Medizinische Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Vergleich von End-zu-End- mit End-zu-Seit-Anastomosen mittels Coupler bei plastischen Rekonstruktionen mit freien Lappen in der Kopf-Hals-Tumorchirurgie

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Sophie Köpernik

Betreuer:
PD Dr. med. habil. Ulrich Kisser

Gutachter*innen:
PD Dr. med. Veronika Volgger, München
Prof. Dr. med. Dr. h. c. Gerhard Rettinger, Ulm

Datum der Verteidigung: 10.02.2025

Referat

In der vorliegenden Arbeit wurde die technische Durchführung einer venösen End-zu-Seit-Anastomose mittels Gefäß-Coupler im Rahmen mikrochirurgischer freier Lappenplastiken bei Defektrekonstruktionen nach Tumorresektionen im Kopf-Hals-Bereich beschrieben und eine vergleichende Analyse von End-zu-End-Anastomose und End-zu-Seit-Anastomose hinsichtlich postoperativer vaskulärer Komplikationen und Dauer durchgeführt. Es handelt sich hierbei um eine retrospektive Auswertung von 124 Patienten, die von 2016 bis 2023 an der HNO-Universitätsklinik Halle (Saale) operiert wurden. Bei 76 Patienten wurde intraoperativ eine End-zu-End-Anastomose angelegt, während 48 Patienten eine End-zu-Seit-Anastomose erhielten. Verwendet wurde hierbei in allen Fällen das „Microvascular Anastomotic Coupler System“ der Firma Synovis Micro Companies Alliance, Birmingham, AL, USA. Das Prinzip hierbei ist, dass die Verbindung zweier Gefäße durch zwei Ringe geschaffen wird, die mit ineinandergreifenden Stiften aneinander fixiert werden. Im Vergleich zur manuellen Naht ist hierdurch ein deutlich schnelleres Anastomosieren der venösen Gefäßenden möglich. Bezogen auf die End-zu-End-Anastomosen wird diese Technik bereits als Standard in der Mikrochirurgie angewendet. Deutlich seltener sind Beschreibungen über die Anwendung des Couplers für die Durchführung von End-zu-Seit-Anastomosen, welche dem Operateur eine größere Flexibilität in der Wahl des Gefäßes beziehungsweise der Lokalisation der Anastomose bieten können. Dies ist insbesondere bei schwierigen anatomischen Verhältnissen, zum Beispiel nach Voroperationen oder Bestrahlung, von Bedeutung. Im Vergleich hatten 5,3% der in dieser Arbeit untersuchten Patienten mit einer End-zu-End-Anastomose eine postoperative venöse Komplikation, während eine solche nur bei 2,1% der Patienten mit End-zu-Seit-Anastomose auftrat. Zusammenfassend konnte hier gezeigt werden, dass im Vergleich beider Varianten kein relevanter Nachteil der End-zu-Seit-Anastomose hinsichtlich postoperativer Komplikationen und OP-Dauer besteht.

Köpernik, Sophie: Vergleich von End-zu-End- mit End-zu-Seit-Anastomosen mittels Coupler bei plastischen Rekonstruktionen mit freien Lappen in der Kopf-Hals-Chirurgie, Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 65 Seiten, 2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I
Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole III
1 Einleitung ..... - 1 -
1.1 Hintergrund ..... - 1 -
1.2 Historie der Lappenplastiken ..... - 2 -
1.3 Anatomie und Grundlagen freier Lappenplastiken ..... - 4 -
1.4 End-zu End Anastomose ..... - 4 -
1.5 End-zu-Seit-Anastomose ..... - 4 -
1.6 Anschlussgefäße ..... - 5 -
1.7 Arten freier Lappen ..... - 5 -
1.8 Grundprinzip der Coupler-Technik ..... - 7 -
2 Zielstellung ..... - 8 -
3 Material und Methoden ..... - 9 -
3.1. Patientenauswahl und OP-Vorbereitung ..... - 9 -
3.2. Operatives Verfahren und perioperatives Vorgehen ..... - 10 -
3.2.1. Tumorresektion ..... - 10 -
3.2.2. Heben des Lappens ..... - 11 -
3.2.3. Arterielle Anastomose ..... - 12 -
3.2.4. Venöse Anastomose ..... - 12 -
3.2.5. Coupler-Verfahren ..... - 13 -
3.2.6. End-zu-Seit-Anastomose in Coupler-Technik ..... - 15 -
3.2.7. Postoperatives Vorgehen ..... - 19 -
3.3. Auswertung und Statistik ..... - 20 -
3.4. Berechnung einer möglichen Kostenreduktion durch die Verwendung des Couplers ..... - 21 -
4 Ergebnisse ..... - 22 -
4.1. Patientenkollektiv und operationsspezifische Daten ..... - 22 -
4.1.1. Patientenalter ..... - 22 -
4.1.2. Geschlecht ..... - 23 -
4.1.3. ASA-Klasse ..... - 23 -
4.1.4. Tumorlokalisation ..... - 24 -
4.1.5. Lappenarten ..... - 25 -
4.1.6. Empfängervene ..... - 25 -
4.1.7. Donorarterie ..... - 26 -
4.1.8. Größe des Coupler-Ringes ..... - 27 -

4.1.9. Bestrahlung ..... - 27 -
4.2. Postoperative Komplikationen ..... - 28 -
4.2.1. Lappenkomplikationen ..... - 28 -
4.2.2. Nicht lappenbezogene Komplikationen ..... - 31 -
4.3. Dauer der venösen Coupler-Anastomose ..... - 31 -
4.4. Differenz zur handgeknüpften Anastomose ..... - 34 -
4.5. Ermittlung der OP-Kosten ..... - 34 -
4.6. Berechnung der Ersparnis durch Verwendung der Coupler-Technik ..... - 35 -
4.7. Gesamtdauer der Operation ..... - 36 -
4.8. Aufenthaltsdauer im Krankenhaus ..... - 37 -
4.9. Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation ..... - 38 -
5 Diskussion ..... - 40 -
5.1. Charakteristika der Patienten ..... - 40 -
5.2. Praktische Vorteile bei der Anwendung des Couplers ..... - 41 -
5.3. Vaskuläre Komplikationen bei der Anastomose ..... - 42 -
5.4. Eigenschaften und Vorzüge der Coupler-Anastomose ..... - 44 -
5.5. Risikofaktor Strahlentherapie ..... - 46 -
5.6. Weitere, nicht lappenbedingte Komplikationen ..... - 46 -
5.7. Zeitersparnis und finanzielle Aspekte bei der Verwendung des Couplers ..... - 47 -
5.8. Nachteile des Couplers ..... - 49 -
5.9. Qualitative Aspekte und Limitationen der Arbeit sowie Einordnung in die Literatur ..... - 50 -
5.10. Zusammenfassung und Ausblick ..... - 53 -
6 Literaturverzeichnis ..... - 55 -
7 Thesen ..... - 65 -
Abbildungsverzeichnis IV
Tabellenverzeichnis VI
Checkliste Tumor-OP VII
Erklärungen IX

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

A.	Arterie
Abb.	Abbildung
AC	Arteria carotis
ALT	Anterior lateral thigh
ASA	American Society of Anaesthesiologists
d. h.	das heißt
DRG	Diagnosis Related Groups
EG	Epiglottis
EZE	End-zu-End
EZS	End-zu-Seit
G	Gauge
GSM	Glandula submandibularis
h	Stunde(n)
HNO	Hals-Nasen-Ohren
IE	Internationale Einheiten
ITS	Intensivstation
LE	Laryngektomie
MACD	microvascular anastomotic coupler device
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MRF	Musculus rectus femoris
n	Anzahl
PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie
RD	Ramus descendens

RHW	Rachenhinterwand
RTX	Radiatio (Bestrahlung)
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
USD	US-Dollar
V.	Vene
v. Chr.	vor Christus
VJI	Vena jugularis interna
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Nach komplexen tumorchirurgischen Operationen im Kopf-Hals-Bereich ist eine funktionell einwandfreie Rekonstruktion essentiell für das postoperative Outcome. Nicht nur die alleinige Deckung des teilweise erheblichen Gewebedefektes steht hier im Vordergrund. Auch die Wiederherstellung lebenswichtiger Funktionen wie die Trennung von Luft- und Speiseweg, die Aufrechterhaltung von Atem- und Schluckfunktion sowie die möglichst frühzeitige Wiedererlangung alltagsrelevanter Fähigkeiten wie Sprechen und Nahrungsaufnahme sind für die physische und psychische Rekonvaleszenz des Patienten von großer Bedeutung.

Meist wird für die Rekonstruktion ein sogenannter freier Lappen verwendet. Freie Lappen sind Gewebsstrukturen, die in einer geeigneten Spenderregion entnommen um dann in eine andere Körperregion transferiert und dort zur Defektdeckung eingesetzt zu werden. Im Gegensatz zum gestielten Lappen wird der freie Lappen von seiner ursprünglichen Blutversorgung abgetrennt und an lokale Blutgefäße der Empfängerregion angeschlossen (Yazdanust & Kneser, 2014).

Das Gelingen hängt dabei maßgeblich von der Funktionsfähigkeit der im Rahmen der Operation durchgeführten Gefäßanastomosen ab (Hallock, 2022). Um die Durchblutung des Lappens wiederherzustellen und damit das Überleben des Transplantats zu ermöglichen, müssen mindestens ein arterielles und ein venöses Gefäß des Lappens in der Empfängerregion an die dort vorhandenen Blutgefäße angeschlossen werden. Die Gefäßanastomosen stellen eine der größten Herausforderungen während der Operation dar (Ahmed & Gilhooly, 2017). Typische Komplikationen nach Lappenplastiken sind thrombotische Gefäßverschlüsse im Bereich dieser Anastomosen, die innerhalb weniger Stunden zum Untergang des transferierten Lappengewebes und damit zum Misslingen der Rekonstruktion führen können. Verschiedene Risikofaktoren begünstigen die Entstehung solcher postoperativen Komplikationen. Ein Teil dieser Risikofaktoren ist nicht beeinflussbar. Hierzu gehören die oft mannigfaltigen Komorbiditäten von Patienten mit Kopf-/Halskarzinomen wie chronischer Alkohol- und Nikotinabusus (Blair & Callender, 1994), Gefäßerkrankungen, Voroperationen oder eine vorangegangene

Strahlentherapie (Deutsch et al., 1999; Singh et al., 1999). Andere Faktoren hingegen lassen sich beeinflussen. Wird die plastische Rekonstruktion des im Rahmen der Tumorresektion entstandenen Defekts im selben Eingriff durchgeführt, ist die Komplikationsrate, verglichen mit einem mehrzeitigen Vorgehen, in der Regel geringer (Mast, 1999). Durch die im Laufe der Jahre verfeinerten Operationstechniken und mehrere technische Neuerungen konnten mikrovaskuläre Lappenplastiken im Kopf-/Halsbereich als Standardeingriff etabliert werden (Blackwell, 2000).

Anfang der Zweitausenderjahre beschrieben Neligan et al. eine Lappenverlustrate um 5% bei freien Lappenplastiken (Neligan & Gullane, 2000). Infolge verschiedener Verbesserungen konnte diese im Laufe der Zeit weiter reduziert werden. In der neueren Literatur wird von Erfolgsraten zwischen 95 und 100% berichtet (Khera et al., 2022; Liu et al., 2018; Wong & Wei, 2010; Xiong et al., 2016). Zu den beeinflussbaren Faktoren gehört außerdem die Operationsdauer. Je länger der Eingriff dauert, desto häufiger sind Komplikationen, sowohl im Bereich des Lappens als auch den Patienten insgesamt betreffend (z. B. tiefe Venenthrombose, Lungenembolie, postoperatives Delir). Somit sind Techniken, die zur Vereinfachung des Operationsverlaufs und damit zur Verkürzung der OP-Dauer beitragen, von großer Bedeutung.

Mit Einführung der im Folgenden beschriebenen Technik des mikrochirurgischen Gefäß-Couplers konnte die Dauer für die Durchführung einer Gefäßanastomose deutlich reduziert werden, wodurch die Ischämiezeit abnahm und die Anzahl der thrombotischen Komplikationen gesenkt werden konnte (Jandali et al., 2010; Patel et al., 2013; Stranix et al., 2019).

1.2 Historie der Lappenplastiken

Erste Ansätze der Lappenplastiken gehen bis in das siebte Jahrhundert v. Chr. zurück. Es gibt Beschreibungen von gestielten Lappen im Bereich der Nase aus Indien, welche mindestens 2000 Jahre alt sind. Einer der ersten gestielten Hautlappen wurde 1862 von John Wood in London im Rahmen der Deckung einer Verbrennungswunde verwendet (Masquelet & Gilbert, 1998). Erstbeschreiber eines gestielten myokutanen Lappens zur Defektdeckung nach Resektion eines Tumors im Bereich der Mamma war 1892 der Italiener Ignio Tansini aus Padua (Zampetti et al., 2021).

Durch einen erheblichen Wissenszuwachs im Bereich der Anatomie, die zunehmende Weiterentwicklung von Chirurgie und Anästhesie sowie diverse technische Errungenschaften konnte die Lappenchirurgie zunehmende Erfolge erzielen. Einen entscheidenden Fortschritt lieferte die Erfindung der binokularen Mikroskope zur Durchführung mikrochirurgischer Gefäßanastomosen. Pionier auf diesem Gebiet war der Franzose Alexis Carrel, welcher bereits 1902 die Grundlagen der End-zu-End-Anastomose erforschte und damit eine grundlegende Technik der Gefäßchirurgie entwickelte. 1912 wurde ihm für seine Forschung der Nobelpreis für Medizin verliehen (Staudacher & Gabl, 1998; Stephenson & Kimpton, 2002).

Ein weiterer Meilenstein war die Erfindung des Operationsmikroskops durch den Schweden Carl Nylen, welches erstmals 1921 zum Einsatz kam (Mavrogenis et al., 2019). Mit der Entdeckung von Heparin 1916 und der Erkenntnis von Murray 1940, dass dieses die Entstehung von Gefäßthromben verhindern kann, stieg im Verlauf die Zahl der erfolgreich durchgeführten Gefäßoperationen deutlich an (Couch, 1989; Moritz et al., 2022; Murray, 1940). Diese Neuerungen waren die Voraussetzung für die Entwicklung freier Lappen. Die erste freie Lappentransplantation gelang 1965 Krizek und Mitarbeitern (Masquelet & Gilbert, 1998).

In den 60er bis 80er Jahren des 20. Jahrhunderts kam es zu diversen Weiterentwicklungen von Operationstechniken. Im Jahr 1962 ließ Nakayama ein Gerät aus zwei Metallringen mit ineinandergreifenden Stiften und zugehörigen Löchern zur Anastomosierung von Gefäßen patentieren (Gasser & Schwind, 2007; Nakayama et al., 1962). Bereits ein Jahr zuvor hatte Gordon Holt ein ähnliches Instrument beschrieben, mit dem er 18 erfolgreiche arterielle Anastomosen bei Hunden durchgeführt hatte (Dumanian et al., 2019; Holt & Lewis, 1960; Moritz et al., 2022).

Seither hat sich das „microvascular anastomotic coupler device“ (MACD) als ernstzunehmende Alternative zur handgeknüpften Anastomose bei mikrochirurgischen freien Lappen etabliert (Adam et al., 2021). Berggren und Ostrups stellten schließlich 1986 den Prototypen des heute verwendeten Systems vor (Ardehali et al., Berggren et al., 1987; 2014; Houser & Hare, 2007).

1.3 Anatomie und Grundlagen freier Lappenplastiken

Voraussetzung für das Gelingen einer mikrovaskulären Lappenplastik ist das Vorhandensein intakter arterieller und venöser Gefäßstrukturen, sowohl im Bereich des transferierten Lappengewebes als auch in der Empfängerregion. Man unterscheidet verschiedene Arten der Anastomosen, mit deren Hilfe die Blutversorgung für einen freien Lappen wiederhergestellt werden kann. Als Anastomose bezeichnet man eine (in diesem Falle neu geschaffene) Verbindung zwischen zwei anatomischen Strukturen (Engele, 2010). Anhand der Form unterscheidet man bei Gefäßanastomosen zwischen End-zu-End-, End- zu-Seit-, und Seit-zu-Seit-Anastomose. Bei Defektrekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich kommen vor allem End-zu-End- sowie End-zu-Seit-Anastomosen zum Einsatz. Wichtig ist eine sorgfältige Präparation der Gefäßwände beziehungsweise der Gefäßenden (Arkudas, 2016). Hierzu werden die Adventitia ausgedünnt sowie avitale oder ausgefranste Gefäßteile entfernt. Um geronnenes Blut oder Bindegewebspartikel im Gefäß zu lösen und einer Thrombusbildung vorzubeugen, erfolgt vor der Anastomosierung in der Regel eine intraluminale Spülung mit verdünnter Heparinlösung (Best, 1959; Fellner & Purkerson, 2002; Moritz et al., 2022). Für die Gefäßnaht werden meist nichtresorbierbare Fäden verwendet, wobei verschiedene Studien gezeigt haben, dass durch die Verwendung von resorbierbaren Fäden gleichwertige Ergebnisse erzielt werden können (Huan et al., 1995; Merrell & Lawrence, 1991).

1.4 End-zu End Anastomose

Als End-zu-Seit Anastomose wird eine neu geschaffene Gefäßverbindung bezeichnet, bei der die zuvor eröffneten Enden zusammengefügt werden. Diese ist sowohl in Einzelknopf- als auch in fortlaufender Nahttechnik möglich.

1.5 End-zu-Seit-Anastomose

Eine End-zu-Seit-Anastomose ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Gefäßabschnitt in seinem Verlauf seitlich eröffnet wird, um in diesem Bereich das Ende eines anderen Gefäßes anzuschließen. Meist werden End-zu-Seit-Anastomosen verwendet um Inkongruenzen zweier Gefäßdurchmesser auszugleichen. Man eröffnet dabei die Wand des Empfängergefäßes ellipsenförmig. Falls eine Mobilisation bzw. das Drehen des angeklemmten Gefäßes (um circa 180°) während der Naht nicht möglich ist, ist es meist

von Vorteil, die Hinterwand zuerst zu vernähen. Dies geschieht in der klassischen handgeknüpften Technik meist mit Einzelknopfnähten; es kann aber auch fortlaufend genäht werden (Bingöl, 2014). Wenn aufgrund von Voroperationen, Bestrahlung oder durch ein Missverhältnis der zu anastomosierenden Venen eine venöse End-zu-End-Anastomose nicht möglich ist, kann die End-zu-Seit-Anastomose der kleineren Lappenvene an eine größere Vene im Anschlussgebiet eine sinnvolle Alternative sein (Walle et al., 2020).

1.6 Anschlussgefäße

Die am häufigsten bei Defektrekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich verwendeten Empfängerarterien sind die A. thyroidea superior und die A. facialis (Demirkan et al., 1999; Mulholland et al., 1992). Diese sind aufgrund der Länge, ihres Verlaufs und des Gefäßdurchmessers für eine klassische End-zu-End-Anastomose besonders gut geeignet. Alternativ kann sowohl auf andere ipsilaterale Äste der A. carotis externa, als auch auf Äste der kontralateralen A. carotis externa zurückgegriffen werden. Weitere Alternativen stellen die A. thyroidea inferior oder die A. transversa colli dar, welche aus dem Truncus thyrocervicalis entspringen (Blackwell, 2000; Demirkan et al., 1999; Urken et al., 1994).

Bietet sich aus anatomischen Gründen keine End-zu-End-Anastomose an, so kann auch eine End-zu-Seit-Anastomose zwischen Lappenarterie und A. carotis externa durchgeführt werden. Die Wahl des Gefäßes für die venöse Anastomose ist abhängig von der Art der Neck-Dissection. Sofern die V. jugularis interna erhalten bleibt, dient diese als bevorzugtes Gefäß für eine End-zu-Seit-Anastomose. Ihre Zuflüsse eignen sich für eine End-zu-End-Anastomose, allen voran die Vena facialis (Demirkan et al., 1999; Piza-Katzer et al., 1994). Falls die Vena jugularis mitreseziert werden muss, werden die V. jugularis externa oder ihre Äste genutzt (Mulholland et al., 1992; Piza-Katzer et al., 1994). Alternativ kann auch die Vena jugularis anterior verwendet werden.

1.7 Arten freier Lappen

Bei einem freien Gewebetransfer durchtrennt man die entsprechenden Stielgefäße in der Spenderregion, um sie an die Empfängergefäße im Bereich des entstandenen Gewebedefektes mikrochirurgisch anzuschließen und so wieder mit dem Blutkreislauf

zu verbinden. Dadurch haben freie Lappen, im Gegensatz zu gestielten Lappen, eine beliebige Reichweite am Körper des Patienten.

Je nach Art des entnommenen Gewebes unterscheidet man myo(lo)kutane, fasziokutane oder reine Faszien- oder Muskellappen sowie Lappen, die Knochengewebe enthalten, z.B. osteomyokutane Lappen (Bingöl, 2014; Masquelet & Gilbert, 1998). Wichtig sind hierbei exakte anatomische Kenntnisse über die Gefäßversorgung des Gewebes. Benannt werden die Lappen in der Regel nach der Entnahmelokalisation, dem (Teil)organ, aus dem sie bestehen oder nach dem versorgenden Blutgefäß. Beispiele sind der anterolaterale Oberschenkellappen (ALT), der Gracilislappen oder der Radialislappen, der von der A. radialis versorgt wird. Die Auswahl des Lappens richtet sich nach der Verfügbarkeit und dem Bedarf. So zeichnet sich der fasziokutane Radialislappen dadurch aus, dass er vergleichsweise dünn und gut formbar ist und somit für Rekonstruktionen zarter Strukturen, z.B. im Bereich des oberen Luft-/Speisewegs, geeignet ist (Evans et al., 1994). Der ALT, der von der A. circumflexa femoris lateralis versorgt wird, ist ebenfalls ein fasziokutaner Lappen. Aufgrund der meist deutlich kräftigeren Fettschicht und seiner Blutversorgung wird er eher für voluminösere und großflächigere Defekte bis zu 20 x 40 cm verwendet (Houschyar & Lehnhardt, 2019).

In Abbildung 1 ist die Entnahme eines ALT-Lappens dargestellt.

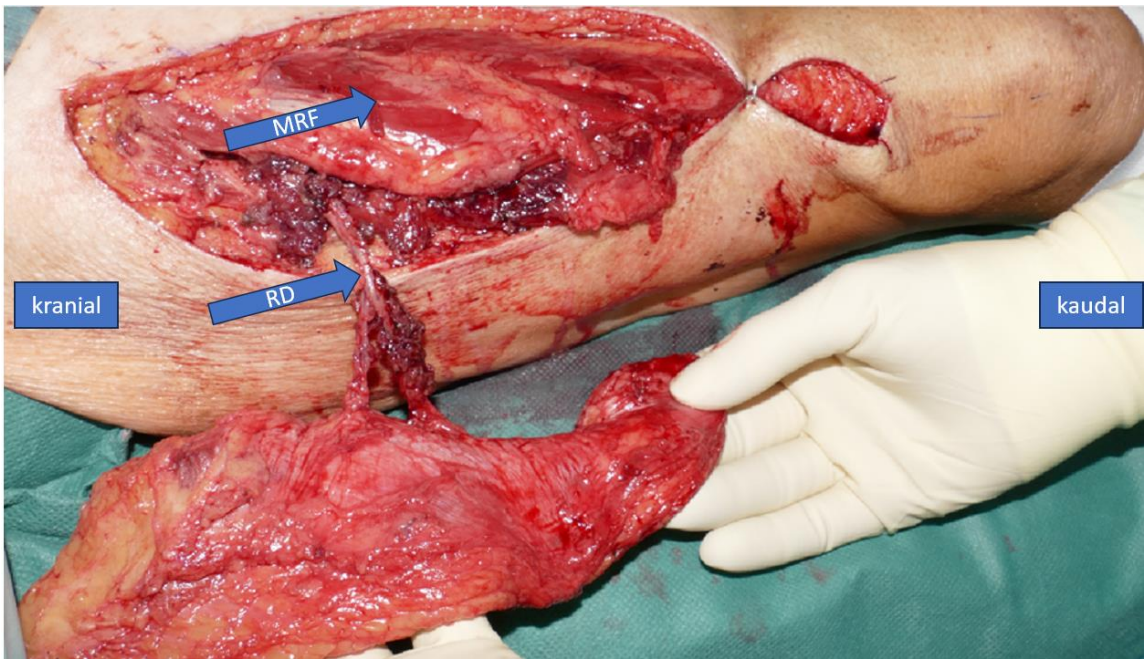

Abb. 1: Anterolateraler Oberschenkellappen vom rechten Oberschenkel; RD = Ramus descendens der A. circumflexa femoris lateralis mit Begleitvenen (Stielgefäße). MRF = Musculus rectus femoris.

