

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und
Verbrennungschirurgie an der Universität Tübingen

**In vivo Untersuchungen zur Arteria temporalis superficialis
im Hinblick auf Rekonstruktionsverfahren in der Plastischen
Chirurgie**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Medesan, Raluca Ioana Andreea

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. T. Wahler

2. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. S. Schnabl-Scheu

Tag der Disputation: 17.07.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie der Arteria temporalis superficialis (STA) und der umliegenden Schläfenregion	1
1.2	Die Bedeutung der STA in der modernen Medizin	4
1.2.1	Die STA in der Rheumatologie	4
1.2.2	Die STA in der Neurochirurgie	4
1.2.2.1	STA-MCA-Bypass	4
1.2.3	Die STA in der plastischen Chirurgie	5
1.2.3.1	Geschichte der Lappenplastik im Gesichtsbereich	5
1.2.3.2	Klassifikation der Lappenplastiken	6
1.2.3.3	Die Herausforderungen der Ohrrekonstruktion	7
1.2.3.4	Der temporoparietale Faszienlappen (TPFF): Operationsverfahren und anatomischen Besonderheiten	9
1.3	Zielsetzung	10
2	Patienten und Methoden	11
2.1	Patienten und Geräte	11
2.1.1	Patientenkollektiv zur in vivo Untersuchungen des Verlaufes der STA	11
2.1.2	Digitale Subtraktionsangiographie	13
2.2	Patientendaten	16
2.2.1	Deskriptive Patientenparameter	16
2.2.2	Einteilung der Verlaufsmuster	16
2.2.3	Messungen der Längen und Durchmesser der STA und ihrer Abzweigungen	18
2.3	Grafiken und statistische Methoden	22
2.3.1	Der Exakte Fischer-Test	22
2.3.2	Der Zweistichproben-t-Test für abhängige und unabhängige Variablen	22
3	Ergebnisse	23
3.1	Patientenkollektiv und Variationen des Verlaufes der STA	23
3.2	Chirurgisch relevante Durchmesser	26
3.3	Chirurgisch relevante Längen	27
3.4	Intraindividueller Vergleich	34

3.4.1	Einteilung in die verschiedenen Gruppen	34
3.4.2	Durchmesser und Längen im intraindividuellen Vergleich	36
4	Diskussion.....	42
4.1	Verlauf der STA.....	42
4.2	Intraindividueller Vergleich	49
4.2.1	Unterschiede bezüglich des Verlaufsmuster.....	49
4.2.2	Geschlechtsspezifische Unterschiede und Unterschiede bezüglich der Händigkeit.....	50
4.3	Neue anatomische Erkenntnisse bezüglich des Verlaufes der STA in Hinsicht auf plastisch chirurgische Rekonstruktionen	51
4.4	Präoperative Gefäßdarstellung zur besseren Planung von Lappenplastiken.....	52
5	Zusammenfassung	55
6	Tabellen und Abbildungen.....	57
7	Literaturverzeichnis.....	59
8	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift.....	65
9	Curriculum vitae (entfernt).....	66
10	Veröffentlichungen	67
11	Danksagungen	68

Abkürzungsverzeichnis

A	Arterie
Aa	Arterien
ALT-Lappen	anteriolaterale Oberschenkellappen (anteriolateral thigh flap)
AV	arteriovenös
CDS	Farbduplexsonographie (color duplex sonography)
CTA	Computertomographische Angiographie
DIEP-Lappen	tiefe inferiore epigastrische Perforatorlappen (deep inferior epigastric perforator flap)
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
DTF	tiefe Temporalfaszie (deep temporal fascia)
M	Muskel
MCA	mittlere Zerebralarterie (middle cerebral artery)
MRA	Magnetresonanzangiographie
N	Nerv
SGAP- Lappen	obere Glutealarterie Perforatorlappen (superior gluteal artery perforator flap)
Spw	Spannweite
STA	oberflächliche Temporalarterie (superficial temporal artery)
STV	oberflächliche Temporalvene (superficial temporal vein)
TPF	Temporoparietale Faszie (temporoparietal fascia)
TPFF	Temporoparietale Faszienlappen (temporoparietal fascia flap)
V	Vene
Vv	Venen

1 Einleitung

1.1 Anatomie der Arteria temporalis superficialis (STA) und der umliegenden Schläfenregion

Die STA geht in der Ohrspeicheldrüse als Endast der A. carotis externa nach Abgang der A. maxillaris hervor. Sie zieht zwischen Kiefergelenk und äußerem Gehörgang nach kranial und verläuft oberhalb des Jochbogens in der superfiziellen temporalen Faszie. Etwa auf dieser Höhe teilt sich die STA in der Regel in zwei Ästen auf. Meist zieht einer dieser Äste nach frontal, der andere nach parietal (Ausen & Pavlovic 2011). Sowohl der Verlauf als auch das Kaliber dieser Gefäße werden von manchen Autoren als konstant beschrieben. Andere Verlaufsbeschreibungen nennen weitere Aufzweigungen der beiden Endgefäße in Äste mit einem Kaliber gleich oder größer als 1 mm, während andere überhaupt keine Aufzweigungen beschreiben, sondern lediglich einen Verlauf nach parietal oder frontal. Ebenfalls wird häufig die Abgabe eines aurikulären Astes aus dem parietalen Ast beschrieben. Die klassische Anatomie der Arterie ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die STA bildet Anastomosen mit den mittleren und tiefen temporalen Arterien, wodurch ein ausgeprägtes Netzwerk entsteht, welches die Gefäßversorgung der lateralen Kopfregion sichert (Nakajima et al. 1995).

Die V. temporalis superficialis (STV) läuft unabhängig von der Arterie. Eine Aufzweigung der Arterie bedeutet nicht zwangsläufig auch eine Aufzweigung der Vene und umgekehrt. Sollte eine Aufzweigung der Vene vorliegen, kann diese 1-2 cm distal oder proximal der Aufzweigung der Arterie liegen. Im weit distalen Verlauf gibt die STV zahlreiche Vv. comitantes ab, sodass gelegentlich mehrere Venen eine Arterie begleiten (Imanishi et al. 2002).

Die Gefäße der Schläfenregion laufen in einer dazugehörigen Faszie, temporoparietale Faszie genannt und TPF abgekürzt. Häufig wird diese auch als oberflächliche Temporalfaszie bezeichnet. Dieser Begriff ist jedoch insoweit falsch, weil die Faszie auch über die parietale Region zieht. Die TPF liegt knapp

unterhalb des Subkutangewebes, geht nach kranial in die Galea aponeuritica und nach kaudal, unterhalb des Jochbogens, in das superfizielle muskuloaponeurotische System (SMAS) über. Tellioglu et al. zeigte an 10 Kadavern, dass sich die Faszie in eine tiefe und eine oberflächliche Lamina einteilen lässt, wobei die Temporalgefäße in letzterer verlaufen. Unter der tiefen Schicht der TPF liegt eine dünne Gewebeschicht, welche die TPF mit der tiefen Temporalfaszie (DTF) verbindet und das Gleiten der beiden gegeneinander ermöglicht. Der M. temporalis liegt unterhalb der tiefen Faszie und wird sowohl von der tiefen als auch von der mittleren Temporalarterie mit Blut versorgt. Zwischen superfizieller und tiefer Faszie besteht ein reiches Netz von Anastomosen. Diese Tatsache ermöglicht es dem Chirurgen auch die tiefe Temporalfaszie als Lappen zu heben. Der frontale Ast des N. facialis verläuft parallel zum frontalen Ast der STA unterhalb der TPF (Tellioglu et al. 2000).

Für lange Zeit existierten nur Kadaverstudien zum anatomischen Verlauf der STA. Diese setzten jedoch eine sehr präzise Präparation voraus und können keine sichere Aussage zum Durchmesser der Arterie machen. In vivo Untersuchungen, welche die Gefäße mit Hilfe einer genaueren Bildgebungsmethode darstellen, fehlen (Marano et al. 1985; Stock et al. 1980).

In der hier präsentierten Arbeit wird der anatomische Verlauf sowie chirurgisch relevante Durchmesser und Längen der STA am Patienten mit Hilfe der digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) untersucht. Des Weiteren werden die intraindividuellen Verläufe anhand einer neuen Klassifikation verglichen und die Durchmesser und Längen der Arterie im Seitenvergleich untersucht. Diese Ergebnisse wurden 2015 bzw. 2016 publiziert (Medved et al. 2015; Manoli et al. 2016).

Exaktes Wissen über den genauen Verlauf und potenzielle Anomalien sind für die Planung von mikrochirurgischen Eingriffen im Versorgungsgebiet dieser Arterie unerlässlich.

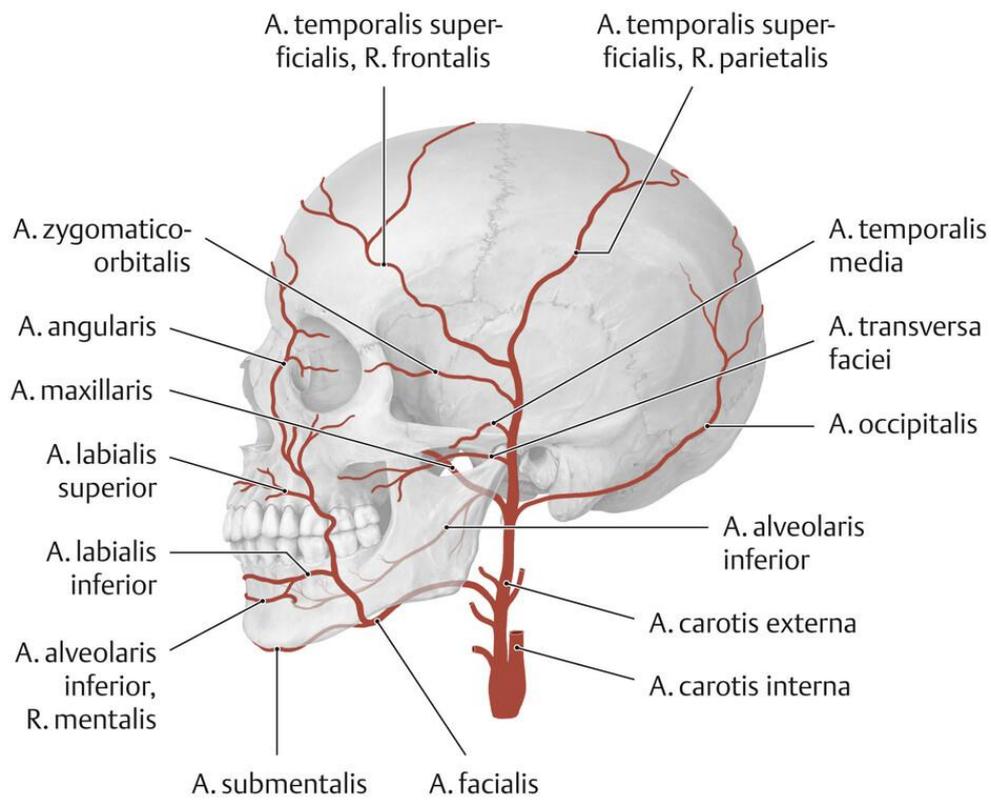


Abbildung 1. Anatomie der A. carotis externa und ihrer Endäste. Thiemeeref.

1.2 Die Bedeutung der STA in der modernen Medizin

1.2.1 Die STA in der Rheumatologie

Die STA ist für die Diagnosestellung einer Riesenzellarteritis wichtig, ihren genauen Verlauf zu kennen ist für die Biopsieentnahme von großer Bedeutung. In der Ophthalmologie spielen Erkrankungen der extrakraniellen Gefäße eine wichtige Rolle. Entzündlichen Erkrankungen, wie der Morbus Horton oder verschiedenen Immunvaskulitiden, bedürfen einer schnellen Diagnose und Therapie, da sie das Sehen bedrohen können (Horwitz et al. 1977; Daumann et al. 1989).

1.2.2 Die STA in der Neurochirurgie

In der vaskulären Neurochirurgie ist die STA das entscheidende Gefäß bei der mikrochirurgischen Anlage von extrakraniell-intrakraniellen Standard-Bypässen, welche bei unterschiedlichen ischämischen Funktionsstörungen des Gehirns wie z. B. der Moyamoya-Erkrankung angewandt werden. Hierbei handelt es sich um eine Erkrankung, bei der es zu einer Verengung oder sogar zu einem Verschluss der hirnversorgenden Arterien kommt. Folglich kann es zu transitorischen ischämischen Attacken oder sogar Schlaganfälle kommen. Auch intrakranielle Aneurysmen können mittels einem STA-MCA-Bypass behandelt werden (Newell 2005).

1.2.2.1 STA-MCA-Bypass

Die Anastomose zwischen STA und der mittleren Zerebralarterie (MCA) wird oft bei der Moyamoya-Erkrankung durchgeführt.

Hierfür wird die STA mit ihren Ästen freipräpariert und abhängig davon, welcher Ast kräftiger ist, wird entschieden, welcher für den Bypass genutzt wird. Dann erfolgt die Spaltung des M. temporalis und die Trepanation der Schädelkalotte.

Durch dieses Bohrloch erfolgt anschließend die Kraniotomie. Die darunterliegende Dura wird mit einem Y-Schnitt eröffnet und die MCA aufgesucht und aus der Arachnoidea freipräpariert. Das Ende der STA wird schräg angeschnitten, um eine größere Auflagefläche zu schaffen und die MCA wird längs mit einer Mikroschere eröffnet. Zwischen den Arterien erfolgt nun eine End-zu-Seit-Anastomose. Nach Prüfung der Dichtigkeit wird zunächst die Dura wieder über der Anastomose verschlossen und anschließend der M. temporalis, der den Knochendefekt abdeckt (Newell 2005).

Es ist mittlerweile Standard vor diesem neurochirurgischen Eingriff eine Angiographie zur genauen Darstellung der Gefäße durchzuführen.

1.2.3 Die STA in der plastischen Chirurgie

In der plastischen und rekonstruktiven Chirurgie spielen lokale Lappenplastiken, welche von der STA mit arteriellem Blut versorgt werden, bei Defektdeckungen und Rekonstruktionen im Kopf-/Hals-Bereich eine entscheidende Rolle. Durch die Einführung und Weiterentwicklung der mikrochirurgischen Operationstechniken gewinnt die STA auch zunehmend an Bedeutung als Anschlussgefäß bei freien Gewebetransfer für die Deckung von großen Haut- und Weichteildefekten. So ist die genaue Kenntnis über den anatomischen Verlauf und die Aufzweigungen der STA für ein sichereres Lappendesign von entscheidender Bedeutung (Ausen & Pavlovic 2011; Qassemyar et al. 2014).

1.2.3.1 Geschichte der Lappenplastik im Gesichtsbereich

Bereits im Jahre 400 v. Chr. wurden in Indien Nasen und Ohren durch Lappenplastiken rekonstruiert. Das Abschneiden von Nasen, Ohren oder Lippen war damals eine häufige Strafe für Ehebruch, Diebstahl und andere Verbrechen. Zum Einsatz kam dann ein Schwenklappen von der Stirn, insbesondere im Falle

der Nasenrekonstruktion (Graefe 1818). Diese indische Methode verbreitete sich bis zum 16. Jahrhundert weltweit und wurde fortwährend weiterentwickelt.

Im Jahr 1814 führte Joseph Constantine Carpue seine erste Schönheitsoperation in England durch, und zwar eine Nasenrekonstruktionen nach der indischen Methode (Carpue 1969).

Perfektioniert wurde das Verfahren 1942 von Converse und konnte auch für Defekte im Bereich des Mittelgesichtes bis hin zur Oberlippe eingesetzt werden. Für die Gefäßversorgung nutzte Converse die A. supraorbitalis und A. supratrochlearis, deren Ursprung die A. ophthalmica ist. Diese wiederum entspringt aus der A. carotis interna (Converse 1959; Converse 1969).

Auch die STA, deren Ursprung in der A. carotis externa liegt, wurde zur arteriellen Blutversorgung von verschiedenen gestielten Lappen im Gesicht- und Kopfbereich genutzt. An dem parietalen Ast der STA gestielte temporo-parieto-occipitale Lappen wird zur Behandlung von Alopezie eingesetzt (Juri und Juri 1982). Bei großflächiger frontaler Alopezie kann von beiden Seiten jeweils ein Lappen gehoben werden. Bei der okzipitalen Alopezie kann ein Lappen auch an der A. auricularis gestielt werden. Die Entnahmestelle wird hierbei primär genäht, die Narbe wird dann von den Haaren bedeckt. Auch Defekte in den Regionen der Augenbrauen, Oberlippe und Kinn können mit einem temporoparietalen Fasziolenlappen gedeckt werden. Ein einseitiger Lappen kann hierbei Defekte bis zur Mittellinie decken.

Lappenplastiken, die an dem frontalen Ast der STA gestielt sind, stellen auch unbehaarte Haut zur Verfügung. Die Nähe zum Gesicht sorgt für den passenden Farbton, wenn es um Defekte im Gesichtsbereich geht (Demirdover et al. 2011).

1.2.3.2 Klassifikation der Lappenplastiken

In der Literatur gibt es verschiedene Gliederungsvorschläge, eine einheitliche Klassifikation existiert jedoch nicht. So können Lappenplastiken beispielsweise nach ihrer Gewebeszusammensetzung klassifiziert werden.

Hautlappen beinhalten lediglich Haut mit oder ohne Subkutangewebe, fasziokutane Lappen beinhalten zusätzlich auch die darunterliegende Faszie. Des Weiteren werden myokutane bzw. myofasziokutane Lappen und osteokutane Lappen unterschieden. Diese können sowohl Muskel als auch Knochengewebe beinhalten oder sogar beides.

Weiterhin werden Lappen nach der Entfernung zu der Entnahmestelle unterteilt. Somit gibt es die Nahlappenplastik. Hier liegt die Spenderstelle nahe am Defekt und wird weiterhin in lokale und regionale Lappen unterteilt. Bei der Fernlappenplastik liegen Spenderstelle und Defekt meistens weit voneinander entfernt.

Anhand der verwendeten Technik können Nahlappen zudem weiter unterteilt werden: so gibt es Rotations-, Transpositions-, Verschiebe- und Gleitlappen. Zu den Fernlappen gehören die Rundstiellappen sowie freie Lappen.

Nicht nur die Entfernung, sondern auch, ob eine Verbindung zur Entnahmestelle verbleibt, kann ein Unterscheidungskriterium sein. Bleibt zwischen Spenderstelle und Lappen eine Verbindung bestehen, so handelt es sich um einen gestielten Lappen. Der Stiel, mit oder ohne Hautbrücke, beinhaltet die versorgenden Gefäße. Im Gegensatz zu diesen stehen die freien Lappen, welche an arterielle und venöse Gefäße der neuen Umgebung angeschlossen werden. Hier kommt die Mikrochirurgie zum Einsatz.

