

**Diplomarbeit**

**Retrospektive Analyse der Verlaufskontrollen von  
Aortendissektionen mittels MR/MR-Angiographie**

eingereicht von

**Alexander Kneidinger**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Neuroradiologie, vaskuläre und  
interventionelle Radiologie**

unter der Anleitung von

**Ass.-Prof. Dr. med. univ. Manuela Aschauer**

**Sen. Sci. OA Dr. med. univ. Ingeborg Keeling**

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 19.04.2021*

*Alexander Kneidinger eh*

## **Danksagungen**

Ganz herzlich möchte ich meinen beiden Diplomarbeitbetreuerinnen Frau Ass.-Prof. Dr. med. univ. Manuela Aschauer und Frau Sen. Sci. OA Dr. med. univ. Ingeborg Keeling danken. Beide hatten für Fragen und Anliegen meinerseits immer ein offenes Ohr und nahmen sich auch die notwendige Zeit Unklarheiten aus dem Weg zu räumen. Auch das umfassende Fachwissen war eine große Unterstützung für die Erstellung dieser Arbeit.

Weiters möchte ich noch all jenen danken, die mich bei meinem Studium begleitet haben. Insbesondere gilt dieser Dank meinen Eltern, die es mir überhaupt ermöglicht haben, dieses Studium zu absolvieren. Ebenso möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin, Marlene Meingassner, für all die Unterstützung und Motivation in jeder Phase bedanken.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Hintergrund der Arbeit.....	1
1.2	Kernfrage der Arbeit .....	1
1.3	Aortendissektion .....	1
1.3.1	Risikofaktoren .....	1
1.3.2	Klinik der Aortendissektion .....	2
1.3.3	Epidemiologie der Aortendissektion .....	2
1.3.4	Anatomische Klassifikationsmöglichkeiten der Aortendissektion.....	2
1.3.5	Behandlungsmöglichkeiten von Personen mit Aortendissektion .....	3
1.3.6	Komplikationen nach einer Aortendissektion .....	4
1.3.7	Nachsorge von Personen mit Aortendissektion.....	6
1.3.8	Empfehlungen der Leitlinien .....	8
1.4	Magnetresonanztomographie.....	14
1.4.1	Allgemeine Grundlagen.....	14
1.4.2	Physikalische Grundlagen .....	14
1.4.3	Bilderzeugung.....	16
1.4.4	Technische Begriffe.....	17
1.4.5	Messparameter.....	18
1.4.6	Bildkontrast .....	19
1.4.7	Artefakte .....	20
1.4.8	Kontrastmittel .....	23
1.4.9	Kontraindikationen der Magnetresonanztomographie .....	23
1.5	Magnetresonanzangiographie .....	24
1.6	Auswertesystem „syngo.plaza“.....	25
1.7	Auswertesystem „syngo.via“ .....	27
2	Material und Methoden .....	30
2.1	Studiendesign.....	30
2.2	Statistische Auswertung.....	30
2.3	Deskriptive Statistik.....	30
2.4	Magnetresonanztomographie.....	32
2.5	Messpunkte für die Erhebung der Durchmesser mittels „syngo.via“ und „syngo.plaza“ .....	33

3	Ergebnisse – Resultate.....	53
3.1	Deskriptive Statistik.....	53
3.2	Aortendurchmesser .....	57
3.2.1	Vermessene Aortendurchmesser .....	57
3.2.2	Vergleich der Messungen mittels „syngo.plaza“ und „syngo.via“ .....	58
3.3	Verlauf der Dissektion .....	61
3.4	Befunderweiterungen und Komplikationen.....	65
3.5	Zusatzbefunde der MR-Angiographie .....	70
4	Diskussion .....	73
4.1	Interpretation der Ergebnisse .....	73
4.1.1	Kollektiv .....	73
4.1.2	Aortendurchmesser.....	75
4.1.3	Weitere Unterschiede zwischen den Auswertesystemen .....	88
4.1.4	Dissektionsverlauf .....	92
4.1.5	Befunderweiterungen und Komplikationen.....	95
4.1.6	Zusatzbefunde der MRA .....	96
4.2	Limitationen.....	96
4.3	Conclusio .....	97
5	Literaturverzeichnis .....	100
6	Anhang .....	106

## Glossar und Abkürzungen

°	Grad
°C	Grad Celcius
3D	Dreidimensional
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AD	Aortic Dissection
AV-Fistel	Arteriovenöse Fistel
BMI	Body Mass Index
ce-MRA	contrast-enhanced Magnetresonanztomographie
CL	Centerline
CTA	computertomographische Angiographie
EBA	Erstuntersuchung-Beobachtung-Aufnahme (Notfallaufnahme)
eGFR	estimated Glomerular Filtration Rate
EKG	Elektrokardiogramm
ESC	European Society of Cardiology
FDA	U.S. Food and Drug Administration
FOV	Field of View = Sichtfeld
g	Gramm
HF-Impuls	Hochfrequenz-Impuls
IEC	International Electrotechnical Commission
IMI	Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz
kg	Kilogramm
KI	Konfidenzintervall
LKH	Landeskrankenhaus
m	männlich
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
min	Minuten
ml	Milliliter SI-Einheit
mm	Millimeter

mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MPR	Multiplanare Rekonstruktion
MR	Magnetresonanztomographie
MRA	Magnetresonanzangiographie
ms	Millisekunde
n	Fallzahl
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
SAR	Spezifische Absorptionsrate
SD	Englisch: Standarddeviation, Deutsch: Standardabweichung
SI	Französisch: Système international d'unités; Deutsch: Internationales Einheitensystem
sin.	sinistra/sinister
St.p.	Status post
T	Tesla
T <sub>1</sub>	Längsrelaxation = Spin-Gitter-Relaxationszeit
T <sub>2</sub>	Querrelaxation = Spin-Spin-Relaxationszeit
Tab.	Tabelle
TE	Echozeit
TEVAR	Thoracic endovascular aortic repair
TR	Repetitionszeit
V.a.	Verdacht auf
w	weiblich
W	Watt
z.B.	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Einteilung der Aortendissektion nach Stanford und DeBakey .....	3
Abb. 2 Darstellung der möglichen Typen eines Endoleaks.....	5
Abb. 3 Rekonstruktionen der throkalen und abdominalen Aorta.....	10
Abb. 4 Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomographie.....	14
Abb. 5 Auslenkung der Magnetisierung.....	16
Abb. 6 T <sub>1</sub> -Relaxationszeit .....	16
Abb. 7 T <sub>2</sub> -Relaxationszeit .....	16
Abb. 8 Pulsationsartefakt der Aorta ascendens .....	20
Abb. 9 Suszeptibilitätsartefakt von Sternumdrahtcerclagen .....	21
Abb. 10 Artefakte durch Sternumdrahtcerclagen in einer CT-Untersuchung.....	22
Abb. 11 Suszeptibilitätsartefakt durch Stentgraft.....	22
Abb. 12 Vermessung des Durchmessers der thorakalen Aorta .....	26
Abb. 13 Centerline-Rekonstruktionen der Aorta.....	28
Abb. 14 Darstellung einer Messung mittels „syngo.via“ .....	29
Abb. 15 Darstellung der relevanten MR-Angiographien .....	31
Abb. 16 Darstellung der möglichen Messpunkte der MRA .....	34
Abb. 17 Zu kleines Field of View .....	35
Abb. 18 Unterschiede zwischen der arteriellen und venösen Phase der MRA .....	36
Abb. 19 „syngo.plaza“-Messung in Höhe des Sinus Valsalvae .....	37
Abb. 20 „syngo.plaza“-Messung maximaler Durchmesser Aorta thoracica ascendens.....	38
Abb. 21 „syngo.plaza“-Messung unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus....	39
Abb. 22 „syngo.plaza“-Messung unmittelbar distal der A. subclavia sin. ....	40
Abb. 23 „syngo.plaza“-Messung maximaler Durchmesser Aorta thoracica descendens....	41
Abb. 24 „syngo.plaza“-Messung Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts. ..	42
Abb. 25 „syngo.plaza“-Messung Aorta abdominalis proximal des Nierenarterienabgang.	43
Abb. 26 „syngo.plaza“-Messung Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation.....	44
Abb. 27 „syngo.via“-Messung im Bereich des Sinus Valsavae .....	45
Abb. 28 „syngo.via“-Messung maximaler Durchmesser Aorta thoracalis ascendens .....	46
Abb. 29 „syngo.via“-Messung unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus .....	47
Abb. 30 „syngo.via“-Messung unmittelbar distal der A. subclavia sin.....	48
Abb. 31 „syngo.via“-Messung maximaler Durchmesser Aorta thoracica descendens. ....	49
Abb. 32 „syngo.via“-Messung Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts.....	50
Abb. 33 „syngo.via“-Messung Aorta abdominalis proximal des Nierenarterienabgangs...	51

Abb. 34 „syngo.via“-Messung Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation. ....	52
Abb. 35 Altersverteilung .....	54
Abb. 36 Verteilung der Interventionen.....	55
Abb. 37 Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Risikofaktoren .....	56
Abb. 38 Bland-Altman-Diagramm der gesamten Messung .....	59
Abb. 39 Bland-Altman-Diagramm Messung Sinus valsalvae.....	60
Abb. 40 Bland-Altman-Diagramm Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts.	60
Abb. 41 Bland-Altman-Diagramm unmittelbar proximal des Nierenarterienabgangs. ....	61
Abb. 42 Graphische Darstellung des Dissektionsverlaufs.....	62
Abb. 43 Komplette Resektion der betroffenen Aorta.....	63
Abb. 44 Kein Remodeling der Aorta.....	63
Abb. 45 Anzahl der durchgeführten Reinterventionen/-operationen .....	65
Abb. 46 Periaortales Hämatoserom .....	66
Abb. 47 Perikarderguss .....	66
Abb. 48 Bilaterale Pleuraergüsse.....	67
Abb. 49 Endoleak Typ II .....	68
Abb. 50 Endoleak Typ I .....	69
Abb. 51 Zyste der linken Niere .....	71
Abb. 52 Kolondivertikulose .....	72
Abb. 53 Leberzyste im linken Leberlappen.....	72
Abb. 54 Nebennierenadenom rechts.....	72
Abb. 55 Unvollständige „syngo.via“-Messung .....	76
Abb. 56 „syngo.plaza“-Messung - Wandvermessung .....	77
Abb. 57 Unvollständige Messung im Bereich des Sinus valsavae mit „syngo.via“ .....	78
Abb. 58 Messung im Bereich des Sinus valsavae mit „syngo.plaza“ .....	79
Abb. 59 Zeitlicher Verlauf des Remodelings mit Ausbildung eines Endoleaks .....	81
Abb. 60 Messung der Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts .....	82
Abb. 61 Inadäquate Vermessung der Aorta mit „syngo.via“ .....	83
Abb. 62 Kinking der thorakalen Aorta .....	84
Abb. 63 Vermessung mittels „syngo.plaza“ bei starkem Kinking der Aorta .....	85
Abb. 64 Vermessung mittels „syngo.via“ bei starkem Kinking der Aorta.....	86
Abb. 65 Vergleich der Längenmessungen.....	89
Abb. 66 Gespeicherte „syngo.via“ Messung distal der A. subclavia sin.....	90
Abb. 67 Gespeicherte „syngo.via“ Messung unklare Lokalisation.....	91

Abb. 68 Informationen und Fragebogen für Patienten und Patientinnen über Untersuchungen im Magnetfeld Seite 1 .....	106
Abb. 69 Informationen und Fragebogen für Patienten und Patientinnen über Untersuchungen im Magnetfeld Seite 2 .....	107

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Einteilung der Aortendissektion nach Stanford.....	2
Tab. 2 Empfehlungen für die bildgebenden Verfahren zur Darstellung der Aorta.....	9
Tab. 3 Empfehlungen zur Behandlung von Aortendissektionen.....	11
Tab. 4 FDA und IEC Richtlinien für die SAR und die Erwärmung des Gewebes.....	18
Tab. 5 Helligkeiten in Abhängigkeit von der Repetitionszeit und der Echozeit.....	19
Tab. 6 Technische Parameter der MRA der thorakalen Aorta.....	32
Tab. 7 Technische Parameter der MRA der abdominalen Aorta.....	32
Tab. 8 Numerische Häufigkeiten der verwendeten Kontrastmittel in der MRA.....	32
Tab. 9 Verwendete Kontrastmittelmengen bei MRA der gesamten Aorta.....	32
Tab. 10 Geschlechterverteilung.....	53
Tab. 11 Verteilung der Dissektionstypen.....	53
Tab. 12 Verteilung der Dissektionen innerhalb der Geschlechter.....	53
Tab. 13 Durchgeführte Therapie abhängig vom Dissektionstyp.....	54
Tab. 14 Häufigkeiten der Risikofaktoren.....	56
Tab. 15 Häufigkeiten der histopathologischen Ergebnisse.....	57
Tab. 16 Darstellung der p-Werte der Differenzen der Messungen.....	58
Tab. 17 Häufigkeiten des Verlaufs der Dissektion abhängig vom Dissektionstyp.....	62
Tab. 18 Häufigkeiten durchgeführter Reinterventionen/-operationen.....	64
Tab. 19 Durchgeführte Reinterventionen/-operationen.....	64
Tab. 20 Aufgetretene Komplikationen und Befunderweiterungen.....	65
Tab. 21 Häufigkeit von Endoleaks.....	68
Tab. 22 Zusatzbefunde der Niere.....	70
Tab. 23 Zusatzbefunde des hepatobiliären Systems.....	70
Tab. 24 Zusatzbefunde des gesamten Darms.....	70
Tab. 25 Zusatzbefunde der Milz.....	71
Tab. 26 Sonstige Zusatzbefunde.....	71
Tab. 27 Darstellung aller Risikofaktoren.....	109
Tab. 28 Darstellung aller dokumentierten Werte.....	113
Tab. 29 Häufigkeiten der vermerkten Messpunkte in den Befunden.....	114
Tab. 30 Darstellung aller mittels „syngo.plaza“ erhobenen Werte.....	118
Tab. 31 Darstellung aller mittels „syngo.via“ erhobenen Werte.....	122
Tab. 32 Darstellung aller Ursachen für nicht mögliche Messungen.....	123

Tab. 33 Darstellung des Dissektionsverlaufs und Anzahl der durchgeführten Reinterventionen/-operationen .....	125
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Personen mit einer Aortendissektion benötigen lebenslange bildgebende Kontrollen. Das Ziel dieser Arbeit war es, mögliche Unterschiede zwischen den zwei derzeit verwendeten Auswertesystemen „syngo.via“ und „syngo.plaza“ aufzuzeigen. Weiters wurde überprüft, ob die Auswertungen der bildgebenden Kontrollen ausreichend durchgeführt wurden und ob die Intervalle zwischen den bildgebenden Kontrollen richtig gewählt wurden.

**Methoden:** Es handelte sich hier um eine retrospektive Datenanalyse von insgesamt 35 Personen mit Aortendissektionen, bei denen insgesamt 89 MR-Angiographien durchgeführt wurden. Von diesen wurden die Durchmesser der Aorta in den Befunden erhoben sowie mittels „syngo.via“ und „syngo.plaza“ vermessen. Der Vergleich der beiden Systeme erfolgte mittels Bland-Altman-Diagrammen. Weiters wurden aufgetretene Komplikationen und notwendige Reinterventionen oder Reoperationen erhoben.

**Ergebnisse:** Die Untersuchung von 89 MR-Angiographien anhand von 639 Messpunkten zeigte einen hochsignifikanten Unterschied beider Messsysteme bezüglich der vermessenen Aortendurchmesser ( $p$ -Wert  $< 0,001$ ). Durch die Bland-Altman-Diagramme wird dargestellt, dass die Unterschiede vor allem bei hohen Durchmessern der Aorta bestehen. In den Kontrollen wurden von insgesamt 639 möglichen Messpunkten 22,1 % vermerkt. Es wurde ersichtlich, dass die Reinterventionsrate vor allem bei Personen mit Typ B Dissektionen in diesem Kollektiv mit 50 % hoch war. Es zeigte sich, dass die Abstände der bildgebenden Kontrollen bei Personen mit unkomplizierter Typ B Dissektion variieren, da sie an den individuellen Krankheitsverlauf angepasst werden.

**Schlussfolgerungen:** Aufgrund der durchgeführten Vergleiche kann nicht gesagt werden, welches Auswertesystem exakter misst. Hierfür sollten noch weitere Studien mit dem Vergleich von exakt bekannten Durchmessern durchgeführt werden. Es zeigen beide Auswertesysteme Vor- und Nachteile. Zur besseren Reproduktion der Ergebnisse sollte eine sinnvolle und nachvollziehbare Möglichkeit der Speicherung der Messungen ermöglicht werden. Um die Rate an vermessenen Durchmessern zu erhöhen, wäre es wünschenswert ein standardisiertes Protokoll zur Auswertung der Aorta zu etablieren. Die Abstände der bildgebenden Kontrollen sind adäquat und leitliniengerecht gewählt.

## Abstract

**Purpose:** Patients with aortic dissection need a lifelong imaging follow-up. The goal of this study was to find possible differences between the two radiological systems “syngo.via” and “syngo.plaza” concerning the measurement of the aortic diameter. Moreover, it was assessed if the evaluation of the imaging follow-ups was done sufficiently and if the intervals between the imaging follow-ups were chosen correctly.

**Methods:** This retrospective study included 35 patients suffering from aortic dissection. For the imaging follow-ups 89 magnetic resonance angiographies were performed. The aortic diameter was measured with both radiological systems. The graphical comparison of the two systems was conducted with Bland-Altman diagrams. Furthermore, data concerning any complications and necessary reinterventions or reoperations were collected.

**Results:** Our study on 89 magnetic resonance angiographies, evaluating 639 measuring points, showed a highly significant difference between the two radiological systems regarding the measured aortic diameters (p-value < 0.001). Especially at high aortic diameters a difference was seen using Bland-Altman diagrams. In the follow-up protocols 22.1 % of the possible measuring points were noted. Especially in patients with type B aortic dissection the reintervention rate was high, namely 50 %, and was therefore higher than expected. Furthermore, intervals of imaging follow-ups in patients with uncomplicated type B aortic dissection varied between patients according to their courses of the disease.

**Conclusion:** This study comparing two radiological systems, did not reveal a difference in accuracy or closeness to the real aortic diameter. Therefore, other studies that compare known diameters, like stentgrafts, should be conducted. Both radiological systems showed advantages and disadvantages. In order to ensure a better reproducibility, an appropriate and traceable opportunity for saving the performed measurements should be provided. Establishing a standardized protocol for the assessment of the aorta would be highly recommended, as it would increase the rate of measured aortic diameters. Follow-up intervals are adequate and chosen according to current guidelines.

# **1 Einleitung**

## ***1.1 Hintergrund der Arbeit***

Die Diagnose einer Aortendissektion führt für die betroffenen Personen in den meisten Fällen zu einer operativen oder interventionellen Therapie. Um frühzeitig Komplikationen der Therapie oder eine Progredienz der Erkrankung zu erkennen, sollten in regelmäßigen Abständen bildgebende und klinische Kontrollen durchgeführt werden. Bei den bildgebenden Kontrollen liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf einer möglichen Progredienz des Durchmessers der Aorta sowie der Erkennung relevanter Befunderweiterungen. Diese Befunde können eine weiterführende Diagnostik und auch eine neuerliche Intervention notwendig machen.

## ***1.2 Kernfrage der Arbeit***

Ist die Analyse von MR-Angiographien bei Kranken nach Aortendissektion mit dem derzeitigen Auswertesystem „syngo.plaza“ weiterhin sinnvoll oder bringen die Möglichkeiten des Auswertesystems „syngo.via“ Vorteile?

## ***1.3 Aortendissektion***

Bei der Aortendissektion handelt es sich um das Aneurysma dissecans. Hierbei kommt es zu einem oder mehreren Einrissen der Intima, dem sogenannten Entry, wodurch eine Einblutung in die Media entsteht. Die Folge davon ist die Bildung eines zweiten, falschen Aortenlumens. Die Blutung kann weiter distal wieder zu einem oder mehreren Einrissen in der Intima, dem sogenannten Reentry, führen und dort in das richtige Aortenlumen einmünden (1).

### **1.3.1 Risikofaktoren**

Die Risikofaktoren für eine Aortendissektion sind arterielle Hypertonie, hohes Alter, atherosklerotische Veränderungen und männliches Geschlecht. Die Aortendissektion kann auch die Folge einer angeborenen Bindegewebserkrankung wie beispielsweise dem Marfan-Syndrom sein. Eine weitere Möglichkeit zur Entstehung einer Aortendissektion ist ein traumatisches Ereignis. In seltenen Fällen kann die Aortendissektion iatrogen bedingt sein, beispielsweise durch endovaskuläre Maßnahmen (1,2).

### 1.3.2 Klinik der Aortendissektion

Personen, die eine Aortendissektion erleiden, präsentieren sich meist mit akuten, sehr starken, eventuell wandernden Thoraxschmerzen, die je nach Art der Dissektion in den Rücken oder ins Abdomen ausstrahlen können. Weiters kann es zum Schock, bedingt durch einen Blutverlust oder eine Herzbeutelamponade, kommen. Bei Rissen im Bereich der Aortenwurzel und bei Beteiligung der Aortenklappe ist auch eine akute Aortenklappeninsuffizienz möglich. Eine plötzlich auftretende AP-Symptomatik kann bei einer Dissektion in eine Koronararterie welche meist retrograd verläuft, auftreten. Reicht die Dissektion bis in die supraaortalen Äste, kann es zu Parästhesien des betroffenen Arms, aber auch zu einem ischämischen Insult kommen. Weiters sind auch Ischämien aller Organe möglich, vor allem wenn sich die Dissektion in die Arterien der jeweiligen Organe fortleitet. Die Klinik der Aortendissektion ist somit sehr variabel (1-3).

### 1.3.3 Epidemiologie der Aortendissektion

Die Aortendissektion ist eine seltene Erkrankung. Die Inzidenz schwankt in der Literatur zwischen 3-5 Fälle/100.000 Personen/Jahr. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Inzidenz höher ist, da einige Aortendissektionen nicht erkannt werden. Das Verhältnis der betroffenen Personen wird in der Literatur mit 2:1 = m:w angegeben (1,3-5).

### 1.3.4 Anatomische Klassifikationsmöglichkeiten der Aortendissektion

Aortendissektionen können aufgrund der anatomischen Gegebenheiten mit der Stanford- oder DeBakey-Klassifikation eingeteilt werden. Üblicherweise erfolgt die Einteilung nach der Stanford-Klassifikation.

#### 1.3.4.1 Klassifikation nach Stanford

Die Klassifikation nach Stanford teilt die Aortendissektion aufgrund der Lokalisation des Entry, also des Intimaeinrisses, ein (3,6-8).

Lokalisation des Entry	Bezeichnung der Dissektion
Aorta ascendens, proximaler Aortenbogen bis zur Arteria subclavia sinistra	Typ-A Dissektion
Distaler Aortenbogen ab der Arteria subclavia sinistra, Aorta descendens	Typ-B Dissektion

**Tab. 1 Einteilung der Aortendissektion nach Stanford [modifiziert nach (7)]**

### 1.3.4.2 Klassifikation nach DeBakey

Die Klassifikation nach DeBakey teilt die Aortendissektion aufgrund der Lokalisation des Entry und deren Ausdehnung ein. Es wird nicht näher auf diese Klassifikation eingegangen, da sie heute kaum mehr angewandt wird (3,6-8).

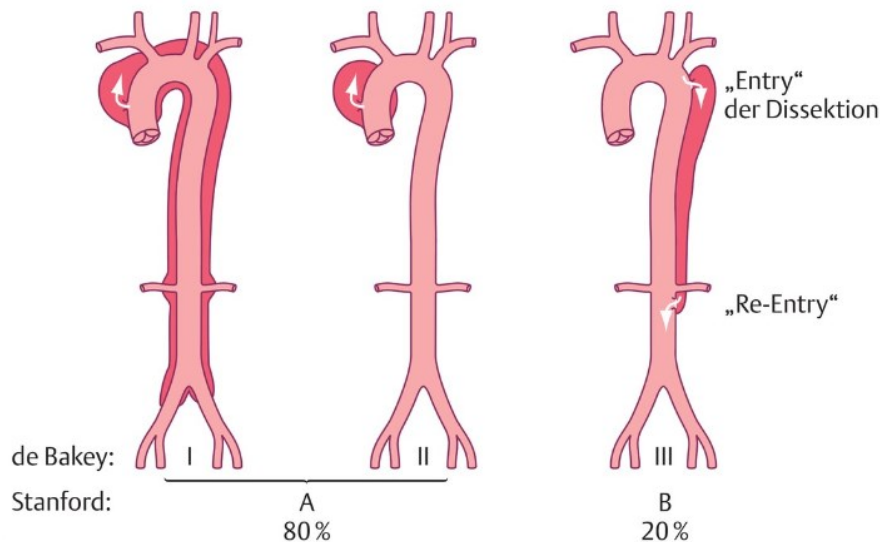


Abb. 1 Einteilung der Aortendissektion nach Stanford und DeBakey (6)

### 1.3.5 Behandlungsmöglichkeiten von Personen mit Aortendissektion

Die Behandlung der Aortendissektionen ist abhängig vom Typ der Aortendissektion. Die Typ A Dissektion ist immer eine dringliche Operationsindikation. Bei der Typ B Dissektion ist die Behandlung abhängig davon, ob es sich um eine komplizierte oder eine unkomplizierte Typ B Dissektion handelt. Auf die Wahl der Behandlung wird unter Punkt 1.3.8.2 „Spezifische Empfehlungen für die Behandlung der Aortendissektion“ noch genauer eingegangen.

### 1.3.6 Komplikationen nach einer Aortendissektion

Die Komplikationen nach einer Aortendissektion sind sehr vielfältig und abhängig von der durchgeführten Intervention und dem Typ der Aortendissektion.

Sowohl bei Stanford Typ A und Typ B Dissektionen kann es zu Perikard- und Pleuraergüssen kommen. Weiters können periaortale Hämatome im Operationsgebiet entstehen, welche in der Bildgebung sichtbar sind. Bei Stanford Typ A Dissektionen sind die Komplikationen häufig durch Extremitäten- und Organischämien bedingt, wie zum Beispiel neue neurologische Defizite. Weiteres können postoperativ Nachblutungen, Anastomoseninsuffizienzen und AV-Fisteln entstehen (3).

Je nach den betroffenen Organen können bereits vorbestehende Erkrankungen sich deutlich verschlechtern. Ein Beispiel wäre eine vorbestehende Niereninsuffizienz, die sich im Rahmen der Dissektion massiv verschlechtert.

Bei der interventionellen Behandlung der Stanford Typ B Dissektion, kurz TEVAR, kann es zu den klassischen Komplikationen, die durch eine Angiographie und gecoverte Stentgraftimplantation entstehen, wie Nachblutungen, Embolien mit Gefäßverschlüssen, Infekten, kommen.

Eine herausfordernde Komplikation nach einer TEVAR stellt das Endoleak dar.

Endoleaks können nur nach Behandlungen mit einem Stentgraft auftreten und bedürfen einer weiteren Intervention und engmaschigen bildgebenden Kontrollen. Das Endoleak wird in fünf Typen unterteilt (9). In Abb. 2 sind diese graphisch dargestellt.

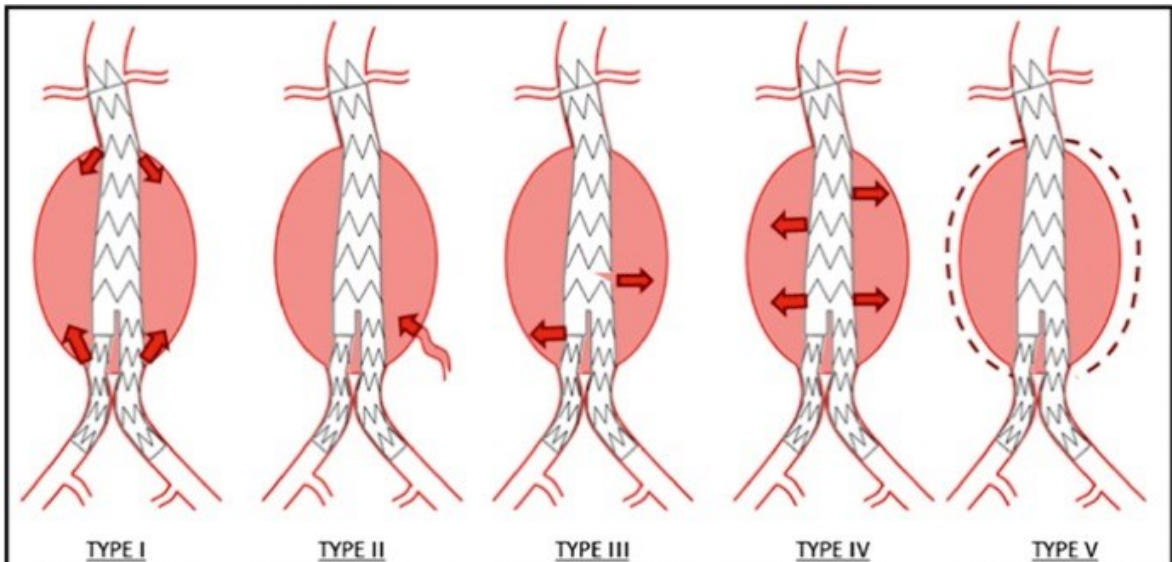
Typ I: Leakage im Bereich der proximalen oder distalen Verankerung des Stentgrafts

Typ II: Blutung in den Aneurysmasack bedingt durch eine retrograde Perfusion des Aneurysmasacks aus einem Gefäß, z.B. A. mesenterica inferior oder Lumbalarterien

Typ III: Leakage durch einen defekten Stentgraft, beispielsweise durch eine Ruptur des Materials

Typ IV: Poröser Stentgraft

Typ V: Endotension (= Zunahme des Durchmessers des Aneurysmasacks unklarer Genese)



**Abb. 2 Darstellung der möglichen Typen eines Endoleaks [modifiziert nach (9)]**

## **1.3.7 Nachsorge von Personen mit Aortendissektion**

### **1.3.7.1 Typ A Dissektion**

An der herzchirurgischen Abteilung des LKH Universitätsklinikum Graz wird den Personen nach einer Typ A Dissektion folgende Nachsorge empfohlen:

Die erste Kontrolle wird normalerweise innerhalb einer Woche postoperativ, jedoch spätestens vor der Entlassung mittels CTA durchgeführt. Die weiteren bildgebenden Kontrollen werden mittels CTA (3 Monate, 6 Monate, jährlich postoperativ) durchgeführt.

Bleiben die Durchmesser in der CTA konstant, können die folgenden Kontrollen mittels MRA durchgeführt werden, falls keine Kontraindikationen für diese vorliegen. Falls es bei den jährlichen Kontrollen zu keiner Progredienz des Durchmessers oder zu Komplikationen kommt, kann der Abstand der Kontrollen auf zwei oder auch drei Jahre ausgeweitet werden. Bei Bedarf, beispielsweise bei großen postoperativen periaortalen Hämatomen oder komplexen Erstbefunden, können die Kontrollen auch in kürzeren Abständen durchgeführt werden.

Die erste planmäßige ambulante Kontrolle wird 3 Monate postoperativ durchgeführt. Hierbei wird eine klinische Kontrolle sowie eine Wundkontrolle, um Wundheilungsstörungen zu erkennen, durchgeführt. Weiters werden im Rahmen der herzchirurgischen Kontrolle, die von den Personen selbst erhobenen Blutdruckwerte überprüft. Eine konsequente Blutdruckeinstellung ist nach den aktuellen Leitlinien auf einen systolischen Blutdruck von 120-130 mmHg lebenslang empfohlen und notwendig. Weiters wird eine transthorakale Echokardiographie nach einem Aortenklappenersatz zumindest jährlich durch einen Facharzt/-ärztin für Kardiologie durchgeführt (10).

### **1.3.7.2 Typ B Dissektion**

Bei der Behandlung der Typ B Dissektion wird, wie in Punkt 1.3.8.2.2 „Empfehlungen für die Behandlung der Typ B Aortendissektion“ beschrieben, in die komplizierte und die unkomplizierte Typ B Dissektion unterschieden. Die Definition einer komplizierten oder unkomplizierten Typ B Dissektion wird auch unter diesem Punkt beschrieben. Aufgrund dessen gibt es in der Nachbehandlung Unterschiede.

### ***1.3.7.2.1 Unkomplizierte Typ B Dissektion***

An der herzchirurgischen Abteilung des LKH Universitätsklinikum Graz wird den Personen nach einer unkomplizierten Typ B Dissektion in der Nachsorge nur eine medikamentöse Therapie empfohlen. Die bildgebenden Kontrollen werden in folgenden Abständen mittels CTA (4 Tage nach Erstdiagnose, vor Entlassung, 3 Monate, 6 Monate und jährlich nach Erstdiagnose) durchgeführt.

Aufgrund des ursprünglichen Befundes kann die Indikation zu kürzeren oder längeren Abständen bei den bildgebenden Kontrollen individuell gestellt werden. Treten weitere Symptome auf, können die bildgebenden Kontrollen auch in kürzeren Abständen durchgeführt werden. Wenn die Durchmesser der Aorta stabil bleiben und die Blutdruckeinstellung optimal ist, dann werden die weiterführenden Kontrollen wie bei einer Typ A Dissektion weitergeführt. Im Anschluss an die Durchführung einer Bildgebung erfolgt die Vorstellung in der Aneurysmasprechstunde der herzchirurgischen Abteilung des LKH Universitätsklinikum Graz zur Befundbesprechung.

### ***1.3.7.2.2 Komplizierte Typ B Dissektion***

An der herzchirurgischen Abteilung des LKH Universitätsklinikum Graz wird Personen nach einer komplizierten Typ B Dissektion folgende Nachsorge empfohlen:

Allen wird dasselbe Nachsorgeschema wie für Personen mit einer Typ A Dissektion, wie unter Punkt 1.3.7.1 „Typ A Dissektion“ beschrieben, empfohlen. Hierbei ist es irrelevant, ob die Versorgung der komplizierten Typ B Dissektion operativ oder interventionell erfolgt ist.

### **1.3.8 Empfehlungen der Leitlinien**

Die derzeit aktuellsten Leitlinien wurden von der European Society of Cardiology (ESC) 2014 unter dem Titel „2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult“ herausgegeben. In diesen Leitlinien sind genaue Empfehlungen bezüglich der Abklärung bei Aortenerkrankungen sowie allgemeine Empfehlungen für die Verlaufskontrollen nach Aortenerkrankungen enthalten. Weiters gibt es für verschiedene akute und chronische Erkrankungen der thorakalen und abdominalen Aorta bezüglich Diagnostik und Behandlung evidenzbasierte Empfehlungen (11).

#### **1.3.8.1 Empfehlungen für die Bildgebung bei Erkrankungen der Aorta**

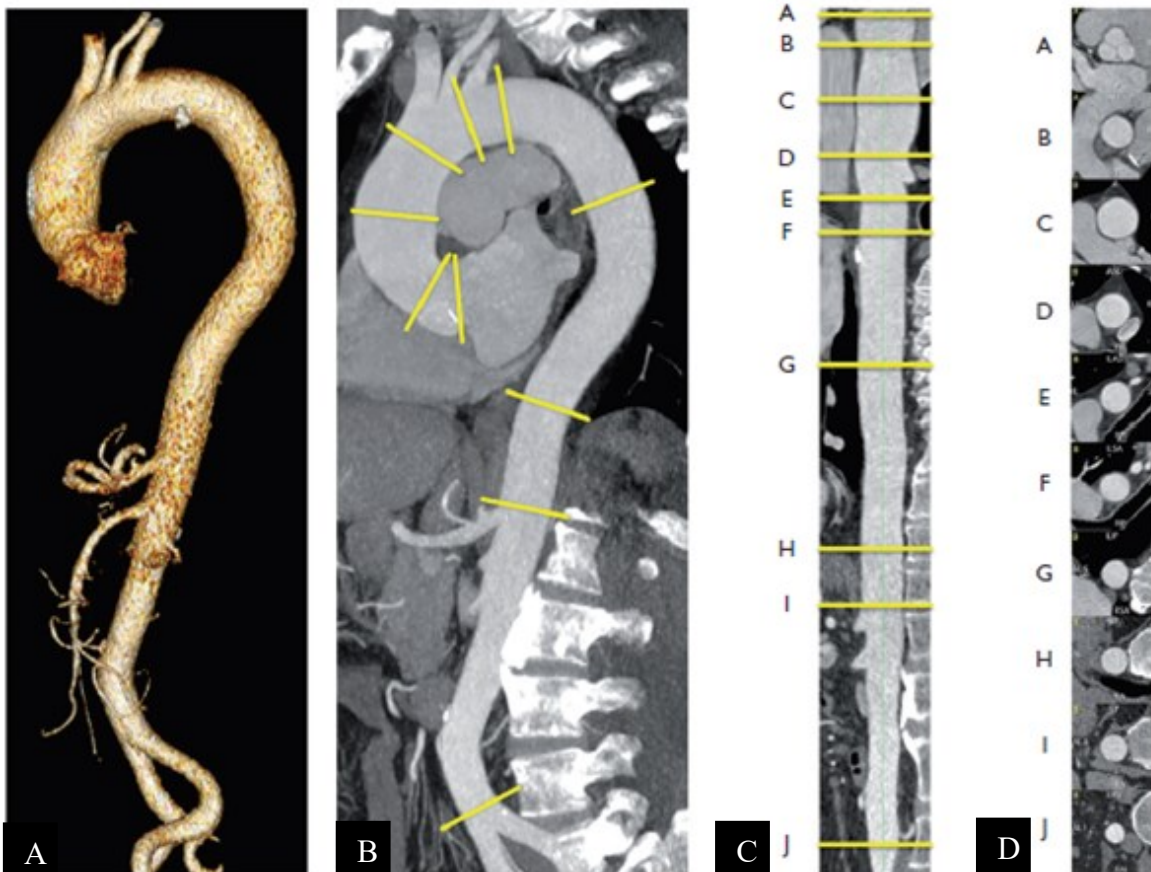
Bei Erkrankungen der Aorta sollten die Durchmesser der Aorta standardisiert vermessen werden. Um einen sicheren Vergleich der Durchmesser zu erreichen, sollten immer objektive Schnittbildverfahren angewandt werden. Eine zusätzliche EKG-Triggerung kann Bewegungsartefakte minimieren. Weiters sollte genau definiert sein, ob die Aortenwand mitgemessen wird, oder ob nur das Lumen vermessen wird. Zur Auswertung sollten, wenn vorhanden, 3D-Rekonstruktionen und besser noch Multiplanare Rekonstruktionen verwendet werden (11).

Empfehlungen	Empfehlungsgrad	Evidenzlevel
Es wird empfohlen, dass die Durchmesser an vordefinierten anatomischen Punkten senkrecht zur longitudinalen Achse vermessen werden.	I	C
Wenn Bildgebungen über einen längeren Zeitraum wiederholt durchgeführt werden, um den Durchmesser der Aorta zu vermessen, sollte das bildgebende Verfahren mit dem niedrigsten iatrogenen Risiko verwendet werden.	I	C
Wenn Bildgebungen über einen längeren Zeitraum wiederholt durchgeführt werden, um den Durchmesser der Aorta zu vermessen, sollte jedes Mal dasselbe bildgebende Verfahren verwendet werden.	I	C
Es wird empfohlen, dass alle relevanten Aortendurchmesser und Abnormalitäten vermerkt werden.	I	C
Vor bildgebenden Verfahren sollte die Nierenfunktion, das Vorliegen einer Schwangerschaft und mögliche frühere Kontrastmittelreaktionen evaluiert werden, um das beste bildgebende Verfahren zu wählen, mit Ausnahme von Notfällen.	I	C
Das Risiko der kumulativen Strahlenexposition sollte immer miteinbezogen werden, vor allem bei jüngeren Personen.	IIa	B
Aortendurchmesser sollten auf die Körperoberfläche bezogen werden.	IIa	B

**Tab. 2 Empfehlungen für die bildgebenden Verfahren zur Darstellung der Aorta [modifiziert nach (11)]**

In den Leitlinien werden anatomische Bezugspunkte definiert, an denen der Durchmesser der Aorta vermessen werden soll, um diese mit späteren Untersuchungen exakt vergleichen zu können. Folgende Stellen sollten vermessen werden (11):

- A Sinus valsalvae
- B Sinutubulärer Übergang
- C Mitte der Aorta ascendens
- D Vor dem Truncus brachiocephalicus
- E Mitte des Aortenbogens zwischen A. carotis communis sin. und A. subclavia sin.
- F 2 cm distal des Abgangs der A. subclavia sin.
- G Aorta descendens, Höhe der Pulmonalarterien
- H Aorta descendens, Höhe Zwerchfelldurchtritt
- I Über dem Abgang des Truncus coeliacus
- J Kurz vor der Aortenbifurkation



**Abb. 3 A: 3D-Rekonstruktion der thorakalen und abdominalen Aorta. B: Multiplanare Rekonstruktion. C: Begradigte multiplanare Rekonstruktion mit den unter Punkt 1.3.8.1 beschriebenen anatomischen Bezugspunkten. D: Transversale Schnitte der begradigten multiplanaren Rekonstruktion (11).**

### 1.3.8.2 Spezifische Empfehlungen für die Behandlung der Aortendissektion

Bei der Entscheidungsfindung, welche Behandlung für die jeweilige Person gewählt wird, ist der Typ der Aortendissektion der richtungsweisende Faktor. Prinzipiell sollten alle Betroffenen sofort eine medikamentöse Behandlung erhalten. Diese besteht aus ausreichender Analgesie, Senkung eines erhöhten Blutdruckes und Senkung einer erhöhten Herzfrequenz, sofern sich kein kardiogener Schock entwickelt hat (11).

Empfehlungen	Empfehlungsgrad	Evidenzlevel
Jede Person mit einer Aortendissektion sollte eine medikamentöse Therapie mit adäquater Analgesie und Blutdrucksenkung bekommen.	I	C
Personen mit einer Stanford Typ A Dissektion sollten sofort einer Operation unterzogen werden.	I	B
Bei Personen mit einer Stanford Typ A Dissektion und Organmalperfusionen sollte eine Hybridoperation in Erwägung gezogen werden.	IIa	B
Bei Personen mit unkomplizierter Stanford Typ B Dissektion ist eine medikamentöse Dauertherapie empfohlen.	I	C
Bei Personen mit unkomplizierter Stanford Typ B Dissektion sollte eine TEVAR in Erwägung gezogen werden.	IIa	B
Bei Personen mit komplizierter Stanford Typ B Dissektion sollte eine TEVAR durchgeführt werden.	I	C
Bei Personen mit komplizierter Stanford Typ B Dissektion sollte eine Operation in Erwägung gezogen werden.	IIb	C

**Tab. 3 Empfehlungen zur Behandlung von Aortendissektionen [modifiziert nach (11)]**

### ***1.3.8.2.1 Empfehlungen für die Behandlung bei Typ A Aortendissektion***

Bei der Typ A Dissektion ist die Operation das Mittel der Wahl, da es dadurch zu einer Reduktion der Mortalität nach einem Monat von 90 % auf 30 % kommt. Für die optimale Behandlung der Typ A Dissektion ist es relevant, welche Strukturen betroffen sind. Je nach Ausdehnung der Dissektion kann es unter Umständen auch notwendig sein die Aortenklappe oder die gesamte Aortenwurzel zu ersetzen. Welche Operationstechnik verwendet werden sollte, wird in den Leitlinien nicht ausgeführt. Wie weit die Aorta reseziert wird und ob Äste reseziert und ersetzt werden hängt immer davon ab, wie weit die Dissektion reicht. In einigen Fällen kann es auch notwendig sein, den Aortenbogen mit einem Prothesenrohr, welches für alle drei supraaortalen Äste Seitenabgänge besitzt, zu ersetzen. Sehr häufig wird dies in Kombination mit einem angefügten Stentgraft, welcher in der Aorta descendens implantiert wird durchgeführt. Dies wird dann als Frozen Elephant Technik bezeichnet. Die Prothese darf jedoch immer nur an die gesunde Wand der Aorta angenäht werden. Der größte Vorteil einer weit ausgedehnten Operation ist, dass die Therapie in einem einzeitigen Verfahren durchgeführt werden kann. Das Problem hierbei ist jedoch, dass diese Operationen technisch anspruchsvoller sind und eine deutlich längere Operationsdauer haben. Deshalb erfolgt eine individuelle Indikationsstellung bezüglich der exakten OP-Technik nach Inspektion des Situs letztlich erst intraoperativ und unter Berücksichtigung aller relevanten Nebenerkrankungen (11).

### ***1.3.8.2.2 Empfehlungen für die Behandlung der Typ B Aortendissektion***

Bei der Typ B Dissektion hängt die Entscheidung, welche Behandlung gewählt wird davon ab, ob es sich um eine komplizierte oder unkomplizierte Typ B Dissektion handelt.

Komplizierte Typ B Dissektionen sind jene Dissektionen, bei denen die Betroffenen zumindest eines der folgenden Symptome aufweisen:

- Persistierende oder rekurrende Schmerzen
- Unkontrollierbare Hypertension
- Rasche Erweiterung der Aorta
- Malperfusionen der inneren Organe
- Rupturzeichen (Hämothorax, zunehmendes periaortales oder mediastinales Hämatom)

Diese Dissektionen sollten rasch behandelt werden. Hierbei ist das Mittel der Wahl die endovaskuläre Therapie, TEVAR. Das Ziel dieser Therapie ist der Verschluss des primären Entry und der Perforationsstellen in der Aorta descendens. Dadurch soll erreicht werden,

dass es wieder zu einem normalen Blutfluss im wahren Lumen kommt. Da es bei der TEVAR einige Limitationen gibt, ist in ausgewählten Fällen die offene Operation die Therapie der Wahl, dies jedoch mit einem deutlich erhöhten Mortalitätsrisiko gegenüber der TEVAR.

Indikationen zur offenen Operation:

- massive Verengung der Beckenarterien, sodass die endovaskulären Katheter nicht eingebracht werden können
- Starke Schlingelung der Aa. iliacae
- Spitze Winkel des Aortenbogens
- Keine ausreichende proximale Verankerungszone des Stentgrafts

Bei der Operation sollte es zu einer kompletten Resektion des primären Entry und der dissezierten Aorta descendens kommen. Ersetzt wird das resezierte Stück mit einer Dacron-Prothese (11).

Personen mit einer unkomplizierten Typ B Dissektion werden zumindest eine Woche nach Ereignis stationär observiert. Während der ersten Woche des stationären Aufenthalts werden der Blutdruck, die Herzfrequenz, die Sauerstoffsättigung und die Schmerzen monitorisiert. Zusätzlich erfolgt eine ausreichende medikamentöse Behandlung, die im nächsten Absatz beschrieben wird (11).

Es erfolgt eine optimale medikamentöse Blutdruckeinstellung auf einen Blutdruck von  $\leq 130/80$  mmHg laut den aktuellen Leitlinien (10). Die konsequente Blutdruckeinstellung muss lebenslang erfolgen. Weiters ist das Heben von schweren Lasten und Kraftsport kontraindiziert. Ausdauersport ist unter Blutdruckkontrolle empfehlenswert. Die weitere Behandlung beinhaltet eine konsequente Blutdrucksenkung, ausreichende Schmerztherapie und die Kontrolle der Herzfrequenz. Zusätzlich werden engmaschige bildgebende Kontrollen mit MRA oder CTA benötigt, um Zeichen der Progression früh zu erkennen. Die derzeitige Datenlage zeigt, dass es durch eine TEVAR auch bei einer unkomplizierten Typ B Dissektion zu einer Verringerung der Progression der Erkrankung und der Aorta-assoziierten Mortalität kommt (11,12).