Da dieser in der rekonstruktiven Kopf-Hals-Chirurgie am häufigsten zur Anwendung kommt, wird hier kurz auf den Radialislappen eingegangen. Erstmals beschrieben wurde er 1981 vom Chinesen Yang (Yang, 1981). Es handelt sich in der Regel um einen fasziokutanen Lappen, dessen Blutversorgung durch die A. radialis gewährleistet wird. Seine Vorteile sind, dass er sehr vielseitig einsetzbar ist und auch als freier Lappen verwendet werden kann. Aufgrund seiner geringen Dicke und hohen Plastizität lässt er sich leicht an den entstandenen Defekt anmodellieren. Daher ist neben der Rekonstruktion von Hautläsionen auch die Verwendung als Schleimhautersatz, z. B. im Bereich der Mundhöhle oder des Pharynx, möglich. Aufgrund seines kräftigen Gefäßstiels ist eine suffiziente Anastomosierung mit sehr guten Resultaten im Hinblick auf die Perfusion in der Regel durchführbar (Evans et al., 1994; Matthews et al., 1985). Als Nachteile können lokale Probleme in der Empfängerregion bei starker Behaarung, eine Kraftminderung sowie gestörte Kältetoleranz im Bereich des Unterarms und kosmetische Schäden im Bereich der Entnahmestelle angeführt werden (Jacobson et al, 1995; Masquelet & Gilbert, 1998).

1.8 Grundprinzip der Coupler-Technik

Das Prinzip der „Coupler-Technik“ ist die Verbindung zweier Gefäßenden ohne die Notwendigkeit einer manuellen Naht. Als Grundlage dient ein System mit Ringen aus Polyethylen, welche jeweils mit mehreren spitzen Stahlstiften versehen sind. Nach Fixieren der Gefäßwände auf den Stiften werden die Ringe ineinander geführt und somit verbunden, wobei sich die Stifte des einen im jeweils anderen Ring verhaken.

Für die ausführliche Darstellung und Beschreibung des Verfahrens sei auf das Kapitel 3.2. unter Material und Methoden verwiesen.

2 Zielstellung

Im Vergleich zur venösen End-zu-End-Anastomose mittels Coupler, welche im Rahmen mikrochirurgischer Rekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich als Standardverfahren etabliert ist, ist die Durchführung von End-zu-Seit-Anastomosen mit dem Coupler bisher wenig verbreitet. Die Verwendung eines Couplers bietet mehrere Vorteile. Erstens ist es durch seine Verwendung möglich, Kaliberdifferenzen der zu verbindenden Gefäße zu kompensieren. Zweitens kann eine signifikante Verkürzung der OP-Dauer erreicht werden. Außerdem ist die Lernkurve im Vergleich zur klassischen Naht-Technik deutlich steiler. Eine End-zu-Seit-Anastomose wiederum bietet dem Operateur eine deutlich größere Flexibilität beim Aufsuchen einer geeigneten Anschlussmöglichkeit für das venöse Lappengefäß, da er nicht auf eine Halsvene geeigneter Größe und Position angewiesen ist, wie das bei der End-zu-End-Anastomose der Fall ist. Vielmehr kann hier die Verbindung an beliebiger Position entlang der gesamten Strecke des freigelegten Anteils der Vena jugularis interna hergestellt werden.

Es wäre also wünschenswert, die oben genannten Vorteile, die der Coupler bietet, mit denen der End-zu-Seit-Anastomose zu kombinieren. Davon würden neben dem Operateur insbesondere solche Patienten profitieren, die in hohem Maße vorerkrankt sind und viele Risikofaktoren mitbringen. So könnte eine Verkürzung der Operationszeit die Rate an intra- und postoperativen Komplikationen reduzieren. Bei Patienten mit problematischem Gefäßstatus, z. B. nach Voroperationen, Bestrahlung, Chemotherapie oder mit vaskulären Vorerkrankungen können die im Regelfall verwendeten Anschlussgefäße ungeeignet sein oder fehlen. Hier kann die End-zu-Seit-Anastomose eine wichtige Alternative darstellen oder die Rekonstruktion überhaupt erst ermöglichen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, die End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler mit der bereits etablierten End-zu-End-Anastomose mittels Coupler im Rahmen der Defekt-rekonstruktion nach tumorchirurgischen Operationen im Kopf-Hals-Bereich hinsichtlich der Durchführbarkeit, Zuverlässigkeit (gemessen am Lappenüberleben und der Komplikationsrate) sowie des Zeitaufwandes zu vergleichen.

3 Material und Methoden

3.1. Patientenauswahl und OP-Vorbereitung

Eingeschlossen wurden alle Patienten, die sich im Zeitraum zwischen Dezember 2016 und Mai 2023 in der Universitäts-HNO-Klinik in Halle (Saale) einer Tumorresektion mit anschließender plastischer Defektrekonstruktion unterzogen haben. Betrachtet wurden hier nur freie Lappenplastiken. Aufgrund des retrospektiven anonymisierten Datenerhebungs-, und Auswertungsverfahrens der Studie wurden seitens der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät keine Bedenken geäußert und somit ein positives Ethikvotum abgegeben (Bearbeitungsnummer 2022-092).

Die plastische Rekonstruktion nach onkologischen Operationen im Kopf-Hals-Bereich durch freie, mikrovaskulär anastomosierte Lappen bedarf sowohl einer akribischen Vorbereitung und exakten Indikationsstellung, als auch einer überlegten Patienten-selektion. Alle Patienten wurden präoperativ in einem interdisziplinären Kopf-Hals-Tumorboard vorgestellt. Hier wurde die entsprechende OP-Indikation gestellt und im Anschluss mit den Patienten ausführlich besprochen. In Vorbereitung auf den Eingriff wurden alle notwendigen Befunde gesichtet. Hierzu zählen der histologische Malignomnachweis, der Bericht der zuvor durchgeführten Panendoskopie sowie die aktuelle Schnittbildgebung.

Bei Patienten, die für einen Radialislappen vorgesehen waren, wurde im Vorfeld der Operation ein Allen-Test und gegebenenfalls zusätzlich eine Dopplersonographie der Arterien des Unterarms durchgeführt. Dabei wird die Durchgängigkeit und Suffizienz der A. ulnaris und der A. radialis getestet. Die Arteriae radialis und ulnaris werden manuell komprimiert und der Patient wird gebeten, mehrmals eine kräftige Faust zu ballen. Dadurch kommt es zu einem Abblassen der Handfläche. Nach dem Öffnen der Arteria ulnaris sollte sich die Hautfarbe innerhalb von maximal 10–15 Sekunden normalisieren. Andernfalls gilt der Test als pathologisch und die Lappenentnahme sollte unterlassen werden, da dann die Durchblutung der Hand gefährdet sein kann (Walensi & Elsner, 2016). In einem zweiten Testdurchlauf wird statt der A. ulnaris die A. radialis geöffnet. Zeigt sich hier eine pathologisch verlängerte Reperfusionsdauer, so ist später die

Durchblutung des Lappens unsicher und es sollte ein anderer Lappen verwendet werden.

Für weitere Schritte der präoperativen Vorbereitung sei auf die im Anhang befindliche „Checkliste Tumor-OP“ verwiesen.

3.2. Operatives Verfahren und perioperatives Vorgehen

3.2.1. Tumorresektion

Der operative Eingriff beginnt in der Regel mit einer Tracheotomie zur Sicherung der Atemwege, da es postoperativ zu Schwellungen und Nachblutungen kommen kann. Anschließend werden, je nach Befund, eine Neck-Dissection sowie die entsprechende Tumorresektion durchgeführt. Abhängig vom Ausmaß des durch die Resektion entstandenen Defektes wird ein passendes Transplantat zur plastischen Deckung gehoben. Im hier beschriebenen Kollektiv wurden hauptsächlich Radialislappen, seltener ein ALT-Lappen oder andere Lappen zur Defektdeckung genutzt.

In Abbildung 2 ist ein Beispiel für einen großen Weichteildefekt nach Resektion eines Hypopharynxkarzinoms des linken Sinus prirformis dargestellt, der rekonstruktive Maßnahmen erforderlich macht. Der Luft-/Speiseweg ist großflächig zu den Halsweichteilen eröffnet und die Wiederherstellung eines geschlossenen schlauchförmigen Schluckwegs daher indiziert.

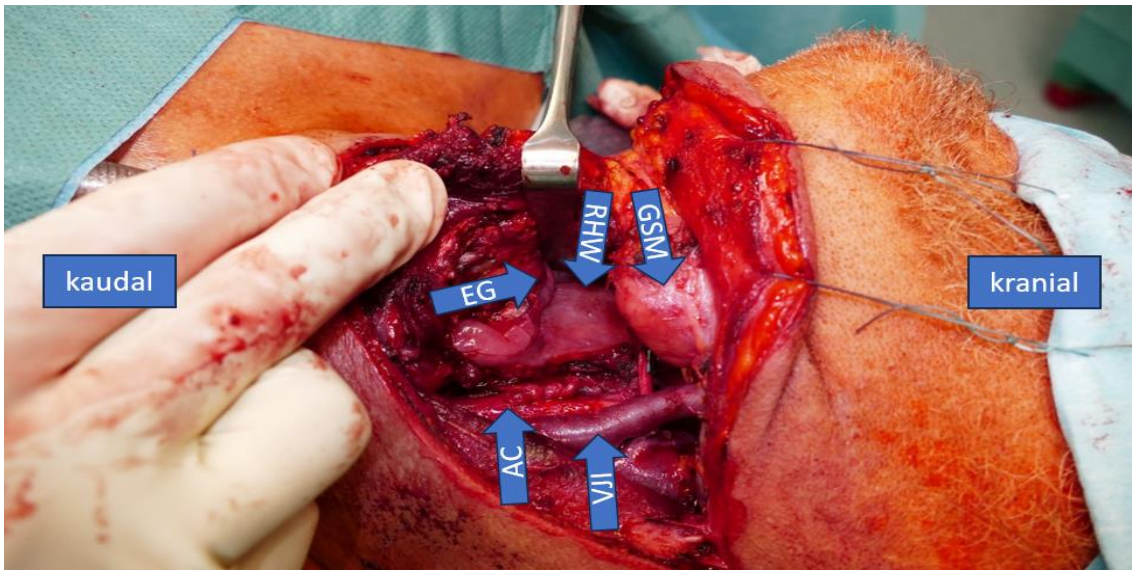

Abb. 2: Blick auf den eröffneten und teilresezierten Luft-Speiseweg; EG = Epiglottis, AC = Arteria carotis, VJI = Vena jugularis interna, GSM = Glandula submandibularis, RHW = Rachenhinterwand (Oro-/Hypopharynx)

3.2.2. Heben des Lappens

Hinsichtlich der Hebetechnik und des Designs gibt es verschiedene Vorgehensweisen und Modifikationen. So kann die fasziokutane Insel, die für die Defektrekonstruktion verwendet wird, in Größe und Form den Bedürfnissen angepasst werden. Außerdem kann der Gefäßstiel mit oder ohne Fett-/Bindegewebsmantel entnommen werden. Die Entnahme mit Fett-/Bindegewebsmantel („beavertail modification“) gewährleistet einen Schutz für die Stielgefäße (z. B. vor Kompression oder Abknicken) und ermöglicht es, bei Bedarf, das Volumen des Lappens zu erhöhen (Hanubal et al., 2023; Seikaly et al., 2009).

Als weitere Modifikation kann im Verlauf des Lappenstiels eine sogenannte Monitorinsel integriert werden. Diese kleine Hautinsel wird, genau wie die fasziokutane Insel des Lappens, von den Stielgefäßen versorgt und ermöglicht so die postoperative Kontrolle der Lappendurchblutung auch dann, wenn der rekonstruierte Defekt schwer oder nicht einsehbar ist. Hierfür kann die Monitorinsel gut sichtbar platziert werden, z. B. in die Hautnaht am Hals. In Abbildung 3 ist ein Beispiel für einen Radialislappen gezeigt, der für die Rekonstruktion im Kopf-Hals-Bereich verwendet wurde.

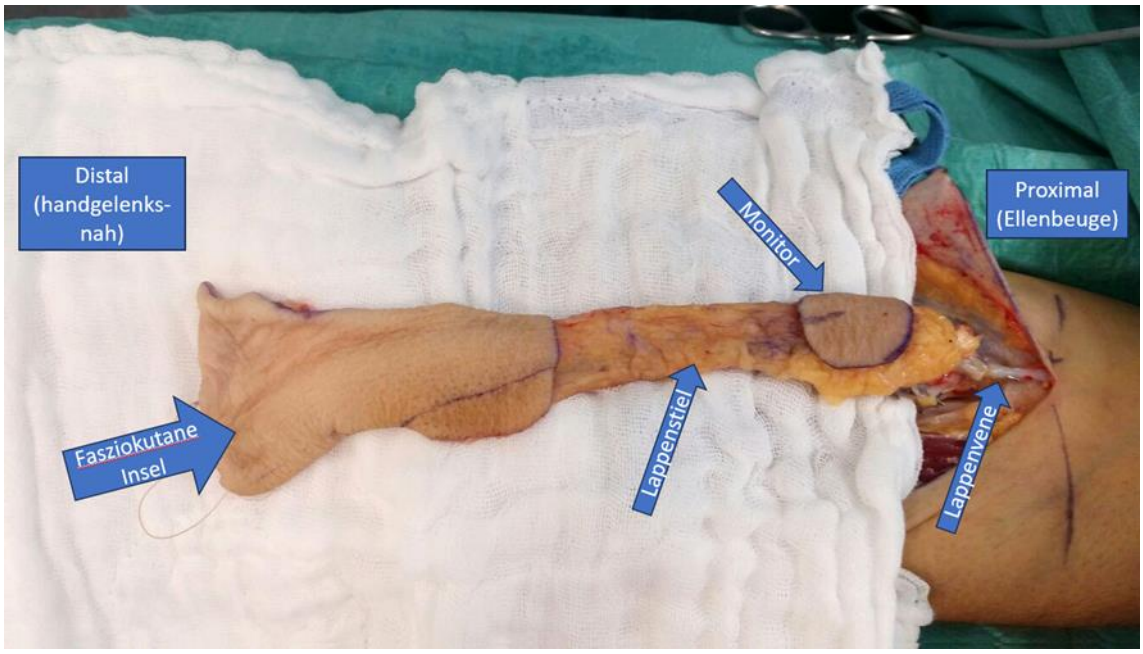

Abb. 3: Radialislappen vom linken Unterarm. Die fasziokutane Insel wird für die Defektrekonstruktion verwendet. Der Lappenstiel weist in der hier gezeigten Technik einen Fettmantel auf („beavertail-modification“). Der Monitor kann bei Defektrekonstruktionen in schwer einsehbaren Regionen in die Halshaut eingenäht und zur Kontrolle der Lappenvitalität verwendet werden.

Nach der Entnahme erfolgt eine Spülung mit Heparinlösung (5000 IE Heparin-Natrium auf 100 ml Ringerlösung in einer 5-ml-Spritze mit einem Venen-Verweilkatheter der Größe 20 G als Aufsatz) über die Lappenarterie bis es zum sichtbaren Austritt der Spülflüssigkeit aus dem venösen Schenkel kommt. Anschließend wird der Lappen zirkulär in den durch die Tumorresektion entstandenen Defekt eingenäht (resorbierbares Nahtmaterial, Vicryl 3.0).

3.2.3. Arterielle Anastomose

Die arterielle Anastomosierung erfolgt unter mikroskopischer Kontrolle und unter Verwendung von Mikroinstrumentarium in Einzelknopfnaht-Technik mit synthetischem, nicht resorbierbarem monofilem Nahtmaterial (Prolene 8.0 oder 9.0, Ethicon). Indem man die Gefäßenden anschrägt, kann man, insbesondere bei Kaliberdifferenzen der miteinander zu verbindenden Gefäße, den Durchmesser des kleineren Gefäßes erhöhen und die Gefäßlumina besser aneinander anpassen (Huang et al., 1995). Die sogenannte „posterior-wall-first“-Technik kann die Durchführung der Anastomose erleichtern (Harris et al., 1981). Zunächst werden dabei die dem Operateur fernen Anteile der Gefäßwände von Spender- und Empfängergefäß miteinander vernäht, da diese später deutlich schlechter zugänglich sind (Bingöl, 2014).

Die Lappenarterie wird dabei an einen Ast der Arteria carotis externa (beispielsweise die Arteria thyroidea superior) oder – seltener – an den Hauptstamm der Arteria carotis externa oder an einen Ast des Truncus thyreocervicalis angeschlossen. Dies erfolgt in der Regel in End-zu-End-Technik. Falls dies nicht möglich war, wurde hier, insbesondere beim Anschluss an die A. carotis externa, eine End-zu-Seit- Anastomose durchgeführt.

3.2.4. Venöse Anastomose

Als Anschlussvene diente meist ein Zufluss der Vena jugularis interna (beispielsweise die Vena facialis), die Vena jugularis interna selbst oder – seltener – die Vena jugularis externa. Auch hier ist ein Anschluss der Vene in End-zu-End- oder in End-zu-Seit-Technik möglich. Die Anastomose kann entweder manuell genäht werden oder, wie im Folgenden beschrieben, mit dem Coupler-Verfahren angefertigt werden.

3.2.5. Coupler-Verfahren

Für die venöse Anastomose wurde in allen Fällen das „Microvascular Anastomotic Coupler System“ der Firma Synovis Micro Companies Alliance, Birmingham, AL, USA verwendet.

Der Blutfluss der präparierten Anschlussvene wird dazu vorübergehend mit einer Gefäßklemme unterbrochen. Als Grundlage für die Anastomose werden zwei Ringe aus Polyethylen genutzt, die mit kleinen Metallspikes versehen sind. Mit einem speziellen Messinstrument bestimmt man die Durchmesser von Lappen- und Anschlussvene. Anhand der Messwerte wird die Größe der Coupler-Ringe ausgewählt. Die Coupler-Ringe werden in Durchmessern von einem bis vier Millimetern angeboten (0,5-mm-Schritte), so dass die Größe an das Lumen der vorhandenen Gefäße angepasst werden kann. Das Ende der Lappenstielvene wird unter mikroskopischer Kontrolle durch einen der beiden Coupler-Ringe gezogen. Die Gefäßwand des Lappengefäßes wird dann um 90° umgestülpt und mit einer speziellen Lochpinzette auf die kleinen Stahlstifte aufgespießt und somit befestigt. Im Falle einer End-zu-End-Anastomose wird dann die Anschlussvene in gleicher Weise am zweiten Ring fixiert.

Die Kunststoffringe sind an einem Handstück befestigt. Mit einem Drehgriff am anderen Ende des Handstücks können die Ringe dann aufeinander zu bewegt und schließlich aufeinandergedrückt werden, wobei sich die Stahlstifte im jeweils gegenüberliegenden Ring verhaken, wodurch die Gefäßenden sicher miteinander verbunden sind. Am Ende des Vorgangs werden die Ringe durch weiteres Drehen des Griffes des Anastomoseinstruments im Uhrzeigersinn ausgeworfen. Die Anwendung des Couplers ist in Abbildung 4, ein Anwendungsbeispiel am Patienten in Abbildung 5 dargestellt.

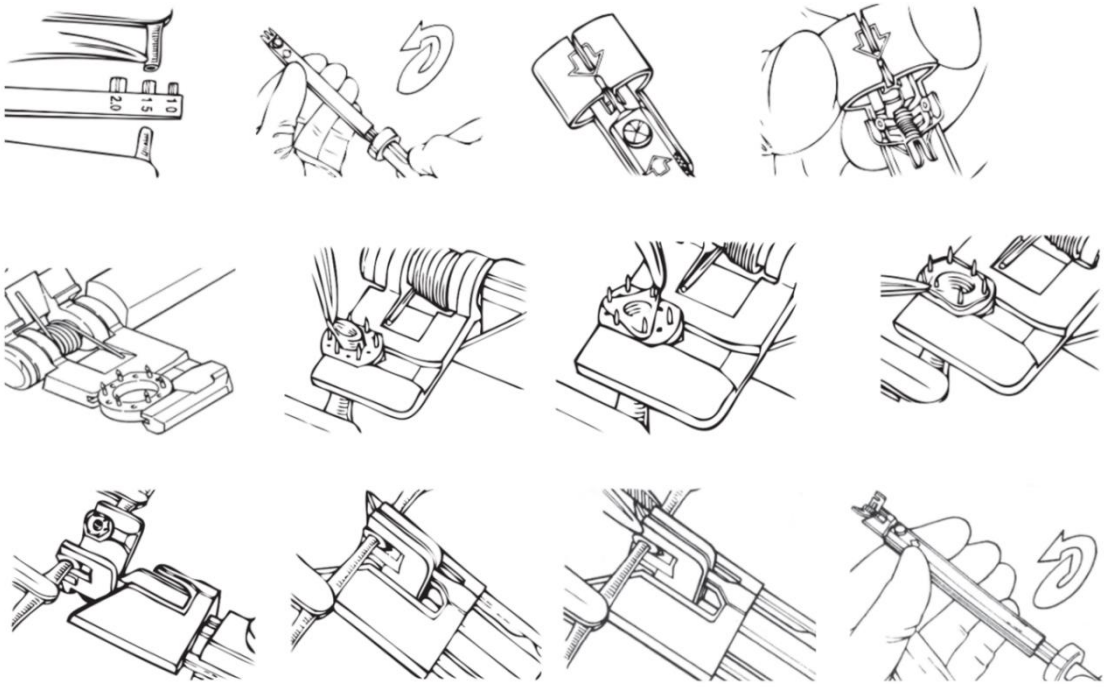

Abb. 4: End-zu-End-Anastomose mit dem Gefäßcoupler

Mit freundlicher Genehmigung der Firma Synovis Micro Companies Alliance, Inc.

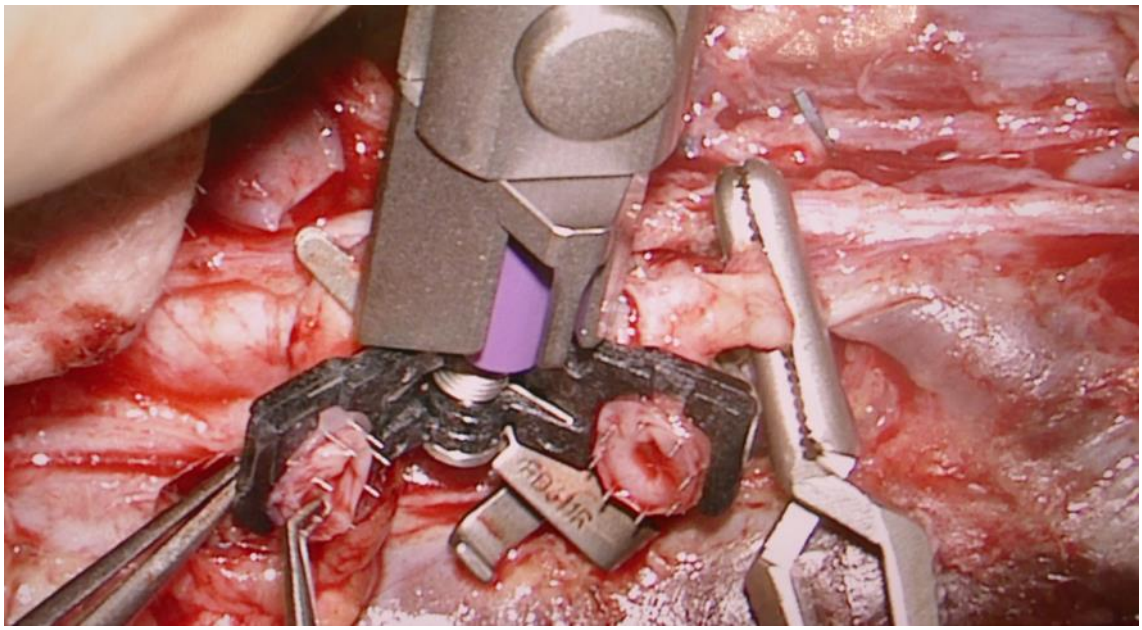

Abb. 5: Intraoperativer Befund einer venösen End-zu-End-Anastomose mit dem Gefäß-Coupler.