1.2.3.3 Die Herausforderungen der Ohrrekonstruktion

Das äußere Ohr hat nicht nur die Funktion eines Empfängers und Verstärkers von Tönen, sondern ist auch unentbehrlich für die Ästhetik des Gesichtes. Angeborene oder erworbene Deformitäten des äußeren Ohres unterbrechen die natürliche Symmetrie des Gesichtes. Die Rekonstruktion des Außenohres stellt derzeit eine der größten Herausforderungen der plastischen Chirurgie dar (Bhandari 1988; Adler et al. 2008; Janis et al. 2005). Die Lokalisation und komplexe Struktur erfordern eine präzise Planung, Komplikationen wie Nekrosen

und Wundheilungsstörungen können bei Betroffenen auf längerer Sicht zu sozialem Rückzug und psychologischem Kummer führen (Du et al. 2007).

Eine Rekonstruktion des Ohres Bedarf es bei kongenitalen Malformationen wie z. B. Mikrotia. Der Schweregrad dieser Malformation kann von leichter Hypoplasie bis zum kompletten Fehlen des Außenohres reichen. In schweren Fällen erfolgt die Rekonstruktion mittels Polyethylenimplantaten welche dann mit einem gestielten Faszienlappen gedeckt werden (Tahiri & Reinisch 2019).

Auch nach Exzision von Tumoren im Bereich des Außenohres kommen oft Lappentechniken, insbesondere der retroaurikuläre Lappen und der temporoparietale Faszienlappen (TPFF) zum Einsatz. Maligne Tumore wie Plattenepithelkarzinome und Melanome müssen ausreichend ins Gesunde reseziert werden. Dadurch kann es zu großen Defekten des Außenohres kommen (Bittner et al. 2021; Crisan et al. 2018).

Durch die prominente Lokalisation an der lateralen Kopfregion, ist das Ohr besonders anfällig für Verbrennungen. Des Weiteren bereiten die dünne Hautschicht und das fehlende Subkutangewebe Schwierigkeiten bei der Wundheilung. Verbrennungen der Grade 2 b und 3 die alle Schichten der Haut betreffen sind ernsthafte Verletzungen, werden aber in der Akutsituation oft vernachlässigt. Sobald das Knorpelgewebe mitbetroffen ist, sind häufig Deformierungen und Wundheilungsstörungen bis hin zur Ausbildung von Nekrosen und Infektionen die Folge.

Trotz der Bemühungen und hohen Standards der heutigen rekonstruktiven Chirurgie hat das Endresultat der Ohrrekonstruktion oft keine Ähnlichkeit mehr mit der ursprünglichen Form des äußeren Ohres (Driscoll und Lee 2010; Brent & Byrd 1983). Ergänzend zu der genauen Planung des rekonstruktiven Verfahrens ist ein erfahrenes Auge für die Ästhetik des Gesichtsschädels äußerst wichtig für die Rekonstruktion des Außenohres (Ghassemi et al. 2013).

Viele Methoden zur Rekonstruktion des äußeren Ohres wurden schon beschrieben und je nach Ausmaß des Defektes muss für jeden Fall individuell entschieden werden, welche die richtige ist. In jedem Fall ist es von großer

Wichtigkeit, dass die formgebende Struktur von einem weichen und dennoch resistenten Gewebe bedeckt wird, sodass sich z.B. Vollhaut besser eignet als Spalthaut. Der Knorpel kann durch verschiedene Methoden rekonstruiert werden. Es können prothetische oder poröse Implantate aus Polyethylen benutzt werden. Diese werden nach Gewebeexpansion unter einem TPFf eingesetzt (Gacto-Sanchez et al. 2011; Fernandes & Driscoll 2016). Eine gängige Methode der Ohrrekonstruktion unter Verwendung von kostalem Knorpel zeigt bisher die kosmetisch ansprechendsten Ergebnisse (Yotsuyanagi et al. 2021). Auch bei diesem Vorgehen erfolgt eine Deckung mittels einem TPFf.

1.2.3.4 Der temporoparietale Faszienlappen (TPFF): Operationsverfahren und anatomischen Besonderheiten

Präoperativ werden zunächst die Haare im Bereich des Lappens rasiert. Dann werden die STA und STV dopplersonographisch dargestellt und angezeichnet. Wenn möglich wird auch die Aufzweigung der STA im parietalen und frontalen Ast markiert. Es ist wichtig hier die Aufzweigungshöhe und ihre Variationen zu kennen, nur so kann man präoperativ die Größe und Lage des Lappens sicher einschätzen. Die Lagerung des Patienten erfolgt in Seitenlage. Nach Desinfektion und Abdecken in üblicher Weise, können von präaurikulär bis zur Linea temporalis unterschiedliche Hautschnitte gemacht werden, ein S-Schnitt, Y-Schnitt oder auch ein Zig-Zag-Schnitt. Die Temporalarterie und -vene werden dargestellt und die temporale Faszie wird knapp unterhalb der Haarfollikel scharf abgetrennt. Hier ist Vorsicht geboten, da die Verbindung zwischen Haut und Faszie umso enger wird, je weiter kranial man präpariert. Werden die Haarfollikel durchtrennt ist die Gefahr der Alopezie groß. Dies ist auch eine häufige postoperative Komplikation. Sobald ausreichend Faszie dargelegt ist, wird der Lappen mit seinem Rotationsstiel markiert und scharf durchtrennt. Meistens wird kranial bis zur Linea terminalis, der oberen Begrenzung des M. temporalis, präpariert. Der Lappenstiel auf Höhe des Tragus sollte ca. 2-3 cm breit sein. Der Lappen selbst kann bis zu 17 cm lang und 10 cm breit sein. Nachdem der TPFf auf die Empfängerseite mobilisiert wird, kann die Haut an der Spenderstelle

primär genäht werden. Davor sollte eine Blutstillung via Diathermie erfolgen und wenn notwendig Drainagen eingelegt werden. Der TPFK kann sowohl Defekte im Gesicht decken als auch bei Alopezie benutzt werden oder als freier Lappen zur Deckung von Defekten an den Extremitäten zum Einsatz kommen (Demirdover et al. 2011).

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die genaue Anatomie der STA zu beschreiben, insbesondere die multiplen Aufteilungsmustern sowie deren Häufigkeit und seiten- bzw. geschlechtsspezifischen Unterschiede darzustellen. Zusätzlich wurden verschiedene Längen und Durchmesser unterschiedlicher Äste bestimmt. Dies soll zu einer besseren präoperativen Planung eines Lappendesigns beitragen und die Notwendigkeit einer genaueren Gefäßdarstellung vor plastisch-rekonstruktiven Eingriffen zur Diskussion stellen.

2 Patienten und Methoden

2.1 Patienten und Geräte

2.1.1 Patientenkollektiv zur in vivo Untersuchungen des Verlaufes der STA

Für diese Arbeit wurden 100 anonymisierte DSAs der extrakraniellen Gefäße von kaukasischen Patienten, die im Zeitraum von 2011 bis 2013 in der Neurochirurgie der Uniklinik Tübingen durchgeführt wurden, retrospektiv ausgewertet. Die Angiographien wurden konsekutiv ausgesucht. Als erstes Einschlusskriterium galt eine ausreichende Darstellung des gesamten Verlaufs der STA in guter Bildqualität. Dies war nur dann gewährleistet, sobald das gesamte Neurocranium abgebildet und die STA ab der Abzweigung der A. maxillaris zu verfolgen war. Die Untersuchungen wurden ursprünglich zur Diagnose von Gefäßpathologien, wie z.B. AV-Malformationen, Fisteln oder Aneurysmen durchgeführt. Die Indikationen für die Untersuchung sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Besonderes Augenmerk wurde daraufgelegt, dass die ursprüngliche Erkrankung oder auch Nebenerkrankungen der Patienten keinen Einfluss auf das Kaliber oder den Verlauf der Arterie hatten. Aus den 100 Patienten mussten somit 7 Fälle mit Erkrankungen wie Arteriitis temporalis, Verletzungen oder Narbengewebe in der Temporalregion oder Bypassoperationen von der Studie ausgeschlossen. Aus den 7 Patienten waren 2 Patienten jünger als 16 Jahre, was ein Ausschlusskriterium war. Tabelle 2 zeigt eine detaillierte Aufzählung aller Einschluss- und Ausschlusskriterien.

Tabelle 1. Indikationen zur DSA-Untersuchung.

1. Evaluation der Tumolvaskularisation	13% (13)
2. Verdacht auf intrakranielle Blutung nach SHT	11% (11)
3. Verdacht auf atypische Blutung ohne Trauma	14% (14)
4. Verdacht auf Gefäßanomalien bei chronischen Kopfschmerzen, Tinnitus, o.ä. neurologischen Symptome	45% (45)
5. Interventionen oder Folgeuntersuchungen im Falle von Gefäßanomalien	7% (7)
6. Sichtbare Gefäßanomalien in der Kopfregion	3% (3)
7. Verdacht auf Gefäßanomalien bei Epilepsie	7% (7)

2.1.2 Digitale Subtraktionsangiographie

Die DSA ist ein diagnostisches Verfahren zur Darstellung von Gefäßen. Hierbei werden mehrere Röntgenbilder angefertigt während Kontrastmittel im Gefäßsystem einströmt. Der Unterschied zur konventionellen Angiographie besteht darin, dass in der DSA störende Bildelemente durch Subtraktion entfernt werden können. Die erste Aufnahme noch vor Kontrastmittelgabe wird digital von den nachfolgenden Bildern subtrahiert.

Zur Durchführung der Subtraktionsangiographien wurde das biplanare System Axiom Artis ZEE (ArtisVC21A, Siemens Healthcare) verwendet. Nur Untersuchungen mit ausreichender Resolution und Darstellung des gesamten Arterienverlaufs wurden benutzt.

Die Punktion der rechten Femoralarterie in Seldinger-Technik erfolgte in lokaler Betäubung. Anschließend wurde nichtionisches Kontrastmittel mittels eines standardisierten Katheters injiziert. Die Bildnachbearbeitung erfolgte an einer Syngo-Arbeitsstation VX91C, XWP VB21B, Siemens.

Alle Untersuchungen wurden als Standardbehandlung in der Abteilung der Neuroradiologie der Universitätsklinik Tübingen in Deutschland durchgeführt. Die Darstellung und Messungen wurden an Bildablage- und Kommunikationssystem durchgeführt auch PACS abgekürzt (picture archiving and communication data system). Für die Bildqualität wurde die Interobserver-Variabilität mittels k Koeffizienten bestimmt (keine Übereinstimmung $k = 0$; wenig Übereinstimmung $k = 0.01 - 0.2$; angemessene Übereinstimmung $k = 0.21 - 0.4$, moderate Übereinstimmung $k = 0.41 - 0.6$; gute Übereinstimmung $k = 0.61 - 0.8$; hervorragende Übereinstimmung $k = 0.81 - 1$).



Abbildung 2. Biplanares DSA System Axiom Artis ZEE (ArtisVC21A, Siemens Healthcare).

Tabelle 2. Einschluss- und Ausschlusskriterien der Patienten

Einschlusskriterien:	
Befund der DSA-Untersuchung	Patienten ohne Pathologien der extrakraniellen Gefäße
Bildqualität	k Koeffizient > 0.6
	Vollständige Abbildung des Neurocraniums
Ausschlusskriterien:	
Haupt- und Nebenerkrankungen:	Vaskulitiden, z.B. Arteriitis temporalis, M. Behcet, Chrug-Strauss Syndrom, Lupus erythematodes
	Z.n. extra-intrakraniellen Bypassoperationen
	Z.n. Lappenplastik in Kopf-/Halsbereich
	Mikrozephalie/Makrozephalie
	Alle Chromosomenanomalien
	Z.n. Thrombektomie der ACI
	Aneurysma oder AV-Malformationen der extrakraniellen Gefäße
	Z.n. Kraniotomie auf der untersuchten Seite
Bildqualität:	Unvollständige Darstellung des Neurocraniums und des Arterienverlaufes
Alter	Patienten jünger als 16 Jahre

2.2 Patientendaten

2.2.1 Deskriptive Patientenparameter

Alle deskriptiven Daten wurden aus den Aufnahme- und Entlassbriefen der Patienten erhoben. Folgende Informationen wurden dokumentiert: Alter, Geschlecht, Untersuchungsdatum, Nebenerkrankungen, Händigkeit, Indikation zur DSA, Befunde und Gruppe bzw. Untergruppe des Verlaufsmuster. Bei 38 der 100 Patienten waren DSAs beider Arterien durchgeführt worden. In diesem Fall wurde auch die Seite dokumentiert.

2.2.2 Einteilung der Verlaufsmuster

Die in der Literatur beschriebenen Verlaufsmustern wurden in 5 Gruppen mit bis zu 3 Untergruppen eingeteilt. Insgesamt wurden 11 unterschiedliche Verlaufsmuster beschrieben (Medved et al. 2015).

Gruppe A zeigt eine Aufteilung der Arterie in einen frontalen und parietalen Ast. Nach der Bifurkation weisen beide Äste einen Durchmesser größer als 1 mm auf. In Gruppe B haben entweder der frontale (B1), der parietale (B2) oder beide Äste (B3) eine zusätzliche Bifurkation. Als zusätzliche Bifurkation galten nur die Fälle, wo die Durchmesser beider Äste nach der Bifurkation weiterhin größer oder gleich mit 1 mm waren. In Gruppe C haben entweder der frontale (C1), der parietale Ast (C2) oder beide Äste (C3) einen atrophischen Verlauf. Als atrophisch wurde ein Ast bezeichnet, der nach der Hauptbifurkation einen Durchmesser von weniger als 1 mm hatte. Gruppe D ist durch eine fehlende Bifurkation charakterisiert. Hier verläuft die Arterie entweder nach frontal (D1) oder nach parietal (D2). In der letzten Gruppe E weist die STA einen zusätzlichen aurikulären Ast auf, der entweder aus dem Hauptstamm (E1) oder aus dem parietalen Ast (E2) entspringt.

Die Höhe der Bifurkation, oberhalb, unterhalb und auf gleicher Höhe des Jochbeins, wurde für jedes der 11 Muster dokumentiert.

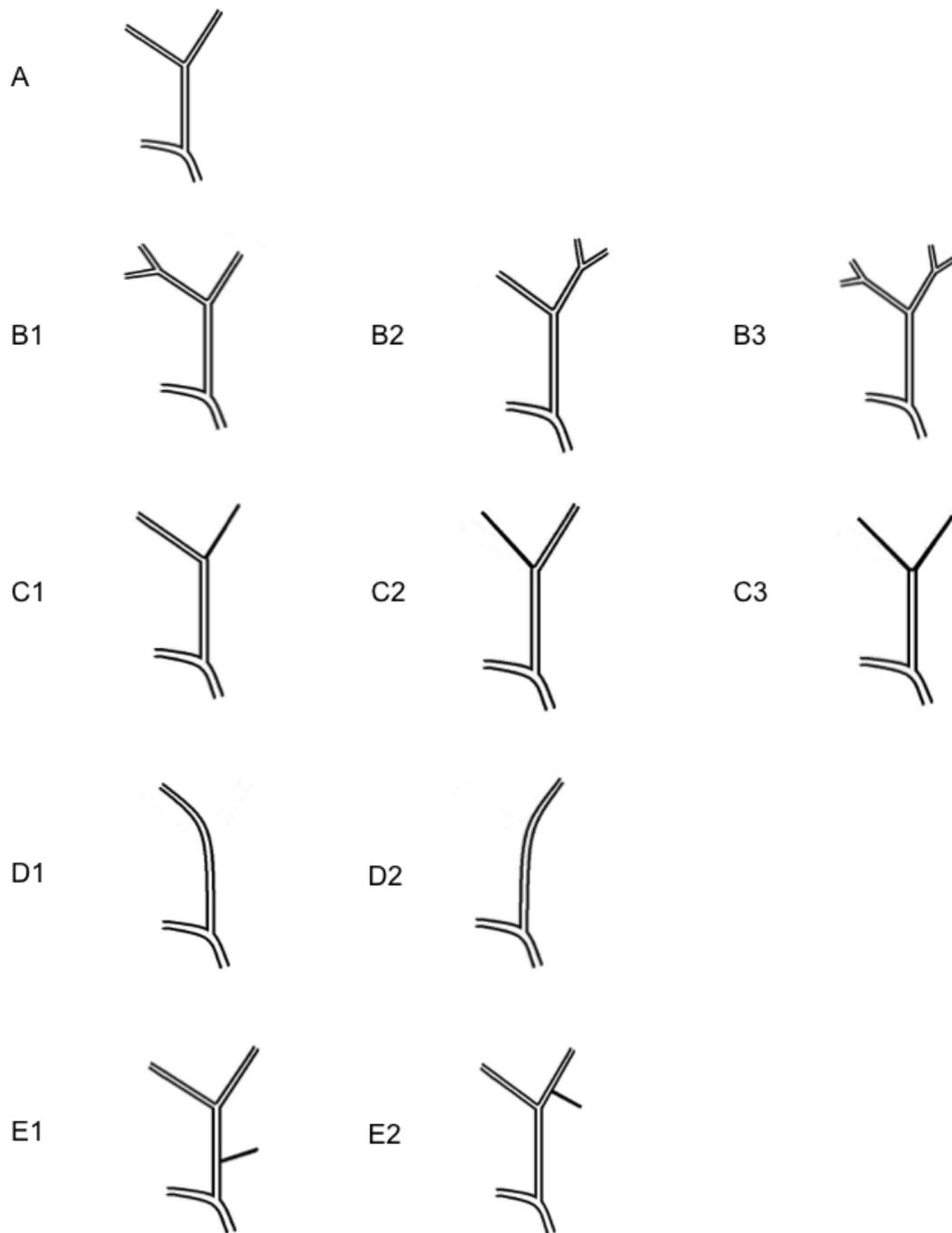


Abbildung 3. Verlaufsmuster der STA Aufzweigungen wie in Medved et al. beschrieben **Gruppe A:** der Hauptstamm teilt sich in einem frontalen und parietalen Ast. **Gruppe B:** zusätzliche Bifurkation frontal (B1), parietal (B2) oder beider Äste (B3); **Gruppe C:** atrophischer Ast parietal (C1), frontal (C2) oder beidseits (C3); **Gruppe D:** STA ohne Bifurkation, der Hauptstamm verläuft frontal (D1) oder parietal (D2); **Gruppe E:** STA mit frontalem und parietalem Ast und zusätzlich einem aurikulären Ast der vom Hauptstamm (E1) oder aus dem parietalen Ast entspringt (E2) (Medved et al. 2015).

