



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Test-Retest Reliabilität und Validität des 6-Minuten-
Gehtests und des 2-Minuten-Step-Tests im
Altersbereich von 18 bis 35 Jahren“

verfasst von / submitted by

Sandra Unterberger, Bakk.rer.nat

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2018 / Vienna 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Assoz. Prof. DI Dr. Barbara Wessner

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

Wien, _____

Sandra Unterberger, Bak.rer.nat

Zusammenfassung

EINLEITUNG

Zunehmend werden Feldtests zur Beurteilung der funktionellen Leistungsfähigkeit in der Sportwissenschaft eingesetzt. Um Veränderungen im Zeitverlauf zu verfolgen, wäre es jedoch notwendig, diese Tests über einen größeren Altersbereich hinweg zu validieren. Ziel der Studie war es, zu untersuchen, ob die Messung der aeroben Leistungsfähigkeit mittels 6-Minuten-Gehtest (6MWT) und 2-Minuten-Step-Test (2MST) auch für eine junge Population verlässliche und valide Daten liefert.

METHODEN

38 gesunde Frauen und Männer im Alter von 20-35 Jahren wurden in die Studie einbezogen. Dabei führten die Proband/innen den 6MWT und den 2MST zwei Mal binnen 5 bis 14 Tagen durch. Zur Beurteilung der Validität wurden die Ergebnisse mit einem Laufbandstufentest verglichen. Für die statistische Analyse wurden Intraklassen- (ICC), Pearson-Korrelationskoeffizienten und Mittelwertänderungen herangezogen.

RESULTATE

Die Proband/innen erreichten beim 2MST signifikant höhere Werte im Wiederholungstest ($+8,3 \pm 10,7$; $p < 0,001$), nicht aber im 6MWT. Der ICC (95% CI) des 2MST liegt bei den Männern gering höher als bei den Frauen [0,910 (0,777-0,966) vs. 0,855 (0,699-0,940)]. Beim 6MWT hingegen haben die weiblichen Probandinnen einen leicht höheren Wert erzielt [0,873 (0,707-0,948) vs. 0,844 (0,630-0,938)]. Beide Feldtests korrelieren signifikant mit der maximalen Geschwindigkeit ($p < 0,001$). Die Korrelationskoeffizienten zwischen dem 6MWT und den Ergometrie-Parametern reichen von 0,704-0,877. Zudem korrelieren beide Feldtests signifikant mit der maximalen Herzfrequenz ($r = 0,333-0,392$; $p < 0,05$).

SCHLUSSFOLGERUNG

Ähnlich wie bei älteren Personen stellen der 6MWT und der 2MST ein reliables und valides Testverfahren zur Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit dar. Die beiden funktionellen Tests bilden eine gute Alternative, wenn es aus bestimmten Gründen nicht möglich ist, eine Ergometrie durchzuführen.

KEYWORDS: Reliabilität, Validität, Vienna Active Ageing Study II (VAAS II),

Abstract

INTRODUCTION

Field tests to assess the functional performance are increasingly used in sport science. In order to track changes over time, these tests need to be validated over a full age range. This study aims to investigate the aerobic performance of young adults using the 6-minute walking test (6MWT) and the 2-minute step test (2MST), both part of the Senior Fitness Test (SFT).

METHODS

38 healthy women and men aged 20-35 years, performed the 6MWT and the 2MST twice within 5 to 14 days. The results were compared with a treadmill test. For statistical analysis intraclass correlation coefficients (ICC), mean changes and Pearson correlations were used.

RESULTS

Significantly higher values had been archived for the 2MST in the retest ($+8.3 \pm 10.7$, $p < 0.001$) while 6MWT results remained unchanged. ICCs (95% CI) for the 2MST were slightly higher for male [0.910 (0.777 – 0.966)] compared to female participants [0.855 (0.699-0.940)]. In contrast, the ICCs for the 6MWT were slightly higher for women [0.873 (0.707-0.948)] compared to men [0.844 (0.630-0.938)]. The 6MWT and the 2MST correlated significantly with the maximum velocity of the treadmill test ($p < 0.001$). Correlation between field and laboratory tests was high ($r = 0.704$ to 0.877). Both field tests correlated weakly with the maximum heart rate ($r = 0.333$ - 0.392).

CONCLUSIONS

We showed that field-based endurance tests deliver reliable and valid results also for young adults. Hence, the evaluated tests offer a solid alternative for the assessment of endurance level over broad age range to laboratory tests.

KEYWORDS: Reliability, Validity, Vienna Active Ageing Study II (VAAS II)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Ausdauerleistungsfähigkeit	13
2.1	Messgrößen der Ausdauerleistungsfähigkeit	13
2.2	Physikalische Leistung	13
2.2.1	(Maximale) Sauerstoffaufnahme	14
2.2.2	Herzfrequenz	14
2.2.3	Laktat-Konzentration.....	14
2.2.4	Sauerstoffsättigung.....	15
2.2.5	Subjektives Anstrengungsempfinden	15
2.3	Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit über die Lebensspanne.....	16
2.4	Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor	18
2.5	Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Feld	22
3	Gütekriterien	23
3.1	Objektivität.....	23
3.2	Reliabilität (Zuverlässigkeit)	24
3.3	Validität (Gültigkeit).....	24
4	Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT.....	26
4.1	Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei Kinder und Jugendlichen...28	
4.2	Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei Erwachsenen	33
4.3	Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei älteren Personen.....	40
4.4	Test-Retest Reliabilität und Validität des 2-Minuten-Step-Tests.....	43
4.5	Ziele der Studie und Fragestellungen	44
5	Methodik	45
5.1	Studiendesign.....	45
5.2	Proband/innencharakteristik	47
5.3	Medizinische Sporttauglichkeitsuntersuchung (PAR-Q)	48
5.4	Testverfahren	48

5.4.1	Anthropometrie.....	48
5.4.2	6-Minuten-Gehtest	48
5.4.3	2-Minuten-Step-Test	49
5.4.4	Laufbandergometrie	50
5.4.5	Laktatmessung.....	50
5.4.6	Herzfrequenzmessung	51
5.4.7	Subjektives Belastungsempfinden.....	51
5.5	Statistische Auswertung	51
6	Ergebnisse	52
6.1	Gesamtpopulation	52
6.2	Geschlechterunterschiede in der Ausdauerleistungsfähigkeit.....	52
6.3	Relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Gesamtpopulation.....	54
6.4	Relativ und absolute Test-Retest Reliabilität nach Geschlecht	57
6.5	Bland-Altman-Plots	63
6.6	Validität	66
6.6.1	Validität der gesamten Population	66
6.6.2	Validität nach Geschlecht getrennt	68
7	Diskussion	72
7.1	Gesamtpopulation	72
7.2	Test-Retest Reliabilität des 6MWT	73
7.3	Validität des 6MWT	75
7.4	Test-Retest Reliabilität des 2MST	75
7.5	Validität des 2MST	76
7.6	Stärken und Schwächen der Studie	77
8	Schlussfolgerung	78
9	Literaturverzeichnis	79
10	Abbildungsverzeichnis	86
11	Tabellenverzeichnis	87

1 Einleitung

Bis ins hohe Alter seinen Altersaktivitäten ohne Hilfe anderer Personen und ohne übermäßige Erschöpfung nachgehen zu können, ist ein Ziel, das man gerne erreichen möchte. Biologische Alterungsprozesse sind nicht aufzuhalten und viele Leistungseinschränkungen ab dem mittleren Lebensalter werden häufig darauf zurückgeführt und hingenommen. Jedoch beweisen neueste Studien, dass vor allem Bewegungsmangel und andere Lebensstilfaktoren (Rauchen, Stress usw.) für den frühzeitigen Alterungsprozess verantwortlich sind (Last & Weisser, 2015). Insbesondere eine gute körperliche Ausdauerleistungsfähigkeit hilft dabei, den Alltag, wie zum Beispiel Treppensteigen oder das Tragen von Einkaufstaschen nicht unter maximaler Anstrengung durchführen zu müssen. Da zudem in den meisten Ländern die Lebenserwartung steigt, wird es zunehmend wichtiger, die Ausdauerleistungsfähigkeit für eine erfolgreiche Alltagsbewältigung im Auge zu behalten.

Deshalb ist es entscheidend, die frühen Anzeichen von körperlicher Schwäche im Bereich der Ausdauer zu entdecken und die Bewegungsgewohnheiten rechtzeitig in geeigneter Weise anzupassen. Zur Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit stehen unterschiedliche Labortests insbesondere die Fahrrad- und Laufbandergometrie zur Verfügung. Bei jungen, meist gesunden Personen können auch verschiedene Feldtests wie der Cooper-Test oder der Shuttle-Run-Test verwendet werden, die einfacher, schneller und oft günstiger als die entsprechenden Labortests sind. Im höheren Alter und im klinischen Alltag wird Ausdauerleistungsfähigkeit jedoch meist (submaximal) mit Hilfe des 6-Minuten-Gehtest (6MWT) und des 2-Minute-Step-Test (2MST) erfasst (Berghmans et al., 2013).

Diese Testverfahren wurden in den unterschiedlichsten Gruppen von älteren Personen mit unterschiedlichen Krankheitsbildern verwendet. Die Forschungsgruppe Cancela, Ayan, Gutierrez-Santiago, Prieto, and Varela (2012) wandten etwa den 6MWT bei Parkinson Patient/innen an. Weitere Beispiele in denen der 6MWT zur Überprüfung der aeroben Leistungsfähigkeit herangezogen wurde, sind etwa Studien bei Menschen mit Herzerkrankungen (Berghmans et al., 2013), Schizophrenie (Gomes et al., 2016) oder Lungenerkrankungen (Lee et al., 2015). Aber auch bei der Untersuchung von Kindern mit Duchenne Muskeldystrophie (Vill, Ille, Schroeder, Blaschek, & Muller-Felber, 2015) greifen die Forscher/innen auf den 6MWT zurück, ebenso wie in Studien zur Untersuchung von übergewichtigen und adipösen Kindern (Valerio et al., 2014).

Ähnlich sieht das Anwendungsgebiet des 2MSTs aus. Dieser Test wurde etwa bei Personen höheren Alters (Holmerova et al., 2010), aber auch bei unterschiedlichen Krankheitsbildern, unter anderem bei Nierenerkrankungen (Aoike et al., 2012),

Herzerkrankungen (Wegrzynowska-Teodorczyk et al., 2016), Menschen mit Übergewicht (Vanhelst, Fardy, Salleron, & Beghin, 2013), und Parkinson (Cancela et al., 2012), angewendet. Der 2MST wurde bis dato noch nicht bei jungen gesunden Personen eingesetzt.

Da allgemein bekannt ist, dass die (Ausdauer-)Leistungsfähigkeit im Alter schon in jüngeren Jahren determiniert wird, wäre es wichtig longitudinale epidemiologische Studien in diesem Bereich durchzuführen. Dazu sind allerdings Messverfahren notwendig, die über einen weiten Altersbereich in beiden Geschlechtern reliabel und valide, gleichzeitig aber in einer großen Studienpopulation einfach durchzuführen sind. Während es für die Kraftmessung die Möglichkeit des Handgriffkrafttests gibt, gibt es keine Untersuchungen über die Anwendbarkeit der Ausdauerfeldtests (6MWT, 2MST) für junge gesunde Personen. An diesem Punkt möchte die geplante Masterarbeit ansetzen, deren Ziel es ist, die Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWTs und des 2MSTs im Alterskollektiv zwischen 20 und 35 Jahren zu untersuchen.

Für die Anwendung sportmotorischer Tests in weiteren Studien, aber auch im klinischen Setting ist die Angabe sowohl von Gütekriterien als auch von Grenzwerten essentiell. Da sich diese jedoch von Prüfzentrum zu Prüfzentrum unterscheiden und zudem ethnische und kulturelle Unterschiede einen Einfluss auf etwaige spezielle Grenzwerte haben, ist es das Ziel der vorliegenden Studie, die Test-Retest Reliabilität sowie die Validität des 6MWT und des 2MST in einem jungen Kollektiv zu überprüfen. Außerdem sollen daraus Grenzwerte berechnet werden, die in Folge als zur Bestimmung eines übermäßigen Verlusts der Ausdauerleistungsfähigkeit im Alter herangezogen werden können.

Das nächste Kapitel beschäftigt sich mit dem Begriff Ausdauer, seiner Parameter und der Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit über die Lebensspanne.

2 Ausdauerleistungsfähigkeit

Die Ausdauer gehört zu den konditionellen Fähigkeiten und wird folgendermaßen definiert:

Ausdauer ist zum einen die physische (körperliche) und kognitiv-psychische (geistig-seelische) Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung bei lang anhaltenden oder sich ständig wiederholenden Belastungen, zum anderen die Fähigkeit, sich nach Belastung relativ rasch zu erholen (Grosser, Starischka, & Zimmermann, 2008, S. 93).

Eine andere Definition lautete: „Ausdauer ist charakterisiert durch die Fähigkeit, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum durchhalten zu können. Somit ist die Ausdauer identisch mit Ermüdungs-Widerstandsfähigkeit“ (Hollmann & Strüder, 2009, S. 267).

In der Wissenschaft lässt sich die Ausdauer durch verschiedene Gesichtspunkte abweichend einteilen. Geht es um das Ausmaß der beteiligten Muskulatur, so gliedert sie sich in die allgemeine (mehr als 1/7-1/6 der gesamten Skelettmuskulatur sind beteiligt) und die lokale Ausdauer. Wird der Aspekt „Zeit“ herangezogen, differenziert man etwa Sprint- und Schnelligkeitsausdauer, Kurzzeitausdauer, Mittelzeitausdauer und Langzeitausdauer. Des Weiteren kann noch zwischen aerob und anaerob im Sinne der Energiebereitstellung unterschieden werden. Auch statische und dynamische Ausdauer wären ein weiteres Unterscheidungskriterium (Hollmann & Strüder, 2009).

2.1 Messgrößen der Ausdauerleistungsfähigkeit

2.2 Physikalische Leistung

Die Leistung ist eine Bezugsgröße, die zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit oft vernachlässigt wird. Am Fahrradergometer errechnet sich die Leistung durch Bremskraft und Drehzahl (Umlaufgeschwindigkeit) (H Löllgen et al., 2002).

Bei der Laufbandergometrie wird die Leistung durch die Körpermasse (m in kg), die Bandgeschwindigkeit (v in m/s) und den Steigungswinkel (α) des Bandes bestimmt. Die Leistung wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{„Leistung (W) = } 9,81(\text{m/s}^2) \times m \text{ (kg)} \times v \text{ (m/s)} \times \sin \alpha \text{“ (Hollmann, 2006).$$

Bei den zeitbasierten Gehtests ist das Leistungskriterium die zurückgelegte Strecke bei den streckenbasierten Gehtests die Zeit und beim Step-Test die Anzahl der Wiederholungen (Kniehübe) (Bernard et al., 2014). Daneben haben Parameter wie Alter, Größe, Gewicht

und Umgebungsbedingung (Tageszeit, Raumtemperatur) einen erheblichen Einfluss auf die Leistung (H. Löllgen, Erdmann, & Gitt, 2009).

2.2.1 (Maximale) Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max) ist „das Bruttokriterium der Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel“ (Hollmann & Strüder, 2009, S. 297). Die VO₂max gilt international als zuverlässiges Maß für die maximale Leistungsfähigkeit. Um die VO₂max zu vergleichen wird die relative Sauerstoffaufnahme (VO₂max/kg), also die VO₂max bezogen auf das Körpergewicht, herangezogen (Hollmann & Strüder, 2009). Die Sauerstoffaufnahme an der aeroben und anaeroben Schwelle stellen submaximale Werte da und sind im Gegensatz zur VO₂max weniger von Mitarbeit und Motivation abhängig (H. Löllgen et al., 2009).

