



Fakultät für Medizin

Klinik für Plastische-, Rekonstruktive-, Hand- und Verbrennungschirurgie
Städtisches Klinikum München- Bogenhausen

Einfluss der V.A.C.®- Therapie auf die Zirkulation von freien Muskellappenplastiken

Anian Simon Künlen

Vollständiger Abdruck der von der
Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfende der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. med. univ. Milomir Ninkovic
2. Prof. Dr. Hans-Günther Machens

Die Dissertation wurde am 17.08.2018 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 20.02.2019 angenommen.

Widmung:

Meinen Eltern: Christine und Mathias
Meinen Schwestern: Laura und Fee
Meinen Großeltern: Hilde und Hermann, Helga und Hans

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	8
1.1.Geschichte der Lappentransplantate	8
1.2.Historie der Mikrochirurgie.....	11
1.3.Lappen-Klassifikationen.....	13
1.4.Musculus Gracilis-Lappen.....	14
2.Zielsetzung und Fragestellung	22
3.Patienten und Methoden	23
3.1.Untersuchungskollektiv	23
3.2.Untersuchungsmethoden	24
3.2.1.V.A.C.®-System	24
3.2.2.O2C®-System	31
3.2.3.Medistim.....	34
3.2.4.Cook-Swartz® Doppler-Sonde	38
3.2.5.Artec 3-D Scanner	43
3.3.Statistische Auswertung	45
3.4.Messparameter.....	46
4.Ergebnisse.....	47
4.1.Geschlechterverteilung	47
4.2.Alter der Patienten	48
4.3.Begleiterkrankungen.....	48
4.3.1.Diabetes mellitus	48
4.3.2.Hypertension.....	48
4.3.3.Hypercholesterämie	49
4.4.Raucher	49
4.5.Ischämiezeit	49
4.6.V.A.C.®-Aspirat Menge	50
4.7.Anastomosen	51
4.8.Referenzmessung.....	52
4.9.Komplikationen	52
4.10.Hämodynamische Parameter	53
4.10.1.Intraoperative hämodynamische Parameter.....	53
4.10.2.Hämodynamische Parameter an Tag 0	55

4.10.3.Hämodynamische Parameter an Tag 3	57
4.10.4.Hämodynamische Parameter an Tag 5	59
4.11.Messergebnisse der Mikro-, Makrozirkulation sowie der Lappenvolumina.....	61
4.11.1.1.Sauerstoff (SO ₂)	61
4.11.1.2.SO ₂ -Differenzmessungen.....	63
4.11.1.3.SO ₂ -Verlauf.....	64
4.11.2.1.Hämoglobin (Hb).....	66
4.11.2.2.Hb-Differenzmessungen	67
4.11.2.3.Hb-Verlauf.....	69
4.11.3.1.Mikroflow (Flow).....	70
4.11.3.2.Flow-Differenzmessungen.....	72
4.11.3.3.Flow im Verlauf.....	73
4.11.4.1.Makroflowmessungen während Aktivierung	75
4.11.5.1.Makroflow	76
4.11.5.2.Makroflow Differenzmessungen	79
4.11.5.3.Makroflow im Verlauf.....	82
4.11.6.1.Volumenmessungen.....	83
4.11.6.2.Volumen-Differenzmessungen	85
4.11.6.3.Volumenmessungen im Verlauf	88
5.Diskussion	90
6.Zusammenfassung	94
7.Tabellenverzeichnis	95
8.Abbildungsverzeichnis	99
9.Literaturverzeichnis	102
10.Anhang.....	106
11.Danksagung	112

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
art.	arteriell
asypm.	asymptotisch
AU	Arbitrary Unit (Messeinheit)
BMF	Blood mimick fluid (Blut- ähnliche Flüssigkeit)
bpm	beats per minute (Schläge pro Minute)
bzw.	beziehungsweise
bzgl.	bezüglich
ca.	circa
Ch.	Charrière (Messeinheit für Drainagen)
CL	confidence limit (Konfidenz Limit)
cm/s	Centimeter/Sekunde (Einheit für Geschwindigkeit)
3-D	dreidimensional
D0	Day 0 (Tag 0)
D3	Day 3 (Tag 3)
D5	Day 5 (Tag 5)
D14	Day 14 (Tag 14)
et al.	et alii/ et aliae/ et alia (und Andere)
exact.	exakt
Fa.	Firma
FDA	Food and Drug Administration (amerikanische Bundesbehörde für Medikament und Nahrungsmittel)
geb.	geboren
gest.	gestorben
Inc.	Incorporated
mm ³	Kubikmillimeter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule (Messeinheit für Druck)
M.	Musculus (Muskel)
MHz	Megahertz (Einheit für Lautstärke)
min	Minute
ml/min	Milliliter/Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter

m/s	Meter/Sekunde
N-V.A.C.®-Group	Non-Vacuum-assisted-therapy-Gruppe
N	Number (Anzahl)
N.	Nervus (Nerv)
o.b.	oben beschrieben
OP	Operation
p	Signifikanzwert
PI	Pulsatility Index
Priv.-Doz.	Privat-Dozent
rHb	relativer Hämoglobingehalt
®	restricted
Prof.	Professor
SD	Standard deviation (Begriff aus Statistik)
s.	siehe
sec.	Sekunde
SHT(s)	Spalthauttransplantat(e)
Sig.	Signifikanz
sog.	sogenannte
SO ₂	Sauerstoffsättigung
s.u.	siehe unten
µm	Mikrometer
TU	Technische Universität
U.S.A.	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
USB	Universal Serial Bus
V.	Vena (Vene)
V.A.C.®	Vacuum-assisted-therapy (Vakuum-Unterdruck-Therapie)
V.A.C. ®- Group	Vacuum-assisted-therapy-Gruppe
v. Chr.	vor Christus
ven.	venös
z.B.	zum Beispiel

Im nachfolgenden Text wird aus Gründen einer leichteren Lesbarkeit nur die männliche Form verwendet.

Die Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

1. Einleitung

Seit langem besteht das Bestreben, Weichteildefekte des menschlichen Körpers mit körpereigenen Muskellappenplastiken zu verschließen. Besonders in den letzten 25 Jahren hat die plastische Chirurgie in der Rekonstruktion von Weichteildefekten, verursacht durch Unfälle, Tumore oder auch angeborener Genese große Fortschritte gemacht. Nach wie vor gibt es unterschiedliche Meinungen, wie die postoperative Nachbehandlung von Patienten mit einem Muskellappentransfer aussehen soll. Welchen Einfluss die V.A.C.®-Therapie auf die Mikro- und Makrozirkulation, sowie Ödementwicklung auf freie Gracilis- Muskellappenplastiken hat, ist die zentrale Fragestellung dieser Doktorarbeit.

1.1. Geschichte der Lappentransplantate

Der Verschluss von Weichteildefekten des Körpers mit Hautlappen bzw. Muskeltransplantationen geht bis in das sechste Jahrhundert v. Chr. auf Susutra, einem Arzt aus dem nordindischen Varanasi, zurück: Er galt als „Vater der Chirurgie“ und führte rund 300 verschiedene Operationen durch, darunter auch die Übertragung von Haut auf ein beschädigtes Ohr. Das Buch Sushruta Samhita, darin sind 120 chirurgische Instrumente aufgezählt, gilt als ältestes Werk der plastischen Chirurgie überhaupt. [3,22,46] Stirnlappen einzusetzen, was später als indische Nasenplastik bekannt wird, kommt vermutlich erst später auf.

Der mündlichen Überlieferung nach führte Branca der Ältere, ein Mediziner aus Sizilien, in der ersten Hälfte des 15ten Jahrhunderts die gestielte Nahlappenplastik durch, indem er mit einem Hautlappen aus dem Gesicht einen Nasendefekt verschloss. [50] Sein Sohn Antonio Branca entwickelte das Verfahren weiter und deckte, um weitere Verunstaltungen im Gesicht zu verhindern, gleichen Defekt mit einem Hautlappen aus dem Oberarm (Distanzlappen). [29] Um eine kontinuierlicher Durchblutung des Lappens zu gewährleisten, wurde die Nase am Oberarm angeheftet und nach zwei bis drei Wochen wieder abgetrennt. Die Nasenplastik wurde bei Kriegsverletzungen sowie beim Syphilis Befall der Nase eingesetzt. Laut Berichten von Zeitzeugen, Operationsberichte von Branca sind nicht vorhanden, behob er mit dieser Methode derartige Defekte ebenso an Lippen und Ohren.

Der deutsche Wundarzt und Chirurg Heinrich von Pfalzpaint, (geb.1400 in Pfalzpaint im Altmühltal, gest. 1466 unbekanntem Ort), beschrieb in drei Operationsschritten ebenfalls eine Nasenplastik, wo er aus dem Bizepswulst einen gestielten Fernlappen entnahm. [18]

Gaspare Tagliacozzi (geb. 1546 in Bologna, gest. 1599 in Bologna), galt als erster Vorreiter der plastischen Chirurgie in Europa: Auf ihn geht die Rekonstruktion von verstümmelten Lippen und Ohren zurück – bestehend aus sechs Teiloperationen innerhalb von drei bis vier Monaten. Seine Technik wurde 1586 erstmalig in einem Brief erwähnt und 1587 publiziert und als italienische Methode bekannt. Nachwievor wird diese Operationstechnik in abgeänderter Form eines Leistenlappens verwendet. [52,59]

Wenngleich vermutet wird, dass Giulio Cesare Arantius bereits vor Tagliacozzi diese Operationen durchführte und diesem die Anleitungen dazu gab, aber nichts schriftlich festhielt. [19] Ende des 17ten bis zum Anfang des 18ten Jahrhunderts stand die Nasenersatzplastik vor dem Aus. Gründe waren schlechte Ergebnisse, wie von Tagliacozzi beschrieben wurde, das Schrumpfen der Nase wegen fehlender knöcherner und knorpeliger Struktur.

Angeregt durch seinen Berliner Lehrer Johann Friedrich Dieffenbach (geb. 1792 in Königsberg, gest. 1847 in Berlin) forschte der Münchner Carl von Thiersch (geb. 1822 in München, gest. 1895 in Leipzig) intensiv an der Verbesserung der Plastischen Chirurgie. Die Rekonstruktion von Nasen, die ihre Form behalten, zählt zu seinen größten Operationserfolgen. [39]

Im Jahre 1889 publizierte Carl Manchot (geb. 1866 in Zürich, gest. 1932 in Gryon sur Bec) von der Kaiser-Wilhelms-Universität in Straßburg seine neusten anatomischen Ergebnisse. Dank dieser Erkenntnisse konnten große Fortschritte im Bereich der Lappenchirurgie erreicht werden konnten.

Es handelte sich dabei um anatomische Studien über „Hautarterien des menschlichen Körpers“.

Einige Jahre später nahm dessen früherer Schüler Johann Friedrich Esser (geb. 1877 in Leiden, gest. 1946 in Chicago) diese Erkenntnisse auf und beschrieb mithilfe des Wissens über die Arterienverläufe verschiedene Lappen im Kopf-, Halsbereich.

Aus diesem Wissen entstand ebenso der Begriff des sog. Insellappens.

Im Jahre 1896 verwendete der italienische Chirurg Iginio Tansini den axialen Musculus latissimus-dorsi Lappen zur Brustrekonstruktion nach einer kompletten Brustentfernung (radikale Mastektomie). [6,48]

12 Jahre später im Jahre 1906 wurde von Tansini erstmalig der M. latissimus dorsi-Lappen transplantiert.

Besonders Anfang des 19. Jahrhunderts wurde der Musculus latissimus dorsi-Lappen für Deckungen nach kompletter Brustentfernung verwendet.

1931 beschrieb Jaques Joseph, bekannt für seine Rhinoplastiken, einen medial gestielten axialen Pectoralis-Lappen, basierend auf Manchots (s.o.) Wissen. [16]

Bernhard Rudolf Konrad von Langenbeck (geb. 1810 in Padingbüttel, gest. 1887 in Wiesbaden) machte sich einen Namen im Bereich der Feldchirurgie, wo er große Erfolge erzielte. [16]

Erich Lexer (geb. 1867 in Freiburg im Breisgau, gest. 1937 in München-Solln), gilt als Begründer der Plastischen Chirurgie und führte eine freie Sehnen transplantation durch. Ebenso transplantierte er Knochen, Nerven, Gefäße und Fettgewebe. Er nahm jedoch Abstand von einer freien Muskeltransplantation. [32,53]

1966 führte der amerikanische Chirurg Harry Buncke (geb. 1922 in Iroquois Falls, gest. 2008 in San Francisco) einen mikrochirurgischen Zehentransfer am Affen durch. [5,35,49]

Dank mikrochirurgischer Methoden und damit einhergehender Blutversorgung des Transplantates können nun auch große Muskeln übertragen werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass die heutigen Methoden der freien Lappenplastiken den kosmetischen und rekonstruktiven Wünschen, die eine moderne Wiederherstellungschirurgie einfordert, entsprechen.

1.2. Historie der Mikrochirurgie

Ab den 1960er Jahren wurden in den USA sowie in China erstmals erfolgreich Replantationen der oberen Extremitäten sowie freie Zehen und Hauttransplantationen durchgeführt. [12] Ab 1970 wurden freie vaskularisierte Muskel-, Nerven und Knochentransplantate zwecks Rekonstruktion eingesetzt. [14] Seit den 1980er Jahren ist Mikrochirurgie verbreitet und gängiges Verfahren zur Defektsicherung. Laut Literatur hat die freie Lappenplastik Erfolgsquoten von 91 bis 99 Prozent. [27]

Unter dem Begriff Mikrochirurgie bezeichnet man die Chirurgie an sehr kleinen Gewebeseinheiten, wie z.B. Arterien, Venen, Nerven oder auch Lymphgefäßen. Mithilfe optischer Sehhilfen, wie z.B. Lupen oder Operationsmikroskopen lassen sich diese Eingriffe durchführen. Lupensysteme ermöglichen eine optische Vergrößerung um den Faktor 4, während Operationsmikroskope eine sechs- 40- fache Vergrößerung erreichen. Für das chirurgische Arbeiten stehen speziell angefertigtes, sehr feines Nahtmaterial, sowie Operationsbesteck zur Verfügung.



Abbildung 1: Darstellung eines Operationsmikroskops OPMI Pentero 900 der Firma Carl Zeiss
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

1.3. Lappen-Klassifikationen

Generell kann man Lappenplastiken in zwei unterschiedliche Gruppen einteilen.

Fasziocutane Lappen stellen die erste Gruppe dar.

Darunter versteht man einen Lappen, der aus Oberhaut (Epidermis), Lederhaut (Dermis), Subcutis (Unterhaut) und der darunterliegenden Muskelfaszie besteht.

Die beiden obersten Hautschichten zusammen werden als Cutis bezeichnet.

Unter dem Begriff Subcutis werden das lockere Bindegewebe und das Fettgewebe zusammengefasst.

Die Blutversorgung bei einem fasziokutanen Lappen kommt aus Gefäßen, die aus dem Muskel selber stammen und in die darüber liegende Muskelfaszie einwachsen.

Diese Blutgefäße werden somit mittransplantiert und gewähren eine suffiziente Blutversorgung des Lappens.

In die Gruppe der fasziokutanen Lappen werden der Radialislappen, der Skapula- und der Paraskapularlappen sowie der laterale Oberarmlappen gezählt. [25,44,56,61]

Myokutane Lappen stellen die zweite Gruppe dar.

Diese Lappen haben zusätzlich zu den oben genannten Schichten noch den unter der Muskelfaszie liegenden Muskel.

Die Blutversorgung dieses Lappens erfolgt ebenfalls durch die muskeleigenen Gefäße, welche in die Subcutis hineinwachsen.

Zu dieser Gruppe zählen der M. gracilis-Lappen, der M. latissimus dorsi-Lappen und der Transverse Rectus Abdominis Musculokutaneus-Lappen, der abgekürzt als TRAM-Lappen bezeichnet wird. [13,15,37]

Eine Sonderstellung nehmen die sogenannten Perforatorlappen ein.

Diese bestehen aus Cutis, Subcutis, dem darunterliegenden Fettgewebe und dem versorgenden Gefäßstiel.

Diese Lappenart wird von in der Regel mehreren Perforatoren versorgt, welche den Muskel, der unter dem Transplantat liegt, perforiert und dann in den Perforatorlappen oder durch Septen in die Oberhaut und in das darunterliegende Fettgewebe einzieht.

Zu diesen Lappen gehören der sog. „Deep Inferior Epigastric Artery Perforator“-Lappen (DIEP-Lappen) am Unterbauch, der „Anterolateral Thigh Perforator“-Lappen (ALTP-Lappen) am Oberschenkel, der „Superior Gluteal Artery Perforator“-Lappen (S-GAP-Lappen) sowie der „Thoracodorsal Artery Perforator“-Lappen (TDAP-Lappen). [31,17,58,64]

1.4. Musculus Gracilis-Lappen

Der M. Gracilis-Lappen stellt aufgrund seines breiten Anwendungsbereichs ein regelrechtes Arbeitspferd in der Rekonstruktiven Chirurgie dar, da er sowohl für die Wunddeckung, als auch als funktioneller Muskelerersatz dient.

Der M. Gracilis ist ca. 25 cm lang und hat eine Breite von ca. 6 cm proximal und 4 cm distal. Jedoch hängen diese Maße auch von der Größe des Patienten und von dessen körperlicher Konstitution ab.

Ebenso ist er bei Männern im Vergleich zu Frauen in der Regel breiter.

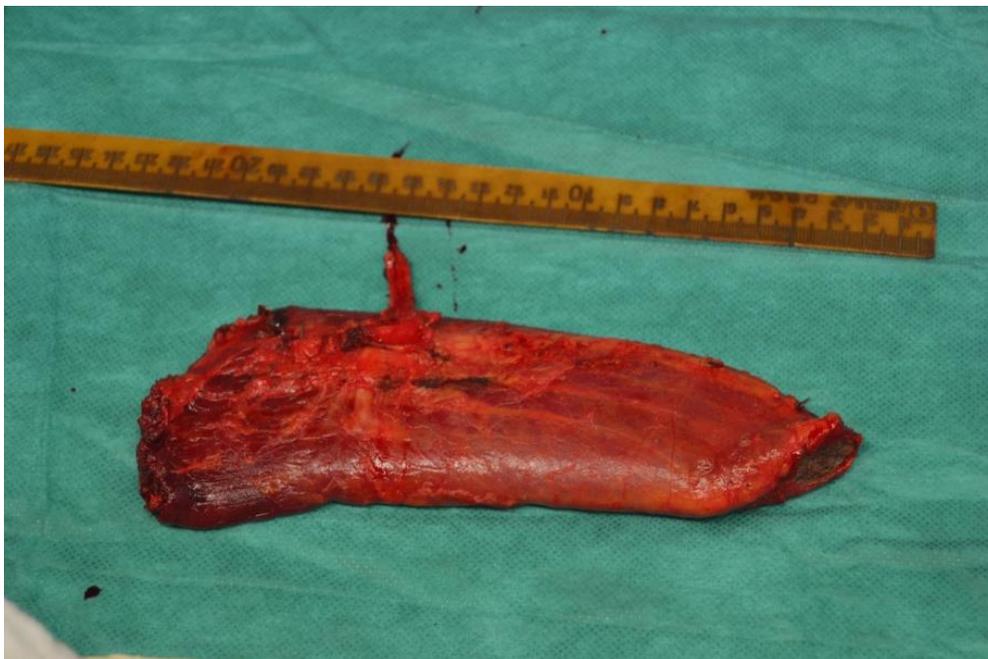


Abbildung 2: Darstellung eines operativ entnommenen M. Gracilis (Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Dieser Muskellappen kann für Wunddeckungen von einer Größe von bis zu 6 cm in der Breite und bis zu 20 cm in der Länge verwendet werden.

Der M. Gracilis-Lappen ist ein freier fasziokutaner Muskellappen des Oberschenkels und liegt auf dessen Innenseite posteromedial des M. Adductor longus.

Er gehört zur Gruppe der sogenannten Oberschenkeladduktoren.

Darunter werden alle Muskeln des Oberschenkels gezählt, welche eine Adduktion, also eine Heranführung des Oberschenkels in der Frontalebene zu der Körpermitte bewirken.

Zu dieser Gruppe gehören insgesamt fünf Muskeln, wobei der M. Gracilis der oberflächlichste Muskel in dieser Gruppe ist.

Der M. Gracilis entspringt am unteren Schambeinast sowie am Unterrand der Beckensymphyse. Sein Faserverlauf ist steil nach unten vertikal.

Sein Ansatzpunkt liegt in der Vorderinnenseite des Schienbeins an der sogenannten Tuberositas tibiae.

Das bedeutet, dass der M. Gracilis zusätzlich zur Oberschenkeladduktion auch das Knie beugen und nach innen drehen kann.

Die Innervation des M. Gracilis erfolgt wie bei allen Oberschenkeladduktoren durch den N. Obturatorius.

Die arterielle Versorgung des Muskellappens erfolgt in der Regel durch zwei Arterien und eine Vene.

Beide Arterien sind in der Regel Äste der A. Circumflexa Femoris Medialis, die wiederum aus der A. Femoris Profunda kommt.

Operative Durchführung eines freien Musculus Gracilis-Lappentransfers

Die im Nachfolgenden beschriebene Operationstechnik beschreibt das im Klinikum München/Bogenhausen übliche Operationsverfahren.

Präoperatives Management

Präoperativ wird der Oberschenkel, an dem der M. Gracilis entnommen wird, an seiner ventromedialen Seite inspiziert.

Hierbei wird vor allem auf Entzündungen geachtet, was eine absolute Kontraindikation darstellen würde.

Außerdem sollte der Status der Beingefäße bekannt sein, um eine peripher arterielle Verschlusskrankheit ausschließen zu können.

Vorherige Operationen, die große Narben hinterlassen haben, würden ebenfalls eine absolute Kontraindikation darstellen.

Zu den relativen Kontraindikationen zählen eine ausgeprägte Adipositas des Patienten und starker Haarwuchs bei männlichen Patienten.

Besonders die Empfängerregion sollte gründlich untersucht werden. Hierfür können eine umfangreiche bildgebende Diagnostik und eine histologische Untersuchung des Gewebes weiterhelfen.

Operative Durchführung

Nach druckfreier Lagerung des Patienten auf dem Rücken wird dieser an den zu operierenden Stellen abgewaschen und steril abgedeckt.

Um Zeit zu sparen, wird in der Regel in zwei Teams simultan operiert.

Im Nachfolgenden Team A und Team B genannt.

Hierbei operiert Team A den Defekt in der Empfängerstelle und Team B den Entnahmebereich des Muskellappens.

Je nachdem, um welche Indikation es sich handelt, kommen verschiedene Operationstechniken zum Einsatz, wie Osteosyntheseverfahren, Debridements oder Resektionen.

Danach folgend werden von Team A die für die mikrochirurgische Anastomose passende Arterien und Venen chirurgisch dargestellt und die Größe des Defektes bestimmt.

Parallel bereitet Team B die Lappenhebung am proximalen medialen rechten oder linken Oberschenkel vor.

Zuallererst wird die Schnittführung angezeichnet, welche maßgeblich von der zuvor ausgemessenen Größe des Defektes abhängt, dabei befindet sich die Mitte des Lappens ungefähr auf Höhe der zuvor mit Dopplersonographie festgestellten Perforatoren.

Bevor der Muskellappen gehoben wird, wird noch Spalthaut für dessen Deckung gewonnen.

Dafür wird mit einem Dermatom (Fa. Zimmer, Freiburg) ein Stück 0,3 mm dicke Haut gewonnen, welches sodann gemesht wird. (Fa. Zimmer, Freiburg).

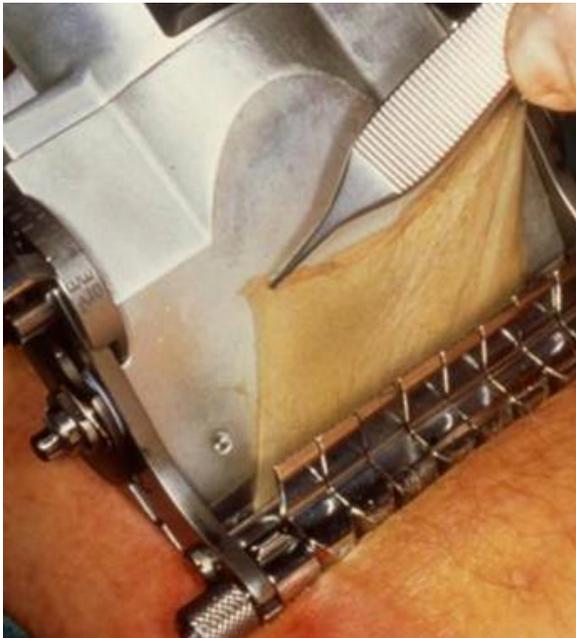


Abbildung 3: Spalthautentnahme am Oberschenkel
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Meshen bedeutet, dass maschinell viele kleine Stichinzisionen in das Hautstück eingeschnitten werden, sodass sich das Hautstück bei einem seitlichen Zug in ein Netz erweitert.

Dadurch kann das Hauttransplantat auf die ca. dreifache Fläche vergrößert werden.

In unseren Operationen betrug das Meshverhältnis stets 1:1,5.



Abbildung 4: Darstellung von gemeshter Spalthaut
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Anschließend wird die A. Circumflexa Femoris Medialis mittels Dopplersonographie aufgespürt und ihr Austrittspunkt markiert.

Dann wird der M. Gracilis zwischen M. Adductor Longus und M. Adductor Magnus aufgesucht und der versorgende Gefäßstiel mit Arterie und Vene dargestellt.

Proximal des Gefäßstiels wird der motorische Ast des N. Obturatorius dargestellt.

Der Muskel wird sodann in der benötigten Länge mobilisiert und proximal sowie distal mit einer bipolaren Schere durchtrennt.

Der Lappen wird anschließend nach separater distaler Unterbindung von Arterie und Vene mittels Ligatur und Durchtrennung gehoben und in ein kühles Bauchtuch eingewickelt.

Im Empfängerbereich hat derweil Team A die je nach Region passende Arterie und Vene dargestellt.