3.2.6. End-zu-Seit-Anastomose in Coupler-Technik

Im Fall der End-zu-Seit-Anastomose erfolgt zunächst ebenfalls die Bestimmung des Innendurchmessers der Lappenvene mit dem dafür vorgesehenen Messgerät unter mikroskopischer Kontrolle. Im nächsten Schritt ist eine 360°-Dissektion der Empfängervene über eine möglichst lange Strecke notwendig. Bei Rekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich ist dies meist die V. jugularis interna. Durch eine Satinsky-Klemme wird der Blutfluss am vorgesehenen Empfängergefäß temporär unterbrochen. Direkt vor dem Abklemmen sollten zur Vermeidung von zu viel Spannung auf der Gefäßwand das proximale und distale Ende der Vene mittels Gefäßpinzetten zueinander geführt werden (Vene wird gerafft). Ohne dieses Manöver lässt sich später die eröffnete Venenwand möglicherweise nicht durch den Ring des Couplers ziehen. Anschließend führt man mittels Mikroschere eine seitliche, an die Coupler-Größe adaptierte Venotomie zur Eröffnung des Lumens der Empfängervene durch, um dann die Schnittränder durch den zweiten Coupler-Ring zu ziehen und auf den Spikes zu fixieren. Hierfür ist es in der Regel erforderlich, das Empfängergefäß vor der Venotomie möglichst langstreckig zirkulär freizupräparieren. Zuerst sollte die Lappenvene im Coupler fixiert werden, da sie mehr Spielraum für das weitere Handling des Couplers bietet als die Empfängervene. Danach wird die Gefäßwand der eröffneten Empfängervene einschließlich Intima in der Nähe eines Endes der schrägen Inzision mit einer mikrochirurgischen Pinzette gefasst und durch den zweiten Coupler-Ring gezogen. Dabei wird die Gefäßwand im 180°-Winkel ausgestülpt und das Gefäß zunächst auf den Nadeln in der Nähe des Inzisionsendes aufgespießt (siehe Teilbild (a) in Abbildung 6). Am gegenüberliegenden Ende der Inzision wird in gleicher Weise vorgegangen und die Gefäßwand fixiert (Kisser et al., 2018; Synovis, 2020). Mit dem Drehgriff des Handstücks werden die Ringe dann aufeinander zu bewegt und schließlich aufeinandergedrückt, so dass sich die Stahlstifte im jeweils gegenüberliegenden Ring verhaken. Mit einem Klemmchen werden die Ringe vorsichtig zusammengedrückt und anschließend aus dem Coupler-Device entnommen. Nach dem Öffnen aller Gefäßklemmen müssen der Blutfluss, die Durchgängigkeit und die Dichtigkeit der entstandenen Anastomose mittels Ausstreichversuch überprüft werden (vgl. Walle et al., 2020). Zu beachten ist, dass das Empfängergefäß in Relation zum Lappengefäß ausreichend kaliberstark sein muss, da es durch die End-zu-Seit-

Anastomose ein Stück weit eingeschnürt wird. Dies kann bei zu geringem Gefäßdurchmesser sogar zu einer völligen Unterbrechung des Blutflusses führen.

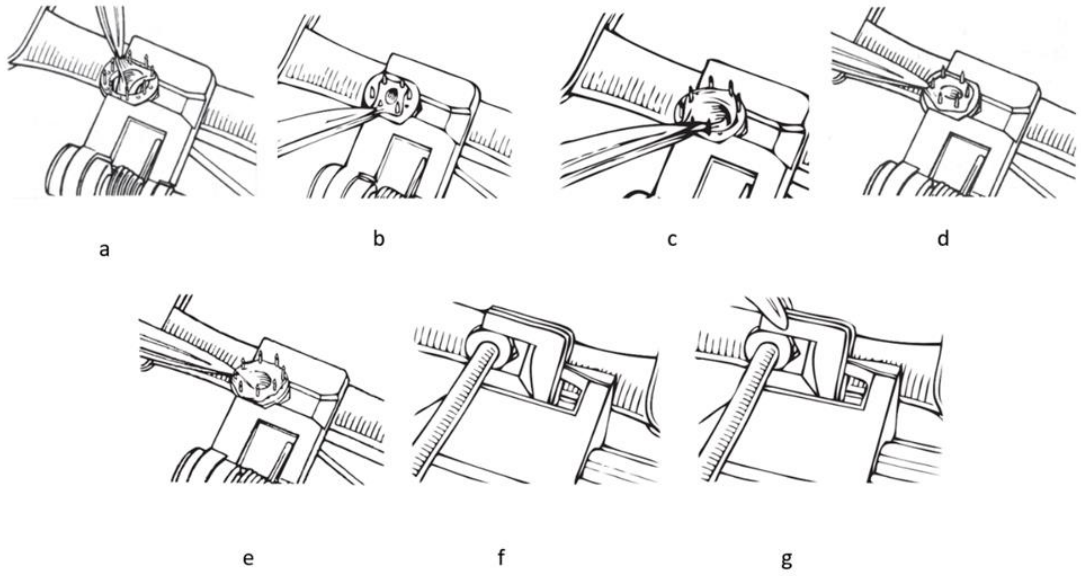

Abb: 6: End-zu-Seit-Anastomose in Coupler-Technik

Mit freundlicher Genehmigung der Firma Synovis Micro Companies Alliance, Inc.

Die Durchführung einer End-zu-Seit-Anastomose ist in den Abbildungen 7-10 in Form von intraoperativen Fotoaufnahmen durch das Operationsmikroskop dargestellt.

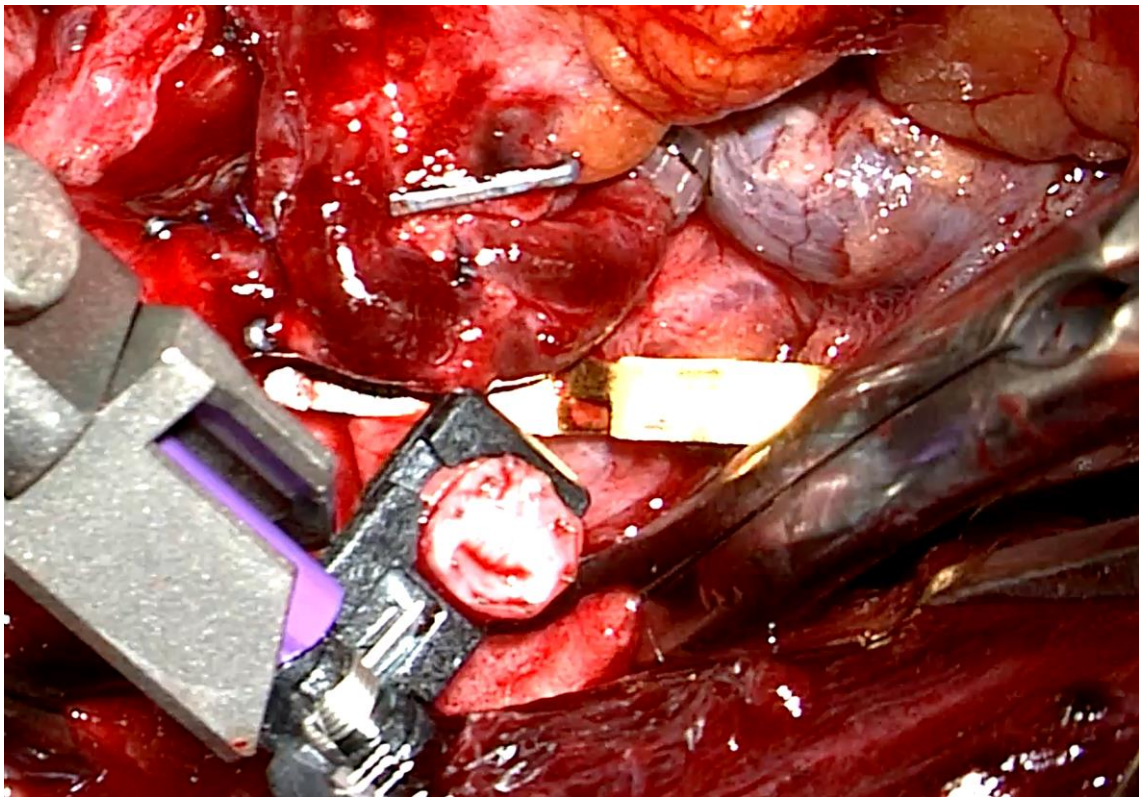

Abb. 7: Zunächst wurde die Lappenvene auf einem der beiden Coupler-Ringe fixiert

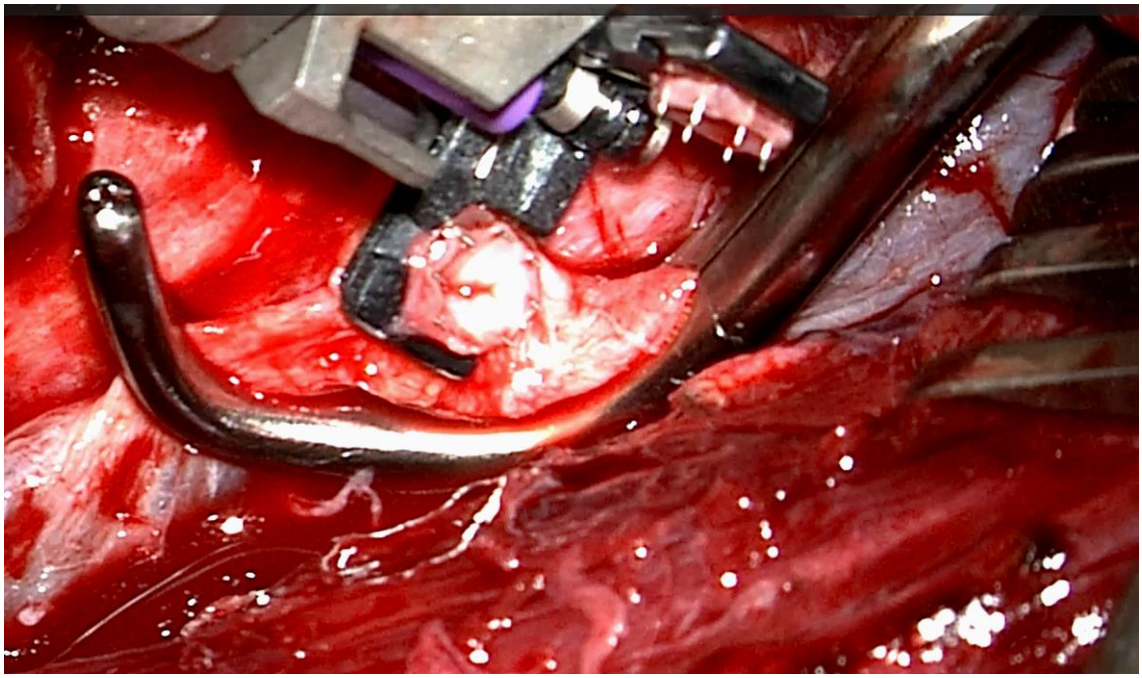

Abb: 8: Anschließend wurden die Schnittränder der eröffneten und mittels Satinsky-Klemme abgeklemmten Empfängervene auf dem zweiten Ring (der untere der beiden im Bild) fixiert.

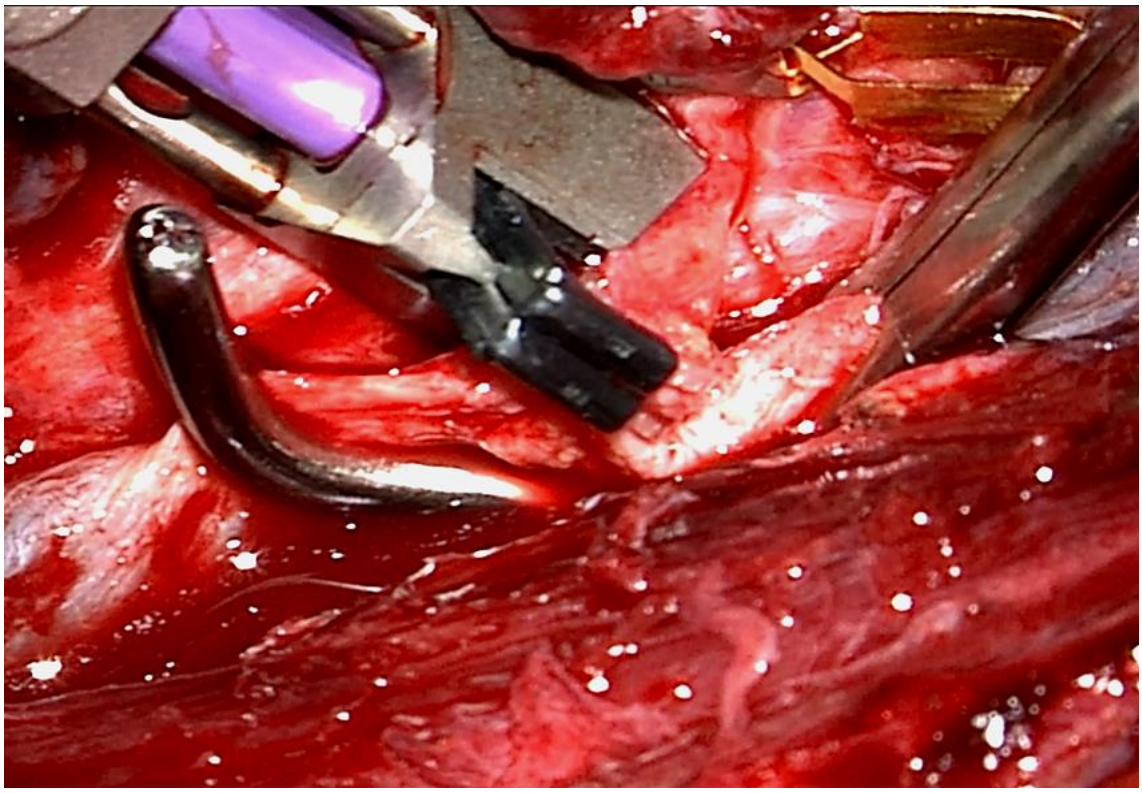

Abb. 9: Entfernen des Anastomoseinstrumentes nachdem dieses geschlossen und die Ringe aneinandergebracht wurden

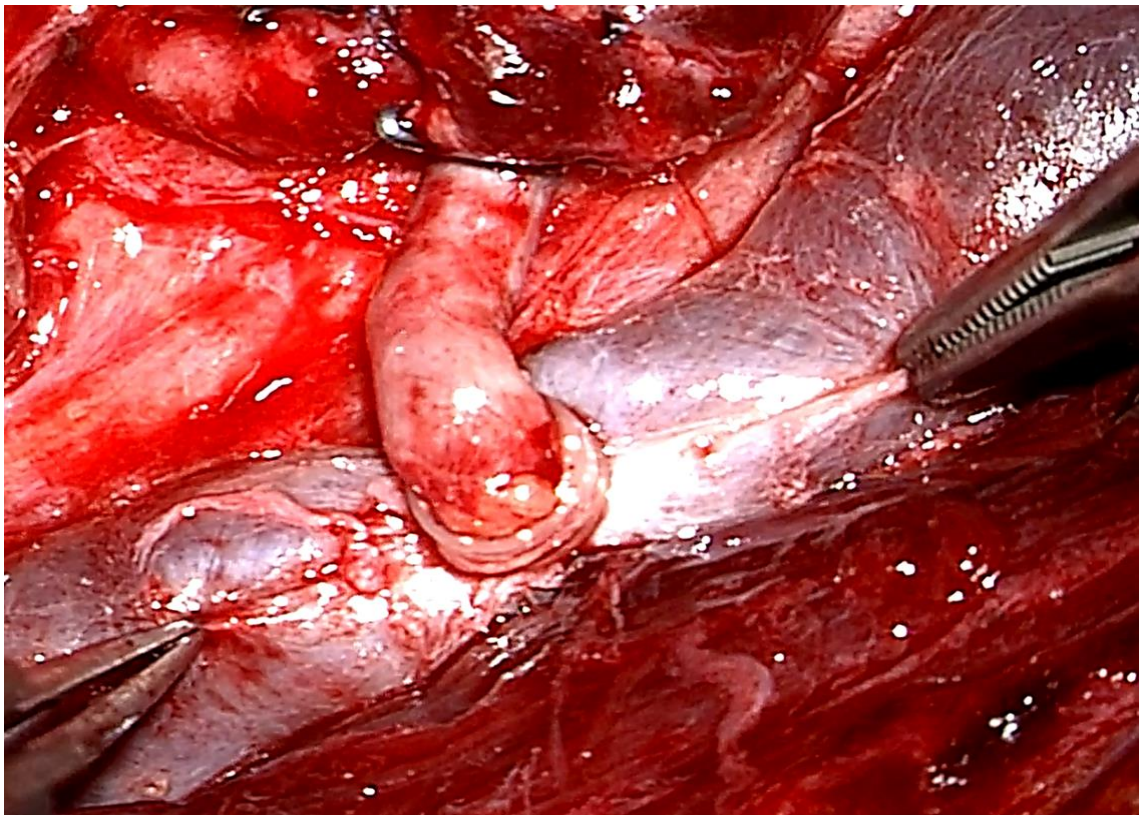

Abb. 10: Fertige End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler zwischen V. cephalica und V. jugularis interna

3.2.7. Postoperatives Vorgehen

Postoperativ wurden die Patienten nach einer standardisierten hausinternen Handlungsanweisung betreut (siehe Anhang VIII). Eine engmaschige Kontrolle des Lappens ist vor allem in der frühen postoperativen Phase von besonderer Bedeutung, da es hier am häufigsten zu vaskulären Komplikationen (z. B. Thrombose der Anastomosegefäße) kommt, welche das Überleben des Lappens gefährden können. Zur Erleichterung der postoperativen Transplantatüberwachung hinsichtlich etwaiger Durchblutungsstörungen wurde, wie oben beschrieben, in der Regel eine kleine zusätzliche Hautinsel im Verlauf des Lappenstiels (sogenannter Monitor) in die Halshaut eingenäht, da die Defekkonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich häufig in schlecht einsehbaren Regionen liegen (z. B. Hypopharynx). Die Monitorinsel wird von denselben Gefäßen versorgt wie der eigentliche fasziokutane Lappen, so dass eine Durchblutungsstörung auch an der Monitorinsel abgelesen werden kann. In den ersten 24 Stunden nach dem Eingriff erfolgte eine Überwachung der Patienten auf einer Intensivstation, wobei klinische Kontrollen des Lappens mindestens alle zwei Stunden durchgeführt wurden. Zu diesem Zweck wurde unter anderem die Monitorinsel mit einer Kanüle angeritzt und die Austrittsgeschwindigkeit, Menge und Farbe des Blutes beurteilt. Darüber hinaus wurde auf eine Hochlagerung des Oberkörpers (30°) sowie eine gerade Lagerung von Kopf und Thorax geachtet. Ein besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass kein Druck durch Verbandsmaterial, Kanülenbändchen oder ähnliches auf den Lappenstiel und die Anschlussgefäße ausgeübt wird. Weiterhin wurden eine orale Nahrungskarenz (Ernährung über eine PEG oder Magensonde) sowie eine prophylaktische Heparinisierung mit einem niedermolekularen Heparin angeordnet. Die Gabe des präoperativ verabreichten Antibiotikums (in der Regel Cefuroxim und Metronidazol) wurde für 48 Stunden nach dem Eingriff fortgeführt, der systolische Zielblutdruck während des Aufenthaltes auf der Intensivstation sollte zwischen 100 und 140 mmHg liegen. Die Patienten blieben bis zum nächsten Morgen sediert. Am ersten oder zweiten postoperativen Tag konnte bei unauffälligem Verlauf die Verlegung auf die Normalstation initiiert und der Zeitraum der Lappenkontrollen auf vierstündlich ausgeweitet werden. Die Diagnose einer Durchblutungsstörung wurde anhand folgender Kriterien gestellt: Verfärbung des Lappens oder der Monitorinsel (bläuliche bis schwärzliche Verfärbung bei venöser Stauung, siehe Abbildung 11, blasses Kolorit bei arterieller Durchblutungs-

störung), Veränderung des Turgors (prall bei venöser Stauung), auffälliges Blutungsmuster beim Anritzen (keine oder sehr verzögerte Blutung bei arterieller Durchblutungsstörung, zu schneller Austritt eines dunklen Blutstropfens bei venöser Stauung).

Abb. 11: Monitorlappen mit bereits deutlich fortgeschrittener venöser Stauung (Beispielfoto, kein Patient aus dem Studienkollektiv)

3.3. Auswertung und Statistik

Alle Patientendaten wurden anonymisiert aus dem elektronischen Krankenhausinformationssystem (ORBIS®) des Universitätsklinikums Halle (Saale) gesammelt und in eine Exceltabelle übertragen. Die Patienten wurden nach Art der venösen Anastomose (End-zu-End vs. End-zu-Seit) in zwei Gruppen aufgeteilt. Erfasst wurden für die deskriptive statistische Auswertung allgemeine patientenbezogene Daten wie das Alter und das Geschlecht, außerdem tumor- und OP-spezifische Informationen wie Diagnose, Art des verwendeten Lappens, Anastomoseform, Donorarterie, Empfängervene und Couplergröße. Primäres Zielkriterium war das Auftreten venöser vaskulärer Komplikationen im Bereich der Anastomose. Weiterhin wurde die Häufigkeit arterieller vaskulärer Komplikationen im Bereich der Anastomose sowie das Lappenüberleben untersucht.

Außerdem wurde bei einem Teil der Patienten die Dauer der Anlage der venösen Coupler-Anastomose zwischen Lappen- und Halsvene gemessen, um feststellen zu

können, ob es hier Unterschiede zwischen End-zu-End- und End-zu-Seit-Anastomosen gibt. Bei der Auswertung wurden jeweils Mittelwert, Median und Standardabweichung ermittelt. Der Student's-T-Test für unabhängige Stichproben wurde verwendet um zu untersuchen, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Anastomosedauer gibt. Die hierfür notwendigen Voraussetzungen wurden im Vorfeld überprüft. In beiden Gruppen handelt es sich bei der zu untersuchenden Variable (Anastomosenedauer) um eine metrische Größe (Sekunden). Zudem sind beide Stichproben unabhängig. Dies bedeutet, dass ein Wert in der einen Stichprobe keinen Einfluss auf einen Wert in der anderen Stichprobe haben darf. Weiterhin wurden die Daten mit Hilfe von Histogrammen und Quantil-Quantil-Plots graphisch auf Normalverteilung überprüft. Zusätzlich wurden der Kolmogorov-Smirnov-Test sowie die Modifikation nach Lilliefors verwendet um die Normalverteilung zu bestätigen. Aufgrund der kleinen Strichprobengröße für die Messung der Anastomosedauer (n = 20 pro Gruppe) wurde ergänzend der Shapiro-Wilks-Test ausgeführt (Untersteiner, 2007).

Zur statistischen Auswertung wurden das Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2021 sowie das Statistik-Programm datatab verwendet. Die Graphiken zur Veranschaulichung der statistischen Inhalte wurden ebenfalls mit datatab erstellt.

3.4. Berechnung einer möglichen Kostenreduktion durch die Verwendung des Couplers

Mit freundlicher Unterstützung der „Stabsstelle Medizinisches Prozessmanagement" wurden die Kosten pro Minute für Operationen im HNO-Saal des Zentral-OPs der Universitätsklinik Halle ermittelt.

Zudem wurde die Differenz aus der mittleren Operationsdauer für die End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler in der hier vorgelegten Arbeit und der mittleren Dauer für eine handgeknüpfte End-zu-Seit-Anastomose (laut Literatur) berechnet.

Anhand dieser beiden Werte konnte dann eine Abschätzung der Kostenreduktion durch die Verwendung des beschriebenen Anastomoseverfahrens mittels Coupler im Vergleich zum Standardverfahren (handgeknüpft) vorgenommen werden. Diese wurde für die einzelne Operation durchgeführt und auf das Jahr hochgerechnet.

4 Ergebnisse

4.1. Patientenkollektiv und operationsspezifische Daten

Es wurden alle Patienten eingeschlossen, die eine freie Lappenplastik zur Deckung eines Gewebedefektes nach Entfernung eines Tumorbefundes im HNO-Bereich hatten. Zwischen Dezember 2016 und Mai 2023 waren das 124 Patienten. Diese wurden nach Art der verwendeten venösen Anastomose in zwei Gruppen eingeteilt.

Bei 76 der 124 Patienten wurde eine venöse End-zu-End Anastomose durchgeführt. 48 Patienten erhielten eine End-zu-Seit-Anastomose.

4.1.1. Patientenalter

Das mittlere Patientenalter betrug 62 Jahre (Median 61 Jahre). In beiden Gruppen zeigte sich eine nahezu identische Altersverteilung. In der End-zu-End-Gruppe waren die Patienten zum Zeitpunkt der Operation im Mittel 62 Jahre alt. Der jüngste Patient war 31 und der älteste 82 Jahre alt. In der End-zu-Seit-Gruppe betrug der Mittelwert ebenfalls 62 Jahre, wobei das Minimum bei 41 und das Maximum bei 84 Jahren lag. Die Standardabweichung war mit 10 Jahren ebenfalls in beiden Gruppen gleich.

