

Aus dem Institut für Sport- und Präventivmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar (Campus Saarbrücken)

**„Körperliche Beanspruchung von Walking Fußball im  
Vergleich zu Walking und Altherren-Fußball ab einem Alter  
von 50 Jahren“**

**Dissertation zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät**

**der Universität des Saarlandes**

**2024**

vorgelegt von: Anja Elisabeth Ditscheid-Spiridonov (geb. Ditscheid)

geb. am: 08.08.1998 in Trier

1. Tag der Promotion: 02.12.2024
2. Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. dent. M. Hannig
3. Berichterstattende: Prof. Dr. Tim Meyer, Prof. Dr. Stefan Landgraeber

# Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis .....	7
II.	Abbildungsverzeichnis .....	11
III.	Tabellenverzeichnis .....	14
<b>1.</b>	<b>Zusammenfassung / Abstract .....</b>	<b>17</b>
	<b>1.1 Summary - Physical demands of walking football compared to walking and veterans football from an age over 50 years .....</b>	<b>20</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>22</b>
	2.1 Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen .....	23
	2.2 Körperliche Aktivität und Herz-Kreislauf-Erkrankungen .....	24
	2.3 Bedeutung moderater Belastungsintensität bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen ....	26
	2.4 Gesundheitliche Effekte von Fußball .....	30
	2.5 Aktueller Wissensstand zur Sportart Walking Fußball (WF) .....	30
	2.6 Die Rolle von Walking Fußball (WF) im Präventivsport .....	32
	2.7 Studienziel und Hypothese .....	32
<b>3.</b>	<b>Material und Methodik .....</b>	<b>34</b>
	3.1 Rekrutierung .....	34
	3.2 Eingangsuntersuchungen .....	34
	3.2.1 Anamnese .....	35
	3.2.2 Körperliche Untersuchung .....	35
	3.2.3 Laborwerte .....	35
	3.2.4 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck .....	36
	3.2.5 Transthorakale Echokardiographie .....	36
	3.2.6 Belastungs-EKG .....	37
	3.2.6.1 Abbruchkriterien .....	38
	3.2.6.2 Besonderheiten der Abbruchkriterien.....	39
	3.3 Studiendesign .....	39
	3.3.1 Studienteil 1 .....	39
	3.3.2 Spirometrie .....	40
	3.3.2.1 Testvorbereitung.....	40
	3.3.2.2 Ruhemessung und Startphase .....	41
	3.3.2.3 Messtechnik und Monitoring .....	41
	3.3.2.4 Indirekte Kalorimetrie .....	42

3.3.2.5 Respiratorischer Quotient .....	43
3.3.3 Studienteil 2 .....	43
3.4 Standardisierung der Untersuchungen .....	44
3.5 Untersuchungsvorbereitungen .....	45
3.6 Ermittlung der primären Endpunkte und statistische Analyse .....	46
3.7 Primäre und sekundäre Endpunkte .....	46
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>47</b>
4.1 Eingangsuntersuchungen der AF-Spieler (Studienteil 1) .....	47
4.1.1 Anthropometrische Daten .....	47
4.1.2 Kardiovaskuläre Risikofaktoren .....	47
4.1.3 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck .....	49
4.1.4 Weitere Vorerkrankungen .....	50
4.1.5 Medikamenten-Anamnese .....	51
4.1.6 Befunde der Echokardiographie .....	52
4.1.7 Laufband-Ergometrie .....	54
4.1.8 Laborbefunde .....	55
4.2 Studienteil 1: Walking, Walking Fußball und Altherren-Fußball (AF-Spieler) .....	56
4.2.1 Walking (Laufbandergometer) .....	56
4.2.2 Walking Fußball .....	56
4.2.2.1 Herzfrequenz-Verhalten .....	56
4.2.2.2 Intensitätsbereiche .....	57
4.2.2.3 Schritte während des WF-Spiels .....	58
4.2.2.4 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	59
4.2.2.5 Schmerzempfinden .....	60
4.2.2.6 Kalorienverbrauch .....	62
4.2.3 Altherren-Fußball .....	62
4.2.3.1 Herzfrequenz-Verhalten .....	62
4.2.3.2 Intensitätsbereiche .....	63
4.2.3.3 Schritte während des AF-Spiels .....	64
4.2.3.4 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	65
4.2.3.5 Schmerzempfinden .....	66
4.2.3.6 Kalorienverbrauch .....	68
4.2.4 Vergleich von Herzfrequenz, Anstrengungs- und Schmerzempfinden sowie Bewegungscharakteristika zwischen Walking Fußball und Altherren- Fußball bei AF-Spielern .....	68
4.2.4.1 Herzfrequenz-Verhalten .....	68
4.2.4.2 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	69

4.2.4.3 Schmerzempfinden .....	70
4.2.4.4 Banisterformel .....	71
4.2.4.5 Schritte und weitere Bewegungscharakteristika .....	71
4.2.4.6 Metabolisches Äquivalent (MET) .....	72
4.3 Eingangsuntersuchungen der internistischen Patienten (Studienteil 2) .....	73
4.3.1 Anthropometrische Daten .....	73
4.3.2 Kardiovaskuläre Risikofaktoren .....	73
4.3.3 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck .....	75
4.3.4 Weitere Vorerkrankungen .....	75
4.3.5 Medikamenten-Anamnese .....	77
4.3.6 Befunde der Echokardiographie .....	78
4.3.7 Fahrrad-Ergometrie .....	80
4.3.8 Laborbefunde .....	80
4.4 Studienteil 2: Walking Fußball und Walking (internistische Patienten) .....	82
4.4.1 Walking Fußball .....	82
4.4.1.1 Herzfrequenz-Verhalten.....	82
4.4.1.2 Intensitätsbereiche .....	82
4.4.1.3 Schritte und weitere Bewegungscharakteristika während des WF-Spiels .....	83
4.4.1.4 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	84
4.4.1.5 Schmerzempfinden .....	85
4.4.2 Walking .....	87
4.4.2.1 Herzfrequenz-Verhalten .....	87
4.4.2.2 Intensitätsbereiche .....	87
4.4.2.3 Schritte während des Walkings .....	88
4.4.2.4 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	89
4.4.2.5 Schmerzempfinden .....	90
4.4.3 Vergleich von Herzfrequenz, Anstrengungs- und Schmerzempfinden sowie Bewegungscharakteristika zwischen Walking Fußball und Walking bei internistischen Patienten .....	92
4.4.3.1 Herzfrequenz-Verhalten .....	92
4.4.3.2 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	93
4.4.3.3 Schmerzempfinden .....	93
4.4.3.4 Banisterformel .....	94
4.4.3.5 Schritte .....	94
4.4.3.6 Metabolisches Äquivalent (MET) .....	95
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>96</b>

5.1 Einordnung der Belastungsintensität von Walking Fußball, Altherren- Fußball und Walking .....	103
5.2 Einordnung der Studienergebnisse .....	104
5.3 Einfluss der individuellen Leistungsfähigkeit auf die Ergebnisse .....	105
5.4 Methodenkritik .....	105
5.5 Schlussfolgerung .....	107
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>108</b>
<b>7. Publikationen/Dank .....</b>	<b>116</b>
<b>8. Lebenslauf.....</b>	<b>117</b>

# I. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
A´	Aktive, spätdiastolische Mitralanulusgeschwindigkeit
ACE	Angiotensin-Converting-Enzyme
AF	Altherren-Fußball
A max	Maximale Geschwindigkeit des aktiven, spätdiastolischen Einstromprofils in die linke Herzkammer
AP	Angina pectoris
BMI	Body-Mass-Index
BPS	Benignes Prostatasyndrom
bzw.	Beziehungsweise
DCM	Dilatative Kardiomyopathie
DFB	Deutscher Fußball-Bund
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
d.h.	Das heißt
E´	Passive, frühdiastolische Mitralanulusgeschwindigkeit
EF	Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiographie
E max	Maximale Geschwindigkeit des passiven, frühdiastolischen Einstromprofils in die linke Herzkammer
ESC	European Society of Cardiology
g	Gramm
GPS	Global Positioning System
h	Stunden
HDL	High-Density-Lipoprotein
HF	Herzfrequenz
HF <sub>max</sub>	Maximale Herzfrequenz
HFmrEF	Heart failure with mildly-reduced ejection fraction
HFpEF	Heart failure with preserved ejection fraction

HF <sub>peak</sub>	Höchste Herzfrequenz während der Belastung
HFrEF	Heart failure with reduced ejection fraction
HIIT	Hoch-intensives intermittierendes Training
ICD	Implantierbarer Kardioverter Defibrillator
IVSd	Interventrikuläre Septumdicke diastolisch
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzkrankheit
KI	Konfidenzintervall
kJ	Kilojoule
km/h	Kilometer pro Stunde
l	Liter
LABA	Long-Acting Beta-Agonist
LAESV-Index	Linksatriales endsystolisches Volumen bezogen auf die Körperoberfläche
LDL	Low-Density-Lipoprotein
LVEDD	Linksventrikulärer enddiastolischer Diameter
LVEDP	Linksventrikulärer enddiastolischer Druck (Pressure)
m	Meter
Max.	Maximum
MET	Metabolisches Äquivalent
MICT	moderat-intensive, kontinuierliche Trainingseinheit
Min	Minuten
Min.	Minimum
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
m/s	Meter pro Sekunde
mV	Millivolt
MW	Mittelwert
n	Teilnehmerzahl
NetHR	mittlerer Herzfrequenzanstieg bei Belastung gegenüber der Ruhe-Herzfrequenz

O <sub>2</sub>	Sauerstoff
o.g.	Oben genannt
OP	Operation
p	Fehlerwahrscheinlichkeit
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PPI	Protonenpumpeninhibitor
PWd	Posteriore Wand diastolisch
RA-Fläche	Rechtsatriale Fläche
RM	Rotatorenmanschette
RPE	Rate of perceived exertion, subjektives Anstrengungsempfinden
RQ	Respiratorischer Quotient
RR	Riva Rocci
RVEDD	Rechtsventrikulärer enddiastolischer Diameter
RVSP	Right ventricular systolic pressure, rechtsventrikulärer Druck in der Systole
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
s.o.	Siehe oben
sog.	Sogenannt
TAPSE	Tricuspid annular plane systolic excursion, systolische Exkursion des Trikuspidal-klappenrings in longitudinaler Achse
TIA	Transitorisch ischämische Attacke
VAS	Visuelle Analogskala
VC	Variationskoeffizient
VCO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxidabgabe
VE	Atemminutenvolumen
vs.	versus
VF	Veterans Football
VO <sub>2</sub>	Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2max</sub>	Maximale Sauerstoffaufnahme
W	Watt
WA	Walking

WF	Walking Fußball / Walking Football
WFA	Walking Football Association
WHO	World Health Organization
z.B.	Zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der unterschiedlichen Belastungsintensitäten niedrig (grün), moderat (gelb) und intensiv (rot) verschiedener Sportarten und deren Kategorisierung nach spezifischen Komponenten (Geschick, Kraft, Mischung aus Kraft und Geschick, Ausdauer) .....	29
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Studienablaufs (Studienteil 1: AF-Spieler) .....	40
Abbildung 3: Subjektives Anstrengungsempfinden (Rate of perceived exertion - RPE; Borg-Skala) .....	42
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Studienablaufs (Studienteil 2: Internistische Patienten).....	44
Abbildung 5: Flowchart über die Rekrutierung und Einschluss der AF-Spieler und der internistischen Patienten .....	47
Abbildung 6: Verteilung des Body-Mass-Index der 20 AF-Spieler .....	49
Abbildung 7: Herzfrequenzverläufe von 20 AF-Spielern während 2x20 min Walking Fußball .....	57
Abbildung 8: Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ermittelt in der Ergometrie) von 20 AF-Spielern während des 2x20-minütigen Walking-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit .....	58
Abbildung 9: Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 20 AF-Spieler während 2x20 Minuten Walking Fußball .....	60
Abbildung 10: Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach .....	61
Abbildung 11: Herzfrequenzverläufe von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball .....	63
Abbildung 12: Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ , ermittelt in der Ergometrie) von 20 AF-Spielern während des 2x20-minütigen Altherren-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit .....	64
Abbildung 13: Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 20 AF-Spieler während 2x20 Minuten Altherren-Fußball .....	66

Abbildung 14: Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem AF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach.....	67
Abbildung 15: Vergleich der Herzfrequenzverläufe während 2x20 Minuten Walking Fußball und Altherren-Fußball .....	69
Abbildung 16: Rate of perceived exertion (RPE; Borg-Skala 6-20) - Vergleich zwischen Walking Fußball und Altherren-Fußball .....	70
Abbildung 17: Subjektives Schmerzempfinden (VAS) nach einem Walking Fußballspiel und einem Altherren-Fußballspiel.....	70
Abbildung 18: Verteilung des Body-Mass-Index der 18 internistischen Patienten .....	74
Abbildung 19: Herzfrequenzverläufe von 18 Patienten während 2x10 min Walking Fußball... .....	82
Abbildung 20: Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ermittelt in der Ergometrie) von 18 Patienten während des 2x10-minütigen Walking-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit.....	83
Abbildung 21: Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 18 internistischen Patienten während des 20-minütigen Walking Fußballs.....	85
Abbildung 22: Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach.....	86
Abbildung 23: Herzfrequenzverläufe von 18 Patienten während 2x10 min Walking.....	87
Abbildung 24: Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ , ermittelt in der Ergometrie) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit .....	88
Abbildung 25: Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 18 Patienten während des 2x10-minütigen Walkings .....	89
Abbildung 26: Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor der WA-Einheit und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach.....	91
Abbildung 27: Vergleich der Herzfrequenzverläufe während 2x10 Minuten Walking Fußball und Walking .....	92
Abbildung 28: Rate of perceived exertion (RPE; Borg-Skala 6-20) - Vergleich zwischen Walking Fußball und Walking .....	93

Abbildung 29: Subjektives Schmerzempfinden nach einem Walking Fußballspiel und einer Walking Einheit .....94

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Metabolisches Äquivalent (MET) ausgewählter Aktivitäten nach dem Compendium of Physical Activities 2011 [2] .....	28
Tabelle 2: Parameter zur Beschreibung der Trainingsintensität von Ausdauersportarten (abgeleitet aus maximalen Belastungstests) unter Angabe der jeweiligen Trainingsbereiche .....	29
Tabelle 3: Anthropometrische Daten der 20 AF-Spieler .....	47
Tabelle 4: Anzahl der kardiovaskulären Risikofaktoren der 20 AF-Spieler .....	48
Tabelle 5: Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren unter den 20 AF-Spielern .....	48
Tabelle 6: Befundung der Ruhe-EKGs der 20 AF-Spieler .....	50
Tabelle 7: Auffälligkeiten in den Belastungs-EKGs der 20 AF-Spieler .....	50
Tabelle 8: Vorerkrankungen der 20 AF-Spieler .....	51
Tabelle 9: Übersicht der Medikamenteneinnahme der 20 AF-Spieler .....	52
Tabelle 10: Echokardiographische Daten der 20 AF-Spieler .....	53
Tabelle 11: Übersicht der Herzklappeninsuffizienzen der 20 AF-Spieler .....	54
Tabelle 12: Laborbefunde der 20 AF-Spieler .....	55
Tabelle 13: Laufband-Spirometrie der 20 AF-Spieler .....	56
Tabelle 14: Anzahl der Schritte von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Walking Fußball .....	59
Tabelle 15: Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Walking Fußball .....	59
Tabelle 16: Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 20 AF-Spielern vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einem Walking-Fußballspiel .....	60
Tabelle 17: Kalorienverbrauch [kcal] von 20 AF-Spielern während 2x20 min Walking Fußball .....	62
Tabelle 18: Anzahl der Schritte von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball .....	65

Tabelle 19: Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball.....	65
Tabelle 20: Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 20 AF-Spielern vor und direkt, 24, 48 und 72 Stunden nach einem Altherren-Fußballspiel .....	66
Tabelle 21: Kalorienverbrauch [kcal] von 20 AF-Spielern während 2x20 min Altherren-Fußball .....	68
Tabelle 22: Vergleich von Walking- und Altherren-Fußball anhand der Banisterzahl .....	71
Tabelle 23: Vergleich von Walking Fußball und AH-Fußball (jeweils 40 min) anhand der Bewegungscharakteristika .....	72
Tabelle 24: Anthropometrische Daten der 18 internistischen Patienten .....	73
Tabelle 25: Anzahl kardialer Risikofaktoren der 18 internistischen Patienten .....	73
Tabelle 26: Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren unter den internistischen Patienten .....	74
Tabelle 27: Befunde der Ruhe-EKGs der 18 internistischen Patienten .....	75
Tabelle 28: Auffälligkeiten in den Belastungs-EKGs der 18 internistischen Patienten .....	75
Tabelle 29: Vorerkrankungen der 18 internistischen Patienten .....	76
Tabelle 30: Übersicht der Medikamenteneinnahme der 18 internistischen Patienten .....	77
Tabelle 31: Echokardiographische Parameter von 18 internistischen Patienten .....	79
Tabelle 32: Übersicht der Herzklappeninsuffizienzen der 18 internistischen Patienten.....	80
Tabelle 33: Laborbefunde der 18 internistischen Patienten .....	81
Tabelle 34: Anzahl der Schritte von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking Fußball ..	84
Tabelle 35: Bewegungscharakteristika während 2x10 Minuten Walking Fußball .....	84
Tabelle 36: Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking Fußball .....	84
Tabelle 37: Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 18 Patienten vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einem WF-Spiel (2x10min) .....	85
Tabelle 38: Anzahl der Schritte von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking .....	89

Tabelle 39: Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking .....	89
Tabelle 40: Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 18 Patienten vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einer Walking-Einheit .....	90
Tabelle 41: Vergleich von Walking-Fußball und Walking anhand der Banisterzahl.....	94
Tabelle 42: Vergleich von Walking-Fußball und Walking anhand der Gesamtschrittzahl .....	94

# 1. Zusammenfassung / Abstract

Walking Fußball (WF), zu Deutsch „Gehfußball“, stellt als milde Fußballvariante (Regeln: Laufen, harter Körperkontakt und Ball über Kopfhöhe verboten) eine Alternative für Spieler aus dem Altherren-Fußball (AF) dar, die sich beim herkömmlichen Fußballspielen überbeansprucht fühlen. Die Zielgruppe von WF umfasst jedoch auch Nicht-Fußballer, im Wesentlichen Männer und Frauen ab einem Alter von 50 Jahren. Ob WF auch für Patienten mit orthopädischen oder internistischen Einschränkungen bzw. Erkrankungen geeignet ist, wurde bisher unzureichend untersucht. Zudem sind die Belastungsintensität und die spezifischen Bewegungscharakteristika von WF unklar. Ein direkter Vergleich dieser Parameter zwischen WF und AF oder zwischen WF und bereits bei internistischen Patienten etablierten Präventivsportarten wie Walking (WA) ist bisher nicht erfolgt. Die vorliegende Studie nimmt sich dieser Problematik an, um einerseits WF hinsichtlich Belastungsintensität und Bewegungsmuster besser charakterisieren zu können und andererseits zu beurteilen, ob WF eine mögliche Alternative zu WA darstellt.

Die Studie fand von Juni bis Oktober 2021 statt. Als Probanden dienten zwei verschiedene Studienpopulationen. I) Über lokale Fußballvereine wurden AF-Spieler und II) über die Herz- und Präventivsportgruppe der Universität des Saarlandes internistische Patienten rekrutiert. Alle Probanden erhielten eingangs eine sportmedizinisch-internistische Untersuchung bestehend aus Anamnese, körperlicher Untersuchung, Ruhe-EKG, Belastungs-EKG und Echokardiographie. Die Studie gliederte sich entsprechend der Studienpopulationen in zwei Abschnitte.

Im ersten Studienteil absolvierten 20 männliche AF-Spieler (Alter  $67 \pm 8$  Jahre) jeweils ein Spiel WF und AF (Spieldauer 2x20 min, 5 Spieler pro Mannschaft). Herzfrequenz (HF), subjektives Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6-20), visuelle Schmerzskala (0-100%) bis 72 Stunden nach dem Spiel und Bewegungscharakteristika (Videokameraaufzeichnung: Gesamtschrittzahl, Ausfallschritte, Rückwärtsschritte, Richtungswechsel  $>90^\circ$ ) wurden verglichen. Ein Laufband-Stufentest im Rahmen der Eingangsuntersuchung diente neben der Ermittlung der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ) auch einer Objektivierung der kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit. Zudem führten alle AF-Spieler einen WA-Test auf dem Laufband (2x20 min) bei individueller maximaler Gehgeschwindigkeit durch. Hierbei erfolgte eine Atemgasmessung zur Kalkulation des Kalorienverbrauchs (indirekte Kalorimetrie) sowie eine Ermittlung der Schrittzahl (Videokameraaufzeichnung).

Im zweiten Studienabschnitt absolvierten internistische Patienten (Alter:  $69 \pm 10$  Jahre, männlich  $n=13$ , weiblich  $n=5$ ) ein Spiel WF (Spieldauer  $2 \times 10$  min, 4 oder 5 Spieler pro Mannschaft) und einen WA-Test auf einer Laufbahn ( $2 \times 10$  min). Herzfrequenz (HF), subjektives Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6-20) und Schmerzskala (0-100) bis 72 Stunden nach der Belastung wurden zwischen WF und WA verglichen. Zudem erfolgte eine Analyse der Gesamtschrittzahl der internistischen Patienten beim WF und WA mittels Videokameraaufzeichnung.

Studienteil 1: Bei den AF-Spielern war der prozentuale Anteil der absolvierten Spielzeit im Intensitätsbereich 90-100%  $HF_{max}$  beim AF ( $34 \pm 31\%$ ) im Vergleich zum WF ( $15 \pm 21\%$ ) höher ( $p=0,013$ ). Während des AF war die höchste HF ( $163 \pm 14$  Schläge/min) im Vergleich zum WF ( $150 \pm 16$  Schläge/min) höher ( $p=0,001$ ). Die mittlere HF unterschied sich zwischen WF ( $124 \pm 18$  Schläge/min;  $76 \pm 10\%$   $HF_{max}$ ) und AF ( $133 \pm 22$  Schläge/min;  $82 \pm 14\%$   $HF_{max}$ ) nicht ( $p=0,16$ ). Das subjektive Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6 bis 20) wurde beim AF ( $13,8 \pm 1,1$ ) höher als beim WF ( $11,8 \pm 1,4$ ) angegeben ( $p<0,001$ ). Das Schmerzempfinden unterschied sich 0, 24, 48 und 72 Stunden nach Belastung nicht ( $p=0,63$ ). Für die Gesamtschrittzahl pro Spiel ergaben sich für WF ( $3822 \pm 452$  Schritte) und AF ( $3801 \pm 541$  Schritte) keine Unterschiede ( $p=0,85$ ). Beim WA ( $4677 \pm 291$  Schritte) wurden deutlich mehr Schritte zurückgelegt als beim WF ( $3822 \pm 452$  Schritte;  $p<0,001$ ) und AF ( $3801 \pm 541$  Schritte;  $p<0,001$ ). Der ermittelte Kalorienverbrauch über  $2 \times 20$  Minuten lag beim WA ( $189 \pm 34$  kcal) höher als beim WF ( $154 \pm 37$  kcal;  $p<0,001$ ) und AF ( $157 \pm 40$  kcal;  $p<0,001$ ).

Studienteil 2: Unter den internistischen Patienten unterschied sich der prozentuale Anteil der Spielzeit im Intensitätsbereich 90-100%  $HF_{max}$  zwischen WF ( $42 \pm 33\%$ ) und WA ( $28 \pm 33\%$ ) nicht ( $p=0,15$ ). Die höchste HF lag beim WF ( $154 \pm 17$  Schläge/min) höher ( $p<0,001$ ) als beim WA ( $129 \pm 20$  Schläge/min). Beim WF wurde eine höhere ( $p=0,01$ ) mittlere HF ( $126 \pm 17$  Schläge/min;  $79 \pm 12\%$   $HF_{max}$ ) erreicht als beim WA ( $114 \pm 16$  Schläge/min;  $71 \pm 11\%$   $HF_{max}$ ). Die Herzfrequenzvariabilität (Variationskoeffizient) unterschied sich nicht ( $p=0,13$ ) zwischen WF ( $10,3 \pm 5,8\%$ ) und WA ( $7,1 \pm 5,5\%$ ). Beim subjektiven Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6 - 20) ergab sich kein Unterschied ( $p=0,63$ ) zwischen WF ( $12,1 \pm 2,7$ ) und WA ( $11,9 \pm 3,0$ ). Das Schmerzempfinden 0, 24, 48 und 72 Stunden nach Belastung unterschied sich zwischen WF und WA nicht ( $p=0,96$ ). Die Gesamtschrittzahl beim WF ( $1877 \pm 162$  Schritte) lag verglichen zum WA ( $2511 \pm 143$  Schritte) niedriger ( $p<0,001$ ).

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass WF aufgrund seiner niedrigeren Belastungsintensität (potentiell geringere kardiovaskuläre Gefährdung) und höheren Belastungstoleranz im Vergleich zum AF, AF-Spielern über 50 Jahren, die sich muskuloskelettal und/oder konditionell überbeansprucht fühlen, als alternative Fußballvariante zu empfehlen ist. Für internistische Patienten kann WF als Teilinhalt eines präventivsportlichen Trainings empfohlen werden, da Bereiche hoher Belastungsintensität nicht häufiger sind als beim WA und sich die Herzfrequenzvariabilität, das Anstrengungsempfinden und Schmerzempfinden zwischen WF und WA nicht unterscheidet.

## 1.1 Summary - Physical demands of walking football compared to walking and veterans football above the age of 50 years

Walking football (WF) is a mode of football, during which running, tackling or playing the ball above head height is prohibited and might be an alternative for veteran football (VF) players who feel overstrained. However, the target group of WF also include non-footballers, mainly men and women aged 50 years and over. Whether WF is also suitable for patients with orthopedic or internal limitations or diseases has not yet been sufficiently investigated. In addition, the exercise intensity, tolerance and the specific movement characteristics of WF are unclear. A direct comparison of these parameters between WF and VF or between WF and preventive activities already established in internal medicine patients such as walking (WA) has not yet been carried out. This study addresses this issue in order to better characterize WF in terms of exercise intensity and movement patterns and to assess whether WF is a possible alternative to established health promotion activities.

The study took place from June to October 2021. Two different study populations served as subjects. I) VF players were recruited via regional football clubs and II) patients with internal diseases were recruited from the general prevention and cardiac rehabilitation group at Saarland University. All subjects underwent a medical check-up consisting of a physical examination, medical history, resting and exercise electrocardiography and echocardiography. The study was divided into two sections according to the study populations.

In the first part of the study, 20 male VF players (age  $67 \pm 8$  years) each played a match of WF and VF (match duration 2x20 min, 5 players per team). Heart rate (HR), rate of perceived exertion (Borg scale 6-20), visual pain scale (0-100%) up to 72 hours post-match and movement characteristics (video camera recording: total number of steps, lunges, backward steps, change of direction  $>90^\circ$ ) were compared. In addition to determining the maximum heart rate ( $HR_{max}$ ), a stepwise exercise stress served to assess the cardio-respiratory fitness. In addition, all VF players performed a WA test on the treadmill (2x20 min) at their individual maximum walking speed. This involved respiratory gas measurements to calculate energy expenditure (indirect calorimetry) and determining the number of steps (video camera recording).

In the second part of the study, patients with internal diseases (age:  $69 \pm 10$  years, male  $n=13$ , female  $n=5$ ) played a match of WF (match duration 2x10 min, 4 or 5 players

per team) and performed a WA test on a running track (2x10 min). HR, rate of perceived exertion (Borg scale 6-20), visual pain scale (0-100) up to 72 hours after exercise were compared between WF and WA. In addition, the total number of steps taken at WF and WA was analyzed using video camera recordings.

Study part 1: In VF players, the percentage of time completed in the 90-100%  $H_{R_{max}}$  intensity range was higher in VF ( $34 \pm 31\%$ ) compared to WF ( $15 \pm 21\%$ ) ( $p=0.013$ ). During VF ( $163 \pm 14$  beats/min), the peak HR was higher ( $p=0.001$ ) compared to WF ( $150 \pm 16$  beats/min). The mean HR did not differ ( $p=0.16$ ) between WF ( $124 \pm 18$  beats/min;  $76 \pm 10\%$   $H_{R_{max}}$ ) and VF ( $133 \pm 22$  beats/min;  $82 \pm 14\%$   $H_{R_{max}}$ ). The rate of perceived exertion (Borg scale 6 to 20) was higher ( $p<0.001$ ) for VF ( $13.8 \pm 1.1$ ) than for WF ( $11.8 \pm 1.4$ ). There was no difference in pain perception 0, 24, 48 and 72 hours after exercise ( $p=0.63$ ). There were no differences ( $p=0.85$ ) in the total number of steps per match for WF ( $3822 \pm 452$  steps) and VF ( $3801 \pm 541$  steps). During WA ( $4677 \pm 291$  steps) significantly more steps were taken than during WF ( $3822 \pm 452$  steps,  $p<0.001$ ) and VF ( $3801 \pm 541$  steps,  $p<0.001$ ). The energy expenditure during 2x20 minutes was higher for WA ( $189 \pm 34$  kcal) than for WF ( $154 \pm 37$  kcal,  $p<0.001$ ) and VF ( $157 \pm 40$  kcal,  $p<0.001$ ).

Study part 2: Among patients with internal diseases, the percentage of time completed in the 90-100%  $H_{R_{max}}$  intensity range did not differ ( $p=0.15$ ) between WF ( $42 \pm 33\%$ ) and WA ( $28 \pm 33\%$ ). The peak HR was higher ( $p<0.001$ ) during WF ( $154 \pm 17$  beats/min) than WA ( $129 \pm 20$  beats/min). During WF a higher mean HR ( $126 \pm 17$  beats/min;  $79 \pm 12\%$   $H_{R_{max}}$ ) was reached than during WA ( $114 \pm 16$  beats/min;  $71 \pm 11\%$   $H_{R_{max}}$ ) ( $p=0.01$ ). Heart rate variability (coefficient of variation) did not differ ( $p=0.13$ ) between WF ( $10.3 \pm 5.8\%$ ) and WA ( $7.1 \pm 5.5\%$ ). There was no difference ( $p=0.63$ ) in rate of perceived exertion (Borg scale 6 - 20) between WF ( $12.1 \pm 2.7$ ) and WA ( $11.9 \pm 3.0$ ). The pain perception 0, 24, 48 and 72 hours after exercise did not differ between WF and WA ( $p=0.96$ ). The total number of steps during WF ( $1877 \pm 162$  steps) was lower ( $p<0.001$ ) compared to WA ( $2511 \pm 143$  steps).

In conclusion, due to its lower exercise intensity (and potentially lower cardiovascular risk) and higher exercise tolerance compared to VF, WF can be recommended as an alternative mode of football for VF players over the age of 50 who feel musculoskeletally and/or physically overstrained. For patients with internal diseases, WF can be recommended as alternative to WA for health prevention programs. During WF ranges of high exercise intensity are not more frequent than during WA and there is no difference in heart rate variability, rate of perceived exertion and pain perception between WF and WA.

## 2. Einleitung

Regelmäßiger Sport senkt das Herz-Kreislauf-Risiko, fördert das allgemeine Wohlbefinden und ist wichtiger Baustein sozialer Integration. [62, 39, 42, 56] Mit zunehmendem Alter können einige Mannschaftsportarten aufgrund orthopädischer sowie internistischer Erkrankungen nur noch limitiert praktiziert werden. Trotz der hohen Popularität von Fußball wird nicht selten wegen Überbeanspruchung frühzeitig mit dem Sport aufgehört. Während einige ehemalige Fußballspieler sich nach Beendigung ihrer aktiven Zeit umorientieren und beschwerdeorientiert alternative Sportarten beginnen, beenden andere vollständig die gewohnte regelmäßige körperliche Aktivität. Der Wegfall des sozialen Miteinanders auf dem Spielfeld und mangelnde Begeisterung für Einzelsportarten sind Motive, die für eine dauerhafte körperliche Inaktivität in Betracht gezogen werden sollten. Hierdurch steigt nicht nur das Risiko für Adipositas, arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus Typ 2, Hypercholesterinämie und den damit verbundenen kardiovaskulären Ereignissen (z.B. Myokardinfarkt und Apoplex), sondern auch das Risiko orthopädischer Krankheitsbilder (z.B. Osteoporose) an. [18, 54, 23, 3, 48] Daher ist dauerhafte körperliche Inaktivität aus präventivmedizinischer Sicht schädlich. Eine Problematik besteht darin, dass Patienten mit internistischen oder orthopädischen Erkrankungen, Sport häufig als unüberwindbare Hürde wahrnehmen. Daher gilt es, das Sportangebot in Deutschland für jedermann attraktiv zu gestalten. Für Menschen, die ihr Leben lang gerne Fußball gespielt haben, im fortgeschrittenen Alter aber die hohe Belastungsintensität im Rahmen des Altherren-Fußballs (AF) nicht mehr tolerieren, bietet Walking Fußball (WF), zu Deutsch „Gehfußball“, eine mildere Alternative.

WF ist eine Variante des klassischen Fußballs, bei der Laufen strikt verboten und lediglich schnelles Gehen gestattet ist. [70] Diese aus England stammende Sportart stellt möglicherweise auch für Patienten eine Möglichkeit dar, sich trotz internistischer oder orthopädischer Erkrankungen bei überschaubarer Intensität bewegen zu können. Beim WF wird gewöhnlich in 5-er bis 7-er Mannschaften auf einem Kleinfeld gespielt. [70] Durch das Regelwerk sind neben dem „Laufverbot“ Bälle über Kopfhöhe und Zweikämpfe mit intensivem Körperkontakt untersagt. Hierdurch wird einerseits eine Überbeanspruchung vermieden und andererseits sichergestellt, dass sich die Teilnehmer keiner unnötigen Verletzungsgefahr aussetzen. Die kardiozirkulatorische und muskuloskeletale Beanspruchung sowie die spezifischen Bewegungscharakteristika von WF sind bisher unzureichend untersucht. Ein direkter Vergleich dieser Parameter zwischen WF und AF oder zwischen WF und bereits etablierten Präventivsportarten wie Walking (WA) ist bisher nicht erfolgt. Die

vorliegende Studie untersucht daher die Charakteristika von WF, AF und WA an AF-Spielern bzw. von WF und WA an internistischen Patienten, um hieraus präventivmedizinische Empfehlungen ableiten zu können.

## **2.1 Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen**

Laut Todesursachenstatistik des statistischen Bundesamts sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen die führende Todesursache in Deutschland. [66] Die koronare Herzkrankheit (KHK), Herzinsuffizienz, Schlaganfälle, Herzrhythmusstörungen und periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) sind neben gesundheitsmedizinischer auch von volkswirtschaftlicher Relevanz, da die Behandlungskosten durch hohe Erkrankungsinzidenzen, erweiterte Therapiemöglichkeiten und steigende Lebenserwartungen zunehmen. Dem Bericht über Krankheitskosten des statistischen Bundesamtes (Ausgabe 2010) ist zu entnehmen, dass Erkrankungen des Kreislaufsystems mit 36 973 Millionen Euro den größten Anteil (14,5%) an den Krankheitskosten in Deutschland ausmachen (Zahlen bezogen auf 2008). [65] Daneben machen Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit etwa 9% einen wesentlichen Anteil der Ansprüche auf Erwerbsminderungsrente bei der Deutschen Rentenversicherung aus. [16]

Bezieht man sich auf die DEGS-Studie (Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland) des Robert-Koch-Instituts, liegt die Lebenszeit-Prävalenz für eine KHK in Deutschland bei 50- bis 59-Jährigen bei 4,4% (Männer 6,9%, Frauen 1,8%), für den Myokardinfarkt bei 2% (Männer 3,8%, Frauen 0,1%). [24] Bis zu einem Alter von 70 bis 79 Jahren steigt die Lebenszeitprävalenz für eine KHK in Deutschland auf 22,3% (Männer 30,5%, Frauen 15,5%), für den Myokardinfarkt auf 10,2% (Männer 15,3%, Frauen 6%) an. [24] Die Lebenszeitprävalenz für einen Schlaganfall beträgt in der Gruppe der 50- bis 59-Jährigen in Deutschland 1,3% (Männer 1,8%, Frauen 0,8%), bei den 70- bis 79-Jährigen liegt die Lebenszeitprävalenz bei 7,1% (Männer 8,1%, Frauen 6,3%). [13]

Zu den Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen gehören stammbetonte Adipositas, arterielle Hypertonie, Fettstoffwechsel- und Glucosetoleranzstörung, welche allesamt als metabolisches Syndrom zusammengefasst werden können. [18, 36, 54, 23, 3] Hinzu kommen individuell beeinflussbare Verhaltensweisen wie mangelnde Bewegung, [48, 57] Nikotinabusus, [18] ungesunde, kalorienreiche und nährstoffarme Ernährung, [75, 31] sowie als unbeeinflussbarer Risikofaktor eine positive Familienanamnese. [47]

## 2.2 Körperliche Aktivität und Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Es ist allgemein bekannt, dass Sport Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorbeugt. [62, 39, 28] Auch bei einer bestehenden familiären Prädisposition lässt sich durch Bewegung das Erkrankungsrisiko senken. [41] Es wurde gezeigt, dass körperliche Aktivität in Freizeit und Beruf, unabhängig von Herkunft, Wohnort und sozioökonomischem Status das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und die kardiovaskuläre Mortalität senkt. [42, 43] Je höher dabei die körperliche Aktivität (Intensität, Dauer und Häufigkeit), desto größer der gesundheitliche Benefit. [42] Körperliche Aktivität bewirkt im Vergleich zu alleiniger Ernährungsumstellung, das Körpergewicht langfristig deutlich zu reduzieren, ein Normalgewicht zu erreichen und aufrecht zu erhalten. [49] Das Erkrankungsrisiko für einen Diabetes mellitus, [69] eine Fettstoffwechselstörung und eine arterielle Hypertonie kann durch Bewegung und der damit einhergehenden Gewichtsnormalisierung signifikant gesenkt werden. [35, 25, 9]

Das Wissen über die gesundheitlichen Vorteile von Präventivsport ist in der Gesellschaft durchaus vorhanden. Dies zeigt eine repräsentative Umfrage der Stiftung Gesundheitswissen im Jahr 2020, in der 69% der Befragten angaben, den gesundheitsfördernden Effekt von Sport zu kennen. [67] Dennoch machen die Daten dieses Gesundheitsberichts deutlich, dass es eine deutliche Diskrepanz zwischen dem Wissen um den positiven Einfluss präventivmedizinischer Maßnahmen auf die Gesundheit und deren tatsächlicher Umsetzung gibt. So berichteten lediglich 45% der Befragten, im Alltag Sport zu treiben. Eine gesunde Ernährung hielten 71% der Befragten für relevant, dennoch gaben nur 52% an, sich gesund zu ernähren.