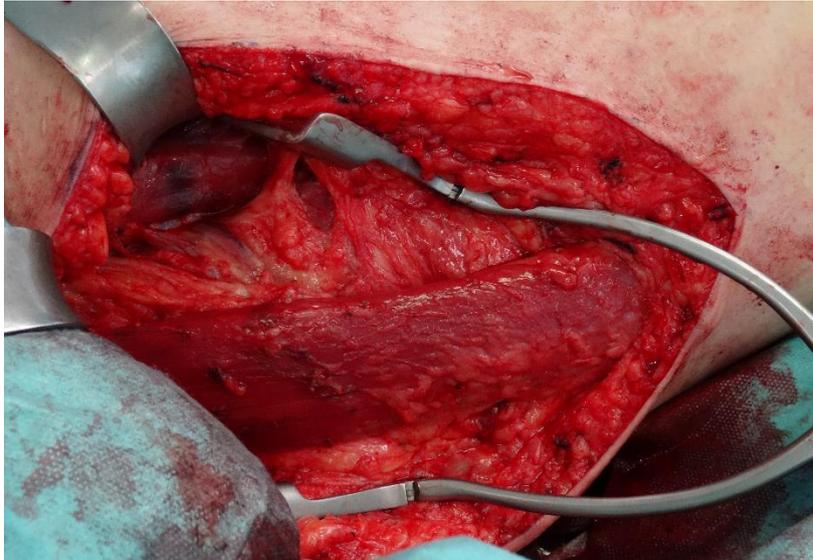


Abbildung 5: Chirurgische Darstellung des M. Gracilis
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Häufig verwendet man im Fußbereich die A. Tibialis Posterior sowie Begleitvenen.

Dafür werden diese in der Tiefe aufgesucht und chirurgisch dargestellt.

Dafür werden alle drei Gefäße nach proximal und distal freipräpariert und die Seitenäste der Anschlussgefäße mit Liga-Clips ligiert und durchtrennt.

Unter dem Mikroskop bereitet man die Gefäße für die mikrochirurgische Anastomose vor.

In die Entnahmestelle des Muskellappens wird eine Redon-Drainage Ch. 16 (Fa. Braun, Melsungen) eingelegt, dann folgen ein stufenweiser Wundverschluss mit Polysorb 1-0 und Polysorb 2-0 (Fa. Medtronic, Dublin) subcutan, sowie mit einer Surgipro 2-0 Intrakutannaht (Fa. Medtronic, Dublin).

Nach erfolgreicher Lappenhebung wird der Gracilislappen in den Wunddefekt eingepasst und durch Haltenähte fixiert.

Mithilfe des Operationsmikroskops erfolgt nun die Naht der arteriellen Anastomose mit einer 9-0 Ethilon Naht in Einzelknopftechnik (Fa. Ethicon, New Jersey USA).

Ebenso erfolgt eine venöse Anastomose mit einer 9-0 Ethilon Naht an das Empfängergefäß.

Je nach den anatomischen Gegebenheiten und den Durchblutungsverhältnissen wird entweder eine Vene verbunden oder es werden zwei Venen anastomosiert.

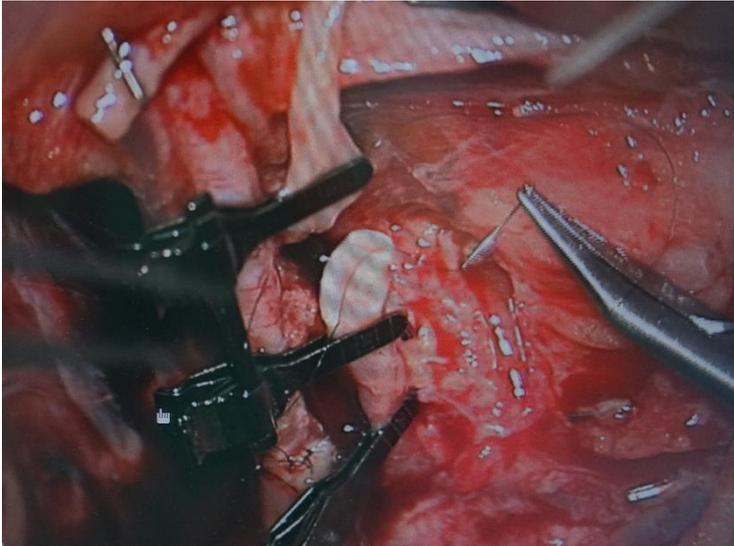


Abbildung 6: Darstellung der venösen Anastomosierung mittels Operationsmikroskop
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Nach Freigabe aller Anastomosen wird die Blutzirkulation des Lappens gemessen, indem dem Patienten Indocyaningrün intravenös verabreicht wird.

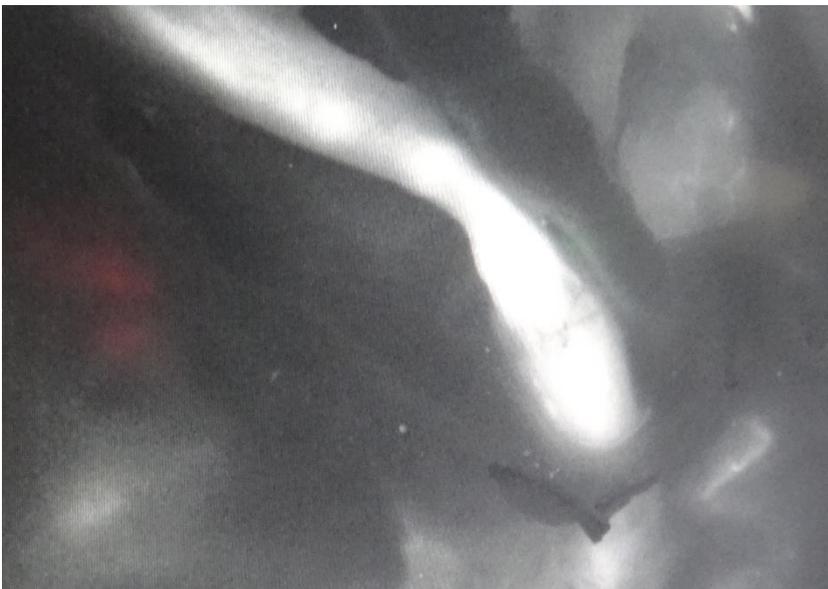


Abbildung 7: Darstellung der ICG-Messung: Zu sehen ist der venöse Blutfluss
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Dabei handelt es sich um einen fluoreszierenden Farbstoff, welcher sowohl die Intaktheit der Anastomosen als auch die Perfusion des Muskellappens darstellt.

Ebenso wird die arterielle Anastomose mit einer Dopplersonde sowie in diesem Versuchsvorhaben mittels einer Cook-Swartz® Doppler-Sonde gemessen.

Nach erfolgter Beurteilung aller Anastomosen wird der Muskellappen von lateral bzw. medial aufgefächert und spannungsfrei und flach in den Defekt mit einer Muskelnahnt eingenäht (Sur-gipro 3-0 Fa. Medtronic, Dublin).

Nach Anbringen des Spalthauttransplantats (SHT) mittels Klammernahtgerät wird die Wunde in der Kontrollgruppe (N-V.A.C.®-Gruppe) mit Jelonet (Adaptic®, Fa. Johnson & Johnson, Norderstedt), Kompressen, Watte sowie elastischen Wickeln verbunden.

In der Studiengruppe (V.A.C.®-Gruppe) wird auf das SHT auf eine Lage Jelonet (Adaptic®, Fa. Johnson & Johnson, Norderstedt) zusätzlich der V.A.C.®-Schwamm in Lappenform unter Freihalten eines Kontrollmessfeldes sowie die V.A.C.®-Folie appliziert. Das Kontrollmessfenster dient der Applikation der O2C®-Sonde.



Abbildung 8: Darstellung von gemeshter Spalthaut auf einem an den distalen Unterschenkel transplantierten Gracilis Muskellappen
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

2. Zielsetzung und Fragestellung

Ziel dieser Doktorarbeit ist es, die Effekte der V.A.C.®-Therapie auf die Mikro- und Makrozirkulation zu untersuchen, um den Einsatz dieser Therapieform bei freien Lappenplastiken, insbesondere bei freien M. Gracilis-Transplantaten besser bewerten zu können. Ebenso ist der Einfluss der V.A.C.®-Therapie auf das Lappenödem nicht wissenschaftlich quantifiziert. Außerdem findet dieses Therapieverfahren trotz des hohen Potentials noch keine breite klinische Anwendung. Die fehlenden Daten bzgl. der Zirkulation, des Ödems sowie des therapeutischen Outcomes mögen ein wesentlicher Grund für diese Zurückhaltung sein.

In dieser Doktorarbeit werden sowohl primäre als auch sekundäre Zielparameter vorab definiert.

Primäre Zielgrößen

- Makrozirkulationsparameter- Cook-Swartz® Doppler-Sonde (Cook Medical, Bloomington, U.S.A.)
- Mikrozirkulationsparameter- O2C® Laser-Doppler und Gewebsspektrometrie (LEA Medizintechnik GmbH®, Gießen, Deutschland)
 - o Sauerstoffsättigung
 - o Relative Hämoglobinmenge
 - o Blutflussgeschwindigkeit (Mikroflow)
- Lappenödem – Artec 3-D Spider (RSI 3-D Systems, Oberusel, Deutschland)

Sekundäre Zielgrößen

- Durch die V.A.C.®-Pumpe abgesaugtes Sekretvolumen
- Lappenischämiezeit (Zeit in der der Muskellappen ohne Blutversorgung ist)
- Anzahl der Raucher
- Systemische Erkrankungen, wie Zuckerstoffwechselstörung (Diabetes mellitus), Bluthochdruck (art. Hypertonie), Cholesterinwerterhöhung (Hypercholesterinämie)
- Art der art., - ven. Anastomose
- Anzahl der ven. Anastomosen

3. Patienten und Methoden

Das Studiendesign in dieser Doktorarbeit ist eine klinische, experimentelle prospektive Studie.

3.1. Untersuchungskollektiv

Das Patientenkollektiv umfasst insgesamt 26 Patienten, die im Zeitraum vom 08. Mai 2015 bis zum 24. Mai 2016 in der Klinik für Plastische-, Rekonstruktive-, Hand- und Verbrennungschirurgie des Städtischen Klinikums München/Bogenhausen einen M. Gracilis-Lappen-Transfer an die untere Extremität erhielten. Bei 13 Patienten erfolgte die postoperative Applikation des V.A.C.®- Schwammes auf den transplantierten Muskellappen, die anderen 13 Patienten wurden mit einer herkömmlichen Fettgaze auf den Muskellappen postoperativ versorgt. Die Entscheidung, ob der Patient in die Studiengruppe bzw. in die Kontrollgruppe (Fettgaze Gruppe) fällt, wurde präoperativ mittels Zufallsgenerator ermittelt.

Die anschließende Verarbeitung der Daten und dessen Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel für Windows, mit Microsoft Word, mithilfe des Statistikprogramms SPSS 24 für Windows sowie mit dem Statistik Programm R für Windows.

Ebenso wurden das Programm MATLAB, das Programm Geomagic Studio 2014 und das Programm O2CevaTime für Windows verwendet.

Für alle Patienten wurden vor Beginn der Studie strenge Kriterien festgelegt. Sie waren Voraussetzung für eine Teilnahme an der Studie.

Einschlusskriterien:

- Patienten, die einen freien M.-Gracilislappentransfer mit SHT an die untere Extremität erhalten
- Einsichtsfähigkeit der Probanden

Ebenso wurden alle Ausschlusskriterien vorab definiert.

- Nichteinwilligung
- Fehlende Compliance

3.2. Untersuchungsmethoden

3.2.1. V.A.C.®-System

Schon die Chinesen machten sich 3000 v. Chr. das Prinzip der Vakuumbehandlung zu Nutze. Ge Hong verfasste als Erster ein Buch mit dem Titel „Handbook of prescriptions for emergencies“, in dem er das Schröpfen als ein geeignetes Therapieverfahren zur Behandlung von Hautentzündungen postulierte. [64]

Dabei verwendete er Schröpfköpfe aus Bambus, die er zuerst erwärmte und anschließend auf die jeweiligen Hautstellen aufsetzte.

Die sich in den Bambusschröpfköpfen befindende Luft kühlte ab, wodurch ein Unterdruck entstand, der das Wundsekret absog.

3500 Jahre später im Mittelalter wurde Schröpfen verwendet, um „böse Geister“ aus dem Körper zu vertreiben.

1990 benutzte der Japaner Nakayama erstmals die Vakuumtherapie, um Hauttransplantate auf der Wunde zu fixieren. [40]

1993 setzte Fleischmann die Vakuumtherapie zur Therapie von offenen Frakturen ein. [14]

Auch wenn die Vakuumtherapie schon Ende der 1980-er Jahre entwickelt wurde, wird sie erst ab dem Zeitraum 1995 bis 1998 als nachweislich klinisch etablierte Therapiemethode in Deutschland angesehen.

Seit dem Jahre 2000 fand eine sprunghafte Entwicklung von Publikationen über die Vakuumtherapie statt. Dabei kamen die Autoren besonders aus den U.S.A., den Niederlanden sowie aus Deutschland, Schweden und Frankreich.

Den entscheidenden Durchbruch für die Vakuumtherapie brachte die FDA Zulassung Anfang der 1990-er Jahre. Argenta und Morykwas entwickelten das Produkt in seiner heutigen Form, ließen es patentieren und verkauften es anschließend an die amerikanische Firma KCI.

Seither wird es unter dem Namen V.A.C. ® oder Vacuum Assisted Closure auf dem Medizinmarkt weltweit verkauft.

In der Fachliteratur finden sich verschiedene Begriffe über die Vakuumtherapie, die jedoch alle das Gleiche beschreiben.

Zu diesen Begriffen zählen Vacuum Therapy, Vacuum-Assisted Closure, Vacuum dressing, topical negative pressure wound therapy, subatmospheric pressure, sealed surface wound suction und foam suction dressing.

Funktionsweise des V.A.C.®- Systems

Das V.A.C.®- System besteht aus mehreren Bestandteilen.

Dazu zählen ein Schwamm aus entweder Polyurethan oder Polyvinylalkohol, eine spezielle einseitig festhaftende Folie, eine Drainage und eine Pumpe, die den negativen Druck erzeugt.



Abbildung 9: Vakuumpumpe (V.A.C. ® VeraFlo™ Therapy)

(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Das Prinzip der Vakuumtherapie besteht darin, die Wunde mit dem oben genannten, einem offenporigen, den Wundrändern angepassten Schwamm zu bedecken, welcher dann mit einer transparenten, wasserdampfdurchlässigen sowie luft- und keimdichten Folie hermetisch abgedichtet wird.



Abbildung 10: Darstellung eines V.A.C.® GranuFoam™
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Diese Folie verhindert neben einem Ansaugen der Umgebungsluft vor allem die Kontamination der Wunde.

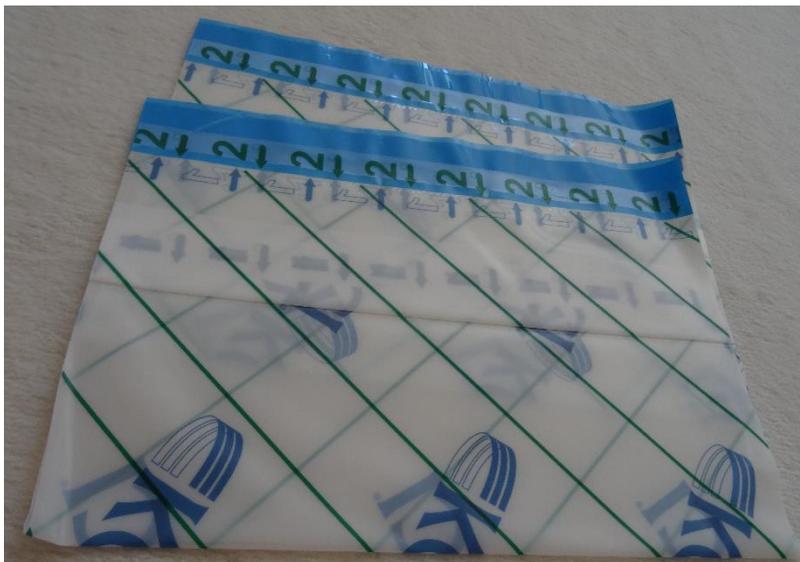


Abbildung 11: Darstellung V.A.C.®- Folie (30,5 x 26 cm)
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Ebenso entstehen dadurch feuchte, für die Wundheilung förderliche Wundverhältnisse.

In diesem Versuchsvorhaben bestand der Schwamm aus Polyurethan.

Anschließend wird in die Folie ein kleines Loch (ca. 1 mal 1 cm) geschnitten, auf das dann der sogenannte Trac-Pad® geklebt wird.

Dabei handelt es sich um eine mit einem speziellen Stutzen versehene Drainage, welche den Verband mit der Vakuumpumpe verbindet.



Abbildung 12: Trac-Pad® Schlauchleitung, Klemme und Kupplung
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Die Vakuumpumpe erzeugt einen negativen Druck, wobei die Sogstärke individuell zwischen 50 und 200 mmHg eingestellt werden kann.

Ebenso kann zwischen einem kontinuierlichen und einem intermittierenden Sog gewählt werden.

In dieser Doktorarbeit wurde ein negativer Druck von 125 mmHg mit einem kontinuierlichen Sog gewählt.

Beide oben genannten Schwämme sind in Bezug auf ihre Größe und Architektur der Poren unterschiedlich.

Der schwarze Polyurethanschwamm besitzt aufgrund seiner relativ großen Porengröße 400-600 Mikrometer eine stark debridierende Wirkung und wirkt damit granulationsfördernd.

Er muss wegen seiner granulationsfördernden Wirkung nach maximal drei Tagen gewechselt werden, da sonst die Gefahr des Einwachsens zu groß würde.

Der weiße hydrophile Schwamm aus Polyvinylalkohol besitzt eine kleinere Porengröße von 250 Mikrometern.

Er wirkt weniger granulationsfördernd und kann somit länger auf der Wunde belassen werden, nämlich bis zu einer Woche.

Er ist sehr gut einsetzbar, um SHTs auf dem Wundbett zu fixieren, da er einen gleichmäßigen Druck erzeugt und sich dem Wundbett sehr gut anpasst.

Die Effekte der Vakuumtherapie sind mannigfaltig und werden heutzutage in fast allen Bereichen der Chirurgie eingesetzt.

Im Vordergrund der Therapie steht Wundkonditionierung durch Wundreinigung, Generation von Granulationsgewebe, Induktion der Neoangiogenese, Verkleinerung der Wundränder und Verminderung des interstitiellen Ödems. [23,33,38,51,62] Ein weiterer positiver Aspekt der V.A.C.®-Therapie ist der Behandlungskomfort, da multiple Verbandswechsel entfallen.

Über den Einsatz bei akuten und chronischen Wunden hinaus wird die V.A.C.®-Therapie in den letzten Jahren auch als Verband über SHTs eingesetzt. Durch die zuverlässige Fixierung ist das Risiko des Verrutschens der SHT auf dem Wundgrund minimiert, was einen Verlust des Transplantats zur Folge hätte. [26,42] Zudem wird das Risiko von Flüssigkeitsansammlungen (Hämatom/Serom) unter dem SHT, welches ebenfalls die Integration der Transplantate auf dem Wundbett verhindert, reduziert. Da die initiale Versorgung des Hauttransplantats durch das Wundbett per Diffusion erfolgt, ist davon auszugehen, dass dieser Mechanismus durch die V.A.C.®-Therapie begünstigt wird. Es gibt zudem Hinweise, dass die V.A.C.®-Therapie die Angiogenese im Bereich des Wundbettes induziert, welches den Einheilungsprozess der Spalthaut weiter begünstigen sollte. Entsprechend konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von V.A.C.®-Verbänden auf SHTs zu einer besseren Einheilungsrate der Transplantate als auch zu einem besseren qualitativen Erscheinungsbild der Spalthaut führt.

Die Anwendung von V.A.C.®-Verbänden zur Fixierung von SHTs auf freien Muskellappenplastiken bietet sich somit ebenfalls an. Eine Besonderheit bei dieser Anwendung ist jedoch, dass die freien Lappen sehr druckempfindlich sind. Ein erhöhter Druck im Bereich des Lappens und insbesondere im Bereich der Gefäßanastomose kann zu Durchblutungsstörungen führen. Einige Fallserien zeigen, dass die Applikation eines V.A.C.®-Systems nicht mit einer Minderdurchblutung oder mit einem Verlust des Lappens einherging. Zudem wird in den Arbeiten beschrieben, dass das Lappenödem reduziert erschien und die SHTs auffallend stabil einheilten. [4,7] Auch auf den optimierten Patientenkomfort wird hingewiesen. Eisenhardt et al. [10] zeigten in der einzigen Studie zu dieser Anwendung, dass es durch den Einsatz von V.A.C.®-Verbänden bei freien Lappenplastiken zu einer Reduktion der Ischämie/Reperfusionen assoziierten inflammatorischen Reaktion in dem transplantierten Gewebe kommt. Zudem konnten sie histologisch eine Reduktion des interstitiellen Ödems und eine verminderte Anzahl an apoptotischen Zellen in den V.A.C.® behandelten freien Lappenplastiken nachweisen.

Indikationen der V.A.C.®-Therapie

Seit Beginn der klinischen Anwendung ist das Indikationsspektrum der Vakuumtherapie stetig gewachsen.

Generell kann die Vakuumtherapie sowohl bei akuten als auch bei chronischen Wunden verwendet werden. [8,11,19]

Im Falle von akuten Wunden, wie z.B. bei posttraumatischen oder bei postoperativen Wunden stellt die Vakuumtherapie vor allem eine Option dar, um die Wunde temporär zu decken und zu schützen, bis ein weiteres chirurgisches Verfahren angewendet werden kann, um die Wunde endgültig zu verschließen. [2,24,54,55]

Es ist jedoch hervorzuheben, dass die Vakuumtherapie keinen Ersatz oder eine Alternative zu einem chirurgischen Debridement darstellt.

Die Liste der Indikationen von akuten Wunden ist sehr breit. Darunter zählen insbesondere Weichteildefekt, Quetschwunden oder Faszienrissen nach Kompartmentsyndrom oder auch Kontusionen. [28,63]

Ebenso ist die V.A.C.®-Therapie für infizierte Wunden, wie z.B. Abszesse, Insektenstiche, Bisswunden, nekrosierende Fasziiitis, Wundheilungsstörungen, Osteomyelitis oder periprotetische Infekte geeignet. [30,56,60]

Eine weitere wichtige Rolle spielt die Vakuumtherapie bei der Behandlung von bradytrophem Gewebe. Darunter bezeichnet man Gewebe mit einer schlechten Durchblutung, wie z.B. Sehnen, Knochen oder freiliegende Metallimplantate.

Bei diesen Indikationen steht speziell die Bildung von Granulationsgewebe im Vordergrund.

Dank der starken antiödematösen Wirkung hat dieses Therapieverfahren einen großen Stellenwert in der Behandlung von Verbrennungen bekommen.

Weitere Indikationen sind z.B. Deckungen von Transplantat-Spenderstellen, Behandlung von intrabdominellen oder auch intrathorakalen Infektsituationen oder wie oben beschrieben die Fixation von SHTs auf freien Muskellappenplastiken.

Unter einer chronischen Wunde versteht man Wunden, die sich erst nach vier bis acht Wochen verschließen.

Darunter zählen z.B. sternale Wundinfektionen, wie nach einer Sternotomie, enterokutane oder auch lymphkutane Fisteln. [1]

Hierbei stellt die Vakuumtherapie vor allem die Methode der Wahl dar, um den Wundgrund temporär zu decken, oder die Wunde zu konditionieren, sodass sie anschließend in einem sek-

undären Eingriff, wie z.B. mit einer Lappenplastik oder auch mit einem SHT gedeckt werden kann.

In den Bereich der chronischen Wunden fallen insbesondere die Behandlung von Dekubitus-ulcera, diabetischen Füßen oder chronische Wundheilungsstörungen. [9,41,47]

Hierbei soll die Vakuumtherapie vor allem die Wunde präkonditionieren und die Bildung von Granulationsgewebe fördern, dass ein anschließender sekundärer Wundverschluss erfolgreich verläuft.

Kontraindikationen der V.A.C.®-Therapie

2003 fand eine Konsensuskonferenz der beiden Wundheilungsgesellschaften von Deutschland und Österreich statt.

Dabei legten beide Fachgesellschaften die Kontraindikationen fest und veröffentlichten diese. Darunter zählen Gerinnungsstörungen und akute kleine bis große Blutungen im Bereich der zu behandelten Wunde nach dem chirurgischen Debridement.

Ebenso stellen freiliegende Blutgefäße, Anastomosen, nekrotische Wundverhältnisse, neoplastisch veränderte Wunden und nicht behandelte Osteomyelitiden eine Kontraindikation dar.

3.2.2. O2C®-System

Messprinzip

Das O2C®-Messgerät der Firma LEA Medizintechnik GmbH, Gießen ermöglicht es, mithilfe von Laser-Doppler-Spektroskopie und Gewebsspektometrie auf nicht-invasive Weise lokale aktuelle Durchblutungsverhältnisse von Geweben darzustellen.

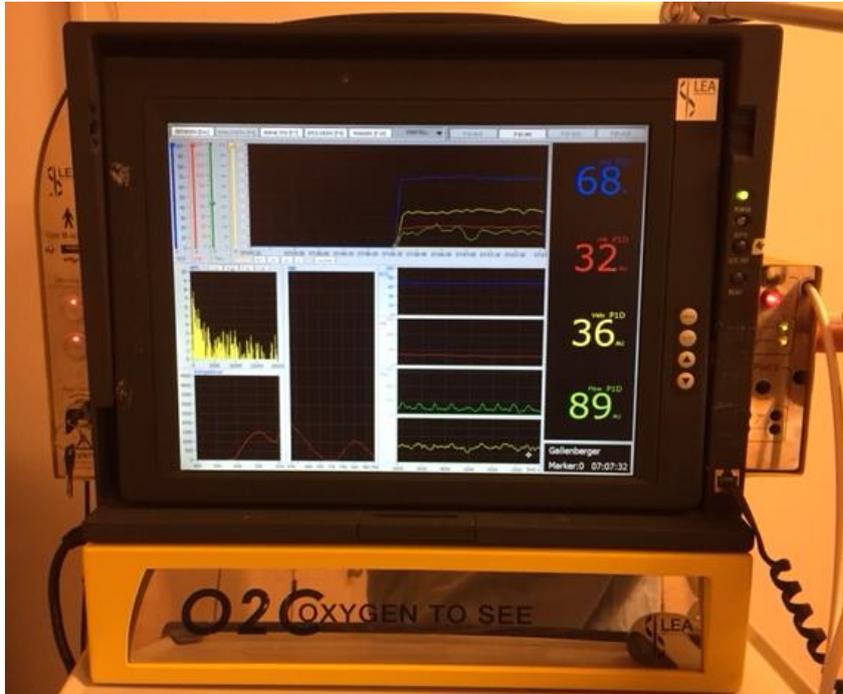


Abbildung 13: O2C®-Bildschirminhalt im Darstellungsmodus
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)



Abbildung 14: Darstellung der O2C®-Messsonde LFX-60-004
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Zu den erfassten Messparametern gehören Angaben über Durchblutungs- und Sauerstoffverhältnisse sowie die kapillar-venöse Sauerstoffsättigung des Hämoglobins, der relative Blutfluss, Blutflussgeschwindigkeit und aktuelle Blutfüllung der Mikrogefäße.

