

**Aus der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Hubert Schelzig

**Die lokale, offen-chirurgische Thrombendarteriektomie
der abdominellen Aorta und der Aortenbifurkation zur
Therapie des Chronischen Leriche Syndroms und der
Coral Reef Aorta**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Surur Al Mansoor
2021

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan/in: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter/in: Univ.-Prof. Dr. med. Hubert Schelzig

Zweitgutachter/in: PD Dr. med. Christian Vollmer

Widmung

für Mama und Papa

Zusammenfassung

Das chronische Leriche-Syndrom (CLS) ist definiert als ein meist atherosklerose-assoziiertes Verschluss der infrarenalen Aorta und/oder beider Aa. iliaca communes, wohingegen bei der Coral Reef Aorta (CRA) die gesamte abdominale Aorta mit Fokus auf dem viszeralen Segment betroffen sein kann. Neben einem peripheren Pulsdefizit und den typischen Symptomen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit können beim CLS periphere Muskelatrophien, Erektionsstörungen und Störungen der Blasen- und Rektumfunktion auftreten. Bei der CRA sind zusätzlich Zeichen der chronisch viszeralen Ischämie mit postprandialen Schmerzen und konsekutivem Gewichtsverlust typisch. Die Thrombendarteriektomie (TEA) nutzt den Umstand, dass die lumenokkludierenden Kalkplaques in der Gefäßintima und Teilen der -media lokalisiert sind und man diese über einen offen-chirurgischen Zugang aus den betroffenen Wandschichten „ausschälen“ kann. Diese Studie untersucht das klinische *Outcome* von Patienten nach TEA zur Behandlung des CLS und der CRA.

Retrospektiv wurden 45 Patienten der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf aus dem Zeitraum 2010 bis 2018 ausgewertet (CLS/CRA=10/35, w/m=27/18). Erhobene Parameter waren unter anderem intra- sowie postoperative und späte Komplikationen, Symptomatik, Ankle-Brachialer Index (ABI) und die schmerzfreie und maximale Gehstrecke. Der Nachbeobachtungszeitraum (*Follow-up*) lag im Mittel bei 31±30 Monaten. Der ABI ist in beiden Erkrankungsgruppen sowohl von prä- auf frühpostoperativ (n=35) als auch im *Follow-up* (n=20) signifikant gestiegen (ANOVA, p<.001). Bei 19 Patienten waren im *Follow-up* Informationen über die Gehstrecke bekannt (CLS n=16, CRA n=3), welche sich individuell verschieden bei 18 Patienten (95%) signifikant verlängerte. Postprandiale Schmerzen und Gewichtsverlust waren bei allen nachuntersuchten CRA-Patienten anamnestisch nicht mehr vorhanden. Frühpostoperativ sind vier Patienten (9%) aufgrund gefäßassoziierter Komplikationen revisionspflichtig geworden. Im Laufe des *Follow-ups* waren es 8 von 32 nachuntersuchten Patienten (CLS n=8, CRA n=0). Intra- und postoperativ sowie langfristig ist keiner der Patienten an den Folgen des Eingriffes verstorben. In dieser monozentrischen Studie wurde gezeigt, dass die TEA mit einer perioperativen Mortalität von 0% und einer frühpostoperativen gefäßassozierten Komplikationsrate von 9% eine sichere und langfristig erfolgversprechende Therapieoption sowohl des CLS als auch der CRA darstellt.

Summary

The Chronic Leriche Syndrome (CLS) is defined as a mostly atherosclerosis-associated occlusion of the infrarenal aorta and/or both iliac arteries, whereas Coral Reef Aorta (CRA) involves the entire abdominal aorta with focus on the visceral segment. In addition to a peripheral pulse deficit and the typical symptoms of peripheral arterial disease. The following symptoms may occur in CLS: peripheral muscle atrophy, erectile dysfunction, bladder and rectal dysfunction. In Coral Reef Aorta, additional signs to those of CLS can be chronic visceral ischemia, postprandial pain and consecutive weight loss. Thromboendarterectomy (TEA) takes advantage of the fact that lumen-occluding calcific plaques are localized in the vessel intima and parts of the vessel media, and the surgeon can "peel" them out of the affected wall layers via an open surgical approach. This study investigates the clinical outcome of patients after TEA for the treatment of CLS and CRA.

Retrospectively, a total of 45 patients from the Department of Vascular and Endovascular Surgery from 2010 to 2018 were evaluated (CLS/CRA=10/35, w/m=27/18). Collected parameters included intraoperative, postoperative, and late complications, symptoms, ankle-brachial index (ABI), pain-free and maximal walking distance.

The ABI increased significantly (ANOVA, $p < 0.1$) in both disease groups from pre- to early postoperative ($n=35$) as well as at follow-up ($n=20$). Information on walking distance was known about 19 patients (CLS $n=16$, CRA $n=3$) at follow-up (mean 35 months) and improved differently in 18 patients individually (95%). Postprandial pain and weight loss were anamnesticly absent in all follow-up CRA patients. Early postoperatively, four of the 45 patients (9%) required surgical reintervention because of vascular-associated complications; during the observation period (mean 31 months), 8 of 32 patients followed up did so (CLS $n=8$, CRA $n=0$). Intraoperatively, postoperatively, and in the long term, none of the patients died as a result of the procedure. In this study, TEA was shown to be a safe and promising long-term therapeutic option for CLS and CRA, with a mortality rate of 0% and an early postoperative vascular-associated complication rate of 9%.

Abkürzungsverzeichnis

A: Arteria	Aa: Arteriae
AAO: acute aortic occlusion	ABI: Ankulo-Brachialer Index
AFC: A. femoralis communis	AFS: A. femoralis superficialis
AIC: A. iliaca communis	AIE: A. iliaca externa
All: A. iliaca interna	AIOD: aortoiliac occlusive disease
AMS: A. mesenterica superior	ASA: American Society of Anesthesiologists
aHT: arterielle Hypertonie	BMI: Body-Mass-Index
CLS: Chronisches Leriche Syndrom	COPD: chronic obstructive pulmonary disease
CRA: Coral Reef Aorta	CRP: C-reaktives Protein
CT: Computertomographie	Dm: Diabetes mellitus
dl: Deziliter	DSA: Digitale Subtraktionsangiographie
EK: Erythrozytenkonzentrat	ER-CFE: endovascular revascularization and open common femoral endarterectomy
FFP: fresh frozen plasma	FKDS: farbkodierte Dopplersonographie
GFR: glomeruläre Filtrationsrate	g: Gramm
KHK: koronare Herzkrankheit	kg: Kilogramm
max: Maximum	m²: Quadratmeter

mg: Milligramm	mmol: Millimol
min: Minimum	MRT: Magnetresonanztomographie
OR-CFE: open aortoiliac reconstruction and CFE (s.o)	pAVK: periphere arterielle Verschlusskrankheit
präOP: präoperativ	postOP: postoperativ
PTA: perkutane transluminale Angioplastie	PTFE: Polytetrafluorethylen
r²: Effektgröße	Seg: Segment
Std: Standard	TEA: Thrombendarteriektomie
Tr: Truncus	u : unified atomic mass unit
UKD: Universtitätsklinikum Düsseldorf	V: Vena
VAC: Vakuumtherapie	Δ: Delta
μl: Mikroliter	%: Prozent

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Berechnung des Body-Mass-Index

Abb. 2: Formel zur Berechnung der Effektstärke nach Jacob Cohen

Abb. 3: Pie Chart zum ermittelten Nikotinabusus im Patientenkollektiv

Abb. 4: Fallbeispiel CRA: CT-Ausschnitt axial mit subtotalem Verschluss der Aorta auf Höhe des Abgangs des Truncus coeliacus (roter Kreis)

Abb. 5: Fallbeispiel CRA: CT-Ausschnitt koronar mit longitudinaler Ausprägung der Kalzifikation

Abb. 6: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit hochgradiger Stenose der infrarenalen Aorta (roter Kreis) und kompensatorisch stark dilatierter Aa. epigastricae inferiores (blaue Kreise)

Abb. 7: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit hochgradiger Stenose der präbifurkalen Aorta (roter Kreis) und stark dilatierter Lumbalarterien im Sinne eines Umgehungskreislaufs (blaue Pfeile)

Abb. 8: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit Verschluss der A. iliaca communis rechts (roter Kreis), dilatierter Lumbalarterien und Aa. epigastricae inferiores beidseits im Sinne eines Umgehungskreislaufs (blaue Kreise)

Abb. 9: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt koronar mit distalem Verschluss der Aorta (roter Kreis) sowie biliakalem Gefäßverschluss (rote Pfeile) mit kollateralisierter Auffüllung der Aa. iliacae externae beidseits (blaue Pfeile)

Abb. 10: Laufbandtest in der aktuellsten vorhandenen Nachuntersuchung bei 19 Patienten

Abb. 11: Graphische Darstellung: Verhältnis des ABI und der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein

Abb. 12: Graphische Darstellung: Verhältnis des ABI und der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein

Abb. 13: Kaplan-Meier-Kurve zur Darstellung des kumulativen Überlebens bis zur ersten operativen Revision

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: *Klassifikation der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit nach Fontaine*

Tabelle 2: *Klassifikation der American Society of Anesthesiologists zur Einschätzung des anästhesiologischen Risikoprofils eines Patienten*

Tabelle 3: *Beobachtungszeitpunkte des ABI*

Tabelle 4: *Wertetabelle für die Effektstärke nach Jacob Cohen*

Tabelle 5: *Patientenkollektiv und Vorerkrankungen*

Tabelle 6: *Präoperative Laborwerte der Studienpatienten (n=42)*

Tabelle 7: *Präoperativer Gefäßstatus (offen; stenosiert; verschlossen) nach Auswertung vorhandener bildgebender Untersuchungen bei 35 Patienten*

Tabelle 8: *Operierte Gefäße bei Patienten mit Chronischem Leriche Syndrom*

Tabelle 9: *Operierte Gefäße bei Patienten mit Coral Reef Aorta*

Tabelle 10: *Intraoperativ verwendete Patches*

Tabelle 11: *Pearson-Korrelation zwischen präoperativem Body-Mass-Index, Operationsdauer in Minuten und Hospitalisierungsdauer in Tagen*

Tabelle 12: *Laborwerte der Studienpatienten am ersten postoperativen Tag*

Tabelle 13: *T-Test-Analyse des prä- und postoperativen ABI*

Tabelle 14: *Pearson-Korrelation des prä- und postoperativen ABI des kränkeren Beines*

Tabelle 15: *Pearson-Korrelation des prä- und postoperativen ABI des weniger kranken Beines*

Tabelle 16: *Frühpostoperative Komplikationen (n=20)*

Tabelle 17: *Postoperativer Gefäßstatus (offen, stenosiert, verschlossen) nach Auswertung vorhandener bildgebender Untersuchungen bei 18 Patienten*

Tabelle 18: *ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein*

Tabelle 19: *ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume: 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein*

Tabelle 20: Effektgröße der Varianzanalyse der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein

Tabelle 21: Effektgröße der Varianzanalyse der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein

Tabelle 22: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 4 (aktuellste vorhandene Nachuntersuchung) für das kränkere Bein

Tabelle 23: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 4 (aktuellste vorhandene Nachuntersuchung) für das weniger kranke Bein

Tabelle 24: Zeitpunkt und Verfahren der 1. Revisionsoperation (n=8)

Tabelle 25: Anzahl der patients at risk bis zur ersten operativen Revision

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Allgemeine Einführung.....	1
1.2	Chronisches Leriche Syndrom.....	1
1.2.1	Definition und Epidemiologie.....	1
1.2.2	Risikofaktoren und Symptomatik.....	2
1.2.3	Diagnostik.....	3
1.2.4	Therapie.....	3
1.3	Coral Reef Aorta	4
1.3.1	Einführung	4
1.3.2	Pathophysiologie und Risikofaktoren	4
1.3.3	Symptomatik	5
1.3.4	Diagnostik.....	5
1.3.5	Therapie.....	6
1.4	Die Thrombendarteriektomie.....	6
2	Ziele der Arbeit.....	7
3	Material und Methoden.....	8
3.1	Patientenkollektiv.....	8
3.2	Erhobene Parameter.....	8
3.2.1	Klinische Symptome.....	8
3.2.2	Vorerkrankungen und Risikofaktoren	9
3.2.3	Ankulo-Brachialer Index.....	9
3.2.4	Rekonstruktionsergebnis.....	10
3.2.5	Revisionseingriffe.....	10
3.3	Datenrecherche	10
3.4	Definitionen.....	11
3.5	Statistik.....	12
4	Ergebnisse	14
4.1	Patientenkollektiv.....	15
4.2	Voruntersuchungen	17
4.2.1	Präoperative Laborwerte.....	17
4.2.2	Präoperativer Status der abdominalen Aortenabgänge	17
4.2.3	Laufbandtests präoperativ.....	18
4.2.4	Ankulo-Brachialer Index präoperativ	18
4.3	Operationen.....	19
4.3.1	Allgemeine Daten.....	19

4.3.2	Chronisches Leriche Syndrom	19
4.3.3	Coral Reef Aorta	20
4.3.4	Patches.....	21
4.3.5	Blutverlust.....	22
4.3.6	Intraoperative Komplikationen.....	22
4.4	Frühpostoperative Ergebnisse	23
4.4.1	Stationärer Aufenthalt, Dauer der intensivmedizinischen Überwachung, Intubationsdauer	23
4.4.2	Laborwerte postoperativ.....	24
4.4.3	Medikation bei Entlassung	25
4.4.4	Ankulo-Brachialer Index postoperativ	25
4.4.5	Frühpostoperative Komplikationen und Revisionen.....	27
4.4.6	Fallbeispiele.....	30
4.5	Langzeitergebnisse.....	35
4.5.1	Beobachtungszeitraum	35
4.5.2	Postoperativer Gefäßstatus.....	36
4.5.3	Laufbandtests	37
4.5.4	Klinischer Benefit	38
4.5.5	Ankulo-Brachialer Index.....	38
4.5.6	Nicht-gefäßassoziierte Beschwerden	43
4.5.7	Vaskuläre Komplikationen und Revisionen im Langzeitverlauf.....	44
4.5.8	Mortalität.....	46
5	Diskussion.....	48
5.1	Literaturvergleich	48
5.1.1	Datenlage	48
5.1.2	Verfahrensspezifische Aspekte	49
5.1.3	Komplikationen	50
5.1.4	Klinisches Outcome	51
5.2	Zukunftsaussicht.....	53
5.3	Limitationen	54
6	Fazit	56
7	Literaturverzeichnis	57
8	Danksagung	60

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung

Das Chronische Leriche Syndrom (CLS) sowie die Coral Reef Aorta (CRA) sind atherosklerotische Erkrankungen des aorto-iliakalen Gefäßsystems beziehungsweise des reno-viszeralen Aortensegments. Durch die teilweise massiven intramuralen Kalkplaques können hämodynamisch wirksame Stenosen zu Durchblutungsstörungen der reno-viszeralen Organe und unteren Extremitäten führen. Typische klinische Manifestationen sind die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und die Angina abdominalis.

Ein chirurgisches Verfahren, das die Desobliteration der betroffenen Abschnitte bei beiden Erkrankungen ermöglicht, ist die Thrombendarteriektomie (TEA). Hierbei wird über einen abdominalen oder retroperitonealen Zugang die Aorta längsinzidiert und die Kalkplaques mit den erkrankten Wandschichten entfernt. In den folgenden Unterkapiteln werden relevante Themen dieser Arbeit erläutert.

1.2 Chronisches Leriche Syndrom

1.2.1 Definition und Epidemiologie

Das CLS ist eine Unterform der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit und beschreibt die langwierige atherosklerotisch-bedingte hochgradige Stenosierung oder Verschluss der abdominalen infrarenalen Aorta und ihrer iliakalen Abzweigungen (Aa. iliaca communes, Aa. iliaca externae, Aa. iliaca internae). Die Symptom-Trias Claudicatio intermittens, herabgesetzte Pulse der unteren Extremitäten und erektile Dysfunktion wurde vom Namensgeber René Leriche im Jahr 1948 [1] beschrieben. Da das CLS oft symptomlos oder symptomarm verläuft, ist die Prävalenz schwer einzuschätzen [2]. Das CLS manifestiert sich im Laufe der Krankheitsdauer als symptomatische pAVK, daher kann man sich an deren Prävalenz orientieren. Norgren et al. beschrieben die Prävalenz einer symptomatischen pAVK mit 3% bei über 40-jährigen Patienten und steigend auf 6% bei über 60-jährigen Patienten [3]. Andere Autoren berichten von einer Inzidenz von bis zu 15% in über 80-jährigen und weltweit 200 Millionen betroffenen Patienten [4].

1.2.2 Risikofaktoren und Symptomatik

Zu den Risikofaktoren zur Entstehung einer pAVK, die sich im Verlauf zu einem CLS entwickeln kann, zählen in erster Linie das langjährige Rauchen, arterielle Hypertonie, Hyperlipidämie und Diabetes mellitus [5]. Rauchen erhöht das Risiko an einer pAVK zu erkranken um das Vierfache und zieht den Erkrankungsbeginn, verglichen mit Nicht-Rauchern, um eine Dekade nach vorne [3]. Ebenfalls erhöht Diabetes mellitus die Wahrscheinlichkeit zu erkranken stark – mit einer Zunahme des HbA1c um 1% steigt das Risiko um 26% an [6].

Das CLS führt zu einer Minderperfusion der Extremitäten und zu typischen Symptomen der pAVK. Dazu zählt neben der Claudicatio intermittens in den Waden, je nach Höhe der Stenose, auch die Claudicatio glutealis. Sie kann sich als Muskelererschöpfung, Muskelkrämpfe und Muskelschmerzen äußern [3]. Das Stadium der pAVK lässt sich mit der Klassifikation des französischen Chirurgen René Fontaine (1899 – 1979) anhand klinischer Merkmale einteilen (Tabelle 1) [7]. Aufgrund der Minderperfusion der A. iliaca interna kann es bei Männern auch zu einer erektilen Dysfunktion kommen [8, 9]. Insgesamt geht die Erkrankung mit einer Einschränkung der Lebensqualität einher. Nicht zu vernachlässigen sind psychische Veränderungen, die die Patienten sowohl durch ihre Vorerkrankungen als auch durch die reduzierte Mobilität oder die Erektionsstörung bei Männern entwickeln.

Tabelle 1: Klassifikation der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit nach Fontaine [7]

pAVK- Stadium	Klinik nach Fontaine
I	asymptomatisch, keine Beschwerden
IIa	schmerzfremie Gehstrecke > 200 Meter
IIb	schmerzfremie Gehstrecke < 200 Meter
III	ischämischer Schmerz in Ruhe
IV	trophische Störungen, Ulkus, Gangrän

1.2.3 Diagnostik

Neben der Erhebung des Pulsstatus gibt die Messung des *Ankulo-Brachialen Index* (ABI, auch Doppler-Index, Knöchel-Arm-Index) einen ersten Hinweis auf eine pAVK. Dabei wird der niedrigere systolische Blutdruck der A. tibialis posterior beziehungsweise der A. dorsalis pedis durch den mittleren systolischen Blutdruck der A. brachialis der gleichen Seite dividiert. Hierbei gilt ein ABI $<0,9$ als beweisend für eine pAVK.

