



Multidisziplinäre kardiologische Rehabilitation bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur

Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen
Leistungsfähigkeit und Lebensqualität

eingereicht von

Sarah Eichler

bei der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie

Dr. phil. (philosophiae)

Erstbetreuer: Prof. Dr. med. Heinz Völler

Zweitbetreuerin: Dr. rer. medic. Annett Salzwedel

Eingereicht am 13. März 2017

Published online at the
Institutional Repository of the University of Potsdam:
URN urn:nbn:de:kobv:517-opus4-406618
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-406618>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	IV
Abstract.....	VI
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abbildungsverzeichnis	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Klassifikation der Aortenklappenstenose	1
1.2 Kathetergestützter Aortenklappenersatz	3
1.2.1 Therapiemöglichkeiten und Entscheidungsfindung	4
1.2.2 Invasive Zugangswege	5
1.2.3 Aortenklappensysteme.....	7
1.2.4 Prozedurale Komplikationen	9
1.3 Definition klinisch relevanter Ereignisse nach VARC	9
1.4 Gebrechlichkeit bei hochbetagten Patienten	11
1.5 Medizinische Rehabilitation in Deutschland	14
1.6 Kardiologische Rehabilitation nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz.....	16
1.7 Fragestellung.....	17
2 Patienten und Methodik	18
2.1 Design	18
2.2 Datenerhebung	19
2.2.1 Maximale körperliche Leistungsfähigkeit: Belastungs-Ergometrie	21
2.2.2 Funktionale körperliche Leistungsfähigkeit: 6-Minuten Gehstest	22
2.2.3 Gebrechlichkeit: Frailty-Index	23
2.2.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Short Form 12	29
2.2.5 Emotionaler Status: Hospital Anxiety and Depression Scale.....	30

2.3	Inhalte der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation	31
2.4	Statistische Auswertung.....	32
3	Ergebnisse.....	34
3.1	Ausgangsdaten	34
3.1.1	Patientencharakteristika.....	34
3.1.2	Prä-, peri- und postprozedurale Daten.....	36
3.1.3	Echokardiographische Daten.....	38
3.2	Verlauf der kardiologischen Rehabilitation	39
3.2.1	Belastungs-Ergometrie und 6-Minuten Gehstest	39
3.2.2	Frailty-Index sowie dessen einzelne Parameter.....	41
3.2.3	Hospital Anxiety and Depression Scale und Short Form 12	42
3.3	Prädiktoren für die Veränderungen während der Rehabilitation	44
3.3.1	Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit: 6-Minuten Gehstest	44
3.3.2	Veränderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität: Short Form 12	46
4	Diskussion.....	48
4.1	Zusammensetzung der Patientenpopulation	48
4.2	Gebrechlichkeit.....	52
4.3	Emotionaler Status und gesundheitsbezogene Lebensqualität	54
4.4	Körperliche Leistungsfähigkeit.....	56
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	62
6	Limitationen.....	63
	Literaturverzeichnis	X
	Danksagung	XXX
	Erklärung	XXXI

Zusammenfassung

Hintergrund

Für Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose, die aufgrund ihres Alters oder ihrer Multimorbidität ein hohes Operationsrisiko tragen, konnte mit der kathetergestützten Aortenklappenkorrektur (transcatheter aortic valve implantation, TAVI) eine vielversprechende Alternative zum herzchirurgischen Eingriff etabliert werden. Explizite Daten zur multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation nach TAVI liegen bislang nicht vor. Ziel vorliegender Arbeit war, den Effekt der kardiologischen Rehabilitation auf die körperliche Leistungsfähigkeit, den emotionalen Status, die Lebensqualität und die Gebrechlichkeit bei Patienten nach TAVI zu untersuchen sowie Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Lebensqualität zu identifizieren.

Methodik

Zwischen 10/2013 und 07/2015 wurden 136 Patienten ($80,6 \pm 5,0$ Jahre, 47,8 % Männer) in Anschlussheilbehandlung nach TAVI in drei kardiologischen Rehabilitationskliniken eingeschlossen. Zur Beurteilung des Effekts der kardiologischen Rehabilitation wurden jeweils zu Beginn und Ende der Rehabilitation der Frailty (Gebrechlichkeits)-Index (Score bestehend aus Barthel-Index, Instrumental Activities of Daily Living, Mini Mental State Exam, Mini Nutritional Assessment, Timed Up and Go und subjektiver Mobilitätsverschlechterung), die Lebensqualität im Short-Form 12 (SF-12) sowie die funktionale körperliche Leistungsfähigkeit im 6-Minuten Gehstest (6-minute walk test, 6MWT) und die maximale körperliche Leistungsfähigkeit in der Belastungs-Ergometrie erhoben. Zusätzlich wurden soziodemographische Daten (z. B. Alter und Geschlecht), Komorbiditäten (z. B. chronisch obstruktive Lungenerkrankung, koronare Herzkrankheit und Karzinom), kardiovaskuläre Risikofaktoren und die NYHA-Klasse dokumentiert. Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebensqualität wurden mit Kovarianzanalysen angepasst.

Ergebnisse

Die maximale Gehstrecke im 6MWT konnte um $56,3 \pm 65,3$ m ($p < 0,001$) und die maximale körperliche Leistungsfähigkeit in der Belastungs-Ergometrie um $8,0 \pm 14,9$ Watt ($p < 0001$) gesteigert werden. Weiterhin konnte eine Verbesserung im SF-12 sowohl in der körperlichen Summenskala um $2,5 \pm 8,7$ Punkte ($p = 0,001$) als auch in der psychischen Summenskala um $3,4 \pm 10,2$ Punkte ($p = 0,003$) erreicht werden. In der multivariaten Analyse waren ein höheres Alter und eine höhere Bildung signifikant mit einer geringeren Zunahme im 6MWT assoziiert, währenddessen eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit und Adipositas einen positiven prädiktiven Wert aufwiesen. Eine höhere Selbstständigkeit und ein besserer Ernährungsstatus beeinflussten die Veränderung in der körperlichen Summenskala des SF-12 positiv, währenddessen eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit einen Prädiktor für eine geringere Veränderung darstellte. Des Weiteren hatten die jeweiligen Ausgangswerte der körperlichen und psychischen Summenskala im SF-12 einen inversen Einfluss auf die Veränderungen in der gleichen Skala.

Schlussfolgerung

Eine multidisziplinäre kardiologische Rehabilitation kann sowohl die körperliche Leistungsfähigkeit und Lebensqualität verbessern als auch die Gebrechlichkeit von Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur verringern. Daraus resultierend gilt es, spezifische Assessments für die kardiologische Rehabilitation zu entwickeln. Weiterhin ist es notwendig, individualisierte Therapieprogramme mit besonderem Augenmerk auf kognitive Funktionen und Ernährung zu initiieren, um die Selbstständigkeit hochbetagter Patienten zu erhalten bzw. wiederherzustellen und um die Pflegebedürftigkeit der Patienten hinauszuzögern.

Abstract

Background

In the last decade, transcatheter aortic valve implantation (TAVI) has reached widespread clinical acceptance as treatment for elderly and high-risk patients with aortic stenosis. Little is known about influencing factors of function and quality of life during multicomponent cardiac rehabilitation. The aim of the underlying study was to investigate the impact of a multidisciplinary inpatient cardiac rehabilitation on function and frailty as well as to find predictors for changes in quality of life and physical capacity.

Methods

From 10/2013 to 07/2015, patients with an elective TAVI and a subsequent inpatient cardiac rehabilitation were enrolled in the prospective cohort multicentre study. A Frailty-Index (a score including Activities of Daily Living, Instrumental Activities of Daily Living, Mini Mental State Exam, Mini Nutritional Assessment, Timed Up and Go und subjective mobility disability), quality of life by Short Form-12 (SF-12), function by 6-minute walk distance (6MWD) and by maximum work load in bicycle ergometry were performed at admission and discharge of cardiac rehabilitation. Additionally, sociodemographic parameters (e. g. age, sex), comorbidities (e. g. chronic obstructive pulmonary disease, coronary artery disease), cardiovascular risk factors and NYHA-class were documented. Predictors for changes in 6MWD and SF-12 were studied using analysis of covariance.

Results

136 patients (80.6 ± 5.0 years, 47.8 % male) were enrolled. 6MWD and maximum work load increased by 56.3 ± 65.3 m ($p < 0.001$) and 8.0 ± 14.9 Watts ($p < 0.001$), respectively. An improvement in SF-12 (physical component scale 2.5 ± 8.7 , $p = 0.001$, mental component scale 3.4 ± 10.2 , $p = 0.003$) could be observed. In the multivariate analysis, age and a higher education were significantly associated with a reduced 6MWD, whereas cognition and obesity

showed a positive predictive value. Nutrition and autonomy positively influenced the physical scale of SF-12, whereas a better cognitive performance negatively influenced it. Additionally, the baseline values of SF-12 had an inverse impact on the change during cardiac rehabilitation.

Conclusions

Cardiac rehabilitation can improve functional capacity as well as quality of life and reduce frailty in patients after TAVI. This results in a reevaluation of diagnostic modalities, prognostic parameters and an individualised definition of achievable goals in the contemporary TAVI population during the recovery phase at cardiac rehabilitation. An individually tailored therapy with special consideration of cognition and nutrition is needed to maintain autonomy and empower octogenarians in coping with challenges of everyday life.

Abkürzungsverzeichnis

6MWT	Six-minute walk test
ADL	Activities of daily living
BMI	Body-Mass-Index
Bpm	Beats per minute
EAPC	European Association of Preventive Cardiology
eGFR	Estimated glomerular filtration rate
EKG	Elektrokardiogramm
HADS	Hospital Anxiety and Depression Scale
IADL	Instrumental activities of daily living
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
MDRD	Modification of diet in renal disease
MLHFQ	Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire
MMSE	Mini Mental State Examination
MNA	Mini Nutritional Assessment
MNA-SF	Mini Nutritional Assessment - Short Form
MW	Mittelwert
NYHA	New York Heart Association
sAVR	Surgical aortic valve replacement
SD	Standard deviation
SF-12	Short-Form 12
SF-36	Short-Form 36
SGB	Sozialgesetzbuch

TAVI	Transcatheter aortic valve implantation
TIA	Transitorische ischämische Attacke
TUG	Timed Up and Go
VARC	Valve Academic Research Consortium
VARC-2	Valve Academic Research Consortium-2
W	Watt
WHO	World Health Organisation

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schweregradeinteilung der Aortenklappenstenose anhand echokardiographischer Parameter (Modifiziert nach [5])	2
Tabelle 2: Operationalisierung der Gebrechlichkeit nach Fried et al. [70]	12
Tabelle 3: Scorebildung des Frailty-Indexes (Modifiziert nach [79]).....	29
Tabelle 4: Patientencharakteristika (n = 136).....	35
Tabelle 5: Prä-, peri- und postprozedurale Parameter (n = 136)	37
Tabelle 6: Echokardiographische Daten zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)	38
Tabelle 7: Veränderung der Parameter der maximalen und funktionalen körperlichen Leistungsfähigkeit während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)	40
Tabelle 8: Veränderung der Gebrechlichkeit und deren einzelner Parameter während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)	42
Tabelle 9: Veränderung des emotionalen Status und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der kathetergestützten (TAVI) und chirurgischen (sAVR) Aortenklappenkorrekturen (Modifiziert nach [31]).....	4
Abbildung 2: Management der Aortenklappenstenose (Modifiziert nach [8])	6
Abbildung 3: Minimalinvasive Zugangswege für den kathetergestützten Aortenklappenersatz (a) transfemoral, (b) transapikal, (c) transaortal.	7
Abbildung 4: Transfemorale Klappensysteme (a) Medtronic CoreValve und (b) Edwards SapienXT.....	8
Abbildung 5: CONSORT Flussdiagramm zum Einschlussprozess der Patienten.....	19
Abbildung 6: Prozess der Datenerhebung	21
Abbildung 7: Veränderung der maximalen 6-Minuten Gehstrecke zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 112).....	41
Abbildung 8: Veränderung der körperlichen und der psychischen Summenskala des Short Form 12 zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 119).....	44
Abbildung 9: Prädiktoren für die Veränderung im 6-Minuten Gehstest zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 112)	45
Abbildung 10: Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen und der psychischen Summenskala des SF-12 zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 119).....	47

1 Einleitung

Herzklappenerkrankungen gehören neben der arteriellen Hypertonie, der koronaren Herzerkrankung sowie der Herzinsuffizienz zu den häufigsten kardiovaskulären Erkrankungen. Neben den Erkrankungen der Mitral-, der Trikuspidal- oder der Pulmonalklappe stellt die Stenose der Aortenklappe in den Industrienationen die häufigste Klappenerkrankung dar. Dabei wird ursächlich zwischen der kalzifizierten, der kongenitalen und der rheumatischen Aortenklappenstenose unterschieden [1]. Während die vorrangig aus dem rheumatischen Fieber resultierende rheumatische sowie die kongenitale Aortenklappenstenose vor allem bei jüngeren Menschen vorzufinden sind, tritt die degenerativ-kalzifizierende Veränderung der Aortenklappe bei älteren Menschen ab dem 60. Lebensjahr auf. Diese kalzifizierte Aortenklappenstenose ist eine chronische und progressive Erkrankung, die eine längere Zeit asymptomatisch und somit unbemerkt bleiben kann [2]. Sie ist in der Art der Erkrankung der Atherosklerose ähnlich und bei ca. zwei bis sieben Prozent der über 65-Jährigen nachweisbar [3].

Hinsichtlich der Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland wird angenommen, dass bei gleichbleibender Entwicklung im Jahr 2050 voraussichtlich bereits 22,7 Millionen Menschen in Deutschland älter als 65 Jahre alt sein werden. Damit würde sich der Anteil über 65-Jähriger von einem Fünftel auf ein Drittel erhöhen [4]. Mit diesem prognostizierten demographischen Wandel ist ebenso zu erwarten, dass die Prävalenz der Aortenklappenstenose stetig steigen und somit in der Medizin und der Forschung weiter relevant sein wird [1].

1.1 Klassifikation der Aortenklappenstenose

Bei der Klassifikation der Aortenklappenstenose wird grundlegend zwischen milder (leichter), moderater (mittlerer) und hochgradiger (schwerer) Aortenklappenstenose unterschieden [5]. Etwa 17 % der Menschen, die zunächst eine leichte Form der Aortenklappenstenose aufweisen, entwickeln im Verlauf eine mittelschwere bis schwere Aortenklappenstenose [6], wobei der durchschnittliche Zeitraum zwischen Diagnosestellung und schwerer Aortenklappenstenose

se ca. sechs bis acht Jahre beträgt [7]. Da Patienten¹ jedoch in der Regel erst bei einer schweren Aortenklappenstenose Symptome wie Luftnot, Angina pectoris oder Synkopen [5] entwickeln, ist vor allem diese behandlungsbedürftig. Sie wird echokardiographisch oder invasiv durch eine Klappenöffnungsfläche von höchstens 1,0 cm², einen mittleren Druckgradienten von mindestens 40,0 mmHg sowie einer maximalen Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappe von mindestens 4,0 m/s bestimmt (Tabelle 1).

Aus therapeutischer Sicht ist bislang neben der konservativen medikamentösen Therapie als ausschließlich supportive Maßnahme mit Digoxin, Diuretika, Betablockern und ACE-Hemmern [8] der konventionell operative Aortenklappenersatz (surgical aortic valve replacement, sAVR) die bevorzugte Behandlungsmethode für Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose.

Tabelle 1: Schweregradeinteilung der Aortenklappenstenose anhand echokardiographischer Parameter (Modifiziert nach [5])

Schweregrad	Leicht	Mittel	Schwer
Flussgeschwindigkeit (m/s)	< 2	2 - 3,9	≥ 4
Mittlerer Druckgradient (mmHg)	< 20	20 - 39,9	≥ 40
Klappenöffnungsfläche (cm²)	> 1,5	1,5 - 1,1	≤ 1

Die stetig alternde Bevölkerung in den Industrienationen weist mittlerweile eine zunehmende Zahl von multimorbiden Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose auf, bei denen aufgrund des hohen Alters und der bedeutsamen Begleiterkrankungen (z. B. pulmonale Hypertonie, koronare Herzerkrankung, chronisch obstruktive Lungenerkrankung, periphere arterielle Verschlusskrankheit, zerebrovaskuläre Insuffizienz oder Nierenfunktionsstörung) das Operationsrisiko bei einem Eingriff an der Aortenklappe als sehr hoch einzuschätzen ist und die Rekonvaleszenz einen langen Zeitraum in Anspruch nimmt. Werden Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose jedoch nicht operiert, ist die Prognose hinsichtlich der 5-Jahres-Gesamtmortalität mit 88 % ungünstig [9].

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird hier und im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

1.2 Kathetergestützter Aortenklappenersatz

Für Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose und einem prognostizierbar hohen Operationsrisiko hat sich mit der kathetergestützten Aortenklappenkorrektur (transcatheter aortic valve implantation, TAVI) aufgrund guter und stabiler Ergebnisse internationaler Studien, allen voran das PARTNER-Projekt [10], ein alternativer Behandlungspfad als Goldstandard abgezeichnet und wurde bereits in über 40 Ländern erfolgreich als gängiges Verfahren zur Behandlung von schweren Aortenklappenstenosen implementiert [8,10-17]. Seitdem die noch relativ neuartige Intervention das erste Mal im Jahre 2002 von Dr. Alan Cribier erfolgreich an einem Menschen durchgeführt werden konnte [18], stieg die Anzahl der kathetergestützten Aortenklappenkorrekturen in Deutschland stetig, während die der chirurgischen Eingriffe annähernd gleich blieb (Abbildung 1) [19]. Dies legt den Schluss nahe, dass sich bisher vorrangig inoperable Patienten einer kathetergestützten Aortenklappenimplantation unterzogen.

In den zehn Jahren nach der initialen Durchführung wurden weltweit bereits mehr als 50.000 invasive Eingriffe des Aortenklappenersatzes durchgeführt [11]. Unter Berücksichtigung aktueller Indikationen kommen dabei jährlich 27.000 für einen kathetergestützten Aortenklappenersatz geeignete Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose in Europa und Nordamerika hinzu [20]. Inzwischen wurde das chirurgische Verfahren des Aortenklappenersatzes von der kathetergestützten Intervention hinsichtlich der Anzahl der Eingriffe in Deutschland überholt. Seit 2008 stieg dabei die Anzahl der TAVI-Prozeduren in Deutschland insgesamt von 637 Eingriffen im Jahr 2008 auf 13.264 Eingriffe im Jahr 2014 um das 20-fache [21]. Die technische Weiterentwicklung, die steigende Erfahrung der intervenierenden Ärzte sowie der damit einhergehende stetige Rückgang von Komplikationen [22] unterstützen diesen Trend. Unterstützend dazu wurde jüngst eine aktuelle Metaanalyse mit insgesamt 3.806 Patienten veröffentlicht. In dieser Analyse wurden die vier großen bisher durchgeführten Studien (PARTNER 1A [17,23,24], PARTNER 2A [25], US CoreValve High Risk [26-28] und NOTION [29]) analysiert, die das chirurgische mit dem kathetergestützten Verfahren des Aortenklappenersatzes in einem klinisch randomisierten Design verglichen. Dabei konnte über die drei verschiedenen Patientengruppen mit mittlerem, hohem und sehr hohem Operationsrisiko bereits eine Reduktion der 2-Jahres-Gesamtmortalität der TAVI-Patienten um 13 % im Vergleich zu Patienten mit sAVR aufgezeigt werden [30].

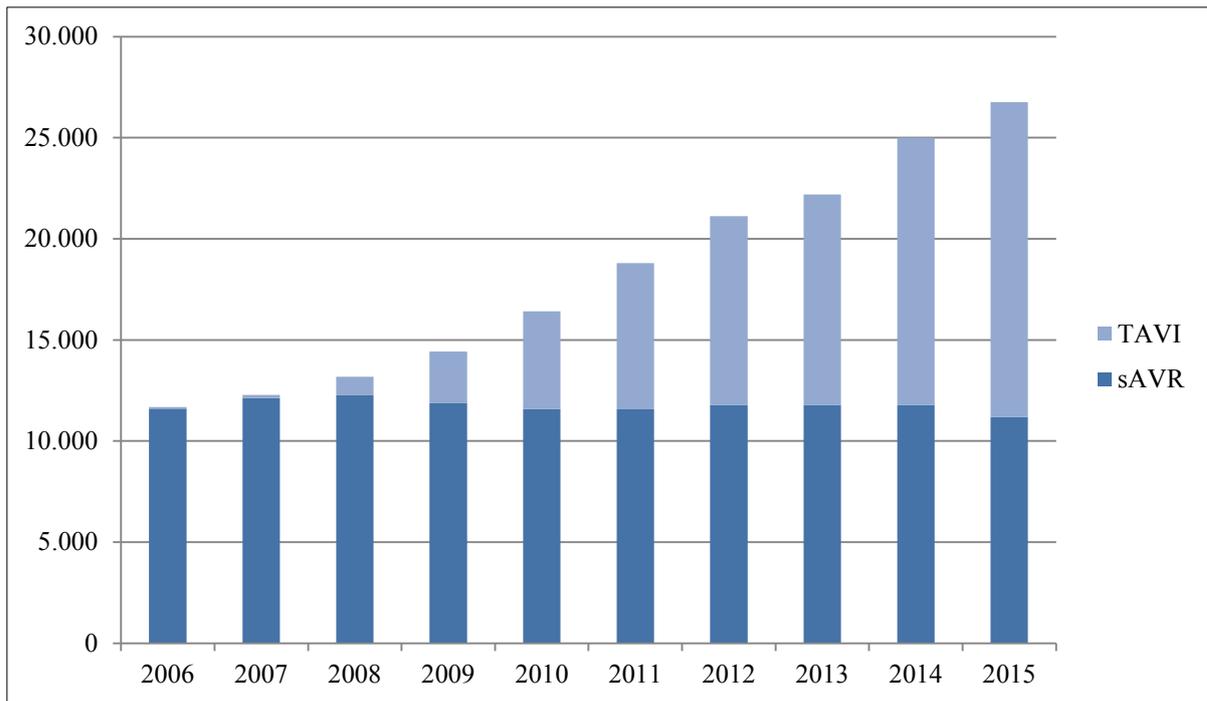


Abbildung 1: Entwicklung der kathetergestützten (TAVI) und chirurgischen (sAVR) Aortenklappenkorrekturen (Modifiziert nach [31])

1.2.1 Therapiemöglichkeiten und Entscheidungsfindung

Die bisherigen Therapieerfolge sind insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Auswahl einer adäquaten Therapie für Patienten mit Aortenklappenstenose und hohem Risikoprofil entsprechend internationaler Leitlinien die Zusammenarbeit eines interdisziplinären Heart-Teams, bestehend aus Herzchirurgen, Kardiologen, Radiologen sowie Anästhesisten, zur Abwägung möglicher Therapiewege voraussetzt [5,8,32]. Dabei soll die TAVI von dem interdisziplinären Expertenteam als Alternative zum sAVR unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile beider Prozeduren in Betracht gezogen werden. Konnte bisher die Verfügbarkeit einer herzchirurgischen Versorgung noch über Kooperationsvereinbarungen zwischen den Fachabteilungen der Herzchirurgie und Kardiologie verschiedener Krankenhäuser sichergestellt werden, ist in Deutschland das Vorliegen einer eigenen bettenführenden herzchirurgischen Fachabteilung in Krankenhäusern, die TAVI-Prozeduren durchführen, seit Juli 2016 aufgrund eines Beschlusses des gemeinsamen Bundesausschusses unerlässlich. Weiterhin ist die durchgehende Anwesenheit sämtlicher Teammitglieder der verschiedenen Disziplinen während der Durchführung eines Eingriffs obligat (Beschluss Nr.: BAnz AT 24.07.2015 B6).

Für die Entscheidungsfindung des Heart-Teams in den Herzzentren dienen verschiedene Risiko-Scores wie der logistische EuroSCORE [33] oder der STS-Score (Society of Thoracic Surgeons) [34] als Unterstützung [10,23,29]. Diese sind jedoch nicht unabhängig von anderen Faktoren zu nutzen. Für den logistischen EuroSCORE wird bei einem operativen Risiko von mindestens 20 % eine TAVI in Erwägung gezogen, bei dem STS-Score bei einem Operationsrisiko von mehr als zehn Prozent. Da beide Scores entweder die operative Mortalität deutlich überschätzen [8] oder Aspekte wie das Vorliegen einer Porzellanaorta oder Gebrechlichkeit der Patienten nicht berücksichtigen [35], sollte zusätzlich zu den Risiko-Scores die individuelle Entscheidung des Heart-Teams wie auch der Wille des Patienten berücksichtigt werden und im Zweifel Vorrang haben. Auf Grundlage aktueller internationaler Leitlinien wird der kathetergestützte Aortenklappenersatz besonders Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose empfohlen, die sich aufgrund ihrer Multimorbidität nicht für einen chirurgischen Eingriff eignen [8]. Der Algorithmus der Entscheidungsfindung des Heart-Teams für mögliche Therapiewege bei Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose sind in Abbildung 2 dargestellt.

Obgleich der kathetergestützte Aortenklappenersatz bislang den Hochrisiko-Patienten vorbehalten war, zeigen erste veröffentlichte Daten in einer randomisierten multizentrischen Studie mit Patienten, die ein geringes Operationsrisiko hatten, die Sicherheit und Effizienz der TAVI-Prozedur. Dabei waren bei 280 bis dato für den operativen Aortenklappenersatz vorgesehenen Niedrigrisiko-Patienten keine Unterschiede zwischen TAVI und sAVR hinsichtlich des kombinierten primären Endpunkts, bestehend aus Tod jeglicher Ursache, Schlaganfall und Myokardinfarkt, nach einem Jahr sowie nach zwei Jahren zu erkennen [29]. Diese ersten kurz- und mittelfristigen Ergebnisse lassen eine weitere Ausweitung der kathetergestützten Variante des Aortenklappenersatzes auf ausgewählte Patienten mit einem geringeren Operationsrisiko erwarten [36].

