

Aus der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Hubert Schelzig

Patientenadhärenz an strukturiertem Gehtraining und dessen Einfluss  
auf den klinischen Progress der peripheren arteriellen  
Verschlusskrankheit und der Lebensqualität (pAVK)

Dissertation

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

vorgelegt von  
Katharina Wolters  
2025

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

gez.:

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

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Markus Wagenhäuser

Zweitgutachterin: Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Nadja Kairies-Schwarz

## Widmung oder Zitat

„Aus den Steinen, die dir in den Weg gelegt werden, kannst du etwas Schönes bauen.“

(unbekannt – dieses Zitat wird häufig sowohl Johann Wolfgang von Goethe, als auch Erich Kästner zugeordnet. Für beide Quellen gibt es jedoch keine eindeutigen Nachweise.)

## Zusammenfassung

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) als Folge von Stenosen oder Verschlüssen peripherer Arterien lässt sich nach Fontaine in vier klinische Stadien (I: asymptomatisch; II: Claudicatio intermittens; III: Ruheschmerzen; IV: Gewebeschäden) einteilen. Diese bilden die Grundlage für verschiedene Therapieoptionen. Das Stadium II zeichnet sich durch eine schmerzbedingte Gehstreckenverkürzung (Claudicatio intermittens) auf über 200 m (IIa) oder unter 200 m (IIb) aus. In diesem Stadium ist eine konservativ-medikamentöse Therapie in Kombination mit einem regelmäßigen strukturierten Gefäßtraining indiziert. Das strukturierte Gehtraining kann bei regelhafter Teilnahme die maximale und schmerzfreie Gehstrecke relevant verbessern und den klinischen Progress der Claudicatio Symptomatik verlangsamen. Der Benefit regelmäßiger körperlicher Bewegung auf kardiovaskuläre und diabetologische Langzeitverläufe konnte bereits in rehabilitativen sowie prophylaktischen Zentren etabliert werden. Auch in dieser Arbeit kann ein positiver Effekt des Gehtrainings auf den klinischen Verlauf der pAVK gezeigt werden. So wird innerhalb einer 6-monatigen Teilnahme sowohl die schmerzfreie als auch die maximale Gehstrecke statistisch signifikant verbessert. In einer Subgruppenanalyse kann sowohl bei den endovaskulär und/oder offen chirurgisch vorbehandelten Patienten, als auch bei den rein konservativ therapierten Patienten ein Benefit gezeigt werden. Ein positiver Effekt des strukturierten Gehtrainings auf den klinischen Verlauf und somit auch auf die Lebensqualität ist nur bei regelmäßiger und längerfristiger Teilnahme nachweisbar. So wurden die in dieser Arbeit retrospektiv ausgewerteten Daten auf Abbruchgründe und Adhärenz untersucht und der Einfluss des Gehtrainings auf die Lebensqualität ausgewertet. Hierzu wurden Daten des SF-36 Fragebogens aufgearbeitet. In Zusammenschau konnte kein statistisch signifikanter Benefit der Gefäßsportgruppe auf den Verlauf der pAVK hinsichtlich der Lebensqualität im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen werden.

Insgesamt zeigen die hier analysierten klinischen Daten den signifikanten Benefit eines strukturierten Gehtrainings bei Patienten mit einer pAVK und bieten erste Einblicke in Gründe reduzierter Adhärenz sowie Trainingsabbruch. Diese Daten bereiten den Weg für weiterführende, detaillierte prospektive Studien zur Evaluation der Zusammenhänge zwischen Adhärenz, Lebensqualität und dem Erfolg des Gehtrainings.

## Summary

Peripheral artery disease (PAD), secondary to atherosclerotic disease of peripheral arteries, is usually classified into four stages based on clinical presentation of patients after a classification system by Fontaine: stage I: asymptomatic; stage II Claudicatio pain in one or both limbs; stage III rest pain and stage IV Necrosis and/or gangrene of the limb. This classification system is the foundation for therapeutic options in Germany. Stage II is characterized by a reduced walking distance through Claudicatio symptomatic with a walking distance in stage IIa of more than 200 Meters and in stage IIb of less than 200 Meters. In this stage a conservative strategy including lifestyle adaptation, medication and structured exercise training is being pursued. Structured exercise training can improve the total and pain free walking distance if participated regularly. How physical exercise can be beneficial to cardiovascular and diabetic comorbidities is already proven in multiple studies and is being applied in many rehabilitative institutions. In this work a positive effect of structured exercise training on the course of PAD can also be proven. A statistic significant improvement of total and pain free walking distance could be shown after six months of frequent participation in structured exercise training in equally patients that have had an invasive therapy before participation as well as in patients that had no invasive treatment beforehand. A positive outcome regarding symptoms and thus quality of life through exercise training can only be shown if participation is frequent and consistent. For this reason, adherence and reasons for termination of an exercise program as well as the quality of life in the course of participating in said programs were investigated through evaluating the SF-36 questionnaire. In conclusion no statistical significance regarding quality of life was shown in course of time when comparing the control group to patients participating in a structured exercise program.

Altogether the data of this work can show a significant benefit of structured exercise training regarding walking distance and presents first insight into reasons for reduced adherence and early termination of the program thus helping pave the way for upcoming prospective studies in evaluating connections between adherence, quality of life and success of structured exercise programs.

## Abkürzungsverzeichnis

A	Arteria
Abb.	Abbildung
ABI	ankulo-brachialer Index
AFC	Arteria femoralis communis
AFS	Arteria femoralis superficialis
AIC	Arteria iliaca communis
AIE	Arteria iliaca externa
AII	Arteria iliaca interna
APF	Arteria profunda femoris
ATA	Arteria tibialis anterior
A. Fib	Arteria fibularis
ATP	Arteria tibialis posterior
CI	Claudicatio intermittens
COPD	<i>chronic obstructive pulmonary disease</i>
CSE	Cholesterinsyntheseenzym
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
HIF	Hypoxie induzierter Faktor
HRQOL	<i>health related quality of life</i>
KHK	koronare Herzkrankheit
M	Meter
MMP	Matrix Metalloproteinase
NO	<i>nitric oxide</i>
o.g.	oben genannt
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
SF-36	<i>Short-form 36</i>
SMC	<i>smooth muscle cell</i>
Tab.	Tabelle

QALY	<i>Quality adjusted life years</i>
QOL	<i>Quality of life</i>
VEGF	<i>vascular endothelial growth factor</i>
Vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Grundlagen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK).....	1
1.1.1	Definition und Epidemiologie .....	1
1.1.2	Pathomechanismus und Komorbidität .....	1
1.1.3	Stadieneinteilung .....	4
1.2	Diagnostik der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit.....	5
1.3	Therapieoptionen der pAVK .....	6
1.4	Gehtraining als konservative Therapieoption .....	8
1.4.1	Adhärenz im Gefäßsport.....	10
1.4.2	Lebensqualität und Gefäßsport.....	10
1.5	Ziele der Arbeit .....	12
<b>2</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>14</b>
2.1	Studiendesign .....	14
2.1.1	Ablauf der Gefäßsportgruppe .....	16
2.1.2	SF-36 Fragebogen.....	17
2.2	Objektive Datenerhebung.....	18
2.2.1	Ankulo-brachialer Index (ABI).....	18
2.2.2	Standardisierter Laufbandtest.....	19
2.3	Statistische Analyse .....	19
2.3.1	Häufigkeiten und statistische Maßzahlen .....	20
2.3.2	Der t-Test .....	21

2.3.3	Der Mann-Whitney Test .....	21
2.3.4	Die Varianzanalyse .....	22
2.3.5	Methoden zur Kontrolle der multiplen Testproblematik .....	22
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>24</b>
3.1	Demographische Daten.....	24
3.2	Die Gehstrecke im Verlauf durch strukturiertes Gehtraining.....	29
3.2.1	Die Gehstrecke im Verlauf bei PatientInnen unter strukturiertem Gehtraining .....	29
3.2.2	Der Verlauf der pAVK im Vergleich zwischen absolviertem Gehtraining und der Kontrollgruppe .....	32
3.3	Adhärenz an der Gefäßsportgruppe und Abbruchgründe.....	37
3.4	Einfluss des Gehtrainings auf die Lebensqualität.....	40
<b>4</b>	<b>Diskussion und Schlussfolgerungen.....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>68</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Grundlagen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK)

### 1.1.1 Definition und Epidemiologie

Die Deutsche Gesellschaft für Angiologie und Gesellschaft für Gefäßmedizin e.V. (DGA) definiert die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) in der aktuell gültigen Leitlinie als „eine Einschränkung der Durchblutung der Extremitäten versorgenden Arterien bzw. seltener der Aorta.“ [1] Sie gehört zu den häufigsten Krankheiten weltweit. Im Jahr 2015 wurde die Anzahl der betroffenen Menschen auf 236 Millionen geschätzt. [2] Die pAVK wird erst im fortgeschrittenen Stadium symptomatisch und ist im frühen Stadium (Stadium 1) in der Regel ein Zufallsbefund. Somit wird die Gesamtprävalenz in der Allgemeinbevölkerung in Querschnittstudien anhand einer standardisierten Untersuchungstechnik, dem ankulo-brachialen Index (ABI), betrachtet. Der Grenzwert für die Diagnose einer pAVK liegt bei einem ABI von  $<0,9$ . Die Heinz-Nixdorf-Recall Studie untersuchte im Jahre 2006 knapp 5000 Teilnehmer der Allgemeinbevölkerung ohne Beschwerden und fand bei 6,4% der Männer und 5,1% der Frauen einen ABI von  $<0,9$ . [3] Insgesamt scheint kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied zu bestehen. Die o.g. Leitlinie gibt an: „In jüngeren Altersgruppen ist die Claudicatio bei Männern häufiger, in den höheren Altersstufen bestehen kaum noch geschlechtsspezifische Unterschiede. In der [deutschen] „getABI“-Studie [aus 2002] war ab 75 Jahre die Prävalenz der PAVK bei Frauen höher als bei Männern.“ [1] Die Prävalenz scheint altersabhängig zu sein und mit steigendem Alter zuzunehmen. [4] Epidemiologische Studien zeigten eine Gesamtprävalenz in der Bevölkerung von 3-10%, welche ab einem Alter von 70 Jahren auf 15-20% anstieg. [5] Deutschlandweit kommt es aufgrund einer pAVK zu vermehrten Hospitalisierungen mit einer steigenden Tendenz. So waren im Jahr 2009 3,0% aller Hospitalisierungen auf eine pAVK zurückzuführen, während der Anteil im Jahr 2005 noch 2,67% betrug. [6]

### 1.1.2 Pathomechanismus und Komorbidität

Die chronische periphere arterielle Verschlusskrankheit wird in 95% der Fälle durch Arteriosklerose bedingt. [7] In der Entstehung der Arteriosklerose agieren viele Zellen,

Proteine und Signalwege. Eine wichtige Rolle in der Signaltransduktion spielen die Endothelzellen, *smooth muscle cells*, sowie Entzündungszellen. [8] Die großen Gefäße bestehen aus drei Gefäßwandschichten. Die innerste Schicht, Tunica Intima, wird gebildet durch das Endothelium, bestehend aus Endothelzellen, sowie Bindegewebe. Das Endothelium ist in engem anatomischem Kontakt zur Tunica Media, bestehend aus *smooth muscle cells* sowie elastischen und kollagenen Fasern. Die äußerste Gefäßwand wird Tunica Adventitia genannt und besteht hauptsächlich aus Bindegewebe.

Das Endothel befindet sich somit inmitten zirkulierenden Bluts und Gewebe. Es empfängt und leitet Signale durch die Produktion von Transmittern. Änderungen des Blutflusses werden durch das Endothel registriert, welches daraufhin die Signalweiterleitung in die weiteren Gefäßschichten einleitet. Diese inkludieren mechanische sowie metabolische Faktoren. Arteriosklerotische Läsionen treten am häufigsten in der Region einer Gefäß-Bifurkation auf. Man nimmt hier an, dass die hohe mechanische Belastung zu einer Endotheldysfunktion führen kann. Durch Endotheldysfunktion sind die Gefäßwände anfälliger für Vasokonstriktion, Lipidinfiltration, Leukozytenadhärenz, Aktivierung von Leukozyten, sowie oxidativem Stress. Diese Faktoren führen zu einer inflammatorischen Reaktion und letztlich zur Entstehung von arteriosklerotischen Plaques. [10]

Arteriosklerose kann alle arteriellen Gefäßgebiete betreffen, akute Extremitätenischämien, Schlaganfälle und Myokardinfarkte verursachen und sich somit auf verschiedene Weise klinisch manifestieren. [11] Dies macht das Vorliegen einer Arteriosklerose zu einem hohen Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko mit einer Vielzahl von assoziierten Komorbiditäten. PatientInnen mit einer symptomatischen pAVK weisen korrelierend aufgrund der systemischen Manifestation der Arteriosklerose ein erhöhtes Risiko für weitere kardiovaskuläre Ereignisse auf. So stiegen kardiovaskuläre Ereignisse innerhalb eines Jahres von 13% bei PatientInnen mit einer koronaren Herzkrankheit (KHK) auf 23,1% bei PatientInnen mit einer pAVK und einer KHK an. [12] In einer Studie, welche das simultane Vorkommen einer  $\geq 50\%$ igen Koronarstenose in der Koronarangiografie mit einer symptomatischen pAVK untersuchte, konnte dies bei 62% der PatientInnen nachgewiesen werden. Die Wahrscheinlichkeit einer koinzidenten koronaren Herzkrankheit bei PatientInnen mit pAVK erhöhte sich weiter bei zusätzlichem Vorhandensein eines Diabetes mellitus. [13, 14] PatientInnen mit einem ankulo-brachialen Index unter 0,9 haben im Vergleich

zu PatientInnen ohne pAVK ein 3-6-fach erhöhtes Risiko zu versterben. Dies liegt an einem deutlich erhöhten Vorkommen von oben genannten kardiovaskulären Ereignissen in dieser PatientInnengruppe. [15]

Risikofaktoren für die Entstehung einer Arteriosklerose sind unter anderem Rauchen, Diabetes Mellitus, Alter, arterielle Hypertonie, Übergewicht, chronische Nierenerkrankung und Dyslipidämie. [16] Insulinresistenz geht mit einem erhöhten Risiko für die Entstehung einer arteriellen Verschlusskrankheit auch ohne die manifeste Diagnose des Diabetes Mellitus einher. [17] Das Zigarettenrauchen wird mit einem vierfach erhöhten Risiko für die Entstehung der pAVK assoziiert im Vergleich zu Nichtrauchern. [15] Weitaus seltenere Ursachen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit sind entzündliche, genetische oder traumatische Ursachen, embolische Ereignisse treten jedoch mit dem Alter häufiger auf. [18, 16]

Die aus der Arteriosklerose entstehende Minderperfusion des Gewebes, ausgehend von einer Stenose oder eines Verschlusses des zuführenden arteriellen Gefäßes, führt zu einer Minderversorgung des nachgeschalteten Gewebes. Insbesondere unter Beanspruchung, beispielsweise im Rahmen der Muskelaktivität beim Laufen, kommt es zu einem Defizit zwischen notwendiger Versorgung und ermöglichter Bereitstellung von Substraten durch das arterielle Gefäßnetz. Dieser defizitäre Reiz stellt die Ursache der belastungsbedingten Schmerzen dar, welche zu einer Gehstreckeneinschränkung i.R. der Claudicatio intermittens führt. Hierbei kommt es zu einer Reduktion der schmerzfreien sowie schlussendlich der maximalen Gehstrecke. Soweit möglich löst dies Kompensationsmechanismen zum Ausbau von bereits bestehenden Kollateralgefäßnetzwerken (Arteriogenese) aus und setzt Reize, um neue Kapillarnetzwerke auszubilden (Angiogenese). [8] Scherkräfte, welche durch veränderten Blutfluss verursacht werden, führen dabei zu einer Vasodilatation, unter anderem durch Stickoxid (NO; von engl. „*nitric oxide*“), wodurch Arteriogenese gefördert wird. [19, 20]

Angiogenese hingegen wird durch eine Gewebeischämie ausgelöst. Als Antwort auf lokale Hypoxie werden interzelluläre Adhäsionen der Endothelzellen gelöst und Zellen beginnen aus dem Blutstrom zu migrieren. Hierbei spielen Wachstumsfaktoren wie *Vascular Endothelial growth factor* (VEGF) und *Hypoxia Inducible Factor* (HIF) 1 $\alpha$  eine wichtige Rolle. [21] Vor allem VEGF induziert die Synthese von Stickoxid, welches mit Zellwachstum, Proliferation und Migration assoziiert wird und so die Angiogenese

fördert. [22] Lokale Freisetzung von Matrix Metalloproteinasen (MMPs) und Plasminogen degradiert die Extrazellulärmatrix und lässt die Migration von neuen Endothelzellen zu. Diese formieren sich so, dass neuer Blutfluss kanalisiert werden und interzelluläre Verbindungen neu ausgebildet werden können. In späteren Stadien der Angiogenese leiten Endothelzellen die Rekrutierung von SMC's und Fibroblasten, um eine Gefäßwandreifung zu erreichen. [23] Als Resultat einer nicht ausreichenden Kompensation und weiter fortschreitender Muskelischämie entstehen Muskelatrophie, Fibrose und Muskeldysfunktion, hieraus resultieren dann die typische Claudicatio Symptomatik bzw. Ruheschmerzen. [8]

### 1.1.3 Stadieneinteilung

Abhängig von der klinischen Präsentation wird in Deutschland üblicherweise die Klassifikation nach Fontaine zur Einteilung der pAVK genutzt. Im international wissenschaftlichen Gebrauch ist jedoch zumeist die Rutherford Klassifikation geläufig. [1] Die beiden Klassifikationen werden in Tabelle 1 gegenübergestellt. Insgesamt werden die klinisch symptomatischen Stadien mit den Begriffen Claudicatio intermittens und kritische Extremitätenischämie beschrieben. Die kritische Extremitätenischämie zeichnet sich durch Ruheschmerz und im weiteren Progress Gewebeverlust aus, während die Claudicatio intermittens Symptomatik durch einen Ischämieschmerz unter Belastung gekennzeichnet ist.

Fontaine		Rutherford		
Grad	Symptomatik	Grad	Kategorie	Symptomatik
I	asymptomatisch	0	0	asymptomatisch
II	Claudicatio intermittens	I	1	leichte CI
IIa	schmerzfremie Gehstrecke > 200m	I	2	mäßige CI
IIb	schmerzfremie Gehstrecke < 200m	I	3	schwere CI
III	Ruheschmerzen	II	4	Ruheschmerzen
IV	Gangrän, Nekrosen	III	5	kleinflächige Nekrose
		IV	6	großflächige Nekrose

**Tabelle 1: Klinische Einteilung der pAVK nach Fontaine und Rutherford**  
Tabelle aus [1] nachempfunden. CI = Claudicatio intermittens, m = Meter

Weiterhin wird die sogenannte TASC-Klassifikation im Rahmen der Entscheidung zu einer Revaskularisation hinzugezogen. [15] Sie basiert auf der vaskulären Anatomie und beschreibt Stenosegrade und -lokalisationen. So werden spezifischen Kategorien entsprechende Behandlungsalgorithmen zugeordnet, wodurch die Entscheidung einer

operativen gegenüber einer endovaskulären Therapie vereinfacht werden soll (vgl. Anhang). [24]

## 1.2 Diagnostik der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit

Die aktuell gültige S3 Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit gibt bezüglich der Diagnostik der pAVK folgendes Statement ab: "Die Diagnostik des Patienten mit pAVK soll stadien- und patientenorientiert, zielgerichtet und hinreichend genau sein. Darüber hinaus hat sie dem Gebot des ausgewogenen Nutzen-Risiko Verhältnisses und der Wirtschaftlichkeit zu folgen." [1] Neben der ausführlichen Anamneseerhebung unter Berücksichtigung der Familienanamnese, Risikofaktoren, Grunderkrankungen und Medikation, ist bereits die klinische Untersuchung im Seitenvergleich mit Pulsstuserhebung, Begutachtung des Hautstatus, der Hauttemperatur sowie des Kolorits, etwaiger Fehlstellungen und Wunden entscheidend zur Diagnosestellung der pAVK. Bei Ulzerationen oder trophischen Auffälligkeiten sind Differentialdiagnosen und Komorbiditäten auszuschließen. Neben den oben genannten Untersuchungsmethoden gehört die Bildung des Knöchel-Arm-Index (ABI) zur Basisuntersuchung und ist maßgeblich für die Diagnosestellung. „Ein ABI von <0,9 gilt als beweisend für das Vorliegen einer relevanten PAVK.“ [1] (Tab. 2)

ABI-Wert	Schweregrad der pAVK
>1,3	nicht verwertbar (V.a. Mediasklerose)
>0,9	Normalbefund
0,75-0,9	leichtgradige pAVK
0,5-0,75	mäßige pAVK
<0,5	kritische Extremitätenischämie

**Tabelle 2: ABI-Zuteilung zur Abschätzung des Schweregrades der pAVK**

Tabelle aus [1] nachempfunden. pAVK= periphere arterielle Verschlusskrankheit, V.a.=Verdacht auf

Zur Objektivierung der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke kann ein Laufbandtest mit standardisierter Steigung (12%) und Geschwindigkeit (3,2 km/h) herangezogen werden. Als bildgebende Diagnostik der Wahl wird die farbkodierte Duplexsonographie (FKDS) zur Darstellung der Aorta sowie der Becken-Beingefäße verwendet. Sie ist als breit verfügbare und kostengünstige Methode überall einsetzbar, jedoch von den technischen Möglichkeiten des Gerätes, der Expertise des Untersuchers, sowie den individuellen Gegebenheiten des Patienten abhängig. Sind

die Befunde der Sonographie nicht eindeutig und nicht für eine zweifelsfreie Diagnose und daraus resultierender Therapieentscheidung zu verwenden, so sind weitere bildgebende Maßnahmen erforderlich. Hierzu kann die CT-Angiographie, MR-Angiographie und die digitale Subtraktionsangiographie (DSA; ggf. in endovaskulärer Versorgungsbereitschaft) herangezogen werden. Die Wahl des Verfahrens sollte unter Berücksichtigung des individuellen Risikoprofils ggf. interdisziplinär entschieden werden. [25, 1]

### **1.3 Therapieoptionen der pAVK**

Die Entscheidung der Therapieform wird in Abhängigkeit vom klinischen Stadium der Erkrankung sowie dem subjektiven Leidensdruck und daraus resultierender Einschränkung der Lebensqualität der PatientInnen getroffen. Im Vordergrund der Therapie im Stadium I und II stehen die Anpassung des Lebensstils, Reduktion der kardiovaskulären Risikofaktoren sowie die Verbesserung der schmerzfreien Gehstrecke. Im Stadium III und IV sind der Erhalt der Extremität und Schmerzreduktion Priorität. Laut der S3 Leitlinie sind Behandlungsziele „die Hemmung der Progression der pAVK, die Risikoreduktion peripherer vaskulärer Ereignisse, Reduktion kardiovaskulärer und zerebrovaskulärer Ereignisse, Reduktion von Schmerzen, die Verbesserung von Belastbarkeit, Gehleistung und Lebensqualität.“ Im Rahmen der Reduktion der kardiovaskulären Risikofaktoren ist der Nikotinstopp von zentraler Bedeutung. Das Interesse eigenständig und langfristig mit dem Rauchen aufzuhören ist unter Tabakkonsumenten nicht sehr groß. [26] Auch die o.g. Leitlinien erkennen an, dass der Ausstieg aus dem Nikotinkonsum ein lebenslanger, von Rückfällen geprägter Prozess ist [26], sodass PatientInnen mittels Edukation und Entwöhnungsangeboten unterstützt werden müssen. Des Weiteren sind zur Sekundärprävention von kardiovaskulären Ereignissen Cholesterin-Synthese-Hemmer (CSE-Hemmer) indiziert, da sie Morbidität und Mortalität bei Patienten mit pAVK reduzieren. [27] Zudem führt die S3 Leitlinie der pAVK die Einnahme eines Thrombozytenaggregationshemmers als indiziert auf. [1] Im Rahmen der Risikoreduktion gehören auch die Optimierung der antihypertensiven Therapie bei arterieller Hypertonie sowie die Kontrolle der Blutzuckerstoffwechsellage zu einem gesamtheitlichen Therapieziel. Die Zielwerte bei Einstellung der arteriellen Hypertonie, einer Hypercholesterinämie sowie des Blutzuckers bei Diabetes Mellitus sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Grunderkrankung	Zielwert
Arterielle Hypertonie	RR <140/90 mmHg
Diabetes Mellitus	Hba1c 6,5% bis 7,5%
Hypercholesterinämie	<100 mg/dl (< 2,8 mmol/l) bei hohem Risiko < 70 mg/dl (< 1,81 mmol/l) bei sehr hohem Risiko

**Tabelle 3: Zielwerte im Rahmen der Risikoreduktion und Einstellung der kardiopulmonalen Risikofaktoren**

entspricht Empfehlungen aus [1] RR="Riva Rocci", mg=Milligramm, dl=Deziliter, mmol= Millimol, l= Liter, Hba1c= Hämoglobin A1c

Die aufgeführten Maßnahmen sollten den PatientInnen im Rahmen aller Stadien der pAVK empfohlen und durch Lebensstilanpassung, wie Bewegungsförderung und Ernährungsoptimierung, vervollständigt werden. Um die Compliance der PatientInnen im Rahmen dieser multimodalen und langwierigen Therapie zu optimieren, ist die Patientenedukation ein wichtiger Bestandteil der ganzheitlichen Therapie. PatientInnen, welche unter Claudicatio intermittens Symptomatik leiden, soll im Rahmen der konservativen Therapiemaßnahmen das strukturierte Gehtraining empfohlen werden, welches national, als auch international, gemäß den Leitlinien, als relevante Therapieoption aufgeführt wird. [1, 18, 28] Wenn das strukturierte Gehtraining auf Grund anderer Grunderkrankungen nicht möglich oder nicht erfolgreich war, kann abhängig von der Gefäßläsion, der von den PatientInnen empfundenen Lebensqualitätseinschränkung, dem Alter und weiteren einschränkenden Komorbiditäten eine endovaskuläre und in Einzelfällen auch operative Therapie im Stadium II der pAVK empfohlen werden. Ab Stadium III und IV der pAVK ist das amputationsfreie Überleben oberstes Behandlungsziel. In diesem fortgeschrittenen Krankheitsstadium sind eine schnelle und ausreichende Revaskularisation indiziert, hier sind grundsätzlich endovaskuläre und operative Maßnahmen gleichwertig einsetzbar. [29] Im Rahmen der Akutversorgung sollen zunächst Einflusshindernisse und sekundär im Verlauf Abflusshindernisse behandelt werden.