2.2.3 Messungen der Längen und Durchmesser der STA und ihrer Abzweigungen

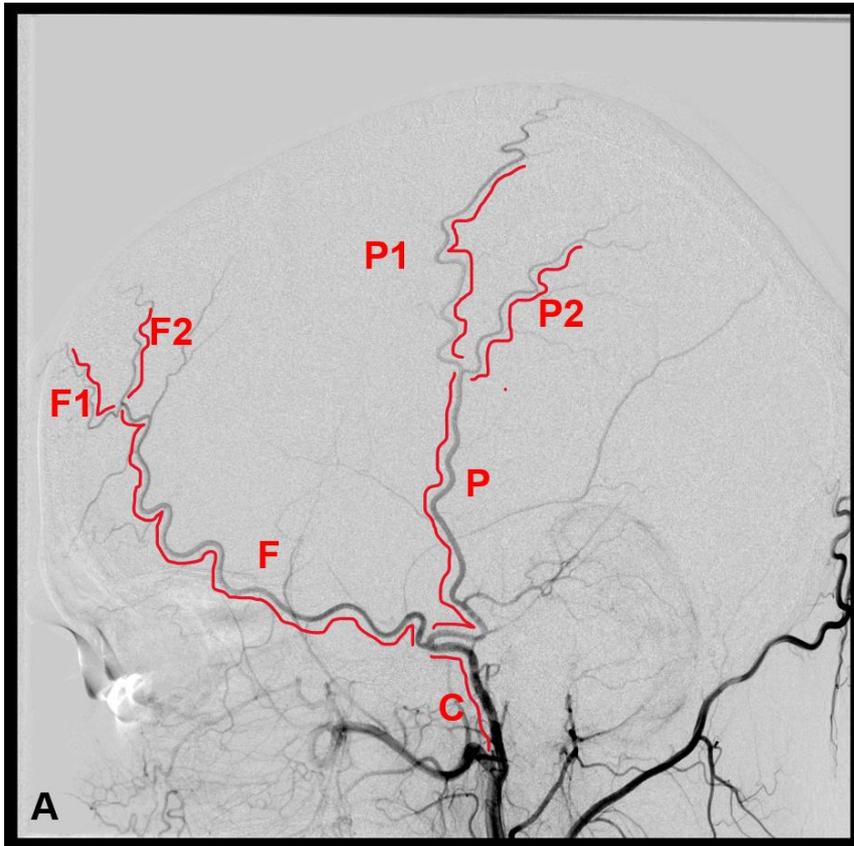
Der innere Durchmesser der Arterie wurde an verschiedenen wichtigen Punkten ermittelt. Die Punkte wurden mit Kleinbuchstaben, wie in Medved et al. beschrieben, markiert. Der Hauptstamm nach Abgabe der A. maxillaris wurde mit ‚o‘ markiert, der Durchmesser des Hauptstammes kurz vor der Aufzweigungsstelle und der jeweiligen Äste gleich nach der Bifurkation wurden mit ‚b‘, ‚f‘ und ‚p‘ bezeichnet. In genau der gleichen Weise wurden die Durchmesser einer zusätzliche Aufzweigung des frontalen Astes ‚bf‘, ‚f1‘ und ‚f2‘ oder des parietalen Astes ‚bp‘, ‚p1‘ und ‚p2‘ gemessen. Der Durchmesser des aurikulären Astes ‚a‘ wurde an seinem Ursprung auch bestimmt.

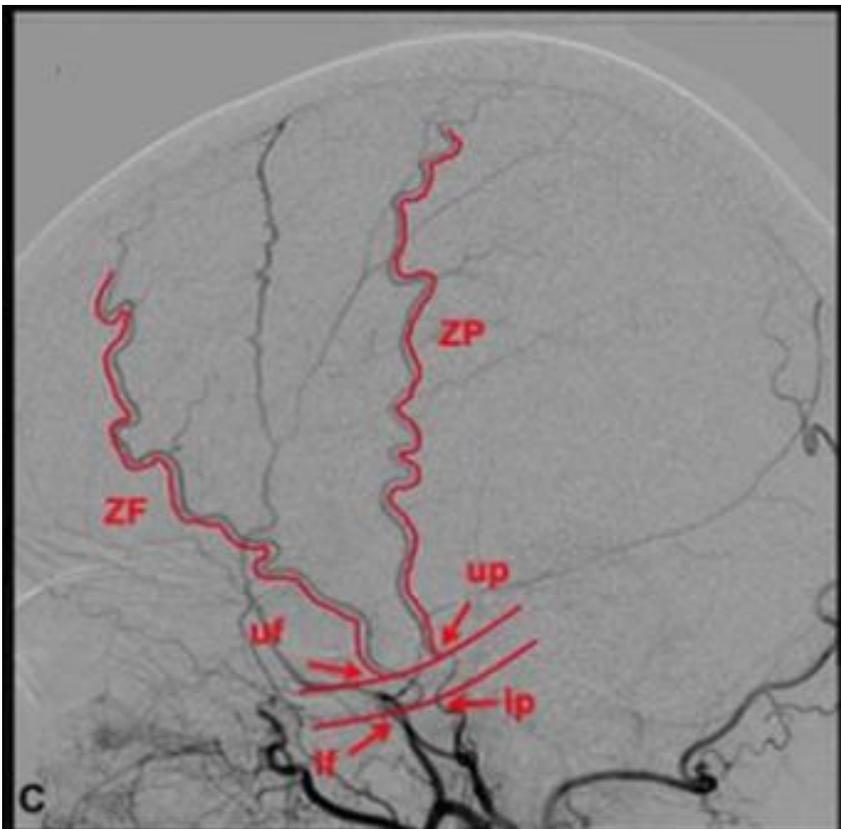
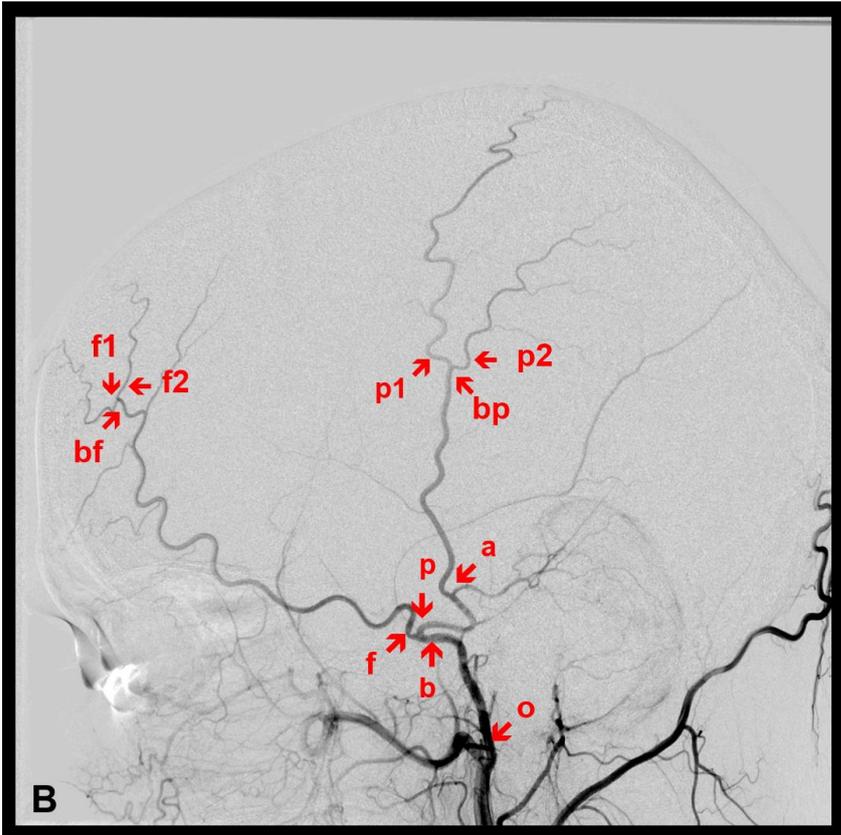
Der Hauptstamm verläuft unterhalb des Os zygomaticum. Deshalb wurden zusätzlich die Durchmesser des Hauptstammes sowohl am unteren als auch am oberen Rand des Jochbogens gemessen und mit den Kleinbuchstaben ‚l‘ und ‚u‘ bezeichnet. Im Falle einer Aufzweigung des Hauptstammes auf Höhe des Jochbogens wurde der Durchmesser am unteren Rand mit ‚l‘ und die zwei Durchmesser am oberen Rand mit ‚uf‘ und ‚up‘ bezeichnet. Somit wurden hier 3 Durchmesser bestimmt. Bei einer Bifurkation unterhalb des Jochbogens wurden insgesamt vier Durchmesser bestimmt und mit ‚lf‘, ‚lp‘, ‚uf‘ und ‚up‘ bezeichnet.

Mit Großbuchstaben wurden die absoluten Längen markiert. Der Hauptstamm zwischen Ursprung und Bifurkation mit ‚C‘. Die Länge der Äste ab der Aufzweigung bis zum Punkt, wo die Arterie 1 mm Durchmesser misst, wurden mit jeweils ‚F‘ oder ‚P‘ markiert. In Falle einer zusätzlichen Aufzweigung wurde die Strecke ab der 2 Bifurkation bis zu dem Punkt, wo der Durchmesser der zusätzlichen Äste 1 mm misst, mit ‚F1‘/ ‚F2‘ oder ‚P1‘/ ‚P2‘ markiert.

Als Arbeitslänge wurde die Strecke von dem Punkt, an dem der Hauptast unter dem Jochbogen hervorkommt, bis zu dem Punkt, an dem entweder der frontale oder parietale Ast 1 mm Durchmesser misst, festgelegt und mit ‚ZF‘ und ‚ZP‘ bezeichnet. Z steht hier für Os zygomaticum. Die Arbeitslänge bezeichnet die für Lappenplastik nutzbare Gefäßstrecke. Bei einer Aufzweigung auf Höhe oder unterhalb des Jochbogens hatten die 2 Arbeitslängen keine gemeinsame

Strecke. Bei zusätzlichen Bifurkationen der beiden Äste wurde 3 bzw. 4 Arbeitslängen gemessen und mit ‚ZF1‘, ‚ZF2‘, ‚ZP1‘ und ‚ZP2‘ markiert. In Abbildung 4 sind alle Längen, Durchmesser und Arbeitslängen dargestellt.





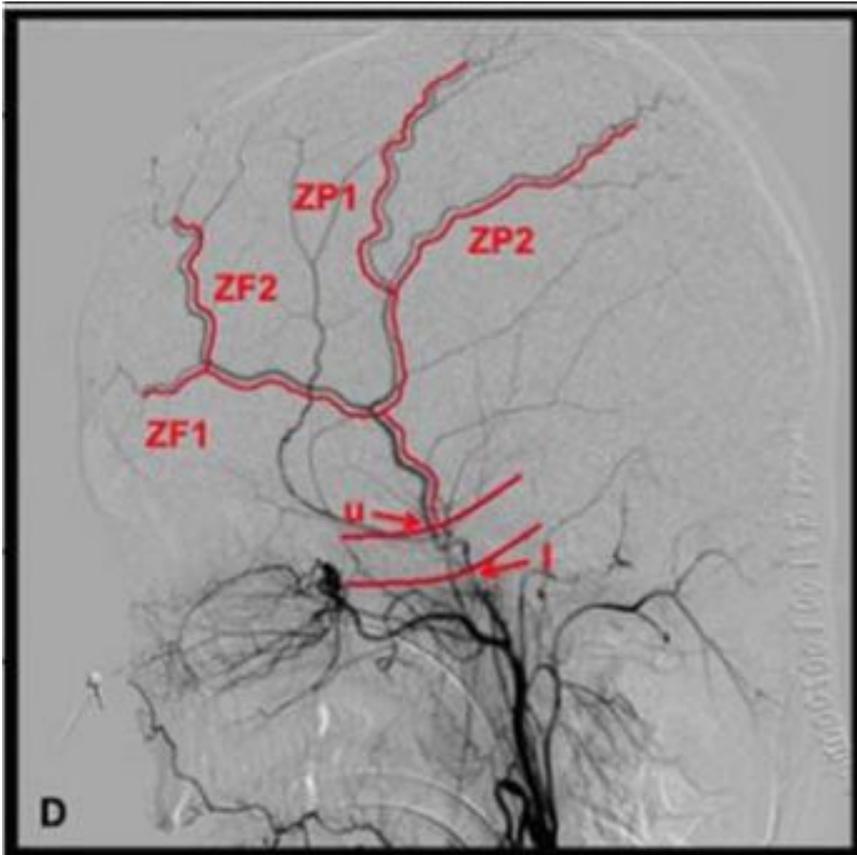


Abbildung 4. DSA-Untersuchungen der STA und ihrer Äste. **A:** die Großbuchstaben markieren die Länge folglich: Länge vom Ursprung bis zur Bifurkation (C), Länge zwischen Bifurkation und Höhe, wo der Innendurchmesser 1 mm misst (F, P), Länge zwischen frontaler oder parietaler Bifurkation und dem Punkt, wo der Durchmesser 1mm misst (F1, F2, P1 und P2). **B:** die Kleinbuchstaben markieren die Innendurchmesser folgenderweise: Ursprung (o), Hauptbifurkation (b), frontaler Ast (f) und parietaler Ast (p) nach Aufzweigung, Bifurkation des frontalen Astes (bf), Bifurkation des parietalen Astes (bp), frontale Äste nach Bifurkation des frontalen Astes (f1 und f2), parietale Äste nach Bifurkation des parietalen Astes (p1 und p2), aurikulärer Ast (a) **C:** ‚Arbeitslänge‘ des frontalen Astes (ZF) und parietalen Astes (ZP), Innendurchmesser des Hauptstammes am unteren und oberen Rand (uf, up) sowie am unteren Rand des Zygomas (lf, lp). **D:** ‚Arbeitslängen‘ von zusätzlichen frontalen und parietalen Ästen (ZF1, ZF2, ZP1, ZP2) und Innendurchmesser am oberen Rand (u) und unteren Rand (l) des Jochbogens (Manoli et al. 2016)

2.3 Grafiken und statistische Methoden

Die Mittelwerte und Standardabweichungen wurden in Excel berechnet. Alle Abbildungen und Diagramme wurden in Excel und die DSA-Abbildungen wurde in GIMP-Programm Version 2.9 für Bildbearbeitung erstellt. Die statistischen Tests wurden mit Hilfe des SPSS-Programmes Version 21 durchgeführt.

2.3.1 Der Exakte Fischer-Test

Anhand des exakten Tests nach Fisher wurde untersucht, ob die Einteilung des Verlaufsmusters in einer der oben genannten Gruppen seitenabhängig ist.

2.3.2 Der Zweistichproben-t-Test für abhängige und unabhängige Variablen

Der Zweistichproben-t-Test für abhängige Variablen wurde zwischen den Messwerten der rechten und linken Seite für die Durchmesser o, b, f und p sowie für die Längen C, F und P angewandt. Zudem wurde der Zweistichproben-t-Test für unabhängige Variablen zwischen den Werten der weiblichen und männlichen Patienten für die Durchmesser o, b, f und p und für die Längen C, F und P für beide Seiten separat genutzt.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv und Variationen des Verlaufes der STA

Diese Ergebnisse wurden in der Arbeit ‚In vivo analysis of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography‘ von Medved et al. in der Zeitschrift *Microsurgery* publiziert (Medved et al. 2015).

Von den 100 Patienten mussten 7 ausgeschlossen werden. Von diesen 7 Patienten hatte ein Patient eine Mikrozephalie und war jünger als 16 Jahre, ein weiterer Patient hatte eine extrakraniellen AV-Malformation und ein weiterer Patient hatte ein PACHE-Syndrom mit Gefäßanomalien der A. carotis interna und war erst 3 Jahre alt. Drei Patienten hatten Bypass-Operationen und ein weiterer Patient erlitt ein Schädel-Hirn-Trauma mit darauffolgender Trepanation der Schädelkalotte auf der untersuchten Seite. Übrig blieben 93 Patienten im Alter von 16 bis 79 Jahren. Von diesen waren 47 weiblich und 46 männlich. Bei 38 der 93 Patienten waren DSAs beider Arterien durchgeführt worden. Hiervon wiederum waren 21 Patienten weiblich und 17 männlich. Die Händigkeit konnte aus der dokumentierten neurologischen Untersuchung bei 17 Patienten nicht ermittelt werden. Aus den 76 verbliebenen Patienten waren 67 Rechtshänder (88%).

Von den 93 Patienten hatten 83 (89,2%) einen klassischen Verlauf, in dem sich die STA in einen frontalen und einen parietalen Ast aufteilt, damit gehörten diese zur Gruppen A, B, C oder E. Zur Gruppe A gehörten 37 Patienten (39,8%). Gruppe B bestand aus 8 Patienten (8,6%). Zwei Patienten (2,2%) hatten eine zusätzliche Bifurkation des frontalen Astes, drei Patienten (3,2%) eine zusätzliche Aufzweigung des parietalen Astes und drei weitere Patienten wiesen Aufzweigungen beider Äste auf. Zur Gruppe C gehörten 21 Patienten (22,6%). Neun Patienten (9,7%) besaßen einen atrophen parietalen Ast, sieben (7,5%) hatten einen frontalen atrophen Ast und bei weiteren fünf Patienten (5,4%) hatten beide Äste gleich nach der Bifurkation einen Durchmesser kleiner als 1 mm.

In Gruppe D waren zehn Patienten (10,7%) die keine Bifurkation der STA aufwiesen. Bei neun Patienten (9,7%) nahm das Gefäß einen frontalen Verlauf und nur in einem Fall (1%) verlief es nach parietal. Gruppe E umfasste 17 Patienten (18,3%). In sieben Fällen (7,5%) entsprang der aurikuläre Ast aus dem Hauptstamm und in 10 Fällen (10,8%) aus dem parietalen Ast.

Die Verteilung der 5 Gruppen und ihrer Untergruppen ist in Abbildung 5 dargestellt.