Eine weitere, nicht invasive Möglichkeit zur Einschätzung des Krankheitsgrades ist der standardisierte Laufbandtest. Dabei wird die schmerzfreie und die maximale Gehstrecke bei 3.2 km/h und 12% Steigung auf einem Laufband ermittelt [3].

Als einfachste bildgebende Untersuchung dient die farbkodierte Duplexsonographie (FKDS), mit der Gefäßläsionen lokalisiert und durch Messung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit der Stenosegrad eingeschätzt werden kann. Im aorto-iliakalen Bereich stößt diese Untersuchung jedoch häufig an ihre Grenzen, sodass die kontrastmittelunterstützte CT-Angiographie als Goldstandard zur Detektion der Erkrankung und Quantifizierung des Ausprägungsgrades zum Zuge kommt. Die CT-Angiographie ist im Vergleich zur FKDS untersucher-unabhängig und weist eine Sensitivität und Spezifität von 95% auf [7]. Weniger geeignet zur Beurteilung der abdominellen Aorta unterhalb der renalen Arterienabgänge sowie der weiter distal gelegenen Äste ist die MR-Angiographie. Sie stellt primär den luminalen Blutfluss und weniger die Kalzifikationslast dar. Die konventionelle Angiographie, auch DSA (Digitale Subtraktionsangiographie) genannt, kommt heute nur noch intraoperativ bzw. in Interventionsbereitschaft zum Einsatz [2]. Bei vergleichbarer Aussagekraft bietet die DSA gegenüber den oben genannten Untersuchungen ungenauere Ergebnisse bei deutlich höherer Invasivität.

1.2.4 Therapie

Als offen-chirurgische Therapieansätze zählen die Thrombendarteriektomie (TEA) und das Bypassverfahren mittels autologer Venen (zum Beispiel V. saphena magna) oder eines aortobiliakalen Prothesenbypasses. Weniger

invasiv und mittlerweile häufiger angewandt als die offenen Methoden sind endovaskuläre Verfahren [10-14]. Durch einen minimalinvasiven Zugang über die A. brachialis oder die A. femoralis wird das betroffene Gefäß erreicht, mittels Ballondilatation gedehnt und in Folge ein oder mehrere Stentgrafts implantiert.

1.3 Coral Reef Aorta

1.3.1 Einführung

Die Coral Reef Aorta (CRA) beschreibt eine seltene, aber potenziell lebensbedrohliche Erkrankung des juxtarenalen und suprarenalen Abschnittes der abdominellen Aorta. Die Aorta weist dabei ausgedehnte, verzweigt konfluierende Kalzifikationen der Gefäßwand über den gesamten betroffenen Abschnitt auf. Das charakteristisch invasive Wachstum des Kalkes in das Lumen bedingt eine Stenosierung der Aorta und ihrer viszeralen und renalen Abgänge. Im Laufe der Zeit entsteht eine konsekutive viszerale Ischämie, Bluthochdruck und Claudicatio abdominalis. In der Regel findet man zusätzlich chronische Kalzifikationen in den distalen Abschnitten der Aorta. Die Inzidenz der CRA liegt bei 0,6% [15] bis 1,8 % [16].

In der Originalpublikation von Qvarfordt et al. aus dem Jahre 1984 lag das durchschnittliche Alter der erkrankten Patienten bei 51 Jahren und damit etwa zwei Jahrzehnte unter dem durchschnittlichen Alter anderer arterieller Verschlusskrankheiten [17]. Später untersuchte, größere Patientenkollektive zeigten im Vergleich zu Qvarfordt et al. keinen Unterschied in der Geschlechter- oder Erkrankungsverteilung in bestimmten Ethnien [17-19].

1.3.2 Pathophysiologie und Risikofaktoren

Die Pathophysiologie der CRA ist bis heute nicht gänzlich erforscht [20, 21]. Mögliche Ursachen umfassen einen erniedrigten Serumgehalt des Proteins α 2-Heremans-Schmid-glycol-protein [17, 22, 23], vorangegangene traumatische Endothelläsionen mit chronischer Kalzifikation von Thromben [24, 25] und eine fokale heterotope Ossifikation [26].

Zu den Risikofaktoren zählt, wie auch bei anderen Formen der arteriellen Obstruktion, das langjährige Rauchen. Da das Rauchen jedoch häufiger zu

anderen Erkrankungen (wie CLS oder koronarer Herzkrankheit (KHK)) als der CRA führt, ist zu erwägen, inwieweit es als Kausalität dieser Erkrankung anzusehen ist. Ebenso verhält es sich mit den in der Literatur beschriebenen Risikofaktoren wie der arteriellen Hypertonie, Hypertriglycerinämie, Hypercholesterinämie und Diabetes mellitus, die nicht alleinig als Erkrankungsgrund anzunehmen sind [19, 26].

1.3.3 Symptomatik

Anhand der zwei großen Studien von Schulte et al. (n= 21 Patienten) und Sagban et al. (n= 80 Patienten) lassen sich drei Hauptsymptome der CRA beschreiben. 81% der Patienten von Schulte et al. litten an arterieller Hypertonie durch Nierenarterienstenose mit nachgeschalteter Aktivierung des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems. Die arterielle Hypertonie zeigte Folgesymptome wie Kopfschmerzen, visuelle Ausfälle und Schwindel. 44-61% der Patienten beklagten eine Claudicatio intermittens als Folgeerscheinung einer pAVK. 19-33% [19, 26] litten an einer chronisch-viszeralen Ischämie mit Angina abdominalis, Diarrhoe und Gewichtsverlust. Diese Hauptsymptome bestätigen sich auch in neueren Case Reports [21, 27-31]

1.3.4 Diagnostik

Da auch die CRA sehr häufig mit einer Minderperfusion der unteren Extremitäten einhergehen kann, kann die Erhebung des Pulsstatus und die Messung des ABI einen ersten Hinweis auf eine arterielle Verschlusskrankheit geben.

Die Kalzifikation befindet sich typischerweise an der dorsalen Gefäßwand [32], sodass sie in einer reinen Flussmessung durch FKDS oder Digitale Subtraktionsangiographie leicht übersehen werden kann [26]. Goldstandard für die Diagnosestellung, Abschätzung des Stenosegrades und Darstellung der longitudinalen Ausbreitung der Kalzifikation ist daher die kontrastmittelgestützte Computertomographie (CT). Die Magnetresonanztomographie ergibt keinen weiteren Benefit in der Diagnostik der CRA [26].

1.3.5 Therapie

Die offen-chirurgische Thrombendarteriektomie ist für die CRA Therapie der Wahl. Nahezu bei allen CRA-Patienten in den beiden großen Studien sowie einzelnen Case Reports [19, 21, 26-28] wird dieses Verfahren angewandt. Reicht eine alleinige TEA nicht aus, um eine Reperfusion zu gewährleisten, können zusätzliche Gefäßbypässe zum Einsatz kommen [18-20, 26].

Endovaskuläre Eingriffe zur Therapie der CRA treten nur vereinzelt in der Literatur auf. Holfeld et al. führten an zwei Patienten eine erfolgreiche endovaskuläre Stentgraft-Einlage durch, die auch sechs Monate später ein beschwerdefreies *Follow-up* zeigte [33]. Ishigaki et al. warnten jedoch davor, dass ein endovaskulärer Eingriff die Gefahr der Embolisation durch Plaquebestandteile mit sich bringt. Ebenso besteht die Gefahr eines möglichen Bruches im Stentgraft durch die Widerstandskraft der massiven Kalzifikation [18].

1.4 Die Thrombendarteriektomie

Die TEA nutzt den Umstand, dass die lumenokkludierenden Kalkplaques in der Gefäßintima und Teilen der Media der betroffenen Gefäßabschnitte lokalisiert sind. Diese kann man aus den betroffenen Wandschichten „ausschälen“. Zugangswege zur Aorta und das aorto-iliakale Segment sind die mediane Laparotomie, ein linksseitiger thorako-abdomineller Zugang oder ein extraperitonealer Zugang [19]. Es folgt eine Längseröffnung der Aorta und der betroffenen Abzweigungen. Anschließend erfolgt die Ausschälung der Plaques zwischen der Tunica adventitia und der Tunica media [17], in der die Kalzifikation lokalisiert ist. Die distale Stufe, die sich durch Absetzung der erkrankten Gefäßwand bildet, wird in der Regel mit einer sogenannten Stufennaht fixiert. Hierdurch wird eine Dissektion des Gefäßes vermieden. Die TEA kann mit einer Patchplastik mittels Vene, Kunststoff oder bovinen Perikards kombiniert werden, um spätere Rezidivstenosen zu verhindern. Dies ist bei der Aorta aufgrund ihres großen Diameters nur selten notwendig. Bei den kleinerlumigen Iliakalarterien kann dies je nach Gefäßkaliber sinnvoll sein. Alternativ wird das Gefäß mittels Direktnaht verschlossen.

2 Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der Früh- und Langzeitergebnisse der Thrombendarteriektomie des CLS und der CRA. Dazu werden die im Universitätsklinikum Düsseldorf (UKD) zwischen 2010 und 2018 mittels TEA behandelten Patienten retrospektiv analysiert. Der Fokus liegt auf dem klinischen *Outcome* hinsichtlich der Gehstrecke, Extremitätenperfusion, abdominellen Symptomatik und der Reinterventionshäufigkeit. In der Diskussion wird anhand verschiedener Studien und Case Reports der letzten Jahre die Frage beleuchtet, inwieweit die offen-operativen Methoden Vorteile oder Nachteile gegenüber den endovaskulären Optionen bietet.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Aus dem Zeitraum Januar 2010 bis April 2018 wurden alle Patienten eingeschlossen, die entweder wegen eines CLS oder einer CRA in der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie (bis 2012 Klinik für Gefäß- und Nierentransplantation) des UKD operativ versorgt worden waren. In die Auswertung eingeschlossen wurden alle Patienten im Alter von über 18 Jahren, die sich im Stadium II-IV nach Fontaine befanden und elektiv mittels einer TEA der infrarenalen Aorta, der Aortenbifurkation und/oder beider Aa. iliaca communes behandelt worden waren.

Ausgeschlossen wurden alle Patienten, die nicht den Einschlusskriterien entsprachen. Dazu gehörten insbesondere Patienten, die wegen eines akut thrombotischen Gefäßverschlusses beziehungsweise eines Akuten Leriche Syndroms im Sinne einer Notfalloperation behandelt worden waren. Ebenso wurden Patienten ausgeschlossen, bei denen eine endovaskuläre statt einer offen-operativen Versorgung gewählt worden war. Ebenfalls ausgeschlossen wurden diejenigen Patienten, bei denen nur eine unilaterale TEA der A. iliaca communis durchgeführt wurde. Im Rahmen beider Erkrankungen wurden die Informationen derjenigen Patienten nicht ausgewertet, die mittels eines Bypasses zur Umgehung des stenotischen Gefäßabschnittes behandelt worden waren. Das positive Ethikvotum für die Studie liegt seit dem 29.11.2018 unter der Studiennummer 2018-188-ProspDEuA vor.

3.2 Erhobene Parameter

3.2.1 Klinische Symptome

Für die Beschreibung der Geheleistung wurden die Ergebnisse des standardisierten Laufbandtests ausgewertet. Dieser wurde mit den Patienten während der ambulanten Untersuchung vor der stationären Aufnahme für den ersten operativen Eingriff durchgeführt. Das Laufband wurde standardisiert auf eine Geschwindigkeit von 3,2 km/h und eine Steigung von 12% eingestellt.

Als ergänzende Symptome bei Patienten mit CRA wurden die anamnestische Angina abdominalis, die sich als postprandiales Schmerzereignis beschreiben

lässt, und der angegebene Gewichtsverlust in Kilogramm in den Monaten vor dem ersten operativen Eingriff erhoben.

3.2.2 Vorerkrankungen und Risikofaktoren

Zu den Vorerkrankungen wurden alle zuvor durchgeführten vaskulären Operationen und das Vorliegen von Erkrankungen wie Diabetes mellitus (Dm), arterielle Hypertonie (aHT), koronare Herzkrankheit (KHK), Herzklappenerkrankungen, chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), chronische Niereninsuffizienz (CNI) oder ein zurückliegender Schlaganfall gezählt. Außerdem wurden die Daten zu *Body-Mass-Index* (BMI, Abb. 1) [34], *pack years* [35] und der Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA, Tabelle 2) [36] ausgewertet.

Tabelle 2: Klassifikation der American Society of Anesthesiologists [36] zur Einschätzung des anästhesiologischen Risikoprofils eines Patienten

ASA 1	gesunder Patient
ASA 2	leichte Systemerkrankung ohne Leistungseinschränkung
ASA 3	schwere Systemerkrankung mit Leistungseinschränkung
ASA 4	schwerste, dauernd lebensbedrohliche Systemerkrankung
ASA 5	moribund, ohne Intervention nicht überlebensfähig

Body-Mass-Index: Körpergewicht in kg / Körpergröße in m ²

Abb. 1: Berechnung des Body-Mass-Index [34], kg=Kilogramm, m²=Quadratmeter

3.2.3 Ankulo-Brachialer Index

Für beide Krankheitsbilder diente der in Ruhe gemessene Knöchel-Arm-Index (Ankulo-Brachialer Index, ABI) als objektiver Messwert. Das Δ -ABI (delta-ABI) bezeichnet die Differenz zweier gemessener ABI-Werte, um den Vergleich zwischen präoperativ und unmittelbar postoperativ gemessenen Werten zu

zeigen. Ein positives Δ -ABI zeigt demnach eine Verbesserung, ein negatives Δ -ABI eine Verschlechterung der Messwerte.

3.2.4 Rekonstruktionsergebnis

Die präoperativ vorhandenen CT-Angiographien wurden auf Stenosen oder Verschlüsse der betroffenen Gefäßabschnitte untersucht und mit der postoperativen Verlaufskontrolle verglichen.

Die großen Abgänge der Aorta abdominalis (Truncus coeliacus, A. mesenterica superior, A. mesenterica inferior, Aa. renales, Aa. iliacae communes) sowie die Aa. iliacae internae et externae wurden auf den Grad „offen“, „stenosiert“ und „verschlossen“ hin untersucht. Hierfür wurden die Gefäße durch die einzelnen Schichten nachverfolgt und auf Offenheit geprüft. Zeigte sich eine fortlaufende Durchblutung des Gefäßes, so wurde dem Gefäß der Status „offen“ gegeben. Zeigte sich eine atherosklerotische, zirkuläre Stenose, bei dem die Durchblutung partiell gewährleistet war, wurde der Status „stenosiert“ vergeben. War ein bestimmter Abschnitt des Gefäßes zwischen zwei oder mehr Schichtbildern unterbrochen und füllte sich distal über Kollateralen wieder auf, so wurde das Gefäß als „verschlossen“ interpretiert. Da nicht immer die gleichen Schichten beziehungsweise die gleichen Körperanteile der Patienten abgebildet waren, entstanden unterschiedliche Angaben in der Gesamtzahl der interpretierten Gefäße.

3.2.5 Revisionseingriffe

In Form einer Kaplan-Meier-Kurve wurde dargestellt, wie viele der nachuntersuchten Patienten eine operative Revision im Verlauf des Beobachtungszeitraumes erhielten. Relevant war hier die Anzahl der revisionsfreien Monate. Ein Patient, der keine Revision erhielt oder nicht mehr nachuntersucht worden war, erhielt die Kodierung 0. Die Kodierung 1 beziehungsweise das Ereignis entsprach demnach der ersten operativen Revision eines Patienten.

3.3 Datenrecherche

Alle Parameter wurden aus den elektronischen Patientenakten mithilfe des Medico-Systems, des elektronischen Pegasus-Archives des UKD sowie

radiologischer Aufnahmen aus dem Programm Sectra PACS gesammelt. Waren Informationen in den elektronischen Akten nicht hinterlegt, wurden die Akten in Papierform verwendet, die noch in der Gefäßchirurgischen Ambulanz der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie archiviert waren. Wenn Informationen weder in elektronischen Akten noch in Akten der Ambulanz auffindbar waren, so wurden in den Textstellen der Auswertung nur die vorhandenen Informationen beschrieben. Es wurde darauf verzichtet, wiederholt auf fehlenden Daten hinzuweisen.

Es wurden Informationen aus definierten Zeiträumen ausgewertet: präoperativ zur ersten operativen Gefäß-Rekonstruktion, intraoperativ, unmittelbar postoperativ (frühpostoperativ) bis zur Entlassung der Patienten in ihre häusliche Umgebung beziehungsweise in die Rehabilitation oder ins Altersheim sowie die aktuellste vorhandene Nachuntersuchung. Waren die Patienten zwischen Entlassung und aktuellster Untersuchung mehrmals vorstellig oder wurden wegen der gleichen Grunderkrankung mehrmals operativ behandelt, wurden die Informationen aus diesen Untersuchungen ebenfalls in die Auswertung aufgenommen.

Für die korrekte Zitierweise wurde das Programm EndNote in der Version X9 verwendet. Die für die Literaturreferenzen verwendeten Publikationen wurden überwiegend über die Meta-Datenbank PubMed aufgerufen und zitiert.

3.4 Definitionen

Die Definition des pAVK-Stadiums der Patienten erfolgte durch die Einteilung nach René Fontaine (Tabelle 1). Die betroffenen unteren Extremitäten der Patienten werden in den Auswertungen jeweils getrennt betrachtet. Hier galt das Bein mit der schlechteren distalen Perfusion, gemessen am ABI, als „kränkeres Bein“. Das Bein mit der besseren, jedoch immer noch reduzierten distalen Perfusion wurde als „weniger krankes Bein“ bezeichnet. Eine objektive Verbesserung der Gefäßdurchblutung zeigte sich durch ein positives Δ -ABI zu verschiedenen Beobachtungszeitpunkten (Tabelle 3). Gegenübergestellt wurden die ABI-Werte präoperativ **(1)**, unmittelbar postoperativ **(2)** und innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ **(3)**. In einer zweiten Reihe wurden die Werte präoperativ **(1)**, unmittelbar postoperativ **(2)** und die verfügbaren Werte zum aktuellsten Zeitpunkt der Nachuntersuchung **(4)** einander gegenübergestellt. Zu

allen Zeitpunkten im postoperativen Verlauf war ein ABI von $\geq 0,9$ anzustreben. Der zweite Zeitpunkt (2, unmittelbar postoperativ) diente als direkte Auswertung des kurzfristigen operativen Erfolges und als Vergleichswert zum ABI des aktuellsten Zeitpunktes der Nachuntersuchung (4). Von *clinical benefit* wird gesprochen, wenn die Patienten postoperativ eine schmerzfreie Gehstrecke von über 200 Metern beschrieben. Sie waren damit in der pAVK-Einteilung nach Fontaine wieder in das Stadium IIa oder höher einzuordnen. Der *clinical benefit* bei den Patienten mit CRA zeichnete sich zusätzlich durch abdominelle Schmerzfreiheit und Sistieren der unkontrollierten Gewichtsabnahme aus. Die frühe Revisionsrate in Prozent ist die Kumulation aller Patienten mit Komplikationen innerhalb der ersten 30 Tage nach dem ersten Eingriff, die eine operative Revision benötigten. Dabei zählten mehrere Revisionen beim selben Patienten nur einfach. Die späte Revisionsrate beschreibt den prozentualen Anteil an Patienten, der nach Ablauf der 30 postoperativen Tage bis zur aktuellsten vorhandenen Nachuntersuchung revisionspflichtig wurde. Im Rahmen der Auswertung einzelner Parameter wurde das Kollektiv zur besseren Beschreibung in die Gruppen CRA und CLS geteilt.

