



Erfassung des funktionellen und nutritiven Status hochbetagter Patienten in der kardiologischen Rehabilitation

Vergleichende Untersuchung möglicher Assessments

eingereicht von

Miralem Hadzic

bei der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie (Dr. phil.)

Wissenschaftsdisziplin: Rehabilitationswissenschaften

Erstbetreuer: Prof. Dr. med. Heinz Völler

Zweitbetreuerin: Dr. rer. medic. Annett Salzwedel

Eingereicht am 23.11.2020

Gutachter: Prof. Dr. Heinz Völler; Prof. Dr. Axel Schlitt
Disputation am 06.05.2021

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-50680>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-506806>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	IV
Abstract	VII
Abkürzungsverzeichnis	X
Abbildungsverzeichnis	XII
Tabellenverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Funktionale Gesundheit	2
1.2 Häufige geriatrische Syndrome	2
1.3 Herz-Kreislauf-erkrankungen bei hochbetagten Patienten	7
1.4 Kardiologische Rehabilitation bei hochbetagten Patienten in Deutschland	8
1.5 Ziele	10
2 Methode	11
2.1 Auswahl potenzieller Assessments	11
2.2 Evaluation der ausgewählten Assessments	14
2.2.1 Studiendesign	14
2.2.2 Datenerhebung	14
2.2.3 Assessments	16
2.3 Gebrechlichkeitsindex	22
2.4 Statistische Auswertung	23
3 Ergebnisse	24
3.1 Patientencharakteristika	24
3.2 Funktioneller Status der Patienten	29
3.3 Nutritiver Zustand	31
3.4 Durchführbarkeit und Sicherheit der Assessments	33
3.5 Reliabilität der Assessments	35
3.6 Korrelationen zwischen den Assessments	37

4	Diskussion.....	39
4.1	Zusammensetzung der Population.....	39
4.2	Funktioneller Status der Patienten.....	40
4.3	Nutritiver Status der Patienten	42
4.4	Differenzen zwischen den einzelnen Subpopulationen.....	43
4.5	Durchführbarkeit der funktionellen Assessments.....	44
4.6	Durchführbarkeit des Mini Nutritional Assessment-Short Form	45
4.7	Implikationen für die kardiologische Rehabilitation	46
4.8	Limitationen	47
5	Fazit	48
	Literaturverzeichnis	XIV
	Danksagung	XXX
	Erklärung	XXXI

Zusammenfassung

Einleitung

Ältere Patienten mit Herzklappenerkrankungen werden zunehmend häufig mit der kathetergestützten Aortenklappenimplantation (Transcatheter Aortic Valve Implantation, TAVI) oder dem MitraClip®-Verfahren behandelt. In der kardiologischen Rehabilitation nimmt infolgedessen die Patientenpopulation der Hochbetagten stetig zu. Die funktionale Gesundheit dieser Patienten wird durch häufig auftretende, sogenannte geriatrische Syndrome wie Multimorbidität, Mangelernährung, Gebrechlichkeit oder Sturzereignisse beeinflusst. Insbesondere die eingeschränkte Mobilität und Mangelernährung sind wichtige Prädiktoren für die Prognose der Patienten nach TAVI.

Etablierte Verfahren, um die körperliche Leistungsfähigkeit von kardiologischen Rehabilitanden zu beurteilen, sind die Belastungsergometrie und der 6-Minuten-Gehtest. Allerdings ist nahezu die Hälfte der hochbetagten Patienten nicht in der Lage, eine Belastungsergometrie durchzuführen. Bislang erfolgt in der kardiologischen Rehabilitation keine differenzierte Erfassung des funktionellen Status hinsichtlich Mobilität, Kraft und Gleichgewicht, um die geriatrischen Syndrome individuell zu beurteilen. Darüber hinaus werden keine Assessments zur Erfassung des Ernährungsstatus eingesetzt.

Daher war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Ausprägung des funktionellen und nutritiven Status älterer Patienten anhand geeigneter Assessments in der kardiologischen Rehabilitation zu ermitteln.

Methode

Zwischen Oktober 2018 und Juni 2019 nahmen Patienten im Alter von 75 Jahren oder älter nach TAVI, atrioventrikulärer Intervention mittels MitraClip®-Verfahren (AVI) oder perkutaner Koronarintervention (PCI) an der Studie teil. Zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation wurden soziodemografische Daten, echokardiografische Parameter (z. B. links und rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion, Herzrhythmus) und Komorbiditäten (z. B. Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz, orthopädische Erkrankungen) erhoben, um die Patientenpopulation zu beschreiben. Zusätzlich wurde die Gebrechlichkeit der Rehabilitanden mit dem Index von Stortecky et al., bestehend aus den Komponenten Kognition, Mobilität, Ernährung und Aktivitäten des täglichen Lebens, beurteilt.

Der 6-Minuten-Gehtest diente zur Ermittlung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Patienten. Die Mobilität wurde mit Hilfe des Timed-Up-and-Go-Tests, die Ganggeschwindigkeit mit dem Gait Speed Test und die Handkraft mit dem Hand Grip Test erfasst.

Für die Objektivierung des Gleichgewichts wurde eine Kraftmessplatte (uni- und bipedaler Stand mit geöffneten und geschlossenen Augen) erprobt, die bislang bei älteren Rehabilitanden noch nicht eingesetzt wurde.

Der Ernährungsstatus wurde mit dem Mini Nutritional Assessment-Short Form und den ernährungsbezogenen Laborparametern (Hämoglobin, Serumalbumin, Eiweißkonzentration) erfasst.

Die Eignung der Assessments bewerteten wir anhand folgender Kriterien: Durchführbarkeit (bei ≥ 95 % der Patienten durchführbar), Sicherheit (< 95 % Stürze oder andere unerwünschte Ereignisse) und der Pearson-Korrelationen zwischen den funktionellen Tests und dem Goldstandard 6-Minuten-Gehtest sowie den Laborparametern und dem Mini Nutritional Assessment-Short Form.

Ergebnisse

Es wurden 124 Patienten (82 ± 4 Jahre, 48 % Frauen, 5 ± 2 Komorbiditäten, 9 ± 3 Medikamente) nach TAVI (n = 59), AVI (n = 21) und PCI (n = 44) konsekutiv in die Studie eingeschlossen.

Etwa zwei Drittel aller Patienten der Gesamtpopulation waren als gebrechlich zu klassifizieren, bei einer mittleren Punktzahl von $2,9 \pm 1,4$. Annähernd die Hälfte der Patienten zeigte eine eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit aufgrund einer reduzierten 6-Minuten-Gehstrecke (48 % < 350 m) sowie eine eingeschränkte Mobilität im Timed-Up-and-Go-Test (55 % > 10 s). Es wurden eine mittlere Gehstrecke von 339 ± 131 m und eine durchschnittliche Zeit im Timed-Up-and-Go-Test von $11,4 \pm 6,3$ s erzielt. Darüber hinaus wies ein Viertel der Patienten eine eingeschränkte Ganggeschwindigkeit ($< 0,8$ m/s) auf und etwa 35 % von Ihnen zeigten eine reduzierte Handkraft (Frauen/Männer $< 16/27$ kg). Im Mittel wurde eine Geschwindigkeit von $1,0 \pm 0,2$ m/s im Gait Speed Test sowie eine Handkraft von 24 ± 9 kg im Hand Grip Test erreicht. Ein Risiko einer Mangelernährung konnte bei 38 % (< 12 Punkte) der Patienten nachgewiesen werden bei einer mittleren Punktzahl von $11,8 \pm 2,2$ im Mini Nutritional Assessment-Short Form.

Im Vergleich zwischen den einzelnen Subpopulationen bestanden keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Ergebnissen der funktionellen Assessments. Bezüglich des Ernährungsstatus wiesen allerdings die Patienten nach AVI einen statistisch signifikant niedrigeren Punktwert im Mini Nutritional Assessment-Short Form ($10,3 \pm 3,0$ Punkte) auf als die Patienten nach TAVI ($12,0 \pm 1,8$ Punkte) und PCI ($12,1 \pm 2,1$ Punkte), wobei etwa 57 % der Patienten nach AVI, 38 % nach TAVI und 50 % nach PCI ein Risiko einer Mangelernährung zeigten.

Mit Ausnahme der Tests auf der Kraftmessplatte waren alle Assessments durchführbar und sicher. Während 86 % der Patienten den bipedalen Stand mit geschlossenen Augen auf der Kraftmessplatte

durchführen konnten und damit nahezu den Grenzwert von 95 % erreichten, war der unipedale Stand mit 12 % an durchführbaren Messungen weit von diesem entfernt.

Der Gait Speed Test ($r = 0,79$), Timed-Up-and-Go-Test ($r = 0,68$) und Hand Grip Test ($r = 0,33$) korrelierten signifikant mit dem 6-Minuten-Gehtest, Hämoglobin ($r = 0,20$) und Albumin ($r = 0,24$) korrelierten mit dem Mini Nutritional Assessment-Short Form.

Schlussfolgerung

Über die bestehende Multimorbidität und Multimedikation hinaus wiesen die untersuchten Patienten vor allem eine eingeschränkte Mobilität und ein Risiko einer Mangelernährung auf, wobei die Subpopulation nach AVI besonders betroffen war.

Um den Bedürfnissen hochbetagter Rehabilitanden nach kathetertgestützter Intervention gerecht zu werden, ist eine individuelle Behandlung der einzelnen Defizite erforderlich, mit besonderer Berücksichtigung der Komorbiditäten sowie der geriatrischen Kofaktoren. Aufgrund des multidisziplinären Ansatzes erfüllt die kardiologische Rehabilitation bereits die Voraussetzung, hochbetagte Patienten bedarfsgerecht zu behandeln, jedoch mangelt es an Assessments, um die individuellen Defizite der Patienten zu identifizieren

Der Gait Speed Test, der Timed-Up-and-Go-Test und der Hand Grip Test sollten daher in den klinischen Alltag der kardiologischen Rehabilitation implementiert werden, um die körperliche Funktion und Leistungsfähigkeit älterer Patienten detailliert zu beurteilen. In Kombination dieser Assessments mit dem Mini Nutritional Assessment-Short Form können die individuellen funktionellen und nutritiven Bedürfnisse der Patienten während der Rehabilitation erkannt und mit geeigneten Maßnahmen die weitere Ausbildung geriatrischer Syndrome gemindert werden.

Abstract

Introduction

Percutaneous interventions for valve replacement or correction such as transcatheter aortic valve implantation (TAVI) or MitraClip® device have been developed as alternatives to surgical procedures and are increasingly used, primarily in older patients. Consequently, multimorbid octogenarians after TAVI, atrioventricular valve interventions (AVI) or percutaneous coronary intervention (PCI) become more present in cardiac rehabilitation. Functional health of this group of patients is often affected by geriatric syndromes (e.g. malnutrition, frailty, instability). Particularly, limited mobility and malnutrition have a significant prognostic value for patients after TAVI.

Standard assessments for measuring physical capacity of patients undergoing cardiac rehabilitation is the exercise stress test and the 6-minute walk test. In a former study, only half of the older patients were able to perform an exercise stress test. Currently, no detailed classification of the functional status regarding mobility, strength, and balance is performed in cardiac rehabilitation to enable an individual estimation of the occurrence of geriatric syndromes. Furthermore, no assessments are implemented to evaluate the nutritional status of the rehabilitants.

Therefore, the aim of this investigation was to identify feasible assessments to classify the functional and nutritional status of older patients after percutaneous interventions in cardiac rehabilitation.

Methods

Between October 2018 and June 2019, patients ≥ 75 years of age after TAVI, AVI or PCI were enrolled in the study. On admission to cardiac rehabilitation, sociodemographic data, echocardiographic parameters (e.g. left and right ventricular ejection fraction, heart rhythm) and comorbidities (e.g. diabetes mellitus, renal insufficiency, musculoskeletal diseases) were collected for characterization of the population. In addition, frailty of the participants was evaluated by calculating the frailty index by Stortecky et al., which consists of the items: cognition, mobility, nutrition, and activities of daily living. For measuring the functional capacity of patients, the 6-minute walk test was performed. Furthermore, mobility was assessed by the Timed Up and Go test, gait speed by the 4-meter gait speed test and grip strength by a hand grip test (hand dynamometer).

For an objective measurement of balance control, uni- and bipedal stance with open and closed eyes were measured by force plate.

Mini Nutritional Assessment-Short Form was performed, and laboratory parameters associated with alimentation (hemoglobin, albumin, protein) were collected to evaluate patients' nutritional status.

An assessment was confirmed to be feasible if at least 95% of the patients were able to perform it, and safe if at least in 95% of cases no adverse events (e.g. falls) occurred. Relations between the functional assessments and the gold standard 6-minute walk test as well as between the laboratory parameters and Mini Nutritional Assessment-Short Form were calculated with Pearson correlation coefficients.

Results

The study included 124 patients (mean age 82 ± 4 years, 48 % female; 5 ± 2 comorbidities; 9 ± 3 medications) after TAVI (n = 59), AVI (n = 21) and PCI (n = 44).

Two thirds of all patients were considered on the border of frailty (mean index score 2.9 ± 1.4 points). Approximately half of the participants showed a limited functional capacity according to the reduced 6-minute walk distance (48 % < 350 m) and a limited mobility in the Timed Up and Go test (55 % > 10 s). Mean walking distance was 339 ± 131 m and mean time in Timed Up and Go test was 11.4 ± 6.3 s. Further on, 25 % presented a reduced gait speed (< 0.8 m/s) and nearly 35 % a reduced hand grip strength (women/men < 16/27 kg). Mean gait speed was 1.0 ± 0.2 m/s and mean hand grip strength 24 ± 9 kg. The average score in the Mini Nutritional Assessment-Short Form was 11.8 ± 2.2 points, whereby 38 % of the patients were identified to be at risk of malnutrition.

No significant differences were found between the subpopulations in the functional assessments. Regarding nutritional status, patients after AVI had a significantly lower score in the Mini Nutritional Assessment-Short Form (10.3 ± 3.0 points) compared to patients after TAVI (12.0 ± 1.8 points) and PCI (12.1 ± 2.1 points). Accordingly, 57 % of the patients after AVI, 38 % after TAVI and 50 % after PCI were at risk of malnutrition.

Except for the force plate measurements, all assessments were feasible and safe. While 86 % of the patients were able to perform the bipedal stance with closed eyes and nearly reached the cut-off value of 95 %, only 12 % were able to perform the unipedal stance.

The 4-meter gait speed test ($r = 0.79$), Timed Up and Go test ($r = 0.68$), and hand grip test ($r = 0.33$) correlated significantly with the 6-minute walk test, hemoglobin ($r = 0.20$) and albumin ($r = 0.24$) correlated with the Mini Nutritional Assessment-Short Form.

Conclusion

Beside the clinical challenges such as multimorbidity and polypharmacy, patients showed a limited mobility and a risk of malnutrition. Particularly, patients after AVI were affected by poorer functional and nutritional status most.

To address the needs of octogenarians after percutaneous interventions undergoing cardiac rehabilitation, individual therapies are required that are taking into account the high number of comorbidities and different geriatric syndromes. Due to the multidisciplinary approach, cardiac rehabilitation already fulfills the criteria for an appropriate treatment of older patients. Nevertheless, there is a lack of suitable assessments to identify individual deficits.

Gait speed test, Timed Up and Go test and hand grip test ought to be implemented into clinical practice of cardiac rehabilitation for a detailed evaluation of the functional capacity of older patients. In combination with the Mini Nutritional Assessment-Short Form, the functional and nutritional needs of these patients can thereby be identified during rehabilitation. Consequently, the early implementation of suitable interventions could help to reduce limitations induced by geriatric syndromes.

Abkürzungsverzeichnis

<i>6MWT</i>	<i>6 Minutes Walk Test (6-Minuten-Gehtest)</i>
<i>95EA</i>	<i>95 % Ellipse Area (95%-Ellipse)</i>
<i>ACE-Hemmer</i>	<i>Angiotensin-Converting-Enzym-Hemmer</i>
<i>ANOVA</i>	<i>Analysis of Variance (Varianzanalyse)</i>
<i>AP</i>	<i>Mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des Center of Pressure</i>
<i>AT1-Antagonisten</i>	<i>Angiotensin-II-Rezeptor-Subtyp-1-Antagonisten</i>
<i>AVI</i>	<i>Kathetergestützte atrioventrikuläre Intervention</i>
<i>BADL</i>	<i>Basic Activities of Daily Living (Basale Aktivitäten des täglichen Lebens)</i>
<i>BP-G</i>	<i>Bipedaler Stand mit geschlossenen Augen</i>
<i>BP-O</i>	<i>Bipedaler Stand mit offenen Augen</i>
<i>BBS</i>	<i>Berg Balance Scale (Berg-Balance-Skala)</i>
<i>BIA</i>	<i>Bioelektrische Impedanzanalyse</i>
<i>BMI</i>	<i>Body Mass Index (Body-Mass-Index)</i>
<i>CI</i>	<i>Confidence Interval (Konfidenzintervall)</i>
<i>COP</i>	<i>Center of Pressure (Druckmittelpunkt)</i>
<i>DRKS</i>	<i>Deutsches Register Klinischer Studien</i>
<i>DXA</i>	<i>Dual Energy X-ray Absorptiometry</i>
<i>EWGSOP</i>	<i>European Working Group on Sarcopenia in Older People</i>
<i>GNRI</i>	<i>Geriatric Nutritional Risk Index</i>
<i>GST</i>	<i>Gait Speed Test</i>
<i>HGT</i>	<i>Hand Grip Test</i>
<i>IADL</i>	<i>Instrumental Activities of Daily Living (Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens)</i>
<i>ICC</i>	<i>Intraclass Correlation Coefficient (Intraklassen-Korrelationskoeffizient)</i>
<i>ICD</i>	<i>Implantable Cardioverter Defibrillator (Implantierbarer Kardioverter-Defibrillator)</i>
<i>ICF</i>	<i>International Classification of Functioning, Disability and Health (Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit)</i>
<i>LVEF</i>	<i>Linksventrikuläre Ejektionsfraktion</i>
<i>ML</i>	<i>Mittlere mediale-laterale Verschiebung des Center of Pressure</i>
<i>MMST</i>	<i>Mini Mental Status Test</i>
<i>MNA</i>	<i>Mini Nutritional Assessment</i>

<i>MNA-SF</i>	<i>Mini Nutritional Assessment-Short Form</i>
<i>n</i>	<i>Anzahl</i>
<i>NYHA</i>	<i>New York Heart Association</i>
<i>PCI</i>	<i>Percutaneous Coronary Intervention (Perkutane Koronarintervention)</i>
<i>PL</i>	<i>Pfadlänge des Center of Pressure</i>
<i>r</i>	<i>Pearson-Korrelationskoeffizient</i>
<i>RVEF</i>	<i>Rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion</i>
<i>SD</i>	<i>Standard Deviation (Standardabweichung)</i>
<i>SGB</i>	<i>Sozialgesetzbuch</i>
<i>SPPB</i>	<i>Short Physical Performance Battery</i>
<i>T0</i>	<i>Eingangsuntersuchung</i>
<i>T1</i>	<i>Nachuntersuchung</i>
<i>TAVI</i>	<i>Transcatheter Aortic Valve Implantation (Transkatheter-Aortenklappenimplantation)</i>
<i>TUG</i>	<i>Timed-Up-and-Go-Test</i>
<i>UP-O</i>	<i>Unipedaler Stand mit offenen Augen</i>
<i>VEL</i>	<i>Durchschnittliche Geschwindigkeit des Center of Pressure</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland zwischen 1950 – 2060	1
Abbildung 2: Markierungen und Fußstellung bei der Messung der posturalen Kontrolle im bi- (A) und unipedalen Stand (B) auf der Kraftmessplatte	18
Abbildung 3: Das Jamar® -Handdynamometer	19
Abbildung 4: Komponenten des Gebrechlichkeitsindex und deren Grenzwerte	22
Abbildung 5: Einschlussprozess der Patienten.....	24
Abbildung 6: Vergleich der echokardiografischen Parameter zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI)	27
Abbildung 7: Anteil der Patienten mit normalem Ernährungszustand und einem Risiko für Mangelernährung bzw. einer Mangelernährung nach MNA-SF in den Populationen	31
Abbildung 8: Vergleich der Laborwerte zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI)	32
Abbildung 9: Anteil durchführbarer Assessments (> 95 %) in der untersuchten Population.....	33
Abbildung 10: Anteil durchführbarer Messungen (> 95 %) der posturalen Kontrolle in der Population	34

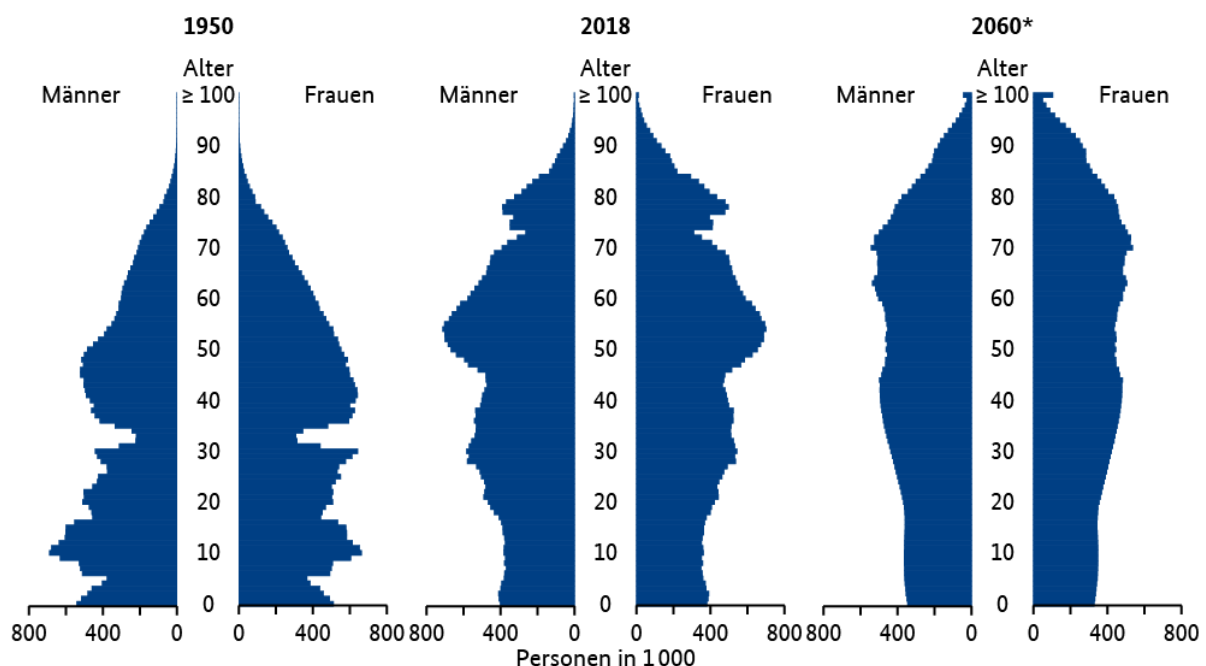
Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenzwerte für die Diagnose der Sarkopenie	4
Tabelle 2: Ausgewählte Assessments zur Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status mit den gesetzten Kriterien.....	12
Tabelle 3: Patientencharakteristika (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD bzw. n (%))	25
Tabelle 4: Komorbiditäten und Medikamente (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD bzw. n (%)).....	26
Tabelle 5: Vergleich der Komponenten der Gebrechlichkeit zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD; n (%))	28
Tabelle 6: Vergleich des funktionellen Status zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD; n (%)).....	29
Tabelle 7: Vergleich der posturalen Parameter im bipedalen Stand mit offenen und geschlossenen Augen zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD)	30
Tabelle 8: Die Test-Retest-Reliabilität der einzelnen posturalen Parameter im bipedalen Stand mit offenen und geschlossenen Augen.....	36
Tabelle 9: Test-Retest-Reliabilität des Mini Nutritional Assessment-Short Form.....	37
Tabelle 10: Pearson-Korrelationen zwischen den funktionalen Assessments in der Gesamtpopulation	38
Tabelle 11: Pearson-Korrelationen zwischen den nutritiven Assessments in der Gesamtpopulation..	38

1 Einleitung

Die stetige Zunahme der Lebenserwartung in den letzten Jahrzehnten verändert in Deutschland die Bevölkerungsstruktur zugunsten einer älteren Gesellschaft [1]. Aktuell liegt die durchschnittliche Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt bei 83,3 Jahren für Frauen und 78,5 Jahren für Männer. Eine heute 65-jährige Frau kann im Durchschnitt noch weitere 21,1 Jahre leben, ein gleichaltriger Mann weitere 17,9 Jahre [2]. Die Ursachen dieser Entwicklung liegen nicht nur in den Fortschritten der medizinischen Forschung sowie in technischen Entwicklungen, sondern hängen auch mit der gesünderen Ernährung sowie dem verbesserten sozialen und ökonomischen Status der Bevölkerung zusammen [2].

Jede fünfte Person in Deutschland ist mittlerweile älter als 65 Jahre, mit steigender Tendenz. Laut einer Prognose des Statistischen Bundesamtes wird bis zum Jahr 2060 bei gleichbleibender Entwicklung der Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre von 22 % auf 30 % steigen und der Anteil der über 75-Jährigen von 11 % auf 18 % (vgl. Abbildung 1) [3].



* Ergebnis der aktualisierten 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante 2)

Abbildung 1: Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland zwischen 1950 – 2060

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2019 [4]

Ab welchem Zeitpunkt ein Mensch als „alt“ bezeichnet werden kann, ist in der Literatur umstritten, da der Begriff „Altern“ sowohl das biologische als auch das biografische Altern umfasst. Als Maßstab wird häufig das Renteneintrittsalter herangezogen, welches in Deutschland bei ungefähr 65 Jahren liegt [5]. Eine gebräuchliche Klassifizierung des Alters ist die Unterscheidung in die Gruppen der „jungen Alten“, zwischen dem 65. und 85. Lebensjahr, und der „alten Alten“, ab 85 Jahren [6]. Eine andere

Klassifizierung definiert das „dritte Lebensalter“, beginnend mit dem 60. Lebensjahr, und das „vierte Lebensalter“, beginnend mit dem 80. Lebensjahr [7, 8]. Im Folgenden werden Menschen ab einem Alter von 75 Jahren als hochbetagt bezeichnet.

