



Fakultät für Medizin

Fachgebiet Gefäßchirurgie

Supraaortale Hybrid-Eingriffe zur Therapie bogennaher Aortenpathologien
im kurz- und langfristigen Verlauf

Georg Vinzenz Eckstein

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

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr. Hans-Henning Eckstein
2. Prof. Dr. Rüdiger Lange

Die Dissertation wurde am 06.06.2016 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 15.02.2017 angenommen.

Gewidmet
Meiner Familie.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1 Historische Entwicklung der Aortenchirurgie	1
1.2 Aktuelle Therapie von Aortenbogenpathologien und Rationale von Hybridoperationen	3
1.2.1 Konventionell offener Bogenersatz.....	4
1.2.2 Hybridverfahren mit Herz-Lungen-Maschine - „Frozen-Elephant-Trunc“	5
1.2.3 Komplett endovaskuläre Verfahren	6
1.2.3.1 Branched und fenestrated Endografts.....	6
1.2.3.2 Chimney-Verfahren	7
1.2.4 Hybridverfahren ohne Herz-Lungen-Maschine - Bogenhybride mit supraaortalem debranching	8
1.3 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	12
2. PATIENTEN UND METHODIK	13
2.1 Patientenselektion und Einschlusskriterien	13
2.2 Datenerhebung und Studiendesign	14
2.3 Operatives Vorgehen	16
2.3.1 Supraaortale Rekonstruktion	16
2.3.1.1 Supraaortale Rekonstruktion für die Zone I - Hemibogenersatz.....	16
2.3.1.2 Supraaortale Rekonstruktion für die Zone II - limitierter Hemibogenersatz	17
2.3.2 Endograftimplantation - TEVAR	18
2.4 Follow-up.....	20
2.5 Studienendpunkte	21
2.6 Statistische Auswertung	22
3. ERGEBNISSE	23
3.1 Demografische und operative Daten	23
3.2 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse	27
3.2.1 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse - Gesamt	27
3.2.2 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse - Zone I.....	30
3.2.3 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse - Zone II.....	35
3.2.4 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse - Zone I vs. II	38

3.3 Follow-up.....	41
3.3.1 Follow-up Ergebnisse	
- Gesamt	41
3.3.2 Follow-up Ergebnisse	
- Zone I.....	45
3.3.3 Follow-up Ergebnisse	
- Zone II.....	49
3.3.4 Follow-up Ergebnisse	
- Zone I vs. II	53
4. DISKUSSION	57
5. SCHLUSSFOLGERUNG.....	68
6. ZUSAMMENFASSUNG	70
LITERATURVERZEICHNIS	71
LEBENS LAUF	78
DANKSAGUNG	80
VERÖFFENTLICHUNGEN.....	81

Abkürzungsverzeichnis

A./Aa.	Arteria/Arteriae
Abb.	Abbildung
Ao.	Aorta
bzw.	beziehungsweise
CT	Computertomographie
EBM	Evidence based medicine
engl.	englisch
EL	Endoleck/Endoleckage/endoleak
et al.	et alia/et alii
EVAR	Endovascular Aortic Repair
FU	Follow-up
ggü.	gegenüber
HE	Hemibogenersatz
HLM	Herz-Lungen-Maschine
i.R.	im Rahmen
KHK	koronare Herzkrankheit
LHE	limitierter Hemibogenersatz
LZ	Landezone
MOV	Multiorganversagen
n	Fallzahl
OP	Operation
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
pers.	persistierend/persistent
prim.	primär
PTA	perkutane transluminale Angioplastie
RR	Blutdruck nach Riva Rocci
s.	siehe
SCI	spinal cord ischemia, spinale Ischämie
sek.	sekundär
s. o.	siehe oben
TAA	thorakales Aortenaneurysma
TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma

TAT	traumatische Aortentranssektion
tert.	tertiär
TEVAR	Thoracic Endovascular Aortic Repair
v. a.	vor allen/vor allem
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
30d-	30-Tage-

1. Einleitung

1.1 Historische Entwicklung der Aorten Chirurgie

Aneurysmen, Dissektionen und traumatische Rupturen sind relevante und potentiell fatale Erkrankungen im Bereich der Aorta.

Die moderne Aorten Chirurgie beginnt mit dem Gefäßchirurgen Charles Dubost. Dieser resezierte erstmals 1951 erfolgreich ein abdominelles Aortenaneurysma und rekonstruierte die Bauchschlagader mit einem drei Wochen zuvor entnommenen thorakalen Homograft einer verstorbenen Patientin [1].

Im zeitlichen Verlauf vergrößerte sich das Therapiespektrum unter Einbeziehung thorakaler Aneurysmen und Aneurysmen des Aortenbogens [2, 3]. Durch Verbesserung der chirurgischen Technik, der perioperativen anästhesiologischen Verfahren und der postoperativen intensivmedizinischen Versorgung, kam es zu einer kontinuierlichen Erweiterung der Behandlungsmöglichkeiten [4, 5]. Die diagnostischen und operativen Neuerungen in den folgenden zwei Jahrzehnten führten zu einem Innovationsschub in der Therapie von Aortenpathologien [6-8]. Zu erwähnen ist vor allem die Verwendung der Herz-Lungen-Maschine zur Etablierung einer extrakorporalen Zirkulation bei der Behandlung kardialer und aortaler Erkrankungen [9].

Einen Meilenstein in der technischen Entwicklung der vaskulären Chirurgie stellte die Einführung der endovaskulären Versorgung (EVAR: Endo Vascular Aortic Repair) dar. Diese wurde erstmals 1987 durch den ukrainischen Gefäßchirurgen Volodos [10] durchgeführt, erlangte jedoch erst durch Parodi im Jahr 1991 Beachtung und Einzug [11] in die Gefäßchirurgie. In beiden Fällen wurde transfemorale zur Ausschaltung eines Bauchaortenaneurysmas eine selbst angefertigte endovaskuläre Prothese unter Vermeidung einer Laparotomie und eines aortalen Cross-Clampings (Aortenklammung) implantiert. Im Anschluss gelang durch Michael Dake 1992 [12] in Stanford die erste erfolgreiche Behandlung eines thorakalen Aortenaneurysmas mit einem ebenfalls selbst gefertigten Stentgraft (TEVAR: Thoracic Endo Vascular Aortic Repair).

Viele Patienten waren bis dahin für eine konventionell offene Operation aufgrund relevanter Komorbiditäten oder operativer Zugangsprobleme (lokale Voroperationen) ungeeignet. Diesen Patienten konnte nun durch ein endovaskuläres Verfahren (EVAR/TEVAR) eine minimalinvasive therapeutische Alternative ohne extrakorporale Zirkulation und aortales Clamping angeboten werden.

Ein genaueres Verständnis des Verlaufs thorakaler Aortenerkrankungen, sowie die Analyse von Früh- und Spätergebnissen, sollten zu einer besseren Patientenselektion und Auswahl des geeigneten Operationsverfahrens führen. Darüber hinaus konnten durch Verbesserung der präoperativen Diagnostik und die technische Weiterentwicklung immer komplexere Pathologien erfolgreich behandelt werden.

Die Kombination von offen-chirurgischen und endovaskulären Techniken, sogenannte Hybrid-Eingriffe, stellt eine dieser Entwicklungen dar. Über die erste Hybridoperation im Aortenbogen (supraaortaler Hybrid) ohne Anwendung der HLM berichteten erstmals Buth et al. [13] 1998. Hierbei wurde zur Therapie bogennaher thorakaler Aortenpathologien oder Aortenbogenaneurysmen die Stentgraftimplantation (TEVAR) mit einer offenen Rekonstruktion der supraaortalen Gefäße kombiniert. Durch eine Hybrid-Prozedur kann potentiell die Invasivität und somit die Letalität und Morbidität reduziert werden (Vermeidung der Thorakotomie, fehlendes Aortenclamping und Vermeidung der HLM).

Mit der Einführung der Hybrid-Technik ergibt sich allerdings auch ein erweitertes Komplikationsspektrum. Insbesondere Undichtigkeiten, sogenannte Endoleckagen, an den Verankerungszonen der Stentprothesen stellen, trotz zusätzlicher Transposition der supraaortalen Gefäße im komplexen Aortenbogenbereich, die „Achillesferse“ [14] des Verfahrens dar. Vor allem Endoleckagen im Bereich der Abdichtungszonen (proximal: Typ Ia, distal: Typ Ib) sind potenziell direkt behandlungsbedürftig um eine drohende Ruptur im Hochstromgebiet der Aorta bei insuffizient ausgeschaltetem Aneurysma zu verhindern.

1.2 Aktuelle Therapie von Aortenbogenpathologien und Rationale von Hybrid-Operationen

Aktuell stehen mehrere Therapieoptionen für strukturelle Erkrankungen des Aortenbogens zur Verfügung.

Der konventionell offene Bogenersatz stellt derzeit den Goldstandard zur Therapie des Aortenbogenaneurysmas dar. Seit einiger Zeit wird das konventionelle Verfahren mit einer „Spezial-Hybrid-Prothese“ (dem sog. „Frozen-Elephant-Trunc“) durchgeführt, die die Invasivität verringert und die Möglichkeit zur simultanen endovaskulären Behandlung der Aorta im distalen Aortenbogen und der Aorta descendens ermöglicht. Das „Frozen-Elephant-Trunc“-Verfahren erfordert jedoch ebenfalls den Einsatz der extrakorporalen Zirkulation.

Dagegen erfolgt der komplett endovaskuläre Therapieansatz im Bogenbereich mittels einer maßgeschneiderten (CMD: custom made device) Endoprothese ohne HLM. Der Vorteil liegt in der Vermeidung einer Sterno-beziehungsweise Thorakotomie, sowie dem Verzicht auf die extrakorporale Zirkulation. Dieses Verfahren stellt jedoch noch keinen Standardeingriff dar und wird derzeit nur an spezialisierten Zentren im Rahmen von Studien evaluiert [15].

Als Notfalltherapie (sog. bail-out-procedure) besteht zusätzlich zu oben genannten Verfahren, als ebenfalls komplett endovaskuläre Therapieoption, die Möglichkeit zur Anwendung der Chimney-Technik (Parallel Grafts), ebenfalls unter Vermeidung der HLM.

Die Hybrid-Technik als Kombination offen-chirurgischer Verfahren mit simultaner Implantation einer thorakalen Stentprothese stellt eine Therapieoption für Patienten im Notfall oder für elektive Behandlungen dar, bei denen ein offen chirurgischer Ersatz aus patientenassoziierten Gründen (Komorbidität/Reoperation) nicht möglich ist. Durch die Vermeidung eines aortalen Cross-Clampings, ohne die Notwendigkeit der Herz-Lungen-Maschine, wird die Invasivität des Eingriffs signifikant reduziert. Im Gegensatz zur Verwendung von Spezialprothesen (CMD) können hier Standardprothesen ohne zeitliche Verzögerung zur Anwendung kommen.

1.2.1 Konventionell offener Bogenersatz

Die offene Rekonstruktion der Ao. ascendens und des Bogens ist für Aneurysmen und Typ A-Dissektionen mit Aortenbogenbeteiligung die Therapie der Wahl.

Die Operation erfolgt unter extrakorporaler Zirkulation mit und ohne antegrader selektiver Hirnperfusion. Hierbei ist eine Sternotomie oder linksseitige Thorakotomie notwendig. Der Eingriff findet in (milder) Hypothermie und durch die Einnaht einer (Polyester-) Gefäßprothese statt. Abgesehen von allgemeinen pathophysiologischen Belastungen der Herz-Lungen-Maschine, stellen die intraoperative zerebrale Ischämie beziehungsweise Embolien relevante Risiken des Verfahrens dar. „Der konventionelle Bogenersatz ist selbst in spezialisierten kardiochirurgischen sog. „High-Volume-Zentren“ mit einer Krankenhausmortalität von durchschnittlich 7 % und einer neurologischen Komplikationsrate von passager 15 %, sowie permanent 8 %, assoziiert“ [16]. Besonders für ältere und multimorbide Patienten bedeutet diese Operation eine erhebliche Belastung. Verbesserungen im operativen Management waren Maßnahmen wie die Operation in Hypothermie (32–34 °C), der Einsatz der HLM, sowie die therapeutische Antikoagulation und die sequenzielle Aortenabklemmung. Trotzdem liegen vor allem für Patienten über 70 Jahre und Patienten mit kardiopulmonalen Begleiterkrankungen Letalitätsraten von 8,5–25,2 % bei elektiven Operationen und bis zu 53,3 % bei Notfalleingriffen vor [17]. Hauptursachen der perioperativen Letalität sind dabei, wie erwähnt, kardiopulmonale und neurologische Komplikationen [18, 19].

Viele Patienten sind aufgrund ihrer Begleiterkrankungen prinzipiell für die offene Rekonstruktion mit extrakorporaler Zirkulation ungeeignet. Auch kardial voroperierte Patienten sind für eine belastende Reoperation (Aortic-Redo) nicht geeignet. Eine konventionell offene herzchirurgische Therapie muss daher nicht selten unter Berücksichtigung bestehender Komorbiditäten abgelehnt werden.

1.2.2 Hybridverfahren mit Herz-Lungen-Maschine – „Frozen-Elephant-Trunc“

Das „Frozen-Elephant-Trunc“-Verfahren bezeichnet den Ersatz von Ao. ascendens und des Aortenbogens mit einer Hybridprothese unter Anwendung der extrakorporalen Zirkulation. Diese Technik eignet sich für Pathologien, die sowohl einen Großteil des Aortenbogens, als auch Anteile der thorakalen Aorta betreffen.

Nach der „Sternotomie erfolgt zunächst die antegrade Stentimplantation über den geöffneten Aortenbogen in die Ao. descendens. Anschließend wird die Prothese distal des Abgangs der linken A. subclavia eingenäht. Der zunächst eingestülpte konventionelle Prothesenteil wird aus der Ao. descendens herausgezogen und für einen konventionellen Bogenersatz mit Reimplantation der supraaortalen Äste benutzt (s. Abb. 1).“ [16].

Bereits kardial voroperierte Patienten sind aufgrund der notwendigen Re-Sternotomie für diesen Eingriff nur bedingt geeignet. Der Vorteil der Methode liegt darin, den Anteil offener Chirurgie zu reduzieren und ggf. durch das Einbringen eines Stentgrafts, die OP-Dauer, Letalität und spinale Ischämie-Rate zu senken. Aktuelle Daten zeigen im Vergleich zur komplett offenen Therapie Letalitätsraten von 7,7 % - 9,5 % und Paraplegieraten von 3,3 % - 6,2 % [20-22].

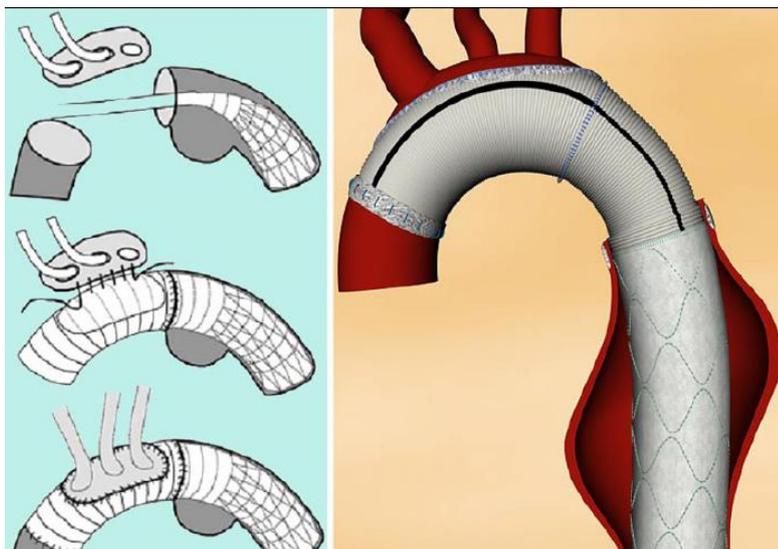


Abb. 1: „Elephant-Trunc-Verfahren“ [16]

1.2.3 Komplett endovaskuläre Verfahren

1.2.3.1 Branched und fenestrated Endografts

Maßgeschneiderte Endoprothesen, sogenannte „branched“ und „fenestrated endografts“ (s. Abb. 2) [23], die eine komplette endovaskuläre Versorgung von Bogenpathologien ermöglichen, stehen derzeit für den routinemäßigen Einsatz noch nicht zur Verfügung. Momentan kommen diese nur in wenigen Zentren mit geringen Patientenzahlen zur Anwendung [15]. Sie könnten jedoch ggf. in den nächsten Jahren das Therapie- und Patientenspektrum erweitern [24, 25].

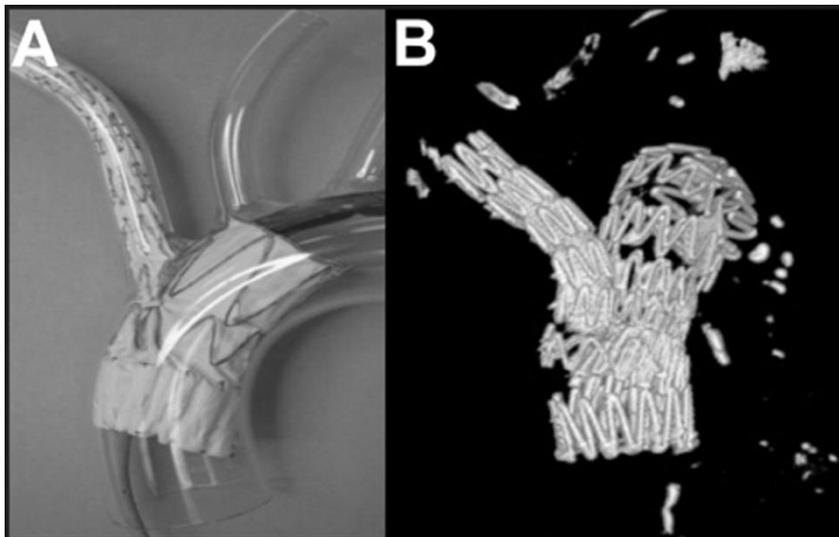


Abb. 2: „branched endograft“ [26]

1.2.3.2 Chimney-Verfahren

Im Rahmen der Notfallversorgung aortaler Pathologien kommt als weiteres komplett endovaskuläres Verfahren die sogenannte Chimney-Technik zur Anwendung.

Erstmals durch Greenberg et al. beschrieben [27], wird hierbei parallel zum Aortenstentgraft ein Standard-Endoprothesensystem in die übersten teten supraaortalen Äste eingebracht (s. Abb. 3). Es entsteht so das Bild eines „Schornsteins“ (engl. chimney).

Vorteile bietet diese Methode bei dringlichen Indikationen mit nicht suffizienten Landezonen [28]. Nachteilig im Vergleich zu maßangefertigten Endografts ist eine unsichere Abdichtung der proximalen Landezone (engl. gater) und fehlende Langzeitdaten größerer Patientengruppen [29, 30].

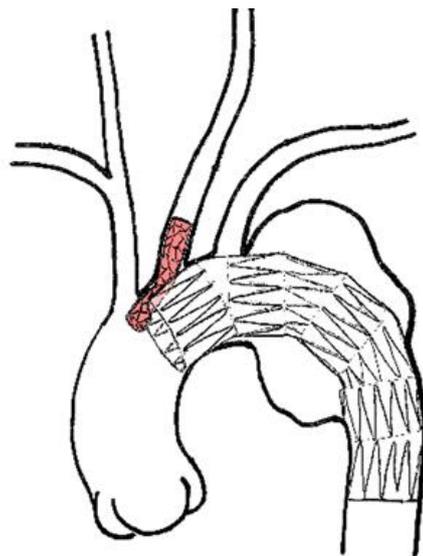


Abb. 3: Schema: Chimney-Graft [31]

1.2.4 Hybridverfahren ohne Herz-Lungen-Maschine – Bogenhybride mit supraaortalem debranching

„Bogenhybride“ oder „supraaortale Hybride“ ohne HLM entstehen durch die Kombination offen-chirurgischer und endovaskulärer Techniken, ohne Anwendung einer extrakorporalen Perfusion.