## 1.4 Magnetresonanztomographie

### 1.4.1 Allgemeine Grundlagen

Die MR ist ein bildgebendes Verfahren zur Erzeugung von Schnittbildern. Bei der Untersuchung wird keine Röntgenstrahlung verwendet, sondern der physikalische Effekt des Kernspins ausgenutzt.

Das Gerät benötigt zur Erzeugung der Bilder einen supraleitenden Magneten, Gradientenspulen, Hochfrequenzspulen und ein Rechnersystem.

Das MR-Gerät muss in einem abgeschirmten Untersuchungsraum sein (6).

### 1.4.2 Physikalische Grundlagen

Die Voraussetzung für die MR sind die Eigenschaften von Atomen mit ungerader Nukleonenzahl. Das häufigste in unserem Körper vorkommende Atom mit ungerader Nukleonenzahl ist das Wasserstoffatom.

Auf diesem Wissen basieren die weiteren Grundlagen für die MR. Jedes Proton besitzt einen Kernspin (Eigendrehimpuls). Dadurch bewegt sich eine elektrische Ladung, in diesem Fall positiv geladen, mit einer spezifischen Geschwindigkeit um die eigene Achse. Durch die Rotation entsteht ein magnetisches Dipolmoment (Abb. 4a) Im menschlichen Körper sind diese Dipole normalerweise ungeordnet (Abb. 4b). Durch ein starkes äußeres Magnetfeld können die Dipole parallel oder antiparallel entlang der Feldlinien ausgerichtet werden. Da ein Großteil der Protonen die energetisch günstigere parallele Ausrichtung einnehmen, entsteht eine Längsmagnetisierung (Abb. 4c) (6).

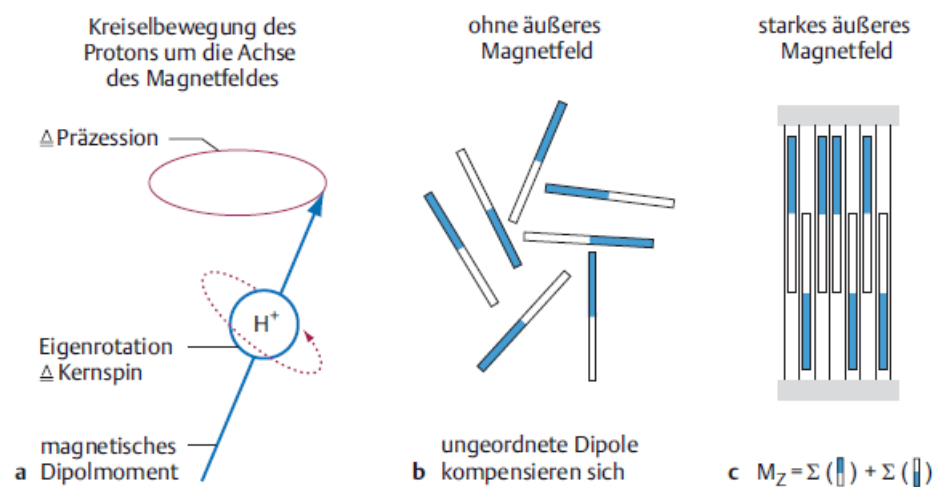
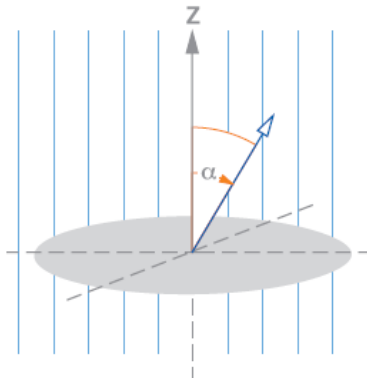


Abb. 4 Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomographie (6)

Ein weiterer wichtiger Begriff bei der MR ist die Präzession. Als Präzession wird die Bewegung von Atomkernen ungerader Nukleonenzahl um deren Längsachse (z-Achse) beschrieben. Durch ein starkes äußeres Magnetfeld wird den Protonen die Frequenz, mit der sie rotieren aufgezwungen. Diese Frequenz wird als Präzessionsfrequenz bezeichnet und hängt von der Stärke des äußeren Magnetfeldes und einer stoffspezifischen Konstante ab. Durch die Präzessionsfrequenz und die Ausrichtung der Protonen im Magnetfeld kann die Resonanz erst ermöglicht werden (6,13).

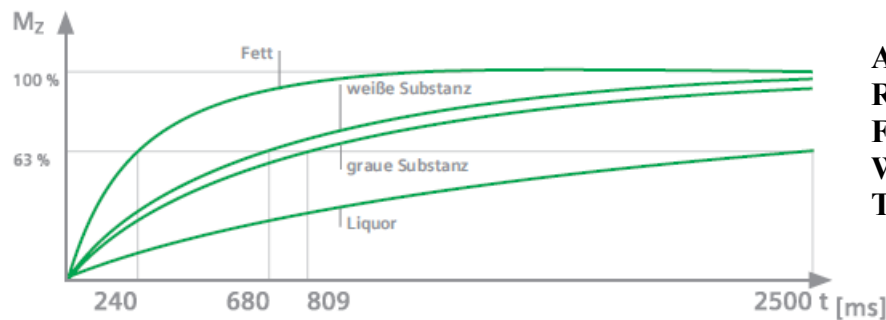
### 1.4.3 Bilderzeugung

Um MR Bilder erzeugen zu können wird ein sogenannter HF-Impuls benötigt. Durch einen HF-Impuls, mit der Präzessionsfrequenz der Protonen, wird auf diese Energie übertragen und die Präzessionsbewegung synchronisiert. Zusätzlich kommt es durch den HF-Impuls zu einer Auslenkung  $\alpha$  um die Z-Achse. Aufgrund dieser Auslenkung ist eine sogenannte Quermagnetisierung detektierbar (Abb. 5) (13).



**Abb. 5 Auslenkung der Magnetisierung (13)**

Durch den HF-Impuls kreisen die Protonen nun in der Quermagnetisierung mit der Präzessionsfrequenz, wobei eine elektrische Spannung entsteht. Endet der HF-Impuls, kommt es zur Längs- und Querrelaxation. Die Längsrelaxation bezeichnet den Vorgang der Protonen, wenn sie in den Grundzustand zurückkehren. Die Relaxationsvorgänge werden durch gewebespezifische Zeitkonstanten beschrieben (Abb. 6, Abb. 7). Die Längsrelaxation wird als  $T_1$  oder Spin-Gitter-Relaxationszeit bezeichnet. Die Querrelaxation beschreibt die Desynchronisation der Präzessionsbewegung und wird als  $T_2$  oder Spin-Spin-Relaxationszeit bezeichnet. Bei der Rückkehr in den Grundzustand entsteht ein magnetischer Impuls, der nun für die Erzeugung der Bilder genutzt wird (6,13).



**Abb. 6  $T_1$ -Relaxationszeit (13)**  
Fett hat eine kurze  $T_1$   
Wasser hat eine lange  $T_1$



**Abb. 7  $T_2$ -Relaxationszeit (13)**  
Fett hat eine lange  $T_2$   
Wasser hat eine kurze  $T_2$

Aus Abb. 6 und Abb. 7 ist ersichtlich, dass die beiden Relaxationszeiten für dasselbe Gewebe unterschiedlich sind. Für die unterschiedlichen Relaxationszeiten ist vor allem die Umgebung der Protonen von großer Bedeutung. Fettsäuren sind relativ große Moleküle in gut geordneten Gittern, wodurch die Protonen eine geringe Beweglichkeit haben. Dadurch führen die Feldschwankungen relativ rasch zu einer Änderung des Spinzustandes. Aufgrund dessen hat Fett eine relativ kurze  $T_1$ -Relaxationszeit. Im Gegensatz dazu kommt es bei der  $T_2$ -Relaxationszeit zur Desynchronisation der Präzessionsbewegungen. Auch hierbei ist das Gewebe wieder ein relevanter Punkt. In homogenem Gewebe wie Fett beeinflussen sich die Protonen nicht so stark wie in inhomogenem Gewebe wie Liquor. Dadurch kommt es in homogenem Gewebe zu einer längeren  $T_2$ -Relaxationszeit (13).

#### **1.4.4 Technische Begriffe**

- **Magnetfeldstärke:** Die exakte physikalische Bezeichnung der Magnetfeldstärke ist magnetische Induktion. Die magnetische Induktion beschreibt die Kraft eines Magnetfeldes die auf verschiedene magnetisierbare Teilchen wirkt. Die SI-Einheit ist Tesla [T]. (14)
- **Spezifische Absorptionsrate:** Die SAR dient der Sicherheit. Sie wird definiert durch die pro Zeiteinheit und pro Kilogramm Körpergewicht aufgenommene Energie durch die HF-Impulse. Durch diese Energie kann es zur Erwärmung von Körpergewebe kommen. Die Folge für den Körper ist die Belastung der Thermoregulation und des Herz-Kreislaufsystems. Bei lokalisierter, sehr hoher Energie durch HF-Impulse kann es im schlimmsten Fall zu Verbrennungen kommen. Um diese Komplikationen zu vermeiden wurden Grenzwerte festgelegt. Diese werden in Tab. 4 angeführt. Die Grenzwerte wurden von der U.S. Food and Drug Administration (FDA) und der International Electrotechnical Commission (IEC) festgelegt. Bei den Werten der IEC wurden die Werte auf eine durchschnittliche Dauer von 6 Minuten pro Sequenz normiert. Weiters wird durch die IEC in verschiedene Untersuchungslevel unterschieden. Bei den Untersuchungslevels handelt es sich um die spezifischen Einstellungen bei der MR. Bei dem normalen Level handelt es sich um den normalen Modus, der für Standarduntersuchungen verwendet wird (14,15).

Richtlinien	Durchschnittliche SAR gesamter Körper	Lokale SAR-Werte: Kopf, Stamm	Lokale SAR-Werte: Extremitäten
<b>IEC</b>			
Normal	2 W/kg (0,5°C)	10 W/kg	20 W/kg
Erstes Level	4 W/kg (1°C)	10 W/kg	20 W/kg
Zweites Level	4 W/kg (>1°C)	>10W/kg	>20 W/kg
Lokales Erwärmungslimit	39°C in 10g Gewebe		40°C in 10g Gewebe
<b>FDA</b>	4 W/kg in 15min	8 W/kg in 1g in 10min	12 W/kg in 1g in 5min

**Tab. 4 FDA und IEC Richtlinien für die SAR und die Erwärmung des Gewebes [modifiziert nach (15)]**

### 1.4.5 Messparameter

- Akquisitionszeit: Die Akquisitionszeit ist jene Zeit, die benötigt wird, um alle erforderlichen Daten zu messen. Diese sollte für jede Sequenz einzeln angegeben werden, da die Gesamtzeit unter anderem abhängig von der Schnelligkeit des technischen Personals ist. Weitere Einflussgrößen auf die Akquisitionszeit sind auch abhängig von der jeweiligen Person (Gewicht, Größe, Unruhe, Mithilfe bei der Untersuchung) (14).
- Sichtfeld: Das Sichtfeld ist jener Bereich, der vermessen wird. Es wird auch als Field of View (FOV) bezeichnet (14).
- Schicht: Die Schicht ist ein durch die Schichtposition, FOV und die Schichtdicke genau definierter dreidimensionaler Quader, in dessen Mitte die Bildebene liegt. (14)
- Flipwinkel: Der Flipwinkel ist jener Winkel, um den die Magnetisierung durch die Anregung mit einem HF-Impuls verändert wird (Abb. 5). Der Flipwinkel liegt je nach verwendeter Sequenz zwischen 0-180° (13,14).
- Repetitionszeit (TR): Die Repetitionszeit ist jene Zeit, die zwischen den HF-Impulsen liegt. Die TR beeinflusst, wie lange die Spins Zeit haben, sich wieder zu relaxieren. Je länger die TR ist, desto mehr Längsmagnetisierung steht bei dem nächsten HF-Impuls zur Verfügung (14,16).
- Echozeit (TE): Die Echozeit ist jene Zeit, die zwischen der Anregung durch den HF-Impuls und der Detektion des Signals, dem Echo, liegt (14).

### 1.4.6 Bildkontrast

Der Bildkontrast hängt von drei Parametern des Gewebes ab. Diese Parameter sind die Protonendichte, die  $T_1$ -Zeit und die  $T_2$ -Zeit. Aufgrund dessen, dass sich diese Parameter von Gewebe zu Gewebe teilweise sehr stark unterscheiden, können je nach Messsequenz unterschiedliche Kontraste entstehen. Wesentlich für die Kontrastierung sind die Repetitionszeit und die Echozeit. Wählt man eine kurze Repetitionszeit, kann Gewebe mit einer kurzen  $T_1$ -Zeit sich relaxieren, Gewebe mit langer  $T_1$ -Zeit jedoch nicht so stark. Daher erscheint Gewebe mit kurzer  $T_1$ -Zeit bei kurzer Repetitionszeit hell. Wählt man eine kurze Echozeit, so gibt es nur geringe Signalintensitätsunterschiede und dadurch ist Gewebe mit langer  $T_2$ -Zeit dunkel (16).

Gewünschte Wichtung	TR	TE	Helligkeit wässrige Flüssigkeit
$T_1$ -gewichtet	Kurz	Kurz	Dunkel
$T_2$ -gewichtet	Lang	Lang	Hell

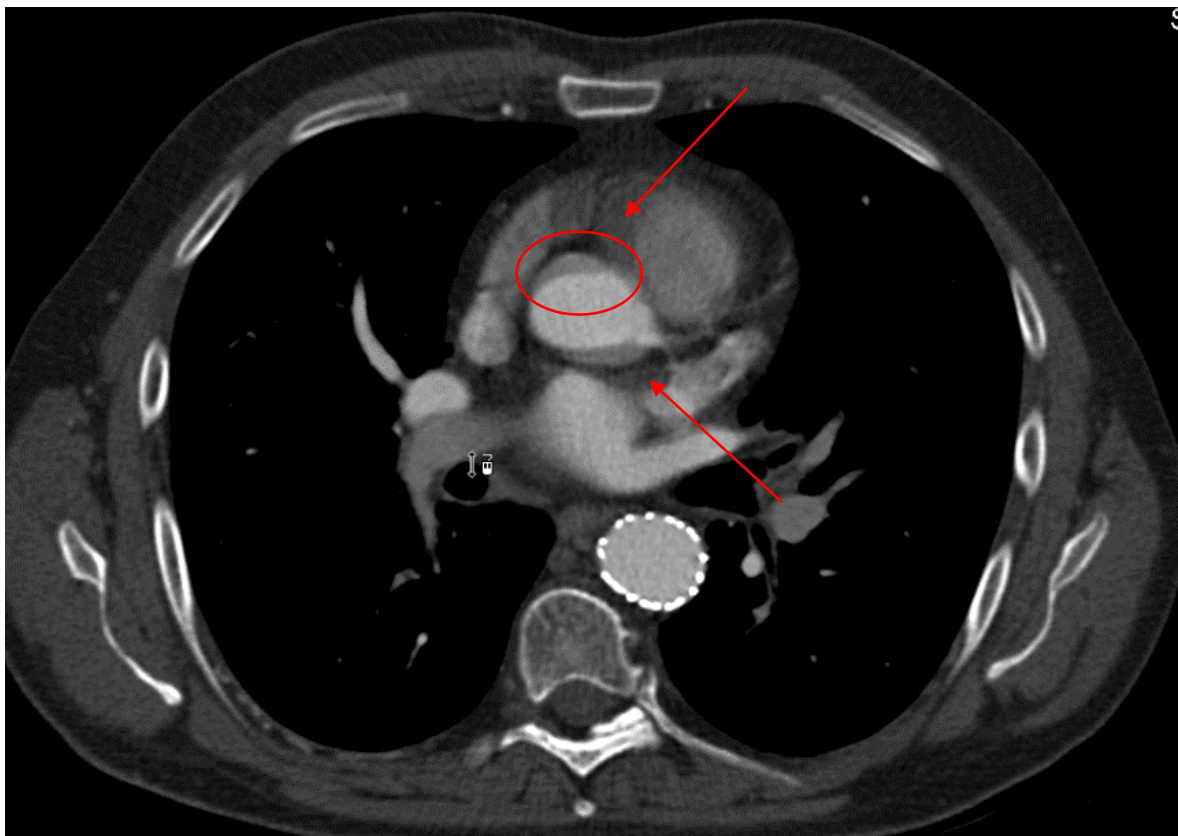
**Tab. 5 Helligkeiten in Abhängigkeit von der Repetitionszeit und der Echozeit [modifiziert nach (16)]**

### 1.4.7 Artefakte

Artefakte in der MR können durch verschiedenste Mechanismen entstehen. Solche Mechanismen können einen physiologischen oder physikalischen Ursprung haben. Beispiele für physikalische Artefakte wären Artefakte durch Implantate oder Kontrastmittelunregelmäßigkeiten. Die beiden für diese Arbeit relevantesten Artefakte, das Bewegungsartefakt und das Suszeptibilitätsartefakt, werden hier genauer beschrieben (17).

#### 1.4.7.1 Bewegungsartefakt

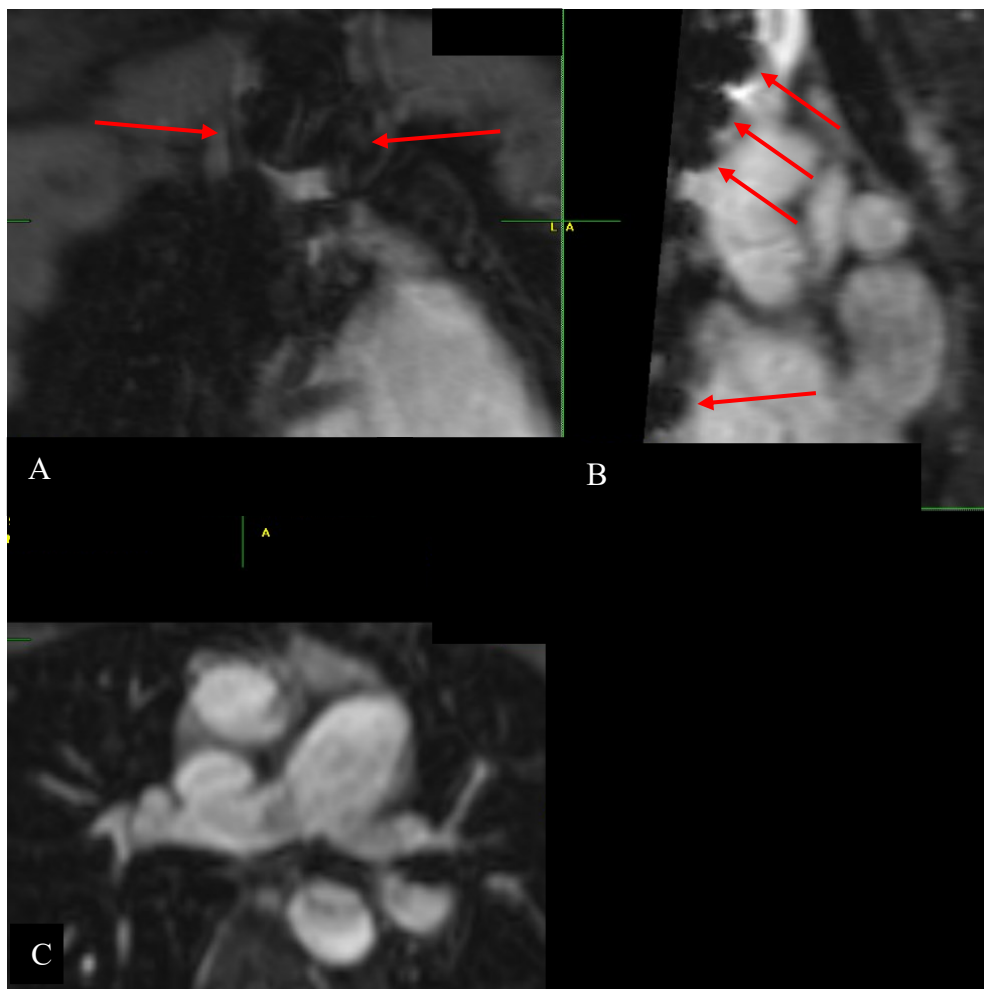
Bewegungsartefakte entstehen durch die Bewegung von zu untersuchenden Strukturen. Im Rahmen der Bildgebung der Aorta können Bewegungsartefakte durch die Atmung, die Bewegung des Herzens oder der Aorta, den Blutfluss oder auch durch externe Bewegungen entstehen. Artefakte, die durch die Bewegung des Herzens und der Aorta entstehen, werden auch Pulsationsartefakte genannt. Diese Artefakte können durch die Atemanhaltetechnik und/oder eine EKG-Triggerung bei der Bildgebung verringert werden (17).



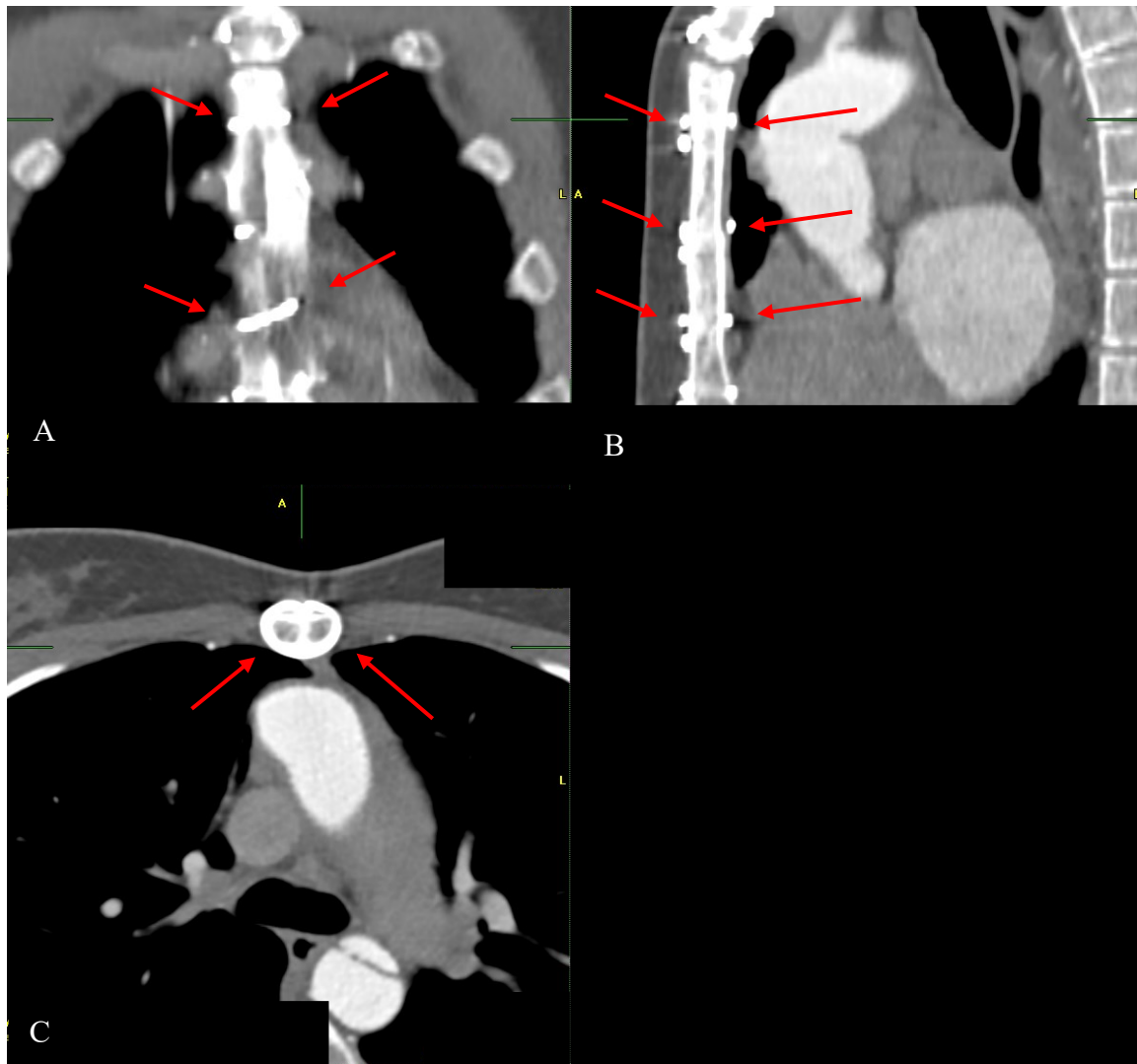
**Abb. 8 Pulsationsartefakt der Aorta ascendens bei einer CT Untersuchung erkennbar an einer Doppelkontur der Aorta ascendens**

### 1.4.7.2 Suszeptibilitätsartefakt

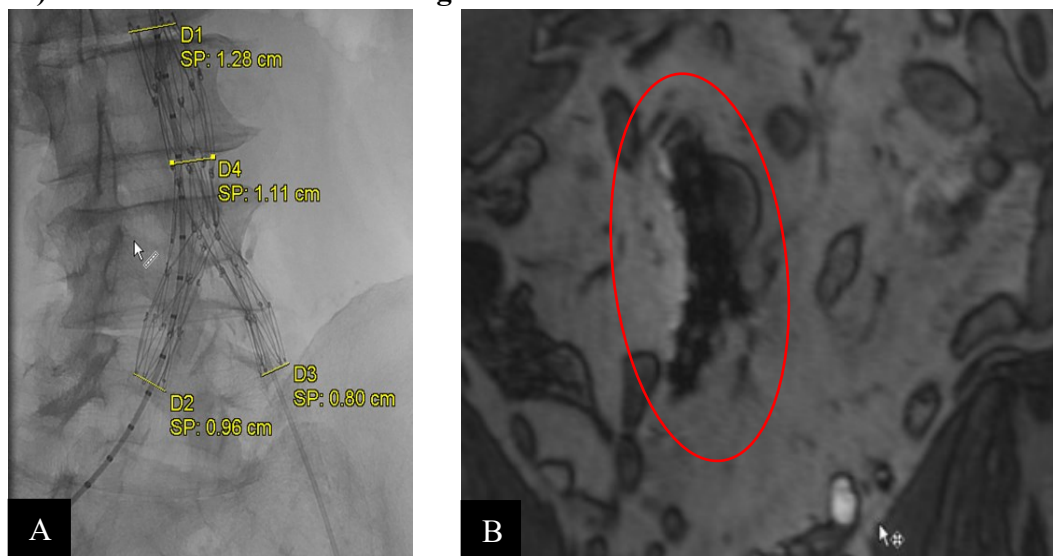
Suszeptibilitätsartefakte entstehen dadurch, dass an Grenzflächen zwischen Geweben mit unterschiedlicher Magnetisierbarkeit Feldinhomogenitäten entstehen. Normalerweise sind diese Inhomogenitäten aber so gering, dass keine Artefakte entstehen. Wie in Abb. 11 erkennbar gibt es Gefäßstents, die ungewöhnlich starke Suszeptibilitätsartefakte zeigen und dadurch die Lumenerkennbarkeit hochgradig eingeschränkt ist. Die meisten der hier ausgewerteten Aorten erhielten jedoch Gefäßstents, bei denen die Artefakte deutlich geringer waren und als nicht relevant eingestuft werden können. Ferromagnetische Objekte hingegen sind deutlich besser magnetisierbar als andere Stoffe und können hier zu Signalverstärkungen führen. Nicht ferromagnetische Metalle führen zu Signalauslöschungen wie in Abb. 11 sichtbar (17,18). In Abb. 10 ist im Vergleich zu den MR-Untersuchungen eine CT-Untersuchung mit Artefakten durch Sternumdrahtcerclagen zu sehen.



**Abb. 9 Suszeptibilitätsartefakt von Sternumdrahtcerclagen (rote Pfeile). In der transversalen Schicht sind keine Artefakte erkennbar. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 10** Artefakte durch Sternumdrahtcerclagen in einer CT-Untersuchung (rote Pfeile). A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht



**Abb. 11 A:** Postinterventionelle Angiographie der Aorta abdominalis mit eingelegtem Endologix AFX Stent. **B:** Postinterventionelle MRA nach Einlage eines Endologix AFX Stent mit Suszeptibilitätsartefakt durch den verwendeten Stent

### **1.4.8 Kontrastmittel**

Bei der MR-Bildgebung werden Kontrastmittel zur Verbesserung der diagnostischen Aussagekraft verwendet. Durch die Kontrastmittel kommt es zu Signalveränderungen und Veränderung der MR-Eigenschaften von Gewebe. Aufgrund dieser Eigenschaften können einige Strukturen und Pathologien besser dargestellt werden. Von dem verwendeten Kontrastmittel, der Sequenzgewichtung und auch von den physiologischen Parametern hängt es ab, durch welchen Einflussfaktor das Bild am Meisten beeinflusst wird. Derzeit werden nur gadoliniumhaltige Kontrastmittel verwendet. Diese können die Relaxationszeiten verkürzen, wobei meist die  $T_1$ -Verkürzung in der Bildgebung verwendet wird. Ein großer Vorteil der MR-Untersuchung gegenüber dem CT ist, dass deutlich weniger Kontrastmittelvolumen appliziert werden muss, um die gewünschten Bilder zu akquirieren. Zusätzlich sind die MR-Kontrastmittel auch für die Niere deutlich besser verträglich. Insgesamt ist die Nebenwirkungsrate im Vergleich zu Röntgenkontrastmitteln deutlich geringer. Eine nicht außer Acht zu lassende Komplikation ist die nephrogene systemische Fibrose bei Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion. Bei Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion wird vor einer MR-Untersuchung die eGFR bestimmt, um die Nierenfunktion zu monitorisieren. Am LKH Universitätsklinikum Graz wird derzeit nur zyklisches MR-Kontrastmittel verwendet. Daher gab es bis heute hierorts keinen Fall einer nephrogenen systemischen Fibrose im Rahmen einer MR-Untersuchung, welche auf zyklische Kontrastmittel zurückzuführen wären. Dies wurde in der multizentrischen und prospektiven GRIP-Studie nachgewiesen (16,19,20).

Die verwendeten Kontrastmittel sind unter Punkt 2.4.1 „Verwendete Kontrastmittel“ angeführt.

### **1.4.9 Kontraindikationen der Magnetresonanztomographie**

Für die MRT gibt es absolute und relative Kontraindikationen. Absolute Kontraindikationen sind lediglich Cochlea-Implantate. Relative Kontraindikationen sind Herzschrittmacher, Gefäßclips, vor allem intrakraniell gelegen, Cava-Schirme je nach Material, Splitter mit ferromagnetischem Material abhängig von der Lage und Größe, beispielsweise Granatsplitter, sowie Frühschwangerschaft und Klaustrophobie. Bei mechanischen Herzklappen muss eine exakte Anamnese und Prüfung der MR-Tauglichkeit bei jeder Person erfolgen. Hier kann keine pauschale Aussage bezüglich der MR-Tauglichkeit gemacht werden (6).

Die Klaustrophobie kann durch eine Sedierung vorbeugend behandelt werden. Mit der Sedierung sind zwar minimale Risiken verbunden, aber durch die MR kann die Exposition mit ionisierender Strahlung, die durch CT-Untersuchungen entstehen würde, komplett eliminiert werden. Weiters wurde in einer Studie gezeigt, dass Personen die klaustrophobisch sind und mehrere MR Untersuchungen haben, bei den darauffolgenden MR Untersuchungen ruhiger sind (21). Um alle Kontraindikationen für die MR zu erheben wird an der Universitätsklinik für Radiologie ein standardisierter Fragebogen verwendet. Dies ist vor einer MR verpflichtend. Der Fragebogen ist im Anhang den Seiten 106 und 107 zu entnehmen.

### ***1.5 Magnetresonanztangiographie***

Die Magnetresonanztangiographie (MRA) ist eine Sonderform der MR. Sie wird verwendet um Gefäße sowie deren Umgebung genau darzustellen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Sequenzen, die mittels kontrastmittelunterstützter MRA (ce-MRA) akquiriert wurden, verwendet. Es gibt noch andere Formen der MRA, welche auch ohne Kontrastmittel durchgeführt werden können. Auf diese wird jedoch hier nicht eingegangen (16).

Als erster Schritt wird bei der ce-MRA ein Nativ-MR der zu untersuchenden Region durchgeführt. Nach dieser Aufnahme wird ein Testbolus des Kontrastmittels appliziert, um die Kontrastmittelkreislaufzeit zu messen. Danach kommt es zur Applikation von Kontrastmittel und der Aufnahme der ce-MRA Bilder. Im Rahmen der ce-MRA wird durch das Kontrastmittel das Blut und somit auch die Gefäßlumina in T<sub>1</sub>-gewichteten Sequenzen hell dargestellt. Durch Subtraktion der Nativscans vom Kontrastmittelscan mittels speziellen Computersystemen können die Gefäße ohne das umliegende Gewebe und in einer 3D-Rekonstruktion dargestellt werden (16,22).

Der Unterschied zur konventionellen MR ist vor allem die exakte Darstellung der Gefäße und etwaiger Pathologien dieser (16).

## ***1.6 Auswertesystem „syngo.plaza“***

Beim Auswertesystem „syngo.plaza“ handelt es sich um ein System, welches von der Radiologie für die Durchschau der akquirierten Bilder, sowie für die Vermessung verwendet wird. Hierbei können verschiedene Funktionen durchgeführt werden. Am relevantesten ist in dieser Arbeit die multiplanare Rekonstruktion (MPR). Mittels dieser MPR kann, wie in Abb. 12 ersichtlich, die Aorta genau vermessen werden. Aufgrund dieser Messungen ergeben sich auch immer zwei Messpunkte, die vermerkt wurden. Bei diesen Messungen ist darauf zu achten, dass möglichst orthogonal vermessen wird, um nicht durch ein Verkippen den Durchmesser quer und somit falsch zu messen. Bei der grünen Linie handelt es sich um die richtige Durchführung der Messung. Die roten Linien demonstrieren eine falsche Messung. Die Messpunkte können lediglich im Befund des MR vermerkt, jedoch nicht gespeichert werden. Somit ist ein Vergleich mit weiteren MR-Untersuchungen schwierig.

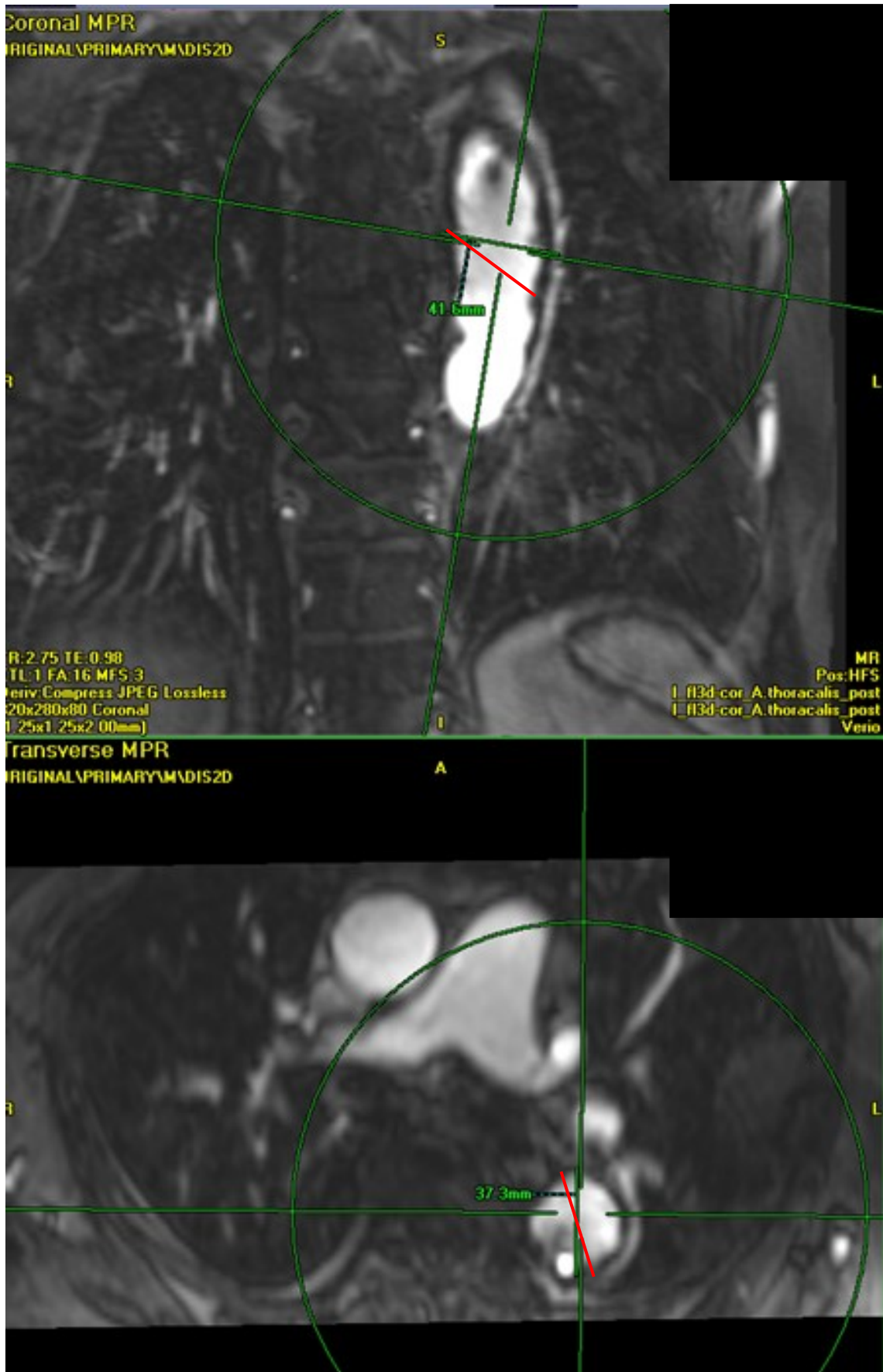
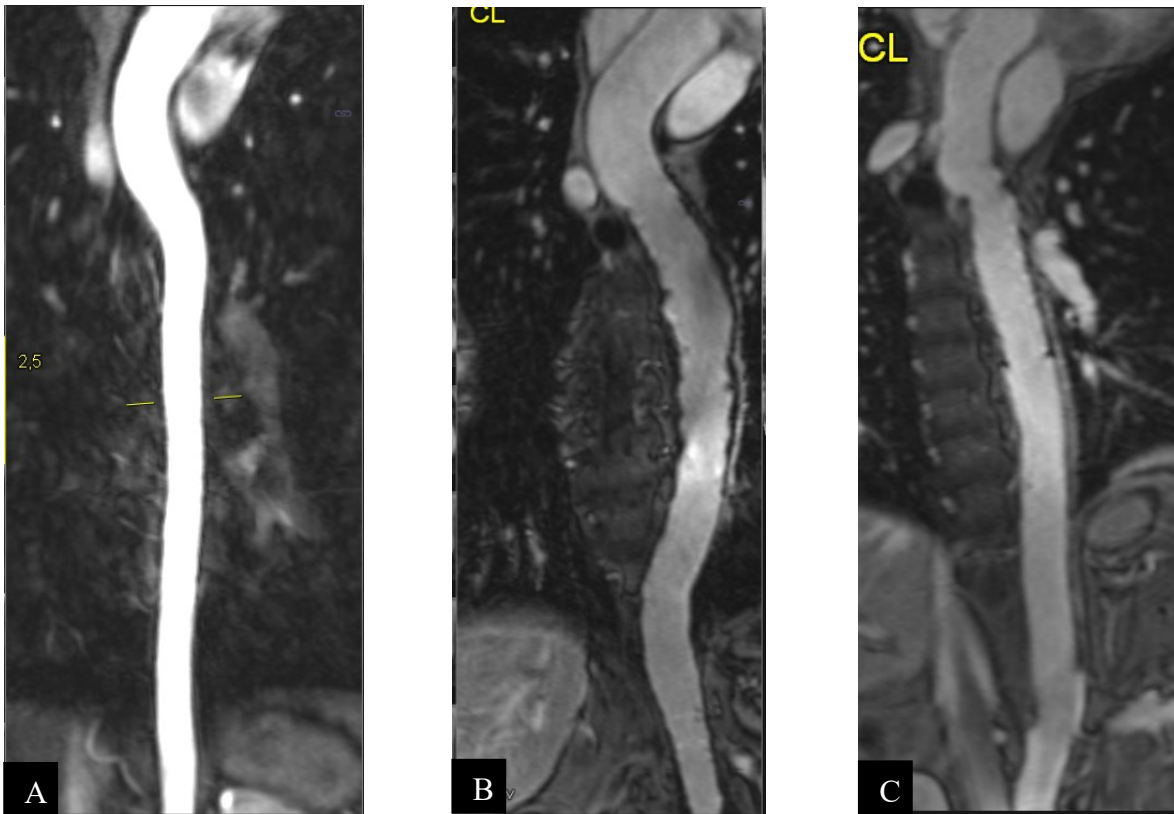


Abb. 12 Vermessung des Durchmessers der thorakalen Aorta. Grüne Linie korrekte Messung. Rote Linie nicht orthogonal durchgeführte Messung.

## ***1.7 Auswertesystem „syngo.via“***

Für die Auswertung im System „syngo.via“ muss die gewünschte Untersuchung zuerst an einen bestimmten Server geschickt werden, dass die Untersuchung verfügbar ist. Die Dauer variiert hier aus unerklärlichen Gründen von Untersuchung zu Untersuchung. Bei diesem System gibt es für die unterschiedlichen radiologischen Teilgebiete exakt angepasste und auf die notwendigen Tools reduzierte Anwendungen. Für diese Arbeit relevant war die Anwendung „MR Angiography“ mit dem Unterpunkt „MR Vascular“. Bei dieser Anwendung wird das gewünschte Gefäß, in diesem Fall die Aorta, von dem System herausgerechnet und als begradierte MPR dargestellt. Zusätzlich muss das Gefäß meist noch händisch angepasst werden. Dadurch ergibt sich auch bei diesem Programm eine subjektive Komponente. Die weiteren Messungen, wie die Erhebung des Durchmessers, der Länge oder auch einer Stenose werden dann anhand dieser MPR durchgeführt. In Abb. 13 werden verschiedene multiplanare Rekonstruktionen dargestellt. In Abb. 14 wird die Durchführung einer Messung am Messpunkt 8, unmittelbar proximal der Aortenbifurkation, dargestellt. Die Messungen können entlang einer sogenannten Centerline (CL), welche die Mittelpunkte der Gefäßquerschnitte verbindet, an jedem beliebigen Ort im Gefäß durchgeführt werden. Bei der CL handelt es sich um die gelbe Linie in der Übersichtsdarstellung, markiert durch ein grünes Oval. Die Messungen der Durchmesser wurden an den in Punkt 2.5 beschriebenen Orten durchgeführt. Für die Berechnungen wurden die beiden Durchmesser, markiert durch ein rotes Oval, notiert. Die durchgeführte Messung kann dann gespeichert, zu jedem Zeitpunkt rearchiviert und dargestellt werden.



**Abb. 13 A: Centerline-Rekonstruktion einer unauffälligen Aorta. B: Centerline-Rekonstruktion einer Aorta mit thorakalem Aortenstent. C: Centerline-Rekonstruktion einer Aorta mit supracoaronalen Ascendensersatz und totalem Aortenbogensersatz.**

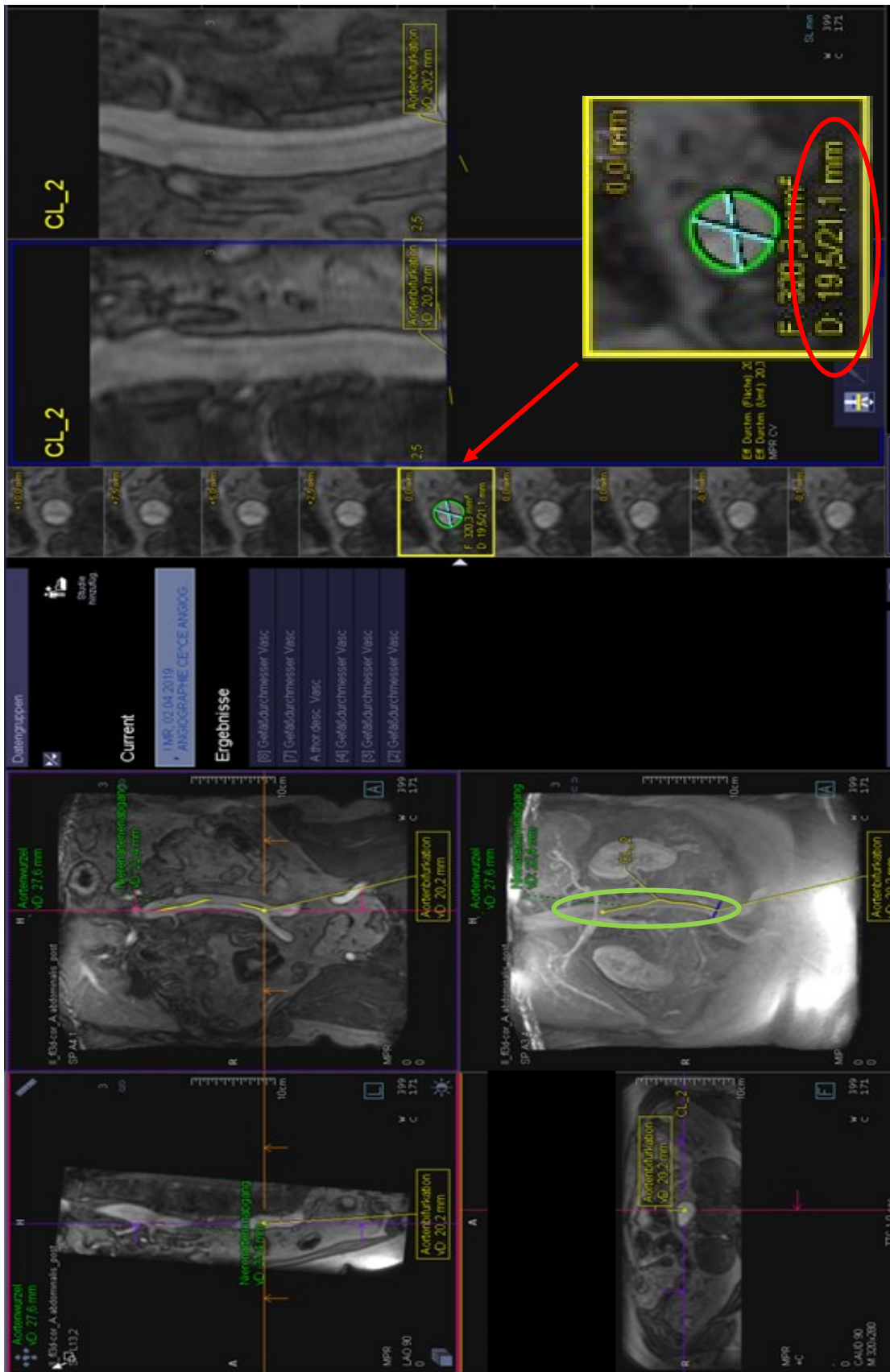


Abb. 14 Darstellung einer Messung mittels „syngo.via“. Messung am Messpunkt 8 (Aortenbifurkation) entlang der Centerline (grünes Oval). Vergrößerung des gelb eingerahmten Kästchens zur Darstellung der abgelesenen Durchmesser (rotes Oval).

## **2 Material und Methoden**

### ***2.1 Studiendesign***

Es handelt sich bei dieser Studie um eine monozentrische, retrospektive Datenanalyse. Für die Durchführung dieser Studie gab es am 17.01.2019 ein positives Votum der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz mit der Nummer 31-150 ex 18/19.