1.2.2 Invasive Zugangswege

Bei dem kathetergestützten Aortenklappenersatz wird im Gegensatz zur offenen, chirurgischen Operation ohne Anwendung einer Herzlungenmaschine am schlagenden Herzen eine biologische Klappenprothese mit Hilfe eines Katheters in die native Aortenklappe implantiert.

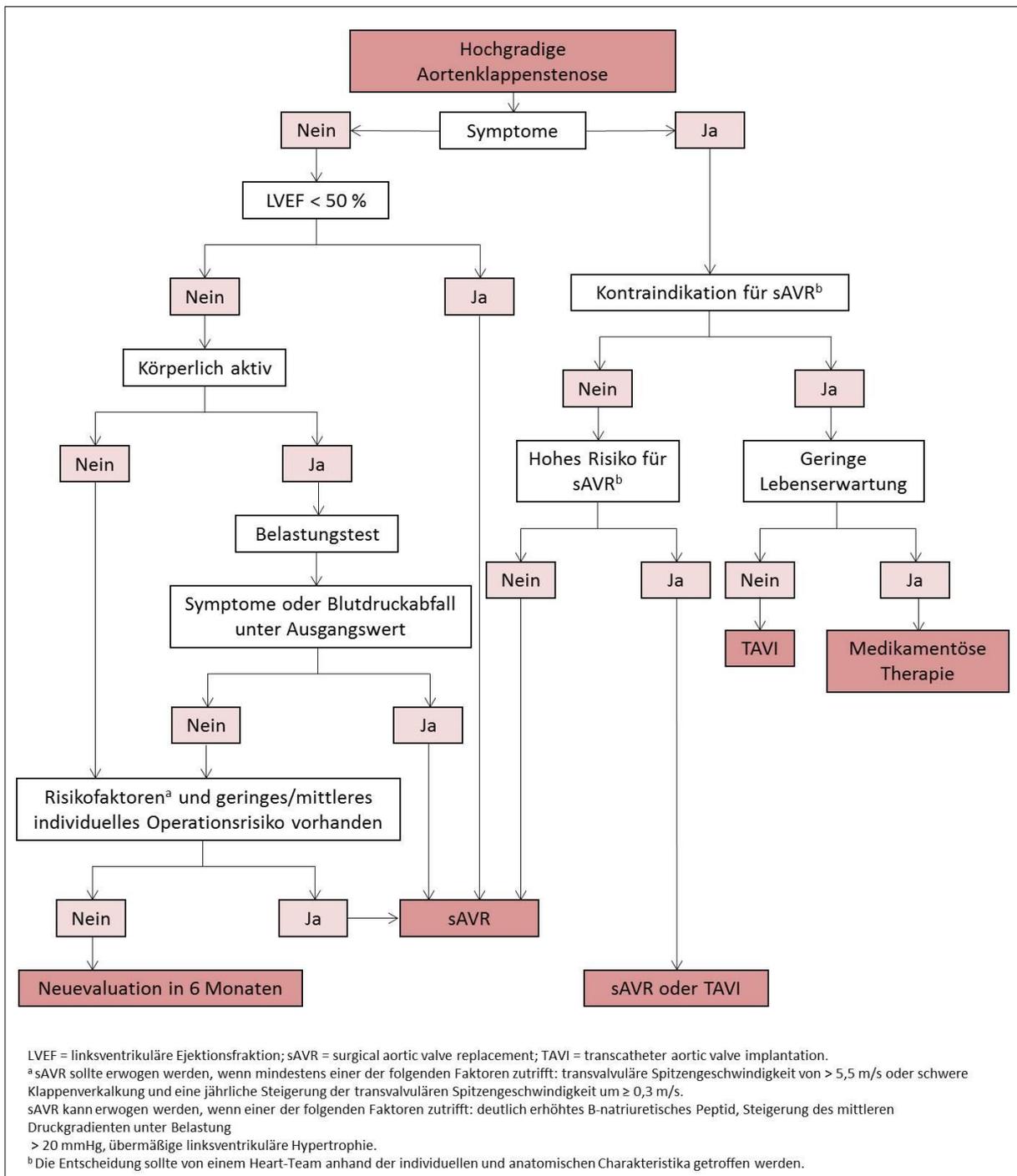


Abbildung 2: Management der Aortenklappenstenose (Modifiziert nach [8])

Mögliche Zugänge für den interventionellen Eingriff sind der transfemorale Zugang über die Leistenarterie (*Arteria femoralis*) oder der transapikale Zugang über die Herzspitze (*Apex cordis*) mit Minithorakotomie (Abbildung 3). In selteneren Fällen wird alternativ der transaortale Zugang über die Hauptschlagader (*Aorta*) in Betracht gezogen [37]. Der transfemorale Zugang kann in der Regel vollständig transkutan in Lokalanästhesie durchgeführt werden. Er

ist insbesondere für Patienten mit hohem Anästhesierisiko von Vorteil und zeichnet sich derzeit auch aufgrund besserer Ergebnisse hinsichtlich der 2-Jahres-Gesamtmortalität als präferierter Weg der Interventionalisten ab [30].

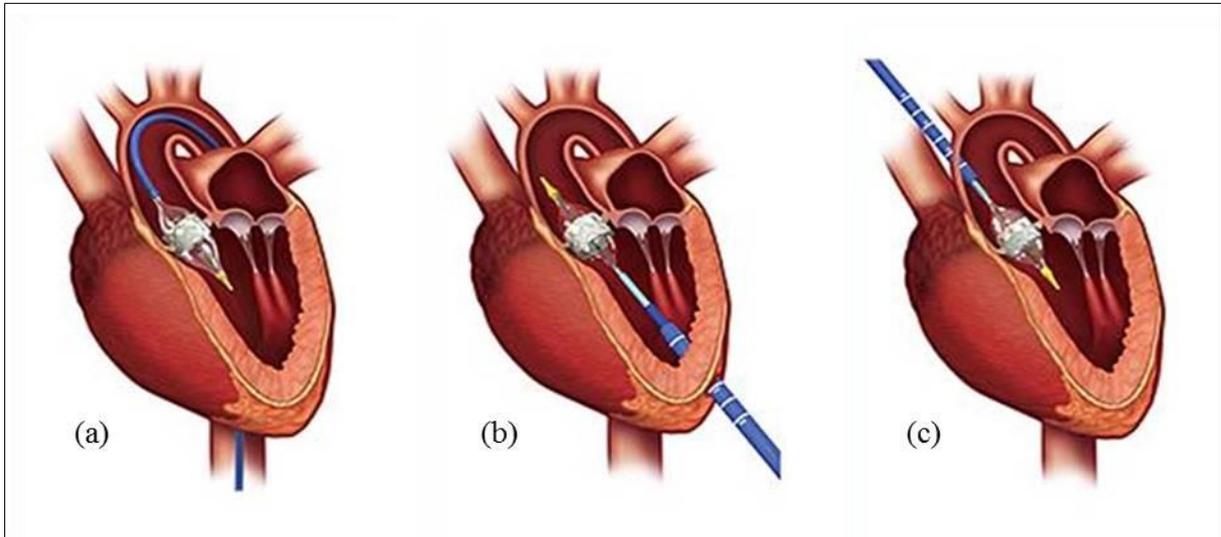


Abbildung 3: Minimalinvasive Zugangswege für den kathetergestützten Aortenklappenersatz² (a) transfemorale, (b) transapikale, (c) transaortale

1.2.3 Aortenklappensysteme

Beim kathetergestützten Aortenklappenersatz werden die Taschen der Aortenklappe, anders als beim chirurgischen Aortenklappenersatz, nicht resiziert, sondern durch den Prothesen-Stent in die Wand der Aortenwurzel gepresst. Dafür stehen grundlegend zwei Klappentypen zur Verfügung: ballonexpandierende und selbstexpandierende Aortenklappenprothesen. Mit diesen beiden Klappentypen wurden bisher mehrere Aortenklappensysteme hergestellt sowie stetig weiterentwickelt und bereits in multizentrischen Studien evaluiert [38-42], sodass derzeit eine Reihe von Aortenklappensystemen verschiedener Hersteller für die unterschiedlichen Zugangswege zur Verfügung stehen, z. B. Jenaclip Jenavalve, Symetis Acurate, Direct Flow Medical, Portico, Medtronic Engager oder Lotus. Die für den transfemorale Zugang zugelassene ballonexpandierbare SapienXT-Aortenklappe von der Firma Edwards sowie die

² Die Abbildung wurde mit freundlicher Genehmigung von der Edwards Lifesciences Corporation zur Verfügung gestellt.

selbstexpandierende CoreValve-Aortenklappe von Medtronic (Abbildung 4) werden in den Herzzentren international derzeit am häufigsten implantiert [43].

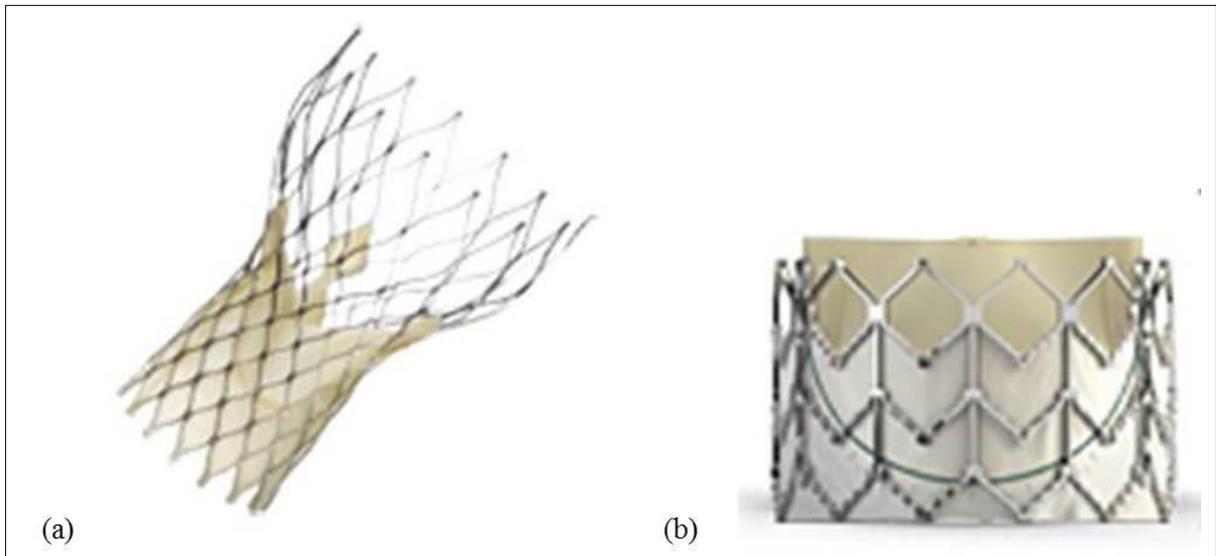


Abbildung 4: Transfemorale Klappensysteme (a) Medtronic CoreValve und (b) Edwards SapienXT³

Die CoreValve-Aortenklappe besteht aus einem metallisch geflochtenen selbstexpandierenden Nitinolgerüst, in dem eine biologische Klappe aus Schweineperikard fixiert ist. Diese besteht wie die natürliche Aortenklappe eines Menschen aus drei Klappensegeln. Um sie zu implantieren, wird das Nitinolgeflecht mit der eingenähten Klappe unter einer Schutzhülle auf dem Katheter befestigt und retrograd über der erkrankten Aortenklappe platziert. Durch die Kraft des Nitinolgerüsts kann die Klappe anschließend implantiert werden.

Anders als die CoreValve-Aortenklappe besteht die SapienXT-Aortenklappe aus Rinderperikard, das in einen Cobalt-Chrom-Stent eingenäht und für den transfemorale Zugang und zusätzlich für die transapikale sowie die transaortale Positionierung der Aortenklappe zugelassen ist. Die SapienXT-Klappe wird zunächst auf einem kollabierten Ballon montiert, anschließend transfemorale retrograd in Aortenposition platziert und durch Ballonexpansion unter einer schnellen Ventrikelstimulation implantiert. Dieses Verfahren ist bei der einzigen ballonexpandierenden Klappe unumgänglich und wird auch im Vorfeld bei allen

³ Die Abbildungen wurden mit freundlicher Genehmigung von der Medtronic GmbH (a) und der Edwards Lifesciences Corporation (b) zur Verfügung gestellt.

TAVI-Prozeduren, unabhängig vom Klappentyp, für die Vordilatation der nativen Klappe mit einem Ballon durchgeführt [44].

1.2.4 Prozedurale Komplikationen

Seit der ersten erfolgreich durchgeführten kathetergestützte Aortenklappenkorrektur an einem Menschen im Jahre 2002 [18] verbessern sich die peri- und postprozeduralen Ergebnisse der TAVI-Prozeduren hinsichtlich der Mortalität der Patienten von Jahr zu Jahr, während gleichzeitig die weiteren Komplikationsraten sinken [22,45]. Die technische Weiterentwicklung der Klappensysteme sowie die steigende Erfahrung der intervenierenden Ärzte, die verbesserte Auswahl und Durchführung von präinterventionellen Screeningmethoden und eine gezieltere Patientenselektion tragen zu dieser Entwicklung bei. Trotz dessen konnten bei der kathetergestützten Aortenklappenkorrektur bisher einige Komplikationen, z. B. mangelhafte Positionierung der Prothese, Blutung, Gefäßruptur, Arrhythmie und daraus resultierende Schrittmacherimplantation, Aortenklappeninsuffizienz, Schlaganfall oder Tod, beobachtet werden, welche in den bisher veröffentlichten klinischen Studien zwischen drei bis acht Prozent variierten [15,23,35,46,47]. Im Laufe der Jahre 2011 bis 2013 konnten die Komplikationsraten in Deutschland bereits weiter reduziert werden [48].

1.3 Definition klinisch relevanter Ereignisse nach VARC

Aufgrund der rasanten Entwicklung im Bereich der kathetergestützten Aortenklappenimplantation haben im Jahr 2009 unabhängige Experten des Valve Academic Research Consortium (VARC), dem u. a. verschiedene Repräsentanten von Fachgesellschaften der interventionellen und chirurgischen Kardiologie, der US Food and Drug Administration sowie der Industrie beiwohnten, standardisierte und konsenterte Definitionen hinsichtlich klinisch relevanter Endpunkte und Ereignisse erstellt, an denen sich die aktuelle und die künftige Forschung rund um die TAVI-Prozedur sowie TAVI-Patienten orientieren soll. Das Ziel der Expertenrunde war, strukturierte Prozesse der Datensammlung und -interpretation sowie die Grundlage solide geplanter und durchgeführter klinischer Studien zu schaffen und somit die Vergleichbarkeit der Forschungsergebnisse zu erleichtern [49].

Die Kriterien wurden in einer weiteren Expertenrunde, dem Valve Academic Research Consortium-2 (VARC-2) in den darauffolgenden Jahren aktualisiert, sodass aktuell die Erfassung folgender Endpunkte und klinischer Ereignisse bei TAVI-Patienten empfohlen wird [35]:

- Mortalität (unmittelbare prozedurale bis ≤ 72 Stunden postprozedurale Gesamtmortalität sowie prozedurale Gesamtmortalität bis 30 Tage nach dem Eingriff bei postprozeduraler Krankenhausverweildauer über 30 Tagen),
- Myokardinfarkt (periprozedural bis ≤ 72 Stunden postprozedural; akutes ischämisches Ereignis > 72 Stunden nach dem Eingriff als spontaner Myokardinfarkt nach aktuellen Leitlinien [50]),
- Schlaganfall (bis ≤ 90 Tage nach Beginn; Unterteilung in *disabling* und *non-disabling* sowie Gesamtanzahl auf Grundlage der modifizierten Rankin Scale [51-53]),
- Blutung (Unterteilung in *life-threatening* oder *disabling, major* und *minor* auf Grundlage der Definitionen des Bleeding Academic Research Consortium [54,55]),
- akutes Nierenversagen (Unterteilung in die drei Stadien der Acute Kidney Injury Network-Klassifikation [56] bis zu sieben Tagen postprozedural),
- vaskuläre Komplikationen (unterteilt in Komplikationen am vaskulären Zugangsweg und mit dem Zugangsweg in Verbindung stehende Komplikationen; *major* und *minor* Komplikationen sowie ungeplante Techniken zum Schließen des Zugangs),
- Reizleitungsstörung und Arrhythmie (Indikation zur Implantation eines permanenten Schrittmachers und neu auftretende spezifische Arrhythmien [57] sowie deren therapeutische Intervention bis ≤ 72 Stunden postprozedural) und
- sonstige mit der TAVI zusammenhängende Komplikationen, z. B. Konversion in offene Operation oder mangelhafte Positionierung der Prothese.

Neben den klinischen Endpunkten wurden von dem VARC-2 ebenso echokardiographische Empfehlungen zur Evaluation von Prothesen(dys)funktionen festgelegt. Bei hochbetagten Patienten schienen jedoch nicht nur die klinischen Faktoren wie Mortalität und Rehospitalisierung relevant zu sein [35]. Zur Erhebung von Parametern wie der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde auf spezifische Assessments zur Herzinsuffizienz wie dem Minnesota Living With Heart Failure Fragenbogen (MLHFQ) [58] oder auf den Short Form-36 (SF-36) [59,60] bzw. dessen Kurzform Short Form-12 (SF-12) [61] verwiesen.

1.4 Gebrechlichkeit bei hochbetagten Patienten

Des Weiteren wurde von dem VARC-2 die Notwendigkeit der Erhebung von Risiko-Scores wie dem EuroSCORE oder/und dem STS-Score hervorgehoben. Allerdings berücksichtigten diese Scores den Faktor Gebrechlichkeit (*frailty*) nicht, welche das VARC-2 mit dem Vorliegen von Langsamkeit, Schwäche, Erschöpfung, Verfall und Mangelernährung, geringer Leistungsfähigkeit und Inaktivität sowie dem Verlust von Selbstständigkeit definiert [35]. Von der European Association of Preventive Cardiology (EAPC) wurde ebenso die Erfordernis der künftigen klinischen Erforschung von Gebrechlichkeit in der kardiologischen Rehabilitation thematisiert, wobei insbesondere auf die prognostische Relevanz der Gebrechlichkeit, die nötigen individuellen Therapieprogramme für die hochbetagten Patienten und die dafür unumgängliche erforderliche Zusammenarbeit von Kardiologen und Geriatern hingewiesen wurde [62].

Obwohl Überschneidungen zwischen den Begriffen bestehen, ist Gebrechlichkeit nicht mit erhöhtem Alter, mit Komorbidität oder einer Behinderung gleichzusetzen [63]. Die Gebrechlichkeit ist vielmehr ein mit steigendem Alter einhergehender geriatrischer Symptomkomplex, bestehend aus physischen, psychologischen und sozialen Faktoren. Dabei sind aus physiologischer Sicht neuromuskuläre, metabolische, kognitive und immunologische Bereiche ebenso betroffen wie auch die Mobilität, die Kraft, die Ausdauer und die Ernährung. Daraus resultiert eine erhöhte Anfälligkeit für Verletzungen durch Stürze und auch insgesamt eine höhere Verwundbarkeit der älteren Menschen [64].

Der Gebrechlichkeit kommt nicht nur eine prognostische Bedeutung hinsichtlich Mortalität, Hospitalisierungsrate und Selbstständigkeit zu [65], sondern auch therapeutische Implikationen, die ein Ausdauer-, Kraft-, Koordinations- und Balancetraining sowie weitere Interventionen bei Mangelernährung und kognitiven Beeinträchtigungen beinhalten sollten [66]. Für die Erfassung des Risikofaktors Gebrechlichkeit existiert bisher kein einheitliches Instrument, welches seine Komplexität abbilden kann [67,68], obwohl mittlerweile mehr als 20 Indexe, Skalen, Instrumente bzw. Assessments zur Einordnung von Gebrechlichkeit entwickelt wurden [69]. Dabei haben sich die beiden Gebrechlichkeits-Indexe von Fried et al. [70] und Rockwood und Mitnitski [71] insbesondere in klinischen Settings aufgrund ihrer vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und ihrer Anpassungsfähigkeit durchgesetzt.

Grundlegend stellen diese beiden am häufigsten verwendeten Indexe zwei verschiedene Modelle der Gebrechlichkeit dar. Der Index von Fried et al. [70] (Tabelle 2) bildet das primäre Modell der Gebrechlichkeit [62], das sogenannte Phänotyp-Modell, auf Basis des physiologischen Alterns ab. Dabei wird die Gebrechlichkeit hauptsächlich als ein biologisches Syndrom angesehen, das aus der Summe von Verschlechterungen im gesamten physiologischen System entsteht. Der Index besteht aus drei Kategorien, bei der zwischen stabil (keine Beeinträchtigung), prä-gebrechlich (ein bis zwei Beeinträchtigungen) und gebrechlich (drei oder mehr Beeinträchtigungen) unterschieden wird. Dieser Index ist der bisher in der klinischen Forschung am weitesten verbreitete Index zur Einordnung von Gebrechlichkeit [72-76].

Tabelle 2: Operationalisierung der Gebrechlichkeit nach Fried et al. [70]

Charakteristika von Gebrechlichkeit	Definition
Gewichtsabnahme	> 5 kg im letzten Jahr (unbeabsichtigt)
Schwäche	Handkraft: im Bereich der nach Geschlecht und Body-Mass-Index adjustierten geringsten 20 %
Erschöpfung/Anstrengung	Zwei Fragen der Allgemeinen Depressionsskala ≥ 2 Pkt.
Gehgeschwindigkeit	5 m: im Bereich der nach Geschlecht und Größe adjustierten langsamsten 20 %
Geringe Aktivität	Kurzversion des Minnesota Leisure Time Activity Questionnaire; kcal/Woche: im Bereich der nach Geschlecht adjustierten geringsten 20 %
Interpretation	
≥ 3 der Kriterien erfüllt: gebrechlich 1 - 2 der Kriterien erfüllt: prä-gebrechlich 0 der Kriterien erfüllt: stabil	

Das sekundäre Modell der Gebrechlichkeit [62], dargestellt durch eine Akkumulation von Defiziten mit verschiedenen körperlichen Symptomen oder abnormen Laborwerten wurde von Rockwood und Mitnitski [71] entwickelt und wird bei hochbetagten Patienten ebenso als Grundlage für die Einschätzung von Gebrechlichkeit in der klinischen Forschung angewendet [77,78]. In diesem Index wird die Gebrechlichkeit mehr durch die auftretenden Symptome als durch biologische Beeinträchtigungen quantifiziert. Ein weiterer und bis dato der einzige in der interventionellen Kardiologie wie auch im deutschsprachigen Raum eingesetzte Index von

Stortecky et al. [79] und Schoenenberger et al. [80] berücksichtigt u. a. auch kognitive Beeinträchtigungen.

Während die Prävalenz von Gebrechlichkeit bei Menschen ab 65 Jahren unter Verwendung unterschiedlicher Indexe bei sieben Prozent liegt [70] und in weiteren Studien zwischen 10 und 14 % variieren kann [81], sind in einer anderen Studie 11 % der über 80-jährigen Männer als gebrechlich zu bezeichnen [82]. In einer Studie von Schoenenberger et al. [80] lag die Prävalenz der Gebrechlichkeit bei Patienten über 80 Jahren mit schwerer Aortenklappenstenose und vor einem kathetergestützten Aortenklappenersatz bei etwa 49,6 % und hängt demnach von den unterschiedlichen untersuchten Populationen ab.

Neben den psychologischen und den sozialen Faktoren ist die physische Dimension der Gebrechlichkeit bei allen unterschiedlichen Einschätzungen und Einstufungen mit Indexen und Instrumenten nicht zu vernachlässigen. Symptome wie eine Anstrengungsdyspnoe erschweren den Alltag für hochbetagte Menschen erheblich und führen zu einem Verlust von Lebensqualität und Selbstständigkeit. Darüber hinaus können in Zusammenhang mit Gebrechlichkeit stehende Synkopen zu Stürzen führen, die ernsthafte Verletzungen hervorrufen und zu einer längeren Bettlägerigkeit führen können [83,84].

Im engen Zusammenhang mit Gebrechlichkeit und Stürzen bei älteren Menschen steht die Sarkopenie. Der Begriff Sarkopenie setzt sich aus den griechischen Wörtern *sarx* für Fleisch und *penia* für Mangel, d. h. dem Verlust, Abbau oder Mangel von Muskelmasse, zusammen und wurde 1989 zuerst durch Irwin H. Rosenberg formuliert [85]. Mit einer anfänglichen Abgrenzung zur Dynapenie, dem Verlust von Muskelkraft [86,87], werden diese beiden Begriffe in der aktuellen Forschung mittlerweile unter dem Begriff der altersbedingten der -assozierten Sarkopenie zusammengefasst. Die European Working Group on Sarcopenia in Older People definiert Sarkopenie als ein geriatrisches Syndrom bei Vorliegen folgender Kriterien: geringe Muskelmasse sowie geringe Muskelkraft oder/und geringe körperliche Leistungsfähigkeit [88]. Auch wenn die Ursachen für Sarkopenie bislang nicht hinreichend erforscht werden konnten [89], wird empfohlen, hinsichtlich eventuell bestehender Sarkopenie die habituelle Ganggeschwindigkeit, Hand- bzw. Greifkraft und Muskelmasse bei älteren Menschen ab 65 Jahren zu messen. Bei vorhandener Sarkopenie gilt es daraufhin, Therapie-

konzepte, vorrangig aufbauend auf Krafttraining und Ernährungsinterventionen, zu entwickeln [88,90-97]. Assessments im Zusammenhang mit Sarkopenie und Muskelkraft gewinnen zunehmend an Bedeutung, auch da bereits ein Zusammenhang zwischen der Handkraft und Mortalität von älteren Menschen nachgewiesen werden konnte [98]. Die altersbedingte Sarkopenie ist insgesamt in den letzten Jahren weiter in den Fokus der Forschung gerückt und seit Oktober 2016 mit einem ICD-10-CM-Code versehen (M62.84) [99]. Die neuen Klassifizierungs- und damit resultierenden Forschungsmöglichkeiten hinsichtlich der Sarkopenie stellen insgesamt eine Ergänzung hinsichtlich der Erforschung der physischen Komponente von Gebrechlichkeit dar.

