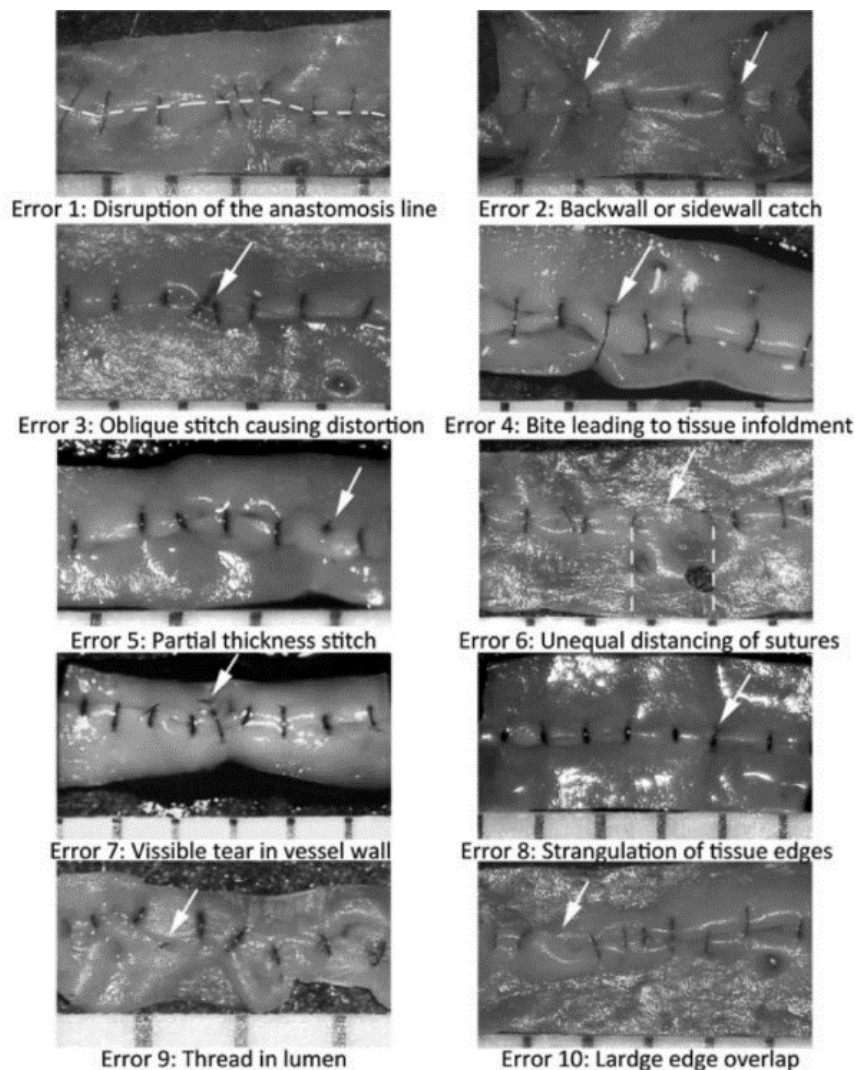


Abbildung 12: Die 10 unterschiedlichen Fehler im ALI-Score (17)

2.4.2 Methoden

29 Teilnehmer/innen, mit unterschiedlicher Erfahrung in der Mikrochirurgie, absolvierten einen fünf tägigen Mikrochirurgiekurs.

An Tag 3 sowie an Tag 5 wurde jeweils eine mikrovaskuläre End-zu-End-Anastomose an einer kaltepraparierten Rattenaorta durchgeführt. Diese mikrovaskulären End-zu-End-Anastomosen wurden in Längsrichtung aufgeschnitten und zur randomisierten, verblindeten, qualitativen Bewertung fotografiert. Vier Anastomosen von 2 überaus erfahrenen Mikrochirurgen/innen wurden als Experten/innenkontrolle analysiert. Fehler, welche möglicherweise zu einer Anastomoseninsuffizienz oder Thrombose führen könnten, wurden identifiziert und protokolliert. (17)

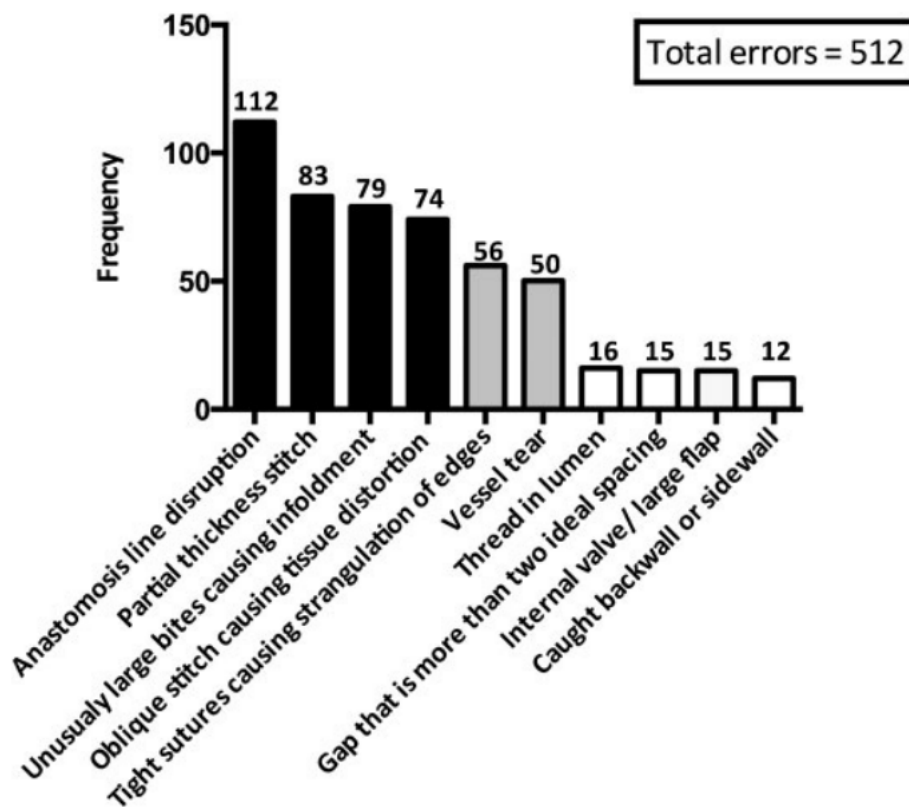


Abbildung 13: Auflistung der Anzahl der jeweiligen Fehler (17)

2.4.3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 128 mikrovaskuläre Anastomosen für die Teilnehmer/innen sowie die Kontrollgruppe analysiert.

Zehn unterschiedliche Fehler wurden identifiziert und indexiert. Es wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, bezogen auf die durchschnittlichen Fehler pro Anastomose, festgestellt. ($p < 0,05$). Die durchschnittlichen Fehler pro Anastomose waren am fünften Tag deutlich geringer als an Tag drei. ($p < 0,001$) (mit Ausnahme der Experten/innenkontrollgruppe). (17)

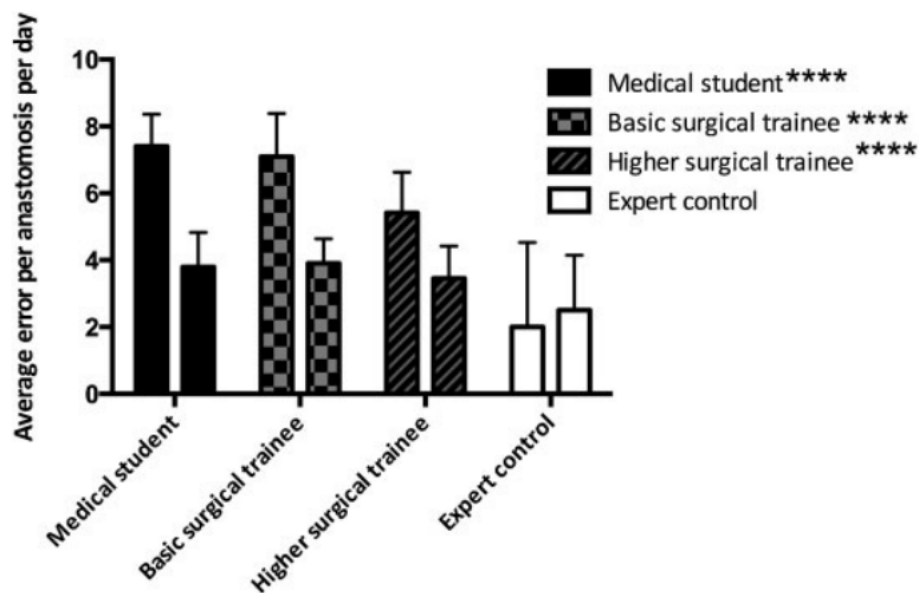


Abbildung 14: Vergleich der durchschnittlichen Fehler von Tag 3 und Tag 5 (17)

2.4.4 Schlussfolgerung

Die Bewertung der Struktur und Qualität von mikrochirurgischen Anastomosen an nicht lebenden Modellen ist möglich.