Tabelle 3: Beobachtungszeitpunkte des ABI

Beobachtungszeitpunkte des ABI
1 präoperativ
2 unmittelbar postoperativ
3 innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ
4 aktuellste vorhandene Nachuntersuchung

3.5 Statistik

Für die statistische Auswertung der Patientendaten wurde das Statistik-Programm IBM SPSS-Statistics v.26.0 für macOS und Microsoft Office Excel 2018 benutzt. Ergebnisse mit $p < .05$ (Unterschreiten des Signifikanzniveaus von 5%) wurden als signifikant erachtet.

Verwendete Tests waren T-Tests für gepaarte Stichproben, Pearson-Korrelationen für parametrische Variablen, die Erstellung einer Kaplan-Meier-Kurve zur Darstellung des revisionsfreien Überlebens der Patienten sowie univariate, multifaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) für abhängige Gruppen. Im

Rahmen der Varianzanalysen wurde zusätzlich ein partielles Eta-Quadrat (Effektgröße, r^2) errechnet. Dies erklärt, wie viel Prozent der Varianz der abhängigen Variable (im Falle dieser Arbeit der ABI) sich durch den Hauptfaktor (operativer Eingriff) erklären lässt. Mit diesen Werten lässt sich durch die von Jacob Cohen im Jahr 1988 [37] definierte Formel (Abb. 2) die sogenannte Effektstärke des Hauptfaktors berechnen und damit die Stärke des Hauptfaktors auf die abhängige Variable (Tabelle 4).

$$d = \sqrt{r^2/1-r^2}$$

Abb. 2: Formel zur Berechnung der Effektstärke nach Jacob Cohen [37]

Tabelle 4: Wertetabelle für die Effektstärke nach Jacob Cohen [37]

Stärke	Wert d
klein	ab 0,1
mittel	ab 0,25
groß	ab 0,4

4 Ergebnisse

Tabelle 5: Patientenkollektiv und Vorerkrankungen

<u>Patienten</u>	
total	45
Geschlecht (männlich/weiblich)	18/27
Alter, Mittel, Jahre	59 (Std.-Abweichung 10,2)
pAVK Stadium	
IIa	1
IIb	30
III	5
IV	3
ASA	
Klasse 2	11
Klasse 3	22
<u>Krankheitsbild und Symptome</u>	
Chronisches Leriche Syndrom	35
biliakal	32
unilateral	3
Claudicatio intermittens	35
Coral Reef Aortal	10
Gewichtsverlust	3
Angina abdominalis	3
Claudicatio intermittens	4
Claudicatio glutealis	1
<u>Vormedikation</u>	
Thrombozytenaggregationshemmer	28
Orales Antikoagulans	1
<u>Vorerkrankungen und Risikofaktoren</u>	
Nikotinabusus	32
Arterielle Hypertonie	26
Body-Mass-Index, Mittel	25 (Std.-Abweichung 4,1)
KHK	9
CNI	7
COPD	6
Diabetes mellitus Typ II	6
Vorangegangener Schlaganfall	1
<u>Voroperationen</u>	
Iliakalgefäße	7
Stent bilateral	4
Stent unilateral	1
PTA bilateral	1
Femoralisgabel-TEA	5
Femoro-poplitealer Bypass	2
<p><i>pAVK: periphere arterielle Verschlusskrankheit, ASA: American Society of Anesthesiologists, KHK: koronare Herzkrankheit, CNI: chronische Niereninsuffizienz, COPD: chronic obstructive pulmonary disease, PTA: perkutane transluminale Angioplastie, TEA: Thrombendarteriektomie</i></p>	

4.1 Patientenkollektiv

Insgesamt bestand das Patientenkollektiv aus 45 Patienten (Tabelle 5). Bei diesen Patienten war in 78% der Fälle (n=35; w/m=27/18) das **CLS** als Grunderkrankung anzusehen. In 22% der Fälle (n=10; w/m=7/3) war das Krankheitsbild der **CRA** diagnostiziert worden. Das Kollektiv teilte sich in 27 weibliche und 18 männliche Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 59 Jahren (min/max=43/84; Median=58; Standardabweichung=10,17) auf.

Aus der CLS-Gruppe war ein Patient dem pAVK-Stadium IIa, 24 Patienten dem Stadium IIb, fünf Patienten dem Stadium III und zwei Patienten dem Stadium IV zuzuordnen. In der CRA-Gruppe fanden sich sechs Patienten im Stadium IIb und ein Patient im Stadium IV. Bei 32 CLS-Patienten war die Stenosierung biliakal und bei drei Patienten unilateral linksseitig. Die CRA-Patienten zeigten ein breiteres Spektrum an Beschwerden: die ungewollte Gewichtsabnahme und die Angina abdominalis wurden von jeweils drei Patienten beschrieben. Über eine Claudicatio intermittens klagten vier Patienten. Ein Patient litt zusätzlich an einer Claudicatio glutealis. Aortensegmente waren bei je zwei Patienten die Segmente 3 und 4, bei zwei weiteren Patienten jeweils nur das Segment 4 und bei je einem Patienten die Segmente 4 und 5 sowie 3 bis 5 von einer Stenosierung betroffen.

Zu den relevanten Vorerkrankungen, die sowohl das Auftreten der Grunderkrankungen CLS und CRA als auch das *Outcome* beeinträchtigten, zählten die KHK (n=9), ein vorangegangener Schlaganfall (n=1), eine CNI (n=6), eine renale Hypertonie (n=1), eine COPD (n=6), ein Diabetes mellitus Typ 2 (Dm, n=6) und die am häufigsten vorkommende arterielle Hypertonie (aHT, n=26). Weitere vereinzelt vorkommende, relevante Vorerkrankungen waren eine Mitralklappeninsuffizienz Grad 2 (n=1), eine Aortenklappenstenose (n=1) und ein mehrfaches Rezidiv einer tiefen Beinvenenthrombose (n=1). Anhand der Vorerkrankungen ließen sich 24% (n=11) der Patienten der ASA-Klassifikation Klasse 2 und 49% (n=22) der Patienten der ASA-Klassifikation Klasse 3 zuordnen. Zu den gerinnungsaktiven präoperativen Medikamenten gehörten Thrombozytenaggregationshemmer bei 28 Patienten (62%) und ein orales Antikoagulans bei einem Patienten (2%, Zustand nach TVT-Rezidiven). Zu den Risikofaktoren zählten der Nikotinabusus und der *Body-Mass-Index*. Hier fanden

sich im Kollektiv 71% (n=32) aktive Raucher wieder. 11% (n=5) hatten die Entwöhnung bereits geschafft und weitere 11% (n=5) waren Nichtraucher (Abb. 3). Von neun Patienten waren Informationen über die *pack years* [35] bekannt: sie rauchten im Durchschnitt eine Schachtel Zigaretten pro Tag über im Durchschnitt 34 Jahre (min/max=10/50; Standardabweichung 11 Jahre). Der BMI lag im Durchschnitt bei 25 (min/max=12/39; Standardabweichung 5) und damit im leicht übergewichtigen Bereich.

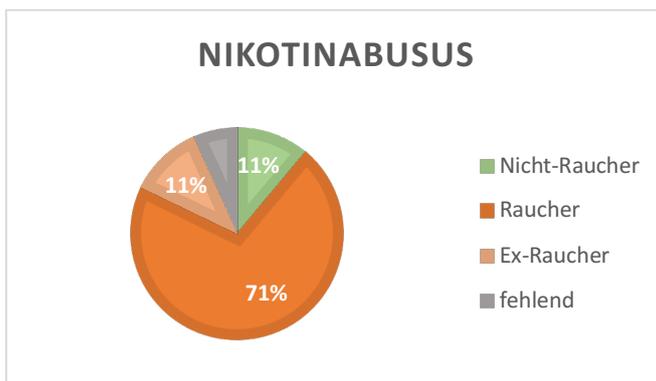


Abb. 3: Pie Chart zum ermittelten Nikotinabusus im Patientenkollektiv; 71% Raucher (n=32), 11% Nicht-Raucher (n=5), 11% Ex-Raucher (n=5)

Sieben Patienten waren in der Anamnese bereits vorher schon einmal an den Iliakalgefäßen operiert worden (n=4 Stent beidseits, n=1 rechtsseitiger Stent, n=1 PTA beidseits, n=2 unbekannt). Weitere fünf Patienten hatten eine vorangegangene TEA der Femoralisgabel und zwei weitere Patienten einen femoro-poplitealen Bypass erhalten. Im Rahmen der präoperativen radiologischen Untersuchungen waren Besonderheiten bei einzelnen Patienten auffällig: so fand sich bei einem Patienten eine Doppelanlage der rechten Nierenarterie und bei einem anderen Patienten eine Doppelanlage der linken Nierenarterie. Ein weiterer Patient zeigte eine Polararterie der rechten Niere. Zwei Patienten hatten jeweils einseitig eine funktionslose Schrumpfniere. Ein weiterer Patient zeigte beidseits transplantierte Nieren, von denen die linke funktionslos und die rechte funktionsfähig war. Bei einem Patienten fanden sich in der linken A. iliaca externa sowie in der rechten A. iliaca communis jeweils ein stenosierter Stent. Ein weiterer Patient wies beidseits verschlossene *Kissing-Stents* der proximalen Aa. iliaca communes auf.

4.2 Voruntersuchungen

4.2.1 Präoperative Laborwerte

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden präoperativ Laborwerte bestimmt, die in Tabelle 6 aufgelistet sind. Hier wichen, außer bei einer Patientin mit bereits präoperativ vorhandenem terminalen Nierenversagen (n=1 mit GFR von 4ml/min), nur vereinzelt Werte vom jeweilig festgelegten Normbereich des hauseigenen Labors ab.

Tabelle 6: Präoperative Laborwerte der Studienpatienten (n=42)

Laborwerte präoperativ (n=42)	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung
Hämoglobin in g/dl	13,66	8,00	16,40	1,74
Hämatokrit in %	40,68	23,70	47,00	4,87
Kreatinin in mg/dl	1,04	0,50	10,0	0,92
GFR in ml/min	86,85	4,00	137,00	24,67
Harnstoff in mg/dl	32,74	10,00	127,00	17,64
Kreatininkinase in u/l	69,88	24,00	221,00	36,42
Kalium in mmol/l	4,58	4,00	5,30	0,32
CRP in mg/l	1,01	0,10	11,00	2,02
Leukozyten in tausend Zellen/ μ l	8,52	5,20	16,50	2,25
Thrombozyten in tausend Zellen/ μ l	270,43	1180,00	462,00	75,04

g: Gramm, CRP: C-reaktives Protein, dl: Deziliter, GFR: glomeruläre Filtrationsrate, %: Prozent, mg: Milligramm, min: Minute, u: unified atomic mass unit, l: Liter, mmol: Millimol, μ l: Mikroliter

4.2.2 Präoperativer Status der abdominalen Aortenabgänge

Von 35 Patienten waren präoperativ bildgebende Untersuchungen vorhanden, die in Tabelle 7 aufgelistet sind. Es wurde bei 24 Patienten eine Computertomographie mit intravenöser Kontrastmittelapplikation, bei acht Patienten eine native Computertomographie, bei drei Patienten eine

Magnetresonanztomographie und ebenfalls bei drei Patienten eine Digitale Subtraktionsangiographie durchgeführt.

Tabelle 7: Präoperativer Gefäßstatus (offen; stenosiert; verschlossen) nach Auswertung vorhandener bildgebender Untersuchungen bei 35 Patienten

untersuchtes Gefäß (n=35)	offen	stenosiert	verschlossen	gesamt
Truncus coeliacus	22	5	2	29
A. mesenterica superior	24	3	2	29
A. mesenterica inferior	29	0	1	30
A. renalis dextra	25	4	1	30
A. renalis sinistra	24	5	1	30
A. infrarenalis	7	22	5	34
A. iliaca communis dextra	8	21	5	34
A. iliaca communis sinistra	9	18	8	35
A. iliaca interna dextra	25	7	2	34
A. iliaca interna sinistra	26	6	3	35
A. iliaca externa dextra	29	5	1	35
A. iliaca externa sinistra	23	8	4	35
A: Arteria				

4.2.3 Laufbandtests präoperativ

Bei 24 Patienten (53%) waren Daten zu präoperativ durchgeführten Laufbandtests auffindbar. Im Durchschnitt lag die schmerzfremde Gehstrecke bei 72 Metern mit einer Standardabweichung von 68 Metern (min/max=10/200; Median=40). Die schmerzfremde Gehstrecke lag bei durchschnittlich 130 Metern mit einer Standardabweichung von 104 Metern (min/max=30/390; Median=100).

4.2.4 Ankulo-Brachialer Index präoperativ

ABI-Werte lagen präoperativ bei 31 Patienten (69%) vor und bewegten sich für das jeweils kränkere Bein um einen Mittelwert von 0,51 (min/max=0,13/1,10; Median=0,40; Standardabweichung=0,25). Der ABI des weniger kranken Beines

hatte einen Mittelwert von 0,66 (min/max=0,19/1,20; Median=0,63; Standardabweichung 0,26). In 29 Fällen war das rechte Bein etwas stärker betroffen, in elf Fällen das linke Bein.

4.3 Operationen

4.3.1 Allgemeine Daten

Im Studienzeitraum wurden gemäß der Anzahl der Patienten 45 primär rekonstruktive Operationen durchgeführt. Im Rahmen dieser Operationen wurden insgesamt 182 einzelne Gefäße beziehungsweise Gefäßabschnitte im Sinne einer TEA rekonstruiert. Hierbei wurden alte Stents entfernt, vereinzelt Gefäße mittels *Patches* versorgt und verschiedene Anastomosen hergestellt. Im Durchschnitt dauerte ein Eingriff 220 Minuten (min/max=72/490; Standardabweichung 78). Als Zugangsweg wurde bei 75% der Patienten (n=34) die mediane Laparotomie, bei 9% (n=4) der Zugang über das Retroperitoneum und bei 13% (n=6) der extraperitoneale Zugangsweg gewählt. Die temporäre Aufhebung der Durchblutung wurde durch Gefäßklemmen gewährleistet, die bei 97% (n=34) der CLS-Patienten infrarenal und bei einem Patienten (n=1) suprarenal zum Einsatz kamen. Bei allen CRA-Patienten wurde die Gefäßklemme am thorakoabdominellen Übergang platziert, um distal der Klemmung ohne Blutstrom operieren zu können. Als Antibiotikaphylaxe wurde bei 29 Patienten (64%) der Wirkstoff Cefazolin, bei vier Patienten (9%) der Wirkstoff Clindamycin und bei einem Patienten (2%) der Kombinationswirkstoff Ampicillin/Sulbactam jeweils kurz vor Beginn der Operation verabreicht. Fünf Patienten (11%) erhielten keine Antibiotikaphylaxe. Über die verbleibenden sechs Patienten (13%) waren hierzu keine Daten auffindbar.

4.3.2 Chronisches Leriche Syndrom

In der Gruppe der CLS-Patienten wurde die infrarenale Aorta bei 97% (n=34) der Patienten operativ behandelt und bei einem dieser Patienten zusätzlich die A. mesenterica superior (AMS). Aus Tabelle 8 lässt sich ablesen, bei wievielen Patienten die betroffenen Gefäße distal der infrarenalen Aorta jeweils bilateral oder nur unilateral rekonstruiert wurden. Dabei erhielten 94% (n=33) aller CLS Patienten eine beidseitige TEA der A. iliaca communis (AIC), 40% (n=14) eine

beidseitige TEA der A. iliaca externa (AIE), 23% (n=8) eine beidseitige TEA der Femoralisgabel und 20% der Patienten (n=7) eine beidseitige TEA der A. iliaca interna. Bei den anderen Patienten wurden diese Gefäßabschnitte entweder nur unilateral rekonstruiert oder überhaupt nicht behandelt.

Zu den intraoperativen Besonderheiten, die sich während der Eingriffe bei den CLS-Patienten ereigneten, gehörten bei fünf Patienten (14%) die Entfernung alter Stents (n=2 aus A. iliaca externa rechts, n=2 aus beiden A. iliacae communes, n=1 aus iliaco-femoralem Bypass, n= 1 aus AIE links). Bei drei Patienten (9%) wurde eine komplette Durchtrennung der AIC (n=1 nur rechts, n=2 beidseits) mit anschließender End-zu-End-Naht nach Desobliteration durchgeführt. Ein Patient erhielt eine Reanastomosierung einer rechten AIC auf die A. femoralis communis mit Umgehung der AIE. Bei zwei Patienten wurden zusätzliche Desobliterationen von Nierenarterien (n=1 nur links, n=1 beidseits) durchgeführt.

Tabelle 8: Operierte Gefäße bei Patienten mit Chronischem Leriche Syndrom

Patientengefäße n=34	keine Intervention	rechts	links	beidseits
A. iliaca communis	2	0	0	33
A. iliaca externa	13	0	7	14
A. iliaca interna	23	2	2	7
Femoralisgabel	22	3	2	8
<i>A: Arteria</i>				

4.3.3 Coral Reef Aorta

Von einem der insgesamt zehn Patienten der CRA-Gruppe waren keine Informationen über das Operationsverfahren auffindbar. Aus Tabelle 9 ist abzulesen, dass bei drei Patienten (30%) in allen beschriebenen Abschnitten (Aortasegmente 3 bis 5, AMS, Tr. coeliacus) eine TEA durchgeführt wurde. Bei zwei Patienten (20%) wurde eine TEA in den Segmenten 3 bis 5 durchgeführt. Bei weiteren zwei Patienten (20%) wurde eine TEA nur in den Segmenten 3 und 4, bei einem Patienten (10%) nur im Aortensegment 4 sowie im Bereich der AMS und des Tr. coeliacus und bei einem Patienten (10%) nur im Bereich des Segments 4 sowie der AMS durchgeführt.