Während die jüngeren Alten noch als aktiv und selbstständig gelten, ist die Gruppe der Hochbetagten häufiger durch Multimorbidität, Multimedikation sowie einen eingeschränkten funktionellen, nutritiven und psychosozialen Status charakterisiert [6, 8, 9].

1.1 Funktionale Gesundheit

Die „funktionale Gesundheit“ beschreibt, wie Menschen angesichts ihrer gesundheitlichen Voraussetzungen (z. B. Erkrankungen, altersphysiologische Veränderungen) alltägliche Anforderungen meistern und wie aktiv sie an allen Lebensbereichen teilnehmen (Partizipation) können [10].

Altersphysiologische Veränderungen, z. B. Abnahme der Muskelkraft und der Muskelmasse oder Verringerung des Herzvolumens, sind unvermeidlich und betreffen jeden Menschen gleichermaßen, individuell ist der Zeitpunkt des Auftretens diesbezüglicher Einschränkungen [6, 8]. Mit fortschreitendem Alter werden aber auch nicht altersimmanente Erkrankungen häufiger und auch die damit bedingten Einschränkungen, was zum Verlust von Selbstständigkeit und Lebensqualität führt [11]. Die funktionale Gesundheit kann somit durch altersbedingte oder nicht altersabhängige pathologische Veränderungen beeinträchtigt werden. Welche Veränderungen für welche Beschwerden ursächlich sind, ist aufgrund des langen Fortbestehens bestimmter Erkrankungen oder geriatrischer Syndrome, oft nur schwer zu unterscheiden [6].

1.2 Häufige geriatrische Syndrome

Der Begriff „geriatrisches Syndrom“ umschreibt klinische Konditionen oder Konstellationen, die nicht in vorhandene Krankheitskategorien eingeteilt werden können. Sie sind multifaktoriell bedingt, treten mit einer hohen Prävalenz bei älteren Personen auf und sind mit funktionellen Einschränkungen und schlechterer Lebensqualität assoziiert [12, 13]. In der Vergangenheit wurden vor allem Immobilität, kognitive Defizite, Sturzereignisse und die Inkontinenz als typische geriatrische Syndrome bezeichnet [13, 14]. Mittlerweile kann diese Liste unter anderem mit Mangelernährung, Sarkopenie, Gebrechlichkeit, Polypharmazie bzw. Multimedikation sowie Multimorbidität ergänzt werden [13–15]. Aufgrund ähnlicher pathophysiologischer Mechanismen treten die verschiedenen geriatrischen Syndrome oft kombiniert auf [12, 16–18]. Durch diese Wechselbeziehung ist die Ätiologie der einzelnen Syndrome oft unklar und schwer voneinander zu trennen [19].

Mangelernährung

Mangelernährung wird als ein Status unzureichender Energie- und Nährstoffzufuhr beschrieben, der zu einer veränderten Körperkomposition und letztlich auch zu einer verminderten Leistungsfähigkeit und zu eingeschränkten kognitiven Fähigkeiten führt [20]. Mangelernährte Patienten¹ leiden im Vergleich zu Patienten mit normalem Ernährungsstatus oft unter negativen klinischen Folgen wie einer höheren Rate an postoperativen Komplikationen, längeren Krankenhausaufenthalten, einer höheren Rehospitalisierungsrate und einem gestiegenen Mortalitätsrisiko [21–23].

Die Ursachen für eine Mangelernährung sind multifaktoriell und entstehen aufgrund von altersphysiologischen Veränderungen (z. B. vermindertem Appetit), schwerwiegenden akuten oder chronischen Erkrankungen sowie aufgrund unerwünschter Medikamentenwirkungen [23–25]. Soziale und psychologische Faktoren wie Depression, Einsamkeit und Trauer können ebenfalls eine Rolle spielen [23, 24].

Wegen ihrer weitreichenden Folgen und der aufwendigen Behandlung einer manifesten Mangelernährung bei älteren Patienten ist das frühzeitige Erkennen von Risiken äußerst wichtig. Laut den aktuellen Diagnosekriterien der „Global Leadership Initiative on Malnutrition“ wird eine Mangelernährung in zwei Schritten diagnostiziert [25]. Im ersten Schritt wird das Risiko mittels anerkannter Diagnoseinstrumente wie „Mini Nutritional Assessment Short Form“ oder „Malnutrition Universal Screening“ ermittelt. Bei einem Verdacht auf Mangelernährung wird die Diagnose um weitere Kriterien wie die reduzierte Nahrungsaufnahme und Muskelmasse sowie zugrundeliegende Erkrankungen erweitert, um auch die Schwere der Mangelernährung zu erfassen [25].

Die Prävalenz der Mangelernährung wird, je nach Assessment und Definition, auf 12 % bei selbstständig im eigenen Haushalt lebenden älteren Menschen und bis zu 60 % bei Patienten in geriatrischen Einrichtungen geschätzt [26–29]. In ihrer Studie zeigten Sánchez-Rodríguez et al. für alle Teilnehmer (gemittelt Alter 85 Jahre) in der geriatrischen Rehabilitation ein Risiko auf Mangelernährung, schließlich waren etwa 19 % tatsächlich mangelernährt [27].

Ältere Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen sind besonders häufig von Mangelernährung betroffen [21, 30, 31]. In der Studie von Fukui et al. wurden 11 % der 80-jährigen Patienten mit einer Aortenklappenstenose als mangelernährt klassifiziert und etwa 42 % wiesen ein Risiko der Mangelernährung auf [31]. In anderen Untersuchungen von Patienten mit einer koronaren

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen in dieser Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Herzkrankheit hatten zwischen 21 und 28 % der über 65-jährigen und etwa 32 % der über 80-Jährigen einen Verdacht auf Mangelernährung [22, 32].

Nutritive Defizite bleiben im klinischen Alltag häufig unbemerkt und damit unbehandelt, da traditionelle Marker für Mangelernährung wie ernährungsbezogene Laborparameter (z. B. Serumalbumin, Eiweißkonzentration, Hämoglobin) oder Gewichtsverlust alleine nicht ausreichend zuverlässig sind [16, 30].

Sarkopenie und Kachexie

In der bereits erwähnten Studie von Sánchez-Rodríguez et al. wurde bei über 80 % der mangelernährten Patienten auch eine Sarkopenie nachgewiesen [27], was die enge Wechselbeziehung dieser beiden Syndrome verdeutlicht [17, 18, 33]. Die Sarkopenie ist eine progressive muskuloskelettale Erkrankung, die sich durch einen überdurchschnittlichen Verlust an Muskelmasse sowie eine geringe Muskelkraft und/oder eine geringe körperliche Leistungsfähigkeit auszeichnet [33]. Die genaue Pathophysiologie der Sarkopenie ist bisher nicht eindeutig geklärt, jedoch scheinen neben den Alterungsprozessen (primäre Sarkopenie) eine inaktive Lebensweise, Folgen von Multimedikation, Mangelernährung oder systemische Erkrankungen, z. B. Entzündungen, Nierenerkrankungen, Karzinome oder endokrine Erkrankungen, die Entstehung zu begünstigen (sekundäre Sarkopenie) [34, 35].

In der Leitlinie der „European Working Group on Sarcopenia in Older People“ (EWGSOP) wird die Handkraftmessung mittels eines Handdynamometers empfohlen, um die verminderte Muskelkraft zu erfassen. Zusätzlich soll die Ganggeschwindigkeit gemessen werden oder der Timed-Up-and-Go-Test eingesetzt werden, um die (verminderte) körperliche Leistungsfähigkeit und damit die Schwere der Sarkopenie zu ermitteln (vgl. Tabelle 1) [33]. Da die Muskelmasse aufgrund instrumenteller Beschränkungen in den Kliniken oft nicht gemessen werden kann, ist ein Verdacht auf Sarkopenie bereits anhand einer reduzierten Muskelkraft zu diagnostizieren [33].

Tabelle 1: Grenzwerte für die Diagnose der Sarkopenie

	Grenzwert Männer	Grenzwert Frauen
Muskelkraft		
Handdynamometer	< 27 kg	< 16 kg
Muskelmasse (z. B. DXA, BIA)		
Muskelmasse	< 20 kg	< 15kg
Muskelmasse/Körpergröße ²	< 7 kg/m ²	< 5,5 kg/m ²
Körperliche Leistungsfähigkeit		
Gait Speed Test	< 0,8 m/s	< 0,8 m/s
Timed-Up-and-Go-Test	≥ 20 s	≥ 20 s

DXA = Dual Energy X-ray Absorptiometry, BIA = Bioelektrische Impedanzanalyse

Quelle: in Anlehnung an Cruz-Jentoft et al., 2019 [33]

Die Prävalenz der Sarkopenie, nach den Kriterien der EWGSOP diagnostiziert, lag in europäischen Studien bei Personen im mittleren Alter von 60 Jahren bei 1,6 % und bei über 85-Jährigen bei 3,6 % [36, 37]. In Deutschland konnte eine Prävalenz von 2,4 % bis 4,1 % bei selbstständig lebenden Patienten im durchschnittlichen Alter von 67 Jahren aufgezeigt werden [38].

In ihrer Übersichtsarbeit zeigten Pacifico et al., dass kardiologische Patienten, im Vergleich zu Patienten mit Diabetes mellitus, Demenz oder Lungenerkrankungen, am häufigsten von einer Sarkopenie betroffen waren. Etwa 21 % der kardiologischen Patienten wiesen eine Sarkopenie nach den Kriterien der EWGSOP auf [39].

Im Unterschied zur Sarkopenie ist die Kachexie neben einem Verlust der Muskelmasse auch durch eine Reduktion der Fettmasse und durch Veränderungen der Knochenstruktur gekennzeichnet [40, 41]. Zudem haben biochemische Prozesse und verminderte Serumkonzentrationen anaboler Hormone (z. B. Insulin) eine signifikante Bedeutung für die Definition der Kachexie [40, 41]. Die Sarkopenie kann ein Vorbote der Kachexie sein, die besonders häufig bei Patienten mit einer chronischen Herzinsuffizienz auftritt (kardiale Kachexie) [41–44].

Gebrechlichkeit

Gebrechlichkeit (engl.: frailty) beschreibt einen Zustand, der durch einen mit dem Alter assoziierten Abbau funktioneller, nutritiver, kognitiver und sozialer Reserven gekennzeichnet ist. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Vulnerabilität der Betroffenen gegenüber Stressoren mit der Folge eines erhöhten Sturzrisikos, einer erhöhten Morbidität und Mortalität sowie längerer Krankenhausaufenthalte [9, 45–47]. Gebrechliche Patienten weisen oft Anzeichen einer Mangelernährung, eine geringe Leistungsfähigkeit und den Verlust der Selbstständigkeit auf [48].

Verschiedene Indizes und Skalen wurden entwickelt, um die Gebrechlichkeit zu erfassen [45–47, 49, 50]. Aufgrund der komplexen Erscheinungsformen von Gebrechlichkeit konnte sich bislang keine dieser Methoden in der Praxis durchsetzen [9]. In der Literatur werden die beiden Indizes von Fried et al. [46] und Rockwood & Mitnitski [51] allerdings am häufigsten verwendet. Sie stellen jeweils unterschiedliche Konstrukte der Gebrechlichkeit dar.

Fried et al. definieren die Gebrechlichkeit als eine Kombination klinischer Aspekte, oft als primäre Gebrechlichkeit oder Phänotyp-Modell bezeichnet. Demnach ist eine Person gebrechlich, wenn drei oder mehr der vordefinierten fünf Kriterien vorliegen [46]:

- ungewollter Gewichtsverlust (> 5 kg oder > 5 % des Körpergewichts im letzten Jahr)
- Muskelschwäche (Handkraft der dominanten Hand in den unteren 20 % der Altersgruppe nach Geschlecht)

- Erschöpfung (Selbstauskunft)
- eingeschränkte Mobilität (verlangsamte Ganggeschwindigkeit)
- geringe körperliche Aktivität (definiert nach Kilokalorienverbrauch pro Woche)

Sind ein bis zwei Kriterien vorhanden, gilt die Person als prä-gebrechlich, hingegen als stabil, wenn kein Kriterium zutrifft [46].

Die Kombination verschiedener Symptome, Defizite, Erkrankungen oder abnormer Laborwerte kennzeichnet das Modell der Gebrechlichkeit von Rockwood & Mitnitski [51]. Im Gegensatz zum Modell von Fried et al. stehen hier der Alterungsprozess und die Krankheiten der Person im Vordergrund. Es werden 70 klinische Faktoren bewertet, wie z. B. Auftreten und Schwere von Krankheiten, neurologische und andere physische Defizite oder Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens. Die Defizite werden in Zahlenwerte zwischen 0 und 1 umgewandelt und führen zu einem Ergebnis von „sehr fit“ bis „stark gebrechlich“ [51].

Aufgrund der vielfältigen Methoden zum Erfassen der Gebrechlichkeit, existieren verschiedene Schätzungen der Prävalenz. Diese sind diskutabel, da sie nicht das gesamte Syndrom, sondern nur einen Teil davon darstellen [52]. Demnach sind zwischen vier und 59 % der Menschen über 65 Jahre von Gebrechlichkeit betroffen [53]. Allerdings wird vermutet, dass ältere Personen mit kardiovaskulären Erkrankungen häufiger gebrechlich sind [54]. Es konnte gezeigt werden, dass zwischen 37 und 74 % der Patienten nach einer Aortenklappenimplantation [47, 55, 56] und zwischen 10 und 48 % der Patienten nach einem akuten Koronarsyndrom oder nach einer perkutanen Koronarintervention (PCI) als gebrechlich eingeschätzt werden können [9]. In welchem Zusammenhang die Gebrechlichkeit mit kardiovaskulären Erkrankungen steht, ist bislang nicht eindeutig geklärt [54].

Gleichgewichtsdefizite und Stürze

Nahezu die Hälfte aller Stürze von Hochbetagten ist auf intrinsische Faktoren wie kognitive Dysfunktion, Kraftrückgang, Gleichgewichtsdefizite oder Gangunsicherheit zurückzuführen [57]. Bei Auftreten eines dieser Faktoren ist das Sturzrisiko bis zu vier Mal höher als für symptomfreie Personen dieser Altersgruppe [57, 58]. Extrinsische Faktoren wie Medikamentenwirkungen können ebenfalls die Gleichgewichtsfähigkeit beeinflussen [59]. Ungefähr 32 bis 42 % aller Menschen über 75 Jahren stürzen mindestens einmal im Laufe eines Jahres [60]. Fünf bis sechs Prozent der Stürze führen zu Frakturen oder Hospitalisierung [57, 58, 61], wobei die Hüftfraktur am häufigsten vorkommt [59, 62]. Bis zu drei Viertel der Patienten, die eine sturzbedingte Hüftfraktur erlitten haben, erreichen nicht mehr das Level der Mobilität von vor der Fraktur und rund ein Drittel stirbt innerhalb eines Jahres [57, 63]. Stürze

tragen damit wesentlich zu eingeschränkter Mobilität und verringerter Lebensqualität der Betroffenen bei und führen darüber hinaus zu erheblichen finanziellen Belastungen des Gesundheitssystems [57].

Multimorbidität

Das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer chronischer Erkrankungen oder Beschwerden, zu denen physische oder mentale Krankheiten, aber auch Syndrome wie die Gebrechlichkeit zählen, wird als Multimorbidität bezeichnet [64, 65]. Über 70 % der 75- bis 84-Jährigen leiden an drei oder mehr chronischen Erkrankungen und etwa 95 % der 85-Jährigen an mehr als einer chronischen Erkrankung [66, 67]. Die am häufigsten auftretenden Komorbiditäten sind dabei der Bluthochdruck und die Arthrose, gefolgt von verschiedenen Kombinationen kardiovaskulärer Erkrankungen [64]. Multimorbide Patienten weisen häufigere und längere Krankenhausaufenthalte auf und nehmen mehrere Medikamente ein (Multimedikation), was in der Summe die Selbstständigkeit der Betroffenen einschränkt [6, 8, 68].

1.3 Herzkreislauferkrankungen bei hochbetagten Patienten

Nach wie vor sind mehr als ein Drittel aller Todesursachen in Deutschland auf Herzkreislauferkrankungen zurückzuführen [3, 69]. Aufgrund der Zunahme von Herzklappenfehlern bei Älteren und Hochbetagten ist die Morbidität und Mortalität an Herzklappenerkrankungen in den letzten Jahren gestiegen [70]. Sie zählen neben der koronaren Herzkrankheit und der arteriellen Hypertonie zu den häufigsten kardiovaskulären Erkrankungen [69]. In den Industrieländern wird eine Prävalenz von 8,5 % bei 65- bis 75-Jährigen und 13,5 % bei über 75-Jährigen geschätzt [71]. Die Aortenklappenstenose und die Mitralklappeninsuffizienz sind mit 43,1 % und 33,6 % die häufigsten Herzklappenerkrankungen in Europa, gefolgt von der Insuffizienz der Trikuspidalklappe [70, 72–74]. Mehr als die Hälfte der Patienten mit einer Stenose der Aortenklappe sind älter als 70 und ca. 14 % älter als 80 Jahre [73]. Von der moderaten bis schweren Mitralklappeninsuffizienz sind mehr als 10 % der Hochbetagten betroffen [75, 76].

In der Behandlung von Herzkreislauferkrankungen stellen hochbetagte Patienten die am schnellsten wachsende Patientengruppe bei kardiovaskulären Eingriffen dar [77, 78]. Das liegt vor allem daran, dass multimorbide Patienten zunehmend häufig mit kathetergestützten Interventionen behandelt werden können. Dabei sind insbesondere die Transkatheter-Aortenklappenimplantation (Transcatheter Aortic Valve Implantation, TAVI) für die Behandlung der Stenose der Aortenklappe und die kathetergestützte Mitralklappenreparatur (atrioventrikuläre Intervention, AVI) für die Behandlung der Mitralklappeninsuffizienz zu nennen [79]. Des Weiteren stellt die PCI zur Revaskularisation von Gefäßen im Falle einer koronaren Herzerkrankung bereits ein etabliertes Verfahren dar [69].

Aufgrund guter und kongruenter mittel- bis langfristiger Ergebnisse in Studien und der stetig sinkenden Komplikationsrate [80–82], gilt die TAVI mittlerweile als die bevorzugte Methode in der Behandlung der Aortenklappenstenose.

Ein Eingriff an den atrioventrikulären Klappen ist vor allem bei einer Insuffizienz, also einer Undichtigkeit der Herzklappe, erforderlich [69]. Dabei ist mit weltweit über 50.000 durchgeführten Prozeduren das MitraClip®-Verfahren (Abbott Vascular, Abbott Park, IL, USA) in der Behandlung der Mitralklappeninsuffizienz am weitesten verbreitet [83] und stellt besonders bei Patienten mit einer sekundären Mitralklappeninsuffizienz und hohem Operationsrisiko oder geringer linksventrikulärer Funktion eine Alternative zur Operation dar [69, 84].

Die aktuellsten Studien weisen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Mortalität von Patienten nach MitraClip®-Verfahren verglichen mit denen nach operativer Therapie auf [85]. Erste Ergebnisse einer noch andauernden Studie zeigen, dass durch eine kombinierte Therapie von MitraClip® und medikamentöser Therapie geringere Hospitalisierungsraten (36 % zu 68 %) und eine geringere Gesamtmortalität (29 % zu 46 %) nach zwei Jahren gegenüber der ausschließlich medikamentösen Therapie erwartet werden können. Patienten nach kombinierter Therapie hatten zudem eine bessere Lebensqualität und nur zu einem geringen Anteil (3,4 %) postoperative Komplikationen [86].

Neben dem MitraClip®-Verfahren wurden und werden weiterhin auch zahlreiche andere Verfahren entwickelt, wie z. B. das Cardioband® (Edwards Lifesciences; Irvine, USA) oder das Carillon Mitral Contour System® (Cardiac Dimension Inc., Kirkland, WA, USA) [83, 87], die jedoch noch nicht hinreichend untersucht sind.

Die interventionelle Behandlung der Trikuspidalklappeninsuffizienz, unter anderen mit dem MitraClip®-Verfahren, wurde bisher ausschließlich in kleineren Studien durchgeführt und befindet sich damit in der frühen klinischen Testung [70, 88].

1.4 Kardiologische Rehabilitation bei hochbetagten Patienten in Deutschland

Die medizinische Rehabilitation ist in Deutschland im Sozialgesetzbuch (SGB) IX verankert und hat die grundlegende Aufgabe die Leistungsfähigkeit und Teilhabe des Patienten in allen Lebensbereichen wiederherzustellen bzw. zu sichern (SGB IX §42 Abs. 1). Die International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) stellt die Grundlage für die medizinische Rehabilitation dar und berücksichtigt dabei die funktionale Gesundheit bzw. deren Beeinträchtigung [89].

Die kardiologische Rehabilitation verfolgt einen multidisziplinären Therapieansatz, in dem Ärzte, Pflegekräfte, Physio-, Sport- und Ernährungstherapeuten sowie Psychologen und Sozialarbeiter

zusammenarbeiten [90, 91], um die Verbesserung der Lebensqualität, der Teilhabe und der Prognose, aber auch die Verhinderung von Pflegebedürftigkeit zu erzielen [89]. Dabei sind zwei Grundsätze von besonderer Bedeutung:

Der erste Grundsatz „Reha vor Rente“ besagt, dass die Rentenversicherung als Rehabilitationsträger vor Genehmigung der Erwerbsminderungsrente gehalten ist, zu prüfen, ob mit Hilfe geeigneter Maßnahmen der Rehabilitation die Erwerbsminderung verhindert werden kann (SGB IX §9 Abs. 2).

Der zweite Grundsatz „Reha vor Pflege“ betrifft vorrangig hochbetagte Versicherte. Bevor eine Person Leistungen der Pflegekassen nach SGB XI §31 Abs. 1 erhält, muss geprüft werden, ob die Pflegebedürftigkeit mit Hilfe geeigneter Rehabilitationsmaßnahmen abgewendet werden kann. Bei bereits bestehender Pflegebedürftigkeit soll mit Hilfe der medizinischen Rehabilitation versucht werden, den Pflegebedarf zu mindern.

Es wird geschätzt, dass mittlerweile ein Drittel aller kardiologischen Rehabilitanden älter als 75 Jahre ist [92]. Die Effektivität der Rehabilitationsmaßnahmen hinsichtlich besserer Leistungsfähigkeit, höherer Lebensqualität und längerer Selbstständigkeit bei Patienten nach perkutaner Koronarintervention oder TAVI konnte bereits nachgewiesen werden, daher wird eine kardiologische Rehabilitation in diesen Fällen empfohlen [89, 93–99]. Auch nach atrioventrikulären Verfahren wie dem MitraClip®-Einsatz ist eine Rehabilitationsmaßnahme indiziert, jedoch können wegen fehlender Studien keine evidenzbasierten Aussagen zu deren Wirksamkeit getroffen werden [100].

Entsprechend der neuen S3-Leitlinie zur kardiologischen Rehabilitation im deutschsprachigen Raum Europas (LL-KardReha D-A-CH) werden vor Beginn jedes kardiologischen Rehabilitationsprogramms das individuelle, kardiovaskuläre Risiko und die aktuelle individuelle Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit des Patienten ermittelt [89]. Dabei stellt die Belastungs- bzw. Spiroergometrie die wichtigste kardiologische Standarduntersuchung dar, auf deren Basis die Trainingsintensität und die Therapieziele für die Patienten festgelegt werden. Zu diesem Zweck wird das Fahrradergometer in sitzender oder halbliegender Position am häufigsten eingesetzt [101].

Hochbetagte Patienten werden jedoch oft von der Belastungsergometrie ausgeschlossen, weil sie aufgrund ihrer Multimorbidität sowie altersphysiologischer Erscheinungen Kontraindikationen aufweisen und daher Komplikationen befürchtet werden [102]. Aus diesen Gründen war in einer früheren Studie mit TAVI-Patienten der eigenen Arbeitsgruppe für fast die Hälfte der untersuchten Patienten die Belastungsergometrie nicht durchzuführen, jedoch konnte bei nahezu 100 % der Patienten der 6- Minuten- Gehtest erfolgreich eingesetzt werden [56]. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte scheint die Belastungsergometrie nicht ausreichend anwendbar zu sein, um die körperliche Leistungsfähigkeit bei hochbetagten Patienten nach interventioneller Herzklappenkorrektur zu

erheben. Stattdessen könnten einfach umsetzbare Assessments, die die Alltagsbelastungen der Patienten wesentlich besser abbilden, wie der 6-Minuten-Gehtest, besser geeignet sein [103].

Mobilität, Ernährungsstatus sowie weitere typische Kofaktoren bei geriatrischen Patienten (z. B. Sturzrisiko) beeinflussen die funktionale Gesundheit der Hochbetagten [11], wobei insbesondere die eingeschränkte Mobilität und die Mangelernährung als wichtige Prädiktoren für die Einjahresmortalität bei Patienten nach TAVI identifiziert werden konnten [104]. Bislang erfolgt in der kardiologischen Rehabilitation diesbezüglich jedoch keine differenzierte Erfassung des funktionellen Status, um die individuellen geriatrischen Syndrome zu beurteilen. Darüber hinaus bleibt die Mangelernährung im klinischen Alltag oft unbemerkt und damit unbehandelt, da keine geeigneten Assessments zur Beurteilung des Ernährungsstatus in der kardiologischen Rehabilitation eingesetzt werden [30].

1.5 Ziele

Daher sind einfach durchführbare, sichere und zuverlässige Assessments nötig, um die körperliche Leistungsfähigkeit, speziell Kraft, Ausdauer, Mobilität und Gleichgewichtsfähigkeit, sowie den Ernährungszustand bei hochbetagten Patienten in der kardiologischen Rehabilitation erfassen zu können. Auf Grundlage dieser Untersuchungen könnten die individuellen Bedürfnisse der Patienten detaillierter identifiziert und bei Bedarf die Inhalte der kardiologischen Rehabilitation speziell auf diese Population angepasst werden.

Daraus resultieren für die vorliegende Arbeit die folgenden Ziele:

1. Auswahl potenziell geeigneter Assessments zur Erfassung des funktionellen und nutritiven Status bei hochbetagten Patienten,
2. Ermittlung des funktionellen und nutritiven Status hochbetagter Patienten nach kathetergestütztem Eingriff in der kardiologischen Rehabilitation, um wichtige Anhaltspunkte für einen potenziellen Interventionsbedarf abzuleiten,
3. Prüfung der Eignung der eingesetzten, geriatrischen Assessments hinsichtlich der Durchführbarkeit und Sicherheit unter Einbeziehen der Validität und Reliabilität der bislang dahingehend ungeprüften Assessments.