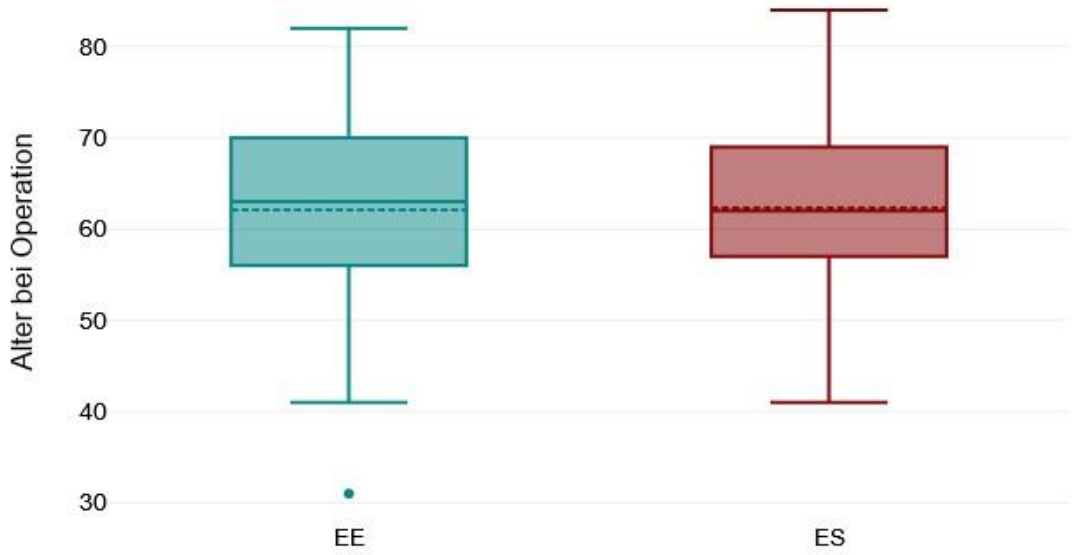

Abb. 12: Altersverteilung nach Art der Anastomose (End-zu-End vs. End-zu-Seit)

4.1.2. Geschlecht

93 von 124 Patienten (75%) waren männlich. Der Anteil der Frauen lag mit 31 von 124 Patienten bei 25%.

4.1.3. ASA-Klasse

Aus dem Anästhesieprotokoll der Tumoroperation wurde die ASA-Klassifikation des Patienten entnommen. ASA steht für American Society of Anaesthesiologists und die ASA-Klassifikation gilt als international anerkannte Einteilung, welche die präoperative Einschätzung des Gesundheitszustandes des Patienten widerspiegelt. Diese wird im Rahmen der Prämedikation durch den zuständigen Anästhesisten vorgenommen. Man unterscheidet sechs Schweregrade von ASA 1 (gesund) bis 6 (hirntod) (Standl, 2011), siehe Tabelle 1.

Tab. 1: ASA-Klassifikation

ASA	**Erklärung**
1	Gesunder Patient
2	Geringfügige Erkrankung ohne Einschränkung
3	Erkrankung mit deutlicher Beeinträchtigung
4	Lebensbedrohliche Erkrankung
5	Moribund. Patient würde ohne Operation wahrscheinlich nicht überleben
6	Patient verstorben. Hirntod festgestellt

Im hier vorliegenden Patientengut wurde in den meisten Fällen die ASA-Klasse 3 (95 Patienten) vergeben. 17 Patienten wurden der Klasse 2 und 12 der Klasse 4 zugeordnet.

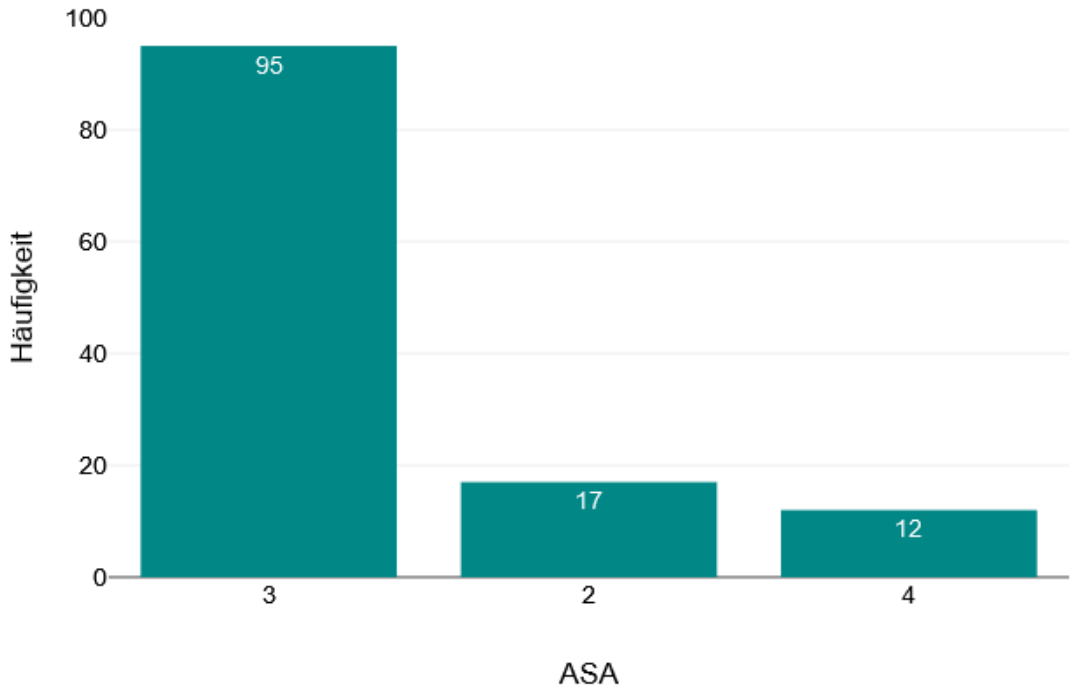

Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der der Patienten nach ASA-Klassifikation

4.1.4. Tumorlokalisation

Die Tumorlokalisationen waren Oropharynx (n = 67), Mundhöhle (n = 27), Hypopharynx (n = 8), Larynx (n = 7), Orbita (n = 6), Nasennebenhöhlen (n = 2) sowie andere (n = 7).

Die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Tumorlokalisationen ist in Abb. 14 dargestellt. Dabei zu beachten ist, dass einige Patienten Tumorbefunde an mehreren Lokalisationen gleichzeitig aufwiesen.

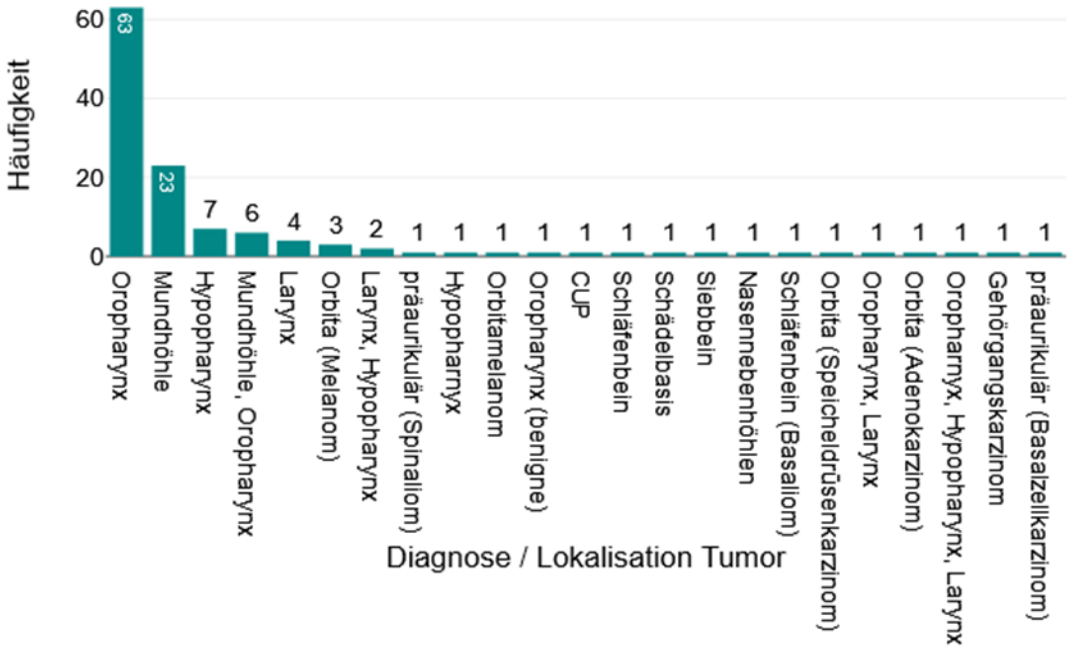

Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Tumorbefunde nach Lokalisation bzw. Diagnose

4.1.5. Lappenarten

Für die Rekonstruktion wurde in 109 Fällen ein Radialislappen, in 9 Fällen ein anterolateraler Oberschenkellappen (ALT), in 3 Fällen ein Latissimus-dorsi-Lappen sowie in 3 Fällen ein Gracilis-Lappen verwendet.

4.1.6. Empfängervene

Die am häufigsten als Anschlussgefäß verwendete Vene war die Vena facialis (50 Fälle), gefolgt von der Vena jugularis interna (n = 33) und deren Zuflüssen (n = 27). Seltener wurde die Vena jugularis externa (n = 7), ihre Zuflüsse oder die Vena retromandibularis (n = 4) genutzt. In einem Fall wurde der Lappen an die Vena thyroidea superior angeschlossen.

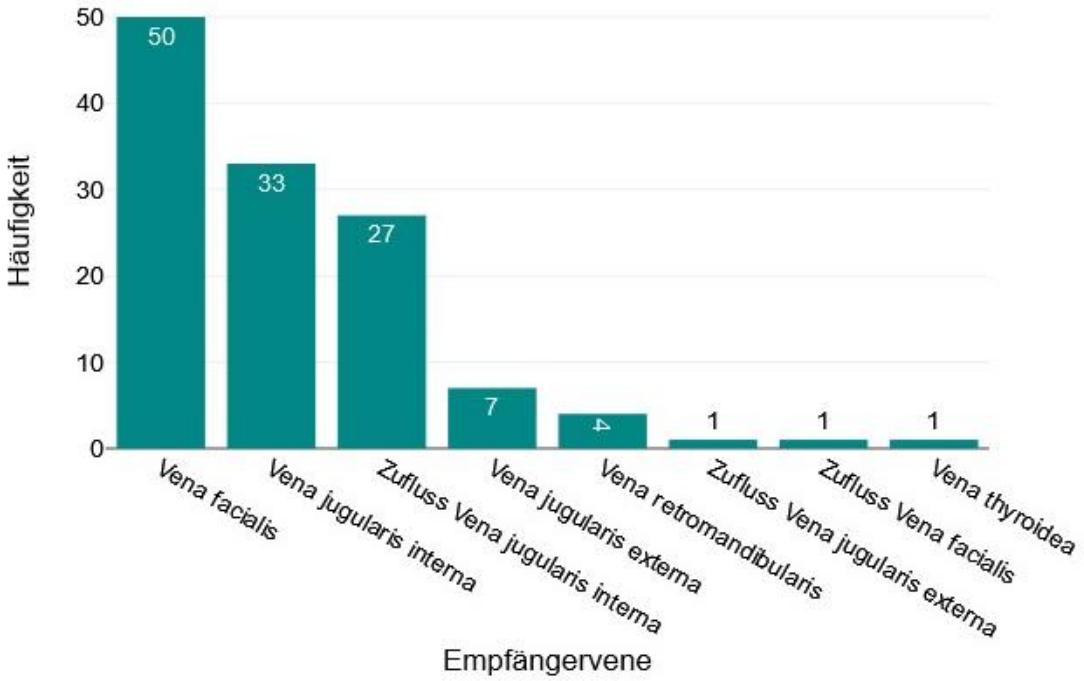

Abb. 15: Verwendete Empfängervenen

4.1.7. Donorarterie

Mit Abstand am häufigsten wurde die Arteria thyroidea superior (n = 86) zum Anschluss des Lappens verwendet. Weiterhin kamen die Arteria carotis externa (n = 12), die Arteria facialis (n = 11), die Arteria lingulais (n = 9) und andere zur Anwendung

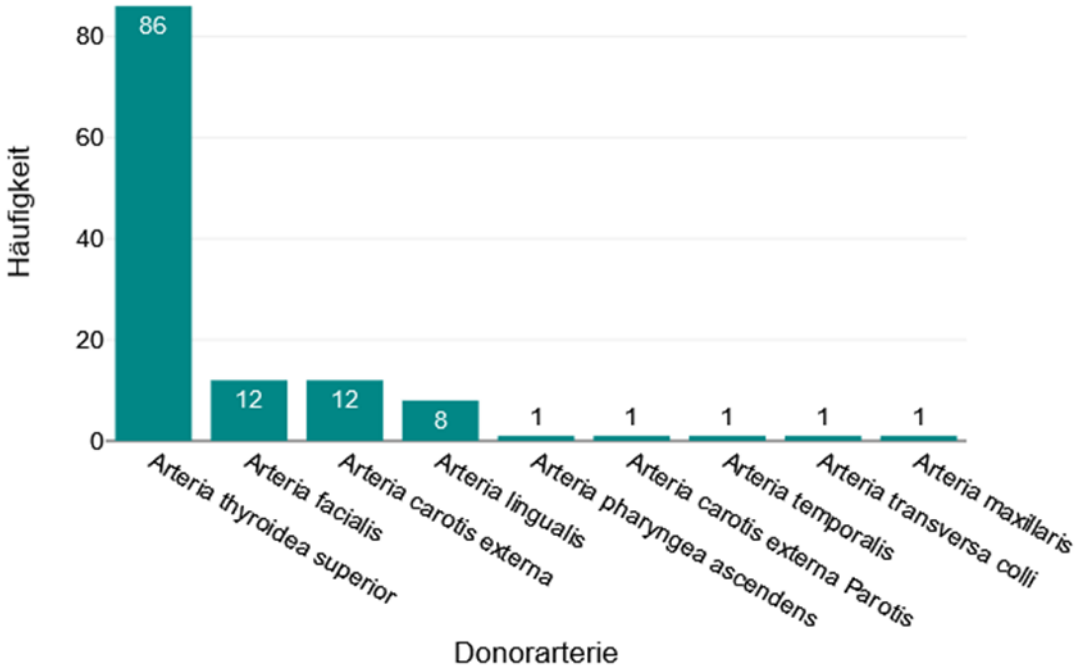

Abb. 16: Verwendete Donorarterien

4.1.8. Größe des Coupler-Ringes

Bei 53 Patienten wurden Ringe der Größe 3,5 mm gewählt. In 32 Fällen verwendete der Operateur für die Anastomose Coupler-Ringe mit einem Durchmesser von 3,0 mm und 26 der neuen Gefäßverbindungen maßen 4,0 mm. Seltener kamen Ringe der Größe 2,5 (n = 10) und 2,0 mm (n = 3) zur Anwendung.

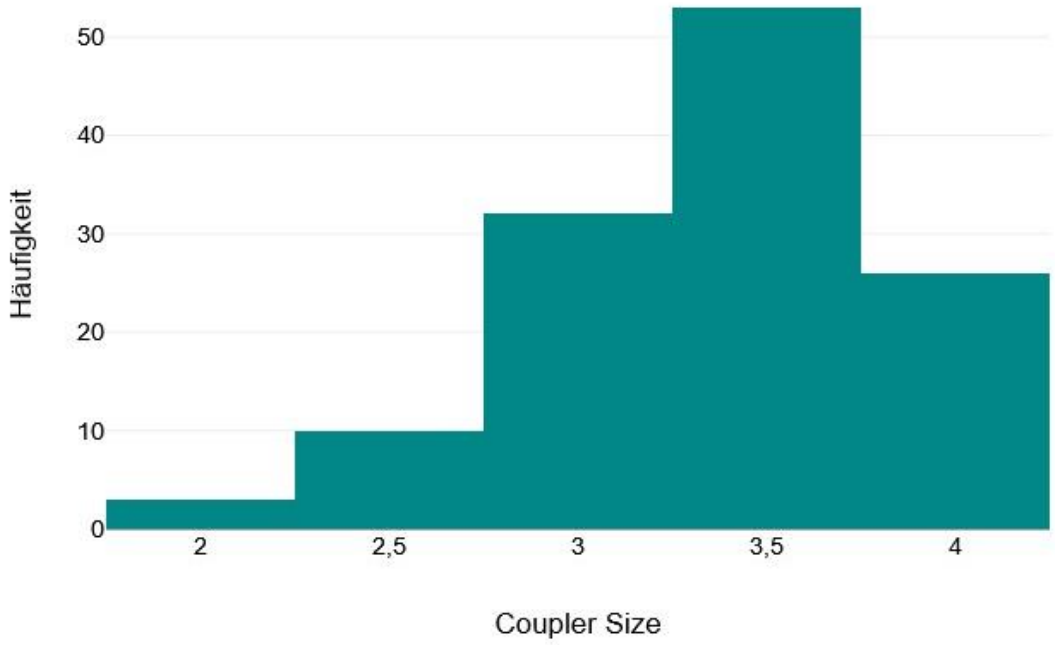

Abb. 17: Verwendete Größen der Coupler-Ringe

4.1.9. Bestrahlung

13% (n = 16) der untersuchten Patienten hatten sich in der Vergangenheit einer lokalen Radiotherapie eines Tumorbefundes bzw. der Lymphabflusswege unterziehen müssen. In diesen Fällen ist von einem Lokalrezidiv oder Zweitkarzinom mit potentiell schwierigeren Ausgangsbedingungen hinsichtlich der Operation auszugehen. Der Großteil des Patientengutes (n = 107) war zum Zeitpunkt der Operation nicht vorbestrahlt worden.

Zur besseren Veranschaulichung ist in Abbildung 18 ein Beispiel für eine Defektrekonstruktion mittels anterolateralem Oberschenkellappen im Kopf-Hals-Bereich nach Resektion eines großen Hautmalignoms dargestellt.

Abb. 18: Präoperativer Befund mit großem Hautmalignom präaurikulär rechts (linkes Bild) und postoperatives Ergebnis nach Tumorresektion und Defektrekonstruktion mittels freien, mikrovaskulär anastomosierten Oberschenkellappens.

4.2. Postoperative Komplikationen

4.2.1. Lappenkomplikationen

Postoperativ traten bei insgesamt sechs Patienten gefäßbedingte Komplikationen auf. Vier Patienten erlitten einen Verlust des Lappens; bei drei von ihnen wurde eine venöse Komplikation und bei einem eine arterielle als Ursache angenommen. In einem Fall war trotz Revisionseingriffs kein Lappenüberleben mehr zu erreichen. Klinisch zeigte sich bei vier Patienten eine venöse Stauung des Lappens, welche vermutlich auf eine Thrombose der Lappenvene zurückzuführen war. Bei zwei Patienten wurde eine arterielle Thrombose des Lappengefäßes beobachtet.

Bezogen auf die verschiedenen Gruppen, traten bei 5,3% (n = 4) der End-zu-End- und bei 2,7% (n = 1) der End-zu-Seit- Anastomosen venöse Komplikationen auf. Ein Verlust des Lappens trat in zwei Fällen (2,7%) nach venöser End-zu-End- und in einem Fall (2,1%) nach venöser End-zu Seit- Anastomose auf. Postoperative arterielle Komplikationen wurden in zwei Fällen (davon ein Lappenverlust) in der End-zu-End-Gruppe beobachtet, während in der End-zu-Seit-Gruppe keine arteriellen Durchblutungsstörungen vorkamen.

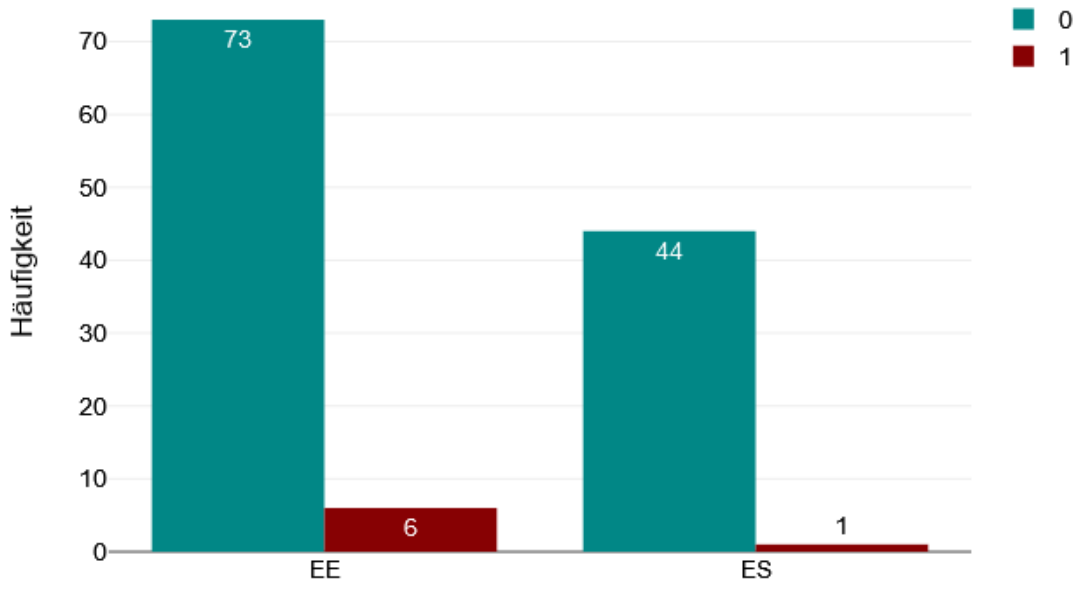

Abb. 19: Gefäßkomplikationen End-zu-End- bzw. End-zu-Seit-Anastomose, EE = End-zu End-Anastomose, ES = End-zu-Seit-Anastomose, 0 = keine Gefäßkomplikation (türkis), 1 = Gefäßkomplikation (weinrot)

Insgesamt lag die Überlebensrate für die freien Lappen somit bei 97%.

Drei der vier Patienten, die einen Lappenverlust erlitten waren vorbestrahlt. In einem Fall hatte sich präoperativ ein auffälliger Allen-Test der Arteria radialis bei unauffälligem Allen-Test der Arteria ulnaris gezeigt. Eine Patientin bot extrem schlechte lokale Venenverhältnisse nach vorangegangener Chemotherapie.

In vier Fällen trat eine postoperative Wundheilungsstörung auf. Bei zwei Patienten kam es zu einer Nachblutung.

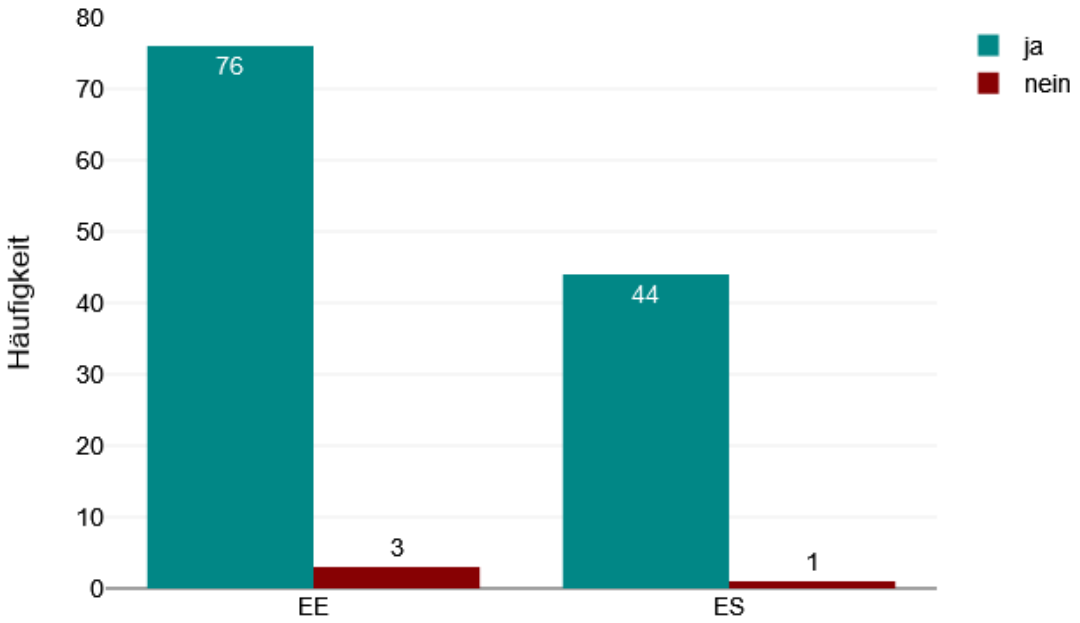

Abb. 20: Lappenüberleben nach End-zu-End- bzw. End-zu-Seit-Anastomose, EE = End-zu-End-Anastomose, ES = End-zu-Seit-Anastomose

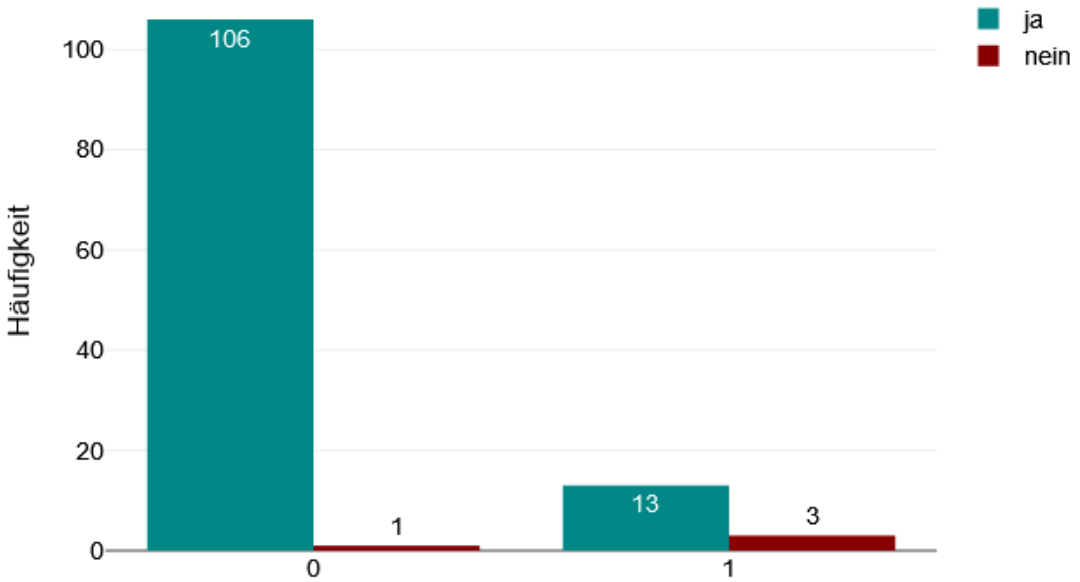

Abb. 21: Lappenüberleben nach vorangegangener Bestrahlung (RTX). Links (0) = keine Bestrahlung, rechts (1) = vorangegangene Bestrahlung, türkis = Lappenüberleben, weinrot = kein Lappenüberleben

4.2.2. Nicht lappenbezogene Komplikationen

Aus der intensivmedizinischen Epikrise sowie aus dem Entlassbericht wurden auch die nicht lappenbezogenen Komplikationen ermittelt.