Zusätzlich wurden bei einem Patienten die rechte Nierenarterie, bei zwei Patienten die linke Nierenarterie (mit Stententfernung bei einem dieser Patienten)

und bei zwei Patienten beide Nierenarterien desobliteriert. Zu den Besonderheiten im Bereich der Nierenarterien zählte die Anastomosierung der A. mesenterica superior auf die rechte Nierenarterie eines Patienten und die Absetzung einer linken Nierenarterie bei funktionsloser linker Niere. Im Bereich der Iliakalgefäße wurde bei zwei CRA-Patienten die A. iliaca communis beidseits und bei einem dieser Patienten zusätzlich die linke A. iliaca externa und interna desobliteriert.

Tabelle 9: Operierte Gefäße bei Patienten mit Coral Reef Aorta

Patientenanzahl	Seg. 3	Seg. 4	Seg. 5	AMS	Tr. coeliacus
n=3	1	1	1	1	1
n=2	1	1	1	0	0
n=2	1	1	0	0	0
n=1	0	1	0	1	1
n=1	0	1	0	1	0

Seg.: Segment, AMS: A. mesenterica superior, Tr.: Truncus

4.3.4 Patches

Bei elf Patienten der CLS-Gruppe (Tabelle 10, Patienten Nr. 1 bis 11) wurden *Patches* bei der Gefäßnaht benutzt. In der CRA-Gruppe erhielt nur ein Patient einen *Patch* (Tabelle 10, Patient Nr. 12). Es wurden insgesamt vier *Patches* aus Rinderperikard, vier *Patches* aus autologen Venen, vier *Patches* aus Polyethylenterephthalat (Markenname Dacron), von denen ein *Patch* mit Silber beschichtet war, und ein *Patch* aus Polytetrafluorethylen (PTFE) in die Gefäßwände eingenäht.

Tabelle 10: Intraoperativ verwendete Patches

Patient	Material	Ort
1	Dacronprothese	AIC rechts
2	Rinderperikard	AIC rechts
3	Dacronprothese	AIE rechts
4	Rinderperikard	infrarenale Aorta und AIC beidseits
5	V. saphena magna	AFC beidseits
6	V. saphena magna	AFC links
7	Rinderperikard	infrarenale Aorta und AIC links
8	V. saphena magna	Femoralisgabel rechts
9	PTFE Prothese	Bereich Anastomose AIC und AIE rechts
10	V. saphena magna; Dacronprothese	AFC links; Bereich Anastomose von AIC auf AIE links
11	Dacronprothese silberbeschichtet	AIE links
12	Rinderperikard	Tr. coeliacus

AIC: A. iliaca communis, AIE: A. iliaca externa, AFC: A. femoralis communis, PTFE: Polytetrafluorethylen, Tr.: Truncus

4.3.5 Blutverlust

Im Durchschnitt verloren die Patienten intraoperativ 1732ml Blut (min/max=300/5600; Standardabweichung=1247). Bei 36 Patienten kam ein Autotransfusionsverfahren zum Einsatz und es wurden im Durchschnitt 771ml Blut (min/max=133/2340; Standardabweichung 558) retransfundiert. Bei den übrigen neun Patienten, von denen keine Dokumentation des Autotransfusionsverfahrens zu finden war, ist trotzdem von einem Einsatz dessen auszugehen. Zusätzlich wurden insgesamt bei 16 Patienten im Durchschnitt ein Erythrozytenkonzentrat (min/max=0/8; Standardabweichung 1,8), bei 15 Patienten im Durchschnitt zwei Beutel *Fresh Frozen Plasma* (min/max=0/13; Standardabweichung 3,4) und bei drei Patienten jeweils zwei Thrombozytenkonzentrate verabreicht.

4.3.6 Intraoperative Komplikationen

Die intraoperative Mortalität der Patienten während der Primäroperationen betrug 0%. Intraoperative Komplikationen der CLS-Gruppe ergaben sich nur bei einem Patienten, bei dem sich die offen operative Rekonstruktion an einen frustrierten

Versuch einer endovaskulären Versorgung anschloss. In der CRA-Gruppe fand sich ebenfalls bei nur einem Patienten eine intraoperative Komplikation in Form einer Tachykardie bei kardialer Dekompensation bei entsprechend bekannter Vorerkrankung.

4.4 Frühpostoperative Ergebnisse

4.4.1 Stationärer Aufenthalt, Dauer der intensivmedizinischen Überwachung, Intubationsdauer

Im Durchschnitt blieben die Patienten 15,5 Tage im stationären Setting (min/max=4/86; Median=13,8; Standardabweichung=11,5). Davon verbrachten die Patienten im Durchschnitt drei Tage unter intensivmedizinischer Überwachung (min/max=0/21; Median= 2; Standardabweichung=4). Die CLS-Patienten blieben dabei im Durchschnitt 1,5 Tage länger im Krankenhaus als die CRA-Patienten. Allerdings findet sich in der CLS-Gruppe eine Patientin mit einer Aufenthaltsdauer von 86 Tagen bei komplizierter postoperativer Wundheilungsstörung mit zweimaliger operativer Revision. Alle CLS-Patienten wurden noch am selben Tag extubiert. Von den CRA-Patienten wurden sieben Patienten ebenfalls am selben Tag extubiert. Drei Patienten benötigten eine verlängerte Intubationsdauer von einem Tag (n=1), drei Tagen (n=1) und 13 Tagen aufgrund von einer Pneumonie (n=1). Eine nach Pearson durchgeführte Korrelation (Zusammenhang zwischen zwei parametrischen Variablen, Tabelle 11) zeigt weder einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem präoperativ gemessenen *Body-Mass-Index* und der Hospitalisierungsdauer in Tagen ($p=0,129$) noch einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Operationsdauer in Minuten und der Hospitalisierungsdauer in Tagen ($p=0,209$).

Tabelle 11: Pearson-Korrelation zwischen präoperativem Body-Mass-Index, Operationsdauer in Minuten und Hospitalisierungsdauer in Tagen

		Body-Mass-Index	OP-Dauer in Minuten	Hospitalisierungsdauer in Tagen
Body-Mass-Index	Korrelation nach Pearson	1	0,154	0,241
	Signifikanz (2-seitig)		0,336	0,129
	Patientenzahl	42	41	41
OP-Dauer in Minuten	Korrelation nach Pearson	0,154	1	0,196
	Signifikanz (2-seitig)	0,336		0,209
	Patientenzahl	41	44	43
Hospitalisierungsdauer in Tagen	Korrelation nach Pearson	0,241	0,196	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,129	0,209	
	Patientenzahl	41	43	44

4.4.2 Laborwerte postoperativ

Die am ersten postoperativen Tag gemessenen Laborwerte (Tabelle 12) gaben Aufschluss darüber, wie sich das Blutbild und die Entzündungsparameter im Verlauf veränderten. So sind das im Schnitt um 3,37 mg/dl niedrigere Hämoglobin, der um 10% gesunkene Hämatokrit sowie die um $111 \times 1000/\mu\text{l}$ geringere Thrombozytenzahl durch den intraoperativen Blutverlust zu erklären, wohingegen die Entzündungsparameter CRP und Leukozyten bei allen Patienten nur moderat angestiegen sind. Auch der auf den ersten Blick sehr hoch erscheinende Wert für die Kreatininkinase ist durch den operativen Eingriff gut zu begründen, der für die Patienten ein großes Trauma darstellt. Das gemessene Kalium zeigte zu präoperativen Werten durchweg keine relevante Veränderung. Die Nierenparameter Kreatinin, Harnstoff und glomeruläre Filtrationsrate blieben im Vergleich zu den präoperativ gemessenen Werten stabil. Lediglich bei einer Patientin zeigten diese Werte eine deutliche Niereninsuffizienz an (Kreatinin 11,2mg/dl, Harnstoff 149mg/dl, GFR 3ml/min). Diese Werte sind jedoch übereinstimmend mit den präoperativ gemessenen Werten dieser Patientin bei lang bestehender chronischer Niereninsuffizienz.

Tabelle 12: Laborwerte der Studienpatienten am ersten postoperativen Tag; in Klammern präoperative Mittelwerte

Laborwerte postoperativ (n=44)	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung
Hämoglobin in g/dl	10,29 (13,66)	6,7	13,8	1,4
Hämatokrit in %	30,6 (40,68)	20,7	39,8	4,14
Kreatinin in mg/dl	1,27 (1,04)	0,4	11,2	1,72
GFR in ml/min	81,39 (86,85)	3	179	38,24
Harnstoff in mg/dl	36,4 (32,74)	9	149	24,67
Kreatininkinase in U/l	1353,93	95	20884	3198,52
Kalium in mmol/l	4,08 (4,58)	3,4	4,7	0,31
CRP in mg/l	7,44 (1,01)	1,1	23,9	4,64
Leukozyten in Tausend Zellen/ μ l	10,48 (8,52)	3,1	22,1	3,53
Thrombozyten in Tausend Zellen/ μ l	158,95 (270,43)	64	328	56,46

g: Gramm, CRP: C-reaktives Protein, dl: Deziliter, GFR: glomeruläre Filtrationsrate, %: Prozent, mg: Milligramm, min: Minute, u: unified atomic mass unit, l: Liter, mmol: Millimol, μ l: Mikroliter

4.4.3 Medikation bei Entlassung

Zusätzlich zu Schmerztherapie und Thromboseprophylaxe wurden acht Patienten der CLS-Gruppe (23%) während des stationären Aufenthaltes mit einer additiven rheologischen Infusionstherapie mittels des Prostaglandins-E1-Analogons Prostvasin therapiert. Zur Medikation bei Entlassung der Patienten beider Gruppen lässt sich sagen, dass bei allen Patienten eine einfache Thrombozytenaggregationshemmung eingesetzt wurde. 19 Patienten (43%) nahmen ein blutdrucksenkendes Medikament. Zwei Patienten (4%) wurden bei Entlassung zusätzlich mit einem oralen Antikoagulans behandelt. Die Indikation war bei einem Patienten eine bereits präoperativ behandelte rezidivierende tiefe Beinvenenthrombose. Beim zweiten Patienten war die Indikation für das orale Antikoagulans eine postoperativ neu aufgetretene Lungenarterienembolie (siehe Kapitel 4.4.5 „frühpostoperative Komplikationen“).

4.4.4 Ankulo-Brachialer Index postoperativ

Der vor Entlassung gemessene ABl war bei 35 Patienten (78%) eruiert und betrug im Durchschnitt 0,86 für das kränkere Bein (min/max=0,43/1,60;

Standardabweichung=0,23) und 0,90 für das weniger kranke Bein (min/max=0,40/1,60; Standardabweichung=0,25). Er war damit im Durchschnitt um 0,36 (min/max= -0,24/0,81; Standardabweichung=0,26) für das kränkere Bein und um 0,23 (min/max=-0,44/0,75; Standardabweichung=0,26) für das weniger kranke Bein höher als der präoperativ gemessene Wert (Δ -ABI, $p < 0,01$, Tabelle 13).

Tabelle 13: T-Test-Analyse des prä- und postoperativen ABI

		Mittelwert	n	Std.-Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
ABI	prä-OP kränkere Bein	0,5143	28	0,23872	0,04511
	post-OP kränkere Bein	0,8696	28	0,17987	0,03399
ABI	prä-OP weniger krankes Bein	0,6611	27	0,24462	0,04708
	post-OP weniger krankes Bein	0,8893	27	0,22607	0,04351

Bei vier Patienten zeigte sich ein negatives Δ -ABI von postoperativ zu präoperativ, der jeweils nur gering war und nur ein Bein betraf (-0,06/ -0,10/ -0,20/ -0,05). Eine einzelne Patientin (n=1) zeigte jedoch beidseits ein deutlich negatives Δ -ABI (rechtes Bein -0,24, linkes Bein -0,44). Hier war außer einem postoperativ aufgetretenem akuten Nierenversagen (siehe Kapitel 4.4.5 „frühpostoperative Komplikationen“) keine weiteren Daten über eine gefäßmedizinische Komplikation verzeichnet. Da diese Patientin nach stationärer Entlassung zu keiner weiteren Nachuntersuchung erschienen ist, ließ sich das negative Δ -ABI nicht mehr nachverfolgen. Eine nach Pearson durchgeführte Korrelation (Tabelle 14 und 15) zeigte in der Gesamtheit einen negativ linearen Zusammenhang zwischen dem präoperativ gemessenen ABI und dem Δ -ABI der postoperativ gemessenen Werte (Signifikanz $p < 0,01$). Je höher also der präoperativ gemessene ABI war, desto kleiner war das Δ -ABI der postoperativ gemessenen Werte. War der präoperative ABI demnach niedrig, zeigte also eine

hochgradige Stenose an, so konnte rechnerisch gesehen bei dem Patienten durch die operative Gefäßrekonstruktion ein größerer Unterschied im ABI erzielt werden als bei einem Patienten, dessen präoperativer ABI schon vor operativer Behandlung nahe 0,9 oder höher war. Dies war bei einem Patienten aus der CLS-Gruppe und bei einem Patienten aus der CRA-Gruppe der Fall.

Tabelle 14: Pearson-Korrelation des prä- und postoperativen ABI des kränkeren Beines

		ABI prä-OP kränkeres Bein	Δ -ABI prä-OP zu post-OP kränkeres Bein
ABI prä-OP des kränkeren Beines	Korrelation nach Pearson	1	0,725
	Signifikanz (2-seitig)		0,000
	Patientenzahl	31	28
Δ -ABI prä-OP zu post-OP des kränkeren Beines	Korrelation nach Pearson	0,725	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	
	Patientenzahl	28	28

Tabelle 15: Pearson-Korrelation des prä- und postoperativen ABI des weniger kranken Beines

		ABI prä-OP weniger krankes Bein	Δ -ABI prä-OP zu post-OP weniger krankes Bein
ABI prä-OP des weniger kranken Beines	Korrelation nach Pearson	1	0,593
	Signifikanz (2-seitig)		0,001
	Patientenzahl	31	27
Δ -ABI prä-OP zu post-OP des weniger kranken Beines	Korrelation nach Pearson	0,593	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	
	Patientenzahl	27	27

4.4.5 Frühpostoperative Komplikationen und Revisionen

Bei 20 Patienten kam es im Verlauf des postoperativen stationären Aufenthaltes zu Komplikationen verschiedener Ursache (Gesamtkomplikationsrate 44%).

Zehn dieser Patienten wurden in dieser Zeit noch einmal operativ versorgt (Gesamtrevisionsrate 22%). Tabelle 16 fasst die Komplikationen zusammen.

Tabelle 16: Frühpostoperative Komplikationen (n=20)

postoperative Komplikation (n=20)	Gesamt	CLS	CRA	Revision
Pulmonale Komplikation	6	2	4	0
Wundheilungsstörung	5	4	1	1
Blutung/ Hämatombildung	5	3	2	5
Gefäßassoziierte Komplikation	4	3	1	4
Anhaltende Schmerzsymptomatik	3	3	0	0
Lymphfistel	2	2	0	0
Durchgangssyndrom	2	0	2	0
Akutes Nierenversagen	2	0	2	0
Troponin-Erhöhung	1	1	0	0
Subileus-Symptomatik	1	1	0	0
Kardiale Dekompensation	1	0	1	0

CLS: Chronisches Leriche Syndrom, CRA: Coral Reef Aorta

Nicht-gefäßassoziierte Komplikationen und Revisionen

Bei 16 der 20 Patienten sind die postoperativen Komplikationen als nicht-gefäßassoziiert zu werten (nicht-gefäßassoziierte Komplikationsrate 35%). Sechs dieser Patienten wurden aufgrund ihrer Komplikation erneut operativ behandelt (nicht-gefäßassoziierte Revisionsrate 13%).

Dabei waren die Komplikationen pulmonaler Ursache am häufigsten vertreten (n=6). Dazu gehörten Pleuraergüsse (n=4), davon ein Patient zusätzlich mit Pneumonie, eine weitere Pneumonie mit Unterlappenatektase links (n=1) und eine Lungenarterienembolie (n=1). Ähnlich häufig waren die Blutungen beziehungsweise Hämatombildungen (n=5), die bei allen fünf Patienten operativ versorgt werden mussten. In einem der Fälle entwickelte sich durch eine Blutung eine Anämie, die am ersten postoperativen Tag durch die Gabe von zwei Erythrozytenkonzentraten behandelt worden war. Ebenfalls bei fünf Patienten zeigten sich Wundheilungsstörungen im Bereich der Operationswunde, die bei

einem der Patienten zwei Mal unter erneuter Narkose revidiert (21. und 30. postoperativer Tag) und anschließend bis zur Wundheilung regelmäßig mit einer Vakuum-Versiegelung (VAC) versorgt werden musste. Dieser Patient hatte mit 86 Tagen die längste Hospitalisierungsdauer.

Eine anhaltende Schmerzsymptomatik, die sich bei vier Patienten zeigte, wurde konservativ durch intensivierete Schmerztherapie behandelt. Zwei weitere Patienten hatten eine Lymphfistel und ebenfalls zwei Patienten ein Durchgangssyndrom (durch die Operation ausgelöst, vorübergehende Psychose). Bei ebenfalls zwei Patienten (CRA-Gruppe) zeigte sich postoperativ ein akutes Nierenversagen mit Dialysepflichtigkeit bei bereits präoperativ bestehender chronischer Niereninsuffizienz.

Drei der postoperativen Komplikationen waren auf andere Gründe zurückzuführen. Dazu gehörte eine Erhöhung des Troponin-T auf 896pg/ml, eine Subileus-Symptomatik und eine kardiale Dekompensation bei kardiologisch vorbelasteter Anamnese.

Gefäßassoziierte Komplikationen und Revisionen

Vier der 20 Patienten (CLS n=3, CRA n=1) entwickelten im postoperativen stationären Verlauf gefäßassoziierte Komplikationen (gefäßassoziierte Komplikationsrate 9%), die alle erneut operativ versorgt werden mussten (gefäßassoziierte Revisionsrate 9%). Diese zeigten sich wie folgt:

Ein Patient der CRA-Gruppe zeigte eine subakute intestinale Ischämie bei erneutem Verschluss der A. mesenterica superior, die in der Primäroperation desselben Tages desobliteriert worden war. Hier wurde eine erneute lokale TEA mit Fixierung der sich intraoperativ herausgestellten Dissektionsmembran mit anschließender autologer Venenpatchplastik vorgenommen.

Eine Patientin der CLS-Gruppe entwickelte am Tag der primären Operation einen Frühverschluss der rechten A. iliaca communis, der rechten A. iliaca interna sowie der linken A. poplitea. Diese Gefäße wurden notfallmäßig mittels ipsilateraler transfemoraler retrograder Fogarty-Thrombektomie versorgt. Am ersten postoperativen Tag nach Revision entwickelte diese Patientin ein Kompartment-Syndrom des linken Unterschenkels mit anschließender operativer Faszien-spaltung und Anlage einer Vakuum-Versiegelung, die bis zur Wundheilung regelmäßig gewechselt wurde.