2 Methode

Im Folgenden wird zunächst die Auswahl der untersuchten Assessments zur Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status erklärt und anschließend die Methodik der Studie beschrieben.

2.1 Auswahl potenzieller Assessments

Um potenzielle Assessments zur Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status hochbetagter Patienten in der kardiologischen Rehabilitation zu ermitteln, wurde in einem ersten Schritt Anfang 2018 eine detaillierte Suche in den Datenbanken „PubMed“ (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) und „Cochrane Library“ (<https://www.cochranelibrary.com/>) mit folgenden Stichwörtern in verschiedenen Kombinationen durchgeführt: „Assessments (assessments)“, „funktioneller Status (functional status)“, „nutritiver Status (nutritional status)“, „Rehabilitation (rehabilitation)“, „Ältere (elderly people)“, „Alte (old people)“, „Hochbetagte (seniors, octogenarians)“, „Ernährung (nutrition)“, „Mangelernährung (malnutrition)“, „körperliche Leistungsfähigkeit (exercise capacity, physical performance)“, „kardiologisch (cardiological)“, „kardiologische Rehabilitation (cardiac rehabilitation)“, „geriatrisch (geriatric)“, „geriatrisches Assessment (comprehensive geriatric assessment)“.

Folgende Kriterien zur Auswahl der Assessments wurden herangezogen:

- Praxistauglichkeit, d. h. die Assessments sollten ohne großen methodischen Aufwand und zeitökonomisch durchgeführt werden können,
- Güte der Testverfahren, d. h. die Assessments sollten möglichst auf Test-Retest-Reliabilität und /oder Validität geprüft worden sein.

Besonderen Wert wurde auf Empfehlungen in den Leitlinien medizinischer Fachgesellschaften gelegt und darauf geachtet, dass die Assessments in der Beurteilung geriatrischer Syndrome (z. B. Sarkopenie, Gebrechlichkeit, Mangelernährung) bereits eingesetzt worden sind. Nach diesen Kriterien wurden die nachfolgend dargestellten Assessments ausgewählt, anhand derer unterschiedliche Aspekte des funktionellen Status (allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit, Kraft, Mobilität, Gleichgewichtsfähigkeit) oder der Ernährungsstatus erfasst werden können (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ausgewählte Assessments zur Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status mit den gesetzten Kriterien

	Zeitbedarf	Test-Retest Reliabilität (ICC)	Validität (Vergleichsinstrument)
Funktionelle Assessments			
6-Minuten-Gehtest	< 10 Min	0,90-0,97 [105–108]	r = 0,56-0,93 (Belastungsergometrie) [106]
Hand Grip Test	< 5 Min	0,95-0,98 [109, 110]	r = 0,38-0,75 (Isometrische Messung der Rücken- und Bauchmuskulatur) [111, 112]
Timed-Up-and-Go Test	< 5 Min	0,56-0,99 [113–115]	r = 0,80 (6MWT) [113] r = 0,81 (GST) [113] r = 0,81 (BBS) [114]
Gait Speed Test	< 5 Min	0,86-0,96 [113, 116]	r = 0,68 (SPPB) [116] r = 0,80 (6MWT) [117]
Kraftmessplatte	10-15 Min	-	je nach Parameter r = -0,20-0,43 (BBS) [118, 119] r = 0,18-0,76 (TUG) [120]
Nutritive Assessments			
Mini Nutritional Assessment-Short Form	5 Min	-	r = 0,90 (MNA) [121] r = 0,28-0,52 (BIA) [122]
Laborparameter	< 5 Min	-	Albumin: r = 0,46 (GNRI) [122] r = 0,60 (MNA) [123] Eiweiß: r = 0,18 (MNA-SF) [124] Hämoglobin: r = 0,31 (MNA-SF) [125]

ICC = Intraklassen-Korrelationskoeffizient, **r** = Pearson-Korrelationskoeffizient, **6MWT** = 6-Minuten-Gehtest, **GST** = Gait Speed Test, **BBS** = Berg-Balance-Skala, **SPPB** = Short Physical Performance Battery, **TUG** = Timed-Up-and-Go Test, **MNA** = Mini Nutritional Assessment, **BIA** = Bioelektrische Impedanzanalyse, **GNRI** = Geriatric Nutritional Risk Index, **BMI** = Body-Mass-Index, **MNA-SF** = Mini Nutritional Assessment - Short Form

Der 6-Minuten-Gehtest ist im klinischen Alltag der kardiologischen Rehabilitation bereits fest etabliert, weil er die alltägliche (submaximale) Leistungsfähigkeit und Mobilität abbildet und daher von den meisten älteren und körperlich eingeschränkten Patienten durchgeführt werden kann [126, 127]. Ebenfalls werden weitere Aspekte der Funktionalität der Patienten wie Gleichgewichtsfähigkeit und Ausdauer beurteilt, sodass der 6-Minuten-Gehtest als der Goldstandard zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit in dieser Studie gilt [128].

Der Hand Grip Test, Timed-Up-and-Go Test und Gait Speed Test werden von der European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) zur Ermittlung geringer Kraft bzw. eingeschränkter

körperlicher Leistungsfähigkeit bei der Diagnostik der Sarkopenie empfohlen und häufig in geriatrischen Settings im klinischen Alltag angewandt [33, 108, 114, 129–132]. Darüber hinaus wird der Timed-Up-and-Go Test zur Beurteilung des proaktiven bzw. antizipatorischen Gleichgewichts und des Sturzrisikos laut verschiedenen Organisationen, wie der Amerikanischen und Britischen Gesellschaft für Geriatrie (American Geriatrics Society; British Geriatrics Society), empfohlen [133].

Die bisher am häufigsten eingesetzten Assessments zur Erfassung von Gleichgewichtsdefiziten im klinischen Alltag bei älteren Patienten sind der Tinetti Balance and Gait Test, die Berg-Balance-Skala, der Timed-Up-and-Go Test und der Balance Evaluation Systems Test [60, 134]. Keines dieser Assessments hat sich jedoch wegen der zugrundeliegenden subjektiven Beurteilung sowie der teilweise nur indirekt erfassten Daten als die Standardmethode hervorgehoben, um die Gleichgewichtsfähigkeit einzuschätzen [134, 135].

Zur objektiven und sensitiven Erfassung der posturalen Kontrolle bzw. der Gleichgewichtsfähigkeit werden im wissenschaftlichen Kontext häufig Kraftmessplatten eingesetzt [134]. Im klinischen Alltag wurde dieser methodische Ansatz allerdings nur vereinzelt angewendet. Zudem fehlen studienbasierte Erkenntnisse zur Test-Retest Reliabilität der Messung mit der Kraftmessplatte bei hochbetagten Patienten. Dies soll in der vorliegenden Studie erstmals bei dieser Patientenpopulation in der Rehabilitation untersucht werden.

Das Mini Nutritional Assessment wurde speziell für die klinische Anwendung bei älteren, geriatrischen Patienten entwickelt und validiert [136]. Die Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Klinische Ernährung und Stoffwechsel und der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin empfehlen das Mini Nutritional Assessment zum Screening und zur Diagnostik der Mangelernährung [137, 138]. Die Kurzform, Mini Nutritional Assessment-Short Form, ist genauso valide wie die Originalversion [121] und gilt mittlerweile als das am häufigsten eingesetzte Instrument (Goldstandard), um die Mangelernährung bei älteren Patienten zu beurteilen [122, 139]. Für ältere kardiologische Patienten konnten jedoch keine Studien zur Reliabilität des Mini Nutritional Assessment-Short Form gefunden werden, weshalb dessen Test-Retest Reliabilität in der vorliegenden Studie untersucht werden soll.

Die am häufigsten verwendeten Parameter zur Beurteilung des Ernährungsstatus sind die Laborparameter Serumalbumin, Gesamteiweiß und Hämoglobin [140, 141]. Darüber hinaus wurden das Serumalbumin und das Hämoglobin bereits als Teil von Gebrechlichkeitsindizes (z. B. Essential Frailty Toolset) zur Beurteilung des Ernährungsstatus verwendet [142].

Eine genaue Beschreibung der Durchführung der eingesetzten Assessments erfolgt im Abschnitt *2.2.3 Assessments*.

2.2 Evaluation der ausgewählten Assessments

2.2.1 Studiendesign

In dieser prospektiven, unizentrischen Beobachtungsstudie wurden im Zeitraum von Oktober 2018 bis Juni 2019 insgesamt 196 Patienten in der Klinik am See, Rehabilitationsklinik für Innere Medizin, gemäß folgender Einschlusskriterien gescreent:

- Alter \geq 75 Jahre
- Rehabilitation nach interventioneller Aorten-, Mitral-, Trikuspidalklappenkorrektur oder perkutaner Koronarintervention

Beim Vorliegen folgender Ausschlusskriterien konnten die Patienten für die Studie nicht berücksichtigt werden:

- Mangelndes Verständnis (z. B. unzureichende Deutschkenntnisse, Demenz)
- Vorliegen schwerer körperlicher Beeinträchtigungen (z. B. schwere Parese, Blindheit)
- Fehlende Einwilligung des Patienten

Bei Erfüllen der beschriebenen Kriterien wurden die Patienten von einem Arzt über die Inhalte und den Ablauf der Studie aufgeklärt und bekamen eine schriftliche Patienteninformation und Einwilligungserklärung ausgehändigt. Mit Vorliegen der unterschriebenen Einverständniserklärung wurden die Patienten in die Studie aufgenommen.

Das Studienprotokoll wurde gemäß den ethischen Anforderungen der aktuellen Version der Deklaration von Helsinki (Revision 2013) erstellt. Die Ethikkommission der Universität Potsdam erteilte ein positives Ethikvotum (Nr. 42/2019) zur Durchführung der Untersuchung. Zudem wurde die Studie unter dem Namen „FuNCaRe – Funktioneller und nutritiver Status älterer Patienten in der kardiologischen Rehabilitation“ beim Deutschen Register Klinischer Studien registriert und geprüft (Studiennummer DRKS00015176).

2.2.2 Datenerhebung

Die Untersuchungen fanden an zwei Terminen statt. Zunächst wurde innerhalb der ersten drei Tage nach Aufnahme in die kardiologische Rehabilitationsklinik eine Eingangsuntersuchung und ein bis zwei Tage später eine Nach- bzw. Reliabilitätsuntersuchung durchgeführt.

Zur Eingangsuntersuchung wurde auf folgende Routinedaten aus der Klinikdokumentation zurückgegriffen: soziodemografische Daten (Alter, Gewicht, Größe, Geschlecht, Bildungsstand, Lebenssituation), anamnestische Parameter (Krankenhausaufenthalt, Intervention, peri- und postprozedurale Komplikationen nach Valve Academic Research Consortium-2/Mitral Valve Academic

Research Consortium [VARC2/MVARC] [48, 143, 144], New York Heart Association- [NYHA] Klassifikation, Komorbiditäten, Medikamenteneinnahme, Pflegegrad) sowie echokardiografische Parameter (links- und rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion, Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion, Herzrhythmus).

Zusätzlich wurde ein Gebrechlichkeitsindex (frailty index) mit einzelnen Komponenten zur Kognition (Mini Mental Status Test [MMST]), Selbstständigkeit (Barthel-Index und Instrumental activities of daily living [IADL], Ernährung (Mini Nutritional Assessment-Short Form) und Mobilität (Timed-Up-and-Go-Test) erhoben.

Folgende Assessments wurden in der gleichen Reihenfolge bei der Untersuchung jedes Patienten angewandt bzw. erhoben:

Eingangsuntersuchung

1. Mini Mental Status Test
2. Barthel-Index
3. Instrumental activities of daily living
4. Subjektive Mobilitätseinschränkung
5. Mini Nutritional Assessment-Short Form
6. Uni- und bipedaler Stand auf der Kraftmessplatte
7. Hand Grip Test
8. Timed-Up-and-Go-Test
9. Gait Speed Test
10. 6-Minuten-Gehtest
11. Laborparameter (Gesamteiweiß, Albumin, Hämoglobin)

Nachuntersuchung

1. Mini Nutritional Assessment-Short Form
2. Uni- und bipedaler Stand auf der Kraftmessplatte

Besondere Ereignisse während der Untersuchungen wurden notiert, um die Sicherheit und Durchführbarkeit der Assessments beurteilen zu können. Ein Assessment galt als durchführbar, sofern 95 % der Patienten den Test durchführen konnten und als sicher, wenn bei mindestens 95 % der Patienten keine unerwünschten Ereignisse (z. B. Sturz, Atemnot) auftraten. Die subjektive Erschöpfung der Patienten wurde vor jedem funktionellen Assessment mittels der Borg-Skala erfragt [145].

Um eine einheitliche Datenerhebung zu gewährleisten, wurde vor Beginn der Studie ein Handbuch (standard operating procedure) erstellt, in dem alle Schritte der Datenerhebung nacheinander beschrieben sind. Alle Untersucher wurden vor dem Studienbeginn mit Hilfe des Handbuches geschult.

Die Patientendaten wurden mittels einer Studien-ID pseudonymisiert und auf Prüfbögen dokumentiert. Good Clinical Practice-geschulte wissenschaftliche Mitarbeiter waren für die Dateneingabe verantwortlich. Anschließend überprüfte ein weiterer Mitarbeiter die Angaben.

2.2.3 Assessments

Mini Mental Status Test

Der Mini Mental Status Test ist das am weitesten verbreitete Screening-Instrument zur Beurteilung des Schweregrades kognitiver Störungen in der klinischen Forschung [146, 147]. Dabei werden die Bereiche Orientierung, Aufnahme-/Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit und Rechenfähigkeit, Gedächtnis/Erinnerungsfähigkeit, Sprache, Ausführen von dreiteiligen Aufforderungen, Lesen und Ausführen, Schreiben und Kopieren mittels 30 Items bewertet [147, 148]. Bei einem Summenscore von 24 bis 30 Punkten liegen keine kognitiven Beeinträchtigungen, zwischen 18 und 23 Punkten leichte und unter 18 Punkten schwere kognitive Defizite vor. Die Dauer der Untersuchung beträgt ca. zehn Minuten [148].

Barthel-Index

Der Barthel-Index ist ein bewährtes und einfach anzuwendendes Assessment, um die grundlegenden Aktivitäten des täglichen Lebens (Basic activities of daily living; BADL) zu erfassen, der vor allem in der Geriatrie eingesetzt wird [149, 150]. Dabei werden die Fähigkeiten des Patienten in zehn Tätigkeitsbereichen (Essen, Aufsetzen und Umsetzen, Selbstständiges Waschen, Toilettenbenutzung, Baden/Duschen, Aufstehen und Gehen, Treppengehen, An- und Auskleiden sowie Stuhl- und Harninkontinenz) beurteilt, wobei eine Punktzahl von 0, 5 und 10 Punkten vergeben werden kann. Bei keiner Funktionseinschränkung des Patienten können maximal 100 Punkte erzielt werden. Die Punkte werden nur vergeben, wenn der Patient die entsprechende Tätigkeit selbstständig durchführen kann [148, 150].

Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens

Instrumental activities of daily living ist ein Fragebogen, der etwa fünf Minuten in der Ausführung dauert und die alltäglichen Fähigkeiten des Patienten in acht Bereichen erfragt [151]: Telefonieren, Einkaufen, Kochen, das Waschen von Wäsche, die Haushaltsführung, die Nutzung von Verkehrsmitteln, die Einnahme von Medikamenten und der Umgang mit Finanzen. Bei einer Höchstpunktzahl von acht

Punkten ist davon auszugehen, dass der Patient keine oder nur geringe Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens hat [151].

Subjektive Mobilitätseinschränkung

Die subjektive Mobilitätseinschränkung wurde anhand einer geschlossenen Frage zur Mobilität in den letzten sechs Monaten bewertet [50]:

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

Mini Nutritional Assessment-Short Form

Das Mini Nutritional Assessment-Short Form setzt sich aus den sechs Items Appetitverlust, Gewichtsverlust, Mobilität, psychischer Stress, neuropsychologische Probleme und Body-Mass-Index zusammen [121, 152]. Diese Items werden erfragt oder der Patientenakte entnommen. Die Durchführung des Mini Nutritional Assessment-Short Form dauert ca. drei Minuten [153]. Je nach Punktzahl können Patienten mit normalem Ernährungszustand (12-14 Punkte), einem Risiko für Mangelernährung (8-11 Punkte) oder einer manifestierten Mangelernährung (0-7 Punkte) identifiziert werden [152].

Kraftmessplatte: Messung der posturalen Kontrolle

Die posturale Kontrolle beschreibt die Fähigkeit, die Körperposition und Orientierung im Raum aufrechtzuerhalten bzw. bei Störung des Gleichgewichts diese wiederherzustellen [57, 154, 155]. In ihrer Übersichtsarbeit haben Ruhe et al. Empfehlungen für die Standardisierung der Messungen der posturalen Kontrolle mittels einer Kraftmessplatte zusammengestellt, an denen sich die vorliegende Arbeit orientiert [156].

Es wird empfohlen, die Fuß- bzw. die Ausgangsposition jeder Übung zu standardisieren. Zu diesem Zweck wurden Markierungen für die Stellung der Füße auf der Kraftmessplatte angebracht. Dabei sollten die Patienten ihre Fersen in die markierten Halbkreise stellen (Abbildung 2).

Die Messung des bipedalen Stands erfolgte mit den Füßen eng aneinander stehend (Abbildung 2), die Hände am Becken stützend und den Blick geradeaus auf einen Fixpunkt richtend. Die posturale Kontrolle der Patienten wurde in dieser Position mit offenen und geschlossenen Augen gemessen. Sofern der Patient die Kraftmessplatte vorher verlassen oder die Hände vom Becken genommen hat, wurde der Versuch wiederholt bzw. nach drei Versuchen abgebrochen und als nicht durchführbar gewertet.

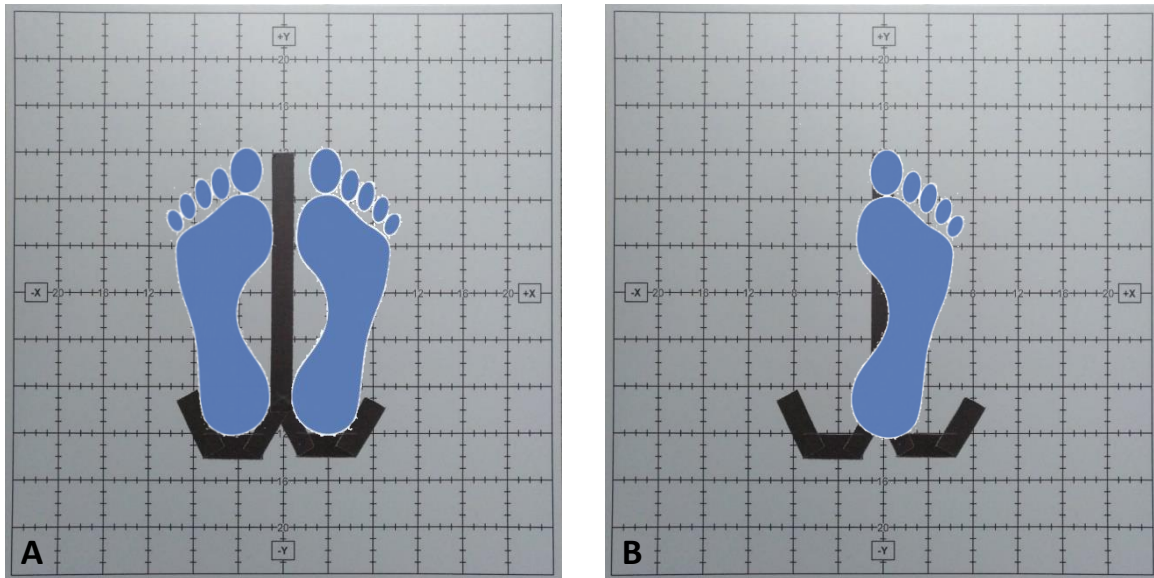


Abbildung 2: Markierungen und Fußstellung bei der Messung der posturalen Kontrolle im bi- (A) und unipedalen Stand (B) auf der Kraftmessplatte

Vor dem Ausführen des unipedalen Stands (Einbeinstand) wurde ein Probeversuch über eine Dauer von fünf Sekunden durchgeführt, um herauszufinden, ob es dem Patienten generell möglich war, auf einem Bein zu stehen. Nach einer kurzen Pause begann die Messung mit dem rechten Bein, wobei das andere Bein leicht zu heben war. Die Hände waren am Becken gestützt und der Blick richtete sich geradeaus auf einen Fixpunkt. Bei Aufsetzen des anderen Beines, Anlehnen an das Standbein oder Verlassen der Kraftmessplatte wurde die Messung wiederholt oder nach drei Versuchen als nicht durchführbar gewertet. Anschließend wurde das Standbein gewechselt. Der Einbeinstand wurde aus Sicherheitsgründen lediglich mit offenen Augen durchgeführt, da auf Grundlage von Voruntersuchungen festgestellt wurde, dass bereits der Einbeinstand mit offenen Augen eine Herausforderung für die Patienten darstellen würde.

Alle Übungen wurden den Patienten demonstriert und ohne Schuhe absolviert. Nach Erreichen der Ausgangsposition wurde das Startsignal gegeben, die Messung jedoch erst fünf Sekunden später gestartet um das Eingewöhnen zu Beginn der Messung möglichst auszuschließen [157]. Die Dauer der Messung des bipedalen Stands mit offenen und geschlossenen Augen betrug 30 Sekunden [158] und die des Einbeinstands zehn Sekunden. Jede Messung wurde drei Mal durchgeführt und nur bei erfolgreichem Absolvieren aller drei Versuche als durchführbar definiert. In die Auswertung ging der Mittelwert der drei erfolgreichen Versuche ein und beim unipedalen Stand nur der Mittelwert der Messungen der besseren Seite. Bei Schmerzen, Erschöpfung, Schwindel oder auf Patientenwunsch wurde der Test nicht durchgeführt.

Die Untersuchung erfolgte mit einer portablen Kraftmessplatte: AccuSwayPlus (Advanced Mechanical Technology Inc, Watertown, MA). Diese verfügt über Drucksensoren, die vertikale Kräfte registrieren und dadurch den Verlauf des Druckmittelpunkts (Center of Pressure, COP) während einer Übung über einen bestimmten Zeitraum ermitteln können. Die Daten wurden mit der Balance Clinic Software erfasst und ausgewertet, mit einer Frequenz von 100 Hz konfiguriert und mit einem Butterworth-Tiefpassfilter vierter Ordnung (10Hz) gefiltert. Die Analyse umfasste folgende Parameter [120, 156]:

- Pfadlänge, gesamte Länge des Verlaufs des COP in cm
- Mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des COP in cm
- Mittlere mediale-laterale Verschiebung des COP in cm
- Durchschnittliche Geschwindigkeit des COP in cm/s
- 95 %-Ellipse, welche 95 % aller COP-Bewegungen beinhaltet in cm²

Bei allen untersuchten Parametern gelten höhere Werte als ein Indiz für ein reduziertes Gleichgewichtsvermögen [119].

Hand Grip Test

Die Messung der Handkraft erfolgte mit dem Jamar[®] -Handdynamometer (Lafayette Instrument Company, USA; Abbildung 3). Ein Gerät, das die maximale Kraft (in kg) erfasst, die eine Person durch das Zusammendrücken zweier Griffe mit einer Hand erzeugen kann [159, 160].



Abbildung 3: Das Jamar[®] -Handdynamometer

Die Messung fand in aufrecht sitzender Position auf einem Stuhl ohne Armlehnen und ohne Kontakt zur Rückenlehne statt. Der Oberarm war adduziert und der Unterarm rechtwinklig zum Oberarm gehalten. Die Griffposition des Dynamometers wurde der Größe der Hand des Patienten angepasst, sodass der Griff mittig über allen vier Fingern lag (siehe Abbildung 3). Der Untersuchende führte die Messung zunächst vor. Anschließend wurde der Patient aufgefordert, die beiden Griffe mit maximaler Kraft für die Dauer von drei Sekunden zusammenzudrücken [161, 162]. Die Messung begann immer mit der linken Hand, wobei zwei Versuche pro Hand durchgeführt wurden. Zwischen den Messungen erfolgte eine standardisierte Pause von 30 Sekunden Dauer [162]. Der höchste Wert aus allen vier Messungen ging in die Auswertung ein [162, 163].

Der Test wurde nicht durchgeführt, wenn die Handbeweglichkeit (z. B. durch Schwellungen) des Patienten eingeschränkt war oder der Patient Schmerzen während der Ausführung hatte [159]. Vor jeder Untersuchung wurde die dominante Hand des Patienten mit der Frage „Mit welcher Hand schreiben Sie?“ erfragt [162].

Die European Working Group on Sarcopenia in Older People empfiehlt den Hand Grip Test als ein Assessment zur Diagnose der Sarkopenie [33]. Bei einem Wert von < 27 kg bei Männern und < 16 kg bei Frauen liegt ein Verdacht auf Sarkopenie vor [33, 164]. Diese Werte galten in der vorliegenden Studie als Referenzwerte.

Timed-Up-and-Go-Test

Beim Timed-Up-and-Go-Test wird der Patient aufgefordert, so schnell wie möglich aus dem Sitz auf einem Stuhl mit Armlehnen (Sitzhöhe 46 cm) aufzustehen, um einen drei Meter entfernten Kegel zu gehen und sich wieder in die Ausgangsposition zu begeben. Die dabei insgesamt benötigte Zeit wird mit einer Stoppuhr in Sekunden erfasst [114]. Die Durchführung des Tests erfolgt mit üblichem Schuhwerk, Gehhilfen können bei Bedarf verwendet werden. Der Patient startet in sitzender Position mit dem Rücken in Kontakt mit der Rückenlehne und den Armen auf den Armlehnen abgelegt. Es werden zwei Testgänge absolviert, wobei der erste Durchlauf einen Probeversuch darstellt.

Falls das selbstständige Aufstehen nicht möglich war, der Patient Schmerzen hatte oder erschöpft war, wurde der Test abgebrochen.

Ein Wert unter zehn Sekunden weist auf eine uneingeschränkte Alltagsmobilität hin. Bei einem Ergebnis größer oder gleich zehn Sekunden ist die Mobilität eingeschränkt, sodass Auswirkungen für den Alltag, wie z. B. erhöhtes Sturzrisiko, wahrscheinlich sind [114].