Im Stadium IV sollte, neben der Revaskularisation, eine interdisziplinäre und stadiengerechte Wundtherapie erfolgen. In Tabelle 4 werden die Therapieoptionen abhängig von den klinischen pAVK-Stadien aufgeführt.

Therapieform	Fontaine Stadium			
	I	II	III	IV
Risikofaktorenmanagement	x	x	x	x
Thrombozytenaggregationshemmer	x	x	x	x
Strukturiertes Gehtraining		x		
Medikamentöse Therapie (Cilostazol)		x		
Wundtherapie				x
Interventionelle Therapie		x*	x	x
Operative Therapie		x*	x	x

**Tabelle 4: Zusammenfassung der Therapieoptionen abhängig vom klinischen pAVK-Stadium**

\*= in Abhängigkeit der Läsionsmorphologie sowie subjektivem Leidensdruck. Tabelle nachempfunden aus [1]

## 1.4 Gehtraining als konservative Therapieoption

Wie bereits unter Punkt 1.3 beschrieben, ist das strukturierte Gehtraining ein wichtiger Teil der konservativen Therapieoptionen bei PatientInnen mit Claudicatio intermittens Symptomatik. [1, 18] Auch die in 2024 aktuell veröffentlichte Leitlinie der „*European society for vascular surgery (ESVS)*“ erkennt das strukturierte Gehtraining als Basissäule der konservativen Therapieoptionen an. [28] Dass Gehtraining einen positiven Effekt im Stadium II der pAVK auf die schmerzfreie und maximale Gehstrecke im Vergleich zu PatientInnen ohne Gehtraining haben kann, zeigte auch ein Cochrane Review aus dem Jahre 2017. [30] Weitere Studien bestätigten den positiven Effekt auf die Gehstrecke und führten dazu, dass das strukturierte Gehtraining fester Bestandteil der evidenzbasierten und ganzheitlichen konservativen Therapie der pAVK wurde. [31, 32] Deutschlandweit sind allerdings nur wenige Sportgruppen verfügbar, welche durch entsprechend geschultes Personal auf pAVK-PatientInnen spezialisiert sind. [33] Im Gegensatz hierzu gab es im Jahr 2019 allein 7000 Herzsportgruppen an denen jährlich 125.000 PatientInnen teilnehmen. Somit gibt es ein flächendeckendes Angebot dieser Sportgruppen in Deutschland seit den 1970er Jahren. [34] Das körperliche Training bei kardialer Grunderkrankung ist assoziiert mit reduzierter Mortalität sowie reduzierten kardiovaskulären Ereignissen und daraus resultierender Morbidität und Mortalität. [35] Mudge et al. zeigten 2018 eine deutlich reduzierte Re-Hospitalisierungsrate sowie Todesraten bei PatientInnen, welche nach akuter kardialer Dekompensation und stationärem Aufenthalt im Vergleich zu einer Kontrollgruppe an einer Herzsportgruppe teilnahmen. [36]

Hinzu kommt die fehlende Vereinheitlichung der Gehsportgruppen hinsichtlich ihrer Durchführung, Intensität und Struktur sowohl überregional als auch international. [37, 18] Dies macht die vorhandene Literatur und statistische Aufarbeitung wenig vergleichbar und kaum rekonstruierbar. [38] So ist bislang keine national oder international anerkannte Intensität sowie Häufigkeit des Trainings identifiziert worden, um eine statistisch nachweisbare Verbesserung der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke zu erreichen. [39] Ein rekonstruierbares Konzept bezüglich der Gründung und Anleitung einer Gehsportgruppe gibt es somit nicht. Der aktuelle Stand der Literatur empfiehlt Übungseinheiten von 3x wöchentlich à 30-60 Minuten über mindestens 3 Monate. [39, 18, 1] Das durch den Patienten/die Patientin selbst durchgeführte Gehtraining ist nicht wirksamer als ein überwacht und strukturiertes Gehtraining, kann aber nach entsprechender Edukation in Kombination angewandt werden. Eine durch Gehtraining resultierte verbesserte Gehstrecke, Verhinderung der Progression der pAVK und somit Reduktion des Amputationsrisikos und Mortalität entsteht ein ökonomischer Vorteil. [40] Der Erfolg des Gehtrainings steht in Abhängigkeit von regelmäßiger Teilnahme und Adhärenz der Patienten, sowie von Stenoselokalisierung und Ausprägung der Gefäßläsion. So zeigte eine niederländische Studie aus 2022, dass sowohl die endovaskuläre Versorgung einer Iliakalokklusion als auch das strukturierte Gehtraining zu einer Verbesserung der maximalen Gehstrecke und Verbesserung der Lebensqualität führen. [41] Van Reijen et al. stellten demgegenüber 2022 eine Studie vor, in der die endovaskuläre Versorgung gegenüber dem strukturierten Gehtraining in Hinblick auf Outcomes der Lebenserwartung und Lebensqualität wie „*quality-adjusted life years*“ (QALY) und „*Health-related quality of life*“ (HRQOL) bessere Ergebnisse lieferte, bei dennoch kleinen Unterschieden und höheren Kosten der endovaskulären Therapie. [42] Fahkry et al. schlussfolgerten 2018 in einem Review, dass eine endovaskuläre Therapie nicht unbedingt ein besseres Langzeitergebnis liefert als das strukturierte Gehtraining. Die Kombination aus endovaskulärer Therapie und strukturiertem Gehtraining erzielte bessere Ergebnisse hinsichtlich körperlicher Funktion und QOL („*quality of life*“). [43]

Die Teilnahme an einer Gehsportgruppe kann limitiert werden durch vorliegende Komorbiditäten, wie beispielsweise eine KHK oder COPD. Die fehlende Belastbarkeit der PatientInnen hindert diese an einer erfolgreichen Teilnahme oder stellt sogar eine Kontraindikation gegenüber einer vermehrten Belastung dar. Depression oder Angststörungen konnten in der niederländischen Studie von Jansen et al. 2022 nicht

als negative Einflussfaktoren auf den Erfolg eines strukturierten Gehtrainings identifiziert werden, wenn diese nicht zu einer Ablehnung an der Teilnahme von Gruppenaktivitäten primär geführt hat. [44]

#### **1.4.1 Adhärenz im Gefäßsport**

Die Studienlage zum Thema Gefäßsport und strukturiertem Gehtraining ist nicht nur deutschlandweit lückenhaft. Auch international fehlen strukturierte Protokolle zur Durchführung. So ist nicht nur die Durchführung des Trainings schlecht rekonstruierbar, auch die Studienführung, Rekrutierung der PatientInnen und Follow-Up Protokolle sind selten einheitlich. [38] Eine ganz wesentliche Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Verbesserung des *Outcomes* bei PatientInnen ist eine konsequente und meist längerfristige Teilnahme an einem (strukturierten) Trainingsprogramm. In einem systematischen *Review* Artikel von Ibeggazene et al. zeigten diese, dass die Adhärenz, sowie die Anbindung und Motivation der PatientInnen, selten dokumentiert wurden. Die Trainingsintensität und Durchführung der Trainingseinheiten variierten zwischen den Studien, wenige Protokolle waren hinsichtlich ihrer Durchführung und Struktur einheitlich. [37] Nur lückenhaft wird in der Literatur die Adhärenz an Gehtraining dargelegt und erläutert, wie eine regelmäßige Teilnahme definiert wird. Beispielsweise wurde in nur 33% der Studien, welche in dem *Review* von Ibeggazene et al. gesichtet wurden, dokumentiert, wie oft die PatientInnen zu einem Training erschienen waren. Dabei kann in der Literatur oft nur wenig darüber gefunden werden, wie die regelmäßige Teilnahme überprüft und dokumentiert wurde. Auch Harwood et al. stellten 2016 in ihrer Literaturrecherche fest, dass die Adhärenz nicht gemeinhin Teil der Veröffentlichungen war. Wie viele PatientInnen initial rekrutiert und aus welchen Gründen sie exkludiert wurden oder nach einer gewissen Teilnahmezeit aus dem Gehtraining ausgeschieden sind, spiegelte sich in der Literatur nicht wider. Etwa nur jeder dritte Patient nahm nach erfolgtem Screening auch regelmäßig an einem Gehtraining teil. Auch in dieser Literaturrecherche wurde erfasst, dass die Häufigkeit der Teilnahme sowie die Definition einer erfolgreichen und regelmäßigen Teilnahme lückenhaft dokumentiert wurden. [45]

#### **1.4.2 Lebensqualität und Gefäßsport**

Arteriosklerose und somit auch die periphere arterielle Verschlusskrankheit sind chronische, progressive Erkrankungen mit hohem kardiovaskulären Risikoprofil und nehmen somit nicht nur Einfluss auf das physische Empfinden, sondern auch auf das

soziale und psychische Erleben der Patienten. [46] Lebensqualität ist ein umfassendes Konzept, welches jeden Aspekt des Lebens erfasst. In der Medizin wird in einem bestimmten Kontext einer Erkrankung auf die Effekte eingegangen, die die Erkrankung auf den Alltag der PatientInnen haben kann. Eine erfolgreiche Therapie soll unter anderem ein Voranschreiten der Erkrankung verhindern, sowie Schmerzen oder Unwohlsein mildern. Genau diese Einflüsse wirken sich unter anderen auf die subjektive Lebensqualität aus. [47] Wenn die Lebensqualität im Rahmen einer Therapie dokumentiert wird, gibt dies PatientInnen die Möglichkeit den Erfolg der Therapie für sich zu definieren und mitzuwirken. PatientInnen und ÄrztInnen können die Objektivierung der Lebensqualität nutzen, um zu entscheiden, welche Therapieoptionen patientenindividualisiert sinnvoll sind, sodass die gemeinsame Therapiefindung und Therapiezieldefinierung optimiert werden können. [48, 49] Um genau dies zu ermöglichen, können z.B. Fragebögen verwendet werden. Prinzipiell kann die Art der Fragebögen in zwei Kategorien unterteilt werden. Solche, die den funktionellen Status erheben, hierbei werden Faktoren wie die maximale und schmerzfreie Gehstrecke sowie die Fähigkeit physische Tätigkeiten im Alltag durchzuführen beurteilt. Andere Fragebögen erfassen die sogenannte gesundheitsbezogene Lebensqualität (engl. *Health related quality of life (HRQOL)*) im Kontext der Grunderkrankung. [50] Die HRQOL soll die verschiedenen Facetten der Lebensqualität erfassen, welche durch emotionale, soziale und moralische Aspekte die physischen ergänzen und so das Wohlbefinden im Gesamten erfassen soll. [51, 52] Diese Fragebögen können die generelle Gesundheit betreffen oder krankheitsspezifisch sein. [50] Ein weit verbreitet genutzter, nicht krankheitsspezifischer Fragebogen ist der *Shortform-36 (SF-36)*. Er misst insgesamt acht Bereiche.

Der SF-36 Fragebogen wurde bereits häufig in Zusammenhang mit der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit genutzt. [50] In internationalen Studien, in denen die Lebensqualität in den Kontext des Gefäßsportes und dessen Einfluss darauf gemessen wurde, konnte eine Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit nach Teilnahme an einem betreuten Gehtraining nachgewiesen werden. [53–58] Außerdem wurden Verbesserungen im Bereich körperlicher Schmerzen [53, 54, 59, 58] und dem Gesamtscore der körperlichen Unterkategorien [54] berichtet. [60] Die Fragebögen können also insgesamt Auskunft darüber geben, wie sich die Lebensqualität in verschiedenen Aspekten des Lebens der PatientInnen im Laufe einer Therapie

verändert und können so nicht nur als Status quo, sondern auch als richtungweisend verwendet werden.

Die Auswertung der Fragebögen bleibt jedoch eine logistische Herausforderung. Die Datenschutzrichtlinien erschweren eine digitale Verteilung und Erfassung der Fragebögen, die persönliche unterstützende Erhebung in Anwesenheit eines Studienbeteiligten ist zeitaufwändig und könnte die Beantwortung der Fragen beeinflussen. [49] Mittels Kurzfassungen der Fragebögen oder Minimierung der Fragenanzahl soll eine Vereinfachung der Erhebung geschaffen werden. Hierdurch wird jedoch nicht nur die Aussagefähigkeit, sondern auch die Sensitivität eingeschränkt. Insgesamt sind in Deutschland derzeit nicht genug Gefäßsportgruppen und -teilnehmerInnen vorhanden, um den Einfluss eines betreuten und regelmäßigen Gehtrainings auf die Lebensqualität von PatientInnen mit Claudicatio intermittens Beschwerden in statistisch relevantem Maße zu erheben und auszuwerten. [33] Somit wird dieser für die pAVK-PatientInnen so wichtige Bereich deutlich zu wenig betrachtet. Bereits einige Studien aus den Niederlanden berichten jedoch positive Entwicklungen der Lebensqualität unter Teilnahme an einer Gefäßsportgruppe. [61, 62, 41]

## **1.5 Ziele der Arbeit**

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit kann im Stadium der Claudicatio Intermittens Symptomatik (IIa/b nach Fontaine) sowohl konservativ als auch interventionell behandelt werden. Die o.g. S3-Leitlinien empfehlen in diesem Stadium die Teilnahme an einem regelmäßigen, beaufsichtigten Training als Bestandteil der Basistherapie. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die seit 2014 am Universitätsklinikum Düsseldorf durch die Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie gegründete und betreute Gefäßsportgruppe retrospektiv aufgearbeitet und ausgewertet. Es wurde der Hypothese nachgegangen, dass ein klinisch günstigerer Verlauf der pAVK durch ein regelmäßiges Gehtraining erreicht werden kann, im Vergleich zu PatientInnen, die im Follow-up eine rein medikamentös konservative Therapie erhalten. Der klinische Verlauf der pAVK wird beurteilt anhand der standardisiert erhobenen maximalen und schmerzfreien Gehstrecke, sowie des ankulo-brachialen Index (ABI).

Hierbei sollen nicht nur PatientInnen, welche an einem Gehtraining teilnehmen mit solchen verglichen werden, die nicht daran teilnehmen, sondern auch Untergruppierungen detailliert analysiert werden, um zu differenzieren, ob die

Lokalisation und Ausprägung einer Gefäßpathologie oder eine zuvor erfolgte operative bzw. endovaskuläre Therapie eine Rolle in der Ausprägung des Effektes des Gehtrainings spielt.

Nicht nur die objektiven Parameter sind entscheidend, um den Verlauf der pAVK vollumfänglich erfassen zu können. Die subjektive Verbesserung und empfundene Lebensqualität sind ebenfalls ein wichtiges Maß, um Therapieerfolg beurteilen zu können. Die erhobenen SF-36 Fragebögen wurden ausgewertet und statistisch analysiert, um der Hypothese nachzugehen, dass mit verbesserten klinischen Parametern auch die Lebensqualität steigt.

Das Angebot einer Gefäßsportgruppe und deren Nutzung ist von hohen Abbruchquoten und niedriger Adhärenz geprägt. Daher ist ein weiteres Ziel dieser Arbeit, diese objektiv zu erheben, um diesen zu wenig beachteten Aspekt zu analysieren.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

Es handelt sich um eine klinisch retrospektive Studie, bei der pseudonymisierte Daten von insgesamt 190 PatientInnen in den Jahren zwischen 2014 und 2022 herangezogen wurden. Gesammelt und ausgewertet wurden die Daten mit Hilfe des Computerprogrammes Excel (Microsoft Office-365) sowie Graph Pad Prism 10 (Graphpad Software, Inc.).

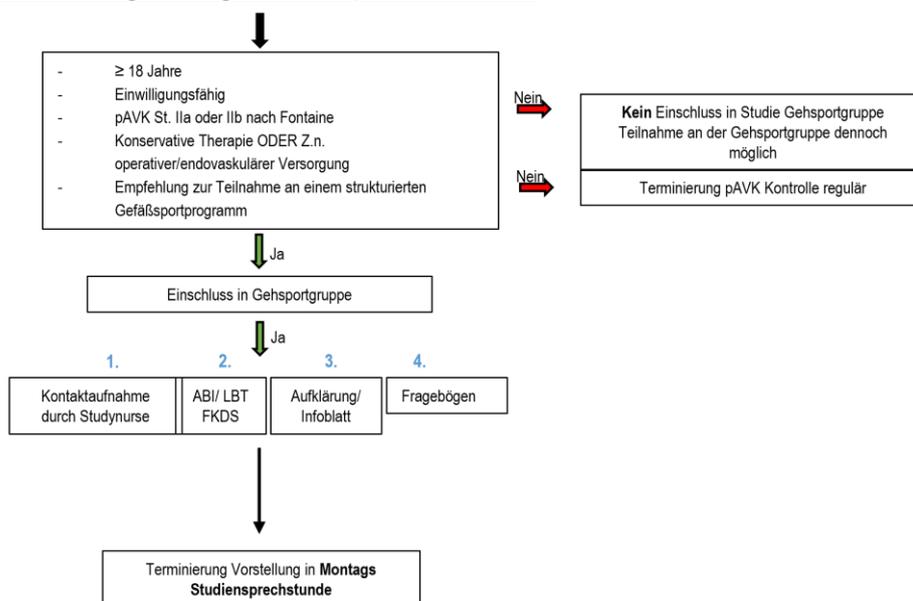
Es liegen ein positives Erstvotum (Studiennummer - 4822R, Registrierungs-ID 2014082745), sowie ein positives Amendement aus 02/2018 und Studiendigitalisierung (Ethik-Pool Nr. 2022-1934) vor der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf vor.

In die Studie wurden alle PatientInnen aufgenommen, die älter als 18 Jahre sind, eine periphere arterielle Verschlusskrankheit im Stadium II a oder b nach Fontaine (Gehstreckenverkürzung) haben, konservativ behandelt wurden und TeilnehmerInnen in der Gefäßsportgruppe der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie des UKD sind. Patientinnen und Patienten mit einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit im Stadium III oder IV wurden nicht in die Studie aufgenommen. Ausgeschlossen wurden ebenfalls Patientinnen und Patienten, die aus anatomischen, medizinischen oder anderen Gründen nicht am Gefäßsport teilnehmen konnten (z.B. Amputation, schwere Herzerkrankung, körperliche Deformitäten, muskulo-skelettale Erkrankungen). MitarbeiterInnen der Studie und Personen, die nicht einwilligungsfähig sind, wurden ebenfalls ausgeschlossen.

*Datenitems*, welche retrospektiv erhoben und ausgewertet wurden, umfassen neben den grundlegenden demographischen Daten (z.B. Alter, Grunderkrankungen, Komorbiditäten) speziell objektive Verlaufsparemeter über die Dauer der Gefäßsportgruppenbeteiligung: Gehstrecke (gemessen via standardisiertem Laufbandtest), ankulo-brachialer Index (ABI), Lokalisation und Art der zugrundeliegenden Pathologie der pAVK (betroffenes Gefäß, Stenose vs. Verschluss, erfolgte Operationen oder Interventionen in Vergangenheit) und der klinische Verlauf der Erkrankung bzw. der Therapie (Progress mit notwendiger Operation/endovaskulärer Versorgung). Des Weiteren wurden bei einigen der PatientInnen in der Vergangenheit zu Beginn des Trainings und im Verlauf im Rahmen

einer geplanten, wissenschaftlichen Begleitung der Gefäßsportgruppe SF-36 Fragebögen zur Lebensqualität erhoben, so dass diese ebenfalls ausgewertet wurden. Für die Analyse der Adhärenz und deren Korrelation mit dem klinischen Progress sowie der Lebensqualität erfolgte die Erfassung der Abbruchgründe, die Dauer der Teilnahme, potenziell einflussnehmende Aspekte wie Entfernung zum Wohnort, einschränkende Komorbiditäten oder andere Umstände (z.B. Corona-Pandemie, orthopädische oder kardiale Einschränkungen). Erhoben wurden die Daten zum Zeitpunkt der Indikationsstellung und zu Beginn des Gehtrainings, sowie im Rahmen der regelmäßigen klinischen Kontrollvorstellungen über den Verlauf der Erkrankung und des Gehtrainings nach 3, 6, und 12 Monaten. Hiernach war das intensive Aufbauprogramm (IAP) im Rahmen der Gefäßsportgruppe beendet. Zudem wurde 24 Monate nach Aufnahme des Gefäßsportes eine Verlaufskontrolle dokumentiert. Die PatientInnen stellten sich im Rahmen der regulären Sprechstunden in der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf vor. Sind PatientInnen dort auf Grund einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit an die Ambulanz angebunden, sind die o.g. Zeitpunkte Bestandteil der regulären Verlaufskontrollen, sodass die PatientInnen keiner zusätzlichen terminlichen Belastung ausgesetzt wurden. In Abbildung 1 wird der soeben beschriebene Ablauf graphisch dargestellt.

### Screening in regulärer Sprechstunde



**Abb. 1: Graphische Darstellung des Rekrutierungs- und Anbindungsablaufes**

St.= Stadium, pAVK= periphere arterielle Verschlusskrankheit, ABI= ankulo-brachialer Index, FKDS= farbkodierte Duplexsonographie, LBT= Laufbandtest, Z.n.= Zustand nach

Verglichen wurden die klinischen Daten der PatientInnen, welche an dem hiesigen strukturierten Gefäßsport teilgenommen haben, mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus PatientInnen, bei denen eine grundsätzliche Indikation zu strukturiertem Gehtraining gestellt wurde, welche die Teilnahme jedoch abgelehnt, oder nicht durchgeführt haben. Unter den teilnehmenden PatientInnen wurden anhand der betroffenen Gefäßpathologie und klinischer Verläufe Subgruppierungen gebildet und untereinander verglichen. Abbruchgründe wurden bei allen PatientInnen erfasst und ausgewertet. Die Daten wurden retrospektiv aufbereitet und die Datensätze hinsichtlich der o.g. Zielsetzung der Arbeit und Arbeitshypothesen ausgewertet. Eine eigenständige diagnostische oder therapeutische Intervention im Rahmen der Studie fand nicht statt, da es sich um eine rein observative, retrospektive Kohortenstudie handelt.

Die Nullhypothese besagt, dass das strukturierte Gehtraining keinen messbar positiven Einfluss auf den klinischen Verlauf der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit im Vergleich zur Kontrollgruppe hat. Die Nullhypothese wird abgelehnt (Alternativhypothese), wenn nachgewiesen werden kann, dass PatientInnen, die an dem 12-monatigen, strukturierten und begleiteten Gehtraining teilnehmen eine statistisch signifikante Verbesserung des klinischen Verlaufes der pAVK, gemessen anhand der Gehstrecke und des ABIs, haben, wobei ein  $\alpha$ -Niveau von 5% ( $p=0,05$ ) angenommen wurde. Gemessen werden soll nicht nur der Einfluss des Gehtrainings auf den klinischen Verlauf, sondern auch auf die Lebensqualität der PatientInnen.

### **2.1.1 Ablauf der Gefäßsportgruppe**

Die Gefäßsportgruppe wird über 12 Monate durch das UKD in Zusammenarbeit mit dem Verein für Gesundheitssport und Sporttherapie (VGS) Düsseldorf/Ratingen e.V. geführt. Ein entsprechend geschulter Physiotherapeut begleitet die Sportgruppe intensiv und regelmäßig. Das sogenannte Intensiv-Aufbau-Programm (IAP) beinhaltet eine individuelle Belastungseinstufung und Protokollerstellung in den ersten vier Wochen, hier wird die jeweils individuelle maximale und schmerzfreie Gehstrecke festgelegt und ein Trainingsplan entwickelt. Zusätzlich erhalten die PatientInnen Informationen über den theoretischen Hintergrund der Erkrankung und wie das strukturierte Gehtraining die Gehstrecke verbessern kann. In den darauffolgenden 11 Monaten wird einmal wöchentlich über 75 Minuten eine Bewegungs- und Sporttherapie

inklusive Koordinations- und Entspannungsübungen mit den PatientInnen durchgeführt. Grundsätzlich wird das bewusste Gehen bis zur Schmerzgrenze auf einer bestimmten vorgelegten und geraden Strecke, ohne zusätzliche Gewichte mit den PatientInnen geübt, um den genauen Verlauf und die Distanz der Gehstrecke zu dokumentieren. Nach Erreichen der Schmerzgrenze kann sich der jeweilige Patient/Patientin für eine kurze Pause hinsetzen, während die übrigen PatientInnen, mit einer weiteren Gehstrecke, ihre Übung fortsetzen. Dieser Ablauf wird mehrmals pro Sitzung wiederholt. Im Verlauf der Monate werden die Fortschritte der PatientInnen dokumentiert. Neben den oben aufgeführten Visiten in der gefäßchirurgischen Ambulanz erfolgt alle 6 Wochen eine ärztliche Visite während der Sportsession, um den Verlauf zu überwachen und Fragen, die während der Übungen auftreten, zu beantworten.

Im Übrigen haben die PatientInnen neben der aufgeführten Trainingseinheit die Möglichkeit an verschiedenen Workshops teilzunehmen. Diese erfolgen im Sinne der Patientenedukation und umfassen Laienreanimation, Ernährungsberatung sowie Lebensstilanpassung.

### **2.1.2 SF-36 Fragebogen**

Der Shortform-36 (SF-36) Fragebogen wurde 1998 von Monika Bullinger und Inge Kirchberger entwickelt und misst insgesamt acht Bereiche der Lebensqualität. [63] Hierzu gehören:

- körperliche Funktionsfähigkeit,
- körperliche Rollenfunktion,
- körperliche Schmerzen,
- allgemeine Gesundheit,
- Vitalität,
- soziale Funktionsfähigkeit,
- emotionale Rollenfunktion,
- psychische Wohlbefinden.