Ein weiterer Patient der CLS-Gruppe, der zuvor schon ein Hämatom im Operationsgebiet entwickelt hatte, das am 6. postoperativen Tag entfernt worden war, wurde am 19. postoperativen Tag durch eine *Patch*-Ruptur (Material: autologer Venenabschnitt) an der rechten A. femoralis communis auffällig, die operativ korrigiert wurde.

Ebenfalls aus der CLS-Gruppe entwickelte ein Patient am ersten postoperativen Tag ein sogenanntes *Trash Foot Syndrom* des rechten Beines, das mit umgehender operativer Wiederherstellung der Perfusion, zeitgleicher Faszienspaltung bei Kompartmentsyndrom desselben Beines und anschließender Vakuum-Versiegelung der Wunde therapiert wurde. Dieser Patient verstarb etwa zwei Monate nach dem primären gefäßchirurgischen Eingriff an einem Multiorganversagen auf der allgemeinchirurgischen Intensivstation.

4.4.6 Fallbeispiele

Fallbeispiel CRA:

Es erfolgte die Vorstellung einer 71-jährigen Patientin mit einer maximalen Gehstrecke von 50 Metern bei einem pAVK Stadium IIb und einem Gewichtsverlust von 15kg in sechs Monaten. Präoperativ präsentierte sich der ABI mit 0,33 im rechten und linken Bein. In der axialen Ebene der CT-Untersuchung (Abb. 4) zeigte sich in Höhe des Abganges des Tr. coeliacus ein subtotaler Verschluss der Aorta abdominalis im Sinne einer CRA bei massiver Kalzifikation der Gefäßwand. In koronarer Ebene (Abb. 5) bestätigte sich der Befund und zeigte die longitudinale Ausprägung der Verkalkung der Aorta bis in die Iliakal- und Beingefäße. In der durchgeführten Operation erfolgte die TEA der kalkharten Plaques mit sich anschließender Direktnaht der Aorta. Postoperativ wurde der ABI rechts mit einem Wert von 0,78 und links von 0,70 gemessen. Nach 14 Tagen erfolgte die Entlassung in die Anschlussheilbehandlung in gutem Allgemeinzustand der Patientin.



Abb. 4: Fallbeispiel CRA: CT-Ausschnitt axial mit subtotalem Verschluss der Aorta auf Höhe des Abgangs des Truncus coeliacus (roter Kreis)

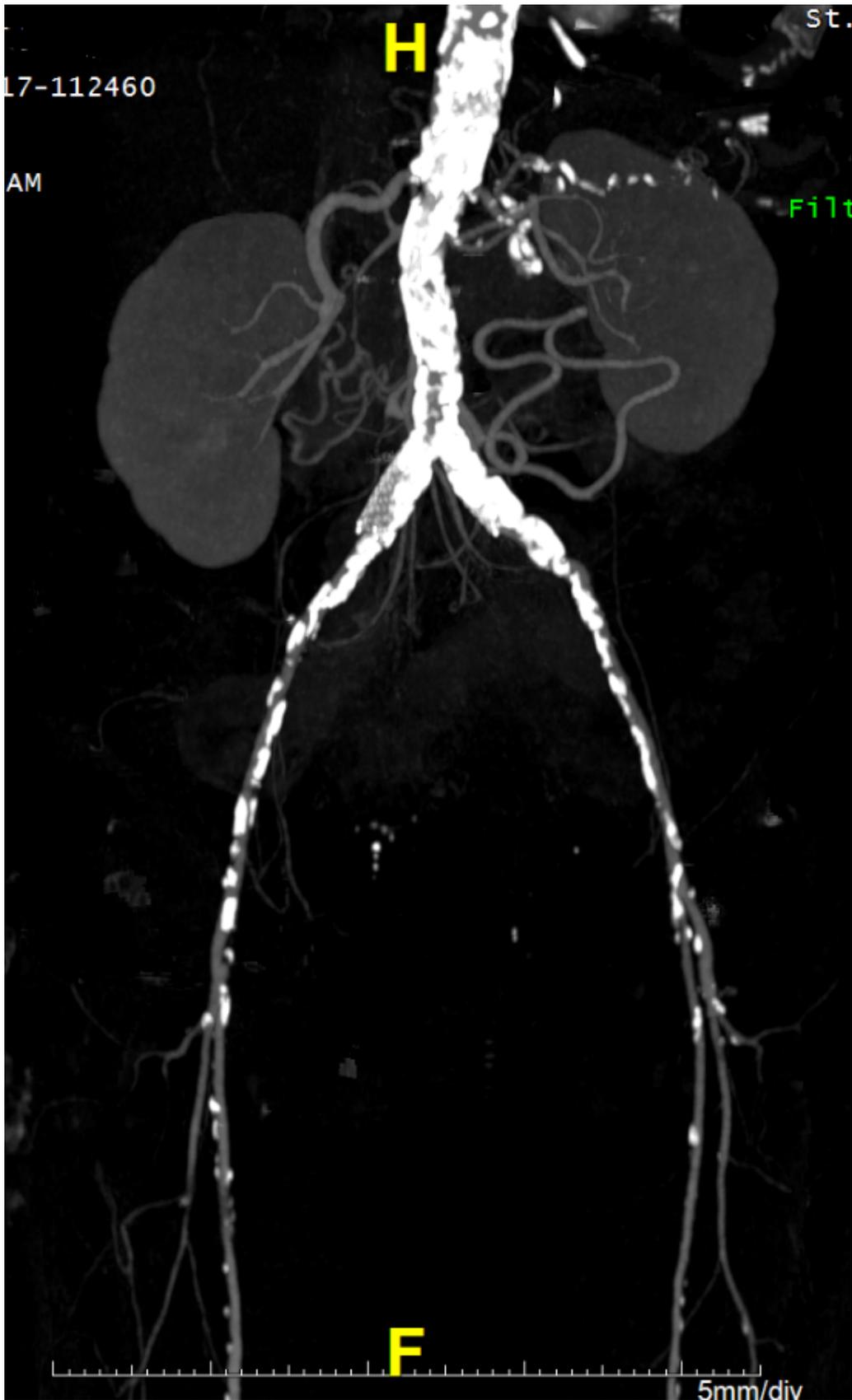


Abb. 5: Fallbeispiel CRA: CT-Ausschnitt koronar mit longitudinaler Ausprägung der Kalzifikation

Fallbeispiel CLS:

Es erfolgte die Vorstellung eines 56-jährigen Patienten mit einer maximalen Gehstrecke von 200 Meter bei einem pAVK-Stadium IIb. Präoperative AB-Werte waren von diesem Patienten nicht zu eruieren. Die Abbildungen 6, 7 und 8 zeigen von kranial nach kaudal die Ausprägung der Kalzifikation in axialer CT-Darstellung. Abbildung 9 zeigt die koronare Ansicht des Gefäßstatus mit kompletter Darstellung der betroffenen Abschnitte und ihrer Umgehungskreisläufe. Nach der TEA der betroffenen Abschnitte erfolgte die Direktnaht der Gefäße. Der unmittelbar postoperativ gemessene ABI lag rechts bei 1,00 sowie links bei 0,70. Nach einem zehntägigen Aufenthalt erfolgte die Entlassung des Patienten in gutem Allgemeinzustand in sein häusliches Umfeld.



Abb. 6: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit hochgradiger Stenose der infrarenalen Aorta (roter Kreis) und kompensatorisch stark dilatierter Aa. epigastricae inferiores (blaue Kreise)

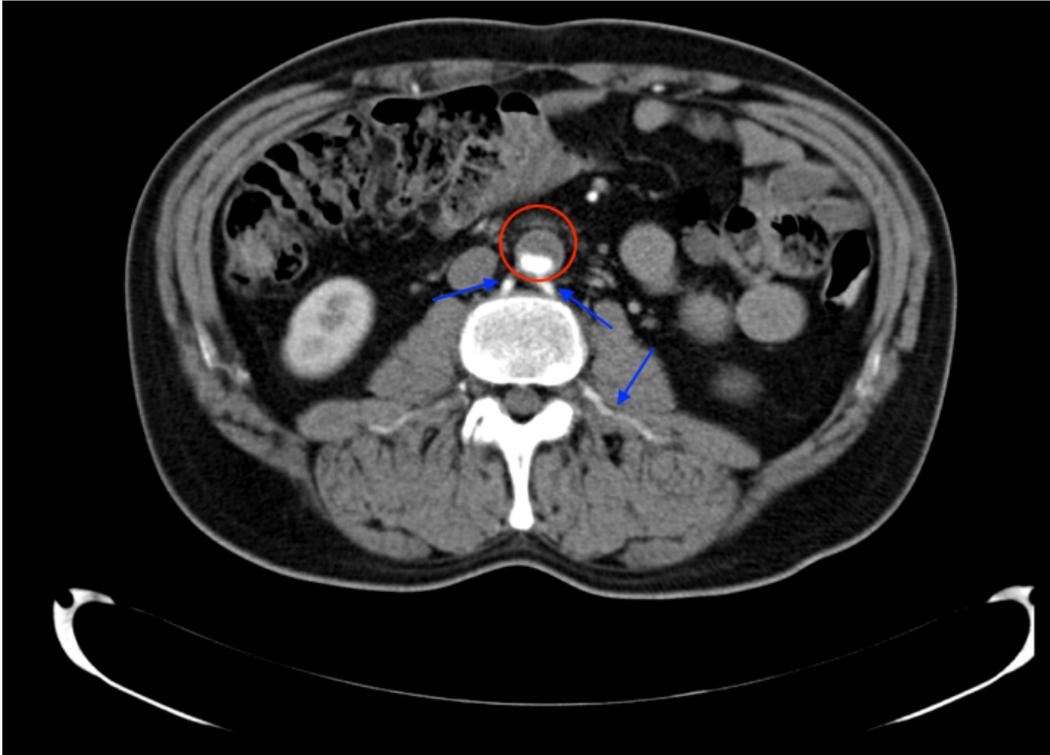


Abb. 7: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit hochgradiger Stenose der präbifurkalen Aorta (roter Kreis) und stark dilatierter Lumbalarterien im Sinne eines Umgehungskreislaufs (blaue Pfeile)

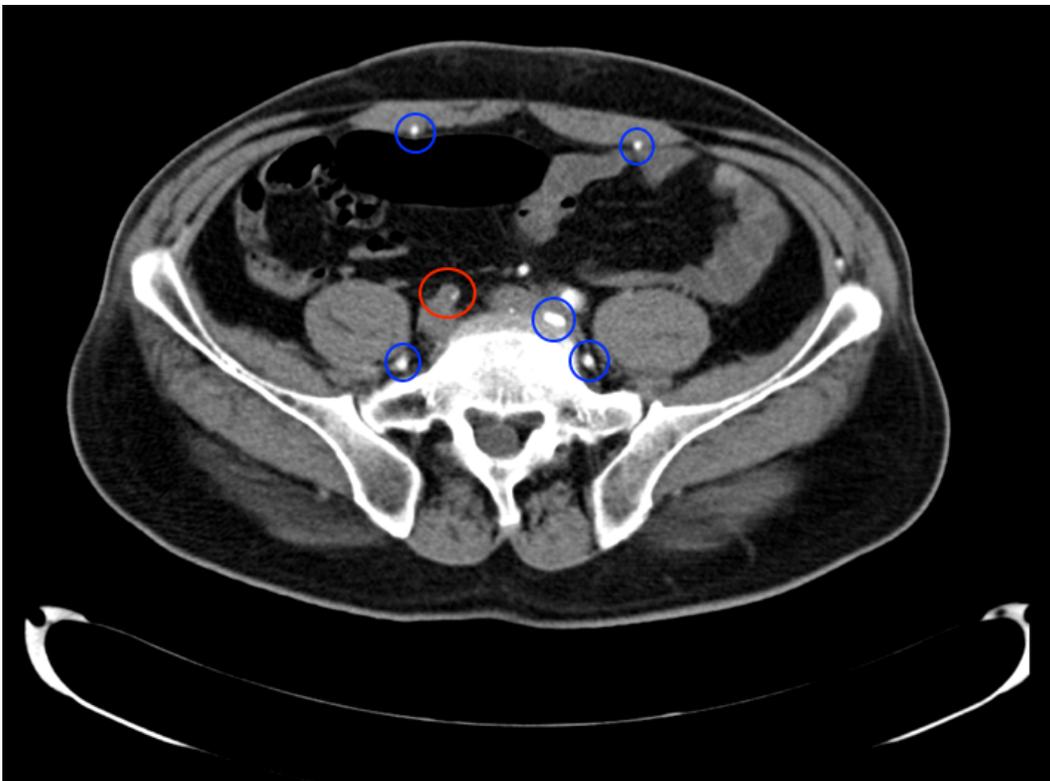


Abb. 8: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt axial mit Verschluss der A. iliaca communis rechts (roter Kreis), dilatierter Lumbalarterien und Aa. epigastricae inferiores beidseits im Sinne eines Umgehungskreislaufs (blaue Kreise)

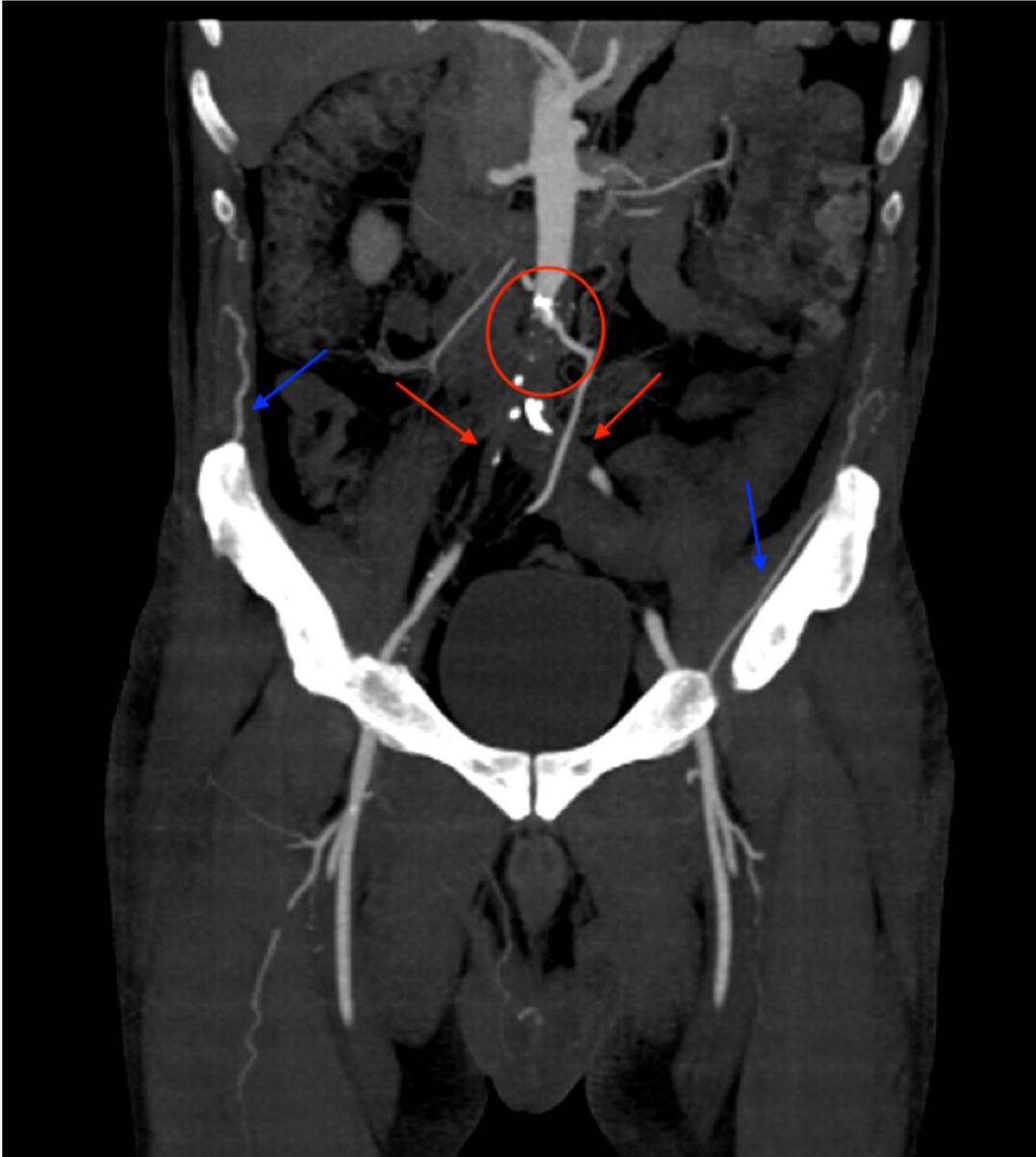


Abb. 9: Fallbeispiel CLS: CT-Ausschnitt koronar mit distalem Verschluss der Aorta (roter Kreis) sowie biliakalem Gefäßverschluss (rote Pfeile) mit kollateralisierter Auffüllung der Aa. iliacaе externaе beidseits (blaue Pfeile)

4.5 Langzeitergebnisse

4.5.1 Beobachtungszeitraum

Von 13 Patienten (29%) lagen im weiteren postoperativen Verlauf keine Informationen vor und wurden als *lost to Follow-up* gewertet. Die übrigen Patienten wurden im Schnitt bis 31 Monate postoperativ im *Follow-up* nachuntersucht (min/max=1/97; Median=20; Standardabweichung=30).

4.5.2 Postoperativer Gefäßstatus

Bildgebende Untersuchungen waren im Laufe des Beobachtungszeitraumes nach primärer operativer Versorgung bei 18 Patienten (40%) zu finden. Der Zeitpunkt der Untersuchung war im Durchschnitt 21 Monate (min/max=0,2/61; Median=20; Standardabweichung=21) nach der Primäroperation. Die teilweise kurze Zeit nach primärer Operation erklärt sich dadurch, dass die bildgebenden Verfahren auch im Rahmen anderer Grunderkrankungen durchgeführt worden waren. Alle beurteilten Aufnahmen waren CT-Bilder unter Gabe von intravenösem Kontrastmittel. Tabelle 17 zeigt den postoperativen Gefäßstatus.

Tabelle 17: Postoperativer Gefäßstatus (offen, stenosiert, verschlossen) nach Auswertung vorhandener bildgebender Untersuchungen bei 18 Patienten

untersuchtes Gefäß (n=18)	offen	stenosiert	verschlossen	gesamt
Tr. coeliacus	14	0	0	14
A. mesenterica superior	15	1	1	17
A. mesenterica inferior	15	1	1	17
A. renalis dextra	16	0	0	16
A. renalis sinistra	15	0	0	15
A. infrarenalis	9	2	2	13
A. iliaca communis dextra	8	4	4	16
A. iliaca communis sinistra	8	3	3	14
A. iliaca interna dextra	10	2	2	14
A. iliaca interna sinistra	11	2	2	15
A. iliaca externa dextra	13	1	1	15
A. iliaca externa sinistra	12	3	3	18

Tr: Truncus, A: Arteria

Mit Ausnahme von fünf Patienten (CLS n=3, CRA n=2) waren alle untersuchten Gefäße im Vergleich zu den präoperativen Befunden immer noch offen bzw. gut durchblutet. Die drei Patienten der CLS-Gruppe zeigten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (n=1, 10 Monate; n=1, 33 Monate; n=1, 47 Monate postoperativ) distal der Aorta infrarenalis multiple neue Verschlüsse der Iliakalgefäße. Diese Patienten hatten nach primärer Operation eine

kompliziertere, durch Komorbiditäten geprägte Krankheitsgeschichte mit multiplen Revisionen. Bei den beiden Patienten der CRA-Gruppe war jeweils die A. iliaca communis in der Nachuntersuchung (n=1, 2,5 Monate und n=1, 24 Monate postoperativ) unilateral im Vergleich zur präoperativen Aufnahme stenosiert beziehungsweise vollständig verschlossen und weiter distal über Kollateralkreisläufe perfundiert.