Gait Speed Test

Für das Durchführen des Gait Speed Test wird eine gerade Gehstrecke von acht Metern benötigt. Auf dieser Distanz werden zwei Markierungen im Abstand von vier Metern angebracht [160]. Die Aufgabe

besteht darin, die gesamte Teststrecke von acht Metern in normaler Gehgeschwindigkeit zurückzulegen, wobei nur die Zeit gestoppt wird, die der Patient benötigt, um die mittleren vier Meter zurückzulegen. Während des Tests läuft der Untersuchende außerhalb der Testzone parallel neben dem Patienten, um den genauen Zeitpunkt des Betretens (erster Schritt in die Testzone) und den Zeitpunkt des Verlassens der Testzone (erster Schritt aus der Testzone) zu dokumentieren [165]. Bei Brustschmerzen, Atemnot, Beinkrämpfen, Stolpern und Blässe wurde der Test in der vorliegenden Studie abgebrochen.

Ältere Patienten, die eine Gehgeschwindigkeit von $\leq 0,8$ m/s unterschreiten, weisen sowohl Einschränkungen bei den Aktivitäten des täglichen Lebens als auch eine erhöhte Mortalität auf [166, 167]. Dieser Wert gilt als Referenzwert in der vorliegenden Studie [33, 130, 167].

6-Minuten-Gehtest

Der 6-Minuten-Gehtest wurde gemäß den Leitlinien der American Thoracic Society [127] auf einer ebenen Strecke von 60 Metern durchgeführt, auf der ein unbehindertes Gehen gewährleistet war. Die Gehstrecke war alle fünf Meter markiert und die Wendepunkte waren mittels farbiger Kegel gekennzeichnet. Es wird die Distanz gemessen, die der Patient in einer Zeit von sechs Minuten gehend zurücklegen kann. Während der Durchführung konnten die Patienten bei Bedarf Gehhilfen benutzen und Pausen einlegen, in denen sie sich setzen durften. Sie sollten jedoch so bald möglich wieder losgehen, da die Testzeit weiterlief. Bei Auftreten von Symptomen wie Brustschmerzen, Atemnot, Beinkrämpfen, Stolpern oder Blässe wurde der Test abgebrochen [127].

Patienten, die eine Distanz von < 350 m erreichen, gelten als funktionell eingeschränkt und sind mit einem höheren Mortalitätsrisiko behaftet [128].

Der 6-Minuten-Gehtest wird bereits als Routineuntersuchung zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Rehabilitation angewandt und dient daher als Vergleichsstandard für die anderen funktionellen Assessments der vorliegenden Studie.

Laboruntersuchungen

Die Bestimmung von Gesamteiweiß, Albumin und Hämoglobin erfolgte im Rahmen der routinemäßig durchgeführten Analyse der Blutprobe jedes Patienten im Rehabilitationszentrum. Die nüchtern erhobene Blutprobe wurde im hauseigenen Labor nach üblichen Standardmethoden ausgewertet. Die Werte wurden anschließend der Patientenakte entnommen.

2.3 Gebrechlichkeitsindex

Um die Gebrechlichkeit zu erfassen, wurde der Index von Stortecky et al. verwendet, der auf Grundlage des multidimensionalen geriatrischen Assessments entwickelt wurde [50]. Er setzt sich aus verschiedenen, für die Gebrechlichkeit relevanten Bereichen wie Kognition, Ernährung, Mobilität und Aktivitäten des täglichen Lebens zusammen. Diese Bereiche werden mit Hilfe von sechs verschiedenen Assessments bewertet: Mini Mental Status Test, Mini Nutritional Assessment-Short Form, Barthel-Index, Instrumental Activities of Daily Living, Timed-Up-and-Go-Test und subjektive Mobilitätseinschränkung. Dafür legten Stortecky et al. jeweils Grenzwerte fest, die eine Beeinträchtigung implizieren (Abbildung 4). Anhand dieser Grenzwerte werden Punktzahlen vergeben, die anschließend einen Gesamtscore ergeben [50]. Dabei kann maximal ein fehlendes Assessment toleriert werden. Der Score kann zwischen null und sieben Punkten liegen, wobei ein Patient bei einer Punktzahl von drei bis sieben Punkten als gebrechlich und von null bis zwei Punkten als nicht gebrechlich gilt [50].







	Assessments	Einschränkung	Punkte
	Mini Mental Status Test	> 27 Punkte ≥ 21 bis < 27 Punkte < 21 Punkte	0 1 2
	Timed-Up-and-Go-Test	< 20 Sekunden ≥ 20 Sekunden	0 1
	Mini Nutritional Assessment-Short Form	> 12 Punkte < 12 Punkte	0 1
	Barthel-Index (Basic activities of daily living)	Keine Einschränkungen ≥ 1 Einschränkung	0 1
	Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens	Keine Einschränkungen ≥ 1 Einschränkung	0 1
	Mobilitätseinschränkung	Frage verneint Frage bejaht	0 1
	Gebrechlichkeitsindex	Gebrechlich Nicht gebrechlich	3 - 7 0 - 2

Abbildung 4: Komponenten des Gebrechlichkeitsindex und deren Grenzwerte

Quelle: Eigene Abbildung nach Stortecky et al. [50]

2.4 Statistische Auswertung

Metrische (kontinuierliche) Variablen wurden als Mittelwerte \pm Standardabweichung (standard deviation, SD) angegeben, kategoriale Variablen als absolute (n) und relative (%) Häufigkeiten dargestellt. Die Normalverteilung der Daten wurde mittels des Shapiro-Wilk-Tests geprüft. Vergleiche zwischen Patienten nach TAVI, AVI und PCI wurden bei Normalverteilung mittels ANOVA (Analysis of Variance) berechnet. Bei nicht parametrischen Daten wurde die Kruskal-Wallis ANOVA und bei kategorialen Variablen χ^2 -Tests angewandt. Um zu ermitteln welche Subpopulationen sich voneinander statistisch signifikant unterscheiden, wurden anschließend unabhängige t-Tests und Mann-Whitney-U-Tests berechnet.

Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den funktionellen Parametern und dem 6-Minuten-Gehtest sowie den Laborparametern und dem Mini Nutritional Assessment-Short Form wurden Pearson-Korrelationen errechnet.

Die Test-Retest-Reliabilität der Messung der posturalen Kontrolle und des Mini Nutritional Assessment-Short Form wurden anhand des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) und dessen 95%-Konfidenzintervallen (CI) angegeben. Die Grundlage der Rechnung stellte dabei das Modell mit gemischten Zwei-Weg-Effekten (two-way mixed effects model) [168]. Der ICC kann dabei Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je näher der Wert bei 1 liegt, desto höher ist die Reliabilität. Dabei repräsentieren Werte unter 0,5 niedrige, Werte zwischen 0,5 und 0,75 moderate, Werte zwischen 0,75 und 0,9 gute Reliabilität und Werte größer als 0,9 hervorragende Reliabilität [168].

Unterschiede zwischen den Gruppen mit einem p-Wert kleiner als 0,05 (zweiseitig) wurden als statistisch signifikant angenommen. Alle Berechnungen wurden mit SPSS 25.0 (IBM, Chicago, IL, USA) durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Patientencharakteristika

Von 196 gescreenten Patienten erfüllten 125 die Einschlusskriterien und konnten somit in die Studie aufgenommen werden (Abbildung 5). Die Hauptausschlussgründe waren: keine kathetergestützte Intervention (n = 50), Ablehnung der Teilnahme (n = 16) und Verlegung ins Krankenhaus vor der Untersuchung (n = 5). Eine Patientin zog die Einwilligung zurück, sodass die Daten von 124 Patienten analysiert werden konnten.

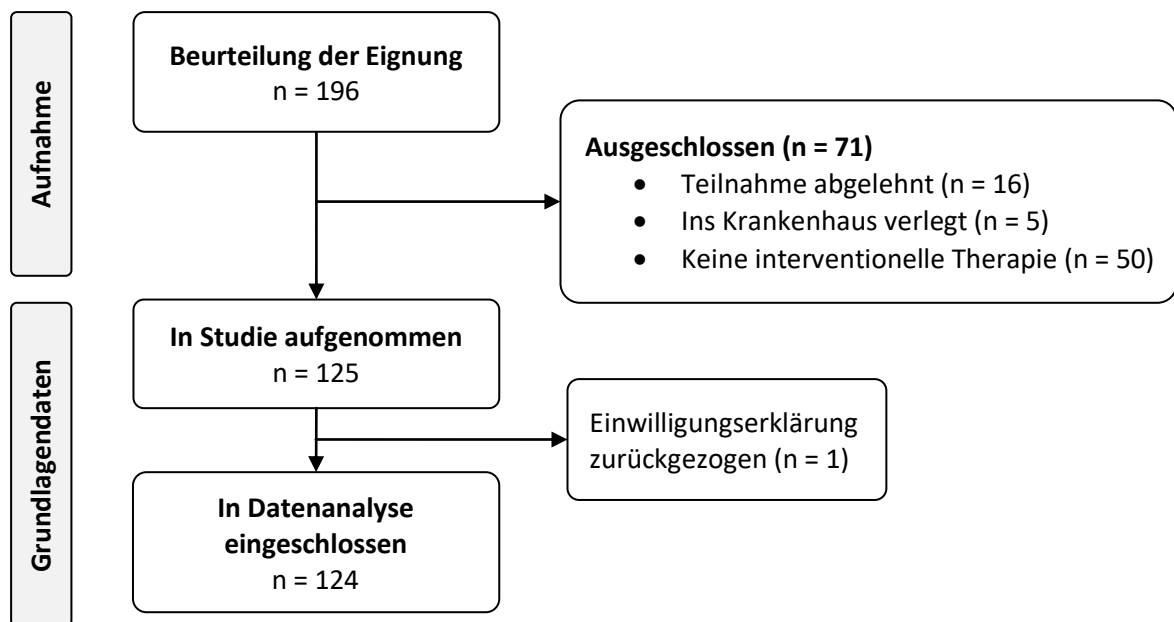


Abbildung 5: Einschlussprozess der Patienten

Das mittlere Alter der Teilnehmer lag bei $81,8 \pm 3,5$ Jahre und nahezu die Hälfte der Population (47,6 %) war weiblich (Tabelle 3). Etwa 43 % der Patienten konnten auf Grundlage des BMI als übergewichtig (BMI 25 – 30 kg/m²), 23 % als adipös (BMI \geq 30 kg/m²) und lediglich 3 der 124 Patienten (2,4 %) als untergewichtig (BMI <18,5 kg/m²) eingeteilt werden. Neun von zehn Patienten wiesen keinen Pflegegrad auf.

Es konnten 59 Patienten nach TAVI, 44 nach PCI und 21 nach AVI in die Studie eingeschlossen werden (Tabelle 3). Die AVI-Gruppe setzte sich aus 18 Patienten nach einer Mitralklappenrekonstruktion und zwei Patienten nach Trikuspidalklappenrekonstruktion mittels des MitraClip®-Verfahrens sowie einem Patienten nach Mitral- und Trikuspidalklappenrekonstruktion zusammen.

Bei etwa drei Viertel der Teilnehmer nach AVI konnte Vorhofflimmern oder ein implantierbarer Kardioverter-Defibrillator im Vergleich zu 36 % der Patienten nach TAVI und 11 % nach PCI ($p < 0,001$) nachgewiesen werden.

Tabelle 3: Patientencharakteristika (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD bzw. n (%))

Parameter	Gesamt <i>n</i> = 124	TAVI <i>n</i> = 59	AVI <i>n</i> = 21	PCI <i>n</i> = 44	p-Wert
Alter (Jahre)	81,8 \pm 3,5	82,2 \pm 3,3	82,4 \pm 3,9	81,0 \pm 3,5	0,151
Geschlecht, weiblich	59 (47,6)	29 (49,2)	10 (47,6)	20 (45,5)	0,933
Größe (cm)	167,3 \pm 9,0	166,8 \pm 9,5	167,1 \pm 8,1	168,0 \pm 8,7	0,781
Gewicht (kg)	75,4 \pm 13,0	75,2 \pm 12,9	73,9 \pm 11,8	76,3 \pm 27,1	0,773
BMI (kg/m ²)	27,0 \pm 4,6	27,1 \pm 4,9	26,6 \pm 4,4	27,1 \pm 4,5	0,888
Untergewicht (< 18,5)	3 (2,4)	1 (1,7)	0 (0)	2 (4,5)	n. a.
Normalgewicht (18,5 – < 25)	39 (31,5)	18 (30,5)	9 (42,9)	12 (27,3)	
Übergewicht (25 - < 30)	53 (42,7)	26 (44,1)	8 (38,1)	19 (43,2)	
Adipositas (\geq 30)	29 (23,4)	14 (23,7)	4 (19,0)	11 (25,0)	
Bildung (Jahre)	13,3 \pm 3,5	12,5 \pm 3,2	14,3 \pm 4,1	13,7 \pm 3,5	0,086
< 12 Jahre Bildung	48 (39,0)	27 (46,6)	6 (28,6)	15 (34,1)	0,247
\geq 12 Jahre Bildung	75 (61,0)	31 (53,4)	15 (71,4)	29 (65,9)	
Alleinlebend	40 (32,3)	22 (37,3)	6 (28,6)	12 (27,3)	0,518
Pflegegrad					
Kein Pflegegrad	111 (89,5)	51 (86,4)	19 (90,5)	41 (93,2)	n. a.
Pflegegrad 1+2	13 (10,5)	8 (13,6)	2 (9,5)	3 (6,8)	
Rhythmus					
Sinusrhythmus	82 (66,1)	38 (64,4)	5 (23,8)	39 (88,6)	< 0,001
Vorhofflimmern/ICD	42 (33,9)	21 (35,6)	16 (76,2)	5 (11,4)	
Blutdruck (mmHg)	<i>n</i> = 119	<i>n</i> = 54	<i>n</i> = 21	<i>n</i> = 44	
Systolisch	133,8 \pm 20,3	138,7 \pm 21,1	130,1 \pm 17,2	132,3 \pm 20,3	0,117
Diastolisch	71,4 \pm 12,4	70,0 \pm 13,1	72,2 \pm 8,8	72,1 \pm 12,6	0,805
Krankenhausaufenthalt (Tage)	9,2 \pm 8,0	10,3 \pm 5,2	12,4 \pm 14,9	6,3 \pm 5,0	< 0,001
Abstand KH zu Reha-Beginn (Tage)	27,4 \pm 16,2	21,6 \pm 12,3	32,2 \pm 20,5	32,9 \pm 16,2	< 0,001

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **BMI** = Body-Mass-Index, **ICD** = Implantable Cardioverter Defibrillator

Der Großteil der Patienten war multimorbide mit einer durchschnittlichen Anzahl von 5 ± 2 Komorbiditäten und nahm im Mittel 9 ± 3 Medikamente ein. Die Patienten nach AVI litten an 7 ± 2 Begleiterkrankungen, während TAVI- oder PCI-Patienten jeweils 5 ± 2 bzw. 4 ± 2 Komorbiditäten aufwiesen, was einen statistisch signifikanten Unterschied darstellt ($p < 0,001$, Tabelle 4).

Tabelle 4: Komorbiditäten und Medikamente (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD bzw. n (%))

Parameter	Gesamt <i>n</i> = 124	TAVI <i>n</i> = 59	AVI <i>n</i> = 21	PCI <i>n</i> = 44	p-Wert
Komorbiditäten (n)	4,9 \pm 2,1	4,9 \pm 1,9	6,8 \pm 2,4	3,84 \pm 1,7	< 0,001
≥ 3 Komorbiditäten	108 (87,1)	52 (88,1)	21 (100,0)	35 (79,5)	0,067
Arterielle Hypertonie	102 (82,3)	51 (86,4)	16 (76,2)	35 (79,5)	0,482
Diabetes mellitus	40 (32,3)	18 (30,5)	7 (33,3)	15 (34,1)	0,922
Niereninsuffizienz	44 (35,5)	19 (32,2)	10 (47,6)	15 (34,1)	0,435
Orthopädische Erkrankungen	25 (20,2)	8 (13,6)	4 (19,0)	13 (29,5)	n. a.
Hyperlipidämie	49 (39,5)	20 (33,9)	8 (38,1)	21 (47,7)	0,361
Stoffwechselerkrankungen	22 (17,7)	11 (18,6)	4 (19,0)	7 (15,9)	n. a.
Zerebrovaskuläre und neurologische Erkrankungen	20 (16,2)	7 (11,9)	4 (19,0)	9 (20,4)	n. a.
Medikamente (n)	9,0 \pm 2,7	8,8 \pm 2,6	9,1 \pm 2,7	9,2 \pm 2,9	0,792
Beta-Blocker	97 (78,2)	43 (72,9)	19 (90,5)	35 (79,5)	0,236
ACE-Hemmer	56 (45,2)	25 (42,4)	8 (38,1)	23 (52,3)	0,471
Diuretika	73 (58,9)	35 (59,3)	18 (85,7)	20 (45,5)	0,009
AT1-Rezeptorantagonisten	50 (40,3)	26 (44,1)	7 (33,3)	17 (38,6)	0,663
Opioid-Analgetika	16 (12,9)	8 (13,6)	3 (14,3)	5 (11,4)	n. a.
Antikonvulsiva	7 (5,6)	4 (6,8)	1 (4,8)	2 (4,5)	n. a.

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **ACE-Hemmer** = Angiotensin-Converting-Enzym-Hemmer, **AT1-Rezeptorantagonisten** = Angiotensin-II-Rezeptor-Subtyp-1-Antagonisten

Einige Patienten wiesen peri- und postprozedurale Komplikationen nach den VARC2/MVARC-Kriterien auf. Bei 8,5 % (*n* = 5) der Patienten nach TAVI wurde ein Schrittmacher implantiert, bei jeweils 5,1 % (*n*=3) kam es zu neu auftretenden spezifischen Arrhythmien oder Komplikationen am vaskulären Zugangsweg. Ein Patient nach AVI hatte ebenfalls Komplikationen am vaskulären Zugangsweg. In der PCI-Gruppe kam es bei einer Person zu Unterschenkelödemen und bei einer anderen zur Notwendigkeit einer Bluttransfusion.

Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion der Gesamtstudienpopulation betrug im Mittel 53,6 \pm 8,4 %. Ein Unterschied (*p* < 0,001) bestand zwischen den Patienten nach TAVI (56,5 \pm 6,2 %) und denen nach AVI (49,3 \pm 10,4 %) sowie PCI (51,9 \pm 8,8 %, Abbildung 6). Der Anteil der Patienten mit einem NYHA- Grad III war in der AVI-Gruppe höher im Vergleich zu Patienten nach TAVI (*p* < 0,05). Die Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion hatte einen Wert von 20,6 \pm 4,1 mm, wobei die Patienten nach AVI mit 17,0 \pm 3,5 mm den statistisch signifikant niedrigeren Wert im Vergleich zu Patienten nach TAVI (20,9 \pm 3,8; *p* < 0,001) und PCI (21,9 \pm 3,8 mm; *p* < 0,001) aufwiesen. Die Anzahl der Patienten nach AVI

mit einem Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion-Wert von unter 18 mm (n = 14; 73,7 %) war höher als die Anzahl an Patienten nach TAVI (n = 13; 24,5 %, p=0,001) sowie PCI (n = 7; 18,9 %; p < 0,001). Insgesamt lag jedoch der Großteil der Gesamtpopulation (68,8 %) über diesem Wert.

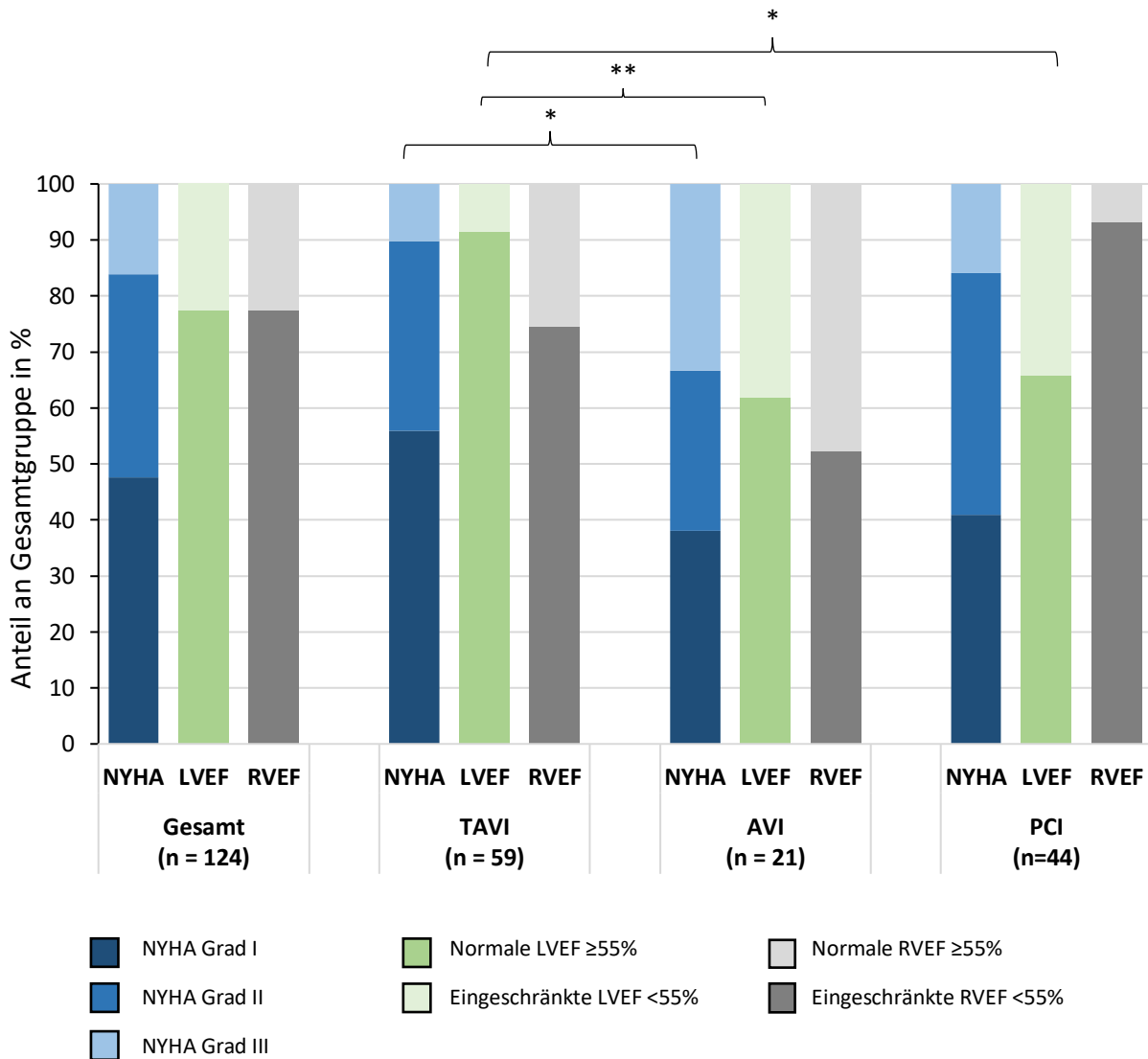


Abbildung 6: Vergleich der echokardiografischen Parameter zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI)

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **NYHA** = New York Heart Association Functional Classification, **LVEF** = linksventrikuläre Ejektionsfraktion, **RVEF** = rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion

* Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf 0.05 Niveau

** Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf 0.001 Niveau

Der Anteil an als gebrechlich klassifizierten Patienten war 61,3 % mit im Durchschnitt $2,9 \pm 1,4$ Punkten (Tabelle 5). Patienten nach AVI wiesen einen niedrigeren Punktwert beim Mini Nutritional Assessment-Short Form auf als die anderen beiden Subpopulationen ($p = 0,006$) und gaben häufiger an (85,7 %), dass sich ihre Mobilität in den letzten sechs Monaten verschlechtert hat, als die PCI-Patienten (59,1 %; $p = 0,047$).