Eine ungesunde Lebensführung, wie eine dauerhaft sitzende Tätigkeit in Beruf und Freizeit mit konsekutiver Körperfehlhaltung und Bewegungsmangel, geht mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko einher. [7, 8] Dieser Umstand ist bekannt, sodass Maßnahmen der Politik unternommen wurden, diese vermeidbaren gesundheitlichen Risikofaktoren zu minimieren. Bereits 1986 fand die erste internationale Konferenz zur Gesundheitsförderung in Ottawa statt, in der zu einer gesundheitsfördernden Gesamtpolitik aufgerufen wurde. Es heißt hier, dass Arbeit, Arbeitsbedingungen und Freizeit eine „Quelle der Gesundheit und nicht der Krankheit“ sein sollten. [73] Die Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union (1997, zuletzt 2014 aktualisiert) hat daher ein europäisches Netzwerk für betriebliche Gesundheitsförderung ins Leben gerufen. [21] Dies hat das Ziel, erfolgreiche Praxisbeispiele der betrieblichen Gesundheitsförderung zu erkennen und zu verbreiten. Die betriebliche Gesundheitsförderung soll in Deutschland seit dem Jahr 2011 im Rahmen der Initiative „Unternehmen unternehmen Gesundheit“ des

Bundesministeriums für Gesundheit (z.B. durch firmeneigene Sportangebote, Ernährungskurse, Förderung individueller Kompetenzen oder bauliche Maßnahmen zur Gesundheitsförderung) [12] umgesetzt werden. Dabei soll je nach individueller Anforderung ein firmeninternes Konzept erstellt werden. Ansprechpartner sind Sozialversicherungsträger sowie kommerzielle Dienstleister. Seitens der Politik werden steuerliche Vorteile in Aussicht gestellt, um die Gesundheitsförderung der Mitarbeiter für Arbeitgeber attraktiver zu gestalten.

Gerade vor dem Hintergrund der immer älter werdenden Bevölkerung im Zuge des demographischen Wandels ist es nicht verwunderlich, dass gewisse Alterserscheinungen und Zivilisationskrankheiten zunehmen. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, welche die häufigste Todesursache weltweit darstellen, nehmen im Alter deutlich zu. [27, 24] Körperliche Inaktivität ist stark mit der Ausbildung kardiovaskulärer Risikofaktoren wie Adipositas, [18] Diabetes mellitus, [23] arterieller Hypertonie und Hypercholesterinämie [36, 54] assoziiert und erhöht daher das Risiko für Myokardinfarkte oder Schlaganfälle. [48, 57, 75, 31]

Damit verfolgt der Präventivsport zwei wesentliche Ziele:

- I. Die Primärprävention bei Gesunden zur Verhinderung einer Erkrankung des Herz-Kreislauf-Systems.
- II. Die Sekundär- und Tertiärprävention, d.h. die Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren zur Verhinderung einer kardiovaskulären Erkrankung sowie das Aufhalten des Krankheitsfortschritts und die Verhinderung eines neuen, akuten Ereignisses bei bereits erkrankten Patienten.

Im Bereich des Präventivsports werden viele unterschiedliche Sportarten ausgeübt, die für Patienten und ältere Menschen oft vereinfacht werden, um die körperliche Belastung adäquat dosieren zu können. Eine breit etablierte Sportart ist das sog. „Walking“ (WA), zu Deutsch „Gehen“. Hierbei kann je nach Belastungstoleranz langsames oder schnelles Gehen praktiziert werden.

Unter dem Gesichtspunkt, dass Motivation der zentrale Antrieb zum Sporttreiben ist und Motivation in besonderem Maße zum Tragen kommt, wenn Sport als Spaß und nicht als Last empfunden wird, ist es nachvollziehbar, dass beliebte Sportarten auch im Präventivsport dazu beitragen können, Menschen zu regelmäßiger Bewegung zu ermutigen.

### 2.3 Bedeutung moderater Belastungsintensität bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Für Erwachsene werden von der World Health Organization (WHO) mindestens 150 bis 300 Minuten pro Woche körperliches Training bei moderater Belastungsintensität empfohlen, auch für Personen mit einer chronischen Erkrankung oder Behinderung. [74] Als alternative Empfehlung werden mindestens 75 min pro Woche intensives Ausdauertraining oder Krafttraining angegeben. [74]

Bei Herzpatienten ist in besonderem Maße darauf zu achten, dass einerseits eine mäßige Belastungsintensität angestrebt wird, andererseits jedoch eine Überanstrengung unbedingt vermieden wird. Daher ist es durchaus gängige Praxis, dass im Rahmen des Herzsports zur Belastungssteuerung die fahrradergometrisch ermittelte HF an der individuellen anaeroben Schwelle herangezogen wird.

Aktuelle Empfehlungen zur körperlichen Aktivität bei Herzpatienten sind der ESC (European Society of Cardiology) - Leitlinie aus dem Jahr 2020 zu entnehmen. [53] Für Patienten mit kardialen Risikofaktoren wie Adipositas, Dyslipidämie, Diabetes mellitus oder eine gut kontrollierte arterielle Hypertonie ohne Komplikationen empfiehlt die ESC mindestens drei Mal pro Woche Krafttraining und fünf bis sieben Mal pro Woche mindestens 30 min moderaten bis intensiven Ausdauersport zur Reduktion des kardiovaskulären Risikos. Bei asymptomatischen Patienten mit klinisch nicht relevanter KHK kann je nach individueller Risikostratifizierung jegliche Art von Sport, auch Wettkampfsport, ausgeführt werden. Ein hohes Risiko resultiert beispielsweise aus einer kritischen Koronarstenose (z.B. >70% in den Hauptästen der Koronararterien oder >50% im linken Hauptstamm), einer verminderten linksventrikulären Ejektionsfraktion ( $\leq 50\%$ ), einer belastungsinduzierten Myokardischämie, einer nicht-anhaltenden ventrikulären Tachykardie in Ruhe und bei Belastung sowie einem kürzlich stattgehabten akuten Koronarsyndrom mit oder ohne Intervention. In solchen Fällen sollte von der o.g. Empfehlung Abstand genommen werden und eine Anpassung nach individuellem Risikoprofil erfolgen. Bei Herzinsuffizienz sollte immer eine kardiale Rehabilitation mit Bewegungsübungen erfolgen, um die Lebensqualität zu verbessern und die Hospitalisierungsrate zu verringern. Bei reduzierter Pumpfunktion (heart failure with reduced ejection fraction [HFrEF]) wird von Wettkampfsport, intensivem Kraftsport und Ausdauersport abgeraten. Freizeitsport bei geringer Belastungsintensität kann, sofern toleriert, bei adäquat medikamentös eingestellten und klinisch stabilen Herzpatienten erwogen werden. Bei Patienten mit erhaltener Pumpfunktion (heart failure with preserved ejection fraction [HFpEF]) kann Wettkampfsport erwogen werden, wenn keine Abnormalitäten im Belastungstest in Erscheinung treten. Die Durchführung niedriger bis moderater Trainingseinheiten sollte bei allen Patienten mit

dilatativer Kardiomyopathie (DCM) in Betracht gezogen werden, sofern keine limitierenden belastungsinduzierten Herzrhythmusstörungen auftreten. Nur bei asymptomatischen DCM-Patienten mit nur gering eingeschränkter Ejektionsfraktion (EF 45-50%), fehlenden ventrikulären Arrhythmien im Langzeit- oder Belastungs-EKG, fehlendem Nachweis einer späten Kontrastmittelaufnahme in der kardialen Magnetresonanztomographie, Fähigkeit der Steigerung der kardialen Pumpfunktion um 10-15% bei Belastung und fehlendem Nachweis eines Hochrisiko-Genotyps (Lamin A/C oder Filamin C) ist eine Teilnahme an intensivem Sport und Wettkampfsport möglich. Bei Vorhofflimmern ist insbesondere auf die HF bei Belastung zu achten und eine Titration der Frequenzkontrolle anzustreben. Nach Einnahme einer Bedarfsmedikation, sog. „pill-in-the-pocket“ (z.B. Flecainid oder Propafenon), sollte kein intensiver Sport ausgeübt werden, bis zwei Halbwertszeiten des Medikaments vergangen sind. Bei asymptomatischer Aortenklappenstenose muss je nach Ausprägungsgrad eine individuelle Trainingsempfehlung ausgesprochen werden. Bei milder Stenosierung besteht keine Limitation bei körperlicher Belastung. Bei schwerer Aortenklappenstenose ist in der Regel von jeglicher Belastung abzusehen (die 1-Jahres-Mortalität bei einer Aortenklappenstenose nach konventionellem Aortenklappenersatz liegt bei etwa 6,7%, nach transkatheterer TAVR bei etwa 20,7% [TAVR = Transcatheter aortic valve replacement = perkutaner Aortenklappenersatz] [50]). Nach Implantation eines ICDs (Implantable Cardioverter Defibrillator) oder Schrittmachers ist grundsätzlich nach den Empfehlungen der zugrundeliegenden Erkrankung vorzugehen.

Ausdauersportarten sind besonders gesundheitsfördernd und für Herzpatienten gut geeignet: Sportliche Aktivität senkt den Blutdruck und das Körpergewicht, [10, 68] senkt die Blutfettwerte und erhöht die Leistungsfähigkeit des Herzens (Verbesserung der Pumpfunktion, Verringerung des peripheren Widerstandes). [71, 32] Zudem konnte gezeigt werden, dass Mannschaftssportarten mit Ball durch ihren intervallartigen Charakter einen Benefit im Rahmen des Gesundheitssports erzielen können. [63, 4] So gibt es Hinweise darauf, dass Fußball die Herzleistung verbessert (Erhöhung des enddiastolischen Volumens, des Massenindex, der rechts- und linksventrikulären EF, Verbesserung des diastolischen Mitralzuflusses [E/A] und der frühen diastolischen Spitzengeschwindigkeit [E']). [63] Außerdem steigen die Ausdauerleistungsfähigkeit und maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) an. [4] Gerade vor dem Hintergrund der Beliebtheit von Fußball und der damit einhergehenden hohen intrinsischen Motivation zur Ausübung dieses Sports, welche besonders auf dem sozialen Miteinander basiert, ist für eine regelmäßige Teilnahme durchaus ein bedeutsamer gesundheitlicher Benefit denkbar.

Allgemein kann die Belastungsintensität im Sport anhand des metabolischen Äquivalents (MET) abgeschätzt werden. Demnach entspricht 1 MET einer Sauerstoffmenge von  $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ , die in einer Minute im Ruhezustand verbraucht wird. [29] Dies entspricht einem stündlichen Energieverbrauch von  $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ . [29] Die Energie, die während einer Belastung aufgebracht werden muss, kann als ein Vielfaches dieses Ruhewertes kalkuliert werden, indem der Sauerstoffverbrauch während der Aktivität mit  $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  dividiert wird. Je größer der Wert, desto höher ist die Intensität einer Aktivität zu bewerten. Eine moderate Belastungsintensität entspricht etwa einem MET von 3 bis 6, eine hohe Belastungsintensität einem MET  $>6$ . [2] Die METs unterschiedlicher körperlicher Aktivitäten sind in Tabelle 1 dargestellt.

MET	Aktivität
2,3	Möbel abstauben, polieren
2,3	Wäsche machen
3,2	Fenster putzen
3,3	Reinigung von Böden
3,3	Kochen, Spülen etc
3,5	Haushaltsaufgaben
3,8	Rasen oder Laub harken
4,0	Tischtennis
4,0	Volleyball
4,0	Leichtathletik – Wurf
4,5	Holz hacken, Baumstämme spalten
4,8	Aufräumen
5,0	Skateboard (allgemein)
5,0	Graben, Spaten, Garten füllen, Compositing
5,5	Rasenmähen
5,5	Badminton (allgemein)
5,5	Boxen (Boxsack)
6,0	Schnee schaufeln, von Hand
6,0	Leichtathletik – Sprung
6,3	Rugby (allgemein)
6,5	Basketball (allgemein)
7,0	Fußball (allgemein)
7,0	Badminton (Wettkampf)
7,3	Tennis (allgemein)
7,5	Radfahren (allgemein)
8,0	Basketball (Spiel)
8,3	Rugby (Wettkampf)
10,0	Fußball (Wettkampf)
10,0	Leichtathletik – Laufen
12,0	Handball
12,8	Boxen (im Ring)

**Tabelle 1:** Metabolisches Äquivalent (MET) ausgewählter Aktivitäten nach dem Compendium of Physical Activities 2011 [2].

Eine weitere Möglichkeit die Belastungsintensität einzuschätzen ist die Beurteilung der Parameter  $VO_{2max}$ , maximale HF ( $HF_{max}$ ), der Herzfrequenzreserve (HF-Reserve =  $HF_{max} - \text{Ruhe-HF}$ ), RPE (Rate of perceived exertion) und der Stoffwechsellage. Die folgende Tabelle 2 wurde der ESC Leitlinie von 2020 [53] entnommen:

Intensität	$VO_{2max}$ [%]	$HF_{max}$ [%]	HF-Reserve [%]	RPE	Trainingsbereich
Niedrig	<40	< 55	< 40	10 – 11	Aerob
Moderat	40 – 69	55 – 74	40 – 69	12 – 13	Aerob
Hoch	70 – 85	75 – 90	70 – 85	14 – 16	Aerob + Laktat
Sehr hoch	> 85	> 90	> 85	17 – 19	Aerob + Laktat + Anaerob

**Tabelle 2:** Parameter zur Beschreibung der Trainingsintensität von Ausdauersportarten (abgeleitet aus maximalen Belastungstests) unter Angabe der jeweiligen Trainingsbereiche modifiziert nach Pelliccia et al 2020. [53] Maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ). Maximale Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ). Herzfrequenz-Reserve (HF-Reserve =  $HF_{max} - \text{Ruhe-Herzfrequenz}$ ). Rate of perceived exertion (RPE).

Abhängig von der jeweiligen Sportart und der jeweiligen Art der Ausübung können Belastungsintensitäten auch rein plakativ als niedrig (grün), moderat (gelb) und intensiv (rot) dargestellt werden. Dies wird in Abbildung 1 unter Berücksichtigung der sportartspezifischen Komponenten (Geschick, Kraft, Mischung aus Kraft und Geschick, Ausdauer) deutlich. [53]

Geschick 	Kraft 	Kraft & Geschick 	Ausdauer 
Golf Tischtennis Curling Bowling	Kugelstoßen (Freizeit) Diskus (Freizeit) Ski Alpin (Freizeit)	Fußball (angepasst) Basketball (angepasst) Handball (angepasst)	Joggen Langstrecken-Gehen Schwimmen (Freizeit)
Segeln Reiten	Kurzstreckenlauf Kugelstoßen Diskus Ski Alpin Judo/Karate	Volleyball Tennis (Doppel)	Schnelles Gehen Laufen Mittel-/Langstrecke
	Gewichtheben Wrestling Boxen	Eishockey Hockey Rugby Tennis (Einzel) Fußball (Wettkampf) Basketball (Wettkampf) Handball (Wettkampf)	Radfahren (Straße) Schwimmen Mittel-/Langstrecke Rudern Biathlon Triathlon

**Abbildung 1:** Darstellung der unterschiedlichen Belastungsintensitäten niedrig (grün), moderat (gelb) und intensiv (rot) verschiedener Sportarten und deren Kategorisierung nach spezifischen Komponenten (Geschick, Kraft, Mischung aus Kraft und Geschick, Ausdauer) modifiziert nach Pelliccia et al 2020. [53]

## 2.4 Gesundheitliche Effekte von Fußball

Fußball ist die häufigste praktizierte Sportart in Deutschland (der Deutsche Fußballbund (DFB) zählte im Jahr 2021 über 1.800.000 Spieler/-innen und über 7.000.000 Mitglieder), vielen weiteren Ländern Europas und der Welt. [17] Die positiven gesundheitlichen Effekte von Fußball sind gut dokumentiert. Es konnte gezeigt werden, dass regelmäßiges Fußballspielen (2-3x/Woche je 60 min) Blutdruck- und Cholesterinwerte senkt. [40] Darüber hinaus ist regelmäßiges Fußballspielen mit einer Abnahme der Körperfettmasse assoziiert, gleichzeitig wurde ein Anstieg von Muskelmasse und Knochenmineralisierung beobachtet. [6, 40] Zudem steigen die kardiale Pumpfunktion und  $VO_{2max}$  nach regelmäßigem Fußballtraining an. [63, 6] Diese Beobachtungen bestätigten sich auch bei direktem Vergleich langjähriger AF-Spieler mit gleichaltrigen, untrainierten Männern. [64] Bei den Probanden, die ihr Leben lang Fußball gespielt hatten, zeigte sich eine signifikant bessere linksventrikuläre EF, eine höhere  $VO_{2max}$  und eine niedrigere HF in Ruhe im Vergleich zur Kontrollgruppe. [64] In der gleichen Studie zeigte sich eine gesundheitlich günstigere Körperzusammensetzung (prozentualer Fettanteil geringer, Body-Mass-Index (BMI) niedriger) und eine bessere mikrovaskuläre Endothelfunktion. [64] Daraus resultieren eine geringere kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität.

Vielen Menschen ist es im Alter nicht mehr möglich, ihre liebgewonnene und zum Teil jahrzehntelang ausgeübte Sportart weiter auszuüben, sei es aufgrund von Verletzungen des Bewegungsapparates oder bedingt durch internistische Erkrankungen. Diesen Menschen kann WF als milde Variante des klassischen Fußballs eine Alternative bieten. Es ist gut vorstellbar, dass auch im WF durch den sozialen Zusammenhalt auf dem Platz, der Spielfreude und dem Wettstreiten um Tore ausreichend Motivation zur regelmäßigen Ausübung aufgebaut wird. Verglichen mit klassischem Fußball wird sich zwar ähnlich ganzheitlich körperlich bewegt, jedoch höchstwahrscheinlich dosierter und vermutlich mit dem Vorteil einer geringeren Belastung für das Herz-Kreislauf-System und den Bewegungsapparat.

## 2.5 Aktueller Wissensstand zur Sportart Walking Fußball (WF)

Wissenschaftliche Studien über den gesundheitlichen Nutzen von WF sind bisher selten. In einer Interventionsstudie konnte bei 50- bis 65-jährigen Freiwilligen ohne WF-Erfahrung nach einem 12-wöchigen WF-Training (60min/Woche) ein signifikanter Abfall des mittleren arteriellen Blutdrucks im Vergleich zur Kontrollgruppe beobachtet werden. [60] In dieser Studie erfolgte zusätzlich die Messung der HF, die Ermittlung der RPE und der Schrittzahl mittels GPS-Tracker. Allerdings erfolgte hierbei kein Vergleich mit bereits etablierten Sportarten. [60] Zudem kam es bei über 50-jährigen

WF-Spielern nach 12 Wochen WF-Training (60min/Woche) zu einer Reduktion der Körperfettmasse und einer Verlängerung der Zeit bis zur Erschöpfung auf dem Laufbandergometer. [5] Letztere Studie wies jedoch keine Kontrollgruppe auf, sodass die Ergebnisse nur eingeschränkt beurteilbar sind. Nach einem 12-wöchigem WF-Training (75min/Woche) wurde bei untrainierten Schulkindern (8-11 Jahre) mit einem BMI  $>21 \text{ kg/m}^2$  eine signifikante Verbesserung im 6-Minuten-Gehtest sowie ein Anstieg der Muskelmasse (bei gleichzeitigem Anstieg von Körpergewicht und BMI) beobachtet. [76] In einer Interventionsstudie bei über 50-jährigen Probanden wurden nach 8 Wochen WF-Training (60min/Woche) keine signifikanten Unterschiede für BMI, Blutdruck, Gemütszustand oder kardiorespiratorische Fitness (Step-Test) gegenüber der Kontrollgruppe gefunden. [46]

Im Bereich des klassischen AF gibt es bereits Hinweise, dass sich regelmäßiges Fußballspielen positiv auf die Herzleistung und die aerobe Kapazität auswirkt. In einer Interventionsstudie zeigte sich, dass im Alter von 65-75 Jahren regelmäßiges Fußballspielen verglichen mit einer Kraftsportgruppe (jeweils 2-3 Stunden/Woche) und einer Kontrollgruppe nach einem Jahr zu einer verbesserten systolischen und diastolischen Funktion sowie einer Steigerung der  $\text{VO}_{2\text{max}}$  führt. [63] Darüber hinaus zeigte sich bei 63-74-jährigen Männern nach 16 Wochen Fußballtraining eine Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit (Yo-Yo-Intermittens-Test) verglichen mit alleinigem Kraftsport und einer Kontrollgruppe. [4] Da AF und WF in ihren Bewegungsmustern ähnlich sind, können diese Resultate durchaus auch beim WF erwartet werden.

Zusammenfassend ist die Studienlage zum gesundheitlichen Benefit von WF uneinheitlich. Vergleiche zwischen WF und AF hinsichtlich körperlicher Belastungsintensität liegen bisher nicht vor, obwohl sie von präventiv- und gesundheitsmedizinischer Bedeutung sind. Möglicherweise kann WF auch im Präventivsport Anwendung finden. Um eine allgemeine Einschätzung für Freizeitsportler im Alter über 50 Jahren hinsichtlich der Belastungsintensität von WF geben zu können, ist eine Einordnung in das Spektrum herkömmlicher Belastungsformen (im Präventivsport: WA; im Wettkampfsport: AF) sinnvoll.

## **2.6 Die Rolle von Walking Fußball (WF) im Präventivsport**

WF wurde bisher kaum zu präventivmedizinischen Zwecken eingesetzt oder untersucht. Nach eingehender Recherche konnte keine Studie gefunden werden, in der WF speziell im Präventivsport an Patienten Anwendung fand.

Inwieweit WF für ältere Menschen geeignet ist und welche Rolle WF im Präventivsport einnehmen könnte, ist daher bisher unklar. Für Menschen mit eingeschränkter Belastungsfähigkeit kann WF eine Alternative zur Standardvariante des Fußballs darstellen. Durch das strikte Laufverbot (ein Fuß berührt immer den Boden) ist eine moderate Belastung für Gelenke und Herz-Kreislauf-System sichergestellt. Zudem werden durch das Verbot, Bälle oberhalb der Kopfhöhe zu spielen, Verletzungen durch sog. „gefährliches Spiel“ vermieden. Die Belastungsintensität von WF ist nicht bekannt, entspricht jedoch am ehesten den WHO-Bewegungsempfehlungen für Sportarten mittlerer Intensität. Ein gesundheitlicher Nutzen ist somit gut vorstellbar. Neben einer positiven Beeinflussung orthopädischer und internistischer Krankheitsbilder ist WF als Mannschaftssport möglicherweise auch auf psychosozialer Ebene förderlich - ein Aspekt der insbesondere mit zunehmendem Alter an Bedeutung gewinnt. [56]

## **2.7 Studienziel und Hypothese**

Die vorliegende Studie hat folgendes Ziel:

Bestimmung der kardiozirkulatorischen (kontinuierliche HF-Aufzeichnung; Erfassung von Intensitätsbereichen) und muskuloskelettalen (Schmerzfragebogen) Beanspruchung sowie der spezifischen Bewegungscharakteristika (Videokamera-Aufzeichnung; Erfassung der Schrittzahl, Bewegungsarten mit und ohne Ball) beim WF, AF und WA.

Anhand der o.g. Parameter werden in zwei Studienteilen folgende Vergleiche vorgenommen:

1. Studienteil: Vergleich WF vs. AF und WF vs. WA (Studienpopulation: AF-Spieler)
2. Studienteil: Vergleich WF vs. WA (Studienpopulation: Patienten)

Es ist anzunehmen, dass WF eine ähnliche Anforderung an das Herz-Kreislauf-System stellt wie WA, welches bereits einen festen Bestandteil im Präventivsport darstellt. Somit ist vorstellbar, dass sich WF im Präventivsport etablieren ließe, um trotz gesundheitlicher Einschränkungen Sport treiben zu können und dabei neben der physischen Gesundheit auch auf psychosozialer Ebene einen Benefit zu erzielen.

### Hypothesen Studienteil 1:

H1: Die Belastungsintensität von WF ist im Vergleich zu AF niedriger.

H2: Die Belastungsintensität von WF wird im Vergleich zu AF als weniger anstrengend wahrgenommen.

H3: Die Schmerzen sind nach WF niedriger im Vergleich zu AF.

### Hypothesen Studienteil 2:

H4: Die Belastungsintensität zwischen WF und WA unterscheidet sich nicht.

H5: Die Belastungsintensität von WF wird im Vergleich zu WA als weniger anstrengend wahrgenommen.

### **3. Material und Methodik**

Die Untersuchungen fanden im Zeitraum Juni bis Oktober 2021 am Institut für Sport- und Präventivmedizin der Universität des Saarlandes in Saarbrücken, sowie auf dem Vereinsgelände zweier ortsnaher Vereine statt. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität des Saarlandes genehmigt (21-11). Alle Studienteilnehmer wurden vor Beginn der Studie ausführlich medizinisch untersucht (Eingangsuntersuchung), über die Studie und deren Ablauf aufgeklärt und informiert. Alle gaben ihr schriftliches Einverständnis zur unentgeltlichen Teilnahme an der Studie und wurden über ihr Recht, jederzeit die Einwilligung zu widerrufen, unterrichtet. Die Studie wurde im Einklang mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

#### **3.1 Rekrutierung**

Als Probanden wurden einerseits AF-Spieler über zwei lokale Fußballvereine (Studienteil 1) und andererseits internistische Patienten über die Herz- und Präventivsportgruppe der Universität des Saarlandes (Studienteil 2) rekrutiert. Bei den Patienten der Herzsportgruppe kam es in der Vergangenheit z.B. zu einem Herzinfarkt oder einer Koronarintervention/-Operation. Demgegenüber wiesen Patienten der Präventivsportgruppe lediglich ein erhöhtes kardiovaskuläres Risikofaktorprofil auf.

Die Eingangsuntersuchung wurde von 22 AF-Spielern absolviert. Danach trat ein AF-Spieler aus persönlichen Gründen von der Studienteilnahme zurück. Ein weiterer AF-Spieler zog sich im Laufe der Studie eine Verletzung durch einen häuslichen Unfall zu, sodass er aus der Studie ausschied. Weiterhin erfolgte die Eingangsuntersuchung von 20 internistischen Patienten. Ein Patient schied aufgrund einer Verletzung kurz vor Beginn der Studie aus. Ein weiterer Patient nahm aufgrund eines akuten Infektes nicht an der Studie teil. Kein Proband musste aufgrund einer mangelnden Sporttauglichkeit ausgeschlossen werden. Insgesamt konnten nach Beendigung der Rekrutierung und den Eingangsuntersuchungen 20 AF-Spieler und 18 internistische Patienten in die Studie eingeschlossen werden.

#### **3.2 Eingangsuntersuchungen**

Zu Beginn der Studie erhielt jeder Proband eine sportmedizinische Eingangsuntersuchung bestehend aus Anamnese, körperlicher Untersuchung, Begutachtung aktueller Blutwerte (externe Befunde des Hausarztes), Ruhe-EKG, Ruhe-Blutdruckmessung, transthorakaler Echokardiographie sowie einer Ergometrie mit Belastungs-EKG auf dem Laufbandergometer (AF-Spieler) oder Fahrradergometer (internistische Patienten). Die Entscheidung, dass AF-Spieler auf dem Laufband

belastet wurden lag darin begründet, dass verglichen mit den internistischen Patienten durch das regelmäßige Fußballspielen von einer wesentlich besseren Koordination (geringere Sturzgefahr) ausgegangen wurde.

### **3.2.1 Anamnese**

Die Probanden wurden im Einzelgespräch mit einem erfahrenen Sportmediziner im Wesentlichen bezüglich folgender Punkte befragt: Körperliche Beschwerden in Ruhe oder unter Belastung, kardiovaskuläre Risikofaktoren, Vorerkrankungen oder kardiovaskuläre Ereignisse (Eigen- und Familienanamnese), Medikation sowie berufsbezogene gesundheitsrelevante Aspekte. Die Familienanamnese wurde als positiv bewertet, wenn bei männlichen Verwandten ersten Grades im Alter < 55 Jahren oder weiblichen Verwandten ersten Grades < 65 Jahren ein kardiovaskuläres Ereignis berichtet wurde. Darüber hinaus erfolgte eine ausführliche Sportanamnese mit Abschätzung des wöchentlichen Trainingsumfangs (Stunden/Woche) der jeweiligen Sportart, die Anzahl an Jahren in denen regelmäßig Fußball gespielt wurde, sowie die Angabe der allgemeinen sportlichen Aktivität in der Vergangenheit.

### **3.2.2 Körperliche Untersuchung**

Die körperliche Untersuchung bestand aus Inspektion des Mund-/Rachenraums, einer kardiopulmonalen Auskultation sowie einer klinischen Untersuchung des Abdomens. Je nach Beschwerdeangabe wurden problemorientiert auch Gelenke, Bänder und Wirbelsäule untersucht. Im Anschluss wurden Körpergewicht, Körpergröße und BMI ermittelt.

### **3.2.3 Laborwerte**

Jeder Proband konnte durch den Hausarzt bereits erhobene Blutwerte vorweisen, die nicht älter waren als das laufende Kalenderjahr (2021). Folgende Werte wurden im Wesentlichen zur Bewertung des Gesundheitszustands herangezogen: Kleines Blutbild (Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten, Hämoglobin, Hämatokrit), kardiovaskuläre Risikofaktoren (LDL-Cholesterin, Nüchtern-Glucosekonzentration, HbA1c), Natrium, Kalium und Kreatinin.

### 3.2.4 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck

Nach 10-minütiger Ruhephase in liegender Position wurde ein 12-Kanal-EKG (Brustwandableitungen nach Wilson, Extremitätenableitungen nach Einthoven und Goldberger) abgeleitet. Die hierbei ermittelte HF wurde als Ruhe-HF definiert. Im Anschluss wurde nach einer Liegedauer von weiteren 5 min eine Blutdruckmessung nach Riva Rocci (RR) an beiden Oberarmen im Liegen durchgeführt. Als Ruheblutdruck wurde der Mittelwert aus systolischem bzw. diastolischem Wert beider Seiten festgelegt.

### 3.2.5 Transthorakale Echokardiographie

Die Echokardiographie (Gerät: GE Vivid S6, Solingen, Deutschland) wurde in Linksseitenlage in den Standardschnitten (lange Achse; kurze Achse; 2-,3-, 4- bzw. 5-Kammerblick; subcostal) durch einen sportmedizinisch erfahrenen Internisten durchgeführt. Folgende strukturelle und funktionelle Parameter wurden im Wesentlichen in die Evaluation einbezogen: Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (EF biplan n. Simpson), im M-Mode die Bestimmung des diastolischen und systolischen Diameters des a) interventrikulären Septums (IVS), b) der linksventrikulären posterioren Wand (PW) sowie c) des Diameters des linken Ventrikels auf Mitralklappenebene während der Diastole (LVEDD). Weiterhin wurden der diastolische Aorten-Diameter (Aortenwurzel und einsehbare Aorta ascendens), der LAESV-Index (linksatriales endsystolisches Volumen bezogen auf die Körperoberfläche), die RA-Fläche (rechtsatriale Fläche), der rechtsventrikuläre enddiastolische Diameter im 4-Kammerblick (RVEDD) und die systolische Exkursion des Trikuspidalklappenrings in longitudinaler Achse als Ausdruck der rechtsventrikulären Funktion (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) gemessen. Zudem wurden die diastolische Funktion (E-Welle = maximale Geschwindigkeit des passiven, frühdiaastolischen transmitralen Einstromprofils in den linken Ventrikel; A-Welle = maximale Geschwindigkeit des aktiven spätdiaastolischen transmitralen Einstromprofils in den linken Ventrikel als Ausdruck der Vorhofkontraktion) samt  $\dot{E}$  (passive, frühdiaastolische Mitralanulusgeschwindigkeit) bzw.  $\dot{A}$  (spätdiaastolische, aktive Mitralanulusgeschwindigkeit) und deren Quotienten  $E/\dot{E}$  (zur Abschätzung des linksventrikulären enddiastolischen Drucks, LVEDP) bzw.  $E/A$  (Maß der diastolischen Funktion) und die rechtsventrikuläre Druckbelastung bei Trikuspidalklappeninsuffizienz (RVSP, right ventricular systolic pressure) bestimmt.

### 3.2.6 Belastungs-EKG

Die AF-Spieler (Probanden in Studienteil 1) absolvierten ein Belastungs-EKG auf dem Laufbandergometer (Woodway, Modell ELG 90, Serien-Nummer 6370/05, Weil / Rhein, Deutschland) beginnend bei 1,5 bis 2,0 m/s mit Steigerung der Geschwindigkeit alle 3 Minuten um 0,5 m/s bei einem Steigungswinkel von 0,5%. Die Belastung wurde erst beendet, wenn die errechnete maximale HF (220-Lebensalter) erreicht wurde, subjektive Erschöpfung signalisiert wurde und auch darüber hinaus Motivationsversuche der Untersucher, die Belastung fortzusetzen, scheiterten (vereinbartes Handzeichen mit den Probanden für Belastungsabbruch: Daumen nach unten). So konnte bei allen Probanden von einer möglichst vergleichbaren und maximalen Ausbelastung ausgegangen werden.

Demgegenüber absolvierten die internistischen Patienten (Probanden in Studienteil 2) auf einem elektronisch gebremsten, drehzahlunabhängigen Fahrradergometer (Excalibur Sport, Lode, Groningen) einen Stufentest beginnend bei 50 bis 100 Watt (W) mit stufenweiser Steigerung alle 3 min um 50W (Männer) bzw. 25 W (Frauen). Während der Belastung sollten die Patienten eine Kadenz von mindestens 70-80/min aufrechterhalten, um ein verfrühte muskuläre (periphere) Erschöpfung zu vermeiden. Die Belastung wurde beendet, wenn die Probanden allgemeine oder muskuläre Erschöpfung per Handzeichen signalisierten und gleichzeitig Motivationsversuche der Untersucher scheiterten eine Kadenz von >50/min für länger als 10 Sekunden aufrecht zu erhalten.

Die maximal erreichte Leistung auf dem Fahrradergometer [W] wurde folgendermaßen berechnet:

a) Für Männer:

$$\text{Max. Leistung [W]} = \frac{50 \text{ W}}{180 \text{ Sek}} \times \text{Zeit auf der letzten Stufe [Sek]} + \text{Leistung der vorletzten Stufe}$$

b) Für Frauen:

$$\text{Max. Leistung [W]} = \frac{25 \text{ W}}{180 \text{ Sek}} \times \text{Zeit auf der letzten Stufe [Sek]} + \text{Leistung der vorletzten Stufe}$$

Die Berechnung der maximalen Leistung bei der Laufbandergometrie [m/s] erfolgte nach folgender Formel:

$$\text{Max. Leistung [m/s]} = \frac{0,5 \text{ m/s}}{180 \text{ Sek}} \times \text{Zeit auf der letzten Stufe [Sek]} + \text{Leistung der vorletzten Stufe}$$

Die Ermittlung der berechneten  $\text{VO}_{2\text{max}}$  während der Laufband- bzw. Fahrradergometrie erfolgte anhand einer institutsinternen Formel, die in etwa der Annäherungsformel von

Löllgen (Fahrradergometrie:  $VO_{2max} = 360 + 11 \times \text{Leistung [W]}$  bzw. Laufbandergometrie:  $VO_{2max} = 4,25 + 2,98 \times \text{Geschwindigkeit [km/h]}$ ) entspricht. [44]

Bei allen Belastungsuntersuchungen wurde am Ende jeder Stufe der Blutdruck (manuelle RR-Messung) und die HF (Messung mittels EKG-Lineal nach EKG-Ausdruck) bestimmt. Bei der Laufbandergometrie erfolgte zum Zwecke der RR-Messung eine kurze Pause von maximal 10s zwischen den Stufen, sodass eine kurze Unterbrechung der Belastung notwendig war.

### 3.2.6.1 Abbruchkriterien

Als Abbruchkriterien für die Ergometrie wurden die Empfehlungen von Löllgen und Leyk sowie W. Kindermann herangezogen. [44, 34] Kindermann fasste die wesentlichen Abbruchkriterien mit den „3B“ zusammen: Beobachtung des Patienten (=Auftreten subjektiver Beschwerden/Symptome), Belastungs-EKG-Verhalten (=Auftreten von hochgradigen Rhythmusstörungen, Blockbildern oder Ischämiezeichen im EKG) und Blutdruck-Verhalten (z.B. ein überschießender oder fehlender Blutdruckanstieg). Zu den subjektiven Beschwerden zählen Symptome wie zunehmende, erhebliche und inadäquate Dyspnoe, Angina pectoris (AP) und Schwindel. Zum anderen sind höhergradige Rhythmusstörungen wie Vorhofflattern, ein neu aufgetretenes Vorhofflimmern oder (supra-) ventrikuläre Tachykardien (> 30 Sekunden) als Abbruchindikationen definiert. Auch gehäufte und polytope Extrasystolen, sowie vermehrte Couplets, Salven, ventrikuläre Extrasystolen oder ein R- auf T-Phänomen sollten eine Beendigung der Belastung zur Folge haben. Weiterhin gelten im EKG detektierbare progrediente Erregungsleitungsstörungen als Kriterium, so z.B. zunehmende QRS-Verbreiterungen oder ein neu aufgetretener Linksschenkelblock. Eine im Vergleich zum Ruhe-EKG bei Belastung zunehmende Erregungsrückbildungsstörung (z.B. neue ST-Senkungen, horizontale ST-Senkungen über 0,2 mV, progrediente ST-Strecken-Hebung über 0,1 mV) oder das Auftreten einer schweren Überleitungsstörung (z.B. AV-Block III°) gelten ebenfalls als Grund für einen Abbruch der Belastung. Hinzu kommen pathologische Veränderungen der Hämodynamik wie ein fehlender HF-Anstieg, ein Blutdruckabfall, ein mangelhafter Blutdruckanstieg (unter 10mmHg pro Belastungsstufe; mögliche Einschränkung der kardialen Pumpfunktion) oder ein übermäßiger Blutdruckanstieg (z.B. >250/130 mmHg bei Patienten). Insbesondere bei gut trainierten Leistungssportlern ist jedoch ein Blutdruck >250/130 mmHg tolerierbar.

### 3.2.6.2 Besonderheiten der Abbruchkriterien

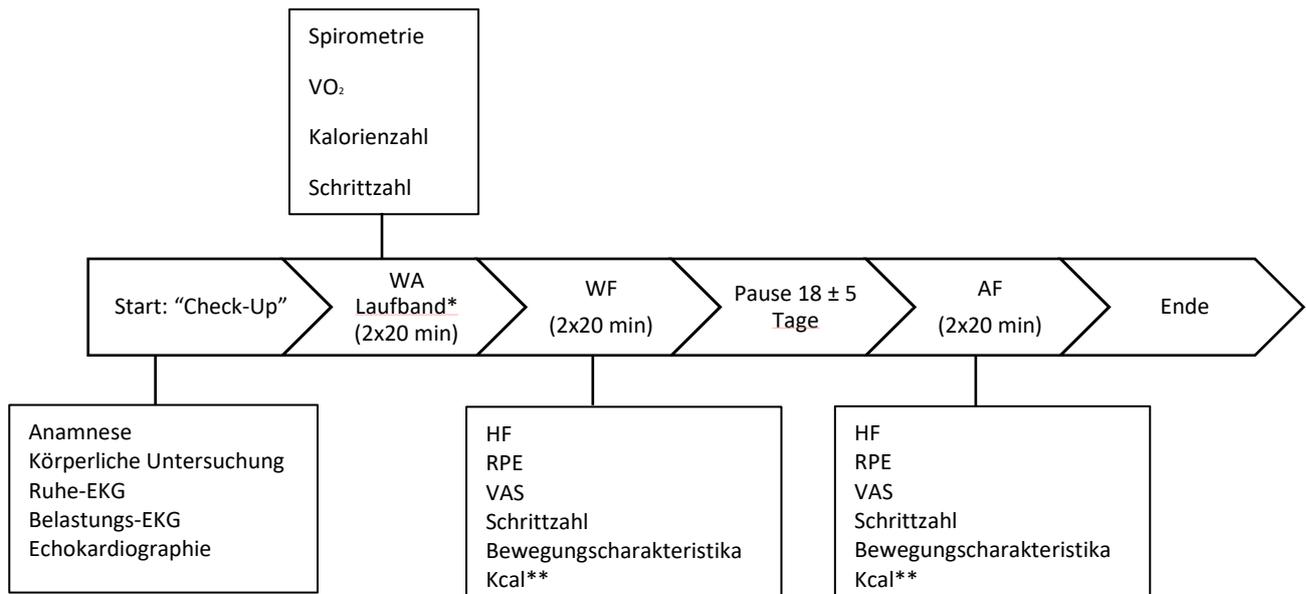
Ein ungenügender Blutdruckanstieg während der ersten Belastungsstufe bei zuvor in Ruhe erhöhtem Blutdruck ist nicht als Abbruchkriterium zu werten. Dabei gilt zu beachten, dass die Abbruchkriterien je nach Erfahrung des Arztes und den vorhandenen Möglichkeiten einer sofortigen Therapie bei Auftreten von Komplikationen mehr oder weniger strikt zu befolgen sind. Beispielsweise kann eine Belastungsuntersuchung bei Auftreten von ST-Senkungen  $\geq 0,2$  mV bei fehlender AP-Symptomatik in der Klinik weitergeführt werden. Im Falle einer Ergometrie im ambulanten Bereich außerhalb eines Krankenhauses (wie in der vorliegenden Studie) sollen die Kriterien jedoch möglichst eingehalten werden.