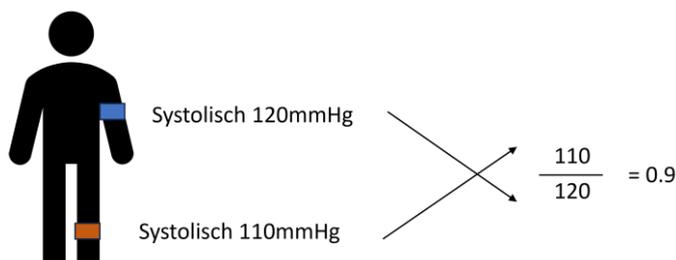
Jeder Bereich kann eine Punktzahl von 0 bis 100 erreichen, je höher die Punktzahl, desto besser wird der Bereich bewertet. Zusätzlich ergeben die Werte am Ende der

Auswertung einen gesamthaften Score zum körperlichen und mentalen Empfinden. Die Lizenzen wurden durch den Hogrefe Verlag (Göttingen, Deutschland) in Papierform erworben und zur Verfügung gestellt. Die PatientInnen füllten den Fragebogen eigenständig während der Vorstellungen zu o.g. Zeitpunkten aus, anschließend wurden die Fragebögen mit Hilfe eines entsprechend vorliegenden Auswertungsbogens in Excel ausgewertet und mit Graph Pad Prism 10 statistisch analysiert.

## 2.2 Objektive Datenerhebung

### 2.2.1 Ankulo-brachialer Index (ABI)

Der ankulo-brachiale Index beschreibt die dopplersonographische Messung der arteriellen Verschlussdrücke der A. dorsalis pedis und der A. tibialis posterior am liegenden Patienten/ Patientin. Es gehört zur Basisuntersuchung des Gefäßstatus. [1] Hierbei wird ein Quotient aus dem Blutdruck des Oberarmes und dem der o.g. Unterschenkelgefäße berechnet. Die Formel berechnet sich wie in Abbildung 2 dargestellt:



**Abb. 2: Berechnung des ankulo-brachialen Indexes**

In der Regel entspricht der systolische Blutdruck in den unteren Extremitäten dem der A. brachialis, sodass bei PatientInnen ohne eine pAVK ein regelhafter Quotient von 1,0 berechnet werden würde. In dem Fall, dass der Blutdruck im Bereich der Unterschenkelarterien niedriger als der der A. brachialis ist, fällt der errechnete Quotient entsprechend ab. Verwendet wird grundsätzlich der höchste systolische Wert der A. tibialis anterior oder der A. dorsalis pedis auf der entsprechenden betroffenen Seite.

Vor der Untersuchung soll der Patient für mindestens 5 Minuten in liegender Position geruht haben, um eine Blutdrucknormalisierung zu erreichen. Anschließend werden zwei systolische Blutdruckmessungen der A. brachialis rechts und links durchgeführt. Es wird ein Mittelwert der Messungen an beiden Armen verwendet, wenn der Druckunterschied  $>10\text{mmHg}$  ist. Falls dieser höher sein sollte, wird der höhere gemessene Druck verwendet. Nach Notierung der entsprechenden Werte wird der systolische Druckwert jeweils rechts und links an der A. tibialis posterior und A. dorsalis pedis mit einer Doppler-Druckmesssonde (z.B. RBP-100, Rudolf Riester GmbH) gemessen und notiert. Wie der ankulo-brachiale Index zu interpretieren ist, wurde bereits in Kapitel 1.2 erläutert.

### **2.2.2 Standardisierter Laufbandtest**

Der Laufbandtest wird standardisiert mit einer Geschwindigkeit von  $3,2\text{km/h}$  und  $12\%$  Steigung durchgeführt (EC-T220, Cateye Fitness, Japan). Dieser Test wird verwendet, um eine Objektivierung der klinischen Symptome sowie der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke zu erreichen. Hierzu wird der ankulo-brachiale Index in Ruhe gemessen und anschließend der Laufbandtest durchgeführt. Dabei werden der Schmerzbeginn und die Schmerzlokalisierung sowie die maximale Gehstrecke notiert. Zusätzlich kann erfasst werden, wenn zusätzliche Beschwerden, wie Dyspnoe auftreten. Nach der Belastung wird erneut der Knöcheldruck gemessen und der ankulo-brachiale Index bestimmt. Eine Abnahme des ABIs um  $20\%$  ist beweisend für die Diagnose der pAVK. [1]

## **2.3 Statistische Analyse**

GraphPad Prism ist eine von der GraphPad Software Inc. (Boston, vereinigte Staaten von Amerika) veröffentlichte Statistiksoftware. Sie ermöglicht unter anderen den Einsatz einfacher und komplexer statistischer Verfahren, das Organisieren von Daten sowie die Entwicklung von individuell gestalteten Tabellen und Graphiken. Mittels GraphPad Prism 10 erfolgte die deskriptive sowie analytische Datenaufbereitung, statistische Datenauswertung sowie Erstellung individueller Ergebnisgrafiken. Es wurden verschiedene statistische Analyse- und Testverfahren sowie

Korrelationsanalysen in Abhängigkeit der auszuwertenden Variablenformen (stetig, ordinal, dichotom) durchgeführt und einfache Häufigkeiten bestimmt. Für die statistischen Ergebnisse wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha=0,05$  gewählt und als statistisch signifikant gewertet. Aggregierte Maßzahlen wurden gemäß der zugrundeliegenden Variablenform berichtet. Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns erfolgte keine dedizierte a priori Fallzahlkalkulation oder Poweranalyse. Die zur Verfügung stehende Anzahl potenziell zu inkludierender PatientInnen ist begrenzt auf die PatientInnen, welche im eingeschlossenen Zeitraum seit Gründung der Gefäßsportgruppe an strukturiertem Gehtraining teilgenommen haben. Damit ergibt sich eine festgesetzte Stichprobengröße basierend auf teilnehmenden PatientInnen und solchen Datensätzen, welche retrospektiv vollständig erhoben werden konnten. Alle vollständigen Datensätze fanden dabei Eingang in die Analysen.

### **2.3.1 Häufigkeiten und statistische Maßzahlen**

Für die qualitativen Merkmale wurden zunächst absolute und relative Häufigkeiten (in %) berechnet. Die demographischen Daten der Untergruppen „Gehtraining“ und „Kontrollgruppe“ wurden miteinander verglichen, um die Vergleichbarkeit zu untersuchen und grundlegende Unterschiede in der Demographie aufzudecken. In dieser Studie wurden die folgenden Parameter retrospektiv erfasst:

Alter (in Jahren), Geschlecht, pAVK-Stadium (nach Fontaine), Nikotinabusus, Lokalisation der führenden Pathologie, Unterscheidung zwischen Verschluss und Stenose, vorbestehende Komorbiditäten, führende Seite, operative/interventionelle Gefäßeingriffe vor Aufnahme des Gehtrainings, Beginn, Ende und Dauer des Gehtrainings, Abschluss des Intensiv-Aufbau-Programm (IAP), Werte des ankulo-brachialen Index (ABI), schmerzfreie und maximale Gehstrecke, der SF-36 Fragebogen sowie Abbruchgründe.

Sofern angemessen, erfolgte zusätzlich zur Kalkulation absoluter und relativer Häufigkeiten bei dichotomen oder ordinalen Daten die Berechnung des arithmetischen Mittelwerts oder Median bei stetigen Variablen. Kalkulierte Streuungsmaße in der Analyse der Variablen umfassen die Standardabweichung und Standardfehler, das

Minimum und das Maximum sowie das 25%- und 75%- Perzentil. Die Ergebnisse wurden tabellarisch aufbereitet und im Gruppenvergleich gegenübergestellt.

### **2.3.2 Der t-Test**

Der t-Test vergleicht zwei unabhängige Stichproben, wobei die Normalverteilung der Daten vorausgesetzt wird. Anhand der Mittelwerte und Standardabweichung zweier unabhängiger Stichproben, wird dabei analysiert, wie sich diese Mittelwerte zweier Grundgesamtheiten zueinander verhalten. Beim t-Test bedeutet ein Beibehalten der Nullhypothese, dass es keinen Unterschied zwischen den Gruppen gibt, während die Ablehnung der Nullhypothese und Annahme der Alternativhypothese besagt, dass ein statistisch signifikanter Unterschied (zum Signifikanzniveau  $\alpha$ ) zwischen den zwei verglichenen Gruppen vorhanden ist. Der t-Test wurde für den Vergleich der demographischen Daten zwischen der Kontrollgruppe und den PatientInnen welche am Gehtraining teilgenommen haben, sowie dem Vergleich der Komorbiditäten und Lokalisationen der Gefäßpathologien verwendet, da diese Parameter normalverteilt sind und ein Vergleich zweier Grundgesamtheiten erfolgt.

### **2.3.3 Der Mann-Whitney Test**

Um zwei unabhängige Stichproben mit quantitativen Messgrößen, die nicht normalverteilt sind, miteinander zu vergleichen, kann der U-Test nach Mann und Whitney verwendet werden. Die Werte aus beiden Stichproben werden der Größe nach sortiert und mit entsprechenden Rangnummern versehen. Treten Werte mehrfach auf, wird hier ein Mittelwert gebildet und so Durchschnittsränge bestimmt. Dies wird als Bindung bezeichnet. Danach addiert man für jede der beiden Stichproben die Rangzahlen und berechnet die Rangsummen. Das Ergebnis wird dann aus der Differenz der beobachteten und der erwarteten Rangsumme ermittelt. Wenn der p-Wert  $< 0,05$  liegt wird die Nullhypothese abgelehnt. Der Mann Whitney Test wurde genutzt um die maximale und schmerzfreie Gehstrecke der nicht vorbehandelten PatientInnen im Stadium IIb mit und ohne Gehtraining zu den Zeitpunkten 6 und 12 Monaten zu vergleichen.

### **2.3.4 Die Varianzanalyse**

Die Varianzanalyse wird verwendet, um Unterschiede in Erwartungswerten einer normalverteilten Zufallsvariable in mehreren Gruppen zu beurteilen. Anhand dieses statistischen Testverfahrens soll eine Entscheidung darüber getroffen werden, ob die beobachteten Unterschiede in den Mittelwerten der einzelnen Gruppen groß genug sind, um auf Unterschiede in der Grundgesamtheit schließen zu können. Es wird getestet, ob die Variabilität zwischen den Gruppen höher ist als innerhalb der einzelnen Gruppen. Wenn die Variabilität zwischen den Gruppen höher ist, kann daraus vermutet werden, dass signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Die Varianzanalyse beschreibt also den Zusammenhang zwischen einer Zielvariable und einer oder mehrerer Einflussgrößen. [64] Unterschieden werden die Einfaktorielle Varianzanalyse, in der untersucht wird, ob ein Faktor aus verschiedenen Gruppen statistisch signifikant unterschiedliche Wirkungen auf das interessierende Merkmal haben. Außerdem können die Effekte der Faktorstufen quantifiziert werden, sowie eine multifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt werden. Hier wird der Einfluss zweier oder mehr Faktoren auf eine Zielgröße betrachtet und ob diese sich gemeinsam anders auswirken als jede der Variablen einzeln betrachtet. Die multifaktorielle Varianzanalyse berücksichtigt nicht nur die Effekte der jeweiligen Faktoren, sondern auch die Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung. [64]

### **2.3.5 Methoden zur Kontrolle der multiplen Testproblematik**

Die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art, beim Ablehnen der Nullhypothese eine falsche Entscheidung zu treffen, wird durch das Signifikanzniveau  $\alpha$  begrenzt. Ein multiples Testverfahren, wie im Rahmen der Multivarianzanalyse, hält das Signifikanzniveau von  $\alpha$  ein, wenn, unter der Annahme, dass alle Nullhypothesen zutreffen, die Wahrscheinlichkeit, mindestens eine der einzelnen Nullhypothesen abzulehnen höchstens  $\alpha$  beträgt. So möchte man sich davor schützen, mindestens eine wahre Nullhypothese abzulehnen. Das multiple Signifikanzniveau wird somit definiert als „maximale Wahrscheinlichkeit mindestens eine der einzelnen Nullhypothesen irrtümlich abzulehnen, unabhängig davon, welche der anderen Nullhypothesen richtig sind und welche nicht.“ [65] Soll also das globale Signifikanzniveau kontrolliert werden, muss eine Kontrolle der multiplen Testproblematik erfolgen.

Für den Vergleich von mehr als zwei Mittelwerten (und somit die Prüfung multipler Hypothesen) mit Hilfe der Varianzanalyse existieren mehrere Korrekturverfahren für multiple Testprozeduren, die bekannteste darunter die Bonferroni-Methode. In dieser Arbeit verwendet wurden die Methode nach Tukey, sowie nach Holm-Šídáks. Die Tukey-Methode für Mehrfachvergleiche, oder der Tukey-Test, ist eine Methode, um herauszufinden, ob die Stichprobe aus Gruppen besteht, die sich voneinander unterscheiden. Jeder Mittelwert wird mit dem Mittelwert der anderen Gruppen verglichen. Der Test gehört zu den nichtparametrischen Verfahren und setzt so voraus, dass die Messgrößen unabhängig und nicht normalverteilt sind. [65] Diese Methode wurde genutzt, um die maximale und schmerzfreie Gehstrecke in Metern zu vergleichen in der Gruppe der PatientInnen, welche am Gehtraining teilgenommen haben zu den Zeitpunkten vor Beginn des Trainings, sowie nach 3, 6 und 12 Monaten. Es sollte so gezeigt werden, ob und wie sich die Gehstrecke jeweils pro Zeitpunkt von den anderen Zeitpunkten unterscheidet.

Die Holm-Šídáks Methode ist ebenso eine Methode in der multifaktoriellen Varianzanalyse, um die Rate des Fehlers der 1. Art zu korrigieren. [65] Hierbei müssen die Gruppen unabhängig voneinander sein. Diese Methode wurde genutzt um die maximale und schmerzfreie Gehstrecke in Metern der vorbehandelten PatientInnen im Stadium IIb der Gruppe der PatientInnen, welche am Gehtraining teilgenommen haben zu vergleichen mit den PatientInnen, die nicht am Gehsport teilgenommen haben, zu den Zeitpunkten vor Beginn des Trainings, sowie nach 3, 6 und 12 Monaten. Es sollte so gezeigt werden, ob und wie sich die Gehstrecke jeweils pro Zeitpunkt von den anderen Zeitpunkten und jeweils zwischen den Gruppen unterscheidet.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Demographische Daten

In die Studie eingeschlossen wurden insgesamt 190 PatientInnen welche im Zeitraum der retrospektiven Untersuchung die Indikation zur Teilnahme an einem strukturierten Gehtraining gestellt bekommen haben. Hiervon führten insgesamt 32 (16,8%) PatientInnen das intensive Aufbauprogramm über einen Zeitraum von 12 Monaten durch, entsprechend stellten 158 (83,2%) PatientInnen die Kontrollgruppe, welche nicht an einem strukturierten Gehtraining teilnahmen und keine invasive Therapie zum Zeitpunkt des Screenings indiziert war. (Tab. 5)

Das Durchschnittsalter lag bei 71,4 Jahren, das geringste Alter betrug 40 Jahre, das höchste 92 Jahre. Das durchschnittliche Alter der PatientInnen, die an der Gehsportgruppe teilnahmen, war im Schnitt mit 74,5 (58-87) etwas älter als die Kontrollgruppe mit 71,1 (40-92), jedoch ohne statistische Signifikanz ( $p = 0,05$ ).

Die Geschlechterverteilung im Gesamtkollektiv zeigte einen höheren Anteil an männlichen Teilnehmern (60,5%) im Vergleich zu 39,5% weiblichen Teilnehmerinnen. Dies spiegelte sich auch in den Subgruppen wider. In der Kontrollgruppe waren 56,3% männliche Teilnehmer und 43,7% weiblich. Die PatientInnen, welche das strukturierte Gehtraining absolvierten, waren zu 81,3% männlich und zu 18,8% weiblich. (Tab. 5)

Hiervon befanden sich alle im Stadium II der Claudicatio intermittens Symptomatik, bis auf drei PatientInnen, welche sich in Stadium I befanden. Keine dieser PatientInnen führte Gehtraining durch. 151 (70,5%) PatientInnen befanden sich im Stadium IIb und 36 (18,9%) PatientInnen im Stadium IIa. Somit war die initiale schmerzfreie Gehstrecke bei knapp 70% der Gesamtstudienpopulation unter 200 Meter.

Von den PatientInnen die ein Gehtraining absolvierten, befanden sich 96,9% im Stadium IIb nach Fontaine, 3,1% befanden sich im Stadium IIa. Auch die PatientInnen der Kontrollgruppe hatten zu 75,9% eine schmerzfreie Gehstrecke von unter 200 Metern. 22,2% der PatientInnen hatten eine objektiv gemessene schmerzfreie Gehstrecke von über 200 Metern. Lediglich 1,9% der PatientInnen der Kontrollgruppe hatten keine Claudicatio intermittens Symptomatik. (Tab. 5)

Insgesamt gaben 79 (41,6%) Studienteilnehmende einen aktiven Nikotinkonsum an. Demgegenüber verneinten 111 (58,4%) Studienteilnehmende einen aktiven Nikotinabusus oder machten hierzu keine Angaben. Lediglich 10 (31,3%) Studienteilnehmende aus der aktiven Gefäßsportgruppe waren aktive Raucher, 22 (68,7%) waren Nicht-Raucher oder machten keine Angabe. In der Kontrollgruppe bestand bei 69 Teilnehmenden (43,7%) ein Nikotinkonsum, 89 (56,3%) gaben an, Nicht-Raucher zu sein, oder Angaben zum Nikotinkonsum fehlten.

Die betroffene untere Extremität zeigte sich statistisch signifikant unterschiedlich ( $p=0,03$ ) zwischen den Vergleichsgruppen. In der Gesamtpopulation der Studie war in 39,5% der Fälle das rechte und in 38,4% der Fälle das linke Bein betroffen, 22,1% der PatientInnen gaben eine beidseits gleichmäßige Schmerzverteilung an. In der Population der Kontrollgruppe war zu 36,1% der Fälle das rechte Bein und in 38,6% der Fälle das linke Bein schwerer betroffen. Die PatientInnen welche das Gehtraining absolvierten gaben zu 56,3% eine stärkere Schmerzsymptomatik des rechten Beines ( $p=0,03$ ) und zu 37,5% des linken Beines an. Gleich betroffen waren in 6,3% der Fälle beide Beine. (Tab. 5)

Bei insgesamt 156 PatientInnen (82,1%) der Gesamtpopulation war die Femoraletage (A. femoralis communis, A. femoralis superficialis, A. profunda femoris) primär pathologisch verändert und ursächlich für die Beschwerden. Auf Höhe der Iliakalgefäße (A. iliaca communis – AIC; A. iliaca externa – AIE; A. iliaca interna – AII) befand sich eine oder mehrere Läsionen bei 39 (20,5%) PatientInnen. Die A. poplitea war bei 15 (7,9%) PatientInnen betroffen und bei 13 (6,8%) der PatientInnen befand sich eine Läsion weiter peripher im Unterschenkelbereich (krural) gelegen. Bei rund 30 (15,8%) der PatientInnen bestand eine Mehretagen-pAVK, also gleichzeitig bestehende pathologische Veränderungen auf mehreren Etagen des Beines. Die Femoral- und Iliakaletage war auch in der Kontrollgruppe mit 125 (79,1%) und 135 (85,4%) am häufigsten betroffen. Bei 15 (9,5%) PatientInnen zeigte sich die A. poplitea verschlossen oder stenosiert und bei 13 (8,2%) PatientInnen zeigte sich eine krurale Läsion. Bei 29 (18,4%) PatientInnen waren mehrere Etagen betroffen. Die Etagen waren signifikant unterschiedlich betroffen ( $p\leq 0,01$ ), da in der Gehsportgruppe hauptsächlich die Femoraletage betroffen ist, während die betroffenen Etagen der Kontrollgruppe breiter verteilt sind.

Konsistent hierzu zeigte sich die Verteilung der Läsionen in der Gruppe der PatientInnen, welche das strukturierte Gehtraining absolvierten. 31 (96,9%) PatientInnen wiesen einen Verschluss oder eine Stenose der Femoraletage auf, während nur 4 (12,5%) der PatientInnen eine iliakale Problematik zeigten. Keine der PatientInnen hatten weiter peripher gelegene Läsionen und bei drei (9,4%) der PatientInnen lagen Läsionen auf Höhe mehrerer Etagen vor. (Tab. 5)

Bei der weiteren detaillierten Betrachtung der zu vergleichenden Gruppen, zeigten sich bei den Studienteilnehmenden hauptsächlich Verschlüsse (30,0%) oder Stenosen (43,2%) der A. femoralis superficialis (AFS). 44 (27,8%) der PatientInnen in der Kontrollgruppe zeigten einen AFS-Verschluss, 66 (41,8%) ein oder mehrere AFS-Stenosen. Die AFS war bei 13 (40,6%) der PatientInnen welche strukturiertes Gehtraining absolvierten verschlossen und bei 16 (50,0%) stenosiert. Insgesamt fanden sich im Bereich der A. femoralis communis (AFC) bei 26 PatientInnen (13,7%) Stenosen und bei fünf PatientInnen (2,6%) ein Verschluss der AFC. Vier PatientInnen (2,5%) bei denen ein Verschluss der AFC bestand und 22 PatientInnen (13,9%) bei denen eine Stenose vorlag waren Teil der Kontrollgruppe. In der Gefäßsportgruppe lag bei vier Teilnehmenden (12,5%) eine AFC-Stenose und bei einem PatientIn (3,1%) ein Verschluss vor. Bei insgesamt fünf PatientInnen (AIC 1 (0,5%); AII 1 (0,5%); AIE 3 (1,6%)) der Kontrollgruppe konnte ein Verschluss auf Höhe der Iliakalachse festgestellt werden. Bei 43 PatientInnen (AIC 16 (8,4%); AII 0 (0,0%); AIE 27 (14,2%)) wurden Stenosen auf Höhe der Iliakalachse festgestellt. In der Gruppe der Gefäßsportteilnehmenden lag bei einem (AIE 1 (3,1%)) Patienten ein Verschluss der Iliakalachse und bei drei PatientInnen (AIC 1 (3,1%); AII 0 (0,0%); AIE 2 (6,3%)) eine Stenosierung auf Höhe der Iliakalgefäße vor. (Tab. 5)

Die A. poplitea war insgesamt bei 9 (4,7%) PatientInnen stenosiert und bei 16 (8,4%) verschlossen. Bei den PatientInnen, welche Gehsport durchgeführt haben, zeigte niemand einen Verschluss der A. poplitea und eine Person (3,1%) eine Stenosierung. In der Kontrollgruppe waren sechs PatientInnen von einer Stenosierung der A. poplitea betroffen, und 15 (9,5%) von einem Verschluss. Bei Betrachtung der kruralen Ebene lag bei insgesamt drei PatientInnen (1,9%) ein Verschluss vor, welche alle zur Kontrollgruppe gehörten, und bei 25 PatientInnen (15,8%) der Kontrollgruppe eine Stenosierung, dies ist gleichbedeutend mit 13,2% der Gesamtstudienpopulation. Keine der PatientInnen aus der Gefäßsportgruppe zeigten eine betroffene krurale Ebene. (Tab. 5) Die Verschlusslokalisation war in beiden Gruppen gleich verteilt

( $p=0,08$ ), hinsichtlich der Stenoselokalisierung zeigte sich eine statistische Signifikanz ( $p=0,003$ ), da die Stenose der A femoralis superficialis insgesamt am häufigsten in der Gehsportgruppe vertreten war im Vergleich zu anderen Stenoselokalisierungen, während in der Kontrollgruppe die Verteilung gleichmäßiger erscheint.

Hinsichtlich der vorbestehenden Komorbiditäten, wies die Gesamtpopulation ein typisches mit der pAVK assoziiertes Verteilungsmuster auf. 46 (24,2%) der PatientInnen waren mit Diabetes Mellitus Typ II vorerkrankt, 140 (73,7%) aller PatientInnen wiesen eine arterielle Hypertonie auf. In neun Fällen (4,7%) war eine renale Grunderkrankung und in 65 (34,2%) Fällen eine kardiale Grunderkrankung bekannt. 9,5% (18/190) aller PatientInnen waren pulmonal vorerkrankt und 22 (11,6%) orthopädisch. Bei 15 (7,9%) PatientInnen lag eine maligne Grunderkrankung, aktiv oder inaktiv, vor. Bei 34 (17,9%) PatientInnen war eine Hyperlipidämie vorbeschrieben.