Das Messgerät besteht aus mehreren Einheiten:

Die Basis stellen ein Computer und eine Messsonde dar, die eine Laser-Doppler-Messeinheit und eine Gewebsspektrometrie-Messeinheit mit einer Weißlichtquelle besitzt.

Die Laser-Doppler-Spektroskopie basiert auf dem Prinzip, dass ein Laserstrahl in das zu messende Gewebe gesendet wird.

Dieser Laserstrahl hat eine bestimmte Frequenz, die von den sich bewegenden Teilchen, wie z.B. rote Blutkörperchen gestreut wird, wodurch eine Frequenzverschiebung stattfindet.

Der reflektierte Laserstrahl besitzt somit eine andere Frequenz als der entsendete Lichtstrahl, welche von der Messsonde gemessen und verglichen wird.

Daraus kann die Blutflussgeschwindigkeit (Velocity) gemessen werden.

Die jeweilige Frequenzverschiebung hängt maßgeblich von der Anzahl der roten Blutkörperchen ab, das bedeutet, dass eine positive Korrelation zwischen der Intensität des reflektierten Lichts und der Anzahl der roten Blutkörperchen besteht.

Ebenso kann die Messsonde aus den Parametern Blutflussgeschwindigkeit und Anzahl an roten Blutkörperchen den Blutfluss (Flow) berechnen.

Bei der Gewebsspektrometrie wird ein Weißlichtstrahl entsendet, der im Gewebe teilweise von den roten Blutkörperchen absorbiert wird.

Das reflektierte veränderte Lichtspektrum wird sodann von der Messsonde aufgenommen und mit den bekannten Lichtspektren von oxygenierten- bzw. nichtoxygenierten Hämoglobin in Bezug gesetzt.

Daraus kann anschließend die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins berechnet werden, die dem Wert der Sättigung im venösen Teil der Kapillare entspricht.

Zusätzlich kann die Messsonde die relative Hämoglobinkonzentration als einen exakten Wert berechnen, da dieser Messwert nicht von der Bewegung der roten Blutkörperchen abhängt.

Die relative Hämoglobinkonzentration spiegelt die Füllung der Kapillaren im venösen Teil.

Monitorinhalt

Am oberen Rand des Bildschirms befindet sich die Taskleiste, die der schnellen Anwendung der Programmfunktionen dient.

Das sogenannte Monitor-Fenster im oberen rechten Viertel des Bildschirms zeigt insgesamt vier verschiedene Mittelwerte an, mit denen eine Überwachung des Patienten über längere Zeitperioden möglich ist. (s. Abbildung: Nr:13)

Zu diesen Mittelwerten zählen Sauerstoffsättigung (in blau angezeigt), relative Hämoglobinkonzentration (in Rot angezeigt), Blutfluss (in grün angezeigt) und Blutflussgeschwindigkeit (in Gelb angezeigt).

In der unteren linken Hälfte des Bildschirms finden sich drei Fenster, die Angaben über die Geschwindigkeitsverteilung der roten Blutkörperchen über das Spektrum des errechneten Weißlichts und das berechnete Hämoglobinspektrum geben.

In der oberen linken Ecke können alle angezeigten Diagramme über digitale Schieberegler skaliert werden.

In der unteren mittleren Bildschirmhälfte ist ein sogenanntes Sekundenfenster zu sehen, auf dem die Werte in ihrem zeitlichen Verlauf angezeigt werden.

Ebenso finden sich in der unteren rechten Ecke noch Angaben über den Patienten, wie Patientenname, jeweilige Patientennummer, Uhrzeit und die noch auf der Festplatte vorhandene Speicherkapazität.

Messfehler des O2C®

Um möglichst exakte Messwerte mit dem O2C®-Gerät zu bekommen und etwaige Messfehler möglichst gering zu halten, sollte auf einige Sachen geachtet werden.

Besonders wichtig ist es, externe Lichtquellen wie z.B. Lichter im OP oder auch Sonneneinstrahlung zu vermeiden, da hierdurch das Messergebnis verfälscht werden kann.

Ebenso ist darauf zu achten, dass die Messungen in einer ruhigen Umgebung stattfinden, das heißt, dass sich Untersucher und Patient möglichst wenig bewegen und er sich entspannen kann.

Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die Messsonde gut fixiert auf der Haut anliegt, jedoch ohne jeglichen Druck, da besonders die Doppler-Messergebnisse sehr störanfällig für Bewegungsartefakte sind.

Das Signal wird dann als störungsfrei betrachtet, wenn der Hämoglobinwert möglichst hoch ist.

Schließlich sollte sichergestellt sein, dass das Kabel der Messsonde nicht zirkulär an der jeweiligen Körperstelle befestigt ist, da es sonst zu einer venösen Stauung kommen kann.

Gewinnung der O2C®-Daten

Intraoperativ wurde in den Polyvinylschwamm des Vakuumverbandes ein kleines Loch (1 mal 1 cm) geschnitten, nachdem zuvor mit einer mobilen kleinen Dopplersonde detektiert wurde, wo das arterielle Signal am besten ist. Auf diese perforierte Stelle des Schwammes wurde direkt postoperativ die O2C®-Messsonde befestigt, indem sie an zwei Stellen am Muskellappen festgenäht wurde, sodass sie nicht verrutschen konnte.

Hierfür wurden spezielle Sonden verwendet, welche extra vorgefertigte Häkchen für eine Befestigung besitzen.

Die Messungen erfolgten am Abend des Operationstags und an den fünf darauffolgenden postoperativen Tagen, jeweils am dritten, sowie am fünften postoperativen Tag.

Die gewonnenen Daten aller Messungen wurden im O2C®-Gerät intern gespeichert und mittels USB-Stick exportiert.

Die Auswertung erfolgte mit dem Programm O2CevaTime der Firma LEA Medizintechnik GmbH.

Die Datenaufbereitung wurde mit dem Programm Microsoft Excel für Windows gemacht.

Die statistische Verarbeitung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows.

3.2.3. Medistim

Das VeriQ™ Gerät (Firma Medistim Oslo, Norwegen) ermöglicht es, intraoperative Blutflüsse mittels Laufzeitmessung (TTFM) und Doppler-Geschwindigkeitsmessungen darzustellen. Das VeriQ-System besteht aus 19-Zoll-Touchscreenmonitor, Drucker, Anschlussleiste und Messsonde, die um das jeweilige Gefäß gelegt wird.

In dieser Doktorarbeit wurde das Medistim-Gerät verwendet, um eine vergleichende Referenzmessung für die Cook-Swartz® Doppler-Sonde zu erhalten.



Abbildung 15: Darstellung des Medistim-Geräts

(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Messprinzip

Das Medistim-Gerät verwendet zwei Messtechniken.

Darunter zählen die transit time flow measurement (TTFM)-Methode und die Doppler-Geschwindigkeitsmessungen.

Beide oben genannten Messtechniken sind in einer kleinen Sonde integriert, welche das zu messende Gefäß umschließt.

Die TTFM (deutsche Übersetzung: Durchgangszeit des Blutvolumens) -Methode beruht darauf, dass die Medistim-Messsonde ein gleichmäßiges Ultraschallfeld entsendet, das einmal quer durch das Gefäßlumen hindurchwandert.

Diese Ultraschallimpulse werden von einem Kristall auf einer Seite der Sonde zu einem Reflektor und danach wieder zurück zum Kristall auf der gegenüber liegenden Seite übertragen. Die individuelle Durchgangszeit wird für jeden Impuls gemessen, wobei die Differenz der

Durchgangszeit zwischen Upstream- und Downstream-Bewegung der Impulse proportional zum Blutvolumen (Q) ist, das durch die Sonde läuft.

Das zweite Messprinzip, die sog. Doppler-Geschwindigkeitsmessungen, beruht auf dem sogenannten Dopplereffekt.

Die Medistim-Messsonde entsendet ein Ultraschallsignal, das durch das Gefäßlumen wandert und dort von sich bewegenden Objekten reflektiert wird.

Durch diese Reflexion ändert sich die Frequenz des ursprünglich entsandten Impulses.

Diese Frequenzänderung, auch Dopplerverschiebung genannt, repräsentiert die Geschwindigkeit und Richtung des sich bewegenden Ziels.

Das bedeutet, dass Objekte, die sich in Richtung des Ultraschallstrahls bewegen, die Wellenform komprimieren und somit die Frequenz erhöhen.

Im Umkehrschluss gilt, dass Objekte, die sich von dem Ultraschallsignal entfernen, die Wellenform verlängern und die Frequenz somit reduzieren.

Monitorinhalt

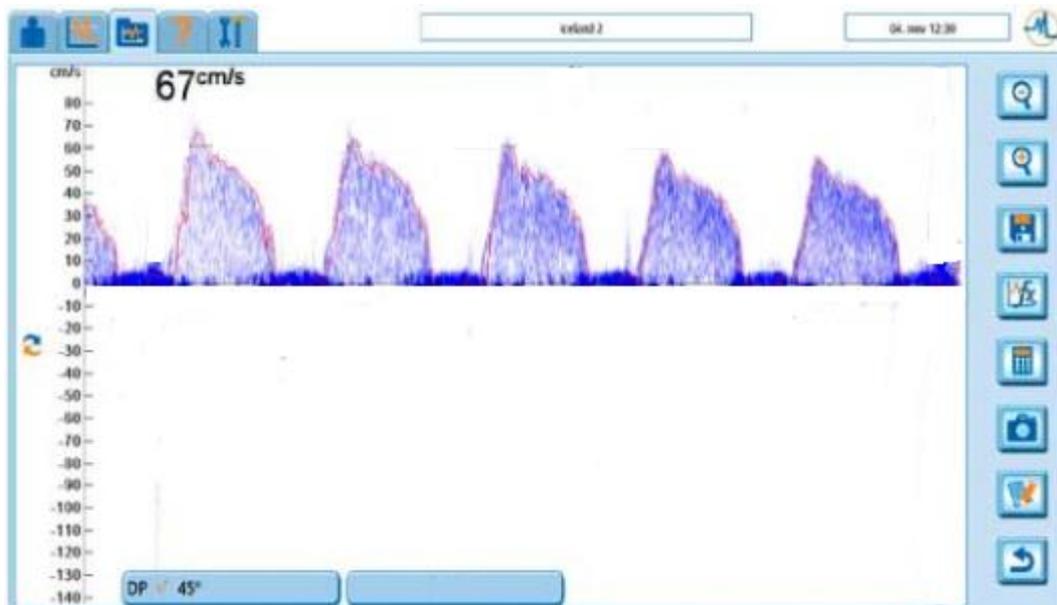


Abbildung 16: Darstellung des Medistim-Monitorinhaltes

(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Auf dem Touch-Screen-Monitor werden oben rechts Datum und Zeit des Aufnahmezeitpunkts angezeigt.

Auf der rechten Seite ist eine Leiste zu sehen, auf der verschiedene Optionen, wie z.B. Zoom, Kurvenberechnung oder Speicherfunktionen gewählt werden können.

In der Mitte des Bildschirms sind die gemessenen Flusskurven in einem fünf Sekunden- Intervall in Echtzeit zu sehen.

Der Wert oben links, in diesem Fall mit 67 cm/s angegeben ist die maximale Flussgeschwindigkeit.

Je nach Einstellungsmodus können noch andere Parameter angezeigt werden.

Darunter zählen z.B. „Pulsatility Index (PI)“, diastolische Füllung der Blutgefäße und mittlere Blutflussgeschwindigkeit im Gefäß.

Diese drei genannten Parameter sind auf dem oben abgebildeten Bild nicht dargestellt.

Messfehler des Medistim Gerätes

Um etwaige Messfehler des Medistim-Messgeräts zu reduzieren und um möglichst genaue Geschwindigkeitsmessung zu erhalten, sollte der Chirurg die Sonde in einem 90 Grad Winkel zu dem zu messenden Gefäß halten, da der Übertragungskristall in einem 45 Grad Winkel zur Oberfläche der Sonde befestigt ist.

Starke Bewegungen der Sonde wie z.B. jene, die durch ein schlagendes Herz verursacht werden, verursachen ein stark niederfrequentes Geräusch.

Störungen dieser Art können durch Verwendung eines mechanischen Stabilisators oder durch eine Erhöhung des Niedergeschwindigkeitsfilters des Medistimgerätes reduziert werden.

Ebenso sollte darauf geachtet werden, dass die richtige Sondengröße in Hinblick auf den Gefäßdurchmesser verwendet wird.

Auf der Medistim-Messsonde ist ein Pfeil eingezeichnet, der das richtige Anbringen der Sonde bezüglich der Durchflussrichtung in dem jeweiligen Gefäß demonstriert.

Die gemessenen Werte können entweder direkt unmittelbar nach Messung ausgedruckt werden oder über einen vorhandenen USB-Anschluss exportiert werden.

3.2.4. Cook-Swartz® Doppler-Sonde

Die Cook-Swartz® Doppler-Sonde (Cook Medical®, Bloomington U.S.A.) ermöglicht eine Überwachung der Muskellappenmakrozirkulation in Echtzeit.

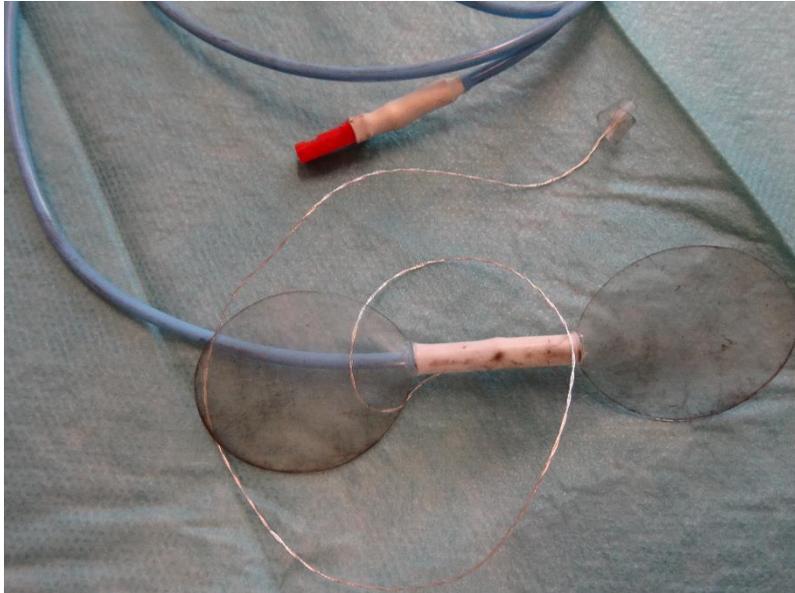


Abbildung 17: Darstellung einer Cook-Swartz® Doppler-Sonde (Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Diese Ultraschallsonde wird an der Gefäßwand in der Nähe einer mikrovaskulären Anastomose platziert, indem sie mit Fibrinkleber zirkulär fixiert wird.

Alternativ kann sie an der arteriellen oder der venösen Gefäßwand mit einem Mikroclip festgeklemmt werden. In diesem Versuch wurde die Cook-Swartz® Doppler-Sonde an der arteriellen Anastomose distal der Anastomose platziert.

Das Messverfahren basiert auf dem Doppler-Effekt (siehe Seite 36).

Dafür besitzt die Sonde einen piezoelektrischen Kristall, der Signale mit einer Frequenz von 20 MHz aussendet und ebenso wieder empfängt.

Daraus können Informationen über den Blutfluss im jeweiligen Gefäß gemessen werden.

Ein niederfrequentes Geräusch zeigt eine langsame Blutflussgeschwindigkeit an, ein hochfrequentes Geräusch ist Indiz für schnelle Blutflussgeschwindigkeit.

Das von der Messsonde abgeleitete Signal wird über ein Ausgabegerät in akustische bzw. visuelle Signale umgewandelt.

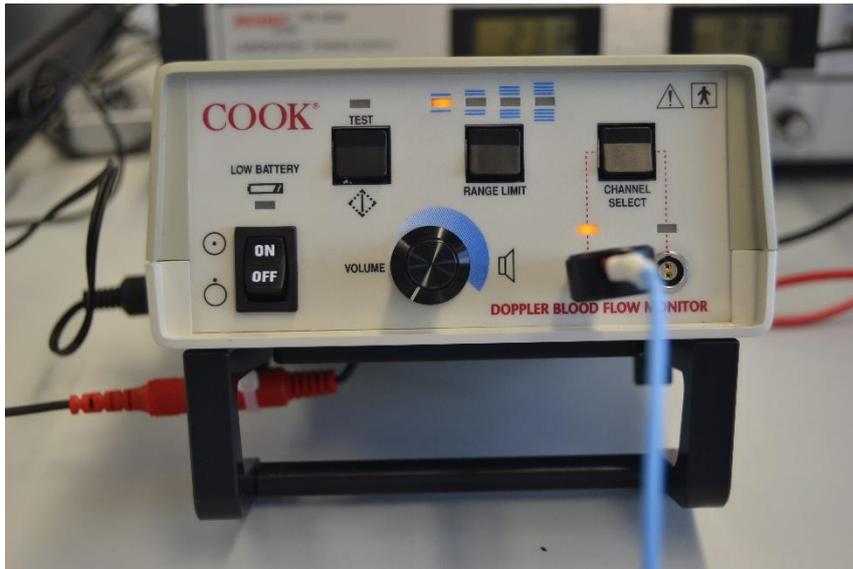


Abbildung 18: Darstellung des Cook®-Ausgabegerät mit der unten rechts eingesteckten blauen Messsonde

(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Dafür wurde im Labor des Lehrstuhls für Medizintechnik der TU München ein Messverfahren entwickelt, das mithilfe der Cook-Swartz® Medical-Sonde die Blutflussgeschwindigkeit in der Einheit m/s errechnen kann.

Zuerst wurde eine sog. Blood Mimicking Fluid (BMF) hergestellt.

Hierbei handelt es sich um eine Flüssigkeit, die dem menschlichen Blut ähnliche Eigenschaften besitzt.

Dazu zählen z.B. ähnliche Fließeigenschaften und Viskosität (Zähigkeit) mit annähernd laminarem Fluss.

Es kann auch menschliches Blut verwendet werden, jedoch birgt das die Gefahr von Infektionen und schnellen Blutzersetzung.

Um die BMF herzustellen, wurden fünf Hauptsubstanzen nach Anleitung von Ramnarine, Nassiri et al. verwendet. [46]

Zu diesen Substanzen zählen:

1. Reines Wasser (85.41 %)
2. Reines Glycerol (10.25 %)
3. Sigma D4876 Dextran mit einem mittleren Gewicht von 185000 Dalton (3.42 %)
4. ICI synperonic N surfactant (0.92 %)
5. Orgasol™ poly-amide particles (5µm/10µm/20µm) (1.82%, zur Basis Mixtur zugefügt)

Ramnarine, Nassiri et al. fanden heraus, dass Orgasol™ poly-amide Partikel mit einer Größe von 5µm am besten geeignet sind, eine dem menschlichen Blut ähnliche Flüssigkeit herzustellen.

Alle Komponenten wurden auf einer Analysenwaage gewogen und anschließend mittels Magnetrührer für 15 Minuten gemischt.

Anschließend wurde die BMF in einem Vakuum unter ständigem Rühren vergast, bis alle Blasen verschwanden.

Die fertige BMF wurde sodann in eine verschraubbare 250 ml Borosilikat-Flasche abgefüllt.

Für die Kalibrierung wurde die BMF durch einen Silikonschlauch gepumpt, dessen Durchmesser und Durchflussvolumen in ml/min bekannt waren.

Um den Silikonschlauch wurde die Cook-Swartz® Doppler-Sonde mit Klammern platziert.

Der Silikonschlauch wurde sodann in ein Behältnis gelegt, in dem sich deionisiertes Wasser befand, welches eine direkte Kopplung zwischen Messsonde und Schlauch ermöglichte.

Aus dem sich daraus resultierenden Audioergebnis wurde sodann ein Algorithmus mit dem Programm MATHLAB® erstellt, mittels dem sich die Schlauchgeschwindigkeit in ml/min errechnen lässt. Die Cook-Swartz® Doppler-Sonde wird am fünften postoperativen Tag entfernt, dies geschieht durch Zug am Sondenkabel, hierbei löst sich die eigentliche Messmanschette an einer Sollbruchstelle vom Sondenkabel.

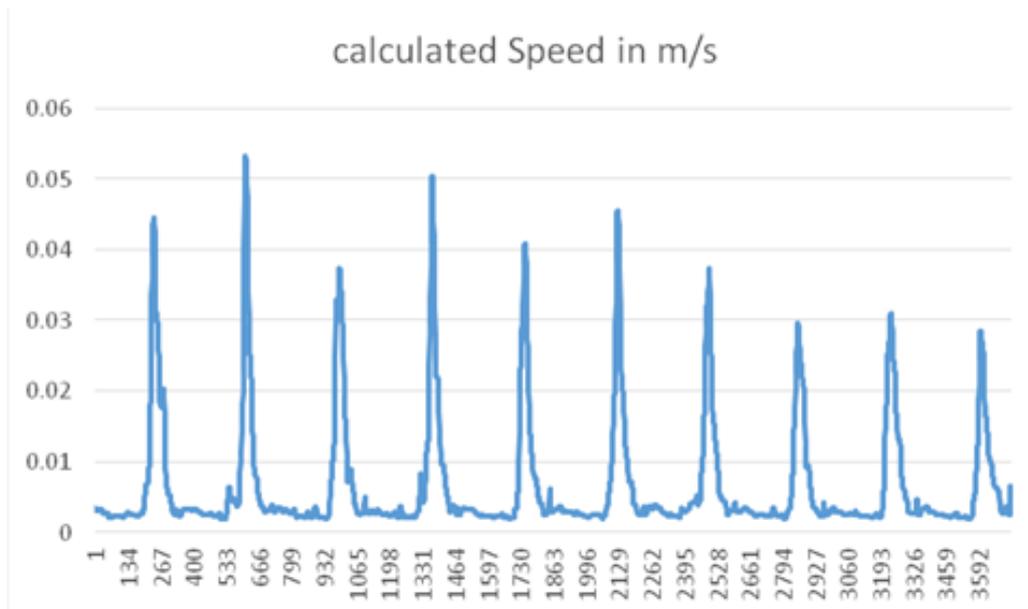


Abbildung 19: Darstellung der Blutflussgeschwindigkeit an der arteriellen Anastomose mittels Programm Excel für Windows
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Dargestellt ist ein Messintervall von 10 sec., jeder blaue Peak stellt den maximalen Blutfluss während eines systolischen Herzschlages dar. Die in dieser Doktorarbeit verwendete Messeinheit lässt sich aus Mittelwert von systolischer und diastolischer Blutflussgeschwindigkeit errechnen.



Abbildung 20: Darstellung der an einem Silikonschlauch befestigten Cook-Swartz® Doppler-Sonde. Der Silikonschlauch liegt dabei in deionisiertem Wasser, um eine Kopplung zwischen Messsonde und Silikonschlauch zu ermöglichen.
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)



Abbildung 21: Spritzenpumpe mit Blood Mimicking Fluid befüllt. Der Perfusomat pumpt die BMF durch den Silikonschlauch. Dabei sind Schlauchdurchmesser und Durchflussmenge bekannt. Hieraus kann die Durchflussgeschwindigkeit errechnet werden.

(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

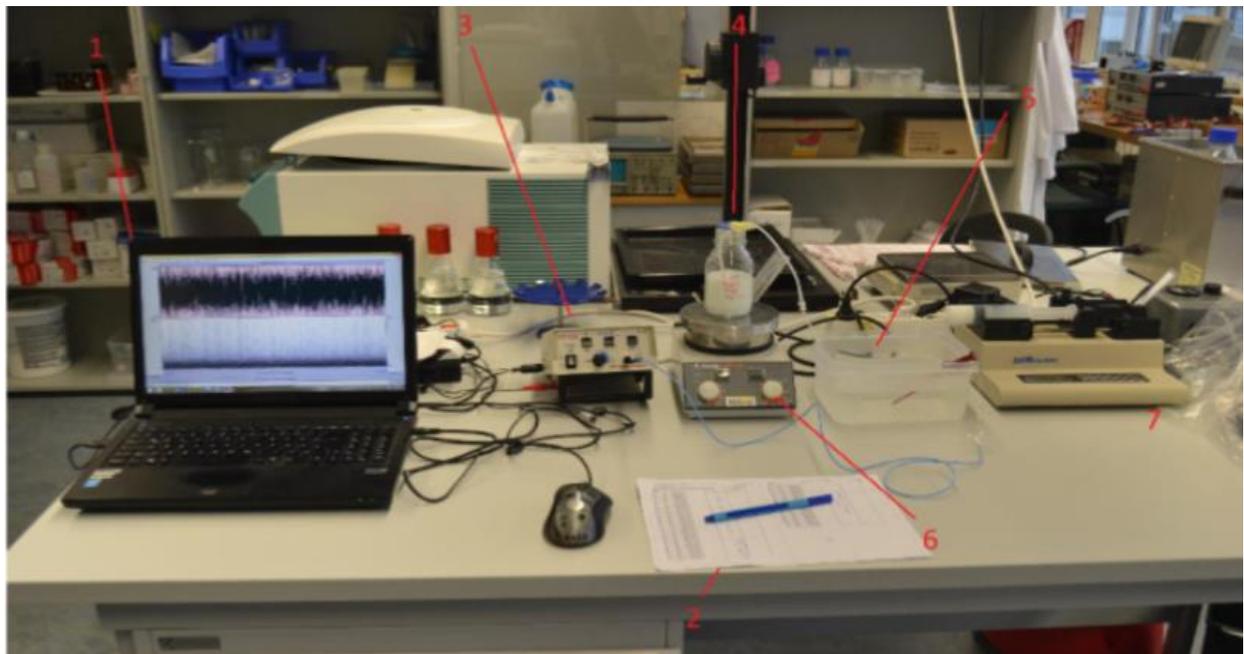


Abbildung 22: Darstellung der Kalibrierung. Die Spritzenpumpe auf der rechten Seite pumpt Blood Mimicking Fluid durch den Silikonschlauch. Die Cook-Swartz® Doppler-Sonde ist am Silikonschlauch befestigt und in deionisiertes Wasser eingetaucht. Das Doppler-Signal wird durch den Doppler-Monitor aufgezeichnet und in ein hörbares Audiosignal verwandelt, das mittels Laptop in ein digitales Signal konvertiert wird.

1: Laptop 2: Checkliste für Versuchsbedingungen 3: Cook-Swartz® Doppler-Monitor 4: Blood Mimicking Fluid-Aufbewahrungsflasche 5: Cook-Swartz® Doppler-Sonde, befestigt an einem Silikonschlauch, in einem Wasserbehälter liegend 6: Magnet-Rührer
7: Spritzenpumpe
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

3.2.5. Artec 3-D Scanner

Der Artec 3-D Scanner der Firma RSI 3-D Systems (Oberusel, Deutschland) ist ein 3-D-Scanner, mit dem Objekte jeglicher Art gescannt und in einem dreidimensionalen Bild dargestellt werden können.