2.2.2 Herzfrequenz

Während der Belastung steigt die Herzfrequenz verhältnismäßig zur Leistung und der Sauerstoffaufnahme bis zur Erreichung der maximalen Herzfrequenz an. Ein langsamer Anstieg der Herzfrequenz während einer Ergometrie lässt auf einen guten Trainingszustand schließen, wohingegen ein schneller Anstieg auf einen Trainingsmangel oder eine Erkrankung hinweisen kann (H. Löllgen et al., 2002).

2.2.3 Laktat-Konzentration

Laktat stellt einen Bestandteil des glykolytischen Stoffwechsels dar. Produktion und Abbau von Laktat hilft dem Körper sich an temporäre Belastungssituationen anzupassen. Zur Beurteilung der aeroben und anaeroben Leistung hat sich neben spirometrischen Parametern (z.B. VO₂max) die Blutlaktatkonzentration als zuverlässiges Maß herausgestellt. Bei 45%-60% der maximalen Leistung (abhängig vom Trainingszustand), entsteht Laktat, welches innerhalb der Muskelzelle bzw. der nahegelegenen Muskelfaser oxidativ abgebaut wird. Der Laktatspiegel bleibt auf Ruhenniveau. In Ruhe liegt der Laktatspiegel zwischen 0,4 und 1,5 mmol/l. Ab einer bestimmten Steigung der Belastung wird im Muskel mehr Laktat produziert, als dieser verstoffwechseln kann. Dieser Zeitpunkt ist als „aerobe Schwelle“ bekannt. In neuen Publikationen wird die „aerobe Schwelle“ durch den Begriff „erster Laktat Turn Point“ ersetzt. Verhältnismäßig erhöht sich die Laktatkonzentration im Blut mit steigender Belastung. Erhöht sich im gesamten Körper die Laktatkonzentration soweit, dass der Organismus nicht mehr fähig ist dies oxidativ

abzubauen, steigt das Laktat extrem an. Solche Intensitäten können nur kurz aufrechterhalten werden und kennzeichnen die „anaerobe Schwelle“ oder auch „zweiter Laktat Turn Point“ (M. Wonisch et al., 2016). Die maximale Blutlaktatkonzentration stellt neben der Leistung ein wertvoller Parameter zur Einschätzung der anaeroben Leistung dar (M. Wonisch et al., 2016). Dadurch können Aussagen bezüglich des Trainingszustandes, der Leistungsfähigkeit und der Leistungseinschränkung gemacht werden (H. Löllgen et al., 2009). Aus der Laktatleistungskurve können verschiedene Schwellen (aerob, anaerob) herausgelesen werden. Zusätzlich zur maximalen Laktatkonzentration sollte die Leistung an den festgelegten Blutlaktatkonzentrationen von 2 und 4 mmol/l bestimmt werden. Diese Kennwerte sind für Angaben von Trainingsherzfrequenzen und Trainingseffekten wichtig (H. Löllgen et al., 2002). Laktatwerte von 9-18 mmol/l am Ende eines Belastungstest werden als Ausbelastung gewertet (H. Löllgen et al., 2002).

2.2.4 Sauerstoffsättigung

Sauerstoffsättigung beziffert mit wie viel Sauerstoff das Hämoglobin (roter Blutfarbstoff) im Blut beladen ist. Dadurch können Beurteilungen über die Effizienz der Lunge, Sauerstoff aufzunehmen, gemacht werden. Eine Verminderung der Sauerstoffsättigung im Blut kann auf Grund körperlichen Anstrengung (erhöhter Sauerstoffverbrauch) erfolgen. In Ruhe gibt die Sauerstoffsättigung keine Hinweise auf einen erniedrigten Sauerstoffgehalt, welcher unter körperlicher Belastung jedoch auftreten kann. Darum sollte die O₂-Sättigung während einer Ausdauerbelastung mit einem Pulsoximeter überwacht werden (Hebestreit, Staschen, & Hebestreit, 2000).

2.2.5 Subjektives Anstrengungsempfinden

Zur Messung der subjektiv empfundenen Anstrengung wurde die BORG-Skala des subjektiven Belastungsempfindens (*BORG – Rate of Perceived Exertion (RPE) Scale*) entwickelt. Sie kann zur Bestimmung aller Arten von Empfindungen z.B. Dyspnoe unter körperlicher Belastung eingesetzt werden. Vor allem in der Sportmedizin ist die Borg-Skala mit einer Skalierung zwischen 6 und 20 etabliert. Vor der Belastung sollten die Patient/inn/en adäquat über die Borg-Skala informiert werden. Unmittelbar nach Belastungsende (innerhalb der 1. Minute) wird der Patient aufgefordert, seine subjektive Einschätzung der Ausbelastung anzuzeigen (Borg, 1998).

2.3 Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit über die Lebensspanne

Die aerobe Ausdauer ist grundsätzlich in jedem Alter trainierbar, wobei die Pubertät jenen Altersbereich darstellt, in dem die aerobe Ausdauer besonders stark ansteigt (Weineck, 2004). Mehrere Longitudinalstudien aus Europa, Japan und Nordamerika zeigen eine progressive Steigerung der VO₂max in Alter von 8 bis 16 Jahren. Eine jährliche Steigerung von 11%, bei den Jungen, wobei die größten Zuwächse vom 12. auf das 13. Lebensjahr, bzw. vom 13. auf das 14. Lebensjahr zu verzeichnen sind. Bei den Mädchen sind die Ergebnisse ähnlich (Armstrong & Welsman, 1994). Dies ist vor allem auf die Zunahme der Körpergröße und des Körpergewichts (Muskelmasse) zurückzuführen. Relativiert man die VO₂max auf das Körpergewicht, so ist eine gleichbleibende maximale Sauerstoffaufnahme zu erkennen (Armstrong & Welsman, 1994). Der Höhepunkt der Ausdauerleistungsfähigkeit liegt bei beiden Geschlechtern zwischen 19 und 21 Jahren (Hedge & Borman, 2012). Im Allgemeinen kann die maximale Ausdauerleistungsfähigkeit bis zum Alter von 35 Jahren beibehalten werden (Tanaka & Seals, 2008), wobei spezifisches Training hierauf natürlich einen großen Einfluss hat.

In nachfolgenden Abbildung (Abb. 1) ist dargestellt, inwieweit der Alterungsprozess auf die Determinanten der Ausdauerleistungsfähigkeit wirkt und somit zu einer Erniedrigung der aeroben Kapazität führt.

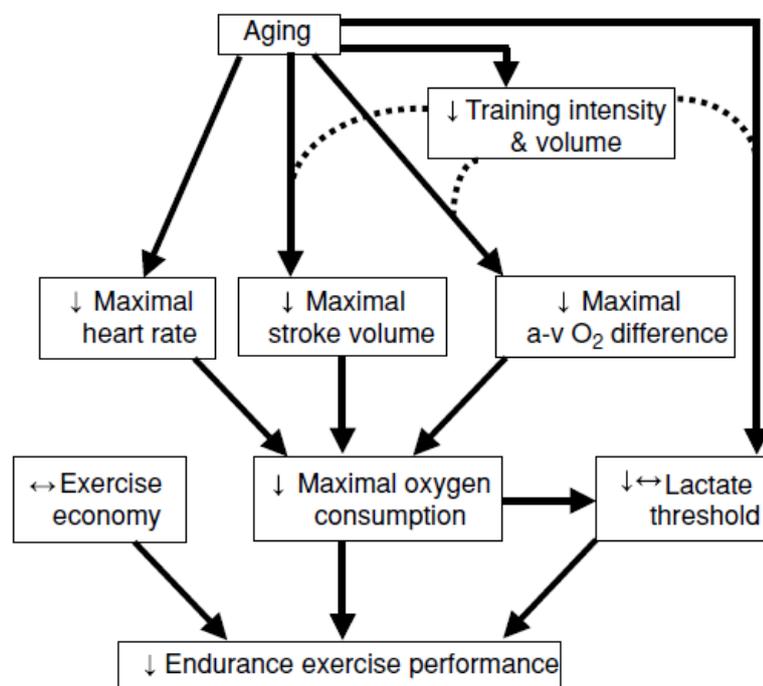


Abb. 1: Einfluss des Alterungsprozesses auf die Ausdauerleistungsfähigkeit (Tanaka & Seals, 2008)

Ein Rückgang der Ausdauerleistungsfähigkeit im Alter ist auf Veränderungen verschiedener physiologischer Parameter zurückzuführen (Abb. 1.) So werden eine reduzierte maximale Herzfrequenz sowie ein vermindertes Schlagvolumen und ein geringeres Herzminutenvolumen beobachtet (Astrand, Bergh, & Kilbom, 1997; Fitzgerald, Tanaka, Tran, & Seals, 1997; J. L. Fleg et al., 2005; Stathokostas, Jacob-Johnson, Petrella, & Paterson, 2004; Weiss, Spina, Holloszy, & Ehsani, 2006).

Ab dem 20. Lebensjahr reduziert sich etwa die *maximale Herzfrequenz* um einen Schlag pro Jahr (Spirduso, Francis, & MacRae, 2005). Eine langsamere Leitungsgeschwindigkeit und eine verringerte Reaktionsfähigkeit des Sinusknotens auf β -Adrenozeptoren-Stimulation gehören zu den Mechanismen, von denen angenommen wird, dass sie zur Verringerung der maximalen Herzfrequenz im Alter führen (Tanaka & Seals, 2008). Weiters kommt es im Alterungsprozess zu einer Verdickung der Blutgefäßwände sowie des linken Ventrikels, zu einer vermehrten arteriellen Gefäßsteifigkeit und zu einer Vergrößerung der linken Herzkammer. Da der linke Ventrikel eine geringere Flexibilität aufweist und damit eine verringerten Auswurfähigkeit einhergeht, ist ein geringeres *Schlagvolumen* im Alter zu verzeichnen (Lakatta, 2002).

Das Herzminutenvolumen in Ruhe unterscheidet sich bei älteren Personen nicht von jüngeren Personen. Im Vergleich dazu kann unter Belastung bei Jung und Alt ein Unterschied von bis zu 25% auftreten. Weiters ist bei männlichen Personen ein größeren altersbedingten Abfall des Herzminutenvolumens zu verzeichnen als bei weiblichen Personen (Weiss et al., 2006). Im Alter nimmt die *arteriovenöse Sauerstoffdifferenz* deutlich auf Grund der verringerten Kapillardichte und der mitochondrialen Enzymaktivitäten ab. So nimmt bei Männern die maximale arteriovenöse Sauerstoffdifferenz zwischen 25 und 65 Jahren um etwa 20-30% ab (Spirduso et al., 2005).

Nach dem Fick'schen Prinzip ist die maximale Sauerstoffaufnahme definiert als Produkt aus maximalen Herzzeitvolumen (maximale Herzfrequenz x maximale Schlagvolumen) und der maximalen arteriovenösen Sauerstoffdifferenz (H Löllgen et al., 2002). Da sich im Verlauf des Lebens die Komponenten der Berechnung verringern, kommt es zu einer reduzierten maximalen Sauerstoffaufnahme im Alter (J. L. Fleg et al., 2005). Daten aus einer empirischen Erhebung zeigen eine reduzierte maximale Sauerstoffaufnahme bei beiden Geschlechtern um 3-6% zwischen 20 und 30 Jahren. Ab einem Alter von 70 Jahren sogar um mehr als 20% pro Dekade (Tanaka & Seals, 2008). Außerdem zeigen Studien, dass bei Männern größere Verminderungen auftreten als bei Frauen (Fitzgerald et al., 1997; J. L. Fleg et al., 2005; Weiss et al., 2006).

Da der Alterungsprozess oder das Auftreten verschiedener Erkrankungen oft mit Bewegungsmangel einhergeht, wird in der Literatur auch dies für einen Abfall der Bewegungsökonomie und somit der Ausdauerleistungsfähigkeit genannt (Astrand et al., 1997; Spirduso et al., 2005).

Eine enge Verbindung besteht auch zwischen der Muskelmasse und der Ausdauerleistung. Im Alter begünstigt der Verlust von Motoneuronen und damit von motorischen Einheiten den Verlust an Muskelmasse und damit auch der Ausdauerleistungsfähigkeit (Tanaka & Seals, 2008).

Eine Langzeitstudie über 20 Jahre zeigte, dass die maximalen Blutlaktatkonzentrationen bei einem Ausbelastungstest am Rad und am Laufband für beide Geschlechter signifikant geringer werden (Frauen von 11,7 auf 10,1 mmol/l und Männer von 12,0 auf 9,9 mmol) (Astrand et al., 1997).

Die Verringerung der Trainingsintensität, -dauer und -frequenz wird damit begründet, dass der Beruf sowie die Familie einen größeren Stellenwert im Laufe des Älterwerdens einnehmen. Auch die Ziele für Ausdauertraining verändern sich mit dem Alter. So liegt der Fokus in jüngeren Jahren mehr auf Leistung und Leistungsverbesserungen wobei im Alter mehr der gesundheitlichen Aspekt im Vordergrund steht (Tanaka & Seals, 2008).

2.4 Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor

Die Ausdauerleistungsfähigkeit kann im Labor mittels verschiedener Methoden getestet werden, wobei die Fahrrad- und Laufbandergometrie die am meisten verbreiteten Methoden sind. In Europa ist die Fahrradergometrie weit verbreitet. Im angloamerikanischen Raum dagegen stellt das Laufband, die bevorzugte Testmethode dar. In Österreich und Deutschland wird nur bei speziellen Zielgruppen (z.B. professionellen Läufern, Fußballspielern), eine Laufbandergometrie bevorzugt (H. Löllgen et al., 2009; Meyer et al., 2013).

Jede Art der Ergometrie hat seine Vorzüge. In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 1) werden die Vor- und Nachteile einer Laufbandergometrie und einer Fahrradergometrie gegenübergestellt.

Grundsätzlich ist die Ausbelastung am Laufband höher als am Fahrrad, da das Körpergewicht in die Intensität mithineinfließt (H. Löllgen et al., 2009).

Tab. 1: Vor- und Nachteile einer Laufband- bzw. Fahrradergometrie

	Vorteile	Nachteile
Laufbandergometrie	<ul style="list-style-type: none"> • Belastungsform aus dem täglichen gewohnten Leben • Leistung exakt zu messen • Kontinuierlich ansteigende Belastung möglich • Ausbelastung besser möglich als bei Fahrradergometrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerät kostspielig • Großer Platzbedarf • Gefährdung durch Sturz (ältere Probanden) • Geschicklichkeit bzw. Übung erforderlich • Regelmäßige Kalibrierungen erforderlich • Belastung stets unter Beachtung des Körpergewichtes einzustellen
Fahrradergometrie	<ul style="list-style-type: none"> • Belastung dosierbar • Reproduzierbar • Kontinuierlich ansteigende Belastung möglich • Messung zusätzlicher Variablen möglich • Blutdruck- und EKG-Registrierung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Belastung für manche Probanden ungewohnt • Regelmäßige Eichung erforderlich • Sturzgefahr bei orthostatischer Reaktion • Ergometer in verschiedenen Untersuchungsstellen oft nicht zu vergleichen. • Mitunter frühzeitige muskuläre Erschöpfung vor kardiopulmonaler Ausbelastung

Quelle: Löllgen et al (2009, S.7)

Sowohl in der wissenschaftlichen Forschung als auch zur Routinemessung werden diverse Belastungsprogramme angewendet. Belastungsprogramme stellen Untersuchungsprotokolle dar, in denen Eingangsbelastung, Stufenzuwachs, Stufendauer und Belastungspausen exakt definiert sind (Heck, 1990).