Im Allgemeinen erfolgt zunächst ein „debranching“, das heißt ein primäres Absetzen mit anschließender Revaskularisation der supraaortalen Gefäßäste mittels Transposition beziehungsweise Bypass. Im zweiten Schritt folgt die Ausschaltung der Aortenbogenpathologie durch eine Endograftimplantation. Da keine extrakorporale Zirkulation notwendig ist, wird diese Technik für Patienten favorisiert, die aufgrund ihrer Begleiterkrankungen für ein offen chirurgisches Verfahren mit HLM nicht geeignet sind.

In fast 80 % [32] der thorakalen Aortenerkrankungen findet sich eine Aortenbogenbeteiligung der Zonen 0-II nach der Klassifikation von Ishimaru (s. Abb. 4). Dadurch wird ein Überstenten des Truncus brachiocephalicus, der A. carotis communis sinistra oder der A. subclavia sinistra notwendig. Zur suffizienten Fixation von Standard-Endoprothesen im thorakalen Bereich wird proximal und distal der Pathologie mindestens 2 cm homogene, nicht relevant veränderte Aorta (wenig Thrombusmaterial/Kalzifizierung) benötigt. Hierin begründet sich die erste technische und strategische Rationale für Hybrid-Eingriffe. Zur Schaffung ausreichend langer und geeigneter proximaler Abdichtungszone müssen die supraaortalen Gefäße teilweise oder vollständig in Richtung der Aortenklappe versetzt werden. „Die Ausmessung und Bestimmung der proximalen Landungszone in der CT-Angiografie stellt hierbei, aufgrund der Krümmung beziehungsweise anatomischen Lage des Aortenbogens, sowie möglicher Bewegungsartefakte, eine planerische Herausforderung dar. Die präoperative Bildgebung ist deshalb für die Patientenselektion als auch Operationsplanung und letztendlich für das Erreichen eines optimalen Therapieergebnisses essenziell.“ [16].

Im Anschluss muss in Zusammenschau der präoperativen Befunde durch den Operateur eine individuelle Auswahl der geeigneten Stentprothesen und supraaortalen Rekonstruktionen für die vorliegende Pathologie erfolgen.

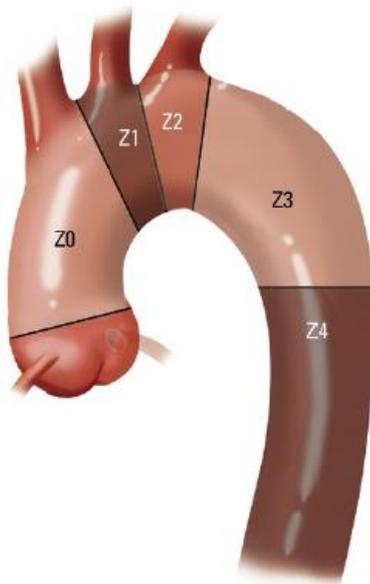


Abb. 4: „Landezonen“-Klassifikation nach Ishimaru für TEVAR [33]

Hybrid-Operationen des Aortenbogens sind für die vorliegende Arbeit als Kombinationseingriffe aus offen-chirurgischer supraaortaler Rekonstruktion und Stentverfahren mit TEVAR definiert. Diese können ein- oder zweizeitig durchgeführt werden.

Die je nach Ausdehnung der Pathologie entstehenden Hybride, lassen sich in folgende Formen unterteilen (s. Abb. 5):

Der partielle Bogenersatz beziehungsweise Hemibogenersatz (HE, s. Abb. 5b) mit Landezone I (im Weiteren Zone I genannt, s. Abb. 4) entsteht durch eine bilaterale Zervikotomie und extraanatomische cross-over-Bypassanlage. Der distale partielle Bogenersatz oder limitierte Hemibogenersatz (LHE, s. Abb. 5a) mit Landezone II (im Weiteren Zone II genannt, s. Abb. 4) besteht aus einer alleinigen Transposition linkszervikal oder einem alloplastischen carotido-subclavialen-Bypass links.

Ein kompletter Bogenersatz (im Weiteren Zone 0 genannt; s. Abb. 4 und Abb. 5c) erfolgt durch Transposition der supraaortalen Gefäße nach proximal in die Aorta ascendens.

Diese supraaortalen Rekonstruktionsformen werden kombiniert mit einem partiellen oder kompletten endovaskulären Aortenbogenersatz per TEVAR (retrograd transfemoral).

Hybrid-Operationen haben für Patienten im Vergleich zu offenen Verfahren mit HLM folgende potenzielle klinische Vorteile.

Es ist keine (Re-)Sternotomie notwendig und die extrakorporale Zirkulation mit hypothermen Kreislaufstillstand wird vermieden. Dadurch kann eine Reduktion des Blutverlustes, sowie des intraoperativen Blutumsatzes erreicht werden. Eine Vollantikoagulation ist ebenfalls nicht notwendig. Auf die Einlungenventilation und die hohe Aortenklammung mit erhöhter kardialer Belastung während des Eingriffs kann verzichtet werden. Damit ergeben sich potenziell kürzere Operations- und Intensivüberwachungszeiten, sowie ein verkürzter Krankenhausaufenthalt [34, 35].

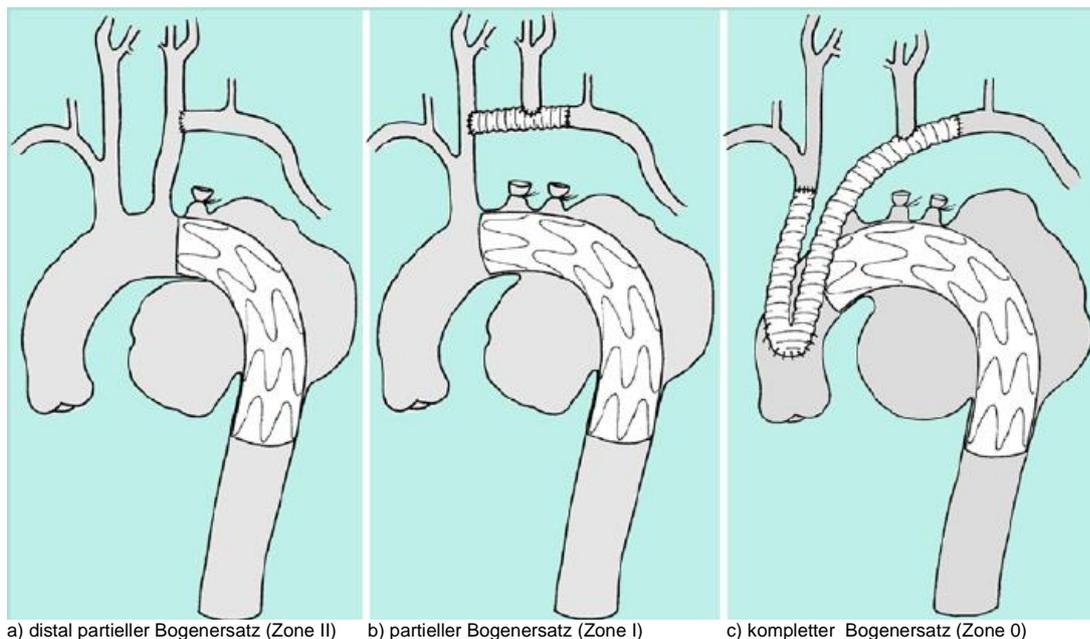


Abb. 5: Varianten von Bogenhybriden mit supraaortalem debranching ohne HLM [16]

Das Hybrid-TEVAR-Verfahren zeigt im anatomisch und hämodynamisch hochkomplexen System des Aortenbogens jedoch auch relevante Probleme und Risiken.

Vor allem Endoleckagen an den Verankerungsstellen der Stentprothesen (v. a. Typ Ia) stellen die relevanteste verfahrensspezifische Komplikation dar. Essenziell ist die systematische Detektion dieser Leckagen, sowohl perioperativ, als auch in der Nachsorge, um bei weiterhin drohender Rupturgefahr eine patientengerechte und adäquate Therapie einzuleiten.

Auch neurologische Ereignisse und eventuell notwendige Reoperationen stellen relevante Risiken dar und können sich negativ auf die Lebensqualität der betroffenen Patienten auswirken.

Daneben finden sich verfahrensassoziierte Komplikationen wie zum Beispiel Bypassthrombosierungen oder Anschlussstenosen der supraaortalen Rekonstruktionen, die detektiert und bei klinischer Relevanz behandelt werden müssen.

1.3 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Das Hybrid-Verfahren stellt eine potenzielle Therapiemöglichkeit für Patienten dar, die für ein konventionell offenes oder alternatives Vorgehen unter Verwendung der extrakorporalen Zirkulation nicht geeignet sind oder bei denen eine notfällige Versorgung erforderlich ist.

Durch das Hybrid-Verfahren entsteht ein neues, spezifisches Komplikationsspektrum, das detektiert, ggf. behandelt und nachuntersucht werden muss.

Im Gegensatz zum endovaskulären Aortenersatz der infrarenalen Aorta (EVAR), liegen für den TEVAR keine randomisierten Studienergebnisse (EBM I/A), sondern lediglich Single-Center-Studien respektive Registerdaten (EBM III/B) vor. Prospektiv randomisierte Studien sind auch in Zukunft zur TEVAR nicht zu erwarten, da die geringere perioperative Letalität und Morbidität in Single-Center-Studien, sowie Metaanalysen für die endovaskuläre Therapie hinreichend belegt wurde [16, 36-38]. Für Hybrid-Operationen als noch komplexeren Versorgungstyp fehlen insbesondere Langzeitdaten zur Beurteilung des Stellenwertes zur Behandlung des Aortenbogens.

Ziel dieser Arbeit stellt die Analyse von Ergebnissen des eigenen Patientenguts aus der Klinik und Poliklinik für Vaskuläre und Endovaskuläre Chirurgie am Klinikum rechts der Isar in München bei der Behandlung bogennaher thorakaler Aortenpathologien durch die Anwendung des supraaortalen Hybrid-TEVAR-Verfahrens dar.

Insbesondere sollen verfahrenstypische Komplikationen für den Hemibogen- (Zone I) und limitierten Hemibogenersatz (Zone II) im kurz- und langfristigen Verlauf untersucht und kritisch diskutiert werden.

2. Patienten und Methodik

2.1 Patientenselektion und Einschlusskriterien

Eingeschlossen in die Untersuchung wurden alle Patienten, die im Zeitraum von 12/2004 bis 12/2012 (8 Jahre) mittels limitierter supraaortaler Hybrid-TEVAR bei distalen Aortenbogenpathologien (Zone I und II nach Ishimaru, s. Abb. 4) ohne extrakorporale Zirkulation an der Klinik und Poliklinik für Vaskuläre und Endovaskuläre Chirurgie am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München behandelt wurden.

Patienten mit ausgedehnten Pathologien (Dissektionen/TAAA), die bereits eine Versorgung im viszeralem Bereich erhalten hatten (viszeraler Hybrid), wurden ebenfalls in die Studie aufgenommen.

Patienten mit komplettem Bogenersatz (Zone 0) wurden für die Analyse ausgeschlossen.

2.2 Datenerhebung und Studiendesign

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv durch Studium der Patientenakten und Operationsberichte in einer prospektiv geführten Datenbank, sowie in Rücksprache mit den behandelnden Haus- und Fachärzten.

Alle eingeschlossenen Patienten waren für ein offen-chirurgisches oder ein Verfahren mittels „Frozen-Elephant-Trunc“ ungeeignet.

Für Patienten mit gedeckter Ruptur oder Symptomatik wurde das Hybrid-Verfahren als Notfalleingriff favorisiert.

Insbesondere seit dem Jahr 2010 wurden die Patienten in regelmäßigen interdisziplinären Besprechungen mit den Kollegen der Herzchirurgie des Deutschen Herzzentrums München evaluiert.

Alle Patienten erhielten präoperativ zunächst eine CT-Angiographie mit Feinschichtung (Schichtdicke: 0,6 mm) der gesamten Aorta und der supraaortalen Gefäße zur Planung der Therapie.

Als Entscheidungskriterium bezüglich der Art der supraaortalen Rekonstruktion waren die Morphologie und insbesondere die Schaffung einer adäquaten proximalen Landezone entscheidend. Als sicher und geeignet galt hierbei ein mind. 2 cm langes, möglichst paralleles, wenig kalzifiziertes und thrombusarmes Aortensegment. Der Durchmesser sollte die Verwendung von kommerziellen Prothesen für eine suffiziente Abdichtung ermöglichen. Maßgeschneiderte Endoprothesen (CMD: custom made devices) wurden in die Analyse nicht eingeschlossen.

Die Eingriffsplanung erfolgte seit 2008 durch präoperative Vermessung unter Anwendung einer speziellen Software (3Mensio® Medical Imaging BV, Bilthoven, Niederlande, 2008) mit semiautomatischer Rekonstruktion und Erstellung einer korrigierten Centerline der Aorta. Damit sollte eine exakte dreidimensionale Darstellung des Aortendurchmessers im Bereich der proximalen und distalen Landezone erreicht werden. Unter Anwendung der Software erhält man potenziell ein genaueres Bild der bestehenden Pathologie und durch das gewonnene Bildmaterial konnten simultan die iliakalen und femoralen Zugangsgefäße mitbeurteilt werden [39-42].

Anhand der Bilddaten erfolgte im Anschluss durch den Operateur die geeignete Endoprothesenauswahl und -dimensionierung.

Für Dissektionen wurde eine Überdimensionierung des Prothesendurchmessers (engl. oversizing) von 10-15 % (proximale Verankerungszone) und für Aneurysmen von 15-20 % vorgenommen.

Welche Art von Endoprothese (Hersteller/Form/Verankerungsspezifikation) verwendet wurde, war abhängig von der Pathologie und der Präferenz des Operateurs.

2.3 Operatives Vorgehen

2.3.1 Supraaortale Rekonstruktion

Nach Aufklärung des Patienten und Freigabe durch die Anästhesie erfolgte bei primär geplanter Hybrid-TEVAR-Versorgung zunächst die supraaortale Rekonstruktion in Intubationsnarkose.

Zur Schaffung einer sicheren Landezone fanden der Hemibogenersatz (Zone I) und der limitierte Hemibogenersatz (Zone II) Anwendung.

Die Art der supraaortalen Rekonstruktion war abhängig von der Ausdehnung der Pathologie und den Ergebnissen der präoperativen Planung.

2.3.1.1 Supraaortale Rekonstruktion für die Zone I – Hemibogenersatz

Bogen-Pathologien mit Landezone I nach Ishimaru für den endovaskulären Ersatz wurden mittels carotido-carotidalem cross-over-Bypass versorgt. Rechtsseitig wurde eine Seit-zu-End-Anastomose ausgehend von der A. carotis communis rechts angelegt. Linksseitig wurde die A. subclavia proximal ligiert und eine End-zu-End-Anastomose durchgeführt. Die linke A. carotis communis wurde ebenfalls proximal ligiert und an den cross-over-Bypass reinseriert (Seit-zu-End-Anastomose). Standardmäßig wurde die linke A. vertebralis mit Hinblick auf ihre Kollateralfunktion erhalten.

Zunächst wurde die Gefäßprothese subkutan verlegt. Im Verlauf wechselte man im Jahr 2009 auf eine retroösophageale Platzierung, um im Falle einer notwendigen Tracheotomie im Rahmen der intensivmedizinischen Nachbehandlung eine drohende Graft-Infektion zu vermeiden.

2.3.1.2 Supraaortale Rekonstruktion für die Zone II – limitierter Hemibogenersatz

Für Pathologien, die ein teilweises oder völliges Überstenten der A. subclavia sinistra notwendig machten, wurden zwei verschiedene Optionen der supraaortalen Rekonstruktion genutzt. Die Auswahl erfolgte je nach anatomischen Gegebenheiten und/oder Präferenz des Operateurs.

Die erste Möglichkeit war ein linksseitiger carotido-subclavialer-Bypass, bei dem die linke A. carotis communis als Spendergefäß diente. Der Bypass wurde in einer Seit-zu-End-Anastomose angelegt. Die linke A. subclavia wurde proximal ligiert und distal eine End-zu-Seit- oder End-zu-End-Anastomose mit einer 8 mm Dacron-Prothese (in vorliegender Studie die Standardprothese für die Zone I u. II-Rekonstruktionen) durchgeführt. Auch hierbei wurde die A. vertebralis, wenn möglich, erhalten.

Als zweite Option kam eine A. subclavia-Transposition zur Anwendung. Sofern anatomisch möglich, wurde unter Erhalt der Vertebralarterie die A. subclavia sinistra proximal ligiert und End-zu-Seit in die linke A. carotis communis reinseriert.

Nach Abschluss der supraaortalen Rekonstruktionen erfolgte bei beiden Hybrid-Formen als Qualitätskontrolle standardmäßig eine intraoperative Angiographie.

2.3.2 Endograftimplantation – TEVAR

Der zweite Schritt war die Endograftimplantation unter angiographischer Kontrolle (mobiler C-Bogen OEC 9800 Medical Systems Inc., Salt Lake City, UT, USA) mit Parallaxenausgleich. Zum Ausgleich des anatomischen Verlaufs des Aortenbogens wurde der Patient in Rückenlage mit um ca. 30° erhöhter linker Schulter gelagert (s. Abb. 6). Auch diese Prozedur fand in Intubationsnarkose statt.

Bei einem einzeitigen Vorgehen erfolgte der Eingriff direkt im Anschluss an die supraaortale Rekonstruktion. Bei einer zweizeitigen Operation im weiteren Verlauf, in der Regel wenige Tage nach dem Primäreingriff.

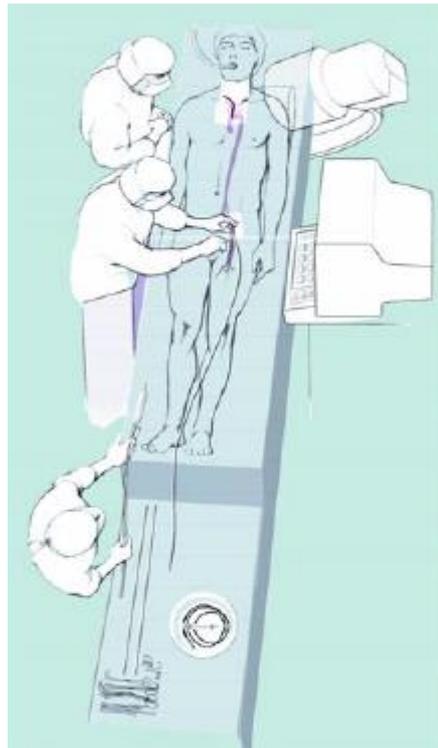


Abb. 6.: Lagerung u. angiographischer Arbeitsplatz für TEVAR [43]

Bei einigen Patienten mit aortaler Voroperation oder bei einer erwarteten langen zu überstentenden Strecke (>20 cm Längenausdehnung), wurde selektiv eine Liquordrainage angelegt.

Zunächst wurde das für das TEVAR-Verfahren geeignete Zugangsgefäß freigelegt. Dies stellte routinemäßig die A. femoralis communis dar. Nach Punktion des Gefäßes wurden über einen Führungsdraht eine Schleuse und Führungsdrähte eingebracht. Im Anschluss an die angiographische Darstellung unter Parallaxenausgleich der Pathologie und der Landezonen führte man über einen steifen Führungsdraht das Applikationssystem mit der Endoprothese ein. Unter angiographischer Kontrolle erfolgte die Positionierung des Stentgrafts an der gewünschten Stelle. Während der Freisetzungsphase wurde durch einen adenosininduzierten temporären Herzstillstand oder medikamentöse Blutdrucksenkung (systolischer Blutdruck unter 80 mmHg) das Absetzen der Prothese durchgeführt.