Die Verteilung der vorliegenden Grunderkrankungen spiegelte sich auch in den Subgruppen wider. Bei 21 (65,6%) der Gefäßsportteilnehmenden lag eine arterielle Hypertonie vor, bei 8 (25,0%) ein Diabetes Mellitus, während in der Kontrollgruppe 119 (75,3%) an arterieller Hypertonie und 38 (24,0%) mit einem Diabetes Mellitus vorerkrankt waren. Keiner der PatientInnen in der Gefäßsportgruppe war renal vorerkrankt, bei 13 (40,6%) war eine kardiale Vorerkrankung bekannt. Im Vergleich mit der Kontrollgruppe stellt sich dies ähnlich dar. Neun PatientInnen (5,7%) waren renal und 52 (32,9%) kardial vorerkrankt. Eine orthopädische Grunderkrankung lag bei vier (12,5%) der am Gehtraining teilnehmenden PatientInnen und bei 18 (11,4%) der Kontrollgruppe vor. Eine maligne Grunderkrankung zeigte sich bei 12 (7,6%) PatientInnen aus der Kontrollgruppe und drei (9,4%) aus der Gefäßsportgruppe. Bei 27 (17,1%) Personen der Kontrollgruppe und sieben (21,9%) aus der Gefäßsportgruppe lag eine Hyperlipidämie vor. Die Komorbiditäten waren in beiden Gruppen gleich verteilt ( $p=0,08$ ). (Tab. 5)

Demographische Daten:		gesamt (n=190)	Kontrollgruppe (n=158)	IAP (n=32)	p-Wert
<i>Charakteristik</i>					
<b>Alter (in Jahren)</b>		71,4 (40-92)	71,1 (40-92)	74,5 (58-87)	0,05
<b>Geschlecht</b>	Männlich	115/190 (60,5)	89/158 (56,3)	26/32 (81,3)	0,0085
	weiblich	75/190 (39,5)	69/158 (43,7)	6/32 (18,8)	
<b>Nikotinabusus</b>	Ja	79/190 (41,6)	69/158 (43,7)	10/32 (31,3)	0,19
	Nein/n.d.	111/190 (58,4)	89/158 (56,3)	22/32 (68,7)	
<b>pAVK-Stadium</b>	I	3/190 (1,6)	3/158 (1,9)	0/32 (0)	0,0075
	Ila	36/190 (18,9)	35/158 (22,2)	1/32 (3,1)	
	Ilb	151/190 (79,5)	120/158 (75,9)	31/32 (96,9)	
<b>Etage</b>	Iliakal	39/190 (20,5)	135/158 (85,4)	4/32 (12,5)	<0,0001
	femoral	156/190 (82,1)	125/158 (79,1)	31/32 (96,9)	
	popliteal	15/190 (7,9)	15/158 (9,5)	0/32 (0)	
	crural	13/190 (6,8)	13/158 (8,2)	0/32 (0)	
	<b>mehrere</b>	<b>30/190 (15,8)</b>	<b>29/158 (18,4)</b>	<b>3/32 (9,4)</b>	
<b>führende Seite</b>	rechts	75/190 (39,5)	57/158 (36,1)	18/32 (56,3)	0,0283
	links	73/190 (38,4)	61/158 (38,6)	12/32 (37,5)	
	beidseits	42/190 (22,1)	40/158 (25,3)	2/32 (6,3)	
<b>Lokalisation des Verschlusses</b>	AIC	1/190 (0,5)	1/158 (0,6)	0/32 (0)	0,08
	All	1/190 (0,5)	1/158 (0,6)	0/32 (0)	
	AIE	3/190 (1,6)	2/158 (1,3)	1/32 (3,1)	
	AFC	5/190 (2,6)	4/158 (2,5)	1/32 (3,1)	
	AFS	57/190 (30,0)	44/158 (27,8)	13/32 (40,6)	
	APF	3/190 (1,6)	2/158 (1,3)	1/32(3,1)	
	A. poplitea	16/190 (8,4)	15/158 (9,5)	0/32 (0)	
	crural	3/190 (1,6)	3/158 (1,9)	0/32 (0)	
<b>Lokalisation der Stenose</b>	AIC	16/190 (8,4)	15/158 (9,5)	1/32 (3,1)	0,0037
	All	0/190 (0,0)	0/158 (0)	0/32 (0)	
	AIE	27/190 (14,2)	25/158 (15,8)	2/32 (6,3)	
	AFC	26/190 (13,7)	22/158 (13,9)	4/32 (12,5)	
	AFS	82/190 (43,2)	66/158 (41,8)	16/32 (50,0)	
	APF	20/190 (10,5)	18/158 (11,4)	2/32 (6,3)	
	A. poplitea	9/190 (4,7)	6/158 (3,8)	1/32 (3,1)	
	crural	25/190 (13,2)	25/158 (15,8)	0/32 (0)	
<b>Komorbidität</b>	Diabetes mellitus	46/190 (24,2)	38/158 (24,0)	8/32 (25,0)	0,08
	arterielle Hypertonie	140/190 (73,7)	119/158 (75,3)	21/32 (65,6)	
	renal	9/190 (4,7)	9/158 (5,7)	0/32 (0)	
	kardial	65/190 (34,2)	52/158 (32,9)	13/32 (40,6)	
	pulmonal	18/190 (9,5)	13/158 (8,2)	5/32 (15,6)	
	Maliqnität	15/190 (7,9)	12/158 (7,6)	3/32 (9,4)	
	orthopädisch	22/190 (11,6)	18/158 (11,4)	4/32 (12,5)	
	Hyperlipidämie	34/190 (17,9)	27/158 (17,1)	7/32 (21,9)	

**Tabelle 5: Demographische Daten der untersuchten Studienpopulation**

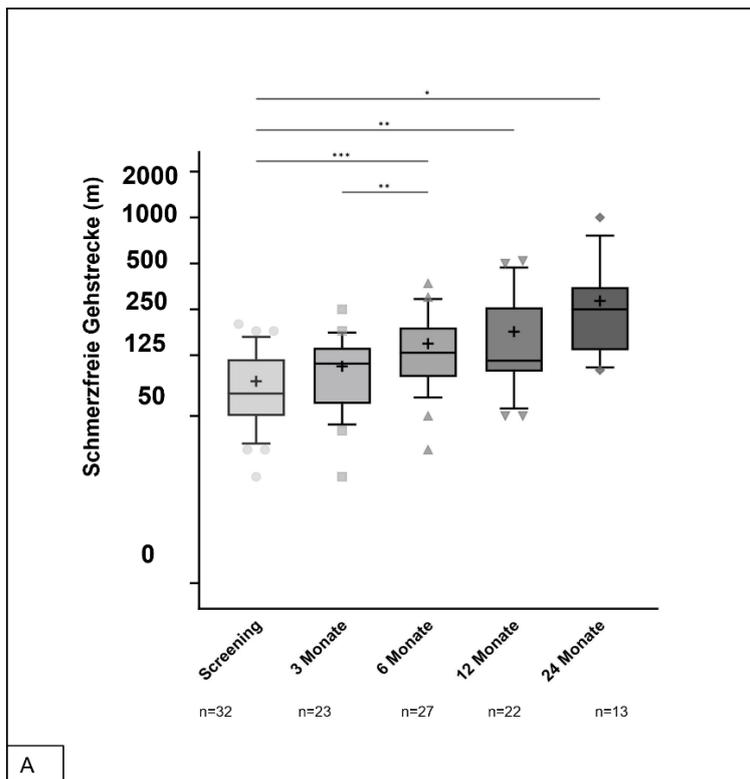
Diese Abbildung zeigt die absoluten Zahlen und relativen Häufigkeiten (in %) der Gesamtpopulation sowie der verglichenen Subpopulationen aus Kontrollgruppe und Intensiv-Aufbau-Programm (IAP) der Gehtraining-Gruppe. Eine Aufschlüsselung erfolgte gemäß der beschriebenen Populationscharakteristika. Für den Vergleich der Populationen hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$ ., n.d. = nicht definiert, A. = Arteria, n = *number*, IAP= intensives Aufbauprogramm, AIC=A. iliaca communis, All= A. iliaca interna, AIE= A. iliaca externa, AFC= A. femoralis communis, AFS= A. femoralis superficialis, APF= A. profunda femoris

## 3.2 Die Gehstrecke im Verlauf durch strukturiertes Gehtraining

### 3.2.1 Die Gehstrecke im Verlauf bei PatientInnen unter strukturiertem Gehtraining

Im Nachfolgenden werden die schmerzfreie und maximale Gehstrecke im zeitlichen Verlauf zu Beginn des Gehtrainings und den Zeitpunkten 3, 6, 12 und 24 Monate der PatientInnen dargestellt, welche am Gefäßsport teilgenommen, und diesen nach regelmäßiger Teilnahme nach 12 Monaten beendet haben. Somit stellt die Verlaufskontrolle nach 24 Monaten eine Kontrolle nach Beendigung des supervisierten Trainings dar, nachdem die PatientInnen das Gelernte eigenständig anwendeten. Die hier aufgeführten Daten stammen von PatientInnen im Stadium II (Claudicatio intermittens) der pAVK nach Fontaine. Zwischen PatientInnen, welche eine gefäßchirurgische Vorbehandlung erhielten (operativ oder endovaskulär) und denen, welche keinerlei Therapie vor Beginn des strukturierten Gehtrainings erhielten wurde hier nicht unterschieden.

Abbildung 3A zeigt die schmerzfreie Gehstrecke der Teilnehmenden des strukturierten Gehtrainings im zeitlichen Verlauf zu den Zeitpunkten 3, 6, 12 und 24 Monate. Zum Screening, vor Beginn des Trainings, betrug die schmerzfreie Gehstrecke in der Trainingsgruppe durchschnittlich  $84,4 \pm 45,9$  m ( $n=32$ ). Diese steigerte sich zum Zeitpunkt 3 Monate auf  $105,7 \pm 54,1$  m ( $n=23$ ). Eine statistische Signifikanz der Differenz ( $\Delta=21,3 \pm 7,7$  m;  $p=0,074$ ) ließ sich hier nicht nachweisen. Nach 6 Monaten betrug der Mittelwert der schmerzfreien Gehstrecke  $148,9 \pm 82,6$  m ( $n=27$ ). Im Vergleich zur Baseline ( $\Delta=64,5 \pm 12,2$  m;  $p=0,0001$ ) sowie zum Zeitpunkt 3 Monate ( $\Delta=43,2 \pm 9,2$  m;  $p=0,001$ ) zeigt sich hier eine signifikante Steigerung. Zu den Zeitpunkten 12 Monate ( $178,2 \pm 138,5$  m;  $n=22$ ) und 24 Monaten ( $283,3 \pm 238,0$  m;  $n=13$ ) können ebenfalls signifikante Steigerungen der schmerzfreien Gehstrecke im Vergleich zur Baseline nachgewiesen werden ( $p=0,003$  und  $p=0,010$ ). Nach 12 Monaten betrug die Differenz der Mittelwerte der schmerzfreien Gehstrecke zum Trainingsbeginn  $93,8 \pm 22,4$  m und nach 24 Monaten  $199,5 \pm 48,5$  m.



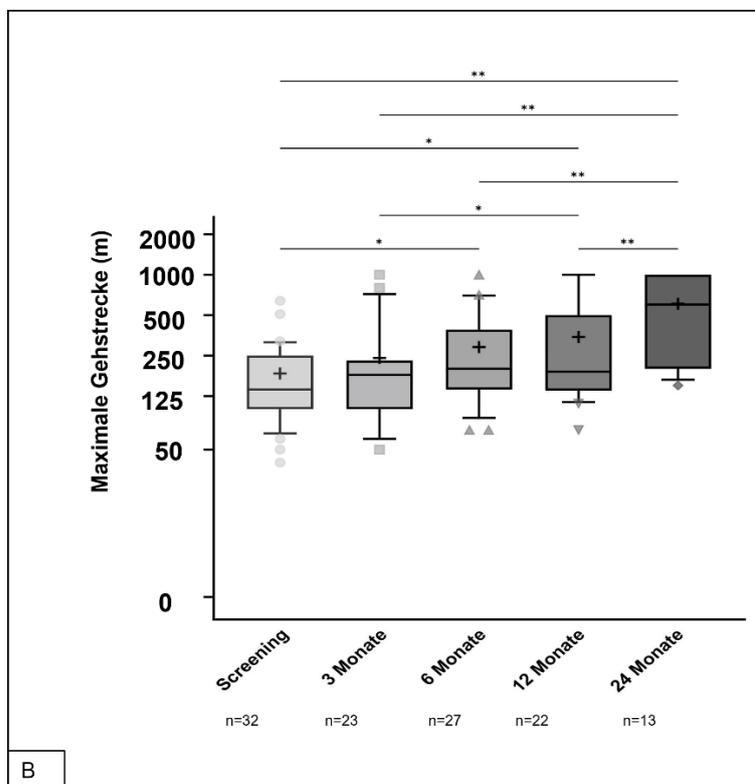
**Abb. 3A: Zeitlicher Verlauf der mittleren schmerzfreien Gehstrecke der PatientInnen, welche das IAP abgeschlossen haben**

Diese Abbildung zeigt die mittlere schmerzfreie Gehstrecke (in Meter) der PatientInnen, welche über 12 Monate das strukturierte Gehtraining absolviert haben. Alle PatientInnen befanden sich im Stadium II der pAVK nach Fontaine. Dargestellt werden die Zeitpunkte 3, 6, 12 und 24 Monate mittels Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils sowie der Einzelwerte. Der Median ist mittels Querstriches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Tukey. Statistisch signifikante Unterschiede wird visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, m= Meter

In Abbildung 3B zeigt sich die maximale Gehstrecke der Teilnehmenden des strukturierten Gehtrainings im zeitlichen Verlauf zu den Zeitpunkten 3, 6, 12 und 24 Monate. Zum Screening, vor Beginn des Trainings, betrug die maximale Gehstrecke durchschnittlich  $184,4 \pm 130,6$  m (n=32). Diese steigerte sich zum Zeitpunkt 3 Monate auf  $240,4 \pm 240,0$  m (n=23). Eine statistische Signifikanz der Differenz ( $\Delta = 56,1 \pm 26,2$  m;  $p = 0,238$ ) ließ sich hier nicht nachweisen. Nach 6 Monaten betrug die maximale Gehstrecke im Mittel  $289,6 \pm 232,5$  m (n=27). Verglichen mit der initialen maximalen Gehstrecke ist die Gehstrecke nach 6 Monaten signifikant gesteigert ( $\Delta = 105,3 \pm 34,9$  m;  $p = 0,041$ ). Zum Zeitpunkt 12 Monate beträgt die maximale Gehstrecke  $344,1 \pm 320,5$  m (n = 22), hier ist eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum Zeitpunkt 3 Monate ( $\Delta = 103,7 \pm 33,78$  m;  $p = 0,048$ ) und im Vergleich zum Ausgangswert ( $\Delta = 159,7 \pm 44,1$  m;  $p = 0,013$ ) zu sehen. Die Verlaufskontrolle nach 24 Monaten weist eine nachhaltige

Besserung der Gehstrecke mit  $609,2 \pm 392,5$  m ( $n = 13$ ) auf. Im Vergleich zum Ausgangswert ( $\Delta=424,9 \pm 80,0$  m;  $p=0,001$ ), im Vergleich zu 3 Monaten ( $\Delta=368,8 \pm 74,5$  m;  $p=0,007$ ), 6 Monaten ( $\Delta=319,6 \pm 61,3$  m;  $p=0,002$ ), und 12 Monaten ( $\Delta=265,1 \pm 58,1$  m;  $p=0,006$ ) stellen sich diese Unterschiede statistisch signifikant dar.

Insgesamt steigert sich also sowohl die schmerzfreie als auch die maximale Gehstrecke im zeitlichen Verlauf je länger an der Gehsportgruppe teilgenommen wird. Statistisch signifikant nimmt die schmerzfreie und auch die maximale Gehstrecke erst nach 6-monatiger Teilnahme am Gehtraining zu. (Abb. 3A und B) Die weiteren Monate zeigen eine anhaltende, statistisch-signifikante Zunahme der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke zu den untersuchten Zeitpunkten im Vergleich zur initial gemessenen Gehstrecke.

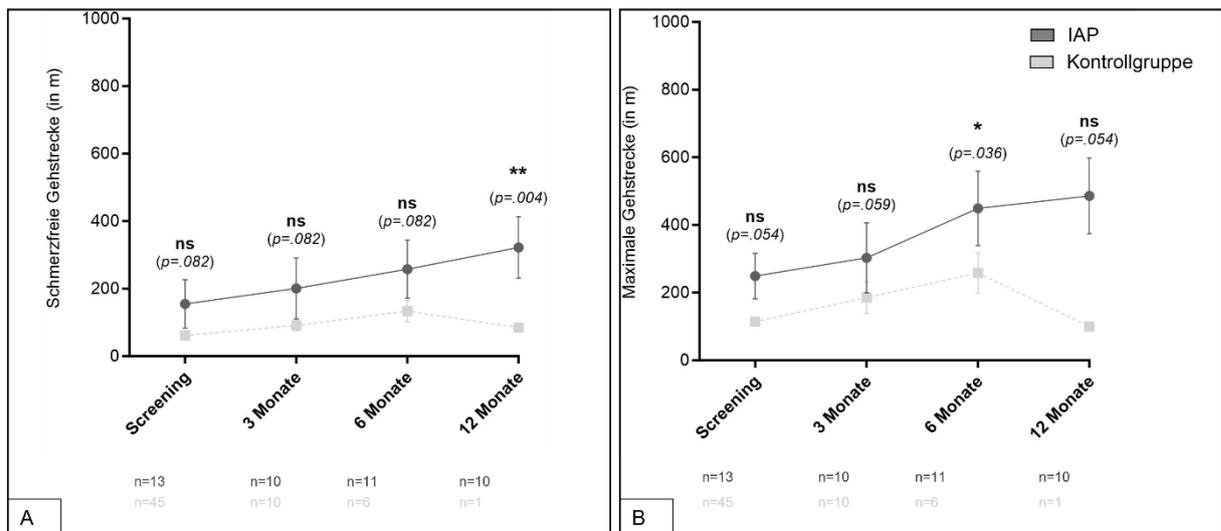


**Abb. 3B: zeitlicher Verlauf der maximalen Gehstrecke der PatientInnen, welche das IAP abgeschlossen haben**

Diese Abbildung zeigt die maximale Gehstrecke (in Meter) der PatientInnen welche über 12 Monate das strukturierte Gehtraining absolviert haben. Alle PatientInnen befanden sich im Stadium II der pAVK nach Fontaine. Dargestellt werden die Zeitpunkte 3, 6, 12 und 24 Monate mittels Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils sowie der Einzelwerte. Der Median ist mittels Querstriches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Tukey. Statistisch signifikante Unterschiede wird visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, m=Meter

### 3.2.2 Der Verlauf der pAVK im Vergleich zwischen absolviertem Gehtraining und der Kontrollgruppe

In Abbildung 4 werden die schmerzfreie (A) und maximale (B) Gehstrecke von Gefäßsport-PatientInnen, welche vor erfolgtem Gehtraining eine gefäßchirurgische invasive Therapie (Operation oder Intervention) erhielten, im zeitlichen Verlauf einer gleichwertigen Kontrollgruppe gegenübergestellt, welche ebenfalls die Empfehlung zu einem postoperativen Gehtraining erhalten hat, diesem aber nicht konsequent nachgegangen ist. Alle PatientInnen befanden sich im Stadium IIb der pAVK nach Fontaine und erhielten eine invasive Revaskularisation vor Empfehlung bzw. Beginn des Gehtrainings, sodass hier die Änderung der Gehstrecke nach erfolgter Revaskularisation mit oder ohne Gehtraining betrachtet wird. Die schmerzfreie Gehstrecke verbessert sich nach 3 Monaten ( $\Delta=103,1\pm 48,6$  m) und 6 Monaten ( $\Delta=109,3\pm 52,2$  m), jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,11$  und  $p=0,14$ ). Zum Zeitpunkt des Screenings beträgt die mittlere Gehstrecke der Gefäßsport-PatientInnen  $154,6\pm 258,6$  m, die Gehstrecke der Kontrollgruppe  $61,3\pm 22,3$  m. Nach drei Monaten zeigt sich eine Steigerung der schmerzfreien Gehstrecke auf  $91,0\pm 49,9$  m der Kontrollgruppe und  $201,0\pm 286,6$  m der Gefäßsport-PatientInnen. Auch nach weiteren drei Monaten zeigt sich bei beiden Gruppen eine Steigerung der schmerzfreien Gehstrecke auf  $133,3\pm 77,9$  m (Kontrollgruppe) und  $258,0\pm 272,5$  m (Gefäßsportgruppe). Ein statistisch signifikanter Unterschied ( $\Delta=220,1\pm 65,3$  m  $p=0,004$ ) in der schmerzfreien Gehstrecke kann zum Zeitpunkt 12 Monate festgestellt werden. Hier fällt die Gehstrecke der Kontrollgruppe im Vergleich zum Zeitpunkt 6 Monaten auf  $85,0\pm 7,1$  m ab, die schmerzfreie Gehstrecke der PatientInnen, die das strukturierte Gehtraining absolvierten steigt weiter auf  $322,0\pm 287,7$  m an. (Abb. 4A)

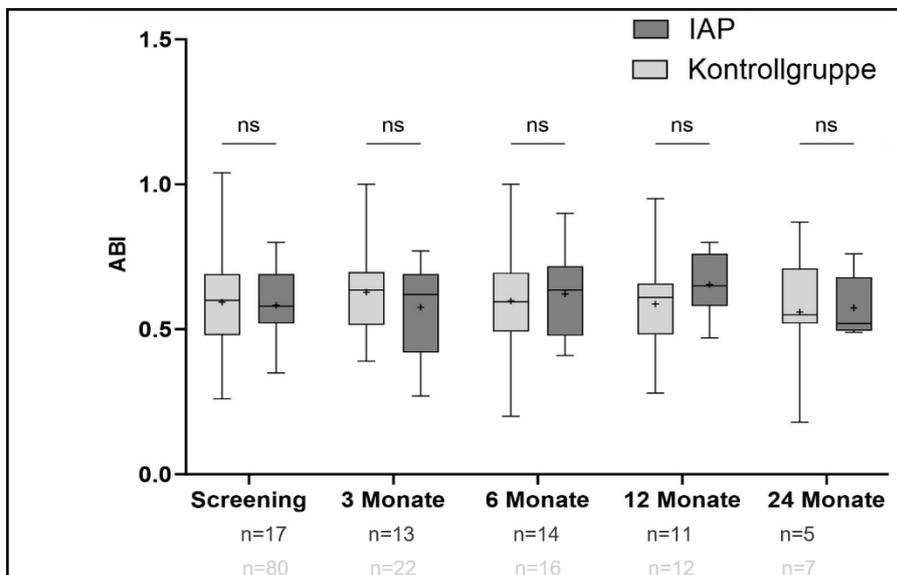


**Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der schmerzfreien (A) und maximalen (B) Gehstrecke vorbehandelter PatientInnen in der Gefäßsportgruppe im Vergleich mit der Kontrollkohorte**

Diese Abbildung zeigt die schmerzfreie und maximale Gehstrecke der vorbehandelten PatientInnen, welche über 12 Monate nach Behandlung das strukturierte Gehtraining absolviert haben im Vergleich mit der Subkohorte der vorbehandelten PatientInnen in der Kontrollgruppe, welche kein Gehtraining absolviert haben. Alle PatientInnen befanden sich im Stadium IIb der pAVK nach Fontaine und erhielten eine invasive Revaskularisation vor Beginn des Gefäßsports. Dargestellt werden die Zeitpunkte 3, 6 und 12 Monate mittels verbundener Linien. Werte sind als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung dargestellt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Holm-Šidák's. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$  n = number, ns= nicht signifikant, IAP= intensives Aufbauprogramm, m= Meter

In Abbildung 4B dargestellt ist die maximale Gehstrecke der PatientInnen im Stadium IIb nach Fontaine und bereits erfolgter Revaskularisation im Vergleich zwischen additivem Gehtraining nach invasiver Therapie und der Kontrollgruppe. Auch hier zeigen sich initial zum Zeitpunkt des Screenings keine statistisch signifikanten Unterschiede mit  $249,2 \pm 241,5$  m der Gefäßsportgruppe und  $114,2 \pm 62,2$  m der Kontrollgruppe ( $p = 0,054$ ). Zum Zeitpunkt 3 Monate steigen beide Gruppen mit der maximalen Gehstrecke auf  $303,0 \pm 326,4$  m und  $186,0 \pm 149,5$  m. Nach 6 Monaten zeigt die Gruppe des Gehtrainings einen statistisch signifikant höheren Anstieg der Gehstrecke ( $449,0 \pm 348,1$  m im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $258,3 \pm 147,0$  m) über den nachverfolgten Zeitraum ( $\Delta = 212,0 \pm 79,5$  m;  $p = 0,035$ ). Die maximale Gehstrecke fällt nach 12 Monaten ohne strukturiertes Gehtraining deutlich ab ( $100,0 \pm 0,0$  m), zeigt hier jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied im Vergleich zur maximalen Gehstrecke der PatientInnen, welche Gehtraining absolvieren ( $486,0 \pm 352,9$  m) ( $323,9 \pm 139,9$  m;  $p = 0,054$ ), was auf die geringe Fallzahl ( $n = 1$ ) in der Kontrollgruppe zurückzuführen ist.

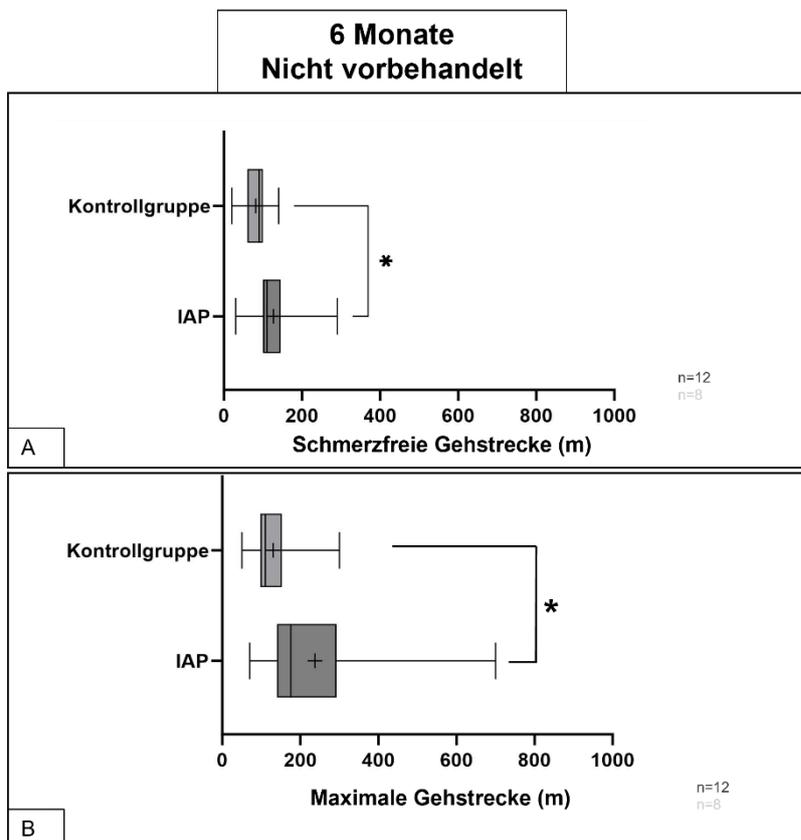
In Abbildung 5 wird der Unterschied im gemessenen ankulo-brachialen Index (ABI) im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und den PatientInnen aus der Gefäßsportgruppe (IAP) über den Zeitverlauf gegenübergestellt, welche keine Therapie vor Beginn des Gehtrainings erhalten hatten. Zu sehen sind die Zeitpunkte des Screenings, 3, 6, 12 und 24 Monate aller PatientInnen, welche sich im Stadium II n. Fontaine befanden. Der Mittelwert des ABI ändert sich weder im Verlauf der Zeit noch im Vergleich zwischen den Gruppen statistisch signifikant. Der ABI betrug zu Beginn im Mittel  $0,58 \pm 0,12$  bei den Gefäßsport-PatientInnen, bei der Kontrollgruppe betrug der ABI im Mittel  $0,59 \pm 0,17$ . Nach 3 Monaten lag der ABI der Kontrollgruppe weiterhin bei  $0,62 \pm 0,14$  und nach strukturiertem Gehtraining bei  $0,57 \pm 0,15$ . Im weiteren Verlauf änderte sich der ABI kaum, nach 6 Monaten betrug er bei den PatientInnen der Gefäßsportgruppe  $0,62 \pm 0,14$  und nach 12 Monaten  $0,65 \pm 0,11$ . Dem gegenüber zeigten sich ähnliche Werte in der Kontrollgruppe von  $0,59 \pm 0,17$  nach 6 Monaten und nach 12 Monaten von  $0,59 \pm 0,17$ . Nach 24 Monaten fand sich ein vergleichbarer ABI mit  $0,56 \pm 0,21$  in der Kontrollgruppe und  $0,57 \pm 0,11$  der PatientInnen, welche das strukturierte Gehtraining absolvierten.