Das 850 Gramm schwere handgeführte Gerät nimmt bis zu acht Bilder pro Sekunde auf, wobei jede Aufnahme in ein 3-D-Bild umgerechnet wird.

Während des Scann Vorgangs ist das Messgerät über einen USB-Anschluss mit einem Computer verbunden. Alle Bilder werden in Echtzeit bereits während des Scannens gegeneinander ausgerichtet, miteinander verschmolzen und verrechnet und können somit während des Messens am Computer betrachtet werden.

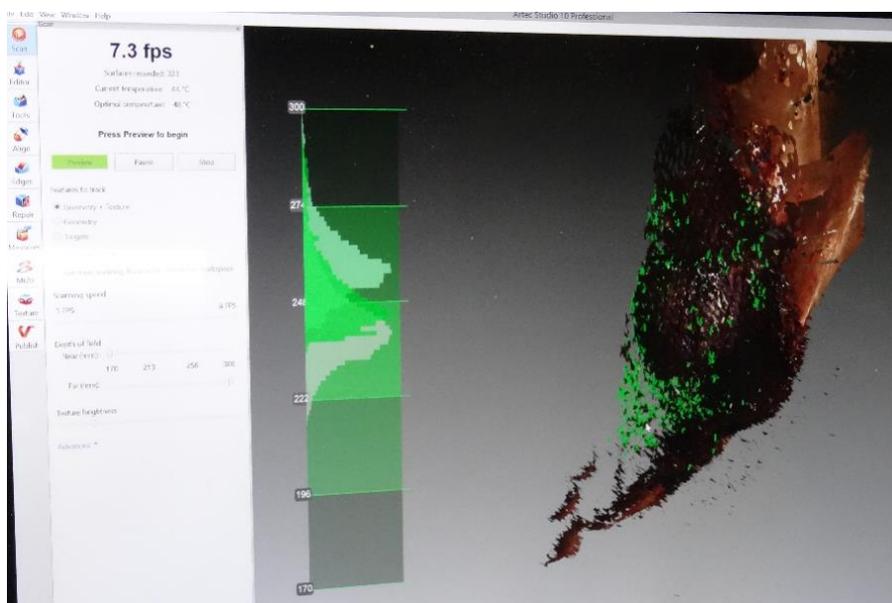


Abbildung 23: Darstellung einer 3-D Messung
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)



Abbildung 24: Darstellung des ARTEC 3 D Spider Scanners
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

Die gespeicherten 3D-Frames können anschließend mithilfe des Computerprogrammes Artec Studio 11 fusioniert und mit dem Programm Geomagic Studio 2014 weiterverarbeitet werden. Dort wird das Scanmodell nach mehreren Optimierungsprozessen, wie Remove spike, Relax sowie Mesh Doctor Funktion exakt zugeschnitten und das Volumen in mm^3 berechnet.

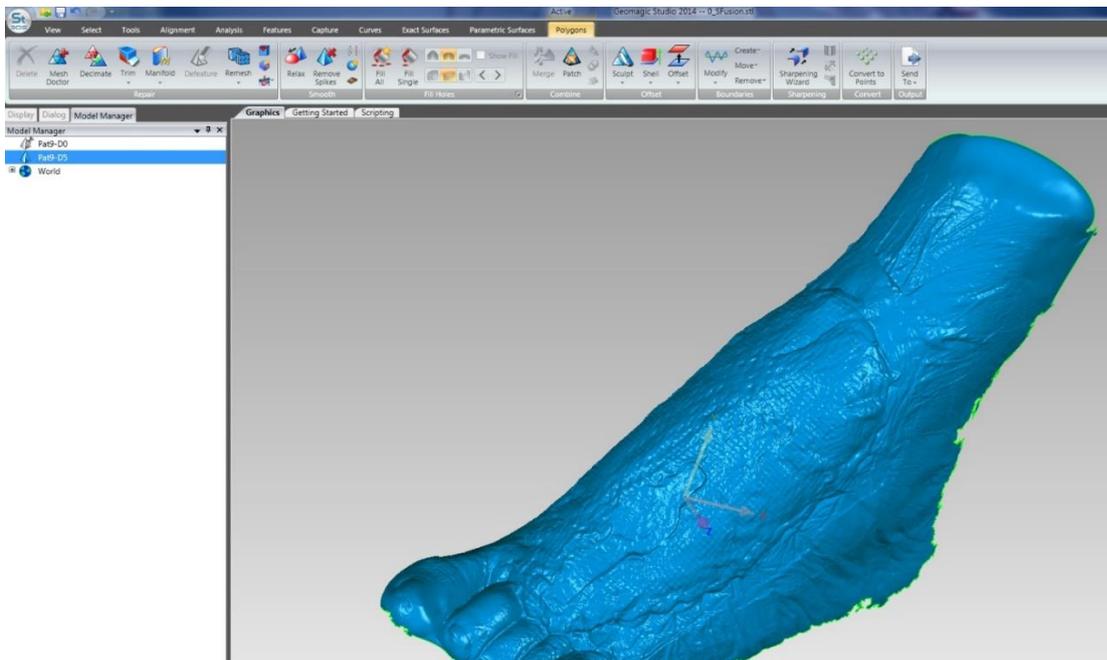


Abbildung 25: Darstellung der Volumenberechnung mittels Geomagic Studio-Programms
(Privataufnahme Klinikum Bogenhausen/München)

3.3. Statistische Auswertung

Statistische Planung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München. Die Auswertungen der erhobenen Messwerte erfolgte mit SPSS für Windows, Version 24.0 (SPSS Inc., U.S.A.). Metrische Variablen wurden als Mediane und Mittelwerte dargestellt, Streumaße hingegen als Standardabweichungen und Quartile.

Nominale Daten wurden als relative und absolute Häufigkeit beschrieben.

Der Test auf Normalverteilung hinsichtlich der metrischen Variablen erfolgte wegen der Größe des Patientenkollektivs mit dem Shapiro-Wilk-Test. Ein p-Wert $< 0,05$ wird als eine Normalverteilung der Werte angesehen.

Im Falle von zwei normalverteilten, voneinander unabhängigen Stichproben wurde der t-Test angewandt. Zwecks Prüfung der Homogenität der Varianzen wurde der Levene-Test durchgeführt. Im Falle einer nachgewiesenen Homogenität der Varianzen wurde der Student t-Test verwendet, im Falle einer ausbleibenden Homogenität der Varianzen wurde der Welch-Test in Form eines modifizierten t-Tests verwendet.

Im Falle von zwei nicht normalverteilten, voneinander unabhängigen Variablen wurde ein nichtparametrischer Test, in Form des Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Sowohl beim t-Test, als auch beim Mann-Whitney-U-Test wurden zweiseitige p-Werte beschrieben, ein p-Wert $< 0,05$ wird als statistisch signifikant angesehen.

Die Grafiken in der vorliegenden Doktorarbeit wurden ebenso mit dem Programm SPSS erstellt. Um Mediane sowie Quartilsabstände darzustellen, wurden Boxplots erstellt.

Hierbei entsprechen die T-Balken dem kleinsten, sowie größten Wert, vorausgesetzt es handelt sich dabei um keine Ausreißer,- bzw. Extremwerte.

Ausreißerwerte sind Werte, die eineinhalb bis drei Boxlängen außerhalb der Box liegen, sie werden nachfolgend als Kreise abgebildet. Extremwerte sind Werte, die mehr als drei Boxlängen außerhalb der Box liegen, sie werden als Sternchen dargestellt.

3.4. Messparameter

Die Einheiten der verschiedenen Parameter sind wie folgt:

Sauerstoffsättigung (SO₂) wird in Prozent angegeben. Die Einheit des Mikroflows (Flow), sowie des rHb (relatives Hämoglobin) sind AU. AU bedeutet Arbitrary Unit. Darunter versteht man eine lineare, durch die Ursprungsgerade gehende Einheit. Sie ist bei gleichem Gewebetyp zwischen allen Patienten gleich. Der Makrofluss wird in cm/s angegeben. Das Scanvolumen wird in mm³ gemessen und berechnet.

Bei allen oben genannten Parametern wird stets ein Messintervall von exakt zehn Sekunden zur Auswertung verwendet. Die Messungen der Messparameter SO₂, rHb sowie Mikroflow erfolgen stets an den postoperativen Tagen 0, 3 und 5.

Die Messung des Messparameters Volumen erfolgt an den postoperativen Tagen 0, 5 und 14.

Zusätzlich werden die Differenzwerte der einzelnen Messtage der Messparameter errechnet.

So wird z.B. der Messwert von Tag 0 auf Tag 3, von Tag 0 auf Tag 5 und von Tag 3 auf Tag 5 errechnet.

Bei den Volumenmessungen erfolgen die Berechnungen der Differenzwerte von Tag 0 auf Tag 5, von Tag 0 auf Tag 14, sowie von Tag 5 auf Tag 14.

4. Ergebnisse

4.1. Geschlechterverteilung

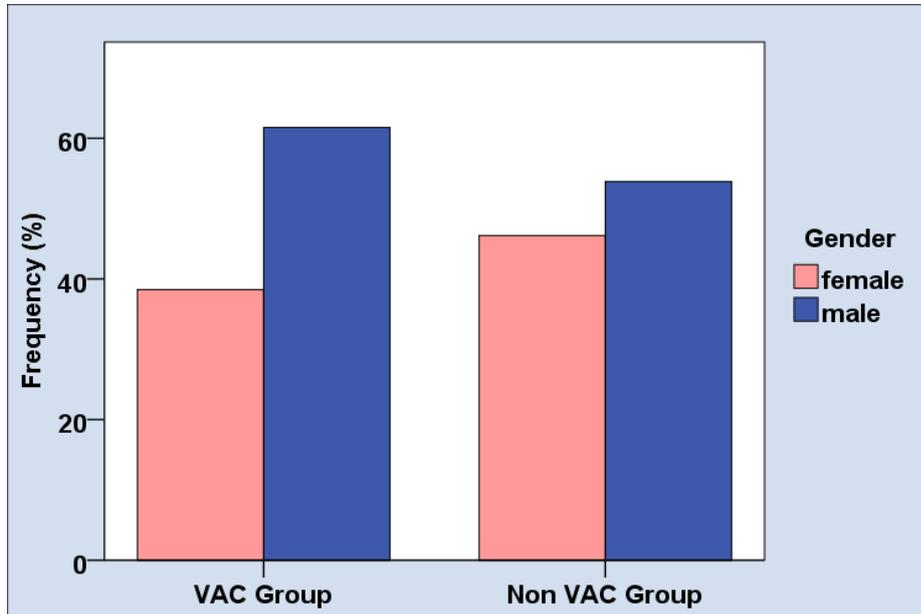


Abbildung 26: Darstellung der Boxplots der Geschlechterverteilung

Tabelle 1: Darstellung der Geschlechterverteilung

			Group		Total
			V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	
Gender	female	Count	5	6	11
		% within Group	38.5%	46.2%	42.3%
	male	Count	8	7	15
		% within Group	61.5%	53.8%	57.7%
Total		Count	13	13	26
		% within Group	100.0%	100.0%	100.0%

Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

4.2. Alter der Patienten

Tabelle 2: Darstellung der Altersverteilung

	Age (years)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	51.46	49.31	50.38
SD	17.55	20.75	18.86
Median	53.00	50.00	51.00
Valid N	13	13	26

t-test; p= **0.778**

4.3. Begleiterkrankungen

4.3.1. Diabetes mellitus

Tabelle 3: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit Diabetes mellitus

		Group		Total
		V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	
Diabetes mellitus	Count	2	2	4
	% within Group	15.4%	15.4%	15.4%

Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

4.3.2. Hypertension

Tabelle 4: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit arterieller Hypertonie

		Group		Total
		V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	
Hypertension	Count	3	3	6
	% within Group	23.1%	23.1%	23.1%

Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

4.3.3. Hypercholesterämie

Tabelle 5: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit Hypercholesterämie

Hypercholesterolemia	Group		Total
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	
yes	Count	0	1
	% within Group	0.0%	3.8%

Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

4.4. Raucher

Tabelle 6: Darstellung der Messtabelle nikotinkonsumierender Patienten

Smoker	Group		Total
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	
yes	Count	2	4
	% within Group	15.4%	15.4%

Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

4.5. Ischämiezeit

Tabelle 7: Darstellung der Messtabelle der Lappenischämiezeiten

	Time of ischemia (min)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	63.85	61.15	62.50
SD	21.90	16.10	18.89
Percentile 25	48	55	48
Median	60.00	61.00	61.00
Percentile 75	74.00	72.00	74.00
Minimum	35	35	35
Maximum	105	88	105
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

t-test; p= **0.724**

Unter Ischämiezeit versteht man die Zeitspanne, in der ein zu transplantierendes Organ (Muskellappen) ohne jegliche Blutversorgung ist.

4.6. V.A.C.®-Aspirat Menge

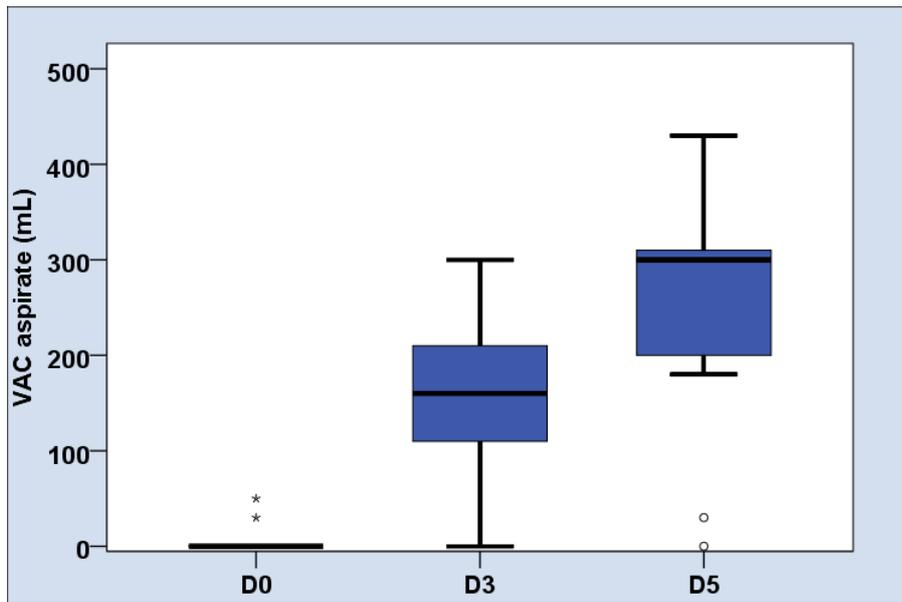
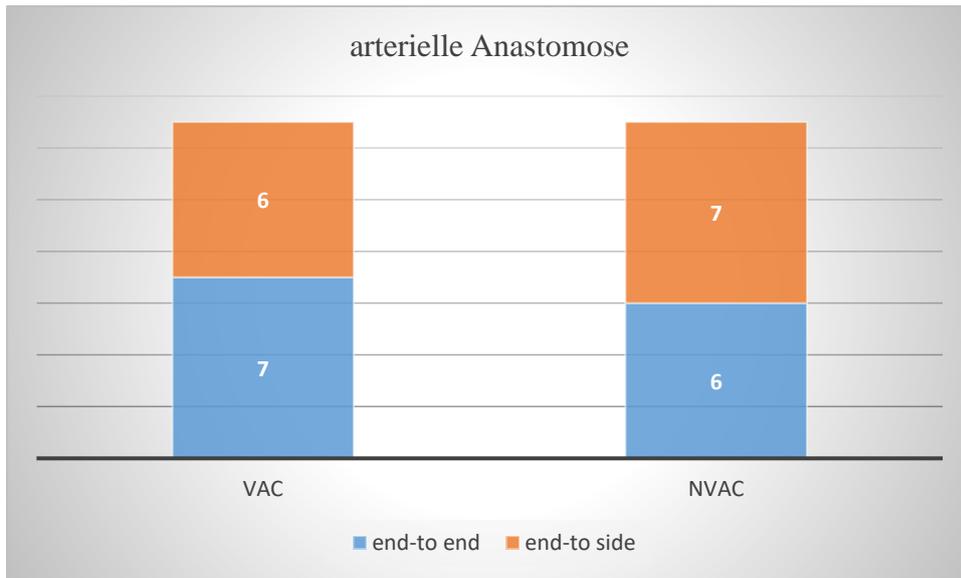


Abbildung 27: Darstellung der Boxplots der V.A.C.®- Aspirat Mengen im Verlauf über fünf postoperative Messtage

Tabelle: Nr.8: Darstellung der Messtabelle der V.A.C.® Aspirat Mengen im Verlauf über fünf postoperative Messtage

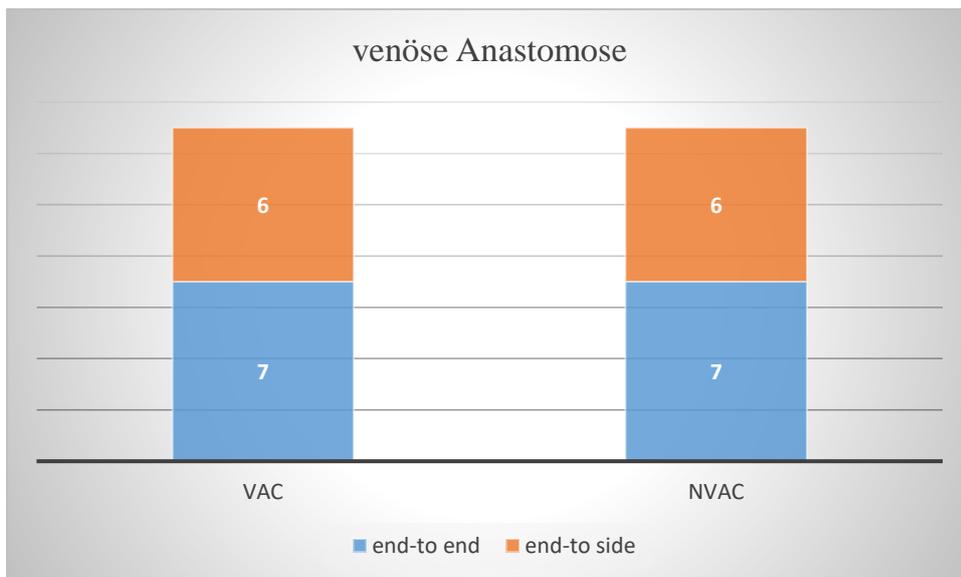
	V.A.C. aspirate D0 (mL)	V.A.C. aspirate D3 (mL)	V.A.C. aspirate D5 (mL)
Mean	6,15	160,00	244,62
SD	15,57	88,03	124,94
95.0% Lower CL for Mean	-3.25	106.80	169.11
95.0% Upper CL for Mean	15.56	213.20	320.12
Percentile 25	,00	110,00	200,00
Median	,00	160,00	300,00
Percentile 75	,00	210,00	310,00
Minimum	0	0	0
Maximum	50	300	430
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

4.7. Anastomosen



Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

Abbildung 28: Darstellung der Balkendiagramme der art. Anastomosenverteilung



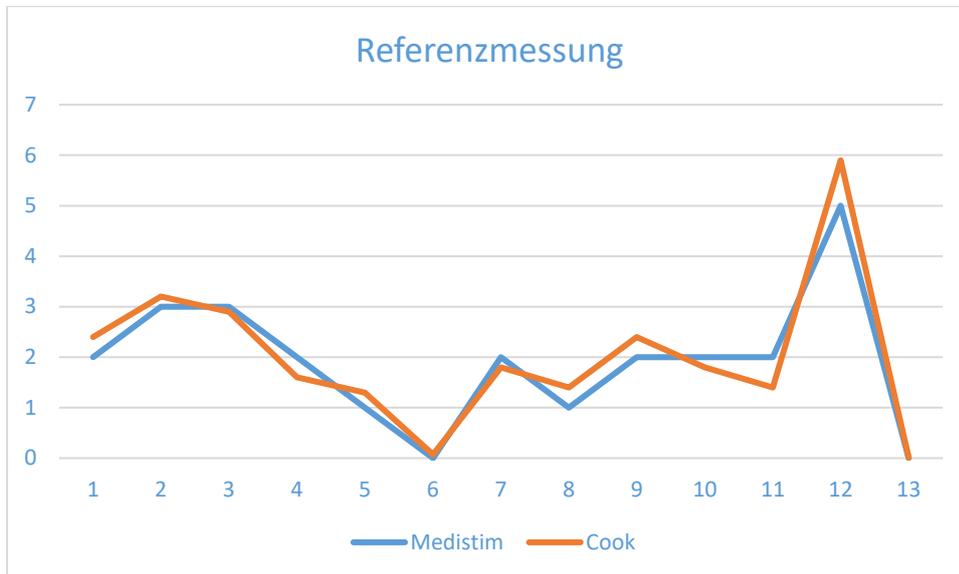
Fisher-Test, Exact. Sig. (2-sided) **1.000**

Abbildung 29: Darstellung der Balkendiagramme der ven. Anastomosenverteilung

Unter einer Anastomose versteht man eine Verbindung zweier anatomischer Strukturen, in diesem Falle von Arterie und Vene. Je nachdem welche Teile des Gefäßes miteinander verbunden werden (Ende des Gefäßes, bzw. Seite des Gefäßes), werden Anastomosen in End-zu-End, Seit-zu-Seit sowie in End-zu-Seit Anastomosen eingeteilt. In der V.A.C.®-Gruppe wurde sieben Mal eine Vene verwendet, die restlichen sechs Patienten erhielten zwei Venen. In

der N-V.A.C.®-Gruppe wurde sechs Mal eine Vene verwendet, die restlichen sieben Patienten erhielten zwei Venen.

4.8. Referenzmessung



Korrelations Koeffizient nach Pearson, 0,97

Abbildung 30: Darstellung der Korrelation zwischen Medistim-Sonde und Cook-Swartz® Doppler-Sonde

Der errechnete Korrelationskoeffizient beweist einen annähernd vollständigen positiven Zusammenhang zwischen beiden Messmethoden. Die oben abgebildete Korrelationsmessung erfolgte aus organisatorischen Gründen nicht bei allen in die Doktorarbeit eingeschlossenen Patienten (n=13).

4.9. Komplikationen

Alle Patienten wurden zwei Wochen postoperativ nachuntersucht. Sowohl in der V.A.C.®-Gruppe, als auch in der N-V.A.C.®-Gruppe kam es in jeder Gruppe zu je einer postoperativen Komplikation, die eine weitere Operation erforderte. In der V.A.C.®-Gruppe kam es am achten postoperativen Tag zu einem Lappenhämatom, in der N-V.A.C.®-Gruppe zeigte sich am siebten postoperativen Tag eine Wundheilungsstörung.

In keiner der beiden Gruppen kam es innerhalb der ersten beiden postoperativen Wochen zu einer art., bzw. ven. Thrombose.