Der ALI-Score kann bei der Bewertung von mikrochirurgischen Anastomosen, zum Beispiel im Rahmen einer mikrochirurgischen Fortbildung, als Beurteilungsmethode herangezogen werden. (17)

ALI ist ein einfaches Trainingsfeedback-Modell, welches zur Bewertung der Fähigkeit von auszubildenden Mikrochirurgen entwickelt und validiert wurde.

Die Einfachheit und leichte Verfügbarkeit können das Mikrochirurgietraining erleichtern und positiv zur Lernerfahrung der Auszubildenden beitragen. (17)

2.5 Mikrochirurgische Instrumente und Nahtmaterialien

Da der Fokus dieser Arbeit nicht auf den chirurgischen Instrumenten liegt, folgt nun nur eine kurze Auflistung der verwendeten mikrochirurgischen Instrumente, worauf aber im Detail nicht näher eingegangen wird.

2.5.1 Mikroskop

Ein Mikroskop vergrößert kleinste Strukturen, wie Arterien, um ein Vielfaches, und ermöglicht in unserem Fall die Durchführung einer mikrochirurgischen arteriellen Anastomose. Carl-Olof Siggesson Nylen verwendete 1921 erstmals ein Mikroskop für mikrochirurgische Zwecke, und setzte damit einen Meilenstein in der Entwicklung der Mikrochirurgie. (10)

Anfang der 1950er Jahre schließlich kam es zur Verbreitung von Operationsmikroskopen in diversen chirurgischen Fächern, nachdem die Firma Zeiss eine konstruktive Entwicklung der Operationsmikroskope vollzog.(10)

Die Entwicklung eines stereoskopischen Mikroskops mit eigener koaxialer Lichtquelle, stabilem Stativ, frei beweglicher Optik und stufenlos einstellbare Vergrößerungen war eine fundamentale Verbesserung.(8)



Abbildung 15: Zeiss OP-Mikroskop, Arbeitstisch mit Mikro-Besteck, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

2.5.2 OP-Lupensysteme

In verschiedenen Fächern der Mikrochirurgie wird jedoch keine derart hohe Vergrößerung, wie sie mit Operationsmikroskopen einstellbar ist, benötigt.

Verschiedenste OP-Lupensysteme wurden für diese Zwecke entwickelt, und über die Jahre bis zur Perfektion verbessert. Die häufigsten OP-Lupensysteme weisen eine 2-fach bis 4,5-fach, maximal 10-fache Vergrößerung auf.

Diese Systeme können zwar in vielen Fällen den Einsatz eines Operationsmikroskops ersetzen, werden aber bei längeren Operationen oft als unangenehm empfunden.

Jede Lupenbrille muss speziell auf den/die Operateur/in angepasst sein, um Doppelbilder zu vermeiden und perfekte Sicht zu ermöglichen.

Ist dies der Fall, erleichtert zum Beispiel eine Lupenbrille die Identifikation von Nerven und Gefäßen in vielen Fächern der Mikrochirurgie. ((8), S.60)



Abbildung 16: Zeiss Lupenbrille, Quelle: <https://www.lupenbrille.de/kopfupe-eyemag-smart-adidas>

2.5.3 Mikropinzetten

Mikropinzetten dienen dem Greifen kleinster Objekte, und sind grundsätzlich eine an die Mikrochirurgie angepasste Variante der bekannten Operationspinzetten.

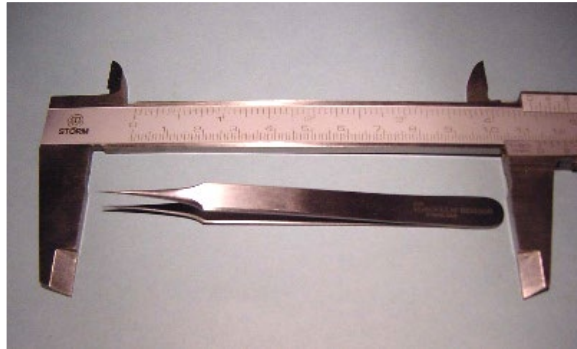


Abbildung 17: Mikropinzette, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

2.5.4 Mikronadelhalter und -scheren

Mikronadelhalter und Mikroscheren sind ebenfalls eine, speziell an die Mikrochirurgie angepasste, Variation der bekannten Nadelhalter und Scheren aus dem OP.



Abbildung 19: Mikrobesteck mit verschiedenen Mikroscheren, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

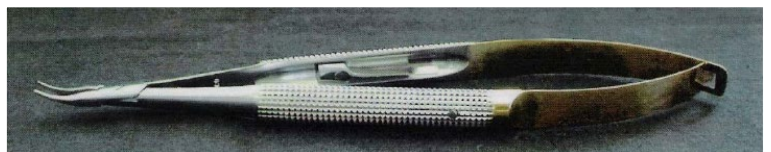


Abbildung 18: Mikronadelhalter, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

2.5.5 Gefäßklemmen

Gefäßklemmen sind essentiell bei der Anlage von arteriellen mikrochirurgischen Anastomosen. Nach der Präparation der Gefäßstümpfe werden in ausreichender Entfernung zur Anastomose Gefäßklemmen angebracht.

Es ist wichtig, dass das Lumen der Gefäßenden einsehbar ist, um ein Durchstechen der Gefäßhinterwand zu vermeiden. (8)

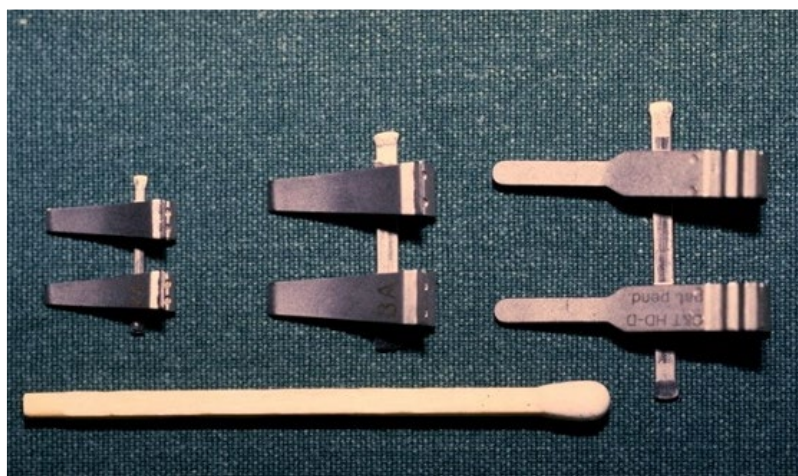


Abbildung 20: Gefäßclips, Streichholz dient zur Veranschaulichung der Größe,
Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

2.5.6 Nahtmaterial

In der Mikrochirurgie kommt bei Anastomosen monofiles, nicht resorbierbares, atraumatisches Nahtmaterial zur Verwendung. Die Fadenstärke ist abhängig von der Gefäßwanddicke und der Gefäßgröße. Natürlich steht die Anzahl der benötigten Stiche in Bezug zur Fadenstärke. Die Fadenstärke darf auf keinen Fall zu groß sein, um ein Verlegen der Gefäßlumina und damit eine Thrombosierung der Anastomose nicht zu begünstigen.

Man sollte mit dem Nadelhalter die Nadel nicht im Bereich des Eintritts des Fadens in die Nadel fassen, da dies die schwächste Stelle ist, und eine Beschädigung des Fadens nach sich ziehen kann.