Die Abfrage von Personen mit dem Wort Aortendissektion in der Zuweisung oder im Befund bei denen eine MR-Untersuchung durchgeführt wurde, erfolgte durch das Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz (IMI). Die Datenanalyse erfolgte indirekt personenbezogen.

### ***2.2 Statistische Auswertung***

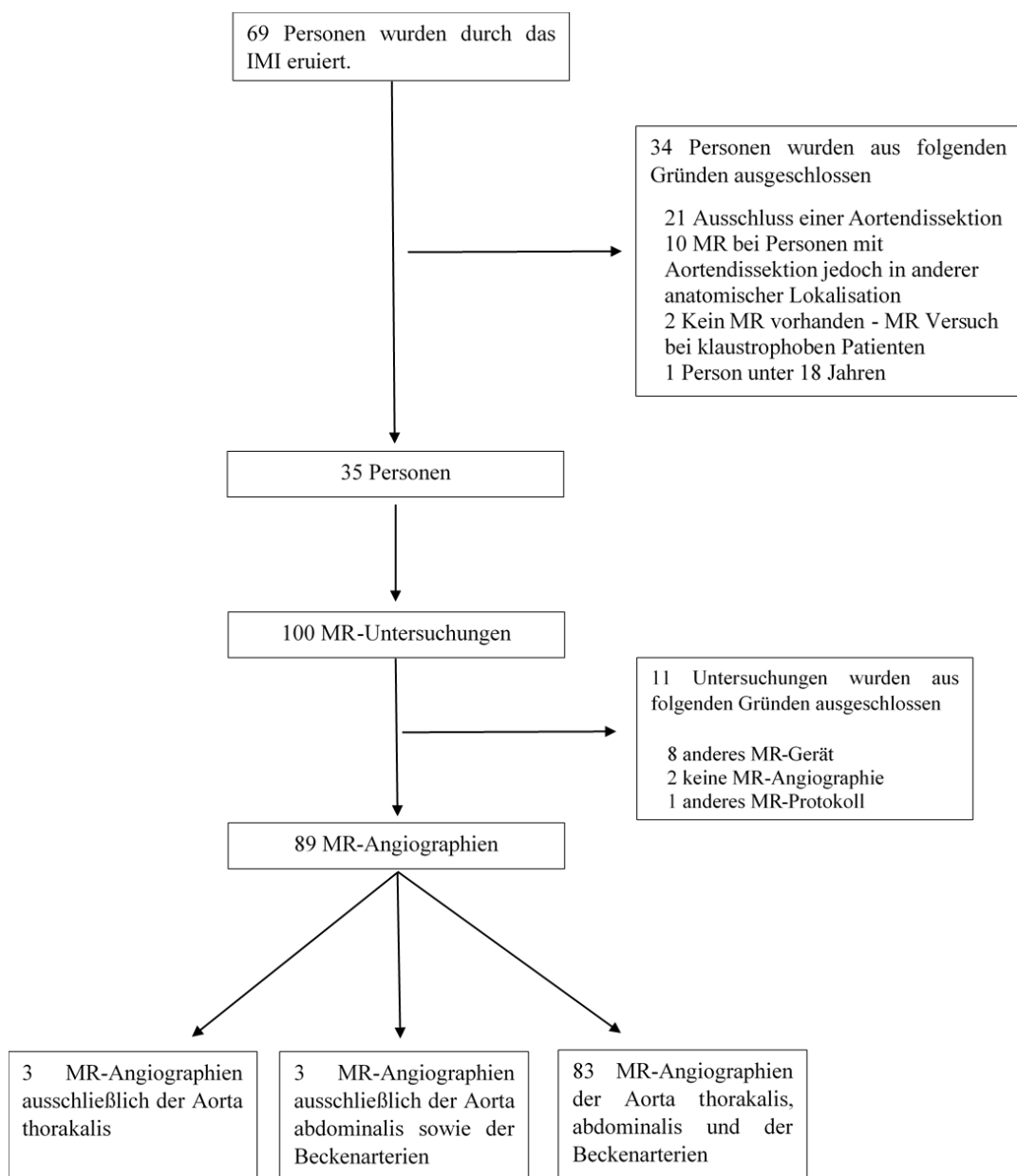
Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics Version 25 durchgeführt. Die verwendeten statistischen Parameter werden in den jeweiligen Unterpunkten angeführt.

### ***2.3 Deskriptive Statistik***

Personen mit folgenden Kriterien wurden bei der Studie eingeschlossen: St.p. Aortendissektion, Alter über 18 Jahre. Jene Personen, die in die Datenauswertung miteinbezogen wurden, benötigten mindestens eine Kontroll-MR-Angiographie im Verlauf. Eine genaue Darstellung der Personenzahl und der MR-Angiographien erfolgt unter Punkt 2.3.1 „Relevante MR-Angiographien“. Schwangere oder nicht persönlich einwilligungsfähige Personen befanden sich in diesem retrospektiven Datenkollektiv nicht.

### 2.3.1 Relevante MR-Angiographien

In folgender Abbildung wird dargestellt, warum einige Personen und MR-Untersuchungen ausgeschlossen werden mussten. Aufgrund anderer verwendeter MR-Protokolle wurden noch zwei Personen ausgeschlossen, somit gab es bei 35 Personen insgesamt 89 relevante MR-Angiographien. Jene MR-Angiographien, die in der EBA durchgeführt wurden, wurden ausgeschlossen. Dieses Gerät hat ein deutlich kleineres FOV und an den Bildrändern entstehen deutlich mehr Artefakte. Dadurch ist die Bildqualität, die durch dieses Gerät erreicht wurde, nicht vergleichbar mit der durch die an der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie, vaskuläre und interventionelle Radiologie vorhandenen Geräte.



**Abb. 15 Darstellung der relevanten MR-Angiographien**

## 2.4 Magnetresonanztomographie

An der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie, vaskuläre und interventionelle Radiologie werden die MRA mit einem Siemens MAGNETOM Verio® 3.0 T Gerät durchgeführt. Bei der MRA der thorakalen Aorta wurden die in Tab. 6, bei der abdominalen Aorta die in Tab. 7, angeführten Einstellungen am häufigsten verwendet. Weiters sind in der Tab. 6 sowie in Tab. 7 auch die minimalen und maximalen Werte der verwendeten Einstellungen angeführt.

	Flipwinkel [°]	Repetitionszeit [ms]	Schichtdicke [mm]	Echozeit [ms]
Modus	18	2,75	2,0	0,95
Minimum	14	2,58	1,4	0,88
Maximum	22	3,06	4,0	1,10

**Tab. 6 Technische Parameter der MRA der thorakalen Aorta**

	Flipwinkel [°]	Repetitionszeit [ms]	Schichtdicke [mm]	Echozeit [ms]
Modus	18	2,75	1,5	0,98
Minimum	15	2,58	1,3	0,88
Maximum	21	3,06	3,0	1,10

**Tab. 7 Technische Parameter der MRA der abdominalen Aorta**

### 2.4.1 Verwendete Kontrastmittel

Bei den MRA wurden das Kontrastmittel Gadovist® und das Kontrastmittel Dotarem® verwendet. In Tab. 8 und Tab. 9 wird dargestellt, welches Kontrastmittel wie häufig, wie viele Milliliter im Durchschnitt sowie am häufigsten bei einer MRA der thorakalen, der abdominalen oder der gesamten Aorta verwendet wurde.

	Gadovist®	Dotarem®
MRA der thorakalen Aorta	3	0
MRA der abdominalen Aorta	3	0
MRA der gesamten Aorta	78	5
Gesamtanzahl der Untersuchungen	84	5

**Tab. 8 Numerische Häufigkeiten der verwendeten Kontrastmittel in der MRA**

	Median [ml]	Modus [ml]	Minimum [ml]	Maximum [ml]
Gadovist®	10	10	5	11
Dotarem®	15	12	12	20

**Tab. 9 Verwendete Kontrastmittelmengen bei MRA der gesamten Aorta (n=83)**

Bei drei Untersuchungen wurde lediglich eine MRA der thorakalen Aorta durchgeführt. Hier wurden einmal 6 ml und zweimal 10 ml Kontrastmittel verwendet. Bei drei Untersuchungen wurde lediglich eine MRA der abdominellen Aorta durchgeführt. Hier wurde jeweils einmal 6 ml, 8,5 ml und 15 ml verwendet. Die Menge des verwendeten Kontrastmittels variiert aufgrund des unterschiedlichen Körpergewichts der betroffenen Personen auch innerhalb einer Substanz. Die Variation der Kontrastmittelmenge zwischen den beiden unterschiedlichen Kontrastmittelarten beruht auf der unterschiedlichen Molarität. Bei Dotarem® beträgt die Molarität 0,5 mol/l, bei Gadovist® 1 mol/l.

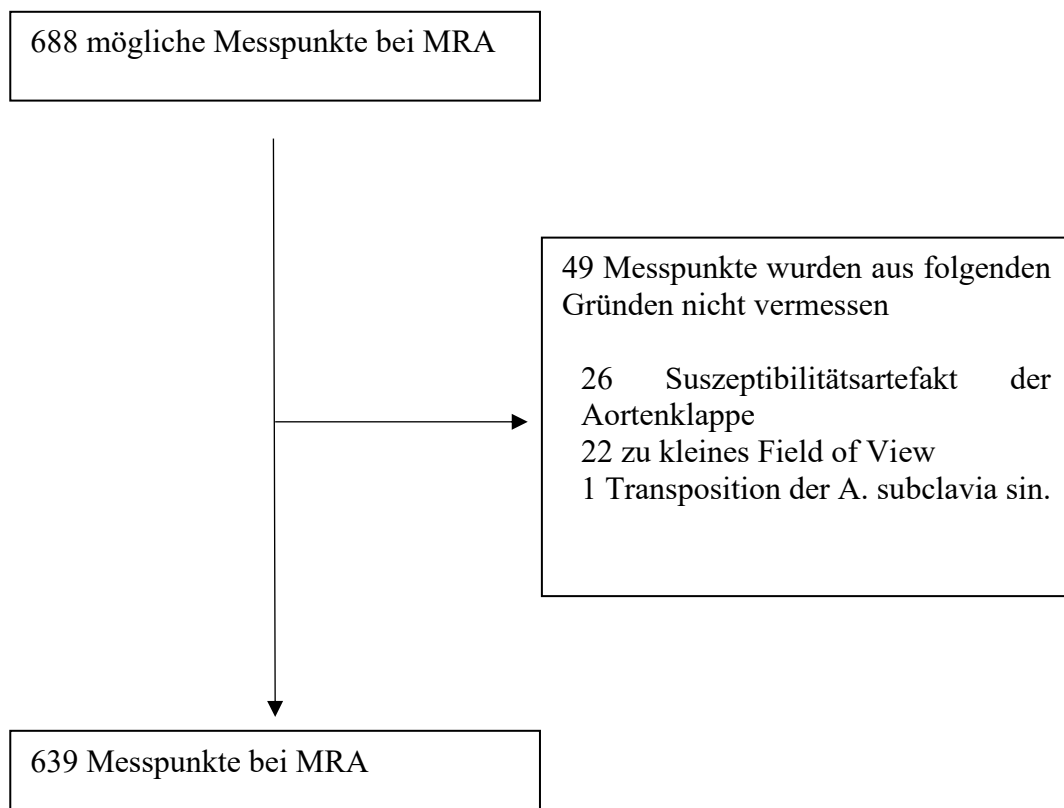
## ***2.5 Messpunkte für die Erhebung der Durchmesser mittels „syngo.via“ und „syngo.plaza“***

Es wurden in „syngo.via“ und „syngo.plaza“ die Messungen des Durchmessers der Aorta an den folgenden Stellen durchgeführt:

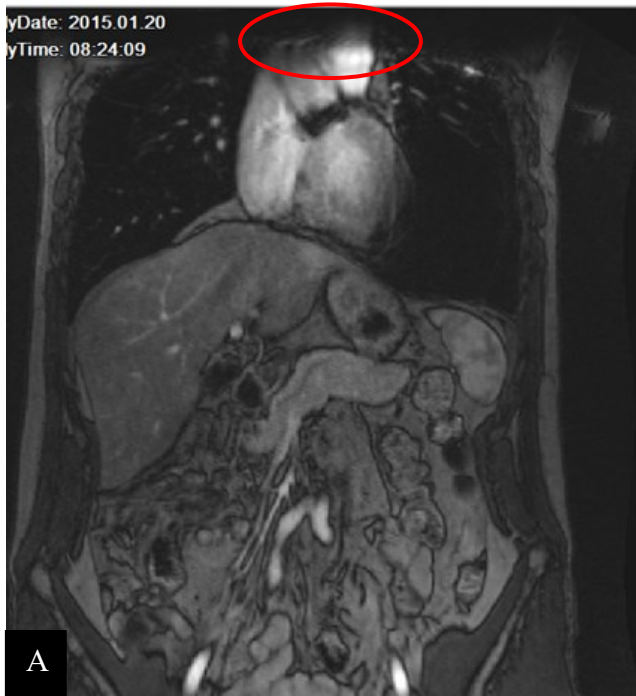
1. Sinus Valsavae
2. Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser
3. Unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus
4. Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin.
5. Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser
6. Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts
7. Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie
8. Unmittelbar proximal der Aortenbifurkation

Die Messpunkte wurden anhand der Leitlinien, wie unter 1.3.8.1 „Empfehlungen für die Bildgebung bei Erkrankungen der Aorta“ angeführt, ausgewählt. Der Messpunkt 5 wurde adaptiert, weil im Rahmen von Aortendissektionen und diesen Kontrollen der maximale Aortendurchmesser einer der relevantesten Punkte der bildgebenden Verfahren ist. Der Messpunkt 7 wurde adaptiert, da dieser nicht standardmäßig erhoben wird. Im Einzelfall können alle Messpunkte an den Abgängen der Viszeralarterien relevant werden. Hierbei gibt es verschiedenste Normvarianten der Abgänge. Weiters wurde dieser Messpunkt unmittelbar proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie so exakt definiert, da die Nierenarterien eine sehr hohe Variabilität im Sinne der Anzahl und der Ursprungshöhe aufweisen.

Aus den acht oben genannten Messpunkten ergeben sich somit bei 83 MRA der gesamten Aorta, 3 MRA der thorakalen Aorta und 3 MRA der abdominalen Aorta insgesamt 688 Messpunkte. 49 Messpunkte konnten nicht vermessen werden, wodurch sich 639 mögliche Messpunkte ergaben. In Abb. 16 wird dargestellt, aus welchen Gründen die 49 Messpunkte nicht vermessen werden konnten. In Abb. 17 wurde ein zu kleines FOV gewählt, hier in der sagittalen Einstellung am besten sichtbar. Die Messungen an der Aorta waren hier nicht möglich, da die Aorta nicht als Ganzes abgebildet war. Hierbei handelt es sich um einen Planungsfehler durch die medizinisch-technischen RadiologieassistentInnen. In Abb. 17 A ist sichtbar, dass hier der Aortenbogen nicht in die Untersuchung mit einbezogen wurde. Dadurch sind einerseits die Abgänge der supraaortalen Arterien nicht sichtbar und der Aortenbogen ist nicht komplett dargestellt.

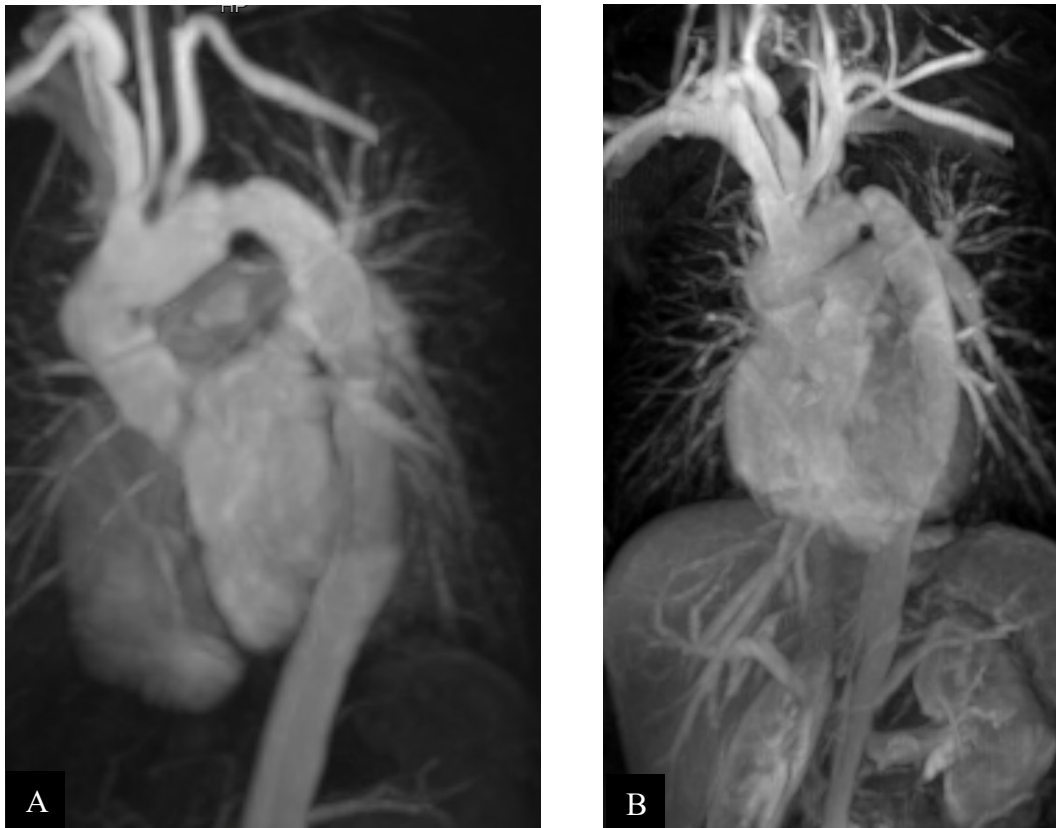


**Abb. 16 Darstellung der möglichen Messpunkte der MRA**



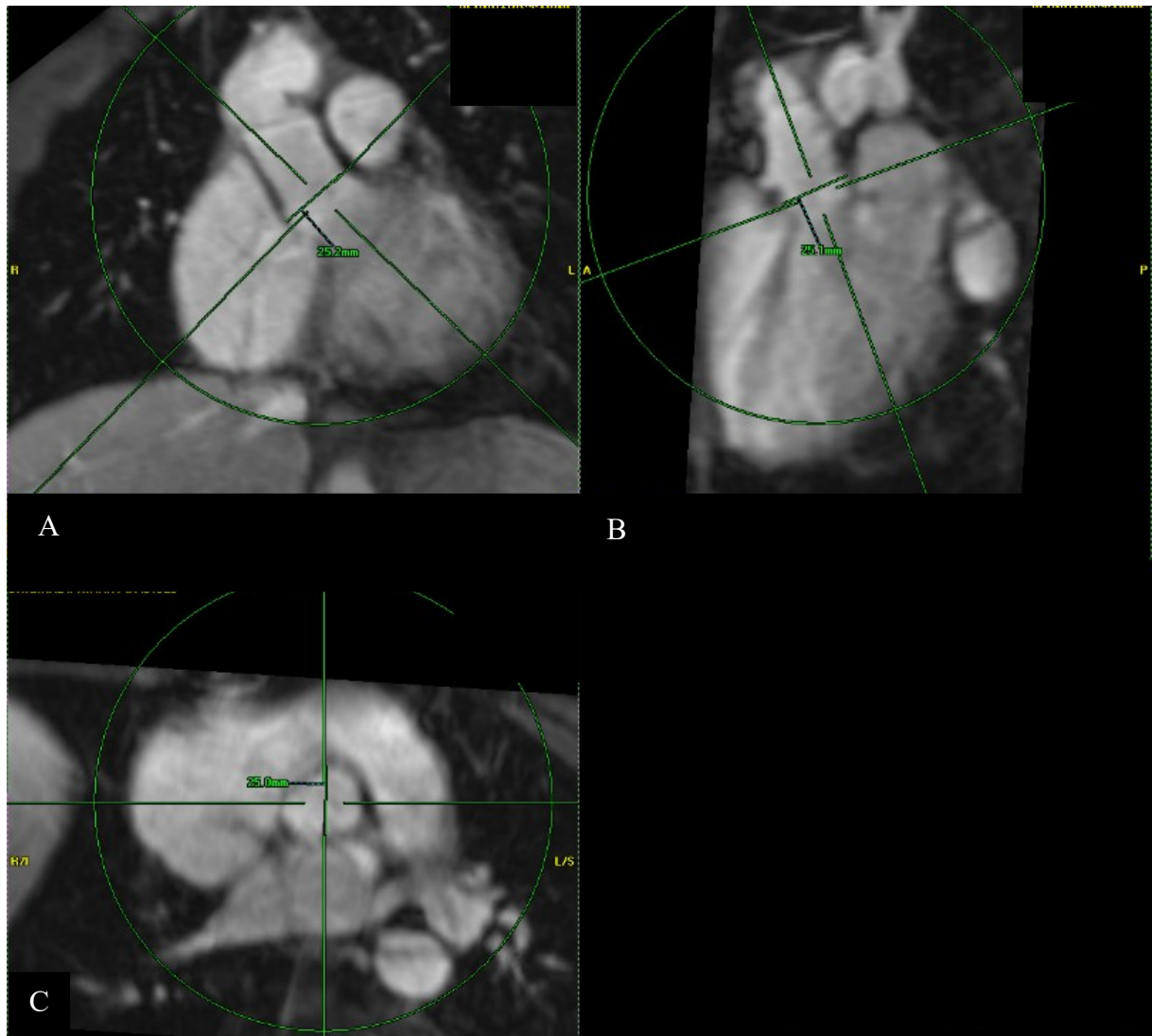
**Abb. 17** Zu kleines FOV, wobei hier einerseits der kraniale Aspekt (A) und der ventrale Aspekt (B) der Aorta nicht abgebildet ist.

Weiters wurden im Rahmen der MRA immer zwei Phasen erstellt. Bei der ersten Phase handelt es sich um die arterielle Phase (Abb. 18 A). In dieser Phase kommt es zu einer besseren Darstellung der Gefäßlumina. Die zweite Phase ist die venöse Phase (Abb. 18 B). Hierbei kommt es zu einer besseren Darstellung der Gefäßwand, womit diese in der zweiten Phase deutlich besser beurteilt werden kann. Aufgrund dessen kann es bei unterschiedlichen Phasen zu Abweichungen bei den Messwerten kommen.

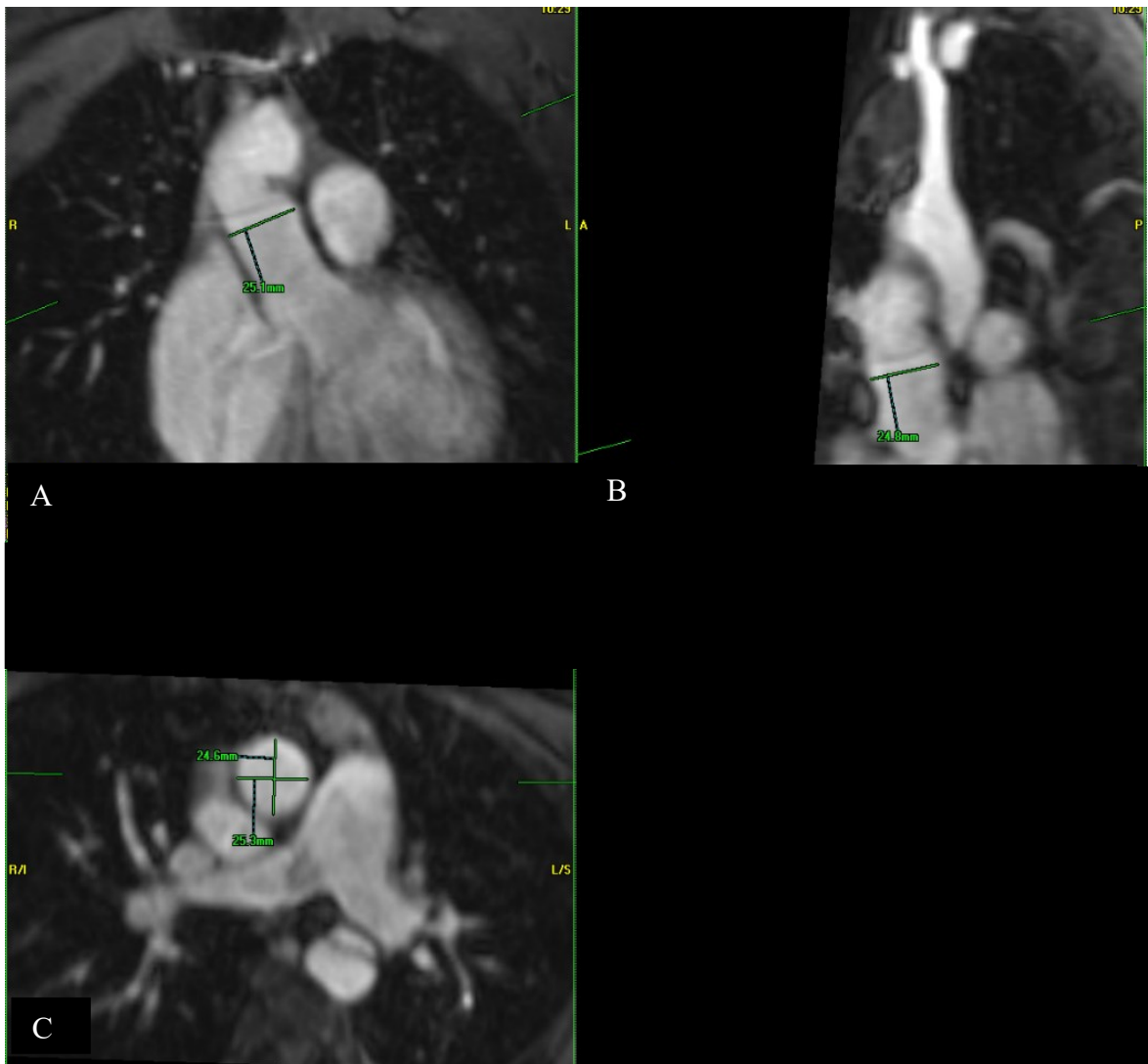


**Abb. 18 A: Arterielle Phase einer 3D-Rekonstruktion einer MRA der Aorta. Hier zeigt sich die Aorta besser kontrastiert. B: Venöse Phase einer 3D-Rekonstruktion einer MRA. Die Aorta zeigt sich weniger stark kontrastiert und unschärfer begrenzt als in der arteriellen Phase.**

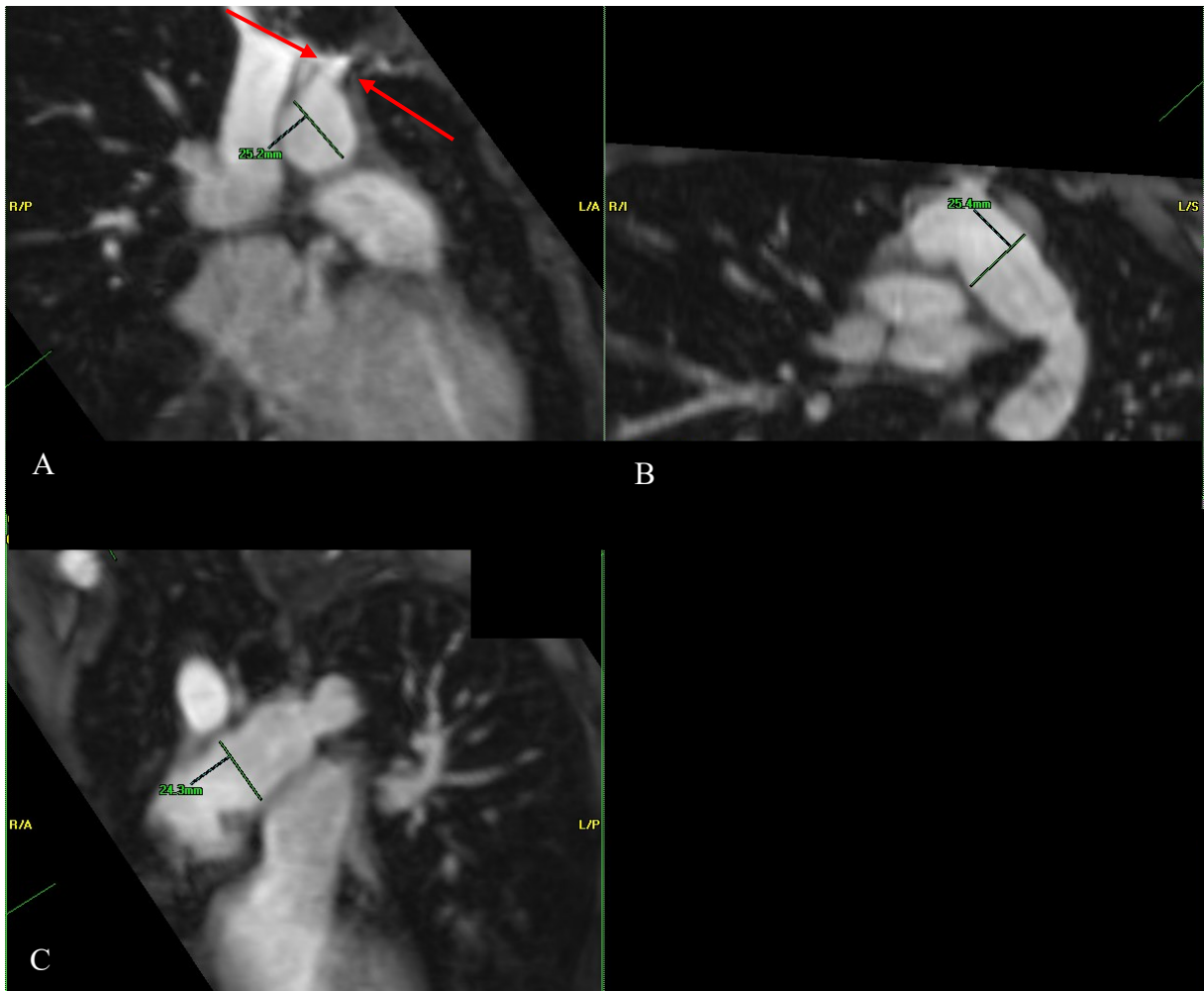
In den folgenden Abbildung erfolgt die Darstellung der Messungen an allen oben angeführten Punkten jeweils mit „syngo.via“ und „syngo.plaza“. Die Darstellung einer Messung mit Einblendung der Senkrechten wurde in Abb. 19 gezeigt. In den weiteren Abbildungen wird aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit auf die Einblendung der Senkrechten verzichtet.



**Abb. 19 „syngo.plaza“ - Messung mit Hilfslinien zur Darstellung der Senkrechten mittels MPR in Höhe des Sinus valsalvae. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 20 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR am maximalen Durchmesser der Aorta thoracica ascendens. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 21 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus. Durch die senkrechte Ausrichtung ist die Achse bezüglich des Körpers verloren gegangen. Hierbei handelt es sich somit um drei aufeinander senkrechte Ebenen. Der Abgang des Truncus brachiocephalicus ist in Abb. A am besten sichtbar.**

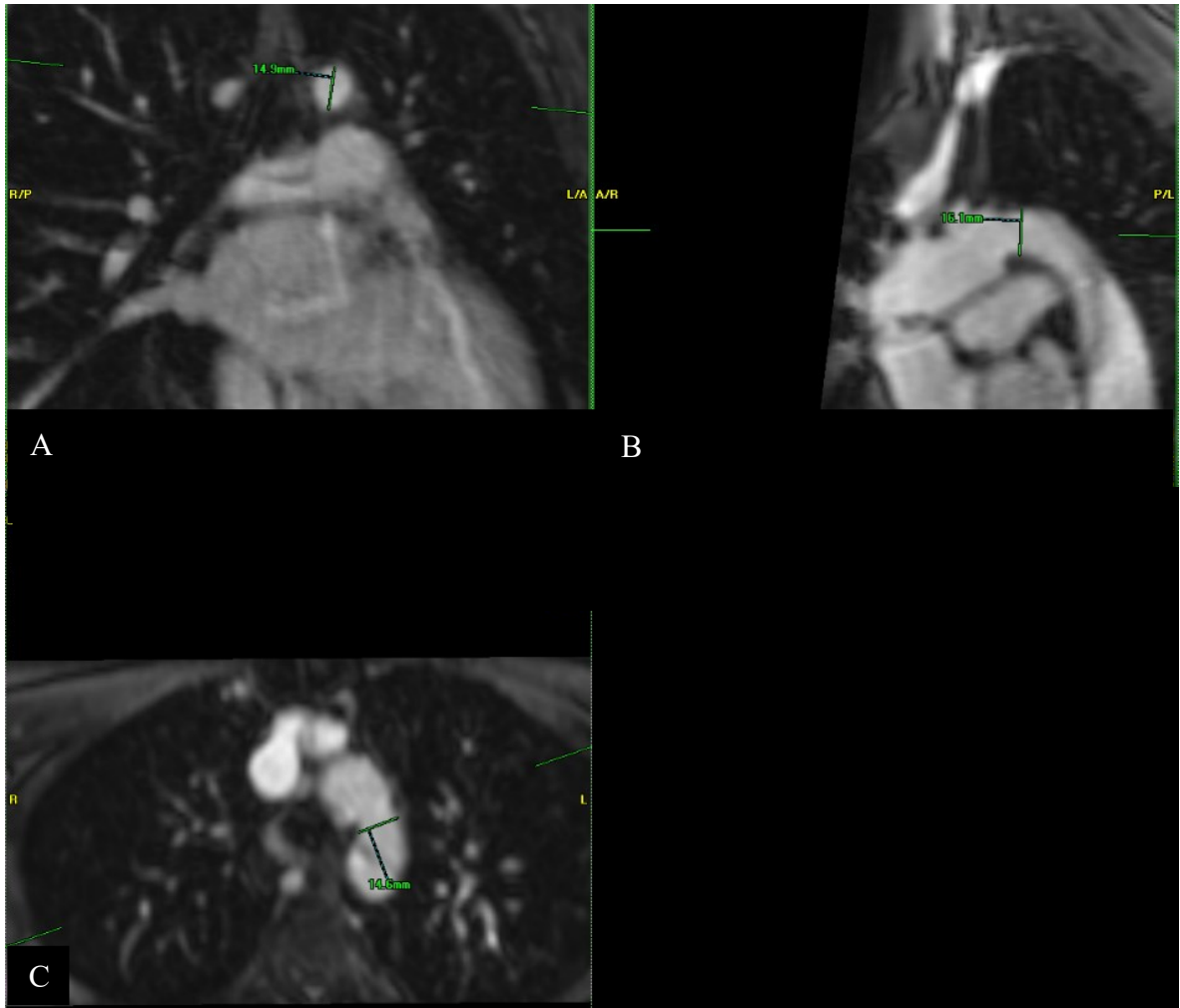
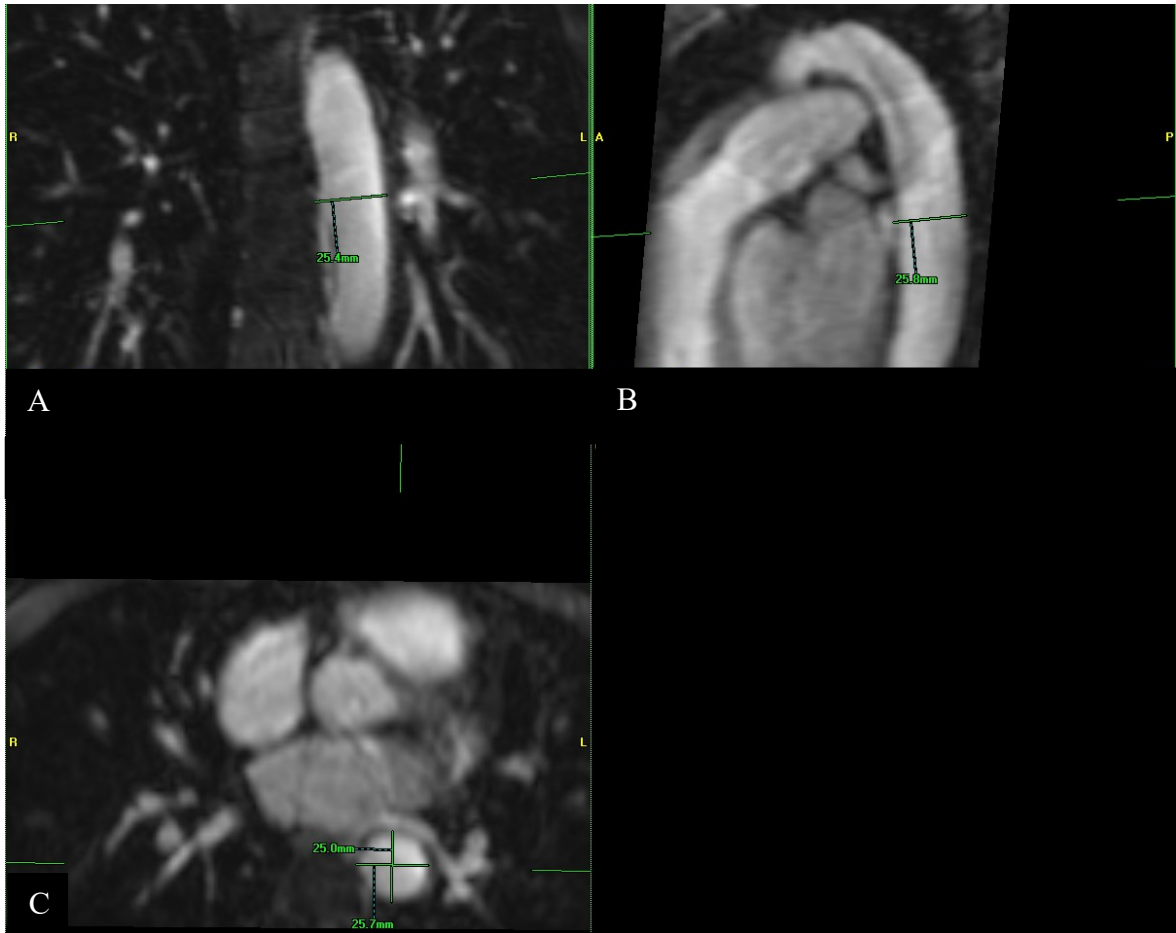
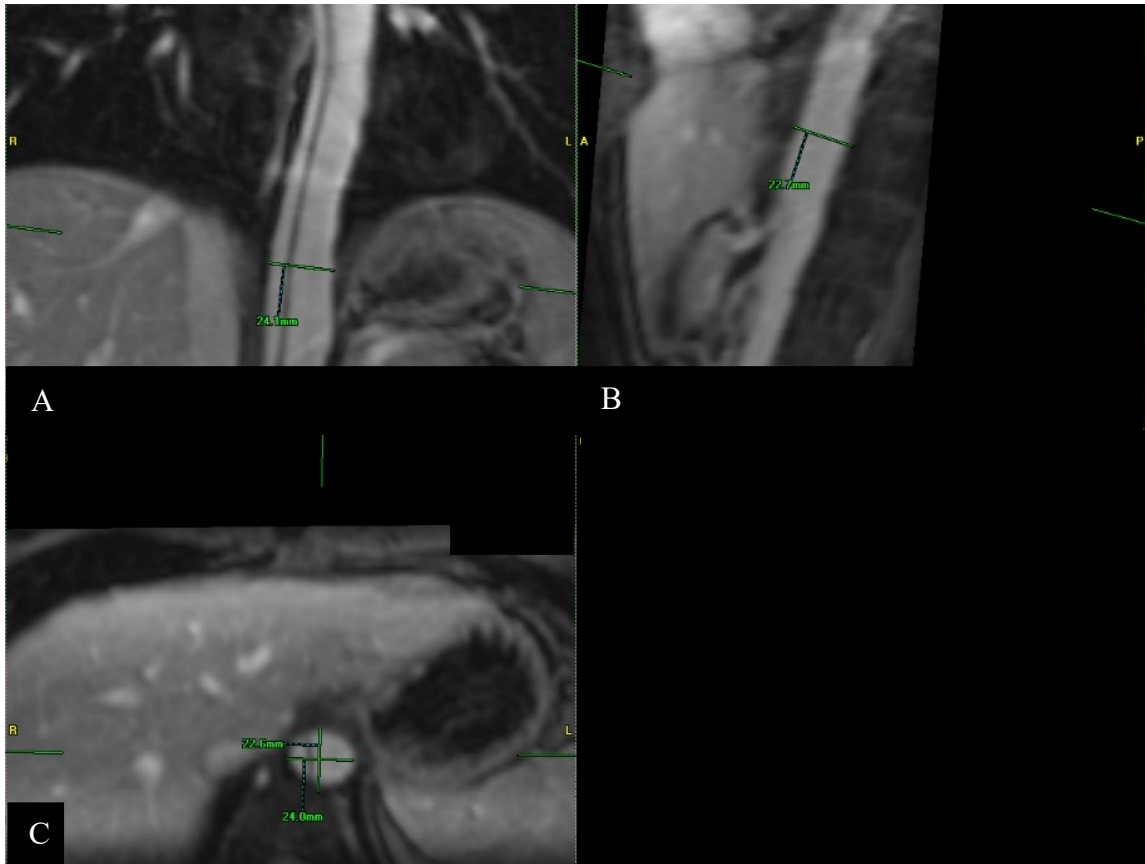


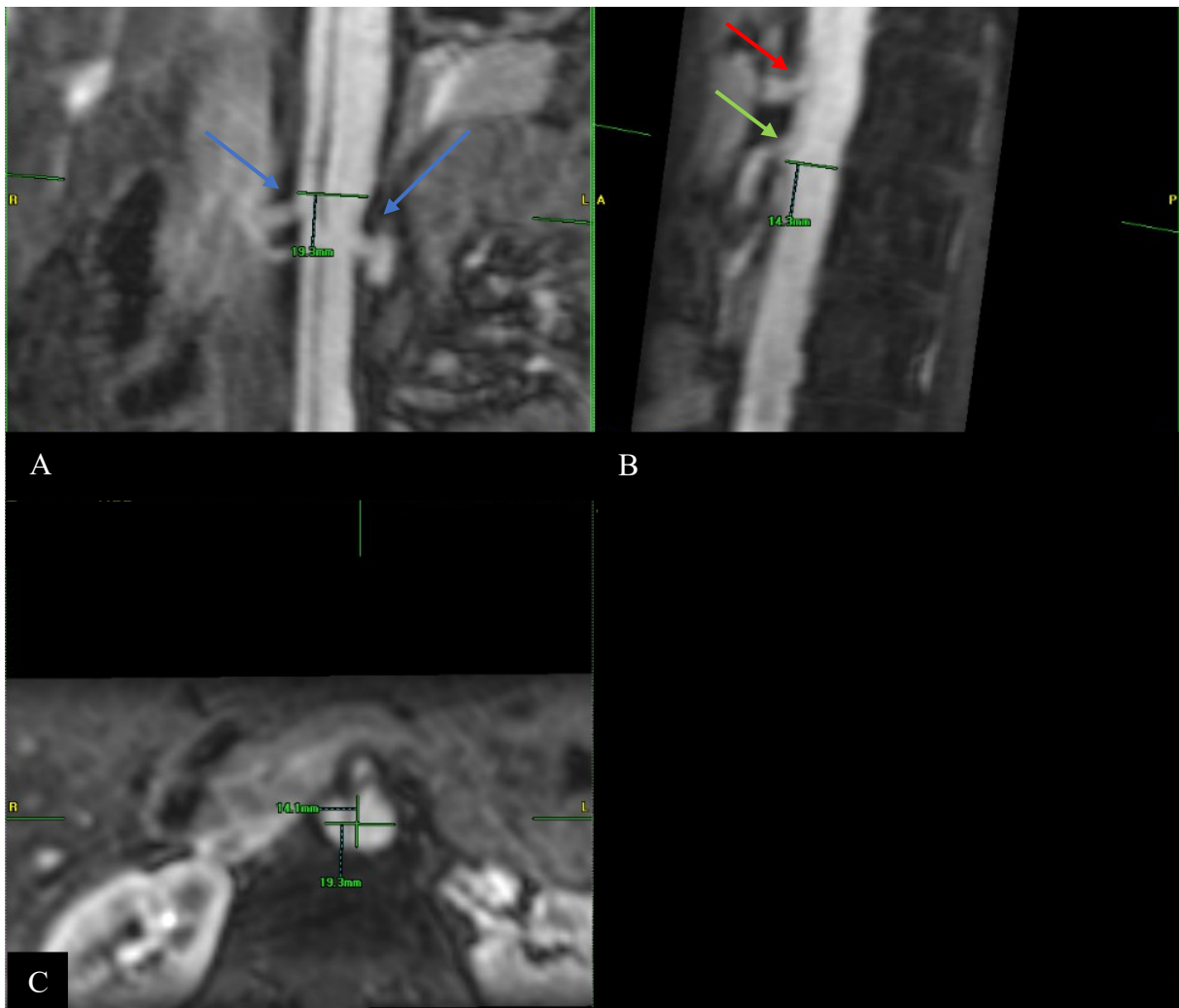
Abb. 22 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR unmittelbar distal der A. subclavia sin. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht



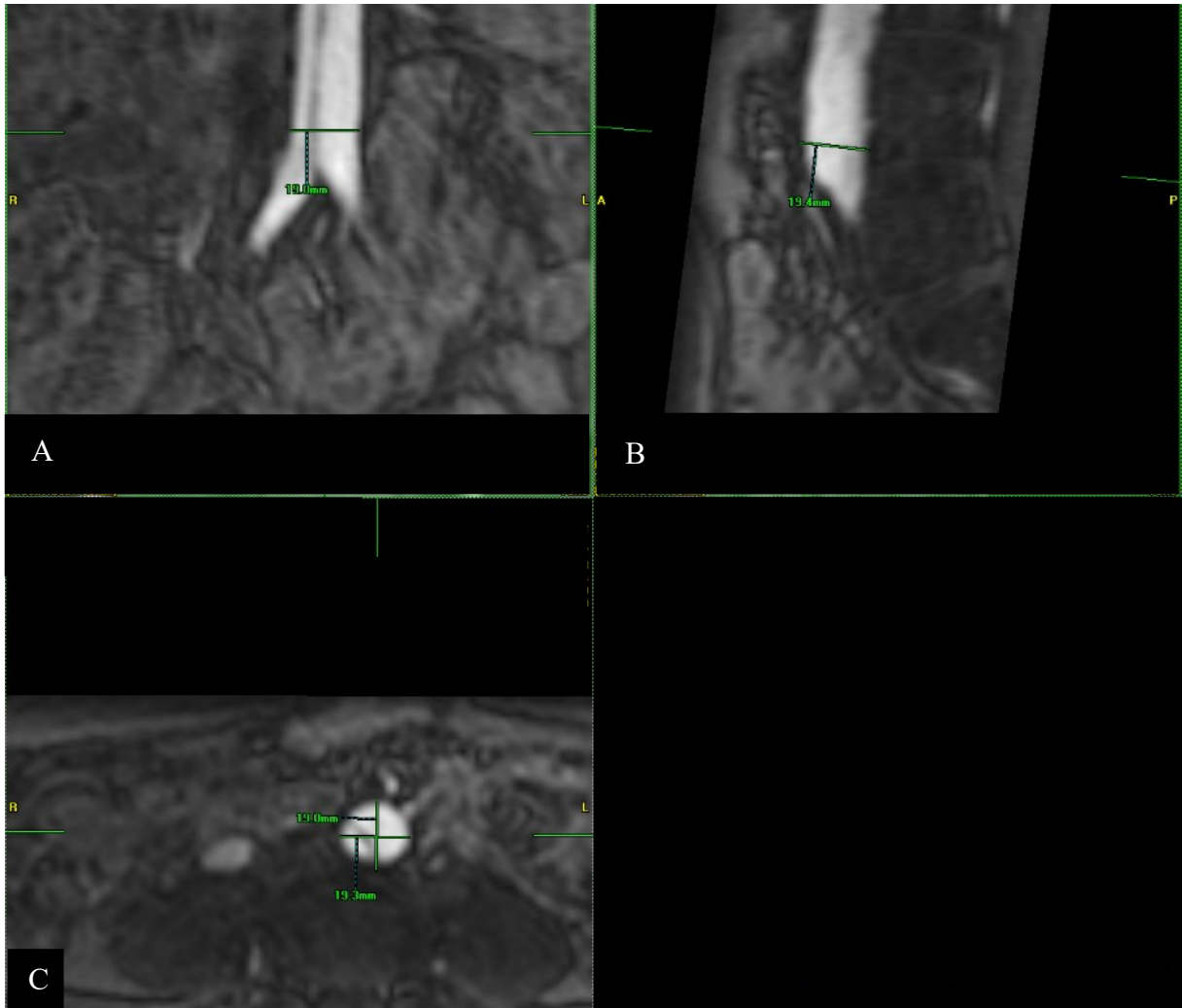
**Abb. 23 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR am maximalen Durchmesser der Aorta thoracica descendens. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