## 3.3 Studiendesign

### 3.3.1 Studienteil 1

Nach unauffälliger Eingangsuntersuchung absolvierten im ersten Studienteil 20 männliche AF-Spieler (Alter  $67 \pm 8$  Jahre) ein Spiel WF (nach den Regeln der Walking Football Association [WFA, 2019]) und im Abstand von  $18 \pm 5$  Tagen ein Spiel AF (nach dem Regelwerk des Deutschen Fußballbundes). [70] Austragungsort waren die Sportplätze (Kunstrasen) der beiden Fußballvereine. Gespielt wurden jeweils zwei Halbzeiten zu je 20 min mit 5 Spielern pro Mannschaft auf Mini-Tore (120 cm breit, 80 cm hoch) ohne Torwart. Die Spielfeldgröße lag bei 25 m Breite bzw. 35 m Länge und war für das WF- bzw. AF-Spiel identisch. Zwischen den Halbzeiten wurde 5 min pausiert. Es erfolgte eine kontinuierliche Aufzeichnung der HF mittels Pulsuhr und Brustgurt (Garmin Forerunner 235, Olathe [Kansas, USA]) während des gesamten Spiels, während der Halbzeit und bis zu 5 min nach dem Spiel. Die Trainingsintensität wurde relativ zur  $HF_{max}$  ( $\%HF_{max}$ ) beschrieben und zusätzlich als MET ausgedrückt, das durch den mittleren Herzfrequenzanstieg bei Belastung gegenüber der Ruhe-HF (NetHR) berechnet wurde, was sich bereits als gültige Methode für Menschen mittleren Alters und ältere Menschen, die regelmäßig an Gehprogrammen teilnehmen, erwiesen hat. Die Formel lautet  $MET = 1.265780 + 0.109479 \times NetHR$ . [11] Zudem wurde das subjektive Anstrengungsempfinden (RPE) mit Hilfe der Borg-Skala (6-20) unmittelbar nach jeder Halbzeit abgefragt. Zur Bestimmung der belastungsinduzierten Schmerzen fand die visuelle Analogskala (VAS, 0-100%) Anwendung. Die AF-Spieler gaben Ihre empfundene Schmerzintensität sowohl vor und direkt nach dem Training, als auch 24, 48 und 72 Stunden danach an. Eine Videokameraaufzeichnung (Panasonic HC-V180 Full-HD Camcorder, Kadoma, Präfektur Osaka, Japan) erfolgte zur Bestimmung der Gesamtschrittzahl und folgender Bewegungscharakteristika (jeweils manuelle Zählung): Ausfallschritte, Rückwärtsschritte, Richtungswechsel  $>90^\circ$ , Zweikämpfe,

Torschüsse, Pässe, Standzeit. Hierzu wurde die Kamera am Spielfeldrand positioniert, sodass das gesamte Spielfeld und somit jeder Spieler beobachtet und analysiert werden konnte. Weiterhin absolvierten alle AF-Spieler eine WA-Einheit bei individueller maximaler Gehgeschwindigkeit auf dem Laufband (2x20 min mit 5-minütiger Pause). Hierbei erfolgte eine Atemgasmessung zur Kalkulation des Kalorienverbrauchs (indirekte Kalorimetrie) und eine Ermittlung der Schrittzahl (Videokameraaufzeichnung).



**Abbildung 2:** Schematische Darstellung des Studienablaufs (Studienteil 1: AF-Spieler) Eingangsuntersuchung (Check-Up). Elektrokardiographie (EKG). Walking (WA). Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ). Kilokalorien (kcal). Walking Fußball (WF). Herzfrequenz (HF). Rate of perceived exertion (RPE). Visuelle Analogskala (VAS). Altherren-Fußball (AF). \*WA Laufband mit Spirometrie fand bei 10 AF-Spielern im Rahmen des „Check-Ups“ statt, bei weiteren 10 AF-Spielern um  $31 \pm 11$  Tage später. \*\*Kalorienkalkulation auf Basis der ermittelten Werte im Rahmen des Walkingtests auf dem Laufband.

### 3.3.2 Spirometrie

Die 20 AF-Spieler absolvierten zusätzlich eine Trainingseinheit von 2 x 20 min (mit 5-minütiger Pause) auf dem Laufbandergometer (analog einer WF-Einheit, s.o.), bei der Sie nach eigener Maßgabe „zügig gehen“ sollten. In einem Probelauf wurde zunächst die subjektive maximale Gehgeschwindigkeit festgelegt, bei der noch eine Dauerleistung über das o.g. Zeitintervall subjektiv vorstellbar war. Dieser subjektive Geschwindigkeitsbereich lag bei  $1,4 \pm 0,2$  m/s ( $5,04 \pm 0,72$  km/h).

#### 3.3.2.1 Testvorbereitung

Vor jeder Testung wurde das Spirometrie-Gerät nach 30-minütiger Aufwärmphase kalibriert, um etwaige Messungenauigkeiten zu vermeiden. Dabei erfolgte zunächst eine Gaskalibration durch Messung der Umgebungsluft und des Eichgases (2-Punkt-Kalibration). Im Anschluss erfolgte die Kalibration des Volumens durch manuelle

Bedienung der 3-Liter-Eichpumpe. Kurz vor dem Test wurde erneut eine kurze Vorabmessung der Umgebungsluft durchgeführt, um möglichst gleichbleibende Atemgaswerte ermitteln zu können. Den AF-Spielern wurde eine je nach Gesichtsform passende Hans-Rudolph-Gesichtsmaske über Mund und Nase gehalten, auf Dichtigkeit an den der Gesichtshaut aufliegenden Rändern überprüft und mit elastischen Bändern am Kopf fixiert. An die Öffnung der Maskenvorderseite wurde ein Triple-V-Volumensensor konnektiert. Anhand der Drehzahl dieses Volumensensors (Kalkulation durch einen Infrarotsensor) wurde das Atemminutenvolumen bestimmt.

### **3.3.2.2 Ruhemessung und Startphase**

Zunächst wurde für eine Minute eine Atemgas-Ruhemessung (Sauerstoffaufnahme  $VO_2$  [Liter], Kohlenstoffdioxidabgabe  $VCO_2$  [Liter], Atemminutenvolumen  $VE$  [Liter/Minute], Respiratorischer Quotient  $RQ$  [ $VCO_2/VO_2$ ]) durchgeführt. Nach Installation einer Videokamera hinter dem Laufband zur exakten Zählung der Schritte pro Test (Ermittlung der verbrauchten Kalorien pro Schritt) wurde die Walking-Einheit unter kontinuierlicher Atemgasmessung begonnen.

### **3.3.2.3 Messtechnik und Monitoring**

Bei dieser Walking-Einheit wurden die Atemgasparameter mit dem Mischkammer-Spiroergometrie-Gerät MetaMax II (Cortex, Biophysik GmbH, Leipzig, Deutschland) kontinuierlich (Messintervall 10s) erfasst. Messtechnisch betrachtet wird bei der Spirometrie die Expirationsluft über ein Nafion-Trockenschlauchsystem in eine 30-ml-Mischkammer geleitet, in welcher Sauerstoff- (mittels Zirkoniumzelle) und Kohlendioxid-Konzentration (Infrarot-Analysator) bestimmt werden. Mit Hilfe der ermittelten  $O_2$ - und  $CO_2$ -Konzentrationen in der Expirationsluft erfolgt automatisch die Berechnung von  $VO_2$  und  $VCO_2$  zu jedem der Messzeitpunkte, welche am Monitor dargestellt wird. Zur Ermittlung der  $VO_2$  erfolgt die Multiplikation des  $VE$  mit der Differenz aus  $O_2$ -Konzentration in der Umgebungsluft und Expirationsluft. Auf die gleiche Weise erfolgt die Berechnung der  $VCO_2$ . Alle ermittelten Werte wurden über die gesamte Dauer der Belastung monitorisiert und auf Plausibilität überprüft. Für die Bestimmung der Mittelwerte von  $VO_2$ ,  $VCO_2$  und  $RQ$  pro 20 min Walking (entspricht einer Halbzeit) wurden 4 Messzeitpunkte ca. alle 5 min herangezogen. Neben der Spirometrie erfolgte die kontinuierliche Aufzeichnung eines EKGs zur Bestimmung der mittleren HF (Mittelwertbestimmung: Auslesen mit dem EKG-Lineal zu 4 Messzeitpunkten in 5-min-Intervallen).

Weiterhin wurde jeder AF-Spieler nach der Belastung nach der empfundenen Belastungsintensität anhand der Borg-Skala (RPE, siehe Abbildung 3) von 6 bis 20 befragt.

6	Überhaupt nicht anstrengend
7	
8	Extrem leicht
9	Sehr leicht
10	
11	Leicht
12	
13	Etwas anstrengend
14	
15	anstrengend
16	
17	Sehr anstrengend
18	
19	Extrem anstrengend
20	Maximal anstrengend

**Abbildung 3:** Subjektives Anstrengungsempfinden (Rate of perceived exertion - RPE; Borg-Skala)

### 3.3.2.4 Indirekte Kalorimetrie

Mittels indirekter Kalorimetrie konnte der Kalorienverbrauch berechnet werden. Die indirekte Kalorimetrie ist eine nicht-invasive Methode zur Berechnung des Energieverbrauchs. Hierbei wird zunächst die verbrauchte Sauerstoffmenge (Differenz aus Sauerstoffaufnahme [Sauerstoffkonzentration in der Inspirationsluft] und -abgabe [Sauerstoffkonzentration in der Expirationsluft]) gemessen. Ist das kalorische Äquivalent bekannt (bei in Europa üblicher Ernährung näherungsweise 4,8 kcal/l Sauerstoff bzw. 20,2 kJ/l Sauerstoff), lässt sich der Energieumsatz durch Multiplikation der O<sub>2</sub>-Aufnahme und des kalorischen Äquivalentes berechnen.

Der Kalorienverbrauch pro Zeit (Energieverbrauch [kcal] pro 40 min Gehen) wurde in der vorliegenden Studie anhand folgender Formel berechnet [30]:

$$(0,550 \cdot VCO_2) - (4,471 \cdot VO_2)$$

Um nun den Kalorienverbrauch pro Schritt festzulegen, wurde das Ergebnis dividiert durch die Anzahl der Schritte in den 40 min. Der Kalorienverbrauch pro Schritt wurde im weiteren Verlauf der Studie als Grundlage zur Berechnung des Kalorienverbrauchs bei den beiden Fußballereinheiten (WF und AF) verwendet.

### 3.3.2.5 Respiratorischer Quotient

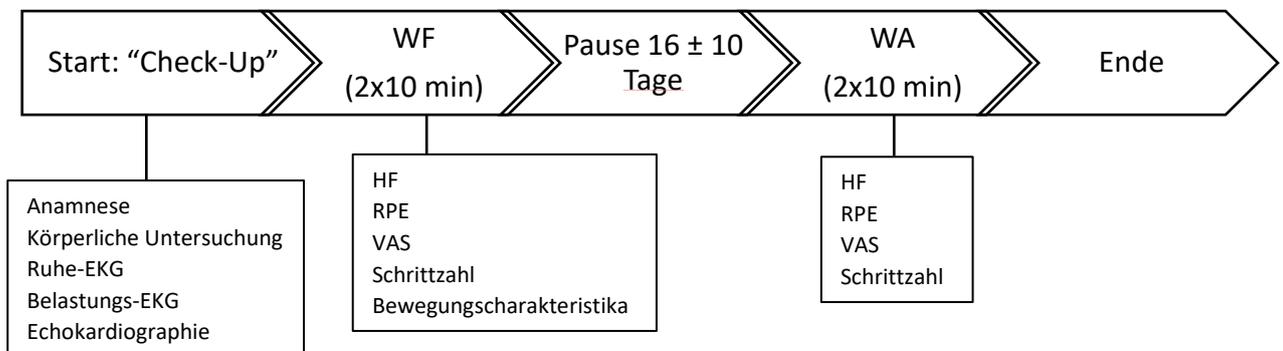
Der RQ gibt das Verhältnis  $VCO_2 / VO_2$  an. Mithilfe des RQ kann wiederum auf die Ernährung geschlossen werden: Der RQ beträgt für Kohlenhydrate 1,0, für Proteine 0,8 und für Fette 0,7. Ein  $RQ > 1,15$  gilt in der Ergometrie als Ausbelastungskriterium. [44] Aufgrund des bei Belastung durch anaerobe Glykolyse vermehrt anfallenden Laktats erfolgt zum Zwecke der Regulation des Blut-pH-Wertes eine kompensatorisch erhöhte renale Bikarbonat-Rückresorption. Durch die enzymatische Reaktion der Carboanhydrase (Edukte Bikarbonat [=Puffer] und  $H^+$ -Ionen reagieren zu den Produkten  $H_2O$  und  $CO_2$ ) kommt es zunehmend zu einem  $CO_2$ -Anstieg im Blut und kompensatorisch zu einer vermehrten  $CO_2$ -Abatmung, die sich in einem Anstieg des RQ widerspiegelt.

### 3.3.3 Studienteil 2

In Studienteil 2 absolvierten nach unauffälliger Eingangsuntersuchung 18 internistische Patienten (13 männlich, 5 weiblich) aus der Herz- und Präventivsportgruppe der Universität des Saarlandes (Alter  $69 \pm 10$  Jahre) zunächst ein Spiel WF nach den Regeln der Walking Football Association (WFA, 2019). [70] Gespielt wurde WF im Modus 5 gegen 5 (Präventivsport) oder 4 gegen 4 (Herzsport) ohne Torwart auf Mini-Tore (120 x 80cm). Das Spielfeld war 16m breit und 20m bzw. 18m lang (Kunstrasen der Universität des Saarlandes, Saarbrücken).

Nach  $16 \pm 10$  Tagen erfolgte ein WA-Test auf der 400 m messenden Kunststoffbahn des Landessportverbandes für das Saarland an der Hermann-Neuberger-Sportschule in Saarbrücken. Jeder Patient konnte nach eigenem Empfinden das Lauftempo eigenständig wählen. Die Belastungsdauer betrug sowohl beim WF als auch beim WA  $2 \times 10$  min mit einer Pause von 5 min. Während der Tests, der Halbzeit und bis zu 5 min danach erfolgte jeweils die kontinuierliche Aufzeichnung der HF mittels Pulsuhr und Brustgurt. Die Ermittlung der MET erfolgte im Nachhinein durch Berechnung des mittleren Herzfrequenzanstiegs bei Belastung gegenüber der Ruhe-HF (NetHR). Die Formel zur Berechnung lautet  $MET = 1.265780 + 0.109479 \times NetHR$ . [11] Die Patienten wurden unmittelbar nach der Belastung nach ihrem subjektiven Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6-20) befragt. Die Schmerzintensität wurde vor, direkt nach Belastung und 24, 48, 72 Stunden später mittels VAS erfasst. Durch eine Videoaufzeichnung konnte die Gesamtschrittzahl der Patienten bestimmt werden (manuelle Zählung). Zusätzlich erfolgte beim WF die Ermittlung der Bewegungscharakteristika (Gesamtschrittzahl, Ausfallschritte, Rückwärtsschritte, Richtungswechsel  $>90^\circ$ ). Beim WF wurde die Videokamera auf der Tribüne seitlich

des Spielfeldes so platziert, dass das gesamte Spielfeld und somit jeder Patient erfasst wurde. Beim WA wurden die Patienten auf der Laufbahn durch drei Untersucher per Handykamera begleitet, um aus möglichst kurzer Distanz präzise die Schrittzahl erfassen zu können. Hierbei wurde jedem Untersucher eine nach zu erwartender Leistungsfähigkeit (basierend auf der Eingangsuntersuchung) möglichst homogene Kleingruppe an Patienten zugeteilt mit dem Ziel ein individuell tolerierbares Lauftempo ohne Gefahr eines „Auseinanderziehens der Gruppe“ zu ermöglichen. Die Untersucher folgten den Patienten während der Walking-Einheit mit einem Abstand von etwa fünf Metern, sodass alle Patienten im Kamerablickfeld waren und gleichermaßen motiviert werden konnten. Anhand der Videoaufzeichnung konnten die zurückgelegten Schritte jedes Patienten im Anschluss gezählt werden.



**Abbildung 4:** Schematische Darstellung des Studienablaufs (Studienteil 2: Internistische Patienten) Eingangsuntersuchung (Check-Up). Elektrokardiographie (EKG). Walking Fußball (WF). Herzfrequenz (HF). Rate of perceived exertion (RPE). Visuelle Analogskala (VAS). Walking (WA; auf 400 Meter-Bahn).

### 3.4 Standardisierung der Untersuchungen

Die untersuchten Belastungsformen (WF, AF, WA) fanden in einem Abstand von mindestens 7 Tagen bis maximal 32 Tagen statt, um zu gewährleisten, dass es bedingt durch muskuläre Ermüdung oder belastungsinduzierte Schmerzen zu keiner negativen Beeinflussung der erhobenen Daten kommt und kein nennenswerter Trainingseffekt (setzt individuell verändertes Training voraus) über die Zeit eintritt. Hierzu wurden die Probanden angehalten, ihr gewohntes Training in Umfang und Intensität während der Studie wie üblich weiter zu führen und konstant zu halten.

In Studienteil 1 lag der zeitliche Abstand zwischen WF und AF bei  $18 \pm 5$  Tagen. Die WA-Einheit auf dem Laufband fand bei 10 AF-Spielern im Rahmen des „Check-Ups“ statt, bei weiteren 10 AF-Spielern um  $31 \pm 11$  Tage später. In Studienteil 2 lag das Zeitintervall zwischen WF und WA bei  $16 \pm 10$  Tagen. Ort und Uhrzeit aller Testungen genauso wie die Spielfeldgröße blieben konstant, um eine reproduzierbare Belastungssituation erreichen zu können. In beiden Studienteilen erfolgte auch ein standardisiertes Aufwärmprogramm vor den Fußballspielen (WF oder AF). Das

Aufwärmprogramm beinhaltete eine 5-minütige Laufübung (das sog. Lauf-ABC bestehend aus lockerem Laufen vorwärts und rückwärts, Seitsprüngen mit Armeinsatz, Anfersen (die Fersen werden im Lauf abwechselnd an das Gesäß herangeführt), Kniehebelauf, Skippings, Hopslerlauf und Beine seitwärts überkreuzen) sowie eine 5-minütige Passübung mit dem Ball auf kurze Distanz. Vor der WA-Einheit wurde kein spezifisches Aufwärmprogramm durchgeführt. Um sicherzustellen, dass es während dem WF- oder AF-Spiel durch fehlende Bälle (z.B. ein Ball wurde fernab des Spielfelds geschossen) zu keiner längeren Pause und somit zu keinem übermäßigen Abfall der Belastungsintensität kam, wurden durch die Untersucher Ersatzbälle um das Spielfeld herum in greifbarer Nähe platziert. Auf einen Torwart wurde bewusst verzichtet, um sicherzustellen, dass alle Spieler gleichmäßig in Bewegung sind und somit derselben kardiozirkulatorischen und muskuloskelettalen Belastung ausgesetzt werden.

### **3.5 Untersuchungsvorbereitungen**

Vor den Belastungsformen (WF, AF, WA) wurde jeder Proband mit einer Pulsuhr und entsprechendem Brustgurt ausgestattet und mit dem Gerät vertraut gemacht. Die eigenständige Bedienung durch den Probanden wurde auf einen einzigen Knopfdruck (Start der Aufzeichnung) beschränkt, um die Wahrscheinlichkeit einer Fehlbedienung gering zu halten. Die erhobenen Herzfrequenzdaten konnten nach der Untersuchung mit dem Softwareprogramm Garmin Express Version 7.7.0.0 ausgewertet werden.

Für die Videoanalyse der Bewegungscharakteristika wurden folgende Definitionen festgelegt:

1. Ausfallschritte: Schritt mit Körperschwerpunktverlagerung nach vorne oder zur Seite bei einem Winkel  $> 90^\circ$  zwischen linkem und rechtem Bein.
2. Rückwärtsschritte: Schritte nach hinten mit der Ferse voran.
3. Richtungswechsel: Wechsel der Fortbewegungsrichtung durch Drehung des gesamten Körpers um  $>90^\circ$ .
4. Zweikämpfe: Anhaltender Körperkontakt zwischen Spielern gegnerischer Mannschaften mit dem bewussten Ziel des Ballgewinnes oder Verteidigung des Ballbesitzes (ausgenommen: offensichtlich unbeabsichtigte Kontakte).
5. Torschüsse: Schüsse auf oder in Richtung des Tores (erkennbare Absicht der Torerzielung).
6. Pässe: Zuspiel des Balles in Richtung eines Mitspielers.
7. Standzeit: Zeit an einer fixen Stelle ohne Fortbewegung.

### **3.6 Ermittlung der primären Endpunkte und statistische Analyse**

Alle gewonnenen Daten wurden in Excel (Microsoft Corporation®, Excel® 2019 MSO; Version 2204, Redmond, USA) eingegeben und auf Plausibilität geprüft. Fehlende HF-Werte wurden anhand ihres Verlaufs extrapoliert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Microsoft® Excel®. Alle vorliegenden Daten wurden mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft und bei Normalverteilung mit Mittelwert und Standardabweichung beschrieben. Nicht normalverteilte Variablen wurden als Median mit Interquartilsabstand (25 %- / 75 %-Quantil) angegeben. Tabellarische und graphische Darstellungen erfolgte durch die Programme Word® – Microsoft Corporation® (Version 16051.15128.20178.0) und Powerpoint® (Microsoft 365, Microsoft Corporation®, Redmond, USA).

Statistische Vergleiche wurden bei normalverteilten Variablen mit Hilfe des t-Tests für abhängige Stichproben durchgeführt. Vergleiche nicht-normalverteilter Variablen wurden mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test untersucht. Die Assoziationen zwischen zwei Variablen wurden anhand des Pearson-Korrelationskoeffizienten berechnet. Unterschiede in den zeitlichen Verläufen der muskuloskelettalen Schmerzwahrnehmung wurden mit Hilfe einer zweifach wiederholten ANOVA verglichen. Der Variationskoeffizient (VC) wurde nach der folgenden Formel berechnet:  $VC = \text{Standardabweichung} / \text{Mittelwert} \times 100$ .

Das Signifikanzniveau für die statistischen Tests wurde folgendermaßen definiert:

$p > 0,05$  = nicht signifikant

$p \leq 0,05$  = signifikant

$p \leq 0,01$  = hoch signifikant

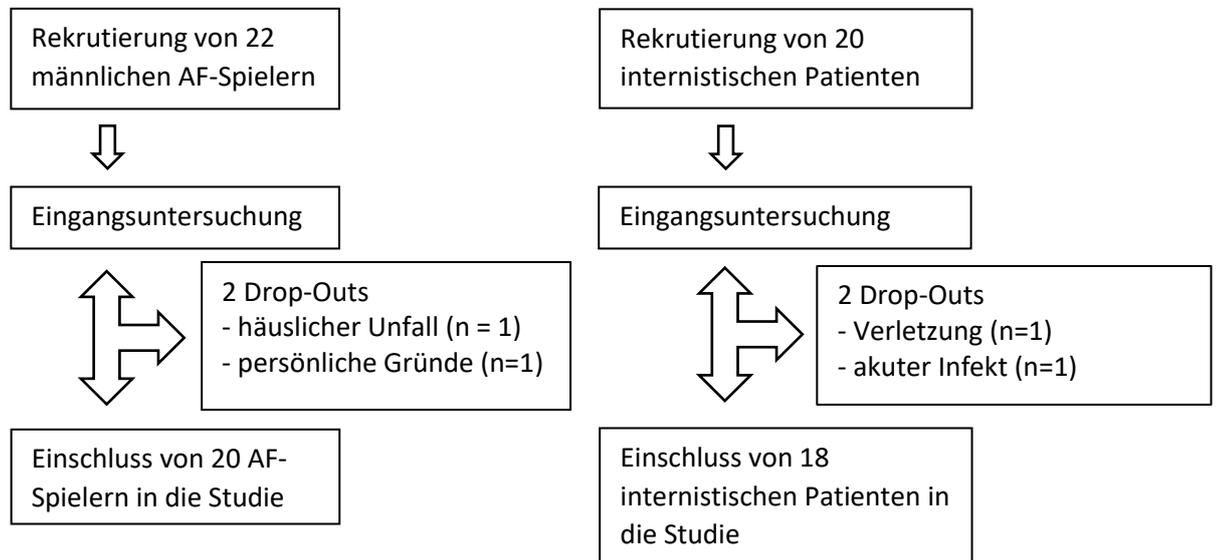
$p \leq 0,001$  = höchst signifikant

### **3.7 Primäre und sekundäre Endpunkte**

In beiden Studienteilen wurden als primäre Endpunkte die maximale und durchschnittliche Herzfrequenz bei Belastung, das subjektive Belastungs- (RPE) und Schmerzempfinden (VAS) sowie als sekundärer Endpunkt die Schrittzahl definiert. Der Kalorienverbrauch und die Bewegungscharakteristika stellten in Studienteil 1 weitere sekundäre Endpunkte dar.

## 4. Ergebnisse

Nach Rekrutierung und Durchführung der Eingangsuntersuchungen wurden schließlich 20 AF-Spieler und 18 internistische Patienten in die Studie eingeschlossen (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Flowchart über die Rekrutierung und Einschluss der AF-Spieler und der internistischen Patienten. Anzahl (n). Altherren-Fußball (AF).

### 4.1 Eingangsuntersuchungen der AF-Spieler (Studienteil 1)

#### 4.1.1 Anthropometrische Daten

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die anthropometrischen Daten der 20 männlichen AF-Spieler.

Parameter	MW $\pm$ SD	Min. - Max.
Alter [Jahre]	67 $\pm$ 8	53 - 79
Größe [cm]	176 $\pm$ 7	167 - 190
Gewicht [kg]	82 $\pm$ 8	67 - 97
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	26,5 $\pm$ 2,3	23,2 - 31,1

**Tabelle 3:** Anthropometrische Daten der 20 AF-Spieler. Darstellung als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Body-Mass-Index (BMI).

#### 4.1.2 Kardiovaskuläre Risikofaktoren

Insgesamt wiesen 80 % und 45 % der AF-Spieler  $\geq 1$  bzw.  $> 1$  kardiovaskulären Risikofaktor auf. Die detaillierte Verteilung der Risikofaktoren ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl	[%]
0	4	20
1	7	35
2	4	20
3	4	20
4	0	0
5	1	5
Gesamt	20	100

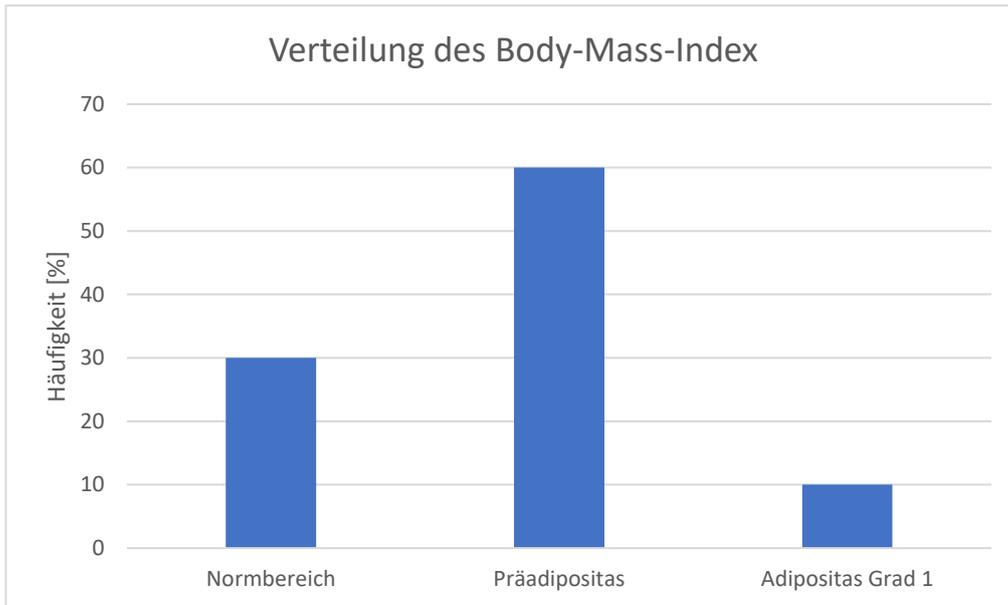
**Tabelle 4:** Anzahl der kardiovaskulären Risikofaktoren der 20 AF-Spieler.

In Tabelle 5 sind die Häufigkeiten und die Verteilung der einzelnen kardialen Risikofaktoren detailliert dargestellt. Keiner der AF-Spieler berichtete über einen aktuellen Nikotinkonsum. Fünf Studienteilnehmer berichteten über einen zurückliegenden Nikotinkonsum von durchschnittlich  $20 \pm 3$  pack years.

Risikofaktor	Anzahl	[%]
Positive Familienanamnese	2	10
Hypercholesterinämie	13	65
Adipositas (BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> )	2	10
Diabetes Mellitus Typ 2	1	5
Arterielle Hypertonie (> 140/90 mmHg)	9	45
Nicotinkonsum	0	0
Ehemaliger Nikotinkonsum	5	25

**Tabelle 5:** Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren unter den 20 AF-Spielern. Body-Mass-Index (BMI). Millimeter-Quecksilbersäule (mmHg).

Abbildung 6 zeigt die Verteilung des BMI. Zur Definition der Adipositas anhand des BMI wurde die S3-Leitlinie zur „Prävention und Therapie der Adipositas“ herangezogen. [14] Insgesamt lagen 30% im Bereich des Normalgewichtes (BMI 18,5 - 24,9 kg/m<sup>2</sup>). Aus der Gruppe der AF-Spieler wiesen 70% einen BMI oberhalb des Normalbereiches auf. Dabei lagen 60% im prä-adipösen (BMI 25,0 - 29,9 kg/m<sup>2</sup>) und 10% im adipösen (BMI 30,0 - 34,9 kg/m<sup>2</sup>) Bereich (Adipositas Grad 1). Kein AF-Spieler wies eine Adipositas Grad 2 (BMI 35,0 - 39,9 kg/m<sup>2</sup>) oder 3 (BMI  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>) auf.



**Abbildung 6:** Verteilung des Body-Mass-Index der 20 AF-Spieler. Altherren-Fußball (AF).

#### 4.1.3 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck

Der Ruhe-Blutdruck der Patienten lag bei  $133 \pm 16$  mmHg systolisch (Bereich: 110 – 180 mmHg) und  $80 \pm 8$  mmHg diastolisch (Bereich: 68 – 100 mmHg). Die Ruhe-HF der AF-Spieler lag bei  $63 \pm 8$  Schläge/min (Bereich: 49 - 79 Schläge/min). Alle AF-Spieler wiesen einen Sinusrhythmus auf. Die Befunde der Ruhe-EKGs sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Befund	Anzahl (n=20)	[%]
Bradykardie (<60 Schläge/min)	5	25
Sinusrhythmus	20	100
Überdrehter Linkstyp	2	10
Linkstyp	10	50
Indifferenztyp	8	40
Inkompletter Rechtsschenkelblock	6	30
Kompletter Rechtsschenkelblock	1	5
Linksanteriorer Hemiblock	2	10
AV-Block I°	2	10
Verzögerte R-Progression	1	5
Isolierte T-Negativierungen	2	10
T-Negativierungen in 2 benachbarten Ableitungen (lateral)	1	5
Frühe Repolarisation	5	25
Ventrikuläre Extrasystolen	2	10

**Tabelle 6:** Befundung der Ruhe-EKGs der 20 AF-Spieler. Minute (min). Atrioventrikulärer Block ersten Grades (AV-Block I°).

Tabelle 7 zeigt die Auffälligkeiten der Belastungs-EKGs der 20 AF-Spieler.

Befund	Anzahl (n=20)	[%]
Belastungsinduzierter Linksschenkelblock	1	5
Aszendierende, nicht-signifikante ST-Senkungen	5	25
Isolierte ventrikuläre Extrasystolen	6	30
Inferolaterale T-Negativierungen	1	5
Supraventrikuläre Runs	1	5

**Tabelle 7:** Auffälligkeiten in den Belastungs-EKGs der 20 AF-Spieler.

#### 4.1.4 Weitere Vorerkrankungen

Tabelle 8 zeigt neben den o.g. kardialen Risikofaktoren die Vorerkrankungen der AF-Spieler. Vier der 20 AF-Spieler berichteten von einer KHK, einer von ihnen erlitt bereits einen Myokardinfarkt. Bei einem AF-Spieler lag anamnetisch eine Koronaranomalie im Sinne einer Muskelbrücke vor.

Vorerkrankungen	Anzahl	[%]
KHK	4	20
Koronaranomalie	1	5
Generalisierte Atherosklerose	1	5
Hyperurikämie	2	10
Z.n. SHT	1	5
Hypothyreose	1	5
Asthma bronchiale	1	5
Morbus Parkinson	1	5
Z.n. Onkozytom	1	5
Z.n. Prostatakarzinom	1	5
Z.n. Ileus	1	5
Arthrose des Kniegelenks	1	5
Degenerative Veränderungen der WS	8	40
Rezidivierende Prostatitis	1	5
Z.n. Urolithiasis	1	5
Z.n. Hörsturz	1	5
Z.n. Kompartmentsyndrom	1	5
BPS	2	10

**Tabelle 8:** Vorerkrankungen der 20 AF-Spieler. Zustand nach (Z.n.). Koronare Herzkrankheit (KHK). Schädel-Hirn-Trauma (SHT). Wirbelsäule (WS). Benignes Prostatasyndrom (BPS).

#### 4.1.5 Medikamenten-Anamnese

Tabelle 9 zeigt die Verteilung der eingenommenen Medikamente unter den 20 AF-Spielern. Von 9 AF-Spielern mit bekannter arterieller Hypertonie wiesen alle eine antihypertensive Medikation auf. Fünf AF-Spieler wurden mit einer Monotherapie behandelt, ein weiterer AF-Spieler mit einer 2-fach-Kombination und 3 AF-Spieler mit einer 3-fach-Kombination. Bei 6 von 13 AF-Spielern mit Hypercholesterinämie bestand eine Therapie mit Statinen, wobei 2 von den 6 AF-Spielern zusätzlich zum Statin den Cholesterol-Resorptionshemmer Ezetimib einnahmen.

Medikament	Anzahl	[%]
Betablocker	2	10
ACE-Hemmer	1	5
AT1-Rezeptor-Antagonisten	6	30
Calcium-Antagonisten	5	25
Diuretika	3	15
Statine	6	30
Ezetimib	2	10
Thrombozyten-aggregationshemmer	4	20
Orale Antidiabetika	1	5
L-Thyroxin	1	5
PPI	1	5
LABA	1	5
$\alpha$ -Rezeptorblocker	2	10
Allopurinol	2	10
Levodopa	1	5

**Tabelle 9:** Übersicht der Medikamenteneinnahme der 20 AF-Spieler. Angiotensin-Converting-Enzyme (ACE). Angiotensin 1 - Rezeptorblocker (AT1-Rezeptor-Antagonisten). Protonen-Pumpen-Inhibitor (PPI). Long Acting Beta-Agonist (LABA).

#### 4.1.6 Befunde der Echokardiographie

In der Echokardiographie zeigte sich bei allen 20 AF-Spielern eine erhaltene EF ( $\geq 52\%$ ) ohne eindeutig erkennbare Wandbewegungsstörungen. Insgesamt konnte bei acht AF-Spielern eine Wandverdickung (PW oder IVS 12 mm), bei vier weiteren eine beginnende Hypertrophie (PW oder IVS  $\geq 13$  mm) und bei zwei AF-Spielern eine definitive Hypertrophie (PW oder IVS  $\geq 14$  mm) der linksventrikulären posterioren Wand bzw. des interventrikulären Septums dargestellt werden. Der diastolische Diameter der Aortenwurzel zeigte sich bei zwei AF-Spielern leichtgradig erweitert ( $\geq 40$ mm), maximal bis 41 mm im Sinne einer beginnenden Aortenektasie. Bei fünf AF-Spielern (LAESV-Index 35 – 49 ml/m<sup>2</sup>) zeigte sich ein dilatiertes linkes Atrium (LAESV-Index  $> 34$  ml/m<sup>2</sup>). In sechs Fällen (RA-Fläche 19 – 27 cm<sup>2</sup>) wurde eine rechtsatriale Dilatation (RA-Fläche  $> 18$  cm<sup>2</sup>) festgestellt. Drei AF-Spieler wiesen eine biatriale Dilatation auf. Die enddiastolischen Diameter für den linken und rechten Ventrikel waren bei keinem der AF-Spieler vergrößert. Die Aortenklappen-Bioprothese des AF-Spielers mit Z.n. Aortenklappenersatz zeigte eine gute Funktion ohne relevante Gradienten (AVmeanPG = 12 mmHg) und fehlenden Hinweisen auf eine paravalvuläre Leckage.

Weiterhin konnte bei zwei AF-Spielern eine diastolische Relaxationsstörung (E/A 0,9 und E/E´12,4 bzw. E/A 1 und E/E´ 15,8) festgestellt werden. Eine Übersicht der echokardiographischen Daten ist in Tabelle 10 dargestellt.