4.5.3 Laufbandtests

Von insgesamt 19 Patienten (42%) waren Informationen zu Laufbandtests bei den individuell aktuellsten Nachuntersuchungen bekannt (Abb. 10). Hierbei variierte der Zeitpunkt der Nachuntersuchung um den Mittelwert von 35 Monaten (min/max=1,4/97; Median 22; Standardabweichung=33,8). Bei sieben Patienten (37%) lag die maximale Gehstrecke unter 200 Metern, was somit dem Stadium IIb nach Fontaine entspricht. Ein Patient (5%) schaffte eine maximale Strecke von 500 Metern und bei elf Patienten (58%) beendete man den Laufbandtest nach über 500 Metern. Diese Patienten gaben anamnestisch eine schmerzfreie Gehstrecke von mehreren Kilometern im Alltag an. Somit haben sich 12 Patienten (26% der initial 45 Patienten) vom präoperativen Initialstadium IIb in das Stadium IIa verbessert.

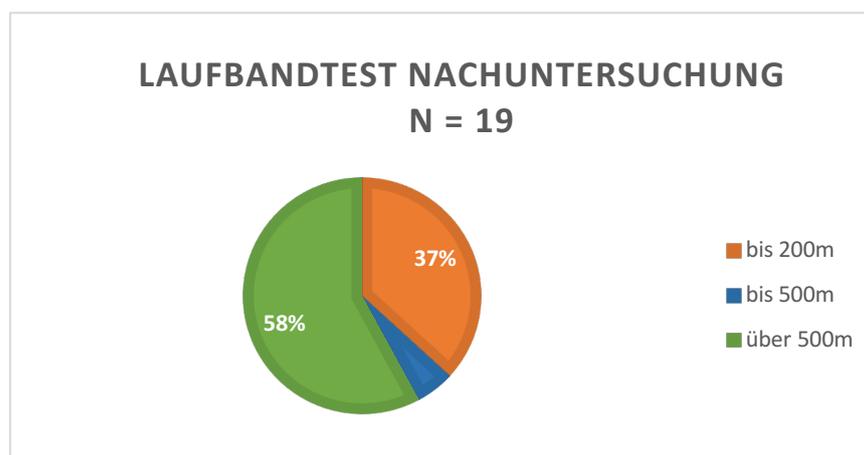


Abb. 10: Laufbandtest in der aktuellsten vorhandenen Nachuntersuchung bei 19 Patienten. 37% der Patienten brachen den Laufbandtest vor Erreichen von 200 Metern ab, 5% hatten eine Gehstrecke bis zu 500 Metern und 58% schafften eine Gehstrecke von über 500 Metern.

4.5.4 Klinischer Benefit

Hinsichtlich der Gehleistung haben 89% der 19 nachuntersuchten Patienten von der Operation profitiert, da diese in der Nachuntersuchung eine individuell unterschiedliche Verlängerung der Gehstrecke vorweisen konnten. Durchschnittlich verlängerte sich die maximale Gehstrecke bei den Patienten (n=6), bei denen der Laufbandtest nicht nach 500 Metern abgebrochen wurde, um 100 Meter (min/max=20/200; Median=70; Standardabweichung 70).

Von den restlichen 11% (n=2) der Patienten, die hinsichtlich der Gehleistung nicht profitierten, zeigte ein Patient gleichbleibend sowohl präoperativ als auch in der Nachuntersuchung eine maximale Gehstrecke von 200 Metern (4 Monate postoperativ). Dieser Patient ist zu einer geplanten Neuintervention nicht mehr erschienen. Ein weiterer Patient zeigte eine Verschlechterung der maximalen Gehstrecke von präoperativ 390 Metern auf 190 Meter in der aktuellsten Nachuntersuchung (44 Monate postoperativ). Er klagte in einem postoperativen Zeitraum von vier Jahren immer wieder über eine weiterhin bestehende Claudicatio intermittens.

Zur CRA-Gruppe lässt sich zusätzlich sagen, dass bei sechs von zehn Patienten Informationen zu Nachuntersuchungen vorhanden waren. Fünf dieser Patienten gaben anamnestisch keine abdominellen Beschwerden an. Ein Patient klagte über abdominelle Schmerzen, deren Ursache gefäßchirurgisch nicht zu erklären war. Zwei der sechs Patienten gaben bei der aktuellsten Nachuntersuchung (n=1 nach 15 Monaten, n=1 nach 48 Monaten) zusätzlich explizit ein Sistieren des unkontrollierten Gewichtsverlustes an. Informationen zur Frage, ob die anderen vier Patienten weiterhin Gewicht verloren hatten, waren nicht bekannt.

4.5.5 Ankulo-Brachialer Index

Während vor dem primären Eingriff die ABI-Werte von 31 Patienten (69%) und unmittelbar postoperativ von 35 Patienten (78%) vorhanden waren, ließen sich im Zeitraum nach Entlassung bis sechs Monate nach der Operation nur noch von 20 Patienten (44%) ABI-Werte eruieren. Der Durchschnitt dieser Werte betrug 0,85 (min/max=0,6/1,4; Median=0,84; Standardabweichung=0,22) für das initial kränkere und 0,92 (min/max=0,4/1,4; Median=0,95; Standardabweichung=0,22) für das initial weniger kranke Bein. Eine für die drei Zeitpunkte präoperativ **(1)**, unmittelbar postoperativ **(2)** und innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ

(3) durchgeführte univariate, einfaktorielle Varianzanalyse zeigte, dass die ABI-Werte des jeweils kränkeren (Tabelle 18, Abb. 11) und des weniger kranken Beines (Tabelle 19, Abb. 12) von präoperativ und unmittelbar postoperativ sowie präoperativ und Zeitraum bis sechs Monate postoperativ einen statistisch signifikanten Unterschied zueinander aufwiesen ($p < 0,01$). Die ABI-Werte von unmittelbar postoperativ und Zeitraum bis sechs Monate postoperativ wiesen hingegen keinen statistisch signifikanten Unterschied auf ($p = 0,93$). Bei Betrachtung der Differenzunterschiede wird dies deutlich: während der Durchschnitt der ABI-Werte im Zeitraum bis sechs Monate postoperativ im Vergleich zu den präoperativ gemessenen Werten um 0,35 für das kränkere und 0,23 für das weniger kranke Bein höher war, unterschieden sich Messpunkte 2 und 3 nur um -0,01 für das kränkere und 0,02 für das weniger kranke Bein.

Tabelle 18: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein

Vergleich der Beobachtungszeiträume 1, 2, 3 für das kränkere Bein		Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz (b)	95% Konfidenzintervall für die Differenz (b)	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	0,328*	0,057	0,000	0,482	0,174
2	3	0,035	0,042	1,000	0,078	0,148
3	1	0,293*	0,067	0,002	0,112	0,475

Basiert auf den geschätzten Randmitteln
 *. Die mittlere Differenz ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.
 (b). Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

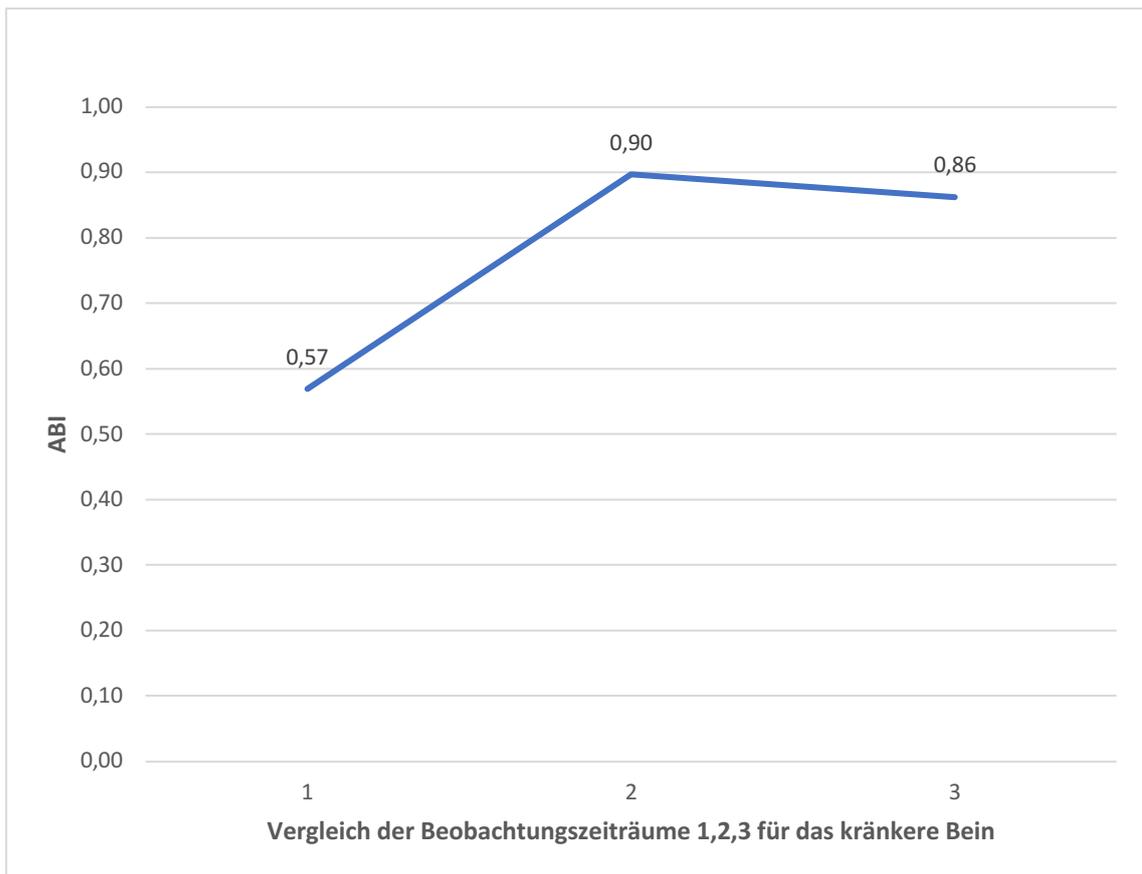


Abb. 11: Graphische Darstellung: Verhältnis des ABI und der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein

Tabelle 19: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume: 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein

Vergleich der Beobachtungszeiträume 1, 2, 3 für das kränkere Bein		Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz (b)	95% Konfidenzintervall für die Differenz (b)	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	0,311*	0,063	0,001	0,483	0,140
2	3	0,064	0,061	0,952	0,104	0,231
3	1	0,248*	0,056	0,002	0,094	0,401

Basiert auf den geschätzten Randmitteln
 *. Die mittlere Differenz ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.
 (b). Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

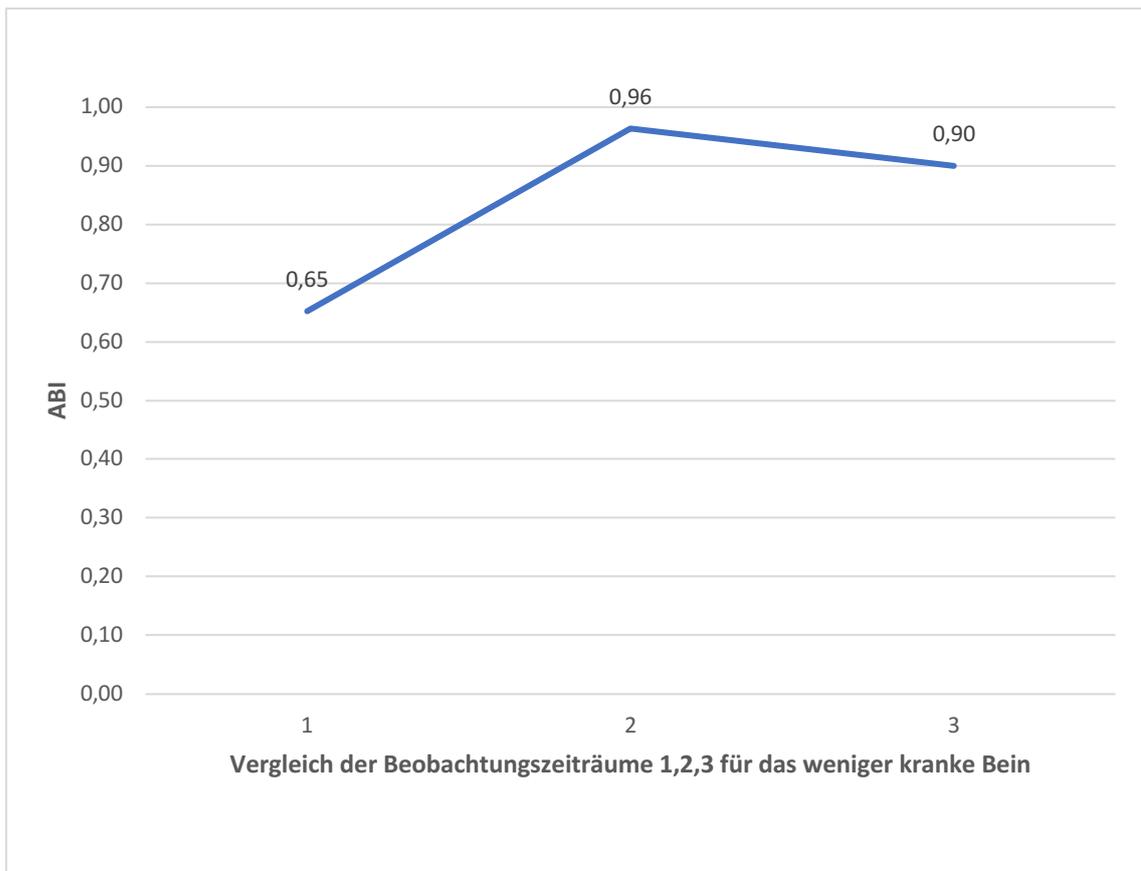


Abb. 12: Graphische Darstellung: Verhältnis des ABI und der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein

Weiterhin zeigte diese Varianzanalyse ein partielles Eta-Quadrat (Effektgröße, r^2) von 0,60 für das kränkere und 0,54 für das weniger kranke Bein (Tabelle 20 und 21). Das bedeutet, dass sich 60% beziehungsweise 54% der Varianz der abhängigen Variable durch den Hauptfaktor erklären lässt. Durch die Formel von Jacob Cohen ergibt dies eine Effektstärke von $d=1,22$ für das kränkere Bein und $d=1,09$ für das weniger kranke Bein. Beide Werte liegen über 0,4 und sagen damit aus, dass der operative Eingriff neben dem subjektiven *clinical benefit* auch durch die Statistik beweisend einen starken Effekt auf die Veränderung des ABI zu den Zeitpunkten 1, 2 und 3 hat.

Tabelle 20: Effektgröße der Varianzanalyse der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das kränkere Bein (df=Freiheitsgrade, F=Teststatistik)

		Quadrat- summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signi- fikanz	Partielles Eta- Quadrat
Vergleich der Beobachtungs- zeiträume 1,2,3 für das kränkere Bein	Sphärizität angenommen	0,974	2	0,487	20,736	0,000	0,597
	Greenhouse- Geisser	0,974	1,595	0,611	20,736	0,000	0,597
	Huynh-Feldt	0,974	1,768	0,551	20,736	0,000	0,597
	Untergrenze	0,974	1,000	0,974	20,736	0,000	0,597

Tabelle 21: Effektgröße der Varianzanalyse der Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 3 (innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ) für das weniger kranke Bein (df=Freiheitsgrade, F=Teststatistik)

		Quadrat- summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signi- fikanz	Partielles Eta- Quadrat
Vergleich der Beobachtungs- zeiträume 1,2,3 für das weniger kranke Bein	Sphärizität angenommen	0,758	2	0,379	15,072	0,000	0,537
	Greenhouse- Geisser	0,758	1,965	0,386	15,072	0,000	0,537
	Huynh-Feldt	0,758	2,000	0,379	15,072	0,000	0,537
	Untergrenze	0,758	1,000	0,758	15,072	0,002	0,537

Eine weitere univariate, einfaktorielle Varianzanalyse (Tabelle 22 und 23) zu den Beobachtungszeitpunkten präoperativ **(1)**, unmittelbar postoperativ **(2)** und aktuellster vorhandener Nachuntersuchung **(4)** (Untersuchungszeitpunkt in Monaten nach Primäroperation: Mittelwert 23; Median 12; min/max=0/84; Standardabweichung 27) zeigt für beide Beine einen signifikanten Unterschied von präoperativem ABI zu aktuellster Nachuntersuchung mit einem p-Wert von <0.01 für das kränkere und einem p-Wert von <0.05 für das weniger kranke Bein. Verdeutlicht wird dies durch die Betrachtung der absoluten Werte: während in der Nachuntersuchung der ABI des kränkeren Beines im Durchschnitt um 0,34 zum präoperativen Wert gestiegen ist, zeigt der durchschnittliche ABI des initial

weniger kranken Beines in der Nachuntersuchung eine Erhöhung um 0,20 zum präoperativen Wert.

Tabelle 22: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 4 (aktuellste vorhandene Nachuntersuchung) für das kränkere Bein

Vergleich der Beobachtungszeiträume 1,2,4 für das kränkere Bein		Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz (b)	95% Konfidenzintervall für die Differenz (b)	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	0,349*	0,044	0,000	0,464	0,234
2	4	0,013	0,046	1,000	0,107	0,134
4	1	0,336*	0,060	0,000	0,180	0,491

Basiert auf den geschätzten Randmitteln
 *. Die mittlere Differenz ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.
 (b). Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Tabelle 23: ANOVA Varianzanalyse der erhobenen ABI-Werte: Beobachtungszeiträume 1 (präoperativ), 2 (unmittelbar postoperativ) und 4 (aktuellste vorhandene Nachuntersuchung) für das weniger kranke Bein

Vergleich der Beobachtungszeiträume 1,2,4 für das weniger kranke Bein		Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz (b)	95% Konfidenzintervall für die Differenz (b)	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	0,265*	0,050	0,000	0,369	0,160
2	4	0,107	0,067	0,126	0,033	0,247
4	1	0,157*	0,067	0,029	0,017	0,297

Basiert auf den geschätzten Randmitteln
 *. Die mittlere Differenz ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.
 (b). Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

4.5.6 Nicht-gefäßassoziierte Beschwerden

Zu den nicht-gefäßassoziierten Beschwerden bei den Nachuntersuchungen zählten bei fünf Patienten (11%) eine Narbenhernie im Bereich der Operationsfläche, die bei drei dieser Patienten operativ behandelt worden war. Vier Patienten (9%) klagten über Wundheilungsstörungen im Operationsgebiet und zwei Patienten (4%) über eine Erektions- beziehungsweise Ejakulationsstörung (11% der insgesamt 18 operierten männlichen Patienten). Ein Patient (2%) gab eine seit der Operation bestehende depressive

Verstimmung an, ein weiterer Patient (2%) litt seit der Operation an einem medikamentös beherrschbaren *Restless-Leg-Syndrom*.