**Abb. 5: Zeitlicher Verlauf des ankulo-brachialen Indexes (ABI) der Gefäßsportgruppe im Vergleich mit der Kontrollkohorte**

Diese Abbildung zeigt den ankulo-brachialen Index der PatientInnen welche über 12 Monate das strukturierte Gehtraining absolviert haben im Vergleich zu der Kontrollgruppe (kein Gehtraining). Alle PatientInnen befanden sich im Stadium II der pAVK nach Fontaine. Dargestellt werden die Zeitpunkte 3, 6, 12 und 24 Monate mittels Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils. Der Median ist mittels Querstriches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Holm-Šidák's. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ ,  $n = \text{number}$ , ns= nicht signifikant, IAP= intensives Aufbauprogramm

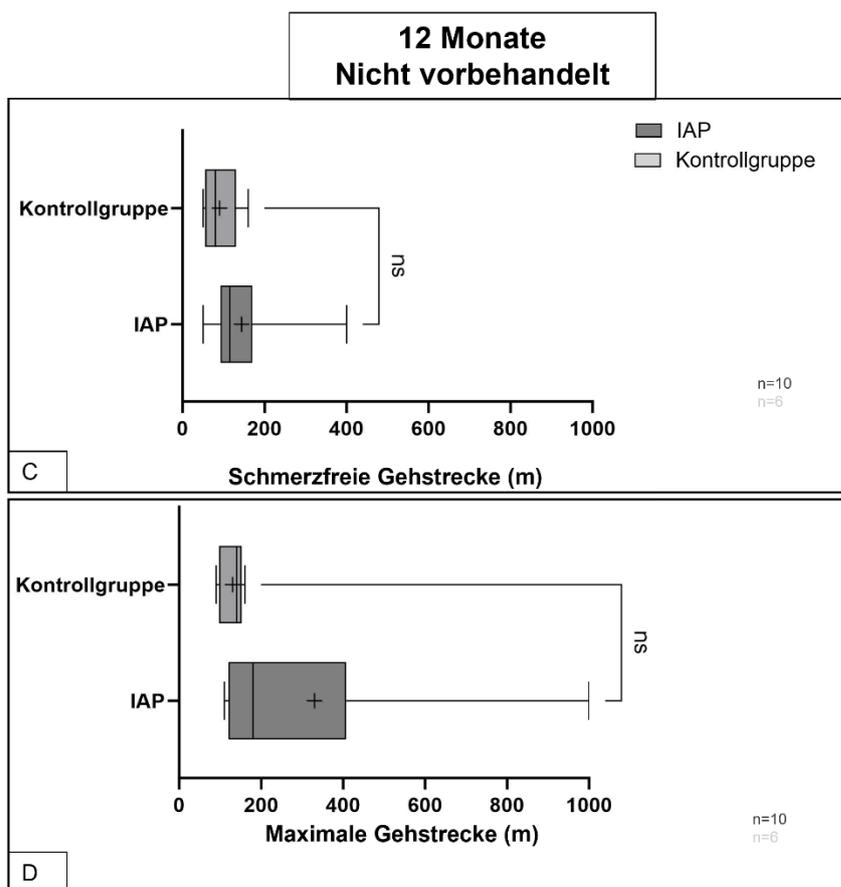
Abbildungen 6 A-D präsentiert die schmerzfreie (A+C) und maximale Gehstrecke (B+D) zu den Zeitpunkten 6 und 12 Monate nach Beginn des strukturierten Gehtrainings im Vergleich zu der Kontrollgruppe in der nicht-vorbehandelten Subgruppe. Die PatientInnen waren vor Beginn des Gehsportes nicht vorbehandelt (keine endovaskuläre oder operative Revaskularisation) und befanden sich im Stadium IIb nach Fontaine. Die schmerzfreie Gehstrecke der PatientInnen der Gefäßsportgruppe betrug zum Zeitpunkt 6 Monate  $125,8 \pm 61,4$  m im Vergleich zu  $80,0 \pm 35,9$  m in der Kontrollgruppe. (Abb. 6A) Hier zeigt sich ein statistisch signifikanter ( $p=0,023$ ) Unterschied zugunsten der Gefäßsportgruppe. Ebenfalls zeigt die maximale Gehstrecke eine signifikant höhere maximale Distanz nach strukturiertem Gehtraining (Abb. 6B) mit  $237,5 \pm 171,1$  m im Gegensatz zu  $133,3 \pm 70,7$  m ( $p=0,039$ ) der Kontrollgruppe.



**Abb. 6 A-B: Schmerzfreie (A) und maximale (B) Gehstrecke zum Zeitpunkt 6 Monate der Gefäßsportgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe**

Diese Abbildung zeigt die schmerzfreie (A) und maximale (B) Gehstrecke von PatientInnen der Gefäßsportgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum Zeitpunkt 6 Monate nach Beginn des strukturierten Gehtrainings. Die PatientInnen waren vor Beginn des Gehtraining nicht vorbehandelt und befanden sich im Stadium IIb nach Fontaine. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 25ten und 75ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Striches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney Test. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p<0,05$ , \*\* $p<0,01$ , \*\*\* $p<0,001$  und \*\*\*\* $p<0,0001$ . n = number, IAP= intensives Aufbauprogramm, m= Meter

Eine Verbesserung der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke nach 12 Monaten der PatientInnen, welche ein strukturiertes Gehtraining ohne Vorbehandlung absolviert haben, wird in Abbildung 6C und D dargestellt. Hier stellen sich jedoch sowohl bei der schmerzfreien (Abb. 6C) als auch der maximalen Gehstrecke (Abb. 6D) keine statistisch signifikanten Unterschiede dar ( $p=0,138$  und  $p=0,051$ ), auch wenn ein Trend in Richtung verbesserter Gehstrecke der Gefäßsport-Teilnehmenden abgebildet ist. Die schmerzfreie Gehstrecke der Kontrollgruppe betrug  $86,7\pm 39,8$  m, während die der Gefäßsport-PatientInnen  $143,0\pm 100,0$  m betrug. Die maximale Gehstrecke nach strukturiertem Gehtraining für 12 Monate betrug  $330,0\pm 354,9$  m, die Gehstrecke der Kontrollgruppe hingegen betrug  $130,0\pm 28,3$  m.

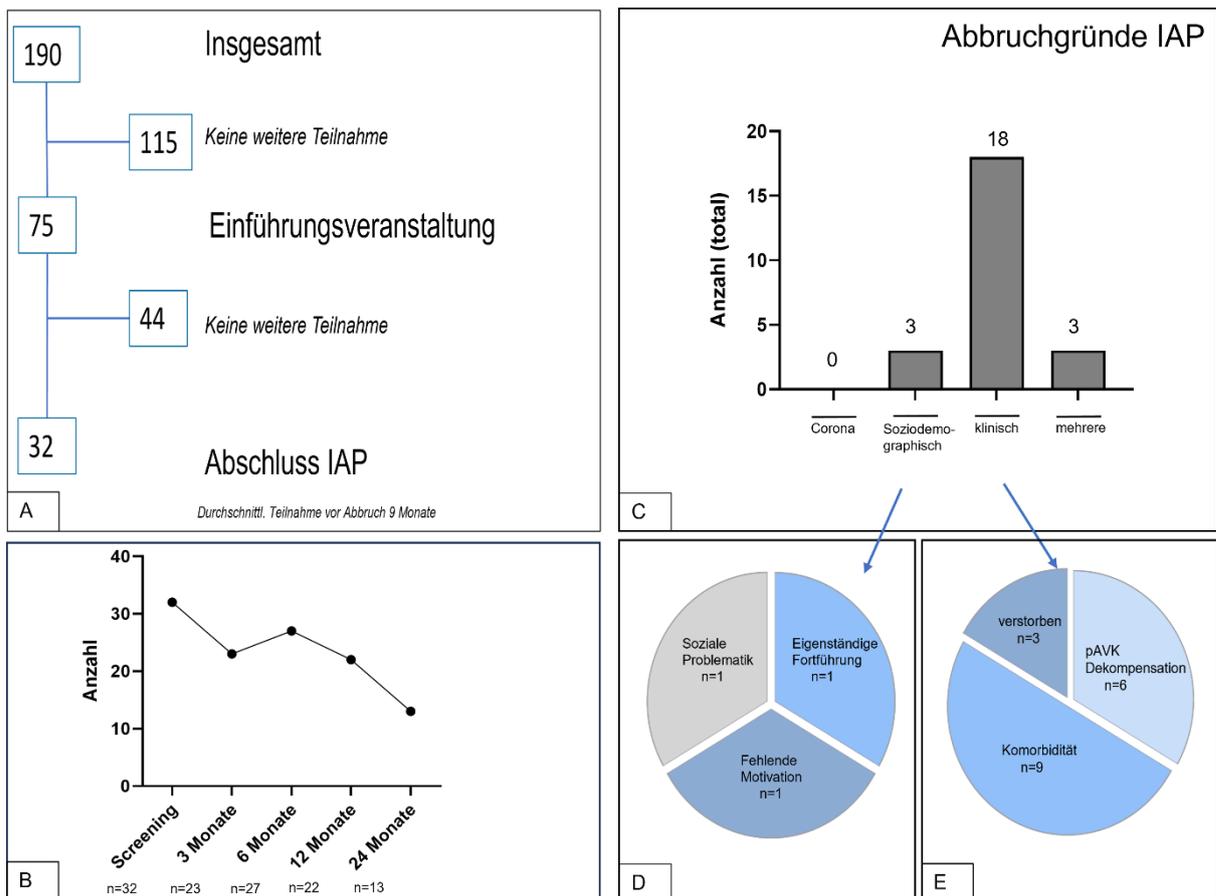


**Abb. 6 C-D: Schmerzfreie (C) und maximale (D) Gehstrecke zum Zeitpunkt 12 Monate der Gefäßsportgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe**

Diese Abbildung zeigt die schmerzfreie (C) und maximale (D) Gehstrecke von PatientInnen der Gefäßsportgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum Zeitpunkt 12 Monate nach Beginn des strukturierten Gehtrainings. Die PatientInnen waren vor Beginn des Gehtrainings nicht vorbehandelt und befanden sich im Stadium IIb nach Fontaine. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 25ten und 75ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Striches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney Test. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p<0,05$ , \*\* $p<0,01$ , \*\*\* $p<0,001$  und \*\*\*\* $p<0,0001$ . ns = nicht signifikant, n = number, IAP= intensives Aufbauprogramm, m= Meter

### 3.3 Adhärenz an der Gefäßsportgruppe und Abbruchgründe

Abbildung 7A gibt einen graphischen Überblick über den Verlauf der Adhärenz am gesamten Programm des strukturierten Gehtrainings im retrospektiv betrachteten Zeitraum. Insgesamt wurde 190 PatientInnen die Diagnose einer pAVK im Stadium II gestellt und zugleich die Indikation und Empfehlung zur Durchführung des strukturierten Gehtrainings ausgesprochen. Hiervon erschienen 75 PatientInnen zur Einführungsveranstaltung der Gefäßsportgruppe, die verbliebenen 115 PatientInnen stellten sich weiter im Rahmen der regulären Verlaufskontrollen in der gefäßchirurgischen Ambulanz vor, nahmen jedoch nicht am strukturierten Gehtraining teil und wurden so der Kontrollgruppe zugeordnet. 44 von den 75 PatientInnen entschieden sich nach der Einführungsveranstaltung entweder sofort gegen das strukturierte Gehtraining, oder brachen so früh ab, dass sie aus der Datenerhebung ausgeschlossen wurden. Letztendlich nahmen von 190 PatientInnen, 32 regelmäßig über den Verlauf der 12 Monate des IAPs an dem strukturierten Gehtraining teil. Auch während des laufenden strukturierten Gehtrainings beendeten PatientInnen die Teilnahme frühzeitig, oder erschienen nicht regelmäßig zu den Kontrollterminen. (Abb. 7B) Nach sechs Monaten betrug die Anzahl der Teilnehmenden noch 27 PatientInnen. Nach 12 Monaten hatten weitere fünf PatientInnen abgebrochen. Nach 24 Monaten war das intensive Aufbauprogramm abgeschlossen und nur noch 13 der PatientInnen erschienen zu ihrem regelhaften Kontrolltermin in der gefäßmedizinischen Ambulanz. Betrachtet man die Begründungen zur unregelmäßigen Teilnahme oder frühzeitigen Beendigung der Teilnahme an der Gefäßsportgruppe, so zeigt sich, dass hauptsächlich klinische Abbruchgründe (n=18) aufgeführt werden. (Abb. 7C) Hierzu zählen eine Dekompensation der pAVK (n=6), Komorbiditäten (n=9) und auch PatientInnen, die verstarben (n=3). (Abb. 7E) Weniger vertreten waren soziodemographische Abbruchgründe. Auf Grund fehlender Motivation oder eigenständiger Fortführung beendeten jeweils 1 PatientIn die Teilnahme am Gehtraining. Ein PatientIn beendete frühzeitig die Teilnahme auf Grund einer sozialen Problematik. (Abb. 7D)

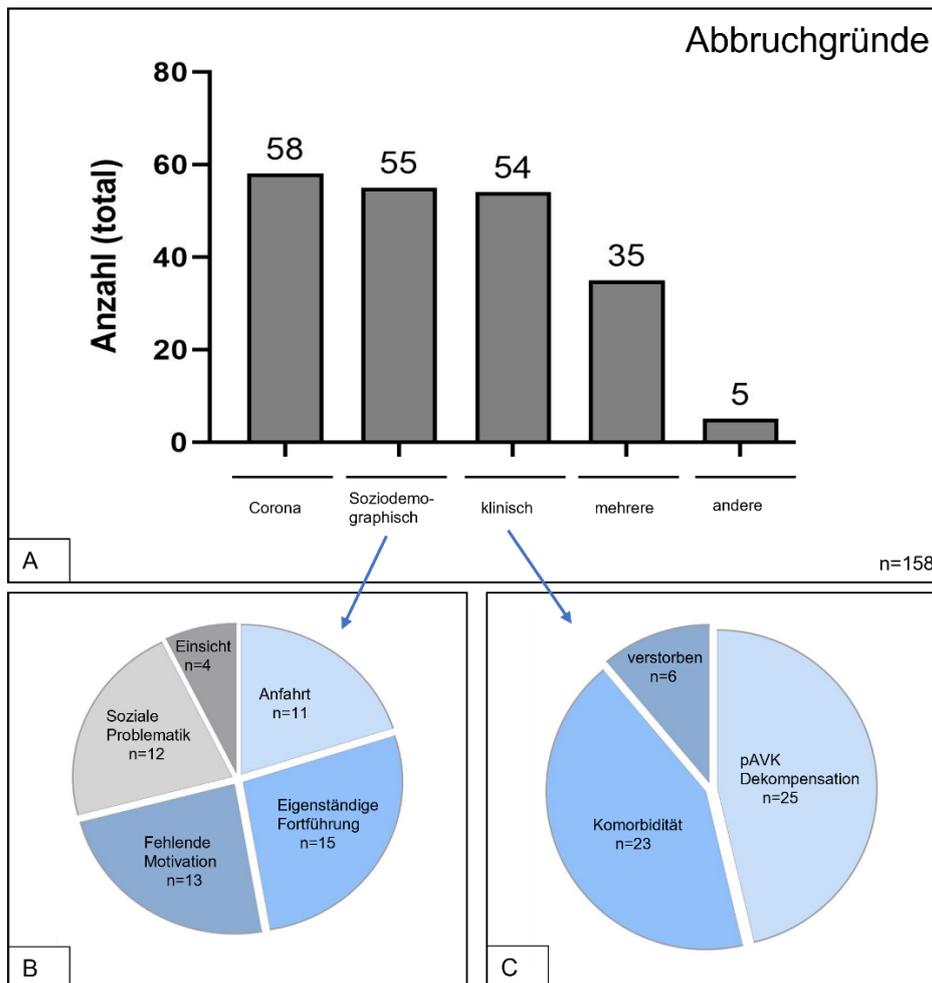


**Abb. 7: Graphische Darstellung der Adhärenz (A+B), sowie der Abbruchgründe der Gehsportteilnehmenden (C-E)**

Diese Abbildung zeigt die Adhärenz am Gehtraining (A), sowie die Adhärenz während des Gehtrainings (B). In Abbildung C sind die Abbruchgründe der PatientInnen abgebildet, die an der Gehsportgruppe teilgenommen haben (IAP). Detaillierter dargestellt werden soziodemographische (D) und klinische Abbruchgründe (E). Dargestellt werden absolute Zahlen in einem Balkendiagramm (C), sowie Kuchendiagramm (D und E). n = number, IAP= intensives Aufbauprogramm

Die Gründe für die Nicht-Teilnahme oder einen frühzeitigen Abbruch des strukturierten Gehtraining und die quantitative Verteilung der Abbrüche auf die jeweiligen Gründe ist in Abbildung 8A graphisch dargestellt. Die zumeist angegebenen Abbruchgründe hatten einen soziodemographischen (n=55) oder klinischen (n=54) übergeordneten Hintergrund und wurden entsprechend in Subgruppierungen noch einmal aufgeschlüsselt dargestellt. (Abb. 8B+C) Bei den soziodemographischen Gründen (Abb. 8B) war primär die eigenständige Fortführung der Hauptgrund (n=15, 27,27%). Knapp darauf folgen eine fehlende Motivation zum Gefäßsport (n=13, 23,64%) oder eine soziale Problematik (n=12, 21,82%). Im Falle klinischer Ursachen führte die Dekompensation der zugrundeliegenden pAVK als Grund (n=25, 46,30%). An zweiter Stelle wurde eine Beeinträchtigung durch Komorbiditäten (n=23, 42,59%) genannt. Separat zu erwähnen ist die im retrospektiven Analysezeitraum gelegene

Coronapandemie. In den Jahren 2019-2021 konnte die Gefäßsportgruppe auf Grund der zu der Zeit geltenden Beschränkungen nicht angeboten werden. Dies betraf 58 PatientInnen.

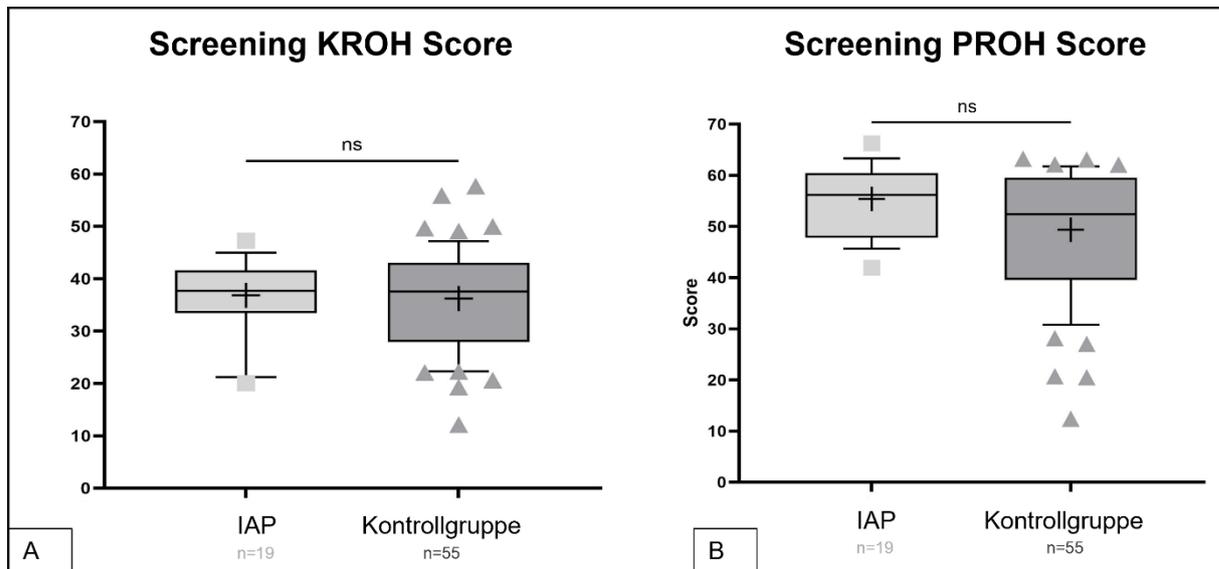


**Abb. 8: Graphische Darstellung der Abbruchgründe der Nicht-Teilnehmenden PatientInnen trotz Empfehlung zum strukturierten Gehtraining**

Diese Abbildung zeigt die Abbruchgründe der PatientInnen, die an der Gehsportgruppe per Empfehlung hätten teilnehmen sollen, diesem aber nicht nachgekommen sind oder das IAP frühzeitig abgebrochen haben (A). Detaillierter dargestellt werden soziodemographische (B) und klinische Abbruchgründe (C) aufgeschlüsselt nach Anzahl der angegebenen Gründe. Dargestellt werden absolute Zahlen in einem Balkendiagramm (A), sowie Kuchendiagramm (B und C). n = *number*

### 3.4 Einfluss des Gehtrainings auf die Lebensqualität

Den Einfluss des Gehtrainings auf die Lebensqualität wurde, wie unter 1.4.2. beschrieben bereits in einigen Studien untersucht. Die Entwicklung der Lebensqualität unter Gehtraining wurde mit Hilfe des SF-36 Fragebogens untersucht und retrospektiv ausgewertet.



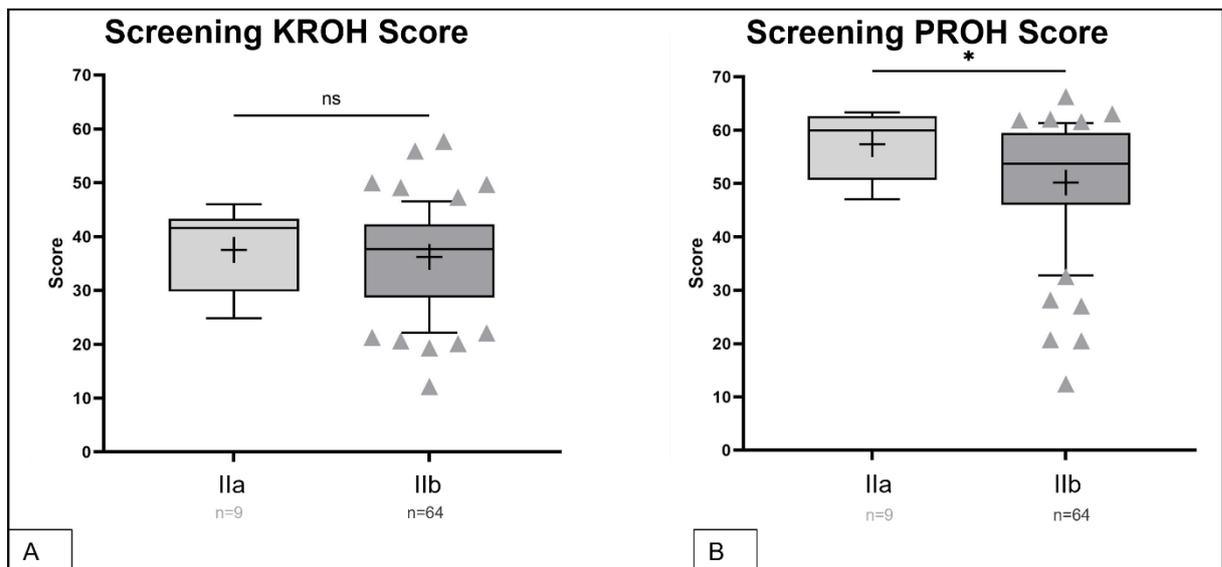
**Abb. 9: Vergleich des körperlichen (KROH - A) und psychischen (PROH - B) Gesamtscores des SF-36 Fragebogens zwischen der Gefäßsportgruppe und Kontrollgruppe vor Beginn des Gehsportes**

Diese Abbildung zeigt den körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscore des SF-36 Fragebogens von PatientInnen der Gefäßsportgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum Zeitpunkt vor Beginn des strukturierten Gehtrainings. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Strichs innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney Test. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, IAP= intensives Aufbauprogramm, KROH= körperliche Rohdaten, PROH= psychische Rohdaten, ns= nicht signifikant

In Abbildung 9A wird der körperliche Gesamtscore (KROH) und in Abbildung 9B der psychische Gesamtscore (PROH) des SF-36 im Vergleich zwischen PatientInnen, die an strukturiertem Gehtraining teilgenommen haben und der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt des Screenings, also vor Beginn der Gefäßsportgruppe, dargestellt. Hier stellten sich sowohl bei dem körperlichen (Abb. 9A) als auch bei dem psychischen (Abb. 9B) Gesamtscore keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p=0,912$  und  $p=0,100$ ) dar. Der körperliche Gesamtscore der Kontrollgruppe betrug  $36,2 \pm 9,6$ , während er in der Gefäßsport-Gruppe  $36,8 \pm 7,4$  betrug. Der psychische Gesamtscore

betrug vor Beginn des Gehtrainings bei den PatientInnen, die an der Gefäßsportgruppe teilnahmen  $55,4 \pm 6,7$  und  $49,4 \pm 12,6$  bei der Kontrollgruppe.