1.5 Medizinische Rehabilitation in Deutschland

Die medizinische Rehabilitation in Deutschland ist gesetzlich verankert und hat die Sicherung bzw. die Wiederherstellung der Teilhabe von Patienten zum übergeordneten Ziel. Finanziert wird sie durch z. B. Rentenversicherungen oder Krankenkassen. Zur medizinischen Rehabilitation behinderter und von Behinderung bedrohter Menschen werden gemäß §26 Abs. 1 Sozialgesetzbuch (SGB) IX die erforderlichen Leistungen erbracht, um

1. Behinderungen einschließlich chronischer Krankheiten abzuwenden, zu beseitigen, zu mindern, auszugleichen, eine Verschlimmerung zu verhüten oder
2. Einschränkungen der Erwerbsfähigkeit und Pflegebedürftigkeit zu vermeiden, zu überwinden, zu mindern, eine Verschlimmerung zu verhüten sowie den vorzeitigen Bezug von laufenden Sozialleistungen zu vermeiden oder laufende Sozialleistungen zu mindern.

Dieses Gesetz ist eng mit einem Konzept der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO), der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF), verbunden. Die ICF berücksichtigt die biologische, psychologische, soziale und individuelle Sichtweise [100] und ergänzt die biomedizinische Krankheitsbetrachtung (Diagnose und Befunde), strukturiert durch die Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD) [101]. Das Handeln in der medizinischen Rehabilitation beruht

daher auf einem ganzheitlichen bio-psycho-sozialen Modell, bei dem die Krankheiten und Krankheitsfolgen vor dem Hintergrund der Lebenswelt des betroffenen Menschen betrachtet werden.

Für die kardiologische Rehabilitation von herzkranken Patienten ergibt sich daraus ein multidisziplinäres Therapiekonzept mit Fachkompetenzen mit vier Betreuungsebenen: der somatischen, der psychologischen, der edukativen sowie der sozialen Ebene. Um die zentralen Ziele der kardiologischen Rehabilitation, die Verbesserung der Lebensqualität und der Prognose, zu erreichen, ist ein Team aus Ärzten, Pflegekräften, Physio-, Sport- und Ernährungstherapeuten sowie Psychologen und Sozialarbeitern notwendig [102]. Dieses multidisziplinäre Team gewährleistet zur Erreichung der Ziele auf der Basis aktueller Leitlinien im Wesentlichen folgende Maßnahmen und Therapien [103-105]:

- Anamnese sowie medizinische Überwachung des Patienten,
- Erfassung von strukturellen bzw. funktionellen Beeinträchtigungen,
- Beratung hinsichtlich körperlicher Aktivität, Erstellung eines Trainingsplans sowie die Überwachung des Trainings,
- Diät- bzw. Ernährungsberatung und ggf. Betreuung,
- Beratung zum Lipidstoffwechsel und ggf. Betreuung,
- Blutdrucküberwachung bzw. -regulierung,
- Raucherentwöhnung,
- berufliche und soziale Unterstützung sowie
- psychologische Beratung, Betreuung und ggf. Therapie.

Bei Patienten nach Klappenkorrekturen stehen dabei jedoch insbesondere die Endokarditisprophylaxe, das Gerinnungsmanagement sowie die Überwachung der Klappen- und Herzfunktion im Vordergrund. Bisher mangelt es an weiteren Empfehlungen zu Maßnahmen und Therapien bei hochbetagten Patienten nach Klappenkorrekturen. Der Bereich der körperlichen Aktivität von Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen ist jedoch in der Forschung aufgrund des positiven Einflusses auf Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit, Lebensqualität, Lebensstilveränderungen, depressive Symptome und psychosozialen Stress sowohl international als auch national von hoher Relevanz [106,107].

1.6 Kardiologische Rehabilitation nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz

Aktuell weist in Deutschland bereits ein Viertel aller kardiologischen Rehabilitanden einen Zustand nach Klappenkorrektur auf [108]. Aufgrund des demographischen Wandels und der stetigen Weiterentwicklung der interventionellen Techniken kann künftig mit einem sich weiter erhöhenden Anteil von älteren Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz in der kardiologischen oder auch in der geriatrischen Rehabilitation gerechnet werden. Während für die Behandlung von Patienten nach chirurgischem Aortenklappenersatz bereits Empfehlungen hinsichtlich der medizinischen und therapeutischen Inhalte einer kardiologischen Rehabilitation veröffentlicht wurden und den Patienten aufgrund der positiven Effekte einer multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation diese ebenso empfohlen wird [102,109,110], existieren bis dato weder internationale noch nationale Leitlinien für die kardiologische Rehabilitation für Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz.

Einzelne monozentrische Studien konnten jedoch erste richtungsweisende Erkenntnisse hinsichtlich der Implementierung einer kardiologischen Rehabilitation für Patienten nach TAVI liefern. Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Studien wird auch Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz eine kardiologische Rehabilitation nahegelegt [111]. So haben Völler et al. [112] retrospektiv bereits den positiven Effekt einer standardisierten dreiwöchigen stationären multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation in Deutschland auf den funktionalen und emotionalen Zustand bei TAVI-Patienten belegen können. Dabei konnte eine signifikante Verbesserung der 6-Minuten Gehstrecke um ca. 30 % sowie eine Reduktion der Ängstlichkeits- und Depressivitätswerte um etwa 17 % erreicht werden. Andere Studien aus Europa bestätigen diese Beobachtungen und haben zusätzlich bereits erste richtungsweisende positive Ergebnisse hinsichtlich der Entwicklung kognitiver Leistungsfähigkeit und Lebensqualität sowie Selbstständigkeit [113-116] bei Patienten nach TAVI dargestellt. Zanettini et al. [113] haben dabei die körperliche Leistungsfähigkeit, die Lebensqualität sowie die Selbstständigkeit von TAVI-Patienten im Verlauf eines dreiwöchigen stationären Rehabilitationsprogramms signifikant verbessern können. Eine signifikante Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Selbstständigkeit bei TAVI-Patienten konnte auch mit einem zweiwöchigen auf einem körperlichen Training basierenden kardiologischen Rehabilitationsprogramm von Russo et al. [114] belegt werden. Weiterhin konnte von Fauchere et al. [115] sowie von Tarro-Genta et al. [116] bei Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz

in einer dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation ein positiver Effekt auf die körperliche Leistungsfähigkeit und Selbstständigkeit aufgezeigt werden. Die Ergebnisse dieser ersten monozentrischen Studien konnten jüngst auch Ribeiro et al. [117] in einem systematischen Review und einer Metaanalyse zusammenfassen und schlussfolgern, dass eine kardiologische Rehabilitationsmaßnahme die körperliche Leistungsfähigkeit und Lebensqualität bei Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz verbessert und die TAVI-Patienten genau wie Patienten nach einem chirurgischen Aortenklappenersatz von einem kardiologischen Rehabilitationsprogramm profitieren.

Weiterhin wurden erste Ergebnisse dahingehend veröffentlicht, dass TAVI-Patienten nicht nur von kardiologischen Rehabilitationsmaßnahmen direkt nach dem kathetergestützten Aortenklappenersatz profitieren, sondern auch ein kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining im Anschluss an eine stationäre kardiologische Rehabilitation einen positiven Effekt auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit, ihre Kraft und ihre Lebensqualität hat [118].

1.7 Fragestellung

Die körperliche Leistungsfähigkeit, der emotionale Status und die Lebensqualität hochbetagter Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur und anschließender kardiologischer Rehabilitation sind bislang nicht hinreichend untersucht. Des Weiteren liegen keine Daten zur Prävalenz der Gebrechlichkeit sowie zu deren Verlauf in der kardiologischen Rehabilitation in dieser Patientengruppe vor. Auch hinsichtlich der Anwendbarkeit von in der kardiologischen Rehabilitation leitliniengemäß angewendeter Assessments zur körperlichen Leistungsfähigkeit bei hochbetagten Patienten gibt es Untersuchungsbedarf.

Das Ziel vorliegender Arbeit war, den Effekt einer multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation auf die körperliche Leistungsfähigkeit, den emotionalen Status, die Gebrechlichkeit und die Lebensqualität bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur zu untersuchen. Ebenso sollten Prädiktoren für den Effekt der Rehabilitation hinsichtlich der Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität identifiziert werden. Des Weiteren sollten bestehende Assessments zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität auf ihre Umsetzbarkeit bei den hochbetagten Patienten geprüft sowie die Prävalenz der Gebrechlichkeit untersucht werden.

2 Patienten und Methodik

2.1 Design

In einer prospektiven multizentrischen Kohortenstudie wurden im Zeitraum von Oktober 2013 bis Juli 2015 insgesamt 635 Patienten präinterventionell (einen Tag vor dem Eingriff) im Immanuel Klinikum Bernau sowie im Sana-Herzzentrum Cottbus hinsichtlich der folgenden Einschlusskriterien gescreent:

- schwere Aortenklappenstenose oder kombiniertes Aortenklappenventium und
- geplante elektive kathetergestützte Aortenklappenkorrektur.

291 Patienten konnten bei Vorliegen nachfolgender Ausschlusskriterien in der Studie nicht berücksichtigt werden:

- Ablehnung des Patienten,
- schlechter Gesundheitsstatus (z. B. Patient nicht adäquat ansprechbar),
- logistische Gründe (z. B. kurzfristige Terminverschiebung des Eingriffs) oder
- TAVI wird entgegen der Planung nicht durchgeführt.

344 Patienten konnten nach einem ausführlichen Aufklärungsgespräch und bei Vorliegen einer schriftlichen Einverständniserklärung in die Studie eingeschlossen werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden in Abhängigkeit des weiteren Behandlungspfades in einer Subgruppenanalyse diejenigen 136 Patienten untersucht, die nach dem kathetergestützten Aortenklappenersatz eine dreiwöchige stationäre kardiologische Rehabilitation als Anschlussheilbehandlung in einer der drei Rehabilitationskliniken Klinik am See Rüdersdorf, Brandenburgklinik Bernau oder MediClin Rehasentrum Spreewald absolvierten (Abbildung 5).

Das Protokoll der vorliegenden Studie erfüllt die ethischen Anforderungen der 1964 verabschiedeten und zuletzt 2013 revidierten Deklaration von Helsinki. Alle an der Studie beteiligten Mitarbeiter waren in Besitz eines gültigen Good Clinical Practice-Zertifikats und wurden im Vorfeld der Untersuchungen entsprechend inhaltlich geschult. Ein positives Ethikvotum von der Ethikkommission der Universität Potsdam (Nr. 35/2013) liegt vor.

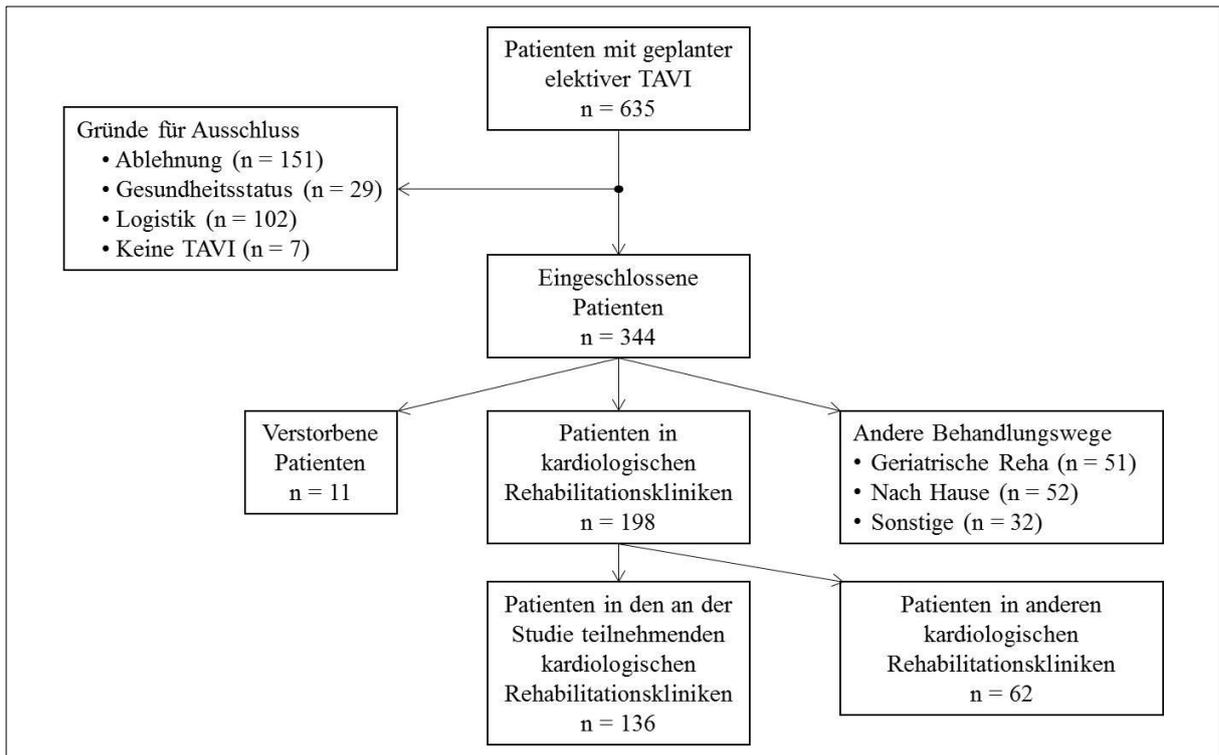


Abbildung 5: CONSORT Flussdiagramm zum Einschlussprozess der Patienten

2.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte jeweils innerhalb der ersten drei Tage nach Aufnahme in bzw. innerhalb der letzten drei Tage vor Entlassung aus der kardiologischen Rehabilitation.

Zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation wurden für alle Patienten soziodemographische Daten dokumentiert. Dazu gehörten das Alter, das Geschlecht, die Größe, das Gewicht, der Body-Mass-Index (BMI), die Lebenssituation, die Pflegestufe, das Bildungsniveau sowie die New York Heart Association (NYHA)-Klasse als Schema zur Einteilung der Herzinsuffizienz.

Ebenso wurden klinische Daten aufgenommen, zu denen anamnestische Komorbiditäten wie ein Diabetes mellitus, eine koronare Herzkrankheit, eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung, ein implantierter Schrittmacher, eine periphere arterielle Verschlusskrankheit, ein Apoplex bzw. eine transitorische ischämische Attacke (TIA), eine Nierenfunktionsstörung bei geschätzter glomerulärer Filtrationsrate von weniger als 60 ml/min/1,73 m², eine Leberfunktionsstörung, ein Karzinom sowie eine Arthrose bzw. eine Arthritis zählten.

Weiterhin wurden klinische präprozedurale Parameter wie die Diagnose, der EuroSCORE und echokardiographische Parameter des Patienten wie die linksventrikuläre Ejektionsfraktion, die Größe des linken Atriums, eine diastolische Dysfunktion, eine paravalvuläre Insuffizienz, der maximale und der mittlere Druckgradient sowie die Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappe dokumentiert.

Periprozedurale Parameter wie die Art der Anästhesie, der invasive Zugangsweg, die eingesetzte Aortenklappenprothese sowie peri- oder postinterventionell aufgetretene Komplikationen wurden ebenso aufgenommen.

Des Weiteren wurde jeweils zu Beginn und zum Ende der Rehabilitation eine Belastungs-Ergometrie zur Bestimmung der maximalen körperlichen Leistungsfähigkeit, ein 6-Minuten Gehstest (6-minute walk test, 6MWT) zur Einschätzung der funktionalen körperlichen Leistungsfähigkeit, ein Gebrechlichkeits (Frailty)-Index mit einzelnen Komponenten zur kognitiven Leistungsfähigkeit, Ernährung, Selbstständigkeit und Mobilität, der Short Form 12 (SF-12) zur Quantifizierung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und die Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) zur Einschätzung der Ängstlichkeit und Depressivität durchgeführt.

Weiterhin wurden vor Entlassung aus der kardiologischen Rehabilitation die im dreiwöchigen Rehabilitationsverlauf aufgetretenen Komplikationen dokumentiert (Abbildung 6).

Alle Daten wurden per paper-pencil Verfahren erhoben und anschließend in eine Excel-Datei übertragen. Mit Ausnahme der subjektiven Mobilitätseinschränkung des Frailty-Indexes wurde zu beiden Zeitpunkten der Datenerhebung die jeweils gleiche Version von Assessments, welche im Folgenden detailliert erläutert werden, verwendet.



Abbildung 6: Prozess der Datenerhebung

2.2.1 Maximale körperliche Leistungsfähigkeit: Belastungs-Ergometrie

Bei der Belastungs-Ergometrie als Provokationstest wird durch dynamische Belastung unter kontrollierten Bedingungen auf einem Ergometriegerät mit Hinzunahme eines kontinuierlich überwachenden 12-Kanal-Elektrokardiogramms (EKG) eine Steigerung des Herz-Zeit-Volumens (Schlagvolumen- und Herzfrequenzanstieg) erreicht. Die Leistung wird dabei in Watt (W) gemessen. Insgesamt dienen die Ergebnisse der Belastungs-Ergometrie der Erkennung von Funktionsstörungen oder Krankheiten, die in Ruhe nicht nachweisbar sind [119]. Die Belastungs-Ergometrie in der Kardiologie ist dabei nicht nur eine Methode zur Stratifizierung des Risikos oder der Prognose eines Patienten, sondern hat sich ebenso zu einem diagnostischen Verfahren zur Therapieplanung mit körperlicher Aktivität entwickelt. In den USA wird dabei für die Ergometrie ein Laufbandergometer bevorzugt, während in Europa das Fahrradergometer am häufigsten genutzt wird [120].

Die Fahrradergometrie wird bereits standardmäßig in den kardiologischen Rehabilitationskliniken in Deutschland, insbesondere zur Ermittlung des individuellen Risikos und der aktuellen individuellen Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit während des Rehabilitationsaufenthalts, realisiert [102].

Es existieren keine Normwerte für die Belastungs-Ergometrie bei TAVI-Patienten in der kardiologischen Rehabilitation. In einer Untersuchung von Völler et al. [112] konnte jedoch bei

TAVI-Patienten zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation eine maximale Belastbarkeit in der Fahrradergometrie von ca. 53 W beobachtet werden.

In der vorliegenden Studie wurde die Fahrradergometrie nach den Empfehlungen der American Heart Association durchgeführt, die in einem Kapitel der Leitlinien angepasste Varianten der Belastungsprotokolle für ältere und/oder multimorbide Erwachsene empfiehlt [120]. Demgemäß wurde nach einer ein- bis zweiminütigen Aufwärmphase ein moderates Rampenprotokoll durchgeführt, das bei geringem Widerstand (25 W) begonnen und pro Minute um fünf Watt gesteigert wurde. Insgesamt sollte dabei eine Belastungsdauer von acht bis zwölf Minuten erreicht werden. Der Test wurde beendet, wenn die prognostizierte submaximale Herzfrequenz (85 % der altersadjustierten Herzfrequenz, d. h. $220 - \text{Alter des Patienten in Jahren}$) oder die periphere Erschöpfung erreicht wurde. Der Blutdruck wurde während der Ergometrie alle zwei Minuten per Blutdruckmessgerät inkl. Blutdruckmanschette überwacht. Die Standardkriterien für den Abbruch sowie alle Sicherheitsvorkehrungen wurden eingehalten [121].

2.2.2 Funktionale körperliche Leistungsfähigkeit: 6-Minuten Gehstest

Der 6-Minuten Gehstest ist ein objektives Testverfahren zur Erfassung der funktionalen körperlichen Leistungsfähigkeit bei Patienten mit kardiopulmonalen Erkrankungen [122]. Dabei wird die Distanz, die ein Patient in sechs Minuten zurücklegen kann, gemessen. Der Test gilt als Modifikation des Cooper-Tests, der anhand einer in zwölf Minuten zurückgelegten Strecke die Abschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme zulässt [123]. Zunächst fand der 6MWT in der Pneumologie bei Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung Anwendung und wurde anschließend in der Kardiologie zur Einschätzung des funktionalen Status von kardiovaskulär erkrankten Patienten adaptiert [124-126]. Eine längere Gehstrecke deutet dabei auf eine bessere körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten hin. Da jedoch die meisten Patienten während des 6MWT nicht ihre maximale Ausbelastung erreichen, wird der Test auf einem submaximalen Level der Anstrengung erhoben. Er reflektiert das Niveau des funktionalen Status für die körperliche Anstrengung im alltäglichen Leben und kann nicht als Ersatz für eine Ausbelastung in der (Spiro-)Ergometrie mit Erfassung der maximalen Sauerstoffaufnahme, sondern vielmehr als Ergänzung dessen betrachtet werden [122].

Der 6MWT wird bereits als weit verbreitetes Instrument zur Erfassung von funktionaler körperlicher Leistungsfähigkeit bei TAVI-Patienten als Prädiktor für Mortalität oder für prozedurale Outcomes untersucht [127-131]. Des Weiteren wird der 6MWT in vielen kardiologischen Rehabilitationseinrichtungen bereits in der Klinikroutine durchgeführt und von den Patienten in der Rehabilitation, sowohl nach chirurgischem Klappenersatz als auch nach kathetergestützter Aortenklappenimplantation, gut toleriert [112-114,118,126,132,133]. Dabei konnten TAVI-Patienten zu Beginn einer Rehabilitationsmaßnahme im 6MWT je nach Studie zwischen 210 m und 260 m erreichen [112-114] und im Anschluss an eine kardiologische Rehabilitation bereits zwischen 320 m und 360 m [118].

Der 6MWT wurde für die vorliegende Untersuchung nach Vorgaben der aktuellen Leitlinien der American Thoracic Society durchgeführt [122]. Dazu gehören u. a. ein unbehindertes Gehen auf einer Distanz von 30 m sowie die Markierung der Gehstrecke an jedem dritten Meter. Weiterhin galten die folgenden Sätze für die Patienten als Instruktion: „Gehen Sie in den folgenden sechs Minuten auf der vorgegebenen Strecke so viele Meter wie Sie können. Pausen sind erlaubt. Bei Bedarf dürfen Sie Gehstützen nutzen. Sie dürfen nicht rennen. Auf das Kommando ‚Start‘ geht es los.“ Während des Tests haben die Patienten nachfolgende Informationen erhalten: „Sie machen es gut, es dauert noch (...) Minuten.“ sowie „Machen Sie weiter so, Sie haben die Hälfte geschafft“. Weitere Zusprüche waren nicht erlaubt.

Die Patienten durften bei Bedarf anhalten, Pausen einlegen und wurden gebeten, weiterzugehen, sobald es ihnen möglich war. Traten Symptome wie Brustschmerzen, Atemnot, Beinkrämpfe, Stolpern oder bleiche Erscheinung bei den Patienten auf, wurde der Test abgebrochen.

2.2.3 Gebrechlichkeit: *Frailty-Index*

Auf die Komponenten und Besonderheiten der Gebrechlichkeit wurde bereits in Kapitel 1.4 detailliert eingegangen. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Frailty-Index von Storckey et al. [79] verwendet. Dieser bisher zu Prognosezwecken genutzte Index [79,80] war zum Zeitpunkt des Beginns der Datenerhebung der einzige Index zur Erfassung von Gebrechlichkeit bei TAVI-Patienten im deutschsprachigen Raum und wird aus den nachfolgend detailliert erläuterten Assessments generiert:

- Mini Mental State Examination,
- Mini Nutritional Assessment-Short Form,
- Barthel-Index,
- Instrumental Activities of Daily Living,
- Timed-Up-and-Go-Test und
- Subjektive Mobilitätseinschränkung.

Mini Mental State Examination (MMSE)

Die MMSE ist ein valider psychometrischer Test zur Überprüfung kognitiver Leistungsfähigkeit mit guter Test-Retest-Reliabilität und wurde 1975 von Folstein et al. [134] entwickelt. Er ist der mittlerweile am weitesten verbreitete Test zum Screening von kognitiven Beeinträchtigungen in der klinischen Forschung, auch aufgrund seiner zeitökonomischen und einfachen Handhabung. Mit der MMSE können überdies auch kognitive Veränderungen über einen Zeitverlauf festgestellt werden [135-137]. Die MMSE besteht aus fünf Dimensionen (Orientierung, Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit und Rechenfähigkeit, Erinnerungsfähigkeit sowie Sprache) mit insgesamt 30 Items, die bei keiner bzw. nur geringer Einschränkung von kognitiven Fähigkeiten das Erreichen einer Gesamtpunktzahl von 30 Punkten ermöglichen. Die quantitative Bewertung kann unmittelbar während oder kurz nach der Testdurchführung erfolgen. Die MMSE wird als Interviewform erhoben und die Bearbeitungsdauer beträgt insgesamt ca. fünf bis zehn Minuten. In der vorliegenden Untersuchung wurde die deutsche Fassung von Kessler et al. verwendet [138].

Die Normwerte der MMSE für Menschen im Alter zwischen 80 und 84 Jahren liegen im Mittel bei $25,0 \pm 2,2$ Punkten, sind jedoch umso höher, je höher die Schulbildung ist (bei null bis vier Jahren: $20,0 \pm 2,2$ Punkte; bei fünf bis acht Jahren: $25,0 \pm 1,9$ Punkte; bei neun bis zwölf Jahren: $25,0 \pm 2,3$ Punkte; bei mehr als zwölf Jahren: $27 \pm 0,9$ Punkte) [139].

Mini Nutritional Assessment (MNA)

Um den Ernährungsstatus eines älteren und vorrangig geriatrischen Patienten zu erfassen, gilt der MNA, entwickelt in den 90er Jahren von Guigoz et al. [140], als ein wichtiges Testin-

strument. Der MNA wird in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin [141] zum Screening von Mangelernährung empfohlen. In der vorliegenden Untersuchung wurde die valide Kurzform des MNA, der Mini Nutritional Assessment-Short Form (MNA-SF) [142-145] genutzt, die aus sechs Items besteht, wobei bei keiner bzw. nur geringer Einschränkung maximal 14 Punkte zu erreichen sind. Dabei werden Daten zur Mobilität, psychischem Stress, neuropsychologischen Problemen, Schluckschwierigkeiten, Gewichtsverlust und Body-Mass-Index in Interviewform erhoben. Die Durchführung des MNA-SF dauert insgesamt max. fünf Minuten und das Assessment kann durch die Summierung der Punkte ausgewertet werden.