Parameter [Einheit]	MW ± SD	Min. – Max.
EF (biplan) [%]	62,1 ± 4,1	54 – 71
IVSd [mm]	11,8 ± 1,4	9 – 15
PWd [mm]	10,9 ± 1,1	9 -13
Aortenwurzel [mm]	32,3 ± 5,7	18 – 41
LAESV-Index [ml/m <sup>2</sup> ]	29,6 ± 8,8	14,8 – 48,7
RA-Fläche [cm <sup>2</sup> ]	16,5 ± 4,4	9 – 27,1
LVEDD [mm]	47,4 ± 4,0	40 – 53
RVEDD [mm]	35,6 ± 2,7	31 – 40
TAPSE [mm]	28,4 ± 3,8	22 – 36
RVSP [mmHg] (n= 14)	20,9 ± 9,0	10,6 – 35,4
E´[cm/s] (von 18)	9,4 ± 2,8	5 – 17
A´[cm/s] (von 18)	10,4 ± 3,1	1,3 – 15
E/É	7,8 ± 3,2	1,8 – 15,8
E/Á	0,9 ± 0,4	0,5 – 1,6
E max [m/s]	0,8 ± 0,2	0,5 – 1,1
A max [m/s]	0,7 ± 0,2	0,3 – 1,3
E/A	1,0 ± 0,4	0,8 – 2,7

**Tabelle 10:** Echokardiographische Daten der 20 AF-Spieler. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Anzahl (n). Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (EF biplan n. Simpson). Interventrikuläre Septumdicke diastolisch (IVSd). Posteriore Wand diastolisch (PWd). Diastolischer Aortenwurzel-Diameter. Linksatriales endsystolisches Volumen bezogen auf die Körperoberfläche (LAESV-Index). Rechtsatriale Fläche (RA-Fläche). Linksventrikulärer enddiastolischer Diameter (LVEDD). Rechtsventrikulärer enddiastolischer Diameter (RVEDD). Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE; die systolische Exkursion des Trikuspidalklappenrings in longitudinaler Achse als Ausdruck der rechtsventrikulären Funktion); Right ventricular systolic pressure (RVSP; rechtsventrikuläre Druckbelastung bei Trikuspidalklappeninsuffizienz); Passive, frühdiastolische Mitralanulusgeschwindigkeit (É) bzw. spätdiastolische, aktive Mitralanulusgeschwindigkeit (Á) und deren Quotienten E/É [zur Abschätzung des linksventrikulären enddiastolischen Drucks, LVEDP] bzw. E/A [Maß der diastolischen Funktion]). Maximale Geschwindigkeit des passiven, frühdiastolischen Einstromprofils in die linke Herzkammer (E max). Maximale Geschwindigkeit des aktiven [Vorhofkontraktion], spätdiastolischen Einstroms in den linken Ventrikel (A max).

Insgesamt fanden sich bei 13 AF-Spielern leichtgradige Herzklappeninsuffizienzen bzw. ein Klappenreflux (Tabelle 11), jedoch keine Herzklappenstenosen. Am häufigsten lag eine Insuffizienz bzw. Reflux der Mitralklappe (55%, 11 von 20 AF-Spielern) vor, gefolgt von einer Insuffizienz bzw. Reflux der Trikuspidalklappe (35%, 7 von 20 AF-Spielern). Höhergradige Herzklappenvitien wurden nicht beobachtet. Bei 2 AF-Spielern fand sich eine leicht sklerosierte Aortenklappe ohne relevanten Gradienten (AVmaxPG 12 mmHg bzw. 14 mmHg).

Vitium	Ausprägung	Anzahl	[%]
Mitralklappen- Insuffizienz	Reflux	1	5
	I°	8	40
	I-II°	2	10
	II°	0	0
	II-III°	0	0
Aortenklappen- Insuffizienz	Reflux	0	0
	I°	2	10
	I-II°	0	0
	II°	0	0
	II-III°	0	0
Trikuspidalklappen- Insuffizienz	Reflux	1	5
	I°	5	25
	I-II°	1	5
	II°	0	0
	II-III°	0	0

**Tabelle 11:** Übersicht der Herzklappeninsuffizienzen der 20 AF-Spieler. Jeder Spieler wies eine physiologische Pulmonalklappeninsuffizienz auf, welche hier nicht explizit aufgelistet wurde.

#### 4.1.7 Laufband-Ergometrie

In Studienteil 1 wurden 19 der 20 AF-Spieler mittels Laufband-Ergometrie getestet. Ein AF-Spieler absolvierte die Ergometrie aufgrund koordinativer Schwierigkeiten bei Morbus Parkinson stattdessen auf dem Fahrrad. Dabei wurde im Mittel eine maximale Leistung (absolut) von  $3 \pm 0,5$  m/s erreicht. Die minimal erreichte Leistung lag bei 2,2 m/s, die maximal erreichte Leistung bei 3,9 m/s. Bei allen AF-Spielern war eine subjektive muskuläre (periphere) oder allgemeine Erschöpfung der Grund des Belastungsabbruchs. Es wurden weder kardiale noch muskuloskelettale Symptome angegeben.

Die maximale HF lag bei  $163 \pm 14$  Schläge/min (Bereich: 132-180 Schläge/min), der maximale systolische Blutdruck bei  $218 \pm 19$  mmHg (Bereich: 180 - 250 mmHg). Die  $VO_{2max}$  betrug durchschnittlich  $3154 \pm 507$  ml·min<sup>-1</sup> (Bereich: 2380 - 4067 ml·min<sup>-1</sup>) bzw.  $38 \pm 5$  ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> (Bereich: 30 - 49 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>).

#### 4.1.8 Laborbefunde

Die Laborbefunde der AF-Spieler aus dem Jahr 2021 sind Tabelle 12 zu entnehmen. Somit waren alle Werte zum Zeitpunkt der Studie weniger als ein Jahr alt. Da diese Werte von den jeweiligen Hausärzten übermittelt wurden, wurden nicht bei jedem AF-Spieler dieselben Blutparameter bestimmt. Bei zwei AF-Spielern konnte eine Hypertriglyceridämie nachgewiesen werden. Bei sieben AF-Spielern zeigte sich eine Erhöhung des LDL-Cholesterins, hiervon stand ein AF-Spieler unter medikamentöser Therapie mit einem Statin. Fünf der sechs AF-Spieler unter Statin-Therapie wiesen ein normwertiges LDL-Cholesterin auf. Bei einem AF-Spieler mit bekanntem Diabetes mellitus Typ 2 wurde ein erhöhter HbA1c- (7,7%) und Nüchtern-Blutglukose-Wert (159 mg/dl) nachgewiesen.

Parameter [Einheit]	MW ± SD	Min. – Max.
Hämoglobin [g/dl] (n=18)	15,5 ± 1,0	13,1 – 17,0
Hämatokrit [%] (n=17)	44,3 ± 2,7	38,3 – 48,0
Erythrozyten [1/pl] (n=17)	4,9 ± 0,3	4,2 – 5,5
Leukozyten [1/nl] (n=18)	5,6 ± 1,4	3,6 – 7,7
Thrombozyten [1/nl] (n=17)	229 ± 49	155 – 320
Triglyceride [mg/dl] (n=15)	111 ± 54	64 – 265
Gesamt-Cholesterin [mg/dl] (n=20)	207(IQR 153-261)	108 – 291
HDL-Cholesterin [mg/dl] (n=12)	52 (IQR 42-62)	35 – 88
LDL-Cholesterin [mg/dl] (n=17)	125 ± 41	51 – 193
HbA1c [%] (n=8)	5,7 ± 0,3	5,0 – 7,7
Glucose nüchtern [mg/dl] (n=17)	96 ± 10	80 – 159
Kreatinin [mg/dl] (n=19)	1,1 ± 0,15	0,9 – 1,3
Natrium [mmol/l] (n=7)	140 (IQR 139-141)	131 – 142
Kalium [mmol/l] (n=14)	4,6 ± 0,45	3,8 – 5,5

**Tabelle 12:** Laborbefunde der 20 AF-Spieler. Darstellung als Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Interquartilsabstand (IQR). Anzahl (n). High-Density-Lipoprotein (HDL). Low-Density-Lipoprotein (LDL). Glykiertes Hämoglobin (HbA1c).

## 4.2 Studienteil 1: Walking, Walking Fußball und Altherren-Fußball (AF-Spieler)

### 4.2.1 Walking (Laufbandergometer)

Tabelle 13 sind die Ergebnisse des 2x20-minütigen WA-Tests auf dem Laufband (mit 5 min Pause dazwischen) zu entnehmen. Es werden die Parameter  $VO_{2max}$ ,  $VCO_{2max}$ , respiratorischer Quotient (RQ), Schrittzahl, durchschnittliche HF und RPE sowie der Kalorienverbrauch angegeben. Die maximale Gehgeschwindigkeit wurde im Vorhinein individuell festgelegt und über die gesamte Belastungsdauer beibehalten.

	Parameter	MW $\pm$ SD	Min. – Max.
In Ruhe	RQ	0,88 $\pm$ 0,08	0,77 – 1,06
	HF [Schläge/min]	63 $\pm$ 8	49 – 79
Gesamt (über 40 min)	$VO_2$ [l·min <sup>-1</sup> ]	1,17 $\pm$ 0,2	0,74 – 1,54
	$VCO_2$ [l·min <sup>-1</sup> ]	1,03 $\pm$ 0,2	0,63 – 1,43
	RQ	0,88 $\pm$ 0,04	0,81 – 0,97
	Schritte	4677 $\pm$ 291	4160 – 5249
	Kalorien [kcal]	189 $\pm$ 34	120 – 268
	Geschwindigkeit [m/s]	1,4 $\pm$ 0,2	0,5 – 1,6
	HF [Schläge/min]	98 $\pm$ 10	81 – 111
	RPE (Borg 6-20)	12 $\pm$ 1	10 – 13
	Kcal/min	4,7 $\pm$ 0,8	3,0 – 6,1
	Kcal/Schritt	0,04 $\pm$ 0,01	0,03 – 0,06

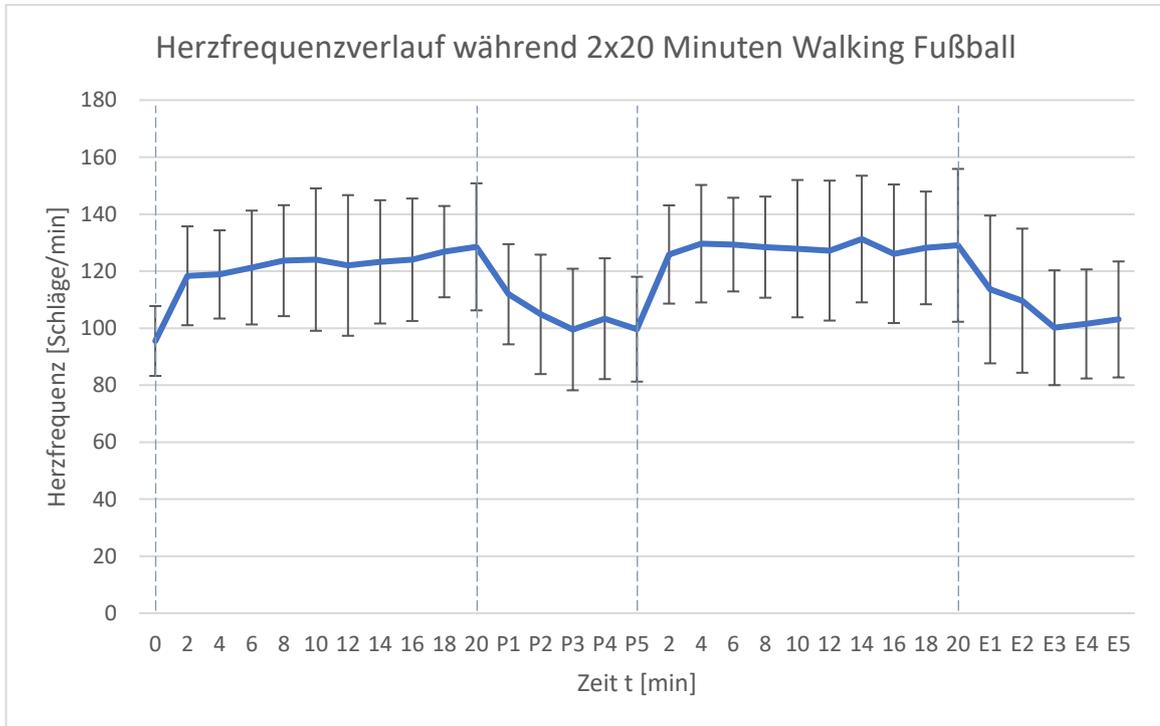
**Tabelle 13:** Laufband-Spirometrie der 20 AF-Spieler. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ). Kohlendioxidabgabe ( $VCO_2$ ). Respiratorischer Quotient (RQ). Herzfrequenz (HF). Rate of perceived exertion (RPE).

### 4.2.2 Walking Fußball

#### 4.2.2.1 Herzfrequenz-Verhalten

Abbildung 7 zeigt den Verlauf der mittleren HF der 20 AF-Spieler im Verlauf eines 40-minütigen WF-Spiels (aufgeteilt in 2 Halbzeiten à 20min) inklusive einer 5-minütigen Pause und 5-minütiger Erholungsphase mit Messintervallen von 2 min und 1 min während bzw. nach der Belastung. Dabei zeigte sich im Laufe der ersten Halbzeit ein Anstieg von  $96 \pm 12$  Schläge/min vor der Belastung auf  $129 \pm 22$  Schläge/min zum Ende der 20 Minuten ( $p < 0,001$ ). In der zweiten Halbzeit zeigte sich nach 5-minütiger Pause ein Anstieg von  $100 \pm 18$  Schläge/min auf  $129 \pm 27$  Schläge/min ( $p < 0,001$ ). Bereits drei Minuten nach der ersten ( $100 \pm 21$  Schläge/min,  $p = 0,42$ ) bzw. der zweiten ( $100 \pm 20$  Schläge/min,  $p = 0,33$ ) Halbzeit unterschied sich der HF-Mittelwert nicht mehr

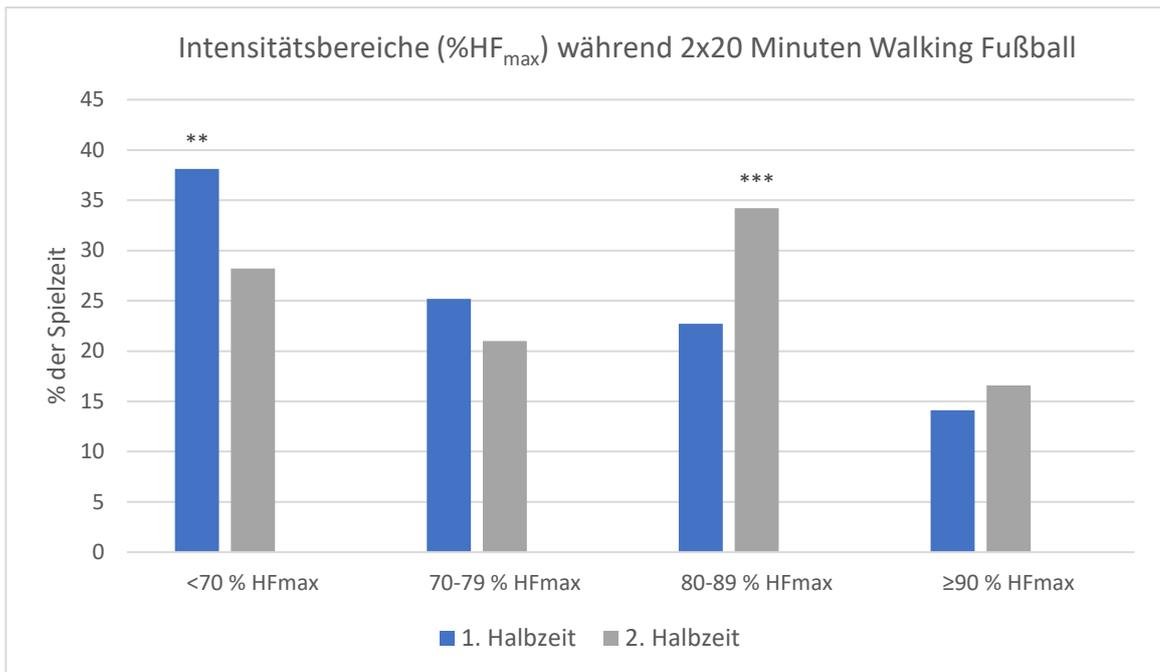
signifikant von dem HF-Mittelwert vor Belastung ( $96 \pm 12$  Schläge/min). Sowohl bei Belastung, als auch während der Pause und Erholungsphase, war die HF zu jedem Zeitpunkt signifikant höher als die Ruhe-HF ( $63 \pm 8$  Schläge/min), die im Ruhe-EKG bestimmt wurde (zu jedem Messzeitpunkt  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 7:** Herzfrequenzverläufe von 20 AF-Spielern während 2x20 min Walking Fußball. Darstellung der Herzfrequenz als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 20 Minuten) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende des Spiels. Minute (min).

#### 4.2.2.2 Intensitätsbereiche

Die Intensitätsbereiche ( $< 70\% HF_{max}$ ,  $70-79\% HF_{max}$ ,  $80-89\% HF_{max}$ ,  $\geq 90\% HF_{max}$ ), bei denen die AF-Spieler, prozentual an der Spielzeit gemessen, das WF-Spiel bestritten, sind Abbildung 8 zu entnehmen. Der Intensitätsbereich  $\geq 90\% HF_{max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $14 \pm 27\%$  der Zeit erreicht, in der zweiten Halbzeit waren es  $17 \pm 20\%$  ( $p=0,6$ ). In der ersten Halbzeit erreichten die AF-Spieler in  $23 \pm 20\%$  und in der zweiten Halbzeit in  $34 \pm 22\%$  der Zeit  $80-89\%$  ihrer  $HF_{max}$  ( $p < 0,001$ ). Der Intensitätsbereich  $70-79\% HF_{max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $25 \pm 21\%$  der Zeit erreicht, in der zweiten Halbzeit in  $21 \pm 15\%$  ( $p=0,42$ ). Weniger als  $70\% HF_{max}$  wurden in  $38 \pm 34\%$  (1. Halbzeit) bzw.  $28 \pm 31\%$  der Zeit (2. Halbzeit) erreicht ( $p < 0,01$ ).



**Abbildung 8:** Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz (HF<sub>max</sub> ermittelt in der Ergometrie) von 20 AF-Spielern während des 2x20-minütigen Walking-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit. Bei Signifikanz: p<0,05 (\*), p<0,01 (\*\*), p<0,001 (\*\*\*)

Die durchschnittliche HF der AF-Spieler war mit  $120 \pm 16$  Schläge/min in der ersten Halbzeit signifikant niedriger ( $p < 0,005$ ) als in der zweiten Halbzeit ( $128 \pm 17$  Schläge/min). Die höchste HF (=HF<sub>peak</sub>) während des WF-Spiels war in der ersten Halbzeit ( $147 \pm 16$  Schläge/min) niedriger ( $p < 0,05$ ) als in der zweiten Halbzeit ( $153 \pm 17$  Schläge/min). In der ersten Halbzeit lag die HF<sub>peak</sub> bei neun AF-Spielern  $\geq 90\%$  HF<sub>max</sub>, in der zweiten Halbzeit waren es 15 AF-Spieler. Bei acht AF-Spielern lag die HF<sub>peak</sub> in Halbzeit 1 bei 80-89% der HF<sub>max</sub>, in Halbzeit 2 waren es drei AF-Spieler. In der ersten Halbzeit lag HF<sub>peak</sub> bei einem Spieler im Bereich 70-79% HF<sub>max</sub>, in Halbzeit 2 bei keinem. In der ersten sowie zweiten Halbzeit lag HF<sub>peak</sub> bei jeweils einem AF-Spieler  $< 70\%$  HF<sub>max</sub>.

#### 4.2.2.3 Schritte während des WF-Spiels

Die Anzahl der Schritte (siehe Tabelle 14), welche mittels Videoaufnahme manuell gezählt wurden, betrug in den ersten 20 Minuten durchschnittlich  $1929 \pm 203$  Schritte. In der zweiten Halbzeit wurden  $1893 \pm 271$  Schritte zurückgelegt. Somit lag kein Unterschied ( $p = 0,3$ ) zwischen den Halbzeiten vor. Verglichen mit dem WA-Test ( $4677 \pm 291$  Schritte) auf dem Laufband wurden beim WF-Spiel ( $3822 \pm 452$  Schritte) signifikant weniger Schritte ( $\Delta 855 \pm 465$  Schritte, 95% KI 651 - 1059 Schritte) zurückgelegt ( $p < 0,001$ ).

	Schritte (MW ± SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	1929 ± 203	1560 – 2375
Halbzeit 2	1893 ± 271	1080 – 2399
Gesamt	3822 ± 452	2734 – 4774

**Tabelle 14:** Anzahl der Schritte von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

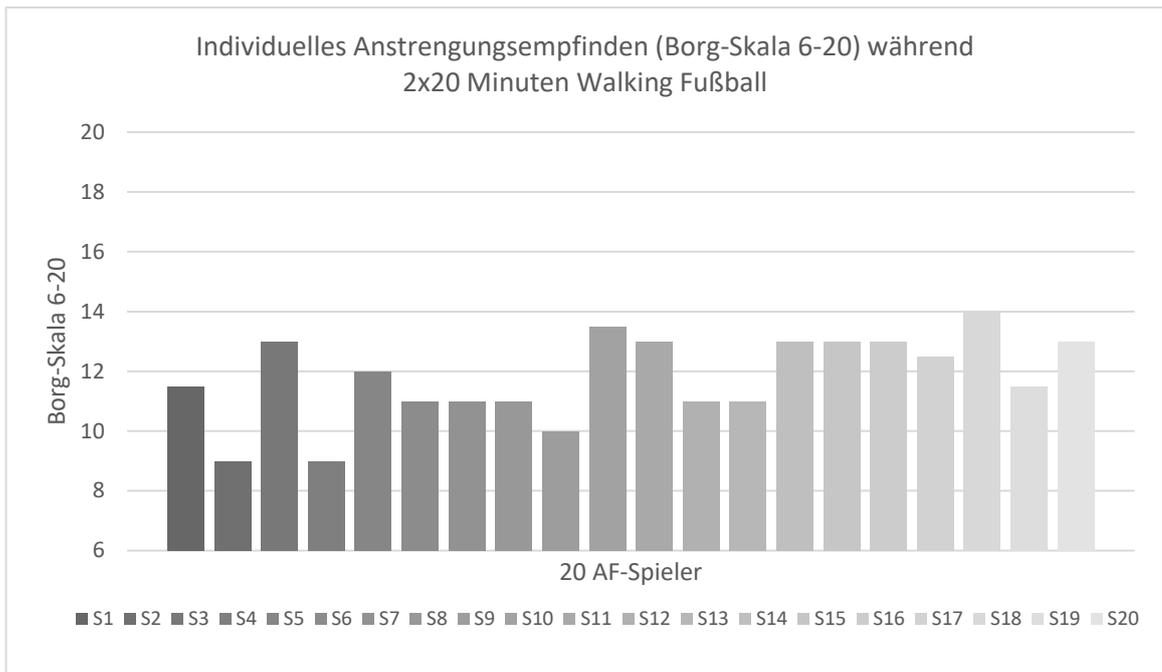
#### 4.2.2.4 Subjektives Anstrengungsempfinden

Mithilfe der Borg-Skala (6-20) wurde das subjektive Anstrengungsempfinden der AF-Spieler objektiviert. Eine Übersicht ist Tabelle 15 zu entnehmen. Die Spieler empfanden WF als „sehr leicht“ (9) bis „etwas anstrengend bis anstrengend“ (14). Kein Spieler gab jedoch „extrem leicht“ (8) oder niedriger bzw. „anstrengend“ (15) oder höher an. Durchschnittlich wurde WF mit „leicht bis etwas anstrengend“ (12) bewertet.

	RPE (MW ± SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	11,7 ± 1,5	9 – 14
Halbzeit 2	12 ± 1,5	9 – 14

**Tabelle 15:** Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Die individuellen RPE-Angaben jedes AF-Spielers während 2x20 min WF sind in Abbildung 9 dargestellt. Dabei entspricht 6 „überhaupt nicht anstrengend“ und 20 „maximal anstrengend“.



**Abbildung 9:** Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 20 AF-Spieler während 2x20 Minuten Walking Fußball. Spieler (S).

#### 4.2.2.5 Schmerzempfinden

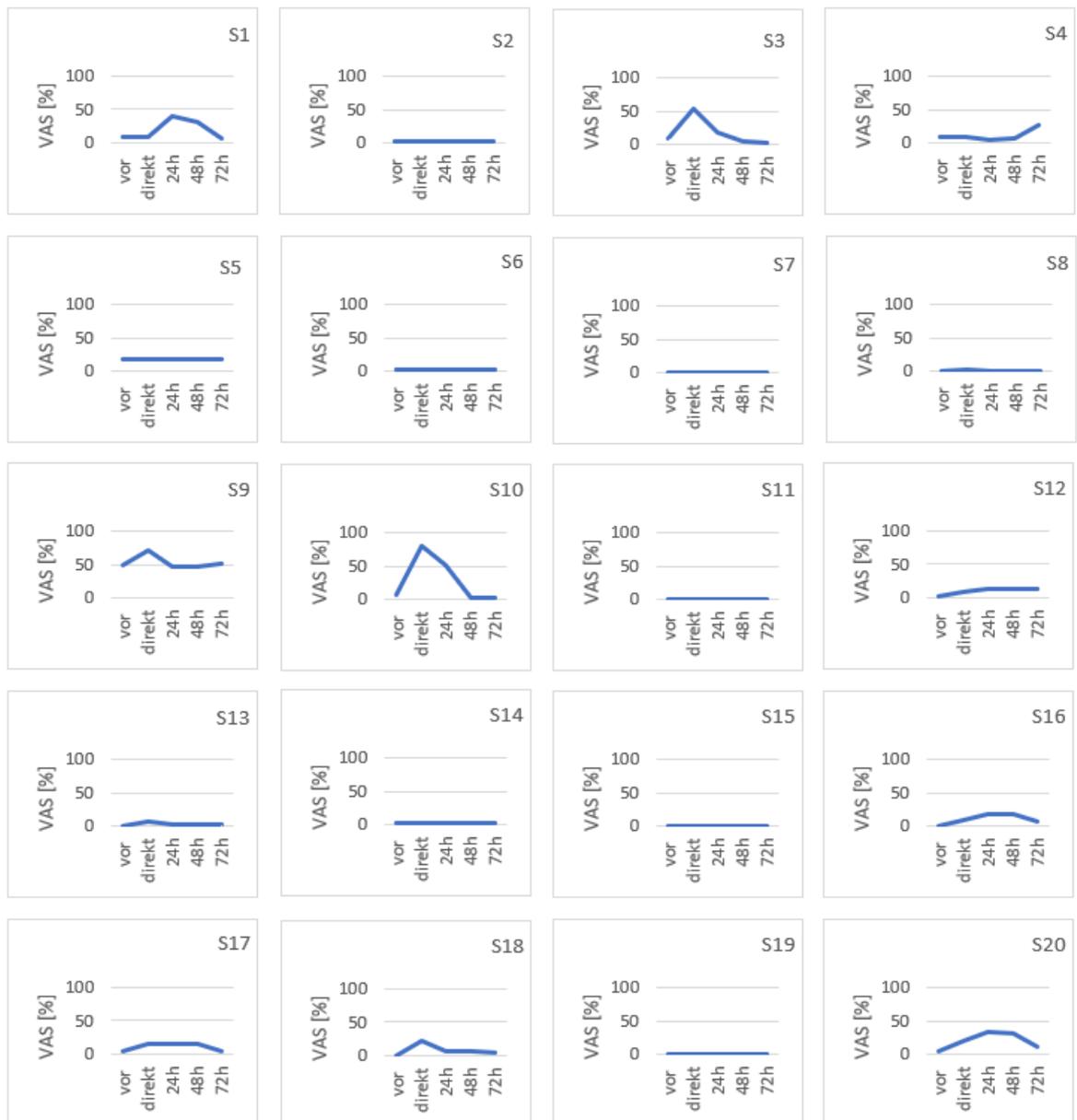
Das subjektive Schmerzempfinden der AF-Spieler vor und nach dem WF-Spiel wurde mit Hilfe der VAS (0-100%, 0=kein Schmerz, 100=maximaler Schmerz) beurteilt. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 16.

	VAS (Median, IQR)	Min. – Max.
Vor dem Spiel	3,2 (0 – 7,7)	0 – 50
Direkt nach dem Spiel	9,1 (3,4 – 19,1)	0 – 81
24 Stunden nach dem Spiel	5,9 (2,7 – 18,2)	0 – 53
48 Stunden nach dem Spiel	4,1 (2,7 – 16,9)	0 – 47
72 Stunden nach dem Spiel	3,6 (2,7 – 7,8)	0 – 51

**Tabelle 16:** Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 20 AF-Spielern vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einem Walking-Fußballspiel. Darstellung als Median und Interquartilsabstand (IQR), Minimum (Min) und Maximum (Max).

In Abbildung 10 sind die individuellen Angaben auf der VAS von jedem der 20 AF-Spieler (S1-S20) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach dem WF-Spiel dargestellt. Hier wird deutlich, dass 10 AF-Spieler ausgehend vom Ausgangsniveau von 3,2% (0,0 – 7,7%) keine Änderung des Schmerzempfindens im zeitlichen Verlauf (Anstieg = 0%) beschrieben. Sechs der AF-Spieler beschrieben einen Anstieg der Schmerzen um maximal 25% auf der VAS ausgehend vom Schmerzniveau vor der Belastung. Drei Spieler gaben einen Anstieg der Schmerzen

um maximal 26-50% an, bei einem Spieler wurde nach dem WF-Spiel ein Anstieg der Schmerzen um 74% auf der VAS erreicht. Insgesamt gaben 4 AF-Spieler bis zum 3. Tag nach dem WF-Spiel an, keine Schmerzen zu haben (VAS=0%). Die maximal nach dem Spiel erreichten Schmerzen waren bei 10 AF-Spielern leicht (VAS=1-25%), bei 3 AF-Spielern moderat (VAS=26-50%) und bei 3 AF-Spielern deutlich erhöht (VAS>50%).



**Abbildung 10:** Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach. Dargestellt sind die Verläufe des individuellen Schmerzempfindens jedes einzelnen AF-Spielers (Spieler 1-20=S1-S20).

#### 4.2.2.6 Kalorienverbrauch

Der Kalorienverbrauch beim WF lag durchschnittlich bei  $154 \pm 37$  kcal pro 40 min WF mit einer interindividuellen Variabilität von 91 – 277 kcal. Die Angaben für die erste und zweite Halbzeit sind in Tabelle 17 dargestellt.

	Kilokalorien (MW $\pm$ SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	$78 \pm 18$	47 – 138
Halbzeit 2	$77 \pm 20$	44 – 139
Gesamt	$154 \pm 37$	91 – 277

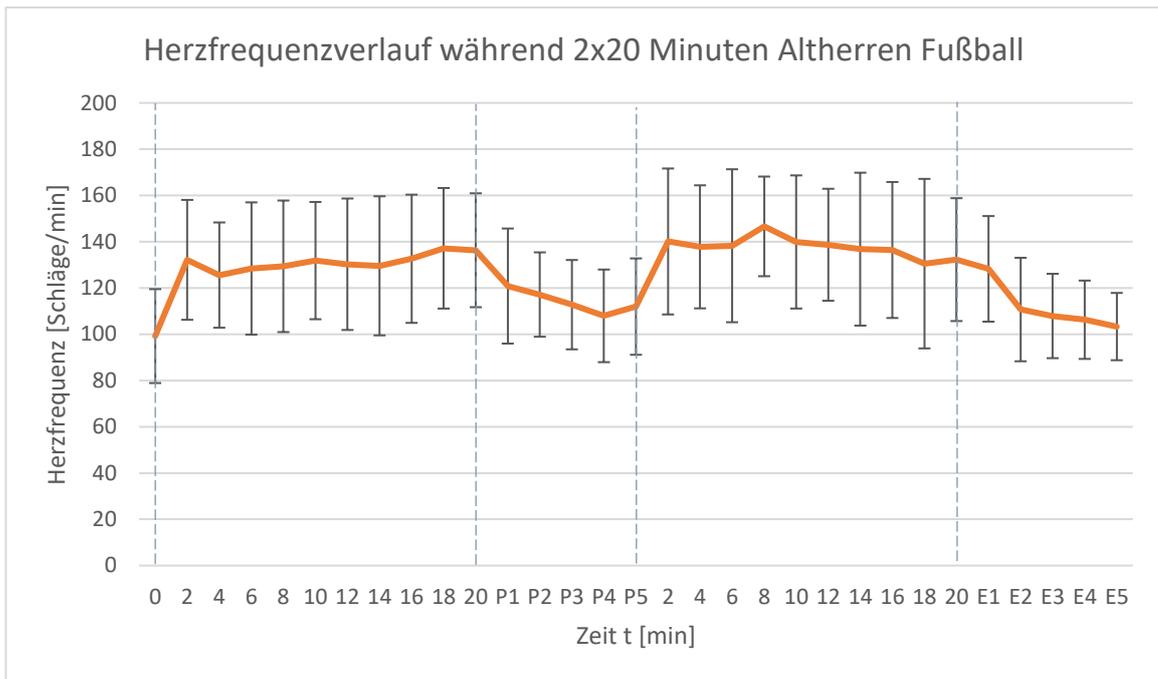
**Tabelle 17:** Kalorienverbrauch [kcal] von 20 AF-Spielern während 2x20 min Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Der Kalorienverbrauch zwischen erster ( $78 \pm 18$  kcal) und zweiter Halbzeit WF ( $77 \pm 20$  kcal) unterschied sich nicht ( $p=0,36$ ). Während des WA-Tests auf dem Laufband ( $189 \pm 34$  kcal pro 40 min) wurden signifikant ( $p<0,001$ ) mehr Kilokalorien verbraucht als während des WF-Spiels ( $154 \pm 37$  kcal pro 40 min).

#### 4.2.3 Altherren-Fußball

##### 4.2.3.1 Herzfrequenz-Verhalten

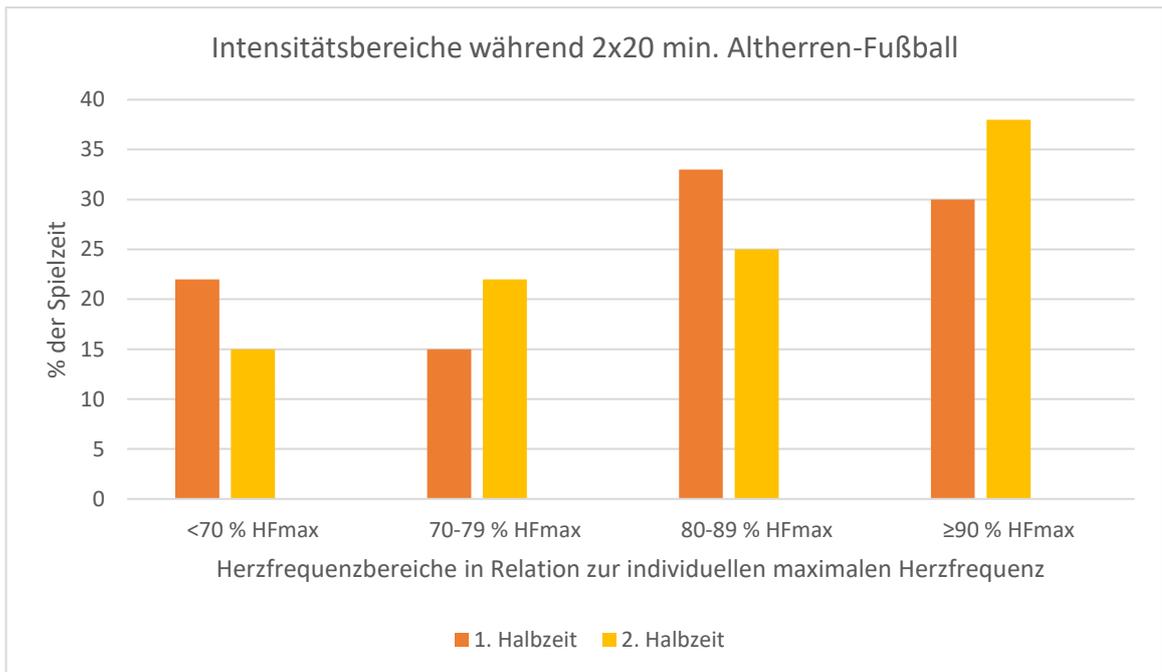
In Abbildung 11 ist der Verlauf der mittleren HF der 20 AF-Spieler während eines 40-minütigen AF-Spiels (aufgeteilt in 2 Halbzeiten à 20 min) inklusive einer 5-minütigen Pause und einer 5-minütigen Erholungsphase mit Messintervallen von 2 min während bzw. 1 min nach der Belastung dargestellt. Im Verlauf der ersten Halbzeit zeigte sich ein Anstieg von  $99 \pm 20$  Schläge/min vor der Belastung auf  $136 \pm 25$  Schläge/min am Ende der ersten Halbzeit ( $p<0,001$ ). In der zweiten Halbzeit zeigte sich nach 5-minütiger Pause ein Anstieg von  $112 \pm 21$  auf  $132 \pm 27$  Schläge/min ( $p=0,01$ ). Die HF unterschied sich bereits vier Minuten nach der ersten ( $108 \pm 20$  Schläge/min,  $p=0,19$ ) bzw. zwei Minuten nach der zweiten ( $111 \pm 22$  Schläge/min,  $p=0,09$ ) Halbzeit nicht mehr signifikant von der HF vor Belastung ( $99 \pm 20$  Schläge/min).



**Abbildung 11:** Herzfrequenzverläufe von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball. Darstellung der Herzfrequenz als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 20 Minuten) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende des Spiels. Minute (min).

#### 4.2.3.2 Intensitätsbereiche

Die prozentuale Spielzeit pro Halbzeit in den Intensitätsbereichen  $<70\% HF_{\max}$ ,  $70-79\% HF_{\max}$ ,  $80-89\% HF_{\max}$ ,  $\geq 90\% HF_{\max}$  sind Abbildung 12 zu entnehmen. Im Intensitätsbereich  $>90\% HF_{\max}$  wurden in der ersten Halbzeit  $30 \pm 35\%$  der Spielzeit absolviert, in der zweiten Halbzeit waren es  $38 \pm 29\%$  ( $p=0,06$ ). In der ersten Halbzeit waren die AF-Spieler in  $33 \pm 24\%$  und in der zweiten Halbzeit in  $25 \pm 18\%$  der Spielzeit im Bereich  $80-89\% HF_{\max}$  ( $p=0,24$ ). Der Intensitätsbereich  $70-79\% HF_{\max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $15 \pm 15\%$  der Spielzeit und in der zweiten Halbzeit in  $22 \pm 23\%$  der Spielzeit erreicht ( $p=0,22$ ). Im Bereich  $<70\% HF_{\max}$  wurden  $22 \pm 28\%$  der Spielzeit der 1. Halbzeit bzw.  $15 \pm 25\%$  der Spielzeit der 2. Halbzeit absolviert ( $p=0,19$ ).



**Abbildung 12:** Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz (HF<sub>max</sub>, ermittelt in der Ergometrie) von 20 AF-Spielern während des 2x20-minütigen Altherren-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit. Minuten (min).

Die durchschnittliche HF der AF-Spieler lag bei  $130 \pm 21$  Schläge/min in der ersten bzw.  $136 \pm 25$  Schläge/min in der zweiten Halbzeit ( $p=0,11$ ). Die höchste HF (=HF<sub>peak</sub>) betrug  $163 \pm 17$  Schläge/min in der ersten bzw.  $165 \pm 18$  Schläge/min in der zweiten Halbzeit ( $p=0,32$ ). In der ersten bzw. zweiten Halbzeit lag HF<sub>peak</sub> bei 15 bzw. 16 AF-Spielern bei > 90% der HF<sub>max</sub>. In der ersten und zweiten Halbzeit betrug HF<sub>peak</sub> bei jeweils 3 AF-Spielern 80-89% der HF<sub>max</sub>. In Halbzeit 1 lag HF<sub>peak</sub> bei einem AF-Spieler im Bereich 70-79% HF<sub>max</sub>. In der ersten sowie zweiten Halbzeit lag HF<sub>peak</sub> bei keinem AF-Spieler <70%HF<sub>max</sub>.