Tabelle 5: Vergleich der Komponenten der Gebrechlichkeit zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD; n (%))

Assessments	Gesamt n = 124	TAVI n = 59	AVI n = 21	PCI n = 44	p-Wert
MMST (Punkte)	$25,9 \pm 2,9$	$25,6 \pm 3,3$	$26,7 \pm 2,1$	$25,8 \pm 2,7$	0,337
< 27	62 (50,0)	32 (54,2)	8 (38,1)	22 (50,0)	0,446
MNA-SF (Punkte)	$11,8 \pm 2,2$	$12,0 \pm 1,8$	$10,3 \pm 3,0$	$12,1 \pm 2,1$	0,006
< 12	47 (37,9)	22 (37,3)	12 (57,1)	13 (29,5)	0,099
BADL (Punkte)	$93,9 \pm 9,8$	$94,1 \pm 9,4$	$91,9 \pm 11,1$	$94,6 \pm 9,7$	0,585
< 100	39 (31,5)	16 (27,1)	11 (52,4)	12 (27,3)	0,239
IADL (Punkte)	$7,0 \pm 1,5$	$6,5 \pm 1,5$	$6,5 \pm 1,8$	$7,3 \pm 1,2$	0,125
< 8	60 (48,4)	30 (50,8)	12 (57,1)	18 (40,9)	0,412
Subjektive Mobilitätseinschränkung	89 (71,8)	45 (76,3)	18 (85,7)	26 (59,1)	0,047
TUG (s)	$11,4 \pm 6,3$	$11,4 \pm 6,1$	$11,8 \pm 5,6$	$11,3 \pm 7,0$	0,467
≥ 20	10 (8,1)	3 (5,1)	1 (4,8)	6 (13,6)	n. a.
Gebrechlichkeitsindex (Punkte)	$2,9 \pm 1,4$	$3,0 \pm 1,4$	$3,3 \pm 1,0$	$2,6 \pm 1,6$	0,139
Gebrechlich	76 (61,3)	36 (61,0)	18 (85,7)	22 (50,0)	n. a.
Nicht gebrechlich	48 (38,7)	23 (39,0)	3 (14,3)	22 (50,0)	

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **MMST** = Mini Mental Status Test, **MNA-SF** = Mini Nutritional Assessment-Short Form, **BADL** = Basic activities of daily living, **IADL** = Instrumental activities of daily living, **TUG** = Timed-Up-and-Go-Test

3.2 Funktioneller Status der Patienten

Die Patienten gingen im Mittel eine Strecke von 339 ± 131 m im 6-Minuten-Gehtest und mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit im Gait Speed Test von $1,0 \pm 0,2$ m/s. Im Timed-Up-and-Go-Test wurde eine Ausführungszeit von $11,4 \pm 6,3$ s gemessen und die Handkraft lag bei $24,0 \pm 8,9$ kg im Hand Grip Test (Tabelle 6). Verglichen mit den Referenzwerten der einzelnen Assessments wiesen 48 % der Patienten einen limitierten funktionellen Status beim 6-Minuten-Gehtest auf, 45 % im Timed-Up-and-Go-Test, 25 % im Gait Speed Test und 35 % im Hand Grip Test. Dabei ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Subpopulationen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich des funktionellen Status zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD; n (%))

Assessments (Grenzwerte)	Gesamt <i>n</i> = 124	TAVI <i>n</i> = 59	AVI <i>n</i> = 21	PCI <i>n</i> = 44	p- Wert
HGT (kg)	24,0 \pm 8,9	23,6 \pm 9,1	21,0 \pm 6,1	26,0 \pm 9,4	0,089
Geringe Kraft (w<16;m<27)	43 (34,7)	23 (39,0)	10 (47,6)	10 (22,7)	0,090
	<i>n</i> = 123	<i>n</i> = 59	<i>n</i> = 20	<i>n</i> = 44	
TUG (s)	11,4 \pm 6,3	11,4 \pm 6,1	11,8 \pm 5,6	11,3 \pm 7,0	0,467
Normal (< 10)	68 (55,3)	30 (50,8)	10 (50,0)	28 (63,6)	0,380
Eingeschränkt (\geq 10)	55 (44,7)	29(49,2)	10 (50,0)	16 (36,4)	
	<i>n</i> = 122	<i>n</i> = 59	<i>n</i> = 20	<i>n</i> = 43	
GST (m/s)	1,0 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,198
Abhängig in ADL (< 0.8)	31 (25,4)	17 (28,8)	6 (30,0)	8 (18,6)	0,442
Unabhängig in ADL (\geq 0.8)	91 (74,6)	42 (71,2)	14 (70,0)	35 (81,4)	
	<i>n</i> = 123	<i>n</i> = 59	<i>n</i> = 21	<i>n</i> = 43	
6MWT (m)	339,2 \pm 131,7	340,7 \pm 128,2	300,4 \pm 133,7	356,0 \pm 134,6	0,284
Eingeschränkt (< 350)	60 (48,4)	30 (50,8)	12 (57,1)	18 (41,9)	0,469
Normal (\geq 350)	63 (51,2)	29 (49,2)	9 (42,9)	25 (58,1)	

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **HGT** = Hand Grip Test, **TUG** = Timed-Up-and-Go-Test, **GST** = Gait Speed Test, **6MWT** = 6-Minuten-Gehtest, **ADL** = Activities of Daily Living

Die mittlere Pfadlänge des Schwankungsweges der Gesamtpopulation betrug $83,9 \pm 40,3$ cm im bipedalen Stand mit offenen Augen und $141,7 \pm 77,0$ cm mit geschlossenen Augen (Tabelle 7). Patienten nach AVI wiesen einen höheren Schwankungsweg des COP auf als Patienten nach PCI (AVI: $93,0 \pm 38,2$ cm vs. PCI: $70,8 \pm 22,8$ cm; $p = 0,021$). Die durchschnittliche Geschwindigkeit des COP zwischen PCI- ($2,35 \pm 0,77$ cm/s) und TAVI- ($3,01 \pm 1,61$ cm/s; $p = 0,021$) als auch AVI-Patienten ($2,97 \pm 1,14$ cm/s; $p = 0,017$) im bipedalen Stand mit offenen Augen erreichte ebenfalls ein statistisch

signifikantes Niveau (Tabelle 7). Zudem unterschieden sich die Patienten nach TAVI und PCI signifikant im Parameter 95%-Ellipse mit offenen Augen (TAVI: $7,24 \pm 3,90 \text{ cm}^2$; PCI: $5,16 \pm 2,74 \text{ cm}^2$; $p = 0,006$). Im bipedalen Stand mit geschlossenen Augen hatte die Pfadlänge der Patienten nach AVI ($174,3 \pm 86,7 \text{ cm}$) einen höheren Wert als bei Patienten nach PCI ($120,8 \pm 53,0 \text{ cm}$; $p = 0,024$).

Tabelle 7: Vergleich der posturalen Parameter im bipedalen Stand mit offenen und geschlossenen Augen zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI; Mittelwert \pm SD)

Parameter der posturalen Kontrolle	Gesamt	TAVI	AVI	PCI	p-Wert
Offene Augen	<i>n = 118</i>	<i>n = 58</i>	<i>n = 21</i>	<i>n = 39</i>	
Pfadlänge (cm)	$83,9 \pm 40,3$	$89,4 \pm 47,9$	$93,0 \pm 38,2$	$70,8 \pm 22,8$	0,028
AP (cm)	$-1,99 \pm 1,59$	$-1,97 \pm 1,59$	$-1,51 \pm 1,79$	$-2,27 \pm 1,44$	0,232
ML (cm)	$0,22 \pm 0,68$	$0,24 \pm 0,76$	$0,22 \pm 0,64$	$0,20 \pm 0,60$	0,944
VEL (cm/s)	$2,78 \pm 1,33$	$3,01 \pm 1,61$	$2,97 \pm 1,14$	$2,35 \pm 0,77$	0,047
95EA (cm ²)	$6,40 \pm 3,39$	$7,24 \pm 3,90$	$6,39 \pm 2,19$	$5,16 \pm 2,74$	0,013
Geschlossene Augen	<i>n = 106</i>	<i>n = 51</i>	<i>n = 18</i>	<i>n = 37</i>	
Pfadlänge (cm)	$141,7 \pm 77,0$	$145,3 \pm 84,6$	$174,3 \pm 86,7$	$120,8 \pm 53,0$	0,047
AP (cm)	$-1,77 \pm 1,65$	$-1,65 \pm 1,66$	$-1,52 \pm 1,74$	$-2,05 \pm 1,61$	0,437
ML (cm)	$0,13 \pm 0,66$	$0,14 \pm 0,65$	$0,05 \pm 0,82$	$0,16 \pm 0,61$	0,860
VEL (cm/s)	$4,76 \pm 2,60$	$4,87 \pm 2,86$	$5,81 \pm 2,89$	$4,10 \pm 1,81$	0,133
95EA (cm ²)	$11,80 \pm 7,90$	$12,08 \pm 7,96$	$14,71 \pm 8,23$	$9,96 \pm 7,40$	0,060

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **AP** = Mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des Center of Pressure, **ML** = Mittlere mediale-laterale Verschiebung des Center of Pressure, **VEL** = Durchschnittliche Geschwindigkeit des Center of Pressure, **95EA** = 95%-Ellipse
Der unipedale Stand konnte aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht ausgewertet werden.

3.3 Nutritiver Zustand

In der Gesamtpopulation wurde eine durchschnittliche Punktzahl von $11,8 \pm 2,2$ im Mini Nutritional Assessment-Short Form erreicht, wobei Patienten nach AVI mit $10,3 \pm 3,0$ eine geringere Punktzahl als Patienten nach TAVI ($12,0 \pm 1,8$ Punkte; $p = 0,032$) und PCI ($12,1 \pm 2,1$ Punkte; $p = 0,016$) erzielten (Tabelle 5).

Die Kategorien „Mangelernährung (0 – 7 Punkte)“ und „Risiko auf Mangelernährung (8 – 11 Punkte)“ wurden zusammengelegt, um statistische Berechnungen durchführen zu können. Mehr als ein Drittel der Patienten wies ein Risiko der Mangelernährung oder eine manifeste Mangelernährung auf (Abbildung 7). Dabei waren 57,1 % der Patienten nach AVI, 37,3 % nach TAVI und 29,5 % nach PCI betroffen ($p = 0,099$).

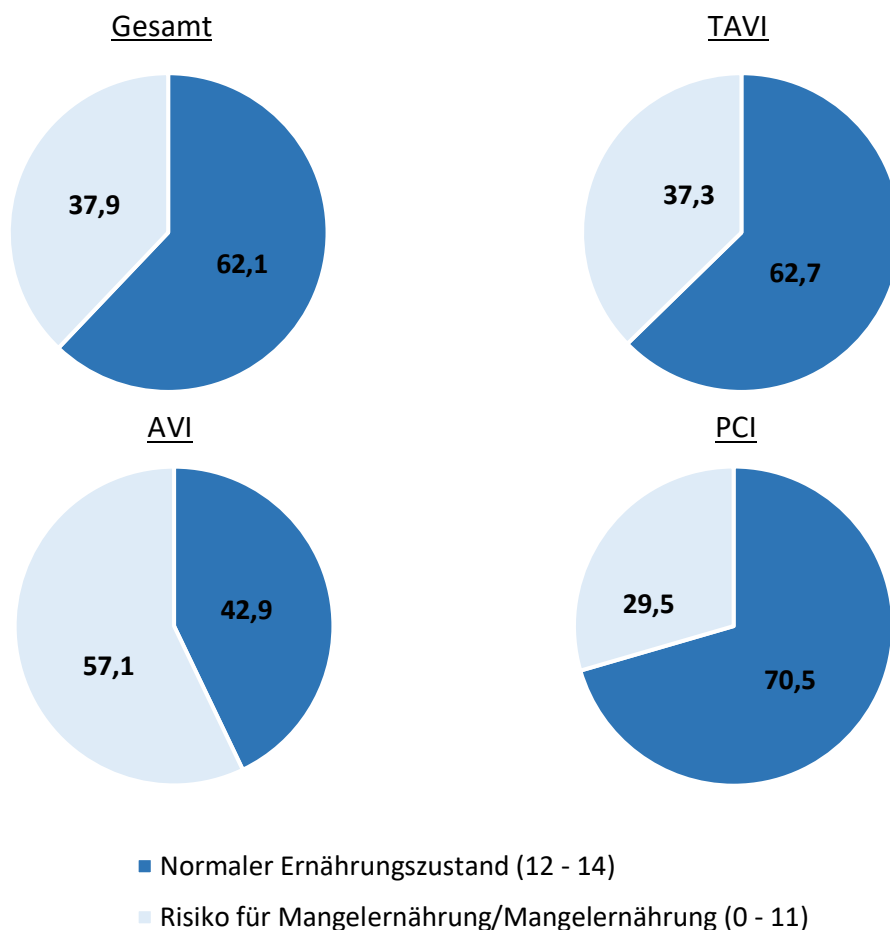


Abbildung 7: Anteil der Patienten mit normalem Ernährungszustand und einem Risiko für Mangelernährung bzw. einer Mangelernährung nach MNA-SF in den Populationen

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention

Die Patienten nach TAVI zeigten ein höheres Gesamteiweißlevel auf als die PCI-Patienten ($67,2 \pm 4,6$ vs. $65,3 \pm 3,6$ g/l, $p = 0,026$; Abbildung 8). Der Hämoglobinwert ($7,9 \pm 0,9$ mmol/l) hingegen lag in der PCI-Population höher als bei Patienten nach TAVI ($7,2 \pm 0,8$ mmol/l, $p < 0,001$) sowie nach AVI ($7,4 \pm 0,7$ mmol/l, $p < 0,045$).

Das Serumalbuminlevel der Gesamtstudienpopulation betrug im Durchschnitt $40,8 \pm 2,3$ g/l, das Gesamteiweiß $66,4 \pm 4,5$ g/l und Hämoglobin $7,5 \pm 0,9$ mmol/l. Im Vergleich zu den unteren Grenzwerten (Frauen $< 7,6$ mmol/l; Männer $< 8,7$ mmol/l) hatten 29 % der Gesamtpopulation einen zu niedrigen Hämoglobinwert und zwei Patienten (nach AVI) einen Gesamteiweißgehalt unter 55 g/l. Beim Serumalbumin unterschritt kein Patient den unteren Grenzwert von 35 g/l.

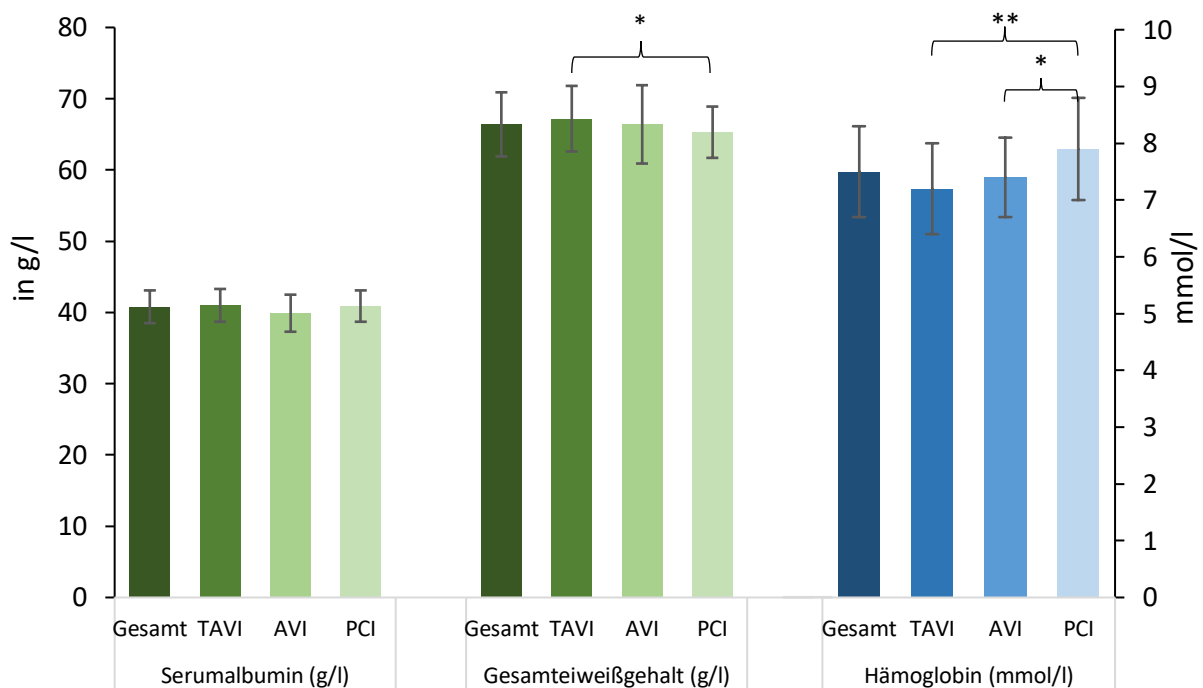


Abbildung 8: Vergleich der Laborwerte zwischen den Subpopulationen (gesamt, TAVI vs. AVI vs. PCI)

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention

* Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf 0.05 Niveau

** Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf 0.001 Niveau

3.4 Durchführbarkeit und Sicherheit der Assessments

Der Großteil der Patienten konnte den Mini Nutritional Assessment-Short Form (n = 124; 100%), den Hand Grip Test (n = 124; 100 %), den Timed-Up-and-Go-Test (n = 123; 99 %), den Gait Speed Test (n = 122; 98 %) sowie den 6-Minuten-Gehtest (n = 123; 99%) durchführen, sodass jedes dieser Assessments als durchführbar bewertet wurde (Abbildung 9). Das war auch in den einzelnen Subpopulationen TAVI, AVI und PCI zu beobachten.

Während der Untersuchungen haben sechs Patienten (4,8 %) Gehstützen und 18 Patienten (14,5 %) einen Gehwagen genutzt.

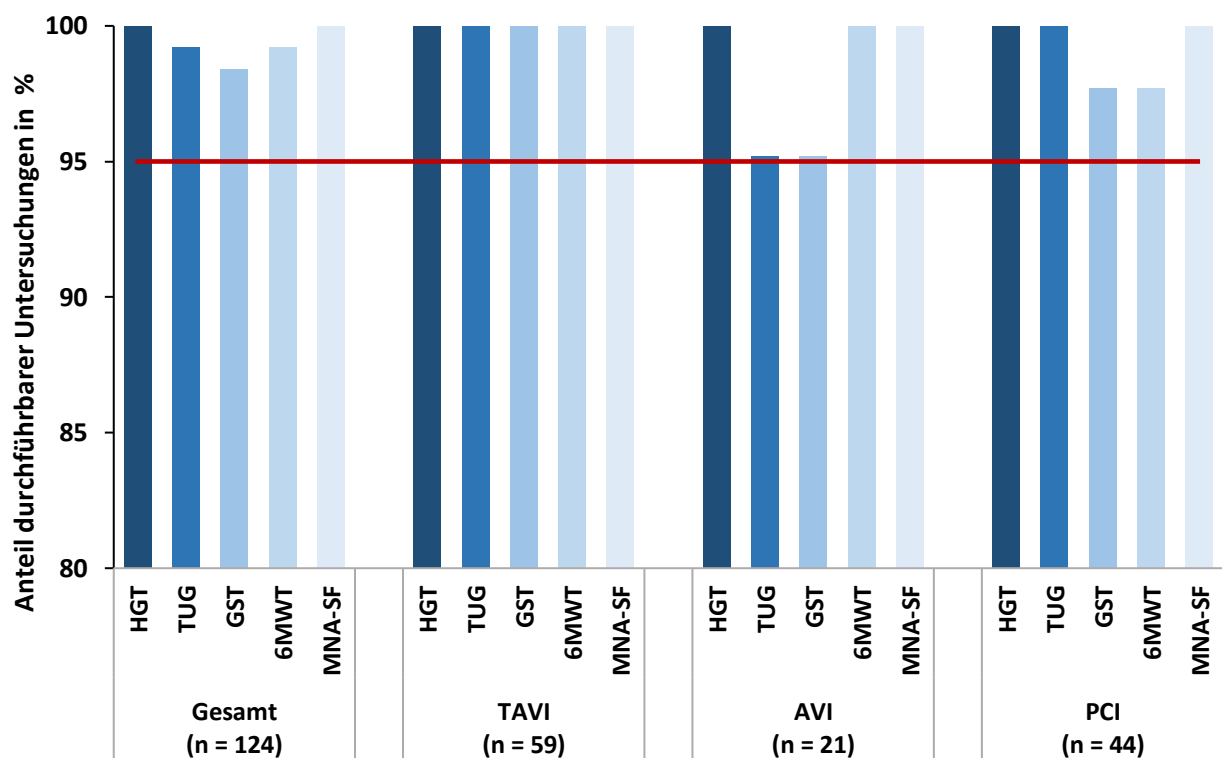


Abbildung 9: Anteil durchführbarer Assessments (> 95 %) in der untersuchten Population

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **HGT** = Hand Grip Test, **TUG** = Timed-Up-and-Go-Test, **GST** = Gait Speed Test, **6MWT** = 6-Minuten-Gehtest, **MNA-SF** = Mini Nutritional Assessment Short Form

Eine Ausnahme in der Durchführbarkeit stellen die Messungen der posturalen Kontrolle im bipedalen Stand mit geschlossenen Augen und im unipedalen Stand dar (Abbildung 10). Während die Messung mit offenen Augen in der Gesamtpopulation (n = 118) sowie in der TAVI- (n = 58) und AVI-Gruppe (n = 39) bei über 95 % der Patienten durchführbar war, konnte die Messung mit geschlossenen Augen lediglich bei 85,5 % (n = 106) der Population durchgeführt werden und lag damit unter dem Grenzwert von 95 % (Abbildung 10). Nur 15 Patienten haben den unipedalen Stand entsprechend der gesetzten Kriterien erfolgreich absolviert und lagen mit 12,1 % weit unter dem festgelegten Grenzwert.

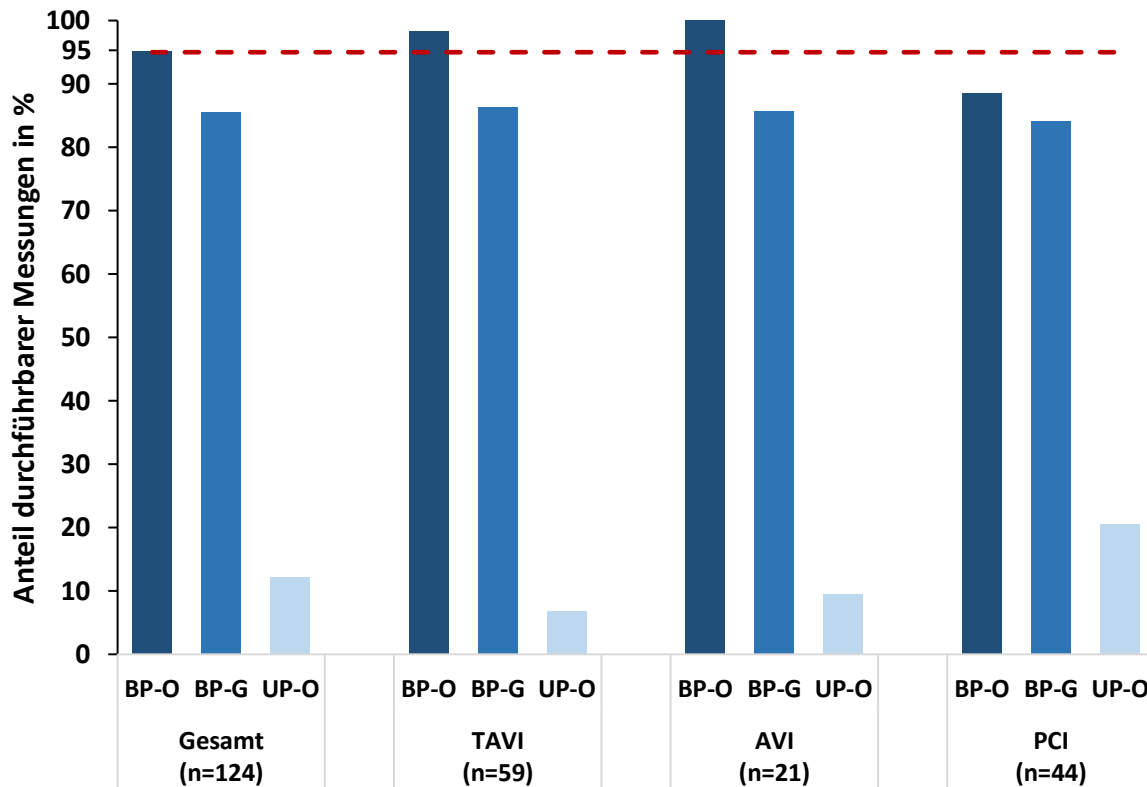


Abbildung 10: Anteil durchführbarer Messungen (> 95 %) der posturalen Kontrolle in der Population

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **BP-O** = Bipedaler Stand mit offenen Augen, **BP-G**= Bipedaler Stand mit geschlossenen Augen, **UP-O** = Unipedaler Stand mit offenen Augen

Alle Assessments konnten als sicher eingestuft werden, da keine unerwünschten Ereignisse registriert wurden. Verweigerung durch den Patienten (n = 2) und Schmerzen (n = 2) waren die häufigsten Hinderungsgründe für das Durchführen der Assessments Hand Grip Test, Timed-Up-and-Go-Test, Gait Speed Test und 6-Minuten-Gehtest. Häufigste Hinderungsgründe bei der Messung der posturalen Kontrolle im bipedalen Stand hingegen waren, dass die Patienten die Position mit geschlossenen (n = 16) oder offenen (n = 4) Augen über 30 Sekunden nicht halten konnten, Schmerzen (n = 4) oder Angst (n = 1) hatten. Die Messung des unipedalen Standes konnte bei 109 Patienten nicht durchgeführt werden, da sie nicht in der Lage waren für die Testdauer von zehn Sekunden auf einem Bein zu stehen.

3.5 Reliabilität der Assessments

Die Nachuntersuchung fand im Durchschnitt $1,8 \pm 1,2$ Tage nach der Eingangsuntersuchung statt.

Bei der Messung der posturalen Kontrolle konnten drei Patienten unter der Kondition mit offenen Augen und zwölf Patienten unter der Kondition mit geschlossenen Augen die Nachuntersuchung nicht durchführen (Tabelle 8). Zwei Patienten nahmen an der Nachuntersuchung mit dem Mini Nutritional Assessment-Short Form aus organisatorischen Gründen nicht teil (Tabelle 9).

Die einzelnen Parameter der posturalen Kontrolle (Kraftmessplatte) zeigten im bipedalen Stand mit offenen Augen eine gute bis hervorragende Test-Retest-Reliabilität in der Gesamtstudienpopulation ($n = 115$; ICC = 0,79–0,96) und in den Untergruppen (TAVI: $n = 57$, ICC = 0,85–0,97; AVI: $n = 21$, ICC = 0,74–0,91; PCI: $n = 37$, 0,60–0,96; Tabelle 8). Eine Ausnahme bildeten die Ergebnisse der Variable mittlere mediale-laterale Verschiebung des COP mit einem ICC-Wert von 0,60 innerhalb der PCI-Gruppe.

Auch beim bipedalen Stand mit geschlossenen Augen indizierten die ICC-Werte zwischen 0,88 und 0,98 in den Parametern Pfadlänge, mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des COP, durchschnittliche Geschwindigkeit des COP und 95 %-Ellipse über alle Gruppen hinweg eine gute bis hervorragende Reliabilität (Tabelle 8). Allein beim Parameter mittlere mediale-laterale Verschiebung des COP ergaben sich auch ICC-Werte zwischen 0,42 und 0,56.

Die Ergebnisse zur Test-Retest-Reliabilität des Mini Nutritional Assessment-Short Form in der Gesamtgruppe ($n = 122$) lagen bei einem ICC von 0,93 mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,90 und 0,95 (Tabelle 9).