4.10. Hämodynamische Parameter

4.10.1. Intraoperative hämodynamische Parameter

Intraoperativer systolischer Blutdruck

Tabelle 9: Darstellung der Messtabelle des intraoperativ gemessenen systolischen Blutdrucks

	Intra OP systolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	125.00	119.92	122.46
SD	12.35	10.43	11.49
95.0% Lower CL for Mean	117.54	113.62	117.82
95.0% Upper CL for Mean	132.46	126.22	127.10
Percentile 25	119.00	115.00	116.00
Median	123.00	120.00	122.50
Percentile 75	130.00	125.00	126.00
Minimum	107	95	95
Maximum	150	137	150
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,441**

Intraoperativer diastolischer Blutdruck

Tabelle 10: Darstellung der Messtabelle des intraoperativ gemessenen diastolischen Blutdrucks

	Intra OP diastolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	gesamt
Mean	66,46	70,38	68,42
SD	13,13	10,27	11,72
95,0% Lower CL for Mean	58.53	64.18	63.69
95,0% Upper CL for Mean	74.39	76.59	73.16
Percentile 25	55,00	64,00	60,00
Median	70,00	70,00	70,00
Percentile 75	75,00	78,00	78,00
Minimum	47	53	47
Maximum	90	86	90
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,383**

Intraoperative Herzrate

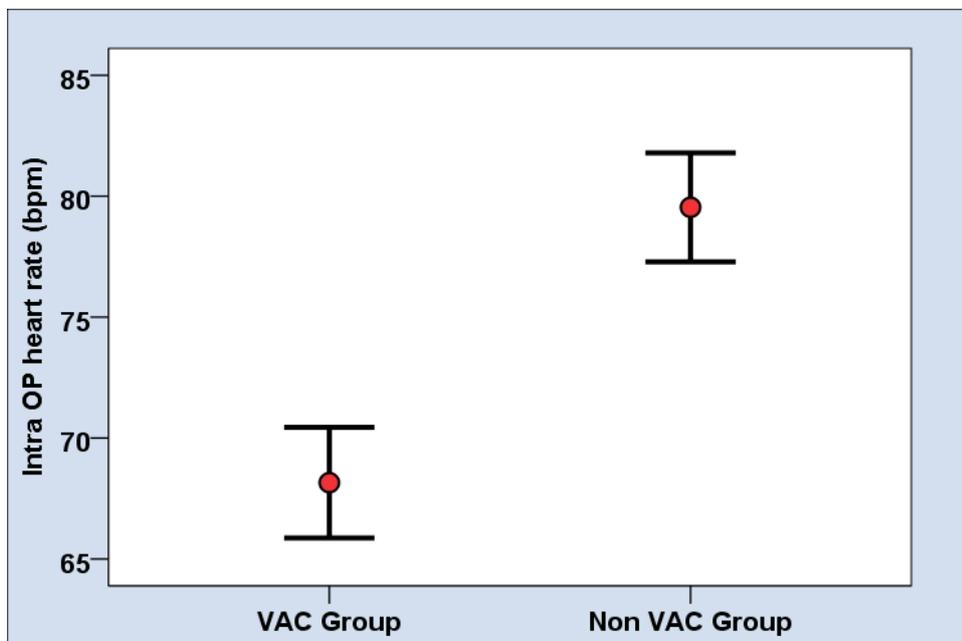


Abbildung 31: Darstellung der Boxplots der intraoperativ gemessenen Herzrate

Tabelle 11: Darstellung der Messtabelle der intraoperativ gemessenen Herzrate

	Intra OP heart rate (bpm)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	68.15	79.54	73.85
SD	8.25	8.13	9.91
Percentile 25	63	76	65
Median	66.00	80.00	75.00
Percentile 75	73.00	84.00	80.00
Minimum	53	64	53
Maximum	85	91	91
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

t-test; p= **0.002**

4.10.2. Hämodynamische Parameter an Tag 0

Systolischer Blutdruck an Tag 0

Tabelle 12: Darstellung der Messtabelle des an Tag 0 gemessenen systolischen Blutdrucks

	D0 systolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	118.54	121.00	119.77
SD	13.73	11.53	12.49
95.0% Lower CL for Mean	110.24	114.03	114.73
95.0% Upper CL for Mean	126.84	127.97	124.81
Percentile 25	120.00	120.00	120.00
Median	120.00	120.00	120.00
Percentile 75	120.00	125.00	125.00
Minimum	91	100	91
Maximum	140	148	148
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,763**

Diastolischer Blutdruck an Tag 0

Tabelle 13: Darstellung der Messtabelle des an Tag 0 gemessenen diastolischen Blutdrucks

	D0 diastolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	72.62	76.15	74.38
SD	12.37	8.61	10.60
95.0% Lower CL for Mean	65.14	70.95	70.10
95.0% Upper CL for Mean	80.09	81.36	78.67
Percentile 25	70.00	71.00	70.00
Median	80.00	80.00	80.00
Percentile 75	80.00	80.00	80.00
Minimum	44	60	44
Maximum	85	90	90
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,696**

Herzrate an Tag 0

Tabelle 14: Darstellung der Messtabelle der an Tag 0 gemessenen Herzrate

	D0 heart rate (bpm)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	79.69	89.15	84.42
SD	12.83	14.53	14.27
Percentile 25	72	75	74
Median	78.00	84.00	82.00
Percentile 75	84.00	96.00	96.00
Minimum	60	74	60
Maximum	104	120	120
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,091**

4.10.3. Hämodynamische Parameter an Tag 3

Systolischer Blutdruck an Tag 3

Tabelle 15: Darstellung der Messtabelle des an Tag 3 gemessenen systolischen Blutdrucks

	D3 systolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	124.23	120.00	122.12
SD	7.60	7.90	7.89
95.0% Lower CL for Mean	119.64	115.23	118.93
95.0% Upper CL for Mean	128.82	124.77	125.30
Percentile 25	120.00	120.00	120.00
Median	130.00	120.00	120.00
Percentile 75	130.00	120.00	130.00
Minimum	110	105	105
Maximum	130	135	135
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,126**

Diastolischer Blutdruck an Tag 3

Tabelle 16: Darstellung der Messtabelle des an Tag 3 gemessenen diastolischen Blutdrucks

	D3 diastolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	75.77	76.77	76.27
SD	7.60	9.48	8.43
95.0% Lower CL for Mean	71.18	71.04	72.86
95.0% Upper CL for Mean	80.36	82.50	79.67
Percentile 25	70.00	75.00	70.00
Median	80.00	80.00	80.00
Percentile 75	80.00	80.00	80.00
Minimum	55	50	50
Maximum	80	88	88
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,557**

Herzrate an Tag 3

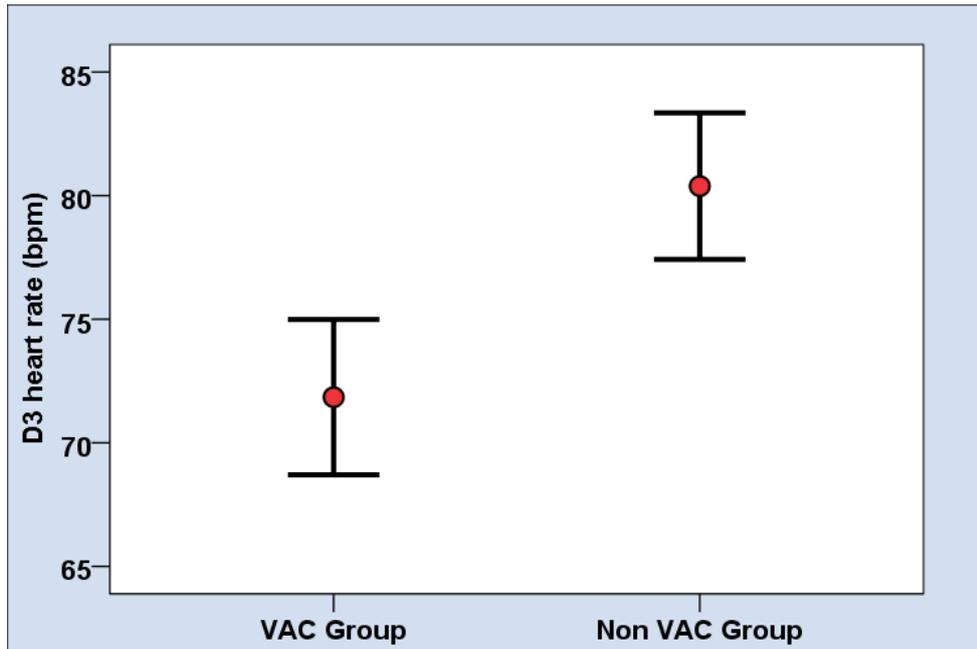


Abbildung 32: Darstellung der Boxplots des an Tag 3 gemessenen diastolischen Blutdrucks

Tabelle 17: Darstellung der Messtabelle der an Tag 3 gemessenen Herzrate

	D3 heart rate (bpm)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	71.85	80.38	76.12
SD	11.33	10.67	11.63
Percentile 25	66	72	66
Median	72.00	78.00	75.00
Percentile 75	78.00	90.00	84.00
Minimum	54	60	54
Maximum	96	96	96
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

t-test; p= **0.060**

4.10.4. Hämodynamische Parameter an Tag 5

Systolischer Blutdruck an Tag 5

Tabelle 18: Darstellung der Messtabelle des an Tag 5 gemessenen systolischen Blutdrucks

	D5 systolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	121.54	121.15	121.35
SD	8.01	4.49	6.36
95.0% Lower CL for Mean	116.70	118.44	118.78
95.0% Upper CL for Mean	126.38	123.87	123.92
Percentile 25	120.00	120.00	120.00
Median	120.00	120.00	120.00
Percentile 75	130.00	125.00	126.00
Minimum	110	112	110
Maximum	130	130	130
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,765**

Diastolischer Blutdruck an Tag 5

Tabelle 19: Darstellung der Messtabelle des an Tag 5 gemessenen diastolischen Blutdrucks

	D5 diastolic BP (mmHg)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	80.38	78.00	79.19
SD	4.31	5.87	5.19
95.0% Lower CL for Mean	77.78	74.45	77.10
95.0% Upper CL for Mean	82.99	81.55	81.29
Percentile 25	80.00	80.00	80.00
Median	80.00	80.00	80.00
Percentile 75	80.00	80.00	80.00
Minimum	70	60	60
Maximum	90	84	90
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Mann-Whitney-U Test, asymp. Signifikanz: **0,251**

Herzrate an Tag 5

Tabelle 20: Darstellung der Messtabelle der an Tag 5 gemessenen Herzrate

	D5 heart rate (bpm)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	75.38	81.31	78.35
SD	12.82	12.23	12.64
Percentile 25	64	75	70
Median	78.00	77.00	77.50
Percentile 75	84.00	84.00	84.00
Minimum	54	66	54
Maximum	90	104	104
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

t-test; p= **0.240**

4.11. Messergebnisse der Mikro-, Makrozirkulation sowie der Lappenvolumina

4.11.1.1. Sauerstoff (SO₂)

Sauerstoffsättigung an Tag 0

Tabelle 21: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen

	SO ₂ D0 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	69.36	68.11	68.73
SD	16.90	14.04	15.24
95.0% Lower CL for Mean	59.15	59.62	62.58
95.0% Upper CL for Mean	79.57	76.59	74.89
Percentile 25	63.00	57.00	57.00
Median	77.00	71.07	71.37
Percentile 75	81.00	74.20	81.00
Minimum	37.02	39.13	37.02
Maximum	91.00	89.00	91.00
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0,701**

Sauerstoffsättigung an Tag 3

Tabelle 22: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	SO2 D3 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	65.66	65.83	65.74
SD	14.93	11.65	13.12
95.0% Lower CL for Mean	56.64	58.79	60.44
95.0% Upper CL for Mean	74.68	72.86	71.04
Percentile 25	52.47	56.27	55.93
Median	70.60	73.20	71.90
Percentile 75	77.13	75.73	77.13
Minimum	39.40	47.60	39.40
Maximum	86.60	78.47	86.60
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.898**

Sauerstoffsättigung an Tag 5

Tabelle 23: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	SO2 D5 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	64.48	57.65	61.06
SD	19.37	16.37	17.91
95.0% Lower CL for Mean	52.77	47.76	53.83
95.0% Upper CL for Mean	76.18	67.54	68.30
Percentile 25	45.80	45.20	45.20
Median	59.07	58.67	58.87
Percentile 75	85.53	70.93	75.67
Minimum	39.20	28.80	28.80
Maximum	90.60	83.93	90.60
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.317**

4.11.1.2. SO2-Differenzmessungen

SO2 Differenz von Tag 0 auf Tag 3

Tabelle 24: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	SO2 D0-D3 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-3.70	-2.28	-2.99
SD	9.61	8.33	8.84
95.0% Lower CL for Mean	-9.51	-7.31	-6.56
95.0% Upper CL for Mean	2.11	2.75	.58
Percentile 25	-6.67	-6.07	-6.67
Median	-.93	.00	-.67
Percentile 75	1.33	3.93	3.73
Minimum	-24.93	-15.80	-24.93
Maximum	12.07	8.47	12.07
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.626**

SO2 Differenz von Tag 0 auf Tag 5

Tabelle 25: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	SO2 D0-D5 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-4.88	-10.46	-7.67
SD	15.43	12.51	14.05
95.0% Lower CL for Mean	-14.21	-18.02	-13.35
95.0% Upper CL for Mean	4.44	-2.90	-2.00
Percentile 25	-3.93	-15.93	-15.93
Median	1.07	-10.80	-2.76
Percentile 75	4.87	-1.60	3.67
Minimum	-38.20	-34.87	-38.20
Maximum	8.20	8.87	8.87
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.158**

SO2 Differenz von Tag 3 auf Tag 5

Tabelle 26: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	SO2 D3-D5 (%)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-1.18	-8.18	-4.68
SD	12.38	10.91	11.98
95.0% Lower CL for Mean	-8.66	-14.77	-9.52
95.0% Upper CL for Mean	6.30	-1.58	.16
Percentile 25	-5.47	-14.73	-13.33
Median	1.53	-5.80	-3.50
Percentile 75	6.87	-.07	3.73
Minimum	-29.27	-28.80	-29.27
Maximum	15.60	9.87	15.60
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.106**

4.11.1.3. SO2-Verlauf

V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 27: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen der V.A.C.®- Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	SO2 D0 (%)	SO2 D3 (%)	SO2 D5 (%)
Mean	69,36	65,66	64,48
SD	16,90	14,93	19,37
95.0% Lower CL for Mean	59.15	56.64	52.77
95.0% Upper CL for Mean	79.57	74.68	76.18
Percentile 25	63,00	52,47	45,80
Median	77,00	70,60	59,07
Percentile 75	81,00	77,13	85,53
Minimum	37.02	39.40	39.20
Maximum	91.00	86.60	90.60
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

Nicht-V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 28: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen der N-V.A.C.®- Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	SO2 D0 (%)	SO2 D3 (%)	SO2 D5 (%)
Mean	68,11	65,83	57,65
SD	14,04	11,65	16,37
95.0% Lower CL for Mean	59.62	58.79	47.76
95.0% Upper CL for Mean	76.59	72.86	67.54
Percentile 25	57,00	56,27	45,20
Median	71,07	73,20	58,67
Percentile 75	74,20	75,73	70,93
Minimum	39.13	47.60	28.80
Maximum	89.00	78.47	83.93
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

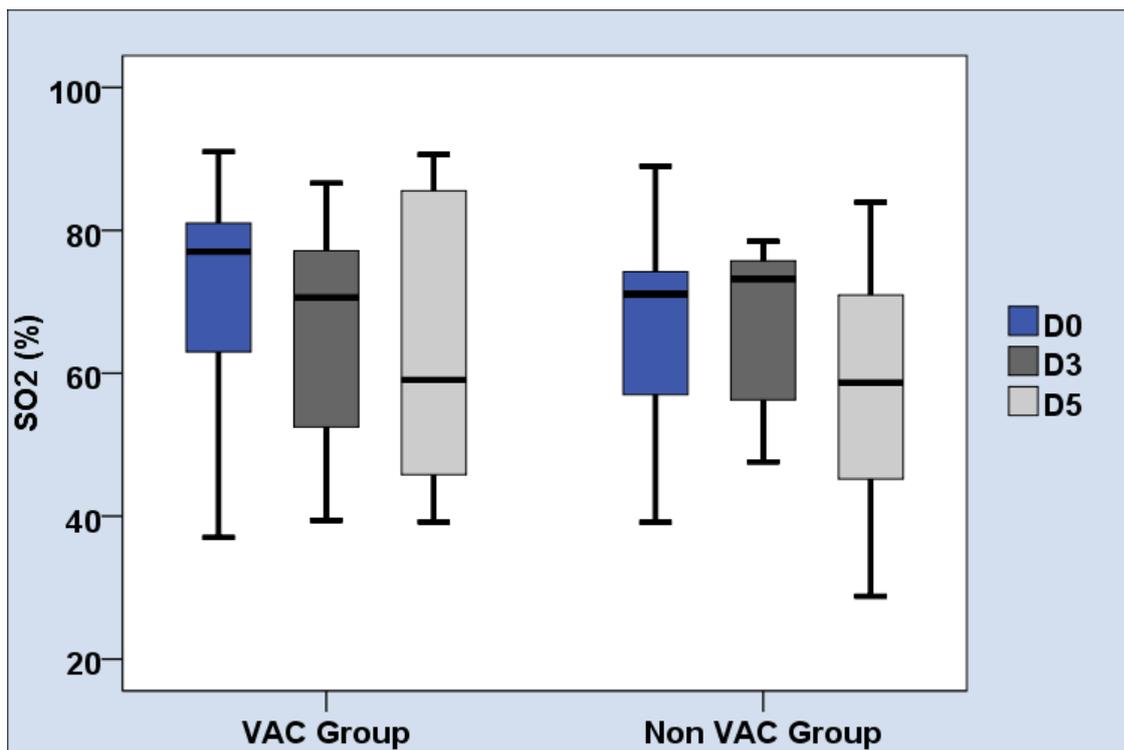


Abbildung 33: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

4.11.2.1. Hämoglobin (Hb)

Hämoglobingehalt an Tag 0

Tabelle 29: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D0 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	52.78	68.39	60.59
SD	16.45	34.89	27.88
95.0% Lower CL for Mean	42.84	47.31	49.32
95.0% Upper CL for Mean	62.73	89.47	71.85
Percentile 25	36.93	51.20	49.47
Median	54.40	57.87	54.70
Percentile 75	57.53	66.60	63.67
Minimum	31.27	39.53	31.27
Maximum	90.86	151.13	151.13
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.228**

Hämoglobingehalt an Tag 3

Tabelle 30: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D3 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	52.74	62.36	57.55
SD	15.97	24.57	20.88
95.0% Lower CL for Mean	43.09	47.51	49.11
95.0% Upper CL for Mean	62.39	77.20	65.98
Percentile 25	37.67	44.20	43.40
Median	53.53	56.07	54.50
Percentile 75	58.60	69.07	63.40
Minimum	33.60	33.27	33.27
Maximum	88.40	118.87	118.87
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.270**

Hämoglobingehalt an Tag 5

Abbildung 31: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	67.11	80.58	73.85
SD	21.58	37.84	30.95
95.0% Lower CL for Mean	54.07	57.71	61.34
95.0% Upper CL for Mean	80.15	103.45	86.35
Percentile 25	50.27	51.00	50.27
Median	66.40	61.60	65.40
Percentile 75	74.07	117.31	98.73
Minimum	38.40	31.73	31.73
Maximum	107.67	138.40	138.40
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.555**

4.11.2.2. Hb-Differenzmessungen

Relative Hämoglobindifferenz von Tag 0 auf Tag 3

Tabelle 32: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D0-D3 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-.04	-6.03	-3.04
SD	8.67	28.86	21.10
95.0% Lower CL for Mean	-5.28	-23.47	-11.56
95.0% Upper CL for Mean	5.20	11.41	5.48
Percentile 25	-.87	-15.87	-12.40
Median	-.07	-4.13	-.34
Percentile 75	1.07	3.93	2.47
Minimum	-14.47	-54.63	-54.63
Maximum	22.47	57.73	57.73
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.369**

Relative Hämoglobindifferenz von Tag 0 auf Tag 5

Tabelle 33: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D0-D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	14.32	12.19	13.26
SD	20.57	40.34	31.39
95.0% Lower CL for Mean	1.89	-12.18	.58
95.0% Upper CL for Mean	26.75	36.57	25.94
Percentile 25	2.73	-20.00	-13.73
Median	11.33	-1.13	7.53
Percentile 75	32.73	45.20	33.13
Minimum	-16.79	-33.83	-33.83
Maximum	49.27	83.47	83.47
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.397**

Relative Hämoglobindifferenz von Tag 3 auf Tag 5

Tabelle 34: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	rHb D3-D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	14.36	18.23	16.30
SD	17.09	23.27	20.10
95.0% Lower CL for Mean	4.03	4.16	8.18
95.0% Upper CL for Mean	24.69	32.29	24.41
Percentile 25	3.20	-1.53	1.00
Median	10.27	15.53	10.47
Percentile 75	27.93	28.47	28.47
Minimum	-14.33	-5.07	-14.33
Maximum	49.33	63.00	63.00
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.939**

4.11.2.3. Hb-Verlauf

V.A.C. ®-Gruppe

Tabelle 35: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung der V.A.C.®- Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	rHb D0 (AU)	rHb D3 (AU)	rHb D5 (AU)
Mean	52,78	52,74	67,11
SD	16,45	15,97	21,58
95.0% Lower CL for Mean	42.84	43.09	54.07
95.0% Upper CL for Mean	62.73	62.39	80.15
Percentile 25	36,93	37,67	50,27
Median	54,40	53,53	66,40
Percentile 75	57,53	58,60	74,07
Minimum	31.27	33.60	38.40
Maximum	90.86	88.40	107.67
Count	13	13	13

Nicht-V.A.C. ® Gruppe

Tabelle 36: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung der N-V.A.C.®- Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	rHb D0 (AU)	rHb D3 (AU)	rHb D5 (AU)
Mean	68,39	62,36	80,58
SD	34,89	24,57	37,84
95.0% Lower CL for Mean	47.31	47.51	57.71
95.0% Upper CL for Mean	89.47	77.20	103.45
Percentile 25	51,20	44,20	51,00
Median	57,87	56,07	61,60
Percentile 75	66,60	69,07	117,31
Minimum	39.53	33.27	31.73
Maximum	151.13	118.87	138.40
Count	13	13	13

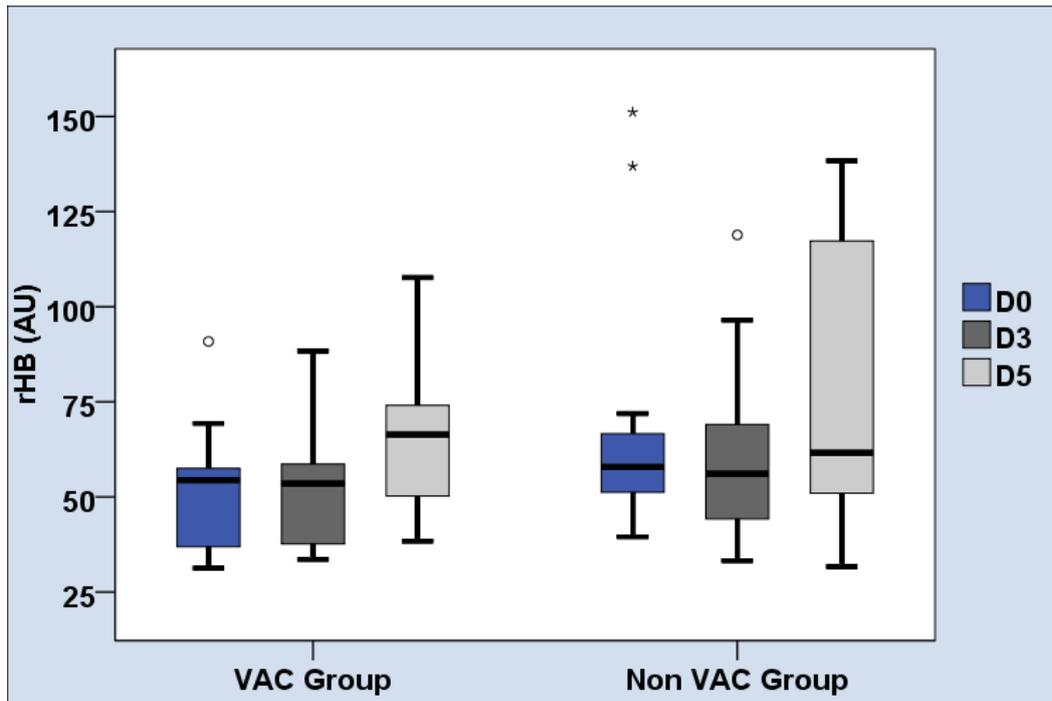


Abbildung 34: Darstellung der Boxplots der Hämoglobinsättigung im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

4.11.3.1. Mikroflow (Flow)

Mikro Flow an Tag 0

Tabelle 37: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D0 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	132.52	144.32	138.42
SD	93.51	90.56	90.39
95.0% Lower CL for Mean	76.01	89.60	101.91
95.0% Upper CL for Mean	189.03	199.05	174.93
Percentile 25	61.20	79.60	62.87
Median	105.53	108.53	107.03
Percentile 75	216.00	171.40	216.00
Minimum	17.00	50.67	17.00
Maximum	302.13	358.33	358.33
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.555**

Mikro Flow an Tag 3

Tabelle 38: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D3 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	195.43	170.56	183.00
SD	119.57	89.84	104.39
95.0% Lower CL for Mean	123.17	116.27	140.83
95.0% Upper CL for Mean	267.69	224.85	225.16
Percentile 25	92.80	112.73	96.20
Median	175.33	171.33	173.33
Percentile 75	293.47	204.27	270.40
Minimum	19.27	53.53	19.27
Maximum	372.20	370.40	372.20
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.739**

Mikro Flow an Tag 5

Tabelle 39: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	174.58	152.12	163.35
SD	136.06	93.02	114.76
95.0% Lower CL for Mean	92.36	95.91	117.00
95.0% Upper CL for Mean	256.81	208.33	209.71
Percentile 25	48.60	91.87	70.60
Median	148.73	134.00	134.23
Percentile 75	240.27	191.47	230.47
Minimum	30.60	27.27	27.27
Maximum	455.33	342.60	455.33
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.701**

4.11.3.2.Flow-Differenzmessungen

Mikro Flow von Tag 0 auf Tag 3

Tabelle 40: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D0-D3 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	62.91	26.24	44.57
SD	73.52	68.95	72.29
95.0% Lower CL for Mean	18.48	-15.43	15.37
95.0% Upper CL for Mean	107.33	67.90	73.77
Percentile 25	2.27	-28.80	-.73
Median	65.20	44.27	44.90
Percentile 75	93.07	54.10	91.73
Minimum	-31.73	-80.33	-80.33
Maximum	218.07	137.07	218.07
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.249**

Mikro Flow von Tag 0 auf Tag 5

Tabelle 41: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 0 auf Tag 5 Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D0-D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	42.06	7.80	24.93
SD	89.99	122.62	106.82
95.0% Lower CL for Mean	-12.32	-66.30	-18.21
95.0% Upper CL for Mean	96.44	81.90	68.07
Percentile 25	-16.87	-42.80	-32.27
Median	16.47	27.27	26.03
Percentile 75	79.73	83.80	83.80
Minimum	-67.27	-331.07	-331.07
Maximum	225.73	148.33	225.73
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.817**

Mikro Flow von Tag 3 auf Tag 5

Tabelle 42: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 3 auf Tag 5 Vergleich beider Gruppen

	Micro flow D3-D5 (AU)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-20.85	-18.44	-19.64
SD	80.92	92.54	85.18
95.0% Lower CL for Mean	-69.74	-74.36	-54.05
95.0% Upper CL for Mean	28.05	37.48	14.76
Percentile 25	-104.73	-27.80	-87.07
Median	3.93	11.13	7.53
Percentile 75	38.20	42.47	42.47
Minimum	-144.73	-271.40	-271.40
Maximum	83.13	65.81	83.13
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.701**

4.11.3.3. Flow im Verlauf

V.A.C. ®-Gruppe

Tabelle 43: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	Micro flow D0 (AU)	Micro flow D3 (AU)	Micro flow D5 (AU)
Mean	132,52	195,43	174,58
SD	93,51	119,57	136,06
95.0% Lower CL for Mean	76.01	123.17	92.36
95.0% Upper CL for Mean	189.03	267.69	256.81
Percentile 25	61,20	92,80	48,60
Median	105,53	175,33	148,73
Percentile 75	216,00	293,47	240,27
Minimum	17.00	19.27	30.60
Maximum	302.13	372.20	455.33
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

Nicht-V.A.C. ®-Gruppe

Tabelle 44: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows der N-V..A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage

	Micro flow D0 (AU)	Micro flow D3 (AU)	Micro flow D5 (AU)
Mean	144,32	170,56	152,12
SD	90,56	89,84	93,02
95.0% Lower CL for Mean	89.60	116.27	95.91
95.0% Upper CL for Mean	199.05	224.85	208.33
Percentile 25	79,60	112,73	91,87
Median	108,53	171,33	134,00
Percentile 75	171,40	204,27	191,47
Minimum	50.67	53.53	27.27
Maximum	358.33	370.40	342.60
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

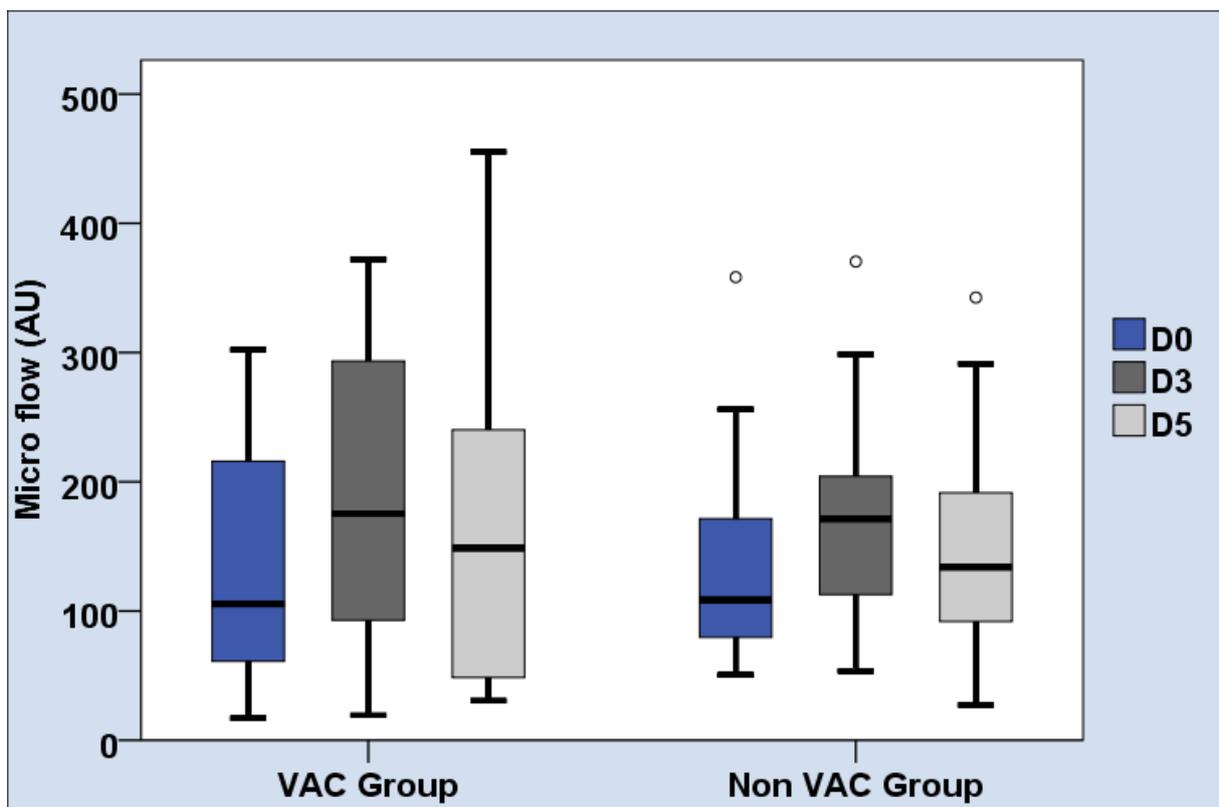


Abbildung 35: Darstellung der Messtabelle der Boxplots des Mikroflows im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

4.11.4.1. Makroflowmessungen während Aktivierung

Makro Flow während V.A.C.®-Aktivierung

Tabelle 45: Darstellung der Messtabelle des Makroflows vor, während, sowie nach der V.A.C.®- Aktivierung

	V.A.C. pre (cm/s)	V.A.C. Act. (cm/s)	V.A.C. post (cm/s)
Mean	,01	,05	,02
SD	,02	,04	,02
95.0% Lower CL for Mean	.00	.02	.00
95.0% Upper CL for Mean	.02	.07	.03
Percentile 25	,01	,02	,01
Median	,01	,04	,01
Percentile 75	,01	,06	,03
Minimum	.003	.008	.001
Maximum	.059	.120	.067
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

Tabelle 46: Darstellung der Messtabelle Signifikanzwerte während der V.A.C.®- Aktivierung

	df	Sig.
VAC pre (cm/s)	13	.000
VAC Act. (cm/s)	13	.104
VAC post (cm/s)	13	.003

Im Hypothesen Test zeigt sich ein signifikanter Unterschied vor V.A.C.®- Aktivierung als auch nach V.A.C.®- Aktivierung.