Da in dieser empirischen Untersuchung eine Laufbandergometrie durchgeführt wurde, wird im nachfolgenden Absatz nur auf die einzelnen Komponenten der Untersuchungsprotokolle in Bezug auf das Laufband eingegangen.

Eingangsbelastung

Als Eingangsbelastung in der Ergometrie am Laufband wird die Geschwindigkeit (in km/h) bezeichnet, mit der die Person den Test startet. Allgemein sollte sich die Startgeschwindigkeit an die Leistungsfähigkeit der zu testenden Person richten (Fletcher et al., 2001; Gibbons et al., 2002). Die Kunst dabei ist es diese so zu wählen, dass die Ausbelastung bei 8-12 Minuten erreicht ist (M Wonisch et al., 2008). Die Tabelle (Tab 2.) veranschaulicht Richtwerte der Eingangsbelastung je nach Ausdauerleistungsfähigkeit der zu testenden Person.

Tab. 2: Eingangsbelastung für eine Laufbandergometrie in Abhängigkeit von der Ausdauerleistungsfähigkeit

Ausdauerleistungsfähigkeit	Frauen	Männer
Sehr gut	10 km/h	12 km/h
Mittel	8 km/h	10 km/h
Schwach	6-8 km/h	8 km/h

Quelle: Heck (1990)

Stufenzuwachs

Unter Stufenzuwachs bezeichnet man jene Steigerung, die pro Stufe auf die zu untersuchende Person zukommt. Im Fall des Laufbandes kann dies die Erhöhung der Geschwindigkeit oder der Steigung sein. So wie die Anfangsbelastung variiert auch die Höhe der Stufe in Abhängigkeit von der individuellen Leistungsfähigkeit. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen einem Stufen- und einem Rampenprotokoll. Bei einem Rampenprotokoll findet die Steigerung progressiv alle 10 bis maximal 60 Sekunden statt (Rampe), wohingegen bei einem Stufenprotokoll alle 2 bis maximal 6 Minuten gesteigert wird (Meyer et al., 2013). Zur Bestimmung von Laktatschwellen ist die Steigerung von Stufen besser geeignet. Für die Erhebung von spiroergometrischen Parametern ist ein Rampenprotokoll zu bevorzugen, da ein stufenförmiger Anstieg der Intensität fälschlicherweise als Schwelle interpretiert werden kann (Kindermann, Doring, Pfaffl, & Daniel, 2004; Scharhag-Rosenberger & Meyer, 2013). In der Sportmedizin haben sich auf dem Laufband Erhöhungen um 0,5 m/s oder auch 2 km/h bewährt (Heck, 1990).

Protokolle wie das Bruce-, das modifizierte Bruce- oder das Balke-Protokoll werden außerdem häufig im angloamerikanischen Raum für Erwachsene und ältere Personen verwendet (M Wonisch et al., 2008). Das bevorzugte Programm in der Sportmedizin beginnt mit 6 bzw. 8 km/h, je nach Ausdauerstärke mit einer Steigerung um 2 km/h alle 3 Minuten bei gleichbleibenden Laufbandwinkel von 1% (H Löllgen et al., 2002; H. Löllgen et al., 2009).

2.5 Erhebung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Feld

Bei den sogenannten Feldtests der Ausdauerleistungsfähigkeit werden zwischen zeitbasierenden (z.B.: 6MWT), streckenbasierenden (z.B.: 1 Mile Lauf/Gehtest) und Steptests (z.B.: 2MST, Harvard Step Test) unterschieden.

In jedem Alter, angefangen vom Kindes- bis hin zum Kreisalter, ist es möglich Gehtests in einer Ebene anzuleiten. Sie sind leicht durchführbar und erfordern einen minimalen apparativen, personellen und zeitlichen Aufwand. Einzelne Parameter dieser Gehtests weisen eine ähnliche Aussagekraft zur (Spiro-) Ergometrie auf. Geh- und Lauftests mit der Leistungsgröße Distanz als Outcome sind weitgehend akzeptiert und geben die kardiorespiratorische Fitness wieder (Berghmans et al., 2013). Am weitesten verbreitet und am besten validiert ist der 6MWT ((Meyer et al., 2013).

Um die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen zu ermitteln, werden bevorzugt der 6-Minuten-Lauftest (Bräuer, 2015; Faude, Nowacki, & Urhausen, 2004; Von Haaren et al., 2011), der 8-Minuten-Lauftest (Bräuer, 2015), der 6MWT (Li et al., 2005; Valerio et al., 2014; Vill et al., 2015) der Shuttle Run (multistage) (Bergmann et al., 2014; Castro-Pinero et al., 2010; Faude et al., 2004), der Cooper Test (auch bekannt als 12-Minuten-Lauftest) (Bräuer, 2015; Castro-Pinero et al., 2010), sowie der 0,25, 0,5, 1 oder 1,5 Meilen Test (Bergmann et al., 2014), (Castro-Pinero et al., 2010) verwendet. Ein sogenannter Steptest für Kinder ist im Münchner Fitnesstest inkludiert (Rusch & Irrgang, 2001).

Im Erwachsenenalter finden natürlich der 6MWT, der Shuttle Run (multistage) (Penry, Wilcox, & Yun, 2011), der Cooper Test (Penry et al., 2011), der Coconi-Test, der Laktatstest sowie der 2km Gehtest ihre Anwendung (H. Löllgen et al., 2009). Ein Beispiel für einen Stufensteigttest zur Ermittlung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Erwachsenen stellt der Chester Step Test dar (Sykes & Roberts, 2004). Die Shuttle Walk Tests werden auch zur Kontrolle in der Therapie bei Patienten mit COPD bzw. in der Rehabilitationsmedizin eingesetzt (Meyer et al., 2013). Bei kardialen und pulmonalen Krankheiten wird häufig der 6MWT (oder der 12MWT) eingesetzt.

Bei älteren Personen ab einem Alter von 65 Jahren finden der 6MWT, der 2MST (Rikli & Jones, 1999; Róžańska-Kirschke, Kocur, Wilk, & Dylewicz, 2006) sowie der Cooper Test seine Anwendung.

3 Gütekriterien

In der empirischen Forschung ist es das Ziel, möglichst genaue und korrekte Messwerte zu erheben. Daher muss bei der Durchführung darauf geachtet werden, dass die Messfehler so gering wie möglich gehalten werden. Damit die Messergebnisse und das daraus resultierende Fazit verlässlich sind, muss der Messvorgang bestimmte Kriterien erfüllen. Diese Gütekriterien bestehen im engeren Sinn aus Objektivität, Zuverlässigkeit und Gültigkeit. Im weiteren Sinn sollen die Messungen zusätzlich noch ökonomisch, vergleichbar und nützlich sein (vgl. Lienert 1969, Lienert/Raatz 1998, zit.n. Raithel, 2008, S. 45).

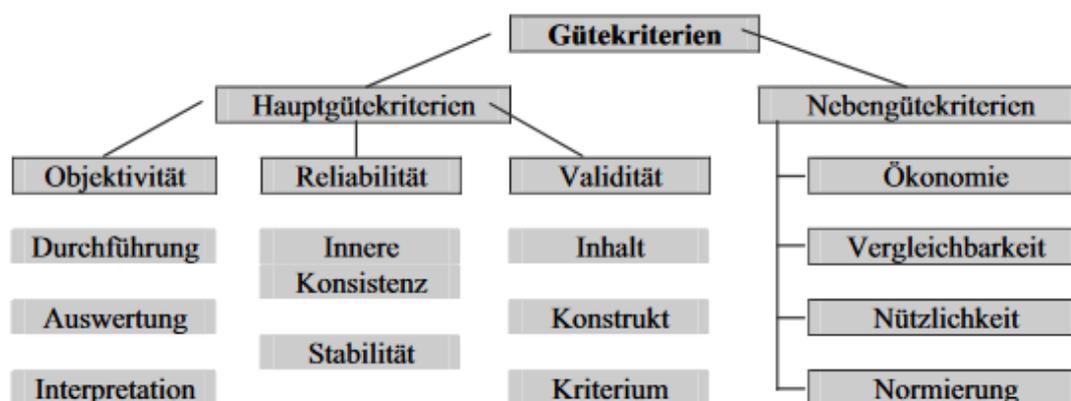


Abb. 3: Haupt- und Nebengütekriterien (Raithel 2008, S 45)

3.1 Objektivität

Die Objektivität ist gewährleistet, wenn das Untersuchungsergebnis in Bezug auf Durchführung, Auswertung und Interpretation nicht vom Tester beeinflusst wird, bzw. wenn mehrere Untersucher zu übereinstimmenden Ergebnissen kommen. Weder bei der Durchführung noch bei der Auswertung und Interpretation dürfen demnach unterschiedliche Expert/inn/en verschiedene Ergebnisse erzielen. Die Durchführungsobjektivität fordert, dass das Untersuchungsergebnis vom Anwender unbeeinflusst bleibt. Die Interpretationsobjektivität verlangt, dass individuelle Deutungen nicht in die Interpretation eines Ergebnisses miteinfließen dürfen (Raithel, 2008).

3.2 Reliabilität (Zuverlässigkeit)

Die Reliabilität bezeichnet die Verlässlichkeit einer Messmethode. Eine Messung ist reliabel, wenn das Testverfahren unter identen Bedingungen und an demselben Kollektiv wiederholt wird und ein möglichst ähnliches Resultat erzielt wird. (Hopkins, 2000). Die Reliabilität lässt sich unter anderem durch eine Untersuchungswiederholung (Test-Retest-Methode) oder einer anderen gleichwertige Untersuchung ermitteln (Paralleltest-Methode). Die Einheit ist der Reliabilitätskoeffizient und definiert sich aus der Korrelation der beiden Untersuchungen (Raithel, 2008; Vaz, Falkmer, Passmore, Parsons, & Andreou, 2013).

Test-Retest Reliabilität (Wiederholungsreliabilität)

Wenn die zeitliche Stabilität der Messwerte gewährleistet sein soll, dann sollten die Ergebnisse von zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen eines Messobjekts mit demselben Messinstrument stark miteinander korrelieren und keinen Unterschied aufweisen (Raithel, 2008). Daher wird bei der Bestimmung der Test-Retest Reliabilität derselbe Test (z.B. 6MWT) mit den Proband/innen ein zweites Mal unter möglichst identischen Bedingungen wiederholt (Hopkins, 2000).

Inter-rater und Intra-rater Reliabilität

Die „Intra-Rater Reliabilität“ bewertet die Zuverlässigkeit des Tests bei wiederholter Messung durch denselben Beobachter („Rater“) und stellt damit eine Kenngröße für die Reproduzierbarkeit des Testergebnisses dar. Dem gegenüber steht die „Inter-Rater Reliabilität“. Hier wird die Deckung des Ergebnisses des Tests bei Wiederholung durch einen anderen Beobachter bewertet. Sie ist ein Maß für die Objektivität des Testverfahrens (Unabhängigkeit vom Untersucher) bzw. für die Übertragbarkeit des Ergebnisses zwischen verschiedenen Untersuchern oder Institutionen (Raithel, 2008).

3.3 Validität (Gültigkeit)

Ein Messinstrument ist valide, wenn es tatsächlich misst was es messen soll (Hopkins, 2000; Raithel, 2008). Es ist das wichtigste Testgütekriterium, denn es gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem eine Untersuchung das zusammenträgt, was sie erfassen soll (z.B. Ausdauerleistungsfähigkeit). Die Überprüfung der Gültigkeit wird mithilfe der Korrelation mit Bezugnahme zu einem Außenkriterium vorgenommen (Raithel, 2008).

Inhaltsvalidität bedeutet, dass die Testergebnisse das darstellen, was gemessen werden soll. Konstruktvalidität wird als Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Messverfahren verstanden. Kriteriumsvalidität gibt an wie stark die Ergebnisse mit anderen wichtigen Merkmalen korrelieren (Raithel, 2008).

Zusätzlich zur Objektivität, Reliabilität und Validität sind bei bestimmten Anwendungen auch die Nebengütekriterien wichtig, wie die Normierung, die Ökonomie (Wirtschaftlichkeit), die Vergleichbarkeit und die Praktikabilität (Nützlichkeit) (Abb. 3).

Der 6MWT und der 2MWT wurde in unterschiedlichen Studien und diversen Populationen auf die Test-Retest Reliabilität und Validität untersucht. Ein Überblick über die bis dato durchgeführten Forschungsarbeiten der Test-Retest Reliabilität und der Validität des 6MWT und des 2MST wird im nachfolgenden Kapitel abgebildet.

4 Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT

Tab. 3 Reliabilität und Validität des 6MWT von Kindern und Jugendlichen

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Li et al. (2005)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95% CI) = 0,94 (0,89-0,96) kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	geringe Korrelation VO ₂ max: r = 0,44 (p = 0,0001)	6MWT: 30 m Strecke, Wiederholung nach 14 bis 29 Tage, 2 Messzeitpunkte, Laufbandspiroergometrie (Bruce Protokoll)	Gesund (N =74) Geschlecht: 31m/43w Alter: 14,2 ± 1,1 Jahre China
Bergmann et al. (2014)	nicht erhoben	mittlere Korrelation Vo ₂ peak: r = 0,54 (p <0,05)	6MWT: 44 m Strecke, Rechteck, Wiederholung nach 6 Wochen, 2 Messzeitpunkte, laufen erlaubt, Laufbandspiroergometrie	Gesund (N = 125) Geschlecht: 59m/66w Alter: 11,80 ± 1,31 Jahre Brasilien
(Kempen et al., 2014)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95% CI) = 0,92 (0,81-0,97) SEM (%) = 18,4m (4,4) kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	hohe Korrelation WECTD= r = 0,865 (p<0,0001)	6MWT: 25 m Strecke, WH innerhalb von 3 Wochen, 2 Messzeitpunkte Walking Energy Cost Test (WECT)	Muskeldystrophie des Typs Duchenne (N= 19) Geschlecht: 19m Alter: 6-12 Jahre Niederlande
Gulmans, van Veldhoven, de Meer, and Helders (1996)	Exzellente Test-Retest Reliabilität r = 0,90 (p < 0,001) kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	hohe Korrelation Wattmax: r = 0,76, p <0,001 VO ₂ max: r = 0,76, p <0,001 Laktatmax: r = 0,76, p <0,001	6MWT: 40 m Strecke, Wiederholung nach 6 Wochen, 2 Messzeitpunkte, Spiroergometrie am Fahrrad	Mukoviszidose (N= 23) Geschlecht: 11m/12w Alter: 11,1 ± 2,2 Jahre Niederlande
Vanhelst et al. (2013)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,99 (p < 0,05) kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	geringe Korrelation VO ₂ max: r = 0,225 (p = 0,0262)	6MWT: 40 x 20 m (Handballfeld), Wiederholung nach 1 Woche, 2 Messzeitpunkte; Laufbandspiroergometrie (Balke-Protokoll)	Übergewicht (N= 97) Geschlecht: 52m/45w Alter: 13,0 ± 2,9 Jahre Frankreich