Eine angiographische Abschlusskontrolle diente zum Ausschluss primärer Endoleckagen und zur Beurteilung der Offenheit der supraaortalen Rekonstruktion.

Zeigten sich direkt intraoperativ Leckagen vom Typ Ia/b oder III, wurden diese, falls morphologisch möglich, initial mittels Prothesenverlängerung therapiert. Den Abschluss des Eingriffs bildete nach Entfernung sämtlicher Zugangsinstrumente der chirurgische Verschluss des arteriellen Zugangsweges.

Postoperativ erfolgte, je nach Nierenfunktion und Allgemeinzustand der Patienten, nach zwei bis drei Tagen eine CT-A Kontrolle zum Nachweis einer suffizienten Ausschaltung der Pathologie, sowie zur Beurteilung der supraaortalen Rekonstruktionen.

Bei relevanten Komplikationen (Endoleckage Typ I/III, Bypassfehlfunktion) erfolgte die Evaluation eine Korrekturnotwendigkeit.

2.4 Follow-up

Während des Follow-up fanden regelmäßige klinische und sonographische Untersuchungen im Rahmen der Sprechstunde der Gefäßambulanz, sowie computertomographische Nachuntersuchungen in der Klinik für Radiologie am Klinikum rechts der Isar statt.

Dies erfolgte nach einem hausinternen Schema. Dieses sah routinemäßige Kontrollen direkt postoperativ, nach 6 und 12 Monaten, danach jährlich, vor. In Einzelfällen wurde bei relevanten Komplikationen (z. B. EL) ein individualisiertes, verkürztes Nachsorgeschema angewandt. Die bildgebende Diagnostik mittels CT-Angiographie (Schichtdicke: 0,6 mm) der gesamten Aorta, sowie der supraaortalen Region, wurde mit Geräten der Fa. Siemens (Modell „Cardiac 64“, 64-Zeilen-CT-Scanner) und Philips (Modell „Brilliance iCT“, 128-Zeilen-CT-Scanner) durchgeführt.

Die Auswertung des Bildmaterials fand primär im Rahmen der interdisziplinären Gefäßkonferenz statt, welche sich aus den Fachabteilungen Radiologie, Gefäßchirurgie und Angiologie zusammensetzte (zusätzlich erfolgte im Rahmen der wissenschaftlichen Analyse in der vorliegenden Untersuchung die Auswertung durch einen radiologischen Facharzt, sowie durch einen Facharzt für Gefäßchirurgie gemeinsam mit dem Doktoranden).

Zeigte sich eine Indikation zur Re-Intervention, wurden die Patienten zur weiteren Therapie einbestellt und stationär aufgenommen.

Ein standardisierter Fragebogen wurde den behandelnden Hausärzten zugesandt, um die klinische Verfassung jener Patienten zu evaluieren, die die geplanten Nachuntersuchungen nicht wahrgenommen hatten oder deren jährliche Kontrolle bis zur Datenauswertung noch nicht erfolgt war.

Teilweise wurden mittels telefonischer Interviews der Verbleib von Patienten und deren subjektives Befinden, sowie Gründe für ihr Fernbleiben erfragt.

2.5 Studienendpunkte

Als technischer Erfolg wurde die erfolgreiche Endoprothesenimplantation mit suffizientem Ausschluss der Pathologie aus dem Blutstrom, sowie einem regelrechten Fluss der supraaortalen Rekonstruktion definiert. Dies wurde, wie oben beschrieben, durch eine intraoperative und postoperative CT-Angiographie verifiziert.

Primärer Studienendpunkt war die 30-Tage-Letalität.

Sekundäre Endpunkte waren die Letalität im Follow-up, die primäre Typ Ia Endoleckagerate, sowie die Rate an sekundären Typ Ia Endoleckagen (erstmalig im FU detektierte Typ Ia Endoleckagen), neurologische Komplikationen (Schlaganfall, spinale Ischämie) und die Offenheit der supraaortalen Rekonstruktion.

Der Fokus lag in dieser Untersuchung auf der Analyse und dem Vergleich der Ergebnisse der Zone I (HE) mit der Zone II (LHE).

2.6 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden entsprechend den aktuell gültigen Bericht-Standards retrospektiv aufgearbeitet und dargestellt [44]. Dementsprechend werden stetige Variable mit dem Mittelwert und der Standardabweichung oder dem Median für nicht normalverteilte Daten angegeben, nominalskalierte Variable als Prozentsatz (%) oder Anzahl (n) aufgeführt.

Zur statistischen Auswertung der Arbeit und dem Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen wurden der exakte Test nach Fisher (f-Test) und der Test nach Mann-Whitney (u-Test) herangezogen.

Der exakte Test nach Fisher diene als Signifikanztest auf die Unabhängigkeit von Auftretenshäufigkeiten der Ergebnisse oder Ereignisse der untersuchten Gruppen in der Vierfelder-Tafel. Im Gegensatz zum Chi-Quadrat-Test liefert der exakte Test nach Fisher, wie hier benötigt, auch bei sehr kleinen Stichproben valide Ergebnisse.

Der Test nach Mann-Whitney ist ein Rangsummentest beziehungsweise Rangtest. Mit ihm können Mittelwert-Unterschiede von zwei unterschiedlichen Stichproben untersucht und auf Signifikanz geprüft werden.

Als signifikant wurde bei beiden Testverfahren ein p-Wert < 0.05 angenommen.

Die Überlebenskurven wurden in Kaplan-Meier-Diagrammen dargestellt. Als Software zur statistischen Datenanalyse und Erstellung der Überlebenskurven wurden die Programme XLSTAT V 7.5.2, (Addinsoft, NY, USA), MedCalc Version 10.0.1 (MedCalc Software, Ostend, Belgien) und SPSS Statistics 22 (IBM Corporation, Armonk, USA) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Demographische und operative Daten

Im Untersuchungszeitraum von 12/2004 bis 12/2012 (8 Jahre) wurden in der Klinik und Poliklinik für Vaskuläre und Endovaskuläre Chirurgie am Klinikum rechts der Isar in München 47 Patienten einem supraaortalen Hybrid-Eingriff für die Zone I und Zone II ohne extrakorporale Zirkulation unterzogen.

Mit 72,3 % war der Großteil der Patienten männlich (34 Männer, 13 Frauen). Das Durchschnittsalter lag bei 65,3 Jahren (Standardabweichung +/- 14 Jahre), der Altersmedian bei 65,5 Jahren.

Die häufigste Nebenerkrankung der Patienten war mit 72,3 % (n=34; 34/47) eine arterielle Hypertonie. Der Anteil an (Ex-)Rauchern lag bei 27,7 % (n=13; 13/47; davon aktive Raucher: n=5), eine aortale Voroperation wiesen 21,3 % (n=10; 10/47) auf, einen Diabetes mellitus 17 % (n=8; 8/47) und eine KHK 12,8 % (n=6; 6/47). Jeweils 6,4 % (n=3; 3/47) der Patienten wiesen eine Niereninsuffizienz und/oder eine strukturelle beziehungsweise funktionelle Lungenerkrankung auf.

An supraaortalen Rekonstruktionen wurden insgesamt 23 (23/47= 48,9 %) Hemibogenersätze (Zone I), sowie 24 (24/47= 51,1 %) limitierte Hemibogenersätze (Zone II; davon 14 linksseitige alloplastische Carotis-Subclavia-Bypässe, 8 Transpositionen links und jeweils eine Transposition und ein Bypass in Kombination mit einem Chimney Graft) durchgeführt.

In Bezug auf Geschlecht, Alter und vorhandene Vor- und Nebenerkrankungen, bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p > 0.05$).

Eine einzeitige Versorgung erfolgte in 61,7 % der Fälle (n=29; 29/47), die übrigen 18 Patienten wurden zweizeitig operiert.

Der Anteil symptomatischer Patienten lag bei 31,9 % (n=15, 15/47). Bei 19,1 % (n=9; 9/47) der Patienten bestand eine gedeckte Ruptur. Insgesamt präsentierten sich damit mehr als die Hälfte (n=24; 24/47= 51,1 %) der Patienten als Notfall.

An zugrunde liegenden aortalen Pathologien fanden sich 22 Dissektionen (22/47= 46,8 %; davon 19 Typ B und 3 Rest-Typ A), 16 thorakale Aneurysmen (16/47= 34 %; davon 3 bei penetrierendem aortalen Ulkus), 5 thorakoabdominelle Aneurysmen (5/47= 10,6 %), sowie 4 Transsektionen (4/47= 8,5 %).

Der mittlere maximale Aortendurchmesser lag bei 6,1 cm (Standardabweichung +/- 3,1 cm).

Insgesamt zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der beiden Vergleichsgruppen hinsichtlich der vorliegenden Pathologien und bestehender Klinik.

Demographische Daten	Gesamt	HE Zone I	LHE Zone II	p=
Komorbiditäten	n=47	n=23	n=24	
Alter \bar{x} in Jahren (\pm SD)	65,3 (\pm 13,8)	68.6 (\pm 12,7)	61,7 (\pm 14,9)	0.73
Geschlecht männlich	34	19	15	0.19
Aortale Voroperation	10	6	4	0.49
AHT	34	16	18	0.75
KHK	6	3	3	1.0
DM	8	5	3	0.46
NI	2	1	1	1.0
Lungenerkrankung	2	1	1	1.0
Raucher	13	5	8	0.52

\bar{x} : Durchschnitt, SD: Standardabweichung, AHT: arterielle Hypertonie, KHK: koronare Herzkrankheit,
DM: Diabetes Mellitus, NI: Niereninsuffizienz, HE: Hemibogensatz, LHE: limitierter Hemibogensatz

Tabelle 1: Demographie und Komorbiditäten

Pathologie	Gesamt n=47	HE Zone I n=23	LHE Zone II n=24	p=
Dissektion	22	9	13	0.38
TAA	16	11	5	0.07
TAAA	5	2	3	1.0
TAT	4	1	3	0.61
Symptomatik	15	8	7	0.76
Ruptur	9	2	7	0.14
Aneurysmadurchmesser \emptyset in cm (\pm SD)	6,1 (\pm 3,1)	6,6 (\pm 2,9)	5,6 (\pm 3,3)	1.0
viszeraler Hybrid	9	3	6	0.46

\emptyset : Durchschnitt, SD: Standardabweichung, TAA: Thorakales Aortenaneurysma, TAAA: Thorakoabdominelles Aortenaneurysma, TAT: Traumatische Aortentranssektion, HE: Hemibogenersatz, LHE: limitierter Hemibogenersatz

Tabelle 2: Pathologien

Neun Patienten (9/47= 19,1 %) wiesen bei ausgedehnter Aortenerkrankung auch einen bestehenden viszeralen Hybrid auf. Sechs (6/47= 12,8 %, TAAA/Typ B-Dissektion) davon in der Zone II- und 3 (3/47= 6,4 %) in der Zone I-Gruppe.

Fünf (5/47= 10,6 %) Patienten waren bereits einem vorherigen Ao. ascendens-Ersatz unterzogen worden.

Durchschnittlich wurden 2 Stents pro Patient implantiert (Range: 1-4). Zur Verwendung kamen thorakale Stentgraft-Systeme der Firmen Medtronic (n=56, Talent/Valiant), Gore (n=20, TAG/CTAG), Cook (n=13, TX2) und Bolton (n=1, Relay).

Im Bezug auf die Anzahl und Art der verwendeten Endografts zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

OP-Daten	Gesamt n=47	HE Zone I n=23	LHE Zone II n=24	p=
Einzeitig	29	17	12	0.14
Stentgraft-Anzahl \bar{x} (\pm SD)	2 (\pm 1,4)	2 (\pm 1,0)	2 (\pm 1,7)	1.0

\bar{x} : Durchschnitt, SD: Standardabweichung, HE: Hemibogenersatz, LHE: limitierter Hemibogenersatz

Tabelle 3: Operative Daten

3.2 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse

3.2.1 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse – Gesamt

Die Gesamt-30d-Letalität der 47 Patienten in der Untersuchung betrug 12,8 % (n=6; 6/47).

Vier Patienten (4/47= 8,5 %) verstarben aufgrund eines postoperativen Multiorganversagens. Dreimal (3/47= 6,4 %) bei kardiopulmonaler Dekompensation, einmal im Rahmen einer Sepsis (1/47= 2,1 %). Ein weiterer Patient starb bei respiratorischer Insuffizienz im Rahmen der intensivmedizinischen Nachbehandlung. Bei der sechsten Patientin kam es zu einer letalen zerebralen Ischämie bei einem 30d-Revisionseingriff bei Typ Ia EL. Ein Patient verstarb nach 32 Tagen bei pulmonaler Insuffizienzsituation im Rahmen der postoperativ notwendigen Langzeitbeatmung. Die intrahospitale Letalitätsrate lag damit insgesamt bei 14,9 % (n=7; 7/47).

Die Gesamt-30d-Morbidität betrug 57,4 % (n=27; 27/47), wobei die Rate an gefäßchirurgischen beziehungsweise prozedurspezifischen Komplikationen (EL, neurologische Komplikation, supraaortale Rekonstruktion, Zugangswege, Komplikationen der Intensivbehandlung) 46,8 % (n=22; 22/47) betrug.

Die primäre Typ Ia Endoleckagerate lag bei 19,1% (n=9; 9/47).

Primär technischer Erfolg wurde somit in 81% der Fälle (n=38; 38/47) erreicht.

Die aufgetretenen Endoleckagen verteilten sich auf 3 Typ B-Dissektionen, 3 TAA, 2 TAAA, sowie einem Patienten mit TAT. Sechs der Patienten mit primärem Typ Ia Endoleck wurden aufgrund des reduzierten Allgemeinzustandes nach der Hybridprozedur nicht primär therapiert.

Insgesamt wurden 29,8 % (n=14; 14/47) der Patienten einer 30d-Reoperation unterzogen. Diese sind im Detail den Vergleichsgruppen-Ergebnissen zu entnehmen.

Die perioperative neurologische Komplikationsrate lag bei 12,8 % (n=6; 6/47). Einen Schlaganfall erlitten 10,6 % (n=5; 5/47), wird die oben genannte letale zerebrale Ischämie während der 30d-Reoperation hier subsumiert.

Bei einem Patienten (1/47= 2,1 %) mit Typ B-Dissektion kam es zu einer spinalen Ischämie im 30d-Intervall, bei langer Überstentungsstecke der Ao. descendens.

Komplikationen der supraaortalen Rekonstruktionen wurden in 8,5 % (n=4; 4/47) beobachtet.

Insgesamt waren 51 % (n=24; 24/47) der Patienten Notfälle (Symptomatik/gedeckte Ruptur).

Bei Entlassung zeigten sich alle supraaortalen Rekonstruktionen offen.

Studienendpunkt	Gesamt n=47	%
30d Letalität	6	12,8
In-hospital Letalität	7	14,9
30d Typ Ia EL	9	19,1
30d Spinale Ischämie	1	2,1
30d Apoplex	5* ¹	10,6
primär technischer Erfolg	38	80,9
30d Reoperation	14	29,8

30d: 30-Tage, EL: Endoleck;

*¹ 1 als Komplikation der Reoperation

Tabelle 4: 30d-Ergebnisse Gesamt

Typ Endoleck	Gesamt n=47	%
30d EL Gesamt	14	29,8
30d EL Typ Ia	9	19,1
30d EL Typ Ib	3	6,4
30d EL Typ II	2	4,3

30d: 30-Tage, EL: Endoleck

Tabelle 5: 30d-Endoleckagen Gesamt

3.2.2 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse – Zone I

Die 23 behandelten Patienten mit Landezone I wurden mit 69,6 % (n=16; 16/23) primärem technischen Erfolg versorgt.

Davon in 17 Fällen (17/23= 73,9 %) einzeitig und 6 (6/23= 26,1 %) zweizeitig. Die 30d-Letalität in der Zone I lag bei 8,7 % (n=2; 2/23).

Ursächlich hierfür war im ersten (1/23= 4,3 %) Fall ein MOV aufgrund einer postoperativen kardiopulmonalen Dekompensation einer Patientin. Diese wies zudem noch ein primäres Typ Ia Endoleck auf. Der zweite Patient wurde bei gedeckter Ruptur initial notfallmäßig versorgt, entwickelte postoperativ eine asymptomatische Chimneystenose, musste im weiteren Verlauf tracheotomiert werden und verstarb bei respiratorischer Insuffizienzsituation. Ein dritter Patient verstarb 32 Tage nach der Hybrid-Operation bei pulmonaler Erschöpfung im Rahmen der Langzeitbeatmung. Zuvor war bei diesem Patienten noch eine Reoperation bei Frühinfektion eines iliaco-femorale-Bypasses bei pAVK notwendig. Die intrahospitale Letalität lag damit bei 13 % (n=3; 3/23).

Unter den Zone I-Patienten lag die 30d-Morbidität bei 60,9 % (n= 14; 14/23), prozedurspezifisch waren hierbei 52,2 % (n=12; 12/23).

Fast die Hälfte der Patienten (n=10) dieser Gruppe entwickelte eine primäre Endoleckage (Typ Ia, Ib, II).

Davon waren sieben (7/23= 30,4 %) primäre Typ Ia EL.

Eine der EL vom Typ Ia konnte mittels proximaler Stentgraftverlängerung saniert werden. Ein weiterer Patient mit prim. Typ Ia EL verstarb vor Revisionsmöglichkeit, bei bereits genannter postoperativer kardiopulmonaler Dekompensation. Die übrigen Patienten mit Leckagen wurden zunächst mittels CT-Bildgebung kontrolliert.

Insgesamt lag die neurologische Komplikationsrate der Zone I bei 13 % (n=3; 3/23). Es kam zu keiner spinalen Ischämie, allerdings drei apoplektischen Ereignissen. Einmal als subakuter ischämischer Schlaganfall ohne Residuen, einmal als hämorrhagischer Mediateilinfarkt mit Hemiparese und notwendiger neurologischer Rehabilitationsbehandlung. Der dritte Patient erlitt einen Mediateilinfarkt mit persistierender leichtgradiger Hemiparese.

Die Rate an Komplikationen der supraaortalen Rekonstruktion im 30d-Intervall lag ebenfalls bei 13 % (n=3; 3/23). Bei einem Patienten entstand intraoperativ eine Bypassstrome, die in der intraprozeduralen angiographischen Kontrolle detektiert und mittels sofortiger Thrombektomie korrigiert wurde. Der zweite Patient entwickelte, wie o. a., eine asymptomatische Chimneystenose, die lediglich im Kontroll-CT auffällig wurde und nicht therapiert wurde, da der Patient direkt postoperativ nicht operabel war. Der genannte Patient verstarb im weiteren Verlauf bei pulmonaler Insuffizienzsituation im Rahmen der Langzeitbeatmung. Eine intraoperativ entstandene Subclaviastumpfbildung konnte mittels direkter Übernähung beherrscht werden. Bei notwendiger Tracheotomie zur Langzeitbeatmung musste der cross-over-Bypass eines Patienten nach retroösophageal transponiert werden.

Drei Patienten (3/23= 13 %) dieser Gruppe entwickelten eine einseitige Stimmlippenparese.

Insgesamt wurde bei 34,8 % der Patienten (n=8; 8/23) eine Reoperation aufgrund von eingriffsassoziierten Morbiditäten durchgeführt.

Nur der bereits erwähnte und im Verlauf verstorbene Patient (1/23= 4,3 %) wurde initial notfällig versorgt.

Bei Entlassung zeigten sich alle Bypässe frei durchgängig.