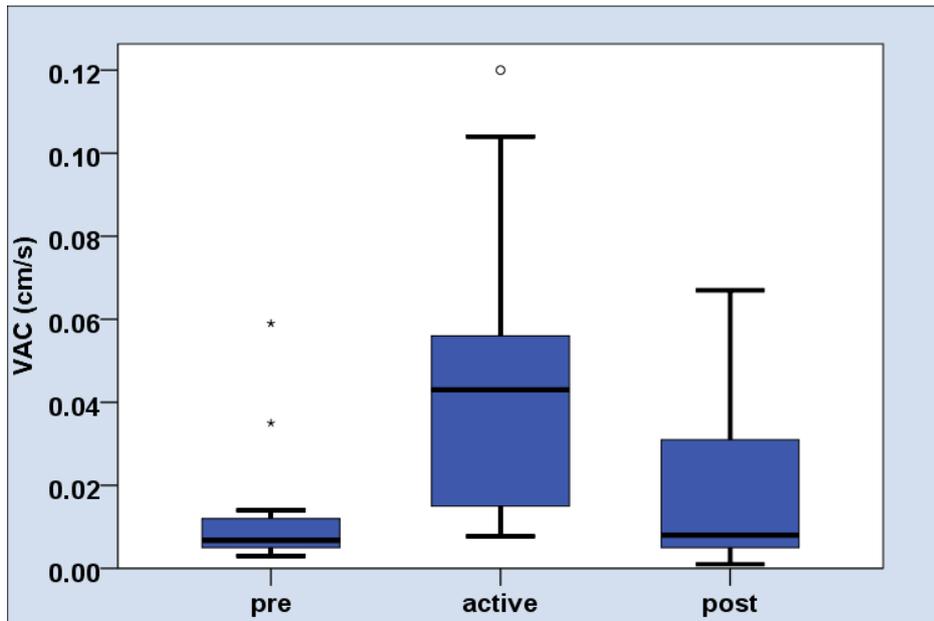


Abbildung 36: Darstellung der Messtabelle des Makroflows vor, während sowie nach V.A.C.®- Aktivierung

4.11.5.1. Makroflow

Makro Flow an Tag 0

Tabelle 47: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D0 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	3.69	2.64	3.16
SD	5.65	2.62	4.35
95.0% Lower CL for Mean	.28	1.05	1.41
95.0% Upper CL for Mean	7.11	4.22	4.92
Percentile 25	.74	1.00	.74
Median	2.09	2.60	2.09
Percentile 75	4.10	3.50	4.10
Minimum	.06	.03	.03
Maximum	21.63	9.50	21.63
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.797**

Makro Flow an Tag 3

Tabelle 48: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D3 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	5.34	1.13	3.23
SD	5.24	1.25	4.31
95.0% Lower CL for Mean	2.18	.37	1.50
95.0% Upper CL for Mean	8.51	1.88	4.97
Percentile 25	1.01	.09	.50
Median	3.12	.81	1.46
Percentile 75	8.26	1.52	3.78
Minimum	.06	.03	.03
Maximum	13.70	3.78	13.70
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.015**

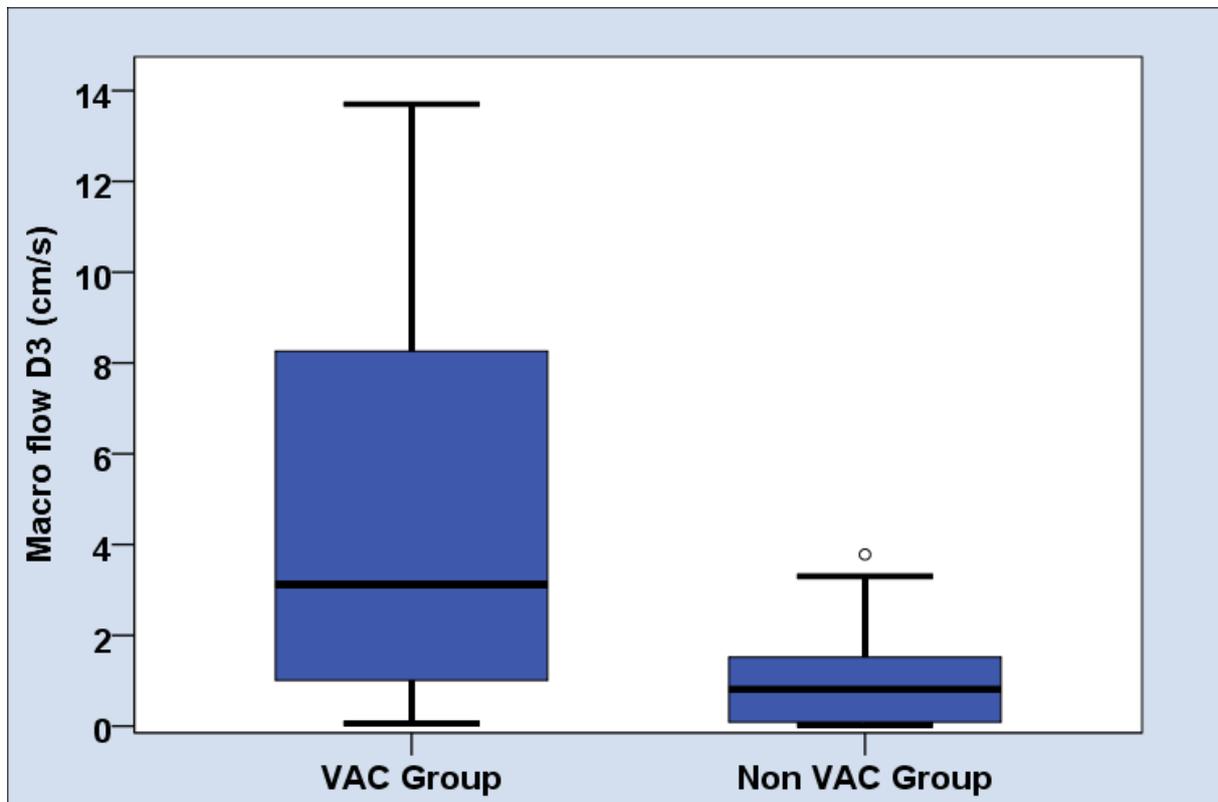


Abbildung 37: Darstellung der Boxplots des Makroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

Makro Flow an Tag 5

Tabelle 49: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D5 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	7.96	.76	4.36
SD	8.05	.91	6.71
95.0% Lower CL for Mean	3.09	.21	1.65
95.0% Upper CL for Mean	12.82	1.31	7.07
Percentile 25	2.25	.07	.28
Median	3.30	.49	1.79
Percentile 75	18.47	.80	3.30
Minimum	.09	.01	.01
Maximum	21.60	3.00	21.60
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.000**

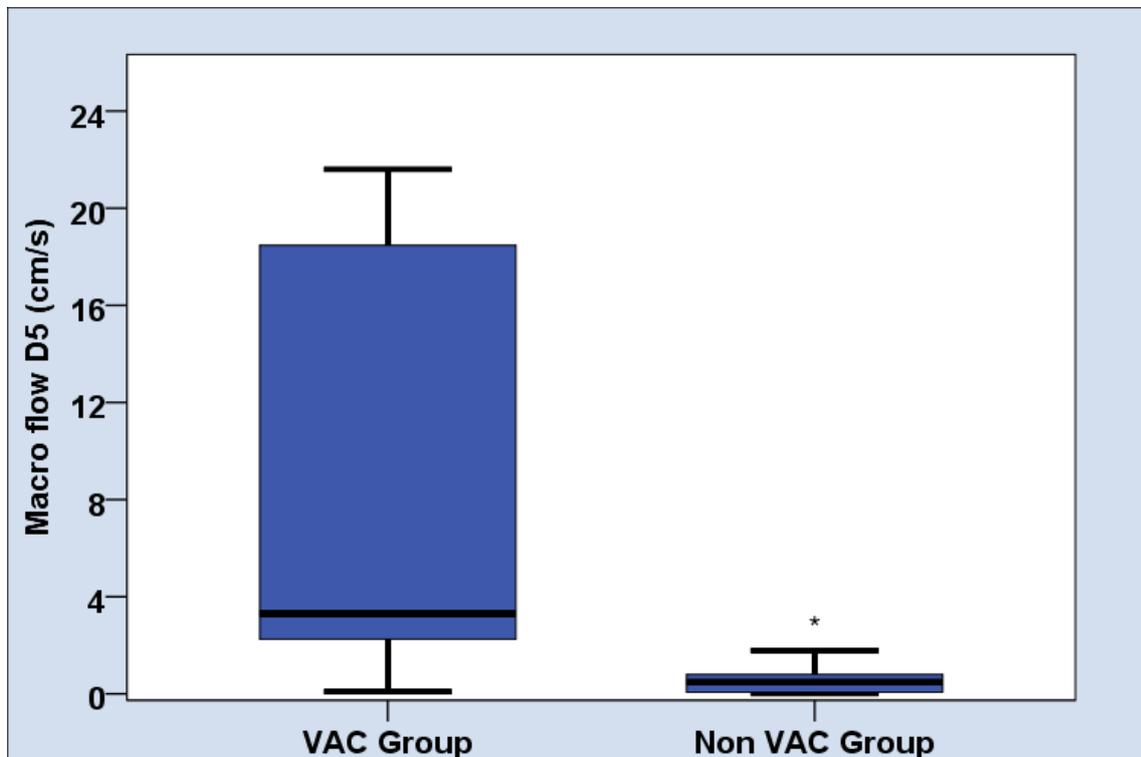


Abbildung 38: Darstellung der Boxplots des Makroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

4.11.5.2. Makroflow Differenzmessungen

Makroflow von Tag 0 auf Tag 3

Tabelle 50: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D0-D3 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	1.65	-1.51	.07
SD	4.42	2.78	3.96
95.0% Lower CL for Mean	-1.02	-3.19	-1.53
95.0% Upper CL for Mean	4.33	.17	1.67
Percentile 25	.00	-2.57	-.97
Median	.92	-.70	.02
Percentile 75	4.16	.05	1.02
Minimum	-7.93	-9.41	-9.41
Maximum	9.92	1.03	9.92
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.014**

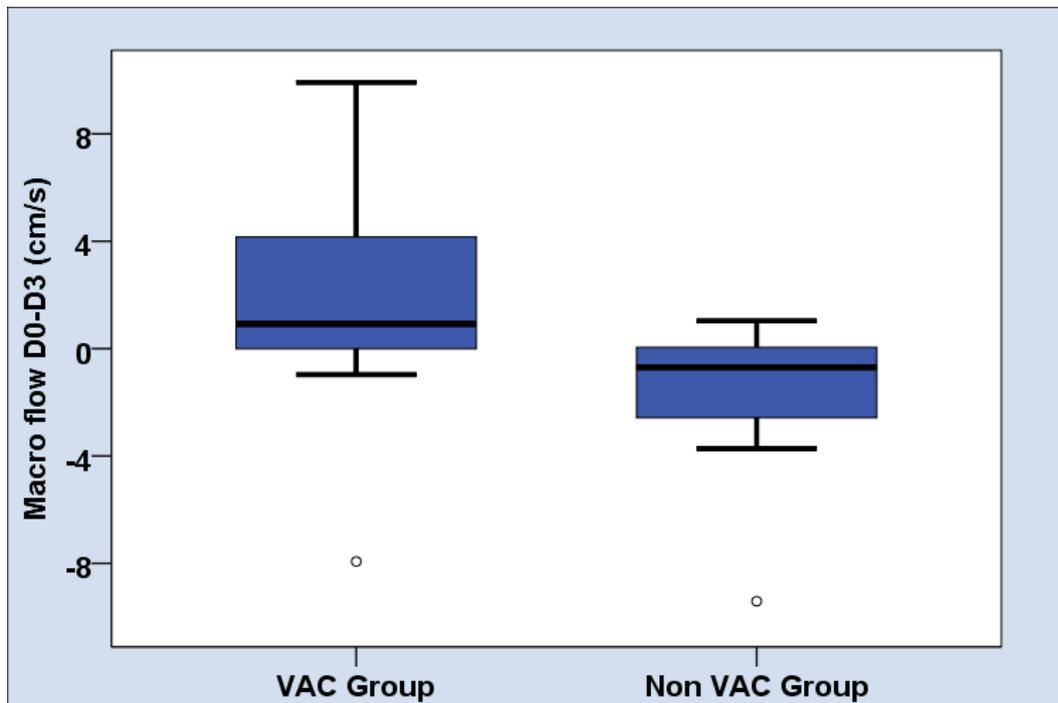


Abbildung 39: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen

Makroflow von Tag 0 auf Tag 5

Tabelle 51: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D0-D5 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	4.27	-1.88	1.19
SD	5.93	2.09	5.37
95.0% Lower CL for Mean	.68	-3.14	-.97
95.0% Upper CL for Mean	7.85	-.62	3.36
Percentile 25	.02	-2.70	-1.70
Median	1.21	-.95	.00
Percentile 75	5.49	-.50	1.21
Minimum	-1.92	-6.50	-6.50
Maximum	14.72	.64	14.72
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.001**

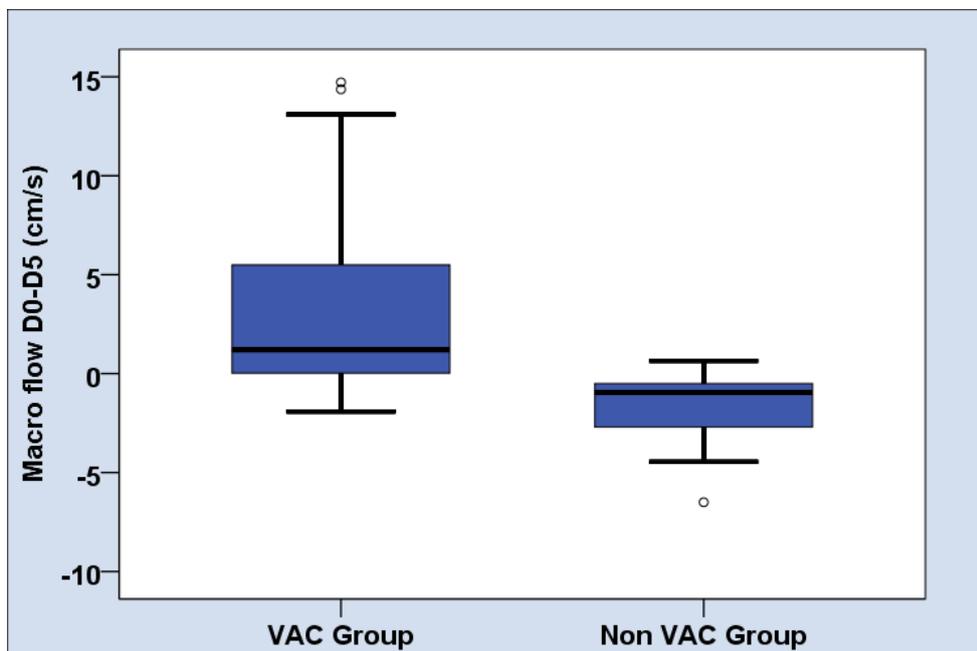


Abbildung 40: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

Makroflow von Tag 3 auf Tag 5

Tabelle 52: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D3-D5 (cm/s)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	2.61	-.37	1.12
SD	3.74	1.34	3.14
95.0% Lower CL for Mean	.36	-1.18	-.15
95.0% Upper CL for Mean	4.87	.44	2.39
Percentile 25	.03	-1.37	-.32
Median	.80	-.05	.03
Percentile 75	4.80	.04	2.05
Minimum	-2.25	-2.50	-2.50
Maximum	10.21	2.91	10.21
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz im Mann-Whitney-U Test (2-tailed): **0.017**

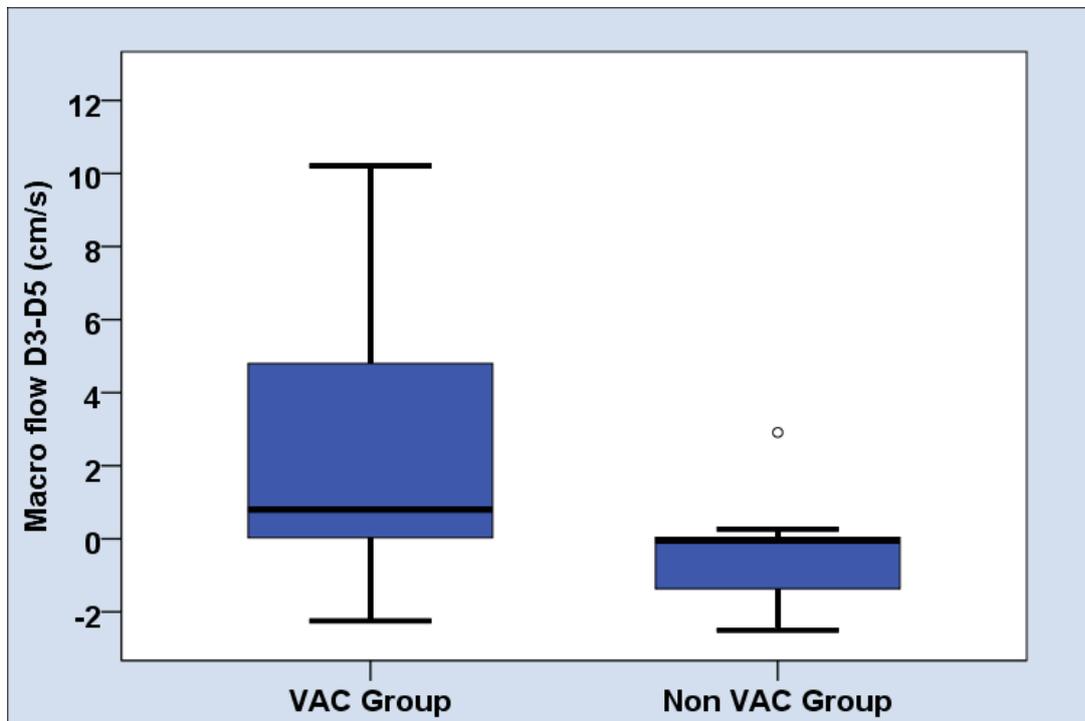


Abbildung 41: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

4.11.5.3. Makroflow im Verlauf

V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 53: Darstellung der Messwerte des Makroflows der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D0 (cm/s)	Macro flow D3 (cm/s)	Macro flow D5 (cm/s)
Mean	3,69	5,34	7,96
SD	5,65	5,24	8,05
95.0% Lower CL for Mean	.28	2.18	3.09
95.0% Upper CL for Mean	7.11	8.51	12.82
Percentile 25	,74	1,01	2,25
Median	2,09	3,12	3,30
Percentile 75	4,10	8,26	18,47
Minimum	.06	.06	.09
Maximum	21.63	13.70	21.60
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

N-V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 54: Darstellung der Messwerte des Makroflows der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

	Macro flow D0 (cm/s)	Macro flow D3 (cm/s)	Macro flow D5 (cm/s)
Mean	2,64	1,13	,76
SD	2,62	1,25	,91
95.0% Lower CL for Mean	1.05	.37	.21
95.0% Upper CL for Mean	4.22	1.88	1.31
Percentile 25	1,00	,09	,07
Median	2,60	,81	,49
Percentile 75	3,50	1,52	,80
Minimum	.03	.03	.01
Maximum	9.50	3.78	3.00
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

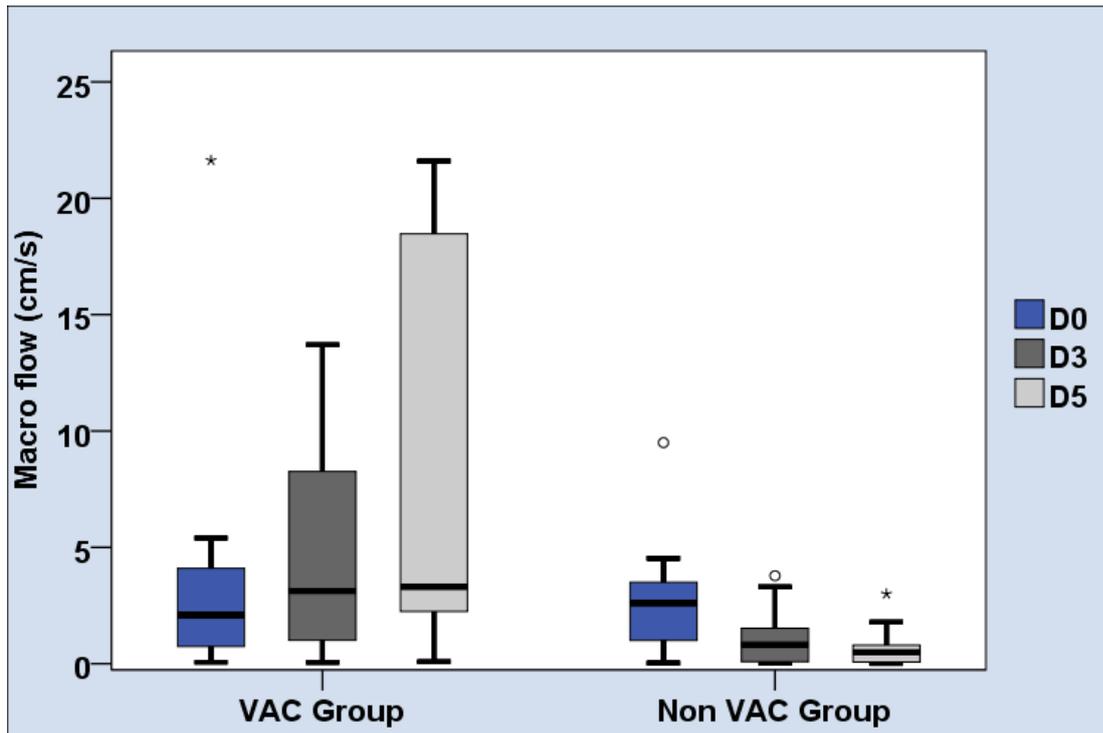


Abbildung 42: Darstellung der Messwerte des Makroflows im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen

4.11.6.1. Volumenmessungen

Volumen an Tag 0

Tabelle 55: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D0 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	477.72	406.29	442.01
SD	182.86	195.77	189.14
95.0% Lower CL for Mean	367.22	287.99	365.61
95.0% Upper CL for Mean	588.23	524.60	518.40
Percentile 25	363.40	271.27	288.23
Median	428.32	326.57	412.19
Percentile 75	637.89	639.52	639.52
Minimum	210.12	152.96	152.96
Maximum	814.02	697.33	814.02
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.209**

Volumen an Tag 5

Tabelle 56: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D5 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	448.49	501.50	474.99
SD	185.16	226.05	204.24
95.0% Lower CL for Mean	336.60	364.90	392.50
95.0% Upper CL for Mean	560.38	638.10	557.49
Percentile 25	320.86	302.46	302.46
Median	421.86	423.00	421.93
Percentile 75	545.01	715.34	689.23
Minimum	194.20	175.75	175.75
Maximum	791.88	804.92	804.92
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.663**

Volumen an Tag 14

Tabelle 57: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 14 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D14 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	394.95	455.58	425.27
SD	189.01	211.73	199.05
95.0% Lower CL for Mean	280.74	327.63	344.87
95.0% Upper CL for Mean	509.17	583.53	505.67
Percentile 25	249.29	301.89	289.46
Median	374.63	377.88	376.26
Percentile 75	411.81	678.33	649.71
Minimum	155.22	170.40	155.22
Maximum	752.63	780.55	780.55
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.489**

4.11.6.2. Volumen-Differenzmessungen

Volumen Tag 0 auf Tag 5

Tabelle 58: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D0-D5 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-29.23	95.20	32.99
SD	50.85	141.30	121.86
95.0% Lower CL for Mean	-59.96	9.82	-16.23
95.0% Upper CL for Mean	1.49	180.59	82.21
Percentile 25	-22.14	22.04	-7.83
Median	-7.83	44.10	2.43
Percentile 75	-5.74	56.97	44.10
Minimum	-178.31	6.52	-178.31
Maximum	-1.66	452.77	452.77
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.000**