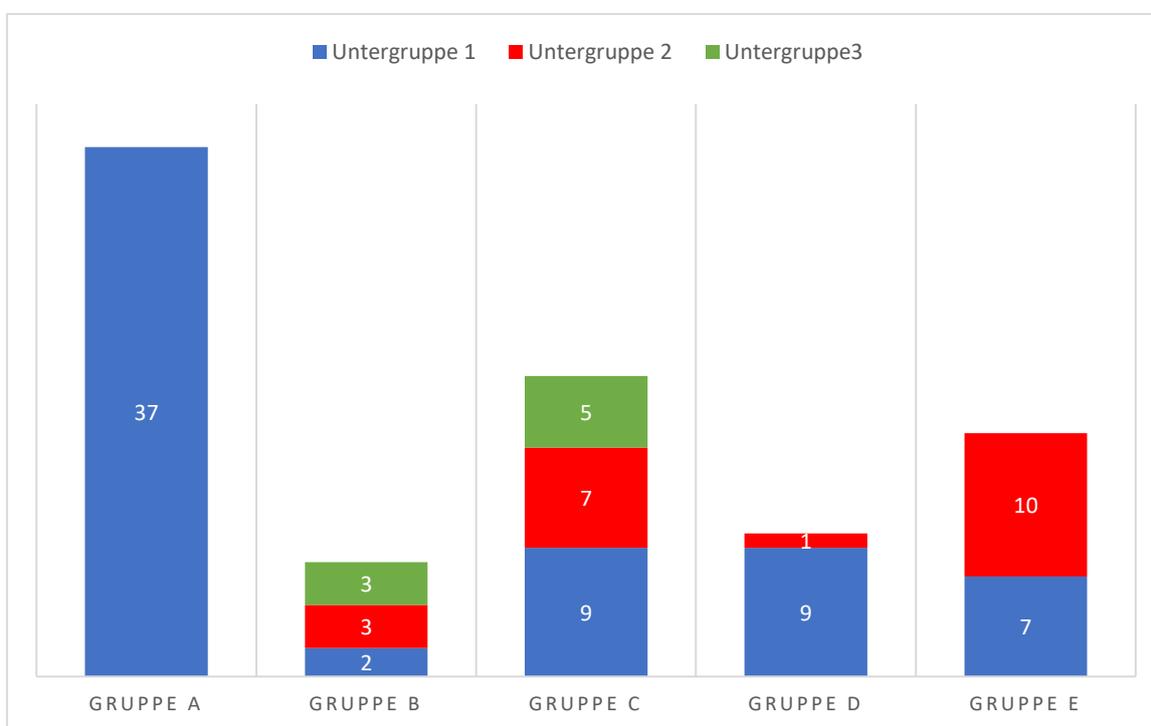


Abbildung 5. Häufigkeit der Gruppen und Untergruppen in Bezug auf die 11 Verteilungsmuster (Medved et al. 2015).

In 56 Fällen (60 %) teilte sich die Arterie oberhalb des Jochbogens auf, während bei 24 Patienten (26%) eine Aufteilung auf Höhe des Jochbogens stattfand. Nur in 3 Fällen (3 %) wies die Arterie eine Bifurkation unterhalb des Zygomas auf.

Die Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Bifurkationshöhen innerhalb der Gruppen ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3. Prozentuale Verteilung innerhalb der Gruppen bezüglich der Höhe der Bifurkation (Medved et al. 2015).

Gruppe	Bifurkation oberhalb des Jochbogens	Bifurkation auf Höhe des Jochbogens	Bifurkation unterhalb des Jochbogens
A 39,7% (n=37)	67,5% (n=25)	27% (n=10)	5,4% (n=2)
B1 2,1% (n=2)	50% (n=1)	50% (n=1)	0%
B2 3,2% (n=3)	66% (n=2)	33% (n=1)	0%
B3 3,2% (n=3)	66% (n=2)	33% (n=1)	0%
C1 9,6% (n=9)	55% (n=5)	45% (n=4)	0%
C2 7,5% (n=7)	86% (n=6)	14% (n=1)	0%
C3 5,4% (n=5)	60% (n=3)	40% (n=2)	0%
D1 9,6% (n=9)	-	-	-
D2 1% (n=1)	-	-	-
E1 7,5% (n=7)	70% (n=5)	30% (n=2)	0%
E2 10,7% (n=10)	70% (n=7)	20% (n=2)	10% (n=1)
Summe (n=93)	60,2% (n=56)	25,8% (n=24)	3,2% (n=3)

3.2 Chirurgisch relevante Durchmesser

Um die Eignung der STA und ihrer Äste für mikrochirurgische Eingriffe zu bestimmen, wurde der Innendurchmesser des Hauptstammes und der Hauptäste bestimmt und in Abbildung 6 zusammengefasst. Der mittlere Durchmesser der STA gemessen an ihrem Ursprung war $2,4 \pm 0,6$ mm mit einer Spannweite von 1,2 - 4,5 mm. Auf Höhe der Bifurkation betrug der mittlere Durchmesser $1,7 \pm 0,5$ mm (Spw 1,0 - 3,5 mm). Direkt nach der Bifurkation hatte der frontale Ast einen Durchmesser von $1,3 \pm 0,6$ mm (Spw 0,4 - 3,3 mm). Dieses war geringfügig größer als der mittlere Durchmesser des parietalen Astes, welcher sich auf $1,2 \pm 0,4$ mm (Spw 0,5 - 2,7 mm) belief.

In Gruppe D wurden lediglich der Durchmesser am Ursprung bestimmt.

Für Gruppe B wurden sowohl die Durchmesser an der ersten Bifurkation als auch die Durchmesser an den zusätzlichen Aufzweigungen und deren jeweiligen Ästen bestimmt. Eine detaillierte Ansicht dieser Werte ist in Tabelle 5 dargestellt.

Der Durchmesser des zusätzlichen aurikulären Astes aus Gruppe E besaß einen Durchmesser von $1,0 \pm 0,2$ mm (Spw 0,5 - 1,4 mm).

In Anbetracht der großen Bedeutung des Jochbeines als Landmarke in Bezug auf den anatomischen Verlauf der STA, wurden zudem die Durchmesser sowohl am unteren als auch am oberen Rand des Jochbeines bestimmt. Im Falle einer Aufzweigung oberhalb des Jochbeines lag der Durchmesser des Hauptstammes am unteren Rand zwischen 1,0 und 3,2 mm mit einem mittleren Wert von $1,8 \pm 0,6$ mm und am oberen Rand zwischen 0,7 und 3,0 mm mit einem Mittelwert von $1,6 \pm 0,5$ mm. In den 27 Fällen, wo die Bifurkation auf Höhe oder unterhalb des Jochbeines stattfand, hatte der frontale Ast am Oberrand des Jochbogens einen mittleren Durchmesser von $1,3 \pm 0,5$ mm und der parietale Ast lag bei $1,0 \pm 0,3$ mm. Fand die Bifurkation unterhalb des Jochbeins statt, hatte der frontale Ast am Unterrand des Jochbeines einen Durchmesser von $1,1 \pm 0,2$ und der parietale Ast einen Durchmesser von $1,3 \pm 0,4$ mm.

3.3 Chirurgisch relevante Längen

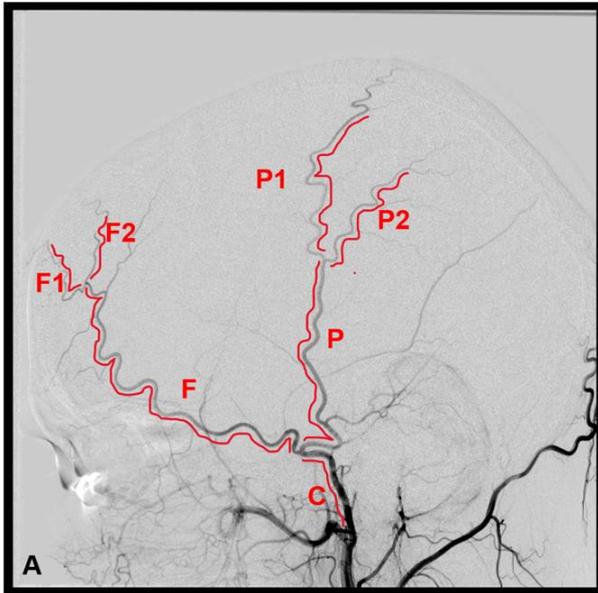
Als erstes wurde die Länge vom Ursprung der STA nach Abgang der A. maxillaris bis zur Bifurkation in einen parietalen und frontalen Ast bestimmt. Diese Länge hatte einen Wert von 60 ± 30 mm mit einer Spannweite von 12 bis 146 mm. Gruppe D wurde auch für diese Messung ausgenommen, da keine Bifurkation als Endpunkt der Längenbestimmung zur Verfügung stand.

Die nächste Messung erfolgte zwischen der Bifurkation und dem Punkt, an dem die Hauptäste 1 mm Durchmesser aufwiesen. Der frontale Ast hatte eine Länge von 103 ± 60 mm (Spw 17 - 276 mm), während sich der parietale auf 85 ± 39 mm (Spw 23 - 196 mm) belief. Aufgrund des atrophen Verlaufes des frontalen oder parietalen Astes oder der fehlenden Aufteilung mussten einige Patienten teilweise oder ganz von den letzten 2 Messungen ausgeschlossen werden. Für die 10 Fälle, wo keine Bifurkation stattfand, wurde die Messung vom Ursprung der Arterie begonnen und abhängig davon, ob es nach frontal oder parietal verlief, entweder als frontaler oder parietaler Ast gewertet.

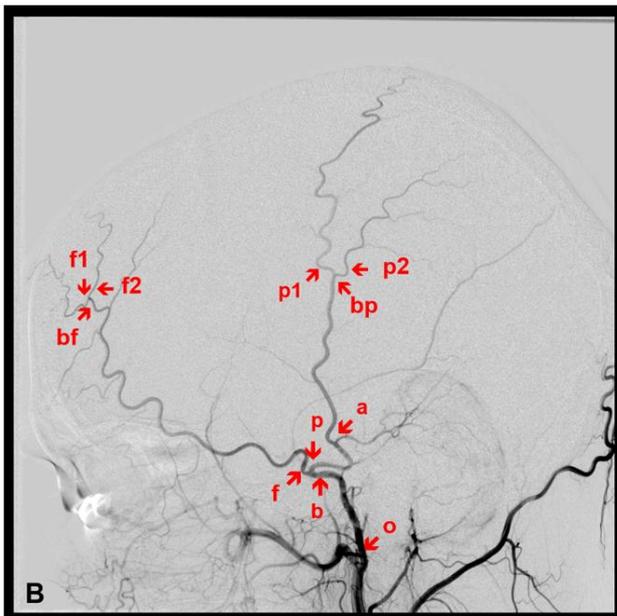
Bei den Verläufen der Gruppe B konnten mehrere Messungen durchgeführt werden. Zusätzlich zu der Länge zwischen den 2 Bifurkationen, wurden auch die Längen zwischen der 2. Aufzweigung und dem Punkt, an dem die jeweiligen Nebenäste 1 mm Durchmesser erreichten, ermittelt. Einzelne Werte hierfür sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Die Arbeitslänge der frontalen (ZF) und parietalen Äste (ZP) hatten einen mittleren Wert von 106 ± 62 mm (Spw 12 - 292 mm) bzw. 100 ± 41 mm (Spw 33 - 221 mm). Zusätzliche Arbeitslängen konnten in Gruppe B bestimmt werden.

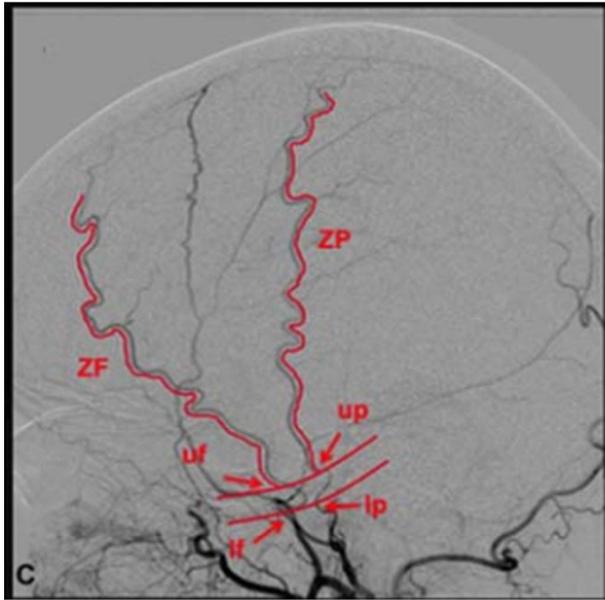
Ein Beispiel für die Messungen der Durchmesser und Längen der Hauptäste der STA ist in den Angiogrammen in Abbildung 6 dargestellt. Anbei dieser Angiogramme sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen aufgeführt.



Symbol	Länge	N
C	60 ± 30	83
F	103 ± 60	80
P	85 ± 39	70
F1	25 ± 10	5
F2	50 ± 20	5
P1	50 ± 17	6
P2	47 ± 15	6

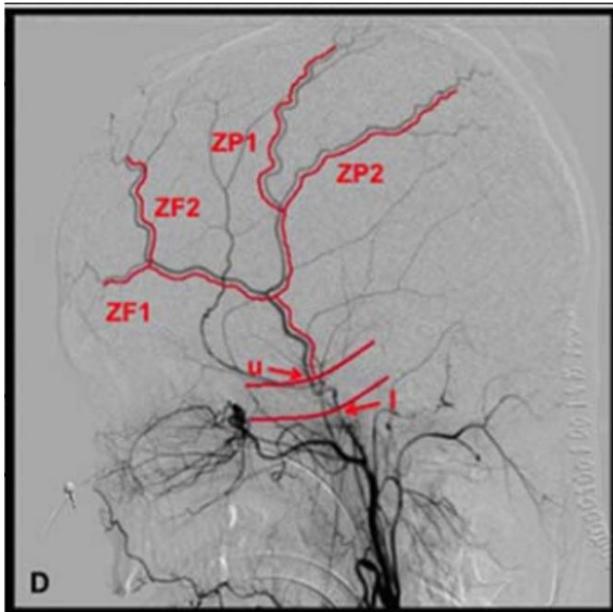


Symbol	Durchmesser	N
o	2,4 ± 0,6	93
b	1,7 ± 0,5	83
f	1,3 ± 0,6	83
p	1,2 ± 0,4	83
bf	1,6 ± 0,3	5
f1	1,1 ± 0,1	5
f2	1,2 ± 0,2	5
bp	1,3 ± 0,3	6
p1	1,2 ± 0,2	6
p2	1,1 ± 0,1	6
a	1,0 ± 0,2	17



Symbol	Durchmesser	N
lf	1,1 ± 0,2	3
lp	1,3 ± 0,4	3
uf	1,3 ± 0,5	27
up	1,0 ± 0,3	27

Symbol	Länge	N
ZF	106 ± 62	80
ZP	100 ± 41	70



Symbol	Durchmesser	N
l	1,8 ± 0,6	90
u	1,6 ± 0,5	66

Symbol	Länge	N
ZF1	135 ± 44	5
ZF2	157 ± 24	5
ZP1	148 ± 42	6
ZP2	152 ± 35	6

Abbildung 6. DSA-Untersuchungen der STA und ihrer Äste und Anzahl der Patienten für jede Messung. **A:** Großbuchstaben bezeichnen die Längen (mm) folgendermaßen: Hauptstamm (C), frontaler Ast (F), parietaler Ast (P), frontale Äste nach der zweiten Bifurkation (F1, F2) und parietale Äste nach Bifurkation (P1, P2) **B:** Kleinbuchstaben bezeichnen die Innendurchmesser (mm) auf Höhe: Ursprung (o), Hauptbifurkation (b), frontaler Ast (f) parietaler Ast (p) Bifurkation des frontalen Astes (bf), Bifurkation des parietalen Astes (bp), frontale Äste nach frontaler Bifurkation (f1, f2) und parietale Äste nach Bifurkation (p1, p2) aurikuläre Ast (a) **C, D:** Arbeitslängen des frontalen Astes (ZF, ZF1, ZF2) und parietalen Astes (ZP, ZP1, ZP2), Innendurchmesser der Hauptäste am oberen und unteren Rand des Jochbogens (u, l, uf, up, lf, lp); N= Anzahl der Probanden. (Medved et al. 2015).

In den folgenden Tabellen sind die Mittelwerte der Durchmesser und Längen mit ihrer Standardabweichung der jeweiligen Gruppen und Untergruppen dargestellt.

Tabelle 4. Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe A.

Durchmesser (mm)	A	Längen (mm)	A
o	2,5 ± 0,6	C	62 ± 31
b	1,8 ± 0,5	F	90 ± 61
f	1,4 ± 0,5	P	77 ± 39
p	1,3 ± 0,3	ZF	106 ± 61
l	1,9 ± 0,5	ZP	95 ± 41
lf	1,2 ± 0,1		
lp	1,1 ± 0,1		
u	1,7 ± 0,5		
uf	1,3 ± 0,2		
up	1,1 ± 0,2		

Tabelle 5. Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe B.

Durchmesser (mm)	B1	B2	B3
o	2,5 ± 0,6	2,2 ± 0,4	3,1 ± 0,4
b	1,7 ± 0,4	1,6 ± 0,3	2,0 ± 0,5
f	1,3 ± 0,4	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,5
p	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,3	1,6 ± 0,5
l	1,9 ± 0,2	1,5 ± 0,7	2,6 ± 0,5
u	1,4	1,7 ± 0,5	2,0 ± 0,6
uf	1,6	1,0	1,7
up	1,1	1,0	1,4
bf	1,6 ± 0,5	-	1,6 ± 0,3
f1	1,1 ± 0,1	-	1,1 ± 0,1
f2	1,2 ± 0,1	-	1,1 ± 0,2
bp	-	1,4 ± 0,5	1,4 ± 0,2
p1	-	1,1 ± 0,3	1,2 ± 0,2
p2	-	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1
Längen (mm)			
C	64 ± 22	54 ± 35	50 ± 25
F	60 ± 14	96 ± 13	127 ± 32
P	113 ± 16	65 ± 35	108 ± 59
ZF	-	120 ± 30	-
ZP	125 ± 1	-	-
F1	23 ± 2	-	28 ± 13
F2	68 ± 10	-	33 ± 7
P1	-	38 ± 10	59 ± 16
P2	-	42 ± 7	58 ± 20
ZF1	91 ± 0,2	-	164 ± 27
ZF2	140 ± 7	-	169 ± 25
ZP1	-	120 ± 28	176 ± 36
ZP2	-	130 ± 21	174 ± 34

Tabelle 6. Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe C.

Durchmesser (mm)	C1	C2	C3
o	2,5 ± 0,9	2,0 ± 0,3	1,8 ± 0,3
b	1,8 ± 0,6	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,2
f	1,5 ± 0,5	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,2
p	0,7 ± 0,1	1,3 ± 0,2	0,8 ± 0,1
l	1,9 ± 0,8	1,5 ± 0,3	1,4 ± 0,3
u	1,5 ± 0,4	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,4
uf	1,7 ± 0,7	0,7	0,7 ± 0,1
up	0,7 ± 0,1	1,1	0,8 ± 0,07
Längen (mm)			
C	57 ± 25	78 ± 18	48 ± 15
F	114 ± 77	-	-
P	-	90 ± 48	-
ZF	123 ± 76	-	-
ZP	-	-	117 ± 59

Tabelle 7. Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe D.