Studienendpunkt	HE Zone I n=23	%
30d Letalität	2	8,7
In-hospital Letalität	3	13
30d Typ Ia EL	7	30,4
30d Spinale Ischämie	0	0
30d Apoplex	3	13
primär technischer Erfolg	16	69,6
30d Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	3	13
Offenheit supra-aortale Rekonstruktion (bei Entlassung)	23	100
30d Reoperation	8	34,8

HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck

Tabelle 6: 30d-Ergebnisse Zone I

Typ Endoleck	HE Zone I n=23	%
30d Gesamt EL	10	43,5
30d Typ Ia EL	7	30,4
30d Typ Ib EL	1	4,3
30d Typ II EL	2	8,7

HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck

Tabelle 7: 30d-Endoleckagen Zone I

30d Reoperation bei Typ Ia EL	HE Zone I n=23	%
30d Reoperation bei Typ Ia EL	1	4,3
30d Erfolgsrate Reoperation bei Typ Ia EL	1	100*

HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck;

*bezogen auf die eine durchgeführte Reoperation bei Typ Ia EL

Tabelle 8: 30d-Reoperation bei Typ Ia EL Zone I

3.2.3 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse – Zone II

Von den 24 Patienten der Zone II-Gruppe wurden 91,7 % (n=22; 22/24) mit primärem technischen Erfolg operiert.

Die Hälfte (n=12) davon durch eine einzeitige Operation.

Die 30d-Letalitätsrate lag in dieser Gruppe bei 16,7 % (n=4; 4/24).

Drei Patienten (3/24= 12,5 %) verstarben bedingt durch ein MOV. Davon zwei Patienten im Rahmen der postoperativen Intensivüberwachung nach dem Hybrid-Eingriff. Der dritte Patient verstarb nach mehreren Reoperationen, unter anderem nach Stentgraftverlängerung bei einem Endoleck Typ Ib. Die vierte Patientin erlitt eine letale zerebrale Ischämie im Rahmen einer Reoperation zur Ausschaltung einer Typ Ia EL am 28. postoperativen Tag.

Die Hälfte (n=2) der Verstorbenen waren bei gedeckter Aortenruptur primär notfällig versorgte Patienten. Insgesamt war ein Viertel (n=6) der initialen Operationen in dieser Gruppe Notfalleingriffe.

Die Morbiditätsrate innerhalb des 30-Tage-Intervalls betrug 54,2 % (n=13; 13/24). Mit dem gefäßchirurgischen Eingriff assoziiert waren 41,7 % (n=10; 10/24). Am häufigsten kam es hierbei in 16,7 % (n=4; 4/24) zu einer primären Endoleckage (Typ Ia/b). Es zeigten sich zwei (2/24= 8,3 %) primäre Typ Ia Endoleckagen.

Von diesen wurde ein EL versucht mittels Stentgraftverlängerung zu therapieren. Hierbei kam es zu oben genannten intraoperativen ischämischen Insult einer Patientin. Der Patient mit der zweiten Typ Ia Leckage wurde zunächst konservativ behandelt.

Insgesamt kam es bei 12,5 % (n= 3; 3/24) der Patienten dieser Gruppe zu einer neurologischen Komplikation im 30d-Intervall. Über das bereits erwähnte fatale apoplektische Ereignis während einer Reoperation hinaus kam es noch bei einem (1/24= 4,2 %) weiteren Patienten zu einem subakuten ischämischen Insult. Ein Patient (1/24= 4,2 %) entwickelte eine spinale Ischämie im Sinne von Parästhesien beider Beine, die jedoch nicht persistierten. Dieser war bei Typ B-Dissektion bereits abdominell mittels multiviszeraler Bypassanlage und thorakoabdominalem Stenting voroperiert. Die supraaortale Hybrid-TEVAR-Versorgung mit langer

Überstentungsstrecke der Ao. descendens wurde bei persistentem proximalen Typ Ia Endoleck des viszeralen Hybrids notwendig.

Bei Einfaltung des proximalen Stentendes und frustriertem interventionellen Sanierungsversuch wurde ein Patient zur erfolgreichen offenen Stentresektion an das Deutsche Herzzentrum München verlegt.

Ein Weiterer (1/24= 4,2 %) wies als Komplikation der supraaortalen Rekonstruktion bei klinischem Pulsdefizit des linken Armes eine postoperative Bypassstrombose auf. Diese wurde mittels over-the-wire-Thrombektomie revidiert.

Zwei der Untersuchten (2/24= 8,3 %) entwickelten ein postoperatives Nierenversagen. Einmal kontrastmittelinduziert, einmal als acute-on-chronic Nierenversagen bei Niereninsuffizienz. Beide Patienten waren jeweils intermittierend hämodialysepflichtig.

Insgesamt erfolgten sechs (6/24= 25 %) Reoperationen innerhalb des 30d-Intervalls.

Die supraaortalen Rekonstruktionen zeigten sich bei Entlassung alle offen.

Studienendpunkt	LHE Zone II n=24	%
30d Letalität	4	16,7
30d Typ Ia EL	2	8,3
30d Spinale Ischämie	1	4,2
30d Apoplex	2* ¹	8,3
primär technischer Erfolg	22	91,7
30d Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	1	4,2
Offenheit supra-aortale Rekonstruktion (bei Entlassung)	24	100
30d Reoperation	6	25

LHE: limitierter Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck

*¹ 1 als Komplikation der Reoperation

Tabelle 9: 30d-Ergebnisse Zone II

Typ Endoleck	LHE Zone II n=24	%
30d Gesamt EL	4	16,7
30d Typ Ia EL	2	8,3
30d Typ Ib EL	2	8,3

LHE: limitierter Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck

Tabelle 10: 30d-Endoleckagen Zone II

30d Reoperation bei Typ Ia EL	LHE Zone II n=24	%
30d Reoperation bei Typ Ia EL	1	4,2
30d Erfolgsrate Reoperation bei Typ Ia EL	0	0*

LHE: limitierter Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck;

*bezogen auf die Anzahl der durchgeführten Reoperationen bei Typ Ia EL

Tabelle 11: 30d-Reoperation bei Typ Ia EL Zone II

3.2.4 Perioperative und 30-Tage-Ergebnisse – Zone I vs. II

Im Vergleich der beiden Rekonstruktionsgruppen zeigt sich im perioperativen und 30d-Intervall mit 4 gegenüber 2 Fällen eine erhöhte Letalität für die Zone II gegenüber der Zone I (Zone I: $2/23= 8,7\%$ ggü. Zone II: $4/24= 16,7\%$, $p=0.67$). Allerdings wurden bei den Patienten der Zone II mit 6 ($6/24= 25\%$) gegenüber 1 ($1/23= 4,3\%$) der Zone I mehr Notfallversorgungen durchgeführt.

Postoperative Multiorganversagen und Insuffizienzsituationen waren in beiden Gruppen die führende Todesursache.

Bei der prozedurspezifischen Morbidität lag die Rate für die Patienten in der Zone II mit $41,7\%$ ($n=10$; $10/24$) niedriger als in der Zone I mit $52,2\%$ ($n=12$; $12/23$).

Häufigste Ursache waren in beiden Gruppen mit einer Gesamt-Rate von $19,1\%$ ($n=9$; $9/47$) primäre Endoleckagen vom Typ Ia. Mit 7 Fällen ($7/23= 30,4\%$) häufiger in der Zone I als in 2 Fällen ($2/24= 8,3\%$) in der Zone II ($p=0.07$).

Neurologische Komplikationen waren mit einer Gesamt-Rate von $12,8\%$ ($n=6$; $6/47$) für beide Gruppen mit jeweils 3 Fällen (Zone I: $3/23= 13\%$; Zone II: $3/24= 12,5\%$; $p=1.00$) gleich häufig. Eine transiente spinale Ischämie entwickelte nur einer der Zone II-Patienten. Dieser wies aufgrund eines vorbestehenden viszeralen Hybrids bereits eine lange überstentete Strecke der Ao. descendens auf. Perioperative Schlaganfälle wurden häufiger in der Zone I mit 13% ($n=3$; $3/23$) im Vergleich zu $8,3\%$ ($n=2$; $2/24$) in der Zone II beobachtet. In letztgenannter Gruppe jedoch mit oben geschilderten, letalen Verlauf einer Patientin während einer 30d-Reoperation zur Revision eines Typ Ia Endolecks.

Komplikationen der supraaortalen Rekonstruktionen zeigten sich mit 13% ($n=3$; $3/23$) gegenüber $4,2\%$ ($n=1$; $1/24$) häufiger bei den Patienten der Zone I-Gruppe.

Bei den Patienten der Zone I wurden mit $34,8\%$ ($n=8$; $8/23$) zu 25% ($n=6$; $6/24$) in der Zone II zudem mehr 30d-Reoperationen durchgeführt.

Die Offenheitsrate der supraaortalen Rekonstruktion bei Entlassung unterschied sich bei beiden Hybridformen mit jeweils 100% nicht.

Studienendpunkt	Gesamt n=47	HE Zone I n=23	LHE Zone II n=24	p=
30d Letalität	6	2	4	0.67
In-hospital Letalität	7	3	4	1.0
30d Typ Ia EL	9	7	2	0.07
30d Spinale Ischämie	1	0	1	1.0
30d Apoplex	5* ¹	3	2* ¹	0.67
30d Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	4	3	1	0.35
Offenheit supra-aortale Rekonstruktion (bei Entlassung)	47	23	24	1.0
30d Reoperation	14	8	6	0.53

LHE: limitierter Hemibogenersatz, HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck;

*¹ 1 als Komplikation der Reoperation

Tabelle 12: 30d-Vergleich Studienendpunkte Zone I vs. II

Endoleckage	Gesamt n=47	HE Zone I n=23	LHE Zone II n=24	p=
30d Gesamt EL	14	10	4	0.06
30d Typ Ia EL	9	7	2	0.07
30d Typ Ib EL	3	1	2	1.0
30d Typ II EL	2	2	0	0.23

LHE: limitierter Hemibogenersatz, HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endoleck

Tabelle 13: 30d-Vergleich Endoleckagen Zone I vs. II

30d Reoperation bei Typ Ia EL	Gesamt n=47	HE Zone I n=23	LHE Zone II n=24	P=
30d Reoperation bei Typ Ia EL	2	1	1	1.0
30d Erfolgsrate Reoperation Typ Ia EL	2	1	1	1.0

LHE: limitierter Hemibogenersatz, HE: Hemibogenersatz, 30d: 30-Tage, EL: Endleck

Tabelle 14: 30d-Vergleich 30d Reoperation Typ Ia EL Zone I vs. II

3.3 Follow-up Ergebnisse

3.3.1 Follow-up Ergebnisse – Gesamt

Von den initialen 47 Patienten konnten nach dem Versterben der 6 Patienten im 30d-Intervall 41 ($41/47 = 87,2\%$) Patienten nachbeobachtet werden. Die mediane Follow-up-Dauer lag bei 50,5 Monaten (Range 1 - 93 Monate). Die Letalitätsrate im FU lag bei $17,1\%$ ($n=7, 7/41$).

Vier ($4/41 = 9,8\%$) der Patienten verstarben innerhalb des ersten halben Jahres nach dem Hybrid-TEVAR-Eingriff. Zwei dieser Patienten in der Rehabilitationseinrichtung. Der erste Patient bei Critical-Illness-Polyneuropathie (CIP), der zweite Patient durch ein MOV bei Multimorbidität. Diese Patienten wiesen zudem ein persistentes Typ Ia Endoleck auf, welches jedoch nicht todesursächlich war. Der dritte Patient starb nach 3 Monaten bei Ruptur eines koinzidenten juxtarenalen Aneurysmas. Bei dem vierten Patienten kam es 5 Monate nach dem initialen Hybrid-Eingriff, im Rahmen der Anlage eines Ao. ascendens-Bypasses zur Revision eines persistierenden Endolecks Typ Ia, zu einer chirurgisch nicht kontrollierbaren Blutung.

Drei ($3/41 = 7,3\%$) Patienten starben im Verlauf aufgrund nicht mit dem Eingriff assoziierter Ursachen. Der erste Patient starb 13 Monate nach der Hybrid-Operation im protrahierten hypovolämischen Schock durch eine Nachblutung bei urologischer OP eines Nierentumors. Der zweite Patient verstarb bei unklarer Todesursache in einer Pflegeeinrichtung, 52 Monate nach der Hybrid-TEVAR-OP. Der dritte Patient verstarb mit primärem Typ Ia Endoleck ohne Therapie bei minimaler Aneurysmasackprogression, 93 Monate nach OP im Alter von 82 Jahren an einer Pneumonie im Altenheim. In der Nachbeobachtungsphase entwickelten $36,6\%$ ($n=15; 15/41$) der FU-Patienten prozedurspezifische Komplikationen. Die FU-Gesamt-Morbiditätsrate lag bei $41,5\%$ ($n=17; 17/41$).

Häufigste Ursache waren Endoleckagen (Typ Ia/b, II). Insgesamt wiesen $31,7\%$ ($n=13; 13/41$) der Patienten im FU ein Endoleck (Ia/b, II, persistent und sekundär) auf. Es traten 4 ($4/41 = 9,8\%$) sekundäre Endoleckagen vom Typ Ia auf. Bei 6 ($6/41 = 14,6\%$) der FU-Patienten fanden sich persistente primäre Typ Ia Endoleckagen.

Vier der oben genannten verstorbenen Patienten wiesen ein Typ Ia EL auf. Ein Patient verstarb, wie erwähnt, im Rahmen der Reoperation zur Revision der Leckage. Das Versterben der anderen drei Patienten stand nicht in Zusammenhang mit der bestehenden Leckage. Bis Ende des FU standen noch zwei ($2/41 = 4,9\%$) Patienten (FU-Dauer 4 und 66 Monate) mit persistierendem Typ Ia Endoleck unter Beobachtung.

Drei der vier genannten sekundären Typ Ia EL wurden mittels proximaler Stentverlängerung versucht zu therapieren. Zwei zeigten im Anschluss keinen Hinweis für eine weiter bestehende Leckage. Die übrigen beiden Patienten wurden bei weiterhin bestehenden sek. Typ Ia EL nachbeobachtet (FU-Dauer 57 und 58 Monate).

Weitere Schlaganfälle und spinale Ischämien wurden im Follow-up nicht beobachtet.

Zwei ($2/41 = 4,9\%$) der Patienten entwickelten einen Bypassverschluss. Bei einem Patienten zeigte sich ein asymptomatisches Subclavian-Steal-Phänomen ohne weitere Interventionsbedürftigkeit. Ein anderer Patient konnte bei diskreter Armheberschwäche mittels PTA nicht bis zur völligen Beschwerdefreiheit therapiert werden.

Studienendpunkt	Gesamt	
	n=41	%
Mediane FU-Dauer in Monaten (Range)	50,5 (1-93)	
FU Letalität	7	17,1
FU sekundäres Typ Ia EL	4	9,8
FU Spinale Ischämie	0	0
FU Apoplex	0	0
FU Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	2	4,9
FU Reoperation	8	19,5

FU: Follow-up, EL: Endoleck

Tabelle 15: Follow-up Studienendpunkte Gesamt

sekundäre EL	Gesamt	
	n=41	%
Gesamt	7	17,1
Typ Ia	4	9,8
Typ Ib	2	4,9
Typ II	1	2,4

EL: Endoleck

Tabelle 16: Follow-up sekundäre Endoleckagerate Gesamt

persistente EL	Gesamt n=41	%
Typ Ia	6	14,6

EL: Endoleck

Tabelle 17: Follow-up persistente Typ Ia-Endoleckagen Gesamt

3.3.2 Follow-up Ergebnisse – Zone I

In der Zone I-Gruppe lag die Letalität der verbliebenen 21 Patienten im Follow-up bei 23,8 % (n=5; 5/21).

Zwei Patienten (2/21= 9,5 %) verstarben innerhalb der ersten sechs Monate im Rahmen der Rehabilitation nach der Hybrid-TEVAR-Operation. Davon starb der erste Patient nach einem Monat im MOV bei Multimorbidität. Der zweite Patient verstarb 6 Monate nach Intervention durch eine prolongierte und komplizierte Intensivzeit mit Critical-Illness-Polyneuropathie. Beide Patienten wiesen bis zu ihrem Tod ein Typ Ia Endoleck auf, welches jedoch nicht todesursächlich war.

Drei Patienten (3/21= 14,3 %) verstarben unabhängig vom Primäreingriff. Der erste Patient nach 13 Monaten im protrahierten hypovolämischen Schock im Rahmen der Nachblutung bei einer Nierentumor-Operation. Der zweite Patient starb nach 3 Monaten bei rupturiertem, juxtarenalen Aneurysma. Der dritte Patient erlag laut Hausarzt nach 93 Monaten im Alter von 82 Jahren einer Pneumonie im Altenheim. Dieser Patient wies bis zu seinem Tod ein Typ Ia Endoleck auf, welches bei geringer Aneurysmaprogrezienz und Symptombefreiheit konservativ behandelt wurde. Die Gesamt-Morbiditätsrate der Zone I-Gruppe im Follow-up lag bei 42,9 % (n=9; 9/21), prozedurspezifisch bei 38,1 % (n=8; 8/21).

Erneut waren Endoleckagen die häufigste Ursache. Insgesamt wiesen 42,9 % (n=9; 9/21) der Patienten im Verlauf des FU ein EL auf (Typ Ia/b sek., pers., 1 pers. bei abdominellem Hybrid). Davon zwei (2/21= 9,5 %) sek. Typ Ia, sowie 5 (5/21= 23,8 %; 1 bei abd. Hybrid) pers. Typ Ia EL. Alle vier (4/21= 19 %) Reoperationen im Bereich der thorakalen Aorta dieser Gruppe (davon 1, bei pers. Ia EL bei abd. Hybrid) dienten dem Überstenten von aufgetretenen Endoleckagen. Beide sekundäre, sowie ein persistentes Typ Ia EL wurden mittels Stentverlängerung versucht zu sanieren. Nur eine der sek. EL konnte damit ausgeschalten werden. Ein unbehandeltes und zunächst beobachtetes persistentes Typ Ia EL zeigte eine leichte Größenprogredienz des Aneurysmas im Verlauf. In Zusammenschau der Gesamtkonstitution des Patienten entschloss man sich quoad vitam gegen

eine erneute Intervention. Der Patient verstarb, wie bereits erwähnt, im Altenheim an einer Pneumonie.

Zwei der persistenten Typ Ia Leckagen verschwanden spontan. Der Patient mit persistierender Ia Endoleckage bei abd. Hybrid konnte, wie bereits erwähnt, auch durch eine nochmalige Stentverlängerung nicht saniert werden und wurde zunächst weiter kontrolliert. Der vierte Patient mit pers. Ia EL wurde zunächst ohne weitere Progression mit CT-Kontrollen beobachtet und konservativ behandelt. Der fünfte Patient mit pers. EL zeigte bereits genannten Verlauf, mit dem Versterben des Patienten nach 93 Monaten im Altenheim.

Insgesamt entwickelten fünf Patienten eine Größenprogredienz des Aneurysmas ($5/21 = 23,8\%$). Allen lag dabei eine Endoleckage zugrunde. Eine Ruptur wurde hierbei nicht beobachtet.

Es kam im Follow-up in dieser Gruppe zu keiner zusätzlichen neurologischen Komplikation.

Alle supraaortalen Rekonstruktionen der Zone I zeigten sich im Follow-up offen.