Tabelle 8: Die Test-Retest-Reliabilität der einzelnen posturalen Parameter im bipedalen Stand mit offenen und geschlossenen Augen

	Gesamt			TAVI			AVI			PCI		
	T0	T1	ICC (95% CI)	T0	T1	ICC (95% CI)	T0	T1	ICC (95% CI)	T0	T1	ICC (95% CI)
Offene Augen												
	n = 115			n = 57			n = 21			n = 37		
PL (cm)	83,7 ± 40,5	79,2 ± 38,5	0,95 (0,93-0,97)	89,0 ± 48,2	84,6 ± 47,7	0,97 (0,95-0,98)	93,0 ± 38,2	83,8 ± 24,9	0,78 (0,47-0,91)	70,4 ± 22,2	68,1 ± 25,1	0,95 (0,91-0,98)
AP (cm)	-2,0 ± 1,6	79,2 ± 38,5	0,91 (0,87-0,94)	-1,9 ± 1,6	-2,0 ± 1,7	0,90 (0,83-0,94)	-1,5 ± 1,8	-1,7 ± 1,5	0,91 (0,78-0,96)	-2,4 ± 1,4	-2,1 ± 1,8	0,92 (0,83-0,96)
ML (cm)	0,2 ± 0,7	0,1 ± 0,7	0,79 (0,70-0,86)	0,2 ± 0,8	0,2 ± 0,7	0,85 (0,74-0,92)	0,2 ± 0,6	0,0 ± 0,7	0,81 (0,53-0,92)	0,2 ± 0,6	0,1 ± 0,6	0,60 (0,22-0,80)
VEL (cm/s)	2,8 ± 1,3	2,8 ± 1,6	0,95 (0,93-0,97)	3,0 ± 1,6	2,8 ± 1,6	0,97 (0,95-0,99)	3,0 ± 1,1	2,8 ± 0,8	0,74 (0,37-0,90)	2,3 ± 0,7	2,3 ± 0,9	0,96 (0,92-0,98)
95EA (cm ²)	6,3 ± 3,3	6,4 ± 3,15	0,87 (0,81-0,91)	7,1 ± 3,7	6,4 ± 3,2	0,91 (0,84-0,95)	6,4 ± 2,2	6,8 ± 2,4	0,81 (0,54-0,93)	5,1 ± 2,8	6,2 ± 5,2	0,84 (0,69-0,92)
Geschlossene Augen												
	n = 106			n = 51			n = 18			n = 37		
PL (cm)	140,6 ± 77,7	130,3 ± 73,9	0,97 (0,94-0,98)	145,0 ± 85,4	138,2 ± 85,6	0,98 (0,96-0,99)	174,3 ± 86,7	155,2 ± 76,5	0,96 (0,83-0,99)	117,0 ± 51,1	106,2 ± 43,4	0,94 (0,85-0,97)
AP (cm)	-1,8 ± 1,7	-1,8 ± 1,7	0,90 (0,85-0,94)	-1,6 ± 1,7	-1,8 ± 1,7	0,88 (0,79-0,93)	-1,5 ± 1,7	-1,5 ± 1,9	0,92 (0,85-0,96)	-2,2 ± 1,6	-2,1 ± 1,7	0,92 (0,85-0,96)
ML (cm)	0,1 ± 0,7	-0,1 ± 0,8	0,56 (0,35-0,71)	0,1 ± 0,7	-0,0 ± 1,1	0,52 (0,13-0,73)	0,1 ± 0,8	-0,1 ± 0,7	0,80 (0,48-0,93)	0,1 ± 0,6	-0,1 ± 0,5	0,42 (-0,14-0,71)
VEL (cm/s)	4,7 ± 2,6	4,3 ± 2,4	0,97 (0,94-0,98)	4,9 ± 2,9	4,5 ± 2,8	0,97 (0,95-0,99)	5,8 ± 2,9	5,2 ± 2,6	0,96 (0,83-0,99)	3,9 ± 1,7	3,6 ± 1,4	0,95 (0,87-0,96)
95EA (cm ²)	11,8 ± 8,0	10,9 ± 6,9	0,95 (0,92-0,96)	11,9 ± 8,0	11,0 ± 6,5	0,95 (0,91-0,97)	14,7 ± 8,2	13,9 ± 6,6	0,90 (0,74-0,96)	9,9 ± 7,7	9,3 ± 7,2	0,96 (0,91-0,98)

TAVI = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, AVI = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, PCI = Perkutane Koronarintervention, T0 = Eingangsuntersuchung, T1 = Nachuntersuchung, ICC = Intraklassen-Korrelationskoeffizient, 95% CI = 95% Konfidenzintervall, PL = Pfadlänge des Center of Pressure, AP = Mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des Center of Pressure, ML = Mittlere mediale-laterale Verschiebung des Center of Pressure, VEL = Durchschnittliche Geschwindigkeit des Center of Pressure, 95EA = 95%-Ellipse

Tabelle 9: Test-Retest-Reliabilität des Mini Nutritional Assessment-Short Form

	Gesamt (n=122)	TAVI (n=58)	AVI (n=21)	PCI (n=43)
Eingangsuntersuchung (T0)				
MNA-SF (Punkte)	11,7 ± 2,3	12,0 ± 1,8	10,3 ± 3,0	12,1 ± 2,2
Normaler Ernährungszustand (12-14)	75 (61,5 %)	36 (62,1 %)	9 (42,9 %)	30 (69,8 %)
(Risiko für) Mangelernährung (0-11)	47 (38,5 %)	22 (37,9 %)	12 (57,1 %)	13 (30,2 %)
Nachuntersuchung (T1)				
MNA-SF (Punkte)	11,8 ± 2,3	12,0 ± 1,8	10,4 ± 3,1	12,0 ± 2,2
Normaler Ernährungszustand (12-14)	75 (61,5 %)	34 (58,6 %)	11 (52,4 %)	30 (69,8 %)
(Risiko für) Mangelernährung (0-11)	47 (38,5 %)	24 (41,4 %)	10 (47,6 %)	13 (30,2 %)
Test-Retest Reliabilität				
ICC (95 % CI)	0,93 (0,90-0,95)	0,89 (0,83-0,94)	0,95 (0,89-0,98)	0,92 (0,86-0,96)

ICC = Intraklassen-Korrelationskoeffizient, **CI** = 95% Konfidenzintervall, **TAVI** = Transkatheter-Aortenklappenimplantation, **AVI** = Kathetergestützte atrioventrikuläre Verfahren, **PCI** = Perkutane Koronarintervention, **MNA-SF** = Mini Nutritional Assessment-Short Form

3.6 Korrelationen zwischen den Assessments

Alle Assessments wurden mit dem 6-Minuten-Gehtest korreliert. Es konnten statistisch signifikante Korrelationen (Tabelle 10 in Grau) des Gait Speed Tests ($r = 0,79$; $p < 0,01$), des Timed-Up-and-Go-Tests ($r = -0,68$; $p < 0,01$) und des Hand Grip Tests ($r = 0,33$; $p < 0,001$) mit dem 6-Minuten-Gehtest gezeigt werden.

Bezüglich der Parameter der posturalen Kontrolle konnte für die 95 %-Ellipse eine statistisch signifikante Korrelation zum 6-Minuten-Gehtest aufgezeigt werden ($r = -0,24$, $p < 0,05$, Tabelle 10). Zudem korrelierten die 95%-Ellipse ($r = -0,25$, $p < 0,01$), die durchschnittliche Geschwindigkeit des COP ($r = -0,22$, $p < 0,05$) und die Pfadlänge ($r = -0,21$, $p < 0,05$) mit dem Timed-Up-and-Go-Test. Zwischen den Parametern der posturalen Kontrolle mit geschlossenen Augen und dem 6-Minuten-Gehtest wurden keine statistisch signifikanten Korrelationen identifiziert, sie werden daher in der Tabelle 10 nicht aufgeführt.

Tabelle 10: Pearson-Korrelationen zwischen den funktionalen Assessments in der Gesamtpopulation

	6MWT	TUG	HGT	GST	PL [‡]	ML [‡]	AP [‡]	VEL [‡]	95EA [‡]
6MWT	1	-,680**	,327**	,790**	-,159	-,089	,034	-,154	-,238*
TUG	-,680**	1	-,350**	-,794**	,219*	,140	-,107	,220*	,254**
HGT	,327**	-,350**	1	,338**	,136	,133	,308**	,166	,116
GST	,790**	-,794**	,338**	1	-,213*	-,152	,013	-,202*	-,208*
PL [‡]	-,159	,219*	,136	-,213*	1	,161	,018	1,000**	,581**
ML [‡]	-,089	,140	,133	-,152	,161	1	,195*	,162	,218*
AP [‡]	,034	-,107	,308**	,013	,018	,195*	1	,018	-,023
VEL [‡]	-,0154	,220*	,166	-,202*	1,000**	,162	,018	1	,581**
95EA [‡]	-,238*	,254**	,116	-,208*	,581**	,218*	-,023	,581**	1

6MWT = 6-Minuten-Gehtest, **TUG** = Timed-Up-and-Go-Test, **HGT** = Hand Grip Test, **GST** = Gait-Speed-Test, **PL** = Pfadlänge des Center of Pressure, **ML** = Mittlere mediale-laterale Verschiebung des Center of Pressure, **AP** = Mittlere anteriore-posteriore Verschiebung des Center of Pressure, **VEL** = Durchschnittliche Geschwindigkeit des Center of Pressure, **95EA** = 95%-Ellipse

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

‡ Alle Angaben unter der Kondition mit offenen Augen

Der Mini Nutritional Assessment-Short Form korrelierte positiv mit den Laborparametern Hämoglobin ($r = 0,20$; $p < 0,05$) und Serumalbumin ($r = 0,24$; $p < 0,01$), jedoch nicht mit dem Gesamteiweißlevel ($r = 0,067$; $p > 0,05$; Tabelle 11).

Tabelle 11: Pearson-Korrelationen zwischen den nutritiven Assessments in der Gesamtpopulation

	MNA-SF	Hämoglobin	Albumin	Eiweiß
MNA-SF	1	,203*	,238**	,067
Hämoglobin	,203*	1	,342**	,045
Albumin	,238**	,342**	1	,388**
Eiweiß	,067	,045	,388**	1

MNA-SF = Mini Nutritional Assessment-Short Form

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

4 Diskussion

Hochbetagte Patienten stellen eine neue Patientenpopulation in der kardiologischen Rehabilitation dar, die häufig von Mangelernährung und funktionellen Einschränkungen betroffen sind. Einfache und für diese Population geeignete Assessments zur differenzierten Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status werden bislang in der kardiologischen Rehabilitation nicht eingesetzt.

In der vorliegenden Untersuchung wurden verschiedene Assessments zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit sowie der Mangelernährung überprüft. Es wurde gezeigt, dass der Gait Speed Test, der Timed-Up-and-Go-Test, der Hand Grip Test und der Mini Nutritional Assessment-Short Form als sichere und zuverlässige Assessments innerhalb der Zielpopulation angewandt werden können. Zudem konnte eine hohe Korrelation zwischen dem bereits etablierten 6-Minuten-Gehtest und sowohl dem Gait Speed Test als auch dem Timed-Up-and-Go-Test belegt werden.

Als ein weiteres Ergebnis ist festzustellen, dass hochbetagte Patienten nach kathetergestützter Intervention in der kardiologischen Rehabilitation neben der Multimorbidität vor allem Einschränkungen der Mobilität und ein Risiko einer Mangelernährung aufweisen.

4.1 Zusammensetzung der Population

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 82 Jahre und war demnach vergleichbar mit anderen Studienpopulationen nach TAVI und AVI [96, 97, 104, 169]. Patienten, die sich einer PCI unterziehen, sind in anderen Studien hingegen meist jünger [170], wobei dieser Unterschied durch das Einschlusskriterium der vorliegenden Studie (Patienten > 75 Jahre) zu erklären ist. Das Verhältnis der Geschlechter war ausgewogen, im Gegensatz zu jüngeren kardiologischen Rehabilitanden, die durch eine Überzahl an Männern charakterisiert sind [171], und ist analog zu anderen Studien mit hochbetagten Patienten [56, 96].

Trotz des hohen Alters wiesen die Patienten einen hohen Grad an Selbstständigkeit auf, da nur 10 % der Gesamtpopulation in den Pflegegrad I oder II eingestuft waren. Darüber hinaus bestätigten die Ergebnisse im Barthel-Index und im Instrumental activities of daily living eine punktuelle Hilfsbedürftigkeit bzw. eine hohe Selbstständigkeit der Patienten. Möglicherweise handelt es sich bei der untersuchten Population um eine positiv selektierte Stichprobe. In einer kürzlich veröffentlichten Studie wurden 80 % der Patienten nach einer elektiven TAVI in die kardiologische und 20 % in die geriatrische Rehabilitation überwiesen [172], wobei letztere einen schlechteren funktionellen Status sowie eine geringere Selbstständigkeit aufwiesen als die Patienten in der kardiologischen Rehabilitation [172]. Die geriatrische Rehabilitation wurde speziell für hochbetagte multimorbide Patienten mit höherem Pflegegrad institutionalisiert, den Grundsatz „Reha vor Pflege“ fokussierend [173, 174]. Daher werden ältere Patienten mit einem besseren Gesundheitsstatus, definiert durch die

Anzahl der Erkrankungen und Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens, der kardiologischen Rehabilitation zugewiesen, die Hilfsbedürftigen bzw. Unselbstständigen hingegen vorrangig der geriatrischen Rehabilitation [172, 173].

Generell war eine hohe Anzahl an Komorbiditäten zu verzeichnen. Etwa 87 % der Gesamtstudienpopulation litten an mindestens drei oder mehr Erkrankungen. Das ist nicht ungewöhnlich in dieser Altersgruppe, da auch in anderen Untersuchungen ältere Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen häufig von Multimorbidität betroffen waren, wobei über 70 % der Patienten in einem Alter zwischen 75 und 84 Jahren drei oder mehr Erkrankungen aufwiesen [64, 66, 67].

Insbesondere Komorbiditäten wie zerebrovaskuläre und neurologische sowie orthopädische Erkrankungen wirken sich negativ auf die Mobilität aus sowie generell auf den funktionellen Status und damit die Selbstständigkeit der Patienten [6]. Etwa 20 % litten an orthopädischen (z. B. Cox- oder Gonarthrose) und ca. 16 % an zerebrovaskulären und neurologischen Erkrankungen (z. B. Schlaganfall), vergleichbar mit ähnlichen Studienpopulationen [31, 56]. Um ihre Mobilität zu sichern, nutzten etwa 19 % der Patienten der vorliegenden Studie Gehhilfen, was zusammengenommen auf teilweise hohe Einschränkungen der Mobilität der Patienten hinweist.

Etwas über 60 % der Patienten wurden, nach dem Frailty-Index von Stortecky et al., als gebrechlich klassifiziert. Allerdings erscheinen die Patienten in Anbetracht der weiteren Ergebnisse sowie der mittleren Punktzahl von 2,9 im Gebrechlichkeitsindex, die knapp unter dem Grenzwert zur Gebrechlichkeit von drei Punkten liegt, überwiegend prä-gebrechlich zu sein. In vergleichbaren kardiologischen Populationen konnten je nach Bewertungsmethode zwischen 37 % und 74 % der Patienten als gebrechlich bewertet werden [47, 50, 56]. Die unterschiedlichen Ergebnisse verdeutlichen die Heterogenität der älteren Patienten, aber auch die Komplexität der Gebrechlichkeit, die bisher aufgrund verschiedener Erhebungsmethoden nicht eindeutig erfasst werden kann. Aus diesem Grund sind die Gebrechlichkeitsindizes umstritten, sie liefern zwar einen prognostischen Wert, leisten jedoch keinen Beitrag zur Entscheidungsfindung in der Behandlung der Patienten im klinischen Alltag [9, 52].

4.2 Funktioneller Status der Patienten

Je nach Assessment hatten zwischen 25 % und 50 % der Patienten der Gesamtpopulation einen limitierten funktionellen Status.

Selbstständige Patienten ohne spezifische Diagnose im Alter zwischen 80 und 89 Jahren liefen je nach Studie eine Strecke von bis zu 417 m während der sechsminütigen Testdauer [108, 129]. Patienten nach einer TAVI indessen legten, verschiedenen Studien nach, zu Beginn der kardiologischen Rehabilitation zwischen 210 und 279 m zurück [56, 95–97]. Diese Distanzen sind deutlich kürzer als die

der Patienten der vorliegenden Untersuchung, wobei nahezu die Hälfte der Gesamtpopulation unter dem Referenzwert von 350 m blieb und damit eine eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit aufwies [114, 128]. Diese Einschränkung wird in den einzelnen Assessments differenzierter abgebildet.

Die erfasste durchschnittliche Handkraft der Patienten ist mit den Studien von Volaklis et al. als auch Afilalo et al. mit kardiologischen Patienten ähnlichen Alters vergleichbar [47, 175]. Dabei konnte bei etwa einem Drittel der Patienten eine mögliche Sarkopenie (< 16 kg Frauen/< 27 kg Männer) festgestellt werden und sollte durch die Bewertung der Muskelmasse weiter untersucht werden. In einer kürzlich veröffentlichten systematischen Übersichtsarbeit waren etwa 31 % der älteren Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen von einer Sarkopenie betroffen [39].

Im Durchschnitt erzielten die Hochbetagten eine Geschwindigkeit von 1,0 m/s im Gait Speed Test, was gleichwertig zu der Ganggeschwindigkeit deutlich jüngerer Patienten im Alter von 69 Jahren in der Studie von Puthoff et al. sowie der kardiologischen Patienten im Alter von 72 Jahren bei Kamiya et al., ist [117, 160] und deutlich über dem Grenzwert von 0,8 m/s liegt. Dennoch hatte jeder vierte Patient eine Ganggeschwindigkeit unter diesem Wert und damit Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Aussagen des Barthel-Index und der Bewertung der instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens. Dieses Ergebnis weist daher explizit auf Mobilitätseinschränkungen aufgrund körperlicher Defizite einiger Patienten hin, die letztlich zu Einschränkungen im Alltag führen.

Der Timed-Up-and-Go-Test bestätigt dieses Ergebnis, da 45 % der Patienten über dem Grenzwert von zehn Sekunden lagen. Geriatriische und kardiologische Patienten mit einem Alter über 80 Jahren erzielten in verschiedenen Studien Zeiten zwischen 11,3 bis 13,6 s [129, 172, 176, 177], weshalb insgesamt auf eine gering eingeschränkte, jedoch dem Alter entsprechende Mobilität der untersuchten Population geschlossen werden kann. Erst Zeiten von über 20 Sekunden beim Timed-Up-and-Go-Test weisen auf eine funktionell relevante Mobilitätseinschränkung hin [114]. Diesen Grenzwert überschritt allerdings nur ein geringer Anteil der Patienten (8 %; n = 10) der Gesamtpopulation.

Die untersuchte Population ist somit heterogen und besteht aus selbstständigen, aber auch funktionell eingeschränkten Patienten, die wie bereits erwähnt, von orthopädischen und neurologischen Komorbiditäten betroffen sind und Gehhilfen benötigen.

Hinsichtlich der posturalen Kontrolle erzielten etwas jüngere Teilnehmer im Alter von 78 Jahren ohne kardiovaskuläre Erkrankungen in der Studie von Bauer et al. eine deutlich niedrigere Pfadlänge des COP Schwankungsweges von 63 cm mit offenen Augen und 115 cm mit geschlossenen Augen als die Patienten der vorliegenden Studie [178]. Weiterhin konnten bei Melzer et al. Patienten, die bereits

zwei Mal im vergangenen Jahr gestürzt und ähnlichen Alters der Population unserer Studie waren, noch niedrigere Werte von 47 cm mit offenen sowie 66 cm mit geschlossenen Augen erreichen [179]. Ein Blick auf weitere Parameter der posturalen Kontrolle zeigt dabei analoge Werte unserer Population in der 95%-Ellipse mit offenen und geschlossenen Augen, allerdings etwas höhere Werte der durchschnittlichen Geschwindigkeit des COP als die Patienten bei Melzer et al. [179]. Dabei wurden in beiden Untersuchungen die Daten im engen Stand mit der gleichen Frequenz aufgenommen mit Hilfe einer Kraftmessplatte desselben Herstellers [179].

Die Werte der Parameter der posturalen Kontrolle der untersuchten Population stimmen mit denen von Patienten mit Sturzrisiko überein und sind teilweise höher, was einen Hinweis auf eine reduzierte posturale Kontrolle unserer Population liefert [179]. Diese Annahme kann jedoch nicht bestätigt werden, denn obwohl höhere Werte in einigen Parametern der posturalen Kontrolle (z. B. Pfadlänge, 95 % Ellipse) als Prädiktoren von Stürzen identifiziert wurden, bestehen für den klinischen Alltag keine Normwerte [180, 181].

4.3 Nutritiver Status der Patienten

Vergleichbare Populationen betrachtend war mit 37 % der TAVI-Patienten ein geringer Anteil von einer möglichen Mangelernährung betroffen. Bei Fukui et al. wurde bei 53,6 % der kardiologischen Patienten dieser Altersgruppe ein Risiko einer Mangelernährung oder eine manifeste Mangelernährung mittels des Mini Nutritional Assessment-Short Form diagnostiziert. Die Punktzahl von 10,9 Punkten fiel dementsprechend niedriger aus [31]. In weiteren Studien konnte ein höherer Wert von 11,6 Punkten nachgewiesen werden, wobei bei ca. 44% der Patienten ein Risiko auf Mangelernährung festgestellt wurde [16, 50, 104]. Allerdings wurden die Patienten in einigen dieser Studien direkt nach der Intervention im Krankenhaus untersucht [16, 50] und damit auch ein Teil der Patienten, der letztlich nicht der kardiologischen, sondern der geriatrischen Rehabilitation zugewiesen wird. Es konnte bereits gezeigt werden, dass hochbetagte Patienten nach einer TAVI in der kardiologischen Rehabilitation einen besseren Ernährungszustand haben als Patienten mit gleicher Indikation in der geriatrischen Rehabilitation [172]. Auch die Heterogenität der hochbetagten Patienten hinsichtlich der Anzahl der Komorbiditäten und eingenommenen Medikamente sowie des eingeschränkten funktionellen Status, die als Einflussfaktoren der Ernährung gelten, können diese unterschiedlichen Ergebnisse in den Studien erklären. [23, 24].

Nach PCI waren 30 % der Patienten mangelernährt oder von einem Risiko auf Mangelernährung betroffen, womit das Ergebnis der Studie von Calvo et al. bei gleichaltrigen Patienten nach primärer PCI bestätigt wird (31,7 %) [32].

Hinsichtlich des Albumins wiesen die Patienten ähnliche Ergebnisse wie die aus der einschlägigen Literatur auf, sie liegen bei Patienten nach kathetergestützten Interventionen zwischen 39 und 40 g/l

[16, 22, 31]. Die Werte für die Eiweißkonzentration und das Hämoglobin waren etwas niedriger im Vergleich zu anderen Studien, die von Werten für Eiweiß von 70 ± 6 g/l [31] und für Hämoglobin zwischen 7,6 – 7,8 mmol/l berichten [16, 47]. Dennoch hatten nur 29 % (n = 36) der Patienten einen defizitären Ernährungsstatus laut dem Grenzwert des Hämoglobins und keine gemäß dem Serumalbuminlevel und Eiweißgehalt.

4.4 Differenzen zwischen den einzelnen Subpopulationen

Ein auffälliges Ergebnis war, dass Patienten nach AVI einen niedrigeren funktionalen Status gemäß dem Hand Grip Test, dem Timed-Up-and-Go-Test und dem 6-Minuten-Gehtest sowie eine geringere Punktzahl beim Mini Nutritional Assessment-Short Form aufwiesen als Patienten nach TAVI oder PCI. Dieser deskriptive Unterschied zwischen den Subpopulationen in den funktionellen Assessments konnte allerdings statistisch nicht bestätigt werden. Seine Ursache ist womöglich auf die kleine Stichprobe der Subpopulation (AVI n = 21) zurückzuführen.

Dennoch sind diese Unterschiede klinisch relevant. Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion und die NYHA-Klassifikation stellen wichtige funktionelle Parameter dar. In den meisten Fällen ist eine sekundäre Mitralklappeninsuffizienz bei einer deutlich reduzierten linksventrikulären Ejektionsfraktion und schweren Symptomen (NYHA-Grad III bis IV) die Indikation für die Implantation eines MitraClips® [69, 84, 88, 182]. Hingegen ist bei Patienten mit Aortenklappenstenose und mit koronarer Herzkrankheit die linksventrikuläre Ejektionsfraktion vor der TAVI bzw. der PCI höher und damit auch der allgemeine Gesundheitszustand der Patienten besser, was auch nach der Intervention weiter besteht [182, 183].

Mit Rücksicht auf die kleine Stichprobe und den Punktwert beim Mini Nutritional Assessment-Short Form waren die Patienten nach AVI am häufigsten von einer Mangelernährung gefährdet im Vergleich zu TAVI- und PCI-Patienten. Neben der niedrigeren linksventrikulären Ejektionsfraktion, die bereits als ein negativer Einflussfaktor der Mangelernährung identifiziert werden konnte [31], ist die Multimorbidität eine weitere Ursache dieses Ergebnisses. So konnte eine negative Korrelation zwischen der Anzahl an Komorbiditäten und dem Ergebnis im Mini Nutritional Assessment-Short Form in der vorliegenden Studie gefunden werden ($r = -0,34$; $p < 0,001$). Der nutritive Status bei Patienten nach AVI ist daher in der kardiologischen Rehabilitation besonders zu berücksichtigen.

4.5 Durchführbarkeit der funktionellen Assessments

Mit Ausnahme des unipedalen und des bipedalen Standes mit geschlossenen Augen auf der Kraftmessplatte waren alle untersuchten Assessments sowohl sicher durchführbar als auch geeignet, den funktionellen Gesundheitsstatus der Hochbetagten zu bewerten.

Insbesondere der Timed-Up-and-Go-Test und der Gait Speed Test können, aufgrund der hohen Korrelationen zum 6-Minuten-Gehtest sowie der schnellen und sicheren Durchführung, als eine Alternative zu den etablierten Assessments in der kardiologischen Rehabilitation eingesetzt werden. Damit ließ sich das Ergebnis von Kamiya et al. bestätigen, die zusätzlich zeigen konnten, dass der Gait Speed Test einen ähnlichen prognostischen Wert für die Gesamtmortalität bei älteren Patienten unabhängig der kardiovaskulären Erkrankungen hat wie der 6-Minuten-Gehtest. Vielmehr wiesen sie damit auch das Potenzial des Gait Speed Tests nach, als ein einfaches Instrument zur Risikoabschätzung in der kardiologischen Rehabilitation eingesetzt zu werden [117].