Lilamand et al. [145] konnten in ihrer Validitätsstudie bei Patienten mit einem mittleren Alter von etwa 81 Jahren bei einem Viertel der Patienten einen Hinweis auf bzw. das Vorliegen von Mangelernährung herausstellen. Der Hinweis auf bzw. das Vorliegen von Mangelernährung war, wie bei Stortecky et al. [79], bei weniger als 12 Punkten im MNA-SF vorhanden.

Barthel-Index

Der Barthel-Index ist ein Instrument zur Erfassung von Aktivitäten des täglichen Lebens (Activities of daily living, ADL) bei geriatrischen Patienten, wurde in den 60er Jahren von Mahoney und Barthel veröffentlicht [146] und wird in der Geriatrie und der Kardiologie wie auch in der Neurologie, beispielsweise bei Schlaganfallpatienten, verwendet [147,148]. Er ist das im klinischen Bereich gebräuchlichste Instrument zur Abschätzung von Selbstständigkeit und Pflegebedürftigkeit von Patienten, wird in Deutschland bereits standardmäßig in klinischen Settings angewendet [149,150] und erweist sich insbesondere in älteren Populationen als reliabel [151]. Die Alltagsfähigkeit wird mit dem Barthel-Index in Interviewform anhand von zehn Items bewertet, mit denen die Fähigkeiten Essen bzw. Trinken, Aufsetzen bzw. Umsetzen, Sich Waschen, Toilettenbenutzung, Baden bzw. Duschen, Aufstehen bzw. Gehen, Treppensteigen, An- bzw. Auskleiden sowie Stuhl- und Harninkontinenz mit jeweils null bis zehn Punkten beurteilt werden. Insgesamt können dadurch bei keiner bzw. nur einer geringen Funktionseinschränkung des Patienten höchstens 100 Punkte erreicht werden. Der Barthel-Index kann im Anschluss an die Erhebung durch die Addition der Punkte berechnet werden.

Einige Studien haben bereits gezeigt, dass der Barthel-Index bei Patienten nach kathetergestützten Aortenklappenimplantation zu Beginn einer kardiologischen Rehabilitation zwischen 67 [116] und 84 Punkten [113] lag und die Patienten sich dabei im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation im Mittel um ca. 14 Punkte verbessern konnten [117].

Instrumental Activities of Daily Living (IADL)

Mit einem Fragebogen zu den instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens wird der Barthel-Index um instrumentelle und komplexe Alltagsfähigkeiten erweitert. Dafür wird die IADL-Skala nach Lawton und Brody [152] in der klinischen Forschung und Praxis am häufigsten verwendet [150]. Die Patienten werden dabei anhand von acht zentralen Items detailliert zu der Ausprägung ihrer instrumentellen Fähigkeiten im Telefonieren, Einkaufen, Kochen, in der Haushaltsführung, im Waschen von Wäsche, in der Nutzung von Verkehrsmitteln, der Einnahme von Medikamenten und im Umgang mit Geldgeschäften befragt. Insgesamt sind bei keiner bzw. nur geringer Einschränkung der Aktivitäten des täglichen Lebens höchstens acht Punkte zu erreichen. Der Test dauert ca. fünf Minuten und lässt sich durch die Summierung der Punkte auswerten.

Greysen et al. [153] beschrieben in ihrer Studie das Vorliegen von mindestens einer Einschränkung in den instrumentellen Alltagsfähigkeiten bei ca. 80-jährigen Patienten bei 13 %, währenddessen bei Schoenenberger et al. [80] bei Patienten vor kathetergestützter Aortenklappenkorrektur eine Einschränkung von mindestens einer instrumentellen Aktivität in 60 % der Patienten vorlagen.

Timed-Up-and-Go-Test (TUG)

Der TUG ist eine Weiterentwicklung des Get-Up-and-Go-Tests [154] und dient der Einschätzung der Mobilität und des Sturzrisikos bei älteren Patienten [155]. Er ist ein weit verbreitetes Assessment in der klinischen Forschung und wird indikationsübergreifend angewendet [156-162]. Von der American Geriatrics Society und der British Geriatrics Society [163] sowie von dem National Institute for Health and Care Excellence [164] wird der TUG in den Leitlinien als routinemäßiges Screening-Instrument für das Sturzrisiko geriatrischer Patienten empfo-

len. Beim TUG wird die Zeit in Sekunden gemessen, die ein Patient benötigt, um von einem Stuhl mit Armlehnen (Sitzhöhe ca. 46 cm) aufzustehen, drei Meter in einer selbst gewählten Geschwindigkeit so sicher wie möglich geradeauszugehen und dabei einen Kegel zu umrunden, die drei Meter wieder zurückzugehen und sich hinzusetzen. Dabei können, wenn benötigt, Gehhilfen jeglicher Art genutzt werden. Der Patient führt einen Probeversuch durch, um sich an die Bewegungen zu gewöhnen. Beim zweiten Versuch wird die Zeit gestoppt.

Indikationsübergreifend deutet eine geringere Zeit im TUG dabei auf ein geringeres Sturzrisiko bzw. auf eine besser ausgeprägte funktionelle Mobilität bei Patienten hin, wobei ein Ergebnis unter 10 Sekunden auf eine uneingeschränkte Alltagsmobilität hinweist. Werden 10 - 19 Sekunden für die Durchführung des Tests benötigt, deutet dies auf eine geringe Mobilitätseinschränkung (meist ohne Alltagsrelevanz) hin, bei 20 - 29 Sekunden auf eine abklärungsbedürftige, funktionell relevante und bei mindestens 30 benötigten Sekunden auf eine ausgeprägte Mobilitätseinschränkung [155].

Bei älteren Menschen ohne neurologische Erkrankungen zwischen 65 und 95 Jahren spiegelt ein Wert ab 13,5 Sekunden ein erhöhtes Sturzrisiko wider [158]. Schoenenberger et al. [80] zeigen in ihrer Studie, dass eine funktionell relevante Mobilitätseinschränkung (benötigte Zeit für die Durchführung des TUG ab 20 Sekunden) in ca. 40 % der Patienten vor kathetergestützter Aortenklappenkorrektur vorlag.

Subjektive Mobilitätseinschränkung

Stortecky et al. [79] haben in ihrem Frailty-Index die Komponente der subjektiven Mobilitätseinschränkung hinzugefügt. Diese ist als präsent anzusehen, wenn der Patient berichtet, dass sich seine Mobilität innerhalb der letzten sechs Monate verschlechtert hat. Die exakte Frage, die dem Patienten dafür in der vorliegenden Untersuchung gestellt wurde, lautet:

„Hat sich Ihre Mobilität (z. B. Treppensteigen und/oder 200 m Gehen) Ihrer Meinung nach in den letzten sechs Monaten verschlechtert?“.

Diese Frage wurde am Ende der stationären Rehabilitation auf die letzten drei Wochen adaptiert. Bei Schoenenberger et al. [80] lag die subjektive Mobilitätseinschränkung bei Patienten vor kathetergestützter Aortenklappenkorrektur in 35 % der Patienten vor.

Berechnung des Frailty-Indexes

Für die Berechnung des Frailty-Index wurden von Stortecky et al. [79] Grenzwerte der einzelnen Assessments festgelegt, ab denen eine Beeinträchtigung als vorhanden angesehen wird. Folgende Punkte werden dabei anhand der Grenzwerte vergeben, wobei höchstens ein fehlendes Assessment toleriert werden kann:

- Ein Punkt wird vergeben, wenn in der MMSE mindestens 21 und höchstens 27 Punkte, bei dem TUG mindestens 20 Sekunden und im MNA weniger als zwölf Punkte erreicht werden. Weiterhin wird jeweils ein Punkt vergeben, wenn bei dem Barthel-Index und bei dem IADL mindestens eine Einschränkung der Fähigkeiten vorliegt und die Frage zur subjektiven Mobilitätseinschränkung vom Patienten bejaht wird.
- Zwei Punkte werden nur vergeben, wenn in der MMSE weniger als 21 Punkte erreicht werden (Tabelle 3).

Der aus den zuvor beschriebenen Assessments generierte Frailty-Index kann demnach zwischen null und sieben Punkten liegen. Der Index wurde in der vorliegenden Untersuchung neben der metrischen Auswertung zusätzlich in die beiden Kategorien gebrechlich (bei drei bis sieben Punkten) und nicht-gebrechlich (bei null bis zwei Punkten) dichotomisiert [79].

Da dieser Gebrechlichkeits-Index bei TAVI-Patienten bisher nur in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe von Stortecky et al. [79] und Schoenenberger et al. [80] verwendet wurde, lassen sich nur aus diesen beiden Studien zu erwartende Werte ableiten. Dabei waren in beiden Studien annähernd die Hälfte der TAVI-Patienten (49,0 % bei Stortecky et al. [79] und 49,6 % bei Schoenenberger et al. [80]) mit dem vorliegenden Gebrechlichkeits-Index als gebrechlich zu klassifizieren. Der Mittelwert des Gebrechlichkeits-Indexes lag dabei bei Schoenenberger et al. [80] bei $2,6 \pm 1,8$ Punkten. Diese Werte (sowohl dichotom als auch metrisch) beziehen sich jedoch in beiden Studien auf Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose vor einem kathetergestützten Aortenklappenersatz.

Tabelle 3: Scorebildung des Frailty-Indexes (Modifiziert nach [79])

Assessment	Beeinträchtigung vorhanden	Punkte
Mini Mental State Examination	≥ 21 - < 27 Pkt.	1
	< 21 Pkt.	2
Timed Up and Go	≥ 20 sek.	1
Mini Nutritional Assessment-Short Form	< 12 Pkt.	1
Barthel-Index	≥ 1 Einschränkung	1
Instrumental Activities of Daily Living	≥ 1 Einschränkung	1
Subjektive Mobilitätseinschränkung	Frage bejaht	1
Frailty-Index	Gebrechlich	3 - 7
Frailty-Index	Nicht-gebrechlich	0 - 2

2.2.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Short Form 12

Entwickelt als eine verkürzte und vereinfachte Version des SF-36 [59,60,165] stellt der SF-12 ein valides und reliables Instrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität dar [61,166,167]. Der SF-36 und der SF-12 werden von dem VARC-2 zur klinischen Forschung an TAVI-Patienten empfohlen [35], wobei sich der SF-12 auch aufgrund seiner zeitökonomischen Durchführung als passendere und gebräuchlichere Variante bei älteren Patienten herausgestellt hat und nun bereits das am häufigsten genutzte Assessment für die gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Patienten mit kathetergestütztem Aortenklappenersatz ist [128,168]. Der SF-12 umfasst zwölf Items, die aus acht verschiedenen Dimensionen der subjektiven Gesundheit (körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und Gesundheitsveränderung) zwei Summenskalen generieren: die körperliche (KSK) und die psychische Summenskala (PSK). Diese beiden Skalen können jeweils zwischen 0 und 100 Punkten liegen, wobei höhere Werte eine bessere gesundheitsbezogene Lebensqualität widerspiegeln. Der SF-12 liegt für den deutschsprachigen Raum in sechs Versionen [169] vor: Die Akutversion bezieht sich zum Zeitpunkt des Ausfüllens auf die vergangene Woche und die Standardversion auf die vergangenen vier Wochen. Beide

Versionen können überdies sowohl als Fragebogen oder als Interview durchgeführt werden, wobei jeweils zwischen Selbstbeurteilung und Fremdbeurteilung gewählt werden kann. Die Antworten werden in Form von verschiedenen mehrstufigen Likertskalen gegeben. Für die vorliegende Untersuchung wurde der SF-12 als Akutversion mit einwöchigem Zeitfenster genutzt, in der die Patienten ihren Zustand selbst beurteilten und den SF-12 dabei als Fragebogen ausfüllten. Der Zeitaufwand bei dieser Version des SF-12 beträgt ca. fünf Minuten. Die beiden Summenskalen können im Anschluss in Excel oder in einem Statistikprogramm berechnet werden.

Die Normwerte für Menschen ab 75 Jahren liegen dabei für die körperliche Summenskala bei 38 Punkten, für die psychische Summenskala bei 50 Punkten [170]. Weiterhin weisen Normwerte für 70 - 79-jährige Patienten nach Myokardinfarkt auf mittlere Werte in der psychischen Summenskala von 47 Punkten sowie in der körperlichen Summenskala auf 44 Punkte hin [171].

2.2.5 *Emotionaler Status: Hospital Anxiety and Depression Scale*

Die Hospital Anxiety and Depression Scale wurde in den 80er Jahren von Zigmond und Snaith entwickelt [172]. Sie ist ein valides und reliables Selbstbeurteilungsverfahren, das Ängstlichkeit und Depressivität bei Patienten mit körperlichen Erkrankungen erfasst, und kann sowohl als Screeningverfahren als auch in der Verlaufsbeurteilung von Patienten eingesetzt werden [173]. Da in den nationalen sowie internationalen Leitlinien für die kardiologische Rehabilitation ein psychologisches Screening zu Rehabilitationsbeginn empfohlen ist [102,105], wird die HADS bereits in vielen deutschen kardiologischen Rehabilitationskliniken routinemäßig verwendet und findet auch international indikationsübergreifend Beachtung in der klinischen Forschung. Dabei wird sie vorrangig in der somatischen Medizin eingesetzt [174-179] und ist auch bei TAVI-Patienten in der kardiologischen Rehabilitation bereits zum Einsatz gekommen [112]. Die HADS wird als Fragebogen durchgeführt und besteht insgesamt aus 14 Items. Alternierend werden dabei bei bestehender Symptomatik während der vergangenen Woche sieben Items zur Dimension Ängstlichkeit und sieben Items zur Dimension Depressivität erhoben, wobei bei jeweils vier Antwortoptionen null bis drei Punkte generiert werden können. Pro Dimension sind demnach 21 Punkte zu vergeben, wobei mehr Punkte eine höhere Ausprägung der Ängstlichkeit bzw. Depressivität darstellen. Werte von mehr als

10 Punkten gelten bei kardiologischen Patienten als auffällig, sodass bei Erreichen dieses Schwellenwertes in einem der beiden Items eine psychologische Beratung, Betreuung und ggf. Therapie in den kardiologischen Rehabilitationskliniken indiziert ist. Die HADS lässt sich in ca. fünf Minuten vom Patienten durchführen und anhand einer Auswerthilfe direkt auswerten [180].

Bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur konnten in der HADS Werte um vier Punkte in der Ängstlichkeit und um fünf Punkte in der Depressivität zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation beobachtet werden [112]. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass bei kardiologischen Patienten in 19 % ein auffälliger Wert über zehn Punkten in der Ängstlichkeit sowie bei 17 % ein auffälliger Wert in der Depressivität vorlagen [173]. Die Normwerte für kardiologische Patienten liegen bei etwa sieben Punkten in der Ängstlichkeit und bei fünf Punkten in der Depressivität, in der Normalbevölkerung bei ca. fünf Punkten in der Ängstlichkeit und ca. sechs Punkten in der Depressivität [180].

2.3 Inhalte der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation

Die dreiwöchige multidisziplinäre kardiologische Rehabilitation entsprach den aktuellen nationalen Leitlinien [102]. Neben der medizinischen Überwachung wurden die Patienten für das physische Training zu Beginn der Rehabilitation anhand der maximal erreichten Leistung in der Belastungs-Ergometrie in zwei Gruppen eingeteilt: Bei einer maximalen Leistungsfähigkeit von höchstens 1,0 W/kg Körpergewicht wurden die Patienten der Übungsgruppe, bei einer maximalen Leistungsfähigkeit von mehr als 1,0 W/kg Körpergewicht der Trainingsgruppe zugeordnet.

Sowohl die Übungs- als auch die Trainingsgruppe absolvierten ein individualisiertes körperliches Training zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit, Kraft, Koordination und Beweglichkeit. Dafür wurde ein moderates Ausdauertraining bei 40 - 65 % der initial mit der Belastungs-Ergometrie bestimmten maximalen Herzfrequenz auf dem Fahrradergometer durchgeführt, um eine Besserung der aeroben Ausdauer zu erreichen. Dazu kamen Ausdauerseinheiten, die hauptsächlich aus (Nordic-)Walking Einheiten bei einem Wert in der Borg-Skala [181,182] von 11 - 13 bestanden. Die Ausdauerseinheiten wurden an drei bis fünf Tagen für jeweils mindestens 30 Minuten pro Tag und insgesamt 150 Minuten pro Woche

durchgeführt. Patienten der Trainingsgruppe absolvierten zusätzlich ein Kraftausdauertraining zur Verbesserung der lokalen aeroben Ausdauer und der intermuskulären Koordination. Dieses wurde an geführten Großgeräten bei 30 - 50 % der Maximalkraft bzw. bei einem Borg-Wert von 12 - 13 mit 15 - 20 Wiederholungen auf der Grundlage von den additiv zur Leitlinie veröffentlichten Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislaufkrankungen e.V. durchgeführt [183]. Ferner wurden gruppentherapeutische Maßnahmen wie Gymnastik, Tanztherapie und Wassergymnastik sowie Physiotherapie zur Verbesserung der Koordinationsfähigkeit und Beweglichkeit der Patienten absolviert.

Neben der körperlichen Konditionierung nahmen die Patienten ebenso an Patientenschulungen mit Informationen zur Krankheit sowie deren Diagnose und Therapie teil. Dabei wurden spezifisch die Klappenerkrankungen sowie deren therapeutische Interventionen und die Reduzierung bzw. Bewältigung von Risiken wie der Endokarditis behandelt. Des Weiteren wurden Ernährungsberatungen und -schulungen inkl. Buffettraining durchgeführt, um im Hinblick auf Mangelernährung eine ausreichende Kalorienzufuhr im Alter zu gewährleisten. Darüber hinaus führten Psychologen Gruppentherapien in den Bereichen des autogenen Trainings, der progressiven Muskelrelaxation und des Stressmanagements für die Patienten durch. Individuelle psychologische Betreuung wurde angeboten, wenn beim HADS-Screening zu Beginn der Rehabilitation ein auffälliger Cutoff-Wert über 10 Punkten [180] erreicht wurde. Bei Bedarf erhielten die Patienten Unterstützung und Beratung durch Sozialarbeiter hinsichtlich Pflegebedürftigkeit oder Unterstützung im Alltag.

2.4 Statistische Auswertung

Metrische (kontinuierliche) Variablen werden als Mittelwerte \pm Standardabweichung (standard deviation, SD) angegeben, kategoriale Variablen werden als absolute (n) oder relative (%) Häufigkeiten dargestellt. Gruppenvergleiche wurden bei metrischen Variablen anhand von abhängigen t-Tests und bei kategorialen Variablen anhand von χ^2 -Tests vorgenommen.

Die Veränderung der zurückgelegten Gehstrecken im 6-Minuten Gehstest zwischen Aufnahme und Entlassung der kardiologischen Rehabilitation als primärer Endpunkt sowie die Veränderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im SF-12 (sowohl in der körperlichen als auch in der psychischen Summenskala) als sekundäre Endpunkte wurden multivariat mit Kovari-

anzanalysen angepasst. Es wurden dabei die berechneten Differenzen zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten (Beginn und Ende der Rehabilitation) als Endpunkte genutzt, da die Veränderungen einzelner Parameter während der Rehabilitation eine größere Aussagekraft hinsichtlich der individuellen Entwicklung eines Patienten haben als die absolut erreichten Werte. Dafür wurde ausgehend von einem Gesamtmodell, welche alle Kovariaten beinhaltet, schrittweise rückwärts eliminiert, um nur signifikante Effekte im Modell zu behalten.

Unterschiede mit einem p-Wert kleiner als 0,05 (zweiseitig) wurden als signifikant angenommen. Alle Berechnungen wurden mit SPSS 23.0 (IBM, Chicago, IL, USA) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt [184]. Dabei werden zunächst die Ausgangsdaten deskriptiv sowie die Ergebnisse der zu Beginn und zum Ende der kardiologischen Rehabilitation erhobenen Assessments univariat aufgezeigt. Des Weiteren werden die Ergebnisse der multivariaten Analysen bzgl. der Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit im 6-Minuten Gehstest und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im SF-12 während der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation dargelegt.

3.1 Ausgangsdaten

3.1.1 Patientencharakteristika

Das mittlere Alter der Patienten lag zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation bei $80,6 \pm 5,0$ Jahren und annähernd die Hälfte der Patienten (47,8 %) war männlich. Zwischen dem kathetergestützten Aortenklappenersatz der Patienten im Krankenhaus und dem Beginn der kardiologischen Rehabilitation als Anschlussheilbehandlung lagen $17,7 \pm 9,9$ Tage, wobei die Patienten nach der kathetergestützten Aortenklappenimplantation noch $7,2 \pm 2,5$ Tage im Krankenhaus verweilten.

Nahezu drei Viertel der Patienten konnten auf Grundlage des aus der Größe und dem Gewicht der Patienten berechneten BMI in die Kategorie Normalgewicht eingeteilt werden (72,1 %). Lediglich sieben der 136 Patienten (5,1 %) hatten eine Adipositas. 51 Patienten (37,5 %) wiesen eine NYHA-Klasse III oder IV auf.

Des Weiteren war etwa jeder zehnte Patient (8,8 %) bereits vor der initialen Datenerhebung in die Pflegestufe I oder II eingeordnet und ca. ein Drittel der Patienten (34,6 %) lebte allein (selbstständig ohne Partner und/oder Familie) zuhause. Weiterhin konnte jeder zehnte Patient (11,8 %) eine schulische Ausbildung von mehr als 12 Schuljahren aufweisen.

Tabelle 4: Patientencharakteristika (n = 136)

Patientencharakteristika	n (%), MW \pm SD
Alter, Jahre	80,6 \pm 5,0
Geschlecht, männlich	65 (47,8)
Allein lebend	47 (34,6)
Pflegestufe I/II	12 (8,8)
Bildung, > 12 Schuljahre	16 (11,8)
BMI, kg/m ²	27,7 \pm 4,2
Untergewicht, < 18,5	1 (0,7)
Normalgewicht, 18,5 - < 25	98 (72,1)
Übergewicht, 25 - < 30	30 (22,1)
Adipositas, \geq 30	7 (5,1)
NYHA III/IV	51 (37,5)
Anamnestiche Komorbiditäten, Anzahl	2,2 \pm 1,3
\geq 3 Komorbiditäten	53 (39,0)
Koronare Herzkrankheit	91 (66,9)
Diabetes mellitus	54 (39,7)
Nierenfunktionsstörung, eGFR MDRD < 60 ml/min/1,73 m ²	65 (48,5)
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	32 (23,5)
Chronisch obstruktive Lungenerkrankung	19 (14,0)
Apoplex/TIA	24 (17,6)
Schrittmacher	16 (11,8)
Leberfunktionsstörung	2 (1,5)
Karzinom	20 (14,7)
Arthrose/Arthritis	36 (26,5)

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert (MW) \pm Standardabweichung (SD) angegeben. BMI = Body-Mass-Index, NYHA = New York Heart Association, eGFR = estimated glomerular filtration rate, MDRD = modification of diet in renal disease, TIA = transitorische ischämische Attacke.

Neben der zugrundeliegenden Aortenklappenstenose bestanden bei 39,0 % der Patienten drei oder mehr Komorbiditäten, wobei die koronare Herzkrankheit, die Nierenfunktionsstörung und der Diabetes mellitus am häufigsten auftraten (66,9 %, 48,5 % und 39,7 %) (Tabelle 4).

Die Patienten verweilten annähernd drei Wochen ($19,4 \pm 3,1$ Tage) in der kardiologischen Rehabilitationsklinik. Während dieser Zeit traten bei drei Patienten (2,2 %) Infektionen und bei jeweils einem Patienten (0,7 %) eine Pneumonie, Vorhofflimmern, eine Bradykardie bzw. eine Blutung auf.

3.1.2 Prä-, peri- und postprozedurale Daten

Der präinterventionelle EuroSCORE zur Einschätzung des operativen Risikos der Patienten lag bei $15,5 \pm 11,6$ % und etwa jeder fünfte Patient (18,4 %) wies neben der schweren Aortenklappenstenose eine Aorteninsuffizienz auf, was als kombiniertes Aortenklappenventium bezeichnet wird.

Für die anschließende kathetergestützte Aortenklappenimplantation wurde bei den meisten Patienten (95,6 %) der transfemorale und in 4,4 % der transapikale Zugangsweg genutzt. Dabei wurden die Patienten häufiger unter lokaler Anästhesie als unter Allgemeinanästhesie interveniert (68,4 % vs. 31,6 %). Mit einem Anteil von etwa zwei Dritteln (68,4 %) erfolgte die Implantation einer selbstexpandierenden CoreValve-Aortenklappenprothese am häufigsten. In 22,1 % der Patienten wurde die ballonexpandierende SapienXT-Aortenklappenprothese implantiert.

Insgesamt traten im Mittel $0,4 \pm 0,6$ peri- oder postprozedurale Komplikationen auf. Dabei gab es bei 44 Patienten (32,3 %) eine oder zwei Komplikationen. Bei keinem Patienten traten mehr als zwei Komorbiditäten auf. Die am häufigsten auftretenden Komplikationen waren die aufgrund einer persistenten Bradykardie notwendige Implantation eines permanenten Schrittmachers bei 21 Patienten (15,4 %) sowie die Gefäßruptur bei acht Patienten (5,9 %). Ein peri- bzw. postprozeduraler Apoplex/TIA trat bei drei Patienten (2,2 %) auf (Tabelle 5).