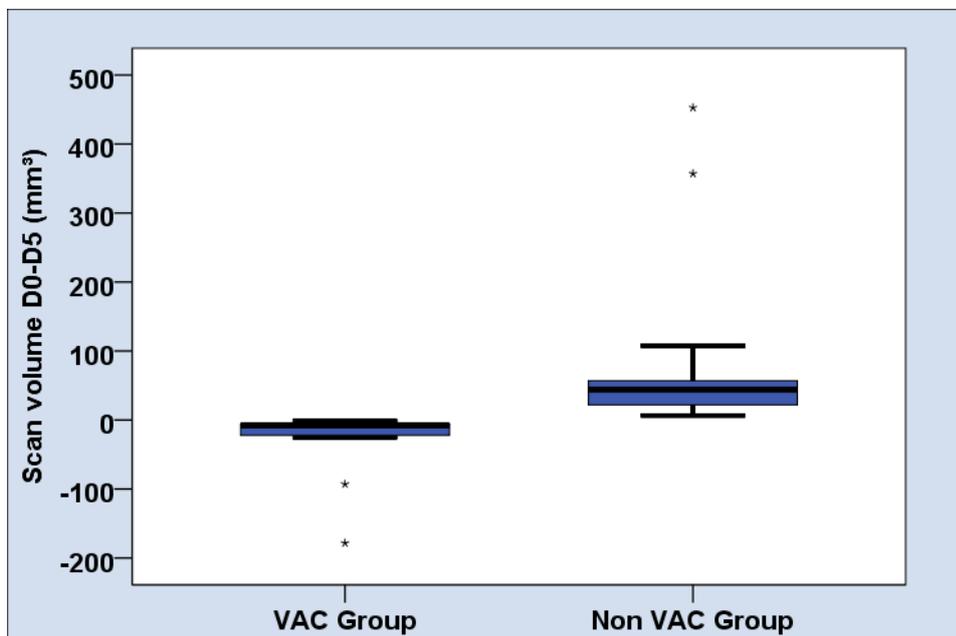


Abbildung 43: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen

Volumenmessung Tag 0 auf Tag 14

Tabelle 59: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 0 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D0-D14 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-82.77	49.29	-16.74
SD	133.88	55.40	120.87
95.0% Lower CL for Mean	-163.67	15.81	-65.56
95.0% Upper CL for Mean	-1.87	82.76	32.08
Percentile 25	-61.39	17.44	-33.27
Median	-33.27	38.81	-2.97
Percentile 75	-17.01	53.72	38.81
Minimum	-482.67	4.73	-482.67
Maximum	-10.68	218.44	218.44
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.000**

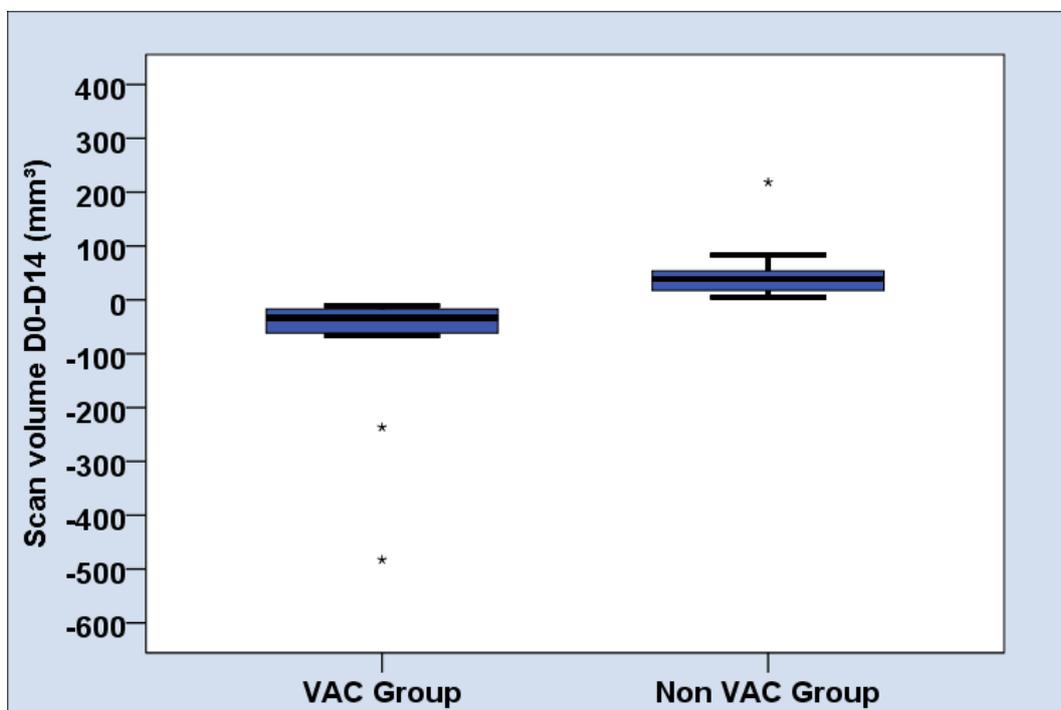


Abbildung 44: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 0 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen

Volumenmessung Tag 5 auf Tag 14

Tabelle 60: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 5 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D5-D14 (mm ³)		
	Group		
	V.A.C. Group	Non-V.A.C. Group	Total
Mean	-53.54	-45.92	-49.73
SD	102.82	116.54	107.74
95.0% Lower CL for Mean	-115.67	-116.34	-93.25
95.0% Upper CL for Mean	8.59	24.51	-6.21
Percentile 25	-39.52	-5.35	-39.25
Median	-27.53	-1.79	-7.99
Percentile 75	-10.19	-.85	-1.79
Minimum	-389.79	-412.93	-412.93
Maximum	-1.81	-.43	-.43
Count	13	13	26
Valid N	13	13	26

Asymptotische Signifikanz (2-tailed): **0.015**

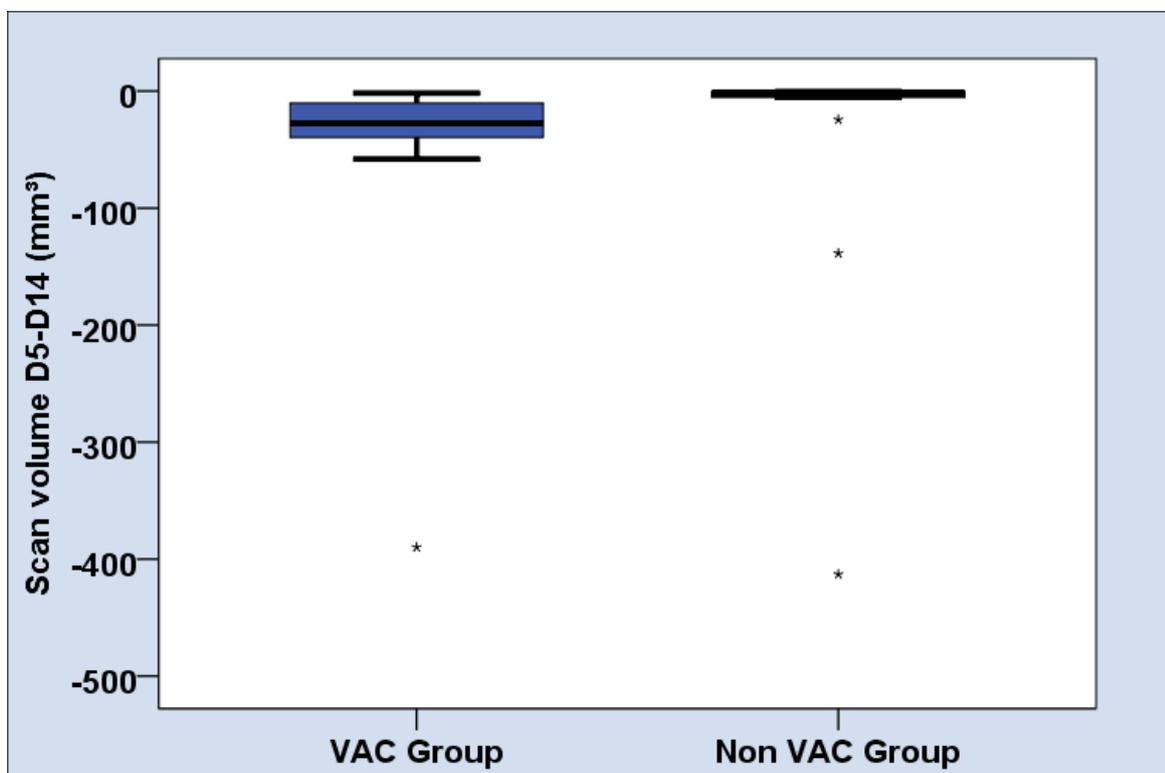


Abbildung 45: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 5 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen

4.11.6.3. Volumenmessungen im Verlauf

V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 61: Darstellung der Messwerte des Volumens des V.A.C.®-Gruppe im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppen

	Scan volume D0 (mm ³)	Scan volume D5 (mm ³)	Scan volume D14 (mm ³)
Mean	477,72	448,49	394,95
SD	182,86	185,16	189,01
95.0% Lower CL for Mean	367,22	336,60	280,74
95.0% Upper CL for Mean	588,23	560,38	509,17
Percentile 25	363,40	320,86	249,29
Median	428,32	421,86	374,63
Percentile 75	637,89	545,01	411,81
Minimum	210,12	194,20	155,22
Maximum	814,02	791,88	752,63
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

N-V.A.C.®-Gruppe

Tabelle 62: Darstellung der Messwerte des Volumens der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppe

	Scan volume D0 (mm ³)	Scan volume D5 (mm ³)	Scan volume D14 (mm ³)
Mean	406,29	501,50	455,58
SD	195,77	226,05	211,73
95.0% Lower CL for Mean	287,99	364,90	327,63
95.0% Upper CL for Mean	524,60	638,10	583,53
Percentile 25	271,27	302,46	301,89
Median	326,57	423,00	377,88
Percentile 75	639,52	715,34	678,33
Minimum	152,96	175,75	170,40
Maximum	697,33	804,92	780,55
Count	13	13	13
Valid N	13	13	13

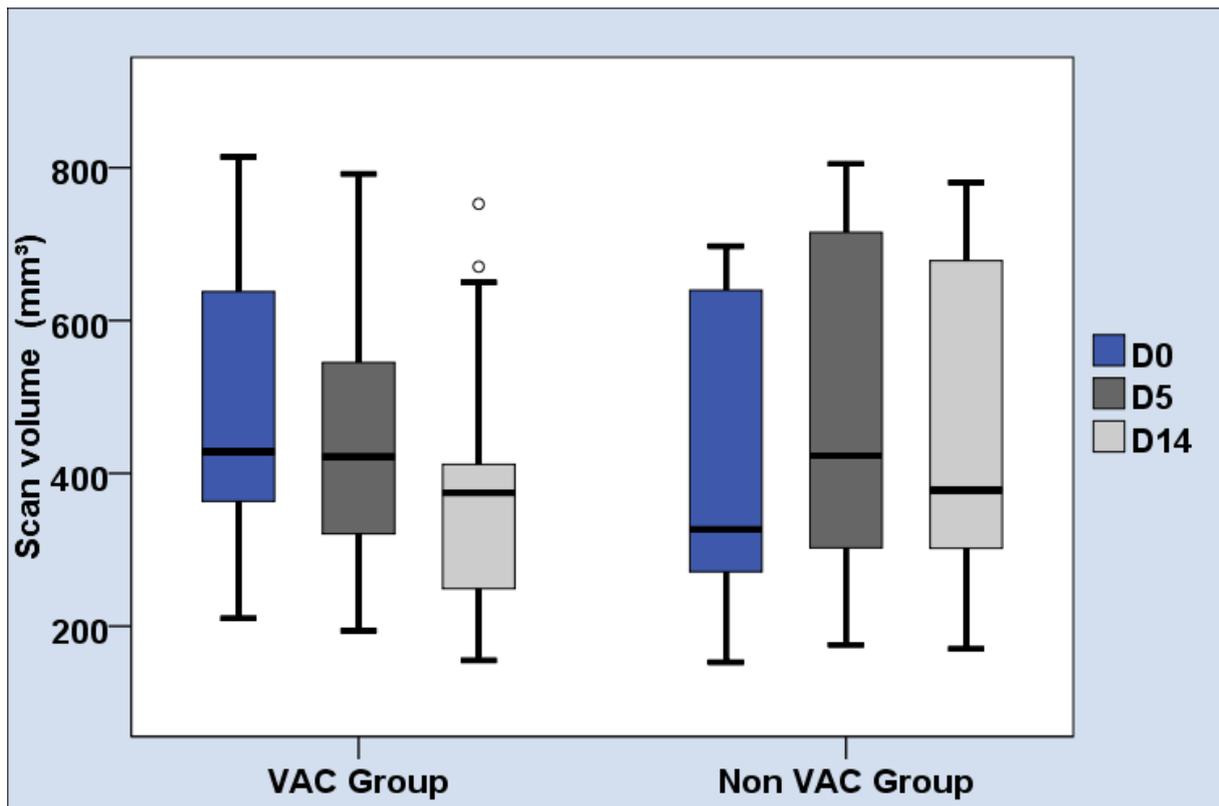


Abbildung 46: Darstellung der Boxplots des Volumens im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppen

5. Diskussion

Bereits im Jahre 2007 konnte nachgewiesen werden, dass die Applikation der Vakuum- Therapie auf freien Muskellappen zu weniger postoperativen Lappenödem führt und die Blutversorgung des Muskellappens nicht negativ beeinträchtigt wird. [23]

Diese Erkenntnis konnte im Jahre 2012 durch Eisenhardt et al. [10] erneut belegt werden, nachdem er eine signifikant niedrigere Anzahl an Entzündungsfaktoren im Muskellappen sowie ein geringeres Lappenödem nachweisen konnte und somit eine bessere Mikrozirkulation und somit Wundheilung daraus schloss.

Diese Erkenntnis konnte durch Chim et al. 2018 [7] erneut nachgewiesen werden. Allerdings erfolgte in dieser Studie die Messung des postoperativen Lappenödems mittels metrischer Messung mit einem Lineal.

Daher sollte erwähnt werden, dass die in dieser Studie verwendete Messmethode mittels 3-D Scan eine objektive und exakte Messmethode darstellt.

Zudem ist zu betonen, dass ein geringeres postoperatives Lappenvolumen neben oben genannten Vorteilen weitere erhebliche Vorteile für den Patienten bringt, insbesondere bezugnehmend auf die postoperative Mobilität, den ästhetischen Aspekt sowie einer eventuellen niedrigeren Notwendigkeit einer weiteren Operation in Form einer Muskellappenausdünnung. Außerdem entfallen durch die Applikation der V.A.C.®- Therapie innerhalb der ersten fünf Tage Verbandwechsel, wodurch zum einen Arbeit für das Pflegepersonal ausbleibt als auch dem Patienten unnötige Schmerzen erspart werden.

Bereits während der intraoperativen V.A.C.®- Aktivierung kam es zu einer signifikanten Steigerung des Makroflows. Diese Erkenntnis belegt, dass die initiale Applikation der V.A.C.®- Therapie auf freien Muskellappen keine akute Gefahr für die Lappenperfusion darstellt.

Es gibt verschiedene Theorien für eine Steigerung des Makroflows sowohl intraoperativ als auch im Verlauf postoperativ in der V.A.C.®-Gruppe. Intraoperativ kann ein passives Ausdrücken des venösen Stromgebietes durch den Vakuum-Verband diskutiert werden. Hierdurch kommt es im Sinne eines Flussgefälles insgesamt zu einem schnelleren arteriellen Inflow in den Lappen kommt. Eine Erklärung für eine Steigerung des Makroflows im postoperativen Verlauf wäre, dass es durch das verringerte intramuskuläre Ödem in der

V.A.C.®- Gruppe zu weniger Kompression der Arteriole und Venole im Lappen kommt, wodurch die arteriellen und venösen Gefäße ein größeres Lumen besitzen und somit mehr Volumen fördern können.

Diese Theorie wird zusätzlich durch einen in der V.A.C.®-Gruppe erhöhten Mikrofluss ab postoperativen Tag 3 unterstützt. Interessanterweise zeigte sich eine stärkere Sauerstoffabnahme in der V.A.C.®-Gruppe während der ersten drei postoperativen Tage, verglichen mit der N-V.A.C.®-Gruppe. Dieses Phänomen könnte dadurch erklärt werden, dass es durch die V.A.C.®-Applikation aufgrund der Manipulation auf dem Muskellappen zu einer reaktiven spastischen Vasokonstriktion in den obersten Lappenschichten und infolge dessen zu einer dadurch bedingten verminderten Sauerstoffsättigung kommt. Jedoch muss betont werden, dass es in der V.A.C.®-Gruppe zu keiner Wundheilungsstörung des SHTs kam, dies belegt, dass eine geringere Sauerstoffsättigung hinsichtlich der Heilung des SHTs keine klinische Relevanz hat. Diese spastische Vasokonstriktion könnte auch den in der V.A.C.®-Gruppe niedrigere Mikroflow am Tag der Operation plausibel erklären.

Zusätzlich zeigt sich in der V.A.C.®-Gruppe eine ebenso zu Messbeginn, mit der N-V.A.C.®-Gruppe verglichen, tendenziell erniedrigte Hämoglobinsättigung. Eine erniedrigte Hämoglobinsättigung bedeutet einen verbesserten Abfluss im venösen Blutsystem des Muskellappens. In der N-V.A.C.®-Gruppe jedoch, kam es von Messbeginn bis zu Messende zu einer Zunahme des Hämoglobinwertes, diese Tatsache wäre damit im Zusammenhang mit einem vermehrten intramuskulären Ödem, konsekutiv passiven Komprimierung der Venolen und damit erschwerten venösen Abfluss erklärbar.

Nachwievor ist der Einsatz der V.A.C.®- Therapie auf freien Muskellappen sehr zurückhaltend, da weiterhin die Meinung herrscht, es würde zu einer Minderperfusion und damit Schädigung der Muskellappen kommen. Zu Beginn der Studie wurde die Hypothese suggeriert, es würde durch die V.A.C.®- Applikation und den damit verbundenen negativen Druck zu einer starken negativen Beeinflussung auf die Blutzirkulation im Muskellappen kommen. Das Ergebnis wäre eine verschlechterte Mikroperfusion in Form einer verminderten Sauerstoffsättigung sowie einer vermehrten Hämoglobinsättigung als Folge einer venösen Stase. Weiterhin bestand die Theorie, dass es aufgrund der verminderten Mikroperfusion in den obersten Lappenschichten zu einer reaktiven Vasodilatation in den tiefen Lappenschichten käme. Dies könnte durch ein sogenanntes „Shuntphänomen“ verursacht sein.

Hierbei kommt es infolge einer Vasokonstriktion der oberen Gefäßschichten zu einer Vasodilatation der im Lappen tiefer liegenden Arteriolen und Venolen und somit zu einer Umverteilung des Blutes von den oberen Lappenschichten in tiefere Lappenschichten. Da die in dieser Studie verwendete O2C®-Sonde eine Messtiefe von 7 mm besitzt und somit Gewebeschichten tiefer 7 mm nicht detektiert werden konnten, lässt sich daher diese Fragestellung nicht plausibel beantworten. Um diesen Sachverhalt genauer zu untersuchen, könnte in einer weiteren Studie eine Messung des tiefen Mikroflusses mittels beispielsweise einer Ultraschallsonde mit Power Doppler durchgeführt werden.

Bezugnehmend auf oben gemessene Parameter ist besonders die Frage, welcher Druck durch die V.A.C.®-Applikation auf den Muskellappen wirkt von besonderer Bedeutung. Im Jahre 2002 erfolgten Experimente zu dieser Fragestellung. Bei der V.A.C.®-Applikation mit einer Druckeinstellung von 100 mmHg, wirkt ein positiver Druck von 80 mmHg auf den Schwamm. Jedoch erfolgten diese Experimente am Modell und lassen sich somit nur eingeschränkt auf vitale Lappentransplantate übertragen. [34]

Bezüglich Faktoren, die die Wundheilung beeinflussen können wie z.B. Alter und Geschlechterverteilung sowie Begleiterkrankungen, so z.B. Diabetes mellitus, arterielle Hypertension Hypercholesterämie oder arterieller Hypertonie darf von keiner Beeinflussung auf die Studienergebnisse ausgegangen werden. Zudem gab es in diesem Patientenkollektiv keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen in Bezug auf die Anzahl an Rauchern oder hinsichtlich der Ischämiezeit. Auch die eventuelle Auswirkung der arteriellen Anastomose hinsichtlich der Operationstechnik auf die Makroperfusion, zeigte in beiden Gruppen keinen signifikanten Einfluss auf die Makrozirkulation.

Obwohl alle Patientenmessungen unter gleichen Bedingungen stattfanden, fielen signifikante Unterschiede bei den intraoperativ gemessenen Pulsraten sowie relativ signifikante Unterschiede bei den Pulsraten an Tag 3 zwischen beiden Gruppen auf.

Bezugnehmend auf diese Unterschiede kann keine plausible Erklärung gefunden werden.

Inwieweit diese Unterschiede Einfluss auf die Messergebnisse dieser Studie nehmen, bleibt unbeantwortet.

Weiterhin sollte betont werden, dass das Patientenkollektiv in dieser Studie relativ klein war, somit sollte der Einfluss der V.A.C.®-Therapie auf die Perfusion von freien Muskellappen-

plastiken in einer weiteren größer angelegten Studie mit einer größeren Power untersucht werden.

6. Zusammenfassung

Der Einsatz der V.A.C.®-Therapie auf freie Muskellappen erfolgt im klinischen Alltag nach wie vor sehr zurückhaltend und dient vor allem der Fixierung von SHTs auf Muskellappen. Ziel dieser Doktorarbeit war es, den Einfluss der V.A.C.®-Therapie auf die Mikro,- und Makroperfusion sowie auf die postoperative Entwicklung des Lappenödems von freien Muskellappenplastiken im postoperativen Verlauf zu untersuchen. Insgesamt wurden 26 Patienten im Zeitraum vom 08. Mai 2015 bis zum 24. Mai 2016 in der Klinik für Plastische, Rekonstruktive, Hand und Verbrennungschirurgie des Städtischen Klinikums München/Bogenhausen untersucht, welche einen Gracilis-Muskellappen auf die untere Extremität erhielten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Applikation der V.A.C.®-Therapie auf freien Gracilis-Lappen zu signifikant weniger postoperativen Lappenödemen führt sowie den arteriellen Makrofluss signifikant verbessert. Ebenso zeigen sich unter V.A.C.®-Applikation tendenziell bessere Werte in der Mikrozirkulation der Gracilis-Lappen. Im klinischen Alltag zeigen sich insbesondere der Vorteil der sicheren Patientenanwendung sowie das sehr vorteilhafte und sowohl für den Patienten als auch für das Pflegepersonal angenehme Verbandsregime. Somit kann eine eindeutige Empfehlung zur V.A.C.®-Therapie bei freiem Gracilis-Transfer an die untere Extremität ausgesprochen werden kann. Es liegt nahe, dass auch andere freie Lappen, die den gleichen physiologischen Prinzipien unterworfen sind, von einer V.A.C.®-Applikation profitieren würden. Es gilt nun diesen Nutzen in weiterführenden Studien zu quantifizieren um das weitreichende Potenzial der V.A.C.®-Therapie vollständig auszuschöpfen.

7. Tabellenverzeichnis

Ganz rechts ist die jeweilige Seitangabe geschrieben.

Tabelle 1: Darstellung der Geschlechterverteilung	47
Tabelle 2: Darstellung der Altersverteilung	48
Tabelle 3: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit Diabetes mellitus	48
Tabelle 4: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit arterieller Hypertonie	48
Tabelle 5: Darstellung der Messtabelle der Patientenverteilung mit Hypercholesterämie	49
Tabelle 6: Darstellung der Messtabelle nikotinkonsumierender Patienten	49
Tabelle 7: Darstellung der Messtabelle der Lappenischämiezeiten	49
Tabelle 8: Darstellung der Messtabelle der V.A.C.® Aspirat Mengen im Verlauf über fünf postoperative Messtage	50
Tabelle 9: Darstellung der Messtabelle des intraoperativ gemessenen systolischen Blutdrucks	53
Tabelle 10: Darstellung der Messtabelle des intraoperativ gemessenen diastolischen Blutdrucks	54
Tabelle 11: Darstellung der Messtabelle der intraoperativ gemessenen Herzrate	55
Tabelle 12: Darstellung der Messtabelle des an Tag 0 gemessenen systolischen Blutdrucks	55
Tabelle 13: Darstellung der Messtabelle des an Tag 0 gemessenen diastolischen Blutdrucks	56
Tabelle 14: Darstellung der Messtabelle der an Tag 0 gemessenen Herzrate	56
Tabelle 15: Darstellung der Messtabelle des an Tag 3 gemessenen systolischen Blutdrucks	57
Tabelle 16: Darstellung der Messtabelle des an Tag 3 gemessenen diastolischen Blutdrucks	57
Tabelle 17: Darstellung der Messtabelle der an Tag 3 gemessenen Herzrate	58
Tabelle 18: Darstellung der Messtabelle des an Tag 5 gemessenen systolischen Blutdrucks	59
Tabelle 19: Darstellung der Messtabelle des an Tag 5 gemessenen diastolischen Blutdrucks	59

Tabelle 20: Darstellung der Messtabelle der an Tag 5 gemessenen Herzrate	60
Tabelle 21: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen	61
Tabelle 22: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	62
Tabelle 23: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	62
Tabelle 24: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	63
Tabelle 25: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	63
Tabelle 26: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigung von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	64
Tabelle 27: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	64
Tabelle 28: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	65
Tabelle 29: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen	66
Tabelle 30: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	66
Abbildung 31: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	67
Tabelle 32: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	67
Tabelle 33: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	68
Tabelle 34: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	68
Tabelle 35: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	69
Tabelle 36: Darstellung der Messtabelle der Hämoglobinsättigung der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	69

Tabelle 37: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen	70
Tabelle 38: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	71
Tabelle 39: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	71
Tabelle 40: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	72
Tabelle 41: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 0 auf Tag 5 Vergleich beider Gruppen	72
Tabelle 42: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows von Tag 3 auf Tag 5 Vergleich beider Gruppen	73
Tabelle 43: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	73
Tabelle 44: Darstellung der Messtabelle des Mikroflows der N-V..A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage	74
Tabelle 45: Darstellung der Messtabelle des Makroflows vor, während, sowie nach der V.A.C.®- Aktivierung	75
Tabelle 46: Darstellung der Messtabelle Signifikanzwerte während der V.A.C.®-Aktivierung	75
Tabelle 47: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen	76
Tabelle 48: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	77
Tabelle 49: Darstellung der Messtabelle des Makroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	78
Tabelle 50: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	79
Tabelle 51: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	80
Tabelle 52: Darstellung der Messwerte des Makroflows von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	81
Tabelle 53: Darstellung der Messwerte des Makroflows der V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	82

Tabelle 54: Darstellung der Messwerte des Makroflows der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	82
Tabelle 55: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 0 im Vergleich beider Gruppen	83
Tabelle 56: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	84
Tabelle 57: Darstellung der Messwerte des Volumens an Tag 14 im Vergleich beider Gruppen	84
Tabelle 58: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	85
Tabelle 59: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 0 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen	86
Tabelle 60: Darstellung der Messwerte des Volumens von Tag 5 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen	87
Tabelle 61: Darstellung der Messwerte des Volumens des V.A.C.®-Gruppe im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppen	88
Tabelle 62: Darstellung der Messwerte des Volumens der N-V.A.C.®-Gruppe im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppe	88

8. Abbildungsverzeichnis

Ganz rechts ist die jeweilige Seitangabe geschrieben.