Studienendpunkt FU	HE Zone I n=21	%
FU Letalität	5	23,8
FU sekundäres Typ Ia EL	2	9,5
FU Spinale Ischämie	0	0
FU Apoplex	0	0
FU Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	0	0
FU Reoperation	4	19

HE: Hemibogenersatz, FU: Follow-up, EL: Endoleck

Tabelle 18: Follow-up Studienendpunkte Zone I

sekundäre EL	HE Zone I n=21	%
Gesamt	4	19
Typ Ia	2	9,5
Typ Ib	2	9,5

HE: Hemibogenersatz, EL: Endoleck

Tabelle 19: Follow-up sekundäre Endoleckagen Zone I

persistente EL	HE Zone I n=21	%
Typ Ia	5*	23,8

HE: Hemibogenersatz, EL: Endoleck;

*1 davon bei abdominellem Hybrid

Tabelle 20: Follow-up persistente Typ Ia Endoleckagen Zone I

FU Reoperation bei sekundärem Typ Ia EL	HE Zone I n=21	%
Ia	2	9,5
Erfolg	1	50*

HE: Hemibogenersatz, FU: Follow-up, EL: Endoleck;

*bezogen auf die zwei durchgeführten Reoperationen bei sek. Typ Ia EL

Tabelle 21: Follow-up FU Reoperation bei sekundärem Typ Ia EL Zone I

Aneurysmaprogression bei Typ Ia EL	HE Zone I n=21	%
ohne Operation	1	100*
mit Reoperation	0	0*

HE: Hemibogenersatz, EL: Endoleck;

*bezogen auf die durchgeführten Operationen bei Aneurysmaprogression

Tabelle 22: Follow-up Aneurysmaprogression bei Typ Ia EL Zone I

3.3.3 Follow-up Ergebnisse – Zone II

Die Letalität der 20 FU-Patienten der Zone II lag bei 10 % (n=2; 2/20). Todesursache war im Fall des ersten Patienten eine chirurgisch nicht kontrollierbare Blutung im Rahmen der Anlage eines Ao. ascendens-Bypasses, 5 Monate nach dem Hybrid-TEVAR. Grund für die Operation war die Persistenz eines primären Endolecks vom Typ Ia bis in das Follow-up. Der zweite Patient verstarb laut Hausarztbericht aufgrund unklarer Ursache 52 Monate nach der Hybrid-Operation, am ehesten bei kardiopulmonaler Dekompensation im Pflegeheim. Derselbe Patient wurde zuvor nach 29 Monaten im FU bei Endoprotheseninfektion und begleitendem Typ Ia EL dem erfolgreichen offenen Bogenersatz im Deutschen Herzzentrum München zugeführt.

Die FU-Gesamt-Morbiditätsrate der Zone II-Gruppe lag bei 40 % (n=8; 8/20), prozedurspezifisch bei 35 % (n=7; 7/20).

Ursächlich waren auch in der Zone II am häufigsten Endoleckagen in 6 Fällen (6/20= 30 %; Ia, II pers., sek., tert.). Führend waren sekundäre Typ Ia EL in zwei Fällen (respektive drei, da das i. R. des Endoprotheseninfekts entstandene Ia EL hier nicht subsummiert wird; entsprechend 2/20= 10 %, bzw. 3/20= 15 %). Es persistierte eine primäre Typ Ia Endoleckage aus dem 30d-Intervall mit oben geschildertem letalen Verlauf. Von den Betroffenen wurde eine Patientin mittels proximaler Stentverlängerung erfolgreich therapiert. Die Zweite wurde mittels CT-Untersuchungen nachkontrolliert und zeigte bis zum Ende des Follow-up über 56 Monate hinweg keine Aneurysmasackprogredienz.

Schlaganfälle und spinale Ischämien traten im Follow-up bei den Zone II-Patienten nicht auf. Allerdings zeigte eine Patientin (1/20= 5 %) neben einem zuvor genannten sek. Typ Ia EL, eine transiente Parese des linken Armes, die sich im weiteren Verlauf jedoch ohne Residuen spontan zurückbildete. Die Komplikationsrate der supraaortalen Rekonstruktionen lag bei 10 % (n=2; 2/20). Dabei entwickelte eine Patientin eine Stenose des Subclavia-Bypasses mit diskreter Armheberschwäche. Eine weitere Patientin erlitt ein sonografisch detektiertes Bild eines subclavian-steal-Phänomens bei asymptomatischem Bypassverschluss. Im ersten Fall verlief eine PTA zur

Rekanalisierung frustran, sodass eine konservative Therapie mit zufriedenstellendem Ergebnis eingeleitet wurde. Bei der zweiten Patientin sah man im Konsens mit dieser bei fehlender Symptomatik von einer erneuten Intervention ab. Ein Patient entwickelte ein inzidentelles Aneurysma der Arteria carotis interna, das mittels Stenting therapiert wurde.

Eine Patientin wies eine diskrete Aneurysmaprogressions auf, welche ohne Hinweis auf Endoleckage zunächst mittels CT-Kontrollen bis Ende des FU ohne Komplikation weiter beobachtet wurde.

Insgesamt wurden 4 (4/20= 20 %) FU-Reoperationen in der Zone II-Gruppe durchgeführt, davon die Hälfte zur Endoleckage-Revision.

Studienendpunkt FU	LHE Zone II n=20	%
FU Letalität	2	10
FU sekundäres Typ Ia EL	2	10
FU Spinale Ischämie	0	0
FU Apoplex	0	0
FU Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	2	10
FU Reoperation	4	20

LHE: limitierter Hemibogenersatz, FU: Follow-up, EL: Endoleck

Tabelle 23: Follow-up Studienendpunkte Zone II

sekundäre EL	LHE Zone II n=20	%
Gesamt	3*	15
Typ Ia	2*	10
Typ II	1	5

LHE: limitierter Hemibogenersatz, EL: Endoleck;

* ohne das i. R. des Protheseninfekts entstandene EL

Tabelle 24: Follow-up sekundäre Endoleckagen Zone II

persistente EL	LHE Zone II n=20	%
Typ Ia	1	5

LHE: limitierter Hemibogenersatz, EL: Endoleck

Tabelle 25: Follow-up persistente Typ Ia Endoleckagen Zone II

FU Reoperation bei sekundärem Typ Ia EL	LHE Zone II n=20	%
Ia	2* ¹	10
Erfolg	2	100* ²

LHE: limitierter Hemibogenersatz, FU: Follow-up, EL: Endoleck;

*¹ als Bogenersatz im Deutschen Herzzentrum München;

*² bezogen auf die zwei durchgeführten Reoperationen bei sek. Typ Ia EL

Tabelle 26: Follow-up Reoperation bei sekundärem Typ Ia EL Zone II

Aneurysmaprogression bei Typ Ia EL	LHE Zone II n=20	%
ohne Operation	0	0*
mit Reoperation	1	50*

LHE: limitierter Hemibogenersatz, EL: Endoleck;

*bezogen auf die durchgeführten Operationen bei Aneurysmaprogression

Tabelle 27: Follow-up Aneurysmaprogression bei Typ Ia EL Zone II

3.3.4 Follow-up Ergebnisse – Zone I vs. II

Im Follow-up war die Letalität in der Zone I mit 23,8 % (n=5; 5/21) höher als in der Zone II mit 10 % (n=2; 2/20; p=0.41).

Die eingriffsspezifische Morbidität lag in der Zone I-Gruppe mit 38,1 % (n=8; 8/21) über den 35 % (n=7; 7/20) der Zone II-Patienten.

Erneut waren hierfür in beiden Gruppen mit einer FU-Gesamt-Rate von 36,6 % (n=15; 15/41) hauptsächlich Endoleckagen (Ia/b,II sekundär, persistent, tertiär) verantwortlich. Mit einer FU-Rate von 9,8 % (n=4; 4/41) an sekundären Endoleckagen vom Typ Ia, kam es in beiden Gruppen mit jeweils 2 Fällen (Zone I: 2/21= 9,5 % vs. Zone II: 2/20= 10 %, p=1.00) zu einem gleich häufigen Auftreten.

Zu neurologischen Ereignissen (Apoplex, SCI) kam es im FU in keiner der beiden Vergleichsgruppen.

Komplikationen der supraaortalen Rekonstruktion wurden bei zwei (2/20= 10 %) Patienten der Zone II detektiert.

Eine FU-Reoperation musste in 19,5 % (n=8; 8/41) durchgeführt werden. Die Anzahl der FU-Reoperationen war mit jeweils 4 (Zone I: 4/21= 19 % vs. Zone II: 4/20= 20 %, p=1.00) für beide Gruppen gleich. Fünf der acht Reoperationen erfolgten aufgrund von sekundären Endoleckagen.

Studienendpunkt	Gesamt n=41	HE Zone I n=21	LHE Zone II n=20	p=
FU Letalität	7	5	2	0.41
Dauer FU \varnothing in Monaten (\pm SD)	47 (\pm 29,6)	36 (\pm 32,8)	52 (\pm 26,4)	0.35
FU sekundäres Typ Ia EL	4	2	2	1.0
FU Spinale Ischämie	0	0	0	1.0
FU Apoplex	0	0	0	1.0
FU Komplikation supra-aortale Rekonstruktion	2	0	2	0.23
FU Reoperation	8	4	4	1.0

LHE: limitierter Hemibogenersatz, HE: Hemibogenersatz, FU: Follow-up, \varnothing : Durchschnitt, SD: Standardabweichung, EL: Endoleck

Tabelle 28: FU-Vergleich Zone I vs. II 1

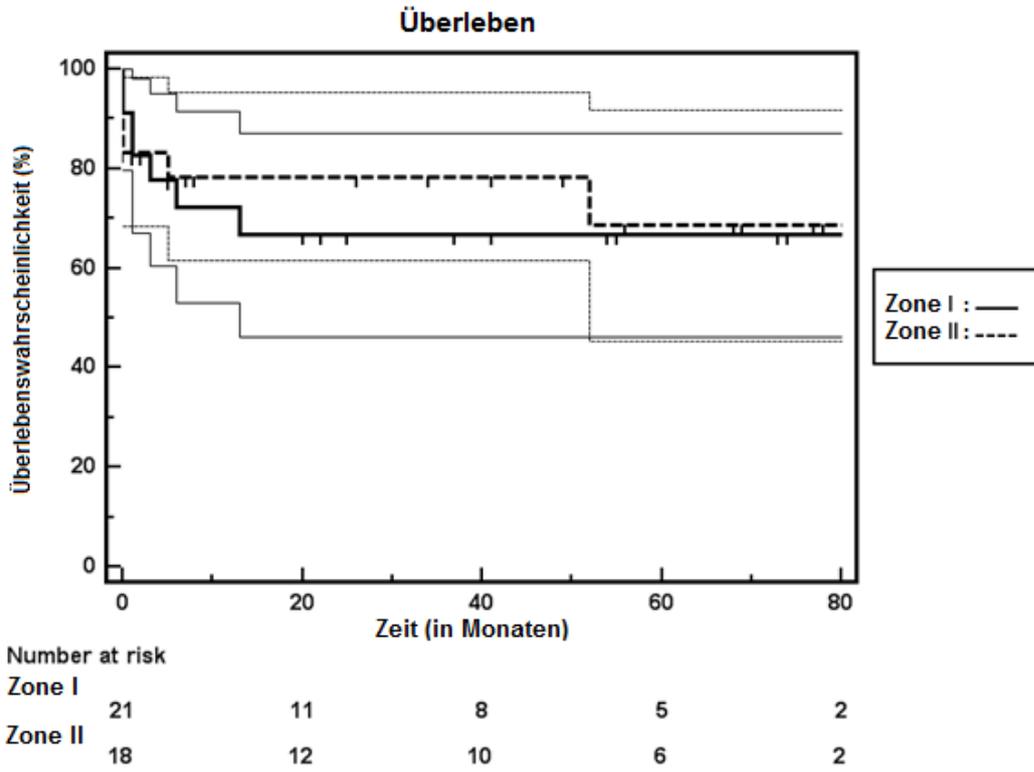


Abb. 7: Kaplan-Meier-Kurve: Gesamtüberleben Zone I vs. II

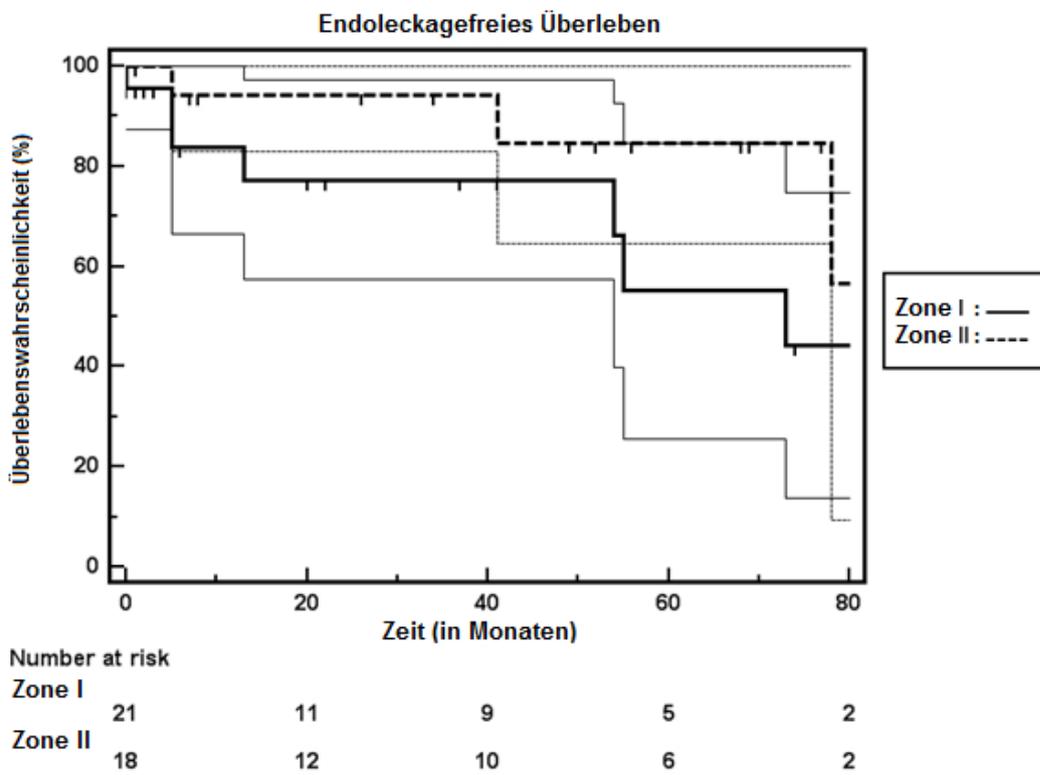


Abb. 8: Kaplan-Meier-Kurve: Endoleckagefreies Überleben Zone I vs. II

FU Reoperation bei sekundärem Typ Ia EL	Gesamt n=41	HE Zone I n=21	LHE Zone II n=20	p=
Ia	4*	2	2*	1.0
Erfolg	3	1	2	1.0

LHE: limitierter Hemibogenersatz, HE: Hemibogenersatz, FU: Follow-up, EL: Endoleck

* 1 als Bogenersatz am Deutschen Herzzentrum München

Tabelle 29: FU-Vergleich Zone I vs. II 2

4. Diskussion

Ein relevanter Anteil von Patienten mit Aortenbogenpathologien gilt aufgrund von bestehenden Komorbiditäten oder aortalen/herzchirurgischen Voroperationen als ungeeignet für den Standardeingriff mit offenem Aortenbogenersatz unter Anwendung der Herz-Lungen-Maschine. Mit Einführung der Hybrid-Technik als Kombination aus limitierter offener Operation und einem endovaskulären Verfahren kann diesen Patienten ein alternatives Behandlungskonzept angeboten werden [45, 46].

Die Wahl der Rekonstruktion hängt hierbei sowohl von der Morphologie, als auch der Ausdehnung der Pathologie im Aortenbogen ab.

Auch Jahre nach der ersten Hybrid-Versorgung durch Buth [13] besteht immer noch Uneinigkeit über die am besten geeignete Rekonstruktionsform, mit dem Ziel die Eingriffsgröße zu minimieren und einen maximalen, langfristigen Therapieerfolg zu garantieren [47, 48].

Mittlerweile liegen eine relevante Anzahl von Single-Center-Studien, Metaanalysen und systematischen Reviews mit kurz- und mittelfristigen Ergebnissen und Erfahrungen zum Hybrid-Verfahren vor. Es finden sich in der Literatur jedoch nur wenige Langzeitdaten zum Thema [36, 46, 49-55]. In den bisherigen Analysen zeigt sich, dass der komplette Bogenersatz mit Landezone 0 zwar technisch effektiv ist, jedoch eine fast doppelt so hohe Letalität im Vergleich zum Zone I-Ersatz [36, 46, 53, 56] aufweist. Andererseits findet sich für Zone I/II-Rekonstruktionen eine erhöhte Rate an technischem Misserfolg, vor allem aufgrund des Auftretens von primären Typ Ia Endoleckagen [14, 53, 55, 57, 58]. Die genannten Publikationen vergleichen für das Hybrid-Verfahren im Aortenbogen allerdings meist Ergebnisse der Zone 0 mit I. Da Ergebnisse zur Zone II häufig von der Analyse ausgeschlossen wurden, stehen diesbezüglich aktuell nur limitierte Daten gegenüber den ausgedehnteren Rekonstruktionen im kurz- und langfristigen Verlauf zur Verfügung [14, 36, 55, 56, 59, 60].

Die 30d-Gesamt-Letalität unseres Patientenguts ist mit 12,8 % vergleichbar mit aktuellen Ergebnissen für das Hybrid-TEVAR-Verfahren im Aortenbogen aus der Literatur [22, 53, 55]. Zwar finden sich in anderen Arbeiten auch niedrigere Letalitätsraten [22, 36, 48, 50-52, 61-64], jedoch gilt dabei die

Heterogenität der Patientenauswahl in den unterschiedlichen Studien zu beachten. Beispielsweise wurden in anderen Untersuchungen keine Notfall Eingriffe eingeschlossen [65]. Demgegenüber präsentierten sich in unserer Analyse mit 51 % die Hälfte der Patienten notfällig, das heißt symptomatisch beziehungsweise mit gedeckter Ruptur. Es finden sich zudem selten einheitliche, vergleichbare Risikostratifizierungssysteme (z. B. EuroSCORE II) [35]. Dadurch wird ein direkter Ergebnisvergleich unterschiedlicher Untersuchungsgruppen für das oft nur als „Hochrisikopatienten“ oder „ungeeignet für den konventionellen Aortenersatz“ klassifizierte Patientengut, erschwert [35].

Sowohl in der Vorliegenden (8,5 %), als auch in anderen Arbeiten [14, 48, 66, 67] war die häufigste Ursache der perioperativen Sterblichkeit ein postoperatives Multiorganversagen als Folge der Erkrankungsschwere in Kombination mit relevanten Komorbiditäten.

Mit Fokus auf die Rekonstruktionsgruppen zeigte sich keine signifikant unterschiedliche 30d-Letalität der Zone I gegenüber der Zone II. Die relativ erhöhte 30d-Letalität der Zone II zur Zone I (Zone I: 8,7 % vs. Zone II: 16,7 %; $p=0.67$) ist zunächst unklar, da keine Unterschiede in Bezug auf Demographie oder Pathologien in den einzelnen Gruppen bestanden. Allerdings wurden in der Zone II-Gruppe sechsmal mehr Notfallversorgungen durchgeführt und 50 % der dort verstorbenen Patienten wurden im Stadium der Ruptur versorgt. Bereits in anderen Studien [47] wurden Notfallprozeduren (sowie auch ein Alter über 75 Jahre) als unabhängige Variable für eine erhöhte Frühsterblichkeit detektiert.

Das oben beschriebene zweizeitige operative Vorgehen bietet den Vorteil einer verkürzten Operationszeit und dadurch einer geringeren kardiopulmonalen Belastung des Patienten. Ein simultanes, hier favorisiertes Vorgehen ist dagegen notwendig bei dringlicher oder Notfallindikation (Symptomatik/gedeckte Ruptur), die per Definition mit einem erhöhten Risiko für die Patienten verbunden ist. Dies war auch in anderen Untersuchungen [48] zu beobachten.

In unserer Untersuchung fand sich keine statistisch signifikante höhere 30d-Letalität der einzeitig gegenüber den zweizeitig versorgten Patienten (einzeitig: 13,8 % vs. zweizeitig: 11,1 %, $p=1.00$).

Im Vergleich zu Hybrid-Verfahren zeigt die konventionell offene Operation als Methode der Wahl für geeignete Patienten, in „Daten für den konventionellen kompletten Aortenbogensersatz mit hypothermer extrakorporaler Zirkulation“ [16], eine frühe Letalität von 8,5–25,2 % [16, 68-71] bei elektiven Eingriffen. Bei Notfallprozeduren steigt die Letalität relevant auf bis zu 53,3 % [16, 71]. Häufige Todesursachen sind dabei trotz Verbesserungen im perioperativen Management (Operation im hypothermen Kreislaufstillstand, selektiver antegrader Hirnperfusion) neurologische Komplikationen mit Schlaganfallraten bis zu 12 % [72-78].