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Elmahgoub, Van de Velde, Peersman, Cambier, and Calders (2012)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95%CI) = 0,82 (0,68-0,90) SEM = 29,8m kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	geringe und gute Korrelationen VO2peak: $r = 0,31$ ($p = 0,016$) relative VO2peak: $r = 0,69$ ($p = 0,001$)	6MWT: 20 m Strecke, Wiederholung: nach 7 Tagen, 2 Messzeitpunkte Spiroergometrie am Fahrrad	Übergewicht und intellektuelle Beeinträchtigung (N=61) Geschlecht: 22m/39w Alter: $16,8 \pm 2,6$ Jahre Belgien
Lelieveld, Takken, van der Net, and van Weert (2005)	nicht erhoben	geringe und mittlere Korrelation absolute VO2peak: $0,43 < r < 0,51$ ($p < 0,05$) relative VO2peak $0,32 < r < 0,41$ ($p < 0,06$)	6MWT: 8 m Strecke, 3 Durchgänge mit 10 Minuten Pause dazwischen, Wiederholung nach 1 Woche, 6 Messzeitpunkte, portable Spiroergometrie	Juvenile idiopathische Arthritis (N= 43) Geschlecht: 11m/32w Alter: 5-12 Jahre Niederlande
Maher, Williams, and Olds (2008)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,98 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	nicht erhoben	6MWT: 10 m Strecke, Wiederholung nach 30 Minuten, 2 Messzeitpunkte	Zerebralparese (N= 27) Geschlecht: 26m/15w Alter: $13,6 \pm 1,6$ Jahre Australien
Nsenga Leunkeu, Shephard, and Ahmaidi (2012)	Exzellente Test-Retest Reliabilität VO2peak: $r = 0,90$ ($p < 0,001$) VO2peak: ICC = 0,85 HFpeak: $r = 0,86$ ($p < 0,001$) HFpeak: ICC = 0,82 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	mittlere und sehr hohe Korrelation VO2peak: ($r=0,625$ $p<0,05$) 6MWT VO2peak: $r = 0,948$ ($p < 0,001$)	6MWT: 20 m Strecke, keine Wiederholung, 1 Messzeitpunkt, portable Spiroergometrie Fahrradspiroergometrie	zerebrale Lähmung (N=24) Geschlecht: 12m/12w Alter: $14,2 \pm 2,0$ Jahre Frankreich

6MWT = 6-Minuten-Gehtest, 6MWD = Gehdistanz beim 6MWT, WECTD = Distanz des "Walking Energy Cost Test", 2MST= 2-Minuten-Step-Test, ICC = Intraklassenkoeffizient, SEM = Standardfehler, Wattmax = maximal erreichte Wattzahl bei der Spiroergometrie, VO2max = maximale Sauerstoffaufnahme, VO2peak = höchst gemessene Sauerstoffaufnahme, HF = höchst gemessene Herzfrequenz

4.1 Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei Kinder und Jugendlichen

Die tabellarische Übersicht (Tab. 3) umfasst neun Studien zur Test-Retest Reliabilität- und Validität des 6MWT mit Kindern und Jugendlichen.

Die meisten Stichproben variieren zwischen 19 bis 97 Teilnehmer/innen. Eine Studie beinhaltet über 100 Proband/innen (Bergmann et al., 2014). In den einzelnen empirischen Forschungen unterscheiden sich die Durchführung des 6MWT auffällig voneinander. So folgt nur eine Studie (Li et al., 2005) den Richtlinien der American Thoracic Society (ATC), wenn es um die Länge der Strecke für den 6MWT geht. Die Strecken beginnen bei 8 m (Lelieveld et al., 2005). 40 m ist die längste Wegstrecke, welche bei Kindern und Jugendlichen verwendet worden ist (Gulmans et al., 1996). Andere wissenschaftliche Arbeiten verwendeten keine Strecken sondern Rundkurse in Form eines Rechteckes (Berghmans et al., 2013; Vanhelst et al., 2013). Auch hier variiert die Länge. Bezüglich der Messzeitpunkte unterscheiden sich eine Studien mit 6 Messzeitpunkten (Lelieveld et al., 2005) von allen anderen mit zwei Messzeitpunkten. In einer Studie war es den Kindern und Jugendlichen erlaubt, während des 6MWT zu laufen (Berghmans et al., 2013).

Ein gemeinsamer Faktor in vielen Studien war die Verwendung maximaler Belastungstests, um Informationen zur VO₂max oder VO₂peak zu erhalten und diese dann mit der erreichten Gehdistanz zu vergleichen. In drei Studien wurde eine Spiroergometrie am Laufband gemacht. Weitere drei empirische Studien verwendeten eine Radspiroergometrie. Eine Studie führte eine sogenannten „Walking Energy Cost Test (WECT)“. Hier bei saßen die Proband/innen zuerst 6 Minuten vor einem Film, danach führten sie einen 6-Minuten-Gehtest mit einer portablen Spiroergometrie durch (Kempen et al., 2014)

Die Test-Retest Reliabilität wurde in sechs Forschungsarbeiten erhoben. Alle Studien präsentieren exzellente Test-Retest Reliabilitäten, obgleich gesund oder mit einem Krankheitsbild. Die Intraklasskorellationskoeffizienten der Gehdistanzen reichen von 0,82 bis 0,99. Nach der Follow-up-Messung konnten keine signifikanten Unterschiede in den Gehdistanzen dargeboten werden.

Ausschließlich mit der Validität befassten sich drei Studien (Bergmann et al., 2014; Elmaghoub et al., 2012; Lelieveld et al., 2005). Um die Validität zu messen wurde der Persons Korrelationskoeffizienten verwendet. Hierfür wurden Korrelationen zwischen den spirometrischen Parameter (VO₂max/VO₂peak) oder der Leistung (maximalen Wattzahlen, Distanz beim WECT) und der Gehdistanz berechnet. In zwei Studien (Li et al., 2005; Vanhelst et al., 2013) wurden geringe Zusammenhänge zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme und der erreichten Distanz beim 6MWT. Eine weitere Studie zeigt

einen mittleren Zusammenhang einer Laufbandergometrie mit der 6-Minuten-Gehdistanz. Hierfür wurde ein Belastungsprotokoll mit einer zweiminütigen Aufwärmphase mit 6 km/h und danach eine Steigerung um 0,5 km/h jede 30 Sekunden bis zur Ausbelastung angewendet (Bergmann et al., 2014). Die maximale Sauerstoffaufnahme, die maximale Wattanzahl und das maximale Laktat korrelieren in einer anderen Studie stark mit der Gehdistanz (Gulmans et al., 1996). Auch der WECT zeigt eine hohe Korrelation mit der Gehdistanz. Eine hohe Korrelation zwischen der VO₂peak und der Gehdistanz zeigt auch eine Untersuchung bei Kindern mit Juvenile idiopathische Arthritis. Ein weiteres Laufbandspiroergometrieprotokoll (Stufentest 30W/15W/1Mi) präsentiert einen sehr hohen Zusammenhang zwischen der VO₂peak und der Gehstrecke (Nsenga Leunkeu et al., 2012).

Ausschließlich mit der Validität befassten sich drei Studien (Bergmann et al., 2014; Elmahgoub et al., 2012; Lelieveld et al., 2005). Um die Validität zu messen wurde der Persons Korrelationskoeffizienten verwendet. Hierfür wurden Korrelationen zwischen den spirometrischen Parametern (VO₂max/VO₂peak) oder der Leistung (maximalen Wattzahlen, Distanz beim WECT) und der Gehdistanz berechnet. In zwei Studien (Li et al., 2005; Vanhelst et al., 2013) wurden geringe Zusammenhänge zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme und der erreichten Distanz beim 6MWT festgestellt. Eine weitere Studie zeigt einen mittleren Zusammenhang einer Laufbandergometrie mit der 6-Minuten-Gehdistanz. Hierfür wurde ein Belastungsprotokoll mit einer 2-minütigen Aufwärmphase mit 6 km/h mit anschließender Steigerung um 0,5 km/h alle 30 Sekunden bis zur Ausbelastung angewendet (Bergmann et al., 2014). Die maximale Sauerstoffaufnahme, die maximale Wattanzahl und das maximale Laktat korrelieren in einer anderen Studie stark mit der Gehdistanz (Gulmans et al., 1996). Auch der WECT zeigt eine hohe Korrelation mit der Gehdistanz (Kempen et al., 2014). Eine hohe Korrelation zwischen der VO₂peak und der Gehdistanz zeigt auch eine Untersuchung bei Kindern mit Juvenile idiopathische Arthritis (Lelieveld et al., 2005). Ein weiteres Laufbandspiroergometrieprotokoll (Stufentest 30W/15W/1Mi) präsentiert einen sehr hohen Zusammenhang zwischen der VO₂peak und der Gehstrecke (Nsenga Leunkeu et al., 2012).

Genauso wie bei den Kinder und Jugendlichen, zeigt die Literatur, dass der 6MWT bei Erwachsenen valide und reliabel ist.

Tab. 4: Reliabilität und Validität des 6MWT von Erwachsenen

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Bohannon et al. (2014)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWD 2Minuten: ICC = 0,888 6MWD: ICC = 0,917 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	hohe Korrelation 6MWD bei 2 Minuten: r = 0,968 (p= < 0,0001)	6MWT: 50 ft (15,24m) Strecke, Wiederholung nach 6-10 Tage, 2 Messzeitpunkte	Gesunde (N= 330) Geschlecht: 180m/150w Alter: 3-85 Jahre USA
Reuter, Massy-Westropp, and Evans (2011)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,819 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	Nicht erhoben	6MWT: 30 m Strecke, Wiederholungen innerhalb von 24 Stunden, 3 Messzeitpunkte	Gesunde (N= 21) Geschlecht: 12m/9w Alter:29,8 ± 6,9 Jahre Kanada
Gruet, Brisswalter, Mely, and Vallier (2010)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,84; SEM = 35,6 (5,2) HF: ICC = 0,93; SEM = 4,9 (3,5) kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	sehr hohe Korrelation HFErgo: r = 0,81 - 0,91 (p= < 0,1)	6MWT: 40 m Strecke, Wiederholung nach 6 Wochen, 2 Messzeitpunkte Radspiroergometrie	Mukoviszidose (N= 40) Geschlecht: 29m/11w Alter: 18-40 Jahre Kanada
Guerra-Balic et al. (2015)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWD 1 und 3: ICC (CI) = 0,95 (0,88-0,98) 6MWD 2 und 3: ICC (CI) = 0,96 (0,93-0,98) die erst Messung unterscheidet sich von den anderen Messungen	mittlere Korrelation maximalen metabolischen Äquivalent: r = 0,65 (p < 0,001)	6MWT: 30 m Strecke, Wiederholung nach 2-3 Tagen innerhalb 2 Wochen, 3 Messzeitpunkte Laufbandspiroergometrie (Balke modifiziert)	Intellektuelle Beeinträchtigung (N= 116) Geschlecht: 65m/51w Alter: 20-75 Jahre Spanien

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Andersson, Asztalos, and Mattsson (2006)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,94 <math>< r < 0,99</math> RPE: ICC = 0,64 <math>< r < 0,89</math> die 1. Messung unterscheidet sich von den anderen Messungen	Nicht erhoben	6MWT: 40 m Strecke, Wiederholung innerhalb von 2 Wochen, 4 Messzeitpunkte	Zerebralparese (N=25) Geschlecht: 16m/9w Alter: 26-58 Jahre Schweden
Pankoff, Overend, Lucy, and White (2000)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,91-0,98 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	Nicht erhoben	6MWT: 70 m Strecke, Wiederholung: nach 1 Tag und 4 Wochen, 3 Messzeitpunkte	Fibromyalgie (N=26) Geschlecht: 26w Alter: 27-59 Jahre Kanada
Gomes et al. (2016)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95%IC) = 0,94 (0,90–0,97) Distanz bei der 2. Messung um 9,03 ± 4,18 m höher (p = 0,55)	mittlere Korrelation VO2max: r = 0,60 (p = 0,01)	6MWT: 25 m Strecke, Wiederholung nach 3 Tagen, 2 Messzeitpunkte Spiroergometrie am Laufband	Schizophrenie (N=51) Geschlecht: 39m/12w Alter: 32,22 - 49,58 Jahre Portugal
Lin and Bose (2008)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,94 signifikante Veränderung der 6MWD zwischen Messung 2 und 3 544,6 m ± 64,5 m auf 570 m ± 80,1 m (p < 0,5)	hohe Korrelation TUG: r = -0,76 (p = 0,004)	6MWT: 45,7 m Strecke, Wiederholung nach 20 bis 30 Minuten, 3 Messzeitpunkte	Amputation unilateral des Knies (N= 13) Geschlecht: 9m/4w Alter: 46 ± 14,8 Jahre USA

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Cahalin, Mathier, Semigran, Dec, and DiSalvo (1996)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWD: ICC = 0,96 kein signifikanter Unterschied bei den 6MWD	mittlere Korrelation Vo2peak: r = 0,64 (p = 0,0001)	6MWT: 168 feet (50,4 m) Strecke, Wiederholung am selben Tag, 2 Messzeitpunkte Fahrradspiroergometrie	Herzinsuffizienz (N=45) Geschlecht: 40m/5w Alter: 49±8 Jahre USA

6MWT = 6-Minuten-Gehtest, 6MWD = Gehdistanz beim 6MWT, 2MST= 2-Minuten-Step-Test, ICC = Intraklassenkoeffizient, SEM = Standardfehler, HF = Herzfrequenz, HF_{Ergo} = maximale Herzfrequenz bei der Ergometrie, RPE = Rate of perceived exertion" (RPE) nach Borg

4.2 Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei Erwachsenen

In der Liste (Tab. 4) zuvor sind verschiedenste Studien zur Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT und 2MST bei Erwachsenen (ab 18 Jahren) abgebildet.

Hinsichtlich Teilnehmer/innenanzahl variieren die wissenschaftlichen Untersuchungen sehr stark. Die kleinste Population umfasst 13 Personen (Lin & Bose, 2008) wohingegen die höchste 330 Personen (Bohannon et al., 2014) aufweist.

Zwei Studien führten den 6MWT nach Richtlinien der ATC durch (Guerra-Balic et al., 2015; Reuter et al., 2011). Bei den Studien mit Erwachsenen wurde der 6MWT ausschließlich auf einer Strecke durchgeführt. Die Längen reichen von 15,24 bis 70 Meter. Eine empirische Arbeit führte an vier Punkten Zeitmessungen (Andersson et al., 2006) durch, alle anderen zwischen zwei und drei. In keiner Studie war es erlaubt während des 6MWT zu laufen.

Wie auch schon in den Studien zu Kindern und Jugendlichen, ziehen zwei Studien (Cahalin et al., 1996; Gomes et al., 2016) die maximale Sauerstoffaufnahme bzw. die höchst gemessene Sauerstoffaufnahme heran und vergleichen diese mit der erreichten Distanz des 6MWT. Sowohl die Spiroergometrie am Fahrrad als auch die am Laufband präsentierten eine mittlere Korrelation ($r = 0,64$ vs. $r = 0,60$) der Sauerstoffaufnahme mit der 6-Minuten-Gehdistanz. Eine weitere Analyse zur Überprüfung der Validität des 6MWT mit Hilfe der Laufbandspiroergometrie ergab eine mittlere Korrelation mit dem maximalen metabolischen Äquivalent. Die Herzfrequenz beim 6MWT und die maximale Herzfrequenz einer Radspiroergometrie (modifizierte Balke Protokoll) ergaben eine sehr hohe Korrelation. Ebenso wurde der 6MWT mit Hilfe eines sportmotorischen Tests („Timed up and Go Test“) verglichen. Eine hohe Korrelation zwischen den Sekunden und den zurückgelegten Metern konnte dargestellt werden (Lin & Bose, 2008). Weiters präsentierten Wissenschaftler/innen eine hohe Korrelation zwischen der gesamten Distanz nach 6 Minuten und dem zurückgelegten Weg nach 2 Minuten (Bohannon et al., 2014).