Abbildung 1: Darstellung eines Operationsmikroskops OPMI Pentero 900 der Firma Carl Zeiss	12
Abbildung 2: Darstellung eines operativ entnommenen M. Gracilis	14
Abbildung 3: Spalthautentnahme am Oberschenkel	17
Abbildung 4: Darstellung von gemeshter Spalthaut	18
Abbildung 5: Chirurgische Darstellung des M. Gracilis	19
Abbildung 6: Darstellung der venösen Anastomosierung mittels Operationsmikroskop	20
Abbildung 7: Darstellung der ICG-Messung: Zu sehen ist der venöse Blutfluss	20
Abbildung 8: Darstellung von gemeshter Spalthaut auf einem an den distalen Unterschenkel transplantierten Gracilis Muskellappen	21
Abbildung 9: Abbildung: Nr.9: Vakuumpumpe (V.A.C.® VeraFlo™ Therapy)	25
Abbildung 10: Darstellung eines V.A.C.® GranuFoam™	26
Abbildung 11: Darstellung V.A.C.®- Folie (30,5 x 26 cm)	26
Abbildung 12: Trac-Pad® Schlauchleitung, Klemme und Kupplung	27
Abbildung 13: O2C®-Bildschirminhalt im Darstellungsmodus	31
Abbildung 14: Darstellung der O2C®-Messsonde LFX-60-004	31
Abbildung 15: Darstellung des Medistim-Geräts	35
Abbildung 16: Darstellung des Medistim-Monitorinhaltes	36
Abbildung 17: Darstellung einer Cook-Swartz® Doppler-Sonde	38
Abbildung 18: Darstellung des Cook®-Ausgabegerät mit der unten rechts eingesteckten blauen Messsonde	39
Abbildung 19: Abbildung: Nr.19: Darstellung der Blutflussgeschwindigkeit an der arteriellen Anastomose mittels MATHLAB	41
Abbildung 20: Darstellung der an einem Silikonschlauch befestigten Cook-Swartz® Doppler-Sonde.	41
Abbildung 21: Spritzenpumpe mit Blood Mimiking Fluid befüllt.	42
Abbildung 22: Darstellung der Kalibrierung.	42

Abbildung 23: Darstellung einer 3-D Messung	43
Abbildung 24: Darstellung des ARTEC 3 D Spider Scanners	44
Abbildung 25: Darstellung der Volumenberechnung mittels Geomagic Studio-Programms	44
Abbildung 26: Darstellung der Boxplots der Geschlechterverteilung	47
Abbildung 27: Darstellung der Boxplots der V.A.C.®- Aspirat Mengen im Verlauf über fünf postoperative Messtage	50
Abbildung 28: Darstellung der Balkendiagramme der art. Anastomosenverteilung	51
Abbildung 29: Darstellung der Balkendiagramme der ven. Anastomosenverteilung	51
Abbildung 30: Darstellung der Korrelation zwischen Medistim-Sonde und Cook-Swartz® Doppler-Sonde	52
Abbildung 31: Darstellung der Boxplots der intraoperativ gemessenen Herzrate	54
Abbildung 32: Darstellung der Boxplots des an Tag 3 gemessenen diastolischen Blutdrucks	58
Abbildung 33: Darstellung der Messtabelle der Sauerstoffsättigungen im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	65
Abbildung 34: Darstellung der Boxplots der Hämoglobinsättigung im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	68
Abbildung 35: Darstellung der Messtabelle der Boxplots des Mikroflows im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	74
Abbildung 36: Darstellung der Messtabelle des Makroflows vor, während sowie nach V.A.C.®- Aktivierung	76
Abbildung 37: Darstellung der Boxplots des Makroflows an Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	77
Abbildung 38: Darstellung der Boxplots des Makroflows an Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	78
Abbildung 39: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 0 auf Tag 3 im Vergleich beider Gruppen	79
Abbildung 40: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	80
Abbildung 41: Darstellung der Boxplots des Makroflows von Tag 3 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	81

Abbildung 42: Darstellung der Messwerte des Makroflows im Verlauf über 5 Tage im Vergleich beider Gruppen	83
Abbildung 43: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 0 auf Tag 5 im Vergleich beider Gruppen	85
Abbildung 44: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 0 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen	86
Abbildung 45: Darstellung der Boxplots des Volumens von Tag 5 auf Tag 14 im Vergleich beider Gruppen	87
Abbildung 46: Darstellung der Boxplots des Volumens im Verlauf von 14 Tagen im Vergleich beider Gruppen	89

9. Literaturverzeichnis

1. Alvarez, A. A., Maxwell, G. L., & Rodriguez, G. C. (2001). Vacuum-assisted closure for cutaneous gastrointestinal fistula management. *Gynecol Oncol*, 80(3), 413-416. doi:10.1006/gyno.2000.6092
2. Assirati, G., Serra, V., Tarantino, G., Aldrovandi, S., Ballarin, R., Magistri, P., Di Benedetto, F. (2016). Vacuum-Assisted Closure Therapy in Patients Undergoing Liver Transplantation With Necessity to Maintain Open Abdomen. *Transplant Proc*, 48(2), 383-385. doi:10.1016/j.transproceed.2015.12.037
3. Bath, K., Aggarwal, S., & Sharma, V. (2016). Sushruta: Father of plastic surgery in Benares. *J Med Biogr*. doi:10.1177/0967772016643463
4. Bi, H., Khan, M., Li, J., & Pestana, I. A. (2018). Use of Incisional Negative Pressure Wound Therapy in Skin-Containing Free Tissue Transfer. *J Reconstr Microsurg*, 34(3), 200-205. doi:10.1055/s-0037-1608621
5. Buncke, G. M., Buncke, H. J., & Lee, C. K. (2007). Great toe-to-thumb microvascular transplantation after traumatic amputation. *Hand Clin*, 23(1), 105-115. doi:10.1016/j.hcl.2007.01.007
6. Champaneria, M. C., Wong, W. W., Hill, M. E., & Gupta, S. C. (2012). The evolution of breast reconstruction: a historical perspective. *World J Surg*, 36(4), 730-742. doi:10.1007/s00268-012-1450-2
7. Chim, H., Zoghbi, Y., Nugent, A. G., Kassira, W., Askari, M., & Salgado, C. J. (2018). Immediate application of vacuum assisted closure dressing over free muscle flaps in the lower extremity does not compromise flap survival and results in decreased flap thickness. *Arch Plast Surg*, 45(1), 45-50. doi:10.5999/aps.2016.01977
8. DeFranzo, A. J., Argenta, L. C., Marks, M. W., Molnar, J. A., David, L. R., Webb, L. X., Teasdall, R. G. (2001). The use of vacuum-assisted closure therapy for the treatment of lower-extremity wounds with exposed bone. *Plast Reconstr Surg*, 108(5), 1184-1191.
9. Driver, V. R., & Blume, P. A. (2014). Evaluation of wound care and health-care use costs in patients with diabetic foot ulcers treated with negative pressure wound therapy versus advanced moist wound therapy. *J Am Podiatr Med Assoc*, 104(2), 147-153. doi:10.7547/0003-0538-104.2.147
10. Eisenhardt, S. U., Schmidt, Y., Thiele, J. R., Iblher, N., Penna, V., Torio-Padron, N., Bannasch, H. (2012). Negative pressure wound therapy reduces the ischaemia/reperfusion-associated inflammatory response in free muscle flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 65(5), 640-649. doi:10.1016/j.bjps.2011.11.037
11. El-Sabbagh, A. H. (2017). Negative pressure wound therapy: An update. *Chin J Traumatol*, 20(2), 103-107. doi:10.1016/j.cjtee.2016.09.004
12. Fan, K. W. (2018). Ronald Malt or Chen Zhongwei: Who performed the first surgical replantation? *J Med Biogr*, 967772018773968. doi:10.1177/0967772018773968
13. Fayman, M. S., Potgieter, E., & Becker, P. J. (2006). The pedicle tram flap: a focus on improved aesthetic outcome. *Aesthetic Plast Surg*, 30(3), 301-308. doi:10.1007/s00266-005-0147-4
14. Fleischmann, W., Strecker, W., Bombelli, M., & Kinzl, L. (1993). [Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures]. *Unfallchirurg*, 96(9), 488-492.
15. Franco, M. J., Nicoson, M. C., Parikh, R. P., & Tung, T. H. (2017). Lower Extremity Reconstruction with Free Gracilis Flaps. *J Reconstr Microsurg*, 33(3), 218-224. doi:10.1055/s-0036-1597568

16. Gabka, J. (1990). [History of plastic surgery and its effects on our specialty]. *Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir*, 875-881.
17. Georgantopoulou, A., Papadodima, S., Vlachodimitropoulos, D., Goutas, N., Spiliopoulou, C., & Papadopoulos, O. (2014). The microvascular anatomy of superior and inferior gluteal artery perforator (SGAP and IGAP) flaps: a fresh cadaveric study and clinical implications. *Aesthetic Plast Surg*, 38(6), 1156-1163. doi:10.1007/s00266-014-0398-z
18. Greig, A., Gohritz, A., Geishauser, M., & Muhlbauer, W. (2015). Heinrich von Pfalzpaint, Pioneer of Arm Flap Nasal Reconstruction in 1460, More Than a Century Before Tagliacozzi. *J Craniofac Surg*, 26(4), 1165-1168. doi:10.1097/scs.0000000000001625
19. Gurunluoglu, R., & Gurunluoglu, A. (2008). Giulio Cesare Arantius (1530-1589): a surgeon and anatomist: his role in nasal reconstruction and influence on Gaspare Tagliacozzi. *Ann Plast Surg*, 60(6), 717-722. doi:10.1097/SAP.0b013e31815888f5
20. Gustilo, R. B., & Anderson, J. T. (2002). JSBS classics. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am*, 84-a(4), 682.
21. Hahn, T. (1993). [Bernhard Rudolf Konrad von Langenbeck (1810-1887). The witness and mirror of the formative phase of the modern German surgery]. *Ann Ital Chir*, 64(5), 567-569.
22. Hallock, G. G. (2003). Direct and indirect perforator flaps: the history and the controversy. *Plast Reconstr Surg*, 111(2), 855-865; quiz 866. doi:10.1097/01.prs.0000040462.38363.c7
23. Hanasono, M. M., & Skoracki, R. J. (2007). Securing skin grafts to microvascular free flaps using the vacuum-assisted closure (VAC) device. *Ann Plast Surg*, 58(5), 573-576. doi:10.1097/01.sap.0000237638.93453.66
24. Hattori, K., Numanoglu, A., & Cox, S. (2017). Temporary Vacuum-Assisted Closure of the Open Abdomen in Neonates. *Eur J Pediatr Surg*, 27(5), 437-442. doi:10.1055/s-0036-1598010
25. Kalra, G. S., Bedi, M., & Barala, V. K. (2017). A comparative study of tissue expansion and free parascapular flaps in extensive facial burn scar reconstruction. *Int J Burns Trauma*, 7(4), 50-55.
26. Kamolz, L. P., Lumenta, D. B., Parvizi, D., Wiedner, M., Justich, I., Keck, M., Schintler, M. (2014). Skin graft fixation in severe burns: use of topical negative pressure. *Ann Burns Fire Disasters*, 27(3), 141-145.
27. Kang, M. J., Chung, C. H., Chang, Y. J., & Kim, K. H. (2013). Reconstruction of the lower extremity using free flaps. *Arch Plast Surg*, 40(5), 575-583. doi:10.5999/aps.2013.40.5.575
28. Kantak, N. A., Mistry, R., Varon, D. E., & Halvorson, E. G. (2017). Negative Pressure Wound Therapy for Burns. *Clin Plast Surg*, 44(3), 671-677. doi:10.1016/j.cps.2017.02.023
29. Keil, G. (1978). [The history of plastic surgery (author's transl)]. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)*, 57(7), 581-591.
30. Lee, R., Beder, D., Street, J., Boyd, M., Fisher, C., Dvorak, M., Kwon, B. (2018). The use of vacuum-assisted closure in spinal wound infections with or without exposed dura. *Eur Spine J*. doi:10.1007/s00586-018-5612-2
31. Lenglet, M., Dast, S., Dessena, L., Herlin, C., Chaput, B., Havet, E., & Sinna, R. (2017). [Extension of the thoracodorsal artery perforator flap's pedicle: Anatomical study]. *Ann Chir Plast Esthet*, 62(4), 327-331. doi:10.1016/j.anplas.2017.01.001

32. Lexer, E. (2008). The use of free osteoplasty together with trials on arthrodesis and joint transplantation. *Archiv fur klin Chirurgie*. 1908;86(4):939-954. *Clin Orthop Relat Res*, 466(8), 1771-1776. doi:10.1007/s11999-008-0314-4
33. Machen, S. (2007). Management of traumatic war wounds using vacuum-assisted closure dressings in an austere environment. *US Army Med Dep J*, 17-23.
34. Maier, D. (2002). Untersuchungen über die physikalischen Grundlagen der Vakuumversiegelung. (Dissertation). Universität Ulm
35. Markiewicz, M. R., & Miloro, M. (2018). The Evolution of Microvascular and Microneurosurgical Maxillofacial Reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg*, 76(4), 687-699. doi:10.1016/j.joms.2018.01.001
36. McGrouther, D. A. (2018). Robert Acland (1941-2016) innovator, microsurgeon, anatomist and teacher. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 71(2), 126-131. doi:10.1016/j.bjps.2017.08.035
37. Mohan, A. T., & Saint-Cyr, M. (2015). Anatomic and physiological fundamentals for autologous breast reconstruction. *Gland Surg*, 4(2), 116-133. doi:10.3978/j.issn.2227-684X.2015.04.01
38. Moues, C. M., Heule, F., & Hovius, S. E. (2011). A review of topical negative pressure therapy in wound healing: sufficient evidence? *Am J Surg*, 201(4), 544-556. doi:10.1016/j.amjsurg.2010.04.029
39. Muller, F. E. (2008). [Johann Friedrich Dieffenbach and his influence on the development of plastic surgery]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 40(4), 279-281. doi:10.1055/s-2007-989386
40. Nakayama, Y., & Soeda, S. (1991). A new dressing method for free skin grafting in hands. *Ann Plast Surg*, 26(5), 499-502.
41. Nather, A., Chionh, S. B., Han, A. Y., Chan, P. P., & Nambiar, A. (2010). Effectiveness of vacuum-assisted closure (VAC) therapy in the healing of chronic diabetic foot ulcers. *Ann Acad Med Singapore*, 39(5), 353-358.
42. Nguyen, T. Q., Franczyk, M., Lee, J. C., Greives, M. R., O'Connor, A., & Gottlieb, L. J. (2015). Prospective randomized controlled trial comparing two methods of securing skin grafts using negative pressure wound therapy: vacuum-assisted closure and gauze suction. *J Burn Care Res*, 36(2), 324-328. doi:10.1097/bcr.0000000000000089
43. Qian, Y., Li, G., Zang, H., Cao, S., Liu, Y., Yang, K., & Mu, L. (2018). A Systematic Review and Meta-analysis of Free-style Flaps: Risk Analysis of Complications. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 6(2), e1651. doi:10.1097/gox.0000000000001651
44. Rambe, B., & Pho, R. W. (1995). Distal radial fasciocutaneous flap. *Ann Acad Med Singapore*, 24(4 Suppl), 77-81.
45. Ramnarine, K. V., Nassiri, D. K., Hoskins, P. R., & Lubbers, J. (1998). Validation of a new blood-mimicking fluid for use in Doppler flow test objects. *Ultrasound Med Biol*, 24(3), 451-459.
46. Rana, R. E., & Arora, B. S. (2002). History of plastic surgery in India. *J Postgrad Med*, 48(1), 76-78.
47. Reiter, M., & Harreus, U. (2013). Vacuum assisted closure in the management of wound healing disorders in the head and neck: a retrospective analysis of 23 cases. *Am J Otolaryngol*, 34(5), 411-415. doi:10.1016/j.amjoto.2013.03.001
48. Ribuffo, D., Cigna, E., Gerald, G. L., Houseman, N., Seneviratne, S., Lombardi, E., Scuderi, N. (2015). Iginio Tansini revisited. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 19(13), 2477-2481.
49. Rosson, G. D., Buncke, G. M., & Buncke, H. J. (2008). Great toe transplant versus thumb replant for isolated thumb amputation: critical analysis of functional outcome. *Microsurgery*, 28(8), 598-605. doi:10.1002/micr.20549

50. Santoni-Rugiu, P., & Mazzola, R. (1997). Leonardo Fioravanti (1517-1588): a barber-surgeon who influenced the development of reconstructive surgery. *Plast Reconstr Surg*, 99(2), 570-575.
51. Saziye, K., Mustafa, C., Ilker, U., & Afksendyios, K. (2011). Comparison of vacuum-assisted closure device and conservative treatment for fasciotomy wound healing in ischaemia-reperfusion syndrome: preliminary results. *Int Wound J*, 8(3), 229-236. doi:10.1111/j.1742-481X.2011.00773.x
52. Soto-Miranda, M. A., Romero-y-Huesca, A., Gone-Fernandez, A., & Soto-Gonzalez, J. (2006). [Tagliacozzi: not just a plastic surgeon]. *Gac Med Mex*, 142(5), 423-429.
53. Sparks, D. S., Wagels, M., & Taylor, G. I. (2018). Bone reconstruction: A history of vascularized bone transfer. *Microsurgery*, 38(1), 7-13. doi:10.1002/micr.30260
54. Stonerock, C. E., Bynoe, R. P., Yost, M. J., & Nottingham, J. M. (2003). Use of a vacuum-assisted device to facilitate abdominal closure. *Am Surg*, 69(12), 1030-1034; discussion 1034-1035.
55. Suliburk, J. W., Ware, D. N., Balogh, Z., McKinley, B. A., Cocanour, C. S., Kozar, R. A., Ivatury, R. R. (2003). Vacuum-assisted wound closure achieves early fascial closure of open abdomens after severe trauma. *J Trauma*, 55(6), 1155-1160; discussion 1160-1151. doi:10.1097/01.ta.0000100218.03754.6a
56. Tan, Y., Wang, X., Li, H., Zheng, Q., Li, J., Feng, G., & Pan, Z. (2011). The clinical efficacy of the vacuum-assisted closure therapy in the management of adult osteomyelitis. *Arch Orthop Trauma Surg*, 131(2), 255-259. doi:10.1007/s00402-010-1197-x
57. Tang, A. L., Bearely, S., & Mannion, K. (2017). The expanding role of scapular free-flaps. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 25(5), 411-415. doi:10.1097/moo.0000000000000393
58. Terrell, M., Roberts, W., Price, C. W., Slater, M., Loukas, M., & Schober, J. (2018). Anatomy of the pedicled anterolateral thigh flap for phalloplasty in transitioning-males. *Clin Anat*, 31(2), 160-168. doi:10.1002/ca.23017
59. Tomba, P., Vigano, A., Ruggieri, P., & Gasbarrini, A. (2014). Gaspare Tagliacozzi, pioneer of plastic surgery and the spread of his technique throughout Europe in "De Curtorum Chirurgia per Insitionem". *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 18(4), 445-450.
60. Webb, L. X. (2002). New techniques in wound management: vacuum-assisted wound closure. *J Am Acad Orthop Surg*, 10(5), 303-311.
61. Wettstein, R., Helmy, N., & Kalbermatten, D. F. (2014). Defect reconstruction over the olecranon with the distally extended lateral arm flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 67(8), 1125-1128. doi:10.1016/j.bjps.2014.04.036
62. Xie, S. L., Guo, G. H., & Min, D. H. (2017). [Advances in the research of application of vacuum-assisted closure in wound healing and its mechanism]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 33(6), 397-400. doi:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.06.024
63. Yang, C. C., Chang, D. S., & Webb, L. X. (2006). Vacuum-assisted closure for fasciotomy wounds following compartment syndrome of the leg. *J Surg Orthop Adv*, 15(1), 19-23.
64. Zhang, Y. (1996). Observation of curative effects of huatuojiaji in the treatment of 300 cases of apoplexy. *J Tradit Chin Med*, 16(2), 117-120.

10. Anhang

Im Nachfolgenden sind das in dieser Studie verwendete Messprotokoll für den Patienten dargestellt.

Gruppe: VAC® N-VAC®

OP-Datum:

RR HR

Ischämiezeit Anfang: _____

Ischämie Zeit Ende: _____

1. Anschluß beider Venen
2. ICG-Messung
3. Medistim auf eine Arterie
4. Abklemmen der schwächeren Vene für 2 min
5. Medistim auf Arterie: Messen 5 min
6. Medistim auf große Vene: Messen 5 min
7. Cook® Sonden Applikation um Arterie
8. Messen mit Cook® Sonde 1 min
9. Messen mit Medistim Sonde 1 min
10. Valdierungsmessung
11. Messung Start
12. Vergleich Medistim PLUS Cook® Sonde

Lappeneinpassung + Spalthauttransplantat

3-D Scan

VAC® Verband plus Fensterung

Messen mit Cook Sonde vor VAC® Verband, mit VAC® (ohne Sog), während VAC® Aktivierung (je 1 min)

Große Pumpe, 125mmHg , niedrige Intensität, kontinuierlicher Sog: VAC® Aktivierung

Flow gut hörbar? J N

Spalthaut

3-D Scan

VAC®- Applikation

1. **Blutdruck** und notiere in Tabelle
2. **Herzfrequenz** und notiere in Tabelle
3. **Cook Medical**

Range Limit? Ganz rechts

Verstärkung Monitor? Auf Markierung (A/V)

Flow gut hörbar? J N

Frei von Übersteuern? J N

PCM Rekorder über Line-In verbunden?

Richtiger Kanal?

- Mindestens EINE Minute!

Dateiname	Cook Zeit Beginn	Art/Ven	P sys	P dia	HF	Verstärkung Recorder Low Middle High	Signal OK
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

OP Tag Abend

1. **Blutdruck** und notiere in Tabelle
2. **Herzfrequenz** und notiere in Tabelle
3. **Cook Medical**

Range Limit? Ganz rechts

Verstärkung Monitor? Auf Markierung (A/V)

Flow gut hörbar? J N

Frei von Übersteuern? J N

PCM Rekorder über Line-In verbunden?

Richtiger Kanal?

- Mindestens EINE Minute!

Dateiname	Cook Zeit Beginn	Art/Ven	P sys	P dia	HF	Verstärkung Recorder Low Middle High	Signal OK
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4. **O2C**®

Sonde an markierter Stelle angebracht? J

Signal sichtbar? J

- 2 mal zwei gute Messungen für je EINE Minute

5. **VAC**®

Inhalt des Auffangbehälters _____ ml

Flasche Nummer 1 2 3 4

1. **Blutdruck** und notiere in Tabelle

2. **Herzfrequenz** und notiere in Tabelle

3. **Cook Medical**

Range Limit? Ganz rechts

Verstärkung Monitor? Auf Markierung (A/V)

Flow gut hörbar? J N

Frei von Übersteuern? J N

PCM Rekorder über Line-In verbunden?

Richtiger Kanal?

- Mindestens EINE Minute!

Dateiname	Cook Zeit Beginn	Art/Ven	P sys	P dia	HF	Verstärkung Recorder Low Middle High	Signal OK
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4. **O2C**®

Sonde an markierter Stelle angebracht? J

Signal sichtbar? J

- 2-mal zwei gute Messungen für je EINE Minute

5. **VAC**®

Inhalt des Auffangbehälters _____ ml

Flasche Nummer 1 2 3 4

Dritter Tag

1. **Blutdruck** und notiere in Tabelle
2. **Herzfrequenz** und notiere in Tabelle
3. **Cook Medical**

- Range Limit? Ganz rechts
- Verstärkung Monitor? Auf Markierung (A/V)
- Flow gut hörbar? J N
- Frei von Übersteuern? J N
- PCM Rekorder über Line-In verbunden?
- Richtiger Kanal?
- Mindestens EINE Minute!

Dateiname	Cook Zeit Beginn	Art/Ven	P sys	P dia	HF	Verstärkung Recorder Low Middle High	Signal OK
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4. **O2C®**

- Sonde an markierter Stelle angebracht? J
- Signal sichtbar? J
- 2-mal zwei gute Messungen für je EINE Minute

5. **VAC®**

Inhalt des Auffangbehälters _____ ml

Flasche Nummer 1 2 3 4

Fünfter Tag

1. **Blutdruck** und notiere in Tabelle
2. **Herzfrequenz** und notiere in Tabelle
3. **Cook Medical**

Range Limit? Ganz rechts

Verstärkung Monitor? Auf Markierung (A/V)

Flow gut hörbar? J N

Frei von Übersteuern? J N

PCM Rekorder über Line-In verbunden?

Richtiger Kanal?

- Mindestens EINE Minute!

Dateiname	Cook Zeit Beginn	Art/Ven	P sys	P dia	HF	Verstärkung Recorder Low Middle High	Signal OK
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
							J <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4. **O2C**®

Sonde an markierter Stelle angebracht? J

Signal sichtbar? J

- 2-mal zwei gute Messungen für je EINE Minute

5. **VAC**®

Inhalt des Auffangbehälters _____ ml

Flasche Nummer 1 2 3 4

11. Danksagung

Ich bedanke mich recht herzlich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. univ. Milomir Ninkovic für die Vergabe dieses Themas und die Möglichkeit in seiner Abteilung meine Ausbildung machen zu dürfen.

Er hat mich stets unterstützt und mich durch hilfreiche Kommentare, Ideen und Anregungen zu dieser Arbeit motiviert.

Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Außerdem danke ich Herrn Daniel Rohde.

Herr Rohde war maßgeblich bei der technischen Entwicklung des Cook Gerätes sowie dessen Signalauswertung beteiligt.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Jalali für die Unterstützung bei der Auswertung der 3-D Daten.

Und besonders meinen Eltern, die mir mein Medizinstudium ermöglicht haben und mich in meinen Plänen und Träumen immer unterstützt haben.