In Anbetracht des selektierten Patientenguts (Komorbiditäten, Voroperationen) ist daher das Hybrid-Verfahren für Patienten, die für eine konventionelle Versorgung ungeeignet sind, eine Therapieoption [19] mit ausreichend gutem Behandlungserfolg.

Auch in der vorliegenden Arbeit waren alle Patienten aufgrund von Voroperationen oder Nebenerkrankungen für ein offenes Verfahren mit extrakorporaler Zirkulation nicht geeignet oder mussten notfalls versorgt werden.

Die FU-Letalität von 17,1 % der nachbeobachteten 41 Patienten (bzw. 14,9 % bezogen auf die Gesamtheit aller 47 Patienten) entspricht den Raten vergleichbarer Untersuchungen [16, 33, 67].

Für den konventionellen Aortenersatz finden sich Gesamt-FU-Letalitätsraten bis zu 20 % [72, 74-77, 79, 80]. Die Arbeit von Iba et al. [35] aus dem Jahr 2014 mit einer Analyse von jeweils 35 gematchten Patienten fand keine signifikanten Früh- und Spätletalitätsunterschiede zwischen konventionell offen und hybrid-versorgten Patienten beim thorakalen, nicht-dissezierten Aortenaneurysma. Die Untersuchung von Milewski et al. [19] zeigte eine Erhöhung der intrahospitalen Letalität von 9 % auf 36 % bei den über 75-jährigen, konventionell offen operierten Patienten. Im Gegensatz dazu fanden sich für das endovaskuläre Verfahren Zahlen von 14 % (<75 Jahre) und 8 % (>75 Jahre).

Die Hälfte der im FU verstorbenen Patienten unseres Kollektivs starb an noch mit dem Eingriff assoziierten Erkrankungen oder in der Nachbehandlung. Auch hierbei war der Verlauf meist durch die bestehenden

und limitierenden, am häufigsten kardiopulmonalen, Vor- und Nebenerkrankungen beeinflusst.

Im Vergleich der beiden Rekonstruktionsgruppen fand sich im Gegensatz zur 30d-Letalität ein umgekehrtes Verhältnis im Follow-up.

Bei einer Gesamt-FU-Letalität von 17,1 % der 41 FU-Patienten war diese in der Zone I höher als in der Zone II (Zone I: 23,8 % vs Zone II: 10 %; $p=0.41$; bezogen auf die Gesamtheit aller 47 Patienten Zone I: 10,6 % vs. Zone II: 4,3 %). Bei einem Gesamtüberleben von über 70 % nach über vier Jahren (vgl. Abb. 7, Seite 55), zeigte sich ein leichter Vorteil für die Patienten der Zone II. Wie bereits im perioperativen Intervall und anderen Kollektiven [36] war diese Beobachtung jedoch nicht statistisch signifikant.

Auch im Langzeitverlauf zeigt sich das Hybrid-Verfahren als adäquate Therapieoption für das betroffene Patientengut. Der weitere Verlauf der Patienten wird allerdings durch die Komorbiditäten und Voroperationen limitiert, die bereits initial ausschlaggebend für eine Hybrid-Versorgung waren.

Typ Ia Endoleckagen stellen auch in unserer Analyse die „Achillesferse“ [14] des endovaskulären Hybrid-Verfahrens im Aortenbogen dar.

Mit 19,1 % entwickelte fast jeder fünfte Patient ein primäres Typ Ia Endoleck im 30d-Intervall. Ergebnisse anderer Studien zeigten prozentuale Anteile von 0 % bis 25 % [62, 63, 66, 81, 82]. Dabei sind jedoch häufig auch Typ II EL-Typen subsumiert und eine genauere Differenzierung erfolgt selten, wie bei der Londoner Gruppe um Lotfi [55]. In deren Untersuchung zeigte sich eine primäre Typ Ia EL-Rate von 11,8 % [55].

Die vorliegende Arbeit nahm explizit Typ Ib und Typ III Endoleckagen von der Analyse aus. Dies wird dadurch begründet, dass 47 % der Patienten eine Dissektion, sowie 19 % bereits einen bestehenden viszeralen Hybrid aufwiesen. Ein Typ Ib EL (Leckage der distalen Verankerungszone) wird bei einer Dissektion nicht als technischer Misserfolg gewertet und eine Typ III Leckage fand sich fast nur bei bereits abdominell mittels Hybrid-Verfahren voroperierten Patienten und stellt daher keine rein verfahrenstypische Komplikation des supraaortalen Hybrid-TEVAR dar.

Insgesamt scheint uns das Auftreten von Typ Ia Endoleckagen bei Hybrid-Operationen im Aortenbogen in der Literatur eher unterbewertet [58].

Die besondere Anatomie mit im Extremfall gotischer Form und der dreidimensionalen Bewegung des Aortenbogens unter variabel hohen Druckverhältnissen stellt höchste Anforderungen an die Planung, die interventionelle Platzierung und die Flexibilität/Compliance einer Endoprothese [53, 55, 56]. Für das hochselektionierte Krankengut mit veränderten und degenerierten Bogenmorphologien wird das Auftreten einer insuffizienten proximalen Abdichtung daher zunehmend wahrscheinlicher. Zumal die bis dato verwendeten Graft-Systeme nicht primär für diesen hochdynamischen, gekrümmten Abschnitt der Aorta konzipiert wurden. Als alleinige Erklärung für die erhöhte Typ Ia EL-Rate unseres Kollektivs scheint dies allerdings nicht ausreichend.

In Anbetracht der Genese von Leckagen des Typ Ia sollte diskutiert werden, ob deren Auftreten durch eine zu kleine Dimensionierung und/oder zu kurze Landezone der jeweiligen Endoprothesen bedingt ist. Im Aortenbogen findet sich, wie eben erwähnt, zumeist eine maximale Krümmung mit hoher Dynamik der Aortenbogenbewegung. Eine suffiziente, dauerhafte Verankerung aktuell verfügbarer Prothesen ist damit erheblich erschwert. In der vorliegenden Arbeit wurde eine Landezone von mindestens 20 mm akzeptiert. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an den Stentgraft-Durchmesser von Dissektionen und Aneurysmen erfolgte die bereits genannte jeweilige Prothesen-Überdimensionierung (engl. oversizing).

Die aufgetretene Typ Ia Endoleckagerate (vor allem der Zone I, s. unten) und die damit verbundene Rate an technischem Misserfolg ist prinzipiell sehr hoch und stellt die Behandlungsmethode zur kritischen Diskussion. Für die eingeschlossenen Patienten war die Hybrid-Versorgung aufgrund der Dringlichkeit oder bestehender struktureller Gegebenheiten jedoch alternativlos. Unter Berücksichtigung der hohen Anzahl an aortalen Voroperationen, sowie akuten Notfällen, scheinen die Ergebnisse der Analyse durchaus befriedigend. Zusätzlich soll erwähnt werden, dass aufgrund des genannten hohen Anteils an notfällig versorgten Patienten (51 %) keine alternativen Verfahren wie zum Beispiel maßgeschneiderten Prothesen (CMD: custom made device) verwendet werden konnten. Diese Art von Prothesenversorgung wurde zudem bisher nur von wenigen spezialisierten Zentren in geringer Zahl durchgeführt und stellt für den

Bogenersatz noch weit weniger als die Hybrid-TEVAR eine objektive Behandlungsalternative dar [15].

Die kürzlich erschienene Arbeit von Boufi et al. [60] versuchte den hohen Anteil von Typ Ia Endoleckagen im Hybrid-Verfahren zu erklären. Darin wurde eine Landezone unter 24 mm als unabhängiger Faktor für technischen Misserfolg bei der Hybrid-Versorgung des Aortenbogens definiert.

Neue Stent-Generationen (sog. branched- u. fenestrated-Endografts, s. o.) befinden sich weiterhin in Entwicklung. Optimal zu platzierende und implantierende Endoprothesen mit konstant sehr hohen Erfolgsquoten scheinen allerdings in absehbarer Zeit nicht verfügbar. Zu beachten sind außerdem die Ergebnisse der VALOR-Trials [83]. Diese zeigten, dass selbst für weniger komplexe Landezonen im Segment III, die primäre Endoleckagerate auf dem Niveau der publizierten komplexeren Bogenhybride einzelner Zentren liegt.

Lediglich 3 Revisions-Operationen bei 9 primär aufgetretenen Endoleckagen unserer Patienten erscheinen zunächst wenig. Dies wird durch den reduzierten Allgemeinzustand der betroffenen Patienten nach der initialen Operation erklärt, der einen direkt anschließenden Eingriff nicht zuließ. Andere Patienten wünschten zunächst keine weitere Therapie oder man sah im Konsens bei der bestehenden Perspektive mit ihnen davon ab.

Im Vergleich der beiden Rekonstruktionsgruppen fanden sich im 30d-Intervall in Bezug auf die jeweiligen Patientenzahlen in der Zone I mit 7 (30,4 %) Fällen im Vergleich zu 2 (8,3 %) der Zone II eine höhere primäre Typ Ia Endoleckagerate (bezogen auf die Gesamtheit aller 47 Patienten: Zone I: 14,9 % vs. Zone II 4,3 %; $p=0.07$). Melissano et al., sowie weitere Studiengruppen [45, 63] detektierten ebenfalls eine (statistisch nicht signifikante) höhere Typ I Leckagerate in Zone I- im Gegensatz zu Zone 0- und Zone II-Hybriden. Dabei zeigten die Zone II-Hybride keine schlechteren technischen Erfolgsraten als die der Zone 0 [46, 63, 84].

Zone II-Hybride stellen damit, bei geeigneter Pathologie, eine adäquate Alternative zu Zone 0- und Zone I-Operationen dar. Der limitierte chirurgische Zugang ist bei der Hybrid-Versorgung des Aortenbogens demnach nicht immer mit einer höheren Komplikationsrate (hier vor allem in Bezug auf Typ Ia EL) verbunden.

Größere Analysen müssen zeigen, ob die Typ Ia EL-Rate in der Zone I-Gruppe durch oben beschriebene höhere morphologische und biomechanische Anforderungen des Aortenbogens bedingt sind. Ebenfalls ist zu untersuchen, ob neue, speziell für den Aortenbogen konzipierte Endoprothesensysteme eine suffizientere Abdichtung erreichen können.

Im Follow-up entwickelten vier (9,8 %) Patienten der Nachbeobachtungsgruppe eine sekundäre Typ Ia Endoleckage. In anderen Arbeiten hingegen finden sich zum Teil keine oder wenig aufgetretene sekundäre EL [36, 46, 85]. In Anbetracht der behandelten, oft schweren und komplexen Erkrankungen erscheint dies überraschend. Die bereits erwähnten VALOR-Trials [83] zeigen allein für die Zone III Raten von 6 % für das Auftreten von sekundären Typ I Endoleckagen innerhalb der ersten 24 Monate. Eine Erklärung des geringeren Auftretens sek. Typ I EL anderer Publikationen [46, 66] könnte die geringere Nachbeobachtungszeit der untersuchten Patientengruppen im Vergleich gegenüber der vorliegenden Arbeit sein.

Von den hier aufgetretenen 4 sek. Typ Ia EL unserer Patienten wurden drei mittels proximaler Stentgraftverlängerung behandelt. Zwei Patienten konnten erfolgreich mittels endovaskulärer Prothesenverlängerung therapiert werden. Die Anzahl an sekundären Typ Ia Endoleckagen im Follow-up war mit jeweils 2 in beiden Rekonstruktionsgruppen gleich.

Mit dieser Rate wurde erneut das akzeptable Ergebnis der Zone II-Hybride in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu der ausgedehnteren Zone I-Operation verdeutlicht. Bei geringerer chirurgischer Invasivität zeigte sich damit auch im Langzeitvergleich keine höhere Komplikationsrate der Zone II. Das Versterben eines Patienten (Zone I) und einer Patientin (Zone II) als Folge einer Re-OP bei Endoleckage zeigt jedoch die Schwierigkeit und Gefahren des Verfahrens für das multimorbide Patientengut bei Korrekturingriffen, unabhängig von der Rekonstruktionszone. In anderen Studien [16] erfolgte bei sekundären Leckagen eine konservative Therapie, da ansonsten nur der initial bereits ausgeschlossene offene Aortenbogensersatz als therapeutische Möglichkeit geblieben wäre. Dabei zeigten sich keine schlechteren Ergebnisse hinsichtlich Letalität und Morbidität dieser Patienten. Von den beobachteten Patienten mit

persistierender Typ Ia Endoleckage verstarb keiner nachweislich an einer Typ Ia EL-assoziierten Ruptur. Der Patient mit der längsten Nachbeobachtungszeit für eine pers. Ia EL starb nach 93 Monaten im Alter von 84 Jahren an einer Pneumonie. Ohne Bezug zu seiner aortalen Erkrankung.

Endoleckagen vom Typ Ia stellen zweifelsohne einen technischen Misserfolg einer Hybrid-Operation dar. Deshalb überrascht in der vorliegenden Untersuchung, dass ein Typ Ia EL kein Risikofaktor für das Auftreten einer Ruptur oder das Versterben eines Patienten war. In anderen Untersuchungen [84] wurden dagegen Typ Ia EL bereits als unabhängiger Faktor für eine frühe Letalität identifiziert. Eine differenzierte Bewertung von Typ I Endoleckagen scheint daher notwendig. Fast die Hälfte der neun primären Typ Ia EL waren mit einer akuten Typ-B-Dissektion vergesellschaftet. In unserer Untersuchung nahmen jedoch EL bei einer akuten Dissektion einen günstigeren Verlauf, als bei Aneurysmen und chronischen Dissektionen. Lediglich ein Patient mit einer B-Dissektion und Typ Ia EL verstarb im Follow-up im Rahmen eines Revisionseingriffs. Das hypothetische Konstrukt der differenzierten Betrachtung sog. low-flow (niedrigere Flussraten) von high-flow (hohe Flussrate) Typ Ia EL, deckt sich mit unseren Beobachtungen in den unterschiedlichen Rekonstruktionsgruppen. Typ Ia Endoleckagen mit niedriger Flussrate (weniger Kontrastaufnahme im CT) der Zone II scheinen ein geringeres Risiko als größere (höhere/mehr Kontrastaufnahme im CT) EL der Zone I zu haben. Nach unserer Beobachtung scheint auch eine differenzierte Bewertung von Typ Ia Endoleckagen entsprechend der Rekonstruktionshöhe notwendig. Von der Zone I hin zu Zone II konnte hier ein sinkendes Komplikationsrisiko durch bestehende Endoleckagen beobachtet werden. Wie in anderen Kollektiven [47, 50, 86, 87], zeigte sich auch in der vorliegenden Untersuchung ein spontanes Verschwinden von in CT-Nachuntersuchungen detektierten und dann zunächst beobachteten EL. Dies könnte durch eine über das perioperative Intervall hinaus bestehende Endograft-Expansion bedingt sein. Eine endgültige Klärung des Mechanismus scheint jedoch erst nach der Analyse von mehr Langzeitdaten möglich.

Relevante Komplikationen mit Hinblick auf die Lebensqualität der Patienten stellen neurologische Ereignisse dar. Sowohl perioperativ, als auch für das Langzeitüberleben. Für die konventionell offene Operation finden sich Schlaganfallraten von 4% [33] (Range von 0 – 20 % [68, 70, 71, 88-91]), bei Notfalleingriffen zum Teil deutlich höher. Die Paraplegierate liegt bei 7 % [33] (Range von 2-16 % [71]). Beim „Elephant-Trunc“-Verfahren liegt die Rate um die 6 % für Schlaganfälle und bei 5 % für Paraplegien [22]. Schlaganfälle, bedingt durch Klemmmanöver bei der supraaortalen Rekonstruktion oder Embolusbildung bei der Manipulation im Aortenbogen während des endovaskulären Ersatzes, treten beim Hybridverfahren in 7,6 % [22] (Range von 1-20 % [49, 61, 67, 92]) auf. Persistierende spinale Ischämien finden sich in 3,6 % [22] (Range von 0,7- 8,7) [62, 93]. Am häufigsten entstehen hierbei passagere oder minimal residuale neurologische Defizite [66].

In der hier vorliegenden Untersuchung fand sich eine perioperative Gesamtrate an neurologischen Ereignissen von 12,8 %.

Dabei betrug die Gesamt-Schlaganfallrate im 30d-Intervall 10,6 % und ist somit vergleichbar mit ähnlichen Analysen [22]. Dies scheint am ehesten durch die hohe Anzahl an Notfalleingriffen (z. B. durch RR-Schwankungen bei Patienten mit rupturiertem Aneurysma), sowie stark veränderten und degenerierten Aortenbögen unseres Patientenguts bedingt. Dadurch erhöht sich aufgrund der bereits oben angeführten Mechanismen das Risiko einer Embolisation während der Manipulation mit den Führungsdrähten oder der Stentgraftplatzierung. Ungeachtet dessen liegen die Zahlen immer noch auf respektive unter dem Niveau des konventionellen Verfahrens (s. o., Range 0-20 %). Es kam im 30d-Intervall zu einer (2,1%) transienten spinalen Ischämie. Diese war am ehesten bedingt durch eine lange Überstentungsstrecke bei vorbestehendem abdominellen Hybrid. Dies wurde bereits in anderen Untersuchungen als Risikofaktor für das Auftreten einer SCI detektiert [67, 94]. Dennoch lag für die SCI die Auftretenshäufigkeit mit hier 2,1 % erneut unter dem offenen Verfahren mit oben genannten 7 % [33]. Mit jeweils 3 Fällen war die Rate an neurologischen Ereignissen für beide Gruppen im 30d-Intervall gleich (Zone I: 13 % vs. Zone II: 12,5 %; $p=1.00$). Das relativ häufigere Auftreten von Schlaganfällen in der Zone I gegenüber den Patienten der Zone II (Zone I: 13 % vs. 8,3 %; $p=0.67$) erscheint mit

oben erläuterten Mechanismus der manipulationsbedingten Ursache erklärt. Der bereits geschilderte Fall einer spinalen Ischämie ereignete sich in der Zone II-Gruppe.

Im Follow-up lag die Schlaganfallrate und die Häufigkeit an SCI in beiden Gruppen bei 0 %, ähnlich bereits anderen genannten Publikationen [49, 62]. Ergänzt werden kann dazu, dass aktuell bei Zone II- Pathologien bezüglich der generellen Notwendigkeit der regelhaften Revaskularisation der a. subclavia sin. vor dem Überstenten noch immer Uneinigkeit [63, 94-102] besteht. Stützt man sich mit dem EUROSTAR- und dem internationalen Talent Endograft-Register [100, 103] auf zwei der größten Untersuchungen mit unter anderem dieser Fragestellung, finden sich bei nicht-revaskularisierter und überstenteter a. subclavia sin., ein signifikant erhöhtes Schlaganfall- und SCI-Risiko gegenüber der Rekonstruktionsgruppe. Unerlässlich ist daher in jedem Fall die präoperative Evaluation des Status der Carotiden und Vertebralarterien, wie auch des Versorgungs- und Morphologie-Typs des circulus Willisi. Auch bei jungen oder auf den linken Arbeitsarm angewiesenen Patienten sollte grundsätzlich eine Revaskularisation im Rahmen des Hybrid-Verfahrens durchgeführt werden.