Tabelle 5: Prä-, peri- und postprozedurale Parameter (n = 136)

Parameter	n (%), MW \pm SD
EuroSCORE, %	15,5 \pm 11,6
Diagnose	
Schwere Aortenklappenstenose	111 (81,6)
Kombiniertes Aortenklappenvitium	25 (18,4)
Invasiver Zugangsweg	
Transfemoral	130 (95,6)
Transapikal	6 (4,4)
Anästhesie	
Allgemein	43 (31,6)
Lokal	93 (68,4)
Aortenklappenprothese	
Medtronic CoreValve	93 (68,4)
Edwards SapienXT	30 (22,1)
Sonstige	13 (9,5)
Komplikationen, Anzahl	0,4 \pm 0,6
≥ 1	44 (32,3)
Permanenter Schrittmacher	21 (15,4)
Gefäßruptur	8 (5,9)
Stent (<i>A. femoralis/iliaca</i>)	7 (5,1)
Infektion	4 (2,9)
Apoplex/TIA	3 (2,2)
Blutung	3 (2,2)
Niereninsuffizienz	2 (1,5)
Pneumonie	1 (0,7)
Konversion in chirurgischen Eingriff	2 (1,5)

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert (MW) \pm Standardabweichung (SD) angegeben. TIA = transitorische ischämische Attacke.

3.1.3 Echokardiographische Daten

In der 2-D Echokardiographie zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation lag die mittlere linksventrikuläre Ejektionsfraktion der Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur bei $56,1 \pm 9,7$ %. Weiterhin konnte bei 59,0 % der Patienten eine diastolische Dysfunktion (Grad I, II oder III) und bei annähernd der Hälfte der Patienten (47,8 %) eine paravalvuläre Insuffizienz (Grad I oder II) diagnostiziert werden. Darüber hinaus lagen die maximale Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappenprothese bei $2,0 \pm 0,5$ m/s und der mittlere Druckgradient bei $10,2 \pm 5,9$ mmHg (Tabelle 6).

Tabelle 6: Echokardiographische Daten zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)

Parameter	n (%), MW \pm SD
Linksventrikuläre Funktion	
Ejektionsfraktion, %	56,1 \pm 9,7
Ejektionsfraktion, < 40 %	7 (5,1)
Diastolische Dysfunktion	
I°	49 (36,0)
II°	16 (14,2)
III°	10 (8,8)
Prothesenfunktion	
V _{max} , m/s	2,0 \pm 0,5
Druckgradienten	
ΔP_{mean} , mmHg	10,2 \pm 5,9
ΔP_{max} , mmHg	16,6 \pm 8,0
Paravalvuläre Insuffizienz	
I°	62 (45,6)
II°	3 (2,2)

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert (MW) \pm Standardabweichung (SD) angegeben.

3.2 Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

3.2.1 Belastungs-Ergometrie und 6-Minuten Gehstest

Insgesamt waren 78 Patienten sowohl zu Beginn als auch zum Ende der kardiologischen Rehabilitation körperlich fähig, eine Belastungs-Ergometrie durchzuführen. Bei den anderen Patienten gab es an mindestens einem Untersuchungszeitpunkt interkurrente Erkrankungen oder logistische Gründe, die die Durchführung einer Belastungs-Ergometrie nicht erlaubten (Tabelle 7).

Die maximale Leistungsfähigkeit konnte bei den untersuchten Patienten im Verlauf der dreiwöchigen Rehabilitation von im Mittel $50,8 \pm 20,3$ W auf $58,9 \pm 21,3$ W bzw. von im Mittel $0,7 \pm 0,3$ W/kg Körpergewicht auf $0,8 \pm 0,3$ W/kg Körpergewicht signifikant gesteigert werden. Darüber hinaus lag die maximale Herzfrequenz (beats per minute, bpm) in der Belastungs-Ergometrie zu Beginn der Rehabilitation bei $104,7 \pm 22,5$ bpm und zum Ende bei $105,5 \pm 19,1$ bpm. Die Dauer der Belastung konnte ebenso gesteigert werden: Nach Aufnahme in die kardiologische Rehabilitation haben die Patienten sich in $5,3 \pm 2,8$ min maximal ausbelastet und vor Entlassung $6,8 \pm 3,5$ min (Tabelle 7).

Weiterhin wurden zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation neun von zehn Patienten (87,6 %) dem physischen Training der Übungsgruppe (≤ 1 W/kg Körpergewicht) in der kardiologischen Rehabilitation zugeordnet.

112 Patienten konnten zu Beginn und zum Ende der Rehabilitation den 6-Minuten Gehstest durchführen. Bei den anderen Patienten gab es an mindestens einem Untersuchungszeitpunkt interkurrente Erkrankungen oder logistische Gründe, die die Durchführung eines 6-Minuten Gehstests nicht erlaubten. Die Patienten konnten ihre Gehstrecke im 6-Minuten Gehstest im dreiwöchigen Verlauf der kardiologischen Rehabilitation von $278,8 \pm 118,9$ m auf $335,1 \pm 133,0$ m signifikant steigern (Tabelle 7, Abbildung 7).

Tabelle 7: Veränderung der Parameter der maximalen und funktionalen körperlichen Leistungsfähigkeit während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)

Parameter	Reha-Beginn	Reha-Ende	p-Wert
Belastungs-Ergometrie			
Durchgeführt	97 (71,3)	81 (59,6)	< 0,001
Maximale Leistungsfähigkeit, W (n = 78)	50,8 ± 20,3	58,9 ± 21,3	< 0,001
Maximale Leistungsfähigkeit/Körpergewicht, W/kg (n = 78)	0,7 ± 0,3	0,8 ± 0,3	< 0,001
Zuordnung zur Übungsgruppe, ≤ 1 W/kg Körpergewicht (n = 97)	85 (87,6)	n.a.	n.a.
Dauer der Belastung, min (n = 78)	5,3 ± 2,8	6,8 ± 3,5	< 0,001
Maximaler systolischer Blutdruck, mmHg (n = 78)	134,0 ± 17,2	134,0 ± 15,9	0,965
Maximaler diastolischer Blutdruck, mmHg (n = 78)	68,4 ± 12,7	66,4 ± 12,6	0,057
Maximale Herzfrequenz, bpm (n = 78)	104,7 ± 22,5	105,5 ± 19,1	0,493
6-Minuten Gehtest			
Durchgeführt	123 (90,4)	115 (84,6)	< 0,001
Gehstrecke, m (n = 112)	278,8 ± 118,9	335,1 ± 133,0	< 0,001

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. bpm = beats per minute.

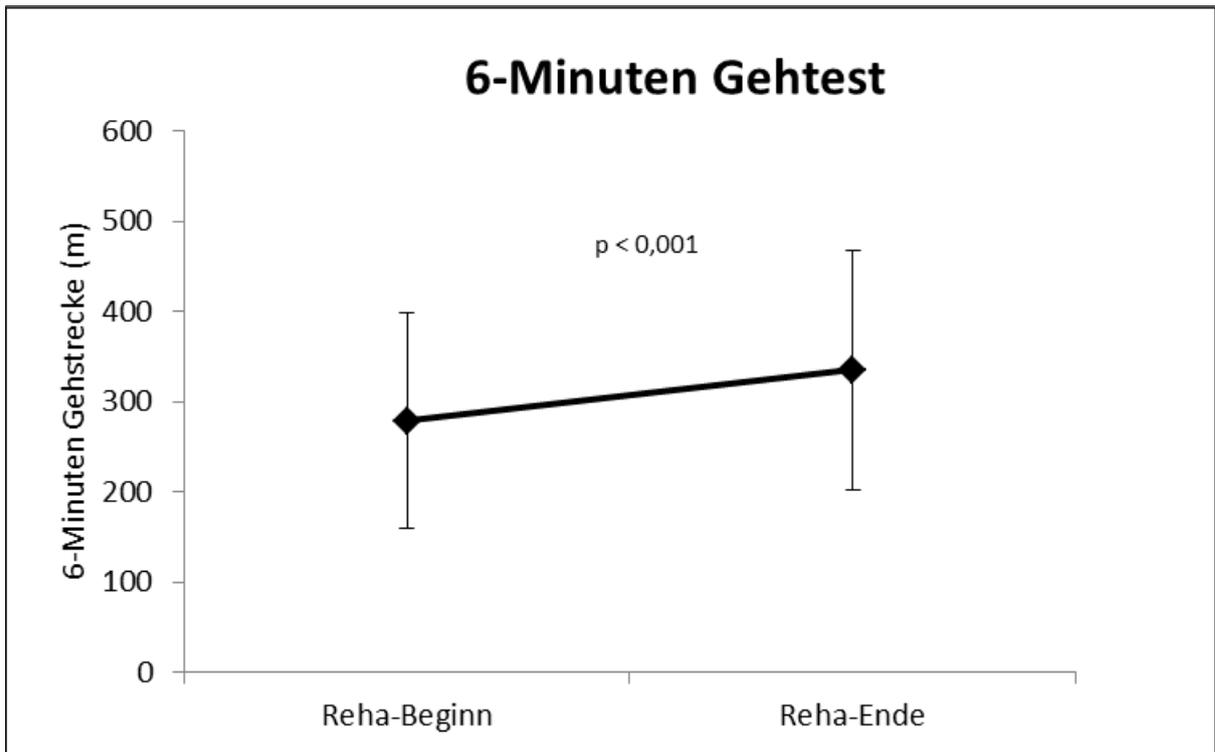


Abbildung 7: Veränderung der maximalen 6-Minuten Gehstrecke zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 112)

3.2.2 Frailty-Index sowie dessen einzelne Parameter

Die Prävalenz der Gebrechlichkeit, gemessen mit dem Frailty-Index, lag zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation bei 36,9 %. Der Frailty-Index der Patienten konnte im Verlauf der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation von $2,1 \pm 1,5$ Punkten auf $1,7 \pm 1,5$ Punkte signifikant verbessert werden. Dabei konnte auch der Anteil der als gebrechlich quantifizierten Patienten mit einem Frailty-Index von mindestens drei Punkten von 45 Patienten (36,9 %) auf 34 Patienten (27,9 %) signifikant reduziert werden (Tabelle 8).

Diese Veränderungen des Frailty-Indexes resultieren aus den signifikanten Verbesserungen in den einzelnen Komponenten wie in der MMSE (von $27,8 \pm 2,8$ auf $28,0 \pm 2,5$ Punkte), dem MNA-SF (von $11,6 \pm 2,1$ Punkte auf $12,0 \pm 1,9$ Punkte), der subjektiven Mobilitätseinschränkung (von 58,5 % auf 41,5 %) sowie dem TUG (von $12,8 \pm 7,3$ Sekunden auf $11,7 \pm 5,7$ Sekunden) (Tabelle 8).

Tabelle 8: Veränderung der Gebrechlichkeit und deren einzelner Parameter während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)

Parameter	Reha-Beginn	Reha-Ende	p-Wert
Frailty-Index, Pkt. (n = 122)	2,1 ± 1,5	1,7 ± 1,5	< 0,001
Frailty-Index, ≥ 3 Pkt. (n = 122)	45 (36,9)	34 (27,9)	< 0,001
MMSE, Pkt. (n = 122)	27,8 ± 2,8	28,0 ± 2,5	0,025
MMSE, < 27 Pkt. (n = 122)	21 (17,2)	20 (16,4)	< 0,001
MNA-SF (n = 123)	11,6 ± 2,1	12,0 ± 1,9	0,003
MNA-SF, < 12 Pkt. (n = 123)	55 (44,7)	44 (35,8)	< 0,001
ADL (n = 123)	96,7 ± 6,1	97,0 ± 5,5	0,423
ADL, ≥ 1 Einschränkung (n = 123)	42 (34,1)	38 (30,9)	< 0,001
IADL (n = 123)	7,3 ± 1,1	7,3 ± 1,2	0,939
IADL, ≥ 1 Einschränkung (n = 123)	49 (39,8)	43 (35,0)	< 0,001
Mobilitätseinschränkung (n = 123)	72 (58,5)	51 (41,5)	< 0,001
TUG, sek (n = 121)	12,8 ± 7,3	11,7 ± 5,7	< 0,001
TUG, ≥ 20 sek (n = 121)	16 (13,2)	12 (9,9)	< 0,001

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. MMSE = Mini Mental State Exam, MNA-SF = Mini Nutritional Assessment-Short Form, ADL = Activities of Daily Living, IADL = Instrumental ADL, TUG = Timed Up and Go.

3.2.3 Hospital Anxiety and Depression Scale und Short Form 12

Etwa bei jedem zehnten Patienten (9,6 %) war zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation aufgrund eines Wertes von über zehn Punkten in der HADS sowohl im Item Ängstlichkeit als

auch im Item Depressivität eine individuelle psychologische Betreuung in der kardiologischen Rehabilitation indiziert (Tabelle 9).

Tabelle 9: Veränderung des emotionalen Status und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität während der kardiologischen Rehabilitation (n = 136)

Parameter	Reha-Beginn	Reha-Ende	p-Wert
HADS			
Ängstlichkeit (n = 122)	5,2 ± 4,0	4,0 ± 3,6	< 0,001
Ängstlichkeit, > 10 Pkt. (n = 135)	13 (9,6)	n.a.	n.a.
Depressivität (n = 122)	4,8 ± 3,4	4,5 ± 3,7	0,097
Depressivität, > 10 Pkt. (n = 135)	13 (9,6)	n.a.	n.a.
SF-12			
KSK, Pkt. (n = 119)	35,9 ± 8,8	38,3 ± 8,3	0,001
PSK, Pkt. (n = 119)	47,3 ± 10,6	50,7 ± 10,0	0,003

Kategoriale Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten mit n (%), metrische Variablen als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. HADS = Hospital Anxiety and Depression Scale, SF-12 = Short Form 12, KSK = Körperliche Summenskala, PSK = Psychische Summenskala.

Weiterhin konnte im Verlauf der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation die vergleichsweise geringen Werte der Ängstlichkeit der Patienten von 5,2 ± 4,0 Punkten 4,0 ± 3,6 Punkte signifikant reduziert werden. Die ebenso geringen Werte der Depressivität konnten von 4,8 ± 3,4 Punkten auf 4,5 ± 3,7 Punkte verringert werden.

Hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ließen sich bei den Patienten signifikante Verbesserungen feststellen. Sowohl in der körperlichen Summenskala (von 35,9 ± 8,8 auf 38,3 ± 8,3 Punkte) als auch in der psychischen Summenskala des SF-12 (von 47,3 ± 10,6 auf 50,7 ± 10,0 Punkte) konnten die Patienten am Ende der Rehabilitation höhere Werte erreichen (Tabelle 9, Abbildung 8).

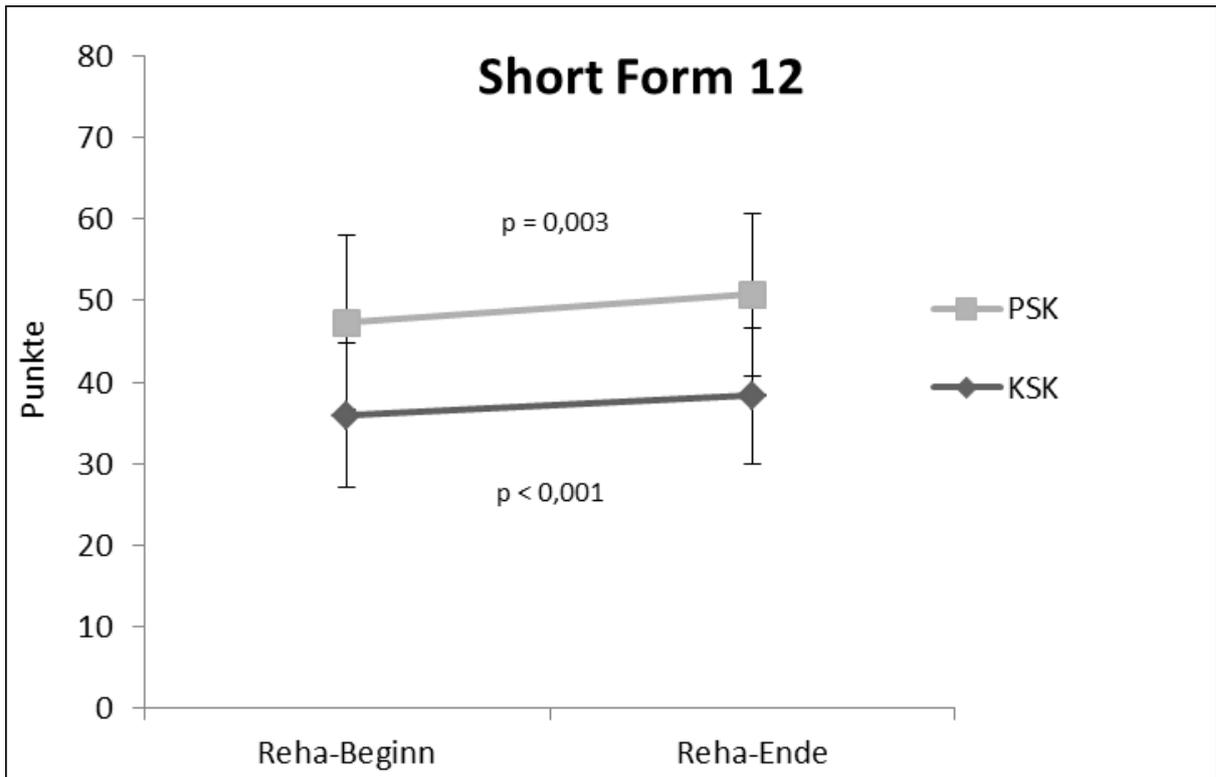


Abbildung 8: Veränderung der körperlichen und der psychischen Summenskala des Short Form 12 zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 119). PSK = Psychische Summenskala, KSK = Körperliche Summenskala

3.3 Prädiktoren für die Veränderungen während der Rehabilitation

In den multivariaten Analysen konnten mehrere signifikante Prädiktoren für die Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation, gemessen an der Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke in Metern, sowie der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, gemessen an der Veränderung der körperlichen und psychischen Summenskala des SF-12 in Punkten, identifiziert werden.

3.3.1 Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit: 6-Minuten Gehstest

Für die Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation wiesen das Alter, die Bildung, der BMI und die kognitive Leistungsfähigkeit zu Beginn der Rehabilitation einen prädiktiven Wert auf. Während dabei ein höheres Alter sowie eine höhere Bildung der Patienten mit einer geringeren Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke assoziiert waren, wiesen Adipositas (BMI ab 30 kg/m²) und eine erhöhte kognitive Leistungsfähig-

keit in der MMSE zu Beginn der Rehabilitation einen positiven prädiktiven Wert für die Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke auf (Abbildung 9).

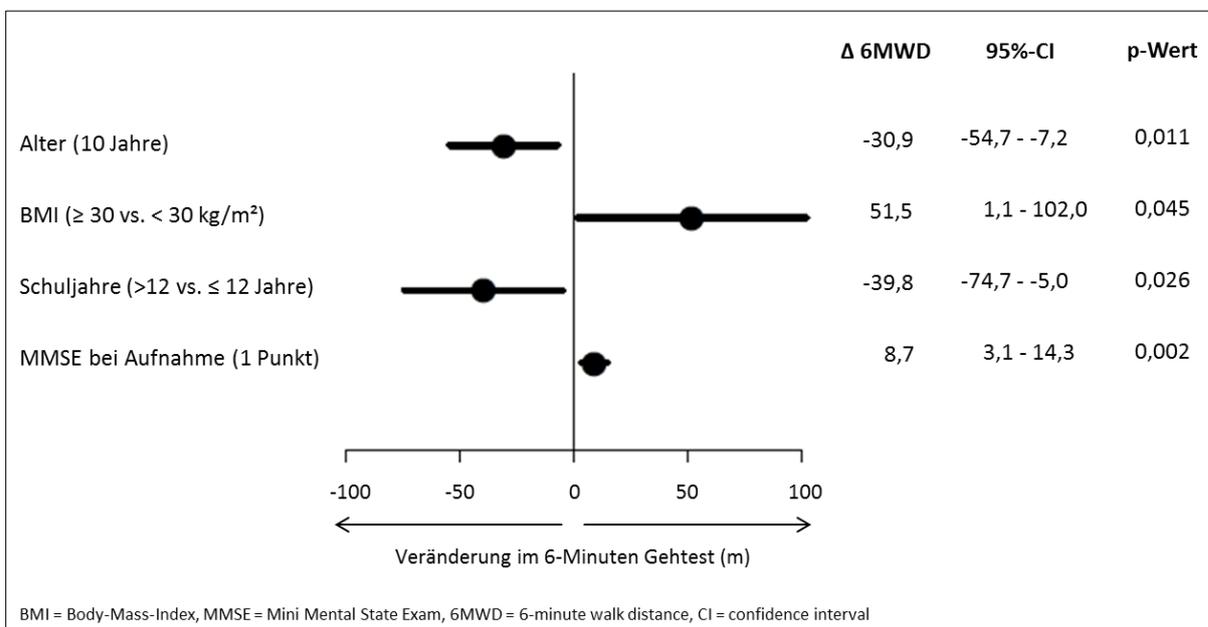


Abbildung 9: Prädiktoren für die Veränderung im 6-Minuten Gehstest zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 112)

Mit jedem zusätzlichen Lebensjahr eines Patienten war die Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation um ca. 4 m geringer (-30,9 m pro 10 Jahre). Ebenso haben die Patienten, die eine Schulausbildung von mehr als zwölf Jahren absolviert haben, eine um 39,8 m geringere Veränderung erreicht als die Patienten, die die Schule nach weniger als zwölf Jahren abgeschlossen haben.

War ein Patient jedoch mit einem BMI von mindestens 30 kg/m² als adipös einzustufen, war die Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation um 51,5 m höher als bei den Patienten, die einen BMI unter 30 kg/m² aufwiesen. Weiterhin konnten Patienten mit jedem zusätzlichen Punkt in der MMSE bei Aufnahme eine um 8,7 m größere Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke erreichen.

3.3.2 *Veränderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität: Short Form 12*

Hinsichtlich der Veränderung der körperlichen Summenskala der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im SF-12 wiesen sowohl der Ausgangswert der körperlichen Summenskala sowie der Ernährungsstatus, die Selbstständigkeit und die kognitive Leistungsfähigkeit der Patienten jeweils zu Beginn der Rehabilitation einen prädiktiven Wert auf. Dabei waren höhere Ausgangswerte der körperlichen Summenskala sowie eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit zu Beginn der Rehabilitation mit einer negativen Veränderung der körperlichen Summenskala assoziiert, höhere Werte im Ernährungsstatus oder in der Selbstständigkeit der Patienten mit einer positiven Veränderung (Abbildung 10).

Mit jedem zusätzlichen Punkt im Ausgangswert der körperlichen Summenskala erreichte der Patient eine um 0,61 Punkte geringere Veränderung in der körperlichen Summenskala. Ebenso war die Veränderung der körperlichen Summenskala zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation um 0,52 Punkte geringer mit jedem zusätzlichen Punkt, den die Patienten in der MMSE erreichten und damit eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit zu Beginn der Rehabilitation aufwiesen.

Weiterhin ist zu erkennen, dass pro weiterem Punkt im Barthel-Index und damit verbundener besserer Selbstständigkeit zu Rehabilitationsbeginn die Veränderung in der körperlichen Summenskala der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation um 0,33 Punkte größer war. Ebenso verhielt es sich mit dem MNA-SF, der pro zusätzlichem Punkt zu Beginn der Rehabilitation mit einem Punktezuwachs von 0,78 in der Veränderung der körperlichen Summenskala zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation assoziiert war.

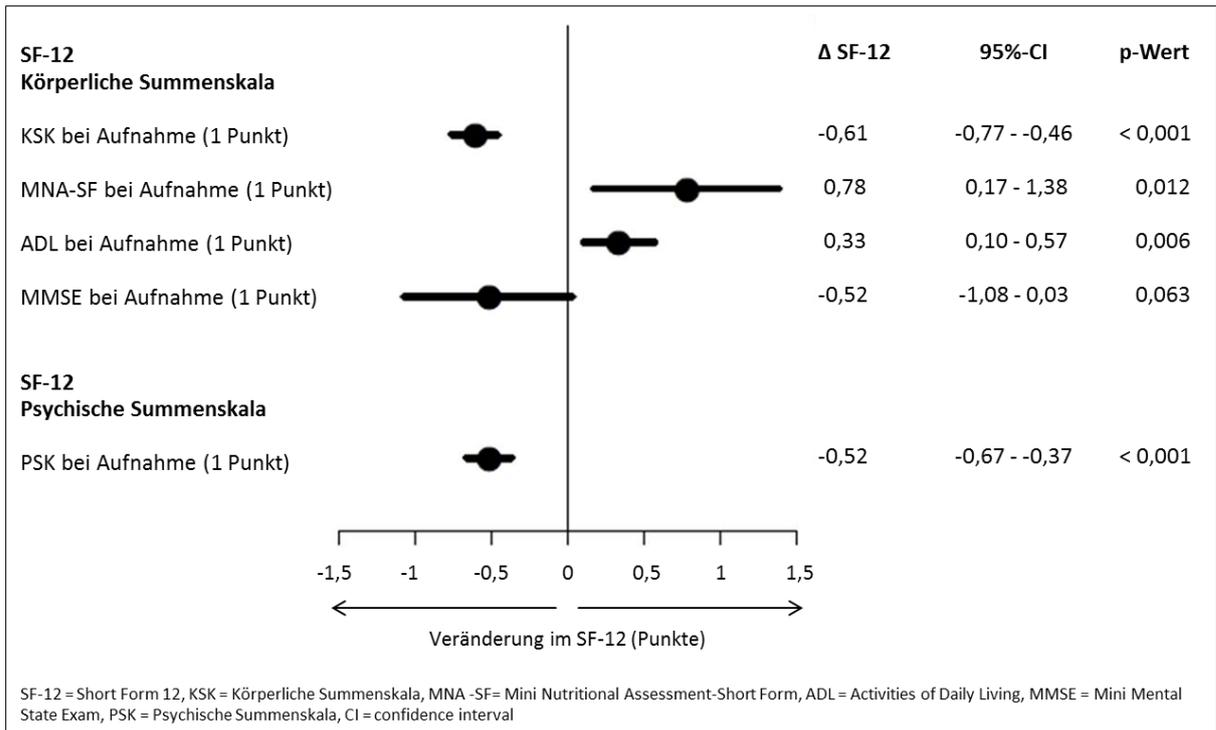


Abbildung 10: Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen und der psychischen Summenskala des SF-12 zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation (n = 119)

In der multivariaten Analyse für die Veränderung der psychischen Summenskala der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im SF-12 war der Ausgangswert der psychischen Summenskala zu Beginn der Rehabilitation der einzige Prädiktor. Dabei deutete ein besserer Ausgangswert mit jedem zusätzlichen Punkt auf eine mit 0,52 Punkten geringere Veränderung der psychischen Summenskala zwischen Beginn und Ende der Rehabilitation hin.