In Abbildung 10A wird der körperliche Gesamtscore und in Abbildung 10B der psychische Gesamtscore des SF-36 im Vergleich zwischen den pAVK Stadien IIa und IIb zum Zeitpunkt des Screenings dargestellt. Ein Unterschied könnte auf ursächliche Motivationen oder Hindernisse hinweisen, die zu einer Teilnahme oder Nicht-Teilnahme führen. Hier stellten sich bei dem körperlichen (Abb. 10A) Gesamtscore keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p=0,686$ ) dar. Der körperliche Gesamtscore im Stadium IIa betrug  $37,5 \pm 7,7$ , während der Score im Stadium IIb  $36,2 \pm 9,3$  betrug. Der psychische Gesamtscore hingegen zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen ( $p=0,042$ ) und betrug im Stadium IIa  $57,4 \pm 6,3$  und  $50,2 \pm 11,9$  im Stadium IIb.

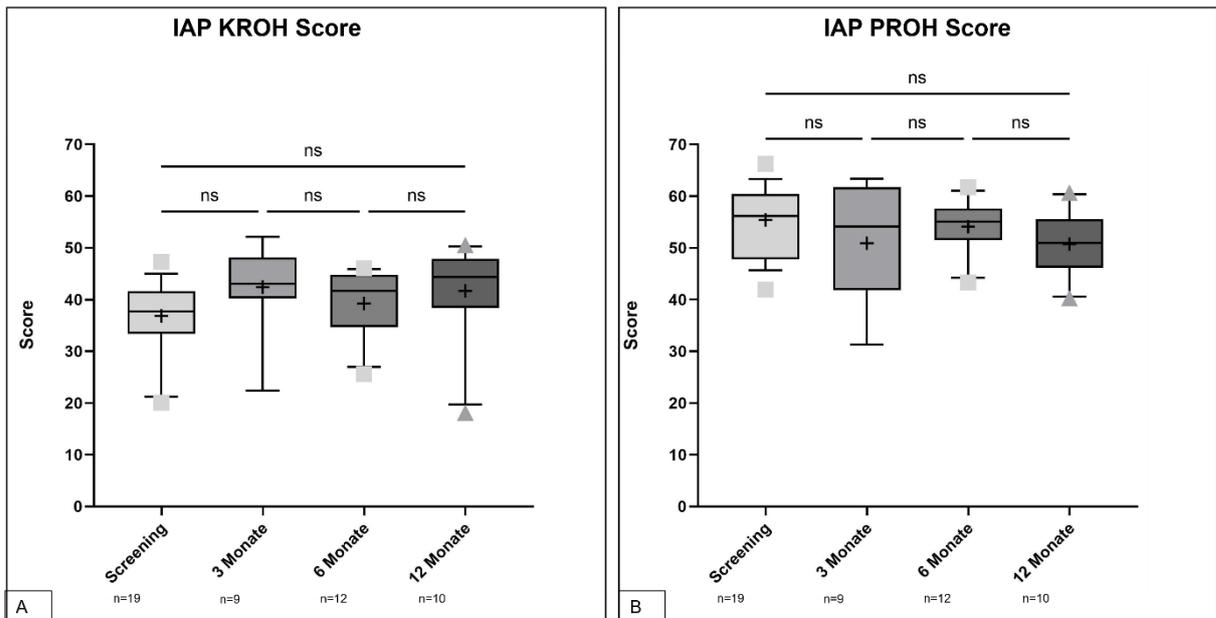


**Abb. 10: Vergleich des körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscores des SF-36 Fragebogens zwischen pAVK Stadium IIa und IIb vor Beginn des Gehsportes**

Diese Abbildung zeigt den körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscore des SF-36 Fragebogens von PatientInnen vor Beginn des strukturierten Gehtrainings im Vergleich der pAVK Stadien IIa und IIb. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Striches innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney Test. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n= number, KROH= körperliche Rohdaten, PROH= psychische Rohdaten, ns= nicht signifikant

In Abbildung 11 werden ebenfalls der körperliche Gesamtscore (Abb. 11A) und psychische Gesamtscore (Abb. 11B) des SF-36 Fragebogens im zeitlichen Verlauf der Gefäßsportteilnehmenden dargestellt. Abgebildet werden der Zeitpunkt vor Beginn des

Gehtrainings, sowie nach 3, 6 und 12 Monaten Teilnahme. Insgesamt zeigen sich im zeitlichen Verlauf keine statistisch signifikanten Unterschiede, weder im körperlichen noch im psychischen Gesamtscore. Zum Screening, vor Beginn des Trainings, betrug der körperliche Gesamtscore durchschnittlich  $36,9 \pm 7,4$  ( $n=19$ ). Dieser steigerte sich zum Zeitpunkt 3 Monate nicht statistisch signifikant auf  $42,4 \pm 8,6$  ( $n=9$ ,  $p=0,061$ ). Zum Zeitpunkt 6 Monate betrug der körperliche Gesamtscore durchschnittlich  $39,3 \pm 6,6$  ( $n=12$ ,  $p=0,527$ ) und  $41,6 \pm 9,5$  ( $n=10$ ,  $p=0,095$ ) zum Zeitpunkt 12 Monate. Eine statistische Signifikanz der Differenz zwischen Beginn und Ende des Gehtrainings ( $\Delta=4,8 \pm 1,8$ ;  $p=0,956$ ) ließ sich hier trotz Erhöhung des körperlichen Gesamtscores über den Beobachtungsverlauf nicht nachweisen. (Abb. 11A) Der psychische Gesamtscore ergab ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede im zeitlichen Verlauf zwischen Screening und 12 Monate erfolgtem Gehtraining ( $\Delta=-4,7 \pm 2,0$ ,  $p=0,167$ ). Hier zeigte sich über den Verlauf des Trainings im Gegensatz zum körperlichen Score ein Abfall des psychischen Gesamtscores. Vor Beginn des Gehsportes betrug der psychische Gesamtscore durchschnittlich  $55,4 \pm 7,7$  ( $n=19$ ). Zum Zeitpunkt 3 Monate betrug er im Schnitt  $50,9 \pm 11,4$  ( $n=9$ ,  $p=0,444$ ). Zum Zeitpunkt 6 Monate betrug der psychische Gesamtscore durchschnittlich  $54,1 \pm 5,3$  ( $n=12$ ,  $p=0,890$ ) und  $50,7 \pm 6,3$  ( $n=10$ ,  $p=0,167$ ) zum Zeitpunkt 12 Monate.

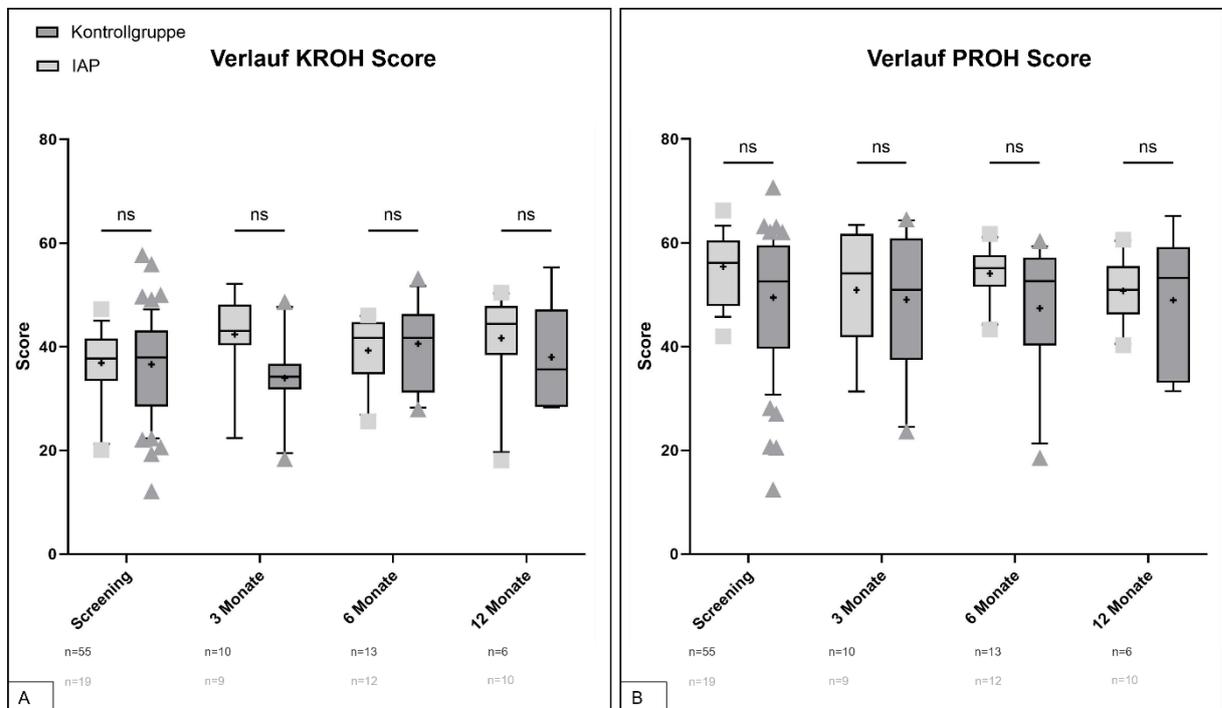


**Abb. 11: Zeitlicher Verlauf des körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscores des SF-36 Fragebogens der Gefäßsportteilnehmenden**

Diese Abbildung zeigt den körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscore des SF-36 Fragebogens im zeitlichen Verlauf von PatientInnen der Gefäßsportgruppe zu den Zeitpunkten Screening, 3, 6 und 12 Monate. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Strichs innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und multiplen Testkorrektur nach Tukey. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, KROH= körperliche Rohdaten, PROH= psychische Rohdaten, ns= nicht signifikant, IAP= intensives Aufbauprogramm

Abbildung 12A und 12B stellen den zeitlichen Verlauf des körperlichen und psychischen Gesamtscores im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und den Gehsportteilnehmenden dar. Abgebildet sind die Zeitpunkte vor Beginn, sowie 3, 6 und 12 Monate nach Beginn des Gefäßsportes. Insgesamt ist zwischen den Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied des körperlichen und psychischen Gesamtscores abzugrenzen. Der körperliche sowie psychische Gesamtscore der Gehsportteilnehmenden im zeitlichen Verlauf wurde bereits in Abbildung 11A und 11B dargestellt und beschrieben. In Abbildung 12 gelten identische Werte für die Gehsportteilnehmenden, sodass nur die Werte der Kontrollgruppe beschrieben werden. Der körperliche Gesamtscore der Kontrollgruppe betrug zu Beginn  $36,6 \pm 9,5$  (n=55) und nach 3 Monaten  $33,9 \pm 7,5$  (n=10). Zum Zeitpunkt 6 Monate betrug der körperliche Gesamtscore  $40,6 \pm 8,3$  (n=13), nach 12 Monaten  $37,9 \pm 11,0$  (n=6). Eine statistisch signifikante Differenz zwischen den Gruppen zu den Zeitpunkten des Screenings ( $p=0,910$ ), 3 Monaten ( $p=0,071$ ), 6 Monaten ( $p=0,875$ ) sowie 12 Monaten ( $p=0,450$ ) ließ sich nicht nachweisen. (Abb.12A) Vor Beginn des Gehtrainings betrug

der psychische Gesamtscore bei der Kontrollgruppe  $49,5 \pm 12,6$ , nach 3 Monaten  $49,1 \pm 13,6$ , nach 6 Monaten  $47,4 \pm 12,9$  und nach 12 Monaten  $48,9 \pm 13,7$ . Auch hier konnte keine statistisch signifikante Differenz zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt des Screenings ( $p=0,156$ ), 3 Monaten ( $p=0,676$ ), 6 Monaten ( $p=0,114$ ) sowie 12 Monaten ( $p=0,340$ ) festgestellt werden. (Abb. 12B)



**Abb. 12: zeitlicher Verlauf des körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscores im Vergleich zwischen den Gehsportteilnehmenden und der Kontrollgruppe**

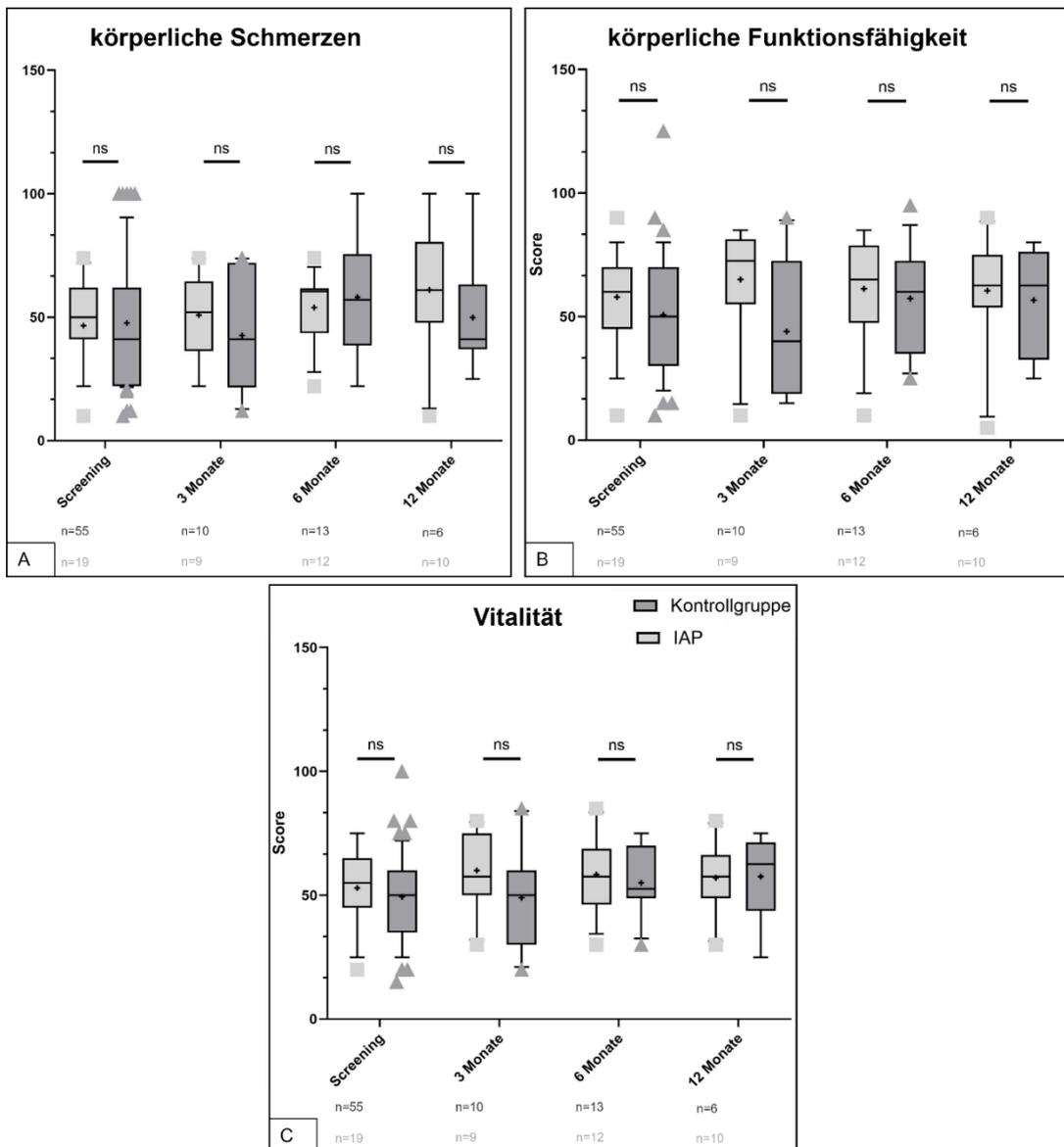
Diese Abbildung zeigt den körperlichen (A) und psychischen (B) Gesamtscore des SF-36 Fragebogens im zeitlichen Verlauf von PatientInnen der Gefäßsportgruppe zu den Zeitpunkten Screening, 3, 6 und 12 Monate im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Strichs innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Holm-Šidák's. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, KROH= körperliche Rohdaten, PROH= psychische Rohdaten, ns= nicht signifikant, IAP= intensives Aufbauprogramm

In Abbildung 13 A-C werden Unterkategorien, welche im Rahmen des SF-36 erhoben werden und schlussendlich zu einem körperlichen Gesamtscore zusammengefasst werden, im Vergleich zwischen PatientInnen, welche ein strukturiertes Gehtraining durchgeführt haben, und der Kontrollgruppe im zeitlichen Verlauf dargestellt. Abbildung 13A stellt den Faktor der körperlichen Schmerzen dar. Zwischen den Gruppen ist kein statistisch signifikanter Unterschied zum Zeitpunkt des Screenings ( $p=0,948$ ), 3 Monaten ( $p=0,934$ ), 6 Monaten ( $p=0,947$ ) sowie 12 Monaten ( $p=0,631$ )

nachweisbar. Die PatientInnen der Gefäßsportgruppe zeigten vor Beginn des Gehtrainings einen Score von  $46,5 \pm 17,4$  ( $n=19$ ), nach 3-monatiger Teilnahme am Gehtraining betrug der Score  $50,9 \pm 18,2$  ( $n=9$ ), nach 6-monatiger Teilnahme  $53,9 \pm 13,8$  ( $n=12$ ) und nach 12-monatiger Teilnahme  $61,1 \pm 26,7$  ( $n=10$ ). Im Zeitraum vor Beginn des Gehtrainings und nach 12 Monaten der Teilnahme zeigt sich keine statistisch signifikante Steigerung des Scores ( $p=0,08$ ), wenn auch eine Tendenz zur Steigerung des Scores und somit Verbesserung des Schmerzempfindens erkennbar ist. Die PatientInnen der Kontrollgruppe hatten durchschnittlich einen Score von  $47,7 \pm 25,1$  ( $n=55$ ) zum Screening Zeitpunkt. Nach 3 Monaten betrug dieser Wert  $42,6 \pm 22,9$  ( $n=10$ ), nach 6 Monaten  $58,1 \pm 25,5$  ( $n=13$ ) und nach 12 Monaten  $49,8 \pm 25,9$  ( $n=6$ ). In den folgenden Abbildungen bleibt die Anzahl der PatientInnen, wie oben aufgeführt, identisch.

Abbildung 13B stellt den Score der körperlichen Funktionsfähigkeit dar. Der Score zum Zeitpunkt des Screenings betrug bei der Kontrollgruppe  $50,7 \pm 23,6$  und bei den Gefäßsportteilnehmenden  $57,9 \pm 19,9$  ( $p=0,544$ ). Nach 3 Monaten betrug der Score  $44,0 \pm 27,5$  bei der Kontrollgruppe und  $65,0 \pm 22,4$  bei den PatientInnen des Gefäßsportes ( $p=0,088$ ). Der Score veränderte sich nach weiteren 3 Monaten nicht statistisch signifikant und betrug  $57,3 \pm 21,1$  bei der Kontrollgruppe und  $61,2 \pm 21,8$  bei den Teilnehmenden der Gefäßsportgruppe ( $p=0,544$ ). Nach insgesamt 12 Monaten zeigte die Kontrollgruppe einen Score von  $56,6 \pm 22,1$  und die PatientInnen, die am Gehsport teilnahmen einen Score von  $60,5 \pm 23,0$  ( $p=0,544$ ).

Abbildung 13C bildet den Score der Vitalität ab. Der Score betrug zum Zeitpunkt des Screenings bei der Kontrollgruppe  $49,4 \pm 18,2$  und bei den GefäßsportpatientInnen  $52,9 \pm 15,5$  ( $p=0,698$ ). Nach 3 Monaten betrug der Score  $49,0 \pm 19,9$  bei der Kontrollgruppe und  $60,0 \pm 15,3$  bei den PatientInnen des Gefäßsportes ( $p=0,193$ ). Nach weiteren 3 Monaten betrug der Score  $55,0 \pm 13,9$  bei der Kontrollgruppe und  $58,3 \pm 15,4$  bei den Teilnehmenden der Gefäßsportgruppe ( $p=0,315$ ). Nach insgesamt 12 Monaten zeigte die Kontrollgruppe einen Score von  $57,5 \pm 18,1$  und der Score der Teilnehmenden des Gefäßsportes betrug  $57,0 \pm 13,8$  ( $p=0,698$ ), sodass auch hier keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen im zeitlichen Verlauf abgebildet wird.



**Abb. 13: Zeitlicher Verlauf der Unterkategorien im Vergleich zwischen den Gefäßsportteilnehmenden und der Kontrollgruppe hinsichtlich körperlicher Schmerzen (A), körperlicher Funktionsfähigkeit (B) und Vitalität (C)**

Diese Abbildung zeigt Einzelfaktoren des SF-36 Fragebogens im zeitlichen Verlauf von PatientInnen der Gefäßsportgruppe zu den Zeitpunkten Screening, 3, 6 und 12 Monate im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dargestellt sind körperliche Schmerzen (A), körperliche Funktionsfähigkeit (B) sowie Vitalität (C). Ergebnisse sind als Boxplots mit Anzeige des 10ten und 90ten Perzentils gezeigt. Der Median ist mittels vertikalen Strichs innerhalb des Boxplots dargestellt, während der Mittelwert durch ein + repräsentiert ist. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mixed-Design Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung der Geisser-Greenhouse-Korrektur und einer multiplen Testkorrektur nach Holm-Šidák's. Statistisch signifikante Unterschiede werden visualisiert durch \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  und \*\*\*\* $p < 0,0001$ . n = number, IAP= intensives Aufbauprogramm, ns=nicht signifikant

## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Das strukturierte Gehtraining ist Teil der evidenzbasierten konservativen Therapie der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit im Stadium II nach Fontaine. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Daten aus der Gefäßsportgruppe der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf retrospektiv ausgewertet und analysiert. Aktuell wird in Deutschland die Durchführung von strukturiertem Gehtraining dreimal wöchentlich mit Trainingseinheiten von 30-60 Minuten empfohlen [1], dabei wird in der genannten Literatur nicht darauf eingegangen, ob das Gehtraining supervisiert oder eigenständig durchgeführt werden soll. Der Gefäßsport dieser Studie wurde einmal wöchentlich für 75 Minuten supervisiert durchgeführt. Das nicht supervisierte Training scheint, nicht überraschend, eine schlechtere Adhärenz zu haben als das begleitete Training. [32] In einer systematischen Literaturrecherche zeigten randomisierte, kontrollierte Studien keinen unabhängigen Einfluss von Intensität, Dauer oder Programminhalt auf den Einfluss der schmerzfreien und maximalen Gehstrecke [66, 31], sodass auch weiterhin keine klare Empfehlung bezüglich genannter Faktoren in der Literatur zu finden ist. Die Leitlinien und Empfehlungen variieren hinsichtlich Details und Einheitlichkeit betreffend die oben genannten Faktoren. [39] So empfehlen die ESC Guidelines keine eindeutige Frequenz des Trainings [67], während die deutsche S3-Leitlinie, sowie die AHA/ACC Guideline empfehlen, dreimal wöchentlich zu trainieren. [18] Angelehnt an die aktuell geltenden Empfehlungen wurde das Training einmal wöchentlich supervisiert durchgeführt, um die PatientInnen anzuleiten, das Training in eigenständiger Form weitere zweimal wöchentlich fortzuführen.

Diese Faktoren vorausgesetzt, wurde zunächst die Entwicklung der maximalen und schmerzfreien Gehstrecke der Gefäßsportteilnehmenden im zeitlichen Verlauf evaluiert. Hierbei konnte eine statistisch signifikante Verbesserung sowohl der maximalen als auch der schmerzfreien Gehstrecke nach 6 und 12 Monaten nachgewiesen werden. (Abb. 3A+B) In der Literatur wurde nicht nur der positive Effekt auf die Gehstrecke, sondern auch auf die kardiopulmonalen Risikofaktoren beschrieben. [68] Die im Jahr 2017 in einem systemischen Review dargestellte Literatur zeigte keine statistisch signifikante Veränderung der maximalen Gehstrecke nach 3 Monaten Gehtraining, jedoch verbesserte sich die schmerzfreie Gehstrecke nach 3 Monaten Gehtraining signifikant. [43, 30] Nach 6 Monaten war sowohl die schmerzfreie als auch die maximale Gehstrecke signifikant verbessert. [30] Auch

Murphy et al. wiesen in ihrer Studie einen Benefit in der Gehstrecke durch Gehtraining, im Vergleich zu einer rein medikamentösen konservativen Therapie, nach, [69] sodass insgesamt die hier dargestellten Daten kongruent zu der aktuellen Datenlage sind. Insbesondere zeigen sowohl die Daten der bisherigen Literatur als auch die Aufarbeitung in dieser Studie, dass eine Verbesserung der schmerzfreien sowie maximalen Gehstrecke eine gewisse Zeit der konsequenten Teilnahme an einem strukturierten Training voraussetzt. Während die beobachtete Verbesserung der Gehstrecke nach 3 Monaten strukturiertem Gehtraining bereits als Trend zu beobachten ist, zeigen sich erst nach einer Adhärenz am Training von mindestens 6 Monaten und zu späteren Zeitpunkten nachhaltige und statistisch signifikante Effekte im Vergleich zur Baseline. Dieser Effekt lässt sich nicht nur über die Gesamtkohorte hinweg, sondern auch in den Subgruppen der vorbehandelten und nicht-vorbehandelten PatientInnen (Abb. 4 und 6) beobachten. Dies ist ein weiterer Aspekt, weshalb die Aufarbeitung der Abbruchgründe und etwaiger schlechter Adhärenz an Gefäßsport eine hohe Relevanz hat.