Der 6MWT wurde bei gesunden (Bohannon et al., 2014; Reuter et al., 2011), amputierten (Lin & Bose, 2008), herzinsuffizienten (Cahalin et al., 1996), intellektuell beeinträchtigten (Guerra-Balic et al., 2015), schizophrenen (Gomes et al., 2016), chronisch kranken (Pankoff et al., 2000) und gelähmten Personen (Andersson et al., 2006) auf Test-Retest-Reliabilität geprüft. Alle Forschungsgruppen fanden eine exzellente Test-Retest-Reliabilität des 6MWT. Die Intraklasskorellationskoeffizienten der erreichten Distanzen bewegen sich zwischen 0,819 bis 0,99. Bei den Wiederholungstests konnten in fünf Arbeiten keine signifikanten Unterschiede in den Gehdistanzen dargelegt werden. In vier Untersuchungen hingegen kam es zu abweichenden Ergebnissen.

Tab. 5: Reliabilität und Validität des 6MWT von älteren Personen

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Kervio, Carre, and Ville (2003)	6MWD: Steigerung von 45,3 m über 5 Durchgänge	sehr hohe Korrelation VO2max: $r = 0,97$, ($P < 0,01$)	6MWT: 18 m Strecke, Wiederholung nach 1-2 Tage, 5 Messzeitpunkte Laufbandspiroergometrie (Chronotropic Assessment Exercise Protocol – CAEP)	Gesund (N=12) Geschlecht: 6m/6w Alter: $64,7 \pm 1,4$ Jahre Frankreich
Rikli and Jones (1998)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = $0,91 < R < 0,97$ ($p = < 0,0001$) Signifikante Veränderung zwischen Messzeitpunkt 1 und 2, aber keine Veränderung zwischen 2 und 3	Mittlere bis hohe Korrelationen 85%maxHF: $0,71 < r < 0,82$	6MWT: 50 Yard Rundkurs, Wiederholung nach 2-5 Tagen, 3 Messzeitpunkte Laufbandergometrie (Balke modifiziert)	Gesund (N= 77) Geschlecht: 48m/29w Alter: 60-87 Jahre USA
Harada, Chiu, and Stewart (1999)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = $0,95$ Keine signifikante Veränderung der 6MWD	Mittlere bis hohe Korrelationen diverse funktionelle Tests $0,52 < r < 0,73$	6MWT: 40 ft Rundkurs, Wiederholung nach 1 Woche, 2 Messzeitpunkte 30 Sekunden Aufstehetest, Tandemstand, Gehgeschwindigkeit	gesunde ältere Personen (N=86) Geschlecht: 48m/34w Alter: 65-89 Jahre USA
Rikli and Jones (1999)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95%CI) = $0,94$ ($0,90-0,96$) Signifikante Veränderung zwischen Messzeitpunkt 1 und 2, aber keine Veränderung zwischen 2 und 3	nicht erhoben	6MWT: 50 Yard im Rechteck, Wiederholung nach 3 Wochen, 2 Messzeitpunkte	ältere Personen (N=82) Geschlecht: 48m/34w Alter: $71,8 \pm 6,9$ Jahre USA

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Pedrosa and Holanda (2009)	nicht erhoben	gering und mittlere negative Korrelationen 2MST: $r = 0,36$ ($p = 0,04$) TUG: $r = -0,59$ ($p = 0,000$)	6MWT: keine Wiederholung, 10 Minuten Pause zwischen den funktionellen Tests, 1 Messzeitpunkt 2 Minuten Gehstest, Timed up and Go Test	Bluthochdruck (N=32) Geschlecht: 32w Alter: $65,4 \pm 5,4$ Jahre Brasilien
Berghmans et al. (2013)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,935 ($p < 0,05$) 6MRD: ICC = 0,906 ($p < 0,05$)	nicht erhoben	6MWT: 44 m Rechteck, Wiederholung nach 6 Wochen, 2 Messzeitpunkte Laufen war erlaubt!	kardiale Erkrankungen (N= 35) Geschlecht: 26m/9w Alter: $60 \pm 9,6$ Jahre Niederlande
Hanson, McBurney, and Taylor (2012)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICCall = 0,94 Gruppe A: ICC = 0,84 Gruppe B: ICC = 0,84 Gruppe C: ICC = 0,83	nicht erhoben	6MWT: 20 m Strecke, Wiederholung nach 1 Stunde bis 1 Woche, 3 Messzeitpunkte Gruppe A: 3 Test am selben Tag dazwischen 20 Minuten Pause, Gruppe B: 2 Tests am ersten Tag und eine Woche später 1 Test, Gruppe C: 1. Tests, 1 Woche Pause, 2. Test, 1 Woche Pause, 3. Test	kardiale Erkrankungen (N= 30) Geschlecht: 6m/24w Alter: $63 \pm 6,7$ Jahre Australien
Kervio, Ville, Leclercq, Daubert, and Carre (2004)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,98-0,99 VO2peak: ICC = 0,97-0,99 HF: ICC = 0,96-0,99	mittlere bis hohe Korrelation VO2max: $r = 0,62 - 0,88$ ($p < 0,001$) ventilatorische Schwelle: $r = 0,77 - 0,81$ ($p < 0,001$)	6MWT: 18 m Strecke, Wiederholung am selben Tag oder bis 48 Stunden, 2 Messzeitpunkte symptomlimitierende Laufbandergometrie	chronischer Herzinsuffizienz (N= 24) Geschlecht: 19m/5w Alter: 64 ± 6 Jahre Frankreich

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Demers, McKelvie, Negassa, Yusuf, and Investigators (2001)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWDt0: ICC = 0,90 6MWDt18: ICC = 0,88 6MWDt43: ICC = 0,91	geringe und moderate negative Korrelation krankheitsspezifische Lebensqualität $r = -0,26$ ($p = 0,0001$) NYHA-Klassifikation $r = -0,43$, ($p = 0,001$)	6MWT: >20 m Strecke, Wiederholung nach 18 und 43 Wochen, 3 Messzeitpunkte	Herzinsuffizienz (N=768) Geschlecht: 637m/131w Alter: 63 ± 11 Jahre Kanada
Montgomery and Gardner (1998)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWD: ICC = 0,94; CV = 10,4% Schritte 6MWD: ICC = 0,90; CV = 11,7%	Geringe und mittlere Korrelation Ankle/Brachial Index: $r = 0,55$ ($p < 0,001$) VO2max: $r = 0,37$ ($p = 0,01$)	6MWT: 100 feet Strecke, Wiederholung nach 1 Woche, 2 Messzeitpunkte	arterielle Verschlusskrankheiten (N=64) Geschlecht: 61m/3w Alter: 68 ± 7 Jahre USA
Eng, Dawson, and Chu (2004)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,99 Vo2max: ICC = 0,96	Geringe und mittlere Korrelation Relative Vo2max: $r = 0,66$ ($p < 0,05$) HFmax: $r = 0,18$	6MWT: 42 m Rechteck keine Angaben zur Wiederholungsdauer und den Messzeitpunkten: Fahrradspiroergometrie (Beginn mit 0W jede Minute um 20W gesteigert)	Schlaganfall und einseitige Lähmung (N=12) Geschlecht: 11m/1w Alter: $62,5 \pm 8,6$ Jahre Kanada
Chuang, Lin, and Wasserman (2001)	nicht erhoben	geringe Korrelation Vo2max: $r = 0,4$ ($p = 0,02$) relative 6MWD und Vo2max: $r = 0,67$ ($p = 0,0001$)	6MWT: 20m und 30,5m Strecke, Wiederholung nach 2-4 Stunden, 2-3 Messzeitpunkte Fahrradspiroergometrie	Ältere Personen mit COPD (N=33) Geschlecht: 33m Alter: 65 ± 6 Jahre Taiwan/USA

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
du Bois et al. (2011)	Exzellente Test-Retest Reliabilität 6MWD: ICC = 0,83 (p= <0,001) SEM (95% CI) = 45m (42-47)	geringe Korrelation FVC%: r=0,212; p=< 0,001) AaPo2 : r= -0,188 DLco%: r= 0,135 SGRQ: r= -0,290 UCSD SOBQ: r= -0,290.	6MWT: keine Angaben zur, Wiederholung nach 24 Tagen, 2 Messzeitpunkte	Idiopatische Lungenfibrose (N=822) Geschlecht: 240m/582w Alter: 66 ± 8 Jahre Großbritannien
Butland, Pang, Gross, Woodcock, and Geddes (1982)	nicht erhoben	sehr hohe Korrelation 12MWT: r = 0,96 2MWT: r = 0,89	6MWT: keine Angaben zur Strecke: nicht; keine Wiederholung, 1 Messzeitpunkt 12-Minuten-Gehtest, 2-Minuten-Gehtest	Atemwegserkrankungen (N=30) Geschlecht: keine Angaben Alter: 61 ± 11 Jahre Großbritannien
Goldman, Marrie, and Cohen (2008)	Exzellente Interrater-Reliabilität ICC = 0,91 Intrarater-Reliabilität ICC = 0,94	hohe Korrelation EDSS: r= -0,73, (p < 0,001) MSFC: r= 0,72,(p < 0,001)	6MWT: 175 foot Strecke, Wiederholung nach 1 Stunde Pause, 3 Messzeitpunkte mit Gehhilfe	Multiple Sklerose und Gesunde (N=60; 40/20) Geschlecht: 40m/20w Alter: 40,05-50,2 Jahre USA
Kennedy, Stratford, Wessel, Gollish, and Penney (2005)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95% CI) = 0,94 (0,88-0,98) SEM (95% CI) = 26,29 m (21,14-34,77)	nicht erhoben	6MWT: 46 m Rechteck, Wiederholung durchschnittlich zwischen 91 und 178 Tagen, 3 Messzeitpunkte	Hüft- und Knieendoprothese (N= 150) Geschlecht: keine Angaben Alter: 63,7 ± 10,7 Jahre Kanada

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Unver, Kahraman, Kalkan, Yuksel, and Karatosun (2013)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,96 SEM = 3,67m signifikante Veränderung der 6MWD	nicht erhoben	6MWT: 50 m Strecke, Wiederholung nach 1 Stunde, 2 Messzeitpunkte	totale Hüftendoprothetik (N=34) Geschlecht: 7m/27w Alter: 50-85 Jahre Belgien
Kierkegaard and Tollback (2007)	Exzellente Test-Retest Reliabilität besten 2 Test der ersten Testreihe 6MWD: ICC (95% CI) = 0,99 (0,97-1,0) 6MWD: SEM (%) = 12m (2%) die besten drei Tests 6MWD: ICC (95% CI) = 0,99 (0,97-1,0) 6MWD: SEM (%) = 11m (2%) Mittelwert der drei Tests der zweiten Testreihe 6MWD: ICC (95% CI) = 0,99 (0,97-1,0) 6MWD: SEM (%) = 9m (2%)	nicht erhoben	6MWT: 30 m Strecke, 3 Wiederholungen mit 10 Minuten Pause, und nach 1 Woche nochmals 3 Durchgänge dazwischen wieder 10 Minuten Pause, 6 Messzeitpunkte	Muskeldystrophy (N= 12) Geschlecht: 19m/5w Alter: 44 ± 12 Jahre Schweden
Reid, Thomson, Besemann, and Dudek (2015)	nicht erhoben	hohe positive und negative Korrelation 2MWT: $r = 0,5$ ($p < 0,0001$) TuG: $r = -0,72$ ($p < 0,0001$) Lcl-5: $r = 0,61$ ($p < 0,0001$) Houghton: $r = 0,57$ ($p < 0,0001$) ABC: $r = 0,60$ ($p < 0,0001$)	6MWT: 30 m Strecke, keine Wiederholung 1 Messzeitpunkt 2MST, Timed up and Go Test,	Amputationen der unteren Extremitäten (N=86) Geschlecht: 66m/20w Alter: 60,0 ± 15,3 Jahre USA

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Ries, Echternach, Nof, and Gagnon Blodgett (2009)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,982 – 0,987 (p < 0, 001) SEM = 20,28 m Keine signifikante Veränderung der 6MWD	nicht erhoben	6MWT: 30 m Strecke, Wiederholung nach 30-60 Minuten, 2 Messzeitpunkte	Alzheimer (N= 51) Geschlecht: 17m/34w Alter: 80,7 ± 8,8 Jahre USA
Steffen and Seney (2008)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95%CI) = 0,96 (269 - 364) signifikante Veränderung der 6MWD	nicht erhoben	6MWT: 15 m Strecke, Wiederholung innerhalb 1 Woche, 2 Messzeitpunkte	Parkinson (N=37) Geschlecht: 26m/11w Alter: 71 ± 12 Jahre USA

6MWT = 6-Minuten-Gehtest, 6MWD = Gehdistanz beim 6MWT, 2MST= 2-Minuten-Step-Test, ICC = Intraklassenkoeffizient, SEM = Standardfehler, HF = Herzfrequenz, HFErgo = maximale Herzfrequenz bei der Ergometrie, RPE = Rate of perceived exertion" (RPE) nach Borg, 2MWT = 2-Minuten-Gehtest, 12MWT = 12-Minuten-Gehtest, TuG = Timed up and Go Test, AaPo2 = alveolararterial oxygen gradient; DLco = carbon monoxide diffusion capacity; SGRQ = St.George's Respiratory Questionnaire; UCSD SOBQ = University of California SanDiego Shortness of Breath Questionnaire, EDSS = Expanded disability status scale, MSFC = MS functional composite

4.3 Test-Retest Reliabilität und Validität des 6MWT bei älteren Personen

In der vorhergehenden Tabelle (Tab. 5) wurden 22 Forschungsarbeiten zum Altersbereich 50+ hinsichtlich Reliabilität und Validität des 6MWT verglichen.

In den empirischen Arbeiten variieren die Stichproben zwischen 12 und 86 Proband/innen. Eine Forschungsarbeit mit Hüft- und Knieendoprothesen umfasste 150 (Kennedy et al., 2005) eine andere mit Herzinsuffizienten 768 (Demers et al., 2001) und eine weitere mit idiopathische Lungenfibrose sogar 822 Personen (du Bois et al., 2011).

In der Durchführung gibt es eine große Varianz der Strecke (15 - 50 Meter) bzw. des Rundkurses (50 Yard, 40 ft, 42 Meter etc.). Die Anzahl der Messzeitpunkte sowie der Zeitraum der Wiederholungen variieren von Studie zu Studie. Messungen wurden einerseits nur einmal (Pedrosa & Holanda, 2009), andererseits sechs Mal durchgeführt (Kierkegaard & Tollback, 2007). Wiederholungszeiträume von 20 Minuten (Hanson et al., 2012) bis 18 Wochen (Demers et al., 2001) wurden in den einzelnen empirischen Studien angegeben. In einer Studie war das Laufen beim 6MWT erlaubt (Berghmans et al., 2013).

12 Studien beschäftigten sich mit der Validierung des 6MWT. Die ermittelten Parameter der Laufbandspiroergometrien (VO₂max, 85% der maximalen Herzfrequenz, ventilatorische Schwelle) des modifizierten Balke Protokolls (Rikli & Jones, 1998), des Chronotropic Assessment Exercise Protocol (Kervio et al., 2003) und der symptomlimitierende Laufbandergometrie wurden mit der zurückgelegten Strecke des 6MWT verglichen. Dabei zeigten sich mittlere bis hohe Korrelationen ($r = 0,62$ bis $0,97$). Andere Studien verwendeten für ihre Forschungen eine Spiroergometrie am Fahrrad (Chuang et al., 2001; Eng et al., 2004). Dabei konnten die Wissenschaftler/innen mit Hilfe von Korrelationen Verbindungen zwischen Leistungsparametern des Fahrrads (VO₂max, relative VO₂, maximale Herzfrequenzen) und relativen und absoluten Werten der Gehdistanzen nachweisen ($r = 0,18 - 0,67$). Drei Studien (Butland et al., 1982; Harada et al., 1999; Pedrosa & Holanda, 2009) führten diverse funktionelle Tests durch und verglichen deren Ergebnisse mit der 6-Minuten-Gehdistanz. Unter anderem wurde der 30-Sekunden Aufstehtest, Tandemstand, Gehgeschwindigkeit, 2-Minuten-Gehtest und der 12-Minuten-Gehtest verwendet. Weiters wurden Korrelationen zwischen der krankheitsspezifischen Lebensqualität, NYHA-Klassifikation, Ankle/Brachial Index, amputationsspezifische Bewertungsskalen (Lcl-5, Houghton, ABC), Parameter für Lungenerkrankungen sowie Multiple Sklerose berechnet.