4.5.7 Vaskuläre Komplikationen und Revisionen im Langzeitverlauf

Insgesamt wurden acht Patienten im Langzeitverlauf aufgrund eines gefäßmedizinischen Rezidivs revisionspflichtig, somit ergibt sich eine späte gefäßassoziierte Revisionsrate von 18% (Tabelle 24).

Tabelle 24: Zeitpunkt und Verfahren der 1. Revisionsoperation (n=8)

Zeit in Monaten nach der Primäroperation (n=8)	1. Revisions-Operation
4	PTA/Stent AFS rechts
4	TEA rechte Beckenachse
20	PTA/Stent AIE links
21	Kissing-PTA AIC rechts
25	TEA AFS rechts
25	Femoralisgabel-TEA links
34	aortobifemoraler Y-Bypass
93	Revision rechte Beckenachse

PTA: perkutane transluminale Angioplastie, AFS: A. femoralis superficialis, TEA: Thrombendarteriektomie, AIE: A. iliaca externa, AIC: A. iliaca communis

Anhand der in Abb. 13 gezeigten Kaplan-Meier-Kurve lässt sich das revisionsfreie Überleben in Monaten im Gesamtbild aller Patienten ablesen. Hier sind die frühpostoperativen Revisionen (n=4) innerhalb der ersten 30 Tage inbegriffen. Das Ereignis beziehungsweise die Kodierung 1 ist mit der ersten operativen Revision gleichzusetzen. Diese acht Patienten wurden im Durchschnitt nach 32 Monaten (min/max=4/92; Median=24; Standardabweichung=28) das erste Mal wieder gefäßchirurgisch operiert. Blieb ein Patient bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes revisionsfrei beziehungsweise waren keine Informationen über den Patienten auffindbar, erhielt er die Kodierung 0 und wurde somit als Zensur gewertet. Von den insgesamt zwölf revisionspflichtigen Patienten (frühe und späte Revisionen, 27%) blieb es bei acht Patienten bei einem einzigen Revisionseingriff. Vier der Patienten hatten eine kompliziertere, weitläufigere und durch Komorbiditäten geprägte

Krankheitsgeschichte mit multiplen, teils erfolglosen Revisionsversuchen verschiedener Gefäßabschnitte.

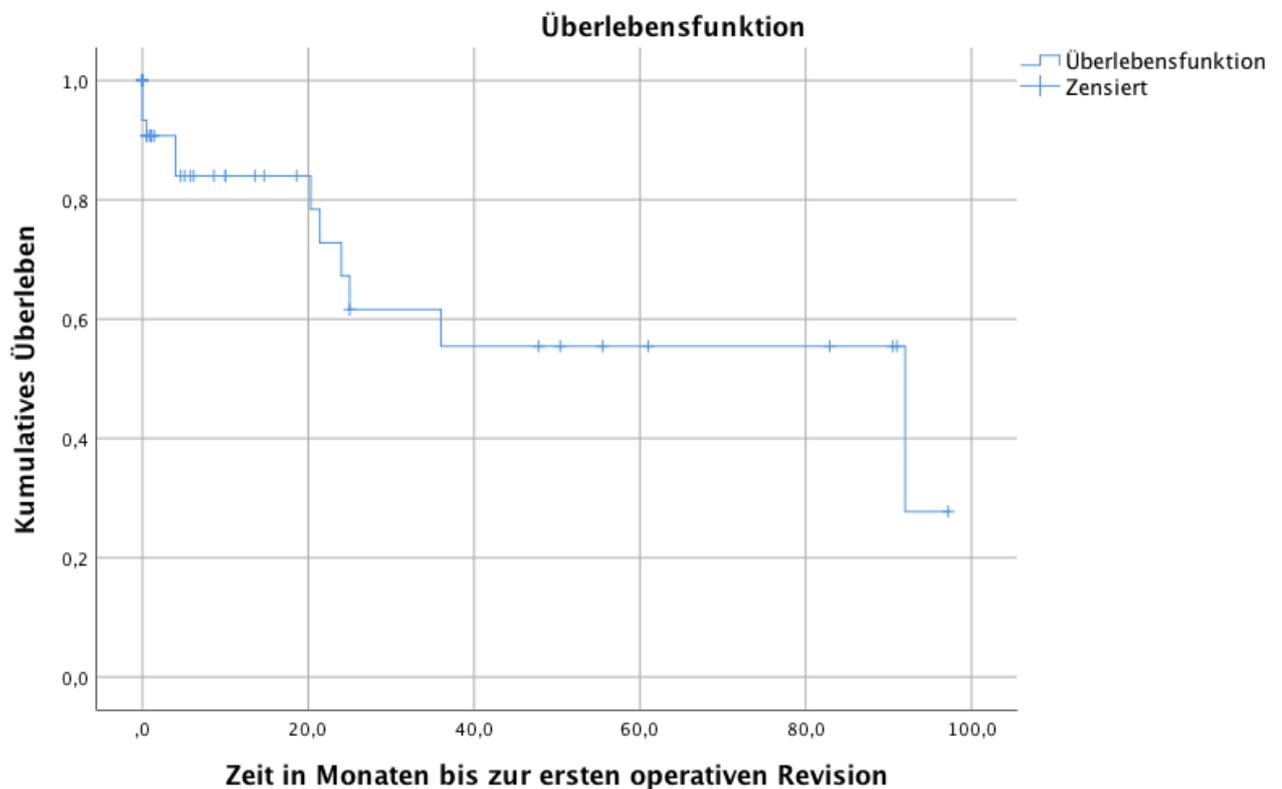


Abb. 13: Kaplan-Meier-Kurve zur Darstellung des kumulativen Überlebens bis zur ersten operativen Revision

Ergänzend zur Kaplan-Meier-Kurve zeigt Tabelle 25 die Anzahl der *patients at risk* in Intervallen von sechs Monaten nach dem initialen operativen Eingriff. Demnach befinden sich unmittelbar nach dem Eingriff alle Patienten des Kollektivs im revisionsfreien Zustand. Im Laufe des Beobachtungszeitraumes nimmt das revisionsfreie Kollektiv durch Zensuren oder bereits stattgefundene Revisionseingriffe ab.

Tabelle 25: Anzahl der patients at risk bis zur ersten operativen Revision

Zeit in Monaten nach erster Operation	Anzahl der revision-freien Patienten	Anzahl der zensierten Patienten	Anzahl der patients at risk	Anzahl der Revisions-eingriffe
0	45	17	36,5	6
6	22	4	20	0
12	18	2	17	0
18	16	1	15,5	2
24	13	1	12,5	2
30	10	0	10	0
36	10	0	10	1
42	9	1	8,5	0
48	8	1	7,5	0
54	7	1	6,5	0
60	6	1	5,5	0
66	5	0	5	0
72	5	0	5	0
78	5	1	4	0
84	4	0	4	0
90	4	2	3	1
96	1	1	0,5	0

4.5.8 Mortalität

Insgesamt ist von acht Patienten bekannt, dass diese im Laufe des postoperativen Beobachtungszeitraumes verstorben waren. Keiner dieser Patienten starb an den Folgen des primären operativen Eingriffes, sondern an anderen allgemeinchirurgischen oder internistischen Erkrankungen. Diese sind bei fünf der Patienten bekannt: bei jeweils einem Patienten war es eine respiratorische Insuffizienz bei metastasiertem Larynx-Karzinom, eine Herzinsuffizienz, die Folgen eines Motorradunfalls und bei zwei Patienten ein Multiorganversagen. Während sieben dieser Patienten in der Zuständigkeit anderer Fachabteilungen verstarben, starb ein Patient etwa zehn Monate nach primärer Operation in gefäßchirurgischer Zuständigkeit. Während der Narkoseausleitung nach Wunddebridement eines Oberschenkelstumpfes bei

Zustand nach Amputation wurde dieser Patient aufgrund von frustranen Rekanalisationsversuchen von Beinarterien reanimationspflichtig. Er erlag den Folgen des zuvor diagnostizierten metastasierten, inoperablen Bronchialkarzinoms (Multiorganversagen).

5 Diskussion

5.1 Literaturvergleich

5.1.1 Datenlage

Die Datenlage zu den beiden Erkrankungen Chronisches Leriche Syndrom (CLS) und Coral Reef Aorta (CRA) zeigt, dass chirurgische Kliniken weltweit verschiedene Operationsmethoden verwenden. Gegenüber stehen sich das traditionelle offene Verfahren der TEA und die endovaskuläre Variante mittels Stentimplantation sowie die Kombination beider Verfahren. Zusätzlich kann durch einen Bypass ein Umgehungskreislauf des stenotischen Gefäßabschnittes erreicht werden. Im Folgenden werden die untersuchten Aspekte der eigenen Studie in Kontext mit anderen Studien gebracht und dadurch die verschiedenen Operationsmethoden gegeneinander abgewogen.

Für das CLS sind die beiden großen Studien von Zamor et al. und Zavatta et al. mit einem Patientenkollektiv von jeweils 1872 und 2351 Patienten zu betrachten [38, 39]. Sie untersuchten ähnliche Fragestellungen anhand von verschiedenen Verfahren und haben die größten und damit repräsentativsten Patientenkollektive. Zamor et al. unterteilten ihr Kollektiv in 1133 Patienten, die zur Behandlung des Chronischen Leriche Syndroms einen aorto-bifemoralen oder aorto-unifemoralen Bypass (ABF/AUF) erhielten sowie in 739 Patienten, die einen *crossover* femoro-femorale Bypass (CFB) bzw. eine Femoralis-TEA mit kombiniertem iliakalen Stenting (EPS) erhielten. Zavatta et al. führten an 879 Patienten eine offene aorto-iliakale Rekonstruktion mit kombinierter Femoralis-TEA (OR-CFE) sowie bei 1472 Patienten eine kombinierte endovaskuläre Revaskularisation mit Femoralis-TEA durch (ER-CFE). Das durchschnittliche *Follow-up* beider Studien betrug ein Jahr. Neuere Studien (s.u.) untersuchten ebenfalls vergleichbare Behandlungsmethoden mit jedoch kleineren Patientenkollektiven [12, 40, 41].

Die Coral Reef Aorta wurde in den beiden Studien von Schulte et al. und Sagban et al. mit jeweils 21 und 80 Patienten untersucht. Sie bieten sich ebenfalls als Vergleich zu den vorliegenden Ergebnissen an, da bei diesen Kollektiven, so wie in unserer Studie auch, rein von der offenen TEA Gebrauch gemacht wurde [19,

26]. Das vorliegende Patientenkollektiv unterscheidet sich in Geschlechterverteilung, Altersschwerpunkt und Symptomatik nicht ausschlaggebend von den Vergleichsstudien. Neuere Erkenntnisse zur CRA sind durch die Seltenheit der Erkrankung vorwiegend in Form von *Case Reports* (s.u.) zu finden.

5.1.2 Verfahrensspezifische Aspekte

Chronisches Leriche Syndrom

In den Studien von Zamor et al. erhielten alle Patienten des Kollektivs einen Bypass, da dies standardisierter Teil des dort angewandten OP-Verfahrens war [38]. Bei Zavatta et al. betrug die Bypass-Rate 81% des offen operierten Kollektivs [39]. In unserer Studie hingegen wurde bei keinem Patienten ein zusätzlicher Bypass angelegt. Die durchschnittliche Krankenhaus-Verweildauer der offen operierten Patienten bei Zavatta et al. betrug sieben Tage, die der kombiniert endovaskulär behandelten Patienten drei Tage und lag damit deutlich niedriger als unsere durchschnittliche Verweildauer von 15,5 Tagen. Auch die Studie von Ray et al. zu 36 endovaskulär behandelten Patienten mit CLS zeigte trotz einer Operationsdauer von 340 +/- 100 Minuten eine kurze Aufenthaltsdauer im Krankenhaus von durchschnittlich drei Tagen [40] verglichen mit der niedrigeren hiesigen Operationsdauer von durchschnittlich 220 Minuten.

Piazza et al. unterstreichen diese Aussage im Kollektiv von 92 endovaskulär versus 70 offenchirurgisch behandelten Patienten und zeigten eine kürzere Aufenthaltsdauer im Krankenhaus von 3,9 Tagen versus 9,4 Tagen [41]. Die Studien zeigen, dass die Patienten nach endovaskulärer Operation deutlich weniger Tage im Krankenhaus verbringt als nach einem offenchirurgischen Eingriff.

Ray et al. beschreiben im offen behandelten Kollektiv einen Verlust von 500ml Blut [40] und liegen damit weit unter unserem verzeichneten, durchschnittlichen Blutverlust von 1732ml pro Patient. Informationen zur Menge des Blutverlustes bieten die anderen Studien nicht. So wie in unserer Studie auch, verwendeten die Vergleichsstudien jedoch auch ein Autotransfusionsverfahren, um das verlorene Blut zu reinigen und dem Patienten intraoperativ wieder zuzuführen.

Coral Reef Aorta

Bei den CRA-Patientenkollektiven wurde in der Studie von Schulte et al. bei 29% (n=6) und bei Sagban bei 19% (n=15) ein Bypass angelegt [19, 26]. In Schultes Kollektiv zur CRA betrug die durchschnittliche Liegezeit 19,8 Tage im Krankenhaus und lag damit ähnlich hoch wie die durchschnittliche Verweildauer von 15,5 Tagen in unserer Studie. Informationen zu OP-Dauer wurden nicht gefunden [26, 40]. Auch Zahlen zum intraoperativen Blutverlust sind in diesen Vergleichsstudien nicht aufgeführt.

5.1.3 Komplikationen

Chronisches Leriche Syndrom

Ray et al. mussten zwei Patienten (5%) innerhalb der ersten 30 Tage aufgrund von gefäßbedingten Komplikationen revidieren [40]. Gefäßchirurgische Revisionen wurden im Kollektiv von Zavatta bei 53 Patienten (6%) im offenchirurgischen Ast sowie bei 133 Patienten (9%) im endovaskulären Ast beschrieben [39]. In unserer Studie traten vergleichbar bei 9% (n=4) der Patienten gefäßassoziierte Revisionen auf. Die Studie von Zhang et al. zeigte eine Komplikationsrate von 10% bei 20 endovaskulär behandelten Patienten ohne notwendige Revision sowie eine operationsassoziierte Mortalitätsrate von 0% [12], die übereinstimmend mit unserer frühpostoperativen Mortalitätsrate von 0% ist. Ein Blick in die Studie von Ray et al zeigt, dass die Revisionsrate im Langzeitverlauf nach endovaskulärem Verfahren 11% (n=4) betrug [40]. Sie liegt somit niedriger als die vorliegende Langzeit-Revisionsrate von 18% (n=8). Dabei blieb es in der vorliegenden Studie bei vier Patienten bei einem einzigen Revisionseingriff nach durchschnittlich 32 Monaten, während die anderen vier Patienten einen komplizierteren Verlauf mit mehrmaligen Revisionsoperationen erlitten.

Coral Reef Aorta

Sagban et al beschreiben eine intraoperative Mortalität von 2,5% (n=2), was durch die schweren Begleiterkrankungen der generalisierten Atherosklerose erklärbar erscheint. Die intraoperative Mortalität lag dagegen in unserer Studie bei 0%. Sagbans Patienten mussten frühpostoperativ in 27,8% (n=22) der Fälle aufgrund von Blutungen und Wundheilungsstörungen operativ revidiert werden,

davon 10% (n=8) wegen erneuter Gefäßverschlüsse [19]. Vergleichend dazu lag die frühpostoperative gefäßassoziierte Revisionsrate in unserer Studie bei 9% (n=4). Gefäßassoziierte Revisionen traten bei Sagbans Patienten im Langzeitverlauf bei 6% der Patienten (n=5) auf [19] und damit bei deutlich weniger Patienten als in unserer Studie, in der im Langzeitverlauf 18% (n=8) der Patienten revidiert werden mussten.

In Schulte und Sagbans Kollektiven starben jeweils drei (14%) und 22 (27%) Patienten innerhalb des Beobachtungszeitraumes [19, 26]. In unserer Studie sind im Laufe des Beobachtungszeitraumes insgesamt acht Patienten (18%) gestorben. Keine der bekannten Todesursachen war in unserer Studie mit der initialen Operation in Verbindung zu setzen.

5.1.4 Klinisches Outcome

Chronisches Leriche Syndrom

Bei Zavatta et al. fanden sich Informationen zum ABI bei 49% der Patienten im *Follow-up*, welches in Zavattas Studie ein Jahr betrug. Der ABI zeigte sich im offenchirurgisch behandelten Kollektiv mit einem Anstieg von durchschnittlich 0,39 zum präoperativen Wert höher als der Anstieg von 0,23 im endovaskulär behandelten Kollektiv [39]. Der ABI im Kollektiv von Zhang et al. stieg signifikant von präoperativ 0,43 auf postoperativ im Schnitt 0,95 sowie 1,00 am Ende der Beobachtungszeit von im Schnitt 35,7 Monaten [12]. Verglichen dazu ist in unserer Studie nach im Schnitt 23 Monaten der ABI signifikant bei 25 Patienten um einen ähnlichen Wert gestiegen (ABI des kränkeren Beines um 0,34 höher als präoperativ und ABI des weniger kranken Beines um 0,20 höher als präoperativ).

Zavatta et al. und Zamor et al. beschreiben ihren operativen Erfolg mit Hilfe der Durchgängigkeitsrate der behandelten Gefäße nach einem Jahr. Eine Durchgängigkeit der behandelten Gefäße hatten 81% der offenchirurgisch behandelten Patienten von Zavatta et al. sowie 94% der offenchirurgisch behandelten Patienten von Zamor et al.

Eine Perfusion der behandelten Gefäße war bei 79% der endovaskulär behandelten Patienten von Zavatta et al. sowie bei 92% der endovaskulär behandelten Patienten von Zamor et al gegeben.

Ray et al. beschreiben eine Durchgängigkeitsrate von 85,4% der 36 Patienten nach durchschnittlich 23 Monaten [40]. Die Studie von Zhang et al. zeigt eine stenosefreie Überlebensrate von 94% nach einem Jahr sowie 73% nach drei Jahren. In unserer Studie wurde die Gefäßdurchgängigkeit bei 18 Patienten (40%) des Kollektivs nach durchschnittlich 21 Monaten ermittelt. Hier zeigte sich eine Durchgängigkeitsrate bei 89% der Patienten und liefert damit vergleichbar zufriedenstellende Ergebnisse wie die Vergleichsstudien.