Dies gilt gleichermaßen für den Vergleich zwischen PatientInnen, welche nicht nur ein reines Gehtraining absolvierten, sondern dieses auch nach einer zuvor erfolgten Therapie (operativ oder endovaskulär) additiv durchführten. Daher wurde im Weiteren die schmerzfreie und maximale Gehstrecke der PatientInnen im Stadium IIb, welche operativ oder endovaskulär vorbehandelt waren und am Gehtraining teilnahmen, im zeitlichen Verlauf mit einer gleichwertigen Kontrollkohorte verglichen. Hintergrund stellte die Fragestellung, ob eine additive Gefäßsportteilnahme nach erfolgter Therapie einen Vorteil hinsichtlich der Verbesserung der Gehstrecke darstellt und somit im Nachgang einer solchen Therapie empfohlen werden sollte oder keinen Vorteil mit sich bringt. Hierbei bildete sich ein Trend zur verbesserten Gehstrecke der Gehsportteilnehmenden gegenüber der Kontrollgruppe im zeitlichen Verlauf aus, eine statistische Signifikanz zeigte sich jedoch lediglich im Bereich der schmerzfreien Gehstrecke zum Zeitpunkt 12 Monate und im Bereich der maximalen Gehstrecke zum Zeitpunkt 6 Monate. (Abb. 4A+B) Welche Art der invasiven Vorbehandlung erfolgte, wurde in dieser Auswertung nicht detailliert aufgeführt, weil nicht zwischen einer operativen und einer endovaskulären Therapie unterschieden wurde. Grundsätzlich wird hier die Gruppe der rein invasiv vorbehandelten PatientInnen verglichen mit einer Gruppe von PatientInnen, welche invasiv vorbehandelt wurden und zusätzlich strukturiertes Gehtraining durchführten. Dabei limitiert die zur Verfügung stehende

Patientenzahl aufgrund des retrospektiven Designs und der Probleme, die eine insgesamt geringe Trainingsadhärenz über einen längeren Zeitraum mit sich bringt. Die Literatur liefert keine eindeutigen Aussagen darüber, ob das strukturierte Gehtraining allein als gleichwertige Therapie zu einer invasiven Therapie zu werten ist. Studien zeigen, dass das strukturierte Gehtraining mit einer rein endovaskulären Versorgung gleichwertig hinsichtlich der Gehstreckenverbesserung sein kann. [69, 43] Auch der Vergleich zwischen einer endovaskulären Therapie und einem strukturierten Gehtraining gegenüber einer rein endovaskulären Therapie zeigte in Literaturrecherchen keine eindeutig statistisch signifikanten Unterschiede. [43] Thanigaimani et al. zeigten ebenfalls keine relevanten Divergenzen zwischen beiden Gruppen [70], während Klaphake et al. eine signifikante Verbesserung der maximalen Gehstrecke nach 6 Monaten bei kombinierter endovaskulärer Therapie und Gehtraining gegenüber einer rein endovaskulären Versorgung und einer rein konservativen Therapie im Sinne von Gefäßsport nachwies. Dieser Effekt war nach 12 Monaten jedoch nicht mehr zu erkennen. [71] Insgesamt stehen sich die Daten in der aktuellen Wissenslage noch heterogen und teils konträr gegenüber und haben bislang kein eindeutiges Ergebnis gezeigt. Grund hierfür sind unter anderem die Unterschiede der zu vergleichenden Gruppen, sowie der Arten des Gehtrainings. Häufig werden aortoiliakale sowie femoropopliteale Läsionen nicht subgruppiert, dies kann so zu unterschiedlichen Ergebnissen gegenüber einer Studie führen, welche die Läsionshöhen getrennt betrachtet. Nichtsdestotrotz legen mehrere erfolgte Analysen nahe, dass ein additives Gehtraining nach erfolgter operativer oder endovaskulärer Versorgung einen Therapieerfolg erhaltenden Effekt oder sogar einen additiv verbessernden Effekt haben kann. Daher sollte diese Option künftig für geeignete PatientInnen bedacht und in gezielten Studien analysiert werden. Auch die in dieser Studie erzielten Ergebnisse deuten auf diesen möglichen Vorteil, unter der Voraussetzung einer ausreichend langen konsequenten Trainingszeit, hin.

Verglichen wurde nicht nur die Subgruppierung der vorbehandelten PatientInnen im Stadium IIb, sondern auch die nicht vorbehandelten PatientInnen im Stadium IIb. Dargestellt wurde die schmerzfreie und maximale Gehstrecke zu den Zeitpunkten 6 und 12 Monate im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Gefäßsportgruppe. Nach 6 Monaten zeigte sich bei den nicht-vorbehandelten PatientInnen, welche strukturiertes Gehtraining absolvierten, eine statistisch signifikant bessere schmerzfreie und maximale Gehstrecke. (Abb. 6A+B) Zum Zeitpunkt 12 Monate war

eine längere schmerzfreie und maximale Gehstrecke nachzuweisen, eine statistische Signifikanz jedoch nicht. (Abb. 6C+D) Diese Ergebnisse schließen sich den Ergebnissen von Abbildung 3A+B an, die entsprechend hierzu im oberen Abschnitt diskutierte Literatur trifft ebenfalls zu. Auffällig different zu den genannten Literaturnachweisen ist, dass in den hier gezeigten Daten zum Zeitpunkt 12 Monate kein statistisch signifikanter Nachweis einer verbesserten Gehstrecke vorliegt. Dies ist speziell in diesem Datensatz am ehesten auf die niedrigen Patientenzahlen von n=10 in der Gefäßsportgruppe und n=6 in der Kontrollgruppe zurückzuführen und führt zu einer größeren Streuung der Ergebnisse mit daraus resultierender geschwächter statistischer Gegenüberstellung und eingeschränkter Aussagekraft.

Der ankulo-brachiale Index zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen im zeitlichen Verlauf bei PatientInnen im Stadium II nach Fontaine. (Abb. 5) Auch dies findet sich in der aktuellen Literatur wieder und wurde beispielsweise in Murphy et al. [69], sowie Lane et al. [30] ebenfalls gezeigt. Der ankulo-brachiale Index misst, wie unter 2.2.1. beschrieben, die Differenz zwischen dem Blutdruck der oberen und der unteren Extremität, gemessen an der A. dorsalis pedis und A. tibialis posterior. Durch welche Mechanismen das strukturierte Gehtraining zu einer Verbesserung der Gehstrecke führt ist noch nicht abschließend geklärt, es bestehen hierzu verschiedene wissenschaftliche Ansätze. [72] Zum einen wird durch Gefäßsport die Pumpfunktion des Herzens unterstützt und kann zu einer gesteigerten Flussgeschwindigkeit und Perfusion führen. [73] Trotz vielversprechender tierexperimenteller Versuche, ist noch nicht abschließend geklärt, ob Gefäßsport den Kollateralblutfluss im Menschen verbessert und so die Gehstrecke verbessern kann. [74] Strukturiertes Gehtraining zeigte zudem eine Stimulation von proinflammatorischen Zytokinen, welches in einer Förderung von Angiogenese resultieren könnte. [75] Die genannten möglichen Mechanismen würden jedoch nicht direkten Einfluss auf den Blutdruck in der A. tibialis posterior oder A. dorsalis pedis nehmen, oder den Blutfluss in genannten Arterien steigern, sodass der ankulo-brachiale Index nicht als geeigneter Parameter erscheint, um den Erfolg von strukturiertem Gehtraining zu messen. Darüber hinaus wird anhand der Gehstrecke nicht nur der klinische und objektive Erfolg des Gehtrainings gemessen. Die Gehstrecke ist auch ein subjektives Erfolgsmaß, da es die Lebensqualität im Alltag, als ein entscheidender Faktor für PatientInnen, widerspiegelt. Häufig messen die PatientInnen den Therapieerfolg selbst daher eher an der Gehstrecke. Demgegenüber ist der ankulo-brachiale Index ein rein objektives Maß,

und medizinisch ein wesentliches Instrument in der Diagnostik der pAVK, jedoch weniger relevant für die Erfolgsmessung des Gefäßsports im Alltag.

Wie zuvor in der Diskussion bereits erwähnt, führen die niedrigen Teilnehmendenzahlen dieser retrospektiven Analyse zu einer stellenweise reduzierten konfirmatorischen Aussagekraft. Niedrige Gruppengrößen sind in der Literatur im Bereich der Gehsportanalysen leider häufig zu finden und ein wesentlicher Grund, weshalb von einer allgemein schlechten Datenlage gesprochen wird. Bereits 2010 wurden in einer Literaturrecherche von Guidon et al. insgesamt 23 Studien betrachtet, wobei nur fünf davon eine Gruppengröße von über 50 PatientInnen hatten. [60] Auch in dem Review von Harwood et al. [45] und Fakhry et al. [66] sind die Kohorten im Vergleich zu großen randomisierten Studien klein.

Niedrige Patientenzahlen als Resultat unvollständiger Teilnahme und reduzierter Adhärenz sind auch in der Literatur ein wiederkehrendes Hindernis hinsichtlich der Datenanalyse, häufig sind Adhärenz, Teilnahmefrequenz und Abbruchgründe allerdings nicht strukturiert dokumentiert und analysiert. [45] Daher wurde in dieser Studie auf diese einflussnehmenden Faktoren ein spezifisches Augenmerk gelegt und die Abbruchgründe und Adhärenzaspekte aufgearbeitet.

Dabei waren die retrospektiven Analysen dieser Arbeit geprägt von einer insgesamt niedrigen Adhärenz (Abb. 7A) und hohen Abbruchquoten während der Teilnahme am strukturierten Gehtraining. (Abb. 7B) Die Abbruchgründe in der Gruppe der Gefäßsportteilnehmenden waren am häufigsten klinischer Genese im Sinne von Komorbiditäten und pAVK-Dekompensation. (Abb. 7C-E) Die Abbruchgründe bzw. Gründe für die Nicht-Teilnahme am Gehtraining wurden ebenfalls kategorisiert. Hauptsächlich bildeten sich soziodemographische und klinische Abbruchgründe ab. (Abb. 8) Insgesamt waren diese nur lückenhaft dokumentiert und konnten so nicht vollständig erfasst werden. Bei der Dokumentation der Abbruchquoten während der Teilnahme am Gefäßsport wurde nicht unterschieden zwischen unregelmäßiger Teilnahme und Abbruch, zudem wurde nicht genau dokumentiert, wie oft die PatientInnen zum Training erschienen, sodass keine klare Abgrenzung zwischen Abbruch und inkonsequenter Teilnahme stattfinden konnte. Die am häufigsten abgebildeten Abbruchgründe waren klinischer Ursache, passend zu der Annahme, dass PatientInnen, die am strukturierten Gehtraining teilnehmen, grundsätzlich die entsprechende Motivation für eine stringente Teilnahme mitbringen. In wenigen

Studien, wie diesen, werden die Abbruchgründe oder Gründe für eine Nichtteilnahme dokumentiert [76–78], wie in der systematischen Review von Harwood et al. ausgeführt wird. [45] Wenn Adhärenz thematisiert wird, wird häufig nicht detailliert auf Abbruchgründe eingegangen, und die Adhärenz nicht einheitlich definiert, beispielsweise im Sinne einer Mindestanzahl an Trainingsstunden, die absolviert werden müssen, um „erfolgreich“ am Gefäßtraining teilgenommen zu haben. [37]

Zuletzt wurde der Einfluss des Gehtrainings auf die Lebensqualität anhand des SF-36 Fragebogens erfasst. Insgesamt ergaben sich hier allerdings keine statistisch signifikanten Veränderungen im zeitlichen Verlauf des Gefäßsportes. (Abb. 11 und 12) Zum Zeitpunkt des Screenings zeigten sich vergleichbare körperliche und psychische Scores zwischen der Kontrollkohorte und der Gefäßsportteilnehmenden. (Abb. 9) Im Stadium IIa zeigten die PatientInnen einen statistisch signifikant besseren psychischen Gesamtscore zum Zeitpunkt des Screenings als die PatientInnen im Stadium IIb, der körperliche Score unterschied sich nicht. (Abb. 10) Bei der detaillierten Betrachtung der Einzelfaktoren, welche im SF-36 Fragebogen erhoben werden, konnten anhand dieser Daten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und den Gefäßsportteilnehmenden, sowie auch im zeitlichen Verlauf innerhalb der Gruppen dargestellt werden. (Abb. 13) Insgesamt zeigte sich zwar ein Trend bezüglich einer Zunahme des Gesamtscore bei PatientInnen, welche über 12 Monate an einem strukturierten Gehtraining teilnahmen, allerdings stellten sich die Verläufe schwankend und nicht signifikant verbessert dar.

Fakhry et al. zeigten 2013 bereits in einer randomisierten klinischen Studie, dass im Vergleich zwischen einer endovaskulären Versorgung und strukturiertem Gehtraining sowohl nach einem Jahr, als auch in Langzeitergebnissen nach 7 Jahren, zwischen den Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied der SF-36 Ergebnisse darzustellen ist. Einzelne Faktoren, unter anderem körperliche Funktionsfähigkeit sowie körperliche Schmerzen, zeigten innerhalb der Gruppen nach einem Jahr eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum Ausgangswert. [61] Die gleiche Arbeitsgruppe führte 2018 eine Literaturrecherche durch und stellte ebenfalls dar, dass im Vergleich zwischen der endovaskulären und konservativen Therapie im Sinne von Gefäßsport keine Unterschiede in den SF-36 Scores der Gruppen erkennbar waren. Die Einzelfaktoren körperlicher Schmerzen sowie des physischen Gesamtscores zeigten jedoch statistisch signifikant bessere Werte für die Gruppe der endovaskulären Therapie zusammen mit Gehtraining im Vergleich zu einer rein endovaskulären

Therapie. [43] In einer Studie aus Schweden ergab der SF-36 Fragebogen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen supervisiertem und eigenständig durchgeführtem Training. [79] Die Literaturrecherche von Lane et al. ergab 2017 nach dreimonatiger Teilnahme am Gefäßsport eine statistisch signifikante Verbesserung der Vitalität. Nach dreimonatiger Teilnahme verbesserte sich der physische Gesamtscore des SF-36 Fragebogens, alle weiteren Einzelfaktoren veränderten sich jedoch nicht. [30] Insgesamt sind in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse bezüglich Erhebung des SF-36 Fragebogens nach erfolgtem Gefäßsport zu erkennen. Der SF-36 Fragebogen ist, wie bereits unter 1.4.2. erwähnt, ein nicht krankheitsspezifischer Fragebogen zur Erhebung der Lebensqualität. In gesundheitsspezifischen Fragebögen wie dem *Vascular Quality of Life Questionnaire-6* (VascuQol-6) können in verschiedenen Studien einheitlich statistisch signifikante Verbesserungen durch den Gefäßsport nachgewiesen werden. [62, 41, 61] Die gesundheitsspezifischen Fragebögen, in diesem Kontext pAVK-spezifische Fragebögen, werden entwickelt, um den Einfluss der Claudicatio Symptomatik auf die Lebensqualität der PatientInnen zu erfassen. Diese Fragebögen können schwieriger verallgemeinernd angewendet werden, erlauben aber dafür eine detaillierte Beurteilung von krankheitsspezifischen Lebenseinschränkungen. Erfasst werden Bereiche der Symptome, Schmerzen, alltägliche Aktivitäten sowie soziales und emotionales Wohlbefinden. [50] Durch diese detaillierte Erfassung der pAVK bezogenen Einschränkungen der Lebensqualität können genauere Aussagen über den Einfluss des Gehtrainings auf die Claudicatio Symptomatik und den klinischen Verlauf der pAVK getroffen werden. Im Rahmen der retrospektiven Auswertung konnten in dieser Studie nur die SF-36 Fragebögen ausgewertet werden, welche auch vollständig erhoben und ausgefüllt wurden. Nicht zu jedem Zeitpunkt war ein entsprechender SF-36 Fragebogen erhoben, sodass sich die Daten diesbezüglich lückenhaft darstellten und erneut die Aussagekraft einschränken. Die Beachtung der Lebensqualität mittels allgemeiner, jedoch auch krankheitsspezifischer Instrumente zur Erhebung, hat dabei auch einen relevanten Zusammenhang zur Patientenadhärenz und möglichen Abbruchgründen. Die mangelnde Abbildung der gezeigten klinischen Verbesserungen im Sinne einer verbesserten Gehstrecke in den SF-36 Ergebnissen kann ein Indiz für andere Aspekte sein, welche PatientInnen relevanter einschätzen als ihre in Meter gemessene Gehstrecke. Hier sind Aspekte der Bewältigung des alltäglichen Lebens zu eruieren, welche ausgeprägter Individualität unterliegen. Eine mangelnde Langzeitadhärenz am Gehtraining kann dabei

gleichgerichteter Ausdruck einer unzureichenden Erfüllung patientenspezifischer und patientenzentrierter Behandlungsziele sein, welche einen Abbruch des Gehtrainings aufgrund nicht erfüllter Erwartungen oder falsch ausgerichteter Erwartungshaltungen nach sich ziehen. Daher ist eine Auseinandersetzung mit der Erwartungshaltung, Abbruchgründen, patientenseitiger Problemstellungen und soziodemographischer Einflussfaktoren wichtig, um eine Verbesserung der Annahme und Durchführung der nachgewiesenermaßen klinisch als positiv zu bewertenden Effekte des Gefäßsports zu erreichen.

Insgesamt ist auch diese Studie limitiert durch die niedrigen PatientInnenzahlen und den retrospektiven Charakter, was zu einer eingeschränkten Aussagekraft führt. Dies ist bedingt durch hohe Abbruchquoten und niedrige Adhärenz, welche wiederum nicht eindeutig und strukturiert erhoben und dokumentiert werden konnte. Zusätzlich fehlen eindeutige Abbruchzeitpunkte bzw. die Unterscheidung zur unregelmäßigen Teilnahme. PatientInnen, die beispielsweise nicht zu der 6-monatigen Verlaufsuntersuchung erschienen, wurden in der Statistik als Abbruch nach 6 Monaten erfasst. Eine genauere Angabe bzgl. der Adhärenz an den Kontrolluntersuchungen sowie der Teilnahme am Gefäßsport würde zu einer eindeutigeren statistischen Aussagekraft führen. Zudem würde die Erfassung der regelmäßigen Teilnahme am Gefäßsport auch eine adäquatere Interpretation der klinischen Verlaufsparemeter im zeitlichen Verlauf des Gefäßsportes erlauben. Wird von einer regelmäßigen Teilnahme ausgegangen und kommt es nicht zu einer Verbesserung der Gehstrecke im zeitlichen Verlauf kann eher von einer insuffizienten Therapie ausgegangen werden, als wenn eine unregelmäßige Teilnahme durch die PatientInnen erfolgt, sodass die Therapieeffektivität nicht adäquat beurteilt werden kann. In dieser retrospektiven Analyse wurden die Subgruppen aufgeteilt nach pAVK-Stadien und Vorbehandlung. Die Art der Vorbehandlung hinsichtlich endovaskulärer oder operativer Versorgung wurde hier nicht berücksichtigt, auf Grund der zu kleinen Subgruppen, sodass die Ergebnisse hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren kritisch betrachtet werden müssen. Auch in Bezug auf die aufgearbeiteten Abbruchgründe ist eine endgültige Nachverfolgbarkeit nach mehreren Jahren des Ausscheidens deutlich erschwert und erlaubt nur eine erste oberflächliche Analyse möglicher relevanter Faktoren. Trotzdem zeigen bereits diese ersten Daten, dass zwar klinische Gründe (Einschränkungen durch Komorbiditäten und eine Dekompensation der pAVK) erwartungsgemäß einen Großteil der Abbrüche ausmachen, diese aber insbesondere bei PatientInnen ins

Gewicht fallen, die initial gewillt waren am Training teilzunehmen. (Abb. 8) Eine genauere Analyse der klinischen Abbruchgründe könnte hier Behandelnden die Möglichkeit geben zu intervenieren und ggf. Einschränkungen durch mögliche mangelhaft therapierte Komorbiditäten abzufangen oder Trainingsformen zumindest so zu adaptieren, dass noch ein Minimalmaß an Gehtraining möglich ist. Letzteres setzt voraus, dass eine Klärung der Vorteile bestimmter Trainingsintervalle, Frequenzen und Intensitäten, wie zuvor dargelegt, klarer durch Studien spezifiziert werden. Ein deutlich größeres Potenzial für mögliche Interventionen bietet die große Anzahl der PatientInnen, denen eine Empfehlung zum Gefäßsport ausgesprochen wird, welche jedoch entweder aus verschiedenen sozialen, demographischen oder präferenziellen Gründen dieses gar nicht erst in Erwägung ziehen oder nach einer besuchten Einführungsveranstaltung sich doch noch gegen eine Aufnahme des Trainings entscheiden. Abbruchgründe oder genauer Gründe, die eine primäre Aufnahme verhindern, wie mangelnde Einsicht, fehlende Motivation oder Anfahrsprobleme, könnten durch Maßnahmen, wie eine verbesserte Aufklärung, Anreize, wie beispielsweise Vergütungen oder anderweitige Vorteile durch die Krankenkassen oder die Ausweitung des Angebots strukturierter Gefäßsportgruppen begegnet werden. Insbesondere der Aspekt des Zugriffs auf angeleitetes Training kann durch die voranschreitende Digitalisierung mittels Videos, Online-Coaching oder Apps optimiert werden und eine höhere Patientenzahl adressieren. Eine gute und detaillierte Aufarbeitung der zugrundeliegenden Gründe, Probleme und Motivation bildet dabei jedoch die unverzichtbare Grundlage.

Um diese Limitationen und Unsicherheiten der genannten Ergebnisse zu überarbeiten, werden seit 2023 im Rahmen der strukturierten Gefäßsportgruppe aus der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf die Daten der Teilnehmenden strukturiert prospektiv erfasst und erweitert. Die demographischen und klinischen Daten werden weiterhin analog zu der retrospektiven Datenanalyse erhoben, nun jedoch strukturiert und mittels prospektiv geplantem Follow-Up. Erweitert wird die prospektive Studie durch die detaillierte Erfassung der Teilnahmezeitpunkte am Trainingstermin, sodass jeder verpasste Trainingstag erfasst wird, sowie die Abbruchzeitpunkte und genauen Abbruchgründe standardisiert erfasst werden. Die PatientInnen werden zu jedem Verlaufstermin persönlich visitiert und befragt, um etwaige Abbruchgründe zu erfassen. Auch der SF-36 Fragebogen wird strukturiert und konsequenter erhoben, zudem wird der Verlauf der Teilnahme unter

sozioökonomischen Gesichtspunkten betrachtet. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Versorgungsforschung und Gesundheitsökonomie soll untersucht werden, wie die Teilnahme an Gefäßsport individuellen Präferenzen und Charakteristika der Teilnehmenden folgt, welche als Risikofaktoren für ein frühzeitiges Abbrechen des Gehtrainings gewertet werden können. Zudem soll der Zusammenhang zwischen Präferenzen und dem klinischen Verlauf der pAVK während des Gehtrainings erörtert werden. Hierzu wurde ein umfassender Fragebogen mit mehreren validierten Instrumenten aus der psychologischen und ökonomischen Forschung zu den Visiten hinzugezogen und mit Unterstützung, sofern notwendig, durch die Teilnehmenden beantwortet. Aktuell wird das strukturierte Gehtraining hinsichtlich Effektivität, Durchführungsform und Intensität sowie Adhärenz in der Wissenschaft zunehmend intensiviert aufgearbeitet, was sehr zu begrüßen ist. Dabei gibt es mehrere nationale und internationale Bestrebungen die Thematik des Gefäßsports mittels Strukturgabe durch Fachgesellschaften und Verbände sowie Aufsetzen von prospektiven Registerstudien zu verbessern. Unter anderem ist dies in der aktuell laufenden niederländischen Studie von van den Houten et al. der Fall. In dieser prospektiven, longitudinalen Studie, wird vor allem auf die funktionellen und physischen *Outcomeparameter* eingegangen, um diese zu optimieren. Adhärenz, Abbruchgründe und oben genannte sozioökonomische Aspekte werden dort nicht vordergründig thematisiert werden. [80]

Zusammenfassend ist das strukturierte Gehtraining ein etabliertes Therapiekonzept in der Behandlung der pAVK im Stadium II nach Fontaine. Die Effektivität des Gefäßsportes wurde bereits vielfach nachgewiesen, weshalb diese Therapieform in nationalen, aber auch internationalen Leitlinien fest verankert ist. Trotz allem ist dieses Therapiekonzept noch nicht in der flächendeckenden alltäglichen Anwendung und Empfehlung ausreichend platziert. Im Rahmen dieser Studie wurde daher zum einen der Einfluss des Gehtrainings auf den klinischen Verlauf der pAVK sowie die Lebensqualität noch einmal begutachtet, zum anderen aber auch der wesentliche Aspekt der Patientenadhärenz am Training und etwaige Abbruchgründe erfasst.

Insgesamt konnte der positive Effekt des Gefäßsportes auf den klinischen Verlauf der pAVK kongruent zur aktuellen Literatur bestätigt und in einzelnen Aspekten geschärft werden. So wurden in dieser Studie Subgruppierungen von vorbehandelten und nicht vorbehandelten PatientInnen mit einer entsprechenden Kontrollkohorte verglichen, wobei auch diese Ergebnisse sich vergleichbar mit dem aktuellen Stand der

wissenschaftlichen Literatur zeigen und den additiven Nutzen unterstreichen. Die Daten bezüglich des Gehtrainings sind jedoch insgesamt erschwert direkt vergleichbar bei inkongruenten Patientenkohorten und unterschiedlichen Trainingsprotokollen. Zudem werden selten die genaue Patientenadhärenz und Abbruchgründe erfasst und aufgeführt, um eine einheitliche und vergleichbare Datenlage zu schaffen, sodass in dieser Studie Abbruchgründe und Adhärenzquoten retrospektiv aufgearbeitet und Daten zur Lebensqualität anhand des SF-36 Fragebogens ausgewertet wurden. Hier stellte sich am ehesten auf Grund der mangelnden Krankheitsspezifität kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen dar, wie dies zuvor in der Literatur mit fokussierten Instrumenten der Fall war.