Durchmesser (mm)	D1	D2	Längen (mm)	D1	D2
o	2,1 ± 0,7	1,7	F	130 ± 80	
l	1,6 ± 0,5	1,2	P	-	160
u	1,3 ± 0,4	1,0	ZF	82 ± 70	
			ZP		98

Tabelle 8. Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe E.

Durchmesser (mm)	E1	E2	Längen (mm)	E1	E2
o	2,5 ± 0,6	2,5 ± 0,5	C	83 ± 47	38 ± 15
b	1,8 ± 0,5	1,9 ± 0,5	F	114 ± 26	116 ± 47
f	1,4 ± 0,7	1,6 ± 0,5	P	89 ± 29	97 ± 39
p	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,3	ZF	106 ± 71	114 ± 52
l	1,9 ± 0,8	2,0 ± 0,6	ZP	119 ± 37	89 ± 29
lf	-	1,0			
lp	-	1,7			
u	2,0 ± 0,6	1,7 ± 0,5			
uf	1,0	1,8 ± 0,5			
up	1,3 ± 0,3	1,3 ± 0,3			
a	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,2			

3.4 Intraindividueller Vergleich

Alle Ergebnisse bezüglich des intraindividuellen Vergleiches wurden in der Arbeit ‚Bilateral comparison of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography‘ von Manoli et al. in der Zeitschrift Surgical and Radiologic Anatomy publiziert (Manoli et al. 2016).

3.4.1 Einteilung in die verschiedenen Gruppen

Von den 38 bilateralen Untersuchungen zeigten nur 10 Fälle (26 %) den gleichen Verlauf auf beiden Seiten gemäß der oben beschriebenen Unterteilung in die 11 definierten Gruppen und Untergruppen. Von diesen 10 Fällen hatten sechs Individuen einen zur Gruppe A gehörigen Verlauf, zwei weitere gehörten zur Untergruppe C1, ein anderer Patient gehörte zur Untergruppe C3 und schließlich der 10. Fall gehörte zur Untergruppe E1. Nur 2 weitere Fälle konnten in derselben Gruppe eingeteilt werden, und zwar in Gruppe C, gehörten aber zu unterschiedlichen Untergruppen. Alle anderen 26 Patienten hatten sehr unterschiedliche Verläufe der STA im Seitenvergleich.

Auf der rechten Seite hatten 14 Patienten einen klassischen Verlauf mit einem einzigen frontalen und parietalen Ast, während auf der linken Seite 17 Patienten diesen Verlauf zeigten. Fünf Patienten hatten einen Verlauf typisch für Gruppe B mit einer zusätzlichen Bifurkation des frontalen, des parietalen, oder beider Äste auf der rechten Seite, während dieser Verlauf auf der linken Seite nur bei zwei Patienten beobachtet wurde. Die gleiche Anzahl von Patienten, nämlich 12, hatten einen Typ C Verlauf sowohl auf der rechten Seite und als auch auf der linken Seite. Zwei Patienten hatten auf der rechten Seite keine Bifurkation, während bei 5 Patienten auf der linken Seite ein Verlauf zugehörig zur Gruppe D beobachtet wurde. Auf der rechten Seite hatten 5 Patienten einen zusätzlichen aurikulären Ast, während auf der linken Seite nur 2 diese zusätzliche Abzweigung zeigten.

Eine Abhängigkeit zwischen dem Verteilungsmuster in den 5 Gruppen auf der rechten oder linken Seite konnte nicht gefunden werden ($p_A = 0.641$, $p_B = 0.430$, $p_C = 1$, $p_D = 0.430$, $p_E = 0.430$). Diese Werte wurden mittels des exakten Fisher-Test errechnet.

Die prozentuale Verteilung der Aufzweigungsmustern entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den verschiedenen Gruppen sind in Abbildung 7 dargestellt. Des Weiteren sind in Abbildung 8 die Patienten mit übereinstimmenden Verlaufsmuster auf beiden Seiten bezüglich der Hauptgruppen abgebildet.

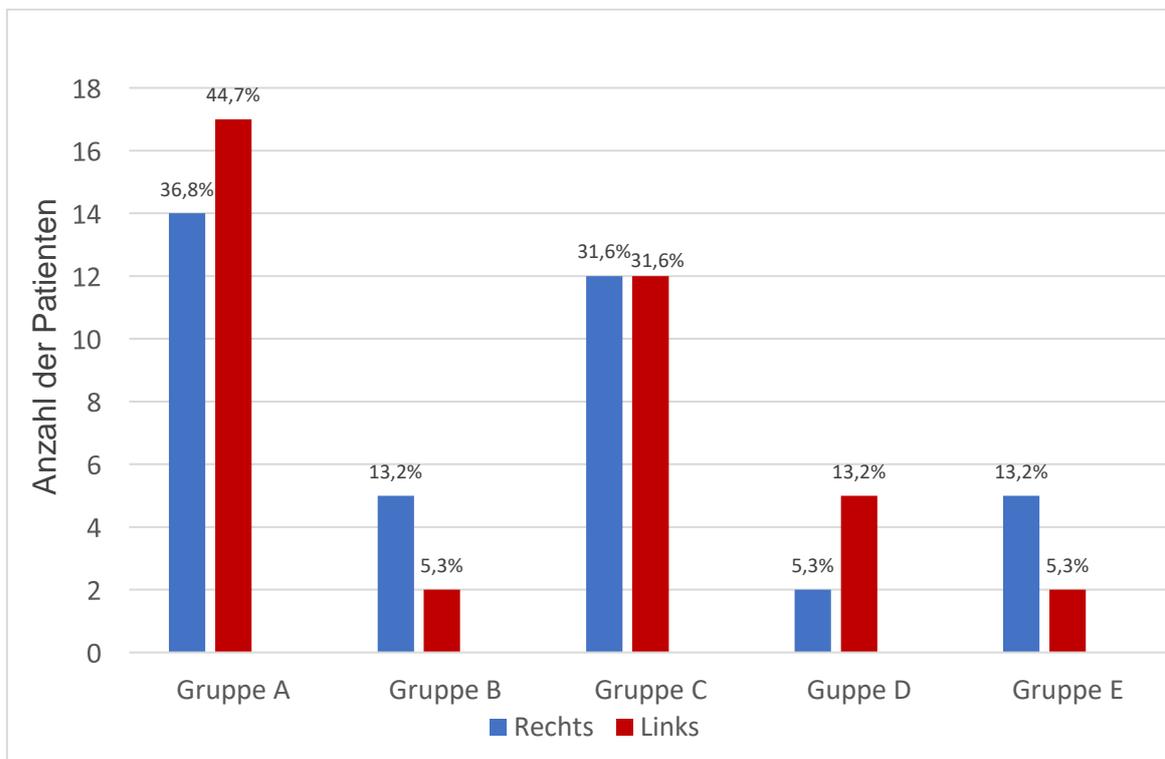


Abbildung 7. Prozentuale Vergleich der bilateralen Verläufe in Bezug auf den 5 Gruppen (Manoli et al. 2016).

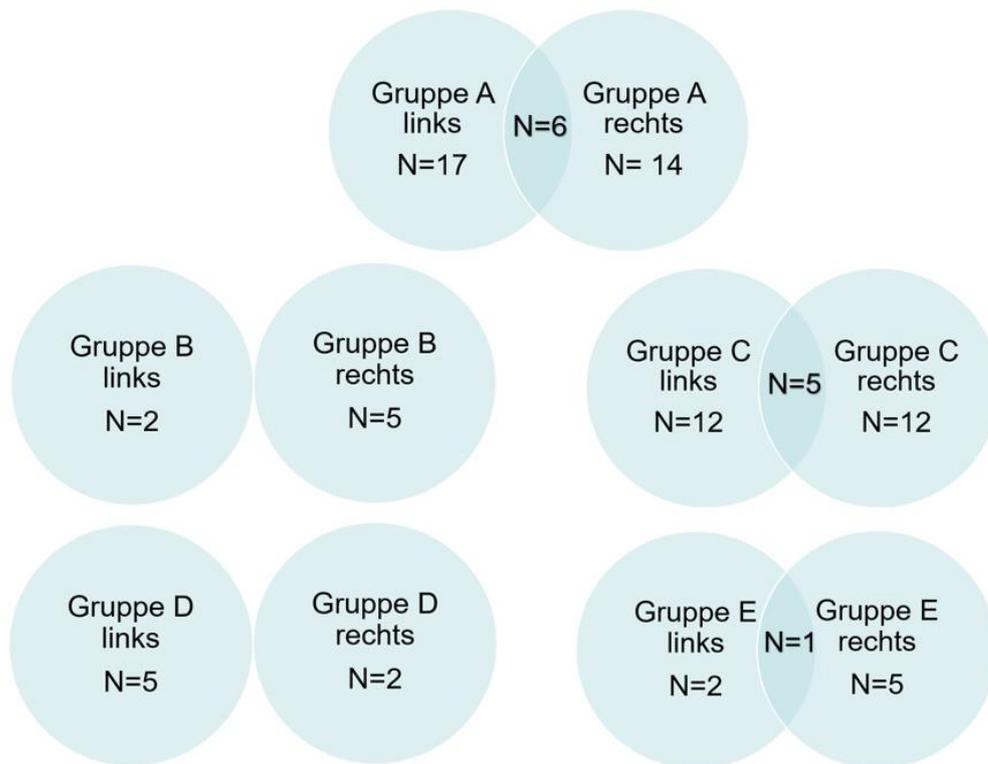


Abbildung 8. Anzahl der Patienten (N) mit übereinstimmenden Verlaufsmustern auf beiden Seiten in Bezug auf die Hauptgruppen.

3.4.2 Durchmesser und Längen im intraindividuellen Vergleich

Am Ursprung (o) der STA hatte der Durchmesser einen mittleren Wert von 2,3 mm auf der rechten Seite und einen mittleren Wert von 2,0 mm auf der linken Seite. Auf Höhe der Bifurkation (b) konnte ein Durchmesser von 1,6 mm auf der rechten und 1,5 mm auf der linken Seite gemessen werden. Der mittlere Durchmesser des frontalen Astes (f) war 1,3 mm rechts und 1,2 mm links, während der parietale Ast einen mittleren Wert von 1,2 mm rechts und 1,1 mm links hatte. Die Mittelwerte der Durchmesser für o, b, f und p für beide Seiten sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9. Verteilung und Mittelwerte der Innendurchmesser der STA am Ursprung (o), an der Bifurkation (b), des frontalen Astes (f) und des parietalen Astes (p) für die jeweiligen Seiten. Die Anzahl an Patienten mit größer oder gleichem Durchmesser auf der rechten Seite verglichen mit der linken Seite zeigen die 2 letzten Spalten. R: rechts, L: links, N: Anzahl der Patienten; p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-Test (Manoli et al. 2016).

Symbol	Seite	N	Durchmesser (mm)	Mittlere Differenz (mm)	R > L/N	R = L/N	p-Wert
o	R	38	2,3	0,3	24/38	7/38	0.0009
	L	38	2,0				
b	R	36	1,6	0,1	19/31	5/31	0.006
	L	33	1,5				
f	R	36	1,3	0,1	15/31	4/31	0.320
	L	33	1,2				
p	R	36	1,2	0,1	20/31	3/31	0.030
	L	33	1,1				

Je größer das Gefäß, desto klarer die Differenz zwischen rechter und linker Seite. Auf der rechten Seite waren die Werte o, b und p signifikant größer als die auf der linken Seite ($p_o = 0.0009$, $p_b = 0.006$, $p_f = 0.320$, $p_p = 0.030$). Diese Werte wurden mittels dem Zweistichproben-t-Test berechnet und in Boxplots in Abbildung 9 dargestellt.

Prozentual ausgedrückt waren die Durchmesser o in 63% (24/38) der Fälle, b in 61% (19/31) und p in 65% (20/31) der Fälle auf der rechten Seite größer als auf der linken Seite. Der Durchmesser f war nur bei 15 von 31 Patienten (48%) auf der rechten Seite größer.

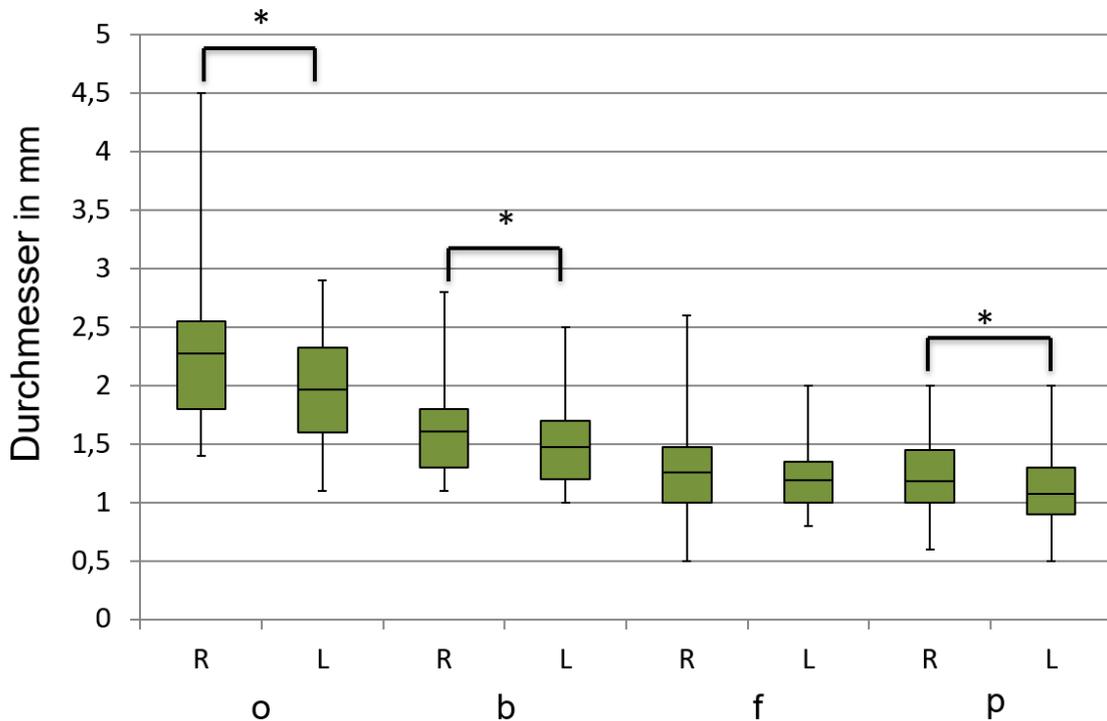


Abbildung 9. Boxplots zur Darstellung der Verteilung der Innendurchmesser der STA auf Höhe des Ursprungs (o), der Bifurkation (b), des frontalen (f) sowie des parietalen (p) Asts auf beiden Seiten. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit einem Sternchen markiert (Manoli et al. 2016).

Die durchschnittlichen Längen der Hauptäste der STA sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Die durchschnittliche Länge des Hauptstammes (C) war 56 mm auf der rechten und 47 auf der linken Seite. Die Durchschnittslängen des frontalen Astes (F) und des parietalen Astes (P) lagen bei 93 bzw. 86 mm rechts und 84 bzw. 82 mm links.

Trotz konstant höherer Werte des Hauptstammes auf der rechten Seite konnten keine signifikanten Unterschiede für die genannten Längen errechnet werden ($p_C = 0.068$, $p_F = 0.386$, $p_P = 0.222$). Auch diese Werte wurden mittels dem Zweistichproben-t-Test berechnet und in Boxplots in Abbildung 10 veranschaulicht.

Der intraindividuelle Vergleich dieser Parameter zeigte in 74 % der Fälle (23/31) für C, in 60 % der Fälle (18/30) für F und in 56% für P höhere Werte auf der rechten Seite als auf der linken Seite.

Tabelle 10. Verteilung und Durchschnittswerte der Längen der STA im intraindividuellen Vergleich von ihrem Ursprung zur Bifurkation (C) und von der Bifurkation bis zu dem Punkt, wo der Innendurchmesser jedes Astes 1 mm erreicht (F, P). Die Anzahl der Probanden mit einer größeren Länge rechts als links sind in der letzten Spalte dargestellt. R: rechts, L: links, N: Anzahl der Probanden; p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-Test (Manoli et al. 2016).

Symbol	Side	N	Längen (mm)	Mittlere Differenz (mm)	R > L/N	p-Wert
C	R	36	56	11	22/31	0.068
	L	33	47			
F	R	32	93	11	18/30	0.386
	L	33	84			
P	R	27	86	4	10/16	0.222
	L	23	82			

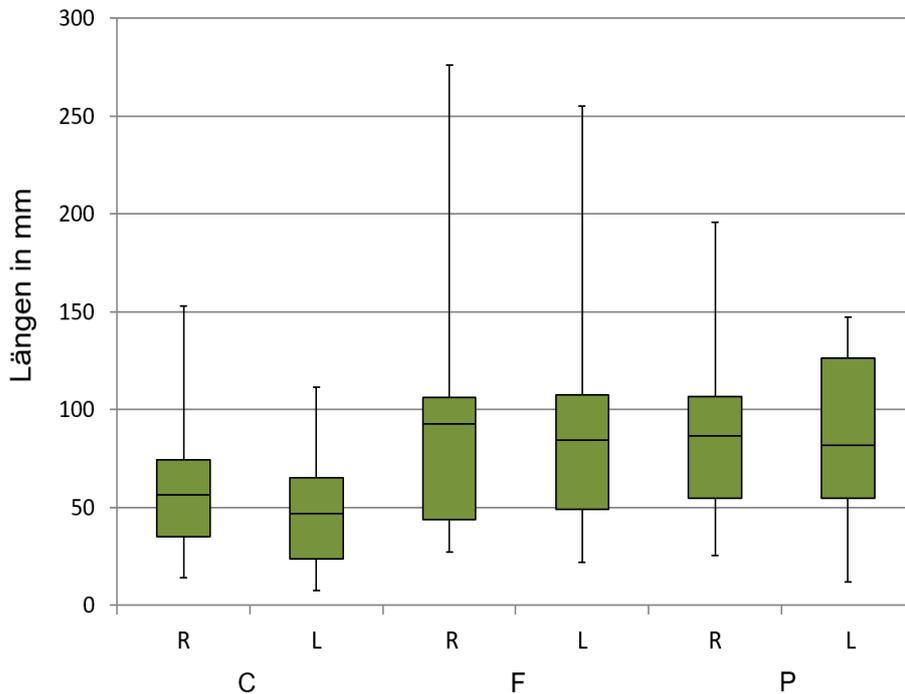


Abbildung 10. Boxplots zur Darstellung der Verteilung der Längen des Hauptstammes C sowie der Äste (F, P) im Seitenvergleich (Manoli et al. 2016).