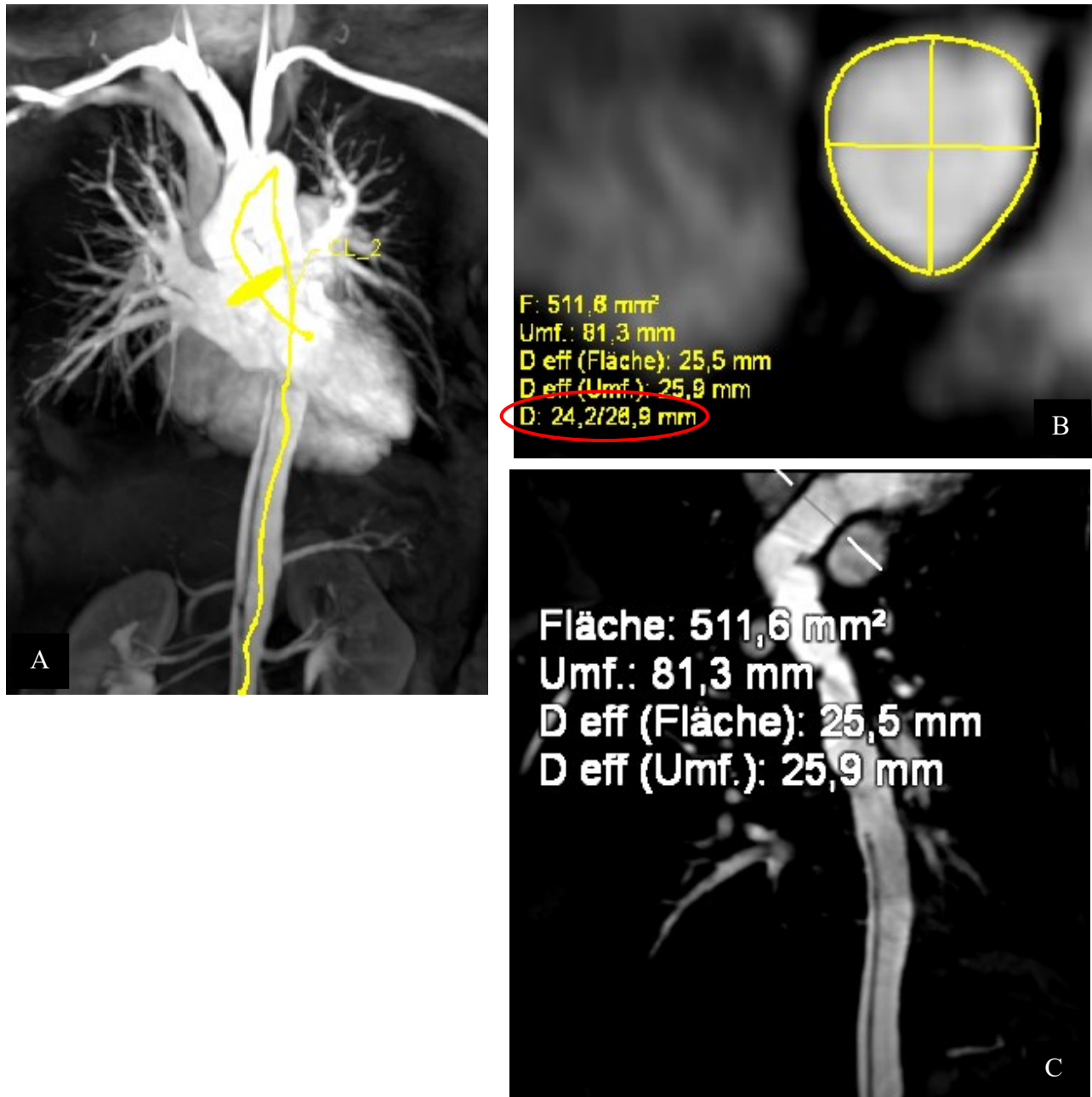
**Abb. 24 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR der Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 25 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR der Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie. Gute Darstellung der Anatomie der Abgänge der Aorta abdominalis: Truncus coeliacus (roter Pfeil), A. mesenterica superior (grüner Pfeil) und die rechte und linke Nierenhauptarterie (blaue Pfeile). A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 26 „syngo.plaza“ - Messung mittels MPR im Bereich der Aorta abdominalis unmittelbar proximal der Aortenbifurkation. A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht**



**Abb. 27 „syngo.via“ – Messung mittels Centerline-Messung im Bereich des Sinus Valsavae. Durch die 3D-Rekonstruktion (A) gelingt die anatomische Zuordnung zum jeweiligen Messpunkt. Am transversalen Schnitt (B) werden die Durchmesser (rotes Oval) abgelesen. Die Centerline-Rekonstruktion (C) zeigt ebenfalls den Ort der Messung. Bei  $D_{\text{eff}}$  handelt es sich um errechnete Durchmesser. Diese sind für die Verlaufskontrollen nicht adäquat, da die realen Durchmesser deutlich größer sein können. Relevanz haben diese Durchmesser für die Planung von Stentgraftimplantationen.**

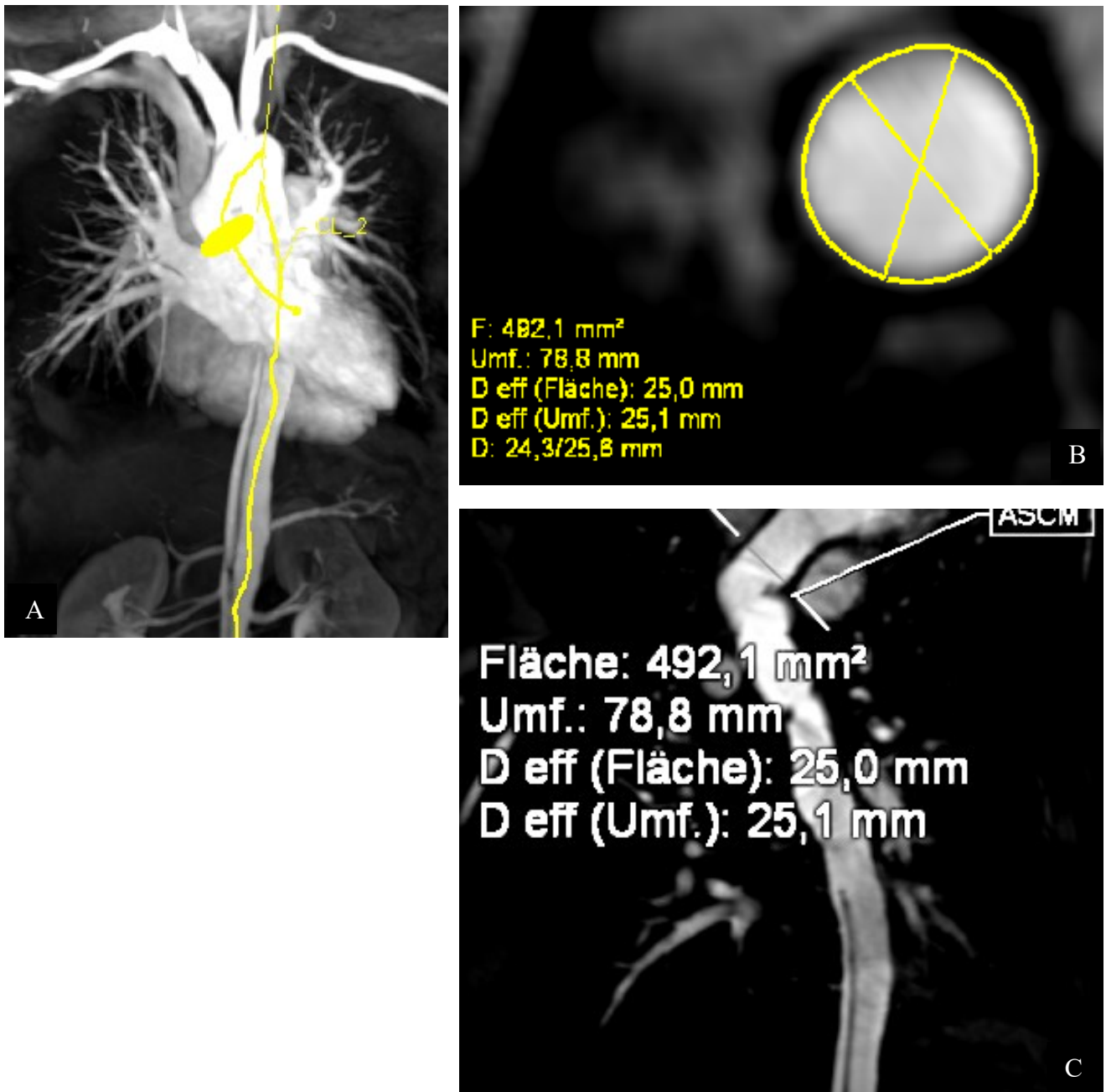
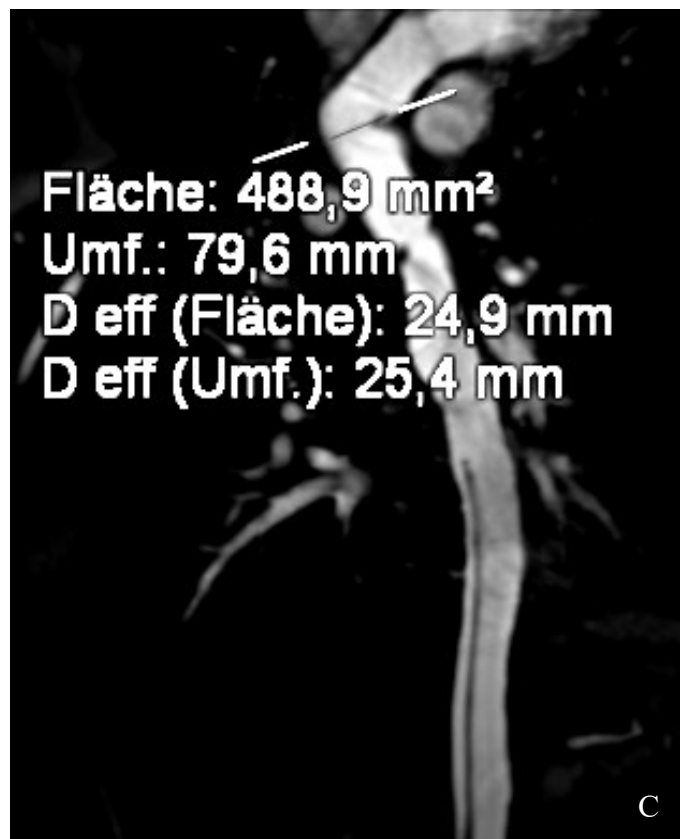
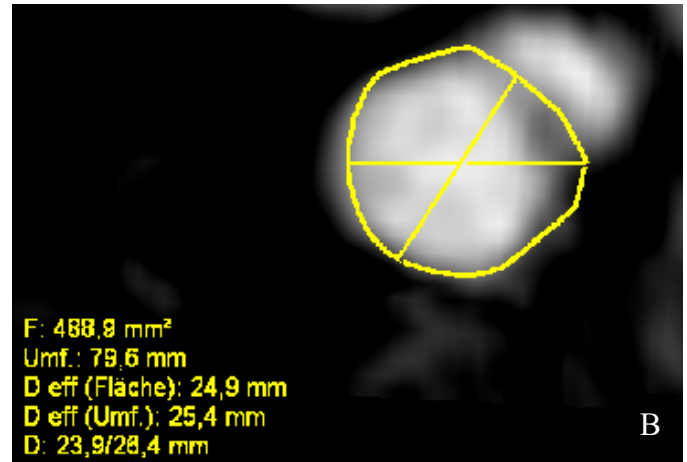
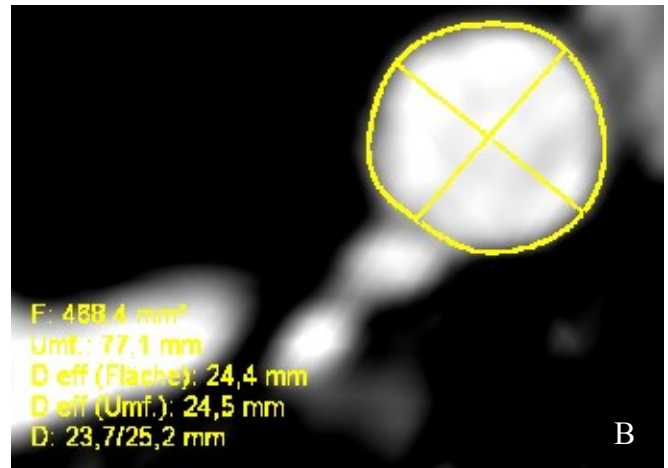
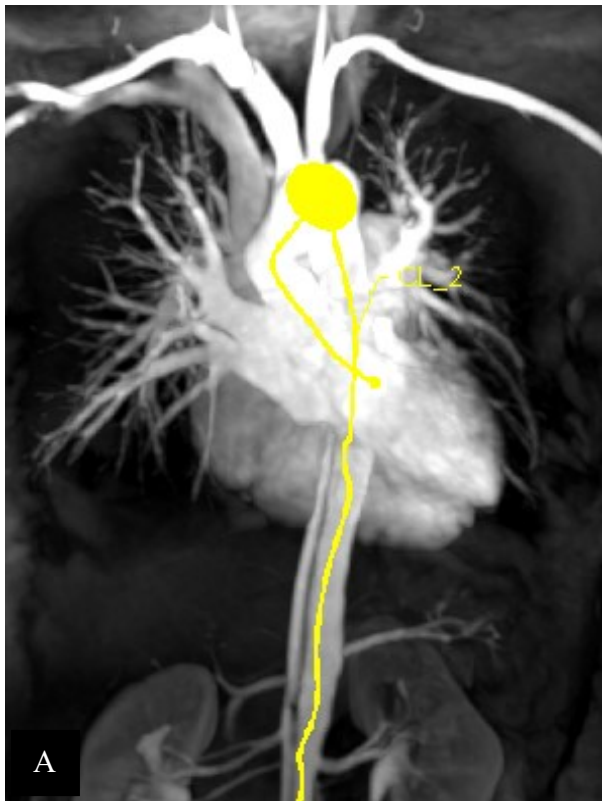


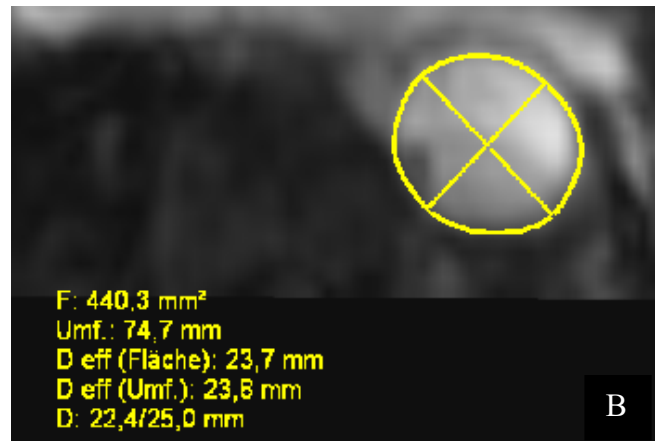
Abb. 28 Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt Aorta thoracalis ascendens maximaler Durchmesser. A: 3D-Rekonstruktion. B: Transversaler Schnitt. C: Centerline-Rekonstruktion



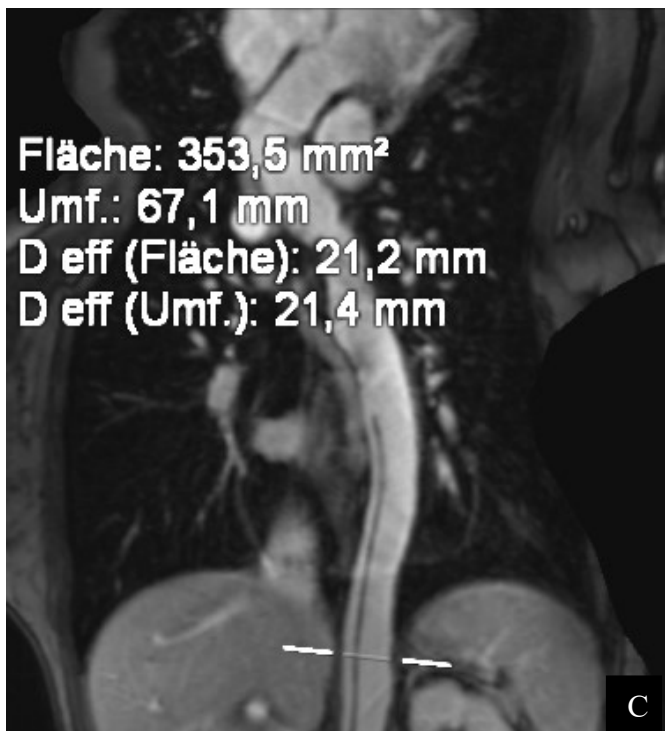
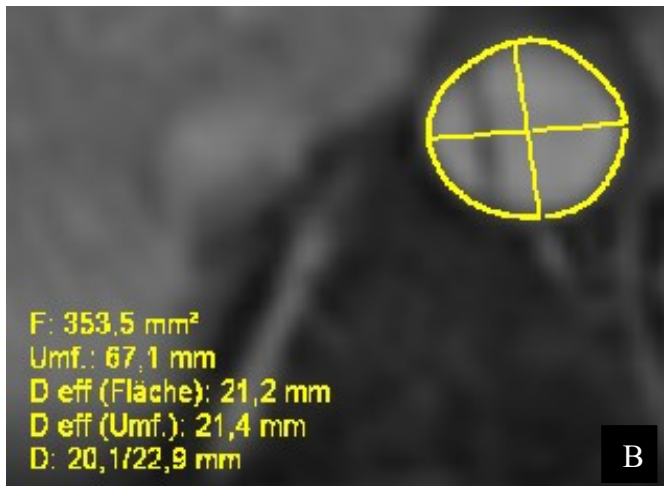
**Abb. 29** Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus. Hier zeigt sich im transversalen Schnitt, dass hier eine manuelle Korrektur des vermessenen Durchmessers notwendig wäre. **A:** 3D-Rekonstruktion. **B:** Transversaler Schnitt. **C:** Centerline-Rekonstruktion



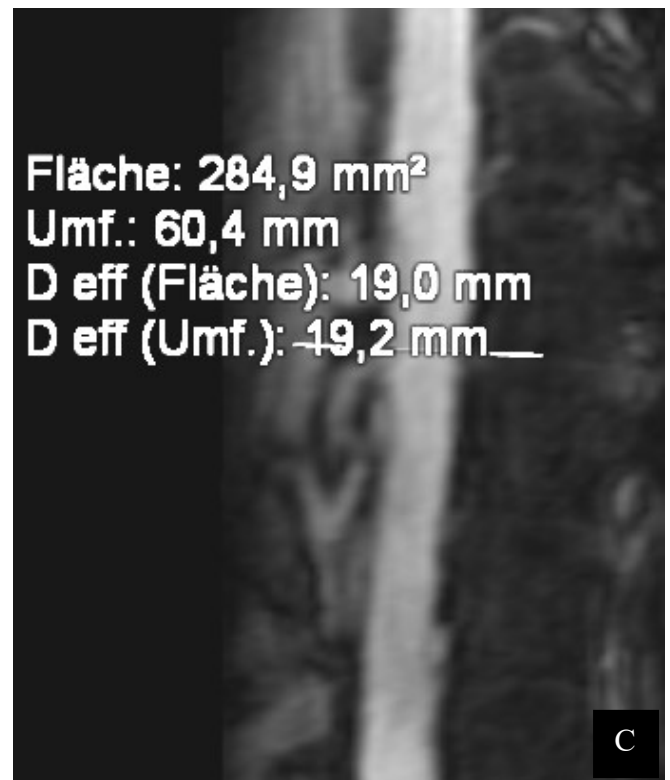
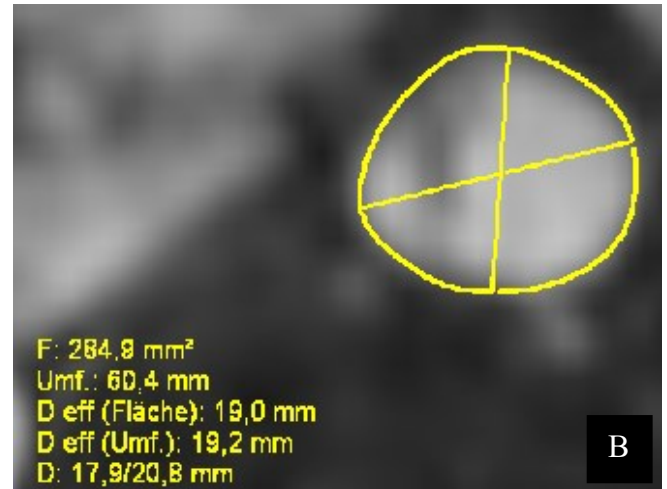
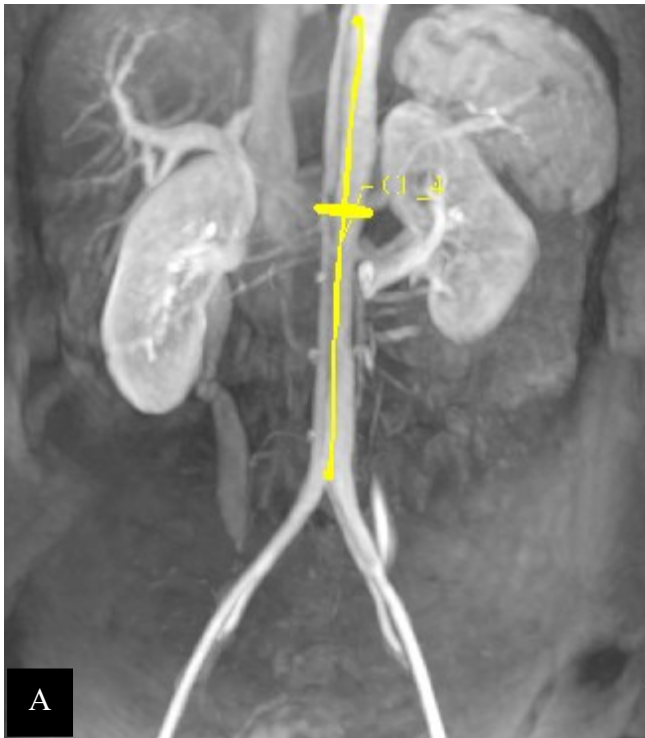
**Abb. 30 Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt unmittelbar distal der A. subclavia sin. A: 3D-Rekonstruktion. B: Transversaler Schnitt. C: Centerline-Rekonstruktion**



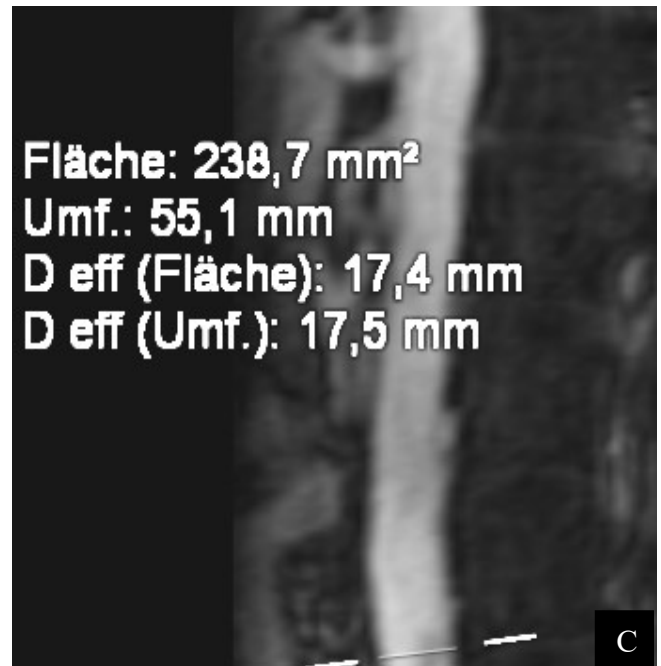
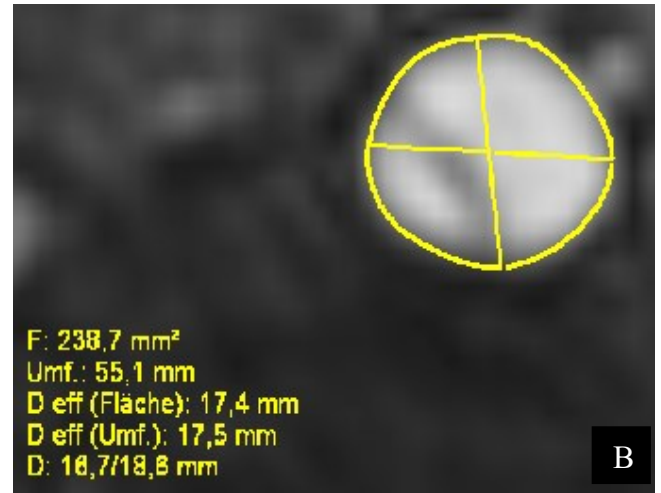
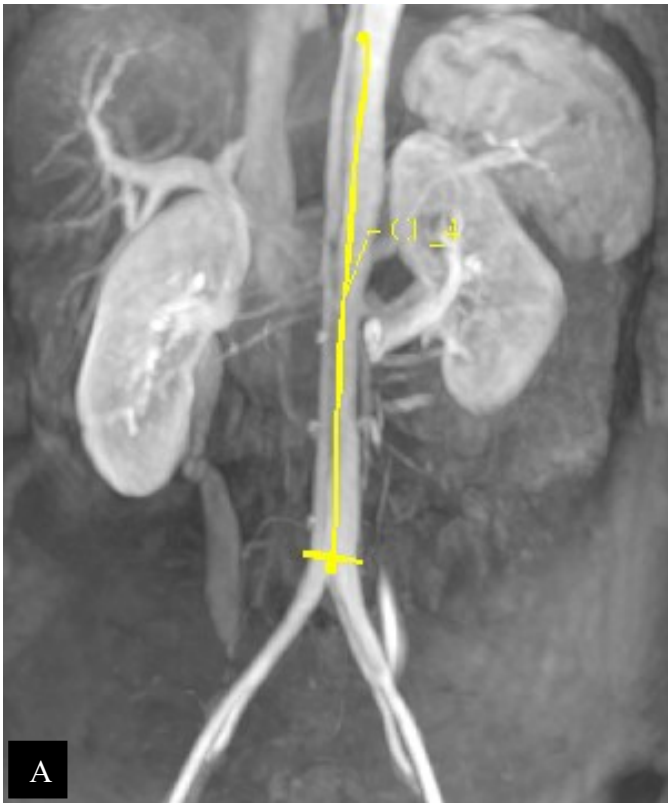
**Abb. 31 Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser. A: 3D-Rekonstruktion. B: Transversaler Schnitt. C: Centerline-Rekonstruktion**



**Abb. 32 Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts. A: 3D-Rekonstruktion. B: Transversaler Schnitt. C: Centerline-Rekonstruktion**



**Abb. 33** Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt Aorta abdominalis unmittelbar proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie. **A:** 3D-Rekonstruktion. **B:** Transversaler Schnitt. **C:** Centerline-Rekonstruktion



**Abb. 34** Messung des Durchmessers mittels „syngo.via“ am Messpunkt unmittelbar proximal der Aortenbifurkation. **A:** 3D-Rekonstruktion. **B:** Transversaler Schnitt. **C:** Centerline-Rekonstruktion

### 3 Ergebnisse – Resultate

#### 3.1 Deskriptive Statistik

##### 3.1.1 Kollektiv

Wie in Abb. 15 gezeigt, wurden in dieser Arbeit 35 Personen untersucht. In Tab. 10 wird die Geschlechterverteilung dargestellt. In Tab. 11 ist die Verteilung der Dissektionstypen genau aufgeschlüsselt. Wie in diesen Tabellen ersichtlich, teilt sich sowohl die Verteilung des Geschlechts als auch der Dissektion ungefähr im Verhältnis 2:1 auf. In Tab. 12 wird die Verteilung der Dissektionstypen innerhalb des Geschlechts dargestellt. In Abb. 35 wird die Altersverteilung der Personen graphisch dargestellt. Bei einem mittleren Alter von  $58,06 \pm 12,70$  Jahren betrug das geringste Alter bei Diagnose einer Aortendissektion 29 Jahre, das höchste Alter 82 Jahre.

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Männlich	23	65,7 %
Weiblich	12	34,3 %

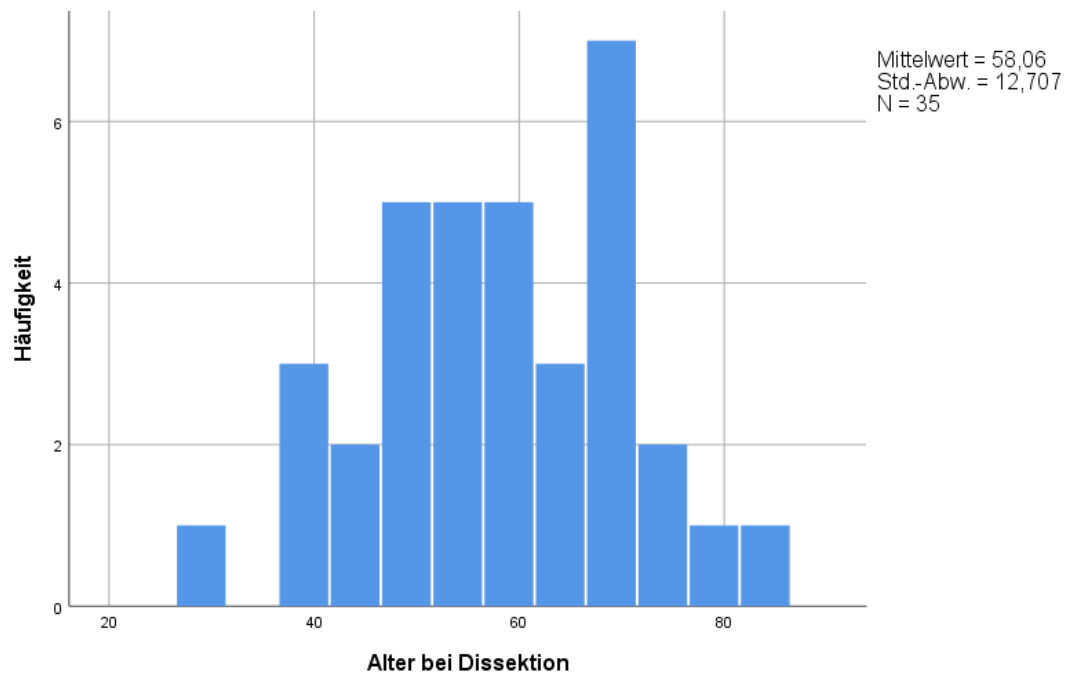
**Tab. 10 Geschlechterverteilung (n=35)**

Dissektionstyp	Häufigkeit	Prozent
Stanford Typ A	23	65,7 %
Stanford Typ B	12	34,3 %

**Tab. 11 Verteilung der Dissektionstypen (n=35)**

Geschlecht	Stanford Typ A	Stanford Typ B
Männlich	15	8
Weiblich	8	4

**Tab. 12 Verteilung der Dissektionen innerhalb der Geschlechter (n=35)**

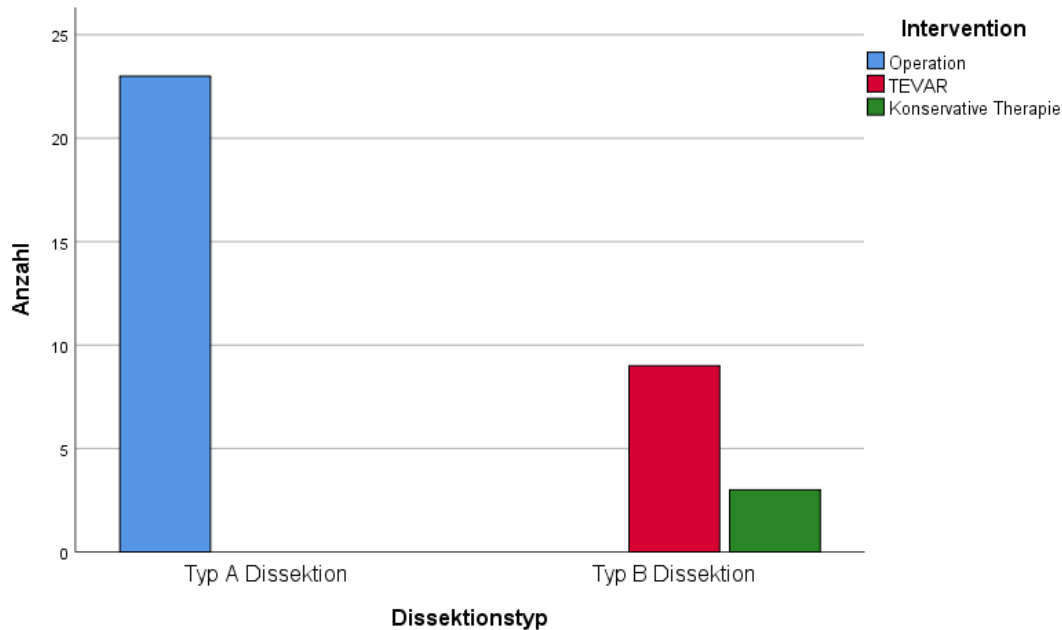


**Abb. 35 Graphische Darstellung der Altersverteilung**

Weiters wurde analysiert, wie die betroffenen Personen behandelt wurden. In Abb. 36 ist ersichtlich, dass alle Personen, die eine Typ A Dissektion erlitten haben, immer einer operativen Therapie zugeführt wurden. Bei der Typ B Dissektion gibt es Personen, die mittels TEVAR therapiert wurden. Drei Personen mit Typ B Dissektion wurden konservativ behandelt. Eine Therapie mit TEVAR bei Personen mit Typ A Dissektionen ist prinzipiell möglich, kommt jedoch in der Routine noch nicht zum Einsatz. Die genauen Zahlen sind der Tab. 13 zu entnehmen.

Dissektionstyp	Operation	TEVAR	Konservative Therapie
Stanford Typ A	23	0	0
Stanford Typ B	0	9	3

**Tab. 13 Durchgeführte Therapie abhängig vom Dissektionstyp (n=35)**



**Abb. 36 Verteilung der Interventionen innerhalb der unterschiedlichen Dissektionstypen (n=35)**

### 3.1.1.1 Risikofaktoren

Bei der Datenerhebung wurden folgende kardiovaskuläre Risikofaktoren erhoben:

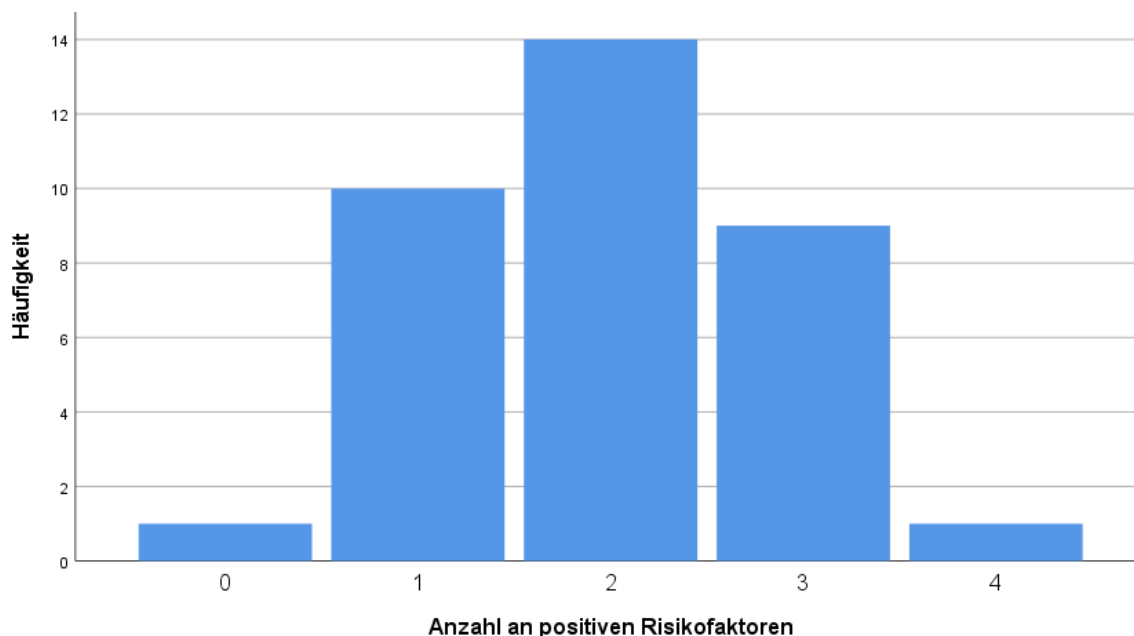
- Arterieller Hypertonus
- Diabetes mellitus
- Niereninsuffizienz
- Positive Nikotinanamnese
- Adipositas

Zur Beurteilung des Risikofaktors Adipositas wurde der BMI verwendet. Ein BMI von  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup> wurde als pathologisch und somit als Risikofaktor angenommen. Die Relevanz der kardiovaskulären Risikofaktoren für die Entstehung einer Aortendissektion wird unter Punkt 4.1.1 genauer beleuchtet. Ein weiterer, nicht unwesentlicher Risikofaktor für die Entstehung von Aortendissektionen sind besondere Bindegewebserkrankungen, wie beispielsweise das Marfan-Syndrom. Diese wurden durch histopathologische und genetische Untersuchungen der resezierten Aorta detektiert.

Die Häufigkeiten von Auffälligkeiten in der histopathologischen Untersuchung von Präparaten der resezierten Aorta im Kollektiv werden unter Punkt 3.1.1.2 „Histopathologische Auffälligkeiten“ genauer angeführt.

Die komplette Darstellung der Risikofaktoren sowie der histopathologischen Befunde ist im Anhang der Tab. 27 zu entnehmen. Als relevant wird bei dieser Arbeit das Vorliegen eines oder mehrere Risikofaktoren erachtet. Wie in Abb. 37 ersichtlich gab es in diesem Kollektiv

lediglich eine Person ohne Risikofaktor. Bei allen anderen 34 Personen war mindestens ein Risikofaktor vorhanden. Am häufigsten lagen zwei Risikofaktoren vor. Die häufigste Kombination war arterieller Hypertonus und Adipositas.



**Abb. 37 Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Risikofaktoren (n=35)**

In Tab. 14 wurden die numerischen und prozentuellen Häufigkeiten der kardiovaskulären Risikofaktoren dargestellt. Bei 94,3 % der Personen, die eine Aortendissektion erlitten haben, gab es einen vorbekannten arteriellen Hypertonus.

Risikofaktor	Häufigkeit	Prozentueller Anteil an dem gesamten Kollektiv
Diabetes mellitus	2	5,7 %
Niereninsuffizienz	5	14,3 %
Positive Nikotinanamnese	14	40,0 %
BMI $\geq 25 \text{ kg/m}^2$	16	45,7 %
Arterieller Hypertonus	33	94,3 %

**Tab. 14 Numerische und prozentuelle Häufigkeiten der Risikofaktoren (n=35)**

### 3.1.1.2 Histopathologische Auffälligkeiten

Histopathologische Untersuchungen wurden lediglich bei Personen, bei denen ein Teil der Aorta reseziert wurde, angefertigt. Dies war nur bei Typ A Dissektionen der Fall. Aufgrund dessen gab es bei 35 Personen mit Aortendissektionen 21 histopathologische Untersuchungen. In Tab. 15 werden die Ergebnisse der histopathologischen Untersuchung

genau dargestellt. Insgesamt gab es bei 43 % der Personen relevante histopathologische Veränderungen. Am häufigsten wurden atherosklerotische Veränderungen vorgefunden. Ebenfalls eine häufige Ursache für die Aneurysmaentwicklung, welche dann sekundär dissezieren, war die zystische Mediadegeneration „Erdheim-Gsell“. Unter Punkt 4.1.1 wird genauer darauf eingegangen. In sechs Fällen gab es einen unauffälligen histopathologischen Befund. Andere relevante Erkrankungen der Aorta wurden nicht erwähnt.

Histopathologische Diagnose	Häufigkeit	Prozentueller Anteil der histopathologischen Diagnosen	Prozentueller Anteil am gesamten Kollektiv
Zystische Medianekrose „Erdheim-Gsell“	5	23,8 %	14,3 %
Vasculitis	1	4,8 %	2,9 %
Marfan-Syndrom	1	4,8 %	2,9 %
Atherosklerotische Veränderungen	8	38,1 %	22,9 %
Unauffällige Histologie	6	28,5 %	17,1 %
Gesamtanzahl	21	100 %	60,1 %

**Tab. 15 Numerische und prozentuelle Häufigkeiten der histopathologischen Ergebnisse (n=35)**

### **3.2 Aortendurchmesser**

Die genauen Aortendurchmesser, die mittels „syngo.plaza“ und „syngo.via“ vermessen wurden sowie jene Durchmesser, die in den Befunden vermerkt wurden, sind den Tab. 28, Tab. 30, und Tab. 31 des Anhangs zu entnehmen.

#### **3.2.1 Vermessene Aortendurchmesser**

In Abb. 16 wurde genau dargestellt, dass maximal 639 Messpunkte vermessen werden konnten. Diese wurden während der Datenerhebung mittels „syngo.via“ und mittels „syngo.plaza“ ermittelt.

In den Befunden wurden insgesamt 141 Messpunkte angegeben. Dies bedeutet, dass 22,1 % der möglichen Punkte vermerkt wurden. Am häufigsten wurde der maximale Durchmesser der Aorta thoracica descendens (47,7 %) vermerkt. Am seltensten wurde der Durchmesser im Bereich des Sinus valsalvae (5,6 %) vermerkt. Nach mündlicher Mitteilung wurden die Durchmesser teilweise in den Befunden nicht schriftlich niedergelegt, jedoch vermessen.

Falls die Vermessung keine pathologischen Werte ergab oder als Vergleichsmessung im Vergleich zur Voruntersuchung eine irrelevante Änderung erfahren hat, wird dies meist nicht dokumentiert. In Tab. 28 im Anhang ist eine genaue Aufstellung der numerischen und prozentuellen Häufigkeiten der erhobenen Messpunkte zu finden.

### 3.2.2 Vergleich der Messungen mittels „syngo.plaza“ und „syngo.via“

Um die Messungen mittels „syngo.plaza“ und „syngo.via“ zu vergleichen wurden Bland-Altman-Diagramme erstellt. Bei einem Bland-Altman-Diagramm werden die Differenzen der beiden Messungen in einem Streudiagramm gegen die Mittelwerte der Messungen aufgetragen. Als Nullpunkt wird hier der Mittelwert der Differenzen verwendet. Somit werden die unterschiedlichen Differenzen der Messungen auf diesen Punkt bezogen. Gäbe es einen Goldstandard für diese Vermessung sollte dieser als Referenz dienen.

Der Vergleich der Verfahren wurde sowohl auf die gesamte Messung als auch getrennt auf die vermessenen Punkte durchgeführt und dargestellt.

Bei den Messpunkten handelt es sich um nicht normalverteilte Werte, aufgrund dessen wurde zur Erhebung des p-Werts ein Einstichproben-Wilcoxon-Test durchgeführt. Durch diesen wurde ein p-Wert von  $< 0,001$  errechnet, was bedeutet, dass sich die beiden Verfahren, wenn man alle Messpunkte zusammennimmt, voneinander unterscheiden. Die Erhebung der p-Werte wurde zusätzlich noch für jeden Messpunkt durchgeführt. In Tab. 16 ist das Ergebnis dargestellt.

Messpunkt	p-Wert
Gesamte Messung	$< 0,001$
Sinus Valsalvae	0,402
Maximaler Durchmesser Aorta thoracica ascendens	0,216
Aorta thoracica ascendens unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus	0,067
Aorta thoracica descendens unmittelbar distal der A. subclavia sin.	0,763
Maximaler Durchmesser Aorta thoracica descendens	0,631
Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts	0,001
Aorta abdominalis unmittelbar proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie	0,102
Aorta abdominalis unmittelbar proximal der Aortenbifurkation	$< 0,001$

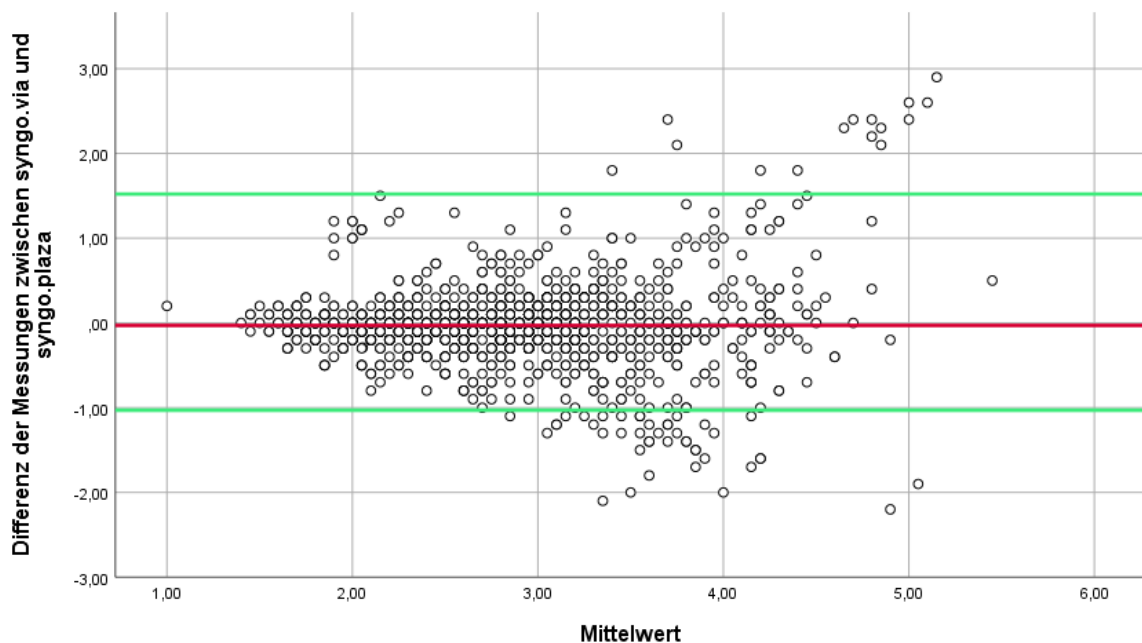
**Tab. 16 Darstellung der p-Werte der Differenzen der Messungen**

Dieses Ergebnis bedeutet, dass die Messungen der beiden Verfahren vor allem in den Bereichen der Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts und der Aorta abdominalis in Höhe der Aortenbifurkation statistisch signifikante Unterschiede aufweisen.