Es sollte ebenfalls auf die Nadelspitze geachtet werden, da diese durch den Nadelhalter beschädigt werden kann. Die dadurch stumpf gewordenen Nadel kann als Folge dessen, die Gefäßwand beim Durchstechen verletzen.

((8), S.67-68)

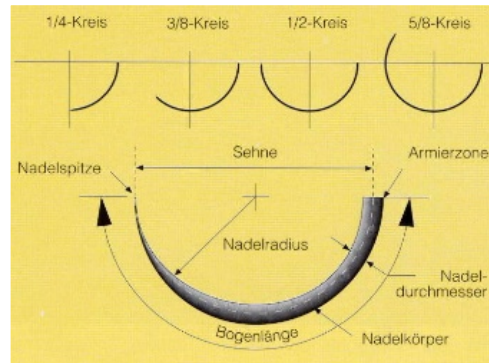


Abbildung 22: unterschiedliche mikrochirurgische Nadeln, Quelle: Mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz

2.6 Mikrochirurgische Ausbildung

In der Mikrochirurgie sind heutzutage, durch stetige Weiterentwicklung und Perfektionierung der Techniken, komplexe rekonstruktive Verfahren durchführbar. Während die klinische Weiterentwicklung dieser Techniken gut beschrieben ist, liegt vergleichsweise wenig Literatur bezüglich der mikrochirurgischen Weiterbildung vor. (18–20)

Es ist aber selbstverständlich, dass aufgrund der hohen technischen Anforderungen der modernen Verfahren, eine strukturierte mikrochirurgische Ausbildung benötigt wird.

Daigeler et al. beschreiben in einer Studie von 2009, dass weniger als ein Drittel ihrer Befragten, Zugang zu Übungen am Tier oder Modell hatten. Über ein strukturiertes Curriculum Mikrochirurgie an ihrem Ausbildungsstandort konnten nur 19% berichten. Direkte klinische Ausbildung, wie die Durchführung komplexer mikrochirurgischer Verfahren, war nahezu nur Kollegen/innen in höheren Weiterbildungsabschnitten vorbehalten.

Studien aus vielen Bereichen der Chirurgie zeigen jedoch, dass durch geringen Übungsaufwand bereits eine erhebliche Leistungssteigerung und Verbesserung der Fähigkeiten erzielt werden kann. Es besteht eine Vielzahl an Modellen und Simulatoren, wodurch bereits in frühen Ausbildungsjahren eine Verbesserung der mikrochirurgischen Fähigkeiten erzielt werden könnte. (18)

Kolbenschlag et al. sendeten einen webbasierten Fragebogen an assoziierte Mitglieder der Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven, und Ästhetischen Chirurgen, sowie an 24 Chefärzte/innen mit mikrochirurgischem Schwerpunkt.

Es zeigte sich, dass die grundlegenden Strukturen zum Erlernen mikrochirurgischer Fähigkeiten an einem großen Teil der Kliniken verfügbar ist und auch genutzt wird. Es herrscht jedoch Uneinigkeit ab welchem Ausbildungsstand die erlernten Skills in den klinischen Alltag übertragen werden dürfen.

Der Großteil der Assistenzärzte/innen sowie der Chefärzte/innen spricht sich positiv bezüglich der Erstellung eines einheitlichen Curriculums aus. Dies wird jedoch nur in einem sehr kleinen Teil der Kliniken durchgeführt.

Es zeigte sich, dass die Vorstellungen der Assistenzärzte/innen und der Chefärzte/innen bezüglich der mikrochirurgischen Ausbildung sehr nahe beieinander lagen. Die Umsetzung eines derartigen „Curriculum Mikrochirurgie“ wird jedoch nur durch einen hohen Einsatz von Ressourcen möglich sein, da zum Beispiel die klinische Weiterbildung zu verlängerten Operationszeiten führen kann. (19)

Da die Sicherung eines qualifizierten Nachwuchses in der Mikrochirurgie essenziell für die Weiterentwicklung dieses Fachgebietes ist, gibt es internationale Bestrebungen die mikrochirurgische Ausbildung zu strukturieren, und die verwendeten Ausbildungsmethoden zu evaluieren und perfektionieren. (21)

So wurde 2012 die internationale Gesellschaft für Mikrochirurgische Simulation (IMSS) in London gegründet. Der Grundgedanke lag darin, eine standardisierte Ausbildungsordnung zu entwickeln und die einzelnen Kurse durch ständigen Erfahrungsaustausch zu verbessern. (21)

Die Simulation stellt einen zentralen Pfeiler der mikrochirurgischen Ausbildung dar, da sie nicht nur die Fähigkeiten der Chirurgen/innen verbessert, sondern dadurch auch das Risiko sowohl der Operateure/innen als auch der Patienten/innen drastisch erniedrigt.

(18–24)

2.7 Lebendtierpräparate in der Mikrochirurgie

In der Vergangenheit stützte sich die mikrochirurgische Ausbildung auf die Verwendung von Lebendtierpräparaten. Da die Anzahl der mikrochirurgischen Eingriffe in den letzten Jahren stark zunahm, stieg auch die Zahl der auszubildenden Mikrochirurgen/innen stetig an. (22)

Strenge Gesetzgebung und die zunehmende Sensibilität gegenüber der Ethik in der wissenschaftlichen Forschung, erfordert jedoch eine drastische Verringerung der Lebewesen, welche in der mikrochirurgischen Simulation im Rahmen der Ausbildung verwendet werden. (22,25)

Die Behandlung von Gewebe unter dem Mikroskop erfordert jedoch außergewöhnliche Expertise, und die Beherrschung dieser mikrochirurgischen Techniken ist von entscheidender Bedeutung im klinischen Alltag. (26)

Deshalb darf die Qualität der Lehre, welche in direktem Zusammenhang mit der späteren Patientenversorgung steht, nicht unter der Reduktion der Verwendung von Lebendtierpräparaten leiden. Die Ratte gilt als „Goldstandard“ in der Mikrochirurgie, jedoch sind auch Berichte über die Verwendung von Hunden, Affen und Hasen vorliegend. (27–32)

Es besteht zweifelsohne der Bedarf an alternativen Möglichkeiten die chirurgischen Fertigkeiten zu trainieren. Einen Ansatz stellt die Verwendung von bereits geschlachteten Tieren dar. So kann beispielsweise an Hühnerschenkeln oder Schweineherzen bereits geschlachteter Tiere trainiert werden. (25,33,34)

In diesem Fall besteht kein Grund lebende Tiere für diesen Zweck zu opfern. Auch menschliche Amputate und menschliches Gewebe wie Krampfadern oder Haut können für Übungszwecke verwendet werden.

Der Nachteil dabei ist jedoch das Fehlen der Pulsation innerhalb des Gefäßes, wodurch eine Situation aus dem klinischen Alltag nicht zur Gänze nachgestellt werden kann. (22)

Zusätzlich dazu besteht noch die Möglichkeit des Trainings an Nicht-Tier Modellen. Dazu kann beispielweise an chirurgischen Einweghandschuhen die Knotung oder der generelle Umgang mit Instrumenten unter dem Mikroskop trainiert werden. (35)

Sobald die Grundfertigkeiten erlernt wurden, kann an Silikonschläuchen die Anlage mikrochirurgischer Anastomosen geübt werden. Der Durchmesser kann je nach Ausbildungsgrad individuell angepasst werden.(36)

Aufgrund der niedrigen Kosten ist das Üben an nicht-Tier Modelle eine effiziente und elegante Art die Grundfertigkeiten der Mikrochirurgie zu erlernen.