#### 4.2.3.3 Schritte während des AF-Spiels

Die Anzahl der Schritte betrug in den ersten 20 Minuten durchschnittlich  $1959 \pm 244$  Schritte, während in der zweiten Halbzeit mit  $1843 \pm 335$  Schritten signifikant ( $p<0,05$ ) weniger Schritte zurückgelegt wurden (siehe Tabelle 18). Verglichen mit dem WA-Test ( $4677 \pm 291$  Schritte) auf dem Laufband wurden beim AF-Spiel ( $3801 \pm 541$  Schritte) signifikant weniger Schritte ( $\Delta 876 \pm 590$  Schritte, 95% KI 617 – 1134 Schritte) zurückgelegt ( $p<0,001$ ).

	Schritte (MW ± SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	1959 ± 244	1432 – 2367
Halbzeit 2	1843 ± 335	1058 – 2246
Gesamt	3801 ± 541	2510 – 4613

**Tabelle 18:** Anzahl der Schritte von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

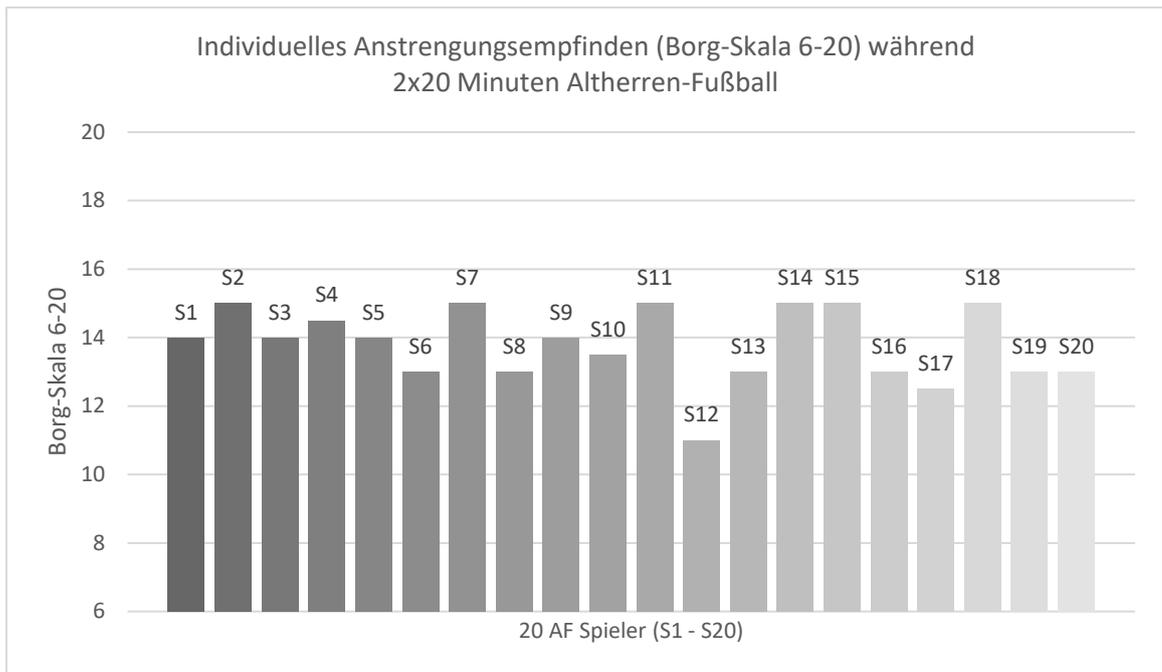
#### 4.2.3.4 Subjektives Anstrengungsempfinden

Das subjektive Anstrengungsempfinden (Borg-Skala 6-20) der Spieler während des AF-Spiels ist in Tabelle 19 zusammengefasst. Dabei empfanden die Spieler AF als „leicht“ (11) bis „anstrengend“ (15). Kein AF-Spieler gab „sehr leicht“ (10) oder weniger bzw. „sehr anstrengend“ (16) oder mehr an. Durchschnittlich wurde die Belastung als „etwas anstrengend bis anstrengend“ (14) eingestuft.

	RPE (MW ± SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	13,6 ± 1,2	11 – 15
Halbzeit 2	14 ± 1,2	11 – 15

**Tabelle 19:** Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 20 AF-Spielern während 2x20 Minuten Altherren-Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Die individuellen RPE-Angaben jedes AF-Spielers während 2x20 min AF sind in Abbildung 13 dargestellt. Dabei entspricht 6 „überhaupt nicht anstrengend“ und 20 „maximal anstrengend“.



**Abbildung 13:** Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 20 AF-Spieler während 2x20 Minuten Altherren-Fußball. Spieler (S).

#### 4.2.3.5 Schmerzempfinden

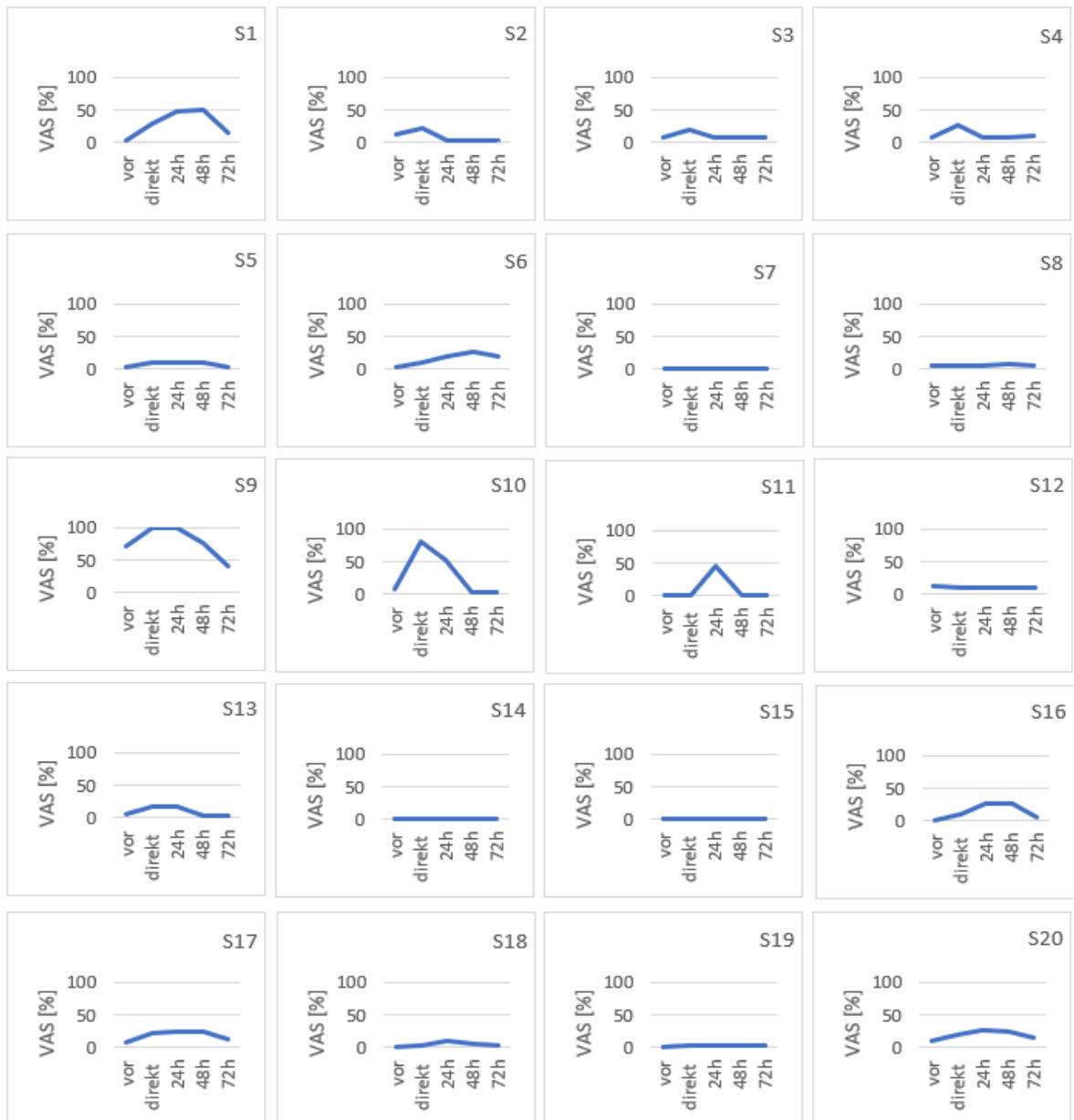
Das subjektive Schmerzempfinden der AF-Spieler vor und nach dem AF-Spiel wurde anhand der VAS (0-100%, 0=kein Schmerz, 100=maximaler Schmerz) beurteilt. Eine Übersicht ist in Tabelle 20 dargestellt.

	VAS (Median, IQR)	Min. – Max.
Vor dem Spiel	5 (0-7,8)	0 – 73,6
Direkt nach dem Spiel	11,4 (3,5-22,6)	0 – 100
24 Stunden nach dem Spiel	10,9 (5,5-26,9)	0 – 100
48 Stunden nach dem Spiel	7,3 (2,7-24,8)	0 – 76,4
72 Stunden nach dem Spiel	4,7 (3,4-11,6)	0 – 42,7

**Tabelle 20:** Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 20 AF-Spielern vor und direkt, 24, 48 und 72 Stunden nach einem Altherren-Fußballspiel. Darstellung als Median mit Interquartilsabstand (IQR), Minimum (Min) und Maximum (Max).

In Abbildung 14 sind die individuellen Angaben auf der VAS von jedem der 20 AF-Spieler (S1-S20) vor dem AF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach dem AF-Spiel dargestellt. Hier wird deutlich, dass bei vier Spielern ausgehend vom Ausgangsniveau von 5% (0,0 – 7,8%) keine Änderung des Schmerzempfindens im zeitlichen Verlauf (Anstieg = 0%) zu verzeichnen war. Elf der AF-Spieler beschrieben einen Anstieg der Schmerzen um maximal 25% auf der VAS ausgehend vom Schmerzniveau vor der Belastung. Vier Spieler gaben einen Anstieg der Schmerzen um 26-50% ausgehend vom Schmerzniveau vor Belastung an, bei einem Spieler wurde

nach dem AF-Spiel ein Anstieg der Schmerzen um 74% auf der VAS erreicht. Insgesamt gaben drei AF-Spieler bis 3 Tage nach dem AF-Spiel an, keine Schmerzen zu haben (VAS=0%). Die innerhalb der 3 Tage nach dem AF-Spiel maximal erreichten Schmerzen waren bei 8 Spielern leicht (VAS 1-25%), bei 7 Spielern moderat (VAS=26-50%) und bei 2 Spielern deutlich erhöht (VAS>50%).



**Abbildung 14:** Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem AF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach. Dargestellt sind die Verläufe des individuellen Schmerzempfindens jedes einzelnen AF-Spielers (Spieler 1-20=S1-S20).

#### 4.2.3.6 Kalorienverbrauch

Der Kalorienverbrauch betrug  $157 \pm 40$  kcal während 40 min AF mit einer interindividuellen Variabilität von 71 – 263 kcal. Die Angaben für die erste und zweite Halbzeit sind Tabelle 21 zu entnehmen.

	Kilokalorien (MW $\pm$ SD)	Min. – Max.
Halbzeit 1	$80 \pm 19$	43 – 135
Halbzeit 2	$76 \pm 22$	28 – 128
Gesamt	$157 \pm 40$	71 – 263

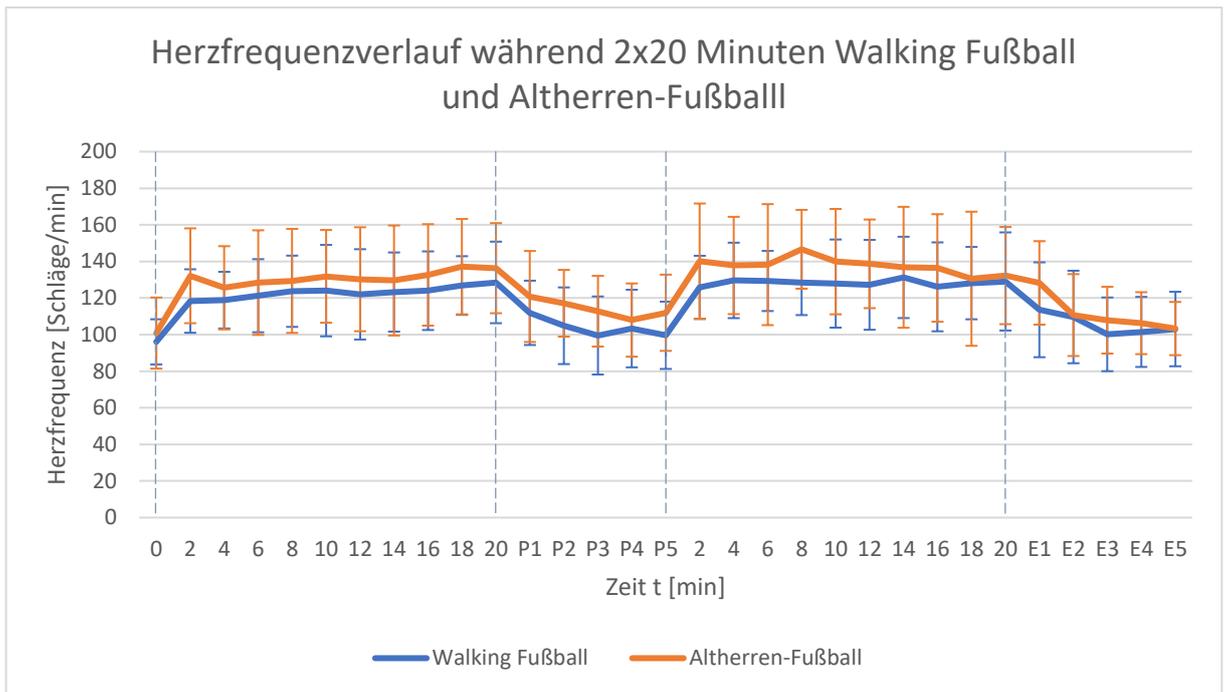
**Tabelle 21:** Kalorienverbrauch [kcal] von 20 AF-Spielern während 2x20 min Altherren-Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Der Kalorienverbrauch war in der ersten Halbzeit AF ( $80 \pm 19$  kcal) höher ( $p=0,03$ ) als in der zweiten Halbzeit AF ( $76 \pm 22$  kcal). Während des WA-Tests auf dem Laufband ( $189 \pm 34$  kcal pro 40 min) wurden im Vergleich zum AF-Spiel ( $157 \pm 40$  kcal) signifikant ( $p<0,001$ ) mehr Kilokalorien verbraucht. Der Kalorienverbrauch zwischen WF ( $154 \pm 37$  kcal) und AF ( $157 \pm 40$  kcal) unterschied sich nicht ( $p=0,6$ ).

#### 4.2.4 Vergleich von Herzfrequenz, Anstrengungs- und Schmerzempfinden sowie Bewegungscharakteristika zwischen Walking Fußball und Altherren-Fußball bei AF-Spielern

##### 4.2.4.1 Herzfrequenz-Verhalten

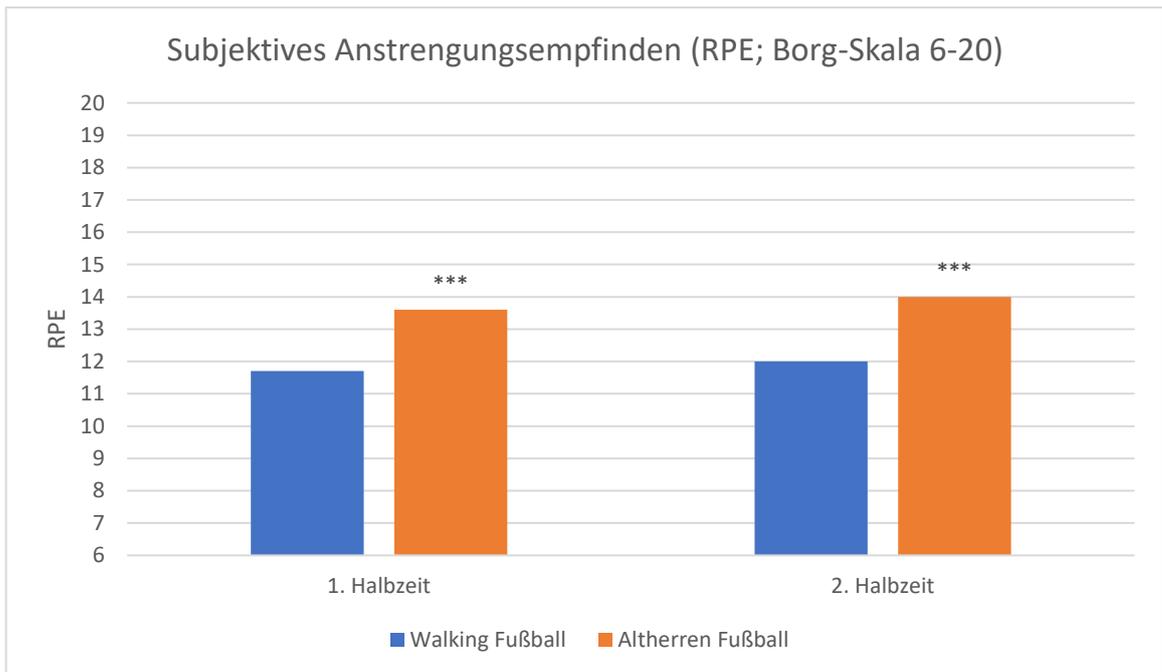
Abbildung 15 zeigt die Herzfrequenzverläufe der AF-Spieler während 2x20 min WF und AF mit jeweils 5 min Pause nach jeder Halbzeit. Bei Vergleich der durchschnittlichen HF während der Belastung zeigt sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,16$ ) zwischen WF ( $124 \pm 18$  Schläge/min;  $76 \pm 10$  % $HF_{max}$ ) und AF ( $133 \pm 22$  Schläge/min;  $82 \pm 14$  % $HF_{max}$ ). Allerdings war die höchste HF während der Belastung beim AF ( $163 \pm 14$  Schläge/min) signifikant höher ( $p=0,001$ ) als beim WF ( $150 \pm 16$  Schläge/min). Zudem war der prozentuale Anteil der absolvierten Spielzeit im Intensitätsbereich 90-100%  $HF_{max}$  beim WF ( $15 \pm 21$ %) im Vergleich zum AF ( $34 \pm 31$ %) niedriger ( $p=0,013$ ). In den Intensitätsbereichen 80-89% $HF_{max}$  (WF:  $28 \pm 20$  % der Spielzeit; AF:  $29 \pm 16$  % der Spielzeit;  $p=0,96$ ), 70-79% $HF_{max}$  (WF:  $23 \pm 15$  % der Spielzeit; AF:  $19 \pm 16$  % der Spielzeit;  $p=0,4$ ) und <70% $HF_{max}$  (WF:  $33 \pm 32$  % der Spielzeit; AF:  $19 \pm 24$  % der Spielzeit;  $p=0,15$ ) lagen keine Unterschiede zwischen WF und AF vor.



**Abbildung 15:** Vergleich der Herzfrequenzverläufe während 2x20 Minuten Walking Fußball und Altherren-Fußball. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 20 min) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende des Spiels. Minute (min).

#### 4.2.4.2 Subjektives Anstrengungsempfinden

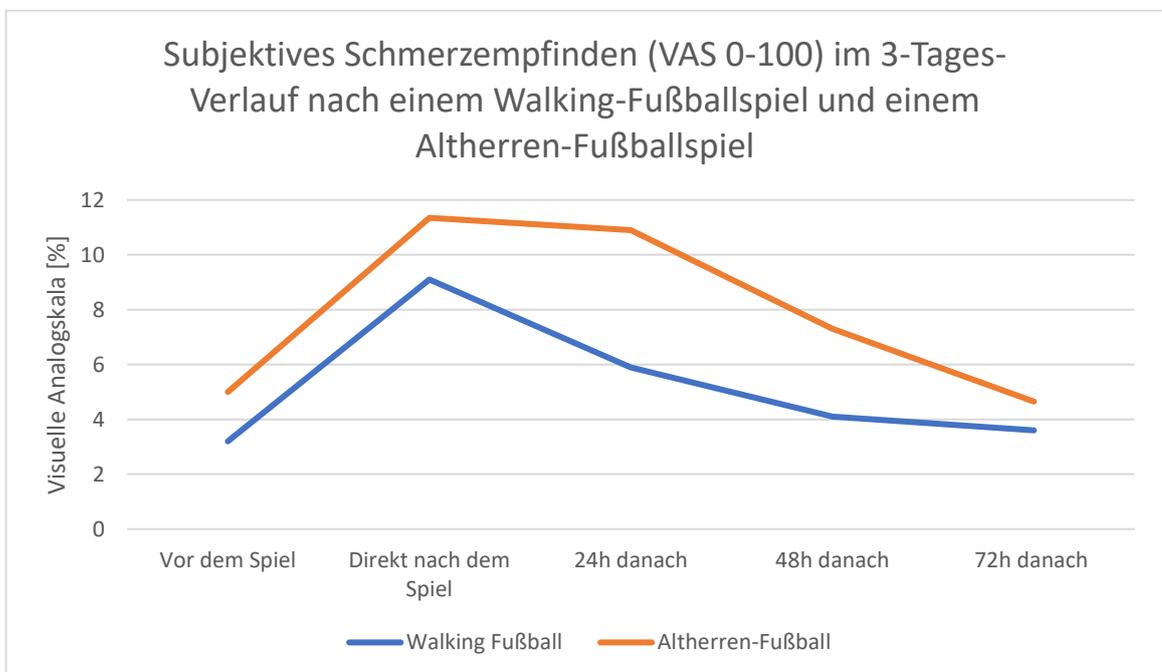
Das subjektive Anstrengungsempfinden (Abbildung 16) war über die gesamte Spielzeit beim AF ( $13,8 \pm 1,1$ ) höher ( $p < 0,001$ ) als beim WF ( $11,8 \pm 1,4$ ). In Halbzeit 1 wurde die RPE beim AF mit  $13,6 \pm 1,2$  angegeben, beim WF mit  $11,7 \pm 1,5$  ( $p < 0,001$ ). In Halbzeit 2 wurde beim AF eine RPE von  $14 \pm 1,2$  erreicht, während der Wert beim WF  $12 \pm 1,5$  betrug ( $p < 0,001$ ).



**Abbildung 16:** Rate of perceived exertion (RPE; Borg-Skala 6-20) - Vergleich zwischen Walking Fußball und Altherren-Fußball. Das subjektive Anstrengungsempfinden wurde nach jeder Halbzeit des Walking-Fußballspiels und Altherren-Fußballspiels erfragt. Dabei entspricht 6 „keiner Anstrengung“ und 20 der „schwersten Anstrengung“. Bei Signifikanz:  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*),  $p < 0,001$  (\*\*\*)

#### 4.2.4.3 Schmerzempfinden

Für die Schmerzangabe über die Zeit wurde kein signifikanter Interaktionseffekt ( $p=0,63$ ) mit den beiden Belastungsformen (WF und AF) beobachtet.



**Abbildung 17:** Subjektives Schmerzempfinden (VAS) nach einem Walking Fußballspiel und einem Altherren-Fußballspiel. Die Einschätzung erfolgte mittels visueller Analogskala (VAS). Stunden (h).

#### 4.2.4.4 Banisterformel

Die Berechnung der Banisterformel (Trainingsdauer in Minuten x [Trainingspuls-Ruhepuls] / [Maximalpuls-Ruhepuls]) lässt eine Abschätzung der Belastungsintensität zu und ist in Tabelle 22 dargestellt. Je höher das Ergebnis, desto höher die Belastungsintensität. Es zeigt sich, dass die Belastung beim AF numerisch zwar höher ( $28,9 \pm 10,3$ ) war als die Belastung beim WF ( $24,8 \pm 5,7$ ), dieser Unterschied in der Banisterzahl jedoch statistisch nicht signifikant war ( $p=0,13$ ). Zudem wurde bei sieben Spielern beim AF eine niedrigere Banisterzahl erreicht als beim WF.

	Banisterzahl (MW $\pm$ SD)	Min. – Max.
Walking Fußball	$24,8 \pm 5,7$	15,8 – 37,8
Altherren Fußball	$28,9 \pm 10,3$	8,3 – 44,8

**Tabelle 22:** Vergleich von Walking- und Altherren-Fußball anhand der Banisterzahl. Darstellung als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

#### 4.2.4.5 Schritte und weitere Bewegungscharakteristika

Die Auswertung des Videomaterials hinsichtlich Unterschieden in den Bewegungscharakteristika zwischen WF und AF sind in Tabelle 23 dargestellt. Beim WF wurden mit  $3822 \pm 452$  Schritten innerhalb von 40 Minuten nicht mehr Schritte als beim AF ( $3801 \pm 541$  Schritte) zurückgelegt ( $p=0,85$ ). Beim WF wurden  $3251 \pm 608$  Schritte vorwärts zurückgelegt, beim AF waren es  $3326 \pm 643$  Vorwärtsschritte ( $p=0,48$ ). Die Anzahl an Rückwärtsschritten (WF:  $566 \pm 215$  Rückwärtsschritte; AF:  $473 \pm 170$  Rückwärtsschritte;  $p<0,001$ ), Ausfallschritten (WF:  $5 \pm 5$  Ausfallschritte; AF:  $2 \pm 2$  Ausfallschritte;  $p<0,01$ ) und Richtungswechseln (WF:  $166 \pm 39$  Richtungswechsel; AF:  $148 \pm 37$  Richtungswechsel;  $p<0,05$ ) lagen beim WF signifikant höher als beim AF. Die Anzahl der Zweikämpfe mit Körperkontakt (WF:  $1,3 \pm 1$  [regelwidrige und somit geahndete] Zweikämpfe; AF:  $4,4 \pm 2,2$  Zweikämpfe;  $p<0,001$ ) überwog beim AF. Für die Anzahl der Pässe (WF:  $50 \pm 16$  Pässe; AF:  $46 \pm 16$  Pässe) und Torschüsse (WF:  $5,4 \pm 3,8$  Torschüsse; AF:  $4 \pm 3,3$  Torschüsse) sowie die Standzeit (WF:  $222 \pm 206$  Sekunden; AF:  $221$  (71-371) Sekunden) konnte kein statistischer Unterschied nachgewiesen werden ( $p=0,097-0,17$ ). Es trat keine Verletzung auf.

	Walking Fußball	AH-Fußball	p-Werte
Schritte (gesamt)	3822 ± 452	3801 ± 541	0,85
Vorwärtsschritte	3251 ± 608	3326 ± 643	0,48
Rückwärtsschritte	566 ± 215	473 ± 170	<0,001
Ausfallschritte	5 ± 5	2 ± 2	0,005
Richtungswechsel	166 ± 39	148 ± 37	0,02
Anzahl Zweikämpfe	1,3 ± 1	4,4 ± 2,2	<0,001
Anzahl Pässe	50 ± 16	46 ± 16	0,17
Anzahl Torschüsse	5,4 ± 3,8	4 ± 3,3	0,097
Standzeit [s]	222 ± 206	221 (71-371)	0,17

**Tabelle 23:** Vergleich von Walking Fußball und AH-Fußball (jeweils 40 min) anhand der Bewegungscharakteristika. Sekunden (s).

#### 4.2.4.6 Metabolisches Äquivalent (MET)

Hinsichtlich der MET zeigte sich kein Unterschied ( $p=0,12$ ) zwischen WF ( $8 \pm 1,5$ ; Bereich: 5,8 – 10,8) und AF ( $9 \pm 2,7$ ; Bereich: 3,2 – 12,9).

### 4.3 Eingangsuntersuchungen der internistischen Patienten (Studienteil 2)

#### 4.3.1 Anthropometrische Daten

Tabelle 24 gibt einen Überblick über die anthropometrischen Daten der 18 internistischen Patienten (13 männlich, 5 weiblich).

Parameter	MW $\pm$ SD	Min. - Max.
Alter [Jahre]	69 $\pm$ 10	54 - 88
Größe [cm]	170 $\pm$ 8	151 - 180
Gewicht [kg]	76 $\pm$ 13	49 - 102
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	25,9 $\pm$ 3,6	18 - 32,4

**Tabelle 24:** Anthropometrische Daten der 18 internistischen Patienten. Darstellung als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Body-Mass-Index (BMI).

#### 4.3.2 Kardiovaskuläre Risikofaktoren

Jeder Patient wies mindestens einen kardiovaskulären Risikofaktor auf. Insgesamt hatten 78% bzw. 61% der Patienten mindestens zwei bzw. drei kardiovaskuläre Risikofaktoren (siehe Tabelle 25), während 44% der Patienten vier kardiovaskuläre RF aufwiesen.

Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl	[%]
1	4	22
2	3	17
3	3	17
4	8	44
Gesamt	18	100

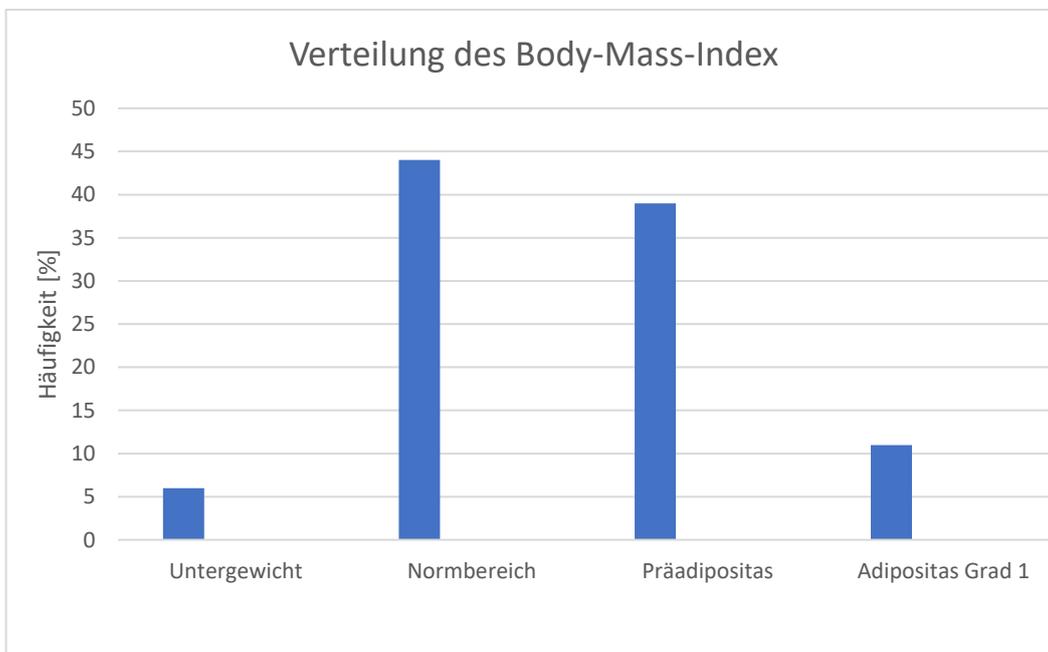
**Tabelle 25:** Anzahl kardialer Risikofaktoren der 18 internistischen Patienten.

Tabelle 26 zeigt die Anzahl der einzelnen Risikofaktoren unter den Patienten. Dabei ist die Hypercholesterinämie mit 89% am häufigsten vertreten, gefolgt von der arteriellen Hypertonie mit 67%. Zwei der Patienten gaben an, aktive Raucher zu sein, fünf Patienten berichteten über Nikotinkonsum in der Vergangenheit ( $23 \pm 14$  pack years).

Risikofaktor	Anzahl	[%]
Positive Familienanamnese	6	33
Hypercholesterinämie	16	89
Adipositas (BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> )	2	11
Diabetes Mellitus Typ 2	1	6
Arterielle Hypertonie (> 140/90 mmHg)	12	67
KHK	7	39
Nikotinkonsum	2	11
Ehemaliger Nikotinkonsum	5	28

**Tabelle 26:** Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren unter den internistischen Patienten. Body-Mass-Index (BMI). Koronare Herzkrankheit (KHK). Millimeter-Quecksilbersäule (mmHg).

Abbildung 18 zeigt die Verteilung des BMI. Zur Definition der Adipositas anhand des BMI wurde die S3-Leitlinie zur „Prävention und Therapie der Adipositas“ herangezogen. [14] Von den untersuchten 18 Patienten lagen 44% im Bereich ihres Normalgewichtes (BMI 18,5 - 24,9 kg/m<sup>2</sup>). Ein Patient lag unterhalb des Normbereiches, die Hälfte darüber. Hiervon waren 39% im prä-adipösen (BMI 25,0 - 29,9 kg/m<sup>2</sup>) und 11% im adipösen (BMI 30,0 - 34,9 kg/m<sup>2</sup>) Bereich (Adipositas Grad 1). Keiner der Patienten wies eine Adipositas Grad 2 (BMI 35,0 - 39,9 kg/m<sup>2</sup>) oder 3 (BMI  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>) auf.



**Abbildung 18:** Verteilung des Body-Mass-Index der 18 internistischen Patienten.

#### 4.3.3 Ruhe-EKG und Ruhe-Blutdruck

Der Ruhe-Blutdruck der Patienten lag bei  $134 \pm 13$  mmHg systolisch (Bereich: 110 – 160 mmHg) und  $77 \pm 8$  mmHg diastolisch (Bereich: 68 – 90 mmHg). Die Ruhe-HF der Patienten lag bei  $63 \pm 12$  Schläge/min (Bereich: 45 - 95 Schläge/min). Die Befunde der Ruhe-EKGs sind in Tabelle 27 dargestellt.

Beschreibung	Anzahl (n=18)	[%]
Bradykardie (<60 Schläge/min)	16	88,9
Sinusrhythmus	17	94,4
Vorhofflimmern	1	5,6
Überdrehter Linkstyp	2	11,1
Linkstyp	8	44,4
Indifferenztyp	8	44,4
Inkompletter Rechtschenkelblock	2	11,1
Linksanteriorer Hemiblock	1	5,6
Linksschenkelblock	2	11,1
AV-Block I°	1	5,6
Verzögerte R-Progression	5	27,8
T-Negativierungen in 2 Ableitungen (lateral)	1	5,6
Frühe Repolarisation	2	11,1
Ventrikuläre Extrasystolen	1	5,6

**Tabelle 27:** Befunde der Ruhe-EKGs der 18 internistischen Patienten. Minute (min). Atrioventrikulärer Block ersten Grades (AV-Block I°).

Tabelle 28 zeigt Auffälligkeiten der Belastungs-EKGs der 18 internistischen Patienten.

Beschreibung	Anzahl	[%]
Aszendierende, nicht-signifikante ST-Senkungen	2	11,1
Aszendierende, nicht-signifikante ST-Hebungen	1	5,6
Ventrikuläre Extrasystolen	9	50
Supraventrikuläre Runs	3	16,7

**Tabelle 28:** Auffälligkeiten in den Belastungs-EKGs der 18 internistischen Patienten.

#### 4.3.4 Weitere Vorerkrankungen

Tabelle 29 zeigt neben den o.g. kardialen Risikofaktoren weitere Vorerkrankungen der 18 internistischen Patienten. Sieben Patienten berichteten von einer KHK bei Zustand

nach Myokardinfarkt. Zwei Patienten erlitten bereits einen zerebrovaskulären Insult ohne Residuen. Bei zwei Patienten war eine Stenose der hirnversorgenden Gefäße bekannt, bei einem Patienten eine pAVK im Fontaine-Stadium IIa. Zu den weiteren kardial relevanten Vorerkrankungen (jeweils ein Patient betroffen) gehörten das Broken-Heart-Syndrom (mit HFmrEF = heart failure with mildly-reduced ejection fraction) und eine Aortendissektion (Stanford A).

Vorerkrankungen	Anzahl der	[%]
KHK	7	38,9
Z.n. Apoplex ohne Residuen	2	11,1
Paroxysmales Vorhofflimmern	2	11,1
Psoriasis vulgaris	2	11,1
Hypothyreose	2	11,1
Hyperurikämie	2	11,1
Stenose der A. subclavia	1	5,6
Stenose der A. carotis*	1	5,6
pAVK	1	5,6
Z.n. Broken Heart Syndrom mit HFmrEF	1	5,6
Z.n. Aortendissektion Typ A	1	5,6
Chronische Niereninsuffizienz	1	5,6
Z.n. Lungenembolie	1	5,6
Z.n. Depression	1	5,6
Z.n. Urolithiasis	1	5,6
Z.n. Leistenbruch	1	5,6
Z.n. Subduralhämatom	1	5,6
Asthma bronchiale	1	5,6
Chronische Sinusitis	1	5,6
Orale Candidose	1	5,6
Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel	1	5,6
Z.n. Seminom (OP, Radiatio)	1	5,6
Z.n. Plasmozytom (CHT)	1	5,6
BPS	1	5,6
Grauer Star	1	5,6
Hashimoto Thyreoiditis	1	5,6
Z.n. RM-Ruptur	1	5,6

Z.n. Achillessehnenruptur	1	5,6
Z.n. Kahnbeinfraktur	1	5,6
Z.n. Unterschenkel-Fraktur	1	5,6
Spinalkanalstenose	1	5,6
Z.n. akuter Pankreatitis	1	5,6
Z.n. Hepatitis E Infektion	1	5,6

**Tabelle 29:** Vorerkrankungen der 18 internistischen Patienten. Koronare Herzkrankheit (KHK). Arteria (A.). Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK). Zustand nach (Z.n.). Transitorisch ischämische Attacke (TIA). Heart failure with mildly-reduced ejection fraction (HFmrEF). Operation (OP). Chemotherapie (CHT). Benignes Prostatasyndrom (BPS). Rotatorenmanschette (RM).

\*A. carotis externa (links) und A. carotis interna (rechts)

#### 4.3.5 Medikamenten-Anamnese

Tabelle 30 zeigt die Verteilung der eingenommenen Medikamente in der Gruppe der 18 internistischen Patienten. Elf der zwölf Patienten mit arterieller Hypertonie wurden mit blutdrucksenkenden Medikamenten behandelt. Davon wurden sechs mit einer 3er-Kombination, vier Patienten mit einer 2er-Kombination und ein Patient mit einer ACE-Hemmer-Monotherapie behandelt. Unter den 16 Patienten mit einer Hypercholesterinämie wurden 12 mit einem Statin behandelt, vier nahmen zusätzlich den Cholesterol-Resorptionshemmer Ezetimib ein.

Medikament	Anzahl	[%]
Betablocker	10	55,6
ACE-Hemmer	8	44,4
AT1-Rezeptor-Antagonisten	3	16,7
Calcium-Antagonisten	5	27,8
Diuretika	2	11,1
Statine	12	66,7
Ezetimib	4	22,2
Thrombozytenaggregationshemmer	6	33,3
Orale Antikoagulantien	5	27,8
Orale Antidiabetika	1	5,6
Vitamin D / Calcium	2	11,2
L-Thyroxin	3	16,7
PPI	4	22,2
LABA/ICS	1	5,6

**Tabelle 30:** Übersicht der Medikamenteneinnahme der 18 internistischen Patienten. Angiotensin-Converting-Enzyme (ACE). Angiotensin1-Rezeptorblocker (AT1-Rezeptor-Antagonisten).

Protonenpumpen-Inhibitor (PPI). Long-acting Beta2-Agonists (LABA). Inhalatives Corticosteroid (ICS).