Weiters wurde ein Bland-Altman-Diagramm der gesamten Messung erstellt. Dieses ist in Abb. 38 dargestellt. Die rote Linie stellt den Mittelwert der Differenzen dar, die beiden grünen Linien stellen das 95 % Konfidenzintervall mit der oberen und unteren Grenze dar. Die Grenzen des 95 % Konfidenzintervalls wurden mittels der folgenden Formeln berechnet:

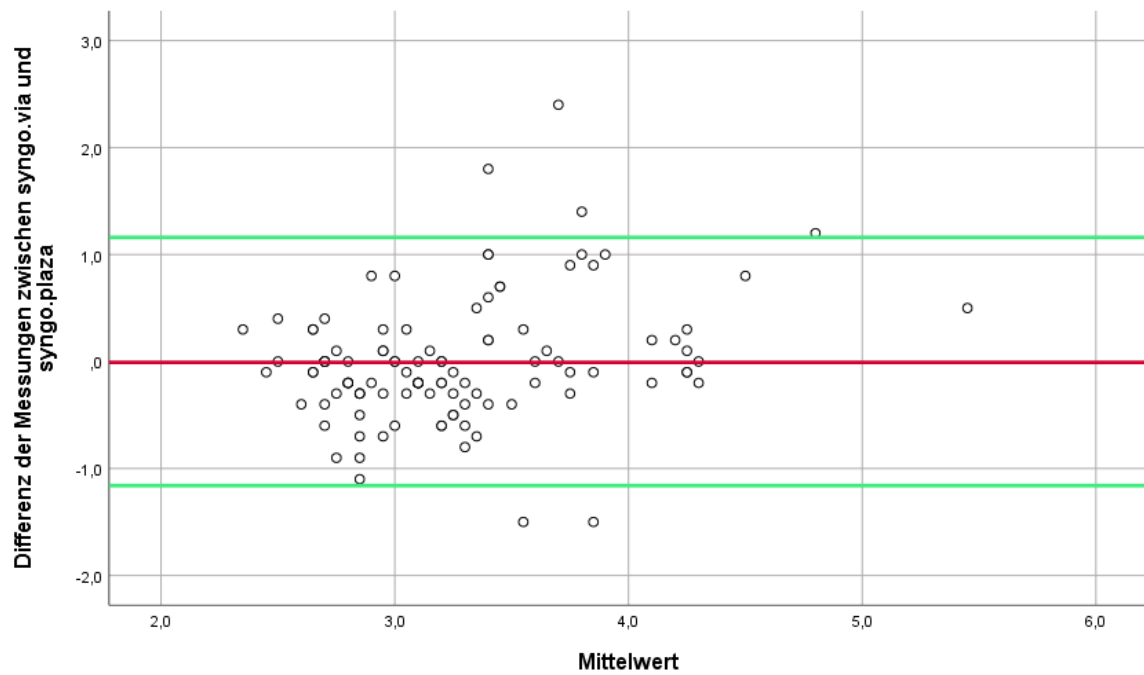
Oberes Konfidenzintervall = Mittelwert + (1,96\*Standardabweichung)

Unteres Konfidenzintervall = Mittelwert – (1,96\*Standardabweichung)

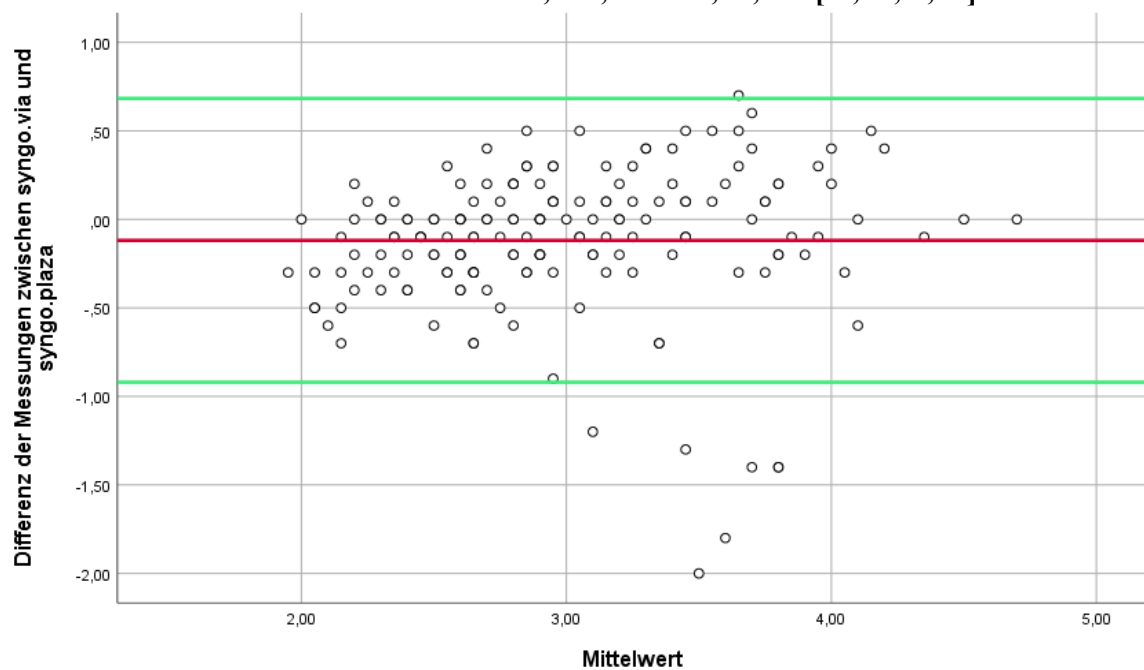


**Abb. 38 Bland-Altman-Diagramm der gesamten Messung. Mittelwert der Differenzen: -0,03; SD: ±0,51; KI: [-1,03; 1,52]**

Aufgrund des Diagramms kann man sagen, dass jene Durchmesser mit einem hohen Mittelwert sich bei der Vermessung mit beiden Systemen unterscheiden. Die Differenzen wurden ermittelt durch „Durchmesser in syngo.via - Durchmesser in syngo.plaza“. Das bedeutet, dass jene Messungen im positiven Bereich durch „syngo.via“ überschätzt oder durch „syngo.plaza“ unterschätzt werden. Im negativen Bereich kommt es genau zum gegenteiligen Effekt. Daraus ergibt sich der signifikante Unterschied.

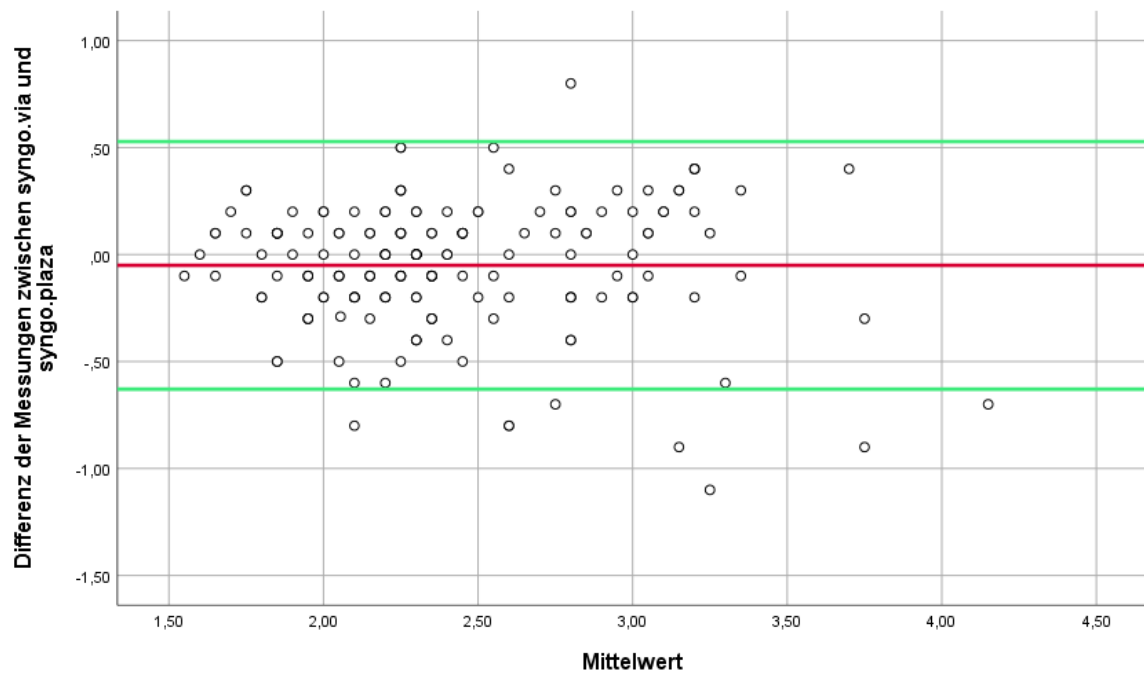


**Abb. 39 Bland-Altman-Diagramm der Differenzen der Messungen in Höhe des Sinus valsalvae. Mittelwert der Differenzen:  $-0,001$ ; SD:  $\pm 0,59$ ; KI  $[-1,16; 1,16]$**



**Abb. 40 Bland-Altman-Diagramm der Differenzen der Messungen der Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts. Mittelwert:  $-0,05$ ; SD:  $\pm 0,18$ ; KI  $[-0,40; 0,30]$**

Die Ursachen für mögliche Messdifferenzen werden unter Punkt 4.1.2 diskutiert.



**Abb. 41 Bland-Altman-Diagramm der Differenzen der Messungen unmittelbar proximal des Nierenarterienabgangs. Mittelwert der Differenzen:  $-0,05$ ; SD:  $\pm 0,30$ ; KI  $[-0,63; 0,53]$**

Ein positives Beispiel für die Vergleichbarkeit der Messungen stellt sich bei Messungen der Aorta abdominalis unmittelbar proximal des Nierenarterienabgangs dar. Hier ist die Standardabweichung sehr gering und somit auch die Konfidenzintervalle. In diesem Konfidenzintervall liegen fast alle Messungen, was bedeutet, dass die Messungen hier in einem Bereich von maximal einem halben Zentimeter auseinanderliegen. Auch hier werden unter Punkt 4.1.2 die möglichen Gründe genauer diskutiert.

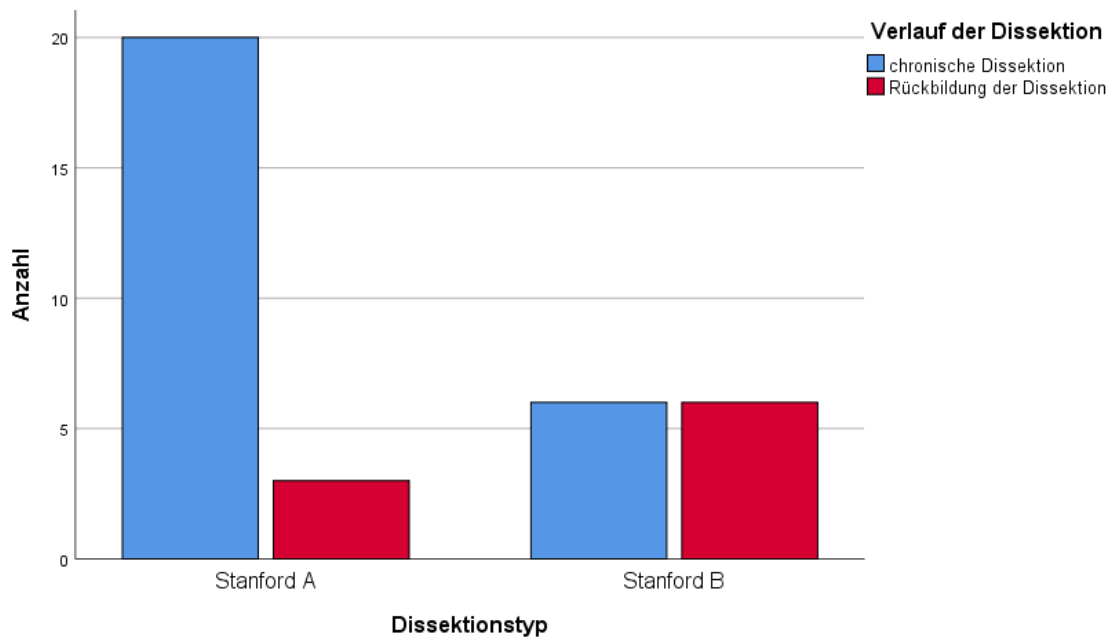
### **3.3 Verlauf der Dissektion**

In den durchgeführten Nachkontrollen wurde auch der Heilungsverlauf der Dissektion beurteilt. Es kam hierbei entweder zu einem Remodeling der Aorta oder zu einer chronischen Dissektion. Der Verlauf der Dissektionen wurde getrennt für die Typ A und die Typ B Dissektion untersucht. In Tab. 17 und Abb. 42 ist ersichtlich, wie sich die Dissektionen weiterentwickelt haben. Bei einer Typ A Dissektion kam es lediglich in 13 % der Fälle zu einem Remodeling. Hierbei kam es jedoch in jedem Fall zu einer Umwandlung einer Typ A Dissektion in eine Typ B Dissektion, da die Aorta ascendens in jedem Fall reseziert und ersetzt wurde. Im Gegensatz dazu kam es bei 50 % der Personen mit einer Typ B Dissektion zu einem Remodeling. In den folgenden Abbildungen werden sowohl CT- als auch MR-

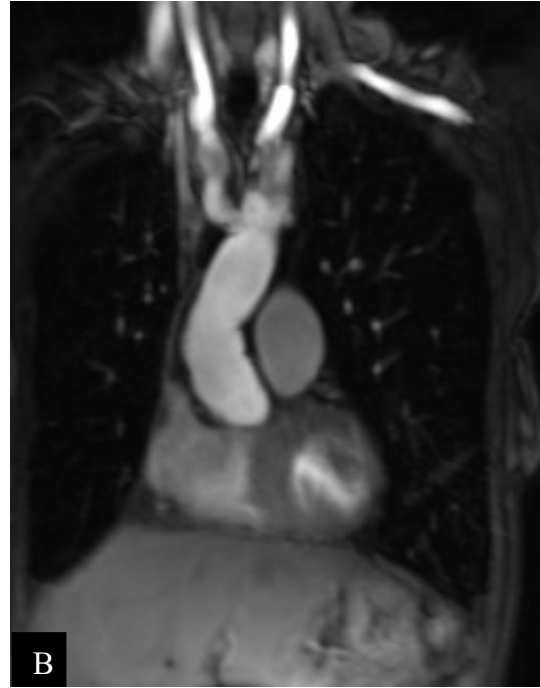
Bilder von Personen dargestellt, bei denen die Dissektion in den Verlaufskontrollen noch sichtbar beziehungsweise nicht mehr darstellbar war.

Heilungsverlauf der Dissektion	Z.n. Stanford Typ A	Stanford Typ B	Gesamt
Chronische Dissektion	20 (87,0 %)	6 (50,0 %)	26
Komplettes Remodeling der Dissektion	3 (13,0 %)	6 (50,0 %)	9
Gesamt	23	12	35

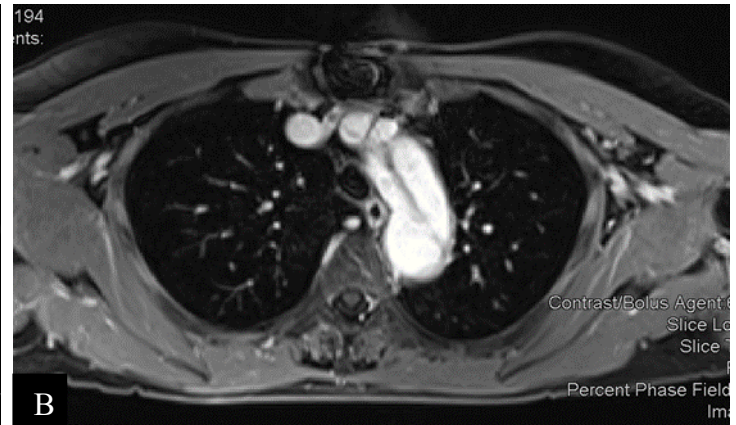
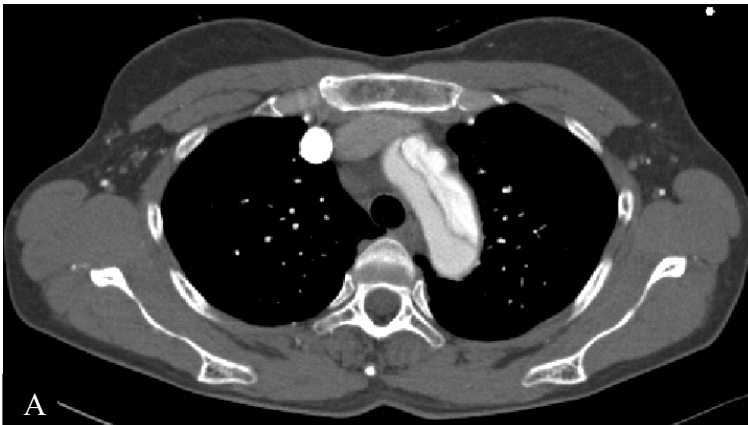
**Tab. 17 Häufigkeitsverteilung des Heilungsverlaufs der Dissektion abhängig vom Dissektionstyp (n=35)**



**Abb. 42 Graphische Darstellung des Heilungsverlaufs der Dissektion abhängig vom Dissektionstyp (n=35)**



**Abb. 43 A:** Akut CTA bei V.a. Aortendissektion, Typ A Dissektion im Bereich der Aorta ascendens sichtbar. **B:** Letzte postoperative MRA (1 Jahr postoperativ) bei Z.n. supracoronarem Ascendens- und partiellem Bogenersatz, kompletter Ersatz der betroffenen Abschnitte der Aorta durch eine Prothese.



**Abb. 44 A:** Akut CTA bei V.a. Aortendissektion, Typ A Dissektion in Höhe des Aortenbogens deutlich sichtbar. **B:** Letzte postoperative MRA (6 Jahre postoperativ) bei Z.n. supracoronarem Ascendens- und partiellem Bogenersatz sowie Aortenklappenersatz, kein Remodeling. Es besteht postoperativ eine Typ B Dissektion.

### 3.3.1 Durchgeführte Reinterventionen/-operationen

In Tab. 18 werden die numerischen und prozentuellen Häufigkeiten der durchgeführten Reinterventionen/-operationen dargestellt. Die Anzahl der durchgeführten Reinterventionen/-operationen wird in Tab. 19 und Abb. 45 anhand des Dissektionstyps aufgeteilt dargestellt. In dieser Abbildung ist ersichtlich, dass bei Stanford Typ B Dissektionen häufiger eine weitere Intervention notwendig war, bei Z.n. Stanford Typ A Dissektion jedoch auch in zwei Fällen. Bei den Reinterventionen/-operationen einer Stanford Typ B Dissektion handelte es sich im vorliegenden Kollektiv immer um eine Stentgraftverlängerung. Bei den Personen mit Z.n. Typ A Dissektion waren in drei Fällen auch mehr als eine Reintervention/-operationen notwendig. In vier Fällen und somit am häufigsten wurde hier ein Ersatz der Aortenprothese durchgeführt. In weiteren drei Fällen wurde ein thorakaler Aortenstent gelegt. In einem Fall war bei einer neu aufgetretenen Mitralklappeninsuffizienz ein Mitralklappenersatz notwendig. Die Prozentzahlen in Tab. 19 beziehen sich auf die aufgetretenen Fälle der jeweiligen Dissektion.

Die durchschnittliche Dauer bis zur ersten Reintervention/-operation betrug  $5,5 \pm 2,7$  Jahre.

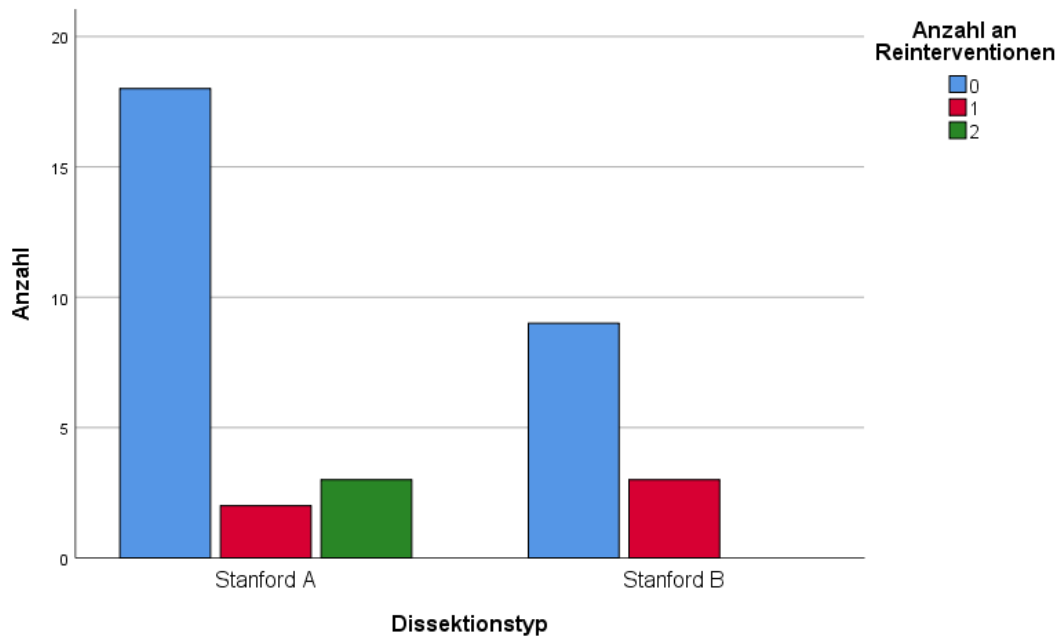
Die Dauer ab der primären Intervention bis zur zweiten Reintervention/-operation betrug durchschnittlich  $12,0 \pm 5,9$  Jahre.

Anzahl durchgeführter Reinterventionen	Numerische Häufigkeit	Prozentuelle Häufigkeit
0	27	77,1 %
1	5	14,3 %
2	3	8,6 %

**Tab. 18 Numerische und prozentuelle Häufigkeiten durchgeführter Reinterventionen (n=35)**

Anzahl durchgeführter Reinterventionen	Z.n. Stanford Typ A	Stanford Typ B	Gesamtanzahl
0	18	9	27
1	2 (8,7 %)	3 (25 %)	5
2	3 (13,0 %)	0	3

**Tab. 19 Anzahl der durchgeführter Reinterventionen dargestellt aufgrund des Dissektionstyps (n=35)**



**Abb. 45 Graphische Darstellung der Anzahl der durchgeführten Reinterventionen verteilt auf die unterschiedlichen Dissektionstypen (n=35)**

### 3.4 Befunderweiterungen und Komplikationen

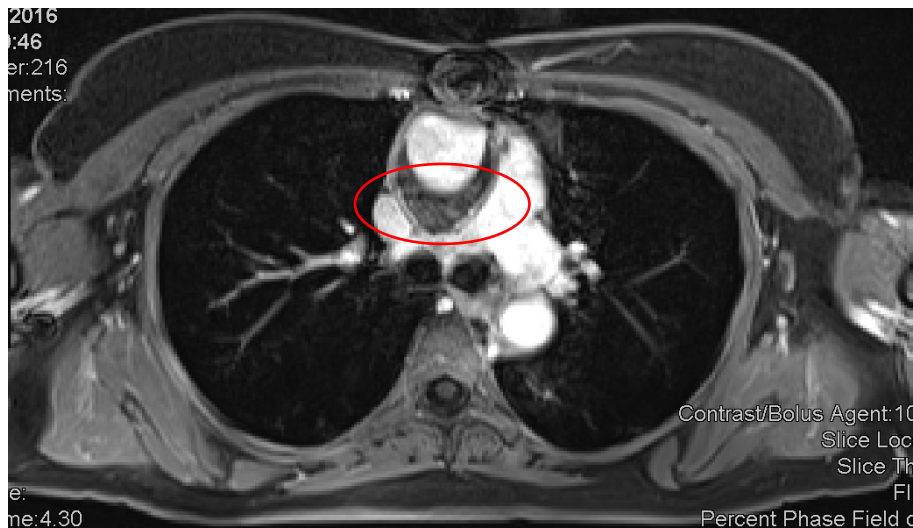
Als Befunderweiterungen und Komplikationen werden jene Diagnosen verstanden, welche in Zusammenhang mit der Operation oder Intervention zu stellen sind. In Tab. 20 wird dargestellt, welche Befunderweiterungen und Komplikationen bei diesem Kollektiv zu finden waren. Hierfür wurden radiologische Befunde sowie Ambulanzberichte überprüft. Die gefundenen Ergebnisse wurden aufgeteilt aufgrund der unterschiedlichen Dissektionstypen. Die Prozentangaben bei den Dissektionstypen beziehen sich auf die gesamte Anzahl an aufgetretenen Dissektionen dieses Typs.

Komplikation und Befunderweiterungen	Gesamtanzahl n=35 (%)	Z.n. Stanford Typ A n=23 (%)	Stanford Typ B n=12 (%)
Pleuraerguss	35 (100 %)	23 (100 %)	12 (100 %)
Periaortales Hämatoserom	21 (60 %)	15 (65,2 %)	6 (50 %)
Perikarderguss	13 (37,1 %)	11 (47,8 %)	2 (16,7 %)
Endoleak	4 (11,4 %)	1 (4,3 %)	3 (25 %)
Ischämische Rückenmarksschädigung	3 (8,6 %)	1 (4,3 %)	2 (16,7 %)
AV-Fistel	2 (5,7 %)	1 (4,3 %)	1 (8,4 %)

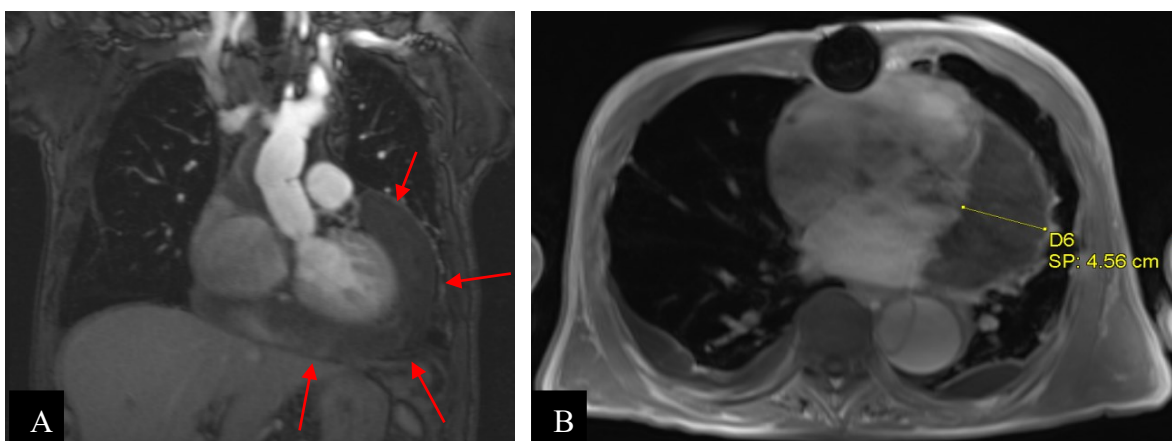
**Tab. 20 Aufgetretene Komplikationen und Befunderweiterungen (n=35)**

In Tab. 20 ist ersichtlich, dass es bei jeder Aortendissektion, unabhängig ob ein Zustand nach Typ A oder Typ B Dissektion vorlag, zu einem Pleuraerguss (Abb. 48) kam. Kein Pleuraerguss benötigte eine chirurgische Intervention. Eine weitere sehr häufige Befunderweiterung ist das periaortale Hämatoserom (Abb. 46). Das periaortale Hämatoserom befand sich immer im Interventions- oder Operationsbereich. Dieses war in jeder Folgeuntersuchung rückläufig. Auch ein Perikarderguss kam häufig vor. Bei 13 Personen mit Perikardergüssen (Abb. 47) wurde nur ein hämodynamisch relevanter Erguss mittels subxiphoidaler Perikardiotomie und Drainage revidiert.

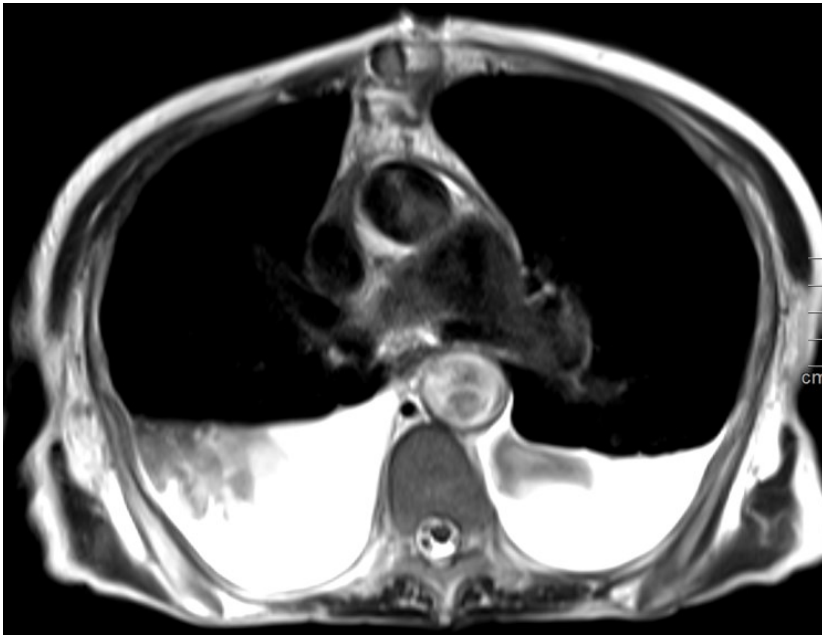
Das Endoleak wird im folgenden Punkt genauer dargestellt. Weitere Komplikationen, welche man direkt in Zusammenhang mit der Dissektion beziehungsweise den durchgeführten Interventionen und Operationen stellen könnte, wurden nicht beobachtet.



**Abb. 46 Periaortales Hämatoserom dorsal der Aorta ascendens**



**Abb. 47 A: Frühphase einer MRA mit einem zirkumferenten Perikarderguss (hypointenser Saum). B: MRT des Thorax, vermessener Perikarderguss**



**Abb. 48 T<sub>2</sub>-gewichtete MR-Aufnahme.  
Beidseits Pleuraergüsse sichtbar.**

### 3.4.1 Endoleak

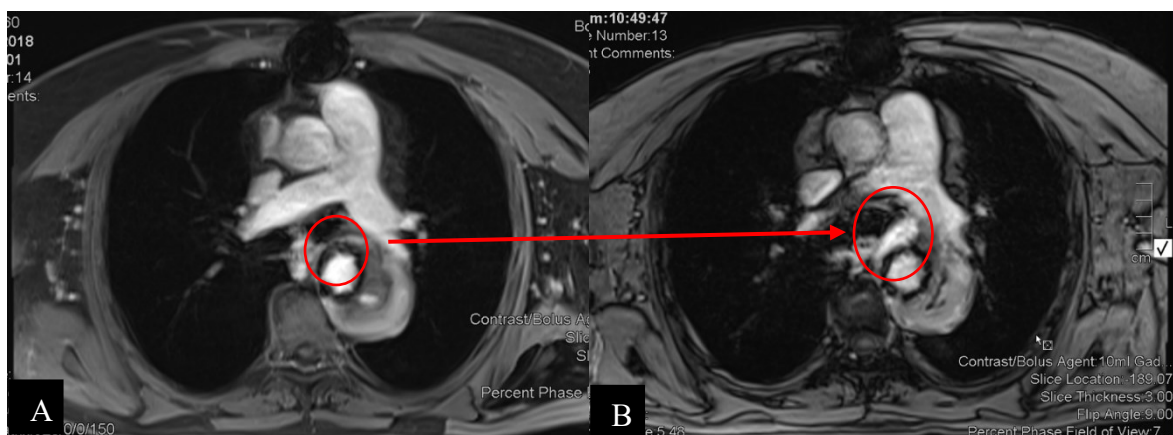
Im gesamten Kollektiv traten bei vier Personen Endoleaks auf. In Tab. 21 ist die Verteilung der Endoleaks dargestellt. Im untersuchten Kollektiv gab es Endoleaks vom Typ I und II. Auf eine Darstellung aufgrund des Dissektionstyps wird in der nachfolgenden Tabelle verzichtet, da ein Endoleak nur bei Personen mit einer Stentimplantation auftreten kann. Somit kann nach einer Stanford Typ A Dissektion ein Endoleak nur auftreten, wenn die Person im chronischen Verlauf einen thorakalen Aortenstent erhielt.

Endoleak Typ	Häufigkeit
Typ I	3 (8,7 %)
Typ II	1 (2,9 %)

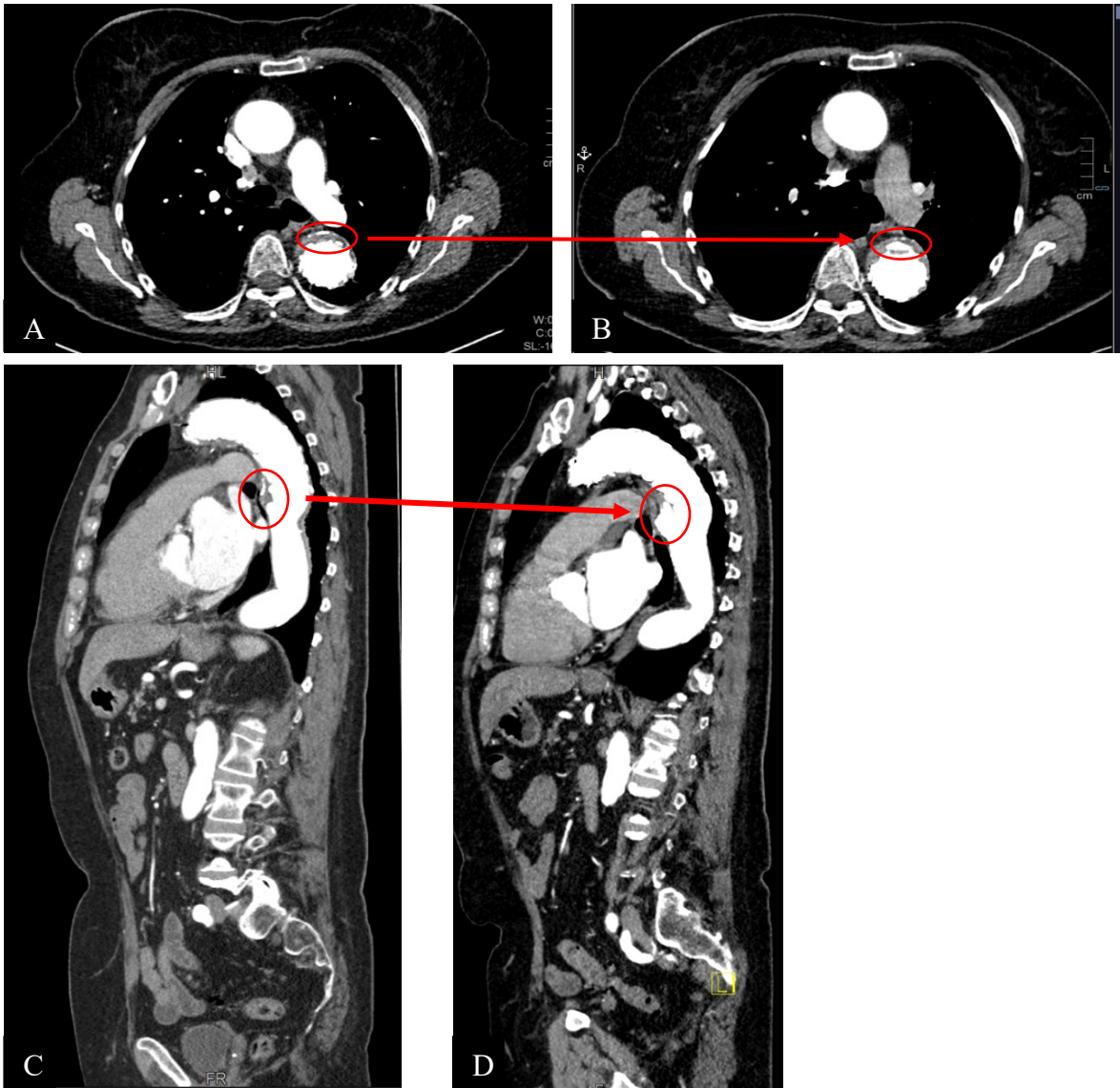
**Tab. 21 Häufigkeit von Endoleaks im untersuchten Kollektiv (n=35)**

In Abb. 49 wird ein Endoleak vom Typ II dargestellt. Am linken Bild ist die Untersuchung ein Jahr vor dem Auftreten des Endoleaks abgebildet. Im Jahr darauf kam es zu einem extravasalen Kontrastmittelpooling (roter Kreis in Abb. 49B), welches in diesem Bereich einem Endoleak Typ II entspricht.

In Abb. 50 wird ein Endoleak Typ I, welches mittels CTA nachgewiesen wurde, bei einer Person aus dem Kollektiv dargestellt. Hier ist ersichtlich, dass sich im Bereich der Verankerungsstelle des thorakalen Stents Kontrastmittel in der Aortenwand sammelt.



**Abb. 49 A: Untersuchung ein Jahr zuvor. Zusätzlich liegt ein Wandthrombus im falschen Lumen um den Aortenstentgraft vor. B: Endoleak Typ II.**



**Abb. 50 A: Transversale Schicht einer CTA ein Jahr zuvor. B: Endoleak Typ I. C: Sagittale Schicht einer CTA ein Jahr zuvor. D: Endoleak Typ I.**

### 3.5 Zusatzbefunde der MR-Angiographie

Im gesamten Kollektiv wurden bei 27 Personen insgesamt 62 Zusatzbefunde beschrieben. In den folgenden Tabellen sind die gefundenen Zusatzbefunde sowie deren Häufigkeit sortiert nach den jeweiligen Organsystemen angeführt. Am häufigsten wurden Nierenpathologien gefunden. Weiterführende Abklärungen wurden in keinem der Fälle empfohlen. Bezüglich eines Lungenrundherdes wurden engmaschige Kontrollen nahegelegt. Therapeutische Konsequenzen gab es keine.

Zusatzbefund	Häufigkeit
Nierenzysten beidseitig	10
Nierenzysten einseitig	6
Nierenarterienaneurysma	1
Nephrektomie	1
Niereninfarkt	1
Gesamtzahl der Zusatzbefunde der Niere	19

**Tab. 22 Zusatzbefunde der Niere**

Zusatzbefund	Häufigkeit
Leberzysten	6
Leberhämangiom	2
Chilaiditi-Zeichen	1
Steatosis hepatis	1
Cholezystolithiasis	3
Cholezystektomie	1
Gesamtzahl der Zusatzbefunde der Leber	14

**Tab. 23 Zusatzbefunde des hepatobiliären Systems**

Zusatzbefund	Häufigkeit
Kolondivertikel	9
Mesorektale Zyste	1
Gesamtzahl der Zusatzbefunde des gesamten Darms	10

**Tab. 24 Zusatzbefunde des gesamten Darms**

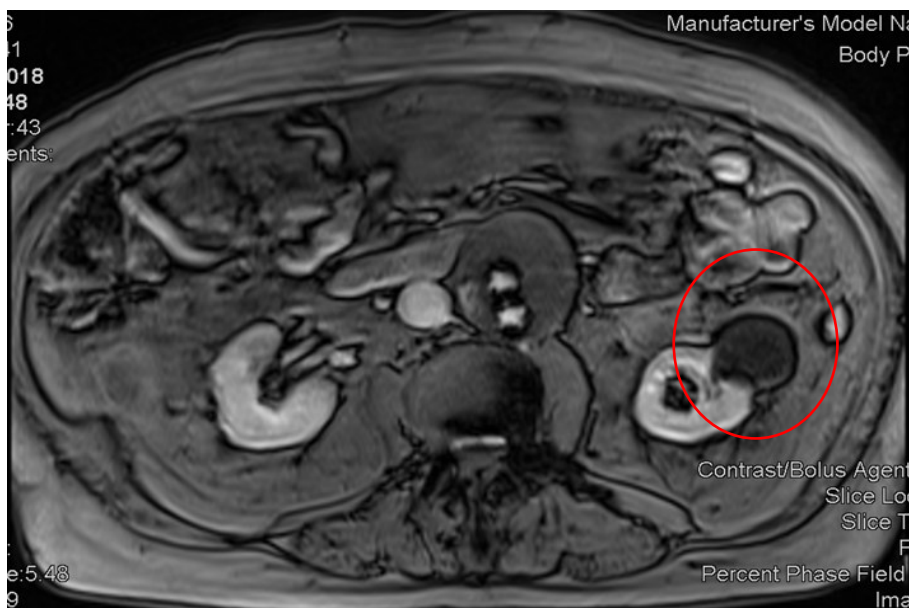
Zusatzbefund	Häufigkeit
Milzinfarkt	3
Milzhämangiom	1
Nebenmilz	1
Gesamtzahl der Zusatzbefunde der Milz	4

**Tab. 25 Zusatzbefunde der Milz**

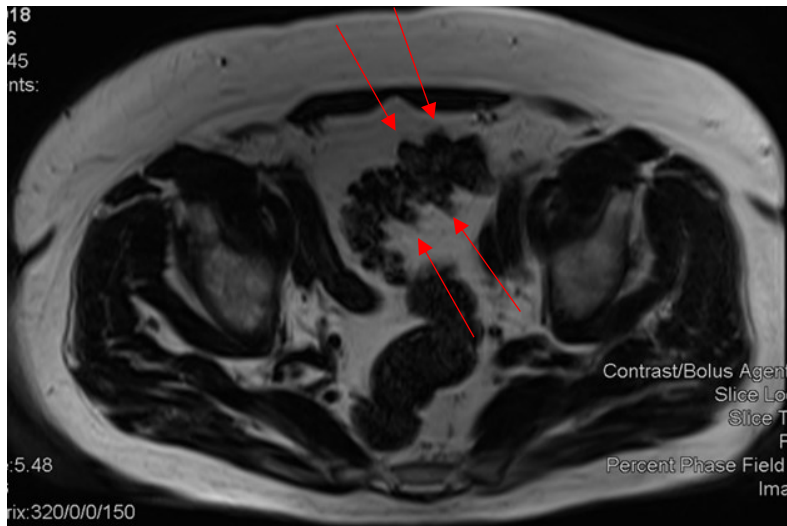
Zusatzbefund	Häufigkeit
Prostatahyperplasie	5
Pankreaszysten	2
Follikelzysten beidseits	1
Lungenrundherd	1
Emphysebullae	1
Nebennierenadenom	1
Postpunktionelles Serom	1
Gesamtzahl der sonstigen Zusatzbefunde	12

**Tab. 26 Sonstige Zusatzbefunde**

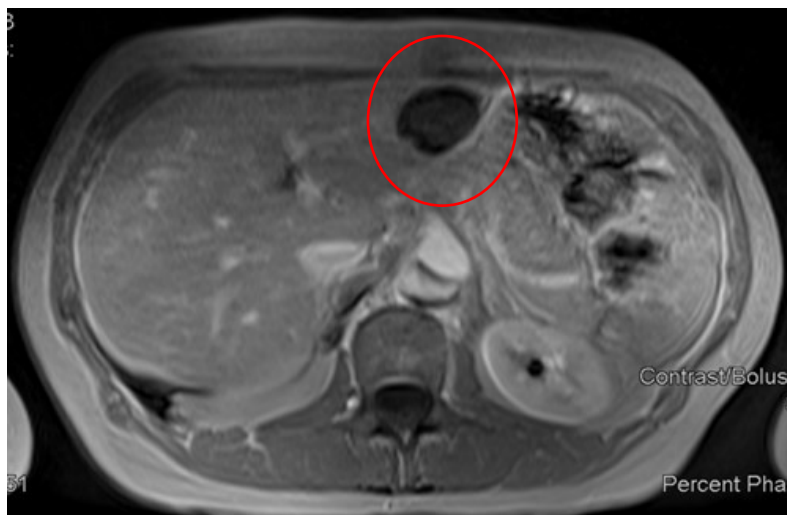
Die folgenden Abbildungen zeigen MR-Bilder der häufigsten Zusatzbefunde aus dem Kollektiv. Zusätzlich wurde ein Nebennierenadenom in Abb. 54 dargestellt, da es sich um einen seltenen Zusatzbefund handelt, der aber im Rahmen eines arteriellen Hypertonus klinische Relevanz haben kann.



**Abb. 51 Zyste der linken Niere**



**Abb. 52 KolondivertikULOse**



**Abb. 53 Leberzyste im linken Leberlappen**



**Abb. 54 Nebennierenadenom rechts – T<sub>1</sub>-gewichtete Sequenz mit Fettsättigung nach Kontrastmittelapplikation**

## 4 Diskussion

### 4.1 Interpretation der Ergebnisse

#### 4.1.1 Kollektiv

Die epidemiologischen Daten des Kollektivs entsprechen weitestgehend den Daten der Literatur mit einer Geschlechterverteilung von m:w = 2:1 sowie einem Durchschnittsalter von 58 Jahren (23). In den Ergebnissen ist auch ersichtlich, dass die Typ A Dissektion häufiger in diesem Kollektiv vorkommt. Ein möglicher Grund dafür wäre, dass die chronische Typ B Dissektion mit weniger Komplikationen behaftet ist. Personen mit akuter Typ A Dissektionen sind immer vital bedroht und bedürfen somit einer sofortigen Behandlung. In dem ausgewerteten Kollektiv gab es nur primäre, operativ versorgte Typ A Dissektionen, welche durch die Operation aus radiologischer Sicht in eine Typ B Dissektion umgewandelt wurden. Die Vermessungen wurden somit immer bei Personen mit einer Typ B Dissektion durchgeführt.

Dies kann man auch mit den notwendigen Interventionen belegen. Jede Person mit Typ A Dissektion wurde noch am selben Tag offen chirurgisch versorgt. Dies wird auch durch die ESC Leitlinien empfohlen (11). Eine endovaskuläre Versorgung von Typ A Dissektionen ist jenen Personen vorbehalten, die Kontraindikationen für die offen chirurgische Therapie haben. Es gibt hierfür Studien, die belegen, dass dies, wenn es keine andere Möglichkeit gibt, eine akzeptable Lösung darstellt (24,25). Für Personen mit Typ A Dissektion, die weder eine offen chirurgische noch eine endovaskuläre Therapie erhalten können, gibt es lediglich medikamentöse Therapien. Hier liegt die 30-Tages Mortalität deutlich höher mit 39,1 % (26).

75 % der Personen mit Typ B Dissektion wurden mittels TEVAR behandelt. Die übrigen 25 % wurden lediglich medikamentös versorgt. Bezüglich der medikamentösen Behandlung gibt es heute Studien die belegen, dass eine elektive Versorgung mittels TEVAR auch bei diesen Personen einen Benefit bringt, da häufig verzögerte Komplikationen auftreten (27,28). Um die Frage zu beantworten, wann eine TEVAR bei Personen mit unkomplizierter Typ B Dissektion durchgeführt werden soll, ist die Studienlage derzeit noch nicht ausreichend (28).