Diese retrospektive Analyse untermauert die Hohe Relevanz und Validität des Gefäßsports für pAVK-PatientInnen und bildet zugleich die Grundlage für eine strukturierte und standardisierte prospektive Erfassung von klinischen und soziodemographischen Daten der PatientInnen, welche an einem strukturierten Gehtraining teilnehmen. Dabei stehen zukünftig vor allem die Abbildung von genauen Teilnahmequoten und Abbruchgründen, sowie die Auswertung in der Analyse der Lebensqualität mit Hilfe krankheitsspezifischer Fragebögen und Patientenpräferenzen im Vordergrund, um eine genaue Analyse dieser Faktoren zu ermöglichen. Basierend auf diesen wichtigen Daten kann eine weiterführende Optimierung der schon jetzt nachgewiesenen klinischen Vorteile des Gefäßsports erfolgen und der weitestreichende individuelle Nutzen für PatientInnen mit einer pAVK erzielt werden.

## 5 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Klages C 065-003I\_S3\_PAVK\_periphere\_arterielle\_Verschlusskrankheit\_2020-05
2. Song P, Rudan D, Zhu Y et al. (2019) Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. *Lancet Glob Health* 7:e1020-e1030. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30255-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30255-4)
3. Kröger K, Stang A, Kondratieva J et al. (2006) Prevalence of peripheral arterial disease - results of the Heinz Nixdorf recall study. *Eur J Epidemiol* 21:279–285. <https://doi.org/10.1007/s10654-006-0015-9>
4. Sigvant B, Wiberg-Hedman K, Bergqvist D et al. (2007) A population-based study of peripheral arterial disease prevalence with special focus on critical limb ischemia and sex differences. *J Vasc Surg* 45:1185–1191. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2007.02.004>
5. Diehm C, Schuster A, Allenberg JR et al. (2004) High prevalence of peripheral arterial disease and co-morbidity in 6880 primary care patients: cross-sectional study. *Atherosclerosis* 172:95–105. [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(03\)00204-1](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(03)00204-1)
6. Malyar N, Fürstenberg T, Wellmann J et al. (2013) Recent trends in morbidity and in-hospital outcomes of in-patients with peripheral arterial disease: a nationwide population-based analysis. *Eur Heart J* 34:2706–2714. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/eh288>
7. Narula N, Olin JW, Narula N (2020) Pathologic Disparities Between Peripheral Artery Disease and Coronary Artery Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 40:1982–1989. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.119.312864>
8. Krishna SM, Moxon JV, Golledge J (2015) A review of the pathophysiology and potential biomarkers for peripheral artery disease. *Int J Mol Sci* 16:11294–11322. <https://doi.org/10.3390/ijms160511294>

9. Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. (2007) *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen*, 2., überarb. und erw. Aufl. Prometheus. Thieme, Stuttgart
10. Jebari-Benslaiman S, Galicia-García U, Larrea-Sebal A et al. (2022) Pathophysiology of Atherosclerosis. *Int J Mol Sci* 23. <https://doi.org/10.3390/ijms23063346>
11. Duvall WL, Vorchheimer DA (2004) Multi-bed vascular disease and atherothrombosis: scope of the problem. *J Thromb Thrombolysis* 17:51–61. <https://doi.org/10.1023/B:THRO.0000036029.56317.d1>
12. Al-Omran M, Lindsay TF (2007) Commentary: one-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis. Steg PG, Bhatt DL, Wilson PW, et al; REACH Registry Investigators. *JAMA*. 2007;297: 1197-1206. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 19:416–417. <https://doi.org/10.1177/1531003507308795>
13. Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D et al. (2001) Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. *JAMA* 286:1317–1324. <https://doi.org/10.1001/jama.286.11.1317>
14. Cho SW, Kim BG, Kim DH et al. (2015) Prediction of coronary artery disease in patients with lower extremity peripheral artery disease. *Int Heart J* 56:209–212. <https://doi.org/10.1536/ihj.14-284>
15. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA et al. (2007) Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg* 45 Suppl S:S5-67. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037>
16. Golledge J (2022) Update on the pathophysiology and medical treatment of peripheral artery disease. *Nat Rev Cardiol* 19:456–474. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00663-9>
17. Muntner P, Wildman RP, Reynolds K et al. (2005) Relationship between HbA1c level and peripheral arterial disease. *Diabetes Care* 28:1981–1987. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.8.1981>
18. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C et al. (2017) 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients With Lower Extremity Peripheral Artery Disease:

Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 69:1465–1508. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.11.008>

19. Pipp F, Boehm S, Cai W-J et al. (2004) Elevated fluid shear stress enhances postocclusive collateral artery growth and gene expression in the pig hind limb. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 24:1664–1668. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000138028.14390.e4>
20. Ebong EE, Lopez-Quintero SV, Rizzo V et al. (2014) Shear-induced endothelial NOS activation and remodeling via heparan sulfate, glypican-1, and syndecan-1. *Integr Biol (Camb)* 6:338–347. <https://doi.org/10.1039/c3ib40199e>
21. Rizzi A, Benagiano V, Ribatti D (2017) Angiogenesis versus arteriogenesis. *Rom J Morphol Embryol* 58:15–19
22. Inampudi C, Akintoye E, Ando T et al. (2018) Angiogenesis in peripheral arterial disease. *Curr Opin Pharmacol* 39:60–67. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2018.02.011>
23. Collinson DJ, Donnelly R (2004) Therapeutic angiogenesis in peripheral arterial disease: can biotechnology produce an effective collateral circulation? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 28:9–23. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2004.03.021>
24. Hardman RL, Jazaeri O, Yi J et al. (2014) Overview of classification systems in peripheral artery disease. *Semin Intervent Radiol* 31:378–388. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1393976>
25. Nordanstig J, Behrendt CA, Bradbury AW et al. (2023) Peripheral arterial disease (PAD) - A challenging manifestation of atherosclerosis. *Prev Med* 171:107489. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107489>
26. Kröger K, Scheliga S, Derissen M et al. (2023) Raucherentwöhnung bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit. *Gefässchirurgie* 28:533–543. <https://doi.org/10.1007/s00772-023-01039-8>
27. Taylor F, Ward K, Moore TH et al. (2011) Statins for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev*:CD004816. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004816.pub4>

28. Nordanstig J, Behrendt C-A, Baumgartner I et al. (2024) Editor's Choice -- European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2024 Clinical Practice Guidelines on the Management of Asymptomatic Lower Limb Peripheral Arterial Disease and Intermittent Claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 67:9–96. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2023.08.067>
29. Adam DJ, Beard JD, Cleveland T (2006) Bypass versus angioplasty in severe ischaemia of the leg (BASIL): Multicentre, randomised, controlled trial. *J Vasc Surg* 44:430. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.05.032>
30. Lane R, Harwood A, Watson L et al. (2017) Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev* 12:CD000990. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000990.pub4>
31. Fakhry F, van de Luijngaarden KM, Bax L et al. (2012) Supervised walking therapy in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 56:1132–1142. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.04.046>
32. Fokkenrood HJP, Bendermacher BLW, Lauret GJ et al. (2013) Supervised exercise therapy versus non-supervised exercise therapy for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev*:CD005263. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005263.pub3>
33. Dovzhanskiy D, Behrendt C-A, Görtz H et al. (2023) Das große Verbesserungspotenzial in der multimodalen Basisbehandlung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK): ein Aufruf zum flächendeckenden Ausbau der pAVK-Gehtrainingsgruppen in Deutschland. *Gefässchirurgie* 28:235–239. <https://doi.org/10.1007/s00772-022-00962-6>
34. Brüggemann, I., Guha M. (2019) Herzgruppen für Patienten mit hohem kardiovaskulärem Ereignisrisiko–Herzinsuffizienzgruppen. von Herz-Kreislaufferkrankungen eV. *Diabetes, Stoffwechsel und Herz* 2019:218–221
35. Paluch AE, Boyer WR, Franklin BA et al. (2024) Resistance Exercise Training in Individuals With and Without Cardiovascular Disease: 2023 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 149:e217-e231. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001189>

36. Mudge AM, Denaro CP, Scott AC et al. (2018) Addition of Supervised Exercise Training to a Post-Hospital Disease Management Program for Patients Recently Hospitalized With Acute Heart Failure: The EJECTION-HF Randomized Phase 4 Trial. *JACC Heart Fail* 6:143–152. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2017.11.016>
37. Ibeggazene S, Pymer S, Birkett ST et al. (2023) A systematic review of exercise intervention reporting quality and dose in studies of intermittent claudication. *Vascular* 31:477–488. <https://doi.org/10.1177/17085381211070700>
38. Birkett ST, Harwood AE, Caldow E et al. (2021) A systematic review of exercise testing in patients with intermittent claudication: A focus on test standardisation and reporting quality in randomised controlled trials of exercise interventions. *PLoS One* 16:e0249277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249277>
39. Harwood AE, Pymer S, Ingle L et al. (2020) Exercise training for intermittent claudication: a narrative review and summary of guidelines for practitioners. *BMJ Open Sport Exerc Med* 6:e000897. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000897>
40. Bermingham SL, Sparrow K, Mullis R et al. (2013) The cost-effectiveness of supervised exercise for the treatment of intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 46:707–714. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2013.09.005>
41. Koelemay MJW, van Reijen NS, van Dieren S et al. (2022) Editor's Choice - Randomised Clinical Trial of Supervised Exercise Therapy vs. Endovascular Revascularisation for Intermittent Claudication Caused by Iliac Artery Obstruction: The SUPER study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 63:421–429. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.09.042>
42. van Reijen NS, van Dieren S, Frans FA et al. (2022) Cost Effectiveness of Endovascular Revascularisation vs. Exercise Therapy for Intermittent Claudication Due to Iliac Artery Obstruction. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 63:430–437. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.10.048>
43. Fakhry F, Fokkenrood HJ, Spronk S et al. (2018) Endovascular revascularisation versus conservative management for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev* 3:CD010512. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010512.pub2>

44. Jansen SCP, Hoeks SE, Nyklíček I et al. (2022) Supervised Exercise Therapy is Effective for Patients With Intermittent Claudication Regardless of Psychological Constructs. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 63:438–445. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.10.027>
45. Harwood A-E, Smith GE, Cayton T et al. (2016) A Systematic Review of the Uptake and Adherence Rates to Supervised Exercise Programs in Patients with Intermittent Claudication. *Ann Vasc Surg* 34:280–289. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2016.02.009>
46. Liles DR, Kallen MA, Petersen LA et al. (2006) Quality of life and peripheral arterial disease. *J Surg Res* 136:294–301. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2006.06.008>
47. Guyatt GH, Ferrans CE, Halyard MY et al. (2007) Exploration of the value of health-related quality-of-life information from clinical research and into clinical practice. *Mayo Clin Proc* 82:1229–1239. <https://doi.org/10.4065/82.10.1229>
48. Shan LL, Yang LS, Tew M et al. (2022) Quality of Life in Chronic Limb Threatening Ischaemia: Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 64:666–683. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.07.051>
49. Hicks CW, Vavra AK, Goldsborough E et al. (2021) Current status of patient-reported outcome measures in vascular surgery. *J Vasc Surg* 74:1693-1706.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.05.038>
50. Mays RJ, Casserly IP, Kohrt WM et al. (2011) Assessment of functional status and quality of life in claudication. *J Vasc Surg* 53:1410–1421. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.11.092>
51. Guyatt GH, Feeny DH, Patrick DL (1993) Measuring health-related quality of life. *Ann Intern Med* 118:622–629. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-118-8-199304150-00009>
52. Nehler MR, McDermott MM, Treat-Jacobson D et al. (2003) Functional outcomes and quality of life in peripheral arterial disease: current status. *Vasc Med* 8:115–126. <https://doi.org/10.1191/1358863x03vm483ra>

53. Gardner AW, Killewich LA, Montgomery PS et al. (2004) Response to exercise rehabilitation in smoking and nonsmoking patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 39:531–538. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2003.08.037>
54. Menard JR, Smith HE, Riebe D et al. (2004) Long-term results of peripheral arterial disease rehabilitation. *J Vasc Surg* 39:1186–1192. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2004.01.034>
55. Lee HLD, Mehta T, Ray B et al. (2007) A non-randomised controlled trial of the clinical and cost effectiveness of a Supervised Exercise Programme for claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 33:202–207. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.08.005>
56. Spronk S, Bosch JL, Hoed PT den et al. (2008) Cost-effectiveness of endovascular revascularization compared to supervised hospital-based exercise training in patients with intermittent claudication: a randomized controlled trial. *J Vasc Surg* 48:1472–1480. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.06.016>
57. Cheetham DR, Burgess L, Ellis M et al. (2004) Does supervised exercise offer adjuvant benefit over exercise advice alone for the treatment of intermittent claudication? A randomised trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 27:17–23. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2003.09.012>
58. Gardner AW, Montgomery PS, Flinn WR et al. (2005) The effect of exercise intensity on the response to exercise rehabilitation in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 42:702–709. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2005.05.049>
59. Imfeld S, Singer L, Degischer S et al. (2006) Quality of life improvement after hospital- based rehabilitation or home-based physical training in intermittent claudication. *Vasa* 35:178–184. <https://doi.org/10.1024/0301-1526.35.3.178>
60. Guidon M, McGee H (2010) Exercise-based interventions and health-related quality of life in intermittent claudication: a 20-year (1989-2008) review. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 17:140–154. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3283377f08>
61. Fakhry F, Rouwet EV, Hoed PT den et al. (2013) Long-term clinical effectiveness of supervised exercise therapy versus endovascular revascularization for

- intermittent claudication from a randomized clinical trial. *Br J Surg* 100:1164–1171.  
<https://doi.org/10.1002/bjs.9207>
62. Hageman D, Wit MWAJM de, van den Houten MML et al. (2022) Vascular Quality of Life Questionnaire-6 Before and After Supervised Exercise Therapy in Patients with Intermittent Claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 63:457–463.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.10.031>
63. Bullinger, Monika, Inge Kirchberger (1998) SF-36: Fragebogen zum Gesundheitszustand; Handanweisung. Hogrefe, Verlag für Psychologie
64. Fahrmeir L, Heumann C, Künstler R et al. (2016) Statistik: Der Weg zur Datenanalyse, 8., überarbeitete und ergänzte Auflage. Springer-Lehrbuch. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg
65. Bender R, Lange S, Ziegler A (2007) Multiples Testen (Multiple testing). *Dtsch Med Wochenschr* 132 Suppl 1:e26-9. <https://doi.org/10.1055/s-2007-959035>
66. Fakhry F, van de Luijngaarden KM, Bax L et al. (2012) Supervised walking therapy in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 56:1132–1142.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.04.046>
67. Aboyans V, Ricco J-B, Bartelink M-LEL et al. (2018) 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J* 39:763–816.  
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>
68. Jansen SCP, Hoorweg BBN, Hoeks SE et al. (2019) A systematic review and meta-analysis of the effects of supervised exercise therapy on modifiable cardiovascular risk factors in intermittent claudication. *J Vasc Surg* 69:1293-1308.e2.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.10.069>

69. Murphy TP, Cutlip DE, Regensteiner JG et al. (2015) Supervised exercise, stent revascularization, or medical therapy for claudication due to aortoiliac peripheral artery disease: the CLEVER study. *J Am Coll Cardiol* 65:999–1009. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.12.043>
70. Thanigaimani S, Phie J, Sharma C et al. (2021) Network Meta-Analysis Comparing the Outcomes of Treatments for Intermittent Claudication Tested in Randomized Controlled Trials. *J Am Heart Assoc* 10:e019672. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.019672>
71. Klaphake S, Buettner S, Ultee KH et al. (2018) Combination of endovascular revascularization and supervised exercise therapy for intermittent claudication: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 59:150–157. <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.18.10346-6>
72. Bethel M, Annex BH (2023) Peripheral arterial disease: A small and large vessel problem. *Am Heart J Plus* 28:100291. <https://doi.org/10.1016/j.ahjo.2023.100291>
73. Haas TL, Lloyd PG, Yang H-T et al. (2012) Exercise training and peripheral arterial disease. *Compr Physiol* 2:2933–3017. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110065>
74. Parmenter BJ, Raymond J, Fiatarone Singh MA (2010) The effect of exercise on haemodynamics in intermittent claudication: a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med* 40:433–447. <https://doi.org/10.2165/11531330-000000000-00000>
75. Palmer-Kazen U, Religa P, Wahlberg E (2009) Exercise in patients with intermittent claudication elicits signs of inflammation and angiogenesis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 38:689–696. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2009.08.005>
76. Stewart AH, Smith FC, Baird RN et al. (2008) Local versus systemic mechanisms underlying supervised exercise training for intermittent claudication. *Vasc Endovascular Surg* 42:314–320. <https://doi.org/10.1177/1538574408314442>
77. McDermott MM (2017) Exercise training for intermittent claudication. *J Vasc Surg* 66:1612–1620. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.05.111>
78. Bendermacher BL, Willigendael EM, Nicolai SP et al. (2007) Supervised exercise therapy for intermittent claudication in a community-based setting is as effective

as clinic-based. J Vasc Surg 45:1192–1196.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2007.01.059>

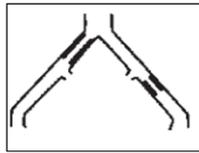
79. Sandberg A, Bäck M, Cider Å et al. (2023) Impact of walk advice alone or in combination with supervised or home-based structured exercise on patient-reported physical function and generic and disease-specific health related quality of life in patients with intermittent claudication, a secondary analysis in a randomized clinical trial. *Health Qual Life Outcomes* 21:114. <https://doi.org/10.1186/s12955-023-02198-8>
80. van den Houten MM, Jansen SC, Sinnige A et al. (2019) Protocol for a prospective, longitudinal cohort study on the effect of arterial disease level on the outcomes of supervised exercise in intermittent claudication: the ELECT Registry. *BMJ Open* 9:e025419. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025419>

## 6 Anhang

### TASC-Kriterien

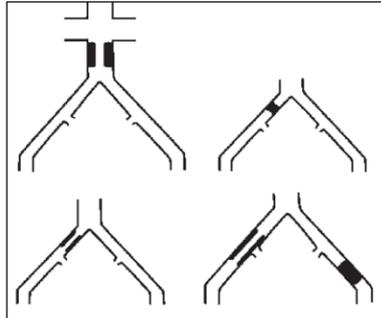
#### Typ A Läsionen:

Unilateral/ bilaterale Stenosen der AIC/  
AIE ( $\leq 3\text{cm}$ )



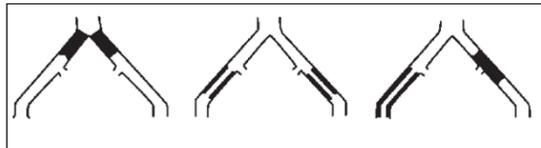
#### Typ B Läsionen:

Kurze Stenosen ( $\leq 3\text{cm}$ ) der Aorta  
Unilateraler Verschluss AIC  
3-10cm Stenose(n) der AIE, ohne AFC  
Unilateraler Verschluss der AIE, ohne AFC



#### Typ C Läsionen:

Bilateraler Verschluss AIC  
Bilaterale, 3-10cm Stenose der AIE, ohne AFC  
Unilaterale Stenose der AIE, mit AFC betreffend  
Unilateraler Verschluss der AIE, mit AII und/oder  
AFC betreffend



#### Typ D Läsionen:

Infrarenaler Aortoiliacaler Verschluss  
Diffuse Stenosen der aortalen Bifurkation  
Diffuse multiple Stenosen der AIC, AIE und AFC  
unilateral  
Unilateraler Verschluss der AIC und AIE  
Bilateraler Verschluss der AIE  
Iliakalstenose mit Bauchaortenaneurysma mit  
Versorgungsindikation

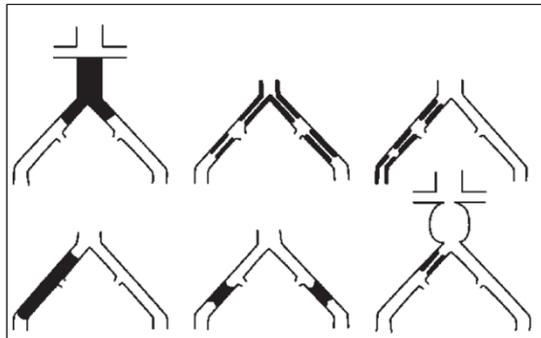


Abbildung nachempfunden aus [15]

## Informationsflyer der Gehsportgruppe für PatientInnen

UKD Universitätsklinikum Düsseldorf hhu Heinrich Heine Universität Düsseldorf

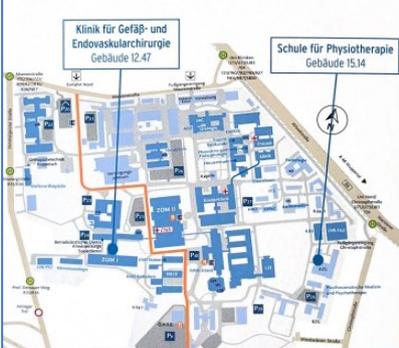


**Gefäßsport-Gruppe**

Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie  
in Kooperation mit dem Verein für Gesundheitssport und Sporttherapie (VGS) Düsseldorf/Ratingen e.V.

Wenn Ihnen ein strukturiertes Gehtraining empfohlen wurde und/oder Sie an der Teilnahme an unserer Gefäßsportgruppe interessiert sind, wenden Sie sich bitte jederzeit unverbindlich an:

Barbara Ohle | Katharina Wollers  
Telefon 0211 81-07219  
gefaesssport@med.uni-duesseldorf.de



789-20

## Untersuchungsbogen für objektive Verlaufsparmeter

### ③ Untersuchungsbogen

**Laufbandtest (3,2 km/h - 12% Steigung):**

Schmerzbeginn bei:		Metern
Schmerzlokalisierung:		
Abbruch Test bei:		Metern
Sonstiges		

*Bitte prüfen Sie die Daten ↴*

*Patientenaufkleber*

Systolischer Druckindex		
vor Belastung	Rechts	Links
Ps Arm mmHg		
Ps A.t.a. mmHg		
Ps A.t.p. mmHg		
Index		

Systolischer Druckindex		
nach Belastung	Rechts	links
Ps Arm mmHg		
Ps A.t.a. mmHg		
Ps A.t.p. mmHg		
Index		

# Layout SF-36 Fragebogen

07 - SF36 / HRQOL

AAA  
 

## Gesundheitsbezogene Lebensqualität

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Fragebogen soll es ermöglichen, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen. Bitte beantworten Sie jede der Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1) Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?	<input type="radio"/>				

[reset](#)

	derzeit viel besser	derzeit etwas besser	etwa wie vor einem Jahr	derzeit etwas schlechter	derzeit viel schlechter
2) Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[reset](#)

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

	ja, stark eingeschränkt	ja, etwas eingeschränkt	nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3) <b>anstrengende Tätigkeiten</b> , z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) <b>mittelschwere Tätigkeiten</b> , z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Einkaufstaschen heben oder tragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) <b>mehrere</b> Treppenabsätze steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7) <b>einen</b> Treppenabsatz steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8) sich beugen, knien, bücken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9) <b>mehr als 1 Kilometer</b> zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10) <b>mehrere</b> Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11) <b>eine</b> Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12) sich baden oder anziehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer **körperlichen** Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	ja	nein
13) Ich konnte nicht <b>so lange</b> wie üblich tätig sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14) Ich habe <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15) Ich konnte <b>nur bestimmte Dinge</b> tun	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16) Ich hatte <b>Schwierigkeiten</b> bei der Ausführung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer **seelischen** Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	ja	nein
17) Ich konnte nicht <b>so lange</b> wie üblich tätig sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18) Ich habe <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19) Ich konnte nicht <b>so sorgfältig</b> wie üblich arbeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr	
20) Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakt zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
21) Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
	Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr	
22) Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
<b>In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht.)</b>						
<b>Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen</b>						
	Immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie
23) ...voller Schwung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
24) ...sehr nervös?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
25) ...so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern konnte?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
26) ...ruhig und gelassen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
27) ...voller Energie?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
28) ...entmutigt und traurig?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
29) ...erschöpft?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
30) ...glücklich?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
31) ...müde?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reset						
	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie	
32) Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
<b>Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?</b>						
	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu	
33) Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
34) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
35) Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						
36) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
reset						

[Fragebogen absenden](#)

Der Fragebogen wird nur exemplarisch dargestellt und wird so in der aktuellen prospektiven Studie online mit Genehmigung des Hogrefe Verlages verwendet. Der in dieser Promotion verwendete Fragebogen wurde in Papierform mit eventuell abweichenden Formulierungen verwendet.

# Danksagung

Ich möchte mich bedanken –

Bei Herrn Univ.-Prof. Dr. med. H. Schelzig und Herrn Univ.-Prof. Dr. med. M. Wagenhäuser für die zweite Chance und die Möglichkeit ein mir im Klinikalltag nahestehendes Thema in eine Promotion umzusetzen.

Bei Dr. med. J.-D. Rembe, nicht nur für die Betreuung dieser Promotion, sondern auch für die nicht nachlassende Motivation und den Mut, den Du mir stets zugesprochen hast.

Bei Frau Dr. med. N. Ertas und Herrn Dr. med. A. Knapsis, die mir immer den Rücken gestärkt und freigehalten haben, um neben dem Beruf diese Promotion abschließen zu können.

Bei Mareike Witte, meine Leidensgenossin, Lieblingskollegin und Freundin.

Bei meinen Eltern und Jan, ich wäre nicht an dieser Stelle meines Lebens ohne Euch. Ich bin kein Mensch der großen Worte, wenn ich es wäre, würden sie alle Euch gehören.