4 Diskussion

In der kardiologischen Rehabilitation mangelt es bisher an spezifischen und individuell angepassten Therapiekonzepten für die ältere Patientenpopulation. Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass auch hochbetagte Patienten nach elektiver kathetergestützter Aortenklappenkorrektur von einer standardisierten dreiwöchigen multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation profitiert haben. Insbesondere konnte die körperliche Leistungsfähigkeit und die gesundheitsbezogene Lebensqualität der Patienten verbessert sowie die Gebrechlichkeit und die Ängstlichkeit reduziert werden. Die Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation wurden dabei maßgeblich von einzelnen Parametern der Gebrechlichkeit wie dem Ernährungsstatus, der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Selbstständigkeit beeinflusst. Zudem hatten Alter, Körpergewicht und Bildung einen prädiktiven Wert. Konventionelle prognostische Parameter wie die anamnestischen Komorbiditäten, Parameter der Echokardiographie oder die ergometrische Belastbarkeit hingegen wiesen in dieser älteren Patientenpopulation keinen prognostischen Wert auf und spielen demnach hinsichtlich des Effekts der kardiologischen Rehabilitation eine untergeordnete Rolle. Des Weiteren sind die bestehenden, bereits in der Routineversorgung der kardiologischen Rehabilitation angewendeten Assessments für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des emotionalen Status der älteren Patienten zu überdenken und zeigen zusätzlich einen Bedarf an Veränderungen hinsichtlich der Schwerpunktsetzung der Therapiekonzepte und den dazugehörigen Zielvereinbarungen der kardiologischen Rehabilitation auf.

4.1 Zusammensetzung der Patientenpopulation

Alter und Geschlecht

In der Kostenträgerschaft einer Krankenkasse liegt der Anteil männlicher Patienten in der kardiologischen Rehabilitation in Deutschland bei ca. 77 % und das mittlere Alter bei ca. 72 Jahren [185]. Die kardiologische Rehabilitation wird insgesamt von den älteren Patienten trotz nachgewiesener positiver Effekte auf Mortalität, körperliche Leistungsfähigkeit und psychologische Risikofaktoren [186,187] noch immer in unzureichendem Maße in Anspruch ge-

nommen [188,189], obwohl sie, auch aufgrund des demographischen Wandels, in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen hat. Sie sollte allen für eine kardiologische Rehabilitation geeigneten Patienten empfohlen werden und erweist sich auch für die ältere Population als sicher und vorteilhaft [190-193]. Die Ärzte in den zuweisenden Krankenhäusern sollten dies bei ihren Zuweisungen in kardiologische Rehabilitationsmaßnahmen beachten und insbesondere ältere Patienten dazu ermutigen, Rehabilitationsprogramme wahrzunehmen. Dafür wären automatisierte Zuweisungsprozesse für die Akutkrankenhäuser hilfreich und notwendig [194,195].

Davon könnten insbesondere Frauen profitieren, da diese neben den älteren Patienten eine weitere unterrepräsentierte Gruppe in der kardiologischen Rehabilitation darstellen. Obwohl kardiovaskuläre Erkrankungen die häufigste Todesursachen für Frauen sind [196,197] und es derzeit deutlich mehr 80-jährige Frauen als Männer in Deutschland gibt [198], nehmen Frauen deutlich seltener als Männer kardiologische Rehabilitationsmaßnahmen in Anspruch [189,199-201]. Zudem sind Frauen per se in klinischen Studien noch immer stark unterrepräsentiert [202]. Faktoren, die zu einer geringeren Teilnahme von Frauen an kardiologischen Rehabilitationsmaßnahmen führen können, sind u.a. das Zuweisungsverhalten der betreuenden Ärzte oder ein geringer sozioökonomischer Status [203-206]. Gegebenenfalls spielen dabei auch private Gründe wie die Betreuung oder Versorgung von Familienangehörigen eine Rolle.

Gewicht und Ernährung

Drei Viertel der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patienten waren als unter- bzw. normalgewichtig zu klassifizieren. Dahingegen bestand bei einem Viertel der Patienten Übergewicht, was eine große Varianz des Körpergewichts in dieser Population aufzeigt. Da Übergewicht bei kardiovaskulären Erkrankungen nach Überleben der Akutphase zu einer besseren Prognose führt, wird von dem sogenannten Adipositas-Paradoxon gesprochen [207-209]. Gleichzeitig stellen Untergewicht und eine damit verbundene Mangelernährung bzw. auch Malabsorption von Ernährung im höheren Alter ein ernstzunehmendes Gesundheitsproblem dar und können einen negativen Einfluss auf die Funktionalität und die Lebensqualität haben [210]. Mangelernährung entsteht häufig aufgrund einer anderen bestehenden Krankheit und resultiert in einer zu geringen Aufnahme von Nahrung. Ursächlich können Appetitmangel,

eine unausgewogene Ernährung, Demenz, Schluck- und Kauprobleme sowie gastrointestinale Veränderungen (z. B. Vitamin B12-Mangel bei atrophischer Gastritis) sein [211]. Liegt eine klinisch relevante Mangelernährung vor, kann diese durch einen Gewichtsverlust des Patienten sowie eine Vielzahl unspezifischer und spezifischer körperlicher Symptome und Beschwerden erkannt werden. Wird sie frühzeitig erkannt, kann sie adäquat behandelt werden und ist reversibel [212], sodass sie in der kardiologischen Rehabilitation zwingend berücksichtigt werden sollte. Bei Patienten in der kardiologischen Rehabilitation mit einem Risiko für Mangelernährung sollte diese durch ein geeignetes Screening und eine gezielte körperliche Untersuchung frühzeitig diagnostiziert und eine adäquate Ernährungsintervention angesetzt werden [213]. Dabei können Maßnahmen zur Unterstützung einer oralen Ernährung, Nahrungsergänzung und Supplementierung in Betracht gezogen werden [214], sollten jedoch individuell angepasst werden.

Pflegebedürftigkeit

Zwei Drittel der in dieser Arbeit untersuchten Patienten lebten mit ihrem Partner oder ihrer Familie zusammen, ein Drittel lebte allein. Keiner der Patienten wohnte in einer betreuten Einrichtung oder in einem Pflegeheim, nur bei etwa jedem zehnten Patienten wurde die Pflegestufe I oder II anerkannt. Dies spricht insgesamt für eine hohe Anzahl an selbständigen Patienten. Obwohl die hochbetagten Patienten in der Lage waren, eine kardiologische Rehabilitation mit allen Therapiemaßnahmen zu absolvieren und demnach als mobil zu bezeichnen sind, ist nach dem Grundsatz „Reha vor Pflege“ gemäß SGB IX und SGB XI eine Aufgabe der kardiologischen Rehabilitation, die Pflegebedürftigkeit bei den bereits betroffenen Patienten zu verringern und bei den übrigen Patienten weiter hinauszuzögern. Insbesondere die geriatrische Rehabilitation scheint diesen im Gesetz verankerten Grundsatz bereits erfolgreich umgesetzt zu haben [215]. In der kardiologischen Rehabilitation jedoch fehlen dafür bisher jegliche Nachweise. Durch das Inkrafttreten des zweiten Pflegestärkungsgesetzes in Deutschland und der damit verbundenen Anpassung der Pflegestufen auf Pflegegrade und neuer Schwerpunktsetzung wurde das Pflegesystem erneuert und u. a. um den Pflegegrad 1 ergänzt. Damit wird die Ausrichtung an der Grundpflege durch eine Beurteilung nach der tatsächlichen Hilfsbedürftigkeit im Alltag ersetzt. Dieser Pflegegrad kann als Zwischenstufe zwischen einer bisher nicht vorhandenen Pflegebedürftigkeit und einer Pflegestufe 1 betrachtet werden.

Beim Pflegegrad 1 haben die Patienten und ihre Angehörigen bei einer geringen Beeinträchtigung der Selbstständigkeit bereits einen Anspruch auf halbjährige Beratungsbesuche und Pflegesachleistungen, z. B. für einen Pflegedienst [216]. Dies kann eine sinnvolle Ergänzung zur Beurteilung der Pflegebedürftigkeit, insbesondere für die in der vorliegenden Arbeit untersuchten und weitestgehend selbstständigen Patienten, darstellen und ist insbesondere für den Sozialdienst der kardiologischen Rehabilitation hinsichtlich der zu stellenden Anträge eine neue Herausforderung in der Beratung der Patienten.

Multimorbidität

Auch die Anzahl der anamnestisch erhobenen Komorbiditäten bzw. die Multimorbidität, welche ein Kennzeichen vieler inoperabler Hochrisikopatienten ist [5], spiegelt die Besonderheit der untersuchten Patientenpopulation für die kardiologische Rehabilitation wider. Annähernd die Hälfte der Patienten wies drei oder mehr Komorbiditäten auf, sodass eine individuelle Betrachtung der Patienten sowohl aus ärztlicher als auch aus therapeutischer Sicht aufgrund der Bedarfe der hochbetagten Patienten unumgänglich ist. Gegebenenfalls sollten dabei Arztvisiten bzw. Patientenbesuche aufgrund der Multimorbidität und der intensiven medikamentösen Behandlung häufiger stattfinden als bei anderen Patienten. Dabei sollten insbesondere die bei den untersuchten Patienten am häufigsten aufgetretenen Komorbiditäten, die koronare Herzkrankheit (bei 67 %), die Nierenfunktionsstörung (bei 49 %), die periphere arterielle Verschlusskrankheit (bei 24 %) sowie der Diabetes mellitus (bei 40 %) berücksichtigt werden. Bei einem Viertel der Patienten lag eine Arthrose bzw. eine Arthritis vor. Für die Durchführung von Untersuchungen des funktionalen Zustandes bzw. der körperlichen Leistungsfähigkeit ist diese Komorbidität von hoher Relevanz, da einige Assessments wie eine Belastungs-Ergometrie oder manche Trainingseinheiten von diesen Patienten ggf. aufgrund von Schmerzen in den betroffenen Gelenken nicht durchgeführt werden können [120].

Prä- und perioperative Parameter

Die untersuchten Patienten sind einer Patientengruppe mit mittlerem Operationsrisiko zuzuordnen, da der präinterventionell erhobene EuroSCOREs im Mittel bei 16 % lag. Laut aktueller internationaler Leitlinien wird erst ab einem EuroSCORE von 20 % und einem damit ver-

bundenen hohen Operationsrisiko ein kathetergestützter Aortenklappenersatz empfohlen [8]. Auch in der Gesamtpopulation von 344 Patienten, aus der sich die untersuchte Subgruppe mit den 136 an der kardiologischen Rehabilitation teilnehmenden Patienten ergab (vgl. Abbildung 5), lag der EuroSCORE im Mittel bei nur 17 % [217]. Dieser Selektionsbias spiegelt sich ebenso in dem prognostisch mit besseren Outcomes verbundenen [30,218] transfemorale Zugangswege, der bei 96 % der Patienten genutzt wurde, wider.

Es ist weiterhin möglich, dass die Patienten mit einem höheren Operationsrisiko auch nach der kathetergestützten Aortenklappenimplantation noch einen schlechteren körperlichen Status aufwiesen und der geriatrischen Rehabilitation zugewiesen wurden. Eigene Daten haben bereits gezeigt, dass ca. 17 % der Patienten der geriatrischen Rehabilitation zugewiesen wurden. Diese Patienten wiesen einen präinterventionellen EuroSCORE von im Mittel 23 % auf, waren im Vergleich zu den kardiologischen Rehabilitanden signifikant älter und erreichten ebenso signifikant geringere präinterventionelle Werte im 6MWT [217]. Da es in Deutschland bislang keine Richtlinien für die Zuweisung von kardiologischen Patienten entweder in geriatrische oder kardiologische Rehabilitationskliniken gibt, ist zu mutmaßen, dass die Entscheidung der zuweisenden Ärzte maßgeblich von Mobilitäts- und Selbstständigkeitseinschätzungen, z. B. anhand des präinterventionell erhobenen Barthel-Indexes, oder persönlichen Einschätzungen des Arztes zum funktionellen Zustand des Patienten vorgenommen werden. Gegebenenfalls spielt dabei auch der EuroSCORE bei der Entscheidung des Zuweisungsweges für Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur eine Rolle.

4.2 Gebrechlichkeit

Die Gebrechlichkeit geht mit einer altersbedingten Schwächung bzw. dem Verlust verschiedener Faktoren und Prozesse einher. Dazu gehören eine eingeschränkte Funktionalität und ein Verlust von physiologischen Reserven in mehreren Organen oder Organsystemen. Die pathophysiologischen Mechanismen, die dieser Verschlechterung zugrunde liegen, beinhalten körpereigene Entzündungsmechanismen, Störungen des Neurohumoralsystems sowie des Stoffwechsels [219]. Als eine Basis des Alterungsprozesses gilt ebenso die molekulare Imbalance [220].

Die Gebrechlichkeit ist demnach, ausgehend von dem physiologischen Alterungsprozess [221], ein multidimensionales Konstrukt. Die Dimensionen der Gebrechlichkeit setzen sich aus physischen, psychologischen und sozialen Faktoren zusammen, wobei zwei sich ergänzende Modelle der Gebrechlichkeit mit verschiedenen Herangehensweisen unterschieden werden [62], um sich dem Konstrukt Gebrechlichkeit zu nähern: das primäre sogenannte Phänotyp-Modell nach Fried et al. [70], dem als biologisches Modell die Veränderungen von Energieaufnahme und -umsatz zugrunde liegen, und das sekundäre Modell der Gebrechlichkeit nach Rockwood und Mitnitski [71], welches eine Ansammlung von physischen, sozialen und kognitiven Funktionseinschränkungen als Grund für phänotypische Veränderungen beschreibt (vgl. Kapitel 1.4). Letzteres Modell mit seinem Schwerpunkt auf Funktionen und Einschränkungen gleicht damit dem Konzept der ICF für die medizinische Rehabilitation in Deutschland mit ihrem bio-psycho-sozialen Modell, bei dem die Krankheiten und Krankheitsfolgen vor dem Hintergrund der Lebenswelt des betroffenen Menschen betrachtet werden (vgl. Kapitel 1.5).

Die Notwendigkeit, die Gebrechlichkeit als Gesamtkonstrukt zu berücksichtigen, wird derzeit kontrovers diskutiert [222]. Eine internationale Expertengruppe [66] empfiehlt, ein Screening auf Gebrechlichkeit nur bei Menschen ab 70 Jahren durchzuführen, die im letzten Jahr fünf oder mehr Prozent ihres Gewichts verloren haben.

Prävalenz der Gebrechlichkeit

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand des Frailty-Indexes von Stortecky et al. [79] eine Prävalenz der Gebrechlichkeit bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur und anschließender kardiologischer Rehabilitation von ca. 37 % aufgezeigt. Bisher existieren keine vergleichbaren Daten zur Prävalenz von Gebrechlichkeit in dieser Patientenpopulation. Aus eigenen Daten [217] geht jedoch hervor, dass der präinterventionell erhobene Frailty-Index der Patienten bei ca. 46 % lag. Diese Werte sind vergleichbar mit den ebenfalls präinterventionellen Werten von 49 % bei Stortecky et al. [79]. Der kardiologischen Rehabilitation werden weniger gebrechliche Patienten zugewiesen. Es ist anzunehmen, dass die Mehrzahl gebrechlicher Patienten in die geriatrische Rehabilitation verlegt wurde, denn diese Patienten wiesen zu 75 % einen erhöhten präinterventionellen Frailty-Index auf. Da der in der vorliegenden Untersuchung genutzte Index das bis dato einzige multidimensionale Instrument

zur Erfassung von Gebrechlichkeit bei Patienten mit kathetergestütztem Aortenklappenersatz im deutschsprachigen Raum war, jedoch bisher nur präinterventionell erhoben wurde, existieren keine Vergleichswerte zur Prävalenz bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur mit anschließender kardiologischer Rehabilitation. Im Jahr 2014 wurde ein weiterer Index zur Einschätzung von Gebrechlichkeit bei TAVI-Patienten veröffentlicht, der bisher jedoch ebenso nur präinterventionell zu prognostischen Zwecken erhoben wurde [223].

Gebrechlichkeit im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

Die Gebrechlichkeit konnte im Verlauf des dreiwöchigen Aufenthaltes in der stationären kardiologischen Rehabilitation bereits durch die signifikante Verbesserung einzelner Teilkomponenten reduziert werden. Im Wesentlichen handelte es sich dabei um die kognitive Leistungsfähigkeit, den Ernährungsstatus und die Mobilität. Die ohnehin bereits als hoch einzuordnenden Werte im Bereich der Selbstständigkeit und der instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens hingegen waren kaum noch zu verbessern und waren demnach in dieser Population nicht therapiebedürftig. Die Untersuchung wesentlicher relevanter Faktoren der Gebrechlichkeit, wie die kognitive Leistungsfähigkeit, die Ernährung und die Mobilität, sollte demgemäß zwingend in den Klinikalltag der kardiologischen Rehabilitation integriert werden.

4.3 Emotionaler Status und gesundheitsbezogene Lebensqualität

Ängstlichkeit und Depressivität im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

Das mittels der HADS erhobene Ausmaß der Ängstlichkeit und Depressivität der Patienten nach kathetergestütztem Aortenklappenersatz und anschließender kardiologischer Rehabilitation konnte im dreiwöchigen Verlauf im Mittel verringert werden. Sowohl die Werte der Ängstlichkeit als auch die der Depressivität lagen im Bereich von vier bis fünf Punkten und lassen sich somit mit den Daten von Völler et al. [112] vergleichen. Sie waren damit etwas geringer als die Normwerte der Normalbevölkerung, die bei fünf Punkten in der Ängstlichkeit und sechs Punkten in der Depressivität liegen [180]. Dies deutet darauf hin, dass die Ängstlichkeit und die Depressivität, deren Werte insgesamt deutlich unter den Cutoff-Werten von 10 Punkten [180] lagen, in dieser Population nicht therapiebedürftig sind. Unterstützend

kommt hinzu, dass für Ängstlichkeit und Depressivität nur jeder zehnte Patient einen auffälligen Cutoff-Wert aufwies und dementsprechend nur bei diesen Patienten eine psychologische Beratung und Betreuung indiziert war.

Gesundheitsbezogene Lebensqualität im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

Auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität der Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur konnte im Verlauf der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation signifikant verbessert werden. Dabei konnten die Werte der körperlichen Summenskala im SF-12 zum Ende der Rehabilitation auf 38 Punkte und die der psychischen Summenskala auf 50 Punkte gesteigert werden, welche exakt den Normwerten für Menschen ab 75 Jahren entsprechen [170]. Das bedeutet zwar, dass die Patienten hinsichtlich ihrer gesundheitsbezogenen Lebensqualität am Ende der Rehabilitation einen guten Status erreichen, jedoch zu Beginn der Rehabilitation bei jeweils etwa drei Punkten unter dem Normwert pro Skala ein Augenmerk auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität gelegt werden sollte. Die Gründe für die Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der kardiologischen Rehabilitation lassen sich jedoch nicht direkt schlussfolgern. Schließlich gibt es keine Intervention oder Therapie, die gezielt auf die Verbesserung der Lebensqualität hinwirkt, wie es beispielsweise bei dem physischen Training zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Fall ist.

Der SF-12 wird als Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität für hochbetagte Patienten mit kathetergestützter Aortenklappenkorrektur als Endpunkt empfohlen [35] und dient als relevantes Instrument für die Abschätzung des Erfolges von kathetergestützten Aortenklappenimplantationen, insbesondere im Langzeitverlauf über sechs oder zwölf Monate [128]. Auch die Langform des Fragebogens, der SF-36, wurde bereits erfolgreich in einem Ein-Jahres Follow-Up bei älteren Patienten mit chirurgischem Aortenklappenersatz genutzt [224]. Der SF-12 wird jedoch im Setting der kardiologischen Rehabilitation in dieser Patientengruppe routinemäßig bisher noch nicht angewendet. Aufgrund der zeitökonomischen Durchführung wäre es möglich, diese verkürzte Variante des SF-36 als einen Erfolgsparameter für die hochbetagten Patienten in der kardiologischen Rehabilitation heranzuziehen. Es ist jedoch zu bedenken, dass der SF-12 zwar in der geringeren Dauer der Durchführung seine Vorteile hat, jedoch krankheitsspezifische Dimensionen fehlen. Als Alternative könnte der MLHFQ [58] genutzt werden, der bereits Anwendung bei Patienten mit katheter-

gestütztem Aortenklappenersatz gefunden hat [129,225,226]. Dieser Fragebogen hat einzelne spezifische Items zur Herzinsuffizienz und könnte die Bedarfe dieser speziellen Patientenpopulation ggf. besser abbilden. Des Weiteren hat sich der MLHFQ auch als Instrument zur Einschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im internationalen Setting der kardiologischen Rehabilitation bereits bewährt [227].

Prädiktoren für die Veränderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität

In der vorliegenden Arbeit wurde eine multivariate Analyse durchgeführt, in der Prädiktoren für die Veränderung der subjektiv für ältere Patientenpopulation relevanten gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation identifiziert wurden. Dabei wiesen die kognitive Leistungsfähigkeit, die Selbstständigkeit und der Ernährungsstatus eine besondere Bedeutung auf. Klassische kardiologische Parameter wie z. B. die mit der Echokardiographie ermittelte linksventrikuläre Ejektionsfraktion oder die maximale Belastbarkeit aus der Belastungs-Ergometrie waren hingegen nicht mit den Veränderungen der Parameter der Lebensqualität assoziiert. Das bedeutet, dass in diagnostischer und auch in therapeutischer Hinsicht für die hochbetagten Patienten neue Schwerpunkte hinsichtlich ihrer Bedarfe gesetzt werden müssen und der Fokus dabei auf die Untersuchung und die Therapie der kognitiven Leistungsfähigkeit, der Selbstständigkeit und der Ernährung gelegt werden sollte. Mangelernährung beispielsweise (vgl. Kapitel 4.1) gilt als die wichtigste Komorbidität bei Demenzerkrankungen [214], sodass diese beiden Faktoren nicht unabhängig voneinander zu betrachten sind und jeder betroffene Patient eine eingehende Diagnostik in beiden Bereichen erhalten sollte.

4.4 Körperliche Leistungsfähigkeit

Die Verbesserung der aeroben Ausdauerfähigkeit und somit der körperlichen Leistungsfähigkeit der Patienten ist ein wesentliches Ziel der kardiologischen Rehabilitation und in den internationalen wie auch nationalen Leitlinien verankert [102,105]. In der vorliegenden Arbeit konnten sowohl die maximale körperliche Leistungsfähigkeit in der Belastungs-Ergometrie als auch die funktionale körperliche Leistungsfähigkeit im 6-Minuten Gehstest im Verlauf der dreiwöchigen kardiologischen Rehabilitation signifikant verbessert werden.

Körperliche Leistungsfähigkeit im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

Beim 6-Minuten Gehstest ließen sich mit 280 m zu Beginn und 335 m am Ende der Rehabilitation vergleichbare Werte wie bei Völler et al. [112] finden, waren jedoch leicht höher als die Werte von Zanettini et al. [113] und Russo et al. [114], bei denen sich die Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation von 210 auf 275 m verbesserten. Erklärungen dafür könnten der Zeitpunkt der Rehabilitation nach dem Eingriff, die Dauer und die spezifischen Inhalte der Rehabilitationsmaßnahmen, die sich europaweit stark unterscheiden, sein.

Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit

In einer multivariaten Analyse wurden Prädiktoren für die Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke identifiziert. Diese Ergebnisse geben einen weiteren Hinweis auf die Besonderheit der untersuchten Population. Sowohl das Alter als auch die Bildung der hochbetagten Patienten wiesen einen negativen prädiktiven Wert auf, ein hoher BMI ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$) und eine höhere kognitive Leistungsfähigkeit einen positiven. Während die Tatsache, dass ein höheres Alter mit einer geringeren Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit einhergeht, noch verständlich ist, bleibt der negative Einfluss der höheren Schulbildung überraschend und steht im Gegensatz zum öffentlichen Diskurs [228-230]. Es ist jedoch zunächst festzuhalten, dass die Erfassung von mehr oder weniger als zwölf absolvierten Schuljahren als binäre Variable in der vorliegenden Untersuchung nicht zielführend war. Es ist anzunehmen, dass die älteren Menschen der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patienten in der Brandenburger Region und somit in der Deutschen Demokratischen Republik aufgewachsen sind und dort der höchst zu erreichende Schulabschluss bereits nach zwölf Jahren erreicht war. Ein anderer Aspekt wäre, dass besser gebildete Menschen im höheren Alter eine höhere psychische Hemmschwelle haben, um sich bei einem körperlichen Test, begleitet und beobachtet von Ärzten oder Therapeuten, auszulasten. Demnach könnte diese mentale Komponente, die in dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet wurde, ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen.

Es ist zunächst ebenso fragwürdig, dass Adipositas zu einer größeren Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit führt. Dies lässt sich jedoch gegebenenfalls durch das bereits thematisierte Adipositas-Paradoxon erklären (vgl. Kapitel 4.1) [207,208].