Die am häufigsten dokumentierte Komplikation, welche maßgeblich zur Verlängerung der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation beitrug, war ein postoperatives Delir (14 Patienten). Sieben Patienten entwickelten im stationären Aufenthalt eine Pneumonie. Bei sechs Patienten wurde ein Pleuraerguss festgestellt. Eine Sepsis verlängerte in vier Fällen den Klinikaufenthalt. In drei Fällen wurde eine alkoholbedingte Entzugssymptomatik beschrieben. Eine tiefe Beinvenenthrombose wurde bei drei Patienten diagnostiziert, eine Lungenarterienembolie in einem Fall. Zwei Patienten erlitten eine Speichelfistel, welche wiederum mit einem Lappen (in der Regel gestielter Pectoralis-major-Lappen) gedeckt werden musste. In einem Fall wurde eine Liquorfistel beschrieben, die eine Revisionsoperation zur Folge hatte. Ein Patient erlitt ein Larynxödem mit Stridor. Weitere beschriebene Komplikationen waren eine inkarzerierte Skrotalhernie mit Gangrän, eine heparininduzierte Thrombozytopenie, ein akuter Schub einer Schizophrenie bei bekannter Schizophrenie sowie Abszesse verschiedener Lokalisationen (PEG-Stelle, Unterkiefer).

4.3. Dauer der venösen Coupler-Anastomose

Die Zeit, die für die Durchführung der venösen Coupler-Anastomose benötigt wurde, wurde in jeweils 20 Fällen in beiden Gruppen gemessen. Durchschnittlich betrug diese in der End-zu-End-Gruppe 4:26 Minuten (256 s, Standardabweichung (SD): 42 s; Median: 250 s). In der End-zu-Seit-Gruppe wurde eine Anastomosendauer von 6:12 Minuten (367 s, SD: 93 s, Median 364 s) ermittelt.

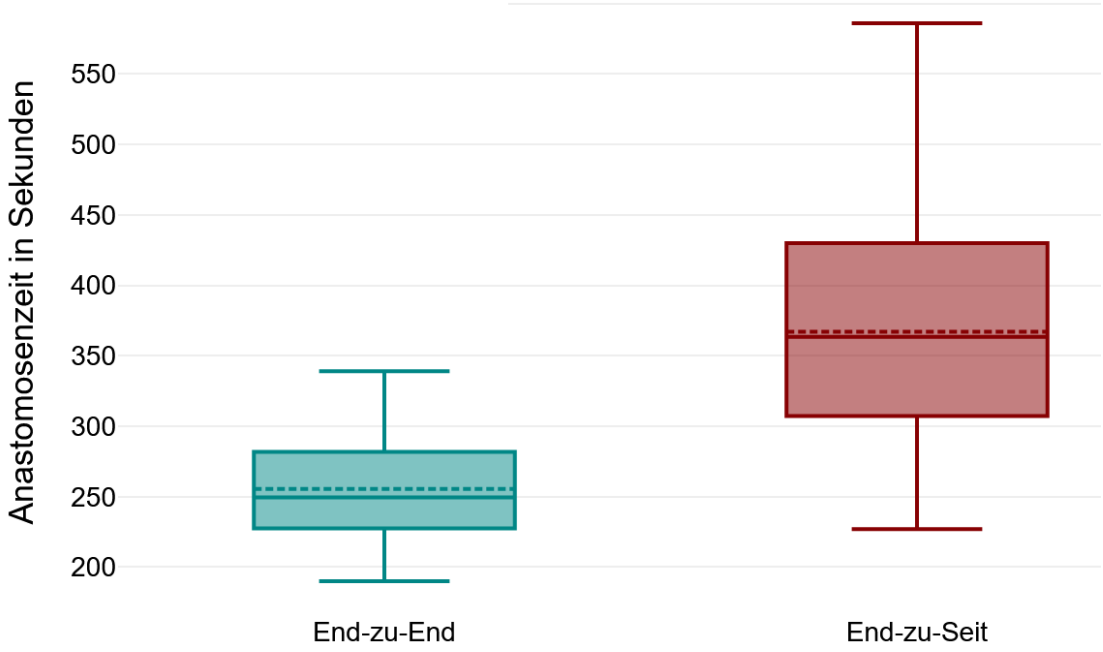

Abb. 222: Boxplot zur Darstellung der Dauer der venösen Anastomosen im Vergleich

Um die Anastomosenzeiten beider Gruppen zu vergleichen, wurde ein Student's T-Test durchgeführt. Zur Überprüfung der Daten auf Normalverteilung wurden, wie oben beschrieben, der Kolmogorov-Smirnov-Test bzw. seine Modifikation nach Lilliefors verwendet.

Erhält man als Ergebnis eine Irrtumswahrscheinlichkeit p kleiner als 0,05, so weicht die gegebene Verteilung signifikant von der Normalverteilung ab. In diesem Fall konnte wegen p = 0,702 bzw. 0,866 angenommen werden, dass die Daten normalverteilt sind (Untersteiner, 2007).

Tab. 2: Tests auf Normalverteilung End-zu-End-Anastomose

Test	Statistiken	P
Kolmogorov-Smirnov	0,15	0,702
Liliefors-Test	0,15	0,278
Shapiro-Wilks	0,95	0,355

Tab. 3: Tests auf Normalverteilung End-zu-Seit-Anastomose

Test	Statistiken	P
Kolmogorov-Smirnov	0,13	0,866
Liliefors-Test	0,13	0,565
Shapiro-Wilks	0,95	0,38

Da auch in der graphischen Analyse in beiden Gruppen alle Werte innerhalb des 95%-Konfidenzintervalls des Q-Q-Plots lagen, wurde von einer Normalverteilung ausgegangen.

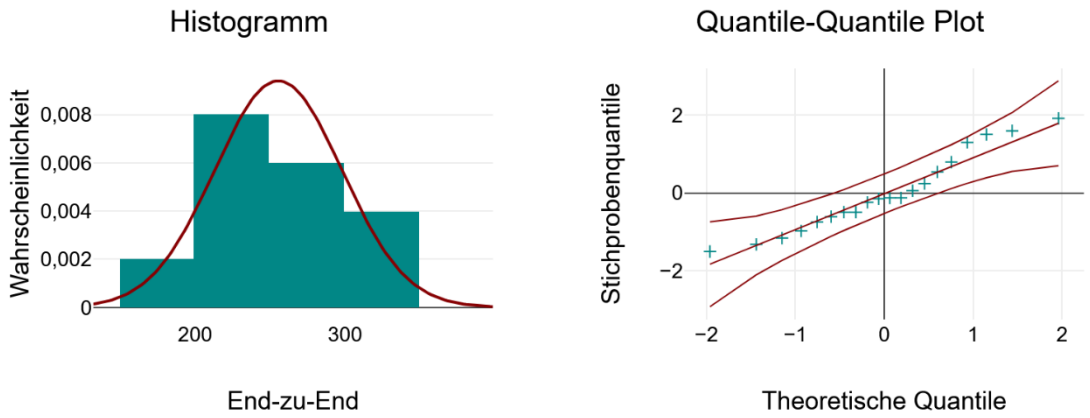

Abb. 23: Histogramm und Quantil-Quantil-Plot zur Überprüfung der Messwerte in der End-zu-End-Gruppe auf Normalverteilung

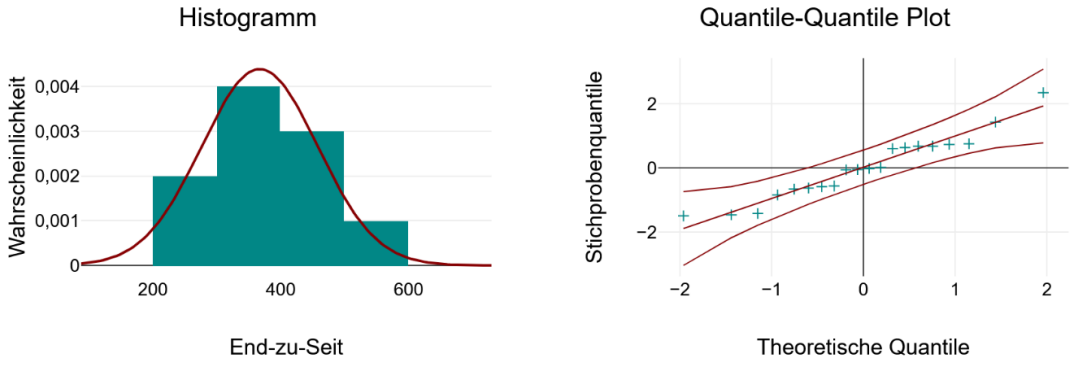

Abb. 24: Histogramm und Quantil-Quantil-Plot zur Überprüfung der Messwerte in der End-zu-Seit-Gruppe auf Normalverteilung

Der zweiseitige T-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigte, dass der Unterschied zwischen End-zu-End-, und End-zu-Seit-Anastomose in Bezug auf die Anastomosedauer statistisch hochsignifikant war ($p = < 0{,}001$). Die Nullhypothese (Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die Anastomosedauer) wurde damit abgelehnt.

4.4. Differenz zur handgeknüpften Anastomose

In der Literatur findet man für den geübten Operateur eine durchschnittliche Dauer für die handgeknüpfte venöse End-zu-Seit-Anastomose von ca. 25 Minuten bis 31 Minuten (Kisser et al., 2023; Umezawa et al., 2022).

Subtrahiert man davon den hier ermittelten Wert für die Coupler-End-zu-Seit-Anastomose (ca. 6 Minuten), dann erhält man eine Differenz von durchschnittlich 19 Minuten. Diese wird als mittlere Zeitersparnis durch Verwendung des Coupler-Systems betrachtet.

4.5. Ermittlung der OP-Kosten

In Deutschland lagen die Kosten für eine OP-Minute im Jahr 2012 durchschnittlich bei 40 bis 50 Euro (Fleischer, 2012).

Für die Berechnung dieser Kosten gibt es verschiedene Ansätze und Berechnungsgrundlagen. Der Einfachheit halber wird hier nur kurz auf die wesentlichen Parameter eingegangen. So unterteilt man die anfallenden Kosten grob in Personal- und Sachkosten. Letztere sind zum Beispiel Kosten für Arzneimittel, medizinischen Sachbedarf, Verwaltung, Fortbildung sowie Instanthaltungs- und Wartungskosten. Grundlage für die Ermittlung der Erlöse ist das DRG-System (German Diagnosis Related Groups, diagnosebezogene Fallgruppen).

Durch komplexe betriebswirtschaftliche Berechnungen kann eine Kennzahl ermittelt werden, welche Aufschluss über den Erlös pro Zeiteinheit geben kann (Waeschle et al., 2016).

Unter Berücksichtigung aller relevanten Parameter wurde mit Unterstützung der Kollegen der Stabsstelle Medizinisches Prozessmanagement für die HNO-Klinik des Universitätsklinikums Halle für das Jahr 2023 eine Bewertungsrelation (auch Kostengewicht oder Relativgewicht genannt) pro OP-Stunde ermittelt. Sie lag bei 0,576. Multipliziert man diesen Wert mit dem Landesbasisfallwert für das Land Sachsen-Anhalt für 2023 (3992,34€), so erhält man einen Wert von 2299,59€ pro Stunde oder 38,33€ pro Minute. Hierbei bezieht sich die Bewertungsrelation auf die Schnitt-Naht-Zeit. Bei einer durchschnittlichen Auslastung von 50% (unter Einrechnung der Wechselzeiten etc.; der Wert wurde ebenfalls für das Jahr 2023 ermittelt) halbieren sich die Werte entsprechend. Es ist also von einem Wert von 19,17€ pro Minute auszugehen. Dies entspricht etwa dem Betrag, der pro freiwerdender OP-Minute zusätzlich verdient werden kann, wenn die Zeit für andere Eingriffe genutzt werden würde.

Vergleicht man diesen Wert mit der Literatur, so stellt man fest, dass dieser 2016 durchschnittlich 16,63€ (pro OP-Minute über alle Kostenarten und DRG) betrug. Dabei schwankten die Erlöse in Abhängigkeit von der betrachteten Fachabteilung von 10,45 bis 24,34€ pro Minute (Waeschele et al., 2016).

4.6. Berechnung der Ersparnis durch Verwendung der Coupler-Technik

Wenn man nun die berechnete Zeitersparnis von 19 Minuten (handgeknüpft versus Coupler) mit dem in Kapitel 4.5 beschriebenen Wert von 19,17€ pro Minute multipliziert, erhält man einen Wert von 364,14€.

Nimmt man an, dass durchschnittlich zwei dieser Operationen pro Woche durchgeführt werden, ließe sich dadurch eine durchschnittliche Ersparnis von ca. 37.870€ im Jahr erzielen. Da man bei den veranschlagten zusätzlichen 19 Minuten für die handgenähte venöse End-zu-Seit-Anastomose von einem geübten Operateur ausgehen muss, kann man bei weniger erfahrenen Operateuren sogar noch eine höhere Differenz beziehungsweise Kostenersparnis erwarten.

4.7. Gesamtdauer der Operation

Insgesamt betrug die mittlere Operationsdauer 600 Minuten (SD 137 Minuten), wobei die kürzeste Operation 266 und die längste 947 Minuten dauerte.

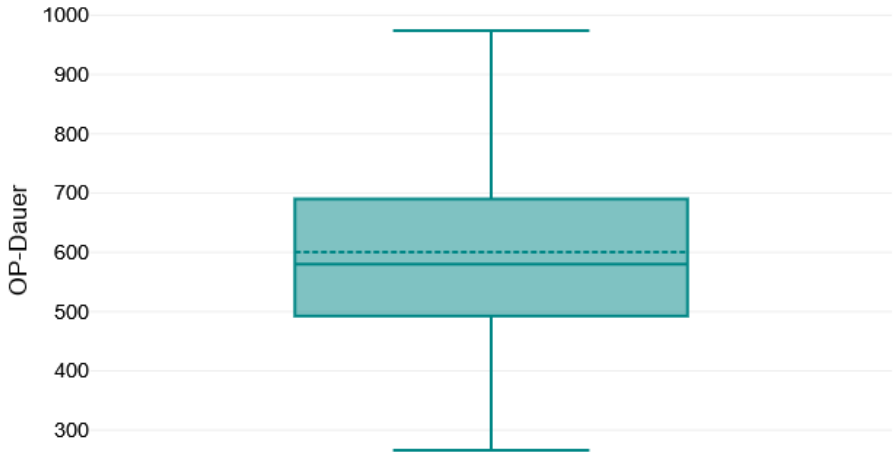

Abb. 25: Operationsdauer insgesamt

Betrachtet man beide Gruppen, so stellt man fest, dass es zwischen ihnen keinen wesentlichen Unterschied gibt. In der End-zu-End-Gruppe wurde eine mittlere Operationsdauer von 607 Minuten (Mittelwert: 606,81, SD = 135,37) und in der End-zu-Seit-Gruppe von 589 Minuten (Mittelwert: 589,02, SD = 139,96) gemessen.

Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben zeigte, dass der Unterschied zwischen End-zu-End-Gruppe und End-zu-Seit-Gruppe in Bezug auf die Gesamt-OP-Dauer statistisch nicht signifikant war (p = 0,491).

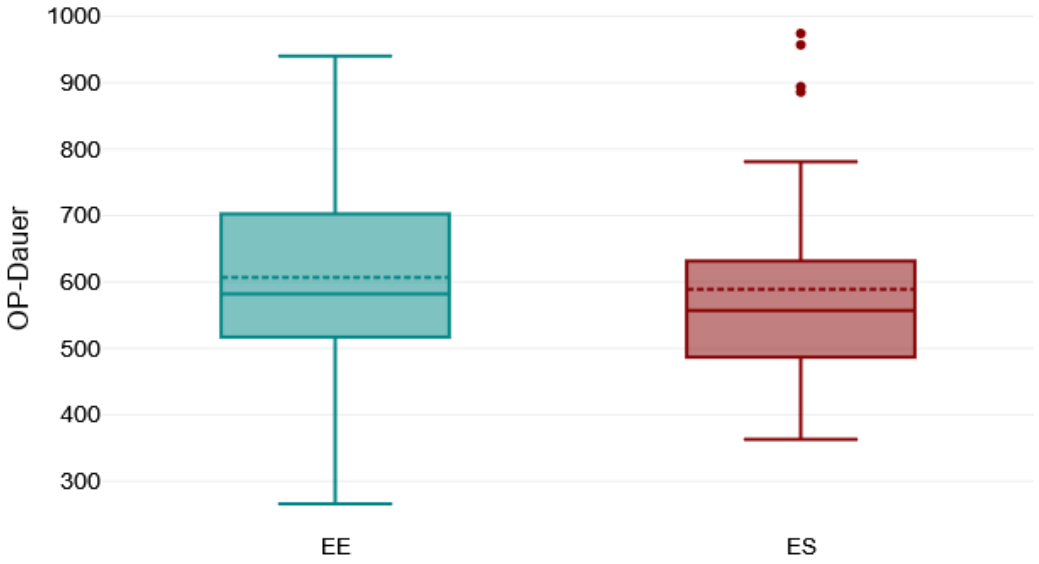

Abb. 26: Gesamtoperationsdauer in den beiden Gruppen (EE = End-zu-End-Gruppe, ES = End-zu-Seit-Gruppe)

4.8. Aufenthaltsdauer im Krankenhaus

Die postoperative Aufenthaltsdauer im Krankenhaus betrug insgesamt durchschnittlich 32,6 Tage. Die geringste Liegedauer betrug 14 Tage, die höchste 112 Tage.

Im Mittel waren die Patienten aus der End-zu-End-Gruppe 34 Tage stationär, während der Aufenthalt in der End-zu-Seit-Gruppe durchschnittlich 31 Tage betrug. Auch hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden.

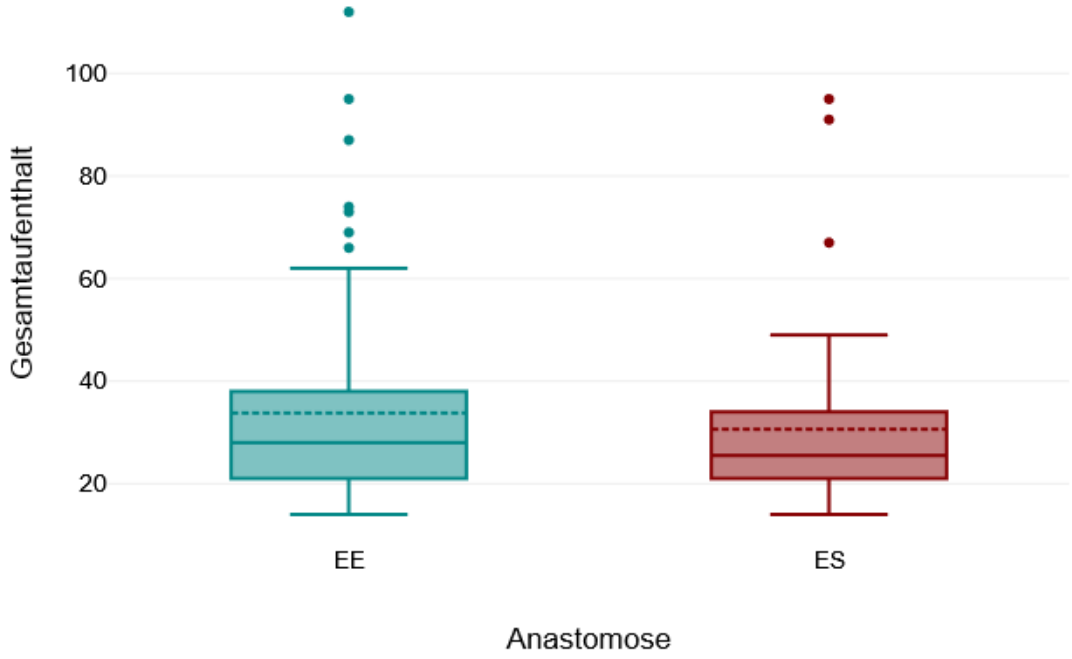

Abb. 27: Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus in den beiden Gruppen (EE = End-zu-End-Gruppe, ES = End-zu-Seit-Gruppe)

4.9. Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation

Postoperativ verbrachten die Patienten durchschnittlich 5 Tage auf der Intensivstation. Die minimale Aufenthaltsdauer betrug 2 Tage (OP-Tag und Tag der Verlegung auf die Normalstation). Die höchste Aufenthaltsdauer betrug 27 Tage.

Die beiden Gruppen unterschieden sich auch diesbezüglich nicht signifikant, wobei es in der End-zu-Seit-Gruppe einige Ausreißer nach oben gab (siehe Abb. 29).

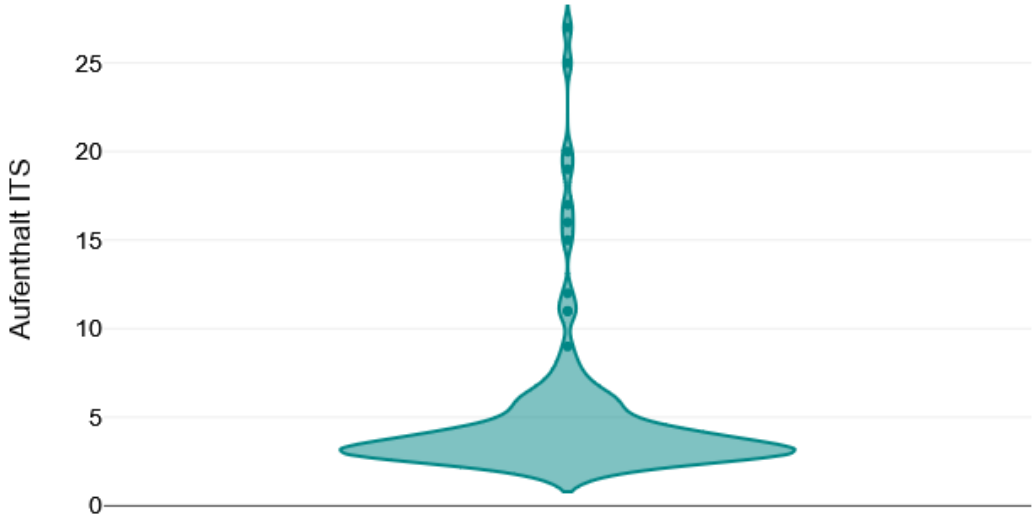

Abb. 28: Aufenthaltsdauer Intensivstation in Tagen

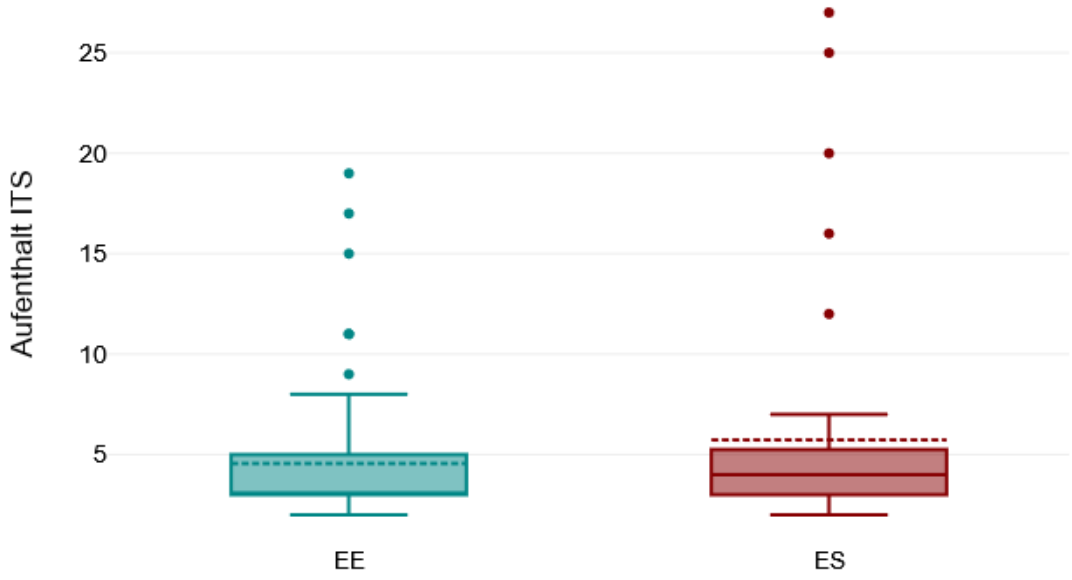

Abb. 29: Aufenthaltsdauer ITS nach Art der Anastomose (in Tagen)

5 Diskussion

Ursächlich für die Notwendigkeit der Durchführung des hier beschriebenen Operationsverfahrens war in allen untersuchten Fällen eine Tumorerkrankung im Kopf-Hals-Bereich und die damit verbundene Indikation zur Rekonstruktion nach der operativen Entfernung.