Die kardiovaskulären Risikofaktoren wurden ebenso dargestellt. In einer Studie wurde deutlich, dass Personen mit arterieller Hypertonie oder mit einem Nikotinabusus ein deutlich höheres Risiko für die Entstehung einer Aortendissektion haben. In der Literatur konnte kein Zusammenhang mit Diabetes, Niereninsuffizienz und Übergewicht bei der Entwicklung einer Aortendissektion nachgewiesen werden (29). In einer aktuelleren Studie wurde nun gezeigt, dass Personen bei einem BMI von  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$  ein deutlich erhöhtes perioperatives Risiko und eine höhere Mortalität haben (30). Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Entstehung der Aortendissektion. Das Vorliegen der kardiovaskulären Risikofaktoren und die Relevanz für die Entstehung einer Aortendissektion spiegelt sich auch in diesem Kollektiv wider. 94 % der Personen hatten einen präexistenten arteriellen Hypertonus. 45,7 % hatten einen BMI  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ . 40 % der Personen hatten eine positive Nikotinanamnese. Ein weiterer Risikofaktor für die Entstehung von Aortendissektionen sind Bindegewebserkrankungen. In diesem Kollektiv wurde eine Person mit einem Marfan-Syndrom diagnostiziert, obwohl aufgrund der hohen Inzidenz von 1:5000 - 10000 mit mehreren Fällen zu rechnen wäre (31). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die meisten Personen mit einem Marfan-Syndrom bereits im frühen Kindesalter erkannt werden. Diese werden auch im Erwachsenenalter am LKH Universitätsklinikum Graz an einer Spezialambulanz der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde weiter betreut und wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Auffällig bei dem Kollektiv ist, dass in 23,8 % der Fälle eine zystische Medianekrose Erdheim-Gsell diagnostiziert wurde. Hierbei hängt die Prävalenz laut Studien von der zugrunde liegenden Erkrankung ab. Bei Personen mit einer Aortendissektion wurde eine Prävalenz von ca. 50% angegeben (57). In diesem Kollektiv wäre somit die Prävalenz um die Hälfte weniger. Worauf diese Ursache begründet ist, kann aufgrund der erhobenen Daten nicht gesagt werden.

Auch atherosklerotische Veränderungen waren häufig. Das Vorliegen von atherosklerotischen Veränderungen ist für die Entstehung einer Aortendissektion derzeit noch nicht ausreichend geklärt (32,33). In 28,5 % der Fälle gab es eine unauffällige Histologie. Die Ursache für die Entwicklung von Aortendissektionen ist bei diesen Fällen unklar. Möglicherweise spielen andere Risikofaktoren wie hypertensive Entgleisungen, Traumata sowie eine spontane Erhöhung des intrathorakalen Druckes während des Geburtsvorganges bei Schwangeren, eine Rolle.

### 4.1.2 Aortendurchmesser

Insgesamt gab es bei 89 MRA 639 mögliche Messpunkte. Von diesen wurden 22,1 % in den abschließenden Befunden vermerkt. Am häufigsten wurde der maximale Durchmesser der Aorta thoracica descendens vermerkt. In den ESC Leitlinien wird empfohlen, bei jeder bildgebenden Untersuchung der Aorta diese standardisiert zu vermessen (11). Die empfohlenen Messpunkte wurden bereits in Abb. 3 dargestellt. Dies wurde in den Befunden oft nicht durchgeführt. Hier wäre es wünschenswert, ein standardisiertes Protokoll zur genauen Evaluierung der Aorta zu etablieren. Weiters wird in den ESC Leitlinien empfohlen, dass die Kontrolluntersuchungen immer mit dem gleichen bildgebenden Verfahren durchgeführt werden sollten (11). Es wäre somit aus radiologischer Sicht zu empfehlen, dass auch bereits die erste postoperative Kontrolle bei jenen Personen ohne Kontraindikationen für das MR mit dieser Methode durchgeführt wird. Für die radiologische Beurteilung sind die folgenden Kontrolluntersuchungen somit vergleichbar. Jedoch ist für die Dauer der liegenden Hautklammernreihe die Durchführung eines MR kontraindiziert.

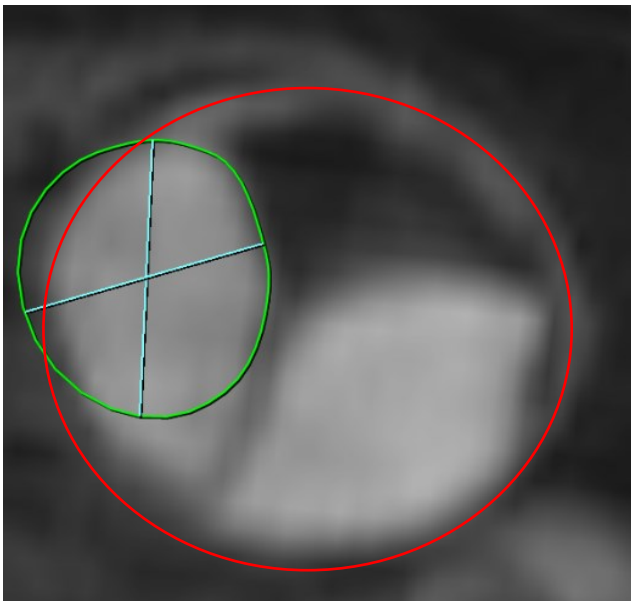
Es gibt Studien, die zeigen, dass gesunde, nicht betroffene Abschnitte der Aorta sich in den Kontrolluntersuchungen meistens nicht relevant verändern (34). Dies könnte man so interpretieren, dass auch hier die durch die aktuellsten ESC Leitlinien empfohlenen Messpunkte nach individueller Entscheidung im weiteren Krankheitsverlauf nicht immer vermessen werden müssen (11,34).

Ein Kritikpunkt der durchgeführten MRA wäre, dass es bei einigen Personen mit Aortendissektionen lediglich MRA der thorakalen oder der abdominellen Aorta gab. Es sollte jedoch zumindest einmalig als Ausgangsbefund und immer bei klinischer Symptomatik die gesamte Aorta untersucht werden, um weitere Komplikationen wie eine fortschreitende Dissektion oder die Entstehung einer anderen Gefäßpathologie nicht zu übersehen.

Bezüglich des Auswerteverfahrens wird in den ESC Leitlinien empfohlen, Systeme mit MPR zu verwenden (11). Das würde bedeuten, dass beide Systeme, „syngo.via“ und „syngo.plaza“, als gleichwertig zu betrachten sind. Vergleicht man beide Systeme, so fällt in den Bland-Altman-Diagrammen und den dazugehörigen ermittelten p-Werten auf, dass es zwischen den beiden Systemen statistisch signifikante Unterschiede gibt. Diese befinden sich vor allem in Bereichen, wo große Durchmesser vorliegen. Hier neigen beide Systeme

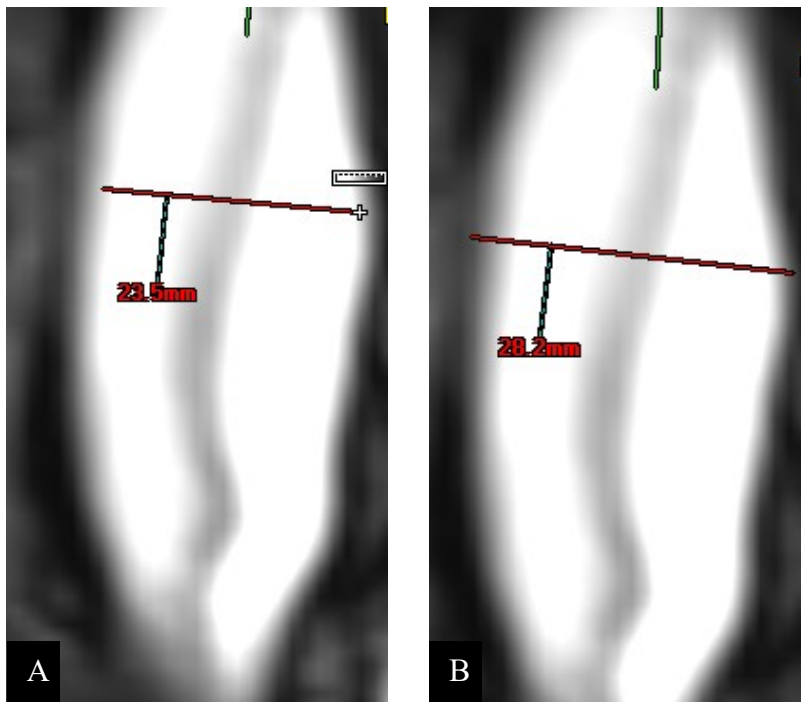
sowohl zum Über-, als auch Unterschätzen des Durchmessers. Ein Problem ist jedoch, dass man aufgrund des Methodenvergleichs nicht sagen kann, welche Methode die Bessere beziehungsweise Richtigere ist. Man hatte hier bei diesen Vergleichen keine exakten Vergleichswerte. Eine Möglichkeit zum Vergleich der Messung wäre, die eingesetzten Aortenprothesen bei Personen mit Typ A Dissektion zu vermessen. Hier gibt es jedoch das Problem, dass man nicht genau weiß, ob diese Prothesen relevante Artefakte machen und somit die Durchmesser verfälschen.

In den folgenden Abbildungen wird dargestellt, warum es die Unterschiede bei den Messungen gab. Ein Problem war bei den Messungen mit „syngo.via“, dass das System in einigen Fällen nicht den gesamten Durchmesser des Gefäßes erkannte. Somit musste das Gefäß händisch vermessen werden. Dies ist in Abb. 55 ersichtlich. Hier wurde durch das System lediglich der grüne Kreis vermessen. Für die exakte Bestimmung des Durchmessers müsste aber der rote Kreis vermessen werden. Es wurde dann, sofern notwendig, die Kontur manuell bestimmt. Dadurch ergeben sich auch bei „syngo.via“ subjektive Bestandteile in der Vermessung.



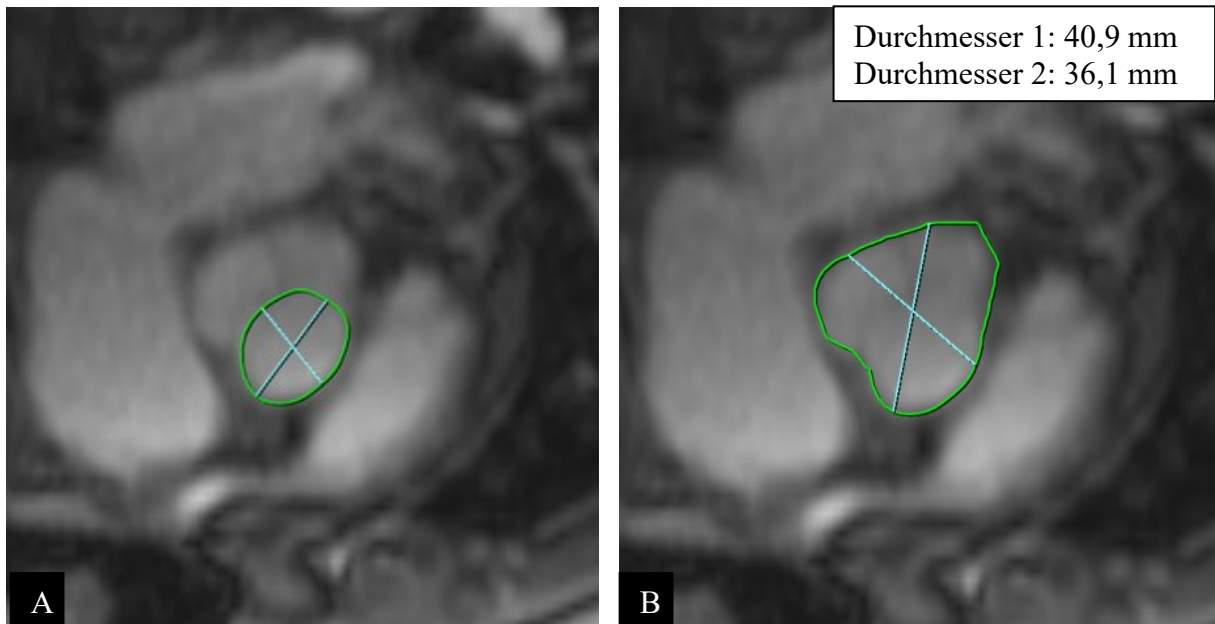
**Abb. 55 „syngo.via“ Messung. Durch das automatische Konturerkennungsprogramm wurde die Fläche im grünen Kreis als Aorta vermessen. Manuell musste dies korrigiert werden (roter Kreis), denn der Aortenquerschnitt enthält hier wahres Lumen, falsches Lumen und einen thrombotisierten Anteil (dunkle Fläche im roten Kreis).**

Bei „syngo.plaza“ hingegen war das Problem, dass man keine genauen Vorgaben hatte, ob das Gefäß mit oder ohne Wand vermessen werden sollte. Auch aufgrund dessen kann es zu Schwankungen des Durchmessers um ungefähr 5 mm, wie in Abb. 56 dargestellt, kommen. Diese Abweichungen können jedoch nicht einem der beiden Systeme angerechnet werden. Es muss vor Durchführung der ersten Messung genau definiert werden, wie die Aorta im weiteren Verlauf vermessen wird. Nur so kann man diesen Fehler vermeiden. Auch dies sollte standardisiert werden, da bereits eine Zunahme des Aortendurchmessers von 5 mm/Jahr zu kürzeren Abständen der bildgebenden Kontrollen führen sollten (35).

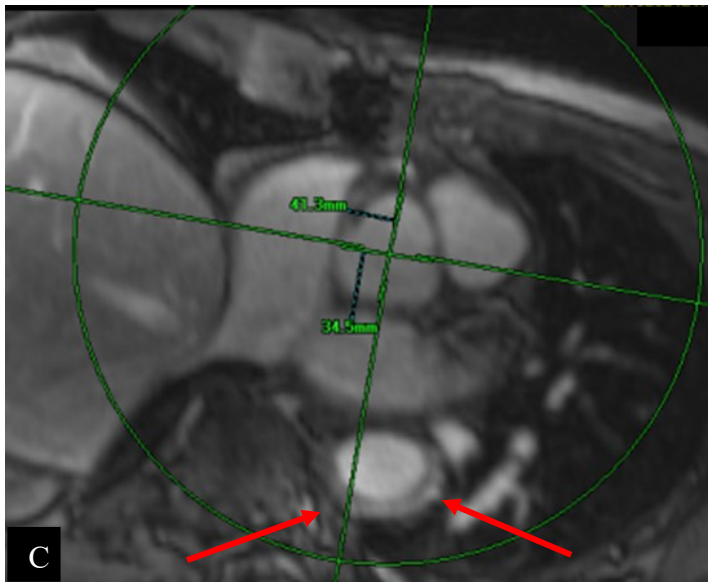
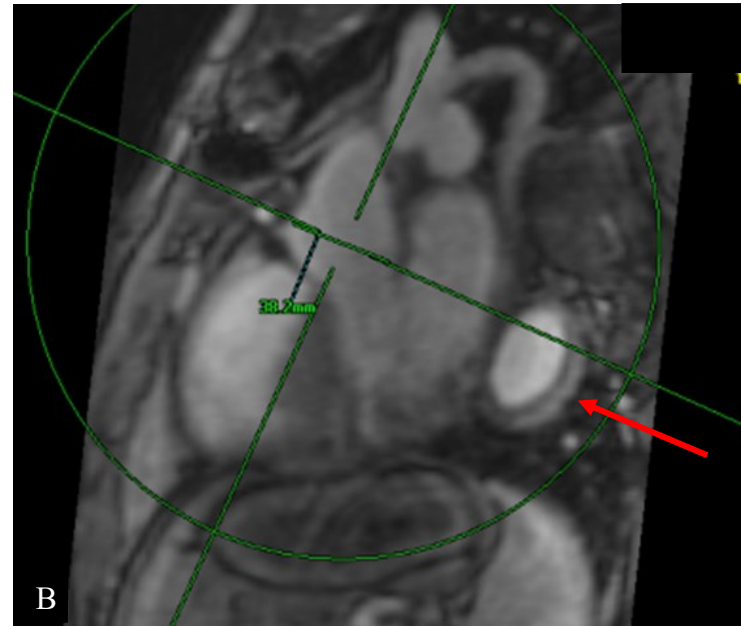
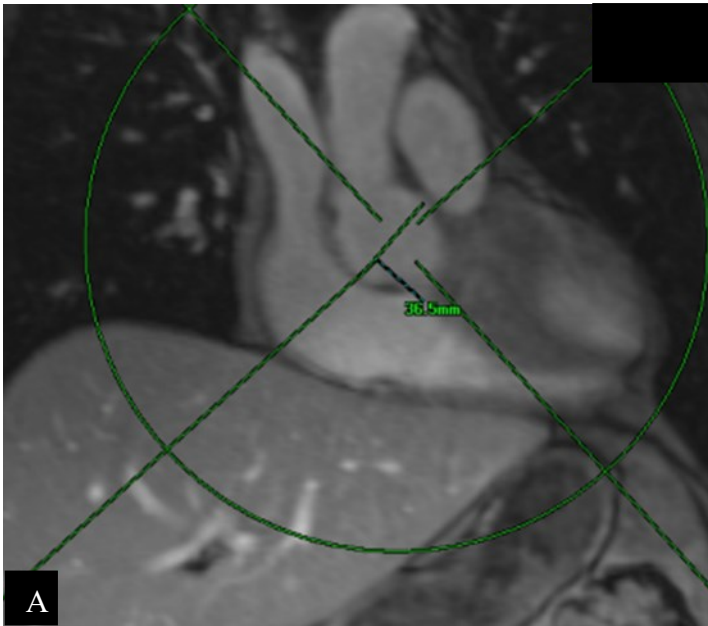


**Abb. 56 Messung mittels „syngo.plaza“. Unterschied von 5 mm am selben Messpunkt. Ursache: Wand wird in die Messung nicht miteingeschlossen (A). Wand wird in die Messung miteingeschlossen (B).**

Am Messpunkt im Bereich des Sinus valsavae kann es bei „syngo.via“ dazu kommen, dass nicht die gesamte Aortenklappe vermessen wird (Abb. 57A). Die Aortenklappe muss dann manuell vermessen werden (Abb. 57B). Die Durchmesser die sich dadurch in „syngo.via“ ergeben sind die beiden größten Durchmesser. In Abb. 58 wurde die Aortenklappe in „syngo.plaza“ vermessen. Die Aortenklappe wurde in „syngo.plaza“ von Kommissur zu Kommissur vermessen. Weiters wurde der Durchmesser in allen Schichten orthogonal vermessen. Dabei ergab sich ein Unterschied zwischen den beiden Systemen von 0,4 mm, beziehungsweise 1,6 mm. Dieser Unterschied ist für die Progression der Aortendisektion nicht relevant und sofern keine weiteren Pathologien an der Klappe vorliegen, würde dies auch zu keiner weiteren Intervention führen. Auch hier muss die genaue Lage der Vermessung bereits vor der Erstuntersuchung definiert werden, um Fehler im weiteren Verlauf zu vermeiden. Dieses Problem kann jedoch keinem System zugeordnet werden.

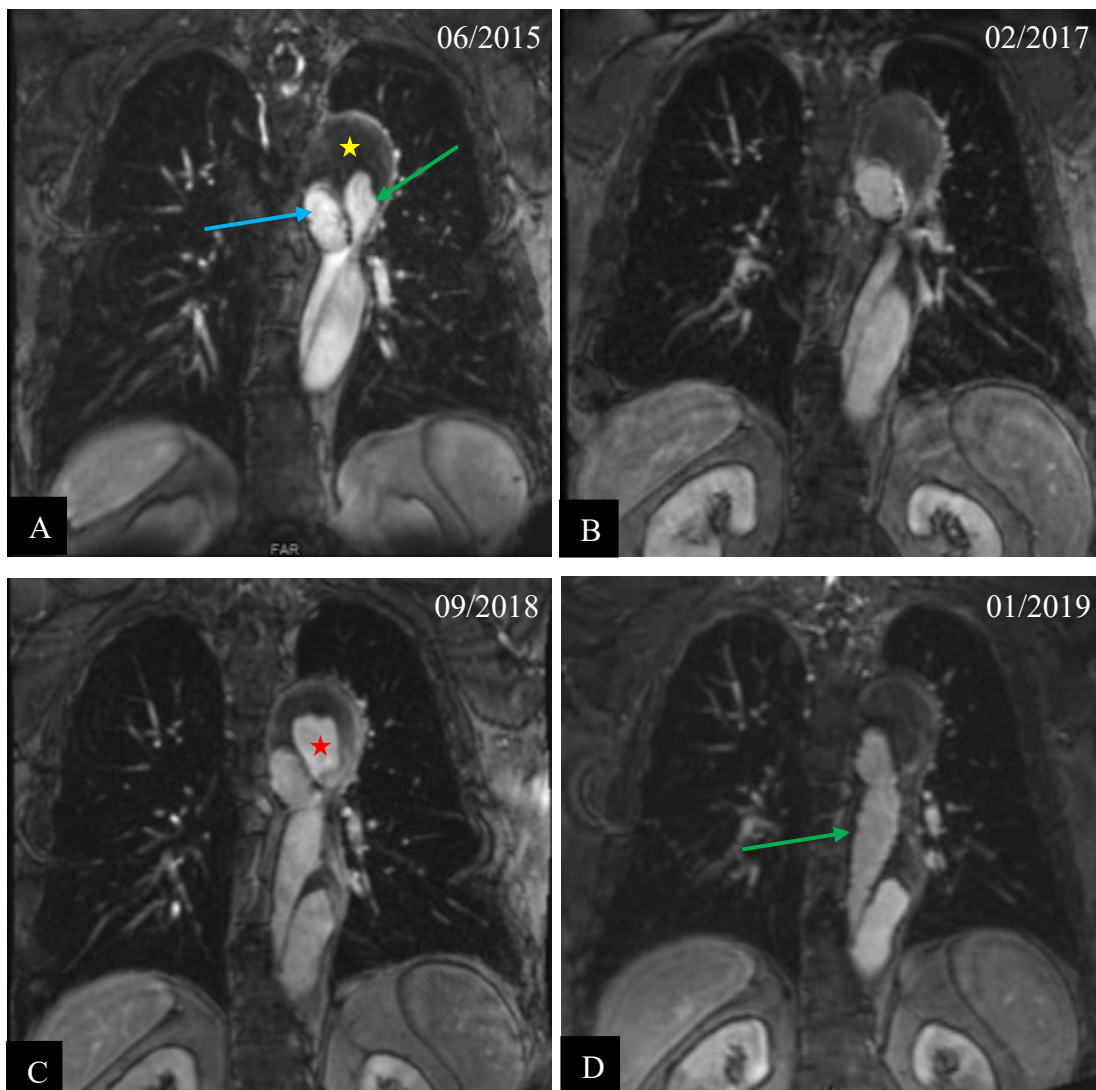


**Abb. 57 A: Trikuspidale Aortenklappe wurde durch „syngo.via“ nicht komplett vermessen. B: Manuelle Kontur um die Aortenklappe mit den ermittelten Durchmessern.**



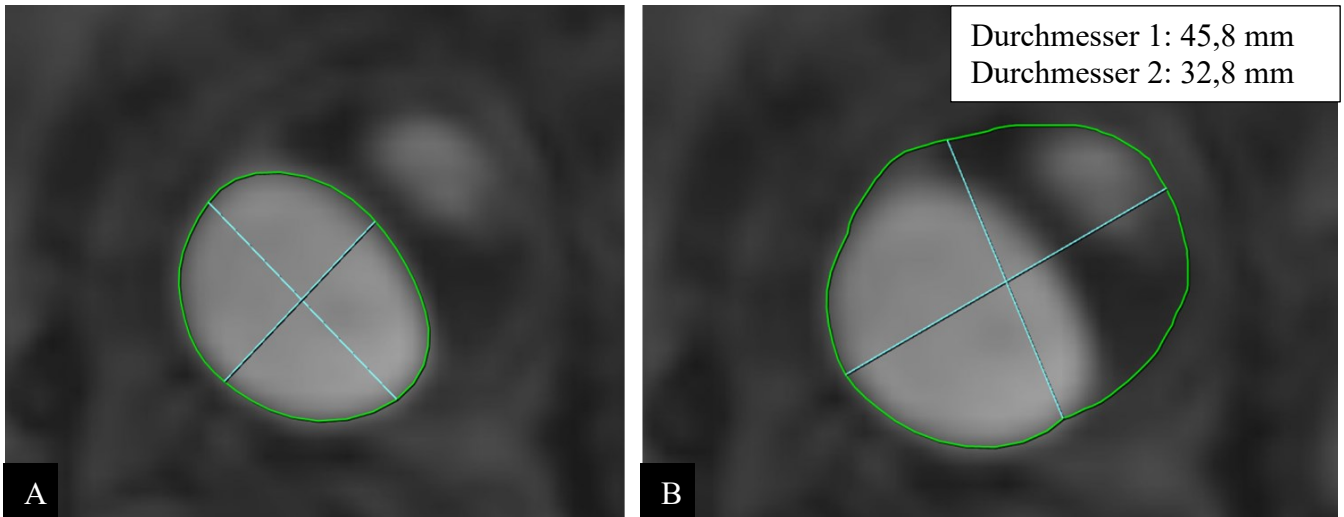
**Abb. 58** Vermessung am Messpunkt des Sinus valsavae mittels „syngo.plaza“. Im Bereich der Aorta thoracalis descendens ist die Aortenwand deutlich verbreitert (rote Pfeile). A: Coronare Schicht. B: Sagittale Schicht. C: Transversale Schicht.

Ein weiteres Problem stellte die Vermessung des Messpunktes der Aorta thoracica descendens distal der A. subclavia sin. dar. Bei einer Person kam es im Verlauf zum Remodeling der Dissektion und später zur Ausbildung eines Endoleaks (Abb. 59). Diese Person hatte die meisten Nachuntersuchungen (n=11). Hier wurde durch „syngo.via“ primär nur das durchströmte Lumen vermessen, wobei jedoch das gesamte Lumen, also auch jener Teil der Aorta der sich im Remodeling befindet, relevant ist. Dieser Teil wurde in „syngo.plaza“ mitvermessen. Dadurch ergaben sich an diesem Messpunkt bei dieser Person Unterschiede von bis zu drei Zentimeter. Diese Messpunkte wurden aufgrund des systematischen Fehlers aus den weiteren statistischen Analysen ausgeschlossen. Somit ist aus den durchgeführten Untersuchungen ersichtlich, dass bereits vor der ersten Auswertung der MR-Untersuchung die zu wählenden Punkte genau definiert werden müssen und auch, inwiefern das umliegende Gewebe, die Aortenwand, in die Auswertung miteinfließen.



**Abb. 59** Persistierende Typ B Dissektion nach Operation einer Typ A Dissektion. Zeitlicher Verlauf des Remodelings der Aorta mit einer Ausbildung eines Endoleaks. A & B: Unterschiedliche Aortendurchmesser im Arcus in Abhängigkeit des Verhältnisses wahres Lumen (blauer Pfeil)/falsches Lumen (grüner Pfeil)/thrombosierte Anteile (gelber Stern). C: Neu aufgetretenes Endoleak (roter Stern), welches mittels einer Stentverlängerung behandelt wurde. D: Sichtbarer zweiter Stent distal des ersten Stents. Beginnendes Remodeling nun auch distal der Landezone des ersten Stents.

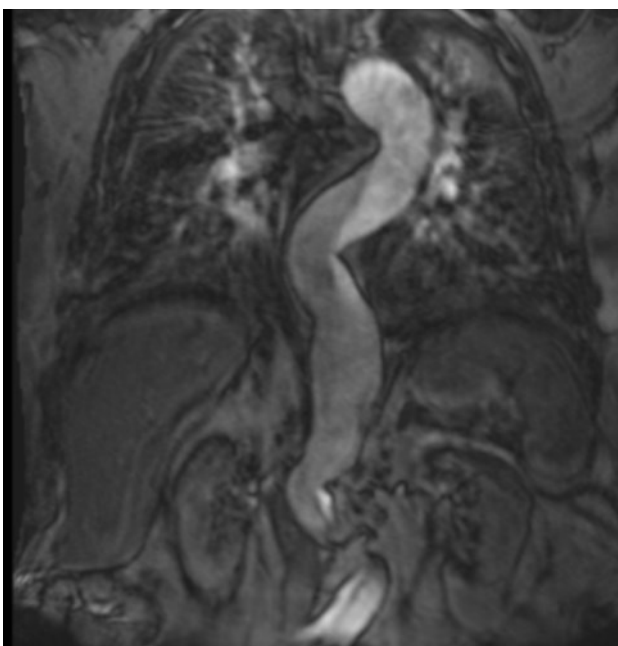




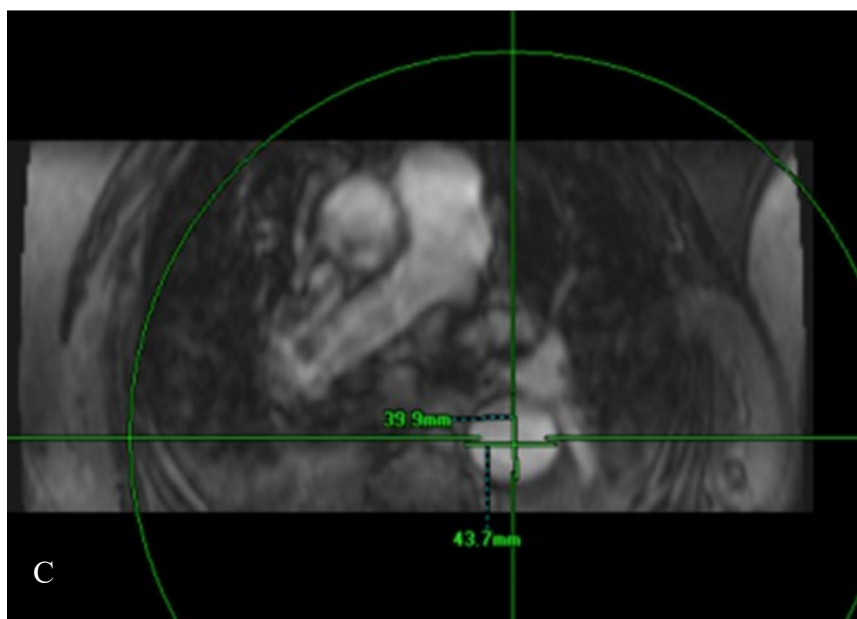
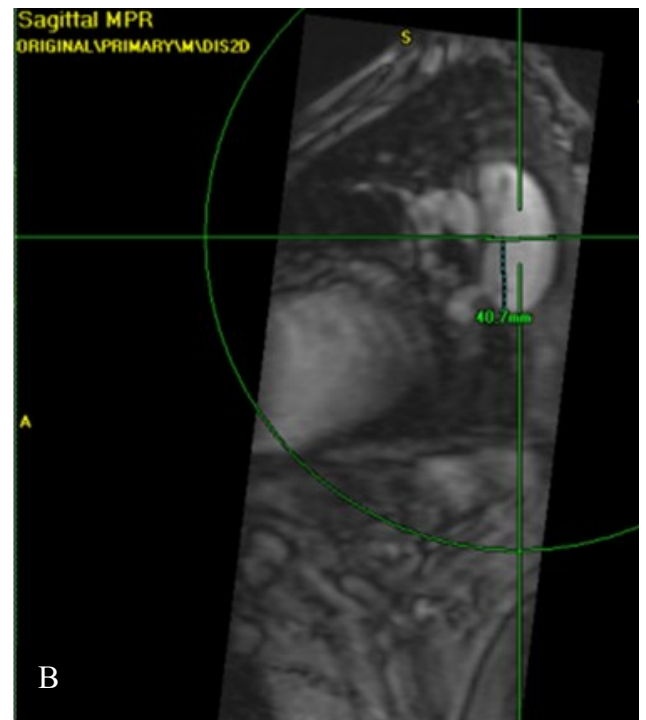
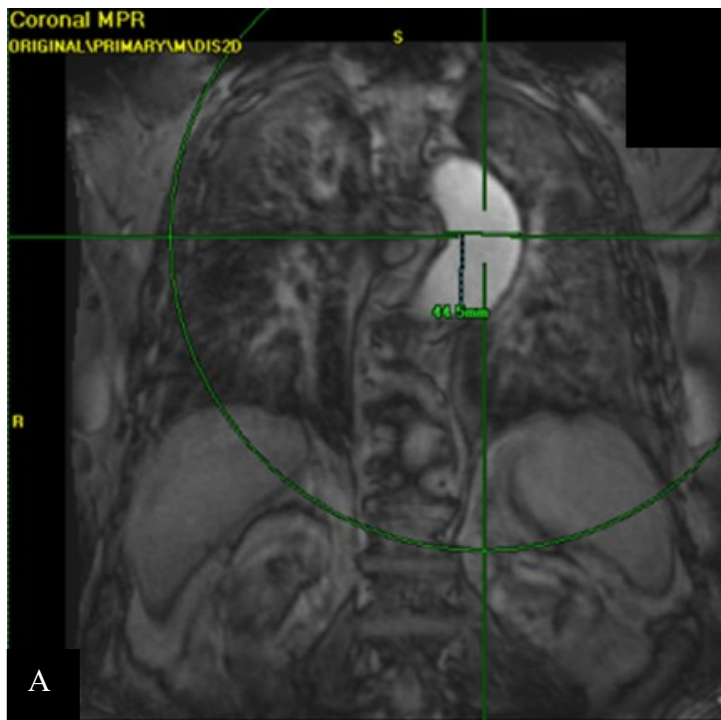
**Abb. 61 Vermessung der Aorta an dem in Abb. 60 dargestellten Messpunkt in „syngo.via“. A: Nur ein Teil der Aorta wurde vermessen (automatische Konturerkennung). B: Die gesamte Aorta wurde vermessen. Zwischen den beiden Lumina zeigt sich ein Thrombus. Die Vermessung musste manuell erfolgen. Daher sind hier subjektive Fehler möglich.**

Weiters wurde in den ESC Leitlinien die Vermessung der Stelle „Mitte der Aorta thoracica ascendens“ empfohlen (11). Die Mitte der Aorta thoracica ascendens kann nicht exakt definiert werden, wie beim Messpunkt „Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts“. Weiters kann sich auch dieser Messpunkt innerhalb einer Person bei den folgenden Untersuchungen unterscheiden, beispielsweise aufgrund von unterschiedlicher Atemanhaltung oder unterschiedlicher Herzaktionsphase und somit zu relevanten Messänderungen führen. Weiters ist an der Aorta thoracica ascendens vor allem der maximale Durchmesser für eventuelle Reinterventionen relevant. Dieser ist auch anatomisch besser zuzuordnen. Ein ähnliches Problem ergibt sich an der Aorta thoracica descendens. Hier wurde nicht exakt definiert, wo die Messung stattfinden soll. Für den weiteren Verlauf ist jedoch der maximale Durchmesser relevant. Bei geplanten Interventionen sollte auch der minimale Durchmesser erhoben werden. Diese Fehlerquellen treten jedoch bei beiden Systemen auf.

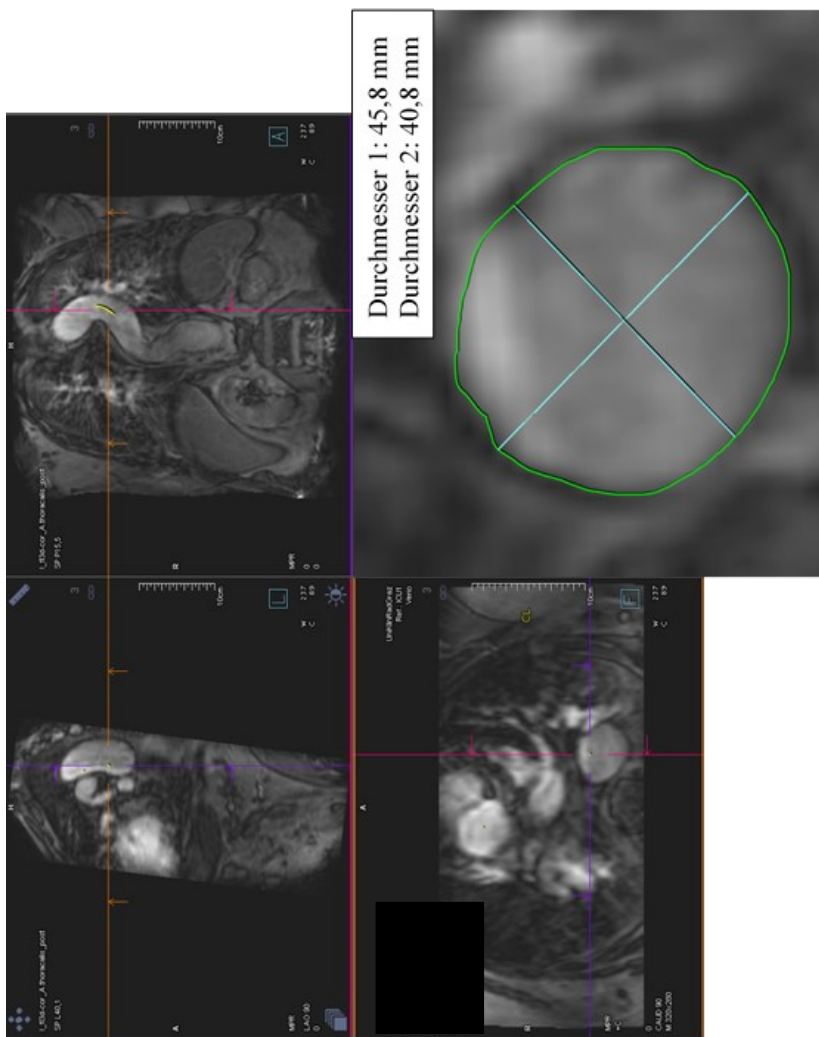
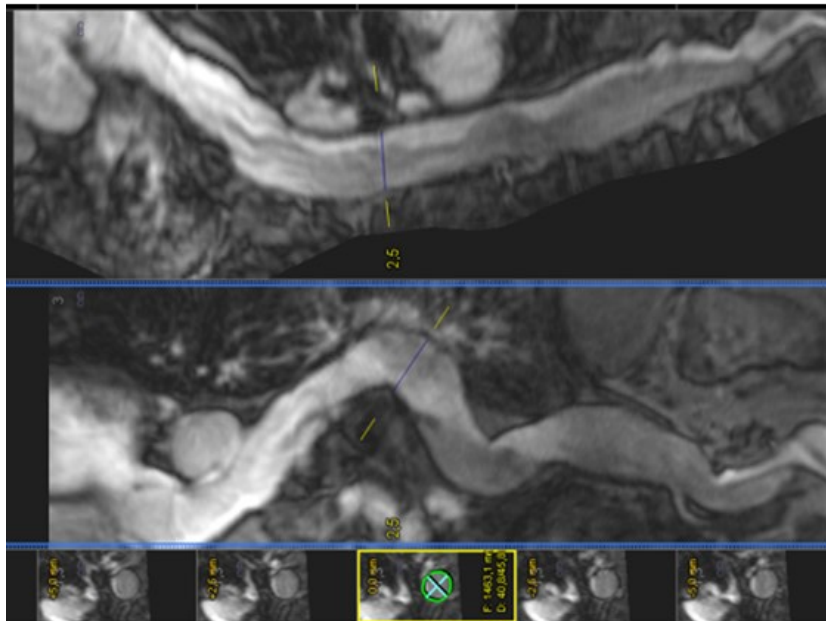
Bei Personen mit einem Kinking der Aorta (Abb. 62) ist es mit dem Auswerteprogramm „syngo.via“ einfacher im rechten Winkel zu messen. Dies ist auch ein Vorteil gegenüber „syngo.plaza“, da hier an jenen Stellen, an denen man das subjektive Gefühl hat, dass hier der größte Durchmesser besteht, jede Schicht manuell vermessen werden muss. Dies erfolgt bei „syngo.via“ automatisch. Dadurch kann man mittels „syngo.via“ die Durchmesser rascher ermitteln. Einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Messungen gibt es hier aber nicht.



**Abb. 62 Kinking der thorakalen Aorta**



**Abb. 63** Vermessung des Messpunkts „maximaler Durchmesser der Aorta thoracica descendens“ mittels „syngo.plaza“ bei einer Person mit starkem Kinking der Aorta (Abb. 62).  
**A:** Coronare Schicht. **B:** Sagittale Schicht. **C:** Axiale Schicht.



**Abb. 64 Vermessung des Messpunkts „maximaler Durchmesser der Aorta thoracica descendens“ mittels „syngo.via“ bei einer Person mit starkem Kinking der Aorta (Abb. 62)**

Ein weiterer statistisch signifikanter Unterschied besteht am Messpunkt „Aortenbifurkation“. Die Standardabweichung beträgt hier  $\pm 2$  mm. Der Median der Differenz liegt bei 0,00 mm. Wenn man, wie weiter oben beschrieben, eine Zunahme des Aortendurchmessers von 5 mm/Jahr als relevant annimmt, um engmaschiger zu kontrollieren, haben die Unterschiede an diesem Messpunkt keine klinische Relevanz.

Die hier verwendete Technik der kontrastgestützten MRA bildet die Aorta in Atemanhaltung gemittelt über mehrere Herzzyklen ab. Der Aortendurchmesser zeigt eine dynamische Änderung über den gesamten Herzzyklus durch passive Dehnung der elastischen Fasern und durch anschließende Retraktion, nach unserer Erfahrung von bis zu 5 mm (54-56). EKG-getriggerte Aufnahmen können zwar manchmal eine schärfere Abbildung der Aortenwand liefern, was jedoch weder dem minimalen noch dem maximalen Aortendurchmesser am jeweiligen Aquisitionsort entsprechen muss aber könnte. Daher erscheint die hier gewählte und über mehrere Herzzyklen gemittelte Aufnahme zwar mit einer etwas unschärferen Aortenwand, minimiert jedoch die Gefahr, dass im zeitlichen Verlauf bei einer Folgeuntersuchung zum Beispiel der größtmögliche Durchmesser der Aorta an einer Lokalisation mit dem kleinstmöglichen ebendort verglichen wird und fälschlich als echte Änderung interpretiert wird.

So haben die unterschiedlichen Messwerte an einer bestimmten Lokalisation wahrscheinlich folgende häufigste Ursachen:

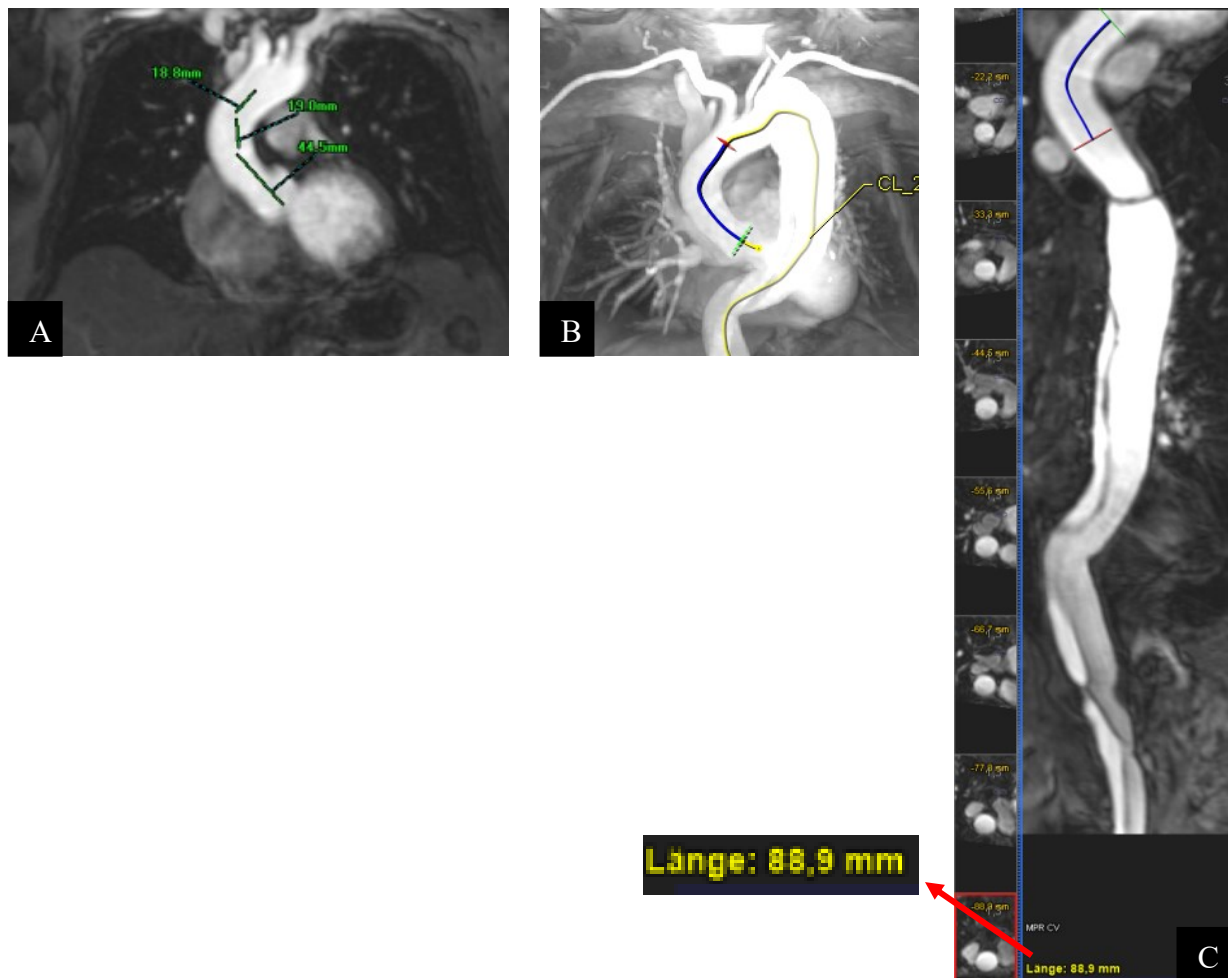
- Lernkurve eines nicht routinierten Anwenders
- Subjektive Parameter der Messung:
  - Ungenaue anatomische Bestimmung des jeweiligen Messpunktes bei oft fehlender Nachvollziehbarkeit (Speicherung nicht möglich, anatomische Bezugspunkte nicht eindeutig mit abgebildet durch das Messprogramm siehe Abb. 67).
  - Orthogonale Winkelung sowie „Centerline“ bei „syngo.plaza“ mit Augenmaß bestimmt (siehe Abb. 19 - Abb. 26).
  - Automatische Konturerkennung bei „syngo.via“ muss in fast allen Fällen händisch korrigiert werden, da oft zum Beispiel die thrombosierte Anteile und/oder Wandverdickungen und/oder Dissektionsmembranen nicht korrekt zugeordnet werden konnten (siehe Abb. 55).

Da das Ziel dieser Arbeit nicht die Bestimmung der Messgenauigkeit war, wurden keine systematischen Messwiederholungen (Intraobservervariabilität) oder systematischen Messvergleiche mit anderen Personen (Interobservervariabilität) oder Phantommessungen mit bekannten Durchmessern durchgeführt.

### **4.1.3 Weitere Unterschiede zwischen den Auswertesystemen**

#### **4.1.3.1 Längenmessung**

Einen weiteren Unterschied gibt es auch bei der Längenmessung. Wie in den folgenden Abbildungen gezeigt wird, muss die Längenmessung bei dem System „syngo.plaza“ händisch mit mehreren Linien durchgeführt werden. Diese müssen dann im Anschluss addiert werden. Bei „syngo.via“ hingegen kann diese Messung sehr leicht mit dem Aktivieren einer Einstellung durchgeführt werden. Der zu vermessende Längsabschnitt wird dann rasch bestimmt. Abb. 65 B zeigt die anatomische Zuordnung der Längenmessung. Abb. 65 C zeigt die MPR der Aorta und des vermessenen Aortenabschnittes. Am unteren Bildrand bei Abb. 65 C ist die gemessene Länge angeführt. Die Längenmessung ist insofern relevant, da diese zur Planung von Stents notwendig ist. Da Stents für akute Erkrankungen am LKH Universitätsklinikum Graz nur mit einer einheitlichen Länge vorrätig gehalten werden und eine adäquate Verankerungszone für diesen vorhanden sein muss, kann es sein, dass von der Längenmessung auch Therapieentscheidungen abhängig sind. Inwiefern dies der Fall ist muss jedoch separat geprüft werden.