Hingegen konnte für den Hand Grip Test nur eine schwache Korrelation zum 6-Minuten-Gehtest nachgewiesen werden. Der Hand Grip Test bewertet die allgemeine Handkraft der Patienten und wird hauptsächlich durch das muskuloskeletale System generiert, wohingegen der 6-Minuten-Gehtest durch das kardiovaskuläre, pulmonale und muskuloskeletale System bedingt wird und damit eher die Ausdauer und die Beinkraft der Patienten beurteilt [108, 184]. Bisherige Untersuchungen konnten ebenfalls nur schwache bis moderate Korrelation zwischen der Hand- und Beinkraft finden [185]. Die zusätzliche Messung der Kraft mit dem Handdynamometer bei älteren Patienten erscheint dennoch sinnvoll, da die geringe Handkraft auf eine mögliche Sarkopenie hinweist und einen prognostischen Wert für die kardiovaskuläre Mortalität liefert [33, 186].

Die Beurteilung des Gleichgewichts mittels der Kraftmessplatte war, trotz der hohen Test-Retest-Reliabilität, die den Ergebnissen der einschlägigen Literatur in nahezu allen Parametern entsprach [156, 158, 178], in dieser Population nicht praktikabel.

Zum einen korrelierten lediglich die Parameter 95%- Ellipse und die durchschnittliche Geschwindigkeit des COP statistisch signifikant jedoch nur sehr schwach mit dem 6-Minuten-Gehtest bzw. dem Timed-Up-and-Go-Test, der neben der Mobilität auch das Gleichgewicht der Patienten beurteilt [114].

Zum anderen bestehen keine festgelegten Normwerte, die ein Identifizieren von Patienten mit einem Sturzrisiko bzw. mit Gleichgewichtdefiziten erlauben [180]. Das stellt allerdings das Hauptziel eines Assessments zur Bewertung des Gleichgewichts dar. Andere Studien hingegen konnten teilweise moderate Korrelationen zwischen der Kraftmessplatte und dem Timed-Up-and-Go-Test ($r = 0,18-0,89$) sowie der Berg-Balance-Skala ($r = 0,2-0,43$) mit unterschiedlichen Populationen zeigen [118–120].

Des Weiteren werden sowohl verschiedene Aufnahme- und Filterfrequenzen als auch unterschiedliche Auswertungsprogramme angewendet, was eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert.

Ein optimales Assessment zum Erfassen der posturalen Kontrolle bei älteren Patienten konnte bisher nicht identifiziert werden. In den meisten Studien wird eine Kombination verschiedener Assessments empfohlen, um die bestmögliche Sensitivität und Spezifität zu erzielen [135, 187]. Weitere Untersuchungen sind daher notwendig, um geeignete Assessments zu überprüfen und um in Zukunft Patienten mit Gleichgewichtsdefiziten und Sturzrisiko von denen ohne unterscheiden zu können.

4.6 Durchführbarkeit des Mini Nutritional Assessment-Short Form

Aufgrund des geringen Zeitbedarfs und der einfachen Durchführung in Form eines Interviews war der Mini Nutritional Assessment-Short Form mit allen Patienten umsetzbar. Ein weiterer Vorteil ist zudem die hervorragende Test-Retest-Reliabilität, die gleichwertig der Reliabilität der Langversion bei Älteren und bei Patienten nach Schlaganfall ist [188, 189]. Eine Erklärung für dieses Ergebnis ist, dass nicht verstandene Fragen unmittelbar geklärt werden können. Dies stellt einen Vorteil gegenüber anderen Methoden, z. B. Fragebögen zum Selbstauffüllen, dar [190]. Des Weiteren werden einige Items aus der Patientenakte entnommen, die von Ärzten und anderem medizinischen Fachpersonal erhoben wurden und damit objektiver sind als die Patientenaussage allein.

Es konnte nur eine schwache Korrelation zwischen Albumin- sowie Hämoglobinlevel und dem Mini Nutritional Assessment-Short Form nachgewiesen werden, jedoch gab es keinen Zusammenhang mit Eiweißkonzentration. Andere Studien zeigten bei kardiologischen Patienten im Krankenhaus ebenfalls schwache Korrelationen ($r = 0,28$ bis $r = 0,40$) zwischen MNA-SF und Albumin sowie zu Hämoglobin ($r = 0,31$) [125, 191]. Hingegen fanden Fukui et al. keine Assoziationen zwischen Mangelernährung und den Laborparametern Eiweißgehalt und Hämoglobinlevel bei Patienten mit schwerer Aortenklappenstenose, allerdings konnten sie einen Zusammenhang zwischen Albuminlevel und Mangelernährung nachweisen [31]. Obwohl bislang kein eindeutiger Konsens für einen optimalen Marker der Mangelernährung besteht, wird das Serumalbumin von der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin empfohlen [192]. Da die Mangelernährung im Alter aufgrund vielfältiger Ursachen entsteht, ist das Erfassen der verschiedenen Einflussfaktoren wie altersphysiologische und soziale Parameter oder akute und chronische Erkrankungen des Mini Nutritional Assessment-Short Forms ein Vorteil gegenüber einzelnen Markern (z. B. Albumin) zur Identifizierung mangelernährter Patienten [193]. Dementsprechend konnte das Mini Nutritional Assessment-Short Form bereits in vorhergegangenen Studien als ein klinisch orientiertes Instrument im geriatrischen und kardiologischen Setting identifiziert werden und ist von verschiedenen Organisationen und Gesellschaften zum Erkennen einer Mangelernährung empfohlen [16, 137, 194, 195].

4.7 Implikationen für die kardiologische Rehabilitation

Aufgrund des multidisziplinären Konzeptes hat die kardiologische Rehabilitation die besten Voraussetzungen für eine bedarfsgerechte Behandlung hochbetagter und multimorbider Patienten [89, 196]. Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass insbesondere Patienten nach AVI von einer hohen Anzahl an Komorbiditäten sowie von funktionellen Defiziten und einer Mangelernährung betroffen sind. Daher ist es besonders erforderlich, diese Patienten während der Rehabilitation mittels der beschriebenen Assessments zu untersuchen.

Der Gait Speed Test oder der Timed-Up-and-Go-Test und der Hand Grip Test sowie der Mini Nutritional Assessment-Short Form sollten in die kardiologische Rehabilitation implementiert werden, um die individuellen Bedürfnisse der Patienten während der Rehabilitation genau zu erkennen, damit die weitere Ausbildung geriatrischer Syndrome gemindert wird. Es wurde bereits nachgewiesen, dass Mangelernährung und Sarkopenie im frühen Stadium anhand geeigneter Ernährungs- und Trainingstherapien reversibel sind [24, 193, 197].

Bei hochbetagten und von geriatrischen Syndromen betroffenen Patienten ist eine bedarfsgerechte Behandlung mit Fokus auf die Komorbiditäten sowie auf Ernährung, Mobilität, Koordination und Kraft zur Erhaltung der funktionalen Gesundheit notwendig. Eine verbesserte Mobilität sowie eine verbesserte allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten nach kathetergestützter Intervention nach der kardiologischen Rehabilitation konnten bereits gezeigt werden [56, 99]. Bezüglich des Ernährungsstatus mangelt es allerdings sowohl an Untersuchungen als auch an Assessments zur Erfassung des Ernährungszustandes. Daher wird empfohlen, zu Beginn jeder Rehabilitationsmaßnahme ein Screening auf Mangelernährung mittels des Mini Nutritional Assessment-Short Forms durchzuführen [25, 193]. Bei Auffälligkeiten sind anschließend nach detaillierter Diagnose geeignete langfristige Ernährungsinterventionen (z. B. erhöhte Energie- oder Proteinzufuhr, spezielle Diät) umzusetzen [193, 197, 198].

Empfohlene Zeiträume für Ernährungs- und Trainingsinterventionen in der internationalen Literatur betragen mindestens zwölf Wochen, um nachhaltige Veränderungen des funktionellen und nutritiven Status zu bewirken [199, 200]. Vor dem Hintergrund der vergleichsweise kurzen Rehabilitationsdauer von drei bis vier Wochen in Deutschland ist eine Reha-Nachsorge für hochbetagte Patienten nach kathetergestützter Intervention zu empfehlen [11, 89]. Die Inhalte sollten dabei nicht nur reine Ernährungs- und Trainingsinterventionen berücksichtigen, sondern bei Bedarf auch patientenorientierte Inhalte aus der geriatrischen Rehabilitation unter Beachtung der Multimorbidität sowie psychischer, somatischer und sozialer Faktoren. Ein an den Lebensumständen der betroffenen Patienten orientiertes Entlassmanagement der Rehabilitationseinrichtung könnte dabei die Umsetzung der Folgemaßnahmen gewährleisten.

4.8 Limitationen

Folgende Limitationen der vorliegenden Arbeit sollten berücksichtigt werden. Die Patienten wurden in nur einer kardiologischen Rehabilitationsklinik rekrutiert. Es wurde eine kleine Patientenpopulation untersucht, was besonders in den einzelnen Gruppen (z. B. Patienten nach AVI n = 21) deutlich wird. Hinsichtlich der Zielgröße der zurückgelegten Distanz beim 6-Minuten-Gehtest war die Untersuchung zudem mit einer unzureichenden statistischen Power unterlegt.

Die Durchführbarkeit der Assessments wurde bestätigt, wenn 95 % der Patienten den Test durchführen konnten. Dieser Grenzwert wurde nicht evidenzbasiert, sondern aufgrund der Erfahrung der Arbeitsgruppe festgelegt.

Die Nachuntersuchung, um die Reliabilität der Messung der posturalen Kontrolle sowie des Mini Nutritional Assessment-Short Form zu ermitteln, wurde auf ein bis zwei Tage nach der Erstuntersuchung festgelegt. Der genaue Zeitpunkt der Untersuchungen konnte jedoch aus organisatorischen Gründen nicht immer eingehalten werden, sodass von unterschiedlichen Bedingungen hinsichtlich der Tageszeit und vorherigen Aktivitäten der Patienten während der einzelnen Untersuchungen ausgegangen werden muss.

Zudem nahmen die Patienten im Durchschnitt eine hohe Anzahl von Medikamenten mit und ohne Einfluss auf das Gleichgewicht ein. Der Zeitpunkt und die Dosis der Einnahme wurden allerdings nicht dokumentiert. Somit kann ein Einfluss der Medikamentenwirkung auf das Ergebnis der Gleichgewichtsmessung nicht ausgeschlossen werden. Allerdings sind diese Einflussfaktoren im klinischen Alltag der Rehabilitation nicht zu verhindern, sodass das Durchführen der Assessments in der vorliegenden Untersuchung unter realen Bedingungen stattfand.

Weiterhin wurden relevante Parameter für die Beurteilung des funktionellen und nutritiven Status, z. B. sonstige körperliche Aktivitäten, Nikotin- und Alkoholabusus oder Ernährungsgewohnheiten, nicht erfasst.

5 Fazit

Neben der Multimorbidität und Multimedikation wiesen die Patienten vor allem eine eingeschränkte Mobilität und ein Risiko einer Mangelernährung auf, wobei insbesondere Patienten nach AVI von funktionellen Einschränkungen und Ernährungsdefiziten betroffen waren.

Für das Beurteilen des Ernährungsstatus stellt der Mini Nutritional Assessment-Short Form ein zuverlässiges und klinisch orientiertes Assessment dar, um ein Risiko einer Mangelernährung schnell erfassen zu können, während sich der Gait Speed Test und der Timed-Up-and-Go-Test als alternative Verfahren zur Beurteilung des funktionellen Status behaupten konnten. Der Einsatz der Kraftmessplatte, um Gleichgewichtsdefizite zu erfassen, erwies sich hingegen bei älteren Patienten im Klinikalltag als nicht praktikabel.

Der Mini Nutritional Assessment-Short Form, der Gait Speed Test und der Timed-Up-and-Go-Test sollten in Kombination mit dem Hand Grip Test in die kardiologische Rehabilitation implementiert werden, um die individuellen Bedürfnisse hochbetagter Patienten effizienter zu beurteilen und um bei Anzeichen geriatrischer Syndrome mit geeigneten Maßnahmen frühzeitig handeln zu können.

Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Bundesamt. Mitten im demografischen Wandel. Im Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/demografie-mitten-im-wandel.html>; Stand: 03.10.2020
- [2] Demografieportal des Bundes und der Länder. Lebenserwartung: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. Im Internet: <https://www.demografieportal.de/DE/Fakten/lebenserwartung.html>; Stand: 03.10.2020
- [3] Statistisches Bundesamt. 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland, Altersaufbau 2060. Im Internet: <https://www.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2050>; Stand: 03.10.2020
- [4] Demografieportal des Bundes und der Länder. Zahlen und Fakten: Immer mehr ältere Menschen in Deutschland: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. Im Internet: https://www.demografieportal.de/SharedDocs/Informieren/DE/ZahlenFakten/Bevoelkerung_Altersstruktur.html; Stand: 21.08.2020
- [5] Demografieportal des Bundes und der Länder. Renteneintrittsalter: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. Im Internet: <https://www.demografieportal.de/DE/Fakten/renteneintrittsalter.html>; Stand: 03.10.2020
- [6] Böhm K, Mardorf S, Nöthen M, Schelhase T, Hoffmann E, Hokema A, Menning S, Schüz B, Sulmann D, Tesch-Römer C, Wurm S, Kroll LE. Gesundheit und Krankheit im Alter: Robert Koch-Institut; 2009
- [7] Baltes P. Das hohe Alter: Mehr Bürde oder Würde: Freie Universität Berlin. Im Internet: https://www.fu-berlin.de/presse/publikationen/fundiert/archiv/2004_01/04_01_baltes/index.html; Stand: 05.11.2020
- [8] Richter K, Greiff C, Weidemann-Wendt N. Der ältere Mensch in der Physiotherapie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017
- [9] 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 2017; 24: 577–590; DOI: 10.1177/2047487316682579
- [10] Cibis W. Der Begriff "Funktionale Gesundheit" in der deutschsprachigen Fassung der ICF. Gesundheitswesen 2009; 71: 429–432; DOI: 10.1055/s-0029-1224140
- [11] Nechwatal RM, Bestehorn K, Leuschner F et al. Nachsorge nach kathetergestütztem perkutanen Aortenklappenersatz (TAVI). Herz 2020; DOI: 10.1007/s00059-020-04915-1

- [12] Inouye SK, Studenski S, Tinetti ME et al. Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *Journal of the American Geriatrics Society* 2007; 55: 780–791; DOI: 10.1111/j.1532-5415.2007.01156.x
- [13] Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Topinková E et al. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2010; 13: 1–7; DOI: 10.1097/MCO.0b013e328333c1c1
- [14] Ebert M, Härtel N, Wedding U. *Geriatrische Onkologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018
- [15] Morley JE. Frailty and Sarcopenia: The New Geriatric Giants. *Rev Invest Clin* 2016; 68: 59–67
- [16] Goldfarb M, Lauck S, Webb JG et al. Malnutrition and Mortality in Frail and Non-Frail Older Adults Undergoing Aortic Valve Replacement. *Circulation* 2018; 138: 2202–2211; DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.033887
- [17] Reijnierse EM, Trappenburg MC, Leter MJ et al. The Association between Parameters of Malnutrition and Diagnostic Measures of Sarcopenia in Geriatric Outpatients. *PLoS ONE* 2015; 10: e0135933; DOI: 10.1371/journal.pone.0135933
- [18] Vandewoude MFJ, Alish CJ, Sauer AC et al. Malnutrition-sarcopenia syndrome: is this the future of nutrition screening and assessment for older adults? *J Aging Res* 2012; 2012: 651570; DOI: 10.1155/2012/651570
- [19] Cruz-Jentoft AJ, Kiesswetter E, Drey M et al. Nutrition, frailty, and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res* 2017; 29: 43–48; DOI: 10.1007/s40520-016-0709-0
- [20] Cederholm T, Bosaeus I, Barazzoni R et al. Diagnostic criteria for malnutrition - An ESPEN Consensus Statement. *Clin Nutr* 2015; 34: 335–340; DOI: 10.1016/j.clnu.2015.03.001
- [21] Emami S, Rudasill S, Bellamkonda N et al. Impact of Malnutrition on Outcomes Following Transcatheter Aortic Valve Implantation (from a National Cohort). *Am J Cardiol* 2020; 125: 1096–1101; DOI: 10.1016/j.amjcard.2019.12.038
- [22] Wada H, Dohi T, Miyauchi K et al. Combined effect of nutritional status on long-term outcomes in patients with coronary artery disease undergoing percutaneous coronary intervention. *Heart Vessels* 2018; 33: 1445–1452; DOI: 10.1007/s00380-018-1201-x
- [23] Norman K, Pichard C, Lochs H et al. Prognostic impact of disease-related malnutrition. *Clin Nutr* 2008; 27: 5–15; DOI: 10.1016/j.clnu.2007.10.007
- [24] Bauer JM, Wirth R, Volkert D et al. Malnutrition, Sarkopenie und Kachexie im Alter--Von der Pathophysiologie zur Therapie. Ergebnisse eines internationalen Expertenmeetings der BANSS-Stiftung. *Dtsch Med Wochenschr* 2008; 133: 305–310; DOI: 10.1055/s-2008-1046711
- [25] Cederholm T, Jensen GL, Correia MITD et al. GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clin Nutr* 2019; 38: 1–9; DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.002

- [26] Kaiser MJ, Bauer JM, Räscher C et al. Frequency of malnutrition in older adults: a multinational perspective using the mini nutritional assessment. *Journal of the American Geriatrics Society* 2010; 58: 1734–1738; DOI: 10.1111/j.1532-5415.2010.03016.x
- [27] Sánchez-Rodríguez D, Marco E, Ronquillo-Moreno N et al. Prevalence of malnutrition and sarcopenia in a post-acute care geriatric unit: Applying the new ESPEN definition and EWGSOP criteria. *Clin Nutr* 2017; 36: 1339–1344; DOI: 10.1016/j.clnu.2016.08.024
- [28] Fávaro-Moreira NC, Krausch-Hofmann S, Matthys C et al. Risk Factors for Malnutrition in Older Adults: A Systematic Review of the Literature Based on Longitudinal Data. *Adv Nutr* 2016; 7: 507–522; DOI: 10.3945/an.115.011254
- [29] Hegendörfer E, VanAcker V, Vaes B et al. Malnutrition risk and its association with adverse outcomes in a Belgian cohort of community-dwelling adults aged 80 years and over. *Acta Clin Belg* 2020: 1–8; DOI: 10.1080/17843286.2020.1737779
- [30] Müller-Werdan U, Norman K. Aktuelle Aspekte kardiologischer Therapien bei älteren Menschen. *Dtsch Med Wochenschr* 2018; 143: 460–464; DOI: 10.1055/s-0043-115616
- [31] Fukui S, Kawakami M, Otaka Y et al. Malnutrition among elderly patients with severe aortic stenosis. *Aging Clin Exp Res* 2019; 32: 373–379; DOI: 10.1007/s40520-019-01227-1
- [32] Calvo E, Teruel L, Rosenfeld L et al. Frailty in elderly patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2019; 18: 132–139; DOI: 10.1177/1474515118796836
- [33] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019; 48: 16–31; DOI: 10.1093/ageing/afy169
- [34] Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *The Lancet* 2019; 393: 2636–2646; DOI: 10.1016/S0140-6736(19)31138-9
- [35] Dovjak P. Sarcopenia in cases of chronic and acute illness. A mini-review. *Z Gerontol Geriatr* 2016; 49: 100–106; DOI: 10.1007/s00391-015-0986-9
- [36] Gielen E, O'Neill TW, Pye SR et al. Endocrine determinants of incident sarcopenia in middle-aged and elderly European men. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2015; 6: 242–252; DOI: 10.1002/jcsm.12030
- [37] Dodds RM, Granic A, Davies K et al. Prevalence and incidence of sarcopenia in the very old: findings from the Newcastle 85+ Study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2017; 8: 229–237; DOI: 10.1002/jcsm.12157
- [38] 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: 94–99; DOI: 10.1007/s00391-015-0886-z

- [39] Pacifico J, Geerlings MAJ, Reijnierse EM et al. Prevalence of sarcopenia as a comorbid disease: A systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol* 2020; 131: 110801; DOI: 10.1016/j.exger.2019.110801
- [40] Clauser M, Altenberger J. Adipositas und kardiale Kachexie bei chronischer Herzinsuffizienz. *Herz* 2013; 38: 610–617; DOI: 10.1007/s00059-013-3885-0
- [41] Coats AJS. Heart failure management of the elderly patient: focus on frailty, sarcopaenia, cachexia, and dementia: conclusions. *Eur Heart J Suppl* 2019; 21: L36-L38; DOI: 10.1093/eurheartj/suz236
- [42] Anker SD, Steinborn W, Strassburg S. Cardiac cachexia. *Ann Med* 2004; 36: 518–529; DOI: 10.1080/07853890410017467
- [43] Selthofer-Relatić K, Kibel A, Delić-Brkljačić D et al. Cardiac Obesity and Cardiac Cachexia: Is There a Pathophysiological Link? *J Obes* 2019; 2019: 9854085; DOI: 10.1155/2019/9854085
- [44] Fülster S, Tacke M, Sandek A et al. Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *Eur Heart J* 2013; 34: 512–519; DOI: 10.1093/eurheartj/ehs381
- [45] Rockwood K, Song X, MacKnight C et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ* 2005; 173: 489–495; DOI: 10.1503/cmaj.050051
- [46] 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
- [47] Afilalo J, Lauck S, Kim DH et al. Frailty in Older Adults Undergoing Aortic Valve Replacement: The FRAILTY-AVR Study. *J Am Coll Cardiol* 2017; 70: 689–700; DOI: 10.1016/j.jacc.2017.06.024
- [48] Kappetein AP, Head SJ, Gèneveux 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; DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.09.002
- [49] Vries NM de, Staal JB, van Ravensberg CD et al. Outcome instruments to measure frailty: a systematic review. *Ageing Res Rev* 2011; 10: 104–114; DOI: 10.1016/j.arr.2010.09.001
- [50] 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: 489–496; DOI: 10.1016/j.jcin.2012.02.012
- [51] Rockwood K, Mitnitski A. Frailty in relation to the accumulation of deficits. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007; 62: 722–727; DOI: 10.1093/gerona/62.7.722
- [52] Proietti M, Cesari M. Frailty: What Is It? *Adv Exp Med Biol* 2020; 1216: 1–7; DOI: 10.1007/978-3-030-33330-0_1

- [53] Collard RM, Boter H, Schoevers RA et al. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *Journal of the American Geriatrics Society* 2012; 60: 1487–1492; DOI: 10.1111/j.1532-5415.2012.04054.x
- [54] Veronese N. Frailty as Cardiovascular Risk Factor (and Vice Versa). *Adv Exp Med Biol* 2020; 1216: 51–54; DOI: 10.1007/978-3-030-33330-0_6
- [55] 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: 684–692; DOI: 10.1093/eurheartj/ehs304
- [56] 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; DOI: 10.1177/2047487316679527
- [57] Granacher U, Muehlbauer T, Gschwind YJ et al. Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter: Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums. *Z Gerontol Geriatr* 2014; 47: 513–526; DOI: 10.1007/s00391-013-0509-5
- [58] Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine* 2002; 18: 141–158; DOI: 10.1016/S0749-0690(02)00002-2
- [59] Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing* 2006; 35 Suppl 2: ii37-ii41; DOI: 10.1093/ageing/afl084
- [60] Granacher U, Muehlbauer T, Gollhofer A et al. An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention - a mini-review. *Gerontology* 2011; 57: 304–315; DOI: 10.1159/000320250
- [61] Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988; 319: 1701–1707; DOI: 10.1056/NEJM198812293192604
- [62] Nevitt MC, Cummings SR. Type of fall and risk of hip and wrist fractures: the study of osteoporotic fractures. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Journal of the American Geriatrics Society* 1993; 41: 1226–1234; DOI: 10.1111/j.1532-5415.1993.tb07307.x
- [63] Magaziner J, Simonsick EM, Kashner TM et al. Predictors of functional recovery one year following hospital discharge for hip fracture: a prospective study. *Journal of Gerontology* 1990; 45: M101-7; DOI: 10.1093/geronj/45.3.m101
- [64] Violan C, Foguet-Boreu Q, Flores-Mateo G et al. Prevalence, determinants and patterns of multimorbidity in primary care: a systematic review of observational studies. *PLoS ONE* 2014; 9: e102149; DOI: 10.1371/journal.pone.0102149
- [65] Farmer C, Fenu E, O'Flynn N et al. Clinical assessment and management of multimorbidity: summary of NICE guidance. *BMJ* 2016; 354: i4843; DOI: 10.1136/bmj.i4843

- [66] Forman DE, Maurer MS, Boyd C et al. Multimorbidity in Older Adults With Cardiovascular Disease. *J Am Coll Cardiol* 2018; 71: 2149–2161; DOI: 10.1016/j.jacc.2018.03.022
- [67] Dunlay SM, Chamberlain AM. Multimorbidity in Older Patients with Cardiovascular Disease. *Curr Cardiovasc Risk Rep* 2016; 10; DOI: 10.1007/s12170-016-0491-8
- [68] Canivell S, Muller O, Gencer B et al. Prognosis of cardiovascular and non-cardiovascular multimorbidity after acute coronary syndrome. *PLoS ONE* 2018; 13: e0195174; DOI: 10.1371/journal.pone.0195174
- [69] Deutsche Herzstiftung. 30. Deutscher Herzbericht 2018: Sektorenübergreifende Versorgungsanalyse zur Kardiologie, Herzchirurgie und Kinderherzmedizin in Deutschland; 2018
- [70] Baldus S, Kuck KH, Rudolph V et al. Interventionelle Therapie von AV-Klappenerkrankungen – Fokus Mitralklappeninsuffizienz. *Kardiologe* 2018; 12: 128–144; DOI: 10.1007/s12181-018-0232-y
- [71] Iung B, Vahanian A. Epidemiology of valvular heart disease in the adult. *Nat Rev Cardiol* 2011; 8: 162–172; DOI: 10.1038/nrcardio.2010.202
- [72] Carabello BA, Paulus WJ. Aortic stenosis. *Lancet* 2009; 373: 956–966; DOI: 10.1016/S0140-6736(09)60211-7
- [73] Iung B, Baron G, Tornos P et al. Valvular heart disease in the community: A European experience. *Curr Probl Cardiol* 2007; 32: 609–661; DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2007.07.002
- [74] Iung B. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J* 2003; 24: 1231–1243; DOI: 10.1016/S0195-668X(03)00201-X
- [75] Gillis C, Li C, Lee L et al. Prehabilitation versus rehabilitation: a randomized control trial in patients undergoing colorectal resection for cancer. *Anesthesiology* 2014; 121: 937–947; DOI: 10.1097/ALN.0000000000000393
- [76] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN et al. Burden of valvular heart diseases: A population-based study. *The Lancet* 2006; 368: 1005–1011; DOI: 10.1016/S0140-6736(06)69208-8
- [77] 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: 222–228; DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.111.963157
- [78] Peng S-Y, Peng S-K. Predicting adverse outcomes of cardiac surgery with the application of artificial neural networks. *Anaesthesia* 2008; 63: 705–713; DOI: 10.1111/j.1365-2044.2008.05478.x
- [79] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2017; 38: 2739–2791; DOI: 10.1093/eurheartj/ehx391