Die perioperative Offenheitsrate der supraaortalen Rekonstruktionen bei Entlassung von 100 % in beiden Gruppen erscheint zunächst zufriedenstellend. Zu beachten sind hierbei jedoch die im 30d-Intervall aufgetretenen Komplikationen von insgesamt 8,5 %. Bezüglich der Offenheitsrate der supraaortalen Rekonstruktionen zeigte sich zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied. Perioperativ wiesen mit 13 % mehr Patienten in der Zone I gegenüber 4,2 % der Zone II eine Komplikation der Bypässe auf. Mit im Follow-up noch 10 % Auffälligkeiten bei zwei Patienten der Zone II entspricht die hier vorliegende Langzeit-Offenheitsrate von 95 % den guten Ergebnissen anderer Kollektive [14, 36, 55]. Im Allgemeinen werden Bypassverschlüsse und Stenosen der supraaortalen Rekonstruktion in anderen Arbeiten lediglich als „seltene, aber beschriebene Komplikation“ [14], ohne weitere Konsequenzen erwähnt. Bei der hier sowohl perioperativ als auch im FU angegebenen Rate an Komplikationen scheint die routinemäßige duplexsonographische Kontrolle in Folgeuntersuchungen zur Detektion evtl. Pathologien notwendig und empfehlenswert. Durch die beiden

im Nachbeobachtungszeitraum aufgetretenen Bypassstenosen in der Zone II glichen sich die beiden Rekonstruktions-Gruppen in Bezug auf die Offenheitsrate an. Es zeigte sich damit kein Vorteil für eine der beiden Gruppen.

Der Vergleich zwischen den Zone I- und Zone II- Hybriden unserer Arbeit liefert neue (Langzeit-) Daten für Zone II-Rekonstruktionen bei Hochrisikopatienten. Limitierend für die Studie ist die begrenzte Zahl der Eingriffe, die eine endgültige Bewertung der Verfahren im Vergleich erschwert. Zusätzlich ist zu kritisieren, dass selbstverständlich nicht für jede Pathologie unseres Patientenguts aufgrund der anatomischen und pathologischen Gegebenheiten eine Zone II-Reparatur eine adäquate Therapiealternative zur Zone I darstellt.

5. Schlussfolgerung

Das Hybrid-Verfahren stellt für Patienten mit Aortenbogenpathologien eine Therapiemöglichkeit dar, die aufgrund von Komorbiditäten und Vorerkrankungen für ein konventionelles Verfahren als ungeeignet anzusehen sind. Durch die Kombination von supraaortaler Revaskularisation und endovaskulärer Stentgraftimplantation können in diesem hochselektierten Krankengut mit der offenen Operation vergleichbare Ergebnisse betreffend Letalität und perioperativen Komplikationen erzielt werden.

In der vorliegenden Studie weisen die beiden Gruppen der Zone I und II für die Frühsterblichkeit vergleichbare Ergebnisse auf.

Zudem liegt hier mit 50,5 Monaten die Analyse mit der längsten Follow-up-Dauer für Hybrideingriffe im Aortenbogen, inklusive Daten für die Zone II vor. In Anbetracht des hochselektierten Patientenguts scheint dabei ein Langzeitüberleben von >70 % mehr als akzeptabel.

Allerdings stellen vor allem proximale Endoleckagen nach wie vor die „Achillesferse“ des Verfahrens dar.

In unserer Analyse wiesen Patienten der Zone II zum einen eine geringere Zahl an primären Endoleckagen und darüber hinaus auch ein höheres Langzeitüberleben auf. Beides jedoch ohne statistische Signifikanz.

Primäre Typ Ia Endoleckagen sind zwar als technischer Misserfolg anzusehen, allerdings ist dabei die Zahl der im Langzeit-Follow-up lediglich kontrollierten Endoleckagen zu beachten, die keine aortale Komplikation/Ruptur entwickelten. Demgegenüber muss das theoretische Risiko einer alternativen Reoperation abgewogen werden.

Für einige Autoren scheidet der limitierte Aortenbogensersatz (Zone II) aufgrund der begrenzten Landezonenverhältnisse als Therapieoption prinzipiell aus.

Unserer Arbeit zeigt, falls morphologisch machbar, dass Zone II-Eingriffe vergleichbare und teils bessere Ergebnisse als ein ausgedehnter Eingriff (Zone I) liefern können.

Ungeachtet dessen benötigen Hochrisikopatienten nach einem Hybrid-Eingriff am Aortenbogen, unabhängig vom Rekonstruktionsgrad, einer

lebenslangen Nachbeobachtung zur Erkennung und Prävention eventueller Komplikationen.

Fortschritte in der Entwicklung von zum Beispiel „branched“- und „fenestrated“-Endografts [24, 25], als auch eine stetige Verbesserung von Bildgebung und Planung der Intervention, können ggf. in Zukunft zu besseren Ergebnissen bei der Behandlung von Aortenbogenpathologien beitragen.

6. Zusammenfassung

Im Zeitraum zwischen 12/2004 und 12/2012 wurden am Klinikum rechts der Isar in München 47 Patienten einem Hemibogenersatz durch Hybrid-Operation bei distaler Aortenbogenpathologie unterzogen.

Ein Zone I-Ersatz (carotido-carotidaler crossover-Bypass) erfolgte bei 23 Patienten, bei 24 ein Zone II-Ersatz (carotido-subclavialer Bypass/Subclavia-Transposition). Jeweils mit anschließender thorakaler endovaskulärer Stentgraftimplantation (TEVAR).

Alle eingeschlossenen Patienten waren für ein offenes Verfahren ungeeignet oder mussten notfalls operiert werden.

Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 65,3 Jahren.

Es präsentierten sich 51 % der Patienten mit einer Notfallindikation (symptomatisch/gedeckte Ruptur).

Bei 81 % technischem Erfolg lag die Gesamt-30d-Letalität bei 12,8 %. Primäre Typ Ia- Endoleckagen wurden in 19 % detektiert.

Es zeigte sich eine tendenziell niedrigere primäre Typ Ia- Endoleckagerate der Zone II gegenüber der Zone I (Zone I: $7/23=30,4\%$ vs. Zone II: $2/24=8,3\%$; $p=0,07$; bezogen auf die Gesamtheit aller 47 Patienten: $14,9\%$ vs. $4,3\%$).

Bei einer mittleren Follow-up-Dauer von 50,5 Monaten (Range 1-93), lag die FU-Letalität bezogen auf die 41 nachbeobachteten Patienten bei $17,1\%$ (bezogen auf die Gesamtheit aller 47 Patienten: $14,9\%$).

Die FU-Letalitätsrate zeigte sich für die Zone II-Gruppe erniedrigt (Zone I: $5/21=23,8\%$ vs. Zone II: $2/20=10\%$, $p=0,41$; bezogen auf die Gesamtheit der 47 Patienten: $10,6\%$ vs. $4,3\%$). Die Gesamt-Überlebensrate lag nach über 4 Jahren bei über 70% .

Die sekundäre Typ Ia- Endoleckagerate der 41 Patienten im FU betrug $9,8\%$ (bezogen auf die Gesamtheit der 47 Patienten: $8,5\%$).

Literaturverzeichnis

1. Dubost, C., Allary, M., and Oeconomos, N., [*Surgical treatment of arterial aneurysms; reestablishment of continuity after excision, by the use of arterial grafts*]. Sem Hop, 1951. **27**(69): p. 2678-85.
2. Cooley, D.A. and DeBakey, M.E., *Resection of entire ascending aorta in fusiform aneurysm using cardiac bypass*. J Am Med Assoc, 1956. **162**(12): p. 1158-9.
3. DeBakey, M.E., Crawford, E.S., Cooley, D.A., and Morris, G.C., Jr., *Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft*. Surg Gynecol Obstet, 1957. **105**(6): p. 657-64.
4. Cooley, D.A. and DeBakey, M.E., *Resection of the thoracic aorta with replacement by homograft for aneurysms and constrictive lesions*. J Thorac Surg, 1955. **29**(1): p. 66-100; discussion, 100-4.
5. DeBakey, M.E., Creech, O., Jr., and Cooley, D.A., *Occlusive disease of the aorta and its treatment by resection and homograft replacement*. Ann Surg, 1954. **140**(3): p. 290-310.
6. DeBakey, M.E., Henly, W.S., Cooley, D.A., Morris, G.C., Jr., Crawford, E.S., and Beall, A.C., Jr., *Surgical Management of Dissecting Aneurysm Involving the Ascending Aorta*. J Cardiovasc Surg (Torino), 1964. **5**: p. 200-11.
7. DeBakey, M.E., Beall, A.C., Jr., Cooley, D.A., Crawford, E.S., Morris, G.C., Jr., Garrett, H.E., and Howell, J.F., *Dissecting aneurysms of the aorta*. Surg Clin North Am, 1966. **46**(4): p. 1045-55.
8. Crawford, E.S., Snyder, D.M., Cho, G.C., and Roehm, J.O., Jr., *Progress in treatment of thoracoabdominal and abdominal aortic aneurysms involving celiac, superior mesenteric, and renal arteries*. Ann Surg, 1978. **188**(3): p. 404-22.
9. Cooley, D.A., DeBakey, M.E., and Morris, G.C., Jr., *Controlled extracorporeal circulation in surgical treatment of aortic aneurysm*. Ann Surg, 1957. **146**(3): p. 473-85; discussion 485-6.
10. Volodos, N.L., Karpovich, I.P., Shekhanin, V.E., Troian, V.I., and Iakovenko, L.F., [*A case of distant transfemoral endoprosthesis of the thoracic artery using a self-fixing synthetic prosthesis in traumatic aneurysm*]. Grudn Khir, 1988(6): p. 84-6.
11. Parodi, J.C., Palmaz, J.C., and Barone, H.D., *Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms*. Ann Vasc Surg, 1991. **5**(6): p. 491-9.
12. Dake, M.D., Miller, D.C., Semba, C.P., Mitchell, R.S., Walker, P.J., and Liddell, R.P., *Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms*. N Engl J Med, 1994. **331**(26): p. 1729-34.
13. Buth, J., Penn, O., Tielbeek, A., and Mersman, M., *Combined approach to stent-graft treatment of an aortic arch aneurysm*. J Endovasc Surg, 1998. **5**(4): p. 329-32.
14. Geisbusch, P., Kotelis, D., Muller-Eschner, M., Hyhlik-Durr, A., and Bockler, D., *Complications after aortic arch hybrid repair*. J Vasc Surg, 2011. **53**(4): p. 935-41.
15. Maurel, B., Sobocinski, J., Spear, R., Azzaoui, R., Koussa, M., Prat, A., Tyrrell, M.R., Hertault, A., and Haulon, S., *Current and future perspectives in the repair of aneurysms involving the aortic arch*. J Cardiovasc Surg (Torino), 2015. **56**(2): p. 197-215.
16. Geisbüsch, P., Schumacher, H., Hyhlik-Dürr, A., von Tengg-Kobligk, H., *Hybridverfahren zur Therapie aortaler Bogenpathologien*. Gefäßchirurgie 2008, 2008. **13**: p. 367-80.
17. Hayashi, J., Eguchi, S., Yasuda, K., Komatsu, S., Tabayashi, K., Masuda, M., Yozu, R., Amemiya, K., Takeuchi, E., Nakano, S., Adachi, S., Matsuo, H., and Takamiya, M.,

- Operation for nondissecting aneurysm in the descending thoracic aorta.* Ann Thorac Surg, 1997. **63**(1): p. 93-7.
18. Kim, T., Martin, T.D., Lee, W.A., Hess, P.J., Jr., Klodell, C.T., Tribble, C.G., Feezor, R.J., and Beaver, T.M., *Evolution in the management of the total thoracic aorta.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2009. **137**(3): p. 627-34.
 19. Milewski, R.K., Szeto, W.Y., Pochettino, A., Moser, G.W., Moeller, P., and Bavaria, J.E., *Have hybrid procedures replaced open aortic arch reconstruction in high-risk patients? A comparative study of elective open arch debranching with endovascular stent graft placement and conventional elective open total and distal aortic arch reconstruction.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2010. **140**(3): p. 590-7.
 20. Karck, M., Chavan, A., Khaladj, N., Friedrich, H., Hagl, C., and Haverich, A., *The frozen elephant trunk technique for the treatment of extensive thoracic aortic aneurysms: operative results and follow-up.* Eur J Cardiothorac Surg, 2005. **28**(2): p. 286-90; discussion 290.
 21. Liu, Z.G., Sun, L.Z., Chang, Q., Zhu, J.M., Dong, C., Yu, C.T., Liu, Y.M., and Zhang, H.T., *Should the "elephant trunk" be skeletonized? Total arch replacement combined with stented elephant trunk implantation for Stanford type A aortic dissection.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2006. **131**(1): p. 107-13.
 22. Moulakakis, K.G., Mylonas, S.N., Markatis, F., Kotsis, T., Kakisis, J., and Liapis, C.D., *A systematic review and meta-analysis of hybrid aortic arch replacement.* Ann Cardiothorac Surg, 2013. **2**(3): p. 247-60.
 23. Chuter, T.A., Buck, D.G., Schneider, D.B., Reilly, L.M., and Messina, L.M., *Development of a branched stent-graft for endovascular repair of aortic arch aneurysms.* J Endovasc Ther, 2003. **10**(5): p. 940-5.
 24. Greenberg, R.K. and Qureshi, M., *Fenestrated and branched devices in the pipeline.* J Vasc Surg, 2010. **52**(4 Suppl): p. 15S-21S.
 25. Shimamura, K., Kuratani, T., Matsumiya, G., Shirakawa, Y., Takeuchi, M., Takano, H., and Sawa, Y., *Hybrid endovascular aortic arch repair using branched endoprosthesis: the second-generation "branched" open stent-grafting technique.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2009. **138**(1): p. 46-52; discussion 52-3.
 26. Ferreira, M., Chuter, T., Hartley, D., Lanziotti, L., Abuhadba, G., Monteiro, M., and Capotorto, L., *Hybrid repair of aortic arch aneurysms: a totally extrathoracic approach with branched endografts in two patients.* Vascular, 2007. **15**(2): p. 79-83.
 27. Greenberg, R.K., Clair, D., Srivastava, S., Bhandari, G., Turc, A., Hampton, J., Popa, M., Green, R., and Ouriel, K., *Should patients with challenging anatomy be offered endovascular aneurysm repair?* J Vasc Surg, 2003. **38**(5): p. 990-6.
 28. Ohrlander, T., Sonesson, B., Ivancev, K., Resch, T., Dias, N., and Malina, M., *The chimney graft: a technique for preserving or rescuing aortic branch vessels in stent-graft sealing zones.* J Endovasc Ther, 2008. **15**(4): p. 427-32.
 29. Moulakakis, K.G., Mylonas, S.N., Avgerinos, E., Papapetrou, A., Kakisis, J.D., Brountzos, E.N., and Liapis, C.D., *The chimney graft technique for preserving visceral vessels during endovascular treatment of aortic pathologies.* J Vasc Surg, 2012. **55**(5): p. 1497-503.
 30. Antoniou, G.A., Smyth, J.V., Antoniou, S.A., Serracino-Inglott, F., and Murray, D., *Endoleak is the Achilles' heel of the chimney technique for the treatment of complex aortic disease.* Int Angiol, 2012. **31**(6): p. 595-6.
 31. Kölbel, T., Ohrlander, T., and Dias, N., *Der Chimney-Graft - Endovaskuläre Technik zur Erhaltung der supraaortalen Äste.* Gefässchirurgie 2009, 2009. **14**: p. 206-012.
 32. Schumacher, H., Ockert, S., Böckler, D., von Tengg-Kobligk, H., and . *Endovaskuläre Hybridoperationen im Aortenbogen – quo vadis?* Gefässchirurgie 2009, 2009. **14**: p. 219–229.

33. Szeto, W.Y. and Bavaria, J.E., *Hybrid repair of aortic arch aneurysms: combined open arch reconstruction and endovascular repair*. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2009. **21**(4): p. 347-54.
34. Cheng, D., Martin, J., Shennib, H., Dunning, J., Muneretto, C., Schueler, S., Von Segesser, L., Sergeant, P., and Turina, M., *Endovascular aortic repair versus open surgical repair for descending thoracic aortic disease a systematic review and meta-analysis of comparative studies*. J Am Coll Cardiol, 2010. **55**(10): p. 986-1001.
35. Iba, Y., Minatoya, K., Matsuda, H., Sasaki, H., Tanaka, H., Oda, T., and Kobayashi, J., *How should aortic arch aneurysms be treated in the endovascular aortic repair era? A risk-adjusted comparison between open and hybrid arch repair using propensity score-matching analysis*. Eur J Cardiothorac Surg, 2014. **46**(1): p. 32-9.
36. Chiesa, R., Melissano, G., Tshomba, Y., Civilini, E., Marone, E.M., Bertoglio, L., and Calliari, F.M., *Ten years of endovascular aortic arch repair*. J Endovasc Ther, 2010. **17**(1): p. 1-11.
37. Matsumura, J.S., Cambria, R.P., Dake, M.D., Moore, R.D., Svensson, L.G., and Snyder, S., *International controlled clinical trial of thoracic endovascular aneurysm repair with the Zenith TX2 endovascular graft: 1-year results*. J Vasc Surg, 2008. **47**(2): p. 247-257; discussion 257.
38. Peterson, B.G., Matsumura, J.S., Brewster, D.C., and Makaroun, M.S., *Five-year report of a multicenter controlled clinical trial of open versus endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms*. J Vasc Surg, 2007. **45**(5): p. 885-90.
39. Balzer, J.O., Doss, M., Thalhammer, A., Fieguth, H.G., Moritz, A., and Vogl, T.J., *Urgent thoracic aortal dissection and aneurysm: treatment with stent-graft implantation in an angiographic suite*. Eur Radiol, 2003. **13**(10): p. 2249-58.
40. Tse, L.W., MacKenzie, K.S., Montreuil, B., Obrand, D.I., and Steinmetz, O.K., *The proximal landing zone in endovascular repair of the thoracic aorta*. Ann Vasc Surg, 2004. **18**(2): p. 178-85.
41. Nienaber, C.A., Fattori, R., Lund, G., Dieckmann, C., Wolf, W., von Kodolitsch, Y., Nicolas, V., and Pierangeli, A., *Nonsurgical reconstruction of thoracic aortic dissection by stent-graft placement*. N Engl J Med, 1999. **340**(20): p. 1539-45.
42. Thurnher, S.A. and Grabenwoger, M., *Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms: a review*. Eur Radiol, 2002. **12**(6): p. 1370-87.
43. Schumacher, H., Bockler, D., and Allenberg, J.R., *[Surgical management of thoracic aortic lesions. Aneurysm, dissection and traumatic rupture]*. Chirurg, 2004. **75**(9): p. 937-58.
44. Chaikof, E.L., Blankensteijn, J.D., Harris, P.L., White, G.H., Zarins, C.K., Bernhard, V.M., Matsumura, J.S., May, J., Veith, F.J., Fillinger, M.F., Rutherford, R.B., and Kent, K.C., *Reporting standards for endovascular aortic aneurysm repair*. J Vasc Surg, 2002. **35**(5): p. 1048-60.
45. Schoder, M., Lammer, J., and Czerny, M., *Endovascular aortic arch repair: hopes and certainties*. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2009. **38**(3): p. 255-61.
46. Cao, P., De Rango, P., Czerny, M., Evangelista, A., Fattori, R., Nienaber, C., Rousseau, H., and Schepens, M., *Systematic review of clinical outcomes in hybrid procedures for aortic arch dissections and other arch diseases*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012. **144**(6): p. 1286-300, 1300 e1-2.
47. Geisbusch, P., Kotelis, D., Hyhlik-Durr, A., Hakimi, M., Attigah, N., and Bockler, D., *Endografting in the aortic arch - does the proximal landing zone influence outcome?* Eur J Vasc Endovasc Surg, 2010. **39**(6): p. 693-9.
48. Vallejo, N., Rodriguez-Lopez, J.A., Heidari, P., Wheatley, G., Caparrelli, D., Ramaiah, V., and Diethrich, E.B., *Hybrid repair of thoracic aortic lesions for zone 0 and 1 in high-risk patients*. J Vasc Surg, 2012. **55**(2): p. 318-25.