5.1. Charakteristika der Patienten

Im Allgemeinen weist das untersuchte Patientengut die in der Literatur beschriebenen Charakteristika auf. Am häufigsten zeigten sich, wie oben beschrieben, Malignome des Oropharynx und der Mundhöhle. Risikofaktoren hierfür sind vor allem Nikotin- und Alkoholabusus, unzureichende Mundhygiene, höheres Alter und das männliche Geschlecht (Ehrenfeld et al., 2011). Diese spiegeln sich in der Alters- und Geschlechterverteilung wider. Das durchschnittliche Alter unserer Patienten lag mit 61 bzw. 62 Jahren innerhalb des in der Literatur üblicherweise angegebenen Spektrums (Variationsbreite 50 – 64 Jahre) (De Bree et al., 2004; Lutz et al., 1999). 75 % der untersuchten Patienten waren Männer. Die entsprechenden Literaturangaben variieren stark, wobei in allen Studien der Anteil männlicher Patienten ebenfalls überwiegt (51 % - 94 %) (Evans et al., 1994; Lutz et al., 1999).

Betrachtet man den präoperativen Gesundheitszustand der operierten Patienten, so stellt man fest, dass die meisten (n = 95) der ASA-Klasse 3 (Patient mit schwerer Systemerkrankung) zugeordnet wurden. 17 Patienten wiesen die ASA-Klasse 2 (leichte Systemerkrankung) und 12 sogar die ASA-Klasse 4 (schwerste Systemerkrankung) auf. Diese Klassifikation ermöglicht nicht nur eine Einschätzung des Gesundheitszustands des Patienten. Die ASA-Klassen korrelieren auch mit der perioperativen Letalität. So liegt diese in der Stufe 2 bei 0,47 % (bis 7 Tage postoperativ), wohingegen ein deutlicher Anstieg für die Gruppen 3 (4,37 %) und 4 (23,48 %) zu verzeichnen ist (Standl; 2011). Daher ist vor allem bei Patienten mit höherer ASA-Klasse ein möglichst zeitsparendes und komplikationsarmes operatives Vorgehen wünschenswert. In der hier vorgelegten Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Verwendung des Venen-Couplers zur Anastomosierung von Lappentransplantaten im Vergleich zur handgeknüpften

Anastomose dazu beitragen kann, die Operationsdauer zu verringern, insbesondere bei weniger geübten Operateuren.

5.2. Praktische Vorteile bei der Anwendung des Couplers

Die mikrovaskuläre Gefäßverbindung ist und bleibt einer der anspruchsvollsten Schritte der freien Lappenplastik. In der Literatur findet man Erfolgsraten nach mikrochirurgischen Lappenplastiken von 90-99 % (Hidalgo, 1994; Khera et al., 2022; Pohlenz et al., 2007; Schusterman et al., 1994; Thorwart et al., 2008). Guity et al. konnten nachweisen, dass die Nahttechnik keinen Einfluss auf die Qualität der Anastomose hat (Guity et al., 1990). Übereinstimmend mit Hayhurst und O`Brien kamen sie zum Schluss, dass die operative Fähigkeit des Mikrochirurgen den größten Einfluss auf die Qualität der Anastomose hat (Hayhurst & O´Brien, 1975). Bei der handgeknüpften Anastomose sollte darauf geachtet werden, mit der Nadel alle drei Schichten des Gefäßes zu fassen und zuverlässig die Intima zu durchstechen, da sonst möglicherweise tiefere Wandschichten Kontakt zum Gefäßlumen haben, was das Thromboserisiko steigert (Carrel & Guthrie, 1906; Moritz et al., 2022; Stephenson & Kimpton, 2002). Der Coupler erleichtert hier das Vorgehen, da nicht nur die Handhabung deutlich einfacher ist als bei der handgeknüpften Anastomose, sondern da die Gefäßwände hier zunächst vollständig, das heißt über die gesamte Zirkumferenz, auf die Stahlstifte der Coupler-Ringe aufgespießt werden müssen, bevor die Ringe aufeinander gesteckt werden. Somit hat der Operateur die Intima der Gefäßwand beider Gefäße bis zur Vollendung der Anastomose im Blick und kann sicherstellen, dass ein sauberer Übergang vom Donor- zum Empfängergefäß entsteht. Bei der handgeknüpften Anastomose hingegen wird der Blick auf die Intima beider Gefäße mit jeder einzelnen Naht schlechter, da die Gefäßenden immer näher zusammenrücken. Insbesondere bei den letzten 2-3 Nähten besteht die Gefahr, versehentlich die gegenüberliegende Gefäßwand mit der Nadel anzustechen und dadurch das Gefäßlumen einzuengen oder gar zu verschließen. Durch die Verletzung der Intima kann insbesondere das Risiko für eine Thrombose erhöht werden (Ludwig, 2010). In allen Fällen des oben beschriebenen Kollektivs wurde die Coupler-Technik zur Anastomosierung der venösen Gefäße verwendet. Das Coupler-Verfahren gilt als Standardverfahren in der Mikrochirurgie (insbesondere für die venöse End-zu-End-Anastomose) und wird regelhaft in der

Rekonstruktion nach ablativen Eingriffen im Kopf-Hals-Bereich angewendet. Seit der Erstbeschreibung 1962 durch Nakayama et al. hat sich das Prinzip nicht wesentlich verändert (Nakayama et al., 1962). Unüblicher ist allerdings die Verwendung des Couplers für die End-zu-Seit-Anastomosierung. In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass das Verfahren sich, unter Berücksichtigung bestimmter Voraussetzungen (z.B. ausreichender Gefäßdurchmesser der Empfängervene) und einiger technischer Anpassungen (z.B. vorheriges Raffen der Empfängervene) auch für diese Art der Anastomose eignet und zuverlässige Ergebnisse liefert.

5.3. Vaskuläre Komplikationen bei der Anastomose

Im postoperativen Verlauf können verschiedene Ursachen zum Verlust des Lappens führen. Eine teilweise oder vollständige Lappennekrose kann schwerwiegende postoperative Wundheilungsstörungen, Fistelbildung oder sogar lebensbedrohlichen Komplikationen (z. B. Gefäßarrosionsblutung) nach sich ziehen. Man unterscheidet zwischen vaskulären und anderen Komplikationen. Pathophysiologisch zugrundeliegend ist bei vaskulären Komplikationen die von Rudolf Virchow 1856 beschriebene Trias aus Veränderungen an der Gefäßwand im Sinne einer Endothelschädigung, verringerter Strömungsgeschwindigkeit (Stase) sowie Hyperkoagulabilität. Eine Schädigung der Gefäßwand kann iatrogen sein, z. B. wenn bei der Gefäßanastomosierung die Intima mit der Nadel verletzt wird. Ursächlich für die verringerte Strömungsgeschwindigkeit können der veränderte Gefäßdurchmesser nach Anastomosierung, eine unsaubere Naht, sowie sich anlagerndes thrombogenes oder thrombotisches Material sein. Als Risikofaktor für eine Hyperkoagulabität können beispielsweise eine Exsikkose, etwa durch unzureichende Flüssigkeitssubstitution bei langer OP-Dauer, oder die zugrundeliegende Tumorerkrankung genannt werden (Linnemann 2007). Im Rahmen des operativen Eingriffs kommt es zwangsläufig zu einer Art vaskulärem Trauma, bei der als physiologische Reaktion eine Koagelbildung möglich ist. Diese wiederum führt zu einer Reduktion des Blutflusses und zu einer Verlegung des Gefäßlumens, wodurch ein Circulus vitiosus entstehen kann. Für den Erfolg der Anastomose gilt es, diesen Vorgang zu verhindern (Golling 1999). Macchiarelli et al. benannten mehrere Faktoren, die zur Entstehung vaskulärer Thromben beitragen: Die Veränderung der lokalen Hämodynamik, Desendothelialisation sowie die Veränderung der Endothelzellen. Hinzu

kommt die Exposition von Blut gegenüber thrombogenem Material, etwa aus der Gefäßwand, oder gegenüber Nahtmaterial (Macchiarelli 1991). Als Ursachen für die Entwicklung einer Gefäßstenosierung kommen chirurgische Fehler, ein Überlappen oder eine Fehladaptation der Gefäßenden sowie eine Fältelung des Endothels an den Nahtstellen infrage (Nightingale 1980). Im Heilungsverlauf kann es zu einer Hyperplasie der Tunica intima kommen, was ebenfalls ursächlich für eine Einengung des Gefäßlumens sein kann (Baxter 1972; Chignier 1986; Davies 1994). Durch die dadurch begünstige Thrombenbildung kann es im schlimmsten Fall zu einer vollständigen Thrombosierung und somit zum Verschluss des Gefäßes kommen (Pauli 2000). Die postoperative Gefäßthrombose stellt mit einer in der Literatur angegebenen Rate von 3,5 – 35% die häufigste und schwerwiegendste Komplikation dar (Veravuthipakorn 2004; Khera et el., 2022). Wird im postoperativen Verlauf eine Gefäßthrombosierung festgestellt, so ist die sofortige operative Revision indiziert, um ein Transplantatüberleben zu ermöglichen. Andernfalls kann durch die akute Durchblutungsstörung eine Gewebshypoxie mit konsekutiver Nekrose resultieren.

Besonderer Berücksichtigung bedarf es während und nach der Operation daneben mechanischer Faktoren, die zu einer vaskulären Komplikation führen können: das Abknicken oder eine Torsion des abführenden venösen Gefäßes, venöser Überdruck in der Empfängervene oder Kompression, Zug und Spannung an der Anastomose (Berger 2004). Zudem können Lumeninkongruenzen eine saubere Naht erschweren und einen Einfluss auf das postoperative Outcome haben (Urken 1994; Mailänder 1990). Durch die Verwendung von Couplern können einige dieser Faktoren, vor allem die Lumeninkongruenz, ausgeglichen werden. So vermag das System eine Inkongruenz der Gefäßdurchmesser bis zu einer Differenz von 3 : 1 auszugleichen (Ridha et al., 2014; (Chernichenko et al., 2008; Nakatsuka et al., 2003; DeLaurence et al., 1999; Grewal et al., 2012). Allerdings ist auch hier die Komplikationsrate abhängig von verschiedenen Faktoren, allen voran der Größe des gewählten Anastomoserings. Es sollte zur Vermeidung von Komplikationen immer der größtmögliche Ring-Durchmesser ausgewählt werden (Kisser 2018). Ein weiteres mechanisches Problem kann die Beschaffenheit der Gefäßwände ohne ausreichende Stabilität sein, die mit einer hohen Kollapsneigung der Gefäßwände assoziiert ist. Insbesondere bei kleinen venösen

Gefäßen ist hier die handgeknüpfte Anastomose oft sehr mühsam. Die Verwendung des Couplers erleichtert dann das Handling.

Arterielle Thrombosen treten in der Regel am OP-Tag oder seltener am ersten bis zweiten postoperativen Tag auf, während venöse Verschlüsse auch verzögert vorkommen können. Thrombotische Verschlüsse nach dem dritten postoperativen Tag stellen eine Seltenheit dar und können auch durch eine operative Exploration oft nicht oder nur schwer behoben werden. Insgesamt treten venöse Thrombosen deutlich häufiger auf als arterielle Gefäßverschlüsse (Kroll et al., 1996). Eine typische Ursache für einen Spätverschluss der Gefäßanastomose ist beispielsweise eine Infektion (Urken 1994; Al Qattan 1993).

Da fast 99% der obstruktiven Gefäßverschlüsse innerhalb der ersten 12-24 Stunden nach dem Eingriff auftreten und durch ein schnelles Eingreifen in der Regel gut beherrschbar sind, sollte postoperativ ein engmaschiges Lappenmonitoring durchgeführt werden, um diese Komplikation überhaupt zu erkennen und entsprechende Schritte einleiten zu können. Stündliche Kontrollen werden daher zu Beginn (mindestens in den ersten 24 Stunden) empfohlen, um Gefäßverschlüsse frühzeitig zu diagnostizieren (Kroll et al., 1996). Je früher dies gelingt, desto schneller und effektiver kann eine operative Revision eingeleitet und damit auch die Rate an Lappenverlusten gesenkt werden (Ahmed et al., 2017).

5.4. Eigenschaften und Vorzüge der Coupler-Anastomose

Auf der Basis histologischer Untersuchungen am Tiermodell konnten mehrere Faktoren identifiziert werden, die für die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Coupler-Technik ursächlich zu sein scheinen (Beggren et al., 1987). So ermöglicht die Verwendung des Couplers eine Eversion der Gefäßwände um 90° mit anschließender Fixierung auf Metallstiften mit Widerhaken, so dass beide Gefäßlumina gut eingesehen und stabilisiert werden können. Dadurch wird das Risiko einer Exposition der stark thrombogenen Adventitia gegenüber dem Gefäßlumen deutlich gesenkt. Außerdem besteht nicht das Risiko einer ungleichmäßigen Naht oder einer Stufenbildung im Bereich der Kontaktfläche der zu anastomosierenden Gefäße. Ferner wird durch den Verzicht auf Nahtmaterial dafür gesorgt, dass keine Fäden in den Blutstrom gelangen und es kann nicht zum versehentlichen Annähen der abgewandten Gefäßhinterwand beim Nähen im

Bereich der Gefäßvorderwand kommen. Ein weiterer Vorteil der Coupler-Anastomose besteht darin, dass das Kollabieren des Gefäßes im Bereich der Anastomose durch die starren Ringe des Couplers verhindert wird (Li et al., 2015). Laut Hersteller sind durch diesen „Gerüst-Effekt“ die Anastomosen nach vier Monaten um bis zu 50% belastbarer als handgenähte Anastomosen (Synovis 2020). In experimentellen Untersuchungen konnte außerdem gezeigt werden, dass der Fluss durch eine Coupler-Anastomose im Vergleich zu einer genähten Anastomose mit einem günstigeren Flussgeschwindigkeitsprofil und einer verringerten Wandscherspannung einhergeht, was sich günstig auf das Thromboserisiko auswirken könnte (Wain et al., 2014).

In beiden hier untersuchten Patientengruppen wurde eine, im Vergleich mit der aktuellen Literatur, niedrige lokale Komplikationsrate beobachtet (Chernichenko et al., 2008; Wang et al., 2018; Khera et al., 2022). Obwohl einige Autoren die End-zu-End-Anastomose aufgrund der laminaren Strömung bevorzugen, erhöht die Verwendung von End-zu-Seit-Anastomosen laut Literatur nicht die Inzidenz von Lappenverlusten (Kisser et al., 2018; Chernichenko et al., 2008). In der vorliegenden Arbeit wurde außerdem demonstriert, dass die End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler hinsichtlich der technischen Durchführbarkeit sowie der Erfolgsrate der End-zu-End-Anastomose nicht unterlegen zu sein scheint. Vor allem die erhöhte Flexibilität für den Operateur, auch bei Patienten mit schwierigen anatomischen Verhältnissen, wie beispielsweise nach radikaler Neck Dissection oder Salvage-Operationen mit eingeschränkter Auswahl an vorhandenen Gefäßen, ist hier hervorzuheben. Denn auch bei vortherapierten Patienten ist die V. jugularis interna als Anschlussgefäß in der Regel noch vorhanden, auch wenn ihre Zuflüsse, die für eine End-zu-End-Anastomose geeignet wären, bereits fehlen. Sie hat von allen venösen Gefäßen im Hals den größten Durchmesser und einen kräftigen Blutfluss (hoher Sog durch die Herztätigkeit), so dass sie als bevorzugtes Gefäß für den Lappenanschluss gilt. Sie erlaubt eine Anastomosierung jeder Größe, in beliebiger Anzahl und an beliebiger Stelle in ihrem Verlauf. Im Falle der End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler wird die Größe des Couplerrings durch den Durchmesser der Lappenvene vorgegeben, da diese das kleinere Gefäß ist. Hierbei ist es ratsam, den größtmöglichen Couplerring zu wählen, da dies das Risiko einer Durchblutungsstörung signifikant senkt (Kisser et al., 2018).

5.5. Risikofaktor Strahlentherapie

Ein weiterer Grund für erschwerte perioperative Bedingungen kann eine vorangegangene Bestrahlung sein. Im hier vorliegenden Kollektiv waren 3 der 4 Patienten, die einen Lappenverlust erlitten, vorbestrahlt. Durch die, mit der Radiatio verbundenen Veränderung des Gefäßendothels, kann ein Anstieg der Thromboserate erklärt werden. Experimentelle Untersuchungen aus den 1970er bzw. 80er Jahren zeigen diesbezüglich bereits einen Zusammenhang (Watson, 1979; Guelinckx et al., 1984). Weitere klinische Studien belegen ebenfalls den Zusammenhang zwischen einer stattgehabten Bestrahlung und gefäßbedingten Komplikationen. So publizierten Nuara und Mitarbeiter eine prospektive Serie von 300 Patienten, die einer freien Lappenplastik unterzogen wurden. Einige davon waren vorbestrahlt, einige voroperiert und eine andere Subgruppe hatte keine Vortherapie erhalten. Im Ergebnis zeigten sich in der Bestrahlungsgruppe, verglichen mit den nicht vorbestrahlen Patienten, signifikant höhere lokale Komplikationsraten (Nuara et al., 2009). Mehrere retrospektive Analysen kommen übereinstimmend zu ähnlichen Ergebnissen. Vor allem Lappenthrombosen und Lappenverluste bzw. -nekrosen werden hier als Komplikationen genannt (Klug et al., 2006; Benatar et al., 2013).

5.6. Weitere, nicht lappenbedingte Komplikationen

In der vorliegenden Arbeit wurden auch nicht lappenbedingte Komplikationen betrachtet. Es zeigte sich auch hier keine höhere Komplikationsrate in der End-zu-Seit-Gruppe verglichen mit der End-zu-End-Gruppe. Führend waren im vorliegenden Gesamtkollektiv psychiatrische Auffälligkeiten wie Delir oder Entzugssymptome, welche häufig ursächlich für verlängerte Aufenthalte auf der Intensivstation sowie insgesamt im stationären Setting waren. Diese Häufung von psychiatrischen Störungen ist sicherlich auf das Konsumverhalten der Patienten hinsichtlich der Noxen Alkohol und Nikotin im Alltag zurückzuführen und passt zum typischen Risikoprofil von Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren. Die exakte Differenzierung zwischen den verschiedenen Diagnosen, auch hinsichtlich der Genese, ist im klinischen Kontext aber oft erschwert und wurde daher nicht weiter analysiert. So kann es beispielsweise schwierig sein, ein postoperatives Delir in Folge der langen OP-Dauer von einer Alkoholentzugssymptomatik zu unterscheiden.

Diesbezüglich waren die Akteneinträge auch nicht genau genug, was ein Nachteil der retrospektiven Auswertung ist. Die Gesamtoperationsdauer, die Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation sowie die Dauer des gesamten Klinikaufenthaltes unterschieden sich in beiden Gruppen nicht signifikant.

5.7. Zeitersparnis und finanzielle Aspekte bei der Verwendung des Couplers

Durch die Verwendung des Couplers konnten im Vergleich zur traditionellen handgenähten Anastomose vier- bis fünfmal schnellere OP-Zeiten erreicht werden (Chernichenko et al., 2008; Nakatsuka et al., 2003; Wang et al, 2018; Li et al., 2015). In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob es einen Unterschied zwischen der End-zu-End-Anastomose mittels Coupler und der End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler hinsichtlich der Anastomosedauer gibt, wobei die End-zu-Seit-Anastomose signifikant länger dauerte. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Gefäßwand der V. jugularis interna dicker und schwieriger in der Handhabung ist als bei kleineren Venen wie zum Beispiel der Vena facialis. Allerdings betrug auch die Dauer der End-zu-Seit-Anastomose mit dem Coupler nur etwas über 6 Minuten. Verglichen mit der handgenähten End-zu-Seit-Anastomose mit einer durchschnittlichen Dauer von 25 Minuten ist der Zeitaufwand für die Coupler-Anastomose mit circa 4 Minuten (End-zu-End) beziehungsweise 6 Minuten (End-zu-Seit) somit in beiden Fällen deutlich geringer. Die meisten Autoren beschreiben bei der Verwendung der Coupler-Technik für End-zu-End-Anastomosen einen vergleichbaren Zeitaufwand zwischen 3 und 11 Minuten (Chernichenko et al., 2008; Nakatsuka et al., 2003; DeLaurence et al., 1999; Grewal et al., 2012; Nishimoto et al., 2000; Shindo et al., 1996; Wang et al., 2018; Ardehali et al., 2014; Li et al., 2015).

Die OP-Dauer stellt einen entscheidenden Faktor dar, wenn es um das Risiko für perioperative Komplikationen geht. Eine längere OP-Dauer geht beispielsweise mit niedrigeren Hämoglobinspiegeln und einer höheren Rate an postoperativen Komplikationen wie z. B. Lungenembolien einher (Lymperopoulos et al., 2013; Fitzgerald O`Connor et al., 2016). Zu beachten sind in diesem Zusammenhang auch finanzielle Aspekte, da die Behandlungskosten sowohl mit der reinen Operationsdauer, als auch mit dem Auftreten von Komplikationen deutlich ansteigen können. Durch die Verwendung des Coupler-Systems kann die Operationsdauer reduziert werden, was sich positiv auf

das Komplikationsrisiko und die Behandlungskosten auswirken kann. Eine interessante Auswertung diesbezüglich veröffentlichen Head et al. aus Kanada. Untersucht wurde, inwiefern die Anwendung des Coupler-Systems im Vergleich zur handgeknüpften Anastomose einen finanziellen Vorteil bringen kann. So wurde eine Kostenanalyse mit Aufstellung der notwendigen Materialien und weiteren Ausgaben durchgeführt, um die Kosten für einen mikrochirugischen OP-Saal zu ermitteln. Die OP-Kosten pro Minute beliefen sich auf 30,82 US-Dollar. Durch die Verwendung des Coupler-Systems erhöhten sich zwar die Materialkosten im Vergleich zum Nahtmaterial um rund 284 USD, allerdings konnte durch die Verringerung der OP-Dauer aufgrund der verkürzten Anastomosendauer im Coupler-Kollektiv um knapp 17 Minuten eine Reduktion der OP-Kosten um knapp 520 USD erreicht werden. Zusammenfassend stellten die Autoren fest, dass sich für jede Coupler-gestützte Anastomose Gesamteinsparungen von rund 235 USD erreichen ließen, wodurch sich die Investitionskosten des Geräts nach 13 Anwendungen amortisierten (Head et al., 2018).

Auch in der vorliegenden Arbeit konnte eine Verringerung der Operationskosten um durchschnittlich rund 364€ pro Eingriff gezeigt werden. Allerdings müssen hier noch die einmaligen Anschaffungskosten für das Coupler-System und die wiederkehrenden Kosten für die Couplerringe (ca. 235€) abgezogen werden. Der errechnete Betrag sowie die zugrundeliegende Bewertungsrelation sind abhängig von zahlreichen Faktoren. So kann die Zeitersparnis eines weniger erfahrenen Operateurs, welcher für die handgeknüpfte Anastomose deutlich länger bräuchte als ein erfahrener Operateur, noch deutlich höher ausfallen, wodurch auch die Kostenreduktion durch die Verwendung des einfacheren Coupler-Verfahrens höher wäre. Der Effekt würde noch dadurch verstärkt, dass die Coupler-Technik deutlich schneller zu erlernen ist und deshalb von unerfahreneren Operateuren frühzeitiger zügiger durchgeführt werden kann. Wird die Operation an einem Zentrum häufig durchgeführt, so kann außerdem der Einkaufspreis für die Coupler-Ringe minimiert werden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung der Bewertungsrelation von einer durchschnittlichen OP-Auslastung von 50%, entsprechend der tatsächlichen Gegebenheiten im Zentral-OP des Universitäts-klinikums Halls für das Fach HNO, ausgegangen wurde. Durch Steigerung dieser Kennzahl wären noch größere Gewinne denkbar. Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung des Couplers im Vergleich zur handgenähten Anastomose ist die deutlich einfachere

technische Durchführung, was mit einer schnelleren Lernkurve des Operateurs assoziiert ist und somit in einem früheren Ausbildungsstadium Zeitersparnisse ermöglicht (Mokhtari et al., 2019; Pafitanis et al., 2019; Zdolsek et al., 2005, Ferguson et al., 2009; Drzezo 2019; Synovis 2020,).