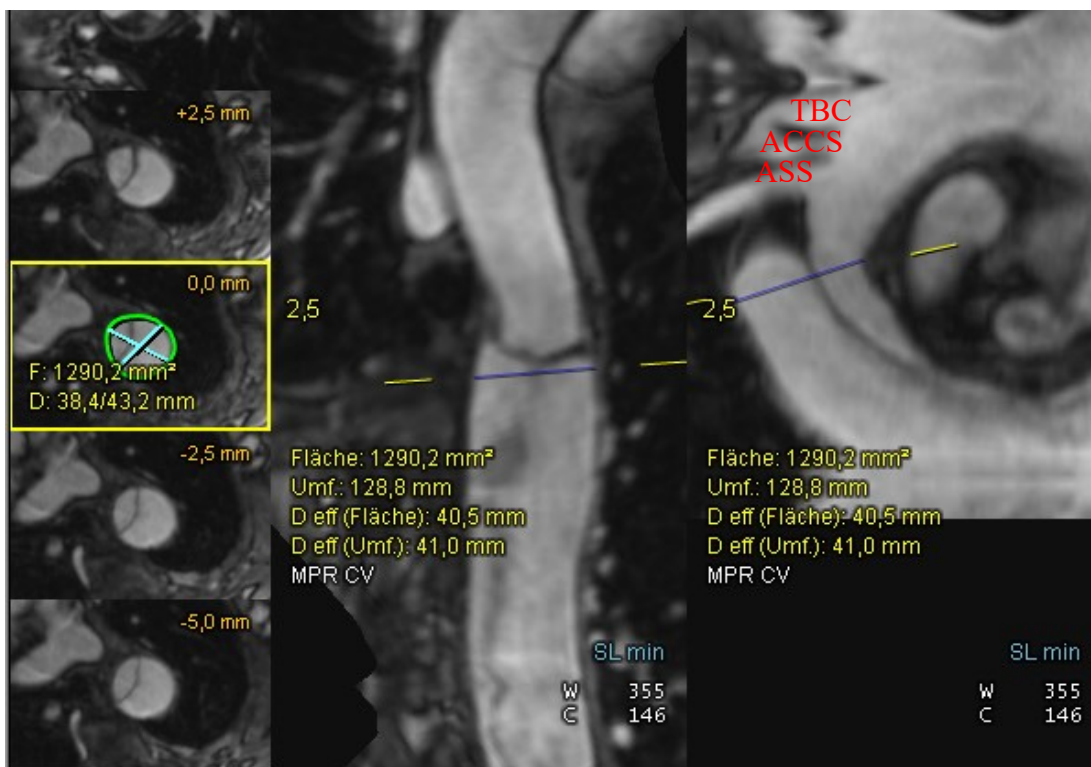


**Abb. 65** Längenmessungen von der Aortenklappe bis zum Truncus brachiocephalicus. **A:** Längenmessung mittels „syngo.plaza“ mit einer gemessenen Länge von 82,3 mm. **B und C:** Längenmessung mittels „syngo.via“ mit einer gemessenen Länge von 88,9 mm.

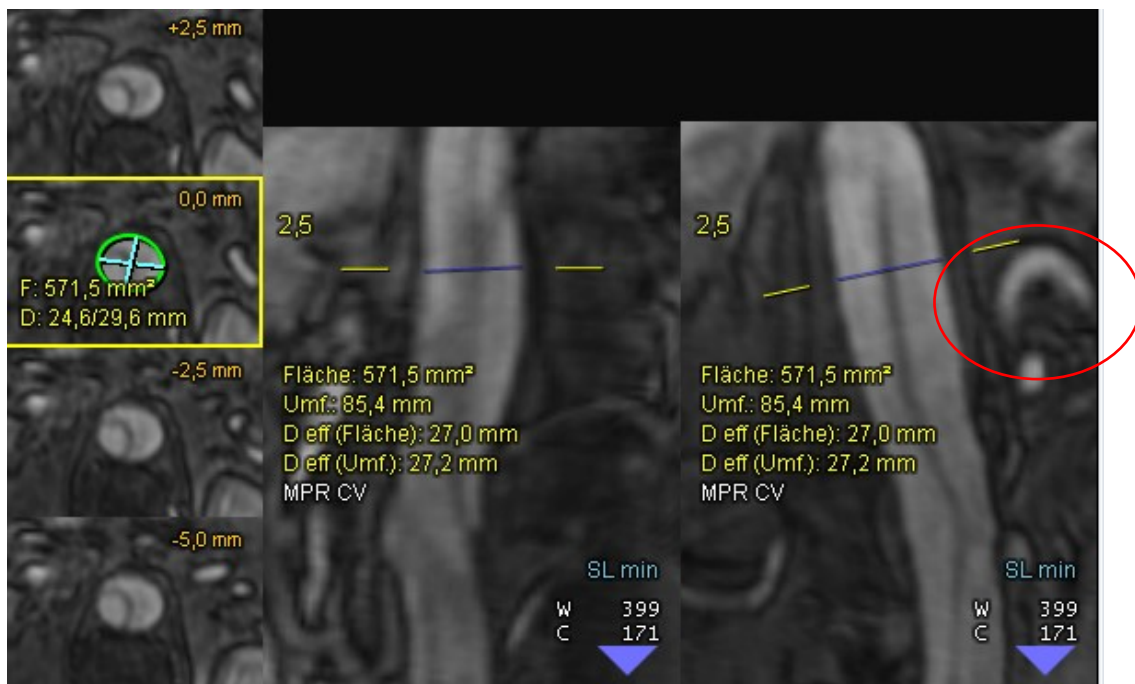
#### 4.1.3.2 Speicherung der Messungen

Ein weiterer, vor allem für die folgenden Untersuchungen relevanter Punkt ist die Speicherung der akquirierten Messungen. Die Speichermöglichkeit ist bei „syngo.plaza“ derzeit nicht möglich, was nicht nachvollziehbar ist, da eine bestandene Speichermöglichkeit wieder zurückgenommen wurde. Falls die vermessenen Punkte somit nicht in einem Befund vermerkt sind, müssen diese bei Bedarf, bei der nächsten Untersuchung und Auswertung nochmals vermessen werden. Dies führt zu einem zeitlichen Mehraufwand und zu Fehlern, die vermieden werden können.

Bei „syngo.via“ können die Messungen gespeichert werden. In einigen Fällen kann eine anatomische Zuordnung zum jeweiligen Messpunkt jedoch nicht erfolgen, wie in Abb. 67 ersichtlich. In Abb. 66 ist es aufgrund des dargestellten Aortenbogens und der supraaortalen Abgänge einfach möglich den Messpunkt zu ermitteln. In Abb. 67 ist eine weitere gespeicherte Messung dargestellt. Bei dieser ist es jedoch nicht möglich die Lokalisation genau zu bestimmen. In Abb. 67 ist vermutlich der obere Nierenpol der linken Niere ersichtlich. Es lässt sich nur vermuten, dass es sich hier um eine Messung im Bereich der Aorta abdominalis handelt. Eine Benennung der gespeicherten Punkte ist nicht möglich, was eine Wiedererkennung möglich machen würde. Somit ist bei „syngo.via“ zwar die Möglichkeit der Speicherung gegeben, jedoch ist die Nachvollziehbarkeit eingeschränkt.



**Abb. 66** Gespeicherte „syngo.via“ Messung distal der A. subclavia sin. (ASS).  
 ACCS: A. carotis communis sin. TBC: Truncus brachiocephalicus.



**Abb. 67 Gespeicherte „syngo.via“ Messung unklare Lokalisation**

#### 4.1.3.3 Zeitliche Unterschiede

Um die Messdauer zu vergleichen wurde eine Untersuchung jeweils mit „syngo.via“ und „syngo.plaza“ vermessen. Es wurde beim Laden der Bilder begonnen. Die gesamte Dauer bei „syngo.via“ betrug 14 Minuten und 10 Sekunden. Diese Zeit teilte sich wie folgt auf: 30 Sekunden für das Laden der Bilder, 1:10 Minuten bis das Programm eingestellt war und bis mit dem Messen begonnen werden konnte sowie 12:30 Minuten für die Vermessung aller Punkte.

Die gesamte Dauer bei „syngo.plaza“ betrug insgesamt 13 Minuten und 30 Sekunden. Diese Zeit teilte sich wie folgt auf: 30 Sekunden für das Laden der Bilder und 13 Minuten für die gesamte Messung.

Es ergab sich somit ein Zeitunterschied von 40 Sekunden. Dieser ist im klinischen Alltag als nicht relevant anzusehen. Die Vermessung wurde jedoch von einer Person durchgeführt, die mit beiden Programmen vertraut war. Damit konnte in dieser Studie ein Untersucherbias ausgeschlossen werden. Dieser Umstand kann jedoch in der Praxis nicht eingehalten werden. Personen, die auf eines der beiden Systeme keine ausreichende Einschulung haben, werden für die Auswertungen deutlich mehr Zeit benötigen.

Die größten Unterschiede ergeben sich bei den beiden Systemen aber bereits bei den Vorbereitungen, bis die Messungen überhaupt erst stattfinden können. Das Laden der Bilder dauerte in der Kernarbeitszeit, von 7:00-15:00, deutlich länger als 30 Sekunden. Es wurde

zu dieser Zeit jedoch keine Messung vorgenommen. In der Kernarbeitszeit hatte man jedoch das subjektive Gefühl, dass das Einladen der Bilder in „syngo.via“ deutlich länger dauerte als außerhalb der Kernarbeitszeit.

Weiters wurde für diesen Versuch eine sehr einfache Vermessung gewählt. In den meisten Fällen kam es vor, dass, wie unter Punkt 4.1.2 Aortendurchmesser und Abb. 55 ersichtlich, nicht das gesamte Lumen der Aorta vermessen wurde. Hier muss dann manuell eine Kontur eingezeichnet werden. Dies führte auch zu einer längeren Messdauer bei „syngo.via“. Bei „syngo.plaza“ wurden die Messungen jedes Mal manuell durchgeführt. Somit ergab sich dieses Problem hier nicht. Vermessungen der Aorta bei Personen mit Aortendissektionen sind jedoch in den überwiegenden Fällen komplex. Es wären hier noch weitere Messungen mit komplexeren Beispielen notwendig.

#### **4.1.4 Dissektionsverlauf**

Aus den Ergebnissen wurde ersichtlich, dass es bei einigen Typ B Dissektionen zu einem Remodeling kam. Im falschen Lumen herrscht eine Stase des Blutstromes, was zu einer Thrombosierung führt. Durch die Thrombosierung kann es zum Remodeling der Aorta und dadurch auch zur langsamen Defektheilung der Dissektion kommen. Bei Typ A Dissektionen kam es nur bei vollständiger operativer Versorgung der Dissektion dazu, dass in den Verlaufskontrollen keine Dissektion mehr sichtbar war. Ansonsten kam es nie zu einem Remodeling wie bei Typ B Dissektionen in diesen Fällen. Ziel der operativen Versorgung ist es, eine möglichst stabile Blutversorgung der Koronararterien und der supraaortalen Äste wieder herzustellen.

Die Reinterventionsrate bei Personen mit TEVAR nach einer komplizierten Typ B Dissektion schwankt in der Literatur zwischen 15-28 % (36). Personen mit chronischer Typ B Dissektion, die lediglich die beste medikamentöse Therapie erhalten haben, haben ein Risiko von 12 % für eine spätere Intervention (37).

Bei Personen mit akuter Typ A Dissektion gab es wenige Daten. In einer Metaanalyse von Personen mit operativen Eingriffen an der proximalen Aorta wurde festgestellt, dass die Reoperationsrate bei 2,4 % pro Personenjahr liegt. Die notwendigen Reoperationen waren unterschiedliche Eingriffe (38).

Im untersuchten Kollektiv ist die Rate für Reinterventionen bei Personen mit Typ B Dissektionen mit 50 % sehr hoch. Die Auswahl eines längeren Stentgrafts im Primäreingriff ist jedoch nicht zu empfehlen, da jede Stentgraftverlängerung immer eine spezielle Indikation darstellt, die es vor Implantation des ersten Stentgrafts noch nicht gab. Weiters würde sich dadurch das Risiko für die Verlegung von Seitenästen, speziell der Intercostalarterien sowie anderen das Rückenmark versorgenden Gefäßen (und damit die Gefahr einer Rückenmarksschädigung), deutlich erhöhen.

Bei Personen mit operierter Typ A Dissektion wurden in einigen Fällen thorakale Aortenstents in der Aorta thoracica descendens gelegt. Typ A Dissektionen benötigen immer einen Ersatz der Aorta ascendens und, sofern nötig, auch einen Ersatz weiterer Aortenabschnitte. Die Ausdehnung der Operation hängt immer von der individuellen Situation ab. Hier gibt es bereits einen Review, ob eine primäre Therapie mit der Frozen-Elephant-Trunk-Methode Vorteile gegenüber einem Prothesenersatz bringt. Die Ergebnisse sind, dass die Reinterventionsrate gesenkt werden kann und die Thrombosierung des falschen Lumens rascher erreicht wird. Ein Nachteil ist jedoch, dass es zu längeren Operationszeiten und zu höheren Komplikationsraten wie Organmalperfusionen und ischämischen Rückenmarksschädigungen kommen kann (39). Deshalb ist die Entscheidung über die geeignete Operationstechnik entsprechend den aktuellen ESC Leitlinien individuell zu treffen (11).

In diesem Kollektiv fand die erste Reintervention durchschnittlich  $5,5 \pm 2,7$  Jahre nach der akuten Intervention statt. Auch das deckt sich mit den in der Literatur gefundenen Daten (40,41). Dies würde nun bedeuten, dass in den ersten 3 Jahren keine bildgebenden Kontrollen notwendig sein würden. Die vorhergehenden Kontrolluntersuchungen sind trotzdem notwendig, um diese Komplikationen früh zu erkennen. Interessanterweise zeigt sich in Studien, bei denen die Mortalität bei Personen die Kontrollen durchführen und mit jenen die nicht zu Kontrollen erscheinen verglichen wird, dass die Mortalität bei beiden Gruppen identisch ist (42,43).

Bei Personen mit Typ A Dissektionen gibt es in der Literatur mehrere Studien über Nachkontrollen bei diesem Kollektiv (44-47). Mehrere Studien zeigen hier, dass es vor allem in den ersten 6-12 Monaten zu Komplikationen kommt, die eine Intervention benötigen (45-47). Diese legen somit im ersten Jahr kurze Abstände der bildgebenden Kontrollen nahe.

Somit deckt das angewandte Schema am LKH Universitätsklinikum Graz jene Komplikationen, die in den ersten 6-12 Monaten auftreten ab (45,46). Eine kontrovers diskutierte Studie aus demselben Zeitraum ließ dagegen vermuten, dass im ersten Jahr keine bildgebenden Kontrollen notwendig sind (44). Von diesem Kollektiv wurden nur die MRA ausgewertet, welche am LKH Universitätsklinikum Graz erst durchgeführt werden, wenn sich die Erkrankung in einem stabilen Zustand befindet.

Bei Personen mit Typ B Dissektion wird durch die European Society for Vascular Surgery folgendes Prozedere empfohlen (35):

- 3 Monate postoperativ MRA oder CTA
- 6 Monate postoperativ MRA oder CTA
- Jährliche Kontrollen mittels MRA oder CTA

Es sollte, sofern möglich, immer eine MR-Untersuchung durchgeführt werden. Falls eine MR-Untersuchung kontraindiziert ist, ist das CT als Alternative zu verwenden (53).

Wenn nach 3 Jahren ein stabiler Zustand aufgetreten ist, können die Abstände auf 2-3 Jahre ausgeweitet werden. Bei Personen mit einer Zunahme des Durchmessers größer 5 mm/Jahr oder bei einem Aortendurchmesser größer 50 mm sollten die Abstände kurz gehalten werden (35).

Eine Besonderheit bilden Personen mit unkomplizierten Typ B Dissektionen. Hier wird in Studien dargelegt, dass diese Personen ein hohes Risiko für eine Progression der Erkrankung und die Entwicklung einer komplizierten Typ B Dissektion haben. Hier wird eine bildgebende Kontrolle in den ersten 14 Tagen nahegelegt (27). Die Kontrolluntersuchungen sollten folgendermaßen durchgeführt werden (27,35,53):

- 2 Wochen nach Erstdiagnose MRA oder CTA
- 1 Monat nach Erstdiagnose MRA oder CTA
- 3 Monate nach Erstdiagnose MRA oder CTA
- 6 Monate nach Erstdiagnose MRA oder CTA
- Jährlich nach Erstdiagnose MRA oder CTA

Bei diesen Personen werden die Kontrollen am LKH Universitätsklinikum Graz anfangs in kürzeren Abständen durchgeführt. Dies ist nötig, um akute Komplikationen rasch zu erkennen.

Die Untersuchungsmodalität sollte entsprechend der aktuellen Leitlinien personenbezogen ausgewählt werden (11,35). Sofern möglich und verfügbar, sollte aus radiologischer Sicht und auch in Anbetracht der notwendigen Kontrastmittelmenge, dem MR mehr Vorzug gegeben werden, um die Personen weniger kumulativer Strahlung auszusetzen (11,35). Zusätzlich entwickelt sich das MR immer weiter, wodurch bereits heute bessere Aussagen bezüglich der Aortenwand, dem thrombosierten Lumen und dem Aortendurchmesser als bei der CT möglich sein können. Vorausgesetzt ist eine hohe Erfahrungheit in der MR-Befundung (48).

#### **4.1.5 Befunderweiterungen und Komplikationen**

In dieser Arbeit wurde lediglich auf jene Befunderweiterungen eingegangen, die durch folgende MR-Untersuchungen erkannt wurden. Weiters wurde auf Befunderweiterungen und Komplikationen eingegangen, welche durch die jeweiligen Interventionen erklärt werden können. Auf nicht-Aorta assoziierte Komplikationen, wie neu aufgetretene kardiovaskuläre Ereignisse, kardiale Arrhythmien oder Hirnblutungen, wurde nicht eingegangen, da das Hauptaugenmerk auf dem radiologischen Erscheinungsbild dieser Erkrankungen der Aorta lag.

Als relevanteste Befunderweiterung wird hier vor allem das periaortale Hämatoserom angesehen. Dieses trat bei 60 % der Personen auf. In allen Fällen war eine Rückbildung sowie eine Resorption zu erkennen. Würde sich dieses vergrößern, würde ein höheres Rupturrisiko bestehen und eine weitere Intervention wäre angezeigt.

Die ischämische Rückenmarksschädigung wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von ungefähr 15 % angegeben (49,50). Dies entspricht auch der Häufigkeit in diesem Kollektiv.

Eine Besonderheit der Befunderweiterungen war das Endoleak. Ein Endoleak kann nur bei Personen auftreten, bei denen ein endovaskulärer Eingriff mit Stenteinlage durchgeführt wurde. In diesem Kollektiv traten nur Endoleaks vom Typ I und II auf. Ein Review aus sechs Metaanalysen und 52 weiteren Studien zeigte eine Inzidenz des Typ I Endoleaks von bis zu 30 % (51). Die Inzidenz eines Endoleaks Typ II beträgt bei Notfallseingriffen bis zu 20 %, bei elektiven Eingriffen 10 % (51). Die Inzidenz der Endoleaks Typ III, IV und V wird mit

1-3 % angegeben und ist somit sehr gering (51). Die Inzidenz des Endoleaks Typ II in diesem Kollektiv entspricht mit 4,3 % der in der Literatur angegebenen (siehe Tab. 21). In einem Review wurde gezeigt, dass die Rate an Typ II Endoleaks durch präoperative Embolisation der Seitenäste, deutlich gesenkt werden kann (51). Entsteht ein Endoleak Typ II sollte das Ziel bei der Behandlung sein, die Seitenäste zu embolisieren. Inwiefern dies an der Universitätsklinik für Radiologie durchgeführt wird, wurde in dieser Arbeit nicht erhoben. Die Inzidenz des Endoleaks Typ I ist mit 8,7 % deutlich geringer als in der Literatur angegeben (51). Dies ist vermutlich auf die hohe Expertise in diesem Bereich zurückzuführen, da Typ I Endoleaks vor allem aufgrund von zu klein gewähltem Stentgraftdurchmesser, inkompletter Stentgraftentfaltung oder Krankheitsprogression entstehen (52).

Ein systematischer Review kam zu dem Ergebnis, dass das MR die höchste Detektionsrate der bildgebenden Verfahren für aufgetretene Endoleaks hat (52). Bei einer Kombination von mehreren bildgebenden Verfahren wie Kontrastmittelultraschall und MRA, ist die Detektionsrate noch höher als bei der alleinigen Verwendung der MRA (52). Somit sind bei diesen Personen bildgebende Kontrollen mittels MRA zu empfehlen. Sofern möglich, ist eine Kombination mit mehreren bildgebenden Verfahren bei der Detektion von Endoleaks anzustreben.

Sehr kleine Dissektionsmembranen können gelegentlich in der CTA schwierig zu erkennen sein. Die typische Symptomatik mit akribischer Diagnostik führt dann zur richtigen Diagnose.

#### **4.1.6 Zusatzbefunde der MRA**

Die Zusatzbefunde der MRA betreffen vor allem die Niere und das hepatobiliäre System. Zusatzbefunde waren in der MRA häufig zu finden, jedoch zogen sie in den meisten Fällen keine weiteren Maßnahmen nach sich. In diesem Kollektiv gab es keine einzige Person, bei der weiterführende Abklärungen empfohlen werden. Zusätzlich werden die weiteren Kontrolluntersuchungen auch dafür verwendet, um Zusatzbefunde wie ein Nebennierenadenom zu reevaluieren und zu entscheiden ob weitere Maßnahmen notwendig sind.

## **4.2 Limitationen**

Eine der wichtigsten Limitationen dieser Arbeit ist, dass für den Methodenvergleich der beiden Auswertesysteme „syngo.via“ und „syngo.plaza“ keine genauen Durchmesser der

Aorta vorlagen. Somit kann hier nicht gesagt werden, welche Methode näher an der Wahrheit liegt. Es lassen sich nur die quantitativen Unterschiede bei einmaliger Vermessung durch eine einzelne, ungeübte Person aufzeigen.

In dieser Arbeit wurde lediglich auf jene Befunderweiterungen eingegangen, die durch folgende MR-Untersuchungen erkannt wurden. Somit wurden Befunderweiterungen und Komplikationen, welche bereits in den ersten postoperativen Tagen auftraten, nicht erfasst.

Eine weitere Limitation ist die niedrige Fallzahl. Vor allem hinsichtlich der Inzidenzraten der Befunderweiterungen sowie des Endoleaks wären größer angelegte Studien mit einer höheren Personenanzahl wünschenswert. Dadurch würde die Aussagekraft verbessert. Glücklicherweise ist jedoch die Inzidenz eines Endoleaks, wie unter Punkt 4.1.5 „Befunderweiterungen und Komplikationen“ beschrieben, gering.

Weiters wurden in den meisten Literaturquellen bezüglich der endovaskulären Therapien hauptsächlich abdominelle Aortenaneurysmen untersucht. Studien über die Aortendissektion sind deutlich schwieriger durchzuführen, da weniger Personen betroffen sind. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Inzidenzraten bei Personen mit Aortendissektionen ähnlich sind.

### **4.3 Conclusio**

Die Abstände der durchgeführten Kontrollen postinterventionell und postoperativ nach stationärer Entlassung dienen unter anderem der wichtigen Beurteilung der Aortenwand, des Aortendurchmessers und der Erkennung von Komplikationen und wurden adäquat gewählt. Adäquate Intervalle der Kontrolluntersuchungen sind äußerst wichtig. Im Vergleich zur Voruntersuchung und in Abhängigkeit von der aktuellen Klinik sollten Nachkontrollen bei Bedarf in der Häufigkeit sowie auch im Intervall individuell adaptiert werden.

Die ersten bildgebenden Kontrollen bei Personen mit Aortendissektionen werden mittels MRA selten durchgeführt. Durch das MR kann bei ausgezeichneter Expertise der befundenden Person jegliche Befunderweiterung und Komplikation ebenso erkannt werden wie mit dem CT. Es sollte dem MR aus radiologischer Sicht der Vorzug gegeben werden. Vorteile sind, dass die Personen keiner ionisierenden Strahlung ausgesetzt sind, die Möglichkeiten zur Beurteilung der Aorta mittels MR besser sind und auch die Detektion des Endoleaks mittels MR durch geübte Personen besser erfolgt.

Ebenso als Vorteil zu sehen ist es, dass es bei einer MRA gegenüber einer CTA zu einer deutlichen Kontrastmitteleinsparung kommt. Es wird beim MR nur ungefähr ein Zehntel des Volumens verwendet, welches bei einer CT-Untersuchung notwendig wäre. Aufgrund des niedrigeren Volumens kommt es auch zu einer geringen Belastung der Niere, was vor allem bei Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion einen deutlichen Benefit gegenüber dem CT hat. Die nephrogene systemische Fibrose tritt bei den hierorts verwendeten zyklischen Kontrastmitteln (Dotarem® und Gadovist®) nicht auf, was sich unter anderem in der GRIP-Studie gezeigt hat. Das MR-Kontrastmittel hat zusätzlich auch noch eine niedrigere Viskosität und benötigt eine geringere Flussgeschwindigkeit, welches zu einer Verringerung des Rupturrisikos der peripheren Venen und somit der Paravasatentstehung führt. Weiters können die Ergebnisse innerhalb eines Verfahrens besser verglichen werden.

Eine EKG-Triggerung, wie in den ESC Leitlinien empfohlen, ist vor allem für die Untersuchung von herznahen Strukturen, wie beispielsweise die Coronararterien, nachvollziehbar. Die Systole und Diastole des Herzens werden im Rahmen der Pulswelle in die Aorta fortgeleitet. In der Aorta ist diese bei jeder Person abhängig von Blutflussgeschwindigkeit, Aortenelastizität und auch vom Blutdruck, wodurch auch der Zustand der Aorta, insbesondere der Durchmesser, sich verändern kann. Daher wird angenommen, dass die Vermessung der Aorta, immer gleichbleibend in Atemanhaltung und gemittelt über Systole und Diastole, vertretbar ist. Für eine genauere Aussage bezüglich einer notwendigen EKG-Triggerung ist jedoch diese Arbeit nicht geeignet.

Zur Auswertung der durchgeführten MRA sollten Systeme mit MPR verwendet werden. Somit können beide Systeme zur Auswertung herangezogen werden, da beide Systeme mit einer MPR arbeiten. Der Vorteil bei Verwendung von „syngo.via“ ist, dass immer im rechten Winkel gemessen wird. Da die Messungen bei „syngo.plaza“ händisch durchgeführt werden, ist dies eine potenzielle Fehlerquelle. Ein Nachteil bei „syngo.via“ ist das händische Nachmessen, wenn durch das System nicht das gesamte Lumen erkannt wird (siehe Abb. 55 und Abb. 57). Somit können auch hier Fehler durch fast immer notwendige und subjektive Anpassungen der Aortenkontur entstehen. Bezüglich der Vergleichbarkeit der Untersuchungen sollten die durchgeführten Messungen unbedingt gespeichert werden. Dies ist bei „syngo.plaza“ bedingt durch eine unbegründete Rücknahme einer bereits bestandenen Speichermöglichkeit nicht möglich. Dadurch ergibt sich ein Vorteil für „syngo.via“, da eine Messung gespeichert werden kann. Ein Kritikpunkt hierbei ist jedoch, dass die Messung

nicht immer exakt einer anatomischen Lokalisation zugeordnet werden kann und somit hier die Reproduzierbarkeit eingeschränkt wird. Ein genauer Vergleich der Auswertesysteme wäre in weiteren Studien mit Messungen von vorher bekannten Durchmessern möglich.

Ein Vorteil von „syngo.via“ zeigt sich bei den Längenmessungen. Die Längenmessung erfolgt hier anhand der Centerline und kann sehr rasch durchgeführt und abgelesen werden. Bei „syngo.plaza“ ist eine aufwändigere und deutlich ungenauere Messung notwendig (siehe Abb. 65). Weiters besteht auch hier wie bei den Messungen des Aortendurchmessers das Problem mit der fehlenden Speichermöglichkeit bei Messungen mittels „syngo.plaza“. Da die Längenmessungen für die Evaluation bei weiteren endovaskulären Eingriffen notwendig sind, sollte auch hier eine Möglichkeit zur Speicherung unbedingt gegeben sein.

Zusätzlich wäre es von Vorteil, ein standardisiertes Protokoll zur Auswertung der Aorta in den Workflow bei der Befundung zu etablieren.

## 5 Literaturverzeichnis

- (1) Herold G. Aortendissektion. In: Herold G, editor. Innere Medizin Köln; 2018. p. 819-820.
- (2) Baumann F, Makaloski V, Diehm N. Aortenaneurysma und -dissektion. *Der Internist* 2013;54:535-535.
- (3) Liebold A, Fraund S, Boehle A., et al. Thorakale Aneurysmen und Dissektionen. In: Henne-Bruns D, editor. *Duale Reihe Chirurgie*. 4th ed.: Thieme; 2012. p. 920-926.
- (4) Evangelista A, Isselbacher EM, Bossone E, Gleason T, Eusanio M, Sechtem U, et al. Insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection: A 20-Year Experience of Collaborative Clinical Research. *Circulation* 2018;137:1846-1860.
- (5) LeMaire SA, Russell L. Epidemiology of thoracic aortic dissection. *Nature Reviews Cardiology* 2011;8:103-113.
- (6) Reiser M, Kuhn F, Debus J. *Duale Reihe Radiologie*. 4th ed. Stuttgart: Thieme; 2017. p. 418-445.
- (7) Neumann G, Polonius M. Dissezierendes Aneurysma. In: Schumpelick V, Bleese N, Mommsen P, editors. *Kurzlehrbuch Chirurgie*. 8th ed. Stuttgart: Thieme; 2010. p. 573-577.
- (8) Nienaber CA, Clough RE. Management of acute aortic dissection *The Lancet* 2015;385(9970):800-811.
- (9) Tamer WK. Follow up CT angiography post EVAR: Endoleaks detection, classification and management planning. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 2017 September 2017;48(3):621-626.
- (10) Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *J Hypertens* 2019 01;37(1):2014-2014.

- (11) Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo R, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. *Eur Heart J* 2014;35(41):2873-2926.
- (12) Nienaber CA, Kische S, Rousseau H, Eggebrecht H., Rehders TC, Kundt G, et al. Endovascular Repair of Type B Aortic Dissection: Long-term Results of the Randomized Investigation of Stent Grafts in Aortic Dissection Trial. *Circ Cardiovasc Interv* 2013 08;6(4):407-416.
- (13) Siemens AG Medical Solutions. Magnete, Spins und Resonanzen, Eine Einführung in die Grundlagen der Magnetresonanztomographie. 2015; Available at: <https://www.healthcare.siemens.de/magnetic-resonance-imaging/magnetom-world/publications/mr-basics>. Accessed 11/19, 2018.
- (14) Siemens AG Medical Solutions. MR-Glossar Begriffe der Magnetresonanz. 2015; Available at: <https://www.healthcare.siemens.de/magnetic-resonance-imaging/magnetom-world/publications/mr-basics>. Accessed 11/20, 2018.
- (15) Bottolomey PA. Turning up the heat on MRI. *J Am Coll Radiol* 2008;5:853-855.
- (16) Weishaupt D, Köchli VD, Marincek B editors. *Wie funktioniert MRI?* 6th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009. p. 7-139.
- (17) Krupa K, Bekiesińska-Figatowska M. Artifacts in Magnetic Resonance Imaging. *Pol J Radiol* 2015 February 23;80:93-106.
- (18) Siemens AG Medical Solutions. Magnete, Flus und Artefakte, Techniken und Anwendungen in der Magnetresonanztomographie. 2015; Available at: <https://www.siemens-healthineers.com/de/magnetic-resonance-imaging/magnetom-world/publications/mr-basics>. Accessed 05/30, 2019.
- (19) Khawaja AZ, Cassidy DB, Al Shakarchi J, McGrogan DG, Inston NG, Jones RG. Revisiting the risks of MRI with Gadolinium based contrast agents-review of literature and guidelines. *Insights Imaging* 2015 October;6(5):553-558.

- (20) Michaely HJ, Aschauer M, Deutschmann H, Bongartz G, Gutberlet M, Woitek R, et al. Gadobutrol in Renally Impaired Patients. *Invest Radiol* 2017 January;52(1):55-60.
- (21) Chapman HA, Bernier D, Rusak B. MRI-related anxiety levels change within and between repeated scanning sessions. *Psychiatry Res* 2010 30 May;182(2):160-164.
- (22) Rajagopalan S, Prince M. Magnetic resonance angiography techniques for the diagnosis of arterial disease. *Cardiol Clin* 2002 November;20(4):501-512.
- (23) Mészáros I, Mórocz J, Szlávi J, Schmidt J, Tornóci L., Nagy L, et al. Epidemiology and Clinicopathology of Aortic Dissection. *Chest* 2000 May;117(5):1271-1278.
- (24) Koelbel T, Detter C, Carpenter SW, Rohlfes F., von Kodolitsch, Y., Wipper S, et al. Acute Type A Aortic Dissection Treated Using a Tubular Stent Graft in the Ascending Aorta and a Multibranched Stent-Graft in the Aortic Arch. *J Endovasc Ther* 2017 February;24(1):75-80.
- (25) Qingsheng L, Jiakuan F, Jian Z, Zhiqing Z, Junmin B, Rui F, et al. Endovascular Repair of Ascending Aortic Dissection. *JACC* 2013 May;61(18):1917-1924.
- (26) Wee I, Varughese RS, Syn N, Choong AMTL. Non-operative Management of Type A Acute Aortic Syndromes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2019 July;58(1):41-51.
- (27) Reutersberg B, Trenner M, Haller B, Geisbüsch S, Reeps C, Eckstein H-. The incidence of delayed complications in acute type B aortic dissections is underestimated. *J Vasc Surg* 2018 August;68(2):356-363.
- (28) Malgor RD, Verhoeven E, Katsargyris A. Are Risks Reduced by Delaying Thoracic Endovascular Aneurysm Repair in Patients with Acute Type B Dissection: Who Can Wait? November 2019 Volume 58, Issue 5, Pages 639–640. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2019 November;58(5):639-640.
- (29) Howard DPJ, Banerjee A., Fairhead J.F., Perkins J., Silver L.E., Rothwell P.M. Population-Based Study of Incidence and Outcome of Acute Aortic Dissection and Premorbid Risk Factor Control: 10-year results from the Oxford Vascular Study. *Circulation* 2013 May 21;127(20):2031-2037.

- (30) Lio A, Bovio E, Nicolò F, Saitto G, Scafuri A, Bassano C, et al. Influence of Body Mass Index on Outcomes of Patients Undergoing Surgery for Acute Aortic Dissection: A Propensity-Matched Analysis. *Tex Heart Inst J* 2019 February;46(1):7-13.
- (31) Judge DP, Dietz HC. Marfan's syndrome. *Lancet* 2005 December 3;366(9501):1965-1976.
- (32) Tsai TT, Trimarchi S, Nienaber CA. Acute Aortic Dissection: Perspectives from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009 February 1;37(2):149-159.
- (33) Gawinecka J, Schönrrath F, von Eckardstein A. Acute aortic dissection: pathogenesis, risk factors and diagnosis. *Swiss Med Wkly* 2017 August 25;147.
- (34) Benachenhou K, Azarnouch K, Filaire M, Ravel A, Boyer L, Garcier JM. Evolution of healthy thoracic aortic segment diameter during follow-up of patients with aortic aneurysm or dissection: a magnetic resonance imaging study. *Surg Radiol Anat* 2005 April;27(2):142-146.
- (35) Riambau V, Boeckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. Editor's Choice - Management of Descending Thoracic Aorta Diseases Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2017 January;53(1):4-52.
- (36) Kret MR, Azarbal AF, Mitchell EL, Liem TK, Landry GJ, Moneta GL. Compliance with long-term surveillance recommendations following endovascular aneurysm repair or type B aortic dissection. *J Vasc Surg* 2013 July;58(1):25-31.
- (37) Nozdrzykowski M, Etz CD, Luehr M, Garbade J, Misfeld M, Borger MA, et al. Optimal treatment for patients with chronic Stanford typ B aortic dissection: endovascularly, surgically or both?. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013 September;44(3):165-174.
- (38) Gaudino M, Girardi LN, Rahouma M, Leonard JR, Di Franco A, Lau C, et al. Editor's Choice - Aortic Re-operation After Replacement of the Proximal Aorta: A Systematic Review and Meta-Analysis . *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018 October;56(4):515-523.

- (39) Murzi M, Tiwari KK, Farneti PA, Glauber M. Might type A acute aortic dissection repair with the addition of a frozen elephant trunk improve long-term survival compared to standard repair?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010 July;11(1):98-102.
- (40) Dell'Aquila AM, Pollari F, Fattouch K, Santarpino G, Hillebrand J, Schneider S, et al. Early outcomes in re-do operation after acute type A aortic dissection: results from the multicenter REAAD database. *Heart Vessels* 2017 May;32(5):566-573.
- (41) Gariboldi V, Grisoli D, Kerbaul F, Giorgi R, Riberi A, Metras D, et al. Long-term outcomes after repaired acute type A aortic dissections. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2007 February;6(1):47-51.
- (42) Grima MJ, Boufi M, Law M, Jackson D, Stenson K, Patterson B, et al. Editor's Choice - The Implications of Non-compliance to Endovascular Aneurysm Repair Surveillance: A Systematic Review and Metaanalysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018 April;55(4):492-502.
- (43) de Mik SML, Geraedts ACM, Ubbink DT, Balm R. Effect of Imaging Surveillance After Endovascular Aneurysm Repair on Reinterventions and Mortality: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endovasc Ther* 2019 August;26(4):531-541.
- (44) Bartnes K, Christensen T, Myrmed T. Follow-up after acute aortic dissections--time to differentiate? *Scand Cardiovasc J* 2011 February;45(1):48-53.
- (45) Mesana TG, Caus T, Gaubert J, Collart F, Ayari R, Bartoli J, et al. Late complications after prosthetic replacement of the ascending aorta: what did we learn from routine magnetic resonance imaging follow-up? *Eur J Cardiothorac Surg* 2000 September;18(3):313-320.
- (46) Iribarne A, Keenan J, Benrashid E, Wang H, Meza JM, Ganapathi A, et al. Imaging Surveillance After Proximal Aortic Operations: Is It Necessary? *Ann Thorac Surg* 2017 March;103(3):734-741.
- (47) Chaddha A, Eagle KA, Patel HJ, Deeb GM, Yang B, Harris KM, et al. The Clinical Impact of Imaging Surveillance and Clinical Visit Frequency after Acute Aortic Dissection. *Aorta (Stamford)* 2019 June;7(3):75-83.

- (48) Sherrah AG, Grieve SM, Richmond JW, Bannon PG, Vallely MP, Puranik R. MRI in Chronic Aortic Dissection: A Systematic Review and Future Directions. *Front Cardiovasc Med* 2015 February;2:5.
- (49) Spanos K, Koelbel T, Kubitz JC, Wipper S, Konstantinou N, Heidemann F, et al. Risk of spinal cord ischemia after fenestrated or branched endovascular repair of complex aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2019 February;69(2):357-366.
- (50) Reilly LM, Chuter TA. Endovascular repair of thoracoabdominal aneurysms: design options, device construct, patient selection and complications. *J Cardiovasc Surg* 2009 August;50(4):447-460.
- (51) Orgera G, Tiplid MA, Laurino F, Lucatelli P, Rebonato A, Paraskevopoulos I, et al. Techniques and future perspectives for the prevention and treatment of endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *Insights Imaging* 2019 December;10(1):91.
- (52) Zaiem F, Almasri J, Tello M, Prokop LJ, Chaikof EL, Murad MH. A systematic review of surveillance after endovascular aortic repair. *J Vasc Surg* 2018 January;67(1):320-331.
- (53) ESR iGuide Austria; Orientierungshilfe Radiologie und Nuklearmedizin. 5th ed. Wien: Verlagshaus der Ärzte GmbH; 2020; p. 27.
- (54) Bouke AP, Wildberger JE, Westernberg JJM, Lamb HJ, Schalla S. Predictive imaging for thoracic aortic dissection and rupture: moving beyond diameters. *Eur Radiol* 2019 May; 29(12):6396–6404.
- (55) Adriaans BP, Heuts S, Gerretsen S, Cheriex EC, Vos R, Natour E, et al. Aortic elongation part I: the normal aortic ageing process. *Heart* 2018; 104(21):1772-1777
- (56) Sugawara J, Hayashi K, Yokoi T, Tanaka H. Age-associated elongation of the ascending aorta in adults. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008 November; 1(6):739-748
- (57) Yuan SM, Jing H. Cystic medial necrosis: pathological findings and clinical implications. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2011 March; 26(1):107-115

## 6 Anhang

### INFORMATION FÜR PATIENTEN UND PATIENTINNEN über Untersuchungen im Magnetfeld

Die MR-Untersuchung ist ein diagnostisches, bildgebendes Verfahren, welches die Anfertigung von Schnittbildern aller Körperregionen ermöglicht. Die Untersuchungsmethode ist nach heutigem Stand des Wissens in den verwendeten Feldstärken mit keinem Risiko einer biologischen Schädigung verbunden. Bestimmte Vorsichtsmaßnahmen (siehe unten) müssen aber eingehalten werden.

Das Verfahren verwendet weder ionisierende Strahlen noch radioaktive Substanzen. Die Bilder entstehen durch Signale von Wasserteilchen des Körpers, die mit Hilfe eines starken Magneten und von Hochfrequenzimpulsen (Radiowellen) erzeugt werden.

#### Untersuchungsablauf:

Die Untersuchungszeit beträgt, je nach Körperregion, zwischen 30 Minuten und 1 Stunde, bei Untersuchungen des Herzens sind eventuell längere Aufnahmezeiten erforderlich.

Um eine qualitativ hochwertige Untersuchung zu erzielen, ist es notwendig, dass Sie während der gesamten Zeit möglichst ruhig im Gerät liegen. Andernfalls könnte eine Wiederholung der Aufnahmen und damit eine längere Untersuchungszeit notwendig werden. Bitte kreuzen Sie keinesfalls Arme oder Beine! Dies könnte durch Haut- zu Haut-Kontakt (selten) zu oberflächlichen Verbrennungen führen.

Über eine im Gerät installierte Gegensprechanlage können Sie im Bedarfsfall auch während der Untersuchung jederzeit Sprechkontakt halten. Sofern Sie keine Beschwerden haben, sollten sie dies aber vermeiden, um nicht dadurch eine Beeinträchtigung der Bildqualität herbeizuführen.

Während der Untersuchung entsteht ein lautes, klopfendes Geräusch im Gerät!

Da Sie sich während der Untersuchung in einem starken Magnetfeld befinden, ist es von besonderer Wichtigkeit, dass keine metallischen Gegenstände (Schlüssel, Kugelschreiber, etc.) oder Kredit- und Bankomatkarten (werden gelöscht) in den Untersuchungsraum mitgebracht werden. Verschiedene Make-ups enthalten ebenfalls Eisenbestandteile, weshalb wir Sie bitten, die Gesichtsschminke soweit wie möglich zu entfernen.

#### Kontrastmittel

***In manchen Fällen kann die diagnostische Aussage durch Verabreichen einer Kontrastmittelinjektion erweitert und verbessert werden.***

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass bei ca. 99% der Patienten keine Nebenwirkungen nach Kontrastmittel-Verabreichung auftreten. Wie bei fast jedem medizinisch notwendigen diagnostischen Eingriff ist eine lebensbedrohliche Komplikation möglich, jedoch äußerst unwahrscheinlich. Schwere Komplikationen treten sehr selten auf (1:10.000), sodass das Risiko der Untersuchung, im Vergleich zum erzielten Nutzen, sehr klein ist.

#### Vorsicht bei Allergien

Bei einer bestehenden Allergie (z.B. auf Medikamente, Pollen etc.) oder einer bekannten Überempfindlichkeit auf Kontrastmittel können durch die Gabe eines MR-Kontrastmittels vorübergehend Schwellung, Juckreiz, Niesen, Hautausschlag, Schwindel oder Erbrechen und ähnliche leichtere Reaktionen auftreten. Schwerwiegende Komplikationen im Bezug auf lebenswichtige Funktionen (Herz, Kreislauf, Atmung, Nieren) und bleibende Schäden (z.B. Organversagen, Lähmungen) sind extrem selten.

Bei vorgeschädigter Niere kann es durch Verabreichung eines Kontrastmittels zu schweren Entzündungen von Haut und Bindegewebe mit Gelenksversteifung und Narbenbildung kommen.

**Abb. 68: Informationen und Fragebogen für Patienten und Patientinnen über Untersuchungen im Magnetfeld Seite 1**

**Für die Vorbereitung der Untersuchung und um Vorsichtsmaßnahmen ergreifen zu können, bitten wir Sie um gewissenhafte Beantwortung folgender Fragen:**

- |                                                                                                                                                                                                                             | JA                       | NEIN                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Haben Sie schon einmal eine MRT-Untersuchung gehabt?<br>Wenn ja, wann und wo? _____                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Leiden Sie unter Platzangst?                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Haben Sie Allergien, Asthma oder Medikamentenunverträglichkeiten?<br>Allergische Reaktionen auf MR-Kontrastmittel sind bisher extrem selten beobachtet worden. Jodallergien spielen bei dieser Untersuchung keine Rolle. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Haben Sie einen Herzschrittmacher, eine Insulin-Pumpe, metallische Prothesen oder andere Implantate wie z.B. Mittelohrimplantate, Hörgeräte, Herzklappen- oder Hüftprothesen, Zahnprothese (mit Magnethaftung)?          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Haben Sie Metallteile oder Metallsplitter im Körper (Piercing, Marknagel)?<br>Tattoos, Permanent-Make-up, Schmerzpflaster, Akupunkturnadeln?                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Wurde bei Ihnen eine Operation am Herzen oder Kopf durchgeführt?                                                                                                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Besteht bei Ihnen eine Funktionseinschränkung der Nieren?                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Wenn ja, haben Sie innerhalb der letzten 7 Tage ein MR-Kontrastmittel erhalten?                                                                                                                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Körpergewicht _____ kg      Körpergröße _____ cm                                                                                                                                                                         |                          |                          |

**Für Frauen:**

- |                                                                                       |                          |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10. Besteht eine Schwangerschaft (in welcher Woche?) bzw. könnten Sie schwanger sein? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

**Nach der Untersuchung**

Wurde ein **Kontrastmittel** verabreicht, bitte **reichlich trinken** (z.B. Tee, Mineralwasser, Saft), sofern Ihre Ärztin / Ihr Arzt nichts anderes verordnet hat.  
Wenn Sie ein **Beruhigungsmittel** erhalten, sollten Sie in den nächsten 12 bis 24 Stunden **kein Kraftfahrzeug steuern** und **nicht an gefährlichen Maschinen arbeiten**.

Ich bestätige, dass ich den Text gelesen, verstanden und die mich betreffenden Fragen nach bestem Gewissen beantwortet habe. Ich stimme der Durchführung der vorgeschlagenen MRT-Untersuchung und Kontrastmittelgabe – wenn erforderlich - zu. In einem persönlichen Gespräch sind meine Fragen ausreichend beantwortet worden.