Zusammenfassend lässt sich behaupten, dass durch die Anwendung der oben genannten Methoden die Verwendung von Lebeltierpräparaten in der mikrochirurgischen Ausbildung nicht essentiell ist. (22)

3 Studie

3.1 Einleitung

Viele Chirurgen/innen bevorzugen es, während Operationen Musik zu hören. Ullmann et al. berichteten, dass das OP-Personal, sowohl Krankenpfleger/schwestern als auch Chirurgen/innen, regelmäßig Musik hört. Darüber hinaus gaben 79% an, dass sie sich dadurch ruhiger und effizienter fühlen. (5). Einige Studien untersuchten die Wirkung von Musik anhand objektiver Parameter mit überwiegend positiven Ergebnissen. Laut diesen Studien kann das Hören von Musik zu einer geringeren autonomen Reaktivität führen, was durch Messen von Puls und Blutdruck während chirurgischer Aufgaben bewertet wird. (37,38)

Darüber hinaus führten Lies und Zhang schichtweisen Wundverschluss an Schweinefüßen durch und zeigten, dass das Hören von Lieblingsmusik die Zeit die für den Wundverschluss benötigt wird verringert, und die Qualität des Wundverschlusses sich erheblich verbessert. (7)

Einige Studien weisen jedoch darauf hin, dass Musik die Kommunikation erschwert und zu Ablenkung, vor allem bei nicht chirurgischem Personal, führt. (38,39)

In Bezug auf mikrochirurgische Aufgabenstellungen enthält die Literatur nur eine Studie, in der berichtet wird, dass Musik die Führung der Instrumente verbessert. Diese Ergebnisse basierten auf Videoaufzeichnungen welche bei der Durchführung arterieller Anastomosen aufgenommen wurden, und mit Hilfe einer Bewegungsanalysesoftware bewertet wurden. (40)

Da in der aktuellen Literatur ausschließlich die Bewegungsanalyse als Kriterium behandelt wird, ist es das Ziel dieser Studie die möglichen Auswirkungen von Musik auf die Durchführung einer mikrochirurgischen arteriellen End-zu-End Anastomose zu untersuchen. Im Zuge der Studie wird sowohl die Performance der Chirurgen/innen, sowie die Qualität der Anastomose bewertet. Darüber hinaus wird nicht nur die Auswirkung von Musik auf professionelle Mikrochirurgen, sondern auch die möglichen Auswirkungen der Musik auf mikrochirurgisch unerfahrene Studenten/innen, anhand von objektiven Parametern gemessen.

3.2 Fragestellung und Ziel der Diplomarbeit

Zielsetzung dieser Diplomarbeit war es einen Einfluss von Musik auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in beim Anlegen einer arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose nachzuweisen.

3.2.1 Hauptfragestellung

Es wurde der Frage nachgegangen ob das Hören von Musik einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in beim Anlegen einer arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose, hat.

Nullhypothese (H₀): Das Hören von Musik hat keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in, beim Anlegen einer arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose.

Alternativhypothese (H_A): Das Hören von Musik hat einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des/der Chirurgen/in, beim Anlegen einer arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose.

3.2.2 Nebenfragestellung

Gibt es ein Korrelat zwischen subjektivem Empfinden und tatsächlicher Leistung?
(Arbeiten mit- oder ohne Musik)

3.3 Methodik

Die Studie bestand aus 30 Teilnehmern/innen, welche in 2 Kohorten zu je 15 Teilnehmern /innen aufgeteilt wurden.

Alle Teilnehmer/innen nähten im Zuge der Studie jeweils 2 arterielle End-zu-End Anastomosen an Hühnerschenkeln. Hühnerschenkel wurden auf Grund der Ähnlichkeit zu distalen menschlichen Arterien in Bezug auf Wandstärke, Durchmesser und histologische Eigenschaften ausgewählt.

Die erste Kohorte wurde von 15 Medizinstudenten/innen, welche keine weitere Erfahrung im Bereich der Mikrochirurgie vorwiesen, gestellt.

Den Medizinstudenten/innen wurden keinerlei Informationen bezüglich der Studie gegeben.

Es wurde lediglich ein mikrochirurgischer Trainingstag in einem mikrochirurgischen Ausbildungszentrum angeboten. Es wurde den Studenten/innen mitgeteilt, dass sie Kopfhörer und ein Gerät, welches ihnen ermöglicht ihre Lieblingsmusik abzuspielen, an diesem Trainingstag in das mikrochirurgische Ausbildungszentrum mitbringen sollen.

Vor dem Start der Studie erklärten sich alle Teilnehmer/innen bereit, an einer mikrochirurgischen Studie teilzunehmen, wurden aber nicht über den Hintergrund und Zweck der Studie aufgeklärt. Außerdem mussten alle Teilnehmer/innen der Studie bestätigen, dass sie zuvor noch niemals an einer mikrochirurgischen Fortbildung teilnahmen.

Folglich wurden die Studenten/innen zufällig einer nummerierten Arbeitsstation zugewiesen. Zusätzlich wurde das Alter sowie Geschlecht und die präferierte Musikrichtung jedes/r Studenten/in notiert.

Jede der Arbeitsstationen war mit einem stationären Zeiss®- Mikroskop, einem Standard-Mikrochirurgie-Set und 9-0-Nylon Nahtmaterial ausgestattet.

Der Nebenbetreuer dieser Studie, Dr.Stefan Froschauer, hielt einen Vortrag über die Einführung in die Mikrochirurgie.

Dieser Vortrag konzentrierte sich auf den korrekten Umgang mit mikrochirurgischen Instrumenten und auf die Technik der End-zu-End Anastomosennaht. Die

Femoralarterien der Hühnerschenkel wurden frei präpariert, und nach Anbringen eines Approximators auf das intakte Blutgefäß, wurde dieses durchtrennt. Dies war die Ausgangsposition, in welcher die Anlage der arteriellen End-zu-End Anastomose startete.

Jede/r Student/in nähte zuerst eine arterielle End-zu-End Anastomose als Übungsbasis. Im Zuge dessen unterstützten mehrere erfahrene Mikrochirurgen/innen die Teilnehmer/innen und standen für anfallende Fragen zur Verfügung.

Im zweiten Schritt erhielten die Studenten/innen einen weiteren Hühnerschenkel welcher mit einer zufälligen Zahl markiert war um die Auswertung der Anastomosen zu verblinden. Die Teilnehmer/innen wurden anhand ihrer Sitzposition randomisiert – Die Teilnehmer/innen mit ungeraden Nummern wurden instruiert die Anastomose mit ihrer Lieblingsmusik über ihre Kopfhörer durchzuführen. Die Studenten/innen mit geraden Nummern wurden aufgefordert ihre Kopfhörer nur in ihre Ohren zu stecken (ohne dabei Musik zu hören), um optische Voreingenommenheit zu verhindern. Die Studenten/innen wurden gebeten gleichzeitig mit der jeweils ersten Naht zu beginnen, und sich sofort zu melden sobald die Durchführung der arteriellen Anastomose abgeschlossen ist.

Nachdem alle Teilnehmer/innen die erste Anastomose beendet hatten, erhielt jede/r Student/in einen weiteren Hühnerschenkel, welcher ebenfalls mit einer zufälligen Zahl markiert war.

Die Studenten/innen wiederholten den Vorgang auf exakt die gleiche Weise wie bei der ersten Anastomose, nur wurde diesmal die Musik in umgekehrter Weise ein- oder ausgeschaltet.

Jene Teilnehmer/innen, welche die erste Anastomose mit Musik über ihre Kopfhörer durchführten, steckten sich nun die Kopfhörer nur zur Vermeidung optischer Verzerrung in die Ohren (ohne dabei Musik abzuspielen) – und umgekehrt.

Nach Abschluss der beiden Anastomosen wurden alle Teilnehmer/innen befragt, ob sie subjektiv lieber mit, oder ohne Musik arbeiteten. Während all dieser Schritte wurde keine weitere Hilfe durch die anwesenden Mikrochirurgen/innen gestellt.

Die zur Durchführung des Anastomoseverfahren benötigte Zeit wurde mit Hilfe einer Stoppuhr aufgezeichnet. Ein unabhängiger Prüfer, welcher ebenfalls Musik hörte,

um jegliche akustische Beeinträchtigung zu vermeiden, bewertete die Arbeitsleistung der Studenten/innen anhand der SMaRT-Skala (Stanford Microsurgery and Resident Training) (9-45 Punkte). Welches Präparat zu welchem/welcher Teilnehmer/in gehörte war nur mir bekannt, was positiv zur Verblindung der Studie beitrug.

Im nächsten Schritt wurden alle Präparate einem verblindeten Prüfer präsentiert, welcher die arteriellen End-zu-End Anastomosen aufschnitt, und die Fehler gemäß des ALI-Score (Anastomosis Lapse Index) bewertete.