-
49. Bergeron, P., Coulon, P., De Chaumaray, T., Ruiz, M., Mariotti, F., Gay, J., Mangialardi, N., Costa, P., Serreo, E., Cavazzini, C., and Tuccimei, I., *Great vessels transposition and aortic arch exclusion*. J Cardiovasc Surg (Torino), 2005. **46**(2): p. 141-7.
 50. Czerny, M., Gottardi, R., Zimpfer, D., Schoder, M., Grabenwoger, M., Lammer, J., Wolner, E., and Grimm, M., *Transposition of the supraaortic branches for extended endovascular arch repair*. Eur J Cardiothorac Surg, 2006. **29**(5): p. 709-13.
 51. Saleh, H.M. and Inglese, L., *Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms*. J Vasc Surg, 2006. **44**(3): p. 460-466.
 52. Zhou, W., Reardon, M., Peden, E.K., Lin, P.H., and Lumsden, A.B., *Hybrid approach to complex thoracic aortic aneurysms in high-risk patients: surgical challenges and clinical outcomes*. J Vasc Surg, 2006. **44**(4): p. 688-93.
 53. Kotelis, D., Geisbusch, P., Attigah, N., Hinz, U., Hyhlik-Durr, A., and Bockler, D., *Total vs hemi-aortic arch transposition for hybrid aortic arch repair*. J Vasc Surg, 2011. **54**(4): p. 1182-1186 e2.
 54. Rana, M.A., Gloviczki, P., and Oderich, G.S., *Endovascular stenting with open surgery for reconstructions of the ascending aorta and the aortic arch: a review of indications and results of hybrid techniques*. Perspect Vasc Surg Endovasc Ther, 2012. **24**(4): p. 184-92.
 55. Lotfi, S., Clough, R.E., Ali, T., Salter, R., Young, C.P., Bell, R., Modarai, B., and Taylor, P., *Hybrid repair of complex thoracic aortic arch pathology: long-term outcomes of extra-anatomic bypass grafting of the supra-aortic trunk*. Cardiovasc Intervent Radiol, 2013. **36**(1): p. 46-55.
 56. Andersen, N.D., Williams, J.B., Hanna, J.M., Shah, A.A., McCann, R.L., and Hughes, G.C., *Results with an algorithmic approach to hybrid repair of the aortic arch*. J Vasc Surg, 2013. **57**(3): p. 655-67; discussion 666-7.
 57. Piffaretti, G., Mariscalco, G., Lomazzi, C., Rivolta, N., Riva, F., Tozzi, M., Carrafiello, G., Bacuzzi, A., Mangini, M., Banach, M., and Castelli, P., *Predictive factors for endoleaks after thoracic aortic aneurysm endograft repair*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009. **138**(4): p. 880-5.
 58. De Rango, P., Cao, P., Ferrer, C., Simonte, G., Coscarella, C., Cieri, E., Pogany, G., and Verzini, F., *Aortic arch debranching and thoracic endovascular repair*. J Vasc Surg, 2014. **59**(1): p. 107-14.
 59. Schumacher, H., Von Tengg-Kobligk, H., Ostovic, M., Henninger, V., Ockert, S., Bockler, D., and Allenberg, J.R., *Hybrid aortic procedures for endoluminal arch replacement in thoracic aneurysms and type B dissections*. J Cardiovasc Surg (Torino), 2006. **47**(5): p. 509-17.
 60. Boufi, M., Aouini, F., Guivier-Curien, C., Dona, B., Loundou, A.D., Deplano, V., and Alimi, Y.S., *Examination of factors in type I endoleak development after thoracic endovascular repair*. J Vasc Surg, 2015. **61**(2): p. 317-23.
 61. Chan, Y.C., Cheng, S.W., Ting, A.C., and Ho, P., *Supra-aortic hybrid endovascular procedures for complex thoracic aortic disease: single center early to midterm results*. J Vasc Surg, 2008. **48**(3): p. 571-9.
 62. Gottardi, R., Funovics, M., Eggers, N., Hirner, A., Dorfmeister, M., Holfeld, J., Zimpfer, D., Schoder, M., Donas, K., Weigang, E., Lammer, J., Grimm, M., and Czerny, M., *Supra-aortic transposition for combined vascular and endovascular repair of aortic arch pathology*. Ann Thorac Surg, 2008. **86**(5): p. 1524-9.
 63. Melissano, G., Civilini, E., Bertoglio, L., Calliari, F., Setacci, F., Calori, G., and Chiesa, R., *Results of endografting of the aortic arch in different landing zones*. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2007. **33**(5): p. 561-6.
 64. Czerny, M., Weigang, E., Sodeck, G., Schmidli, J., Antona, C., Gelpi, G., Friess, T., Klocker, J., Szeto, W.Y., Moeller, P., Pochettino, A., and Bavaria, J.E., *Targeting*

- landing zone 0 by total arch rerouting and TEVAR: midterm results of a transcontinental registry.* Ann Thorac Surg, 2012. **94**(1): p. 84-9.
65. Czerny, M., Gottardi, R., Zimpfer, D., Schoder, M., Grabenwoger, M., Lammer, J., Wolner, E., and Grimm, M., *Mid-term results of supraaortic transpositions for extended endovascular repair of aortic arch pathologies.* Eur J Cardiothorac Surg, 2007. **31**(4): p. 623-7.
66. Antoniou, G.A., El Sakka, K., Hamady, M., and Wolfe, J.H., *Hybrid treatment of complex aortic arch disease with supra-aortic debranching and endovascular stent graft repair.* Eur J Vasc Endovasc Surg, 2010. **39**(6): p. 683-90.
67. Younes, H.K., Davies, M.G., Bismuth, J., Naoum, J.J., Peden, E.K., Reardon, M.J., and Lumsden, A.B., *Hybrid thoracic endovascular aortic repair: pushing the envelope.* J Vasc Surg, 2010. **51**(1): p. 259-66.
68. Sundt, T.M., 3rd, Orszulak, T.A., Cook, D.J., and Schaff, H.V., *Improving results of open arch replacement.* Ann Thorac Surg, 2008. **86**(3): p. 787-96; discussion 787-96.
69. Shah, P.J., Estrera, A.L., Miller, C.C., 3rd, Lee, T.Y., Irani, A.D., Meada, R., and Safi, H.J., *Analysis of ascending and transverse aortic arch repair in octogenarians.* Ann Thorac Surg, 2008. **86**(3): p. 774-9.
70. Kazui, T., Yamashita, K., Washiyama, N., Terada, H., Bashar, A.H., Suzuki, K., and Suzuki, T., *Aortic arch replacement using selective cerebral perfusion.* Ann Thorac Surg, 2007. **83**(2): p. S796-8; discussion S824-31.
71. Bockler, D., Kotelis, D., Geisbusch, P., Hyhlik-Durr, A., Klemm, K., von Tengg-Kobligh, H., Kauczor, H.U., and Allenberg, J.R., *Hybrid procedures for thoracoabdominal aortic aneurysms and chronic aortic dissections - a single center experience in 28 patients.* J Vasc Surg, 2008. **47**(4): p. 724-32.
72. Svensson, L.G., Crawford, E.S., Hess, K.R., Coselli, J.S., Raskin, S., Shenaq, S.A., and Safi, H.J., *Deep hypothermia with circulatory arrest. Determinants of stroke and early mortality in 656 patients.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1993. **106**(1): p. 19-28; discussion 28-31.
73. Ergin, M.A., Galla, J.D., Lansman, L., Quintana, C., Bodian, C., and Griep, R.B., *Hypothermic circulatory arrest in operations on the thoracic aorta. Determinants of operative mortality and neurologic outcome.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1994. **107**(3): p. 788-97; discussion 797-9.
74. Okita, Y., Ando, M., Minatoya, K., Kitamura, S., Takamoto, S., and Nakajima, N., *Predictive factors for mortality and cerebral complications in arteriosclerotic aneurysm of the aortic arch.* Ann Thorac Surg, 1999. **67**(1): p. 72-8.
75. Bachet, J., Guilmet, D., Goudot, B., Dreyfus, G.D., Delentdecker, P., Brodaty, D., and Dubois, C., *Antegrade cerebral perfusion with cold blood: a 13-year experience.* Ann Thorac Surg, 1999. **67**(6): p. 1874-8; discussion 1891-4.
76. Kazui, T., Washiyama, N., Muhammad, B.A., Terada, H., Yamashita, K., Takinami, M., and Tamiya, Y., *Total arch replacement using aortic arch branched grafts with the aid of antegrade selective cerebral perfusion.* Ann Thorac Surg, 2000. **70**(1): p. 3-8; discussion 8-9.
77. Borst, H.G., Buhner, B., and Jurmann, M., *Tactics and techniques of aortic arch replacement.* J Card Surg, 1994. **9**(5): p. 538-47.
78. Coselli, J.S., Buket, S., and Djukanovic, B., *Aortic arch operation: current treatment and results.* Ann Thorac Surg, 1995. **59**(1): p. 19-26; discussion 26-7.
79. Ergin, M.A., Galla, J.D., Lansman, L., Quintana, C., Bodian, C., and Griep, R.B., *Hypothermic circulatory arrest in operations on the thoracic aorta. Determinants of operative mortality and neurologic outcome.* J Thorac Cardiovasc Surg, 1994. **107**(3): p. 788-97; discussion 797-9.

-
80. Conrad, M.F. and Cambria, R.P., *Contemporary Management of Descending Thoracic and Thoracoabdominal Aortic Aneurysms: Endovascular Versus Open*. Circulation, 2008. **117**(6): p. 841-852.
 81. Canaud, L., Hireche, K., Berthet, J.P., Branchereau, P., Marty-Ane, C., and Alric, P., *Endovascular repair of aortic arch lesions in high-risk patients or after previous aortic surgery: midterm results*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010. **140**(1): p. 52-8.
 82. Weigang, E., Parker, J., Czerny, M., Peivandi, A.A., Dorweiler, B., Beyersdorf, F., and Siegenthaler, M.P., *Endovascular aortic arch repair after aortic arch de-branching*. Ann Thorac Surg, 2009. **87**(2): p. 603-7.
 83. Matsumoto, A.H., Angle, J.F., Secic, M., Carlson, G.A., Fisher, L., and Fairman, R.M., *Secondary procedures following thoracic aortic stent grafting in the first 3 years of the VALOR test and VALOR II trials*. J Vasc Interv Radiol, 2014. **25**(5): p. 685-692 e5.
 84. Khojenezhad, A., Donayre, C.E., Smith, J., Kopchok, G.E., Walot, I., and White, R.A., *Risk factors for early and late mortality after thoracic endovascular aortic repair*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2008. **135**(5): p. 1103-9, 1109 e1-4.
 85. Koullias, G.J. and Wheatley, G.H., 3rd, *State-of-the-art of hybrid procedures for the aortic arch: a meta-analysis*. Ann Thorac Surg, 2010. **90**(2): p. 689-97.
 86. Melissano, G., Civilini, E., Bertoglio, L., Setacci, F., and Chiesa, R., *Endovascular treatment of aortic arch aneurysms*. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2005. **29**(2): p. 131-8.
 87. Bergeron, P., Mangialardi, N., Costa, P., Coulon, P., Douillez, V., Serreo, E., Tuccimei, I., Cavazzini, C., Mariotti, F., Sun, Y., and Gay, J., *Great vessel management for endovascular exclusion of aortic arch aneurysms and dissections*. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2006. **32**(1): p. 38-45.
 88. Beaver, T.M. and Martin, T.D., *Single-stage transmediastinal replacement of the ascending, arch, and descending thoracic aorta*. Ann Thorac Surg, 2001. **72**(4): p. 1232-8.
 89. Kouchoukos, N.T., Mauney, M.C., Masetti, P., and Castner, C.F., *Optimization of aortic arch replacement with a one-stage approach*. Ann Thorac Surg, 2007. **83**(2): p. S811-4; discussion S824-31.
 90. Hu, X.P., Chang, Q., Zhu, J.M., Yu, C.T., Liu, Z.G., and Sun, L.Z., *One-stage total or subtotal aortic replacement*. Ann Thorac Surg, 2006. **82**(2): p. 542-6.
 91. Doss, M., Woehleke, T., Wood, J.P., Martens, S., Greinecker, G.W., and Moritz, A., *The clamshell approach for the treatment of extensive thoracic aortic disease*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2003. **126**(3): p. 814-7.
 92. Deriu, G., Grego, F., Frigatti, P., Gerosa, G., Piazza, M., Bonvini, S., Maturi, C., Antonello, M., and Menegolo, M., *Unusual inflow sources and device introduction sites in aortic arch debranching*. J Cardiovasc Surg (Torino), 2012. **53**(2): p. 143-51.
 93. Bavaria, J., Milewski, R.K., Baker, J., Moeller, P., Szeto, W., and Pochettino, A., *Classic hybrid evolving approach to distal arch aneurysms: toward the zone zero solution*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010. **140**(6 Suppl): p. S77-80; discussion S86-91.
 94. Feezor, R.J., Martin, T.D., Hess, P.J., Klodell, C.T., Beaver, T.M., Huber, T.S., Seeger, J.M., and Lee, W.A., *Risk factors for perioperative stroke during thoracic endovascular aortic repairs (TEVAR)*. J Endovasc Ther, 2007. **14**(4): p. 568-73.
 95. Nienaber, C.A., Ince, H., Weber, F., Rehders, T., Petzsch, M., Meinertz, T., and Koschyk, D.H., *Emergency stent-graft placement in thoracic aortic dissection and evolving rupture*. J Card Surg, 2003. **18**(5): p. 464-70.
 96. Sunder-Plassmann, L., Scharrer-Pamler, R., Liewald, F., Kapfer, X., Gorich, J., and Orend, K.H., *Endovascular exclusion of thoracic aortic aneurysms: mid-term results of elective treatment and in contained rupture*. J Card Surg, 2003. **18**(4): p. 367-74.
 97. Gorich, J., Asquan, Y., Seifarth, H., Kramer, S., Kapfer, X., Orend, K.H., Sunder-Plassmann, L., and Pamler, R., *Initial experience with intentional stent-graft*

-
- coverage of the subclavian artery during endovascular thoracic aortic repairs.* J Endovasc Ther, 2002. **9 Suppl 2**: p. II39-43.
98. Hausegger, K.A., Oberwalder, P., Tiesenhausen, K., Tauss, J., Stanger, O., Schedlbauer, P., Deutschmann, H., and Rigler, B., *Intentional left subclavian artery occlusion by thoracic aortic stent-grafts without surgical transposition.* J Endovasc Ther, 2001. **8**(5): p. 472-6.
99. Riesenman, P.J., Farber, M.A., Mendes, R.R., Marston, W.A., Fulton, J.J., and Keagy, B.A., *Coverage of the left subclavian artery during thoracic endovascular aortic repair.* J Vasc Surg, 2007. **45**(1): p. 90-4; discussion 94-5.
100. Buth, J., Harris, P.L., Hobo, R., van Eps, R., Cuypers, P., Duijm, L., and Tielbeek, X., *Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: Incidence and risk factors. a study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair (EUROSTAR) registry.* J Vasc Surg, 2007. **46**(6): p. 1103-1110; discussion 1110-1.
101. Schoder, M., Grabenwoger, M., Holzenbein, T., Cejna, M., Ehrlich, M.P., Rand, T., Stadler, A., Czerny, M., Domenig, C.M., Loewe, C., and Lammer, J., *Endovascular repair of the thoracic aorta necessitating anchoring of the stent graft across the arch vessels.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2006. **131**(2): p. 380-7.
102. Noor, N., Sadat, U., Hayes, P.D., Thompson, M.M., and Boyle, J.R., *Management of the left subclavian artery during endovascular repair of the thoracic aorta.* J Endovasc Ther, 2008. **15**(2): p. 168-76.
103. Fattori, R., Nienaber, C.A., Rousseau, H., Beregi, J.P., Heijmen, R., Grabenwoger, M., Piquet, P., Lovato, L., Dabbech, C., Kische, S., Gaxotte, V., Schepens, M., Ehrlich, M., and Bartoli, J.M., *Results of endovascular repair of the thoracic aorta with the Talent Thoracic stent graft: the Talent Thoracic Retrospective Registry.* J Thorac Cardiovasc Surg, 2006. **132**(2): p. 332-9.

Lebenslauf

PERSONALIEN

Name und Vorname: Eckstein, Georg Vinzenz
Geburtsdatum: 02.09.1985
Geburtsort: Coburg
Familienstand: ledig
Vater: Eckstein, Thomas
Mutter: Eckstein, Cornelia, geborene Wittmann

SCHULISCHER WERDEGANG

1992-1996: Besuch der Grundschule Wildenheid-Haarbrücken
1996-2005: Besuch des Arnold-Gymnasium Neustadt bei Coburg
2005: Erlangen der allgemeinen Hochschulreife
und Eintritt in die Sanitätsoffizieranwärter-Laufbahn der
Bundeswehr

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

WS 2005/06: Beginn des Medizinstudiums an der Ludwig-Maximilian-
Universität München
2007: 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
WS 2007/08: Beginn Klinischer Abschnitt des Medizinstudiums am
Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität
München
WS 2011: 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und Erlangen der
Approbation

BERUFLICHER WERDEGANG

- 10/2011-02/2012: Postuniversitäre modulare Ausbildung der Bundeswehr (Englisch-Lehrgang, Einsatzvorbereitungs-Übungen)
- 02/2012-02/2014: Weiterbildungsassistent zum FA Allgemeinmedizin am Bundeswehrkrankenhaus Ulm – Abteilung Innere Medizin
- 03/2014-08/2014: Weiterbildungsassistent zum FA Allgemeinmedizin am Bundeswehrkrankenhaus Ulm – Abteilung Dermatologie
- 09/2014-02/2015: Weiterbildungsassistent zum FA Allgemeinmedizin am Bundeswehrkrankenhaus Ulm – Abteilung Chirurgie
- Seit 03/2015: Weiterbildungsassistent zum FA Allgemeinmedizin im SanVersZ Roth – Truppenarzt

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum von Oktober 2008 bis April 2016 unter der Leitung von Herrn PD Dr. Stefan Ockert, Co-Chefarzt der Abteilung für Gefäßchirurgie am Luzerner Kantonsspital, zuvor leitender Oberarzt am Klinikum rechts der Isar in München.

Allen Mitarbeitern der Abteilung am Klinikum rechts der Isar, die mich bei der Datenakquise und -auswertung in dieser Zeit unterstützt haben, gilt mein aufrichtiger und persönlicher Dank. Im Besonderen erwähnen möchte ich:

Herrn PD Dr. Stefan Ockert

Ich bedanke mich für das Vertrauen bei der Vergabe des Dissertationsthemas, die Unterstützung in jeglichen fachlichen Belangen, immer neuen Anregungen zur Verbesserung der Arbeit, sowie das Vermitteln einer professionellen, wissenschaftlichen Arbeitshaltung.

Herrn Prof. Dr. Hans-Henning Eckstein

Leiter der Abteilung für Gefäßchirurgie am Klinikum rechts der Isar in München. Ich danke Herrn Prof. Eckstein für die Erlaubnis zum Arbeiten in seiner Fachabteilung und Erstellen der Dissertation.

Frau Dr. Knipfer

DRG-Beauftragte in der Abteilung für Gefäßchirurgie am Klinikum rechts der Isar. Frau Dr. Knipfer stand zu jeder Zeit in allen organisatorischen Fragen und bei Problemen in der Verarbeitung der Patientendaten freundlich und kompetent zur Verfügung.

Veröffentlichungen

1. Ockert, S., Eckstein, G., Lutz, B., Reeps, C., Eckstein, H.-H., *Aortic hemiarch hybrid repair*. Journal of Vascular Surgery. **62**(4): p. 907-913.
2. Ockert, S., Eckstein, G., Lutz, B., Reeps, C., Eckstein, H.-H., *Aortic hemiarch hybrid repair*. J Vasc Surg, 2015; pii: S0741-5214(15)01043-5. doi: 10.1016/j.jvs.2015.05.004. [online-Publikation]