5.8. Nachteile des Couplers

Die Nachteile der Verwendung eines Couplers scheinen von untergeordneter Bedeutung zu sein, sollen aber nicht unerwähnt bleiben. Zunächst sind technische Aspekte zu nennen. Auch wenn die Durchführung der Anastomosierung mittels Coupler vergleichsweise einfach ist, so können dem Operateur auch dabei technische Fehler unterlaufen. Beispielsweise kann es – insbesondere bei Venen mit schlaffer und dünner Wand – zu einer unbemerkten Torquierung des Gefäßes beim Aufstecken auf den Coupler-Ring kommen. Die resultierende spiralförmige Verdrehung des Gefäßes wird erst bemerkt, wenn der Vorgang der Kopplung mit dem gegenüberliegenden Ring bereits abgeschlossen ist und führt zu einem verminderten Blutfluss, was wiederum das Risiko eines thrombotischen Verschlusses deutlich erhöht. Außerdem kann es zu einem Trauma der Intima im Rahmen der Eversion oder bei mehrfachen Versuchen, die Gefäßwand auf die Coupler-Pins aufzuspießen, kommen. Letzteres dürfte vor allem bei unsachgemäßer Anwendung eine Rolle spielen (Yap et al., 2006). Ferner kann die regelmäßige Verwendung des Couplers dazu führen, dass der Operateur die Routine bei der handgenähten Anastomose verliert oder nie erlangt. Dies kann dann von Nachteil sein, wenn die Durchführung der Coupler-Anastomose in einem speziellen Ausnahmefall nicht möglich ist. Beispielhaft kann hier das Vorliegen einer sehr starren Gefäßwand der Vena jugularis interna nach Radiochemotherapie und Voroperationen angeführt werden, was eine End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler unmöglich machen kann, da das Gefäß sich dann nicht ausreichend raffen lässt und weil die Gefäßwand bei der End-zu-Seit-Anastomose 180° statt 90° (bei der End-zu-End-Anastomose) umgestülpt werden muss. In diesem ohnehin schon schwierigen Szenario müsste der Operateur dann doch wieder auf die handgenähte Anastomose zurückgreifen.

Als weiterer Nachteil des Couplers könnten auf den ersten Blick die deutlich höheren Kosten im Vergleich zu herkömmlichem Nahtmaterial erscheinen. So fallen neben den einmaligen Anschaffungskosten für das Coupler-Device bei jeder Anastomose Kosten in

Höhe von etwa 235€ für die Coupler-Ringe an. Im Vergleich dazu kostet ein Prolenefaden der Stärke 8/0 circa 7,50€. Andererseits sollten die durch die Verringerung der Operationsdauer geringeren Kosten (OP-Saal, Personalkosten etc.) beachtet werden (siehe oben, Head et al., 2018).

5.9. Qualitative Aspekte und Limitationen der Arbeit sowie Einordnung in die Literatur

Alle Defektrekonstruktionen mittels Lappenplastik in der hier vorgelegten Arbeit wurden vom selben Operateur durchgeführt und vom selben Team nachbetreut, wodurch eine gute Vergleichbarkeit der beiden hier untersuchten Gruppen gegeben ist.

Als Limitationen der Arbeit können ihr retrospektiver und monozentrischer Charakter angeführt werden. Aufgrund der insgesamt sehr geringen Komplikationsrate in der vorliegenden Kohorte kann mit der gegebenen Größe der Studienpopulation aus statistischer Sicht keine eindeutige Aussage bezüglich einer Nicht-Unterlegenheit der End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler im Vergleich zur End-zu-End-Anastomose mittels Coupler getroffen werden. Auch in der Literatur findet man zu vergleichbaren Fragestellungen fast ausschließlich ein retrospektives Studiendesign. Da auch bei anderen Autoren die Rate an Thrombosen und Lappenverlusten relativ gering war, wäre eine prospektive Nichtunterlegenheitsstudie aufgrund sehr hoher benötigter Fallzahlen nur schwer durchführbar (Grewal et al., 2012, Wang et al., 2018; Walle et al., 2020).

Durch die insgesamt seltenere Anwendung der End-zu Seit-Anastomose, sowohl in der hier vorgestellten Arbeit als auch in der Literatur, liegt hier zudem ein Ungleichgewicht zugunsten der End-zu-End-Gruppe vor, was die Aussagekraft des Vergleichs etwas einschränkt. Allerdings trat in der End-zu-Seit-Gruppe lediglich ein Lappenverlust auf, was darauf hindeutet, dass das Verfahren als sichere Ausweichmöglichkeit im Falle einer schwierigen Anatomie oder anderer besonderer Umstände in Frage kommt.

Bisher wurde das Coupler-System vor allem für venöse End-zu-End-Anastomosen verwendet (Nishimoto et al., 2000; Shindo et al., 1996). Nur einige Autoren beschrieben bisher die Verwendung bei End-zu-Seit-Anastomosen (beispielsweise Delacure et al., 1999; Chernichenko et al., 2008; Wang et al., 2018). Meist ging es hier um den Vergleich der Coupler-Technik mit der herkömmlichen Nahttechnik, nicht aber um den Vergleich

von End-zu-End- mit End-zu-Seit-Anastomosen. Die meisten Veröffentlichungen hierzu kommen aus dem asiatischen oder US-amerikanischen Raum.

Bereits aus dem Jahr 1999 stammt eine Veröffentlichung von DeLacure et al. aus New York, in der die Anwendung des Coupler-Systems für die End-zu-Seit-Anastomose erstmals an einem größeren Kollektiv beschrieben wurde. 37 solcher Anastomosen wurden begonnen und 33 davon fertiggestellt. Intraoperativ musste in 4 Fällen zur konventionellen Nahttechnik konvertiert werden. Das Lappenüberleben wurde hier mit 100% angegeben und somit von den Autoren die Schlussfolgerung gezogen, dass das Verfahren in bestimmten Situationen und in geübter Hand eine gute Alternative zur End-zu-End-Anastomose darstellen kann, sofern diese nicht möglich ist (Delacure et al., 1999).

Chernichenko und Mitarbeiter aus der Universität Yale, USA, stellten 2009 ihre operativen Ergebnisse von 173 End-zu-Seit-Anastomosen mit der Coupler-Technik vor. Insgesamt kam es in drei Fällen zu einer vaskulären Komplikation, von denen zwei durch eine Revision erfolgreich behandelt werden konnten. Mit einem Lappenverlust und einer daraus resultierenden Lappenüberlebensrate von 99% wurde das Verfahren als zuverlässig eingeschätzt (Chernichenko et al., 2009).

Umezawa et al. untersuchten die Effektivität der venösen End-zu-Seit-Anastomose unter Verwendung eines Couplers im Vergleich zur handgeknüpften End-zu-Seit-Anastomose. Die Ergebnisse zeigten eine hohe Erfolgsrate und einen deutlichen zeitlichen Vorteil bei der Verwendung eines Couplers (Umezawa et al., 2022). Durch die japanischen Autoren wurden 191 Patienten operiert, von denen 44 handgeknüpfte und 147 Coupler-Anastomosen erhielten. Mit durchschnittlichen OP-Zeiten von 31 Minuten in der Nahtgruppe und 11 Minuten im Coupler-Kollektiv konnte der zeitliche Vorteil deutlich herausgestellt werden. Venöse Komplikationen traten hier in 4,5% der Fälle nach Naht und in 2,7% nach Coupler auf. Als Ursachen hierfür wurde eine Verdrehung der Venen und eine suboptimale Positionierung der Coupler-Ringe in den vorliegenden vier Fällen genannt. Zusammenfassend kamen sie zum Ergebnis, dass die End-zu-End-Anastomose in Coupler-Technik sowohl eine Vereinfachung darstellt, als auch einen

zeitlichen Gewinn erzielen kann und somit die Qualität der Rekonstruktion zu steigern vermag (Umezawa et al., 2022).

In einer weiteren Publikation von Wang und Kollegen aus China beschreiben diese die Korrelation des Durchmessers der Lappenvene und der Wahl der Anastomose-Technik in einem Kollektiv von 62 Patienten aus 4 Jahren. Hierbei wurde in 22 Fällen eine venöse End-zu-Seit- und in 40 Fällen eine End-zu-End-Anastomose durchgeführt. Bei einem kleineren Lappenvenen-Durchmesser (2–4 mm) wurde die End-zu-Seit-Anastomose und bei größerem Lappenvenen-Durchmesser (4–8 mm) die End-zu-End-Anastomose durchgeführt. Alle Lappenplastiken der Gruppe mit den End-zu-Seit-Anastomosen heilten primär ein. Die Operationszeit für die venöse End-zu-Seit-Anastomose wurde hier mit durchschnittlich 3,35 Minuten angegeben (Wang et al., 2018).

Im europäischen Raum fällt bei den meisten Publikationen eine vergleichsweise geringe Fallzahl auf.

Maraka et al. aus Camebridge (Vereinigtes Königreich) publizierten die Ergebnisse eines deutlich kleineren Patientenkollektivs. Innerhalb von drei Jahren führten sie bei 23 Patienten 26 venöse Coupler-Anastomosen in End-zu-Seit-Technik im Kopf-Halsbereich durch. Das häufigste Anschlussgefäß war die V. jugularis interna (17 Fälle), gefolgt von der V. jugularis externa (5 Fälle) und einer retromandibulären Vene. Hier traten keine relevanten Gefäßkomplikationen auf und die Lappenplastiken heilten zu 100% ein. Die Hauptindikation zur venösen End-zu-Seit-Anastomose sahen die Kollegen bei einem Mismatch zwischen Lappen- und Anschlussvene (Maraka et al., 2014).

Walle et al. beschrieben in einer Fallserie aus dem Jahr 2018 61 Patienten mit Lappenplastiken im Kopf-Hals Bereich, von denen 11 in End-zu-Seit-Technik und davon wiederum 7 mittels Coupler anastomosiert wurden. Verwendet wurden ebenfalls hauptsächlich Radialis-, aber auch ALT- und Latissimus-dorsi-Lappen. In vier Fällen war bei ausgeprägter Vernarbung und Bestrahlung keine End-zu-End Anastomose durchführbar. In den anderen drei Fällen musste aufgrund des fehlenden Anschlussgefäßes nach stattgehabter Neck-Dissection vom Standardvorgehen abgewichen werden. Auch hier heilten alle Lappen komplikationslos ein. Bei einer medianen Operationsdauer für die Coupler-Anastomose von 9 Minuten wurde das

Verfahren durch die Autoren ebenfalls als sicher und zeitsparend bewertet (Walle et al., 2020).

Eine aktuelle Metaanalyse von Khera et al. von 2022 zeigt, dass es, bezogen auf die Lappenverlustrate und venöse Komplikationen, keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Coupler-Verfahren und der handgenähten Anastomose zu geben scheint. Die Lappenverlustrate wurde hier insgesamt mit 1,9% und die Rate an venösen Thrombosen mit 3,5% angegeben. Für die handgeknüpfte Technik sahen die Autoren eine Misserfolgsrate von 2,6% und für die mit dem Coupler-System angefertigten Anastomosen eine Misserfolgsrate von 1%. Während bei der Coupler-Technik eine Thromboserate von 2,2% zu verzeichnen war, lag diese bei der genähten Technik um 3,6%. Besonders hervorzuheben ist hier, dass bei der Auswertung keine Unterscheidung zwischen End-zu-End und End-zu-Seit-Anastomose vorgenommen wurde (Khera et al., 2022).

5.10. Zusammenfassung und Ausblick

Die Verwendung von Coupler-Devices ist bei der mikrochirurgischen End-zu-End-Venenanastomose für freie Lappen bei der Rekonstruktion von Defekten im Kopf-Hals-Bereich bereits etabliert. Bei End-zu-Seit-Venenanastomosen hingegen ist die Verwendung eines Couplers noch nicht weit verbreitet. In der hier vorgelegten Arbeit wird die chirurgische Technik der End-zu-Seit-Anastomose unter Verwendung eines Gefäß-Couplers beschrieben. Außerdem werden End-zu-Seit-Anastomosen mit einem Coupler mit End-zu-End-Anastomosen mit einem Coupler im Hinblick auf postoperative Gefäßkomplikationen und die Operationsdauer verglichen. In die retrospektive Untersuchung konnten 124 Patienten eingeschlossen werden, von denen 76 eine End-zu-End- und 48 eine End-zu-Seit-Anastomose erhalten hatten. Postoperative venöse Komplikationen traten bei 5,3% beziehungsweise 2,1% der Patienten auf und waren damit in beiden Gruppen selten. Die durchschnittliche Operationsdauer war bei der Durchführung der End-zu-End-Anastomose signifikant kürzer, wobei sie bei beiden Verfahren vergleichsweise niedrig und deutlich geringer war als bei handgenähten Anastomosen. Somit kann die End-zu-Seit-Anastomose mit dem Gefäß-Coupler bei sachgerechter Anwendung in geübten Händen mit entsprechender operativer Erfahrung als eine wertvolle Alternative sowohl zur End-zu-End-Anastomose mit dem Gefäß-

Coupler, als auch zur handgenähten Anastomose betrachtet werden. Sie bietet dem Chirurgen mehr Flexibilität, insbesondere, wenn die verbreiteten Anastomose-Techniken aufgrund besonderer anatomischer Gegebenheiten nicht angewendet werden können. Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich Durchführbarkeit, Zuverlässigkeit sowie Zeitaufwand kein wesentlicher Nachteil der End-zu-Seit-Anastomose gegenüber der End-zu-End-Anastomose mit der Coupler-Technik feststellen.

Teile der Daten aus der hier vorgelegten Arbeit wurden im Oktober 2023 im European Archives of Oto-Rhino-Laryngology publiziert (siehe Kisser et al., 2023).

Ausblick: Ebenfalls selten angewendet wird die Coupler-Technik für die Anastomosierung arterieller Gefäße, obwohl das System laut Hersteller dafür zugelassen und geeignet ist. Im Rahmen einer prospektiven Studie könnte man untersuchen, ob die Anwendung bei einer größeren Patientengruppe praktikabel und sicher ist und ähnlich gute Ergebnisse wie die handgeknüpften Anastomosen bei Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren ermöglicht und ob sich auch hier entsprechende Zeitersparnisse erzielen lassen.

6 Literaturverzeichnis

Adam, D., Broderick, D., Kyzas, P., & Vassiliou, L. (2021). Microvascular anastomotic coupler devices versus hand-sewn technique for arterial anastomosis: A systematic review. *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 59(5), 524–533. https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.10.286

Ahmed, A., & Gilhooly, M. (2017). Principles of microvascular surgery. *Maxillofacial Surgery*, 32(1), 479-487. https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6056-4.00033-2

Al Qattan, M. M., & Boyd, J. B. (1993). Complications in head and neck microsurgery. *Microsurgery*, 14(3), 187–195. https://doi.org/10.1002/micr.1920140310

Ardehali, B., Morritt, A. N., & Jain, A. (2014). Systematic review: Anastomotic microvascular device. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(6), 752–755. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.01.038

Arkudas, A. (2016). End-zu-Seit-Anastomosen. In Kneser, U., Horch, R., & Lehnhardt, M. (Eds.), *Grundkurs Mikrochirurgie* (S. 105-114). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. ISBN: 9783662480366

Baxter, T. J., O'Brien, B. M., Henderson, P. N., & Bennett, R. C. (1972). The histopathology of small vessels following microvascular repair. *The British Journal of Surgery*, 59(8), 617–622. https://doi.org/10.1002/bjs.1800590809

Benatar, M. J., Dassonville, O., Chamorey, E., Poissonnet, G., Ettaiche, M., Pierre, C. S., Benezery, K., Hechema, R., Demard, F., Santini, J., & Bozec, A. (2013). Impact of preoperative radiotherapy on head and neck free flap reconstruction: A report on 429 cases. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 66(4), 478–482. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2012.12.019

Berggren, A., Ostrup, L. T., & Lidman, D. (1987). Mechanical anastomosis of small arteries and veins with the Unilink apparatus: A histologic and scanning electron microscopic study. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 80(2), 274–283. https://doi.org/10.1097/00006534-198708000-00020

Best, C.H. (1959). Preparation of heparin and its use in the first clinical cases. *Circulation*, 19(1), 79–86. https://doi.org/10.1161/01.cir.19.1.79

Bingöl, A. (2014). *Plastische und ästhetische Chirurgie* (S. 8-9). Urban & Fischer Verlag, München. ISBN: 9783437428067

Blackwell, K. E. (2000). Update on microvascular free tissue transfer: New trends and applications. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 8(4), 294-299. https://doi.org/10.1097/00020840-200008000-00004

Blair, E. A., & Callender, D. L. (1994). Head and neck cancer: The problem. *Clinics in Plastic Surgery*, 21(1), 1–7. PMID: 8112003

Carrel, A., & Guthrie, C. C. (2001). Anastomosis of blood vessels by the patching method and transplantation of the kidney: 1906 [Classical article]. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 74(4), 243–247. PMID: 11697483

Chernichenko, N., Ross, D. A., Shin, J., Sasaki, C. T., & Ariyan, S. (2008). End-to-side venous anastomosis with an anastomotic coupling device for microvascular free-tissue transfer in head and neck reconstruction. *Laryngoscope*, 118(1), 2146-2150. https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e3181839b75

Chignier, E., & Eloy, R. (1986). Adventitial resection of small artery provokes endothelial loss and intimal hyperplasia. *Surgery, Gynecology & Obstetrics*, 163(4), 327–334. PMID: 3764638

Couch, N. P. (1989). About heparin, or … whatever happened to Jay McLean? *Journal of Vascular Surgery*, 10(1), 1–8. PMID: 2664233

Davies, M. G., & Hagen, P. O. (1994). Pathobiology of intimal hyperplasia. *The British Journal of Surgery*, 81(9), 1254–1269. https://doi.org/10.1002/bjs.1800810904

De Bree, R., Hartley, C., Smeele, L. E., Kuik, D. J., Quak, J. J., & Leemans, C. R. (2004). Evaluation of donor site function and morbidity of the fasciocutaneous radial forearm flap. *The Laryngoscope*, 114(11), 1973–1976. https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000147931.29261.18

DeLacure, M. D., Kuriakose, M. A., & Spies, A. L. (1999). Clinical experience in end-to-side venous anastomoses with a microvascular anastomotic coupling device in head and neck reconstruction. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 125(8), 869–872. https://doi.org/10.1001/archotol.125.8.869

Demirkan, F., Wei, F. C., Chen, H. C., Chen, I. H., Hau, S. P., & Liau, C. T. (1999). Microsurgical reconstruction in recurrent oral cancer: Use of a second free flap in the same patient. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 103(3), 829–838. https://doi.org/10.1097/00006534-199903000-00008

Deutsch, M., Kroll, S. S., Ainsle, N., & Wang, B. (1999). Influence of radiation on late complications in patients with free fibular flaps for mandibular reconstruction. *Annals of Plastic Surgery*, 42(6), 662–664. https://doi.org/10.1097/00000637-199906000-00014

Dumanian, G. A., Janes, L. E., & Dumanian, Z. P. (2019). Northwestern and other historical vignettes regarding the vascular anastomotic coupling device. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 7(5), 2194. https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000002194

Ehrenfeld, M., Prein, J., & Jundt, G. (2011). Tumoren und tumorähnliche Läsionen im Mund-Kiefer-Gesichts-Bereich. In Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (Eds.), *Spezielle Chirurgie* (S. 57-58). Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783135935041

Engele, J. (2010). Herz-Kreislauf-System – Grundlagen. In Aumüller, G. (Ed.), *Duale Reihe Anatomie* (S. 113-115). Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783131360427

Evans, G. R., Schusterman, M. A., Kroll, S. S., Miller, M. J., Reece, G. P., Robb, G. L., & Ainslie, N. (1994). The radial forearm free flap for head and neck reconstruction: A review. *American Journal of Surgery*, 168(5), 446–450. https://doi.org/10.1016/s0002-9610(05)80096-0

Fellner, S. K., & Purkerson, M. L. (2002). Gordon Murray: Heparin, hemodialysis and hubris. *American Journal of Nephrology*, 22(2-3), 271–277. https://doi.org/10.1159/000063773

Ferguson, R. E. H., & Yu, P. (2009). Techniques of monitoring buried fasciocutaneous free flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 123(2), 525–532. https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318196b9a3

Fitzgerald O'Connor, E., Rozen, W. M., Chowdhry, M., Patel, N. G., Chow, W. T., Griffiths, M., & Ramakrishnan, V. V. (2016). The microvascular anastomotic coupler for venous anastomoses in free flap breast reconstruction improves outcomes. *Gland Surgery*, 5(2), 88–92. https://doi.org/10.3978/j.issn.2227-684X.2015.05.14

Fleischer, W. (2012). OP-Organisation: Erste Hilfe für das Herzstück. *Deutsches Ärzteblatt*, 109(50), 2555-2556. https://www.aerzteblatt.de/archiv/133666/OP-Organisation-Erste-Hilfe-fuer-das-Herzstueck

Gardiner, M. D., & Nanchahal, J. (2010). Strategies to ensure success of microvascular free tissue transfer. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 63(9), 665–673. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2010.06.011

Gasser, A., & Schwind, K. (2007). Historical overview of vascular anastomoses. In Tozzi, P. (Ed.), *Sutureless anastomoses: Secrets for success* (S. 1-11). Steinkopff Verlag, Dresden. ISBN: 9783798517141.