Die zweite Kohorte bestand aus 15 professionellen Mikrochirurgen/innen (Assistenz- und Oberärzte/innen der Unfallchirurgie und der plastischen Chirurgie). Abgesehen von der Einführung in die Mikrochirurgie wurde streng anhand des oben beschriebenen Studienprotokolls gearbeitet. Die Teilnehmer/innen konnten ebenfalls eine Anastomose auf Probebasis durchführen, und anschließend wurde die Kohorte in zwei Gruppen (mit und ohne Musik) für die Durchführung der ersten Anastomose getrennt.

Bei Durchführung der zweiten Anastomose wurde das exakt gleiche Verfahren durchgeführt, und die Musik wurde diesmal wiederum in umgekehrter Weise ein- oder ausgeschaltet. Die für die Durchführung der Verfahren benötigte Zeit wurde notiert, und ein unabhängiger Prüfer bewertete die Leistung der Teilnehmer/innen anhand der Smart-Skala.

Die Anastomose wurden von einem unabhängigen Prüfer aufgeschnitten und getrennt bewertet. Auch die erfahrenen Mikrochirurgen/innen wurden befragt ob sie subjektiv lieber mit, oder ohne Musik arbeiten.

3.3.1 Statistische Methoden

Normalverteilte Daten werden in Form von Mittelwert (+/- Standardabweichung) und nicht normalverteilte Daten mittels Median (Range min – max) dargestellt. Alle statistischen Analysen wurden mittels SPSS von IBM® (Version 24) durchgeführt. Um die Zeit zur Durchführung, SMaRT-Skalen und ALI-Scores mit und ohne Musik zu vergleichen wurde ein gepaarter T-Test verwendet.

Die potenzielle Korrelation zwischen subjektiver Präferenz, ob lieber mit oder ohne Musik gearbeitet wurde, und der Zeit für die Durchführung, der SMaRT-Skala und dem ALI-Score wurde durch binäre logistische Regressionsanalyse untersucht. Ein Wert von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen.

3.4 Material

3.4.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Kohorte 1: Medizinstudenten/innen

Potentielle Teilnehmer/innen für diese Kohorte waren alle Medizinstudenten/innen, welche sich bereit erklärten an diesem Trainingstag der Mikrochirurgie teilzunehmen.

Aus der Studie ausgeschlossen waren: Medizinstudenten/innen, welche bereits Erfahrungen in der Mikrochirurgie hatten.

Kohorte 2: professionelle Mikrochirurgen

Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie (Kohorte 2) war eine komplette mikrochirurgische Ausbildung im MAZ (mikrochirurgisches Ausbildungszentrum Linz) mit vollständig absolvierter mikrochirurgischer Fortbildung.

3.4.2 Untersuchte Parameter

Zeit

Die Zeit die für die Durchführung der Anastomosen benötigt wurde, wurde aufgezeichnet

Performance

Die Performance der Teilnehmer/innen während des Nähens wurde mit Hilfe der SMaRT-Skala (Stanford Microsurgery and Resident Training) bewertet.

Qualität

Die Qualität der Anastomosen wurde anhand des ALI-Scores (Anastomosis Lapse Index) bewertet.

Subjektives Befinden

Es wurde notiert ob der/die jeweilige Teilnehmer/in subjektiv lieber mit- oder ohne Musik arbeitete.

3.4.3 Beschreibung des Datensatzes

In die vorliegende Studie wurden insgesamt 30 Teilnehmer/innen eingeschlossen. Diese 30 Teilnehmer/innen wurden in zwei Kohorten aufgeteilt, wobei eine Kohorte aus Medizinstudenten/innen, und die andere aus erfahrenen Mikrochirurgen/innen bestand.

4 Ergebnisse – Resultate

4.1 Medizinstudenten/innen

In die Studentenkohorte (n=15) wurden acht Frauen und sieben Männer einbezogen. Das Durchschnittsalter betrug 23 Jahre und 11 Monate (22-27 Jahre). Die von den Medizinstudenten/innen ausgewählten Musikrichtungen waren Chartmusik (n=5), alternative Musik, Klassik, Sleep-Playlist, Hip-Hop, Instrumentalmusik, Loungemusik, Partymusik und Rhythm and Blues (n=1 für jede Musikrichtung).

Bezüglich der subjektiven Präferenzbeurteilung nach Durchführung aller Anastomosen, bevorzugten vier Studenten/innen Stille und die anderen elf arbeiteten gerne mit Musik.

	Studenten/innen
Alter	23,9 (22-27)
Frauen/Männer	8/7
Subjektive Präferenz (mit/ ohne Musik)	11/4

Tabelle 1: Alter, Geschlechterverteilung und subjektive Präferenz der Medizinstudenten/innen

Es zeigte keiner der untersuchten Parameter einen signifikanten Unterschied zwischen dem Ausführen der arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose mit oder ohne Musik.

Die durchschnittliche Zeit zur Durchführung einer Anastomose betrug ohne Musik 51,8 Minuten ($\pm 11,3$) und mit Musik 52,1 Minuten ($\pm 14,3$) ($p=0,961$). (Abb. 20)

Der mittlere ALI-Score ohne Musik betrug 7,1 ($\pm 2,2$).

Mit Musik war der ALI-Score 7,5 ($\pm 3,0$).

Dies ergibt einen p-Wert von 0,574, und deutet auf keinen signifikanten Unterschied hin. (Abb. 21)

In Bezug auf die Performance betrug der durchschnittliche SMaRT -Skalenwert für Teilnehmer die in Stille arbeiteten 27,5 ($\pm 6,6$), während der SMaRT-Wert für Teilnehmer die Musik arbeiteten bei 27,1 ($\pm 7,0$) lag. (Abb. 22)

Es gab auch kein Korrelat zwischen den zu untersuchenden Parametern und der subjektiven Präferenz der Medizinstudenten. ($p > 0,5$).

4.2 Erfahrene Mikrochirurgen/innen

Die professionelle Kohorte ($n=15$) bestand aus neun Assistenzärzten/innen der Unfallchirurgie, zwei Assistenzärzten/innen der plastischen Chirurgie, drei Oberärzten/innen der Unfallchirurgie und einem Oberarzt der ästhetischen Chirurgie.

Alle Teilnehmer/innen dieser Kohorte durchliefen in ihrer Laufbahn eine mikrochirurgische Ausbildung und führen regelmäßig mikrochirurgische Eingriffe an echten Patienten/innen im Operationssaal durch. Es gab drei weibliche und zwölf männliche Teilnehmer/innen mit einem Durchschnittsalter von 34,4 Jahren (26-54 Jahre). Die ausgewählten Musikrichtungen zeigten eine breite Palette einschließlich Rockmusik ($n=5$), alternative Rockmusik ($n=2$), klassische Musik, elektronische Musik, Hip-Hop, House-Music, italienische Hits, Jazzmusik, Reggae und Techno ($n=1$ für jede Musikrichtung).

In Bezug auf die subjektive Präferenzbewertung bevorzugten acht Chirurgen/innen die Arbeit ohne Musik, während sieben Profis vorzugsweise mit Musik arbeiteten.

	Profis
Alter	34,4 (26-54)
Frauen/Männer	2/13
Subjektive Präferenz (mit / ohne Musik)	7/8

Tabelle 2: Alter, Geschlechterverteilung und subjektive Präferenz der professionellen Mikrochirurgen/innen

Beim Vergleich der Ergebnisparameter von mit und ohne Musik genähten Anastomosen konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die durchschnittliche Zeit zur Fertigstellung einer Anastomose betrug 19,3 Minuten ($\pm 5,5$) ohne Musik und 20,3 Minuten ($\pm 5,4$) mit Musik ($p=0,434$). (Abb. 20)

In Bezug auf die Anastomosenqualität betrug der ALI-Wert, für Teilnehmer/innen die in Stille arbeiteten, 1,7 ($\pm 1,3$), und für jene, die mit Musik nähten 2,1 ($\pm 1,3$) ($p=0,320$). (Abb. 21)

Der mittlere SMaRT-Skalenwert, für Teilnehmer/innen, die ohne Musik arbeiteten, betrug 40,6 ($\pm 3,0$), während der für Teilnehmer/innen, die mit Musik arbeiteten bei 41,1 ($\pm 2,9$) ($p=0,432$) lag. (Abb. 22)

Die binäre logistische Regressionsanalyse ergab jedoch eine statistisch signifikante Korrelation zwischen subjektiver Präferenz der Teilnehmer/innen für Hintergrundmusik und hohen SMaRT-Werten. ($p=0,044$)

Dies bedeutet, dass Chirurgen/innen, welche subjektiv gerne mit Musik arbeiteten, auch tatsächlich höhere SMaRT-Werte aufwiesen.