Ein weiterer interessanter Aspekt war der Einfluss des Geschlechtes auf das Kaliber und auf die Länge der STA. In Tabelle 11 sind die Durchmesser der STA am Ursprung, an der Bifurkation und die Durchmesser des frontalen und parietalen Astes sowie die Längen des Hauptstammes und der beiden Äste für beide Seiten nach Geschlecht getrennt aufgeführt.

Alle Mittelwerte der Durchmesser waren bei den weiblichen kleiner als bei den männlichen Patienten. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern konnten bezüglich der Durchmesser des Hauptstammes (o) auf der rechten Seite ermittelt werden. Des Weiteren waren die Durchmesser auf Höhe der Bifurkation und des frontalen Astes auf beiden Seiten bei Männern signifikant größer als bei Frauen.

Zusätzlich konnte ein signifikant größerer Wert für die Länge des frontalen Astes auf der linken Seite bei Männern ermittelt werden. Die p-Werte für jeden Vergleich sind in Tabelle 11 abgebildet.

Tabelle 11. Durchschnittswerte der Durchmesser der STA auf Höhe des Ursprungs (o) der Bifurkation (b) des frontalen (f) und parietalen Astes (p) sowie die Durchschnittswerte der Längen, von Ursprung bis Bifurkation (C), zwischen Bifurkation und dem Punkt wo der Innendurchmesser 1 mm erreicht (F, P) für jede Seite und jedes Geschlecht (M: männlich, W: weiblich); p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-Test angewandt auf die Werte für Männer und Frauen (Medved et al. 2015).

Symbol	Seite	M (mm)	W (mm)	p-Wert
o	R	2,5	2,0	0.008
	L	2,1	1,8	0.080
b	R	1,7	1,5	0.051
	L	1,6	1,3	0.006
f	R	1,4	1,1	0.052
	L	1,3	1,1	0.009
p	R	1,3	1,1	0.161
	L	1,1	1,0	0.337
C	R	51	63	0.214
	L	43	52	0.299
F	R	92	93	0.969
	L	98	63	0.050
P	R	96	70	0.146
	L	85	78	0.710

4 Diskussion

4.1 Verlauf der STA

Die STA ist der Endast der A. carotis externa, welcher in kranialer Richtung unabhängig von dessen Vene verläuft. Oft wird sie auch von mehreren kleinen Vv. comitantes begleitet. Sie entspringt unterhalb oder auf Höhe der Ohrspeicheldrüse, verläuft unterhalb des Jochbogens und versorgt zum größten Teil die Schläfenregion (Nakajima et al. 1995; Imanishi et al. 2002). Kurz oberhalb des Jochbogens teilt sie sich in der Regel in ihre Endäste auf, meistens in einem frontalen und einem parietalen Ast.

Für die plastische und rekonstruktive Chirurgie spielt die STA eine außerordentlich wichtige Rolle, da zur Deckung von Hautdefekten in der Kopf-Hals-Region verschiedene Formen von Lappenplastiken Anwendung finden, welche die STA zur Blutversorgung nutzen. Abhängig vom mittransplantierten Gewebe werden zum Beispiel der fasziokutane Temporallappen, der subgaleale Lappen oder der pericraniale Lappen, der Periost enthält, unterschieden (Ausen & Pavlovic 2011; Tan et al. 2007; Roncevic & Stajcic 1994; Casanova et al. 1986; Marty et al. 1986).

Komplexe Lappen mit Teilen der Schädelkalotte können unter Nutzung des oberflächlichen, temporalen Gefäßsystems zur Blutversorgung gewonnen werden. Neben diesen Lappen, die hauptsächlich an der STA gestielt sind, werden auch solche beschrieben, die, wie der tiefe temporale Faszienlappen oder der temporale Muskellappen, an der tiefen und mittleren Temporalarterie gestielt sind (Musolas et al. 1991; Conley 1972).

Die tiefe Temporalarterie entspringt für gewöhnlich aus der A. maxillaris, während die mittlere Temporalarterie ein früher Ast der STA ist. Meistens entspringt sie schon unterhalb des Jochbogens (David & Cheney 1995; Sashi et al. 1996).

Dennoch haben Lappenplastiken, welche an der STA gestielt sind, bessere anatomische Eigenschaften zur Deckung von Defekten im Kopf-Hals-Bereich (Pinto et al. 2008; Surej Kumar & Kannan 2001; Fabrizio et al. 2000; Pinar &

Govsa 2006). Auch freie Lappenplastiken wie der temporoparietale Fasziennappen zur Extremitätenrekonstruktion wurden beschrieben. Die STA gewinnt zudem auch immer mehr an Wichtigkeit als Empfängergefäß (Rose & Norris 1990; Shimizu et al. 2009; Halvorson et al. 2009; Sieg et al. 2000; Davison & Capnoe 2011).

Die genaue Beschreibung des Verlaufes, der Aufteilung und der Dimensionen der STA in der bisherigen Literatur basiert vorwiegend auf Kadaverstudien, welche die in vivo Situation nicht zu 100 % wiedergeben können (Stock et al. 1980). Radiologische Untersuchungen wie die DSA oder multidetector-row Computerangiographien sind vielversprechende Methoden für anatomische Studien am lebenden Organismus (Zhao et al. 2013; Zhang et al. 2014).

Eustathianos beschrieb im Jahre 1932 als Erster den Verlauf der STA (Eustathianos 1932). Er stützte seine Ausführungen auf die Untersuchung von Kadavern. Eine Aufteilung in einen parietalen und einem frontalen Ast konnte er in 75 % der Fälle feststellen. Weitere Studien unterstützten die Beobachtung, dass der am häufigsten beobachtete Verlauf, eine Aufzweigung in einen frontalen und parietalen Ast beinhaltet. In 80% der Fälle fand diese Aufteilung nach Passieren des Jochbogens statt. Anhand der Aufteilung und ihrer Höhe beschrieb er 5 Verteilungsmuster.

Es war die Arbeitsgruppe von Marano die bei der Untersuchung von 50 Kadavern mehrere Verlaufsmuster beobachtete. Hier wurden 10 Variationen beschrieben, wobei das häufigste Muster mit 66% die Aufteilung in einen frontalen und einen parietalen Ast zeigte (Marano et al. 1985). Wir haben in unserer Studie 11 Variationen beschrieben, 5 Hauptgruppen mit bis zu 3 Subtypen. Eine Bifurkation auf Höhe des Jochbeines war in Maranos Arbeit eine Gruppe für sich. In dieser Arbeit wird dieses Kriterium separat behandelt. Zwei weitere Gruppen von Marano haben eine atrophische STA auf Höhe bzw. unterhalb der Bifurkation. Dies kam in unserer Studie nicht vor.

In Bezug auf die beschriebenen Bifurkationshöhen stimmen unsere Ergebnisse, mit denen die in der Literatur zu finden sind, überein. Am häufigsten teilt sich die Arterie oberhalb des Jochbeines auf.

Ricbourg unterteilte den Verlauf in 3 Segmente. Das erste Segment umfasst den Verlauf innerhalb der Ohrspeicheldrüse, das zweite Segment den Verlauf auf Höhe des Jochbogens, das dritte Segment beschreibt den subkutanen Verlauf kranial des Jochbeines (Ricbourg et al. 1975). Das letzte Segment wird auch in unserer Arbeit genauer untersucht. Eine weitere Beobachtung von Ricbourg war der Abgang der A. zygomaticoorbitalis. Diese entspringt entweder aus dem Hauptstamm der STA oder aus dem frontalen Ast. Folglich stellte er zwei Gruppen auf. Basierend auf dieser Einteilung untersuchte später Ndiaye 50 Kadaver der schwarzen Bevölkerung (Ndiaye et al. 2004). Beide Autoren konnten einen viel häufigeren Ursprung der A. zygomaticoorbitalis aus dem Hauptstamm feststellen. In letzterer Studie gehörten 93% zur ersten Gruppe und nur 7 % zur zweiten. Ein ethnischer Unterschied konnte bezüglich dieser Aufteilung nicht festgestellt werden. Weitere Verläufe oder Messungen wurden nicht untersucht bzw. durchgeführt.

Chen et al. beschäftigten sich auch mit ethnischen Unterschieden, und zwar in Falle der chinesischen Bevölkerung und verglichen deren Ergebnisse mit denen von Stock. Sowohl letzterer als auch wir konnten eine Aufteilung oberhalb des Jochbogens in ca. 60 % der Fälle feststellen. Chen jedoch konnte dies in 86,5% der 52 untersuchten Arterien beobachten (Chen et al. 1999).

Vergleichen wir die Ergebnisse auch mit anderen Autoren wie z.B. Marano oder Pinar haben diese auch viel höhere Zahlen bezüglich der Aufteilung oberhalb des Jochbogens. Somit kann die Behauptung, dass es einen ethnischen Unterschied zwischen chinesischer und kaukasischer Bevölkerung gäbe, widerlegt werden. Auch die Ergebnisse von Tayfur et al. waren, zumindest in Bezug auf die Bifurkation oberhalb des Jochbogens, unseren sehr ähnlich (Abdul-Hassan et al. 1986; Marano et al. 1985; Pinar & Govsa, 2006; Tayfur et al. 2010). Die Ergebnisse der verschiedenen Autoren sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12. Prozentuale Verteilung bezüglich der Bifurkation in verschiedenen Arbeiten (Manoli et al. 2016, Stock et al. 1980, Marano et al. 1985, Chen et al. 1999, Pinar et al. 2006, Tayfur et al. 2010, Medved et al. 2015).

Höhe der Bifurkation	kranial des Jochbogens (%)	Auf Höhe des Jochbogens (%)	kaudal des Jochbogens (%)
Stock	60	32	8
Marano	88	4	4
Chen	86,5	3,8	9,6
Pinar	74	22	-
Tayfur	62	-	38
Medved	60,2	25,8	3,2

Song et al. beschrieben zum ersten Mal die Arteria auricularis als konstanten Ast der STA, welcher anterior der Helix verläuft. Mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 0,8-0,9 mm endet der Ast in einer Anastomose mit der posterioren Arteria auricularis. Der durchschnittliche Durchmesser dieses Astes lag in unserer Arbeit bei 1,0 mm, was mit den Ergebnissen von Song übereinstimmt (Song et al. 1996). Moschella beschrieb die A. auricularis in allen 13 untersuchte Kadaver. In 44% der Fälle entsprang diese aus dem Hauptstamm und in 56% aus dem parietalen Ast. Der durchschnittliche Durchmesser lag bei 0,8 mm (Moschella et al. 2003). Im Vergleich dazu konnten wir nur bei 17 von 93 Probanden eine A. auricularis beobachten.

Auch die Durchmesser und verschiedenen Längen wurden von mehreren Autoren festgehalten. Upton und Roger haben auf Höhe des Jochbogens einen Durchmesser von 1,8 bis 2,1 mm bei Erwachsenen und 0,8 mm bei Kindern gemessen (Upton et al. 1986). Ausen und Pavlovic beschrieben einen Durchmesser von 2 mm des Hauptstammes nach Durchquerung der Ohrspeicheldrüse und von 1,6 mm der jeweiligen Äste kurz nach der Bifurkation (Ausen & Pavlovic 2011).

Stock et al. untersuchten sowohl Kadaver als auch Radiographien und verglichen zum ersten Mal direkt die Ergebnisse. In beiden Fällen wurde am häufigsten eine Aufzweigung in einen frontalen und parietalen Ast beschrieben. Die Durchmesser des Hauptstammes und der einzelnen Äste waren jedoch in den Angiographien kleiner als in den Kadaveruntersuchungen. Auch war der frontale Ast in den Angiographien größer, während in der Kadaverstudie der parietale Ast einen größeren Durchmesser hatte. Anhand dieser Ergebnisse kann die Aussage gemacht werden, dass Untersuchungen an lebenden Organismen sich von denen an Kadavern unterscheiden (Stock et al. 1980).

Um einen adäquaten Vergleich zu ermöglichen, entschied sich Chen in seiner Studie von 26 Kadavern genau dieselben Messungen wie Stock, anhand derselben Landmarken durchzuführen (Chen et al. 1999). Der Durchmesser der STA und ihrer Äste wurde genau 1 cm vor bzw. nach der Bifurkation gemessen. Vergleicht man die Ergebnisse von Chen et al. mit denen von Stock, sind diese sehr ähnlich, jedoch nur im Falle der Kadaveruntersuchungen. Interessanterweise sind unsere Messungen bezüglich der Durchmesser des frontalen und parietalen Astes mit den radiologischen Ergebnissen von Stock, trotz verschiedener Messpunkte, sehr ähnlich.

So ist ein Vergleich zwischen Studien leider nur selten möglich, da fast jeder Autor sich eine andere Landmarke für die Messung von Durchmesser und Längen ausgesucht hat. In Tabelle 13 und 14 ist eine detaillierte Übersicht dargestellt.

Tabelle 13. Vier verschiedene Lokalisationen zur Messung des Innendurchmessers der STA und ihre Standardabweichungen (Stock et al. 1980, Marano et al. 1985, Chen et al. 1999, Pinar et al. 2006, Tayfur et al. 2010, Medved et al. 2015).

Autoren	Ursprung (o)	Auf Höhe des Jochbogens	1 cm vor Bifurkation	An der Bifurkation (b)
Stock(radiological)	-	-	1,9 ± 0,7	-
Stock (cadaveric)	-	-	2,0 ± 0,3	-
Marano	-	2,2	-	1,9
Chen	-	-	2,1 ± 0,5	-
Pinar	-	2,7 ± 0,5	-	-
Tayfur	-	2,5	-	-
Medved	2,4 ± 0,6	1,6 ± 0,6	-	1,7 ± 0,5

Tabelle 14. Zwei Lokalisationen zur Messung der Durchmesser der Äste und ihre Standardabweichungen (Stock et al. 1980, Marano et al. 1985, Chen et al. 1999, Pinar et al. 2006, Tayfur et al. 2010, Medved et al. 2015).

Autoren	Frontaler Ast nach Bifurkation	Parietaler Ast nach Bifurkation	Frontaler Ast 1 cm nach Bifurkation	Parietaler Ast 1 cm nach Bifurkation
Stock (radiologisch)	-	-	1,4 ± 0,4	1,3 ± 0,5
Stock (Kadaver)	-	-	1,7 ± 0,5	1,8 ± 0,3
Chen	-	-	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2
Pinar	-	-	2,1 ± 0,5	1,8 ± 0,5
Tayfur	2	1,8	-	-
Medved	1,3 ± 0,6	1,2 ± 0,4	-	-

Marano et al. beschrieben in deren Arbeit, die auch anhand von Kadaveruntersuchungen gemacht wurde, zum ersten Mal die sogenannte Arbeitslänge zygomafrontal (ZF) und zygomaparietal (ZP). Erstere hatte eine Länge von 99 mm und letztere von 106 mm (Marano et al. 1985). In der aktuellen Untersuchung ergaben sich nahezu dieselben Messlängen mit jedoch umgekehrter Verteilung. Unsere Studie lieferte für ZF einen Wert von 106 mm und für ZP einen Wert von 100 mm.

Tabelle 15. Längen (F, P) und Arbeitslängen (ZF, ZP) in verschiedenen Studien (Marano et al. 1985, Tayfur et al. 2010, Medved et al. 2015).

Autoren	F (mm)	P (mm)	ZF (mm)	ZP (mm)
Marano	71	79	99	106
Medved	103	85	106	100
Tayfur	114	115	-	-

4.2 Intraindividueller Vergleich

4.2.1 Unterschiede bezüglich des Verlaufsmuster

Des Weiteren wurde geprüft ob, aus der Kenntnis des Verlaufsmusters der STA auf einer Körperseite, Aussagen zum Verlauf auf der Gegenseite gemacht werden können. Es wurde daher auch untersucht, ob intraindividuelle Unterschiede zwischen den Verlaufsmustern und den chirurgisch relevanten Parametern wie Durchmesser und Länge existieren.

Von den 93 Patienten hatten 38 DSA-Untersuchungen beider Seiten und von diesen zeigten nur 10 Probanden den gleichen Verlauf beidseits. Deshalb kann mit Sicherheit behauptet werden, dass der Verlauf der STA auf der einen Seite keine Rückschlüsse über den Verlauf der STA auf der anderen Seite geben kann. Diese Beobachtung ist sehr wichtig, wenn beide Arterien als blutversorgende Gefäße für die Deckung von größeren Defekten im Kopf-Hals-Bereich benutzt werden sollen.

Von den 10 Patienten mit bilateral gleichem Verlauf zeigten 6 einen Verlauf gemäß unserer Gruppe A, welche auch sonst die am häufigsten vorkommende Gruppe ist. Drei der restlichen 10 Individuen zeigten ein Verlaufsmuster zugehörig zur Gruppe C, allerdings mit unterschiedlichen Subtypen. Dies ist am ehesten dadurch bedingt, dass der Verlauf der Gruppe C insgesamt am zweithäufigsten vorkommt.

Die statistische Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeit der Verlaufsdistribution, errechnet mittels exakten Test nach Fischer, zeigte keine Abhängigkeit zwischen linker und rechter Seite.

Trotz der eher kleinen Anzahl an Individuen, kann postuliert werden, dass der Verlauf der STA zufällig und völlig unabhängig von der kontralateralen Seite verläuft. Die intraindividuell gleichen Verläufe werden dadurch erklärt, dass sie zu den am häufigsten vorkommenden Verlaufsmustern gehören.

Bezüglich der Durchmesser konnte gezeigt werden, dass ein signifikanter Unterschied in σ , b und p zwischen rechter und linker Seite besteht. Diese sind

auf der rechten Seite größer (Manoli et al. 2016). Dies widerlegt die Behauptung von Pinar, der in seinen Messungen von 14 Kadaver bzw. 28 Arterien keinen signifikanten Unterschied zwischen rechter und linker Seite feststellen konnte (Pinar & Govsa 2006).

4.2.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede und Unterschiede bezüglich der Händigkeit

Macchi et al. haben die Durchmesser der A. carotis communis, sowie der A. carotis interna und externa von 230 Männern und 200 Frauen mittels Duplexsonographie gemessen. Im Vergleich zu den Männern zeigten Frauen in allen drei Arterien im Durchschnitt kleinere Kaliber (Macchi et al. 1993). Auch in unserer Gruppe konnten wir zeigen, dass die STA bei weiblichen Patienten einen kleineren Durchmesser sowohl des Hauptstammes als auch ihrer Äste hat. Was geschlechtsspezifische Unterschiede angeht, konnten wir noch in Bezug auf die gemessenen Längen einen signifikanten Unterschied des frontalen Astes feststellen, jedoch nur auf der linken Seite. Diese waren bei den untersuchten Frauen im Vergleich zu den Männern signifikant kleiner.