Exzellente Test-Retest Reliabilitäten wurden in 16 empirischen Untersuchungen erzielt. Intraklasskoeffizienten für gesunde ältere Leute reichen von $0,91$ bis $0,97$ (Harada et al., 1999; Rikli & Jones, 1998, 1999).

Tab. 6: Reliabilität und Validität des 2MST

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Rikli and Jones (1999)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC (95% CI) = 0,90 (0,84-0,93) signifikante Veränderung zwischen Messzeitpunkt 1 und 2	hohe Korrelation HF85%: r = 0,78; 95% CI = 0,62-0,88) 1-Mile-Gehtest: r = 0,73; 95% CI	2MST: Wiederholung nach 2 bis 5 Tagen, 3 Messzeitpunkte Laufbandergometrie, 1-Mile-Gehtets	Gesunde (N=82) Geschlecht: 48m/34w Alter: 71,8 ± 6,9 Jahre USA
Miotto, Chodzko-Zajko, Reich, and Supler (1999)	Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,83 < r < 0,95 signifikante Veränderung der Kniehübe von Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	nicht erhoben.	2MST: Wiederholung innerhalb von 2 Wochen, 3 Messzeitpunkte	bewegungsarme Lebensweise (N= 79) 2 Gruppen Geschlecht: 41m/38w Alter: 60-86 Jahre USA
Pedrosa and Holanda (2009)	nicht erhoben	geringe und mittlere Korrelation 6MWD: r = 0,36 (p = 0,04) TUG: r = 0,66 (p = 0,000)	2MST: keine Wiederholung 1 Messzeitpunkt 6-Minuten-Gehtest, Timed up an Go Test	Bluthochdruck (N=32) Geschlecht: 32w Alter: 65,4±5,4 Jahre Brasilien
Milanovic et al. (2013)	nicht erhoben	sehr geringe Korrelation IPAQ Kategorien: r = -0,003 bis 0,039	2MST: keine Wiederholung 1 Messzeitpunkt International Physical Activity Questionnaire	Bluthochdruck (N=1288) Geschlecht: 594m/694w Alter: 60 bis 80 Jahre Serbien

Studie	Reliabilität	Validität	Durchführung	Population
Chow et al. (2017)	<p>Exzellente Interrater Reliabilität ICC = 0,999 - 1,000 (p < 0,0001)</p> <p>Exzellente Test-Retest Reliabilität ICC = 0,927 - 0,934 (p < 0,0001)</p> <p>Steigerung der Kniehübe von 7,48 ± 9.80 bis 7,74 ± 10,4</p>	<p>hohe Korrelation</p> <p>6MWD: r (95% CI) = 0,87 (0,82-0,91) (p < 0,0001)</p>	<p>2MST: Wiederholung am selben Tag</p> <p>2 Messzeitpunkt</p> <p>6MWT</p>	<p>koronaren</p> <p>Revaskularisierung (N= 31)</p> <p>Geschlecht: keine Angaben</p> <p>Alter: keine Angaben</p> <p>Singapur</p>

2MST= 2-Minuten-Step-Test, ICC = Intraklassenkoeffizient, SEM = Standardfehler, 6MWD = Gehdistanz beim 6MWT, TUG = Timed up an Go Test, IPAQ = International Physical Activity Questionnaire, Lcl-5 = Locomotor Capabilities Index version 5, Houghton = Houghton Scale of Prosthetic Use, ABC = Activity-Specific Balance Confidence,

4.4 Test-Retest Reliabilität und Validität des 2-Minuten-Step-Tests

Im Vergleich zum 6MWT wurde der 2MST bis jetzt nur mit älteren Personen (ab 55 Jahren) in wissenschaftlichen Arbeiten angewendet.

Der 2MST wird in diversen Publikationen verwendet. Unter anderem um Effekte von Bewegungsinterventionen bei Menschen im Altersheim (Badrasawi, Shahar, Zahara, Nor Fadilah, & Singh, 2016; Wang, Greendale, Yu, & Salem, 2016; Yan, Wilber, Aguirre, & Trejo, 2009), mit Herzproblemen (Alosco et al., 2014; Holmerova et al., 2010) oder mit einem sitzendem Lebensstil (Johnson, M, Fogg, & Wilbur, 2016) zu evaluieren.

Der Test-Retest-Wiederholungszeitraum beläuft sich von „am selben Tag“ bis auf „zwei Wochen später“. Es wurden je nach Studie ein bis drei Messzeitpunkte gewählt.

Der 2MST korreliert gut mit 85% der maximalen Herzfrequenz von der Laufbandergometrie (Johnston, 1999, zit.n. Roberta E Rikli & C Jessie Jones, 2013). In verschiedenen Untersuchungen wird der 2MST mit funktionellen Tests validiert. Eine hohe Korrelation wurde zwischen der Zeit des 1-Mile-Gehtests und des 2MST ermittelt (Dugas, 1996, zit.n. Roberta E Rikli & C Jessie Jones, 2013). Geringere Korrelationen und wurden zwischen dem 6MWT ($r = 0,36$) und dem Timed up and Go Test ($r = 0,66$) (Pedrosa & Holanda, 2009) gefunden. Im Gegensatz dazu präsentierte eine andere Forschungsgruppe eine hohe Korrelation ($r = 0,87$) (Chow et al., 2017).

Alle Studien zur Test-Retest Reliabilität zeigen einen exzellenten ICC. Jedoch kam es bei jeder Untersuchung zu Veränderungen der Kniehübe entweder von Messzeitpunkt 1 auf 2 oder von 1 auf 3. Keine Veränderungen wurden hingegen zwischen Messzeitpunkt 2 und 3 entdeckt. Die Intraklasskorellationskoeffizienten reichen von 0,83 bis 0,93.

4.5 Ziele der Studie und Fragestellungen

Zur Reliabilität und Validität des 6MWT wurden viele Untersuchungen veröffentlicht. Jedoch untersuchte nur eine Studie (Bohannon et al., 2014) den 6MWT auch bei jungen, gesunden Menschen im Alter zwischen 20 und 35 Jahren. Des Weiteren wurde der 2MST noch nie in einem jungen Kollektiv erforscht. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit den 6MWT und den 2MST auf ihre Test-Retest Reliabilität und Validität in einem jungen Kollektiv zu untersuchen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu überprüfen, inwieweit der 6-Minuten-Gehtest und der 2-Minuten-Step-Test reliabel und valide im Alter zwischen 20 und 35 Jahren ist.

Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- a. Ist der 6-Minuten-Gehtest reliabel für die Altersgruppe 20 bis 35 Jahre?
- b. Ist die Validität des 6-Minuten-Gehtests in der Altersgruppe zwischen 20 und 35 Jahren gegeben?
- c. Ist der 2-Minuten-Step-Test reliabel für die Altersgruppe 20 bis 35 Jahre?
- d. Ist die Validität des 2-Minuten-Step-Tests in der Altersgruppe zwischen 20 und 35 Jahren gegeben?

5 Methodik

5.1 Studiendesign

Die Studie war als Test-Retest-Studie im Rahmen der Vienna Active Ageing Forschungsplattform angelegt. Die Validität wurde mit Hilfe ausgewählter sportmotorischer Test im Vergleich zu Labortests überprüft. Die Studie bestand aus vier Terminen für die Testungen, davon waren zwei Termine für die Labortests und zwei Termine für die Feldtests vorgesehen. Zwischen den gleichartigen Testungen lagen 5-14 Tage bevor diese wiederholt wurden. Die Hälfte der Studienteilnehmer/innen startete mit den Labortests, die andere Hälfte mit den Feldtests, wobei die Zuteilung randomisiert erfolgte. Das Studiendesign wurde der Ethikkommission Universität Wien (Bearbeitungsnummer: 00162) vorgelegt und genehmigt.

Ablauf der Studie

Die Rekrutierung erfolgte mittels Aushang an der Universität Wien (Hauptgebäude und Institutionen der Universität Wien) sowie an der Medizinischen Universität Wien. Überdies wurde noch eine persönliche Rekrutierung am Institut für Ernährungswissenschaft (Althanstraße 14, 1090 Wien) durchgeführt. Daraufhin bekundeten 99 Personen telefonisch, per Mail sowie persönlich ihr Interesse an der Studie teilzunehmen. Nach Überprüfung der Einschlusskriterien sowie des Abfragens des Gesundheitsfragebogens (PAR-Q) reduzierte sich die Anzahl der Teilnehmer/innen auf 61 Personen. Nach der Terminvereinbarung für die Feld- bzw. Labortestungen verringerte sich die Proband/innenanzahl weiter auf 38 Personen (Abb. 4). Alle Probanden/innen hatten eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme unterschrieben, nachdem sie über Studienablauf und –ziel mündlich und schriftlich informiert worden waren. Sämtliche Daten wurden sofort nach Erfassung anonymisiert.

Der sozioökonomische Status und die körperliche Aktivität der letzten sieben Tage wurde mittels Fragebögen erhoben. Labor- und Feldtestungen erfolgten zwischen 08:30 und 13:00 Uhr im Institut für Sportwissenschaften (Auf der Schmelz 6, 1150 Wien). Die Wiederholung der Testungen erfolgte innerhalb von 5-14 Tagen. Zwischen Feld- und Labortestungen wurden 24 Stunden Pause eingehalten.

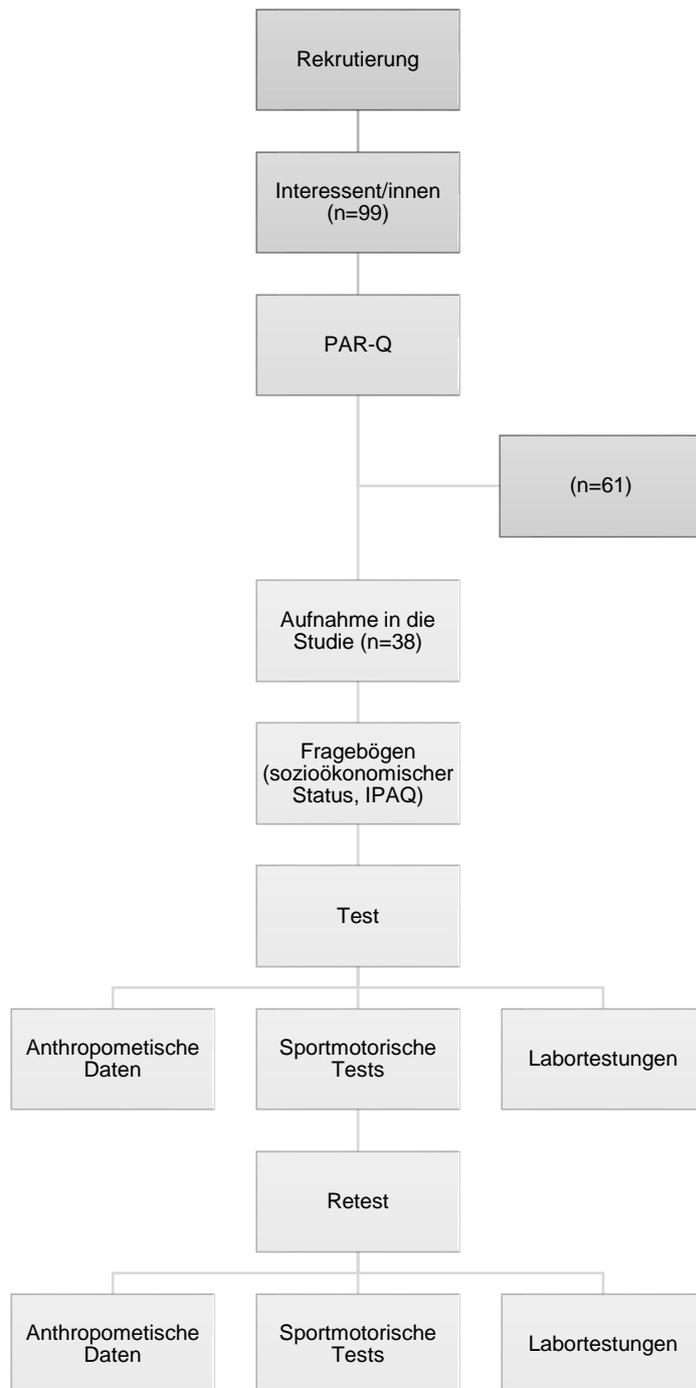


Abb. 4: grafische Darstellung des Ablaufs der Studie

Die Studie wurde in Kooperation mit vier weiteren Masterstudent/innen durchgeführt. In der nachfolgenden Abbildung (Abb. 5) sind alle im Rahmen der Studie insgesamt durchgeführten Testungen grafisch dargestellt. In grün sind jene Testungen hervorgehoben, die Inhalt der vorliegenden Masterarbeit sind. Die anderen farblich gekennzeichneten Punkte wurden schon in weiteren Masterarbeiten vorgestellt (Cornelia Holl, Antonio De Feo, Paco Cerletti und Kaltrina Feka).

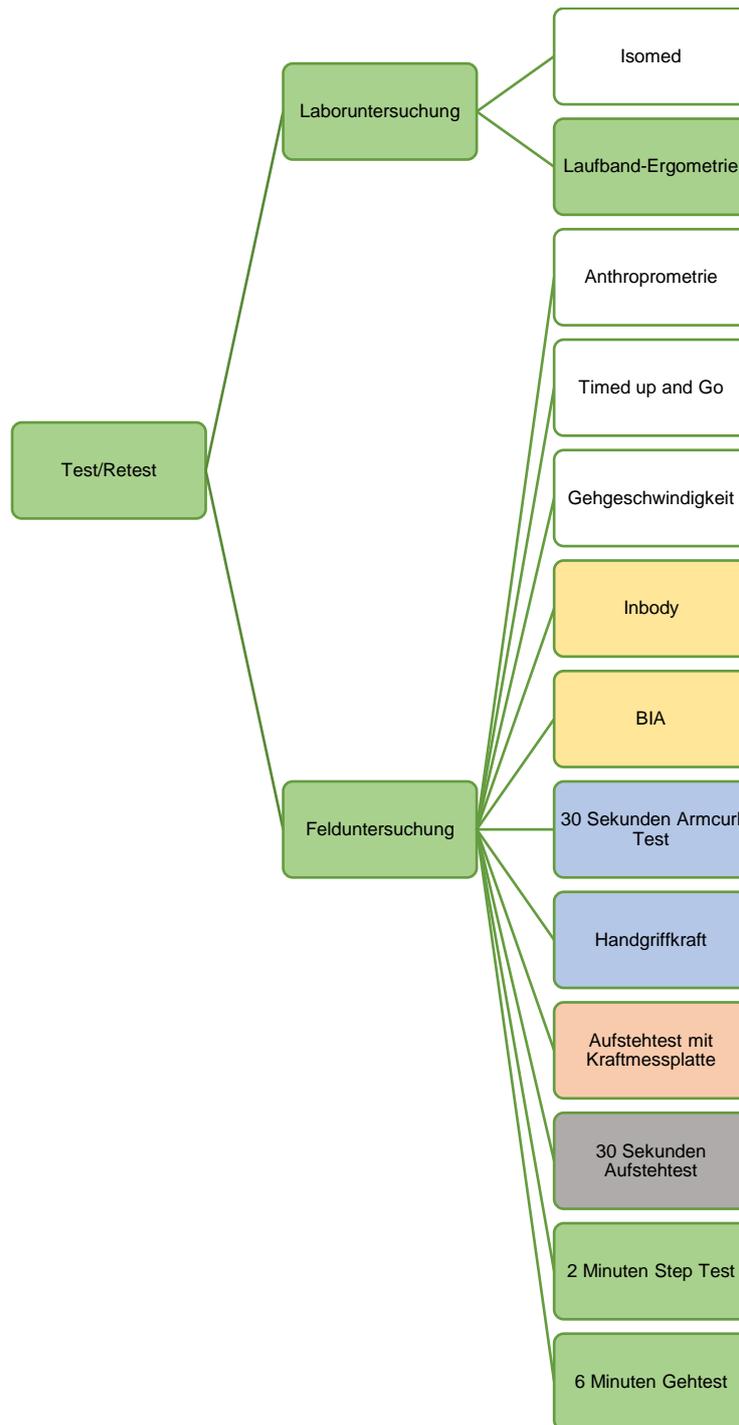


Abb. 5: Grafische Darstellung der durchgeführten Tests. Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die Testungen auf die in den einzelnen Masterarbeiten eingegangen wurde.