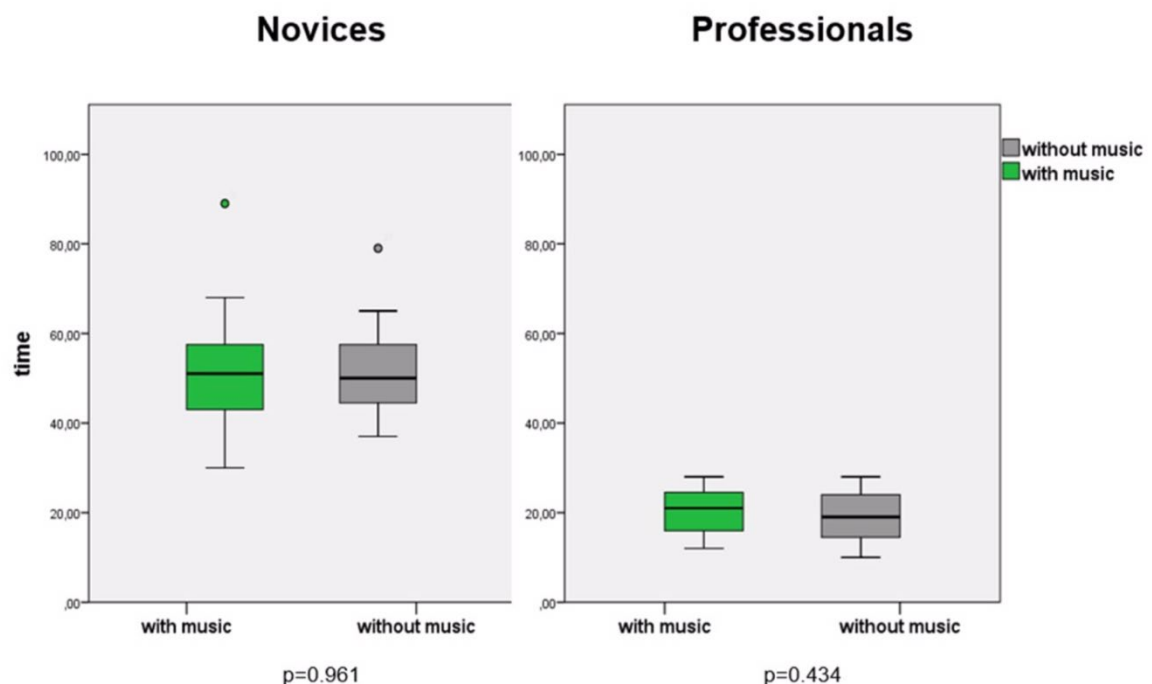


Abbildung 23: Zeit für die Durchführung der Anastomose bei Studenten/innen und Profis

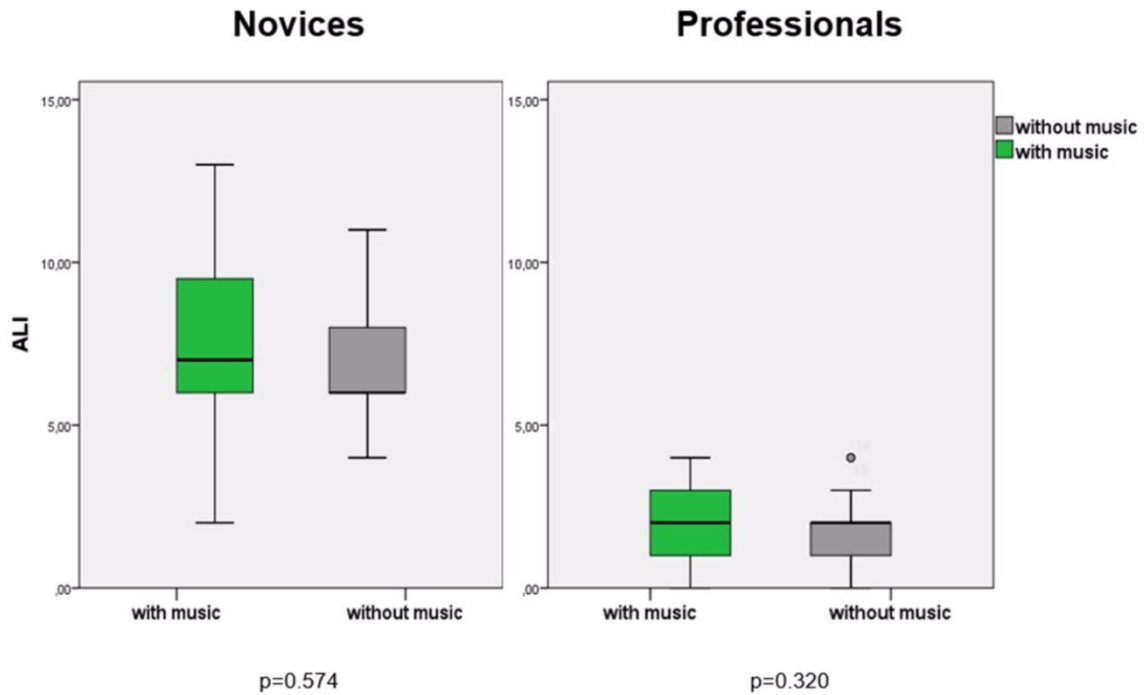


Abbildung 24: ALI-Score der Studenten/innen und Profis mit/ohne Musik

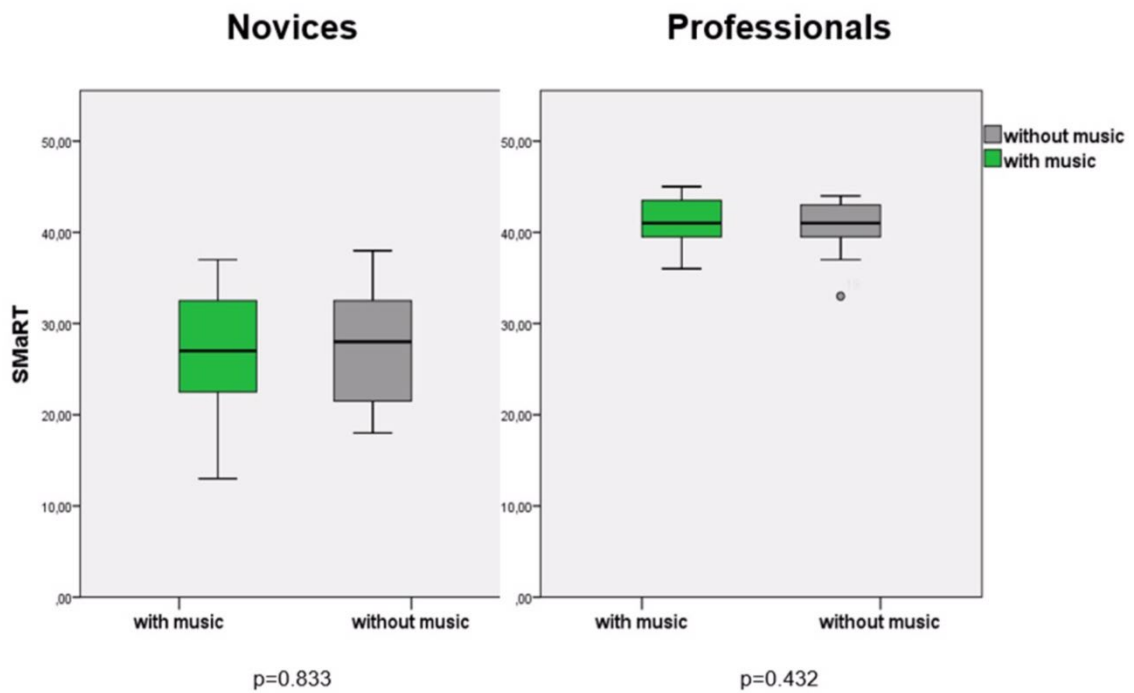


Abbildung 25: SMaRT-Werte der Studenten/innen und Profis mit/ohne Musik

5 Diskussion

Die Durchführung einer arteriellen mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose erfordert höchste Konzentration und präzise motorische Fertigkeiten von einem/einer Mikrochirurgen/Mikrochirurgin.