#### 4.3.6 Befunde der Echokardiographie

In der Echokardiographie zeigte sich bei 16 der 18 internistischen Patienten eine erhaltene linksventrikuläre Ejektionsfraktion. Bei zwei Patienten wurde eine leichte Reduktion der Pumpfunktion (EF jeweils 48% biplan) festgestellt. Bei 15 Patienten waren keine Wandbewegungsstörungen nachweisbar. Bei einem Patienten zeigte sich eine asynchrone Septumbewegung und bei zwei Patienten eine septoapikale Hypokinesie. Insgesamt konnte bei fünf Patienten eine Wandverdickung (PW oder IVS 12 mm), bei drei weiteren eine beginnende Hypertrophie (PW oder IVS 13 mm) dargestellt werden. Ein Patient wies eine Ektasie der Aortenwurzel (43 mm) auf. Bei vier Patienten (LAESV-Index 36 – 55 ml/m<sup>2</sup>) zeigte sich ein dilatiertes (LAESV-Index > 34 ml/m<sup>2</sup>) linkes Atrium. Bei fünf Patienten (RA-Fläche 19 – 23 cm<sup>2</sup>) wurde eine rechtsatriale Dilatation (RA-Fläche > 18 cm<sup>2</sup>) festgestellt. Bei vier Patienten lag eine biatriale Dilatation vor. Bei einem Patienten war der rechte Ventrikel diskret vergrößert (RVEDD 43 mm). Ein Patient war Träger einer Aortenklappen-Bioprothese, welche sich in regelrechter Lage und mit guter Funktion darstellen ließ (AVmeanPG 8 mmHg). Weiterhin konnte bei einem Patienten eine milde diastolische Relaxationsstörung (E/A 1,4 und E/E' 12) festgestellt werden. Eine Übersicht der echokardiographischen Daten ist in Tabelle 31 dargestellt.

Parameter [Einheit]	MW $\pm$ SD	Min. – Max.
EF (biplan) [%]	57,8 $\pm$ 4,8	48 – 68
IVSd [mm]	11 (8,2 – 13,8)	7 – 13
PWd [mm]	10 (8 – 12)	8 – 13
Aortenwurzel [mm]	31,9 $\pm$ 4,6	23 – 43
LAESV-Index [ml/m <sup>2</sup> ]	27,8 $\pm$ 10,9	14,4 – 54,6
RA-Fläche [cm <sup>2</sup> ]	15,5 $\pm$ 4,3	9,6 – 22,8
LVEDD [mm]	45,9 $\pm$ 4,7	33 – 52
RVEDD [mm]	34,4 $\pm$ 4,6	25 – 43
TAPSE [mm]	22,8 $\pm$ 4,2	16 – 33
RVSP [mmHg] (bei 15 P.)	24,3 $\pm$ 6,2	10,9 – 34,6
E´ [cm/s]	8,9 $\pm$ 2,4	6 – 15
A´ [cm/s]	10,1 $\pm$ 3,1	3 – 15
E/E´	6,9 $\pm$ 3,1	0,5 – 12,2
E/A´	1,0 (0,6 – 1,3)	0,5 – 12,7
E max [m/s]	0,7 $\pm$ 0,2	0,4 – 1
A max [m/s]	0,7 $\pm$ 0,2	0,3 – 1,1
E/A	1,1 $\pm$ 0,5	0,5 – 2,6

**Tabelle 31:** Echokardiographische Parameter von 18 internistischen Patienten. Angaben als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD) bzw. Median und Interquartilsabstand, Minimum (Min) und Maximum (Max). Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (EF biplan n. Simpson). Interventrikuläre Septumdicke diastolisch (IVSd). Posteriore Wand diastolisch (PWd). Diastolischer Aortenwurzel-Diameter. Linksatriales endsystolisches Volumen bezogen auf die Körperoberfläche (LAESV-Index). Rechtsatriale Fläche (RA-Fläche). Linksventrikulärer enddiastolischer Diameter (LVEDD). Rechtsventrikulärer enddiastolischer Diameter (RVEDD). Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE; die systolische Exkursion des Trikuspidalklappenrings in longitudinaler Achse als Ausdruck der rechtsventrikulären Funktion); Right ventricular systolic pressure (RVSP; rechtsventrikuläre Druckbelastung bei Trikuspidalklappeninsuffizienz); Passive, frühdiastolische Mitralanulusgeschwindigkeit (É) bzw. spätdiastolische, aktive Mitralanulusgeschwindigkeit (Á) und deren Quotienten E/É [zur Abschätzung des linksventrikulären enddiastolischen Drucks, LVEDP] bzw. E/A [Maß der diastolischen Funktion]). Maximale Geschwindigkeit des passiven, frühdiastolischen Einstromprofils in die linke Herzkammer (E max). Maximale Geschwindigkeit des aktiven [Vorhofkontraktion], spätdiastolischen Einstroms in den linken Ventrikel (A max).

Bei 16 der 18 internistischen Patienten fand sich echokardiographisch mindestens ein Klappenvitium. Die Mitralklappen-Insuffizienz (72,2%, 13 Patienten) war das häufigste Vitium, gefolgt von der Trikuspidalklappen-Insuffizienz (66,7%, 12 Patienten) und der Aortenklappen-Insuffizienz (44,4 %, 8 Patienten). Es wurde bei fünf Patienten eine mindestens zweitgradige Insuffizienz festgestellt. Bei keinem der Patienten war eine Klappenstenose feststellbar. Eine Zusammenfassung der Klappeninsuffizienzen ist Tabelle 32 zu entnehmen.

Vitium	Ausprägung	Anzahl	[%]
Mitralklappen- Insuffizienz	Reflux	2	11,1
	I°	9	50
	II°	2	11,1
	II-III°	0	0
Aortenklappen- Insuffizienz	Reflux	2	11,1
	I°	6	33,3
	II°	0	0
	II-III°	0	0
Trikuspidalklappen- Insuffizienz	Reflux	0	0
	I°	9	50
	II°	1	5,6
	II-III°	2	11,1

**Tabelle 32:** Übersicht der Herzklappeninsuffizienzen der 18 internistischen Patienten. Jeder Patient wies eine physiologische Pulmonalklappeninsuffizienz auf, welche hier nicht explizit aufgelistet wurde.

#### 4.3.7 Fahrrad-Ergometrie

Die internistischen Patienten wurden mittels Fahrrad-Ergometrie getestet. Bei zwei Patienten erfolgte die Ergometrie auf dem Laufband. Auf dem Fahrrad wurde durchschnittlich eine maximale Leistung von  $157 \pm 54$  W (58 – 300 W), entsprechend  $2,0 \pm 0,5$  W·kg<sup>-1</sup> (1 – 2,9 W·kg<sup>-1</sup>) erreicht. Die 2 Patienten auf dem Laufband erreichten eine maximale Laufgeschwindigkeit von 3 m/s und 1,94 m/s. Bei allen Patienten war eine subjektive muskuläre (periphere) Erschöpfung der Grund des Belastungsabbruchs. Es wurden keine kardialen Beschwerden angegeben.

Der maximale systolische Blutdruck bei Belastung lag bei  $198 \pm 18$  mmHg (Bereich: 170 - 230mmHg), die HF<sub>max</sub> bei  $160 \pm 7$  Schläge/min (Bereich: 146 - 170 Schläge/min). Die errechnete VO<sub>2max</sub> lag bei  $2172 \pm 643$  ml·min<sup>-1</sup> (Bereich: 970 - 3955 ml·min<sup>-1</sup>), entsprechend  $29 \pm 6$  ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> (Bereich: 17 - 39 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>).

#### 4.3.8 Laborbefunde

In Tabelle 33 sind die Laborbefunde der internistischen Patienten zusammengefasst. Die Werte wurden von den jeweiligen Hausärzten übermittelt und waren zum Untersuchungszeitpunkt nicht älter als ein Jahr. Die durchgeführten Laboranalysen divergierten teilweise unter den Patienten. Bei drei Patienten konnte eine Hypertriglyceridämie (max. 269 mg/dl) nachgewiesen werden. Bei zwei Patienten

zeigte sich eine Erhöhung des LDL-Cholesterins (138 und 155 mg/dl), einer von ihnen hatte noch keine cholesterinsenkende Therapie. Bei drei Patienten lag ein Prä-Diabetes (HbA1c 5,8 - 6,3%) und bei zwei von ihnen ein erhöhter Nüchtern-Blutglucose-Wert (103 und 113 mg/dl) vor.

Parameter [Einheit]	MW $\pm$ SD	Min. – Max.
Hämoglobin [g/dl] (n=15)	14,5 $\pm$ 1,3	12,1 – 17,3
Hämatokrit [%] (n=15)	43,5 $\pm$ 3,3	35,9 – 50
Erythrozyten [1/pl] (n=14)	4,6 $\pm$ 0,3	4,0 – 5,0
Leukozyten [1/nl] (n=15)	6,1 $\pm$ 0,9	4,8 – 7,7
Thrombozyten [1/nl] (n=15)	224 $\pm$ 65	123 – 366
Triglyceride [mg/dl] (n=16)	112 $\pm$ 63	48 – 269
Gesamt-Cholesterin [mg/dl] (n=17)	168 $\pm$ 48	108 – 249
HDL-Cholesterin [mg/dl] (n=16)	60 $\pm$ 15	41 – 107
LDL-Cholesterin [mg/dl] (n=17)	93 $\pm$ 35	43 – 155
HbA1c [%] (n=5)	5,8 (IQR 5,6 – 6,2)	5 – 6,3
Glucose nüchtern [mg/dl] (n=16)	88 $\pm$ 12	69 – 113
Kreatinin [mg/dl] (n=15)	1,0 $\pm$ 0,2	0,74 – 1,46
Natrium [mmol/l] (n=7)	142 (IQR 140 – 142)	127 – 143
Kalium [mmol/l] (n=10)	4,8 (IQR 4,3 – 5,0)	4,2 – 5,4

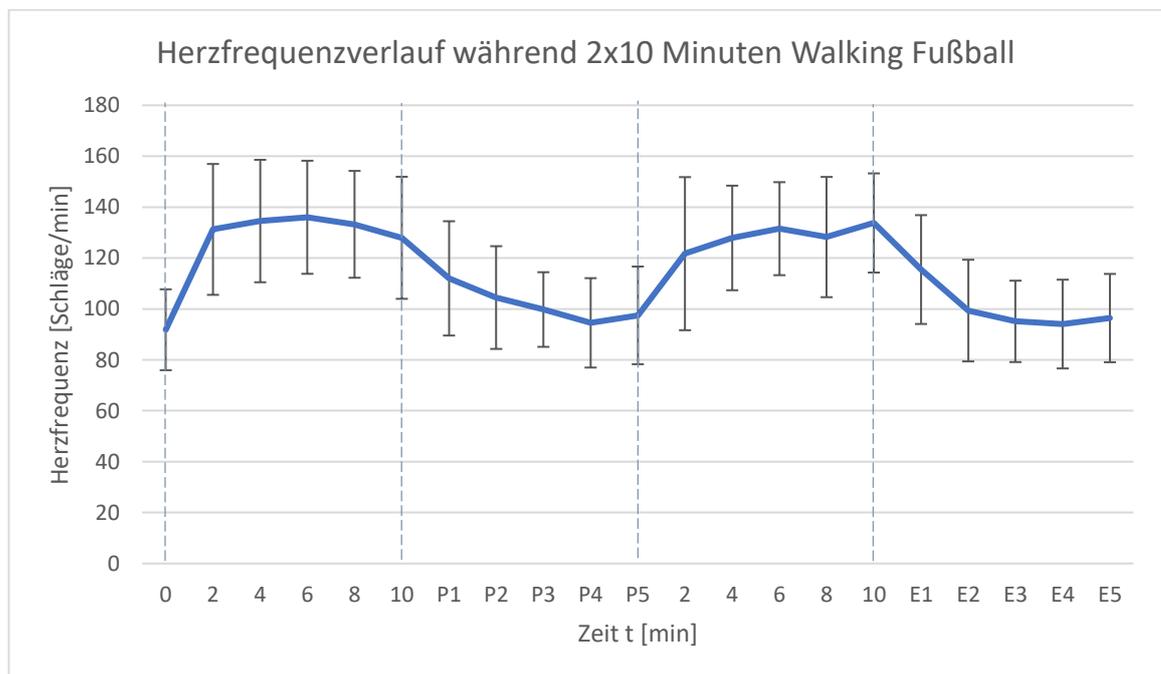
**Tabelle 33:** Laborbefunde der 18 internistischen Patienten. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). High-Density-Lipoprotein (HDL). Low-Density-Lipoprotein (LDL). Glykiertes Hämoglobin (HbA1c). Anzahl (n).

## 4.4 Studienteil 2: Walking Fußball und Walking (internistische Patienten)

### 4.4.1 Walking Fußball

#### 4.4.1.1 Herzfrequenz-Verhalten

In Abbildung 19 ist der Herzfrequenzverlauf der 18 internistischen Patienten während eines 20-minütigen WF-Spiels (aufgeteilt in 2 Halbzeiten à 10 min) inklusive einer 5-minütigen Pause und 5-minütiger Erholungsphase mit Messintervallen von 2 min während und 1 min nach der Belastung dargestellt. Während die HF in der ersten Halbzeit von etwa  $92 \pm 16$  Schläge/min vor der Belastung auf  $128 \pm 24$  Schläge/min zum Ende der ersten 10 Minuten anstieg ( $\Delta 36 \pm 22$  Schläge/min, 95% KI 26 – 47 Schläge/min,  $p < 0,001$ ), wurde in der zweiten Hälfte nach 5-minütiger Pause ein Anstieg ( $\Delta 36 \pm 16$  Schläge/min, 95% KI 29 – 44 Schläge/min) von  $97 \pm 19$  Schläge/min auf  $134 \pm 19$  Schläge/min ( $p < 0,001$ ) erreicht. Bereits vier Minuten nach der ersten ( $95 \pm 18$  Schläge/min,  $p = 0,32$ ) bzw. zwei Minuten nach der zweiten ( $99 \pm 20$  Schläge/min,  $p = 0,23$ ) Halbzeit unterschied sich der HF-Mittelwert nicht mehr signifikant von dem HF-Mittelwert vor Belastung ( $92 \pm 16$  Schläge/min).

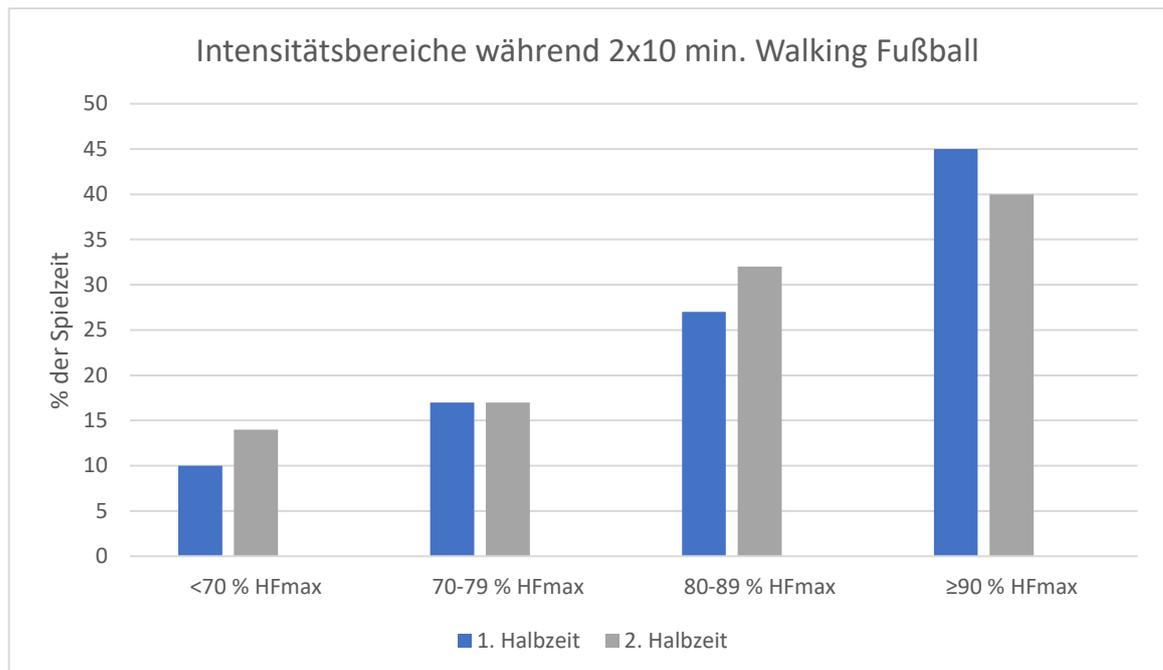


**Abbildung 19:** Herzfrequenzverläufe von 18 Patienten während 2x10 min Walking Fußball. Darstellung der Herzfrequenz als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 10 Minuten) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende des Spiels. Minute (min).

#### 4.4.1.2 Intensitätsbereiche

Die prozentuale Spielzeit pro Halbzeit in den Intensitätsbereichen  $<70\%$   $HF_{max}$ ,  $70-79\%$   $HF_{max}$ ,  $80-89\%$   $HF_{max}$  und  $>90\%$   $HF_{max}$  sind Abbildung 20 zu entnehmen. Der

Intensitätsbereich  $>90\%$   $HF_{max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $45 \pm 35\%$  der Spielzeit erreicht, in der zweiten Halbzeit waren es  $40 \pm 36\%$  ( $p=0,36$ ). In der ersten Halbzeit erreichten die Patienten in  $27 \pm 22\%$  und in der zweiten Halbzeit in  $32 \pm 27\%$  der Spielzeit  $80-89\%$  ihrer  $HF_{max}$  ( $p=0,35$ ). Der Intensitätsbereich  $70-79\%$   $HF_{max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $18 \pm 18\%$  und in der zweiten Halbzeit in  $17 \pm 20\%$  der Spielzeit erreicht ( $p=0,87$ ). Im Bereich  $<70\%$   $HF_{max}$  wurden  $10 \pm 11\%$  (1. Halbzeit) bzw.  $14 \pm 22\%$  der Spielzeit (2. Halbzeit) absolviert ( $p=0,8$ ).



**Abbildung 20:** Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$  ermittelt in der Ergometrie) von 18 Patienten während des 2x10-minütigen Walking-Fußballspiels aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit. Minuten (min).

Die durchschnittliche HF der Spieler lag in der ersten Halbzeit des WF-Spiels bei  $128 \pm 19$  Schläge/min, in der zweiten Halbzeit bei  $125 \pm 21$  Schläge/min ( $p=0,17$ ). Die höchste HF ( $=HF_{peak}$ ) lag im ersten Durchgang bei  $156 \pm 18$  Schläge/min, im zweiten Durchgang bei  $152 \pm 17$  Schläge/min ( $p=0,26$ ). Bei 17 Patienten lag die  $HF_{peak}$  in Halbzeit 1 bei  $>90\%$   $HF_{max}$ , in Halbzeit 2 waren es 15 Patienten. In der zweiten Halbzeit lag die  $HF_{peak}$  bei zwei Patienten im Bereich  $80-89\%$   $HF_{max}$ . Weder in der ersten noch in der zweiten Halbzeit lag bei einem Patienten die  $HF_{peak} <80\%$   $HF_{max}$ .

#### 4.4.1.3 Schritte und weitere Bewegungscharakteristika während des WF-Spiels

Wie Tabelle 34 zu entnehmen ist, wurden während der 2x10 Minuten WF  $1877 \pm 162$  Schritte zurückgelegt. Dabei entfielen  $959 \pm 88$  Schritte auf die erste Halbzeit, während in der zweiten Halbzeit mit  $917 \pm 86$  weniger ( $\Delta 42 \pm 65$  Schritte, 95% KI 12 – 72 Schritte,  $p=0,01$ ) Schritte absolviert wurden.

	Schritte (MW ± SD)	Min. – Max.
Spiel 1	959 ± 88	826 – 1129
Spiel 2	917 ± 86	670 – 1047
Gesamt	1877 ± 162	1506 – 2165

**Tabelle 34:** Anzahl der Schritte von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

In Tabelle 35 sind die Bewegungscharakteristika der 18 Patienten während 2x10 Minuten WF dargestellt.

Parameter	MW ± SD	Min. – Max.
Vorwärtsschritte	1590 ± 191	1249 – 1865
Rückwärtsschritte	286 ± 82	142 – 459
Ausfallschritte	1 ± 1	0 – 4
Richtungswechsel	111 ± 29	51 – 168
Pässe	23 ± 9	7 – 44
Torschüsse	4 ± 4	0 – 15
Standzeit [s]	198 ± 151	10 – 510

**Tabelle 35:** Bewegungscharakteristika während 2x10 Minuten Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) ± Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Sekunden (S).

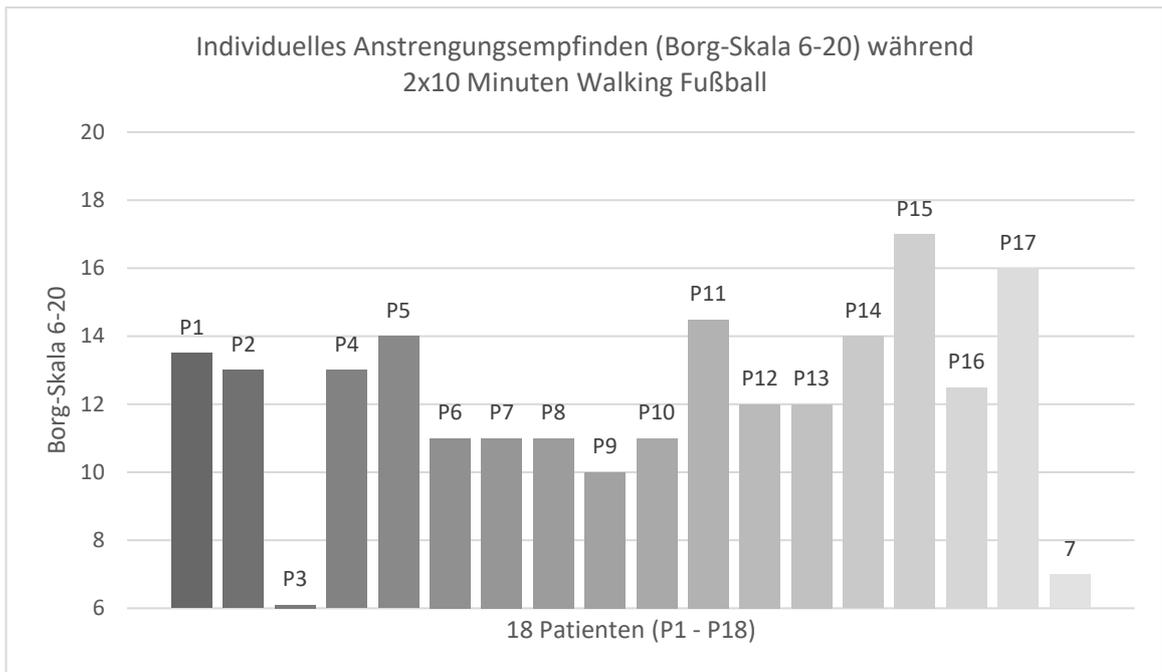
#### 4.4.1.4 Subjektives Anstrengungsempfinden

Die Angaben auf der Borg-Skala (6-20) sind Tabelle 36 zu entnehmen. Im Mittel wurde das WF-Spiel mit „leicht bis etwas anstrengend“ (12) beschrieben, mit einem Bereich von überhaupt nicht anstrengend (6) bis sehr anstrengend (17). Kein Patient gab auf der Borg-Skala 18 oder mehr („extrem bis maximal anstrengend“) an.

	RPE (MW ± SD)	Min. – Max.
Spiel 1	11,9 ± 2,8	6 – 17
Spiel 2	12,4 ± 2,8	6 – 17

**Tabelle 36:** Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking Fußball. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Die individuellen RPE-Angaben jedes Patienten während 2x10 Minuten WF sind in Abbildung 21 dargestellt. Dabei entspricht 6 „überhaupt nicht anstrengend“ und 20 „maximal anstrengend“.



**Abbildung 21:** Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 18 internistischen Patienten während des 20-minütigen Walking Fußballs. Patienten (P).

#### 4.4.1.5 Schmerzempfinden

Das subjektive Schmerzempfinden der 18 Patienten vor und nach dem WF-Spiel wurde mit Hilfe der VAS (0-100%, 0=kein Schmerz, 100=maximaler Schmerz) beurteilt. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 37.

	VAS (MW ± SD)	Min. – Max.
Vor dem Spiel	8,2 ± 5,3	0 – 20
Direkt nach dem Spiel	16,1 ± 21,9	0 – 83,6
24 Stunden nach dem Spiel	19 ± 25,7	0 – 82,7
48 Stunden nach dem Spiel	12,7 ± 14,6	0 – 57,3
72 Stunden nach dem Spiel	4,5 ± 14,6	0 – 56,4

**Tabelle 37:** Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 18 Patienten vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einem WF-Spiel (2x10min). Darstellung als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

In Abbildung 22 sind die individuellen Angaben auf der VAS von jedem der 18 Patienten (P1-P18) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach dem WF-Spiel dargestellt. Bei sieben Patienten blieb das Ausgangsniveau von 8,2 ± 5,3% zu allen Zeitpunkten unverändert. Acht Patienten beschrieben einen Anstieg der Schmerzen um maximal 25% ausgehend vom Schmerzniveau vor der Belastung. Drei Patienten gaben einen Anstieg der Schmerzen um über 50% ausgehend vom Schmerzniveau vor Belastung an, maximal wurde nach dem WF-Spiel ein Anstieg der Schmerzen um 67,2% auf der VAS erreicht. Insgesamt gab ein Patient zu keinem Zeitpunkt (bis 3

Tage) nach dem WF-Spiel Schmerzen (VAS 0%) an. Die innerhalb der 3 Tage nach dem WF-Spiel maximal erreichten Schmerzen waren bei 13 Patienten leicht (VAS=1-25%), bei einem Patienten moderat (VAS=26-50%) und bei drei Patienten deutlich erhöht (VAS>50%).

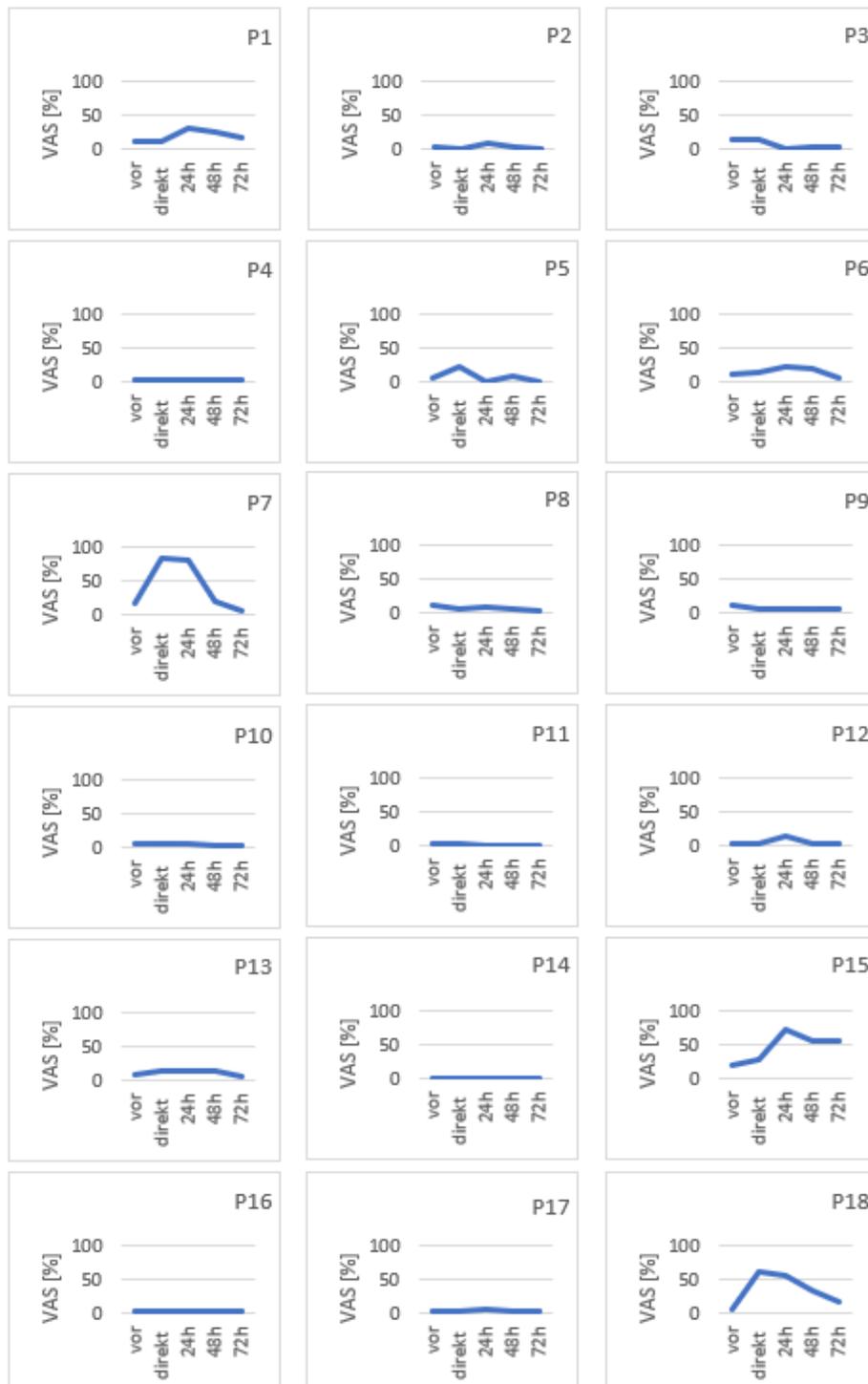
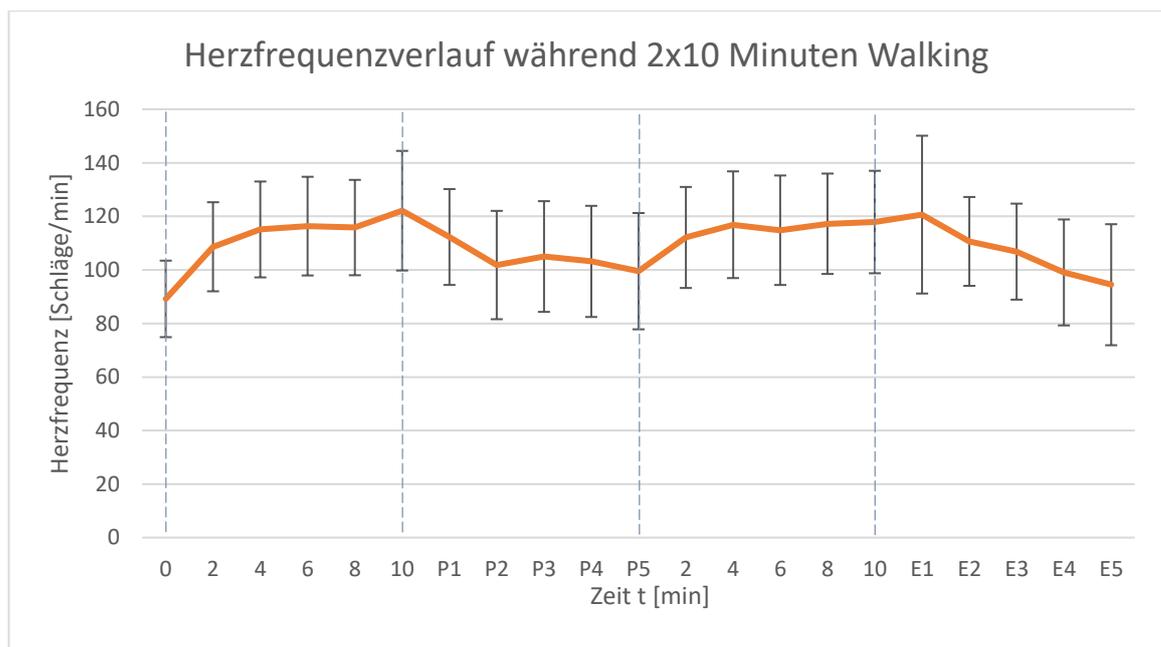


Abbildung 22: Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor dem WF-Spiel und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach. Dargestellt sind die Verläufe des individuellen Schmerzempfindens jedes einzelnen Patienten (Patienten 1-18=P1-P18).

## 4.4.2 Walking

### 4.4.2.1 Herzfrequenz-Verhalten

Abbildung 23 zeigt den Verlauf der mittleren HF der 18 internistischen Patienten während der 20-minütigen WA-Einheit (2 Durchgänge à 10 min) mit 5-minütiger Pause sowie 5-minütiger Erholungsphase mit Messintervallen von 2 min und 1 min während bzw. nach der Belastung. Die HF vor der Belastung ( $89 \pm 14$  Schläge/min) stieg auf  $122 \pm 22$  Schläge/min zum Ende der ersten Halbzeit ( $\Delta 33 \pm 22$  Schläge/min, 95% KI 22 – 43,  $p < 0,001$ ) an. Nach der Pause ( $100 \pm 22$  Schläge/min) stieg die HF auf  $118 \pm 19$  Schläge/min zum Ende der zweiten Halbzeit an ( $\Delta 18 \pm 25$  Schläge/min, 95% KI 7 – 30,  $p < 0,01$ ). Bereits 5 Minuten nach dem ersten ( $100 \pm 22$  Schläge/min,  $p = 0,03$ ) bzw. 4 Minuten nach dem zweiten ( $100 \pm 20$  Schläge/min,  $p = 0,1$ ) Durchgang unterschied sich der HF-Mittelwert nicht mehr von dem HF-Mittelwert vor Belastung ( $89 \pm 14$  Schläge/min,  $p = 0,06$  bzw.  $0,1$ ).

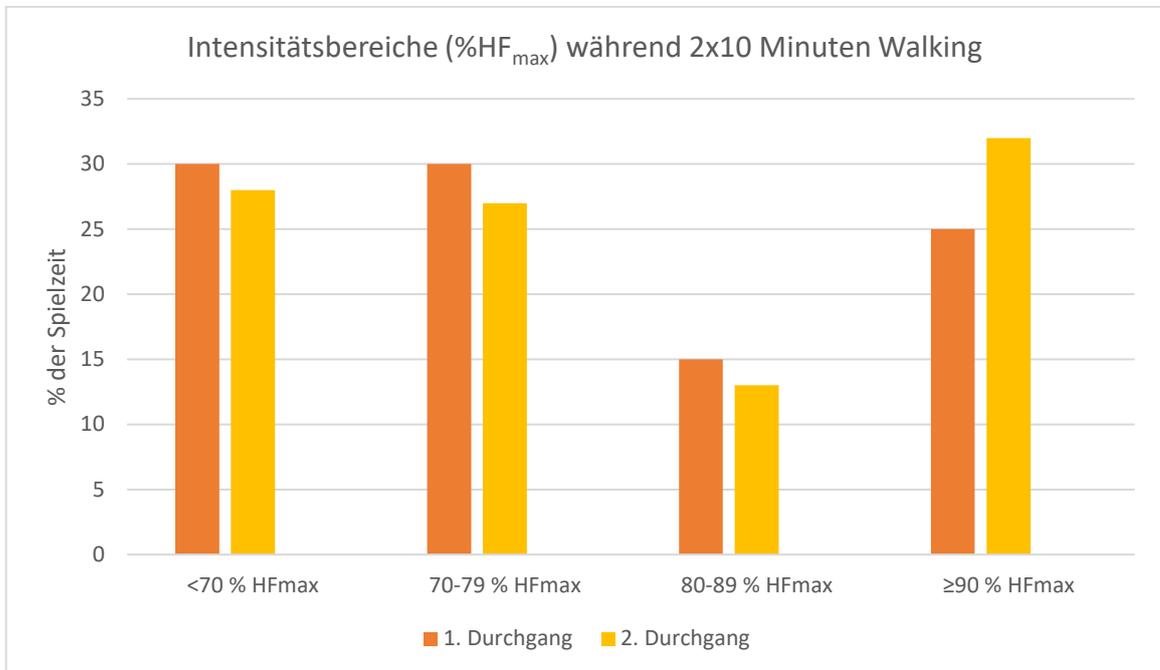


**Abbildung 23:** Herzfrequenzverläufe von 18 Patienten während 2x10 min Walking. Darstellung der Herzfrequenz als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 10 Minuten) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende des Spiels. Minute (min).

### 4.4.2.2 Intensitätsbereiche

Die Intensitätsbereiche ( $< 70\% HF_{\max}$ ,  $70-79\% HF_{\max}$ ,  $80-89\% HF_{\max}$ ,  $\geq 90\% HF_{\max}$ ), bei denen die Patienten, prozentual an der Belastungsdauer gemessen, die WA-Einheit bestritten, sind Abbildung 24 ist zu entnehmen. Der Intensitätsbereich  $> 90\% HF_{\max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $25 \pm 35\%$  und in der zweiten Halbzeit in  $32 \pm 37\%$  der Zeit erreicht ( $p = 0,34$ ). In der ersten Halbzeit absolvierten die Patienten  $15 \pm 18\%$  und

in der zweiten Halbzeit  $13 \pm 21$  % der Zeit bei 80-89% ihrer  $HF_{max}$  ( $p=0,64$ ). Der Intensitätsbereich 70-79%  $HF_{max}$  wurde in der ersten Halbzeit in  $30 \pm 31$  % und in der zweiten Halbzeit in  $27 \pm 32$  % der Zeit erreicht ( $p=0,69$ ). Weniger als 70%  $HF_{max}$  wurden in  $30 \pm 35$  % (1. Halbzeit) bzw.  $28 \pm 34$  % der Zeit (2. Halbzeit) erreicht ( $p=0,72$ ).



**Abbildung 24:** Intensitätsbereiche in % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ , ermittelt in der Ergometrie) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking aufgetragen gegen die prozentuale Spielzeit.

Die durchschnittliche HF der Patienten lag während des WA bei  $113 \pm 17$  Schläge/min in den ersten 10 Minuten bzw.  $115 \pm 18$  Schläge/min im zweiten Durchgang ( $p=0,34$ ). Die höchste HF (=  $HF_{peak}$ ) lag bei  $130 \pm 22$  Schläge/min im ersten bzw.  $128 \pm 19$  Schläge/min im zweiten Durchgang ( $p=0,56$ ). Im ersten und zweiten Durchgang lag die  $HF_{peak}$  bei je sieben Patienten im Bereich  $\geq 90\%$   $HF_{max}$ . Bei fünf Patienten lag die  $HF_{peak}$  in Durchgang 1 bei 80-89% der  $HF_{max}$ , in Durchgang 2 waren es sechs Patienten. Bei vier (Durchgang 1) bzw. drei Patienten (Durchgang 2) lag die  $HF_{peak}$  im Bereich 70-79%  $HF_{max}$ . In der ersten sowie zweiten Halbzeit lag  $HF_{peak}$  bei je einem Patienten  $<70\%$   $HF_{max}$ .

#### 4.4.2.3 Schritte während des Walkings

Die Patienten legten während der 2x10 min WA  $2511 \pm 143$  Schritte zurück (siehe Tabelle 38). Dabei wurden im ersten Durchgang  $1253 \pm 72$  Schritte zurückgelegt, im zweiten Durchgang  $1258 \pm 73$  Schritte ( $\Delta 4 \pm 28$  Schritte, 95% KI (-10) -17 Schritte  $p=0,55$ ).