5.2 Proband/innencharakteristik

Um als Proband/in in die Studie aufgenommen zu werden, mussten die Probanden und Probandinnen zwischen 20 und 35 Jahre alt sein. Des Weiteren sollen sie einen guten allgemeinen Gesundheitszustand aufweisen, welcher mit Hilfe des PAR-Q abgefragt

wurde. Ausschlusskriterien bildeten akute Erkrankungen und Verletzungen sowie chronische Erkrankungen (kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Erkrankungen) als auch ein Alter unter 20 oder über 35 Jahren.

5.3 Medizinische Sporttauglichkeitsuntersuchung (PAR-Q)

Der PAR-Q stellt fest, ob eine Person vor Beginn einer körperlichen Aktivität oder sportliche Tätigkeit einen Arzt aufsuchen sollte. Dabei werden Fragen zu den Themen Herz- und Atemprobleme sowie Brustschmerzen (in Ruhe als auch unter körperlicher Aktivität), Schwindel, Knochen- und Gelenksprobleme erfragt. Weiters wurde erhoben, ob Medikamente für Bluthochdruck, Herz- und Atemprobleme eingenommen werden bzw. ob es andere Gründe gab, keine sportliche Aktivität auszuüben. Wurde eine Frage mit einem Ja beantwortet, war dies ein Ausschlusskriterium für die Studie (Thomas, Reading, & Shephard, 1992).

5.4 Testverfahren

5.4.1 Anthropometrie

Mittels Stadiometer (Seca, Hamburg, Germany) und einer Waage (BWB 700, Tanita, Amsterdam, Netherlands) werden Größe und Gewicht gemessen.

5.4.2 6-Minuten-Gehtest

Der 6-Minuten-Gehtest (6MWT) wurde durchgeführt, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen. Dabei wurde die Gehstrecke in Metern gemessen, die innerhalb von 6 Minuten zurückgelegt werden konnte, wobei es den Proband/innen frei stand, ob sie dabei laufen oder gehen (Berghmans et al., 2013; Bergmann et al., 2014). Der Test wurde auf einer 30 m langen Strecke auf hartem Untergrund in der Halle durchgeführt, wobei die Strecke alle 3 m gekennzeichnet war (Abb. 6). Die Umkehrpunkte wurden mit einem gelben Hütchen markiert. Die Testperson durfte die Geschwindigkeit reduzieren oder eine Pause einlegen, wenn die gewählte Geschwindigkeit zu hoch war. Die Testperson absolvierte den Test alleine, um den Konkurrenzgedanken mit anderen Personen zu minimieren (Grindrod, Paton, Knez, & O'Brien, 2006). Nach jeder Minute wurden die Testpersonen über standardisierte Phrasen über die verstrichene Zeit informiert (Tab. 7).

Tab. 7: standardisierte Phrasen des 6-Minuten-Gehtests

Nach 1 Minute	“Sehr gut, noch weitere 5 Minuten“
Nach 2 Minuten	“Sehr gut, noch weitere 4 Minuten“
Nach 3 Minuten	“Sehr gut, die Hälfte ist geschafft“
Nach 4 Minuten	“Sehr gut, noch 2 Minuten“
Nach 5 Minuten	“Sehr gut, nur noch 1 Minute“

Die Distanz wurde über die zurückgelegten Runden (à 2x30m) plus das Abmessen der Distanz in der letzten Runde mit einem parallel zur Gehstrecke fixierten Maßband erhoben. Die Proband/inn/en wärmten vor dem Test nicht auf und es gab keinen Probendurchgang vor dem Test (Laboratories, 2002; Steffen & Seney, 2008).



Abb. 6: Darstellung des 6-Minuten-Gehtests

5.4.3 2-Minuten-Step-Test

Der 2-Minuten-Step-Test (2MST) misst die Anzahl der Wiederholungen (Kniehübe), welche die Testperson im Stand in 2 Minuten durchführen kann. Auf das Signal „Los“ begannen die Teilnehmer/innen so oft wie möglich die Knie zu heben, ohne dabei zu laufen (kein Skipping!). Gezählt wurden ausschließlich die rechten Kniehübe, die die erforderliche Höhe erreichten. Die Höhe ist definiert als der Mittelpunkt zwischen Kniescheibe und Beckenkamm (Abb. 7). Wurde die Kniehubhöhe nicht erreicht, wurden die Teilnehmer/innen darauf hingewiesen, bei der nächsten Wiederholung das Knie bis zur erforderlichen Höhe anzuheben. (Jones & Rikli 2002).



Abb. 7: 2-Minuten-Step-Test

5.4.4 Laufbandergometrie

Als Labortest für die Testung der Ausdauerleistungsfähigkeit wurde eine Laufbandergometrie durchgeführt. Die Teilnehmer/innen liefen auf einem Laufband bis zur völligen Erschöpfung. Die Steigung des Laufbandes war während des gesamten Tests auf 1% gestellt. Das Testprotokoll startete mit 6 km/h und wurde im Dreiminutentakt um 2 km/h gesteigert (H. Löllgen et al., 2002; H. Löllgen et al., 2009). Der Test wurde abgebrochen, wenn es den Studienteilnehmer/innen nicht mehr möglich war, das Tempo zu halten (Machadoa et al. 2012). Laktatkonzentration und Herzfrequenz wurden dokumentiert.

5.4.5 Laktatmessung

Vor dem Laufbandstufentest wurde eine hyperämisierende Salbe (Finalgon®-Salbe) auf das Ohrläppchen aufgetragen, um die möglichst hohe Angleichung der Laktatkonzentration an die gemischt-venösen bzw. arteriellen Verhältnisse zu erzielen. Die Laktatabnahme erfolgt vor der Laufbandergometrie sowie nach jeder vollendenden Stufe. Hierbei stoppte das Laufband für 15 Sekunden, was dem Testleiter ermöglichte, eine kapillare Blutprobe aus dem Ohr zu nehmen. Dabei wurde der erste Blutropfen mit einem sauberen trockenen Tuch abgewischt und die Probe wurde erst aus dem nachfließenden Blut gewonnen. Außerdem wurde darauf geachtet, dass der Blutropfen nicht durch zu starkes Pressen an der Probenabnahmestelle gewonnen wurde, da ansonsten Gewebsflüssigkeit die Messwerte verfälschen könnte.

5.4.6 Herzfrequenzmessung

Die Herzfrequenzmessung erfolgte mittels Pulsuhr (Polar RS800X) und Brustgurt (Polar WearLink® Textil-Sender) über die Gesamtdauer der Ergometrie. Neben der Ruheherzfrequenz (zu Beginn des Tests im Stehen) wurde die Herzfrequenz kurz vor Vollendung jeder Stufe und am Ende des Laufbandstufentest in einem Protokoll notiert.

5.4.7 Subjektives Belastungsempfinden

Das Anstrengungsempfinden definiert sich als subjektives Empfinden einer Testung. Zur Erhebung des subjektiven Belastungsempfindens wurde die "Rate of perceived exertion" (RPE) nach Borg angewendet. Dabei erläuterten die Studienteilnehmer/innen wie schwer und anstrengend sie die Testungen auf einer numerischen Skala von 6-20 empfanden. (H. Löllgen et al., 2009). Diese Skala wurde auch bei der Beurteilung der Ausbelastung (>16) herangezogen. Die verwendete Skala ist im Anhang dokumentiert (Borg 1998).

5.5 Statistische Auswertung

Die empirisch erhobenen Daten wurden mittels Statistikprogramm (IBM SPSS Version 22 für Windows) ausgewertet und aufbereitet. Aus Datenschutzgründen und um die Anonymität der Probanden und Probandinnen zu gewährleisten, wurde jedem und jeder Studienteilnehmer/in ein Code anstatt des Namens zugewiesen. Zuerst erfolgte die Überprüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorow-Smirnow-Test. Um die erhobenen Daten übersichtlich darzustellen, wurden für einzelnen Parameter der Mittelwert und die Standardabweichung, sowie Signifikanzniveaus (p-Wert) berechnet. Weiters wurde mittels Intraklassenkoeffizient (ICC) die relative Reliabilität, die absolute Reliabilität anhand des Standardfehlers der Messung (SEM) und des 95%igen Konfidenzintervall der Differenz (95%CIofD) ermittelt. Der Standardfehler des Mittelwerts repräsentiert die Standardabweichung des Messfehlers und wird auf Grund folgender Formel berechnet: $SD \times \sqrt{1 - ICC}$, wobei SD den Mittelwert aus SDTest und SDRetest bildet. Unterschiede zwischen den Geschlechtern wurden mit dem unabhängigen Student's-Test berechnet. Außerdem wurde mittels abhängigen Student's-Test überprüft, ob es einen Unterschied zwischen den Messzeitpunkten der einzelnen Parameter gab. Die Validität wurde mit Hilfe des Produkt-Moment-Korrelation Koeffizienten (r) dargestellt.

6 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Datenanalyse und die Berechnungsergebnisse entsprechend den in Kapitel 4.5 formulierten Hypothesen dargestellt.

6.1 Gesamtpopulation

Die Gesamtstichprobe bestand aus 38 Teilnehmer/innen, wovon 18 Personen männlich und 20 Personen weiblich waren. Im Alter und BMI wurde kein Unterschied zwischen den Geschlechtern detektiert. Die Männer waren jedoch größer (+7,9%, $p < 0,001$), schwerer (+25,1%, $p < 0,001$) und wiesen ein signifikant niedrigeres Körperfett (-40,4%, $p < 0,001$) sowie eine höhere Muskelmasse auf (+56,4%, $p < 0,001$, Tab. 8).

Tab. 8: Charakterisierung der Studienteilnehmer/innen

	Gesamt	Männlich	Weiblich	<i>p-Wert</i>
Studienteilnehmer/innen [Anzahl (%)]	38 (100%)	18 (47%)	20 (53%)	
Alter [Jahre], n=38	26,0 ± 3,9	26,7 ± 3,5	25,3 ± 4,2	0,297
Größe [m], n=38	1,71 ± 0,09	1,78 ± 0,07	1,65 ± 0,06	< 0,001
Gewicht [kg], n=38	69,1 ± 13,8	77,3 ± 12,0	61,8 ± 11,1	< 0,001
BMI [kg/m ²], n=38	23,6 ± 3,5	24,6 ± 3,7	22,7 ± 3,2	0,093
Körperfett [%], n=38	20,6 ± 7,6	15,2 ± 5,5	25,5 ± 5,6	< 0,001
Muskelmasse [kg], n=38	30,6 ± 7,9	37,7 ± 4,9	24,1 ± 2,7	< 0,001

Werte stellen Mittelwerte ± Standardabweichung dar; BMI: Body Mass Index; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test)

6.2 Geschlechterunterschiede in der Ausdauerleistungsfähigkeit

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 9) zeigt, dass sich Frauen und Männer bei der Laufbandergometrie hinsichtlich der Geschwindigkeit bei 2 mmol/l Laktat, der maximalen Herzfrequenz sowie der Herzfrequenz bei 4 mmol/l Laktat und in der RPE-Skala nach Borg nicht unterschieden haben. Männer wiesen jedoch eine höhere maximale Geschwindigkeit (+23,1%, $p < 0,001$), eine höhere Geschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat (+15,6%, $p = 0,026$),

eine höhere maximale Laktatkonzentration (+20,0%, $p = 0,004$), aber eine niedrigere Herzfrequenz an der 2 mmol/l Laktatschwelle (-6,5%, $p = 0,047$) auf.

Obwohl die Männer eine signifikant weitere Strecke im 6MWT zurücklegten (+13,4%, $p=0,003$), gab es keine Unterschiede hinsichtlich der Herzfrequenz sowie der subjektiven Belastung. Ähnlich verhielt es sich beim 2MST, wo die Anzahl der Kniehübe bei den Männern deutlich höher war (+13,3%, $p=0,012$), jedoch kein Unterschied in der maximalen Herzfrequenz und der Belastung zu erkennen war (Tab. 9).