Klassische kardiologische Parameter wie die mittels der Echokardiographie erhobene link-ventrikuläre Ejektionsfraktion oder die maximale Belastbarkeit in der Belastungs-Ergometrie waren, genau wie bei der multivariaten Analyse zur Veränderung der Lebensqualität, nicht mit der Veränderung der 6-Minuten Gehstrecke assoziiert, sodass auch hier in diagnostischer und therapeutischer Hinsicht für die hochbetagten Patienten neue Schwerpunkte gesetzt werden müssen. Eine besondere Berücksichtigung sollten dabei die Untersuchung und Therapie der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Ernährung (vgl. Kapitel 4.1) der hochbetagten Patienten erfahren. Jüngst wurde bereits von europäischen Experten thematisiert [62], dass hochbetagte und gebrechliche oder von Gebrechlichkeit bedrohte Menschen eine spezifische Rehabilitation brauchen und dabei eine Zusammenarbeit von Geriatern und Kardiologen in der Rehabilitation notwendig ist. Dafür gilt es nun, die geeigneten Assessments und Therapien zu entwickeln und diese in die Praxis der kardiologischen Rehabilitation zu implementieren.

Maximale Belastbarkeit im Verlauf der kardiologischen Rehabilitation

Die Werte der Belastungs-Ergometrie zu Beginn und zum Ende der kardiologischen Rehabilitation sind mit den retrospektiven Ergebnissen von Völler et al. [112] zu vergleichen und liegen mit 51 W zu Beginn und 59 W zum Ende der Rehabilitation in einem ähnlichen Bereich. Anhand der maximalen Herzfrequenz, die in der vorliegenden Studie bei ca. 105 bpm lag, ist jedoch zu vermuten, dass die Patienten bei der Belastungs-Ergometrie nicht maximal ausbelastet wurden. Ein weiteres Indiz dafür ist die hier erreichte Belastungsdauer von fünf bis sieben Minuten. Diese beiden Werte liegen deutlich unter den Vorgaben der internationalen Leitlinien für die Durchführung von Belastungs-Untersuchungen bei Älteren, die eine maximale altersadjustierte Herzfrequenz von 220 bpm minus dem Alter des Patienten empfiehlt. Diese sollte demgemäß in dieser Population von etwa 80-jährigen Patienten bei 140 bpm liegen. Ebenso wird eine Belastungsdauer von acht bis zwölf Minuten empfohlen [120]. Wird mit den Patienten ein moderates Ausdauertraining laut aktueller Leitlinien [102] mit einer Trainingsherzfrequenz von etwa 40 - 80 % der maximalen Herzfrequenz durchgeführt, müsste die Trainingsherzfrequenz der in dieser Arbeit untersuchten Patienten zwischen 42 und 84 bpm liegen. Dies würde womöglich für jeden Patienten eher eine Reduktion als einen Anstieg seiner Ruheherzfrequenz bedeuten und stellt die Verwendung der maximalen Herzfrequenz in der Belastungs-Ergometrie als Instrument zur Trainingssteuerung in hohem Maße in Frage.

Nutzbarkeit der Assessments

Nur annähernd 70 % der Patienten waren zu Beginn der Rehabilitation in der Lage, eine Belastungs-Ergometrie durchzuführen, am Ende der Rehabilitation nur ca. 60 %. Dieser Anteil hingegen war beim 6-Minuten Gehstest deutlich höher: Zu Beginn der Rehabilitation wurde der Test von etwa 90 %, zum Ende der Rehabilitation noch immer von 85 % der Patienten durchgeführt. Hinzu kommt, dass in der vorliegenden Untersuchung ohnehin insgesamt neun von zehn Patienten aufgrund der geringeren Leistung zu Beginn der Rehabilitation der Übungsgruppe zugeordnet wurden. Dieses Ergebnis lässt an der Relevanz der Belastungs-Ergometrie für den Zweck der Einordnung dieser älteren Patienten in verschiedene Trainingsgruppen zweifeln.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in der kardiologischen Rehabilitation ein Umdenken hinsichtlich der Verwendbarkeit der bisher routinemäßig genutzten Belastungs-Ergometrie für die Erfassung von körperlicher Leistungsfähigkeit stattfinden muss. Gegebenenfalls ist in dieser hochbetagten Patientenpopulation aufgrund der dargestellten Ergebnisse beispielsweise der 6-Minuten Gehstest der Belastungs-Ergometrie vorzuziehen, da die funktionalen Bewegungen und Kräfteverhältnisse des Gehens, die beim 6-Minuten Gehstest angewendet und getestet werden, ohnehin dem Alltagsverhalten von älteren Menschen eher entsprechen als das Fahrradfahren. Es wäre zwar alternativ möglich, eine Belastungs-Ergometrie von den hochbetagten Patienten auf einem Laufband-Ergometer oder einem Handkurbel-Ergometer durchführen zu lassen, jedoch ist diese Art von Belastungsuntersuchung inklusive notwendiger Ausrüstung in den deutschen kardiologischen Rehabilitationskliniken kaum vorhanden und wird in Europa ohnehin deutlich seltener angewendet als beispielsweise in den USA [102,120]. Der 6-Minuten Gehstest ist hingegen mit weniger instrumentellem Aufwand verbunden, da dafür keine speziellen Räume genutzt oder Geräte gekauft und gewartet werden müssen. Insofern kann die Möglichkeit der Verwendung einfach durchzuführender Gehstests insbesondere in der Evaluation der körperlichen Leistungsfähigkeit bei älteren oder gebrechlichen Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung angewendet werden, auch da sie sich in dieser Population bereits bewährt haben [132,231,232].

Für die Erfassung des funktionalen Zustandes der hochbetagten Menschen durch Ärzte und Therapeuten ist es ebenso notwendig, in der kardiologischen Rehabilitation hinsichtlich der körperlichen Bedarfe der älteren Patienten andere Assessments, beispielsweise aus der Geriat-

rie, zu nutzen. Auch sollte dabei der Sarkopenie, dem Verlust von sensorischen und motorischen Nervenzellen, der Volumenreduktion von gleichgewichtsregulierenden Hirnarealen sowie im neuromuskulären System [233] und der damit einhergehenden verminderten posturalen Kontrolle von Senioren mehr Beachtung geschenkt werden. Unter posturaler Kontrolle wird die Kontrolle der Position der Körpers in einem Raum verstanden, bei der das Ziel die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts und der Orientierung ist [234]. Besonders relevant ist die posturale Kontrolle im Hinblick auf die Sturzgefahr bei älteren Menschen, da diese ab einem Alter von ca. 60 Jahren im Mittel mindestens einmal im Jahr stürzen und die Rate der Stürze mit zunehmendem Alter weiter ansteigt [235]. Gebrechliche Patienten sind dabei besonders gefährdet und stürzen um ein Vielfaches häufiger [236]. Dafür kann es einerseits extrinsische Ursachen (umweltbezogene), intrinsische (personenbezogene) oder eine Kombination beider Ursachen geben. Häufig sind dabei die Stürze bei älteren Menschen, abgesehen von Unfällen, jedoch auf intrinsische Ursachen wie zum Beispiel Muskelschwäche, Gangunsicherheiten und Gleichgewichtsdefizite zurückzuführen [237]. Die Sturzprävention stellt daher eine bedeutende Maßnahme für den Erhalt von Mobilität, Gesundheit, Selbstständigkeit und Lebensqualität im Alter dar [238]. Assessments, die die posturale Kontrolle fokussieren, sind daher von zentraler Bedeutung.

Empfehlungen für alternative Assessments zur Erfassung des funktionalen Zustandes

Zur Einschätzung des Kraft- und Mobilitätszustandes oder der Verlaufsbeurteilung von älteren Patienten könnten Assessments zur Mobilität, wie der bereits in der vorliegenden Arbeit im Rahmen des Frailty-Indexes genutzte Timed-Up-and-Go-Test [155], ein Five-Times-Chair-Rise-Test zur Bestimmung der funktionalen Beinkraft [239], ein Einbeinstand zur Beurteilung der Standstabilität [240], die Gehgeschwindigkeit zur Beurteilung der Gangstabilität [241] oder die Messung der Hand- bzw. Greifkraft als Marker für maximale Muskelkraft [242] genutzt werden. Diese Assessments wären, genau wie ein 6-Minuten Geh-test, ohne große Apparaturen kostengünstig und flexibel innerhalb der kardiologischen Rehabilitationsklinik durchführbar und könnten ebenso als Verlaufsparemeter eingesetzt werden.

Trainingsempfehlungen

Als körperliches Training für die Sturzprophylaxe kann ein spezifisches Gleichgewichtstraining mit Übungen zur Schulung des statischen und dynamischen Gleichgewichts durchgeführt werden, bei dem für eine stetig steigende Intensität beispielsweise die Unterstützungsfläche verkleinert werden kann (vom bipedalen Stand zum Einbeinstand), der sensorische Input verkleinert werden kann (Augen sind offen/geschlossen oder der Patient steht auf einer stabilen/instabilen Unterlage) oder kognitive Störaufgaben (Rückwärtszählen oder Ball prellen) integriert werden können [238]. Insgesamt ist jedoch eine Verbindung aus Gleichgewichts- und Krafttraining in der Sturzprophylaxe am effektivsten und kann die Anzahl von Stürzen verringern [243]. Dafür sollte zusätzlich ein Krafttraining, insbesondere zur Kräftigung der unteren Extremitäten und der Stabilisierung des Rumpfes, durchgeführt werden [183]. Um eine ausreichende Intensität gewährleisten zu können, sind verschiedene methodische Veränderungen der Übungen möglich, z. B. das Wechseln von ein- zu mehrgelenkigen, von isometrischen zu dynamischen Übungen, von Übungen mit kurzem zu langem Hebel und von Übungen mit langsamen zu Übungen mit hohen Geschwindigkeiten [238]. Insgesamt hat ein Krafttraining für ältere Menschen neben der Kräftigung und Stabilisierung der Skelettmuskulatur zur Sturzprophylaxe weitere positive Effekte, z. B. auf den Insulinspiegel bei Diabetikern sowie auf den Blutdruck. Weiterhin führt es zu einer Verringerung des Körperfettanteils und kann das Osteoporoserisiko verringern [244,245]. Diese Faktoren sind auch in der untersuchten Patientenpopulation mit ihren vielen Komorbiditäten von großer Relevanz.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass auch hochbetagte Patienten nach elektiver kathetergestützter Aortenklappenkorrektur von einer standardisierten dreiwöchigen multidisziplinären kardiologischen Rehabilitation profitieren. Des Weiteren wurden Empfehlungen hinsichtlich zu implementierender Assessments und Therapien, vorrangig im Bereich der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität der älteren Patienten, gegeben. Die vorliegende Arbeit konnte dahingehend eine Lücke schließen und einen Beitrag zur Forschung in der kardiologischen Rehabilitation liefern.

Aufgrund des demographischen Wandels in den Industrienationen ist zu erwarten, dass sich der Anteil älterer Patienten in der kardiologischen Rehabilitation weiter erhöht, woraus auch ein erhöhter Forschungsbedarf zu dieser Patientenpopulation resultiert. Dabei stehen neben Patienten nach chirurgischen Eingriffen insbesondere die Patienten nach kathetergestütztem Klappenersatz im Vordergrund. Durch die Weiterentwicklung der interventionellen Kathedertechniken und der Kompetenzen der verantwortlichen Ärzte werden dabei neben der kathetergestützten Aortenklappenimplantation auch Verfahren zum interventionellen Ersatz der Mitralklappe, das Mitraclip-Verfahren, sowie neue Techniken zum Ersatz der Trikuspidalklappe und der Pulmonalklappe von Bedeutung sein.

Es ist zu erwarten, dass die Anzahl älterer Patienten in der kardiologischen Rehabilitation durch den demographischen Wandel weiter steigt. Demgemäß sollten hinsichtlich der spezifischen Bedarfe dieser älteren Population ein Kraft- und Gleichgewichtstraining und eine individualisierte Ernährungstherapie sowie die dazugehörigen Assessments implementiert werden.

6 Limitationen

In der vorliegenden Arbeit sind Limitationen zu berücksichtigen. Zunächst fehlte ein randomisiert kontrolliertes Studiendesign mit einer Kontrollgruppe, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über eine Patientengruppe treffen zu können. Als eine Folge der Gesetzgebung in Deutschland, die jedem Patienten das Recht auf eine Anschlussheilbehandlung nach einem akuten Ereignis einräumt, ist es jedoch kaum möglich, Patienten in der Rehabilitationsforschung einer Kontrollgruppe zuzuordnen. Eine Ausnahme wäre, dass die Patienten dazu einverstanden wären und auf ihr Recht auf eine Rehabilitationsmaßnahme verzichten.

Ebenso sind die Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Rehabilitationssysteme nicht direkt in andere europäische Länder übertragbar.

In der untersuchten Patientenpopulation wurden keine Informationen über den klinischen Verlauf der TAVI-Prozedur sowie keine echokardiographischen Daten vom Ende der Rehabilitation, welche einen Einfluss auf die Dynamik des funktionalen Status der Patienten haben könnten, in die multivariaten Analysen einbezogen.

Des Weiteren konnte in die Studie nur ein Teil der geeigneten elektiven Patienten eingeschlossen werden, was einen Positiv-Selektionsbias nicht ausschließt. Die Patienten, die der kardiologischen Rehabilitation zugewiesen wurden, wiesen ein hohes Maß an Mobilität und Selbstständigkeit auf, sodass die Ergebnisse dieser Studie nicht per se auf Patienten mit kathetergestützter Aortenklappenkorrektur zu übertragen sind.

Weiterhin war die Anzahl adipöser Patienten in dieser Studie sehr gering, sodass keine generellen Aussagen über die Rolle des Körpergewichts getätigt werden können, sondern diese nur als Ansatz und als Tendenz zu verstehen sind.

Zuletzt wurde die Schulbildung dieser Generation mit der Unterteilung bei zwölf Schuljahren Jahren nicht zielführend erhoben und sollte differenzierter erfasst werden.

Literaturverzeichnis

1. Carabello BA, Paulus WJ. Aortic stenosis. *Lancet* 2009;373:956-66.
2. Rosenhek R, Zilberszac R, Schemper M et al. Natural history of very severe aortic stenosis. *Circulation* 2010;121:151-6.
3. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet* 2006;368:1005-11.
4. Statistisches Bundesamt. 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland, Altersaufbau 2050. Zugriff am 15.11.2016 unter <https://www.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2050>.
5. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2014;129:e521-e643.
6. Cosmi JE, Kort S, Tunick PA et al. The risk of the development of aortic stenosis in patients with "benign" aortic valve thickening. *Arch Intern Med* 2002;162:2345-7.
7. Lewin MB, Otto CM. The bicuspid aortic valve: adverse outcomes from infancy to old age. *Circulation* 2005;111:832-4.
8. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012): the Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;42:S1-44.
9. Clark MA, Arnold SV, Duhay FG et al. Five-year clinical and economic outcomes among patients with medically managed severe aortic stenosis: results from a Medicare claims analysis. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2012;5:697-704.
10. Leon MB, Smith CR, Mack M et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010;363:1597-607.
11. Genereux P, Head SJ, Wood DA et al. Transcatheter aortic valve implantation 10-year anniversary: review of current evidence and clinical implications. *Eur Heart J* 2012;33:2388-98.

12. Moat NE, Ludman P, de Belder MA et al. Long-term outcomes after transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with severe aortic stenosis: the U.K. TAVI (United Kingdom Transcatheter Aortic Valve Implantation) Registry. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:2130-8.
13. Ussia GP, Barbanti M, Petronio AS et al. Transcatheter aortic valve implantation: 3-year outcomes of self-expanding CoreValve prosthesis. *Eur Heart J* 2012;33:969-76.
14. Agarwal S, Tuzcu EM, Krishnaswamy A et al. Transcatheter aortic valve replacement: current perspectives and future implications. *Heart* 2015;101:169-77.
15. Gilard M, Eltchaninoff H, Iung B et al. Registry of transcatheter aortic-valve implantation in high-risk patients. *N Engl J Med* 2012;366:1705-15.
16. Kapadia SR, Leon MB, Makkar RR et al. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement compared with standard treatment for patients with inoperable aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:2485-91.
17. Mack MJ, Leon MB, Smith CR et al. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement or surgical aortic valve replacement for high surgical risk patients with aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:2477-84.
18. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002;106:3006-8.
19. Gaede L, Blumenstein J, Kim W-K et al. Trends in aortic valve replacement in Germany in 2015: transcatheter versus isolated surgical aortic valve repair. *Clinical Research in Cardiology* 2017;106:1-9.
20. Osnabrugge RL, Mylotte D, Head SJ et al. Aortic stenosis in the elderly: disease prevalence and number of candidates for transcatheter aortic valve replacement: a meta-analysis and modeling study. *J Am Coll Cardiol* 2013;62:1002-12.
21. Eggebrecht H, Mehta RH. Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) in Germany 2008-2014: on its way to standard therapy for aortic valve stenosis in the elderly? *EuroIntervention* 2016;11:1029-33.
22. Van Mieghem NM, van der Boon RM, Nuis RJ et al. Cause of death after transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014;83:E277-82.
23. Smith CR, Leon MB, Mack MJ et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med* 2011;364:2187-98.

24. Kodali SK, Williams MR, Smith CR et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med* 2012;366:1686-95.
25. Leon MB, Smith CR, Mack MJ et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* 2016;374:1609-20.
26. Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med* 2014;370:1790-8.
27. Reardon MJ, Adams DH, Kleiman NS et al. 2-Year Outcomes in Patients Undergoing Surgical or Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2015;66:113-21.
28. Deeb GM, Reardon MJ, Chetcuti S et al. 3-Year Outcomes in High-Risk Patients Who Underwent Surgical or Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2016;67:2565-74.
29. Thyregod HG, Steinbruchel DA, Ihlemann N et al. Transcatheter Versus Surgical Aortic Valve Replacement in Patients With Severe Aortic Valve Stenosis: 1-Year Results From the All-Comers NOTION Randomized Clinical Trial. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:2184-94.
30. Siontis GC, Praz F, Pilgrim T et al. Transcatheter aortic valve implantation vs. surgical aortic valve replacement for treatment of severe aortic stenosis: a meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J* 2016;37:3503-12.
31. Beckmann A, Funkat AK, Lewandowski J et al. German Heart Surgery Report 2015: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 2016;64:462-74.
32. Holmes DR, Jr., Mack MJ, Kaul S et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS expert consensus document on transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:1200-54.
33. Roques F, Michel P, Goldstone AR et al. The logistic EuroSCORE. *Eur Heart J* 2003;24:881-2.
34. O'Brien SM, Shahian DM, Filardo G et al. The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac surgery risk models: part 2--isolated valve surgery. *Ann Thorac Surg* 2009;88:S23-42.
35. Kappetein AP, Head SJ, Genereux P et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: the Valve Academic Research Consortium-2 consensus document. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:6-23.

36. Wenaweser P, Stortecky S, Schwander S et al. Clinical outcomes of patients with estimated low or intermediate surgical risk undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J* 2013;34:1894-905.
37. Ibrahim K, Quick S, Strasser RH. Kathetergestützter Aortenklappenersatz. *Kardio up* 2012;08:266-272.
38. Manoharan G, Spence MS, Rodes-Cabau J et al. St Jude Medical Portico valve. *EuroIntervention* 2012;8 Suppl Q:Q97-101.
39. Mollmann H, Diemert P, Grube E et al. Symetis ACURATE TF aortic bioprosthesis. *EuroIntervention* 2013;9 Suppl:S107-10.
40. Webb J, Gerosa G, Lefevre T et al. Multicenter evaluation of a next-generation balloon-expandable transcatheter aortic valve. *J Am Coll Cardiol* 2014;64:2235-43.
41. Schofer J, Colombo A, Klugmann S et al. Prospective multicenter evaluation of the direct flow medical transcatheter aortic valve. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:763-8.
42. Meredith IT, Worthley SG, Whitbourn RJ et al. Transfemoral aortic valve replacement with the repositionable Lotus Valve System in high surgical risk patients: the REPRISE I study. *EuroIntervention* 2014;9:1264-70.
43. Clayton B, Morgan-Hughes G, Roobottom C. Transcatheter aortic valve insertion (TAVI): a review. *Br J Radiol* 2014;87:20130595.
44. Abdel-Wahab M, Comberg T, Büttner HJ et al. Aortic Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation With Balloon- and Self-Expandable Prostheses A Pooled Analysis From a 2-Center Experience. *JACC Cardiovascular Interv* 2014;7:284-292.
45. Khatri PJ, Webb JG, Rodes-Cabau J et al. Adverse effects associated with transcatheter aortic valve implantation: a meta-analysis of contemporary studies. *Ann Intern Med* 2013;158:35-46.
46. Mollmann H, Kim WK, Kempfert J et al. Complications of transcatheter aortic valve implantation (TAVI): how to avoid and treat them. *Heart* 2015;101:900-8.
47. Genereux P, Cohen DJ, Williams MR et al. Bleeding complications after surgical aortic valve replacement compared with transcatheter aortic valve replacement: insights from the PARTNER I Trial (Placement of Aortic Transcatheter Valve). *J Am Coll Cardiol* 2014;63:1100-9.

48. Walther T, Hamm CW, Schuler G et al. Perioperative Results and Complications in 15,964 Transcatheter Aortic Valve Replacements: Prospective Data From the GARY Registry. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:2173-80.
49. Leon MB, Piazza N, Nikolsky E et al. Standardized endpoint definitions for Transcatheter Aortic Valve Implantation clinical trials: a consensus report from the Valve Academic Research Consortium. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:253-69.
50. Thygesen K, Alpert JS, White HD et al. Universal definition of myocardial infarction. *Circulation* 2007;116:2634-53.
51. Brott T, Marler JR, Olinger CP et al. Measurements of acute cerebral infarction: lesion size by computed tomography. *Stroke* 1989;20:871-5.
52. Bonita R, Beaglehole R. Recovery of motor function after stroke. *Stroke* 1988;19:1497-500.
53. Lyden PD, Lau GT. A critical appraisal of stroke evaluation and rating scales. *Stroke* 1991;22:1345-52.
54. Ndrepepa G, Schuster T, Hadamitzky M et al. Validation of the Bleeding Academic Research Consortium definition of bleeding in patients with coronary artery disease undergoing percutaneous coronary intervention. *Circulation* 2012;125:1424-31.
55. Mehran R, Rao SV, Bhatt DL et al. Standardized bleeding definitions for cardiovascular clinical trials: a consensus report from the Bleeding Academic Research Consortium. *Circulation* 2011;123:2736-47.
56. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 2007;11:R31.
57. European Heart Rhythm A, European Association for Cardio-Thoracic S, Camm AJ et al. Guidelines for the management of atrial fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2010;31:2369-429.
58. Rector TS, Cohn JN. Assessment of patient outcome with the Minnesota Living with Heart Failure questionnaire: Reliability and validity during a randomized, double-blind, placebo-controlled trial of pimobendan. *Am Heart J* 1992;124:1017-1025.
59. McHorney CA, Ware JE, Jr., Raczek AE. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs. *Med Care* 1993;31:247-63.
60. Ware JE, Jr. SF-36 health survey update. *Spine* 2000;25:3130-9.

61. Ware J, Jr., Kosinski M, Keller SD. A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care* 1996;34:220-33.
62. Vigorito C, Abreu A, Ambrosetti M et al. Frailty and cardiac rehabilitation: A call to action from the EAPC Cardiac Rehabilitation Section. *Eur J Prev Cardiol* 2016; [Epub ahead of print].
63. Chen MA. Frailty and cardiovascular disease: potential role of gait speed in surgical risk stratification in older adults. *J Geriatr Cardiol* 2015;12:44-56.
64. Cigolle CT, Ofstedal MB, Tian Z et al. Comparing models of frailty: the Health and Retirement Study. *J Am Geriatr Soc* 2009;57:830-9.
65. Morley JE, Perry HM, 3rd, Miller DK. Editorial: Something about frailty. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57:M698-704.
66. Morley JE, Vellas B, van Kan GA et al. Frailty consensus: a call to action. *J Am Med Dir Assoc* 2013;14:392-7.
67. Pijpers E, Ferreira I, Stehouwer CDA et al. The frailty dilemma. Review of the predictive accuracy of major frailty scores. *Eur J Intern Med* 2012;23:118-123.
68. Sternberg SA, Wershof Schwartz A, Karunanathan S et al. The identification of frailty: a systematic literature review. *J Am Geriatr Soc* 2011;59:2129-38.
69. de Vries NM, Staal JB, van Ravensberg CD et al. Outcome instruments to measure frailty: a systematic review. *Ageing Res Rev* 2011;10:104-14.
70. Fried LP, Tangen CM, Walston J et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56:M146-56.
71. Rockwood K, Mitnitski A. Frailty in relation to the accumulation of deficits. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007;62:722-7.
72. Green P, Woglom AE, Genereux P et al. The impact of frailty status on survival after transcatheter aortic valve replacement in older adults with severe aortic stenosis: a single-center experience. *JACC Cardiovasc Interv* 2012;5:974-81.
73. Afilalo J, Alexander KP, Mack MJ et al. Frailty assessment in the cardiovascular care of older adults. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:747-62.
74. Afilalo J, Mottillo S, Eisenberg MJ et al. Addition of frailty and disability to cardiac surgery risk scores identifies elderly patients at high risk of mortality or major morbidity. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2012;5:222-8.

75. Purser JL, Kuchibhatla MN, Fillenbaum GG et al. Identifying frailty in hospitalized older adults with significant coronary artery disease. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:1674-81.
76. Sundermann S, Dademasch A, Praetorius J et al. Comprehensive assessment of frailty for elderly high-risk patients undergoing cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;39:33-7.
77. Kulminski A, Yashin A, Arbeev K et al. Cumulative index of health disorders as an indicator of aging-associated processes in the elderly: results from analyses of the National Long Term Care Survey. *Mech Ageing Dev* 2007;128:250-8.
78. Searle SD, Mitnitski A, Gahbauer EA et al. A standard procedure for creating a frailty index. *BMC Geriatr* 2008;8:24.
79. Stortecky S, Schoenenberger AW, Moser A et al. Evaluation of multidimensional geriatric assessment as a predictor of mortality and cardiovascular events after transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Interv* 2012;5:489-96.
80. Schoenenberger AW, Stortecky S, Neumann S et al. Predictors of functional decline in elderly patients undergoing transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *Eur Heart J* 2013;34:684-92.
81. Collard RM, Boter H, Schoevers RA et al. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2012;60:1487-92.
82. Cawthon PM, Marshall LM, Michael Y et al. Frailty in older men: prevalence, progression, and relationship with mortality. *J Am Geriatr Soc* 2007;55:1216-23.
83. Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing* 2006;35 Suppl 2:ii37-ii41.
84. Gale CR, Cooper C, Aihie Sayer A. Prevalence and risk factors for falls in older men and women: The English Longitudinal Study of Ageing. *Age Ageing* 2016;45:789-94.
85. Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1231-3.
86. Clark BC, Manini TM. What is dynapenia? *Nutrition* 2012;28:495-503.
87. Clark BC, Manini TM. Sarcopenia \neq dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:829-34.
88. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010;39:412-23.

89. Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Topinkova E et al. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2010;13:1-7.
90. Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM et al. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing* 2014;43:748-59.
91. Gray M, Glenn JM, Binns A. Predicting sarcopenia from functional measures among community-dwelling older adults. *Age (Dordr)* 2016;38:22.
92. Santilli V, Bernetti A, Mangone M et al. Clinical definition of sarcopenia. *Clin Cases Miner Bone Metab* 2014;11:177-80.
93. Spira D, Norman K, Nikolov J et al. Prevalence and definition of sarcopenia in community dwelling older people : Data from the Berlin aging study II (BASE-II). *Z Gerontol Geriatr* 2016;49:94-9.
94. Sayer AA, Kirkwood TB. Grip strength and mortality: a biomarker of ageing? *Lancet* 2015;386: 226-7.
95. Sayer AA, Robinson SM, Patel HP et al. New horizons in the pathogenesis, diagnosis and management of sarcopenia. *Age Ageing* 2013;42:145-50.
96. Fukui S, Kawakami M, Otaka Y et al. Physical frailty in older people with severe aortic stenosis. *Aging Clin Exp Res* 2016;28:1081-7.
97. Ali S, Garcia JM. Sarcopenia, cachexia and aging: diagnosis, mechanisms and therapeutic options - a mini-review. *Gerontology* 2014;60:294-305.
98. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet* 2015;386:266-73.
99. Cao L, Morley JE. Sarcopenia Is Recognized as an Independent Condition by an International Classification of Disease, Tenth Revision, Clinical Modification (ICD-10-CM) Code. *J Am Med Dir Assoc* 2016;17:675-7.
100. World Health Organization. *International Classification of Functioning, Disability and Health*. Geneva:WHO,2001.
101. World Health Organization. *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines*. Geneva:WHO,1992.

102. Bjarnason-Wehrens B, Held K, Hoberg E et al. Deutsche Leitlinie zur Rehabilitation von Patienten mit Herz-Kreislaufkrankungen (DLL-KardReha). *Clin Res Cardiol Suppl* 2007;2:III1-III54.
103. Piepoli MF, Corra U, Benzer W et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010;17:1-17.
104. Karoff M, Held K, Bjarnason-Wehrens B. Cardiac rehabilitation in Germany. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007;14:18-27.
105. Piepoli MF, Corra U, Adamopoulos S et al. Secondary prevention in the clinical management of patients with cardiovascular diseases. Core components, standards and outcome measures for referral and delivery: a policy statement from the cardiac rehabilitation section of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation. Endorsed by the Committee for Practice Guidelines of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol* 2014;21:664-81.
106. Vanhees L, Rauch B, Piepoli M et al. Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular disease (Part III). *Eur J Prev Cardiol* 2012;19:1333-56.
107. Piepoli MF, Conraads V, Corra U et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail* 2011;13:347-57.
108. Deutsche Herzstiftung e.V. Deutscher Herzbericht 2015.
109. Butchart EG, Gohlke-Barwolf C, Antunes MJ et al. Recommendations for the management of patients after heart valve surgery. *Eur Heart J* 2005;26:2463-71.
110. Horstkotte D, Lengyel M, Mistiaen WP et al. Recommendations for post-discharge patient follow up after cardiac valve interventions: a position paper. *J Heart Valve Dis* 2007;16:575-89.
111. Eichler S, Voller H. Advances in cardiac rehabilitation: cardiac rehabilitation after transcatheter aortic valve implantation. *Monaldi Arch Chest Dis* 2016;86:758.
112. Voller H, Salzwedel A, Nitardy A et al. Effect of cardiac rehabilitation on functional and emotional status in patients after transcatheter aortic-valve implantation. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:568-74.

113. Zanettini R, Gatto G, Mori I et al. Cardiac rehabilitation and mid-term follow-up after transcatheter aortic valve implantation. *J Geriatr Cardiol* 2014;11:279-85.
114. Russo N, Compostella L, Tarantini G et al. Cardiac rehabilitation after transcatheter versus surgical prosthetic valve implantation for aortic stenosis in the elderly. *Eur J Prev Cardiol* 2014;21:1341-8.
115. Fauchere I, Weber D, Maier W et al. Rehabilitation after TAVI compared to surgical aortic valve replacement. *Int J Cardiol* 2014;173:564-6.
116. Tarro Genta F, Tidu M, Bouslenko Z et al. Cardiac rehabilitation after transcatheter aortic valve implantation compared to patients after valve replacement. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2017;18:114-20.
117. Ribeiro GS, Melo RD, Deresz LF et al. Cardiac rehabilitation programme after transcatheter aortic valve implantation versus surgical aortic valve replacement: Systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2017;[Epub ahead of print].
118. Pressler A, Christle JW, Lechner B et al. Exercise training improves exercise capacity and quality of life after transcatheter aortic valve implantation: A randomized pilot trial. *Am Heart J* 2016;182:44-53.
119. Lollgen H, Gerke R. Belastungs-EKG (Ergometrie). *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2008;19:98-106.
120. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P et al. Exercise Standards for Testing and Training. A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873-934.
121. Myers J, Arena R, Franklin B et al. Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the american heart association. *Circulation* 2009;119:3144-61.
122. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-7.
123. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA* 1968;203:201-4.
124. Kadikar A, Maurer J, Kesten S. The six-minute walk test: a guide to assessment for lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 1997;16:313-9.

125. Bittner V, Weiner DH, Yusuf S et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. SOLVD Investigators. *JAMA* 1993;270:1702-7.
126. De Feo S, Tramarin R, Lorusso R et al. Six-minute walking test after cardiac surgery: instructions for an appropriate use. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009;16:144-9.
127. Green P, Cohen DJ, Genereux P et al. Relation between six-minute walk test performance and outcomes after transcatheter aortic valve implantation (from the PARTNER trial). *Am J Cardiol* 2013;112:700-6.
128. Kim CA, Rasania SP, Afilalo J et al. Functional status and quality of life after transcatheter aortic valve replacement: a systematic review. *Ann Intern Med* 2014;160:243-54.
129. Gotzmann M, Hehen T, Germing A et al. Short-term effects of transcatheter aortic valve implantation on neurohormonal activation, quality of life and 6-minute walk test in severe and symptomatic aortic stenosis. *Heart* 2010; 96:1102-6.
130. Bagur R, Rodes-Cabau J, Dumont E et al. Exercise capacity in patients with severe symptomatic aortic stenosis before and six months after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 2011;108:258-64.
131. Mok M, Nombela-Franco L, Urena M et al. Prognostic value of exercise capacity as evaluated by the 6-minute walk test in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:897-8.
132. De Feo S, Mazza A, Camera F et al. [Distance covered in walking test after heart surgery in patients over 70 years of age: outcome indicator for the assessment of quality of care in intensive rehabilitation]. *Monaldi Arch Chest Dis* 2003;60:111-7.
133. Fiorina C, Vizzardi E, Lorusso R et al. The 6-min walking test early after cardiac surgery. Reference values and the effects of rehabilitation programme. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;32:724-9.
134. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189-98.
135. Ismail Z, Rajji TK, Shulman KI. Brief cognitive screening instruments: an update. *Int J Geriatr Psychiatry* 2010;25:111-20.
136. Davis KK, Allen JK. Identifying cognitive impairment in heart failure: a review of screening measures. *Heart Lung* 2013;42:92-7.

137. Heidler MH. Demenz. Einteilung, Diagnostik und therapeutisches Management. Idstein: Schulz-Kirchner, 2015.
138. Kessler J, Markowitsch HJ, Denzler PE. Mini-Mental-Status-Test. Deutsche Fassung. Weinheim: Beltz, 1990.
139. Crum RM, Anthony JC, Bassett SS et al. Population-based norms for the Mini-Mental State Examination by age and educational level. *JAMA* 1993;269:2386-91.
140. Guigoz Y, Vellas B, Garry PJ. Assessing the nutritional status of the elderly: The Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr Rev* 1996;54:S59-65.
141. Volkert D. Leitlinie Enterale Ernährung der DGEM und DGG: Ernährungszustand, Energie- und Substratstoffwechsel im Alter. *Aktuel Ernährungsmed* 2004;29:190-7.
142. Guigoz Y, Lauque S, Vellas BJ. Identifying the elderly at risk for malnutrition. The Mini Nutritional Assessment. *Clin Geriatr Med* 2002;18:737-57.
143. Rubenstein LZ, Harker JO, Salva A et al. Screening for undernutrition in geriatric practice: developing the short-form mini-nutritional assessment (MNA-SF). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56:M366-72.
144. Kaiser MJ, Bauer JM, Ramsch C et al. Validation of the Mini Nutritional Assessment short-form (MNA-SF): a practical tool for identification of nutritional status. *J Nutr Health Aging* 2009;13:782-8.
145. Lilamand M, Kelaiditi E, Cesari M et al. Validation of the Mini Nutritional Assessment-Short Form in a Population of Frail Elders without Disability. Analysis of the Toulouse Frailty Platform Population in 2013. *J Nutr Health Aging* 2015;19:570-4.
146. Mahoney FI, Barthel DW. Functional Evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J* 1965;14:61-5.
147. Huybrechts KF, Caro JJ. The Barthel Index and modified Rankin Scale as prognostic tools for long-term outcomes after stroke: a qualitative review of the literature. *Curr Med Res Opin* 2007;23:1627-36.
148. Quinn TJ, Langhorne P, Stott DJ. Barthel index for stroke trials: development, properties, and application. *Stroke* 2011;42:1146-51.
149. Zeeh J. Das geriatrische Assessment. *MMW Fortschr Med* 2016;158:52-9.
150. Yang M, Ding X, Dong B. The measurement of disability in the elderly: a systematic review of self-reported questionnaires. *J Am Med Dir Assoc* 2014;15:150.e1-9.

151. Sainsbury A, Seebass G, Bansal A et al. Reliability of the Barthel Index when used with older people. *Age Ageing* 2005;34:228-32.
152. Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* 1969;9:179-86.
153. Greysen SR, Stijacic Cenzer I, Auerbach AD et al. Functional impairment and hospital readmission in medicare seniors. *JAMA Intern Med* 2015;175:559-65.
154. Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil* 1986;67:387-9.
155. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142-8.
156. Kojima G, Masud T, Kendrick D et al. Does the timed up and go test predict future falls among British community-dwelling older people? Prospective cohort study nested within a randomised controlled trial. *BMC Geriatr* 2015;15:38.
157. Roedl KJ, Wilson LS, Fine J. A systematic review and comparison of functional assessments of community-dwelling elderly patients. *J Am Assoc Nurse Pract* 2016;28:160-9.
158. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000;80:896-903.
159. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther* 2002;82:128-37.
160. Bennell K, Dobson F, Hinman R. Measures of physical performance assessments: Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;63 Suppl 11:S350-70.
161. Potter R, Ellard D, Rees K et al. A systematic review of the effects of physical activity on physical functioning, quality of life and depression in older people with dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 2011;26:1000-11.
162. Schoene D, Wu SM, Mikolaizak AS et al. Discriminative ability and predictive validity of the timed up and go test in identifying older people who fall: systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 2013;61:202-8.

163. Panel on Prevention of Falls in Older Person, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society. Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2011; 59: 148-57.
164. National Institute for Health and Care Excellence: Clinical Guidelines. Falls: Assessment and Prevention of Falls in Older People. CG161. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK),2013.
165. Bullinger M, Kirchberger I, Ware J. The German SF-36 health survey translation and psychometric testing of a generic instrument for the assessment of health-related quality of life. *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften* 1995;3:21.
166. Jenkinson C, Layte R, Jenkinson D et al. A shorter form health survey: can the SF-12 replicate results from the SF-36 in longitudinal studies? *J Public Health Med* 1997;19:179-86.
167. Muller-Nordhorn J, Roll S, Willich SN. Comparison of the short form (SF)-12 health status instrument with the SF-36 in patients with coronary heart disease. *Heart* 2004; 90:523-7.
168. Georgiadou P, Sbarouni E, Karavolias GK et al. Transcatheter aortic valve implantation: restoring the qualities of life in old age. *Age Ageing* 2013;42:21-6.
169. Bullinger M, Kirchberger I. SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe,1998.
170. Ware JE, Kosinski M, Keller SD. SF-12: How to Score the SF-12 Physical and Mental Health Summary Scales. 2. Aufl. Boston: The Health Institute, New England Medical Center,1995.
171. Mols F, Pelle AJ, Kupper N. Normative data of the SF-12 health survey with validation using postmyocardial infarction patients in the Dutch population. *Quality of Life Research* 2009;18:403-14.
172. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand* 1983;67:361-70.
173. Herrmann C. International experiences with the Hospital Anxiety and Depression Scale--a review of validation data and clinical results. *J Psychosom Res* 1997;42:17-41.
174. Bjelland I, Dahl AA, Haug TT et al. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale. An updated literature review. *J Psychosom Res* 2002;52:69-77.

175. Johnston M, Pollard B, Hennessey P. Construct validation of the hospital anxiety and depression scale with clinical populations. *J Psychosom Res* 2000;48:579-84.
176. Pajak A, Jankowski P, Kotseva K et al. Depression, anxiety, and risk factor control in patients after hospitalization for coronary heart disease: the EUROASPIRE III Study. *Eur J Prev Cardiol* 2013;20:331-40.
177. Smarr KL, Keefer AL. Measures of depression and depressive symptoms: Beck Depression Inventory-II (BDI-II), Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D), Geriatric Depression Scale (GDS), Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), and Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9). *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;63 Suppl 11:S454-66.
178. Julian LJ. Measures of anxiety: State-Trait Anxiety Inventory (STAI), Beck Anxiety Inventory (BAI), and Hospital Anxiety and Depression Scale-Anxiety (HADS-A). *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;63 Suppl 11:S467-72.
179. Herrmann C, Buss U. Vorstellung und Validierung einer deutschen Version der „Hospital Anxiety and Depression Scale“ (HAD-Skala); ein Fragebogen zur Erfassung des psychischen Befindens bei Patienten mit körperlichen Beschwerden. *Diagnostica* 1994;40:143-54.
180. Herrmann-Lingen C, Buss U, Snaith RP. HADS-D Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version. Bern: Huber, 2011.
181. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.
182. Borg G. Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch Arztebl International* 2004;101:1016-21.
183. Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER et al. Einsatz von Kraftausdauertraining und Muskelaufbautraining in der kardiologischen Rehabilitation. *Z Kardiol* 2004;93:357-70.
184. Eichler S, Salzwedel A, Reibis R et al. Multicomponent cardiac rehabilitation in patients after transcatheter aortic valve implantation: Predictors of functional and psychocognitive recovery. *Eur J Prev Cardiol* 2017;24:257-264.
185. Rohrig B, Salzwedel A, Linck-Eleftheriadis S et al. Outcome-basierte Einrichtungsvergleiche in der stationären kardiologischen Rehabilitation – Ergebnisse aus dem Projekt EVA-Reha® Kardiologie. *Rehabilitation (Stuttg)* 2015;54:45-52.
186. Menezes AR, Lavie CJ, Milani RV et al. Cardiac rehabilitation and exercise therapy in the elderly: Should we invest in the aged? *J Geriatr Cardiol* 2012;9:68-75.

187. Lavie CJ, Milani RV, Arena RA. Particular Utility of Cardiac Rehabilitation in Relation to Age. *Current Cardiovascular Risk Reports* 2011;5:432.
188. Menezes AR, Lavie CJ, Forman DE et al. Cardiac rehabilitation in the elderly. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;57:152-9.
189. Daly J, Sindone AP, Thompson DR et al. Barriers to participation in and adherence to cardiac rehabilitation programs: a critical literature review. *Prog Cardiovasc Nurs* 2002;17:8-17.
190. Leon AS, Franklin BA, Costa F et al. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity), in collaboration with the American association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2005;111:369-76.
191. Lavie CJ, Milani RV. Benefits of cardiac rehabilitation and exercise training programs in elderly coronary patients. *Am J Geriatr Cardiol* 2001;10: 323-7.
192. Pasquali SK, Alexander KP, Peterson ED. Cardiac rehabilitation in the elderly. *Am Heart J* 2001;142:748-55.
193. Lavie CJ, Milani RV. Effects of cardiac rehabilitation programs on exercise capacity, coronary risk factors, behavioral characteristics, and quality of life in a large elderly cohort. *Am J Cardiol* 1995;76:177-9.
194. Smith SC, Jr., Allen J, Blair SN et al. AHA/ACC guidelines for secondary prevention for patients with coronary and other atherosclerotic vascular disease: 2006 update: endorsed by the National Heart, Lung, and Blood Institute. *Circulation* 2006;113:2363-72.
195. Grace SL, Krepostman S, Brooks D et al. Referral to and discharge from cardiac rehabilitation: key informant views on continuity of care. *J Eval Clin Pract* 2006;12:155-63.
196. World Health Organization. Women's Health. Zugriff am 16.11.2016 unter <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs334/en/>.
197. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL et al. Heart disease and stroke statistics--2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2014;129:e28-e292.

198. Statistisches Bundesamt. 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland, Altersaufbau 2017. Zugriff am 13.12.2016 unter <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2017>.
199. Heran BS, Chen JM, Ebrahim S et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2011:CD001800.
200. Menezes AR, Lavie CJ, Milani RV et al. Cardiac rehabilitation in the United States. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:522-9.
201. Dolansky MA, Moore SM. Older adults' use of postacute and cardiac rehabilitation services after hospitalization for a cardiac event. *Rehabil Nurs* 2008;33:73-81.
202. Liu KA, Mager NA. Women's involvement in clinical trials: historical perspective and future implications. *Pharm Pract (Granada)* 2016;14:708.
203. Grace SL, Gravely-Witte S, Brual J et al. Contribution of patient and physician factors to cardiac rehabilitation enrollment: a prospective multilevel study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15:548-56.
204. Grace SL, Racco C, Chessex C et al. A narrative review on women and cardiac rehabilitation: program adherence and preferences for alternative models of care. *Maturitas* 2010;67:203-8.
205. Allen JK, Scott LB, Stewart KJ et al. Disparities in women's referral to and enrollment in outpatient cardiac rehabilitation. *J Gen Intern Med* 2004;19:747-53.
206. Grande G, Leppin A, Romppel M et al. Frauen und Männer nach Herzinfarkt: Gibt es in Deutschland geschlechtsspezifische Unterschiede in der Inanspruchnahme rehabilitativer Leistungen? *Rehabilitation* 2002;41:320-8.
207. Oga EA, Eseyin OR. The Obesity Paradox and Heart Failure: A Systematic Review of a Decade of Evidence. *J Obes* 2016: 9040248.
208. Fonarow GC, Srikanthan P, Costanzo MR et al. An obesity paradox in acute heart failure: analysis of body mass index and inhospital mortality for 108,927 patients in the Acute Decompensated Heart Failure National Registry. *Am Heart J* 2007;153:74-81.
209. Arsalan M, Filardo G, Kim WK et al. Prognostic value of body mass index and body surface area on clinical outcomes after transcatheter aortic valve implantation. *Clin Res Cardiol* 2016;105:1042-1048.

210. Marshall S, Bauer J, Isenring E. The consequences of malnutrition following discharge from rehabilitation to the community: a systematic review of current evidence in older adults. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 2014;27:133-141.
211. Drey M, Kaiser MJ. Mangelernährung im Alter. *Dtsch Med Wochenschr* 2011;136:176-8.
212. Posner BM, Jette AM, Smith KW et al. Nutrition and health risks in the elderly: the nutrition screening initiative. *Am J Public Health* 1993;83:972-8.
213. Löser C. Ursachen und Klinik der Mangelernährung. *Therapeutische Umschau* 2014;71:135-9.
214. Volkert D. Ernährung bei Demenzerkrankungen. *Internist (Berl)* 2017;58:141-8.
215. Gaede K. Reha spart Millionen. *kma* 2011;16:30-3.
216. Bundesministerium für Gesundheit. Pflegegrade und neuer Pflege bedürftigkeitsbegriff. Zugriff am 13.02.2017 unter <http://www.pflegestaerkungsgesetz.de/pflege-wissen-von-a-bis-z/pflege-details/erklaerung/pflegegrade-neuer-pflegebeduerftigkeitsbegriff/>.
217. Eichler S, Salzwedel A, Harnath A et al. Frailty and exercise capacity as meaningful parameters for postinterventional care in patients with transcatheter aortic valve implantation. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:S13.
218. Siemieniuk RA, Agoritsas T, Manja V et al. Transcatheter versus surgical aortic valve replacement in patients with severe aortic stenosis at low and intermediate risk: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2016;354:i5130.
219. Clegg A, Young J, Iliffe S et al. Frailty in elderly people. *Lancet* 2013;381:752-62.
220. Blagosklonny MV. Cell cycle arrest is not yet senescence, which is not just cell cycle arrest: terminology for TOR-driven aging. *Aging (Albany NY)* 2012;4:159-65.
221. Dziechciaz M, Filip R. Biological psychological and social determinants of old age: bio-psycho-social aspects of human aging. *Ann Agric Environ Med* 2014;21:835-8.
222. Xue QL, Varadhan R. What is missing in the validation of frailty instruments? *J Am Med Dir Assoc* 2014;15:141-2.
223. Puls M, Sobisiak B, Bleckmann A et al. Impact of frailty on short- and long-term morbidity and mortality after transcatheter aortic valve implantation: risk assessment by Katz Index of activities of daily living. *EuroIntervention* 2014;10:609-19.

224. Jansen Klomp WW, Nierich AP, Peelen LM et al. Survival and quality of life after surgical aortic valve replacement in octogenarians. *J Cardiothorac Surg* 2016;11: 38.
225. Taramasso M, Latib A, Cioni M et al. Quality of life improvement is maintained up to two years after transcatheter aortic valve implantation in high-risk surgical candidates. *EuroIntervention* 2012;8:429-36.
226. Goncalves A, Marcos-Alberca P, Almeria C et al. Quality of life improvement at midterm follow-up after transcatheter aortic valve implantation. *Int J Cardiol* 2013;162:117-22.
227. Sagar VA, Davies EJ, Briscoe S et al. Exercise-based rehabilitation for heart failure: systematic review and meta-analysis. *Open Heart* 2015;2:e000163.
228. Shaw BA, Spokane LS. Examining the Association Between Education Level and Physical Activity Changes During Early Old Age. *J Aging Health* 2008;20:767-87.
229. Droomers M, Schrijvers CTM, Mackenbach JP. Educational level and decreases in leisure time physical activity: predictors from the longitudinal GLOBE study. *J Epidemiol Community Health* 2001;55:562-68.
230. Cutler DM, Lleras-Muney A. Understanding differences in health behaviors by education. *J Health Econ* 2010;29:1-28.
231. Peeters P, Mets T. The 6-minute walk as an appropriate exercise test in elderly patients with chronic heart failure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996;51:M147-51.
232. Enright PL, McBurnie MA, Bittner V et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. *Chest* 2003;123:387-98.
233. Granacher U, Muehlbauer T, Gruber M. A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *J Aging Res* 2012; 708905.
234. Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor control: theory and practical applications*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
235. Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clin Geriatr Med* 2002; 18: 141-58.
236. Kojima G. Frailty as a Predictor of Future Falls Among Community-Dwelling Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Med Dir Assoc* 2015; 16: 1027-33.

237. Morfitt JM. Falls in old people at home: intrinsic versus environmental factors in causation. *Public Health* 1983;97:115-20.
238. Granacher U, Muehlbauer T, Gschwind YJ et al. Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter. *Z Gerontol Geriatr* 2014;47:513-26.
239. Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med* 1985;78:77-81.
240. Springer BA, Marin R, Cyhan T et al. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatr Phys Ther* 2007;30:8-15.
241. O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF et al. Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *Am J Epidemiol* 1993;137:342-54.
242. Crosby CA, Wehbe MA, Mawr B. Hand strength: normative values. *J Hand Surg Am* 1994;19:665-70.
243. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2012:CD007146.
244. Artero EG, Lee DC, Ruiz JR et al. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:1831-7.
245. Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* 2006;113:2642-50.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Heinz Völler, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Studie zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu veröffentlichen und mich als Nachwuchswissenschaftlerin von Beginn an mit intensiven und anspruchsvollen sowie gleichzeitig stets konstruktiven Anregungen weiterentwickelt hat.

Ebenso bedanke ich mich herzlich bei Frau Dr. Annett Salzwedel für all die inhaltlichen, methodischen und auch rhetorischen Ratschläge sowie für die stetige und aufopferungsvolle Einsatz- und Hilfsbereitschaft in den letzten Jahren.

Des Weiteren danke den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vom Immanuel Klinikum Bernau und vom Sana-Herzzentrum Cottbus sowie von der Klinik am See Rüdersdorf, der Brandenburg Klinik und vom MediClin Reha-Zentrum Spreewald, die alle maßgeblich zum Gelingen dieser Studie beigetragen haben.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Karl Wegscheider für die statistische und methodische Beratung.

Zu guter Letzt danke ich allen Kolleginnen und Kollegen der Professur für Rehabilitationswissenschaften für die inspirierenden Gespräche, auch abseits der Arbeit.

Sarah Eichler

Potsdam im März 2017

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit „Multidisziplinäre kardiologische Rehabilitation bei Patienten nach kathetergestützter Aortenklappenkorrektur – Prädiktoren für die Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebensqualität“ selbständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis verfasst, nur die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt sowie alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Des Weiteren erkläre ich, dass ich an keiner anderen Hochschule ein Promotionsverfahren eröffnet habe und dass die Dissertation in der gegenwärtigen Fassung keiner anderen Hochschule vorgelegen hat oder vorliegt.

Sarah Eichler