	Schritte (MW ± SD)	Min. - Max.
Runde 1	1253 ± 72	1127 – 1432
Runde 2	1258 ± 73	1110 – 1395
Gesamt	2511 ± 143	2237 – 2827

**Tabelle 38:** Anzahl der Schritte von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max)

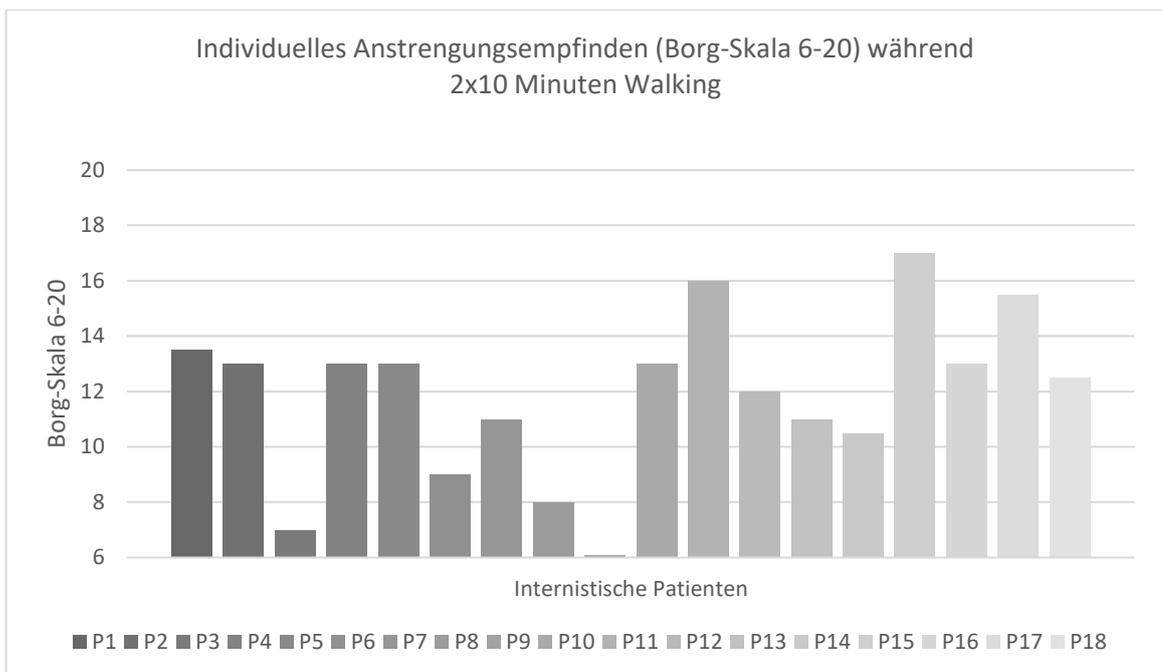
#### 4.4.2.4 Subjektives Anstrengungsempfinden

Die Einschätzung des individuell empfundenen Anstrengungsempfindens ist anhand der Borg-Skala (6-20) in Tabelle 39 dargestellt. Dabei entsprach die WA-Einheit am ehesten der Beschreibung „leicht bis etwas anstrengend“ (12). Die WA-Einheit wurde mit „überhaupt nicht anstrengend“ (6) bis hin zu „sehr anstrengend“ (17) beschrieben. Kein Patient empfand die WA-Einheit als „extrem anstrengend“ (18 oder mehr).

	RPE (MW ± SD)	Min. – Max.
Runde 1	11,8 ± 3	6 – 17
Runde 2	12 ± 3	6 – 17

**Tabelle 39:** Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens (RPE; Borg-Skala 6-20) von 18 Patienten während 2x10 Minuten Walking. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

Die individuellen RPE-Angaben jedes Patienten während 2x10 min WA sind in Abbildung 25 dargestellt. Dabei entspricht 6 „überhaupt nicht anstrengend“ und 20 „maximal anstrengend“.



**Abbildung 25:** Individuelles Anstrengungsempfinden (RPE; Borg-Skala 6-20) der 18 Patienten während des 2x10-minütigen Walkings. Patienten (P).

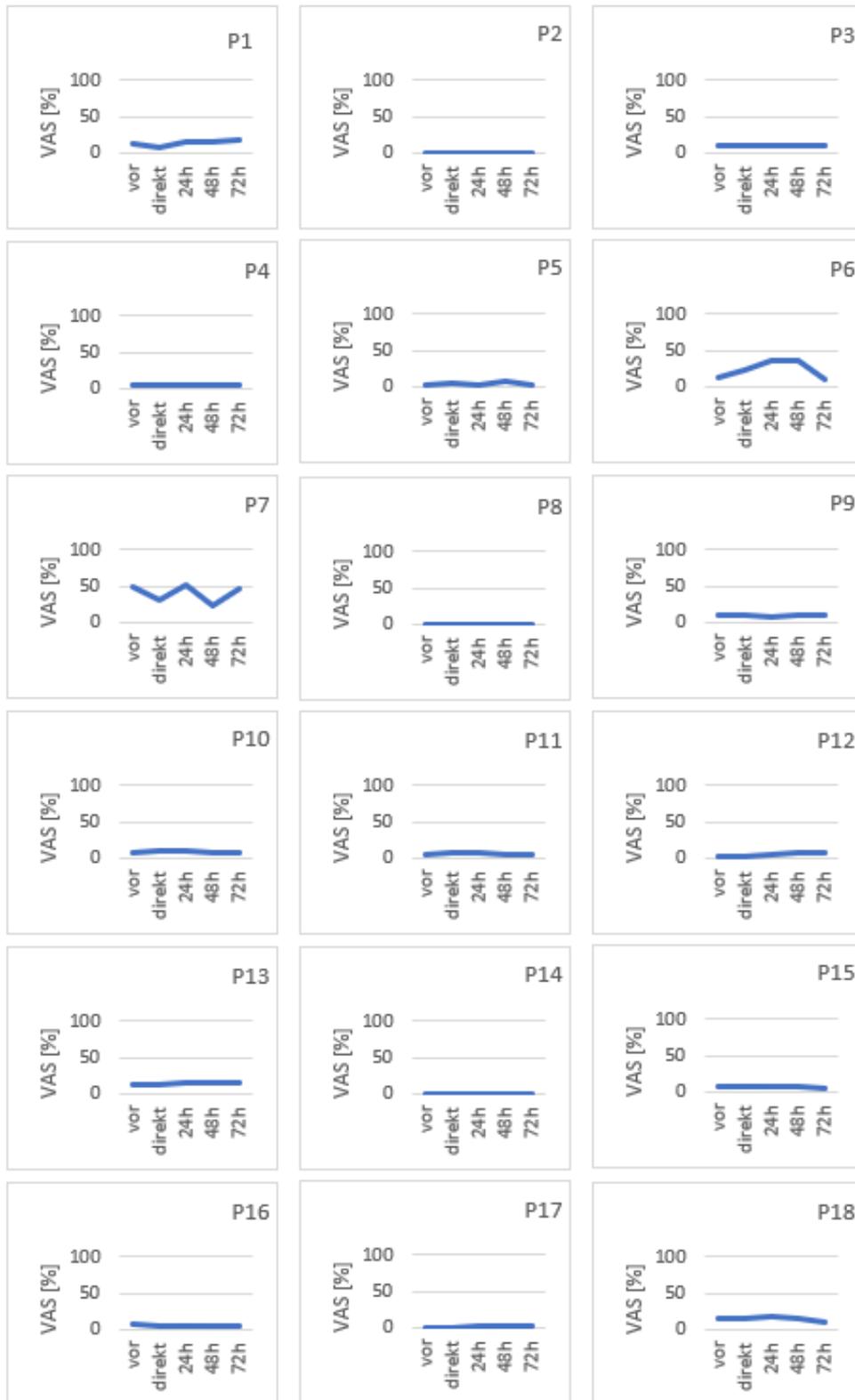
#### 4.4.2.5 Schmerzempfinden

Das subjektive Schmerzempfinden der Patienten vor und nach der WA-Einheit wurde mit Hilfe der VAS (0-100%, 0=kein Schmerz, 100=maximaler Schmerz) beurteilt. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 40.

	VAS (MW $\pm$ SD)	Min. – Max.
Vor der WA-Einheit	8,7 $\pm$ 11,5	0 – 50
Direkt nach der WA-Einheit	8,4 $\pm$ 8,4	0 – 31,8
24 Stunden nach der WA-Einheit	10,5 $\pm$ 13,4	0 – 50,9
48 Stunden nach der WA-Einheit	9,3 $\pm$ 8,8	0 – 34,5
72 Stunden nach der WA-Einheit	8,6 $\pm$ 10,5	0 – 45

**Tabelle 40:** Einschätzung des subjektiven Schmerzempfindens (Visuelle Analogskala 0-100%, VAS) von 18 Patienten vor und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden nach einer Walking-Einheit. Darstellung als Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

In Abbildung 26 sind die individuellen Angaben der 18 Patienten auf der VAS vor der WA-Einheit und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach dargestellt. Bei sechs Patienten kam es zu keiner Änderung des Ausgangsniveaus von 8,7  $\pm$  11,5%. Zwölf der Patienten beschrieben einen Anstieg der Schmerzen um maximal 25% auf der VAS ausgehend vom Schmerzniveau vor der Belastung. Kein Patient gab einen Anstieg der Schmerzen um >25% ausgehend vom Schmerzniveau vor Belastung an. Insgesamt gaben drei Patienten zu keinem Zeitpunkt (bis 3 Tage) nach der WA-Einheit Schmerzen an (VAS=0%). Die innerhalb der 3 Tage nach der WA-Einheit maximal erreichten Schmerzen waren bei 13 Patienten leicht (VAS 1-25%), bei einem Patienten moderat (VAS=26-50%) und bei einem weiteren Patienten deutlich erhöht (VAS>50%).

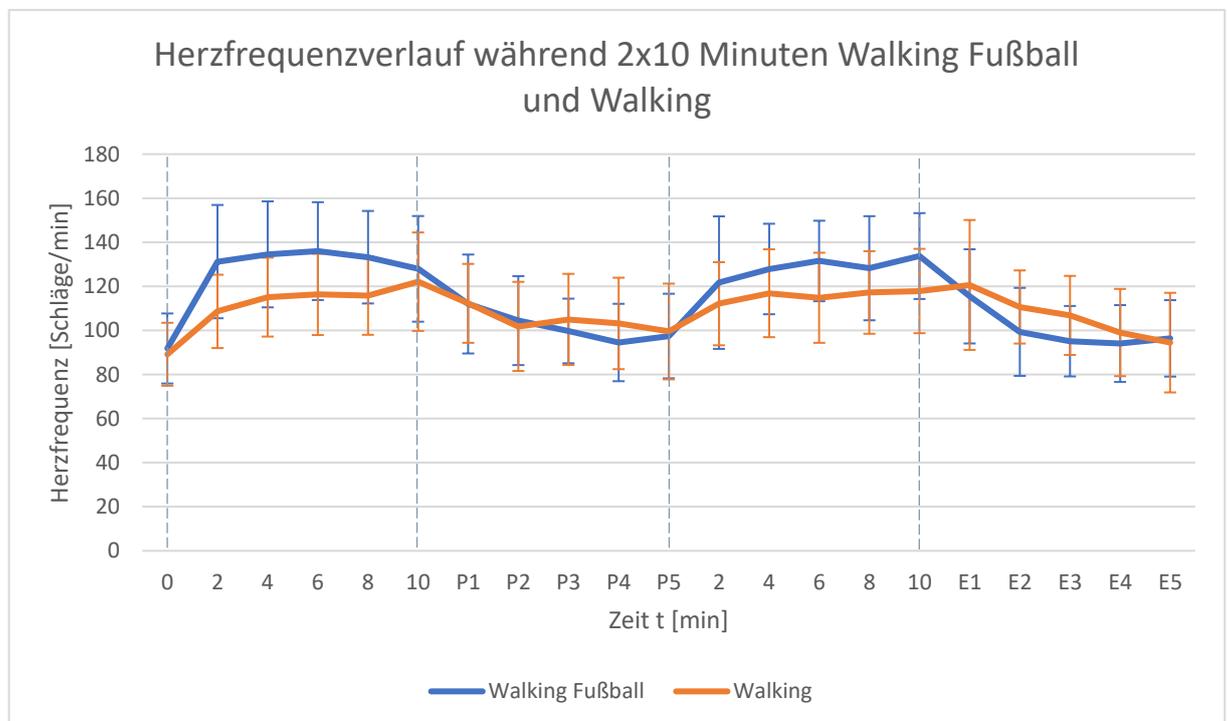


**Abbildung 26:** Angaben der Schmerzintensität auf der Visuellen Analogskala (0-100%) vor der WA-Einheit und direkt, 24, 48 sowie 72 Stunden danach. Dargestellt sind die Verläufe des individuellen Schmerzempfindens jedes einzelnen Patienten (Patienten 1-18=P1-P18).

### 4.4.3 Vergleich von Herzfrequenz, Anstrengungs- und Schmerzempfinden sowie Bewegungscharakteristika zwischen Walking Fußball und Walking bei internistischen Patienten

#### 4.4.3.1 Herzfrequenz-Verhalten

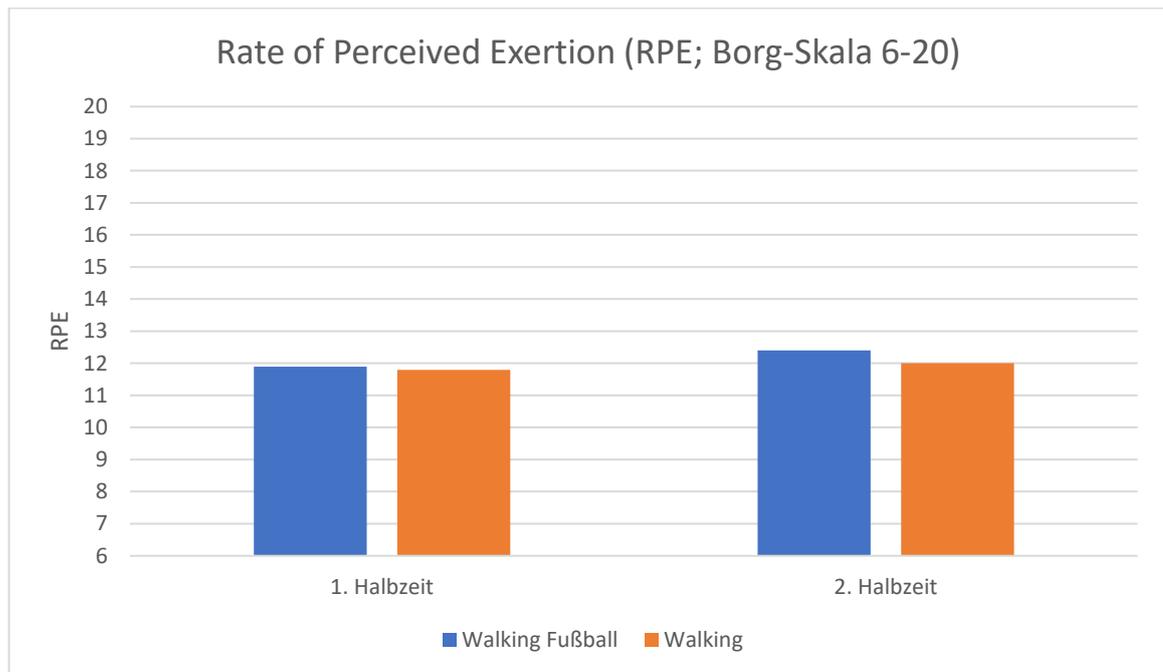
Abbildung 27 zeigt die oben beschriebenen Herzfrequenzverläufe während 2x10 min WF und WA mit jeweils 5 min Pause nach jeder Halbzeit. Die durchschnittliche HF lag beim WF ( $126 \pm 17$  Schläge/min) höher ( $p < 0,05$ ) als beim WA ( $114 \pm 16$  Schläge/min). Die  $HF_{peak}$  beim WF ( $154 \pm 17$  Schläge/min) lag dabei signifikant ( $p < 0,001$ ) über der  $HF_{peak}$  beim WA ( $129 \pm 20$  Schläge/min). Der prozentuale Anteil der Belastungszeit im Intensitätsbereich 90-100%  $HF_{max}$  unterschied sich zwischen WF ( $42 \pm 33$  %) und WA ( $28 \pm 33$ %) nicht ( $p = 0,15$ ). Beim WF ( $29 \pm 22$ %) war der Anteil der Belastungszeit im Intensitätsbereich 80-89%  $HF_{max}$  im Vergleich zum WA ( $14 \pm 17$  %) höher ( $p < 0,05$ ). Für den Intensitätsbereich 70-79 %  $HF_{max}$  lag kein ( $p = 0,19$ ) Unterschied in der Belastungszeit vor (WF:  $17 \pm 16$  %; WA:  $29 \pm 28$ %). Der Intensitätsbereich  $< 70\%$   $HF_{max}$  wurde beim WA mit  $29 \pm 32$  % der Belastungszeit häufiger ( $p < 0,05$ ) als beim WF mit  $11 \pm 12$  % der Belastungszeit erreicht. Die Herzfrequenzvariabilität (VC) unterschied sich nicht ( $p = 0,13$ ) zwischen WF ( $10,3 \pm 5,8$  %) und WA ( $7,1 \pm 5,5$  %).



**Abbildung 27:** Vergleich der Herzfrequenzverläufe während 2x10 Minuten Walking Fußball und Walking. Aufgetragen sind zwei Halbzeiten (jeweils 10 Minuten) mit einer 5-minütigen Pause (P1-5) und einer 5-minütigen Erholungsphase (E1-5) am Ende der Belastung. Minute (min).

#### 4.4.3.2 Subjektives Anstrengungsempfinden

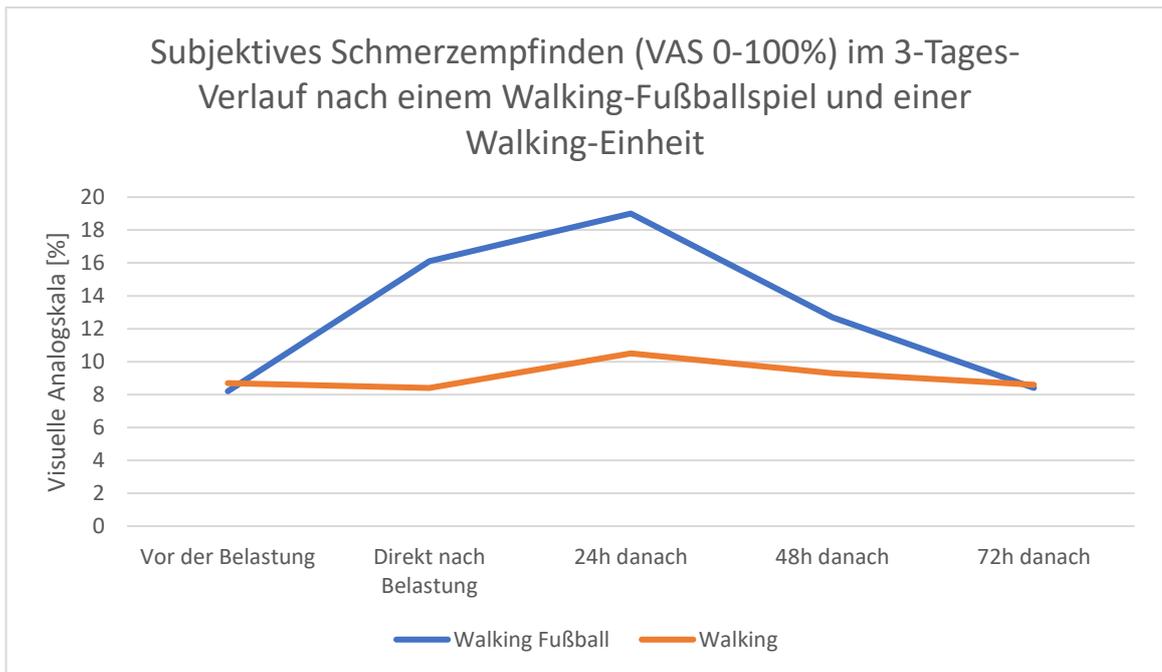
Im direkten Vergleich der RPE (Abbildung 28) zeigten sich nur geringfügige Unterschiede zwischen WF und WA, welche als statistisch nicht signifikant ( $p=0,63$ ) zu bewerten sind (WF:  $12,1 \pm 2,7$ ; WA:  $11,9 \pm 3$ ). Sowohl WF als auch WA wurden über die gesamte Belastungsdauer mit durchschnittlich „leicht bis etwas anstrengend“ (12) bewertet.



**Abbildung 28:** Rate of perceived exertion (RPE; Borg-Skala 6-20) - Vergleich zwischen Walking Fußball und Walking. Das subjektive Anstrengungsempfinden wurde nach jeder Halbzeit des Walking-Fußballspiels und jedem Durchgang der Walking-Einheit erfragt. Dabei entspricht 6 „keiner Anstrengung“ und 20 der „schwersten Anstrengung“.

#### 4.4.3.3 Schmerzempfinden

Abbildung 29 legt dar, wie sich das Schmerzniveau im Verlauf nach dem WF-Spiel und der WA-Einheit verhält. Insgesamt konnte für die Schmerzangabe über die Zeit kein signifikanter Interaktionseffekt ( $p=0,96$ ) mit den beiden Belastungsformen (WF und WA) beobachtet werden.



**Abbildung 29:** Subjektives Schmerzempfinden nach einem Walking Fußballspiel und einer Walking Einheit. Die Einschätzung erfolgte mittels visueller Analogskala (VAS). Stunden (h).

#### 4.4.3.4 Banisterformel

Mit Hilfe der Banisterformel (siehe Tabelle 41) ist eine orientierende und objektivere Bewertung der Belastungsintensität möglich. Während beim WF eine Banisterzahl von  $15,2 \pm 4,2$  erreicht wurde, war die Banisterzahl beim WA ( $12,4 \pm 3,4$ ) niedriger ( $p=0,01$ ).

	Banisterzahl (MW $\pm$ SD)	Min. – Max.
Walking Fußball	$15,2 \pm 4,2$	5,6 – 20,5
Walking	$12,4 \pm 3,4$	6,2 – 18

**Tabelle 41:** Vergleich von Walking-Fußball und Walking anhand der Banisterzahl. Darstellung als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

#### 4.4.3.5 Schritte

Die Gesamtschrittzahl (siehe Tabelle 42) war beim WF ( $1877 \pm 162$  Schritte) signifikant ( $p<0,001$ ) niedriger als beim WA ( $2511 \pm 143$  Schritte).

	MW $\pm$ SD	Min. – Max.
Walking Fußball	$1877 \pm 162$	1506 - 2165
Walking	$2511 \pm 143$	2237 - 2827

**Tabelle 42:** Vergleich von Walking-Fußball und Walking anhand der Gesamtschrittzahl. Darstellung als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max).

#### **4.4.3.6 Metabolisches Äquivalent (MET)**

Das metabolische Äquivalent war beim WF ( $8,3 \pm 2$ ; Bereich: 4,2 – 11) höher ( $p < 0,05$ ) als beim WA ( $6,5 \pm 2$ ; Bereich: 2,6 – 11,8).

## 5. Diskussion

Ziel dieser Studie war es, bei AF-Spielern und Patienten mit internistischen Erkrankungen die Belastungsintensität von WF sowohl auf kardiozirkulatorischer als auch auf muskuloskelettaler Ebene zu erfassen und mit derjenigen von AF (Wettkampfsport) und WA (Präventivsport) zu vergleichen. Zusätzlich sollten WF-spezifische Bewegungscharakteristika analysiert werden.

Studienteil 1:

Im ersten Studienteil wurden AF-Spieler während eines Spiels AF und WF beobachtet. Während des Spiels war die  $HF_{peak}$  beim AF höher als beim WF. Zudem war der prozentuale Anteil der absolvierten Spielzeit im Intensitätsbereich 90-100%  $HF_{max}$  beim WF im Vergleich zum AF niedriger. Zwar zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der durchschnittlichen HF während WF und AF, allerdings legen die Daten nahe, dass hohe Herzfrequenzspitzen beim WF seltener vorkommen. Die eingangs aufgestellte Hypothese H1 kann somit angenommen werden: Die Belastungsintensität von WF ist im Vergleich zu AF niedriger. Der prozentuale Anteil der durchschnittlichen HF während körperlicher Aktivität in Relation zur  $HF_{max}$  kann nach den Richtlinien der ACSM (American College of Sports Medicine) als Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität dienen, wonach WF ( $76 \pm 10 \%HF_{max}$ ) als „moderat“ und AF ( $82 \pm 14 \%HF_{max}$ ) als „intensiv“ einzuordnen ist. [61] Somit könnte WF eine alternative Belastungsform für solche AF-Spieler darstellen, die ihre kardiozirkulatorische und/oder muskuloskelettale Belastungstoleranz beim AF regelmäßig übersteigen, durch WF jedoch den gesundheitlichen Benefit, das soziale Miteinander und den Spaß am Fußball aufrechterhalten wollen. Das metabolische Äquivalent als weiterer Intensitätsmarker unterschied sich nicht zwischen WF und AF. Dass sich nicht alle Intensitätsmarker zwischen WF und AF unterscheiden unterstreicht, dass WF gegenüber AF zwar eine geringere Belastungsintensität darstellt, hieraus jedoch weiterhin ein ausgeprägter gesundheitlicher Benefit resultiert.

Das subjektive Anstrengungsempfinden war beim WF ( $11,8 \pm 1,4$ ; nach ACSM moderat) niedriger als beim AF ( $13,8 \pm 1,1$ ; nach ACSM intensiv). [61] Somit kann die Hypothese H2 angenommen werden: Die Belastungsintensität von WF wird im Vergleich zu AF als weniger anstrengend wahrgenommen. Dies unterstreicht zusätzlich, dass WF durch die Vermeidung von Belastungsspitzen für kardial vorerkrankte Fußballer eine Alternative zum AF darstellen kann. Unter den AF-Spielern dieser Studie wiesen 80% mindestens einen kardiovaskulären Risikofaktor auf, 45% mehr als einen. Eine koronare Herzkrankheit war bei 20% der AF-Spieler bekannt,

wobei darunter ein AF-Spieler bereits einen Myokardinfarkt erlitten hatte. Ein Spieler berichtete von einer generalisierten Atherosklerose. Insbesondere diese Population an AF-Spielern kann daher von regelmäßigem WF profitieren.

WF und AF unterscheiden sich nicht hinsichtlich der zurückgelegten Schritte, der verbrauchten Kalorien und der Banisterzahl. Dies belegt, dass WF durchaus eine vergleichbare sportliche Herausforderung darstellt. WF und AF unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Erfüllung der Empfehlung der deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP), mindestens 10.000 Schritte täglich zur Gesundheitsförderung zurückzulegen. [15] Der gesundheitliche und präventive Benefit von WF ist somit auf einer Stufe mit AF anzusehen.

Es konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzintensität direkt, 24, 48 und 72 Stunden nach dem WF- bzw. AF-Spiel gefunden werden. Somit kann die eingangs aufgestellte Hypothese H3 abgelehnt werden. Dennoch zeigten einzelne individuelle Verläufe für WF und AF deutliche Auffälligkeiten. Während nach dem WF-Spiel zehn Spieler keine Änderung der Schmerzen im Vergleich zum Ausgangsniveau beschrieben, waren es nach dem AF-Spiel lediglich vier Spieler. Beispielsweise gab ein Spieler keinerlei Schmerzen vor und nach dem WF-Spiel und auch nicht vor dem AF-Spiel an. Einen Tag nach dem AF-Spiel hingegen kam es zu einem Anstieg auf 47% der maximal vorstellbaren Schmerzen. Bei acht Spielern war visuell zwischen WF und AF (bezogen auf den VAS-Verlauf vor und nach dem Spiel) kein Unterschied festzustellen, während neun andere Spieler nach dem AF-Spiel im Vergleich zum WF-Spiel einen erkennbaren Anstieg der Schmerzen berichteten. Wiederum gaben drei Spieler nach dem WF einen größeren Schmerzanstieg an als nach AF. Bei meist bereits erhöhtem Ausgangsniveau der VAS ist es naheliegend, dass neben WF bzw. AF auch andere Faktoren einen Einfluss auf die Schmerzintensität der Spieler hatten (z.B. chronische Schmerzen, muskuloskelettale Belastung in Beruf und Freizeit etc.). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es bei den AF-Spielern auf individueller Basis (im Vergleich zum Gruppenvergleich) Hinweise gibt, dass manche Spieler nach dem AF einen stärkeren Anstieg der Schmerzen verspürten und WF somit als Sportart mit geringerer muskuloskelettaler Beanspruchung zumindest für einige Individuen (z.B. mit degenerativen Veränderungen am Bewegungsapparat) als Alternative in Frage kommt. Bei fünf der neun AF-Spieler, welche nach AF einen stärkeren Anstieg der Schmerzen spürten als nach WF, waren Degenerationen des Skelettsystems bekannt. Bei einem der drei Spieler, welche nach WF einen stärkeren Schmerzanstieg beschrieben als nach AF, war eine arthrotische Veränderung des Knies bekannt. Bei den acht Spielern ohne größeren Unterschied der Schmerzentwicklung nach WF und AF, waren bei drei Spielern degenerative Veränderungen bekannt. Somit kann man

sagen, dass von den neun Spielern mit Skeletterkrankungen, die meisten nach AF die größere Schmerzexazerbation erfahren. Daher ist insbesondere diesen AF-Spielern WF als alternative Belastungsform zu empfehlen. Praktisch betrachtet kann die VAS durchaus zur individuellen Beurteilung der Eignung von Spielern auf muskuloskelettaler Ebene hinsichtlich Teilnahme am WF oder AF Anwendung finden.

Anhand der über die Videoanalyse aufgezeichneten Bewegungen der AF-Spieler während der Belastung konnte dargelegt werden, dass sich WF und AF in ihren muskuloskelettalen Anforderungen bzw. Bewegungscharakteristika unterscheiden. Aiello et al beschrieben in einem systematischen Review Bewegungsmuster, die im Fußball gehäuft mit Verletzungen assoziiert sind. [1] Als bedeutsamster Faktor wurden direkte Körperkontakte im Rahmen von Zweikämpfen genannt (30% aller Verletzungen) - ein Mechanismus, der beim WF bereits durch das Regelwerk limitiert wird. [1, 70] Folglich wurden in der vorliegenden Studie beim AF signifikant mehr Zweikämpfe registriert. Dies zeigt allerdings auch, dass Zweikämpfe beim WF trotz Verbot durchaus, wenn auch selten, vorkommen können, diese jedoch aufgrund der geringeren Fortbewegungsgeschwindigkeit (Gehen) wahrscheinlich im Vergleich zum AF (Laufen/Sprinten) mit einem geringeren Verletzungsrisiko assoziiert sind. Zudem wird beim WF durch das Laufverbot ein weiterer relevanter Verletzungsmechanismus (8% aller Verletzungen durch normales Laufen und 4% durch hochintensives Laufen beim herkömmlichen Fußball) außer Kraft gesetzt. [1, 70] Somit kommen die beiden Aktivitäten (Zweikämpfe und Laufen), die am häufigsten Verletzungen nach sich ziehen, beim WF seltener bis gar nicht vor. Passen und Schießen zusammengefasst als weitere Aktivität, die zu Verletzungen führen kann (8% aller Verletzungen), [1] sind beim WF jedoch erlaubt. In der vorliegenden Studie wurde kein Unterschied in der Anzahl der gespielten Pässe festgestellt. Ebenso wurde beim AF und WF kein Unterschied in der Anzahl der Torschüsse registriert. Dennoch lässt sich vermuten, dass im WF durch die niedrigere der Spielgeschwindigkeit, das kleinere Spielfeld, das kleinere Tor und dem Verbot hoher Bälle (weniger Distanz- und Volleyschüsse) weniger Verletzungen aktiv (muskulär) oder passiv (z.B. Kontusionen durch den Ball) durch Pässe und Schüsse auftreten. Zudem wurden beim WF signifikant mehr Richtungswechsel registriert als beim AF. Richtungswechsel sind jedoch vergleichsweise selten für Verletzungen (insbesondere Bandläsionen und Muskelverletzungen) im Fußball verantwortlich (2%) und stellen möglicherweise aufgrund der reduzierten Geschwindigkeit und der damit einhergehenden geringeren (dynamischen) Krafteinwirkung auf den Muskelsehnenapparat (und insbesondere auf verletzliche Regionen wie die Leiste) ein geringes Risiko beim WF da, als die Zahlen auf den ersten Blick vermuten lassen. [1] Als weiteren häufigen Grund für Verletzungen

werden unspezifische Aktivitäten (26%) genannt. [1] Zu diesen unspezifischen Aktivitäten gehören zum Beispiel Standardsituationen, das Attackieren von Ball oder Gegner, das Verhalten bei gegnerischem Ballbesitz, das Verteidigen, technische Fertigkeiten (z.B. Ausspielen bzw. Täuschen eines Gegenspielers) und Werfen. [1] Ausfallschritte spielen eine nicht unwesentliche Rolle bei der Ausführung dieser Aktivitäten. Ebenso fallen Ausfallschritte in die oben bereits erwähnte Kategorie des Laufens. [1] Ausfallschritte kamen beim WF zwar häufiger vor als beim AF, dennoch sollte beachtet werden, dass die Intensität der Ausfallschritte beim WF im Vergleich zum AF aufgrund der geringeren Spielgeschwindigkeit wahrscheinlich niedriger ausfiel, auch wenn hierfür keine spezifischen Messungen vorgenommen wurden.

Zusammenfassend lässt die vorliegende Studie in Verbindung mit dem Regelwerk von WF die Annahme zu, dass beim WF weniger verletzungstypische Bewegungsmuster im Vergleich zum AF auftreten.

WF ist somit insbesondere AF-Spielern zu empfehlen, denen AF aufgrund internistischer oder orthopädischer Erkrankungen zu intensiv und schmerzhaft geworden ist, die jedoch weiterhin körperlich aktiv bleiben wollen und hierbei den Spaß am Ballsport und das soziale Miteinander beibehalten wollen. Der Wechsel von AF zu WF statt des Wechsels zu etablierten Alternativen wie Walking ist insbesondere durch die bei intrinsischer Motivation erhöhte Compliance beim Mannschaftssport im Vergleich zum Einzelsport empfehlenswert. [52] Während der Einzelsport häufiger nach einiger Zeit abgebrochen wird, führen Mannschaftssportler ihr Training oft länger regelmäßig durch. [52] Zusätzlich hat Fußball das Potential durch regelmäßige Bewegung das Herz-Kreislauf-Risiko zu senken, [63, 6, 40, 64] was kein unwesentliches Argument für ehemalige Fußballer ist, ihrer Sportart weiter nachzugehen und nutzt nachweislich der Verbesserung der psychischen Gesundheit. [55] Die AF-Spieler dieser Studie spielten alle bereits seit ihrer frühen Kindheit (etwa ab dem 5. Lebensjahr) Fußball und wollen dies auch in Zukunft aufgrund gesundheitlicher wie sozialer Aspekte nicht aufgeben. Somit sind die Ergebnisse aus Studienteil 1 insbesondere auf langjährige AF-Spieler übertragbar.

Studienteil 2:

Im zweiten Studienteil wurden internistische Patienten über jeweils 2x 10 Minuten während eines Spiels WF und einer WA-Einheit beobachtet. Die höchste HF während des WF-Spiels war signifikant höher als bei der WA-Einheit. Zudem war die durchschnittliche HF während der Belastung beim WF höher als beim WA. Gemäß den Richtlinien der ACSM kann basierend auf der prozentualen  $HF_{max}$  (WF:  $79 \pm 12 \%HF_{max}$ , Bereich: 60-96  $\%HF_{max}$ ; WA:  $71 \pm 11 \%HF_{max}$ , Bereich: 57-97  $\%HF_{max}$ ) und dem

durchschnittlichen Energieverbrauch (WF:  $8,3 \pm 2$  MET, Bereich: 4 - 11 MET; WA:  $6,5 \pm 2$  MET; Bereich: 3 - 12 MET) WA als „moderate“ und WF als „moderate bis intensive“ Belastung eingestuft werden. Allerdings konnte bei Betrachtung des subjektiven Anstrengungsempfindens kein Unterschied zwischen WA und WF gefunden werden, weshalb die Hypothese H5 abgelehnt werden muss. Nach ACSM-Richtlinie sind sowohl WA als auch WF anhand der RPE-Werte als „moderat“ einzustufen. [61] Dieser Aspekt lässt die Annahme zu, dass die höhere kardiozirkulatorische und metabolische Belastung beim WF gegenüber dem WA nicht von den Probanden wahrgenommen wurde. Eine hohe intrinsische Motivation, die für Mannschaftssportarten typische soziale Interaktion und ein geringes Bewusstsein für Ermüdung könnten ebenfalls Faktoren sein, warum WF nicht als anstrengend empfunden wurde, da Belastungen im Rahmen eines Spiels tendenziell besser toleriert werden als bei monotonen Sportarten wie dem WA. [52, 20] Dieser Umstand kann durch Erhöhung der intrinsischen Motivation zur regelmäßigen körperlichen Betätigung vorteilhaft sein, sodass „spielerisch“ potentiell gesundheitsfördernde Effekte auf das Herz-Kreislauf-System erzielt werden können. Außerdem ist eine hohe intrinsische Motivation äußerst relevant für eine dauerhafte Steigerung der körperlichen Aktivität, was bei Mannschaftssportarten grundsätzlich eher gegeben ist als bei Einzelsportarten. [52] Dennoch muss hier die individuelle Variabilität beachtet werden. Immerhin beschrieben fünf Patienten (28%) WF als intensiv. Die Herzfrequenzvariabilität unterschied sich nicht zwischen WF und WA. Dies zeigt, dass das Ausmaß von rezidivierenden HF-Anstiegen als potentieller Trigger für kardiovaskuläre Ereignisse beim WF nicht größer war als beim WA. Die kardiozirkulatorische Belastungsintensität scheint beim WF ähnlich gut beherrschbar zu sein wie beim WA, weshalb die Hypothese H4 angenommen werden kann. Abgesehen davon scheint für kardiologische Patienten das für den Fußball typische intermittierend intensive Belastungsmuster nicht zwangsläufig gesundheitsgefährdend zu sein. [33] Hoch-intensives intermittierendes Training (HIIT) stellt laut internationalen Leitlinien für kardiale Rehabilitation zumindest eine Option für Patienten mit stabiler KHK dar. [53, 59] Mehrwöchiges HIIT erzielt im Vergleich zu moderat-intensiven, kontinuierlichen Trainingseinheiten (MICT) mindestens gleichwertige Steigerungen des Schlagvolumens in Ruhe sowie der maximalen Auswurfleistung unter körperlicher Belastung. [19] Sowohl MICT als auch HIIT zeigen bei KHK Patienten eine Verbesserung der endothelialen Funktion und der maximalen Sauerstoffaufnahme. [58] Übertragen auf WF, welches in gewisser Weise als Analogon zu HIIT betrachtet werden kann, überwiegen die gesundheitlichen Vorteile bezogen auf die Studienpopulation. Das Spielen von Kleinfeldfußball mit einer Intensität von etwa  $80\% HF_{max}$  scheint sich positiv auf das Herz-Kreislauf-System

auszuwirken. [6] Daher ist es wahrscheinlich, dass WF bei den Patienten der vorliegenden Studie mit einer Trainingsintensität von 79%  $HF_{max}$  langfristig mit gesundheitlichen Vorteilen verbunden ist.