- [80] van Mieghem NM, van der Boon RM, Nuis R-J et al. Cause of death after transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014; 83: E277-82; DOI: 10.1002/ccd.24597
- [81] Siontis GCM, 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: 3503–3512; DOI: 10.1093/eurheartj/ehw225
- [82] Smith CR, Leon MB, Mack MJ et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med* 2011; 364: 2187–2198; DOI: 10.1056/NEJMoa1103510
- [83] Lavall D, Hagendorff A, Schirmer SH et al. Mitral valve interventions in heart failure. *ESC Heart Fail* 2018; DOI: 10.1002/ehf2.12287
- [84] Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 2012; 33: 2451–2496; DOI: 10.1093/eurheartj/ehs109
- [85] Takagi H, Ando T, Umemoto T. A review of comparative studies of MitraClip versus surgical repair for mitral regurgitation. *Int J Cardiol* 2017; 228: 289–294; DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.11.153
- [86] Stone GW, Lindenfeld J, Abraham WT et al. Transcatheter Mitral-Valve Repair in Patients with Heart Failure. *N Engl J Med* 2018; 379(24): 2307–2318; DOI: 10.1056/NEJMoa1806640
- [87] Maisano F, Taramasso M, Nickenig G et al. Cardioband, a transcatheter surgical-like direct mitral valve annuloplasty system: early results of the feasibility trial. *Eur Heart J* 2016; 37: 817–825; DOI: 10.1093/eurheartj/ehv603
- [88] Panaich SS, Eleid MF. Current status of MitraClip for patients with mitral and tricuspid regurgitation. *Trends Cardiovasc Med* 2018; 28: 200–209; DOI: 10.1016/j.tcm.2017.08.008
- [89] S3-Leitlinie zur kardiologischen Rehabilitation (LL-KardReha) im deutschsprachigen Raum Europas Deutschland, Österreich, Schweiz (D-A-CH). Im Internet: www.awmf.org; Stand: 26.08.2020
- [90] 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: 1333–1356; DOI: 10.1177/2047487312437063
- [91] Ambrosetti M, Abreu A, Corrà U et al. Secondary prevention through comprehensive cardiovascular rehabilitation: From knowledge to implementation. 2020 update. A position paper from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *Eur J Prev Cardiol* 2020; 30: 2047487320913379; DOI: 10.1177/2047487320913379
- [92] Giallauria F, Vigorito C, Tramarin R et al. Cardiac rehabilitation in very old patients: data from the Italian Survey on Cardiac Rehabilitation-2008 (ISYDE-2008)--official report of the Italian

- Association for Cardiovascular Prevention, Rehabilitation, and Epidemiology. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010; 65: 1353–1361; DOI: 10.1093/gerona/glq138
- [93] Vries H de, Kemps HMC, van Engen-Verheul MM et al. Cardiac rehabilitation and survival in a large representative community cohort of Dutch patients. *Eur Heart J* 2015; 36: 1519–1528; DOI: 10.1093/eurheartj/ehv111
- [94] Stewart KJ, Badenhop D, Brubaker PH et al. Cardiac rehabilitation following percutaneous revascularization, heart transplant, heart valve surgery, and for chronic heart failure. *Chest* 2003; 123: 2104–2111
- [95] Völler 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: 568–574; DOI: 10.1177/2047487314526072
- [96] 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: 279–285; DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2014.04.001
- [97] 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: 1341–1348; DOI: 10.1177/2047487313494029
- [98] 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: 114–120; DOI: 10.2459/JCM.0000000000000494
- [99] 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; 24: 688–697; DOI: 10.1177/2047487316686442
- [100] Schlitt A, Lubos E, Guha M et al. Die Nachsorge von Patienten nach MitraClip®-Implantation. *Herz* 2017; 42: 176–185; DOI: 10.1007/s00059-016-4448-y
- [101] 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; DOI: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44
- [102] Klingenheben T, Löllgen H, Bosch R et al. Manual zum Stellenwert der Ergometrie. *Kardiologie* 2018; 12: 342–355; DOI: 10.1007/s12181-018-0265-2
- [103] M. Haass, C. Zugck, W. Kübler. Der 6-Minuten-Gehtest: Eine kostengünstige Alternative zur Spiroergometrie bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz? *Z Kardiologie* 2000; 89: 72–80; DOI: 10.1007/s003920050012

- [104] Eichler S, Salzwedel A, Harnath A et al. Nutrition and mobility predict all-cause mortality in patients 12 months after transcatheter aortic valve implantation. *Clin Res Cardiol* 2017; 107: 304–311; DOI: 10.1007/s00392-017-1183-1
- [105] Uszko-Lencer NHMK, Mesquita R, Janssen E et al. Reliability, construct validity and determinants of 6-minute walk test performance in patients with chronic heart failure. *Int J Cardiol* 2017; 240: 285–290; DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.109
- [106] Bellet RN, Adams L, Morris NR. The 6-minute walk test in outpatient cardiac rehabilitation: validity, reliability and responsiveness--a systematic review. *Physiotherapy* 2012; 98: 277–286; DOI: 10.1016/j.physio.2011.11.003
- [107] Hanson LC, McBurney H, Taylor NF. The retest reliability of the six-minute walk test in patients referred to a cardiac rehabilitation programme. *Physiother Res Int* 2012; 17: 55–61; DOI: 10.1002/pri.513
- [108] 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: 128–137; DOI: 10.1093/ptj/82.2.128
- [109] Bohannon RW, Schaubert KL. Test-retest reliability of grip-strength measures obtained over a 12-week interval from community-dwelling elders. *J Hand Ther* 2005; 18: 426-7, quiz 428; DOI: 10.1197/j.jht.2005.07.003
- [110] Abizanda P, Navarro JL, García-Tomás MI et al. Validity and usefulness of hand-held dynamometry for measuring muscle strength in community-dwelling older persons. *Arch Gerontol Geriatr* 2012; 54: 21–27; DOI: 10.1016/j.archger.2011.02.006
- [111] Kienbacher T, Achim-Gunacker G, Pachner M et al. Feasibility and reliability of functional muscle tests in lung transplant recipients. *Am J Phys Med Rehabil* 2017; 97(6): 390–396; DOI: 10.1097/PHM.0000000000000849
- [112] Ishak NA, Zahari Z, Justine M. Muscle Functions and Functional Performance among Older Persons with and without Low Back Pain. *Curr Gerontol Geriatr Res* 2016; 2016: 8583963; DOI: 10.1155/2016/8583963
- [113] Hwang R, Morris NR, Mandrusiak A et al. Timed Up and Go Test: A Reliable and Valid Test in Patients With Chronic Heart Failure. *J Card Fail* 2016; 22: 646–650; DOI: 10.1016/j.cardfail.2015.09.018
- [114] Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society* 1991; 39: 142–148
- [115] Rockwood K, Awalt E, Carver D et al. Feasibility and measurement properties of the functional reach and the timed up and go tests in the Canadian study of health and aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55: M70-3; DOI: 10.1093/gerona/55.2.m70

- [116] Kim H-J, Park I, Lee HJ et al. The reliability and validity of gait speed with different walking pace and distances against general health, physical function, and chronic disease in aged adults. *J Exerc Nutrition Biochem* 2016; 20: 46–50; DOI: 10.20463/jenb.2016.09.20.3.7
- [117] Kamiya K, Hamazaki N, Matsue Y et al. Gait speed has comparable prognostic capability to six-minute walk distance in older patients with cardiovascular disease. *Eur J Prev Cardiol* 2018; 25: 212–219; DOI: 10.1177/2047487317735715
- [118] Frykberg GE, Lindmark B, Lanshammar H et al. Correlation between clinical assessment and force plate measurement of postural control after stroke. *J Rehabil Med* 2007; 39: 448–453; DOI: 10.2340/16501977-0071
- [119] Nguyen U-SDT, Kiel DP, Li W et al. Correlations of clinical and laboratory measures of balance in older men and women. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2012; 64: 1895–1902; DOI: 10.1002/acr.21783
- [120] Sawacha Z, Carraro E, Contessa P et al. Relationship between clinical and instrumental balance assessments in chronic post-stroke hemiparesis subjects. *J Neuroeng Rehabil* 2013; 10: 95; DOI: 10.1186/1743-0003-10-95
- [121] Rubenstein LZ, Harker JO, Salvà 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; DOI: 10.1093/gerona/56.6.m366
- [122] Slee A, Birch D, Stokoe D. A comparison of the malnutrition screening tools, MUST, MNA and bioelectrical impedance assessment in frail older hospital patients. *Clin Nutr* 2015; 34: 296–301; DOI: 10.1016/j.clnu.2014.04.013
- [123] Kuzuya M, Kanda S, Koike T et al. Evaluation of Mini-Nutritional Assessment for Japanese frail elderly. *Nutrition* 2005; 21: 498–503; DOI: 10.1016/j.nut.2004.08.023
- [124] Abd-El-Gawad WM, Abou-Hashem RM, El Maraghy MO et al. The validity of Geriatric Nutrition Risk Index: simple tool for prediction of nutritional-related complication of hospitalized elderly patients. Comparison with Mini Nutritional Assessment. *Clin Nutr* 2014; 33: 1108–1116; DOI: 10.1016/j.clnu.2013.12.005
- [125] Zhou J, Wang M, Wang H et al. Comparison of two nutrition assessment tools in surgical elderly inpatients in Northern China. *Nutr J* 2015; 14: 68; DOI: 10.1186/s12937-015-0054-8
- [126] Feo S de, 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: 144–149; DOI: 10.1097/HJR.0b013e328321312e
- [127] American Thoracic Society. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111–117; DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102

- [128] Rasekaba T, Lee AL, Naughton MT et al. The six-minute walk test: a useful metric for the cardiopulmonary patient. *Intern Med J* 2009; 39: 495–501; DOI: 10.1111/j.1445-5994.2008.01880.x
- [129] Lusardi M, Pellecchia Geraldine L., Schulman Marjorie. Functional performance in community living older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 2003; 26: 14–22
- [130] van Abellan Kan G, Rolland Y, Andrieu S et al. Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *J Nutr Health Aging* 2009; 13: 881–889; DOI: 10.1007/s12603-009-0246-z
- [131] Brooks D, Davis AM, Naglie G. Validity of 3 physical performance measures in inpatient geriatric rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 105–110; DOI: 10.1016/j.apmr.2005.08.109
- [132] Takata Y, Ansai T, Soh I et al. Physical fitness and cognitive function in an 85-year-old community-dwelling population. *Gerontology* 2008; 54: 354–360; DOI: 10.1159/000129757
- [133] Panel on Prevention of Falls in Older Persons, 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. *Journal of the American Geriatrics Society* 2011; 59: 148–157; DOI: 10.1111/j.1532-5415.2010.03234.x
- [134] Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010: 239–248
- [135] Park S-H. Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res* 2018; 30: 1–16; DOI: 10.1007/s40520-017-0749-0
- [136] 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
- [137] Schütz T, Valentini L, Plauth M. Nutritional Screening According to the ESPEN Guidelines 2002. *Akt Ernähr Med* 2005; 30: 99–103; DOI: 10.1055/s-2004-834733
- [138] Volkert D. Ernährungszustand, Energie- und Substratstoffwechsel im Alter: Leitlinie Enterale Ernährung der DGEM und DGG. *Ernährungs-Umschau* 2004; 51: 396–403
- [139] Phillips MB, Foley AL, Barnard R et al. Nutritional screening in community-dwelling older adults: A systematic literature review. *Asia Pac J Clin Nutr* 2010; 19: 440–449
- [140] Zhang Z, Pereira SL, Luo M et al. Evaluation of Blood Biomarkers Associated with Risk of Malnutrition in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2017; 9: 829; DOI: 10.3390/nu9080829

- [141] Kubota K, Kadomura T, Ohta K et al. Analyses of laboratory data and establishment of reference values and intervals for healthy elderly people. *J Nutr Health Aging* 2012; 16: 412–416; DOI: 10.1007/s12603-011-0355-3
- [142] Afilalo J. The Clinical Frailty Scale: Upgrade Your Eyeball Test. *Circulation* 2017; 135: 2025–2027; DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025958
- [143] Stone GW, Adams DH, Abraham WT et al. Clinical Trial Design Principles and Endpoint Definitions for Transcatheter Mitral Valve Repair and Replacement: Part 2: Endpoint Definitions. *J Am Coll Cardiol* 2015; 66: 308–321; DOI: 10.1016/j.jacc.2015.05.049
- [144] Stone GW, Vahanian AS, Adams DH et al. Clinical Trial Design Principles and Endpoint Definitions for Transcatheter Mitral Valve Repair and Replacement: Part 1: Clinical Trial Design Principles. *J Am Coll Cardiol* 2015; 66: 278–307; DOI: 10.1016/j.jacc.2015.05.046
- [145] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377–381
- [146] Aggarwal A, Kean E. Comparison of the Folstein Mini Mental State Examination (MMSE) to the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) as a Cognitive Screening Tool in an Inpatient Rehabilitation Setting. *NM* 2010; 01: 39–42; DOI: 10.4236/nm.2010.12006
- [147] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. “Mini-mental state”. *Journal of Psychiatric Research* 1975; 12: 189–198; DOI: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
- [148] Freund H. Geriatrisches Assessment und Testverfahren: Grundbegriffe - Anleitungen - Behandlungspfade. 2. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2014
- [149] Mahoney FI, Barthel DW. Functional Evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J* 1965; 14: 61–65
- [150] Lübke N, Meinck M, Renteln-Kruse W von. Der Barthel-Index in der Geriatrie. Eine Kontextanalyse zum Hamburger Einstufungsmanual. *Z Gerontol Geriatr* 2004; 37: 316–326; DOI: 10.1007/s00391-004-0233-2
- [151] Lawton MP, Brody EM. Assessment of Older People: Self-Maintaining and Instrumental Activities of Daily Living. *The Gerontologist* 1969; 9: 179–186; DOI: 10.1093/geront/9.3_Part_1.179
- [152] 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: 782–788; DOI: 10.1007/s12603-009-0214-7
- [153] 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: 570–574; DOI: 10.1007/s12603-015-0457-4

- [154] Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: Theory and practical applications. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001
- [155] Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ et al. What is balance? Clin Rehabil 2000; 14: 402–406; DOI: 10.1191/0269215500cr342oa
- [156] Ruhe A, Fejer R, Walker B. The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. Gait Posture 2010; 32: 436–445; DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.09.012
- [157] D'Andréa Greve JM, Luna NMS, Siqueira JP de et al. Assessment of postural balance among individuals with Parkinson disease with and without effects from dopaminergic medications. Am J Phys Med Rehabil 2014; 93: 365–371; DOI: 10.1097/PHM.0b013e3182a92aa9
- [158] Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. Med Eng Phys 2009; 31: 276–286; DOI: 10.1016/j.medengphy.2008.08.003
- [159] Schlüssel MM, dos Anjos LA, Vasconcellos MTL de et al. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. Clin Nutr 2008; 27: 601–607; DOI: 10.1016/j.clnu.2008.04.004
- [160] Puthoff ML, Saskowski D. Reliability and responsiveness of gait speed, five times sit to stand, and hand grip strength for patients in cardiac rehabilitation. Cardiopulm Phys Ther J 2013; 24: 31–37
- [161] Hahn P, Spies C, Unglaub F et al. Die Messung der Griffkraft : Wertigkeit und Grenzen. Orthopade 2018; 47: 191–197; DOI: 10.1007/s00132-017-3487-2
- [162] Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. Age Ageing 2011; 40: 423–429; DOI: 10.1093/ageing/afr051
- [163] Vianna Lauro C., Oliviera Ricardo B., Araujo Claudio Gil S. Age-related decline in handgrip strength differs according to gender. J Strength Cond Res 2007; 21: 1310–1314; DOI: 10.1519/r-23156.1
- [164] Dodds RM, Syddall HE, Cooper R et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. PLoS ONE 2014; 9: e113637; DOI: 10.1371/journal.pone.0113637
- [165] Muñoz-Mendoza CL, Cabañero-Martínez MJ, Millán-Calenti JC et al. Reliability of 4-m and 6-m walking speed tests in elderly people with cognitive impairment. Arch Gerontol Geriatr 2011; 52: e67-70; DOI: 10.1016/j.archger.2010.06.020
- [166] Granacher U, Völler H. Gait speed is not magic, but is prognostically important in older patients. Eur J Prev Cardiol 2018; 25: 209–211; DOI: 10.1177/2047487317744053

- [167] Fritz S, Lusardi M. White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *J Geriatr Phys Ther* 2009; 32: 46–49
- [168] Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* 2016; 15: 155–163; DOI: 10.1016/j.jcm.2016.02.012
- [169] Lee CW, Sung SH, Huang WM et al. Can Elderly Patients with Severe Mitral Regurgitation Benefit from Trans-catheter Mitral Valve Repair? *Korean Circ J* 2019; 49: 532–541; DOI: 10.4070/kcj.2018.0417
- [170] Stone GW, Kappetein AP, Sabik JF et al. Five-Year Outcomes after PCI or CABG for Left Main Coronary Disease. *N Engl J Med* 2019; 381: 1820–1830; DOI: 10.1056/NEJMoa1909406
- [171] Mittag O. Ergebnisse zur Versorgungsqualität in der kardiologischen Rehabilitation bei Frauen und Männern: Sind Frauen benachteiligt? *Rehabilitation* 2003: 204–210
- [172] Eichler S, Völler H, Reibis R et al. Geriatric or cardiac rehabilitation? Predictors of treatment pathways in advanced age patients after transcatheter aortic valve implantation. *BMC Cardiovasc Disord* 2020; 20: 158; DOI: 10.1186/s12872-020-01452-x
- [173] Freidel K, Linck-Eleftheriadis S, Röhrig B et al. 10 Jahre Evaluation der geriatrischen Rehabilitation in Rheinland-Pfalz. *Z Gerontol Geriatr* 2017; 50: 365–373; DOI: 10.1007/s00391-016-1101-6
- [174] Jamour M, Marburger C, Runge M et al. Wirksamkeit geriatrischer Rehabilitation bei Hochbetagten : Eine Auswertung süddeutscher Versorgungsdaten. *Z Gerontol Geriatr* 2014; 47: 389–396; DOI: 10.1007/s00391-014-0662-5
- [175] Volaklis KA, Thorand B, Peters A et al. Physical activity, muscular strength, and polypharmacy among older multimorbid persons: Results from the KORA-Age study. *Scand J Med Sci Sports* 2018; 28: 604–612; DOI: 10.1111/sms.12884
- [176] Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: A descriptive meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther* 2006; 29: 64–68; DOI: 10.1519/00139143-200608000-00004
- [177] Kannegieter LM, Tap L, Oudshoorn C et al. Mobility and handgrip strength but not aortic stiffness are associated with frailty in the elderly. *Journal of Gerontology and Geriatrics* 2016: 2–8
- [178] Bauer C, Gröger I, Rupprecht R et al. Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 1977–1982; DOI: 10.1016/j.apmr.2008.02.033
- [179] Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing* 2004; 33: 602–607; DOI: 10.1093/ageing/afh218

- [180] Johansson J, Jarocka E, Westling G et al. Predicting incident falls: Relationship between postural sway and limits of stability in older adults. *Hum Mov Sci* 2019; 66; DOI: 10.1016/j.humov.2019.04.004
- [181] Johansson J, Nordström A, Gustafson Y et al. Increased postural sway during quiet stance as a risk factor for prospective falls in community-dwelling elderly individuals. *Age Ageing* 2017; 46; DOI: 10.1093/ageing/afx083
- [182] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2014; 129: 2440–2492; DOI: 10.1161/CIR.0000000000000029
- [183] Wu X-Y, Ying T, Yin C-Q et al. Clinical efficacy of different treatments and their impacts on the quality of life of octogenarians with coronary artery disease. *Chin Med J* 2019; 132: 2657–2663; DOI: 10.1097/CM9.0000000000000504
- [184] Afilalo J. Evaluating and Treating Frailty in Cardiac Rehabilitation. *Clinics in Geriatric Medicine* 2019; 35: 445–457; DOI: 10.1016/j.cger.2019.07.002
- [185] Felicio DC, Pereira DS, Assumpção AM et al. Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community-dwelling elderly women. *Geriatr Gerontol Int* 2014; 14: 185–189; DOI: 10.1111/ggi.12077
- [186] 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: 266–273; DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62000-6
- [187] Barry E, Galvin R, Keogh C et al. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr* 2014; 14: 14; DOI: 10.1186/1471-2318-14-14
- [188] Bleda MJ, Bolibar I, Parés R et al. Reliability of the mini nutritional assessment (MNA) in institutionalized elderly people. *J Nutr Health Aging* 2002; 6: 134–137
- [189] Lin S-C, Lin K-H, Lee Y-C et al. Test-retest reliability of the Mini Nutritional Assessment and its relationship with quality of life in patients with stroke. *PLoS ONE* 2019; 14: e0218749; DOI: 10.1371/journal.pone.0218749
- [190] Donini LM, Marrocco W, Marocco C et al. Validity of the Self- Mini Nutritional Assessment (Self- MNA) for the Evaluation of Nutritional Risk. A Cross- Sectional Study Conducted in General Practice. *J Nutr Health Aging* 2018; 22: 44–52; DOI: 10.1007/s12603-017-0919-y
- [191] Durán Alert P, Milà Villarroel R, Formiga F et al. Assessing risk screening methods of malnutrition in geriatric patients: Mini Nutritional Assessment (MNA) versus Geriatric Nutritional Risk Index (GNRI). *Nutr Hosp* 2012; 27: 590–598; DOI: 10.1590/S0212-16112012000200036

- [192] Valentini L, Volkert D, Schütz T et al. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM). *Aktuel Ernährungsmed* 2013; 38: 97–111; DOI: 10.1055/s-0032-1332980
- [193] Kiesswetter E. Mangelernährung im Alter – Screening und Assessment. *Dtsch Med Wochenschr* 2020; 145: 1299–1305; DOI: 10.1055/a-0986-2850
- [194] Volkert D, Bauer J, Frühwald T et al. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) in Zusammenarbeit mit der GESKES, der AKE und der DGG. *Aktuel Ernährungsmed* 2013; 38: e1-e48; DOI: 10.1055/s-0033-1343169
- [195] Lomivorotov VV, Efremov SM, Boboshko VA et al. Evaluation of nutritional screening tools for patients scheduled for cardiac surgery. *Nutrition* 2013; 29: 436–442; DOI: 10.1016/j.nut.2012.08.006
- [196] Pedretti RF, Ambrosetti M, Sarzi Braga S. From geriatric cardiology to 'cardio-geriatric' prevention and rehabilitation: Need for a new core curriculum? *Eur J Prev Cardiol* 2020; 27: 550-552; DOI: 10.1177/2047487319876229
- [197] Cruz-Jentoft AJ, Woo J. Nutritional interventions to prevent and treat frailty. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2019; 22: 191–195; DOI: 10.1097/MCO.0000000000000556
- [198] Damanti S, Azzolino D, Roncaglione C et al. Efficacy of Nutritional Interventions as Stand-Alone or Synergistic Treatments with Exercise for the Management of Sarcopenia. *Nutrients* 2019; 11: 1991; DOI: 10.3390/nu11091991
- [199] Liao C-D, Chen H-C, Huang S-W et al. The Role of Muscle Mass Gain Following Protein Supplementation Plus Exercise Therapy in Older Adults with Sarcopenia and Frailty Risks: A Systematic Review and Meta-Regression Analysis of Randomized Trials. *Nutrients* 2019; 11: 1713; DOI: 10.3390/nu11081713
- [200] Tamuleviciute-Prasciene E, Drulyte K, Jurenaite G et al. Frailty and Exercise Training: How to Provide Best Care after Cardiac Surgery or Intervention for Elder Patients with Valvular Heart Disease. *Biomed Res Int* 2018; 2018: 9849475; DOI: 10.1155/2018/9849475

Danksagung

Abschließend möchte ich mich sehr herzlich bei den Personen bedanken, ohne die meine Promotion nicht möglich gewesen wäre.

Mein größter Dank gilt Herrn Prof. Dr. Heinz Völler für die Möglichkeit, dieses interessante und praxisnahe Projekt im Rahmen meiner Promotion sowohl durchzuführen, auszuwerten und die Ergebnisse hochrangig zu publizieren als auch auf Kongressen vorstellen zu können.

Ebenso bedanke ich mich bei Frau Dr. Annett Salzwedel für Ihre konstruktive Beratung und Ihre inhaltlichen und methodischen Ratschläge sowie die Möglichkeit, jederzeit Fragen stellen zu können.

Ein weiteres Dankeschön gilt den Kolleginnen und Kollegen der Professur für Rehabilitationswissenschaften für die freundschaftliche Atmosphäre, anregenden Gespräche und ihre stetige Unterstützung und Motivation.

Den Patientinnen und Patienten, die motiviert an der Studie teilgenommen haben und die Durchführung der Studie spannend und auch emotional gestalteten und zuletzt erst möglich gemacht haben, gilt mein besonderer Dank.

Des Weiteren bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik am See in Rüdersdorf für die Unterstützung vor und während der Durchführung des Projektes.

Schließlich möchte ich mich auch bei meinen Freunden und meiner Familie bedanken, die mich, nicht nur während der Promotion, sondern auch bei jeglichen Entscheidungen unterstützt haben und mir die notwendige Ruhe, Geduld und Sicherheit gegeben haben, diese Arbeit erfolgreich auszuarbeiten.

Miralem Hadzic

Potsdam im November 2020

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit „Erfassung des funktionellen und nutritiven Status hochbetagter Patienten in der kardiologischen Rehabilitation - Vergleichende Untersuchung möglicher Assessments“ selbstständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter unter Einhaltung aller Regeln guter wissenschaftlicher Praxis verfasst habe. Nur die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel und Quellen wurden benutzt und alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen wurden gekennzeichnet.

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 zur Begutachtung vorgelegen hat oder vorliegt.

Miralem Hadzic

Potsdam im November 2020