Folglich hat jeder Faktor, welcher diese Attribute möglicherweise verbessern kann, eine erhebliche Auswirkung. Im Sport wird dieses Konzept als „Aggregation of marginal goals“ bezeichnet. Es bedeutet, dass man sich auf die Suche nach winzigen Verbesserungsspielräumen in allen möglichen Aspekten einer Aufgabe macht, und somit eine bemerkenswerte Steigerung der Gesamtleistung erzielt.

Dementsprechend kann dieses Prinzip für die Mikrochirurgie übernommen werden, da jedes kleinste verbesserte Detail dieses äußerst präzisen Faches, zu kürzeren Operationszeiten sowie qualitativ hochwertigeren Anastomosen führen kann. Dazu passend zeigt die Literatur, dass durch orale Einnahme einer geringen Dosis an Propanolol und durch Vermeidung von Koffein, Fasten oder Schlafentzug vor chirurgischen Eingriffen, eine bessere chirurgische Fingerfertigkeit erzielt werden kann. (41–43)

Wenn man einen Blick auf die Wirkung von Musik auf den Menschen wirft, wurde bereits festgestellt, dass eine Korrelation zwischen Musik und dem autonomen System besteht. Studien haben gezeigt, dass Musik die Herzfrequenz sowie den Blutdruck senken kann. (44–46)

Obwohl in Operationssälen häufig Musik abgespielt wird, gibt es nur wenig Daten bezüglich der Auswirkungen von Musik auf Chirurgen/innen.

Aufgrund des Mangels an wissenschaftlichen Arbeiten, zur Untersuchung der Auswirkungen von Musik auf den/die Mikrochirurgen/Mikrochirurgin, hielt ich die Durchführung der vorliegenden Studie für unabdingbar. Die durchgeführten Untersuchungen legen nahe, dass Musik im Allgemeinen die mikrochirurgischen Fähigkeiten und Leistungen der Chirurgen/innen nicht verbessert. Jedoch liegt der entscheidende Punkt in der subjektiven Präferenz, ob man lieber in Stille oder mit laufender Musik arbeitet. So wurde veranschaulicht, dass Chirurgen/innen welche subjektiv lieber mit Musik arbeiteten, eine signifikant bessere Leistung anhand der SMaRT-Skala erreichen konnten, als ohne Musik. Umgekehrt zeigten

Teilnehmer/innen, welche subjektiv lieber in Stille arbeiteten, mit Musik eine schlechtere Performance, anhand der SMaRT-Skala, als ohne.

Die Ergebnisse werden durch eine Studie von Miskovic et al. bestätigt, aus der hervorgeht, dass Teilnehmer/innen ohne laparoskopische Vorerfahrung, nur dann schnellere und bessere Ergebnisse mit Hintergrundmusik erzielen, wenn sie die Musik als angenehm empfinden. (47)

In der medizinischen Literatur gibt es nur eine Studie, welche sich mit dem Zusammenhang zwischen Musik und Mikrochirurgie befasst. Shakir et al. bewerteten die Wirkung von Musik auf die Durchführung von End-zu-End Anastomosen mit Hilfe eines Bewegungsverfolgungssystems und einer Bewegungsanalysesoftware. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen kommen sie zu dem Schluss, dass Lieblingsmusik im Allgemeinen ein positiver Einfluss im Operationssaal ist, ohne zu berücksichtigen, ob die Teilnehmer/innen es subjektiv präferierten, mit Musik zu arbeiten oder nicht. (40)

Einige Studien berichten auch über nachteilige Auswirkungen von Musik wie beeinträchtigte Kommunikation oder geminderte Aufmerksamkeit.

Diese Auswirkungen wurden jedoch nur bei nicht-chirurgischem Personal (Anästhesisten/innen, chirurgische Krankenschwestern/pfleger) untersucht. (37–39,48)

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen zudem, dass Musik absolut keinen Effekt auf die Kohorte der Studenten/innen zeigte. Es wird davon ausgegangen, dass Musik die Leistung der Medizinstudenten/innen weder verbesserte noch verschlechterte, da das Durchführen einer End-zu-End Anastomose eine derart komplexe und anspruchsvolle Aufgabe darstellt, bei der die gesamte Aufmerksamkeit auf visuelle Aspekte und Bewegungsabläufe gerichtet ist.

Daher ist empfehlenswert, dass das Prinzip des vorher erwähnten „aggregation of marginal goals“, nur zur Anwendung kommt, wenn bereits ein gewisses Fähigkeitslevel in der Mikrochirurgie erreicht wurde. Diese Erkenntnisse werden durch die Studie von Lies et al. bestätigt, welche feststellte, dass Musik eine vernachlässigbare Wirkung auf ihre unerfahrensten Studienteilnehmer/innen hatte. (7)

Darüber hinaus wies die Studierendekohorte eine breite Streuung aller drei untersuchten Parameter auf. Daraus wird der Schluss gezogen, dass Talent in der Mikrochirurgie, bei Studenten/innen ohne mikrochirurgische Vorerfahrung, einen einflussreichen Faktor darstellt.

Die vorliegende Studie weist natürlich auch einige Einschränkungen auf. Vor Allem ist es überaus schwierig die Bedingungen eines echten Operationssaales nachzustellen.

Es wird natürlich anerkannt, dass das Musikhören mit Kopfhörern in einer echten Operationssaalumgebung eher ungewöhnlich ist. Dies musste jedoch geschehen um die Auswertung der SMaRT-Skala zu verblinden, und jedem/jeder Teilnehmer/in die Auswahl seiner persönlichen Lieblingsmusik zu ermöglichen. Darüber hinaus bleiben die SMaRT-Skala und der ALI-Score subjektive Parameter, obwohl alle möglichen Maßnahmen ergriffen wurden, um mögliche Verzerrungen zu vermeiden. Auch die Reihenfolge, in welcher die Anastomosen durchgeführt wurden (mit oder ohne Musik), könnte einen potenziellen Einfluss auf das Endergebnis haben. Aus diesem Grund konnten beide Kohorten zum „Aufwärmen“ eine Probeanastomose anlegen, um sich mit dem Arbeitsumfeld, dem Material und den Vorbereitungen vertraut zu machen. Schließlich zeigte die Studie, dass Musik eine unterstützende Wirkung auf den/die Chirurgen/in haben kann, wenn dieser während der Operation Musik hören will. Ich gehe davon aus, dass diese Studie zu mehr Forschung bezüglich dieses kontroversen Themas anregen wird.

5.1 Fazit

Die Studie zeigt, dass Musik im Operationssaal die Leistung von Chirurgen/innen beim Anlegen einer mikrochirurgischen End-zu-End Anastomose verbessern kann, aber nur wenn sie subjektiv bevorzugen mit Musik zu arbeiten.

Darüber hinaus weist die Studie darauf hin, dass Musik keinerlei Auswirkungen auf Anfänger/innen der Mikrochirurgie hat.