Golling, M., Mehrabi, A., Weiss, G., Schäffer, F., Kraus, T., & Klar, E. (1999). Der VCS-Clip – experimentelle Erfahrungen mit einem neuen vaskulären Klammernahtinstrument [The VCS clip – experimental experiences with a new vascular suture stapling device]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*, 70(2), 206–210. https://doi.org/10.1007/pl00002593

Guelinckx, P. J., Boeckx, W. D., Fossion, E., & Gruwez, J. A. (1984). Scanning electron microscopy of irradiated recipient blood vessels in head and neck free flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 74(2), 217–226. https://doi.org/10.1097/00006534-198408000-00008

Guity, A., Young, P. H., & Fischer, V. W. (1990). In search of the "perfect" anastomosis. *Microsurgery*, 11(1), 5–11. https://doi.org/10.1002/micr.1920110104

Grewal, A. S., Erovic, B., Strumas, N., Enepekides, D. J., & Higgins, K. M. (2012). The utility of the microvascular anastomotic coupler in free tissue transfer. *The Canadian Journal of Plastic Surgery = Journal Canadien de Chirurgie Plastique*, 20(2), 98–102. https://doi.org/10.1177/229255031202000213

Hallock, G. G. (2022). Evolution of soft tissue flaps over time. In Maruccia, M. & Giudice, G. (Eds.), *Textbook of plastic and reconstructive surgery* (S. 87-101). Springer Verlag, Berlin, New York. ISBN: 9783030823344

Hanubal, K. S., Reschly, W. J., Conrad, D., Festa, B. M., Weiss, J. P., Shama, M., Danan, D., Hughley, B., & Dziegielewski, P. T. (2023). The beavertail modified radial forearm free flap: Retrospective review of a versatile technique to increase flap bulk in the head and neck. *Microsurgery*, 43(8), 767–774. https://doi.org/10.1002/micr.31028

Harris, G. D., Finseth, F., & Buncke, H. J. (1981). Posterior-wall-first microvascular anastomotic technique. *British Journal of Plastic Surgery*, 34(1), 47–49. https://doi.org/10.1016/0007-1226(81)90096-5

Hayhurst, J. W., & O'Brien, B. M. (1975). An experimental study of microvascular technique, patency rates and related factors. *British Journal of Plastic Surgery*, 28(2), 128–132. https://doi.org/10.1016/s0007-1226(75)90175-7

Head, L. K., & McKay, D. R. (2018). Economic comparison of hand-sutured and coupler-assisted microvascular anastomoses. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 34(1), 71–76. https://doi.org/10.1055/s-0037-1606540

Hidalgo, D. A. (1994). Fibula free flap mandibular reconstruction. *Clinics in Plastic Surgery*, 21(1), 25–35. PMID: 8112010

Holt, G. P., & Lewis, F. J. (1960). A new technique for end-to-end anastomosis of small arteries. *Surgical Forum*, 11, 242–243. PMID: 13715532

Houschyar, K. S., & Lehnhardt, M. (2020). Lappenplastik: ALT. In Engelhardt, M. & Raschke, M. (Eds.), *Orthopädie und Unfallchirurgie* (S. 1-3). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. ISBN: 9783642546730

Houser, R. A., & Hare, W. D. (2007). Vascular couplers, techniques, methods and accessories. United States Patent No. US7182771B1. https://patentimages.storage.googleapis.com/63/2d/97/e24ad2f17f3ba0/US7182771.pdf [Stand: 14.07.2023]

Huang, G. K., Li, H. Q., & Wu, X. M. (1995). Study on microvascular anastomosis of arteries with absorbable polyglyconate suture. *Microsurgery*, 16(7), 505–509. https://doi.org/10.1002/micr.1920160713

Jacobson, M. C., Franssen, E., Fliss, D. M., Birt, B. D., & Gilbert, R. W. (1995). Free forearm flap in oral reconstruction: Functional outcome. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 121(9), 959–964. https://doi.org/10.1001/archotol.1995.01890090005001

Jandali, S., Wu, L. C., Vega, S. J., Kovach, S. J., & Serletti, J. M. (2010). 1000 consecutive venous anastomoses using the microvascular anastomotic coupler in breast reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 125(3), 792–798. https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181cb636d

Khera, B. H., Evans, K., & Hardwicke, J. T. (2022). Hand-sewn, coupler and Doppler-assisted venous anastomosis in free flap surgery: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Plastic Surgery*, 45(1), 27–38. https://doi.org/10.1007/s00238-021-01854-w

Kisser, U., Adderson-Kisser, C., Baumeister, P., & Reiter, M. (2018). Influence of coupler size on revision rate and timing of revision after free flap tissue transfer in the head and neck. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 275(1), 199–206. https://doi.org/10.1007/s00405-017-4804-4

Kisser, U., & Koepernik, S. (2023). Microvascular anastomotic coupler for venous end-to-side anastomoses in head and neck reconstructive surgery. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 280(10), 4709–4712. https://doi.org/10.1007/s00405-023-08136-0

Klug, C., Berzaczy, D., Reinbacher, H., Voracek, M., Rath, T., Millesi, W., & Ewers, R. (2006). Influence of previous radiotherapy on free tissue transfer in the head and neck region: Evaluation of 455 cases. *The Laryngoscope*, 116(7), 1162–1167. https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000227796.41462.a1

Kroll, S. S., Schusterman, M. A., Reece, G. P., Miller, M. J., Evans, G. R., Robb, G. L., & Baldwin, B. J. (1996). Timing of pedicle thrombosis and flap loss after free-tissue transfer. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 98(7), 1230–1233. https://doi.org/10.1097/00006534-199612000-00017

Li, R., Zhang, R., He, W., Qiao, Y., & Li, W. (2015). The use of venous coupler device in free tissue transfers for oral and maxillofacial reconstruction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 73(11), 2225–2231. https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.06.153

Linnemann, B., & Lindhoff-Last, E. (2005). Virchow-Trias. In Haas, S. (Ed.), *Prävention von Thrombosen und Embolien in der Inneren Medizin* (S. 40-44). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. ISBN: 9783540225638

Liu, T., Freijs, C., Klein, H. J., Feinbaum, A., Svee, A., Lorenzo, A. R., Liss, A., Acosta, R., & Mani, M. (2018). Patients with abdominal-based free flap breast reconstruction a decade after surgery: A comprehensive long-term follow-up study. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 71(9), 1301–1309. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.06.009

Ludwig, M. (2010). Leitlinienorientierte Angiologie, Gefäßchirurgie und interventionelle Radiologie. In Ludwig, M., Rieger, J. & Ruppert, V. (Eds.), *Gefäßmedizin in Klinik und Praxis* (S. 250-251). Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783131101921

Lutz, B. S., Wei, F. C., Chang, S. C., Yang, K. H., & Chen, I. H. (1999). Donor site morbidity after suprafascial elevation of the radial forearm flap: A prospective study in 95 consecutive cases. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 103(1), 132–137. https://doi.org/10.1097/00006534-199901000-00021

Lymperopoulos, N. S., Sofos, S., Constantinides, J., Koshy, O., & Graham, K. (2013). Blood loss and transfusion rates in DIEP flap breast reconstruction: Introducing a new predictor. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 66(12), 1659–1664. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2013.07.013

Macchiarelli, G., Familiari, G., Caggiati, A., Magliocca, F. M., Riccardelli, F., Miani, A., & Motta, P. M. (1991). Arterial repair after microvascular anastomosis: Scanning and transmission electron microscopy study. *Acta Anatomica*, 140(1), 8–16. PMID: 2028734

Mailänder, P., Flory, P. J., & Jung, A. (1990). Vaskuläre Komplikationen bei der freien Gewebeübertragung. In Berger, A. & Hierner, R. (Eds.), *Plastische Chirurgie 2, Kopf und Hals* (S. 211-213). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. ISBN: 3540001298

Maraka, J., Hausien, O., Abreo, N., Patel, N. G., & Durrani, A. J. (2014). The microvascular coupler device for end-to-side venous anastomosis in free tissue transfer for head and neck reconstruction. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(12), 1757–1758. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.07.013

Masquelet, A. C., & Gilbert, A. (1998). Historischer Überblick. In Masquelet, A. C. & Gilbert, A. (Eds.), *Atlas der Lappenplastiken in der Chirurgie der Extremitäten* (S. 2-7). Enke Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783432279510

Mast, B. A. (1999). Functional outcomes of microsurgical reconstruction of delayed complications following head and neck cancer ablation. *Annals of Plastic Surgery*, 42(1), 40–45. https://doi.org/10.1097/00000637-199901000-00007

Matthews, R. N., Hodge, R. A., Eyre, J., Davies, D. M., & Walsh-Waring, G. P. (1985). Radial forearm flap for floor of mouth reconstruction. *The British Journal of Surgery*, 72(7), 561–564. https://doi.org/10.1002/bjs.1800720721

Mavrogenis, A. F., Markatos, K., Saranteas, T., Ignatiadis, I., Spyridonos, S., Bumbasirevic, M., Georgescu, A. V., Beris, A., & Soucacos, P. N. (2019). The history of microsurgery. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 29(2), 247–254. https://doi.org/10.1007/s00590-019-02378-7

Merrell, S. W., & Lawrence, P. F. (1991). Initial evaluation of absorbable polydioxanone suture for peripheral vascular surgery. *Journal of Vascular Surgery*, 14(4), 452–459. https://doi.org/10.1067/mva.1991.31838

Mokhtari, P., Tayebi Meybodi, A., Benet, A., & Lawton, M. T. (2019). Microvascular anastomosis: Proposition of a learning curve. *Operative Neurosurgery*, 16(2), 211–216. https://doi.org/10.1093/ons/opy072

Moritz, W. R., Raman, S., Pessin, S., Martin, C., Li, X., Westman, A., & Sacks, J. M. (2022). The history and innovations of blood vessel anastomosis. *Bioengineering*, 9(2), 75. https://doi.org/10.3390/bioengineering9020075

Mulholland, S., Boyd, J. B., McCabe, S., Gullane, P., Rotstein, L., Brown, D., & Yoo, J. (1993). Recipient vessels in head and neck microsurgery: Radiation effect and vessel access. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 92(4), 628–632. https://doi.org/10.1097/00006534-199309001-00011

Murray, G. (1940). Heparin in surgical treatment of blood vessels. *Archives of Surgery*, 40(2), 307–325. https://doi.org/10.1001/archsurg.1940.04240010147010

Nakatsuka, T., Harii, K., Asato, H., Takushima, A., Ebihara, S., Kimata, Y., Yamada, A., Ueda, K., & Ichioka, S. (2003). Analytic review of 2372 free flap transfers for head and neck reconstruction following cancer resection. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 19(6), 363–369. https://doi.org/10.1055/s-2003-42630

Nakayama, K., Yamamoto, K., & Tamiya, T. (1962). A new simple apparatus for anastomosis of small vessels: Preliminary report. *The Journal of the International College of Surgeons*, 38, 12–26. PMID: 14478239

Neligan, P. C., & Gullane, P. J. (2000). The changing face of microvascular reconstruction. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 8(4), 346–349. https://doi.org/10.1097/00020840-200008000-00014

Nightingale, G., Fogdestam, I., & O'Brien, B. M. (1980). Scanning electron microscope study of experimental microvascular anastomoses in the rabbit. *British Journal of Plastic Surgery*, 33(2), 283–298. https://doi.org/10.1016/0007-1226(80)90028-4

Nishimoto, S., Hikasa, H., Ichino, N., Kurita, T., & Yoshino, K. (2000). Venous anastomoses with a microvascular anastomotic device in head and neck reconstruction. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 16(7), 553–556. https://doi.org/10.1055/s-2000-8394

Nuara, M. J., Sauder, C. L., & Alam, D. S. (2009). Prospective analysis of outcomes and complications of 300 consecutive microvascular reconstructions. *Archives of Facial Plastic Surgery*, 11(4), 235–239. https://doi.org/10.1001/archfacial.2009.46

Pafitanis, G., Cooper, L., Hadjiandreou, M., Ghanem, A., & Myers, S. (2019). Microvascular anastomotic coupler application learning curve: A curriculum supporting further deliberate practice in ex-vivo simulation models. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 72(2), 203–210. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.10.021

Patel, S. A., Pang, J. H., Natoli, N., Gallagher, S., & Topham, N. (2013). Reliability of venous couplers for microanastomosis of the venae comitantes in free radial forearm flaps for head and neck reconstruction. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 29(7), 433–436. https://doi.org/10.1055/s-0033-1343835

Pauli, S., Lauwers, P., Van Hee, R., & Discart, R. (2000). Stapled versus hand-sewn vascular anastomoses: An experimental study in the rabbit. *European Surgical Research*, 32(1), 39–42. https://doi.org/10.1159/000008739

Piza-Katzer, H., Rath, T., Zöch, G., Ehrenberger, K., Ewers, R., Niederle, B., & Roka, R. (1994). Mikrochirurgische Probleme bei der autologen Dünndarmtransplantation. *European Surgery Acta Chirurgica Austriaca*, 26(1), 51–55. https://doi.org/10.1007/BF02619732

Pohlenz, P., Blessmann, M., Blake, F., Li, L., Schmelzle, R., & Heiland, M. (2007). Outcome and complications of 540 microvascular free flaps: The Hamburg experience. *Clinical Oral Investigations*, 11(1), 89–92. https://doi.org/10.1007/s00784-006-0073-0

Ridha, H., Morritt, A. N., & Wood, S. H. (2014). Spatulated end-to-end microvascular anastomosis: A useful technique for overcoming vessel size discrepancy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(10), 254–255. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.07.008

Schusterman, M. A., Miller, M. J., Reece, G. P., Kroll, S. S., Marchi, M., & Goepfert, H. (1994). A single center's experience with 308 free flaps for repair of head and neck cancer defects. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 93(3), 472–480. PMID: 8115501

Seikaly, H., Rieger, J., O'Connell, D., Ansari, K., Alqahtani, K., & Harris, J. (2009). Beavertail modification of the radial forearm free flap in base of tongue reconstruction: Technique and functional outcomes. *Head & Neck*, 31(2), 213–219. https://doi.org/10.1002/hed.20953

Shindo, M. L., Costantino, P. D., Nalbone, V. P., Rice, D. H., & Sinha, U. K. (1996). Use of a mechanical microvascular anastomotic device in head and neck free tissue transfer. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 122(5), 529–532. https://doi.org/10.1001/archotol.1996.01890170063012

Singh, B., Cordeiro, P. G., Santamaria, E., Shaha, A. R., Pfister, D. G., & Shah, J. P. (1999). Factors associated with complications in microvascular reconstruction of head and neck defects. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 103(2), 403–411. https://doi.org/10.1097/00006534-199902000-00007

Standl, T. (2011). Orientierungshilfe zur Risikoeinstufung. In Schulte am Esch, J., Bause, H., Kochs, E., Scholz, J., Standl, T., & Werner, C. (Eds.), *Duale Reihe Anästhesie* (S. 23-25). Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783131190840

Stranix, J. T., Rifkin, W. J., Lee, Z. H., Anzai, L., Jacoby, A., Ceradini, D. J., Thanik, V., Saadeh, P. B., & Levine, J. P. (2019). Comparison of hand-sewn versus coupled venous anastomoses in traumatic lower extremity reconstruction. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 35(1), 31–36. https://doi.org/10.1055/s-0038-1660831

Staudacher, M., & Gabl, F. (1998). Die Bedeutung von Alexis Carrel für die moderne Gefäßchirurgie. *Gefässchirurgie*, 3(1), 117–122. https://doi.org/10.1007/PL00010502

Stephenson, H. E., & Kimpton, R. S. (2002). America's first Nobel Prize in Medicine or Physiology: The story of Guthrie and Carrel. *The Texas Heart Institute Journal*, 29(2), 150–152. PMCID: PMC116749

Synovis Micro Companies Alliance, Inc. (2020). *Microvascular anastomotic COUPLER device and system IFU*. Instructions for use. https://www.synovismicro.com/pdfs/IFUs/MS-0742112_A.pdf [Stand: 14.06.2023]

Thorwarth, M., Eulzer, C., Bader, R., Wolf, C., Schmidt, M., & Schultze-Mosgau, S. (2008). Free flap transfer in cranio-maxillofacial surgery: A review of the current data. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 12(3), 113–124. https://doi.org/10.1007/s10006-008-0112-x

Tizian, C., & Wölfle, O. (2005). Pharynxdefekte. In Berger, A. & Hierner, R. (Eds.), *Plastische Chirurgie* (S. 419–437). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. ISBN: 9783540001294

Umezawa, H., Hokazono, Y., Taga, M., & Ogawa, R. (2022). Applying the microvascular anastomotic coupler device to end-to-side venous anastomosis in reconstructive surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 10(1), 4018–4025. https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000004018

Untersteiner, H. (2007). *Statistik - Datenauswertung mit Excel und SPSS* (S. 131–139). Facultas Verlags- und Handels AG, Wien. ISBN: 9783825283605

Urken, M. L., Weinberg, H., Buchbinder, D., Moscoso, J. F., Lawson, W., Catalano, P. J., & Biller, H. F. (1994). Microvascular free flaps in head and neck reconstruction: Report of 200 cases and review of complications. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 120(6), 633–640. https://doi.org/10.1001/archotol.1994.01880300047007

Veravuthipakorn, L., & Veravuthipakorn, A. (2004). Microsurgical free flap and replantation without antithrombotic agents. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet Thangphaet*, 87(6), 665–669. PMID: 15279346

Waeschle, R. M., Hinz, J., Bleeker, F., Sliwa, B., Popov, A., Schmidt, C. E., & Bauer, M. (2016). Mythos OP-Minute. *Der Anästhesist*, 65(1), 137–147. https://doi.org/10.1007/s00101-015-0124-5

Wain, R. A., Whitty, J. P., Dalal, M. D., Holmes, M. C., & Ahmed, W. (2014). Blood flow through sutured and coupled microvascular anastomoses: A comparative computational study. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(7), 951–959. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.03.016

Walensi, M., & Elsner, A. (2016). Arterieller Zugang: Indikationen, Techniken, Komplikationen. *Lege artis - Das Magazin zur ärztlichen Weiterbildung*, 6(02), 112–117. https://doi.org/10.1055/s-0041-110073

Walle, L., Fansa, H., Thiel, T., Scholtz, L. U., & Sudhoff, H. (2020). Die venöse End-zu-Seit-Anastomose mit einem Coupler Device bei freien mikrovaskulären Lappenplastiken. *Handchirurgie · Mikrochirurgie · Plastische Chirurgie*, 52(04), 325–329. https://doi.org/10.1055/a-0942-9780

Wang, W. M., Huang, L., Gao, X., Yuan, Y. X., Chen, X. Q., & Jian, X. C. (2018). Use of a microvascular coupler device for end-to-side venous anastomosis in oral and maxillofacial reconstruction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 47(10), 1263–1267. https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.04.012

Watson, J. S. (1979). Experimental microvascular anastomoses in radiated vessels: A study of the patency rate and the histopathology of healing. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 63(4), 525–533. https://doi.org/10.1097/00006534-197904000-00014

Wong, C. H., & Wei, F. C. (2010). Microsurgical free flap in head and neck reconstruction. *Head & Neck*, 32(9), 1236–1245. https://doi.org/10.1002/hed.21284

Xiong, L., Gazyakan, E., Kremer, T., Hernekamp, F. J., Harhaus, L., Saint-Cyr, M., Kneser, U., & Hirche, C. (2016). Free flaps for reconstruction of soft tissue defects in lower extremity: A meta-analysis on microsurgical outcome and safety. *Microsurgery*, 36(6), 511–524. https://doi.org/10.1002/micr.30020

Yang, G. F., Chen, P. J., Gao, Y. Z., Liu, X. Y., Li, J., Jiang, S. X., & He, S. P. (1997). Forearm free skin flap transplantation: A report of 56 cases. *British Journal of Plastic Surgery*, 50(3), 162–165. https://doi.org/10.1016/s0007-1226(97)91363-1

Yap, L. H., Constantinides, J., & Butler, C. E. (2006). Venous thrombosis in coupled versus sutured microvascular anastomoses. *Annals of Plastic Surgery*, 57(6), 666–669. https://doi.org/10.1097/01.sap.0000229958.57126.21

Yazdanust, C., & Kneser, U. (2014). Freie Lappenplastiken. In Ewerbeck, V., Wentzensen, A., & Grützner, P. A. (Eds.), *Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie* (S. 662–665). Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783131005342

Zampetti, P., Merlati, G., & Riva, M. A. (2021). Iginio Tansini (1855-1943): An Italian surgeon and an innovator between the 19th and the 20th centuries. *Journal of Medical Biography*, 29(4), 217–220. https://doi.org/10.1177/0967772020904224

Zdolsek, J., Ledin, H., & Lidman, D. (2005). Are mechanical microvascular anastomoses easier to learn than suture anastomoses? *Microsurgery*, 25(8), 596–598. https://doi.org/10.1002/micr.20172

7 Thesen

1. Der Gefäß-Coupler kann nicht nur für die End-zu-End-, sondern auch für die End-zu-Seit-Anastomose verwendet werden.
2. Die venöse End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler weist im Vergleich zur End-zu-End-Anastomose mittels Coupler keine höhere Rate an postoperativen Komplikationen auf und stellt somit ein sicheres Verfahren dar.
3. Die venöse End-zu-Seit-Anastomose bietet dem Operateur intraoperativ mehr Möglichkeiten in der Wahl des Empfängergefäßes und bietet somit eine größere Flexibilität.
4. Im Vergleich zur klassischen handgeknüpften Anastomose kann durch die Coupler-Technik eine deutliche Verkürzung der Operationsdauer erreicht werden, was sowohl zeitliche, als auch finanzielle Vorteile mit sich bringen kann.
5. Verglichen mit der klassischen Nahttechnik ermöglicht die Coupler-Technik dem Chirurgen eine steilere Lernkurve.
6. Größere Kaliberdifferenzen zwischen Lappen- und Empfängervene können mit der Coupler-Technik gut kompensiert werden

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anterolateraler Oberschenkellappen vom rechten Oberschenkel

Abb. 2: Blick auf den eröffneten und teilresezierten Luft-Speiseweg

Abb. 3: Radialislappen vom linken Unterarm

Abb. 4: End-zu-End-Anastomose mit dem Gefäßcoupler (Quelle: Microvascular Anastomotic COUPLER Device and System IFU. Synovis Micro Companies Alliance, Inc. MS-0742112_A.pdf (synovismicro.com) https://www.synovismicro.com/pdfs/IFUs/MS-0742112_A.pdf, 14.06.2023 21:07)

Abb. 5: Intraoperativer Befund einer venösen End-zu-End-Anastomose mit dem Gefäß-Coupler.

Abb. 6: End-zu-Seit-Anastomose in Coupler-Technik (Quelle: Microvascular Anastomotic COUPLER Device and System IFU)

Abb. 7: Aufspießen des Absetzungsrandes der V. jugularis interna auf den Coupler Ring

Abb. 8: Zusammenführen beider Ringe

Abb. 9: Entfernen des Anastomoseinstrumentes

Abb. 10: Fertige End-zu-Seit-Anastomose mittels Coupler zwischen V. radialis und V. jugularis interna

Abb. 11: Monitorlappen mit bereits deutlich fortgeschrittener venöser Stauung

Abb. 12: Altersverteilung nach Art der Anastomose

Abb. 13: Einteilung der Patienten in die ASA-Klassifikation

Abb. 14: Verteilung der Tumorbefunde nach Lokalisation bzw. Diagnose

Abb. 15: Verwendete Empfängervenen

Abb. 16: Verwendete Donorarterien

Abb. 17: Verwendete Größe des Coupler-Ringes

Abb. 18: Präoperativer Befund mit großem Hautmalignom präaurikulär rechts und postoperatives Ergebnis nach Tumorresektion und Defektrekonstruktion mittels freien, mikrovaskulär anastomosierten Oberschenkellappens

Abb. 19: Gefäßkomplikationen End-zu-End- bzw. End-zu-Seit-Anastomose

Abb. 20: Lappenüberleben von End-zu-End- bzw. End-zu-Seit-Anastomose

Abb. 21: Lappenüberleben nach vorangegangener Bestrahlung

Abb. 22: Boxplot zur Darstellung der Dauer der venösen Anastomosen im Vergleich

Abb. 23: Histogramm und Quantil-Quantil-Plot zur Überprüfung der Messwerte in der End-zu-End-Gruppe auf Normalverteilung

Abb. 24: Histogramm und Quantil-Quantil-Plot zur Überprüfung der Messwerte in der End-zu-Seit-Gruppe auf Normalverteilung

Abb. 25: Operationsdauer insgesamt

Abb. 26: Operationsdauer nach Art der venösen Anastomose

Abb. 27: Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus nach Art der venösen Anastomose

Abb. 28: Aufenthaltsdauer Intensivstation in Tagen

Abb. 29: Aufenthaltsdauer ITS nach Art der Anastomose

Bemerkung:
Alle Abbildungen stammen, sofern nicht anderweitig gekennzeichnet, vom Operateur, der mir freundlicherweise die Nutzungsrechte zur Verfügung stellte, oder wurden von mir selbst angefertigt.

Tabellenverzeichnis

Tab. 2: ASA-Klassifikation

Tab. 2: Tests auf Normalverteilung End-zu-End-Anastomose

Tab. 3: Tests auf Normalverteilung End-zu-Seit-Anastomose

Checkliste Tumor-OP

- ☐ histologischer Malignomnachweis?
- ☐ Panendoskopie-Bericht (vorhanden/gesehen/gewürdigt?)
- ☐ Bildgebung (vorhanden/gesehen/gewürdigt/aktuell?)
- ☐ Tumorboard-Beschluss
- ☐ OP-Aufklärung erfolgt?
- ☐ Allen-Test/Doppler?
- ☐ ITS-Bett
- ☐ Patient/Stat. Ärzte/Anästhesie bzgl. Gefäßpunktion informiert?
- ☐ EKs (abgenommen/bestellt?)
- ☐ Blutverdünner abgesetzt? Blutungsrisiken beseitigt?
- ☐ Prä-OP-Visite
- ☐ Bei LE: Provox?
- ☐ Bei LE: Beratungsgespräch mit Kehlkopflosen?
- ☐ Personalplanung (Zwei-Team-Verfahren…)
- ☐ Schnellschnittlabor über längere OP informiert?

HNO HALLE
MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT

UKH
Universitätsklinikum
Halle (Saale)

Postoperative Anordnungen für Patienten nach Lappenplastik im Kopf-/Hals-Bereich

OP-Datum:

Operation: □ Tracheotomie

□ Tumorresektion (Lokalisation:)

□ Neck Dissection □ rechts □ links

□ Rekonstruktion mit Radialislappen / ALT-Lappen / Pectoralis-major-Lappen

Dauer: Operateure:

Besonderheiten:

Postoperative Nachbehandlung:

□ Oberkörper 30° hochgelagert

□ Kopf zu Thorax gerade halten

□ systolischer Druck möglichst zwischen 100 und 140 mmHg

□ Ernährung über Magensonde/PEG

□ Kein Druck (z.B. durch Kanülenbändchen, Verbände o.ä.) am Hals!!!

□ Fortsetzung der Antibiotikagabe für insgesamt 48h

□ Stündliche Kontrolle des Monitors/Lappens (inspektorisch und Doppler) an den ersten beiden Tagen

□ (Low-dose)- Heparinisierung ab ca. 6h post-OP, sofern internistisch / anästhesiologisch vertretbar

□ Bei Problemen bitte HNO-Dienstarzt informieren

_____

Unterschrift Operateur

erstellt:2016-Ki/Mo geprüft:2016 Version:1.0 HNO-270

Erklärungen

(1) Ich erkläre, dass ich mich an keiner anderen Hochschule einem Promotionsverfahren unterzogen bzw. eine Promotion begonnen habe.

(2) Ich erkläre, die Angaben wahrheitsgemäß gemacht und die wissenschaftliche Arbeit an keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht zu haben.

(3) Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Alle Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis wurden eingehalten; es wurden keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

_____

Datum, Unterschrift