Bogren et al. zeigten, dass gesunde rechtshändige Individuen höhere Flussraten in der linken A. carotis interna aufwiesen als in der rechten und umgekehrt für Linkshänder. Zwischen den Aa. carotis communes konnte aber kein signifikanter Unterschied gemessen werden (Bogren et al. 1994). Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass die dominante Hemisphäre ein größeres Blutvolumen aus der A. carotis communis entzieht und dadurch für die A. carotis externa weniger verbleibt. Daher ist zu erwarten, dass die STA ein kleineres Kaliber auf der Seite der dominanten Hemisphäre bzw. ein größeres auf der Seite der Händigkeit hat. Diese Hypothese wird unterstützt durch die Arbeit von Cui et al. Hier wurden 84 Patienten mit Blutungen der Basalganglien untersucht. Die Blutung war meistens auf der rechten Seite bei linkshändigen Patienten und umgekehrt. In ihrer Arbeit konnten sie eine höhere Flussrate in der mittleren Zerebralarterie auf der Seite mit der dominanten Hemisphäre zeigen (Cui et al. 2013). In der aktuellen Studie waren die meisten Patienten rechtshändig mit

einem Durchmesser des Hauptstammes sowie des parietalen Astes signifikant größer auf der rechten als auf der linken Seite. Somit unterstützt auch unsere Arbeit die Hypothese, dass die dominante Hemisphäre mehr Blut aus der A. carotis communis bezieht. In diesem Zusammenhang interessant ist auch die Tatsache, dass bei den ebenfalls vornehmlich rechtshändigen Zugehörigen der Gruppe E mit einer zusätzlichen A. auricularis mit mindestens 1 mm Durchmesser, dieses Verlaufsmuster bei 5 Personen auf der rechten Seite auftrat und lediglich bei zweien linksseitig.

4.3 Neue anatomische Erkenntnisse bezüglich des Verlaufes der STA in Hinsicht auf plastisch chirurgische Rekonstruktionen

Als erstes konnte in dieser Studie eine bessere Einteilung der Verlaufsmuster festgelegt werden. Bis jetzt hatte Marano et al. 10 Verlaufsmuster beschrieben. Einige stimmen mit unseren überein. Zum Beispiel beschreibt er eine zusätzliche Aufteilung frontal oder parietal wie hier Untergruppe B1 und B2. Eine zusätzliche Aufteilung beider Äste wird nicht beschrieben. Des Weiteren beschreibt Marano ein Verlauf, in dem die STA vor der Bifurkation und einen weiteren Verlauf, wo die STA auf Höhe des Zygomas atroph ist (Marano et al. 1985). Diese Gruppen konnten wir nicht beobachten. Dies könnte auch daran liegen, dass unsere Untersuchungen in vivo durchgeführt wurden.

Eine weitere Beobachtung in dieser Studie war, dass Männer größtenteils signifikant größere Durchmesser haben als Frauen. Macchi et al. zeigten bereits, dass die A. carotis communis sowie ihre Äste bei Männern stets größer sind. Interessant ist, dass dies nicht unbedingt zu einem längeren Verlauf führt (Macchi et al. 1993).

Eine weitere wichtige Erkenntnis aus dieser Studie ist die Tatsache, dass die Arterie im Seitenvergleich häufiger unterschiedliche als gleiche Verlaufsmuster aufweist.

Zusammenfassend konnten die bereits vorhandene Behauptungen, dass die STA ein zuverlässiges Gefäß für die Lappenplastik im Kopf und Gesichtsbereich ist, bestätigt werden. Bei bestimmten Konstellationen, wie zum Beispiel weibliches Geschlecht, Arteriitiden oder nach Trauma mit Narbengewebe, sollte jedoch eine Bildgebung präoperativ in Erwägung gezogen werden.

4.4 Präoperative Gefäßdarstellung zur besseren Planung von Lappenplastiken

Eine sehr aufschlussreiche Studie führten Smit et al. durch, und zwar sammelten diese Daten aus insgesamt 72 publizierten Studien in Hinsicht auf die verschiedenen Methoden der Gefäßdarstellung vor Durchführung einer Lappenplastik. Fünf Untersuchungsmethoden wurden verglichen, und zwar die Dopplersonographie, Farbduplexsonographie, DSA, CTA und MRA. Natürlich befassten sich die Arbeiten mit verschiedenen Lappenplastiken, weshalb ein Vergleich schwierig ist, trotzdem können einige Behauptungen gemacht werden, wie z.B., dass die Dopplersonographie oder die Duplexsonographie sehr kostengünstig sowie non-invasive Methoden zur schnellen Darstellung der Gefäße sind. Diese Untersuchungen bedürfen jedoch einen sehr erfahrenen Untersucher (Smit et al. 2010).

Die Dopplersonographie wird zum Beispiel beim anterolateralen Oberschenkellappen eingesetzt. Yu und Youssef untersuchten 100 Patienten, bei denen ein anterolateraler Oberschenkelappen gehoben wurde. Die Lokalisation der Perforatorgefäße wurde mittels Doppler präoperativ festgestellt und mit den intraoperativen Ergebnissen verglichen. Es zeigte sich ein positiver prädiktiver Wert von 89-94% (Yu & Youssef 2006). Eine weitere Studie basierend auf demselben Prinzip der präoperativen Lokalisation der Gefäße verglichen mit intraoperativer Anatomie im Falle von insgesamt 40 DIEP- und des SGAP-Lappen zeigte eine deutlich geringere Übereinstimmung, und zwar von lediglich 52,4% (Giunta et al. 2000).

Die Farbduplexsonographie wird auch häufig eingesetzt und hat zum Vorteil in den Händen eines erfahrenen Untersuchers auch Aussagen über Kaliber und umliegende Gewebe machen zu können. Dorfmann et al. untersuchte 19 Patienten vor Durchführung eines anterolateralen Oberschenkel-Lappen mittels Farbduplexsonographie und konnte eine Übereinstimmung mit den intraoperativen Funden von 100% zeigen (Dorfman & Pu 2014).

Die CT-Angiographie ist dem MRT überlegen da es auch kleine Perforatorgefäße gut abbilden kann, dies ist bei der Planung von Perforatorlappen wie z.B. der DIEP- oder ALT- Lappen besonders hilfreich. Ein weiterer Vorteil des CTA ist die 3-D Bildgebung.

Smit et al. zeigten sogar, dass eine präoperative Gefäßdarstellung mittels CTA bei der Planung von DIEP-Lappen im Vergleich zum Doppler die Operationszeit deutlich verkürzt. Sie untersuchten 138 Patienten, bei denen eine Brustrekonstruktion mittels DIEP-Lappen durchgeführt wurde. Bei 70 Patienten wurde präoperativ eine CTA durchgeführt und bei 68 Patienten erfolgte die Gefäßdarstellung mittels Doppler. Eine signifikant kürzere Operationszeit wurde im Falle der ersten Gruppe beschrieben, und zwar 313 Minuten im Durchschnitt verglichen mit durchschnittlich 395 Minuten in der zweiten Gruppe (Smit et al. 2009).

Eine Korrelation zwischen präoperativen Gefäßdarstellung mittels CTA und postoperativ geringerer Morbidität der Spenderstelle sowie auch höhere Überlebenschancen des Lappens konnte auch festgestellt werden (Rozen et al. 2008).

Der offensichtliche Vorteil des MRA gegenüber CTA oder DSA ist die fehlende Bestrahlung sowie die fehlende Notwendigkeit eines Kontrastmittels. Die MRA ist jedoch mit hohen Kosten und viel Zeitaufwand verbunden. Patienten mit Klaustrophobie sowie Patienten mit Implantaten konnten mit dieser Methode nicht untersucht werden.

Ein weiterer Nachteil der MRA ist die Tatsache, dass lediglich Perforatorgefäße bis 1 mm Durchmesser dargestellt werden, wohingegen in der Computertomographie Gefäße bis 0,3 mm sichtbar sind (Rozen et al. 2008).

DSA-Untersuchungen wurden häufig im Zusammenhang mit Fibulalappen durchgeführt. Mit der Einführung der CTA und MRA verliert diese Untersuchung aufgrund des deutlich höheren Aufwandes und patientenbezogene Risiken, wie z.B. die Entstehung eines Aneurysmas an der Punktionsstelle, an Bedeutung (Gabriel et al. 2007).

Bezüglich des temporoparietalen Faszienlappen haben wir in der Literatursuche lediglich Gefäßdarstellung mittels Dopplersonographie gefunden (Demirdover et al. 2011; Guo et al. 2021). Diese haben unter allen Methoden der Gefäßdarstellung den geringsten prädiktiven Wert im Vergleich zu den intraoperativen Funden. Es stellt sich nun die Frage, ob eine weitere Gefäßdarstellung erfolgen sollte, um auch in Falle der Faszienlappen dieselben Vorteile zu erschaffen, wie auch bei anderen Lappenplastiken beschrieben, wie z.B. eine kürzere Operationsdauer, weniger Hebedefekte und höhere Überlebenschancen des Lappens. Insbesondere nach Traumen sollte durch eine präzisere Gefäßdarstellung eine Mitverletzung der Arterie ausgeschlossen werden.

5 Zusammenfassung

Im Feld der mikrochirurgischen Rekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich mit der STA als versorgendes Gefäß, sind genaue Kenntnisse über die Anatomie anhand von in vivo Untersuchungen von großer Wichtigkeit. Nicht nur im plastisch rekonstruktiven Bereich, sondern auch in der Diagnostik von Immunvaskulitiden oder in der Therapie von neurologischen Erkrankungen gewinnt die STA immer mehr an Bedeutung. Sie ist unter anderem das entscheidende Gefäß bei der Anlage von extrakraniellen-intrakraniellen Bypassoperationen.

In der Verbrennungschirurgie, nach Traumen des Ohres oder nach Exzision eines Tumors kann das Außenohr mittels einem TPFK rekonstruiert werden. Als versorgendes Gefäß dient hier die STA. Die Anatomie der Arterie wird in der Literatur als variabel beschrieben, weshalb wir uns in dieser Arbeit genauer mit ihrem Verlauf und Aufzweigung ihrer Äste beschäftigt haben.

Unsere Ergebnisse sollen bei der Planung und dem Design von Lappenplastiken helfen. Diese neuen Erkenntnisse sollen auch dabei helfen, Komplikationen wie Nekrosen und Wundheilungsstörungen zu verhindern.

DSAs der extrakraniellen Gefäße von 100 kaukasischen Patienten wurden konsekutiv ausgesucht. Nachdem 7 Patienten ausgeschlossen wurden, erfolgte die Auswertung der restlichen 93 Angiographien. Initial wurden diese Untersuchungen zum Ausschluss von Gefäßpathologien durchgeführt. Die Verlaufsmuster der STA von jedem Patienten wurden dokumentiert und in Gruppen eingeteilt. Verschiedene mikrochirurgisch relevante Längen und Durchmesser wurden gemessen. Von diesen 93 waren bei 38 Patienten beide STAs untersucht worden, somit hatten wir die Möglichkeit die Verlaufsmuster auch intraindividuell zu vergleichen.

Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet mittels dem exakten Test nach Fischer und Zweichstichproben-t-Test für abhängige und unabhängige Variablen.

Insgesamt wurden 11 verschiedene Verlaufsmuster festgestellt und in 5 Gruppen mit bis zu 3 Untergruppen eingeteilt. Der klassische Verlauf, gekennzeichnet mit der Aufzweigung in einen parietalen und frontalen Ast, konnte mit fast 40% am häufigsten beobachtet werden. Im intraindividuellen Vergleich konnte eine komplette Unabhängigkeit gezeigt werden. Patienten mit dem gleichen Verlauf auf beiden Seiten waren eher ein Zufall, der sich mit der Häufigkeit der verschiedenen Verläufe erklären ließ. Weiterhin konnten wir geschlechtsspezifische Unterschiede beobachten im Sinne von signifikant größeren Werten bei männlichen Patienten bezüglich der Durchmesser und Längen.

Wir konnten zeigen, dass insbesondere der frontale Ast der STA in 86% der Fälle vorliegt und für eine Lappenplastik geeignet ist. Lediglich in der Untergruppe D2 wo die STA einen parietalen Verlauf nimmt und keine Aufzweigung aufweist sowie in den Untergruppen C2 und C3, wo der frontale Ast einen atrophischen Verlauf hat, kann ein Lappen wie z.B. der TPFf nicht gestielt werden.

Zur besseren Planung und zur Reduktion von peri- und postoperativen Komplikationen ist eine Darstellung der STA präoperativ von Vorteil. Dies kann orientierend mittels einem Handdoppler erfolgen. Bei Schwierigkeiten ein arterielles Gefäß mit einem ausreichenden Kaliber darzustellen, sollte eine weiterführende Diagnostik in Erwägung gezogen werden.

Wir konnten zeigen, dass eine genaue Untersuchung bzw. Darstellung der STA aufgrund ihres variablen Aufzweigungsmuster zur Planung verschiedener Lappenplastiken unerlässlich ist.

6 Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1	Indikationen zur DSA-Untersuchung
Tabelle 2	Einschluss- und Ausschlusskriterien der Patienten
Tabelle 3	Prozentuale Verteilung innerhalb der Untergruppen bezüglich der Höhe der Bifurkation
Tabelle 4	Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe A
Tabelle 5	Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe B
Tabelle 6	Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe C
Tabelle 7	Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe D
Tabelle 8	Mittelwerte der Durchmesser und Längen der Gruppe E
Tabelle 9	Verteilung und Mittelwerte der Innendurchmesser der STA im intraindividuellen Vergleich p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-Test
Tabelle 10	Verteilung und Durchschnittswerte der Längen der STA im intraindividuellen Vergleich p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-Test
Tabelle 11	Durchschnittswerte der Durchmesser der STA bezüglich des weiblichen und männlichen Geschlecht. p: p-Wert aus dem Zweistichproben-t-test angewandt auf die Werte für Männer und Frauen
Tabelle 12	Prozentuale Verteilung bezüglich der Höhe der Bifurkation in verschiedenen Studien.
Tabelle 13	Vier verschiedene Lokalisationen zur Messung des Innendurchmessers der STA und ihre Standardabweichungen
Tabelle 14	Zwei Lokalisationen zur Messung der Durchmesser der Äste und ihre Standardabweichungen
Tabelle 15	Längen und Arbeitslängen in verschiedenen Studien

Abbildung 1	Anatomie der A. carotis externa und ihrer Endäste
Abbildung 2	Biplanares DSA System Axiom Artis ZEE
Abbildung 3	DSA-Untersuchungen der STA und ihrer Äste
Abbildung 4	Verlaufsmuster der STA und ihrer Endäste
Abbildung 5	Häufigkeit der Gruppen und Untergruppen in Bezug auf die 11 Verteilungsmustern
Abbildung 6	DSA-Untersuchungen der STA und ihrer Äste und Anzahl der Patienten für jede Messung
Abbildung 7	Prozentuale Vergleich der bilateralen Verläufe in Bezug auf den 5 Gruppen
Abbildung 8	Anzahl der Patienten (N) mit übereinstimmenden Verlaufsmuster auf beiden Seiten in Bezug auf die Hauptgruppen
Abbildung 9	Boxplots zur Darstellung der Verteilung der Innendurchmesser der STA
Abbildung 10	Boxplots zur Darstellung der Verteilung der Längen des Hauptstammes (C) sowie dessen Äste (F, P)

7 Literaturverzeichnis

- Abdul-Hassan HS, von Drasek Ascher G, Acland RD. 1986. Surgical anatomy and blood supply of the fascial layers of the temporal region. *Plast Reconstr Surg.* Jan 1986, pp. 77(1):17-28.
- Adler N, Ad-El D, Azaria R. 2008. Reconstruction of nonhelical auricular defects with local flaps. *Dermatol Surg.* Apr 2008, pp. 34(4):501-7. doi: 10.1111/j.1524-4725.2007.34122.x.
- Ausen K, Pavlovic I. 2011. Flaps pedicled on the superficial temporal artery and vein in facial reconstruction: A versatile option with a venous pitfall. *J Plast surg Hand Surg.* Sept 2011, pp. 45(4-5):178-87. doi: 10.3109/2000656X.2011.582373.
- Bhandari, P. 1988. Total ear reconstruction in post burn deformity. *Burns.* Nov 1988, pp. 24(7):661-70. doi: 10.1016/s0305-4179(98)00093-x.
- Bittner GC, Kubo EM, Fantini BC, Cerci FB. 2021. Auricular reconstruction after Mohs micrographic surgery: analysis of 101 cases. *An Bras Dermatol.* Jul-Aug 2021, pp. 96(4):408-415. doi: 10.1016/j.abd.2020.12.008.
- Bogren HG, Buonocore MH, Gu WZ. 1994. Carotid and vertebral artery blood flow in left- and right-handed healthy subjects measured with MR velocity mapping. *J Magn Reson Imaging.* Jan-Feb 1994, pp. 4(1):37-42. doi: 10.1002/jmri.1880040110.
- Brent B, Byrd HS. 1983. Secondary ear reconstruction with cartilage grafts covered by axial, random, and free flaps of temporoparietal fascia. *Plast Reconstr Surg.* Aug 1983, pp. 72(2):141-52. doi: 10.1097/00006534-198308000-00003.
- Carpue J.C. 1969. An account of two successful operations for restoring a lost nose. *Plast Reconstr Surg.* Aug 1969, pp. 44(2):175-82.
- Casanova R, Cavalcante D, Grotting JC, Vasconez LO, Psillakis JM. 1986. Anatomic basis for vascularized outer-table calvarial bone flaps. *Plast Reconstr Surg.* Sep 1986, pp. 78(3):300-8. doi: 10.1097/00006534-198609000-00004.
- Chen TH, Chen CH, Shyu JF, Wu CW, Lui WY, Lui JC. 1999. Distribution of the superficial temporal artery in the Chinese adult. *Plast Reconstr Surg.* Oct 1999, pp. 104(5):1276-9. doi: 10.1097/00006534-199910000-00006.
- Conley J. 1972. Use of composite flaps containing bone for major repairs in the head and neck. *Plast Reconstr Surg.* May 1972, pp. 49(5):522-6. doi: 10.1097/00006534-197205000-00008.
- Converse J. 1969. Clinical applications of the scalping flap in reconstruction of the nose. *Plast Reconstr Surg.* Mar 1969, pp. 43(3):247-59. doi: 10.1097/00006534-196903000-00005.
- Converse J. 1959. Reconstruction of the nose by the scalping flap technique. *Surg Clin North Am.* Apr 1959, pp. 39(2):335-65. doi: 10.1016/s0039-6109(16)35734-6.
- Crisan D, Schneider A, Kastler S, Scharffetter-Kochanek K, Crisan M, Veit J. 2018. Chirurgische Versorgung von Hautkrebs und Trauma im mittleren Drittel der

Ohrmuschel. J Dtsch Dermatol Ges. Jun 2018, pp. 16(6):694-702. doi: 10.1111/ddg.13544_g.