6 Literaturverzeichnis

1. "Musik und Gesundheit: Welche Musik hilft welchem Patienten – welche eher nicht?" (Dtsch Med Wochenschrift 2009; 134: 2606).
2. Bernardi L, Porta C, Casucci G, Balsamo R, Bernardi NF, Fogari R, et al. Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and cerebral rhythms in humans. *Circulation*. 2009;119(25):3171–80.
3. Kaempff G, Amodei ME. The Effect of Music on Anxiety. *AORN J*. 1989;50(1):112–8.
4. Huang RH, Shih YN. Effects of background music on concentration of workers. *Work*. 2011;38(4):383–7.
5. Ullmann Y, Fodor L, Schwarzberg I, Carmi N, Ullmann A, Ramon Y. The sounds of music in the operating room. *Injury*. 2008;39(5):592–7.
6. Roka YB. Music in the operating theatre: to listen or not to listen remains a question? *Nepal J Neurosci*. 2019;16(1):1–2.
7. Lies SR, Zhang AY. Prospective randomized study of the effect of music on the efficiency of surgical closures. *Aesthetic Surg J*. 2015;35(7):858–63.
8. Kneser U, Horch RE, Lehnhardt M. *Grundkurs Mikrochirurgie*. 2016. 394 p.
9. Zimmer HG. St.Cosmas und St.Damian: Aufsehenerregende Wunderheilungen. *Dtsch Arztebl*. 2001;(33).
10. Mavrogenis AF, Markatos K, Saranteas T, Ignatiadis I, Spyridonos S, Bumbasirevic M, et al. The history of microsurgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 2019;29(2):247–54. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00590-019-02378-7>
11. Ikuta Y. History of microsurgery. *Telemicrosurgery Robot Assist Microsurg*. 2013;1960:1–14.
12. Buncke HJ. Forty years of microsurgery: What's next? *J Hand Surg Am*. 1995;20(3 PART 2):34–45.
13. Rukosujew A, Fugmann M, Scheld HH. Technik der gef????anastomose: Ein blick in die geschichte der entwicklung. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;54(3):145–9.
14. Lüllmann-Rauch R. *Taschenlehrbuch Histologie*. 4.Auflage. 2012.
15. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U. *Thieme Atlas of Anatomy*. 2005.
16. Satterwhite T, Son J, Carey J, Echo A, Spurling T, Paro J, et al. The

- stanford microsurgery and resident training (SMaRT) scale: Validation of an on-line global rating scale for technical assessment. *Ann Plast Surg.* 2014;72(SUPPL. 1):84–8.
17. Ghanem AM, Al Omran Y, Shatta B, Kim E, Myers S. Anastomosis Lapse Index (ALI): A Validated End Product Assessment Tool for Simulation Microsurgery Training. *J Reconstr Microsurg.* 2016;32(3):233–41.
 18. Daigeler A, Kaempfen A, Beier JP, Arkudas A, Horch RE, Schaefer DJ, et al. Mikrochirurgische aus- und weiterbildung bericht des consensus-workshops im rahmen der 31. jahrestagung der deutschsprachigen gemeinschaft für mikrochirurgie der peripheren nerven und gefäße 2009 in erlangen. *Handchirurgie Mikrochirurgie Plast Chir.* 2010;42(4):273–6.
 19. Kolbenschlag J, Gehl B, Daigeler A, Kremer T, Hirche C, Vogt PM, et al. Microsurgical Training in Germany - Results of a Survey among Trainers and Trainees. *Handchirurgie Mikrochirurgie Plast Chir.* 2014;46(4).
 20. Ming Leung CC, Ghanem AM, Tos P, Ionac M, Froschauer S, Myers SR. Towards a global understanding and standardisation of education and training in microsurgery. *Arch Plast Surg.* 2013;40(4):304–11.
 21. Myers SR, Froschauer S, Akelina Y, Tos P, Kim JT, Ghanem AM. Microsurgery training for the twenty-first century. *Arch Plast Surg.* 2013;40(4):302–3.
 22. Schöffl H, Froschauer SM, Dunst KM, Hager D, Kwasny O, Huemer GM. Strategies for the reduction of live animal use in microsurgical training and education. *ATLA Altern to Lab Anim.* 2008;36(2):153–60.
 23. S. R, A.M. G, S.R. M. Assessment of microsurgery competency-where are we now? *Microsurgery* [Internet]. 2013;33(5):406–15. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L52604282%0Ahttp://dx.doi.org/10.1002/micr.22111>
 24. A.M. G, N. H-H, C.C. ML, S.R. M. A systematic review of evidence for education and training interventions in microsurgery. *Arch Plast Surg* [Internet]. 2013;40(4):312–9. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L369424966%0Ahttp://www.e-aps.org/Synapse/Data/PDFData/2023APS/aps-40-312.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.5999/aps.2013.40.4.312>

25. Funatsu MK, Esteban D, Helene A, Hoyos MB. New training model for reconstructive microsurgery [19]. *Plast Reconstr Surg.* 2005;116(2):692–4.
26. Derman GH, Schenck RR. Microsurgical technique. *Fundamentals of the microsurgical laboratory.* *Orthop Clin North Am.* 1977;8(2):229–48.
27. Lorenzo AR, Alvarez A, Garcia-Barreiro J, Centeno A, Lopez E, Martelo F. Design and creation of an experimental program of advanced training in reconstructive microsurgery. *Microsurgery.* 2006;26(6):421–8.
28. Akelina Y. Applying the “3 Rs”: Training course in surgical techniques. *Lab Anim (NY).* 2003;32(1):41–4.
29. Green CJ. Microsurgery in the clinic and laboratory. *Lab Anim.* 1987;21(1):1–10.
30. Blain B, Zhang F, Jones M, Richards L, Fischer K, Dorsett-Martin W, et al. Vascular grafts in the rat model: An anatomic study. *Microsurgery.* 2001;21(3):80–3.
31. Karl P, Tilgner-Peter A. Experimental microsurgery of vessels and nerves of laboratory animals and their importance for plastic surgery. *Z Exp Chir.* 1979;12(6):368–78.
32. Quinlan DK, De Villiers KQ. The organization of a microsurgical unit. *South African Med J.* 1982;62(9):281–4.
33. Govila A. A simple model on which to practise microsurgical technique: a fresh chicken. *Br J Plast Surg.* 1981;34(4):486–7.
34. Šušćur D, Konstantinović P, Potparić Z. Fresh chicken leg: an experimental model for the microsurgical beginner. *Br J Plast Surg.* 1981;34(4):488–9.
35. Hou SM, Urbaniak JR. Use of the surgical glove in microsurgery. *J Reconstr Microsurg.* 1987;4(1):45–8.
36. Freys SM, Koob E. [Education and training in microsurgery without experiments on live animals]. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 1988;20(1):11–116.
37. Allen K, Blascovich J. Effects of Music on Cardiovascular Reactivity Among Surgeons. *JAMA J Am Med Assoc.* 1994;272(11):882–4.
38. Moris DN, Linos D. Music meets surgery: Two sides to the art of “healing.” *Surg Endosc.* 2013;27(3):719–23.
39. Hawksworth C, Asbury AJ MK. Music in theatre: Not so harmonious. A survey of attitudes to music played in the operating theatre. *Anaesthesia*

- 1997; 52(1):79–83.
40. Shakir A, Chattopadhyay A, Paek LS, McGoldrick RB, Chetta MD HK et al. The Effects of Music on Microsurgical Technique and Performance: A Motion Analysis Study. *Ann Plast Surg* 2017; 78(5 Suppl 4):S243-S247.
 41. Fargen KM, Turner RD, Spiotta AM. Factors That Affect Physiologic Tremor and Dexterity during Surgery: A Primer for Neurosurgeons. *World Neurosurg.* 2016;86:384–9.
 42. Quan V, Alaraimi B, Elbakbak W, Bouhelal A, Patel B. Crossover study of the effect of coffee consumption on simulated laparoscopy skills. *Int J Surg.* 2015;14:90–5.
 43. Urso-Baiarda F, Shurey S, Grobbelaar AO. Effect of caffeine on microsurgical technical performance. *Microsurgery.* 2007;27(2):84–7.
 44. Fallek R, Corey K, Qamar A, Vernisie SN, Hoberman A, Selwyn PA, et al. Soothing the heart with music: A feasibility study of a bedside music therapy intervention for critically ill patients in an urban hospital setting . *Palliat Support Care.* 2019;1–8.
 45. Smolen D, Topp R, Singer L. The Effect of Self-Selected Music during Colonoscopy on Anxiety, Heart Rate, and Blood Pressure. *Appl Nurs Res.* 2002;15(3):126–36.
 46. JF B, KA S. Effect of a music intervention on noise annoyance, heart rate, and blood pressure in cardiac surgery patients. *Am J Crit Care [Internet].* 1997;6(3):183–91. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=107325595&site=ehost-live>
 47. Miskovic D, Rosenthal R, Zingg U, Oertli D, Metzger U, Jancke L. Randomized controlled trial investigating the effect of music on the virtual reality laparoscopic learning performance of novice surgeons. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2008;22(11):2416–20.
 48. Narayanan A, Gray AR. First, do no harmony: An examination of attitudes to music played in operating theatres. *N Z Med J.* 2018;131(1480):68–74.