In einer WA-Studie, in der ältere Menschen angewiesen wurden, eine Meile so schnell wie möglich zu gehen, lag der Energieverbrauch bei 7 MET. [22] Dieser Wert liegt ebenso wie die eben beschriebene  $HF_{max}$  im intensiven Bereich. Er liegt zwischen den 6,5 MET, die wir bei zügigem WA beobachtet haben, und den 8,3 MET beim WF. Das Absolvieren von 3-5 x pro Woche 20-minütigen WF entspricht dabei den aktuellen Bewegungsempfehlungen der WHO. [74]

Beim WA wurden signifikant mehr Schritte zurückgelegt als beim WF und im Gegensatz zum WA traten während des 20-minütigen WF Standphasen auf. Die Länge der Standzeit korrelierte dabei nicht mit der Anzahl der Schritte. Dieser Umstand ist vermutlich auf eine unterschiedliche Gehgeschwindigkeit der Patienten zurückzuführen. Wie bereits oben erwähnt war der durchschnittliche Energieverbrauch während dem WF jedoch höher als während dem WA. Dies spricht dafür, dass die geringere Schrittzahl beim WF nicht zu einem geringeren gesundheitlichen Benefit führt und der beim WF höhere Energieverbrauch Resultat der im Vergleich zum WA intermittierend schnelleren Gehgeschwindigkeit ist. Die Patienten legten während des WF fast 2000 Schritte zurück, ein Bewegungsvolumen, das mit einer 8%igen Verringerung der kardiovaskulären Ereignisrate verbunden ist. [38]

WF ist im Unterschied zum WA unter anderem charakterisiert durch das intermittierende Gehen. [60, 26] Intervallartiges Gehen ist mit gesundheitlichen Vorteilen verbunden, beispielsweise führt es zu einer Steigerung der aeroben Kapazität bei Menschen mittleren und höheren Alters. [45, 51] Außerdem wurde intermittierendes, hochintensives Gehen mit einer Verringerung des systolischen Blutdrucks und einer Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur in Verbindung gebracht. [63] Da hochintensives Intervalltraining von der European Association of Preventive Cardiology für Patienten mit kardiovaskulären Risikofaktoren und Erkrankungen empfohlen wird (entsprechend der Studienpopulation), kann WF auch bei hoher Trainingsintensität für Präventions- und Rehabilitationstraining empfohlen werden. [33]

Des Weiteren wird durch das Spiel mit Ball und Mitspielern nicht nur die körperliche Bewegung gefördert, sondern auch ein Benefit hinsichtlich der psychischen Gesundheit erzielt. Es wurde nachgewiesen, dass im Mannschaftssport weniger Teilnehmer an Angstzuständen und Depressionen leiden als im Einzelsport. [55]

WF und WA unterscheiden sich in der Schmerzskala bis zu 72 Stunden nach der Belastung nicht. WF scheint daher nur eine mäßige Belastung für den Bewegungsapparat darzustellen. Hohe Schmerzwerte kamen kaum vor, weder nach WF noch WA. Daher kann WF auch Patienten mit muskuloskelettalen Beschwerden als Alternative zu WA empfohlen werden. Bei einigen Patienten zeigte sich jedoch nach dem WF-Spiel ein höherer Anstieg der Schmerzintensität als nach der WA-Einheit. Beispielsweise stiegen die Schmerzen von zwei Patienten nach dem WF-Spiel auf über 50% an, während sich nach der WA-Einheit fast keine Änderung der Schmerzintensität zeigte. Ein Patient hingegen beschrieb nach der WA-Einheit einen deutlicheren Anstieg der Schmerzen als nach dem WF-Spiel. Dass die Angaben der Schmerzintensität jedoch auch von anderen Einflussgrößen abhängig sind, zeigt exemplarisch Patient P8. Hier suggerieren die Angaben auf der VAS einen Einfluss von WF auf die Schmerzintensität. Allerdings beschrieb dieser Patient bereits vor dem WF-Spiel höhere Schmerzen als vor der WA-Einheit, sodass hier wahrscheinlich ein unbekannter Faktor schon vor dem WF-Spiel auf den Patienten einwirkte und die Angaben beeinflusste.

Im Vergleich zu WA könnte man annehmen, dass WF zu mehr Verletzungen führt. Ausfallschritte als häufiger Mechanismus bei Oberschenkelverletzungen kommen beim WF jedoch nur bei etwa der Hälfte der Patienten überhaupt vor, maximal 4 pro Spieler während eines WF-Spiels. [1] Richtungswechsel machen einen kleinen Prozentsatz der Verletzungen aus, [1] kommen während WF jedoch häufiger vor als bei WA. In der vorliegenden Studie absolvierten die Patienten während WF etwa 5,6 Richtungswechsel pro Minute. In einer Vergleichsstudie bei im Durchschnitt 66 Jahre alten Männern lag dieser Wert während WF bei 1,4/min. [26] Zu beachten ist eine große interindividuelle Variabilität in der Anzahl der Richtungswechsel, was zum Teil auch der Dynamik und dem Zufallscharakter von WF geschuldet ist. Ein weiterer Faktor könnte die unterschiedliche Mannschaftsgröße von vier bzw. fünf Spielern pro Mannschaft darstellen. Auffallend war außerdem, dass ältere Patienten (ab 69 Jahren) weniger verletzungstypische Bewegungsmuster (Torschüsse, Pässe, Ausfallschritte usw.) durchführten als jüngere Patienten. Dies könnte möglicherweise auf die im Alter reduzierte Koordinationsfähigkeit und Muskelkraft zurückzuführen sein. [72]

WF kann zusammenfassend in kardiologischen Rehabilitations- und Präventionsprogrammen einen Bestandteil der Trainingsinhalte darstellen. Dies gilt insbesondere für Patienten, die für Einzelsportarten wie WA keine Motivation aufbringen. Da der überwiegende Teil der Patienten in der vorliegenden Studie an einer

Herz-Kreislauf-Erkrankung litt, sind die Ergebnisse der Studie sicherlich auf die Teilnehmer von kardiologischen Rehabilitationsprogrammen übertragbar. Die Patienten dieser Studie stellen zwar aufgrund ihres Alters, ihrer kardiorespiratorischen Fitness und der kardiovaskulären Risikofaktoren eine durchaus heterogene, aber gleichzeitig auch sehr repräsentative Gruppe dar, welche als typische Zielpopulation für das regelmäßige Spielen von WF angesehen werden kann.

## **5.1 Einordnung der Belastungsintensität von Walking Fußball, Altherren-Fußball und Walking**

Gemäß der WHO soll mindestens 150-300 Minuten pro Woche körperliches Training bei moderater Belastungsintensität durchgeführt werden. [74] Nach den Leitlinien der ESC gilt eine Belastung dann als moderat, wenn eine aerobe Stoffwechsellage vorliegt, durchschnittlich eine HF von 55-74%  $HF_{max}$  erreicht, etwa 40-69% der HF-Reserve ausgeschöpft, die RPE mit 12-13 angegeben und 40-65 % der  $VO_{2max}$  erreicht werden. [53]

In der Gruppe der AH-Fußballer wurde beim WF durchschnittlich eine HF von  $76 \pm 10$  % $HF_{max}$  erreicht, bei den internistischen Patienten lag die mittlere HF während WF bei  $79 \pm 12$   $HF_{max}$ . Laut ESC-Leitlinie entsprechen diese Werte für WF einer hohen Belastungsintensität (vergleiche Tabelle 2, Seite 23). Die AF-Spieler erreichten während AF eine durchschnittliche HF von  $82 \pm 14$  % $HF_{max}$  (hohe Intensität), während der WA-Einheit  $60 \pm 6$  % $HF_{max}$  (moderat). Bei den internistischen Patienten lag die durchschnittliche HF beim WA bei  $71 \pm 11$  % $HF_{max}$  (moderat).

Die AF-Spieler schöpften während WF  $62 \pm 14$  % ihrer HF-Reserve aus (gemäß ESC-Kriterien moderat). [53] Beim AF lag dieser Wert bei  $71 \pm 24$  % (entspricht einer hohen Belastungsintensität), beim WA nutzten die AF-Spieler  $35 \pm 9$ % (niedrige Intensität) ihrer HF-Reserve aus. Die internistischen Patienten erreichten beim WF  $66 \pm 19$  % ihrer HF-Reserve (moderate Belastungsintensität), während dieser Wert beim WA bei  $53 \pm 17$  % (moderat) lag.

In Studienteil 1 gaben die AF-Spieler für WF eine RPE von  $11,8 \pm 1,4$  an. Beim AF lag die durchschnittliche RPE bei  $13,8 \pm 1,1$ , beim WA bei  $12 \pm 1$ . In Studienteil 2 bewerteten die internistischen Patienten WF mit einer RPE von  $12,1 \pm 2,7$ , während beim WA  $11,9 \pm 3$  auf der Borg-Skala angegeben wurden. Orientiert man sich am Parameter der RPE zur Einschätzung der Belastungsintensität, liegt eine moderate Intensität bei einer RPE von 12-13 vor. [53] Nach den Angaben der Probanden dieser Studie stellt WF genauso wie WA eine Belastung moderater Intensität dar, während beim AF eine hohe Intensität erreicht wird.

Nach Zusammenfassung der Parameter  $\%HF_{\max}$ , HF-Reserve und RPE ist die Belastungsintensität von WF orientiert an der Einteilung der ESC als moderat (bis hoch), von AF als hoch und von WA als moderat zu beschreiben. Somit kann WF im Wettkampfsport als alternative Belastungsform angeboten werden, sollte die Ausübung von AF aufgrund internistischer oder orthopädischer Erkrankungen nicht mehr möglich sein. Aber auch im Präventiv- und Rehasport kann WF in Zukunft als ein Teil des Trainingsprogrammes integriert werden. Da WF anhand der Ergebnisse dieser Studie als moderate Belastungsform eingestuft werden kann, kann unter Berücksichtigung der WHO-Empfehlungen für körperliche Aktivität eine wöchentliche Trainingszeit von mindestens 3- bis 5- mal 20 Minuten WF als gesundheitsfördernd eingestuft werden. [74]

## 5.2 Einordnung der Studienergebnisse

In einer Studie an 50- bis 65-jährigen Erwachsenen wurde die HF während 45 Minuten WF mit Hilfe einer Pulsuhr und die zurückgelegte Gehstrecke mittels GPS-Tracker ermittelt. [60] Während WF wurde durchschnittlich eine HF von  $76 \%HF_{\max}$  gemessen. Außerdem wurden hier pro Spiel (45 min) etwa  $2386 \pm 309$  Meter zurückgelegt. Allerdings erfolgte hier kein Vergleich mit etablierten Sportarten bekannter Belastungsintensität. In der vorliegenden Studie wurde beim WF durchschnittlich eine HF von  $76 \pm 10 \%HF_{\max}$  (AF-Spieler, Studienteil 1) bzw.  $79 \pm 12 \%HF_{\max}$  (internistische Patienten, Studienteil 2) erreicht. Die kardiale Belastungsintensität während WF ist somit vergleichbar mit der o.g. Studie.

Die durchschnittliche Schrittlänge eines Erwachsenen liegt bei etwa 0,65-0,75 Meter. [37] In der vorliegenden Arbeit legten die AF-Spieler über eine Spielzeit von 40 min  $3822 \pm 452$  Schritte zurück. Die internistischen Patienten legten innerhalb von 20 min  $1877 \pm 162$  Schritte zurück. Bei einer angenommenen mittleren Schrittlänge der Probanden von 70cm ergibt sich für die AF-Spieler eine zurückgelegte Gehstrecke von 2675m (40min), für die internistischen Patienten 1313m (20 min). Bezogen auf eine Stunde liegt die Gehstrecke annäherungsweise bei 4013m (AH-Fußballer) bzw. 3939m (internistische Patienten). In der o.g. Studie wurden  $2386 \pm 309$  Meter über 40 min zurückgelegt, entsprechend 3579 Meter pro Stunde. Die zurückgelegte Gehstrecke ist zwischen der o.g. Studie und der vorliegenden Arbeit somit annähernd vergleichbar.

Weitere Studien zur Belastungsintensität liegen nicht vor, sodass eine weiterführende Einordnung der Studienergebnisse nicht möglich ist. Somit gilt es in Zukunft weitere Daten zur Belastungsintensität von WF zu sammeln, zu analysieren und zu vergleichen, um eine fundierte und evidenzbasierte Empfehlung für die gesamte Breite des Präventivsports aussprechen zu können.

### **5.3 Einfluss der individuellen Leistungsfähigkeit auf die Ergebnisse**

Bei allen Ergebnissen der vorliegenden Studie ist zu beachten, dass eine kleine Stichprobe (20 AF-Spieler; 18 internistischen Patienten) eine große Grundgesamtheit repräsentiert. Somit sind die Ergebnisse in besonderem Maße von der Leistungsfähigkeit der teilnehmenden Probanden abhängig. Diese Studienergebnisse sind als ein Wegweiser zu werten und müssen mit Hilfe einer größeren Stichprobe verifiziert werden. Zum Teil waren nicht signifikante Tendenzen zu erkennen, die bei einer größeren Stichprobe besser beurteilbar sein könnten.

Insbesondere Variablen wie RPE, HF und Schrittzahlen sind abhängig von der Motivation des Probanden, der aktuellen Tagesform (z.B. herrschten an den Untersuchungstagen unterschiedliche Wetterverhältnisse) und dem grundsätzlichen Leistungsniveau. Hinzu kommt, dass diese Studie während der Corona-Pandemie durchgeführt wurde. Lange Zeit waren Sportangebote in Gruppen nicht erlaubt, sodass anzunehmen ist, dass nicht jeder Proband auf seinem gewohnten Leistungsstand war. Viele Probanden gaben an, sich während des Lockdowns andere Sportmöglichkeiten gesucht zu haben, um fit zu bleiben. Andere berichteten, sich deutlich weniger bewegt zu haben als vor Beginn der Pandemie. Dennoch waren die internistischen Patienten, welche in Studienteil 2 als Probanden teilnahmen, sehr aktiv mit einer wöchentlichen Trainingszeit von  $233 \pm 86$  Minuten. Daher können die Studienergebnisse nur schwer auf untrainierte Patienten übertragen werden.

### **5.4 Methodenkritik**

Diese Studie vergleicht zum ersten Mal WF mit bereits etablierten Sportdisziplinen wie AF und WA inklusive einer videobasierten Auswertung der Bewegungscharakteristika. Dennoch weist diese Studie gewisse methodische Einschränkungen auf.

In Studienteil 1 wurden während AF und WF bei je einem AF-Spieler keine Herzfrequenzverläufe aufgezeichnet, sodass hier für die Auswertung der HF-Verläufe lediglich 19 Spieler herangezogen werden konnten. In Studienteil 2 blieben sowohl beim WF, als auch beim WA von jeweils einem Patienten die HF-Verläufe unberücksichtigt, da die Aufzeichnungen der Pulsuhr als unplausibel eingeschätzt wurde (konstante HF über den kompletten Zeitraum der Aufzeichnung).

Um wesentliche Veränderungen der körperlichen Fitness der Probanden zwischen den einzelnen Untersuchungen (WF, WA und AF) auszuschließen, sollte der Abstand eine Woche betragen. Letztendlich lag der Abstand zwischen dem WF- und AF-Spiel der AF-Spieler bei 2 bis 3 Wochen. Bei den internistischen Patienten wurde der Abstand von 1-2 Wochen zwischen dem WF- Spiel und der WA-Einheit größtenteils eingehalten,

allerdings lag der Abstand vereinzelt bei 3 Wochen und bei einem Patienten bei 4 Wochen (Ursachen: Terminverschiebungen wetterbedingt oder aus privaten Gründen). Dennoch versicherten alle Probanden während der Studie nicht von ihrer üblichen Trainingsroutine abzuweichen, sodass Unterschiede im Fitnesszustand zwischen den Untersuchungen unwahrscheinlich waren.

Des Weiteren sind die Resultate dieser Studie nur teilweise auf Frauen übertragbar, welche in dieser Studie eine Minderheit darstellten. In Studienteil 2 ergaben sich Hinweise auf unterschiedliche Bewegungsmuster zwischen Männern und Frauen. Diese Beobachtung sollte jedoch in künftigen Studien durch den Einschluss einer höheren Anzahl von Frauen überprüft und daher aktuell nur mit Vorsicht interpretiert werden. In Studienteil 2 war die Mehrheit der Patienten ohne langjährige Fußballerfahrung. Dies könnte Einfluss auf die beobachteten Bewegungsabläufe gehabt haben, die sich möglicherweise mit vorhandener Fußballerfahrung anders dargestellt hätten. Außerdem wurde WF zur Sicherstellung einer regelmäßigen Bewegung aller Teilnehmer ohne Torwart gespielt. Diese Variation hatte möglicherweise Einfluss auf die Belastungsintensität, da hierdurch die Dynamik des Spiels verändert wurde. Zudem könnten die unterschiedliche Mannschaftsgrößen im Studienteil 2 bei den internistischen Patienten (ein WF-Spiel 4 gegen 4 und ein weiteres WF-Spiel 5 gegen 5) Einfluss auf die Spielweise gehabt haben, auch wenn eine Anpassung der Spielfeldgröße (Anzahl Spieler pro Quadratmeter) erfolgt ist.

Die vorliegende Studie ermöglichte WF als „neue Variante des Fußballs“ hinsichtlich Belastungsintensität einordnen zu können. Dennoch ist die untersuchte Stichprobe zu klein, um eine allgemeingültige Aussage treffen zu können. Es benötigt weitere Untersuchungen, um WF besser zu charakterisieren, um noch fundiertere, evidenzbasierte Trainingsempfehlungen für Wettkampf- und Präventivsportler abgeben zu können. Da die Datenlage bezüglich der Belastungsintensität von WF noch recht rar gesät ist, gilt es in Zukunft weitere wissenschaftliche Untersuchungen in dieser Sportart durchzuführen.

## 5.5 Schlussfolgerung

Insgesamt können folgende Schlussfolgerungen festgehalten werden:

- Die Belastungsintensität von WF ist im Vergleich zu AF niedriger (Studienpopulation: AF-Spieler).
- Die Belastungsintensität von WF wird im Vergleich zu AF als weniger anstrengend wahrgenommen (Studienpopulation: AF-Spieler).
- Die Schmerzintensität zwischen WF und AF unterscheidet sich nicht (Studienpopulation: AF-Spieler).
- Die Belastungsintensität zwischen WF und WA unterscheidet sich nicht (Studienpopulation: Patienten).
- Die Belastungsintensität von WF wird im Vergleich zu WA als etwa gleichwertig wahrgenommen (Studienpopulation: Patienten).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass WF als Sportart moderater (bis hoher) Belastungsintensität, Fußballerspielern in einem Alter über 50 Jahren als Alternative zu empfehlen ist, wenn die Ausübung von AF durch internistische oder orthopädische Erkrankungen erschwert wird, zumal WF aufgrund der geringeren Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems ein potentiell geringeres kardiovaskuläres Risiko darstellt.

Auch im Präventivsport bei trainierten Patienten kann WF in das Trainingsprogramm integriert werden, da Spitzenbelastungen für das Herz-Kreislauf-System nicht häufiger vorkommen als beim WA. Weiterhin besteht kein höheres Belastungs- oder Schmerzempfinden im Vergleich zu WA.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Aiello F, Impellizzeri FM, Brown SJ, Serner A, McCall A. 2022. Injury-Inciting Activities in Male and Female Football Players: A Systematic Review. *Sports Med.* DOI: 10.1007/s40279-022-01753-5
- [2] Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Basset DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011. Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* DOI: 10.1097/00005768-200009001-00009
- [3] American Heart Association. 2021. What Is Metabolic Syndrome? Answers by heart. *Cardiovascular Conditions.* DS17516 4/21
- [4] Andersen TR, Schmidt JF, Nielsen JJ, Randers MB, Sundstrup E, Jacobsen MD, Andersen LL, Suetta C, Aagaard P, Bangsbo J, Krstrup P. 2014. Effect of football or strength training on functional ability and physical performance in untrained old men. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.* DOI: 10.1111/sms.12245
- [5] Arnold JT, Bruce-Low S, Sammut L. 2015. The impact of 12 weeks walking football on health and fitness in males over 50 years of age. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine.* DOI: 10.1136/bmjsem-2015-000048
- [6] Bangsbo J, Hansen PR, Dvorak J, Krstrup P. 2015. Recreational football for disease prevention and treatment in untrained men: a narrative review examining cardiovascular health, lipid profile, body composition, muscle strength and functional capacity. *British journal of sports medicine.* Doi: 10.1136/bjsports-2015-094781
- [7] Biswas A, Oh PI, Faulkner GE, Bajaj RR, Silver MA, Mitchell MS, Alter DA. 2015. Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine.* DOI: 10.7326/M14-1651
- [8] Blair SN, Kohl HW 3<sup>rd</sup>, Paffenbarger RS Jr, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. 1989. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *Journal of the American Medical Association.* DOI: 10.1001/jama.262.17.2395
- [9] Bonner G. 2006. Der Effekt von körperlicher Aktivität auf die arterielle Hypertonie und andere Herz-Kreislauf-Risikofaktoren; *Journal für Hypertonie – Austrian Journal of Hypertension.*
- [10] Börjesson M, Onerup A, Lundqvist S, Dahlöf B. Physical activity and exercise lower blood pressure in individuals with hypertension: narrative review of 27 RCTs. *British Journal of Sports Medicine.* DOI: 10.1136/bjsports-2015-095786

- [11] Bragada JA, Pedro PM, Vasques CS, Tiago MB, Vítor PL. 2009. Net heart rate to prescribe physical activity in middle-aged to older active adults. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009;8(4):616-21
- [12] Bundesministerium für Gesundheit. 2011. Initiative „Unternehmen unternehmen Gesundheit“. Internetzugriff: [Broschuere\\_Unternehmen\\_unternehmen\\_Gesundheit\\_-\\_Betriebliche\\_Gesundheitsfoerderung\\_in\\_kleinen\\_und\\_mittleren\\_Unternehmen.pdf](#) (bundesgesundheitsministerium.de)
- [13] Busch M, Schienkiewitz A, Nowossadeck E, Gößwald A. 2013. Prävalenz des Schlaganfalls bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. DOI: 10.1007/s00103-012-1659-0
- [14] Deutsche Adipositas-Gesellschaft. 2014. Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“. AWMF-Register-Nummer: 050/001. Version 2.
- [15] Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP). 2018. Regelmäßige körperliche Aktivität zeigt vielfältige positive Effekte in der Prävention und Behandlung von Adipositas und Typ2-Diabetes. Internetzugriff: <https://www.dgsp.de/seite/385078/regelm%C3%A4%C3%9Fige-k%C3%B6rperliche-aktivit%C3%A4t-zeigt-vielf%C3%A4ltige-positive-effekte-in-der-pr%C3%A4vention-und-behandlung-von-adipositas-und-typ-2-diabetes.html> (letzter Internetzugriff am 11.12.2023 um 18:25 Uhr)
- [16] Deutsche Rentenversicherung Bund. 2021. Rentenversicherung in Zeitreihen. Internetzugriff: [Rentenversicherung in Zeitreihen 2021 | Riester-ZfA](#) (deutsche-rentenversicherung.de)
- [17] Deutscher Fußball - Bund - Mitgliederstatistik. Internetzugang: <https://www.dfb.de/verbandsstruktur/mitglieder/aktuelle-statistik/> (letzter Zugriff am 26.07.21)
- [18] Dhaliwal S, Welborn TA. 2009. Central obesity and cigarette smoking are key determinants of cardiovascular disease deaths in Australia: a public health perspective. *Preventive Medicine*. DOI: 10.1016/j.ypmed.2009.07.019
- [19] Dun Y, Smith JR, Liu S, Olson TP. 2019. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Clinics in Geriatric Medicine*. DOI: 10.1016/j.cger.2019.07.011
- [20] Elbe AM, Strahler K, Krustrup P, Wikman J, Stelter R. 2010. Experiencing flow in different types of physical activity intervention programs: three randomized studies. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01112.x

- [21] Europäisches Netzwerk für Betriebliche Gesundheitsförderung. Luxemburger Deklaration zur Betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union. 1997, zuletzt 2014 aktualisiert. Internetzugriff: 2014\_Luxemburger\_Deklaration\_BGF.pdf (dnbgf.de)
- [22] Gault ML, Willems MET. 2017. The metabolic equivalents of one-mile walking by older adults; implications for health promotion. Health promotion perspectives. DOI: 10.15171/hpp.2017.38
- [23] Glovaci D, Fan W, Wong ND. 2019. Epidemiology of Diabetes Mellitus and Cardiovascular Disease. Current Cardiology Reports. DOI: 10.1007/s11886-019-1107-y
- [24] Gößwald A, Schienkewitz A, Nowossadeck E, Busch M. 2013. Prävalenz von Herzinfarkt und koronarer Herzkrankheit bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland; Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. DOI: 10.1007/s00103-013-1666-9
- [25] Halbert JA, Silagy CA, Finucane P, Withers RT, Hamdorf PA, Andrews GR. 1997. The effectiveness of exercise training in lowering blood pressure: a meta-analysis of randomised controlled trials of 4 weeks or longer. Journal of human hypertension. DOI: 10.1038/sj.jhh.1000509
- [26] Harper LD, Field A, Corr LD, Naughton RJ. 2019. The Physiological, Physical, and Biomechanical Demands of Walking Football: Implications for Exercise Prescription and Future Research in Older Adults. Journal of aging and physical activity. DOI: 10.1123/japa.2019-0330
- [27] Heidemann C, Scheidt-Nave C, Beyer A, Baumert J, Thamm R, Maier B, Neuhauser H, Fuchs J, Kuhnert R, Hapke U. Gesundheitliche Lage der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland – Ergebnisse der Studie GEDA 2019/2020 – EHIS. Ausgabe 3. 2021. Journal of Health Monitoring.
- [28] Jeong SW, Kim SH, Kang SH, Kim HJ, Yoon CH, Youn TJ, Chae IH. 2019. Mortality reduction with physical activity in patients with and without cardiovascular disease. European Heart Journal. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz564
- [29] Jetté M, Sidney K, Blümchen G. 1990. Metabolic equivalents (METs) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. Clinical Cardiology. DOI: 10.1002/clc.4960130809
- [30] Jeukendrup AE, Wallis GA. 2005. Measures of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. International Journal of Sports Medicine. DOI: 10.1055/s-2004-830512

- [31] Juul F, Vaidean G, Lin Y, Deierlein AL, Parekh N. 2021. Ultra-Processed Foods and Incident Cardiovascular Disease in the Framingham Offspring Study. *Journal of the American College of Cardiology*. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.01.047
- [32] Kemi OJ, Wisloff U. 2010. High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. DOI: 10.1097/HCR.0b013e3181c56b89
- [33] Kemps H, Kränkel N, Dörr M, Moholdt T, Wilhelm M, Paneni F, Serratos L, Solberg E, Hansen D, Halle M, Guazzi M. 2019. Exercise training for patients with type 2 diabetes and cardiovascular disease: What to pursue and how to do it. A Position Paper of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *European journal of preventive cardiology*. DOI: 10.1177/2047487318820420
- [34] Kindermann W. Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. Aus der Abteilung Sport- und Leistungsmedizin der Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- [35] Knight S, Bermingham MA, Mahajan D. 1999. Regular non-vigorous physical activity and cholesterol levels in the elderly. *Gerontology*. DOI: 10.1159/000022090
- [36] Kokubo Y, Matsumoto C. 2017. Hypertension Is a Risk Factor for Several Types of Heart Disease: Review of Prospective Studies. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. DOI: 10.1007/5584\_2016\_99
- [37] Kramers-de Quervain IA, Stüssi E, Stacoff A. 2008. Ganganalyse beim Gehen und Laufen. Institut für Biomechanik, ETH Zürich und Schulthess Klinik Zürich. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*.
- [38] Kraus WE, Janz KF, Powell KE, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, Sprow K, Torres A, Piercy KL. 2019. Daily Step Counts for Measuring Physical Activity Exposure and Its Relation to Health. *Medicine and science in sports and exercise*. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001932
- [39] Kraus WE, Powell KE, Haskell WL, Janz KF, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, Sprow K, Torres A, Piercy KL. 2019. Physical Activity, All-Cause and Cardiovascular Mortality, and Cardiovascular Disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001939
- [40] Krstrup P, Nielsen JJ, Krstrup BR, Christensen JF, Pedersen H, Randers MB, Aagaard P, Petersen AM, Nybo L, Bangsbo J. 2009. Recreational soccer is an effective health-promoting activity for untrained men. *British journal of sports medicine*. DOI: 10.1136/bjism.2008.053124
- [41] Kujala UM, Kaprio J, Sarna S, Koskenvuo M. 1998. Relationship of leisure-time physical activity and mortality: the Finnish twin cohort. *Journal of the American Medical Association*. DOI: 10.1001/jama.279.6.440

- [42] Lear, Hu, Rangarajan, Gasevic, Leong, Iqbal, Casanova, Swaminathan, Anjana, Kumar, Rosengren, Wei, Yang, Chuangshi, Huaxing, Nair, Diaz, Swidon, Gupta, Mohammadifard, Lopez-Jaramillo, Oguz, Zatonska, Seron, Avezum, Poirier, Teo, Yusuf. 2017. The effect of physical activity on mortality and cardiovascular disease in 130,000 people from 17 high, middle and low income countries: The PURE study. *The Lancet*. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)31634-3
- [43] Lee IM, Shiroma EJ, Kamada M, Bassett DR, Matthews CE, Buring JE. 2019. Association of Step Volume and Intensity With All-Cause Mortality in Older Women. *JAMA Internal Medicine*. DOI: 10.1001/jamainternmed.2019.0999
- [44] Löllgen H, Leyk D. 2018. Ergometrische Belastungsuntersuchungen in der Sportmedizin. *Deutsches Ärzteblatt International*. DOI: 10.3238/arztebl.2018.0409
- [45] Masuki S, Mori M, Tabara Y, Sakurai A, Hashimoto S, Morikawa M, Miyagawa K, Sumiyoshi E, Miko T, Higuchi K, Nose H. 2015. The factors affecting adherence to a long-term interval walking training program in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology* (1985). DOI: 10.1152/jappphysiol.00819.2014
- [46] McEwan G, Buchan D, Cowan D, Arthur R, Sanderson M, Macrae E. 2018. Recruiting Older Men to Walking Football: A Pilot Feasibility Study. *Explore: The Journal of Science and Healing*. DOI: 10.1016/j.explore.2018.12.001
- [47] Mehta A, Virani S, Ayers CR, Sun W, Hoogeveen RC, Rohatgi A, Berry JD, Joshi PH, Ballantyne CM, Khera A. 2020. Lipoprotein (a) and Family History Predict Cardiovascular Disease Risk. *Journal of the American College of Cardiology*. Doi: 10.1016/j.jacc.2020.06.040
- [48] Mehta A, Kondamudi N, Laukkanen JA, Wisloff U, Franklin BA, Arena R, Lavie CJ, Pandey A. 2020. Running away from cardiovascular disease at the right speed: The impact of aerobic physical activity and cardiorespiratory fitness on cardiovascular disease risk and associated subclinical phenotypes. *Progress in Cardiovascular Diseases*. DOI: 10.1016/j.pcad.2020.11.004
- [49] Miller WC, Koceja DM, Hamilton EJ. 1997. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *International Journal of obesity and related metabolic disorders*. DOI: 10.1038/sj.ijo.0800499
- [50] Mohr, Holzhey, Möllmann, Beckmann, Veit, Figulla, Cremer, Kuck, Lange, Zahn, Sack, Schuler, Walther, Beyersdorf, Böhm, Heusch, Funkat, Meinertz, Neumann, Papoutsis, Schneider, Welz, Hamm. 2014. The German Aortic Valve Registry: 1-year results from 13,680 patients with aortic valve disease. *European journal of cardio-thoracic surgery*. DOI: 10.1093/ejcts/ezu290

- [51] Nemoto, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H. 2007. Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clinic Proceedings*. DOI: 10.4065/82.7.803
- [52] Nielsen G, Wikman JM, Jensen CJ, Schmidt JF, Gliemann L, Andersen TR. 2014. Health promotion: the impact of beliefs of health benefits, social relations and enjoyment on exercise continuation. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. DOI: 10.1111/sms.12275
- [53] Pelliccia, Sharma, Gati, Bäck, Börjesson, Caselli, Collet, Corrado, Drezner, Halle, Hansen, Heidbuchel, Myers, Niebauer, Papadakis, Piepoli, Prescott, Roos-Hesselink, Stuart, Taylor, Thompson, Tiberi, Vanhees, Wilhelm. ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. 2020. *European Heart Journal* (2021). Doi:10.1093/eurheartj/ehaa605
- [54] Peters SA, Singhatheh Y, Mackay D, Huxley RR, Woodward M. 2016. Total Cholesterol as a risk factor for coronary heart disease and stroke in women compared with men. A systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis*. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.03.016
- [55] Pluhar E, McCracken C, Griffith KL, Christino MA, Sugimoto D, Meehan WP 3rd. 2019. Team Sport Athletes May Be Less Likely to Suffer Anxiety or Depression than Individual Sport Athletes. *Journal of sports science & medicine*. PMID: PMC6683619
- [56] Pucci GC, Rech CR, Fermino RC, Reis RS. 2012. Association between physical activity and quality of life in adults. *Revista Saude Publica*. DOI: 10.1590/s0034-89102012000100021
- [57] Ramakrishnan R, Doherty A, Smith-Byrne K, Rahimi K, Bennett D, Woodward M, Walmsley R, Dwyer T. 2021. Accelerometer measured physical activity and the incidence of cardiovascular disease: Evidence from the UK Biobank cohort study. *Public Library of Science*. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003487
- [58] Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. 2015. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. DOI: 10.1007/s40279-015-0321-z
- [59] Rauch, Salzwedel, Bjarnason-Wehrens, Albus, Meng, Schmid, Benzer, Hackbusch, Jensen, Schwaab, Altenberger, Benjamin, Bestehorn, Bongarth, Dörr, Eichler, Einwang, Falk, Glatz, Gielen, Grilli, Grünig, Guha, Hermann, Hoberg, Höfer, Kaemmerer, Ladwig, Meyer-Berger, Metzendorf, Nebel, Neidenbach, Niebauer, Nixdorff, Oberhoffer, Reibis, Reiss, Saure, Schlitt, Völler, von Känel, Weinbrenner, Westphal. 2021. Cardiac Rehabilitation in German Speaking Countries of Europe-Evidence-Based Guidelines from

- Germany, Austria and Switzerland LLKardReha-DACH-Part 1. Journal of Clinical Medicine. DOI: 10.3390/jcm10102192
- [60] Reddy P, Dias I, Holland C, Campbell N, Nagar I, Connolly L, Krstrup P, Hubball H. 2017. Walking football as sustainable exercise for older adults - A pilot investigation. European Journal of Sport Science. DOI: 10.1080/17461391.2017.1298671
- [61] Riebe D, Jonathan K, Liguori G. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Wolters Kluter. 2018. 10th edn.
- [62] Rosengren A, Wilhelmsen L. 1997. Physical activity protects against coronary death and deaths from all causes in middle-aged men. Evidence from a 20-year follow-up 114ft he primary prevention study in Göteborg. Annals of Epidemiology. DOI: 10.1016/s1047-2797(96)00106-8
- [63] Schmidt JF, Hansen PR, Andersen TR, Andersen LJ, Hornstrup T, Krstrup P, Bangsbo J. 2014. Cardiovascular adaption to 4 and 12 months of football or strength training in 65-75 year-old untrained men. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. DOI: 10.1111/sms.12217
- [64] Schmidt JF, Andersen TR, Andersen LJ, Randers MB, Hornstrup T, Hansen PR, BAngsbo J, Krstrup P. 2015. Cardiovascular function is better in veteran football players than age-matched untrained elderly healthy men. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. Doi: 10.1111/sms.12153
- [65] Statistisches Bundesamt (2010) Gesundheit. Krankheitskosten 2002, 2004, 2006 und 2008. Fachserie 12, Reihe 7.2. StBA, Wiesbaden. gbe-bund.de.
- [66] Statistisches Bundesamt (2015) Gesundheit. Todesursachen in Deutschland. Fachserie 12, Reihe 4.
- [67] Suhr R. 2020. Statussymbol Gesundheit. Wie sich der soziale Status auf Prävention und Gesundheit auswirken kann. Gesundheitsbericht 2020 der Stiftung Gesundheitswissen.
- [68] Swift DL, McGee JE, Earnest CP, Carlisle E, Nygard M, Johannsen NM. 2018. The Effects of Exercise and Physical Activity on Weight Loss and Maintenance. Progress in Cardiovascular Diseases. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.07.014
- [69] Wahid A, Manek N, Nichols M, Kelly P, Foster C, Webster P, Kaur A, Smith CF, Wilkins E, Rayner M, Roberts N, Scarborough. 2016. Quantifying the Association Between Physical Activity and Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal 114ft he American Heart Association. DOI: 10.1161/JAHA.115.002495
- [70] Walking Football Association. WFA, Latestest Laws of the Game; March 2022. Available: <https://thewfa.co.uk/wp-content/uploads/2022/03/WFA-Rule-Change-V2-210322-PDF.pdf>

- [71] Wang Y, Xu D. 2017. Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. *Lipids in Health and Disease*. DOI: 10.1186/s12944-017-0515-5
- [72] Wilkinson DJ, Piasecki M, Atherton PJ. 2018. The age-related loss of skeletal muscle mass and function: Measurement and physiology of muscle fibre atrophy and muscle fibre loss in humans. *Ageing research reviews*. DOI: 10.1016/j.arr.2018.07.005
- [73] World Health Organization. 1986. Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung. Internetzugriff: Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung - Bundesverband Gesundheit e.V. - Gesundheitsförderung als Auftrag (bv-gesundheit.org)
- [74] World Health Organization. 2018. Global action plan on physical activity 2018-2030. More active people for a healthier world.
- [75] Zhang YB, Chen C, Pan XF, Guo J, Li Y, Franco OH, Liu G, Pan A. 2021. Associations of healthy lifestyle and socioeconomic status with mortality and incident cardiovascular disease: two perspective cohort studies. *British Medical Journal*. DOI: 10.1136/bmj.n604
- [76] Zulkarnain J, Jeffrey K, Haireen AH. 2018. Anthropometrical and fitness level changes following a 12-week walking football program for obese primary school children aged 8-11. *Medicina dello Sport*. DOI: 10.23736/S0025-7826.18.03285-4

## 7. Publikationen/Dank

Ich möchte mich insbesondere bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Tim Meyer und dem Betreuer meiner Doktorarbeit Dr. Florian Egger bedanken. Vor Allem für die Bereitstellung des Themas und die Möglichkeit der selbstbestimmten Planung und Durchführung dieser Studie, sowie für die stets konstruktive Unterstützung bei der Durchführung und Verschriftlichung dieser Arbeit.

Zudem gilt mein Dank allen Probanden für die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie und für ihr mir entgegengebrachtes Vertrauen, sowie den Übungsleitern der Herz- und Präventivsportgruppe und den Organisatoren der beiden Fußballvereine für die tatkräftige Unterstützung bei allen organisatorischen Fragen.

Weiterhin danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Sport- und Präventivmedizin der Universität des Saarlandes für die freundliche und hilfsbereite Unterstützung beim Erlernen aller nötigen Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Leistungsdiagnostik im Vorfeld dieser Studie.

Die vorliegende Studie wird in Kürze im Clinical Journal of Sport Medicine unter dem Titel: "Physical demands of walking football in patients with cardiovascular risk factors and diseases" publiziert (aktueller Status: Publikation akzeptiert).

## **8. Lebenslauf**

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.