Zusätzlich beschreiben Zavatta et al. bei den offenchirurgisch behandelten Patienten einen Rückgang der Symptome bei 82% versus 65% bei den endovaskulär behandelten Patienten [39]. Bei Zhang et al. besserten sich die Symptome bei 95% der Patienten unmittelbar postoperativ sowie bei 88% der nachuntersuchten Patienten [12]. Informationen zum Laufbandtest fanden sich in unserem Kollektiv nach im Schnitt 31 Monaten bei 19 Patienten (42%). 89% dieser 19 Patienten zeigten entweder durch objektiven Laufbandtest oder subjektive Anamnese eine individuelle Verbesserung der Gehleistung und damit einen Rückgang der Symptome.

Im Jahr 2021 verglichen Guan et al. 14 endovaskulär und 16 offen-chirurgisch versorgte Patienten. Die Studie zeigt keinen signifikanten Unterschied in der postoperativen Durchblutung und Kollateralisierung betroffener Arterien sowie keinen signifikanten Unterschied im klinischen *Outcome* beider Gruppen [11].

Coral Reef Aorta

Sagban et al. konnten 19 Patienten (38%) ihres Kollektivs nach im Schnitt 52,6 Monaten nachuntersuchen [19]. Hier ergaben sich bei 16 Patienten (84,2%) Besserungen in führenden Symptomen (Claudicatio intermittens und renovaskuläre Hypertonie). Schulte et al. sahen eine Besserung der Symptome bei 18 Patienten (86%) nach im Schnitt 55 Monaten [26]. Damit zeigten auch diese beiden Vergleichsstudien ähnlich erfolgreiche Ergebnisse wie unsere Studie, in der insgesamt 19 Patienten (89%) nach durchschnittlich 31 Monaten durch objektiven Laufbandtest oder subjektive Anamnese eine Verbesserung der Gehleistung zeigten. Es fanden sich zusätzliche anamnestische Informationen bei sechs der initialen zehn CRA-Patienten. Fünf dieser Patientengruppe gaben keine CRA-typischen abdominalen Symptome mehr an.

Pranteda et al. beschrieben in einem *Case Report* aus 2016 einen kombinierten offenchirurgischen Versuch der Therapie bei gleichzeitigem Vorliegen eines CLS und einer CRA. Dieser Patient zeigte nach einem *Follow-up* von sechs Monaten weiterhin eine intakte Perfusion der betroffenen Gefäße sowie einen guten Allgemeinzustand [27].

Holfeld et al. behandelten 2008 zwei Patienten mit CRA erfolgreich mittels endovaskulären Verfahrens [33]. Trotz des Risikos, dass die Härte und geringe Elastizität des Plaques zum Bruch des eingesetzten Stentgrafts führen kann sowie dass sich Teile des Plaques lösen können und als distale Emboli weitreichende Schäden anrichten können, berichtet der *Case Report* von einem Behandlungserfolg. Weiterhin bestehe die Gefahr, dass die Kalzifikation der Aorta weiter zunimmt und die Expansion des Stentgrafts beeinträchtigen kann. Aufgrund der kurzen Zeit des *Follow-up* von nur sechs Monaten fanden sich zu diesen berechtigten Risiken keine Antworten. Auch Minnee et al. bestätigten, dass die Lokalisation des Plaques in der Aorta und ihrer Äste normalerweise ungeeignet für ein endovaskuläres Verfahren mittels Stentgraft sei [20].

Gaggiano et al. führten an vier Patienten mit symptomatischer CRA einen erfolgreichen aorto-femoralen Bypass durch, der auch nach einem Beobachtungszeitraum von 25-94 Monaten eine weiter bestehende Perfusion der betroffenen Gefäße gewährleistete [21].

Neuere *Case Reports* aus dem Jahr 2020 und 2021 beschreiben ebenfalls erfolgreiche Versuche der endovaskulären Behandlung der CRA. Gatta et al. und Isoda et al. verwendeten bei zwei Patienten mit klassischer Symptomatik einen endovaskulär eingesetzten Stentgraft, der den Patienten anschließend ein symptomfreies Weiterleben ermöglichte [29, 30]. Veger et al. behandelten erfolgreich einen CRA-Patienten mittels Implantation einer aortalen Stentprothese in *Chimney*-Technik [42].

5.2 Zukunftsaussicht

Wurden die Krankheitsbilder CLS und CRA früher beide gleichwertig offenchirurgisch therapiert, so bieten neue endovaskuläre Verfahren erweiterte Möglichkeiten der Behandlung dieser Erkrankungen. Die gute Erreichbarkeit betroffener Gefäße (infrarenale Aorta sowie Iliakalgefäße) beim CLS und die geringere Invasivität sowie frühpostoperativ niedrigere Komplikationsrate und

kürzerer stationärer Aufenthalt im Vergleich zum offenen Verfahren lassen darauf schließen, dass die endovaskuläre Therapie von vielen Chirurgen auch in Zukunft bevorzugt werden könnte.

Die Beschaffenheit des stenosierenden Plaque beim Krankheitsbild der CRA, der sich in Dichte und Ausprägung von denen des CLS unterscheidet, macht ein endovaskuläres Verfahren mithilfe von Stentgrafteinlage schwierig (siehe 5.1 Literaturvergleich). Hinzu kommt, dass die Lokalisation in der Aorta und ihrer angrenzenden Äste (Truncus coeliacus, A. mesenterica superior, A. mesenterica inferior und Aa. renales) ein hohes handwerkliches Geschick des Operateurs verlangt, um mittels Katheter an die betroffenen Stellen zu gelangen. Somit bleibt zu vermuten, dass die offenchirurgische TEA auch weiterhin als Therapie der Wahl genutzt wird, um die CRA zu behandeln.

5.3 Limitationen

Die größte Limitation der Studie ist das kleine Patientenkollektiv. Da die anderen in 5.1 aufgeführten Studien jedoch verschiedene Verfahren zur Therapie des CLS/CRA untersuchten und nicht das durch die vorliegende Studie betrachtete reine offenchirurgische Verfahren der TEA, sind diese Kollektive nicht vollständig miteinander gleichzusetzen. Beleuchtet man das Krankheitsbild der CRA und die Therapie durch die offene TEA, ist im Vergleich zu anderen Studien, die das gleiche Verfahren untersuchten, das vorliegende Kollektiv von zehn Patienten von durchaus ähnlicher Dimension. Dieses Operationsverfahren wird in der internationalen Literatur allenfalls in zwei beschriebenen Kollektiven oder *Case Reports* dargestellt. Endovaskuläre Therapieansätze sind außer in einem einzelnen *Case Report* nicht zu finden (siehe 5.1 Literaturvergleich).

Eine weitere Schwierigkeit in der Betrachtung der Ergebnisse ist die gewählte Kombination der Krankheitsbilder CLS und CRA. Durch die sehr ähnliche Pathophysiologie und das nahezu gleiche Vorgehen bei der TEA bietet es sich jedoch an, die Kollektive der beiden Untergruppen zusammenzufassen und Operationsverfahren, Komplikationen und *Outcome* der Gruppen gemeinsam zu betrachten.

Ebenfalls ist die Anzahl an Patienten (n=13, 29%), die über die Jahre hinweg als *lost to Follow-up* bewertet wurden, als Kritikpunkt anzusehen, der jedoch durch den langen Beobachtungszeitraum der hiesigen Studie von im Durchschnitt 31 Monaten (min/max=0/84) relativiert wird.

6 Fazit

Trotz Mangels an Studien in der internationalen Literatur, die das offenchirurgische Verfahren der TEA zur Behandlung des CLS und der CRA untersuchten, kann man anhand der vorliegenden Ergebnisse sagen, dass das gewählte Operationsverfahren für beide Krankheitsbilder zufriedenstellende Ergebnisse liefert. Die frühpostoperative Mortalität von 0% und die gefäßassoziierte Revisionsrate von 9 % bei einem signifikant gestiegenen ABI im Vergleich zu den präoperativen Werten unterstützen diese Aussage.

Die Langzeitergebnisse zeigen einen subjektiven klinischen Benefit von 89% in Form von Steigerung der Gehleistung der nachuntersuchten Patienten mit erhaltener Steigerung der postoperativen ABI-Werte nach 24 Monaten.

Insgesamt bleibt die TEA für die Behandlung des CLS eine sinnvolle Therapievariante und erzielt als Therapie der Wahl bei einer CRA gute Langzeitergebnisse.

7 Literaturverzeichnis

1. Leriche, R. and A. Morel, *The Syndrome of Thrombotic Obliteration of the Aortic Bifurcation*. Ann Surg, 1948. 127(2): p. 193-206.
2. *Peripheral Arterial Disease – Diagnosis and Treatment: A Systematic Review*. Swedish Council on Health Technology Assessment, 2008. 187.
3. Norgren, L., et al., *Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II)*. J Vasc Surg, 2007. 45 Suppl S: p. S5-67.
4. Fowkes, F.G., et al., *Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis*. Lancet, 2013. 382(9901): p. 1329-40.
5. Pulli, R., et al., *Early and long-term comparison of endovascular treatment of iliac artery occlusions and stenosis*. J Vasc Surg, 2011. 53(1): p. 92-8.
6. Selvin, E., et al., *Meta-analysis: glycosylated hemoglobin and cardiovascular disease in diabetes mellitus*. Ann Intern Med, 2004. 141(6): p. 421-31.
7. *Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften AWMF. S3-Leitlinie zu Screening, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Bauchortenaneurysmas*. 2018 Jul. 19: p. 1-262.
8. Bhatia, M.S., P. Gautam, and R. Saha, *Leriche Syndrome Presenting as Depression with Erectile Dysfunction*. J Clin Diagn Res, 2016. 10(3): p. Vd01-vd02.
9. Brown, K.N., E. Muco, and L. Gonzalez, *Leriche Syndrome*, in *StatPearls*. 2021, StatPearls Publishing Copyright © 2021, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).
10. Premaratne, S., et al., *Meta-analysis of direct surgical versus endovascular revascularization for aortoiliac occlusive disease*. J Vasc Surg, 2020. 72(2): p. 726-737.
11. Guan, J., et al., *Evaluation of Therapeutic Effects on Collateral Circulation in Patients with Chronic Leriche Syndrome: a Case-Control Study of Intraluminal Stent Implantation and Surgical Bypass Grafting*. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021. 44(4): p. 550-557.
12. Zhang, B., et al., *Midterm outcomes of endovascular treatment with bare metal stents for Leriche syndrome patients*. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2021. 32(1): p. 83-88.
13. Liang, H.L., et al., *Endovascular management of aorto-iliac occlusive disease (Leriche syndrome)*. J Formos Med Assoc, 2021. 120(7): p. 1485-1492.
14. Hayakawa, N., et al., *Efficacy of three-dimensional road mapping by fusion of computed tomography angiography and fluoroscopy in endovascular treatment of aorto-iliac chronic total occlusion*. Heart Vessels, 2021. 36(3): p. 359-365.
15. De Bakey, M. and S. Cullen, *Year book of general surgery 1957-1958*, 1958: p. 247.
16. Sako, Y., *Arteriosclerotic occlusion of the midabdominal aorta*. Surgery, 1966. 59: p. 709-712.
17. Grotemeyer, D., et al., *The coral reef aorta - a single centre experience in 70 patients*. Int J Angiol, 2007. 16(3): p. 98-105.

18. Ishigaki, T., et al., *Severe Obstructive Calcification of the Descending Aorta: A Case Report of "Coral Reef Aorta"*. *Annals of Vascular Diseases*, 2017. 10(2): p. 155-158.
19. Sagban, A.T., et al., [*Occlusive aortic disease as coral reef aorta--experience in 80 cases*]. *Zentralbl Chir*, 2010. 135(5): p. 438-44.
20. Minnee, R.C., M.M. Idu, and R. Balm, *Coral Reef Aorta: Case Reports and Review of the Literature*. *EJVES Extra*, 2005.
21. Gaggiano, A., et al., *Extra-Anatomic Revascularization of Extensive Coral Reef Aorta*. *Ann Vasc Surg*, 2017. 44: p. 422.e1-422.e7.
22. Schlieper, G., et al., *Analysis of calcifications in patients with coral reef aorta*. *Ann Vasc Surg*, 2010. 24(3): p. 408-14.
23. Ketteler, M., et al., *Association of low fetuin-A (AHSG) concentrations in serum with cardiovascular mortality in patients on dialysis: a cross-sectional study*. *Lancet*, 2003. 361(9360): p. 827-33.
24. Peillon, C., et al., *Endoaortic calcific proliferation of the upper abdominal aorta*. *Ann Vasc Surg*, 1989. 3(2): p. 181-6.
25. Oberstein, A., G. Zocholl, and W. Schmied, [*"Coral reef" arteriosclerosis: computed tomographic and angiographic findings*]. *Rontgenblatter*, 1990. 43(12): p. 536-8.
26. Schulte, K.-M., et al., *Coral Reef Aorta: A Long-Term Study of 21 Patients*. *Annals of Vascular Surgery*, 2000. 14: p. 626-633.
27. Pranteda, C., et al., *Simultaneous Open Surgical Treatment of Aortic Coral Reef and Leriche Syndrome: Case Report and Literature Review*. *Ann Vasc Surg*, 2016. 32: p. 133.e1-5.
28. Belczak, S.Q., et al., *Coral reef aorta, emergency surgical: case report and literature review*. *Einstein (São Paulo)*, 2014. 12: p. 237-241.
29. Isoda, R., et al., *Balloon-expandable stent graft for coral reef aorta*. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*, 2020. 6(3): p. 422-424.
30. Gatta, E., et al., *Emergency Endovascular Treatment of Coral Reef Aorta with an Unconventional Technique*. *Ann Vasc Surg*, 2020. 63: p. 456.e5-456.e9.
31. Kojima, S., et al., *Refractory heart failure and intermittent claudication secondary to supra-renal coral reef aorta*. *J Cardiol Cases*, 2020. 22(5): p. 249-252.
32. Qvarfordt, P., L. Reilly, and M. Sedwitz, "*Coral reef" atherosclerosis of the suprarenal aorta: unique clinical entity*. *Journal of Vascular Surgery*, 1984. 1: p. 903-909.
33. Holfeld, J., et al., *Treatment of symptomatic coral reef aorta by endovascular stent-graft placement*. *Ann Thorac Surg*, 2008. 85(5): p. 1817-9.
34. Eknoyan, G., *Adolphe Quetelet (1796-1874)--the average man and indices of obesity*. *Nephrol Dial Transplant*, 2008. 23(1): p. 47-51.
35. Bernaards, C.M., et al., *Is calculating pack-years retrospectively a valid method to estimate life-time tobacco smoking? A comparison between prospectively calculated pack-years and retrospectively calculated pack-years*. *Addiction*, 2001. 96(11): p. 1653-61.
36. Abouleish, A.E., M.L. Leib, and N.H. Cohen, *ASA Provides Examples to Each ASA Physical Status Class*. *ASA Newsletter*, 2015. 79(6): p. 38-49.
37. Cohen, J., *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, 1988.

38. Zamor, K.C., et al., *Comparison of Direct and Less Invasive Techniques for the Treatment of Severe Aorto-Iliac Occlusive Disease*. *Ann Vasc Surg*, 2018. 46: p. 226-233.
39. Zavatta, M. and M.W. Mell, *A national Vascular Quality Initiative database comparison of hybrid and open repair for aortoiliac-femoral occlusive disease*. *J Vasc Surg*, 2018. 67(1): p. 199-205.e1.
40. Ray, J.J., et al., *Hybrid Revascularization Combining Iliofemoral Endarterectomy and Iliac Stent Grafting for TransAtlantic Inter-Society Consensus C and D Aortoiliac Occlusive Disease*. *Ann Vasc Surg*, 2018. 50: p. 73-79.
41. Piazza, M., et al., *Iliac artery stenting combined with open femoral endarterectomy is as effective as open surgical reconstruction for severe iliac and common femoral occlusive disease*. *J Vasc Surg*, 2011. 54(2): p. 402-11.
42. Veger, H.T.C., et al., *Chimney Technique to Preserve Visceral Flow in a Coral Reef Aorta*. *Ann Vasc Surg*, 2020. 68: p. 545-548.

8 Danksagung

Der Weg zur Entstehung und Ausarbeitung meiner Promotionsarbeit wurde durch verschiedene Personen begleitet, denen ich im Folgenden einzeln danken möchte.

Zunächst danke ich meinem Doktorvater Univ.-Prof. Dr. med. Hubert Schelzig für die Bereitstellung dieses Themas und der Daten durch seine Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf.

Ich danke von Herzen Herrn Dr. med. Philip Düppers als konstanten und mir nächsten Betreuer seit Beginn. Durch seine Supervision, die stetigen Korrekturen und den regelmäßigen motivierenden Anstoß konnte ich diese Arbeit zum Ende bringen. Auch nach seinem Umzug in die Schweiz war er trotz Distanz jederzeit für mich erreichbar.

Herrn PD Dr. med. Christian Vollmer als meinen Co-Betreuer danke ich für wiederkehrende Gespräche vor allem zu Beginn der Arbeit, die mir in der grundlegenden Struktur und Erstellung enorm halfen.

Die Zeit in der Studienzentrale der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie wurde durch Frau Barbara Ohle und Frau Britta Londong geprägt. Sie führten mich in die Datenerhebung und Aktenrecherche der Patienten ein und standen mir bei jeder Frage zur Seite.

Einen besonderen Dank möchte ich Herrn PD Dr. med. Florian Simon aussprechen. Auf der Zielgeraden konnte ich das Manuskript durch seine Expertise und zeitintensive Unterstützung finalisieren.

Jeder berufliche und wissenschaftliche Schritt ist ohne großartige Unterstützung im privaten Umfeld nicht realisierbar. Mein tiefer Dank gebührt hier allen voran Herrn Dr. med. Florian Oellig, der trotz Höhen und Tiefen dieses Prozesses nicht von meiner Seite wich.

Als berufliche und menschliche Vorbilder sind meine Geschwister Herr Dr. med. Haider Al Mansoor, Frau Dr. med. dent. Saineb Rashid, Frau Dr. med. dent. Zahra Karimi und Herr Jafar Al Mansoor zu nennen - jeder einzelne erarbeitete Erfolg wurde durch die Liebe und Erziehung unserer Eltern möglich und beweist, zu was man mit Fleiß und Verstand fähig sein kann.

Neben all der Freundinnen und Freunde, die mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben, danke ich besonders Frau Judith Witte, die jeden steinigen Schritt mit mir teilte.

Und zuletzt gebührt der größte Dank Frau Dr. med. Verena Bormann für unsere tiefe Freundschaft und Verbundenheit in jeder Lebenslage.