Cui Y, Zhang Z, Huo X, Dai J, Theng G, Feng X, Wang C. 2013. The correlation between lateralization of intracerebral hemorrhage in basal ganglia and handedness. *Acta Cir Bras.* Mar 2013, pp. 28:228-232. doi: 10.1590/s0102-86502013000300012.

Daumann C, Putz R, Schmidt D. 1989. Der Verlauf der Arteria temporalis superficialis. Anatomische Untersuchungen als Voraussetzung für eine Arterien-Biopsie. *Klin Monbl Augenheilkd.* Jan 1989, pp. 194(1):37-41. doi: 10.1055/s-2008-1046333.

David SK, Cheney ML. 1995. An anatomic study of the temporoparietal fascial flap. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* Oct 1995, pp. 121(10):1153-6. doi: 10.1001/archotol.1995.01890100061010.

Davison SP, Capnoe AC. 2011. Scalp reconstruction with inverted myocutaneous latissimus free flap and unmeshed skin graft. *J Reconstr Microsurg.* May 2011, pp. 27(4):261-6. doi: 10.1055/s-0031-1275490.

Demirdover C, Sahin B, Vayvada H, Oztan HY. 2011. The Versatile Use of Temporoparietal Fascial Flap. *Int J Med Sci.* Jun 2011, pp. 8(5):362-8. doi: 10.7150/ijms.8.362.

Dorfman D, Pu LL. 2014. The Value of Color Duplex Imaging for Planning and Performing a Free Anterolateral Thigh Perforator Flap. *Ann Plast Surg.* March 2014, p. 72: S6YS8. doi: 10.1097/SAP.000000000000177.

Driscoll DN, Lee JH. 2010. Combining scalp tissue expansion with porous polyethylene total ear reconstruction in burned patients. *Ann Plast Surg.* Feb 2010, pp. 64(2):183-6. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181a13da5.

Du JM, Zhuang HX, Chai JK, Liu GF, Wang Y, Guo WH. 2007. Psychological status of congenital microtia patients and relative influential factors: analysis of 410 cases. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* Feb 2007, pp. 6;87(6):383-7.

Eustathianos, N. 1932. Etude anatomique sur les arteres temporales superficielles. *Ann Anat Pathol.* 1932, pp. 9:678-684.

Fabrizio T, Donati V, Nava M. 2000. Repair of the pharyngocutaneous fistula with a fasciocutaneous island flap pedicled on the superficial temporalis artery. *Plast Reconstr Surg.* Dec 2000, pp. 106(7):1573-6. doi: 10.1097/00006534-200012000-00020.

Fernandes JR, Driscoll DN. 2016. Burn Ear Reconstruction Using Porous Polyethylene Implants and Tissue Expansion. *J Burn Care Res.* Jul-Aug 2016, pp. 37(4):e348-52. doi: 10.1097/BCR.0000000000000294.

Gabriel M, Pawlaczyk K, Waliszewski K, Krasiński Z, Majewski W. 2007. Location of femoral artery puncture site and the risk of postcatheterization pseudoaneurysm formation. *Int J Cardiol.* 2007, pp. 120:167e71. doi: 10.1016/j.ijcard.2006.09.018.

Gacto-Sanchez P, Infante-Cossio P, Gomez-Cia T, Lagares A, Belmonte-Caro R. 2011. The Ti-Epiplating system as an alternative for ear prostheses in burned patients. *J Burn Care Res.* May-Jun 2011, pp. 32(3):e101-7. doi: 10.1097/BCR.0b013e318217fa6b.

- Ghassemi A, Modabber A, Talebzadeh M, Nanhekan L, Heinz M, Hölzle F. 2013. Surgical management of auricular defect depending on the size, location, and tissue involved. *J Oral Maxillofac Surg.* Aug 2013, pp. 71(8):e232-42. doi: 10.1016/j.joms.2013.04.030.
- Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. 2000. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast. Reconstr. Surg.* 2000, pp. 105:2381-6. doi: 10.1097/00006534-200006000-00011.
- Graefe Karl von. 1818. *Rhinoplastik oder die Kunst den Verlust der Nase organisch zu ersetzen; in ihren früheren Verhältnissen erforscht und durch neue Verfahrenweisen zur höheren Vollkommenheit gefördert.* Berlin : Realschulbuchhandlung, 1818.
- Guo P, Jiang H, Yang Q, He L, Lin L, Pan B. 2021. Burned Ear Reconstruction Using a Superficial Temporal Fascia Flap. *Ear Nose Throat J.* Dec 2021, pp. 100(10_suppl):1134S-1138S. doi: 10.1177/0145561320937620.
- Halvorson EG, Cordeiro PG, Disa JJ, Wallin EF, Mehrara BJ. 2009. Superficial temporal recipient vessels in microvascular orbit and scalp reconstruction of oncologic defects. *J Reconstr Microsurg.* Jul 2009, pp. 25(6):383-7. doi: 10.1055/s-0029-1220859.
- Horwitz HM, Pepe PF, Johnsrude IS, McCoy RC, Jackson DC, Farmer JC. 1977. Temporal arteriography and immunofluorescence as diagnostic tools in temporal arteritis. *J Rheumatol.* Mar 1977, 4: 76–85, pp. 38(2):179-86. doi: 10.1007/s00276-015-1538-0.
- Imanishi N, Nakajima H, Minabe T, Chang H, Aiso S. 2002. Venous drainage architecture of the temporal and parietal regions: Anatomy of the superficial temporal artery and vein. *Plast Reconstr Surg.* Jun 2002, pp. 109(7):2197-203. doi: 10.1097/00006534-200206000-00003.
- Janis JE, Rohrich RJ, Gutowski KA. 2005. Otoplasty. *Plast. Reconstr Surg.* 2005, pp. 115:60e-72e. doi: 10.1097/01.prs.0000156218.93855.c9.
- Juri J, Juri C. 1982. Temporo-parieto-occipital flap for the treatment of baldness. *Clin Plast Surg.* Apr 1982, pp. 9(2):255-61.
- Macchi C, Giannelli F, Catini C. 1993. The measurement of the calibers of the branches of the aortic arch: a statistical investigation of 430 living subjects using ultrasonic tomography. *Ital J Anat Embryol.* Apr-Jun 1993, pp. 98(2):69-79.
- Manoli T, Medesan R, Held M, Schaller HE, Ernemann U, Korn A, Medved F. 2016. Bilateral comparison of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography. *Surg Radiol Anat.* Mar 2016, pp. 38(2):179-86. doi: 10.1007/s00276-015-1538-0. Epub 2015 Aug 12.
- Marano SR, Fischer DW, Gaines C, Sonntag VK. 1985. Anatomical study of the superficial temporal artery. *Neurosurgery.* Jun 1985, pp. 16(6):786-90. doi: 10.1227/00006123-198506000-00008.
- Marty F, Montandon D, Gumener R, Zbrodowski A. 1986. A. Subcutaneous tissue in the scalp: anatomical, physiological, and clinical study. *Ann Plast Surg.* May 1986, pp. 16(5):368-76. doi: 10.1097/00006637-198605000-00004.

- Medved F, Manoli T, Medesan R, Janghorban Esfahani B, Stahl S, Schaller HE, Brodoefel H, Ernemann U, Korn A. In vivo analysis of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography. *Microsurgery*. Jul 2015 pp. 35(5):380-6. doi: 10.1002/micr.2234.
- Moschella F, Cordova A, Pirrello R, De Leo A. 2003. The supra-auricular arterial network: anatomical bases for the use of superior pedicle retro-auricular skin flaps. *Surg Radiol Anat*. Feb 2003, pp. 24(6):343-7. doi: 10.1007/s00276-002-0077-7.
- Musolas A, Columbini E, Michelena J. 1991. Vascularized full-thickness parietal bone grafts in maxillofacial reconstruction: the role of the galea and superficial temporal vessels. *Plast Reconstr Surg*. Feb 1991, pp. 87(2):261-7. doi: 10.1097/00006534-199102000-00007.
- Nakajima H, Imanishi N, Minabe T. 1995. The arterial anatomy of the temporal region and the vascular basis of various temporal flaps. *Br J Plast Surg*. . Oct 1995, pp. 48(7):439-50. doi: 10.1016/0007-1226(95)90118-3.
- Ndiaye A, Touré S, Diop FM, Ndiaye AS, Diallo BK, Sow ML. 2004. Artère temporale superficielle: typologie et application au lambeau de fascia temporal superficialis . *Morphologie*. Oct 2004, pp. 88(282):155-9. French. doi: 10.1016/s1286-0115(04)98140-4.
- Newell DW. 2005. Superficial Temporal Artery to Middle Cerebral Artery Bypass. *Skull Base*. Mai 2005, pp. 15(2): 133–141. doi: 10.1055/s-2005-870599.
- Pinar YA, Govsa F. 2006. Anatomy of the superficial temporal artery and its branches: its importance for surgery. *Surg Radiol Anat*. Jun 2006, pp. 28(3):248-53. doi: 10.1007/s00276-006-0094-z.
- Pinto F, Magalhães R, Durazzo M, Brandão L, Rodrigues AJ Jr. 2008. Galeal flap based on superficial temporal vessels for oral cavity and pharynx reconstruction;an anatomical study. *Clinics (Sao Paulo)*. Feb 2008, pp. 63(1):97-102. doi: 10.1590/s1807-59322008000100017.
- Qassemayr Q, Gianfermi M, Sarfsti B, Leymarie N, Kolb F. 2014. Supermicrodissected local flaps for the coverage of temporal defects. *Microsurgery*. Oct 2014, doi: 10.1002/micr.22284.
- Ricbourg B, Mltz V, Lassau JP. 1975. Artère temporale superficielle: Etude anatomique et déductions pratiques [Superficial temporal artery, Anatomic study and practical deductions]. *Ann Chir Plast*. 1975, pp. 20(2):197-213.
- Roncevic R, Stajcic Z. 1994. Correction of facial deformities with pericranial and osteopericranial flaps. *Br J Plast Surg*. Jun; 1994, pp. 47(4):230-5. doi: 10.1016/0007-1226(94)90003-5.
- Rose EH, Norris MS. 1990. The versatile temporoparietal fascial flap: adaptability to a variety of composite defects. *Plast Reconstr Surg*. Feb 1990, pp. 85(2):224-32. doi: 10.1097/00006534-199002000-00010.

- Rozen WM, Anavekar NS, Ashton MW, Stella DL, Grinsell D, Bloom RJ, Taylor GI. 2008. Does the preoperative imaging of perforators with CT angiography improve operative outcomes in breast reconstruction? *Microsurgery*. 2008, pp. 28:516-523. doi: 10.1002/micr.20526.
- Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, Phillips TJ, Taylor GI. 2008. Magnetic resonance angiography and computed tomographic angiography for free fibular flap transfer. *J Reconstr Microsurg*. Aug 2008, p. 24:457e8. doi: 10.1055/s-0028-1082890.
- Sashi R, Tomura N, Hashimoto M, Kobayashi M, Watarai J. 1996. Angiographic anatomy of the first and second segments of the maxillary artery. *Radiat Med*. May-Jun 1996, pp. 14(3):133-8.
- Shimizu F, Lin MP, Ellabban M, Evans GR, Cheng MH. 2009. Superficial temporal vessels as a reserve recipient site for microvascular head and neck reconstruction in vessel-depleted neck. *Ann Plast Surg*. Feb 2009, pp. 62(2):134-8. doi: 10.1097/SAP.0b013e318172b91d.
- Sieg P, Geerling G, Kosmehl H, Lauer I, Warnecke K, von Domarus H. 2000. Microvascular submandibular gland transfer for severe cases of keratoconjunctivitis sicca. *Plast Reconstr Surg*. Dec 2000, doi: 10.1016/s0002-9394(00)00831-x.
- Smit JM, Dimopoulou A, Liss AG. 2009. Preoperative CT angiography reduces surgery time in perforator flap reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. Sep 2009, pp. 62:1112e-7. doi: 10.1016/j.bjps.2007.12.090.
- Smit JM, Klein S, Werker PM. 2010. An overview of methods for vascular mapping in the planning of free flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. Sep 2010, pp. 63(9), e674-e682. doi: 10.1016/j.bjps.2010.06.013.
- Song R, Song, Y, Qi K, Jiang H, Pan F. 1996. The superior auricular artery and retroauricular arterial island flaps. *Plast Reconstr Surg*. Sep 1996, pp. 98(4):657-67; doi: 10.1097/00006534-199609001-00009.
- Stock AL, Collins HP, Davidson TM. 1980. Anatomy of the superficial temporal artery. *Head Neck Surg*. Jul-Aug 1980, pp. 2(6):466-9. doi: 10.1002/hed.2890020604.
- Surej Kumar LK, Kannan RR. 2001. Superficial temporal artery based flaps for reconstruction following resection of head and neck cancer. *Indian J Cancer*. Jun-Dec 2001, pp. 38(2-4):76-9.
- Tahiri Y, Reinisch J. 2019. Porous Polyethylene Ear Reconstruction. *Clin Plast Surg*. Apr 2019, pp. 46(2):223-230. doi: 10.1016/j.cps.2018.11.006.
- Tan O, Atik B, Ergen D. 2007. Temporal flap variations for craniofacial reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. Jun; 2007, pp. 119(7):152e-163e. doi: 10.1097/01.prs.0000261038.49905.b6.
- Tayfur V, Edizer M, Magden O. 2010. Anatomic bases of superficial temporal artery and temporal branch of facial nerve. *J Craniofac Surg*. Nov 2010, pp. 21(6):1945-7. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181f4ee6a.

Tellioglu AT, Tekdemir I, Erdemli EA, Tuccar E, Ulusoy G. 2000. Temporoparietal fascia: an anatomic and histologic reinvestigation with new potential clinical applications. *Plast Reconstr Surg*. 2000, pp. 105:40–5. doi: 10.1097/00006534-200001000-00007.

Upton J, Rogers C, Durham-Smith G, Swartz WM. 1986. Clinical applications of free temporoparietal flaps in hand reconstruction. *J Hand Surg Am*. Jul 1986, pp. 11(4):475-83. doi: 10.1016/s0363-5023(86)80180-0.

Yotsuyanagi T, Yamashita K, Sugai A, Kato S, Gonda A, Kitada A, Onuma M, Kudo M. 2021. New Concept for Severely Burned Ear Reconstruction: Grafting of the Frame Using Banked Ear Cartilage Combined with Costal Cartilage. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. Feb 2021, p. 9(2): e3058. doi: 10.1097/GOX.0000000000003058.

Yu P, Youssef A. 2006. The Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plast Reconstr Surg*. Sep 2006, pp. 118:928-35. doi: 10.1097/01.prs.0000232216.34854.63.

Zhao D, Xiaobing Y, Wang T, Wang B, Liu B, Fengde T, Fu W, Huang S, Qiu X. 2013. Digital subtraction angiography in selection of the vascularized greater trochanter bone grafting for treatment of osteonecrosis of femoral head. *Microsurgery*. Nov 2013, pp. 33(8):656-9. doi: 10.1002/micr.22179.

Zhang H, Chen W, Mu L, Chen R, Luan J, Mu D, Liu C, Xin M. The distribution of lymph nodes and their nutrient vessels in the groin region: an anatomic study for design of the lymph node flap. *Microsurgery*. Oct 2014,34(7):558-61. doi: 10.1002/micr.22261.

8 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Diese Arbeit wurde in der Berufsgenossenschaftlichen Klinik Tübingen in der Abteilung für Hand, Plastische, Rekonstruktiven und Verbrennungschirurgie unter Betreuung von PD. Dr. med. Theodora Wahler. Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit PD. Dr. med. Fabian Medved aus der Berufsgenossenschaftlichen Klinik Tübingen sowie mit Dr. med. Andreas Korn aus der neuroradiologischen Abteilung der Medizinischen Klinik Tübingen sowie. Die DSA-Untersuchungen wurden vom letzterem zur Verfügung gestellt.

Sämtliche Messungen an den bereits durchgeführten DSA-Untersuchungen wurden von mir eigenständig durchgeführt. Alle Tabellen und Grafiken, die in der Arbeit verwendet werden, wurden von mir erstellt. Die statistische Auswertung wurde unter der Betreuung von PD. Dr. med. Medved von mir durchgeführt. Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Die zwei publizierten Arbeiten basierend auf den von mir durchgeführten Messungen wurden in Zusammenarbeit mit PD. Dr. med. Theodora Wahler, PD. Dr. med. Fabian Medved und den restlichen Autoren erstellt.

Tübingen, den 27.04.2023

Medesan Raluca Ioana Andreea

9 Curriculum vitae (entfernt)

10 Veröffentlichungen

Medved F, Manoli T, Medesan R, Janghorban Esfahani B, Stahl S, Schaller HE, Brodoefel H, Ernemann U, Korn A. **In vivo analysis of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography.** Microsurgery. 2015 Jul;35(5):380-6. doi: 10.1002/micr.22348.

Manoli T, Medesan R, Held M, Schaller HE, Ernemann U, Korn A, Medved F. **Bilateral comparison of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography.** Surg Radiol Anat. 2016 Mar;38(2):179-86. doi: 10.1007/s00276-015-1538-0

11 Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich an den Personen, die diese Arbeit ermöglicht haben, ganz herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin und Doktormutter Prof. Dr. med. Theodora Wahler die mir die Doktorarbeit ermöglicht und mir stets mit ihrer Expertise zur Seite gestanden hat. Insbesondere für ihre unerschütterliche Geduld über die Jahre und für den Ansporn zur Fertigstellung der Arbeit ein ganz besonderer Dank.

Des Weiteren möchte ich mich bei Dr. med. Andreas Korn, der mir die Untersuchungen zur Verfügung gestellt hat, sowie Dr. med. Fabian Medved mit dessen Unterstützung und Betreuung die Ergebnisse auch publiziert werden konnten.

Ganz besonders möchte ich meiner Familie danken, die immer an mich geglaubt hat, meinen Eltern, die mir das Medizinstudium in Deutschland überhaupt ermöglicht haben.