Name und Geburtsdatum  
der/des Patientin/en:

\_\_\_\_\_  
Unterschrift der/des Patientin/en  
bzw. der Eltern oder des gesetzlichen Vertreters

\_\_\_\_\_  
Name der RT / des RT

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Name der Ärztin / des Arztes

**Abb. 69: Informationen und Fragebogen für Patienten und Patientinnen über Untersuchungen im Magnetfeld Seite 2**

ID	Dissektionstyp	Geschlecht	Diabetes	Niereninsuffizienz	Positive Nikotinanamnese	Hypertonus	BMI	Histologie	Positive Risikofaktoren
1	1	2	2	2	2	1	25,30	6	2
2	1	1	1	1	1	1	22,70	6	4
3	2	1	2	2	2	1	25,86	7	2
4	1	1	2	2	2	1	35,49	5	2
5	2	1	2	2	2	1	28,40	7	2
6	2	2	2	2	1	1	21,56	7	2
7	1	1	2	2	2	1	30,39	6	2
8	1	2	2	2	2	1	21,38	1	3
9	1	1	1	2	1	1	44,19	7	3
10	2	1	2	1	2	1	27,78	7	3
13	1	1	2	2	2	1	28,73	5	2
15	2	1	2	2	1	1	25,06	7	3
17	1	2	2	2	2	1	21,88	7	1
18	2	1	2	2	1	1	23,05	7	2
21	2	1	2	2	1	1	27,44	7	3
22	1	1	2	2	2	1	23,53	5	1
25	1	2	2	2	1	1	21,06	1	2
27	1	2	2	1	1	1	19,10	3	3
29	1	2	2	2	1	1	30,09	5	3
31	2	2	2	2	2	1	20,03	6	1
33	1	1	2	2	2	1	n.v.	1	1
38	1	1	2	2	1	1	27,07	1	3
43	1	1	2	2	1	2	22,01	4	1
45	2	1	2	2	1	1	25,12	7	2
47	1	1	2	2	1	1	24,80	1	2
49	1	2	2	2	2	2	24,77	6	0
51	1	2	2	2	1	1	18,37	5	2
52	2	2	2	1	2	1	26,42	7	3

53	1	1	2	1	2	1	31,79	6	3
55	1	1	2	2	2	1	28,40	5	2
58	1	1	2	2	2	1	27,99	5	2
64	2	1	2	2	2	1	22,79	7	1
66	1	1	2	2	2	1	24,86	5	1
67	1	1	2	2	2	1	24,86	7	1
69	2	1	2	2	2	1	n.v.	7	1

**Tab. 27 Darstellung aller Risikofaktoren**

Legende zu Tab. 27 Dissektionstyp: 1 = Stanford Typ A Dissektion, 2 = Stanford Typ B Dissektion; Geschlecht: 1 = männlich, 2 = weiblich

Diabetes: 1 = ja, 2 = nein; Niereninsuffizienz: 1 = ja, 2 = nein; Nikotinanamnese: 1 = positiv, 2 = negativ; Hypertonus: 1 = ja, 2 = nein; BMI: n.v. = nicht vorhanden

Histologie: 1 = Zystische Medianekrose Erdheim-Gsell, 2 = Ehler-Danlos Syndrom, 3 = Vaskulitis, 4 = Marfan-Syndrom, 5 = Atherosklerotische Veränderungen, 6 = keine pathologischen Histologiebefunde, 7 = keine Histologie vorhanden

ID	Datum	SV 1.1	SV 1.2	ASCM 2.1	ASCM 2.2	PTB 3.1	PTB 3.2	DSUB 4.1	DSUB 4.2	DESM 5.1	DESM 5.2	ABD 6.1	ABD 6.2	PNA 7.1	PNA 7.2	PBIF 8.1	PBIF 8.2
1	10.Jän.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
1	03.Jul.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,2	2,2	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,5	2,5	n.e.	n.e.
1	11.Dez.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
1	21.Nov.16	3,0	3,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	1,5	1,5	2,5	2,5	n.e.	n.e.	1,8	1,6	n.e.	n.e.
1	22.Jän.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,3	2,5	2,5	n.e.	n.e.
2	27.Sep.10	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,0	3,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
2	07.Jän.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,8	3,8	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
2	16.Jul.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,6	3,6	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
2	09.Jun.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	1,4	1,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,7	2,5	n.e.	n.e.
2	20.Jul.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
3	21.Jän.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
3	17.Jul.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,8	3,8	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
4	03.Apr.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,4	2,4	4,5	4,5	n.e.	n.e.	3,3	3,0	2,7	2,7
5	17.Jul.13	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,9	3,9	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
6	19.Sep.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
7	14.Jun.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
8	09.Jän.14	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
8	17.Jul.14	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
8	10.Jul.14	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
8	19.Jul.16	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,9	2,9	2,9	2,9	n.e.	n.e.	2,1	1,6	2,0	1,8
8	03.Jul.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,9	2,9	2,9	2,9	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
8	28.Mai.18	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
9	07.Dez.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,6	4,4	3,9	3,9	3,6	3,6	n.e.	n.e.	4,5	4,2	2,8	2,8
10	06.Mär.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,7	4,7	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
10	13.Mär.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,5	4,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,0	2,0	n.e.	n.e.
10	28.Aug.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,3	4,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
13	21.Jul.16	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,1	n.e.	n.e.	2,3	1,6	2,0	2,0

13	20.Feb.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,2	2,8	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,4	2,3	2,0	1,9
13	15.Dez.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,0	3,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,1	2,1
13	29.Nov.18	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,2	2,2
15	04.Aug.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,0	5,0	4,5	4,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
15	01.Aug.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,5	4,5	n.e.	n.e.	1,4	1,4
17	13.Jul.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
18	23.Sep.13	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
21	14.Nov.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,3	n.e.	n.e.	3,1	3,1	n.e.	n.e.
21	28.Nov.17	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
21	18.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,7	3,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
21	24.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
22	07.Jän.19	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,2	3,8	3,5	3,3	n.e.	n.e.	3,8	3,0	2,5	2,3
25	07.Feb.14	n.e.	n.e.	4,1	3,9	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
25	06.Feb.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,1	3,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,1	2,1	n.e.	n.e.
25	15.Jän.16	n.e.	n.e.	3,9	3,9	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,4	1,7	n.e.	n.e.
25	27.Jän.17	n.e.	n.e.	4,2	4,2	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,5	1,8	n.e.	n.e.
25	12.Jän.18	99,0	99,0	99,0	99,0	n.e.	n.e.	3,8	3,8	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
25	18.Jän.19	n.e.	n.e.	4,4	4,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
27	08.Mär.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,0	4,0	n.e.	n.e.	4,8	4,8	3,5	3,3	3,6	3,0	n.e.	n.e.
29	29.Jän.19	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,0	4,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
31	07.Mär.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
33	28.Aug.18	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
38	11.Aug.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,6	4,6	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
43	20.Jän.15	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	3,7	3,7	3,0	2,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
43	12.Feb.16	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	3,7	3,7	3,0	2,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
43	21.Mär.16	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,0	3,0	3,6	3,6	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
45	05.Mär.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,0	3,0	4,3	4,3	6,0	6,0	n.e.	n.e.	3,9	3,6	n.e.	n.e.
47	24.Apr.15	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,4	4,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
49	29.Jän.13	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.

49	06.Mai.13	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
49	04.Nov.13	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,8	2,8	2,6	2,6	n.e.	n.e.	2,4	2,4	n.e.	n.e.
49	03.Mär.14	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,8	2,8	2,6	2,6	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
49	20.Mär.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
49	11.Mär.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,9	2,4	2,1	2,1	n.e.	n.e.
49	24.Mär.17	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	3,1	2,5	2,9	2,4	n.e.	n.e.	2,4	1,9
49	09.Mär.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,1	2,5	2,9	2,4	2,0	1,8	n.e.	n.e.
49	08.Mär.19	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,1	1,8	n.e.	n.e.
51	24.Mär.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
52	06.Jul.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
52	08.Apr.16	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
52	14.Aug.17	n.e.	n.e.	4,4	4,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
53	05.Nov.18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,4	3,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
53	11.Mär.19	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,4	3,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
55	16.Mär.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2,4	2,2	2,3	2,1	2,8	2,7	2,0	1,9	2,1	2,0
58	20.Feb.13	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,5	5,5	3,5	3,5	n.e.	n.e.	3,0	3,0	n.e.	n.e.
58	27.Jun.13	100,0	100,0	99,0	99,0	99,0	99,0	5,3	5,3	3,5	3,5	n.e.	n.e.	3,0	3,0	n.e.	n.e.
58	18.Nov.13	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,9	5,9	3,5	3,5	n.e.	n.e.	3,0	3,0	n.e.	n.e.
58	19.Mai.14	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	6,3	6,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	21.Nov.14	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	6,0	6,0	3,7	3,7	n.e.	n.e.	2,4	2,4	n.e.	n.e.
58	15.Jun.15	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,7	5,7	3,7	3,7	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	11.Dez.15	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	6,2	6,2	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	27.Feb.17	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	6,1	6,1	3,7	3,4	3,8	3,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	06.Sep.18	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	02.Okt.18	100,0	100,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
58	31.Jän.19	100,0	100,0	99,0	99,0	99,0	99,0	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
64	29.Jul.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	4,2	3,8	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
66	08.Okt.15	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	5,1	5,1	3,3	3,3	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
67	08.Okt.15	2,5	2,5	4,7	4,7	4,3	4,3	n.e.	n.e.	4,4	4,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.

67	17.Okt.16	2,5	2,5	4,7	4,7	4,3	4,3	n.e.	n.e.	4,4	4,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
67	09.Okt.17	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
69	18.Mär.19	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,3	4,4	4,2	3,5	3,4	n.e.	n.e.	2,2	2,0	n.e.	n.e.
69	02.Apr.19	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3,3	3,3	4,4	4,0	3,5	3,4	n.e.	n.e.	2,2	2,0	n.e.	n.e.

**Tab. 28 Darstellung aller Werte, welche in den radiologischen Befunden vermerkt wurden**

Legende zu Tab. 28: Alle Werte in dieser Tabelle werden in Zentimeter angegeben. Die Abkürzung „n.e.“ bedeutet, dass dieser Wert nicht vermerkt wurde.

Die Überschriften geben die jeweiligen Messpunkte wieder: SV 1.1: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.1; SV 1.2: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.2; ASCM 2.1: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.1; ASCM 2.2: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.2; PTB 3.1: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.1; PTB 3.2: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.2; DSUB 4.1: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.1; DSUB 4.2: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.2; DESM 5.1: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.1; DESM 5.2: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.2; ABD 6.1: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.1; ABD 6.2: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.2; PNA 7.1: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.1; PNA 7.2: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.2; PBIF 8.1: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.1; PBIF 8.2: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.2

Die folgenden Werte in der Tabelle stellen Codierungen in SPSS von nicht möglichen Messpunkten dar: 100,0 = künstliche Aortenklappe; 99,0 = zu kleines Field of View; 98,0 = Aortenbogen nicht in der Angiographie mit abgebildet; 97,0 = nur MRA der abdominalen Aorta; 96,0 = nur MRA der thorakalen Aorta; 95,0 = Transposition einer Arterie

	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	Messpunkt 4	Messpunkt 5	Messpunkt 6	Messpunkt 7	Messpunkt 8
Gesamt	86	86	86	86	86	86	86	86
Nicht möglich	32 (39,3 %)	6 (7,0 %)	5 (9,0 %)	3 (3,5 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Relevante Messpunkte	54	80	81	83	86	86	86	86
Erhoben	3 (5,6 %)	7 (8,8 %)	11 (13,6 %)	30 (36,1 %)	41 (47,7 %)	13 (15,1 %)	28 (32,6 %)	11 (12,8 %)
Nicht erhoben	51 (94,4 %)	73 (91,2 %)	70 (86,4 %)	53 (63,9 %)	45 (52,3 %)	73 (84,9 %)	58 (67,4 %)	75 (87,2 %)

**Tab. 29 Angabe der numerischen und prozentuellen Häufigkeiten der erhobenen und nicht erhobenen Messpunkte in den Befunden**

Legende zu Tab. 29: Messpunkt 1: Durchmesser Sinus valsalvae; Messpunkt 2: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser; Messpunkt 3: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus; Messpunkt 4: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin.; Messpunkt 5: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser; Messpunkt 6: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts; Messpunkt 7: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie; Messpunkt 8: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation

ID	Datum	SV 1.1	SV 1.2	ASCM 2.1	ASCM 2.2	PTB 3.1	PTB 3.2	DSUB 4.1	DSUB 4.2	DESM 5.1	DESM 5.2	ABD 6.1	ABD 6.2	PNA 7.1	PNA 7.2	PBIF 8.1	PBIF 8.2
1	10.Jän.14	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	1,6	1,5	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,5	1,9	1,9
1	03.Jul.14	2,3	2,2	2,3	2,1	2,2	2,2	1,4	1,3	2,6	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	1,9	1,7
1	11.Dez.14	2,7	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	1,5	1,4	2,7	2,5	2,4	2,4	1,8	1,6	2,0	1,9
1	21.Nov.16	3,0	3,0	2,5	2,5	2,7	2,7	1,5	1,5	2,5	2,5	2,7	2,4	1,8	1,6	2,0	1,9
1	22.Jän.18	2,9	2,8	99,0	99,0	2,5	2,4	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,3	2,5	2,5	2,0	1,9
2	27.Sep.10	3,3	3,3	4,0	3,8	3,8	3,7	3,2	3,0	3,0	3,0	2,8	2,5	2,4	2,2	1,9	1,8
2	07.Jän.14	2,6	2,5	3,0	2,9	3,0	2,9	2,6	2,5	3,8	3,8	2,8	2,5	2,4	2,3	1,9	1,5
2	16.Jul.15	2,8	2,7	3,1	3,0	2,9	2,5	2,7	2,5	3,6	3,6	2,8	2,6	2,6	2,3	1,8	1,5
2	09.Jun.16	3,2	2,9	3,0	3,0	3,2	3,0	1,4	1,4	4,0	3,6	2,7	2,6	2,7	2,5	1,6	1,6
2	20.Jul.17	3,0	2,9	3,2	3,0	2,9	2,9	2,1	2,1	3,6	3,4	2,8	2,5	2,4	2,3	1,6	1,4
3	21.Jän.16	3,5	3,2	3,9	3,9	3,9	3,7	3,5	3,4	4,2	3,9	3,3	3,2	2,4	2,2	1,9	1,6
3	17.Jul.17	3,7	3,4	3,9	3,9	3,8	3,8	3,6	3,3	4,0	3,9	3,3	3,2	2,4	2,2	1,8	1,7
4	03.Apr.17	100,0	100,0	3,2	3,1	2,9	2,6	2,4	2,4	4,5	4,5	3,5	3,2	3,3	3,0	2,7	2,7
5	17.Jul.13	3,6	3,4	3,6	3,6	3,7	3,6	3,2	2,8	3,9	3,9	4,1	3,7	2,5	2,5	2,0	1,8
6	19.Sep.16	3,2	2,7	3,1	3,1	2,9	2,9	2,6	2,5	3,0	2,7	2,4	2,2	2,4	2,1	2,3	2,3
7	14.Jun.17	4,0	3,9	2,9	2,9	2,9	2,7	1,9	1,6	2,8	2,5	2,8	2,7	2,4	2,2	2,4	2,2
8	09.Jän.14	100,0	100,0	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,6	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7
8	17.Jul.14	100,0	100,0	2,9	2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,6	2,2	2,3	1,9	1,8	1,6
8	10.Jul.14	100,0	100,0	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	2,8	3,1	3,1	2,5	2,4	2,3	2,2	1,7	1,5
8	19.Jul.16	100,0	100,0	2,8	2,7	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,6	2,2	2,1	1,6	2,0	1,8
8	03.Jul.17	100,0	100,0	2,9	2,9	3,1	3,1	2,9	2,9	2,9	2,9	2,7	2,5	2,2	1,8	1,8	1,7
8	28.Mai.18	100,0	100,0	2,9	2,9	3,1	3,0	3,0	2,9	3,1	3,0	2,7	2,6	2,2	1,9	1,9	1,7
9	07.Dez.16	4,2	4,1	5,0	4,2	4,6	4,4	3,9	3,9	3,6	3,6	4,7	4,4	4,5	4,2	2,8	2,8
10	06.Mär.17	4,4	3,8	3,8	3,8	3,4	3,2	4,7	4,7	4,2	3,7	2,7	2,6	2,1	1,8	2,2	2,0
10	13.Mär.18	4,3	3,7	3,8	3,6	3,6	3,3	4,5	4,5	4,2	3,7	2,9	2,8	2,0	2,0	2,1	2,1
10	28.Aug.18	4,2	3,6	3,8	3,7	3,8	3,5	4,3	4,3	4,1	3,8	2,8	2,6	2,2	1,7	2,3	2,2
13	21.Jul.16	100,0	100,0	3,9	3,6	2,7	2,5	2,9	2,8	3,3	3,1	3,0	2,9	2,3	1,6	2,0	2,0

13	20.Feb.17	100,0	100,0	3,8	3,5	2,8	2,8	3,2	2,8	3,4	3,4	3,2	2,9	2,4	2,3	2,0	1,9
13	15.Dez.17	100,0	100,0	3,8	3,5	2,8	2,8	2,8	2,6	3,0	3,0	3,1	2,7	2,2	2,2	2,1	2,1
13	29.Nov.18	100,0	100,0	3,8	3,4	2,9	2,7	2,8	2,7	3,3	3,3	3,2	2,9	2,3	2,0	2,2	2,2
15	04.Aug.17	3,6	3,5	3,7	3,7	3,3	3,3	2,6	2,4	5,0	5,0	4,5	4,5	2,3	1,9	1,5	1,4
15	01.Aug.18	3,7	3,6	3,9	3,7	3,3	3,3	2,8	2,5	4,6	4,1	4,5	4,5	2,5	2,1	1,4	1,4
17	13.Jul.17	3,5	3,3	2,9	2,6	2,8	2,6	2,5	2,4	2,6	2,4	2,5	2,5	2,3	1,9	1,5	0,9
18	23.Sep.13	3,4	3,3	3,2	3,1	3,8	3,0	2,5	2,5	3,4	3,3	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
21	14.Nov.17	3,3	3,2	2,9	2,7	2,7	2,7	95,0	95,0	3,3	3,3	3,3	3,0	3,1	3,1	2,9	2,5
21	28.Nov.17	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,3	2,6	2,9	2,5	2,9	2,6
21	18.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,7	3,4	3,1	2,4	3,1	2,7
21	24.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,4	2,8	3,1	2,4	3,3	3,2
22	07.Jän.19	100,0	100,0	3,3	3,2	3,6	3,5	4,2	3,8	3,5	3,3	3,9	3,3	3,8	3,0	2,5	2,3
25	07.Feb.14	3,4	3,1	4,1	3,9	3,7	3,7	3,1	3,0	3,1	2,9	3,1	2,2	2,4	2,1	2,1	1,8
25	06.Feb.15	3,3	2,9	4,1	4,0	3,5	3,4	3,1	3,0	3,0	2,9	2,7	2,1	2,1	2,1	2,1	1,9
25	15.Jän.16	3,4	3,1	3,9	3,9	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	2,9	2,8	2,1	2,4	1,7	2,0	1,8
25	27.Jän.17	3,1	2,9	4,2	4,2	2,9	2,7	3,2	3,0	3,1	3,1	3,0	2,3	2,5	1,8	2,1	1,8
25	12.Jän.18	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	3,0	2,9	3,1	2,7	2,7	2,0	2,6	1,9	2,0	1,9
25	18.Jän.19	3,3	3,1	4,4	4,3	3,1	3,0	3,0	2,8	3,3	3,1	3,0	2,5	2,6	2,2	2,0	1,6
27	08.Mär.16	4,6	4,3	3,1	2,9	4,0	4,0	2,6	2,1	4,8	4,8	3,5	3,3	3,6	3,0	2,0	2,0
29	29.Jän.19	100,0	100,0	3,3	3,2	3,0	3,0	5,0	4,3	5,0	4,8	3,5	3,3	2,6	2,3	2,4	2,1
31	07.Mär.14	3,5	2,8	3,0	3,0	3,2	3,1	2,9	2,6	2,4	2,3	2,7	2,7	2,2	2,1	2,3	2,2
33	28.Aug.18	100,0	100,0	3,2	3,1	2,7	2,5	3,4	3,4	4,4	4,2	4,5	4,2	3,5	3,4	2,0	1,7
38	11.Aug.17	5,2	4,3	3,3	3,2	3,0	2,9	4,1	4,0	4,6	4,6	3,9	3,5	3,0	2,9	3,1	2,4
43	20.Jän.15	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	3,7	3,7	3,0	2,5	2,3	2,3	2,4	2,1
43	12.Feb.16	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	3,7	3,7	3,0	2,5	2,3	2,3	2,4	1,8
43	21.Mär.16	100,0	100,0	2,8	2,4	3,4	3,1	3,0	3,0	3,6	3,6	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
45	05.Mär.15	3,9	3,3	4,2	4,2	3,0	3,0	4,3	4,3	6,0	6,0	3,9	3,7	3,9	3,6	2,9	2,7
47	24.Apr.15	100,0	100,0	3,3	3,3	3,3	3,1	3,2	3,0	3,6	2,9	4,4	4,4	3,2	2,3	2,0	1,9
49	29.Jän.13	3,1	3,1	3,1	3,0	2,8	2,6	2,3	2,2	2,9	2,9	2,9	2,7	2,2	2,1	1,8	1,8

49	06.Mai.13	3,2	3,1	3,2	3,0	2,6	2,6	2,3	2,2	3,5	3,5	2,8	2,7	2,2	2,0	2,0	1,8
49	04.Nov.13	3,1	3,0	3,1	2,8	2,7	2,5	2,8	2,8	2,6	2,6	2,9	2,6	2,4	2,4	2,1	1,7
49	03.Mär.14	3,2	2,9	3,0	2,8	2,8	2,5	2,8	2,8	2,6	2,6	2,9	2,7	2,1	2,0	2,1	1,8
49	20.Mär.15	2,9	2,7	3,3	3,1	2,5	2,5	2,1	2,1	3,1	2,6	2,8	2,3	2,1	1,6	2,1	1,8
49	11.Mär.16	3,3	3,2	3,1	2,8	2,6	2,6	2,1	2,1	2,9	2,4	3,0	2,3	2,1	2,1	2,3	1,8
49	24.Mär.17	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	3,1	2,5	2,9	2,4	2,3	1,6	2,4	1,9
49	09.Mär.18	3,2	2,9	3,2	3,0	2,7	2,7	2,1	2,0	3,1	2,5	2,9	2,4	2,0	1,8	2,4	1,8
49	08.Mär.19	3,2	2,9	3,1	3,0	2,6	2,6	2,2	2,1	3,1	2,5	2,6	2,4	2,1	1,8	2,2	1,7
51	24.Mär.15	3,7	3,1	3,1	3,0	3,2	2,8	3,1	3,0	3,2	3,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
52	06.Jul.15	3,5	2,9	4,1	3,9	4,1	3,9	3,3	3,3	3,8	3,6	3,0	3,0	2,2	2,1	1,7	1,7
52	08.Apr.16	3,3	3,0	4,1	4,0	4,1	3,8	3,5	3,3	3,9	3,6	2,9	2,8	2,3	2,1	1,7	1,7
52	14.Aug.17	3,7	3,0	4,4	4,4	4,2	3,7	3,4	3,2	3,9	3,7	3,1	3,0	2,3	2,1	1,6	1,5
53	05.Nov.18	4,2	3,5	3,2	3,1	2,8	2,5	3,1	3,0	3,4	3,3	3,1	3,1	2,9	2,7	2,1	2,0
53	11.Mär.19	4,3	3,4	3,4	3,3	3,0	2,7	3,5	3,4	3,4	3,3	3,2	2,9	2,8	2,7	2,3	2,1
55	16.Mär.17	100,0	100,0	2,9	2,7	2,9	2,8	2,4	2,2	2,3	2,1	2,8	2,7	2,0	1,9	2,1	2,0
58	20.Feb.13	100,0	100,0	3,2	2,7	2,8	2,2	5,5	5,5	3,5	3,5	3,4	2,6	3,0	3,0	2,4	2,3
58	27.Jun.13	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	5,3	5,3	3,5	3,5	3,7	3,1	3,0	3,0	2,5	2,3
58	18.Nov.13	100,0	100,0	3,3	3,1	2,8	2,4	5,9	5,9	3,5	3,5	3,7	3,2	3,0	3,0	2,4	2,3
58	19.Mai.14	100,0	100,0	3,3	3,1	2,9	2,5	6,3	6,3	3,7	3,7	3,7	3,5	2,9	2,7	2,5	2,1
58	21.Nov.14	100,0	100,0	3,4	3,1	2,7	2,6	6,0	6,0	3,7	3,7	3,5	3,1	2,4	2,4	2,5	2,4
58	15.Jun.15	100,0	100,0	3,2	3,1	2,7	2,6	5,7	5,7	3,7	3,7	3,7	3,1	2,8	2,4	2,5	2,3
58	11.Dez.15	100,0	100,0	3,1	3,0	2,7	2,6	6,2	6,2	3,8	3,7	3,7	3,0	2,8	2,4	2,6	2,2
58	27.Feb.17	100,0	100,0	3,1	3,1	2,7	2,6	6,1	6,1	3,7	3,4	3,8	3,5	3,0	2,9	2,3	2,0
58	06.Sep.18	100,0	100,0	3,1	3,1	2,8	2,6	5,8	5,5	3,8	3,7	3,8	3,4	3,0	2,7	2,4	2,2
58	02.Okt.18	100,0	100,0	3,1	2,9	2,7	2,7	5,7	5,6	3,6	3,6	4,0	3,4	3,0	2,8	2,6	2,4
58	31.Jän.19	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	5,7	5,3	3,8	3,7	3,9	3,3	3,0	2,6	2,6	2,5
64	29.Jul.15	3,1	2,9	3,4	3,2	3,3	2,9	3,3	3,3	4,2	3,8	4,0	3,8	3,0	2,6	2,7	2,6
66	08.Okt.15	3,0	2,7	3,3	3,2	3,0	2,9	5,1	5,1	3,3	3,3	3,9	3,1	2,4	2,2	1,9	1,8
67	08.Okt.15	2,5	2,5	4,7	4,7	4,3	4,3	4,2	3,5	4,4	4,4	3,9	3,2	3,0	2,6	2,2	2,2

67	17.Okt.16	2,5	2,5	4,7	4,7	4,3	4,3	4,1	3,6	4,4	4,4	4,0	3,4	3,1	2,7	2,2	2,0
67	09.Okt.17	4,1	4,1	3,8	3,5	3,4	3,1	4,3	4,0	4,3	4,2	4,1	3,3	3,2	2,8	2,4	2,3
69	18.Mär.19	3,3	2,7	2,9	2,8	3,3	3,3	4,4	4,2	3,5	3,4	3,1	3,0	2,2	2,0	2,1	2,1
69	02.Apr.19	3,2	2,7	3,1	2,9	3,3	3,3	4,4	4,0	3,5	3,4	3,1	2,8	2,2	2,0	2,1	2,1

**Tab. 30 Darstellung aller mittels „syngo.plaza“ erhobenen Werte**

Legende zu Tab. 30: Alle Werte in dieser Tabelle werden in Zentimeter angegeben.

Die Überschriften geben die jeweiligen Messpunkte wieder: SV 1.1: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.1; SV 1.2: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.2; ASCM 2.1: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.1; ASCM 2.2: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.2; PTB 3.1: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.1; PTB 3.2: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.2; DSUB 4.1: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.1; DSUB 4.2: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.2; DESM 5.1: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.1; DESM 5.2: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.2; ABD 6.1: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.1; ABD 6.2: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.2; PNA 7.1: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.1; PNA 7.2: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.2; PBIF 8.1: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.1; PBIF 8.2: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.2

Die folgenden Werte in der Tabelle stellen Codierungen in SPSS von nicht möglichen Messpunkten dar: 100,0 = künstliche Aortenklappe; 99,0 = zu kleines Field of View; 98,0 = Aortenbogen nicht in der Angiographie mit abgebildet; 97,0 = nur MRA der abdominalen Aorta; 96,0 = nur MRA der thorakalen Aorta; 95,0 = Transposition einer Arterie

ID	Datum	SV 1.1	SV 1.2	ASCM 2.1	ASCM 2.2	PTB 3.1	PTB 3.2	DSUB 4.1	DSUB 4.2	DESM 5.1	DESM 5.2	ABD 6.1	ABD 6.2	PNA 7.1	PNA 7.2	PBIF 8.1	PBIF 8.2
1	10.Jän.14	2,9	2,4	3,1	2,5	3,1	2,5	2,9	2,5	2,5	2,3	2,4	2,0	2,1	1,7	1,9	1,7
1	03.Jul.14	2,7	2,5	3,4	2,6	3,1	2,6	2,6	2,5	2,5	2,3	2,3	1,8	2,0	1,7	1,9	1,6
1	11.Dez.14	2,7	2,5	3,2	2,6	2,9	2,6	2,6	2,4	2,6	2,4	2,4	1,8	1,9	1,5	1,9	1,7
1	21.Nov.16	2,7	2,4	3,2	2,4	2,8	2,3	2,6	2,5	2,6	2,3	2,5	2,0	1,8	1,6	2,0	1,7
1	22.Jän.18	2,7	2,4	99,0	99,0	2,6	2,3	2,6	2,3	2,5	2,3	2,4	1,8	2,1	1,9	2,0	1,7
2	27.Sep.10	3,5	2,7	3,3	3,1	2,9	2,5	2,9	2,5	3,2	3,0	2,7	2,4	2,3	2,0	1,7	1,5
2	07.Jän.14	3,4	2,8	3,1	2,8	2,9	2,5	3,0	2,7	3,5	3,1	2,8	2,1	2,2	2,0	1,7	1,4
2	16.Jul.15	3,1	2,8	3,2	3,0	3,1	2,7	3,0	2,6	3,7	3,2	2,4	2,2	2,5	2,2	1,7	1,5
2	09.Jun.16	3,2	3,0	3,3	3,0	3,0	2,8	2,9	2,6	3,9	3,3	2,6	2,2	2,4	2,1	1,7	1,5
2	20.Jul.17	3,0	2,7	3,2	3,0	3,1	2,8	2,8	2,6	3,5	3,0	2,5	2,2	2,3	1,8	1,8	1,4
3	21.Jän.16	3,1	2,3	3,8	3,6	3,7	3,5	3,1	2,8	3,6	3,3	3,4	3,0	2,3	2,1	1,8	1,6
3	17.Jul.17	2,9	2,3	3,9	3,6	3,8	3,6	3,2	2,8	3,5	3,2	3,5	3,0	2,3	2,0	1,8	1,6
4	03.Apr.17	100,0	100,0	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,2	4,3	3,8	3,3	3,1	3,1	2,9	2,5	2,4
5	17.Jul.13	3,6	3,2	3,5	3,2	3,6	3,4	3,0	2,8	3,0	2,7	2,8	2,5	2,2	2,1	1,9	1,7
6	19.Sep.16	3,0	2,7	3,3	2,8	3,2	2,8	3,3	2,9	3,1	2,7	2,7	2,2	2,5	2,2	2,4	2,1
7	14.Jun.17	4,2	3,6	3,7	3,3	3,0	2,5	3,2	2,8	2,7	2,3	3,3	2,9	2,8	2,4	2,3	2,2
8	09.Jän.14	100,0	100,0	3,2	2,8	3,1	2,8	2,9	2,7	3,1	2,7	2,7	2,3	2,2	1,8	1,9	1,7
8	17.Jul.14	100,0	100,0	3,2	2,8	3,1	2,7	3,0	2,7	3,1	2,8	2,6	2,1	2,3	1,9	1,9	1,7
8	10.Jul.14	100,0	100,0	3,0	2,6	3,1	2,7	3,0	2,8	3,0	2,9	2,7	2,3	2,3	2,0	2,0	1,7
8	19.Jul.16	100,0	100,0	3,1	2,6	3,0	2,8	2,9	2,8	3,1	2,8	2,8	2,3	2,3	1,9	1,9	1,8
8	03.Jul.17	100,0	100,0	3,1	2,7	3,1	2,8	2,9	2,8	3,2	2,8	2,8	2,3	2,2	1,9	2,0	1,7
8	28.Mai.18	100,0	100,0	3,1	2,7	3,0	2,7	2,9	2,7	3,4	2,9	2,9	2,4	2,3	1,8	1,9	1,7
9	07.Dez.16	5,4	4,4	3,4	3,0	3,1	2,3	3,5	3,0	4,7	4,3	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,2
10	06.Mär.17	4,2	3,7	3,7	3,3	3,5	3,3	3,9	3,6	4,1	3,7	2,9	2,6	2,1	1,9	2,0	1,7
10	13.Mär.18	4,3	3,7	3,6	3,3	3,5	3,1	3,8	3,3	4,2	3,7	2,9	2,5	2,1	2,0	2,0	1,7
10	28.Aug.18	4,3	3,7	3,7	3,6	3,6	3,3	3,3	3,2	4,7	4,3	3,0	2,6	2,0	1,8	2,2	2,0

13	21.Jul.16	100,0	100,0	3,5	3,2	3,0	2,4	2,6	2,5	3,4	3,0	3,1	2,9	2,3	1,9	2,1	2,0
13	20.Feb.17	100,0	100,0	3,3	2,8	2,8	2,5	2,7	2,5	3,5	3,0	3,2	3,0	2,5	2,1	2,1	1,9
13	15.Dez.17	100,0	100,0	3,4	3,0	2,9	2,7	2,8	2,6	3,6	3,1	3,2	3,0	2,2	1,9	2,1	2,0
13	29.Nov.18	100,0	100,0	3,2	2,9	2,8	2,3	2,9	2,7	3,5	3,2	3,3	3,0	2,2	1,9	2,2	2,1
15	04.Aug.17	3,2	3,0	3,7	3,4	3,2	3,0	3,4	3,0	3,3	3,0	3,1	2,5	2,1	1,7	1,6	1,5
15	01.Aug.18	3,3	3,0	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	3,3	3,0	3,1	2,7	2,2	1,9	1,6	1,5
17	13.Jul.17	2,9	2,4	3,2	2,6	3,3	2,6	2,7	2,4	2,7	2,4	2,9	2,4	2,4	2,0	1,6	1,1
18	23.Sep.13	3,1	2,6	3,4	3,1	3,2	2,9	2,5	2,3	3,5	2,9	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
21	14.Nov.17	3,2	3,0	2,7	2,6	2,6	2,4	95,0	95,0	3,3	2,8	3,1	2,3	3,0	2,4	2,9	2,0
21	28.Nov.17	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,3	2,5	2,7	2,2	2,8	2,2
21	18.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,0	2,5	2,9	2,4	2,8	2,3
21	24.Okt.18	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	3,1	2,5	2,9	2,3	3,1	2,2
22	07.Jän.19	100,0	100,0	3,3	2,9	3,5	3,2	4,3	4,1	3,6	3,1	3,6	3,2	2,7	2,2	2,4	2,3
25	07.Feb.14	4,3	3,7	3,0	2,8	3,3	3,0	3,2	2,9	2,9	2,7	2,5	1,9	2,4	1,6	1,9	1,7
25	06.Feb.15	4,3	3,9	3,1	2,7	3,1	2,9	3,2	2,9	3,0	2,8	2,5	2,3	2,4	1,8	1,9	1,7
25	15.Jän.16	4,4	3,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,2	2,9	3,3	3,0	2,2	1,8	2,5	1,6	1,9	1,5
25	27.Jän.17	4,5	3,9	3,2	2,9	3,3	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	2,5	2,1	2,4	2,0	1,9	1,6
25	12.Jän.18	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	3,2	2,8	3,1	2,9	2,5	2,0	2,2	1,7	2,0	1,6
25	18.Jän.19	4,2	3,8	3,1	2,9	3,1	2,9	3,2	2,9	3,2	2,9	2,3	1,8	2,6	2,1	2,0	1,8
27	08.Mär.16	3,1	2,8	3,4	3,0	3,1	2,9	3,1	2,7	4,4	4,1	3,8	3,0	2,7	2,2	2,3	1,9
29	29.Jän.19	100,0	100,0	3,5	3,0	3,3	2,9	3,4	3,1	4,8	4,4	3,4	2,8	2,4	2,1	2,6	2,2
31	07.Mär.14	3,0	2,8	3,4	2,9	3,4	3,1	2,7	2,5	3,1	2,7	3,0	2,7	2,1	1,6	2,1	2,0
33	28.Aug.18	100,0	100,0	3,2	3,0	4,8	3,8	3,6	3,1	4,7	4,1	4,5	3,9	3,9	3,3	2,0	1,8
38	11.Aug.17	5,7	4,2	3,5	3,0	3,0	2,8	4,5	4,0	5,0	4,3	3,8	3,4	3,0	2,7	3,2	2,3
43	20.Jän.15	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	2,7	2,4	2,7	2,5	2,3	2,2	2,3	2,0
43	12.Feb.16	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	2,9	2,6	2,8	2,5	2,4	2,3	2,3	1,9
43	21.Mär.16	100,0	100,0	3,4	3,0	3,1	2,8	2,6	2,2	3,8	3,6	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
45	05.Mär.15	3,8	3,5	4,6	3,9	4,0	3,7	3,9	3,0	4,1	3,8	3,7	3,0	3,6	3,0	2,6	2,3
47	24.Apr.15	100,0	100,0	3,4	3,1	3,3	3,1	3,2	2,9	3,4	3,0	3,8	3,0	3,5	2,8	1,9	1,8

49	29.Jän.13	3,2	2,8	3,3	2,8	2,7	2,4	2,4	2,1	3,4	2,7	2,9	2,6	2,2	2,0	1,9	1,8
49	06.Mai.13	3,2	2,6	3,2	2,8	3,0	2,5	2,6	2,1	3,3	2,8	2,8	2,4	2,3	1,9	1,9	1,7
49	04.Nov.13	3,0	2,7	3,5	3,0	2,7	2,5	2,5	2,2	3,5	2,6	2,8	2,4	2,2	1,8	2,0	1,7
49	03.Mär.14	3,0	2,6	3,1	2,6	2,8	2,6	2,2	2,0	3,7	3,2	2,9	2,4	2,3	1,9	1,9	1,7
49	20.Mär.15	3,0	2,6	3,2	2,6	2,9	2,6	2,2	2,0	2,2	2,0	3,1	2,3	2,2	1,8	2,1	1,6
49	11.Mär.16	3,0	2,5	3,2	3,0	2,9	2,5	2,2	2,1	2,3	1,9	2,8	2,4	2,4	1,8	2,1	1,8
49	24.Mär.17	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	2,3	2,1	2,7	2,1	2,5	1,7	2,5	1,7
49	09.Mär.18	3,0	2,7	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	2,1	2,3	2,1	2,5	1,9	2,5	1,9	2,2	1,5
49	08.Mär.19	3,0	2,7	3,4	2,9	2,9	2,7	2,3	2,1	2,4	2,3	2,6	2,2	2,4	1,9	2,2	1,6
51	24.Mär.15	3,5	3,1	3,5	2,8	3,0	2,9	3,6	3,2	3,5	3,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
52	06.Jul.15	2,9	2,5	4,5	3,8	4,3	3,7	3,6	3,1	3,8	3,6	3,0	2,7	2,3	1,9	1,7	1,6
52	08.Apr.16	3,1	2,7	4,4	4,0	4,1	3,7	3,6	3,1	3,8	3,4	3,0	2,4	2,3	2,0	1,8	1,6
52	14.Aug.17	3,0	2,8	4,5	4,1	4,3	3,7	3,6	3,0	4,2	3,7	3,1	2,8	2,3	2,0	1,8	1,7
53	05.Nov.18	4,0	3,2	3,5	3,2	3,1	2,6	3,6	3,1	3,6	3,1	3,2	2,8	2,7	2,2	2,1	2,0
53	11.Mär.19	4,2	3,7	3,7	3,2	3,2	3,0	3,6	3,0	3,8	3,5	3,2	2,7	2,9	2,5	2,1	2,1
55	16.Mär.17	100,0	100,0	3,5	3,0	3,0	2,8	3,1	2,4	3,1	2,8	3,1	2,7	2,5	2,1	2,1	1,8
58	20.Feb.13	100,0	100,0	3,2	2,7	2,8	2,5	2,5	2,3	5,3	4,8	3,5	3,1	3,3	2,6	2,4	2,3
58	27.Jun.13	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	2,7	2,5	5,8	4,5	3,7	3,5	3,2	2,6	2,5	2,4
58	18.Nov.13	100,0	100,0	3,5	3,1	2,8	2,6	2,7	2,5	5,9	4,9	3,8	3,6	3,1	2,8	2,6	2,2
58	19.Mai.14	100,0	100,0	3,4	3,1	2,9	2,6	2,7	2,5	6,0	5,2	3,8	3,6	3,2	2,8	2,5	2,3
58	21.Nov.14	100,0	100,0	3,4	3,1	3,1	2,7	2,7	2,4	6,6	4,9	3,9	3,5	3,2	2,6	2,6	2,2
58	15.Jun.15	100,0	100,0	3,5	3,2	2,9	2,7	2,7	2,6	6,3	4,9	3,9	3,4	3,1	2,6	2,6	2,3
58	11.Dez.15	100,0	100,0	3,4	3,2	2,9	2,6	2,6	2,5	6,4	4,5	3,9	3,3	3,0	2,5	2,6	2,3
58	27.Feb.17	100,0	100,0	3,5	3,1	2,8	2,6	2,7	2,5	5,9	4,5	4,1	3,7	3,3	3,1	2,3	2,1
58	06.Sep.18	100,0	100,0	3,4	3,2	2,7	2,5	2,6	2,5	6,2	4,8	4,2	4,0	3,4	2,9	2,5	2,3
58	02.Okt.18	100,0	100,0	3,4	3,1	2,8	2,6	2,7	2,5	6,0	4,7	4,4	3,9	3,4	2,8	2,6	2,4
58	31.Jän.19	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	2,6	2,3	5,9	5,1	4,4	4,0	3,4	2,9	2,7	2,6
64	29.Jul.15	3,6	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8	3,0	2,8	3,7	3,6	3,8	3,5	3,1	2,8	2,8	2,6
66	08.Okt.15	3,0	2,6	3,6	3,1	3,1	2,8	3,0	2,5	5,1	4,6	3,7	3,3	2,5	2,2	2,0	1,9

67	08.Okt.15	3,3	2,8	3,9	3,0	3,3	2,9	3,5	3,0	4,5	3,9	4,1	3,7	3,2	2,7	2,4	2,2
67	17.Okt.16	4,9	4,3	3,7	3,1	3,6	3,1	4,1	3,2	4,6	3,9	3,9	3,5	3,3	2,9	2,5	2,3
67	09.Okt.17	4,9	4,3	3,7	3,5	3,7	3,3	4,2	3,5	4,5	4,3	4,1	3,8	3,3	2,9	2,6	2,3
69	18.Mär.19	3,1	2,7	3,2	2,7	3,2	2,7	3,9	3,6	3,6	3,2	3,0	2,8	2,4	2,2	1,8	1,6
69	02.Apr.19	2,9	2,7	3,5	3,0	3,4	3,0	4,3	3,8	4,4	4,1	3,0	2,5	2,3	2,1	2,1	2,0

**Tab. 31 Darstellung aller mittels „syngo.via“ erhobenen Werte**

Legende zu Tab. 31: Alle Werte in dieser Tabelle werden in Zentimeter angegeben.

Die Überschriften geben die jeweiligen Messpunkte wieder: SV 1.1: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.1; SV 1.2: Durchmesser Sinus valsalvae Nr.2; ASCM 2.1: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.1; ASCM 2.2: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser Nr.2; PTB 3.1: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.1; PTB 3.2: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus Nr.2; DSUB 4.1: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.1; DSUB 4.2: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin. Nr.2; DESM 5.1: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.1; DESM 5.2: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser Nr.2; ABD 6.1: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.1; ABD 6.2: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts Nr.2; PNA 7.1: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.1; PNA 7.2: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie Nr.2; PBIF 8.1: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.1; PBIF 8.2: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation Nr.2

Die folgenden Werte in der Tabelle stellen Codierungen in SPSS von nicht möglichen Messpunkten dar: 100,0 = künstliche Aortenklappe; 99,0 = zu kleines Field of View; 98,0 = Aortenbogen nicht in der Angiographie mit abgebildet; 97,0 = nur MRA der abdominalen Aorta; 96,0 = nur MRA der thorakalen Aorta; 95,0 = Transposition einer Arterie

Messpunkt	Ursachen für nicht durchführbare Messung (Anzahl)	Anzahl nicht durchführbarer Messungen an diesem Messpunkt	Anzahl durchführbarer Messungen an diesem Messpunkt
Messpunkt 1	Künstliche Aortenklappe (26); zu kleines FOV (6)	32	54
Messpunkt 2	Zu kleines FOV (7)	7	79
Messpunkt 3	Zu kleines FOV (6)	6	80
Messpunkt 4	Zu kleines FOV (3); Transposition der Arterie (1)	4	82
Messpunkt 5	Alle Messungen möglich	0	86
Messpunkt 6	Alle Messungen möglich	0	86
Messpunkt 7	Alle Messungen möglich	0	86
Messpunkt 8	Alle Messungen möglich	0	86
Gesamt		49	639

**Tab. 32 Darstellung aller Ursachen für nicht mögliche Messungen**

Legende zu Tab. 32: Messpunkt 1: Durchmesser Sinus valsalvae; Messpunkt 2: Aorta thoracica ascendens maximaler Durchmesser; Messpunkt 3: Durchmesser unmittelbar proximal des Truncus brachiocephalicus; Messpunkt 4: Unmittelbar distal des Abgangs der A. subclavia sin.; Messpunkt 5: Aorta thoracica descendens maximaler Durchmesser; Messpunkt 6: Aorta abdominalis in Höhe des Zwerchfelldurchtritts; Messpunkt 7: Aorta abdominalis proximal der am weitesten kranial gelegenen Nierenhauptarterie; Messpunkt 8: Aorta abdominalis proximal der Aortenbifurkation

ID	Dissektionstyp	Verlauf der Dissektion	Anzahl an Reinterventionen	Datum Intervention 1	Jahre post OP	Datum Intervention 2	Jahre post OP
1	1	1	0				
2	1	1	2	27.Jun.14	3,8	16.Feb.18	7,4
3	2	2	0				
4	1	1	0				
5	2	2	0				
6	2	1	1	10.Jun.16	0,2		
7	1	2	0				
8	1	1	0				
9	1	1	0				
10	2	2	0				
13	1	1	0				
15	2	2	0				
17	1	2	2	30.Okt.01	7,0	25.Jul.13	18,7
18	2	2	0				
21	2	1	0				
22	1	1	0				
25	1	1	1	04.Aug.11	0,0		
27	1	1	0				
29	1	1	0				
31	2	1	0				
33	1	1	0				
38	1	1	0				
43	1	1	0				
45	2	1	1	19.Feb.10	9,8		
47	1	1	0				
49	1	1	0				
51	1	2	0				

52	2	2	1	20.Dez.13	4,1		
53	1	1	0				
55	1	1	0				
58	1	1	2	21.Aug.18	5,8	28.Sep.18	5,9
64	2	1	0				
66	1	1	1	29.Nov.17	2,2		
67	1	1	0				
69	2	1	0				

**Tab. 33 Darstellung des Dissektionsverlaufs sowie der Anzahl der durchgeführten Reinterventionen**

Legende zu Tab. 33: Dissektionstyp: 1 = Stanford Typ A Dissektion, 2 = Stanford Typ B Dissektion; Verlauf der Dissektion: 1 = chronische Persistenz der Dissektion, 2 = Rückbildung der Dissektion