Tab. 9: Geschlechterunterschiede der untersuchten Parameter

	Gesamt (n=38)	Männlich (n=18)	Weiblich (n=20)	<i>p-Wert</i>
Laufband Ergometrie				
Geschwindigkeit _{max} [km/h]	13,4 ± 2,4	14,9 ± 2,4	12,1 ± 1,5	<0,001
Geschwindigkeit _{2mmol/l} [km/h]	7,8 ± 2,3	8,4 ± 2,7	7,3 ± 1,6	0,121
Geschwindigkeit _{4mmol/l} [km/h]	10,4 ± 2,1	11,1 ± 2,5	9,6 ± 1,5	0,026
Herzfrequenz _{max} [bpm]	190 ± 9	192 ± 11	189 ± 8	0,384
Herzfrequenz _{2mmol/l} [bpm]	148 ± 16	143 ± 16	153 ± 16	0,047
Herzfrequenz _{4mmol/l} [bpm]	171 ± 9	168 ± 10	173 ± 8	0,089
Laktat _{max} [mmol/l]	10,4 ± 2,1	11,4 ± 2,3	9,5 ± 1,5	0,004
Borg [6-20]	17 ± 1	17 ± 1	17 ± 1	0,523
6-Minuten-Gehtest				
Distanz [m]	1117 ± 151	1191 ± 160	1050 ± 109	0,003
Herzfrequenz [bpm]	182 ± 11	182 ± 13	183 ± 9	0,730
Borg [6-20]	17 ± 1	17 ± 1	17 ± 1	0,941
2-Minuten-Step-Test				
Kniehübe [WH]	152 ± 24	162 ± 24	143 ± 19	0,012
Herzfrequenz [bpm]	155 ± 23	151 ± 28	159 ± 17	0,280
Borg [6-20]	14 ± 2	14 ± 2	14 ± 2	0,793

Werte stellen Mittelwerte ± Standardabweichung dar; WH: Wiederholungen; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test)

6.3 Relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Gesamtpopulation

Für die Gesamtpopulation konnte eine exzellente relative Reliabilität für die maximalen Geschwindigkeit (ICC: 0,951) sowie für die Geschwindigkeiten bei einer Laktatkonzentration von 2 mmol/l (ICC: 0,862) und 4 mmol/l (ICC: 0,935) erreicht werden. Außerdem sind exzellente Reliabilitätswerte für die Herzfrequenz einer Laktatkonzentration von 2mmol/l (ICC 0,820) und 4mmol/l (0,781) zu finden. Des Weiteren gibt es eine gute Reliabilität in der maximalen Herzfrequenz (ICC 0,715) und eine mittlere Reliabilität bei der maximalen Laktatkonzentration (ICC 0,448) unter Bezugnahme der RPE-Skala nach Borg (ICC 0,432) zu verzeichnen. Bei 6MWT sind sowohl Distanz (ICC 0,881) als auch Herzfrequenz (ICC 0,825) exzellent relativ reliabel. Bezüglich der Borg-Skala ist ein geringer Intraklassenkorrelationskoeffizient (0,341) zu finden. Für die Parameter des 2MST gibt es exzellente relative Reliabilität bezüglich Kniehübe (ICC 0,900) und Herzfrequenz (ICC 0,803), sowie eine gute relative Reliabilität für die RPE-Skala nach Borg (0,673). Das 95%-Konfidenzintervall der Differenzen für die Geschwindigkeit an der 4mmol/l Laktatkonzentration (0,00-0,44) zeigt eine Diskrepanz zwischen der ersten Messung und der zweiten Messung. So hatten die Proband/innen eine um $0,22 \pm 0,63$ km/h höhere Geschwindigkeit an der 4mmol/l Laktatkonzentration als im Wiederholungstest. Dieser signifikante Unterschied ($p < 0,05$) zeigt sich auch mittels Student's t-Test. Überdies präsentiert das 95%ige Konfidenzintervall bei der maximale Herzfrequenz (-5,05 - -0,84) und der Herzfrequenz bei der Laktatkonzentration von 4mmol/l (-4,17 - -0,00) einen Unterschied zwischen Test und Retest. Auch mittels Student's t-Test wurde diese Abweichung bestätigt. So waren die Herzfrequenzen sowohl maximal um $-2,94 \pm 6,14$ Schläge als auch bei einer Laktatkonzentration von 4mmol/l um $-2,09 \pm 6,07$ Schläge geringer im Folgetest als zur Baseline. Die anderen Messgrößen der Ergometrie zeigen keinen signifikanten Unterschied in der absoluten Reliabilität. In der zurückgelegten Distanz des 6MWTs sowie der erreichten Herzfrequenz konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Test festgestellt werden. Ebenfalls keine Abweichung konnte der Student's t-Test nachweisen. Bei den Kniehüben konnte eine Abweichung vom Basistest zum Wiederholungstest (5,08-12,40) nachgewiesen werden. Der signifikante Unterschied lässt sich auch mittels Student's-Test ($p < 0,001$) präsentieren. So hatten die Studienteilnehmer/innen im zweiten Test um $8,26 \pm 10,66$ mehr Kniehübe. Eine weitere statistische Möglichkeit die absolute Reliabilität anzugeben ist der Standardfehler des Mittelwerts (SEM). Bei fast allen Parametern liegt der SEM unter 10%, was eine exzellente absolute Reliabilität bedeutet. Ausreißer sind hier die Geschwindigkeit bei 2mmol/l Laktatkonzentration mit 11,69% und die maximale Laktatkonzentration mit 16,02%.

Tab. 10: Relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Laufband Ergometrie für die Gesamtstichprobe

	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (% ^a)	ICC ^b (95%CI)	Reliabilität
Laufband Ergometrie							
Geschwindigkeit _{max} [km/h]	13,4 ± 2,4	13,2 ± 2,2	0,00 ± 0,68	-0,23 → 0,24	0,51 (3,83%)	0,951 (0,906-0,975)	Exzellent
Geschwindigkeit _{2mmol/l} [km/h]	7,8 ± 2,3	7,8 ± 2,0	0,24 ± 1,01	-0,11 → 0,59	0,91 (11,69%)	0,862 (0,744-0,928)	Exzellent
Geschwindigkeit _{4mmol/l} [km/h]	10,4 ± 2,1	10,3 ± 1,8*	0,22 ± 0,63	0,00 → 0,44	0,50 (4,80%)	0,935 (0,876-0,967)	Exzellent
Herzfrequenz _{max} [bpm]	190 ± 9	188 ± 8**	-2,94 ± 6,14	-5,05 → -0,84	4,54 (2,40%)	0,715 (0,504-0,845)	Gut
Herzfrequenz _{2mmol/l} [bpm]	148 ± 16	147 ± 15	-1,89 ± 8,80	-4,91 → 1,14	6,58 (4,46%)	0,820 (0,673-0,905)	Exzellent
Herzfrequenz _{4mmol/l} [bpm]	171 ± 9	169 ± 9*	-2,09 ± 6,07	-4,17 → -0,00	4,21 (2,48%)	0,781 (0,608-0,883)	Exzellent
Laktat _{max} [mmol/l]	10,4 ± 2,1	10,0 ± 2,3	-0,59 ± 2,30	-1,38 → 0,20	1,63 (16,02%)	0,448 (0,139-0,677)	Mittel
Borg [6-20]	17 ± 1	18 ± 1	0,31 ± 1,32	-0,14 → 0,77	0,81 (4,31%)	0,432 (0,120-0,666)	Mittel

*MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standarderror of the mean; CI: confidence interval; ^aSEM bezogen auf den MW aus Test und Retest-Wert in %; ^b(two-way mixed model, type consistency); Sternchen beziehen sich auf den Unterschied zwischen Test und Retest (abhängiger Student's t-test); * p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001; Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM<10% und Null in 95%-Kofidenzintervall der Differenzen)*

Tab. 11: Relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und 2MST für die Gesamtstichprobe

	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (%^a)	ICC^b (95%CI)	Reliabilität
6-Minuten-Gehtest							
Distanz [m]	1117 ± 151	1105 ± 146	-11,32 ± 72,51	-36,46 → 15,43	51,23 (4,61%)	0,881 (0,783-0,936)	Exzellent
Herzfrequenz [bpm]	182 ± 11	182 ± 11	0,18 ± 6,40	-1,93 → 2,61	4,60 (2,53%)	0,825 (0,688-0,905)	Exzellent
Borg [6-20]	17 ± 1	17 ± 1**	0,61 ± 1,26	0,15 → 1,05	0,81 (4,78%)	0,341 (0,028-0,593)	Gering
2-Minuten-Step-Test							
Kniehübe [WH]	152 ± 24	160 ± 24***	8,26 ± 10,66	5,08 → 12,40	7,59 (4,87%)	0,900 (0,816-0,947)	Exzellent
Herzfrequenz _{max} [bpm]	155 ± 23	157 ± 20	1,86 ± 13,49	-2,04 → 7,35	9,54 (6,12%)	0,803 (0,652-0,892)	Exzellent
Borg [6-20]	14 ± 2	14 ± 2	0,24 ± 1,57	-0,30 → 0,82	1,14 (8,17%)	0,673 (0,453-0,816)	Gut

*MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standarderror of the mean; CI: confidence interval; ^aSEM bezogen auf den MW aus Test und Retest-Wert in %; ^b(two-way mixed model, type consistency); Sternchen beziehen sich auf den Unterschied zwischen Test und Retest (abhängiger Student's t-test); * p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001; Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM<10% und Null in 95%-Kofidenzintervall der Differenzen)*

6.4 Relativ und absolute Test-Retest Reliabilität nach Geschlecht

Die nachfolgenden Tabellen (Tab. 12 bis Tab. 15) schlüsseln die relative und absolute Reliabilität der Geschlechter getrennt auf. Alle Geschwindigkeiten der Ergometrie weisen exzellente relative reliabel Werte (ICC 0,874-0,967) bei der männlichen Population auf. Herzfrequenzen bei 2 und 4 mmol/l Laktatkonzentration haben ebenfalls hohe ICC-Werte von 0,811-0,815 und sind damit exzellent reliabel. Mittlere relative Werte der Reliabilität werden von den Männern bei der maximalen Herzfrequenz (ICC 0,582), der maximalen Laktatkonzentration (ICC 0,582) und der RPE-Skala nach Borg (ICC 0,481) erzielt. Beim 6-Minuten-Gehttest erreichen die gelaufene Distanz und die Herzfrequenz exzellente Werte. Ihre Spanne reicht von 0,825 bis zu 0,844. Bezüglich der Borg-Skala erzielten die Männer eine geringe relative Reliabilität (ICC 0,347). Ähnliche Ergebnisse wie zuvor gibt es für den 2-Minute-Step-Tests, hier erreichte das männliche Geschlecht exzellente relative Reliabilitätswerte für Kniehübe (ICC 0,910) und Herzfrequenz (ICC 0,825), mittelmäßige Werte für die RPE-Skala von Borg (ICC 0,542). Jedoch zeigt das 95%-Konfidenzintervall der Differenzen (absolute Reliabilität) bei den Kniehübe einen Unterschied zwischen dem ersten Test und dem Wiederholungstest (0,32-12,18). Das bedeutet, dass die Männer im Retest mehr Kniehübe ($6,5 \pm 10,59$) erzielten. Außerdem bestätigt der Student's t-Test diesen signifikanten Unterschied mit einem Niveau $<0,05$.

Bei den Frauen sind die ICC-Werte für die Geschwindigkeiten minimal geringer als bei den Männern (ICC 0,850 bis 0,909). Im Unterschied zur männlichen Population erreichte die weibliche Population exzellente reliabel Werte in der maximalen Herzfrequenz (ICC 0,797). Im Unterschied zu den männlichen Probanden zeigen die ICC-Werte der Herzfrequenzen an der 2 und 4mmol/l Laktatkonzentration eine gute relative Reliabilität (ICC 0,698-0,718) jedoch keine exzellente. Wie auch bei den Männern, erreichen die Frauen bezüglich Distanz und Herzfrequenz des 6MWT eine exzellente relative Reliabilität (ICC 0,823-0,873), bei der Borg-Skala jedoch einen geringeren relativen Reliabilitätswert (ICC 0,333). Auch bei dem 2-Minute-Step-Test gibt es Parallelen zu den Männern, so erreichten die Frauen exzellente relative Reliabilitätswerte für Kniehübe (ICC 0,855). Bei der Herzfrequenz des 2-Minute-Step-Test zeigen Frauen einen guten ICC-Wert (ICC 0,749) und wiederum einen exzellenten Wert bei der Borg-Skala (ICC 0,767). Absolute Reliabilität, ausgedrückt durch das 95%-Konfidenzintervall der Differenzen, zeigt einen Unterschied der beiden Testdurchgänge von 5,99 bis 15,69. Es gibt einen signifikanten Unterschied ($p < 0,001$) zwischen den Kniehüben in Test und Retest bei den Frauen mittels Student's t-Test. Die Frauen fabrizierten im Wiederholungstest $9,85 \pm 10,75$ mehr Kniehübe.

Die 95%igen Konfidenzintervalle der Differenzen der Geschwindigkeiten bei der Ergometrie, der Herzfrequenzen bei 2 und 4 mmol/l Laktatkonzentration sowie der RPE-Skala nach Borg weisen bezüglich des männlichen Geschlechtes auf keine Unterschiede hin. Der Student's t-Test kommt zu denselben Schlüssen. Bei der maximalen Herzfrequenz zeigt das 95%ige Konfidenzintervall der Differenzen auf eine Abweichung zwischen der ersten und zweiten Testung hin (95%CI of D -7,73 bis -0,52). Der Student's t-Test zeigt mit einem Signifikanzniveau von $<0,05$ einen Unterschied an. Bei der maximalen Laktatkonzentration zeigt das 95%ige Konfidenzintervall einen Unterschied zwischen Test und Retest (-2,28 bis -0,09), dies konnte jedoch mittels Student's t-Test nicht untermauert werden. Ähnlich verhält es sich bei der Herzfrequenz des 2-Minute-Step-Tests, hier zeigt sich ebenfalls ein Unterschied im 95%igen Konfidenzintervall (-6,78 bis -11,28). Der Student's t-Test kann dies jedoch nicht bestätigen.

Bei den Frauen zeigen sich keine weiteren Unterschiede in den erhobenen Größen zwischen den zwei Testzeitpunkten. Mittels Student's t-Test konnte dies bestätigt werden.

Der Standardfehler des Mittelwerts (SEM) ist eine weitere Möglichkeit, die absolute Reliabilität auszudrücken. Aus der Reihe tanzen hier bei beiden Geschlechtern die maximalen Laktatkonzentrationen (14,69-16,68%). Alle anderen Werte liegen unterhalb von 10%, was eine exzellente absolute Reliabilität für alle anderen Parameter bedeutet.

Tab. 12: relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Ergometrie der männlichen Studienteilnehmer

Männer	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (%)	ICC (95%CI)	Reliabilität
Laufband Ergometrie							
Geschwindigkeit _{max} [km/h]	14,9 ± 2,4	14,3 ± 2,3	- 0,21 ± 0,59	-0,53 → 0,10	0,43 (2,92%)	0,967 (0,909-0,988)	Exzellent
Geschwindigkeit _{2mmol/l} [km/h]	8,4 ± 2,7	8,3 ± 2,0	0,43 ± 1,02	-0,11 → 0,98	0,83 (9,99%)	0,874 (0,678-0,954)	Exzellent
Geschwindigkeit _{4mmol/l} [km/h]	11,1 ± 2,5	10,9 ± 1,8	0,29 ± 0,62	-0,04 → 0,62	0,49 (4,50%)	0,947 (0,856-0,981)	Exzellent
Herzfrequenz _{max} [bpm]	191 ± 11	188 ± 7*	- 4,13 ± 6,77	-7,73 → -0,52	5,76 (3,04%)	0,591 (0,152-0,835)	Mittel
Herzfrequenz _{2mmol/l} [bpm]	143 ± 16	140 ± 14	-0,44 ± 8,49	-4,96 → 4,09	6,45 (3,04%)	0,815 (0,547-0,931)	Exzellent
Herzfrequenz _{4mmol/l} [bpm]	168 ± 10	165 ± 8	-2,50 ± 5,03	-5,18 → 0,18	3,91 (2,35%)	0,811 (0,540-0,930)	Exzellent
Laktat _{max} [mmol/l]	11,4 ± 2,3	10,6 ± 2,7	- 1,09 ± 2,22	-2,28 → -0,09	1,62 (14,69%)	0,582 (0,138-0,831)	Mittel
Borg [6-20]	17 ± 1	18 ± 1	0,31 ± 1,25	-0,35 → 0,98	0,72 (4,12%)	0,481 (-0,001-0,782)	Mittel

*MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standardfehler des Mittelwertes; CI: Konfidenzintervall; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test); *** p<0,001 (test vs retest); Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM<10% und Null in 95%-Konfidenzintervall der Differenzen)*

Tab. 13: relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und des 2MST der männlichen Studienteilnehmer

Männer	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (%)	ICC (95%CI)	Reliabilität
6-Minuten-Gehtest							
Distanz [m]	1191 ± 160	1171 ± 162	- 20,56 ± 89,84	-71,73 → 30,10	63,59 (5,38%)	0,844 (0,630-0,938)	Exzellent
Herzfrequenz [bpm]	182 ± 13	181 ± 12	0,17 ± 7,37	-3,99 → 4,37	5,23 (2,88%)	0,825 (0,591-0,931)	Exzellent
Borg [6-20]	17 ± 1	18 ± 1	0,72 ± 1,49	- 0,09 → 1,59	0,81 (4,62%)	0,347 (-0,129-0,693)	Gering
2-Minuten-Step-Test							
Kniehübe [WH]	162 ± 24	168 ± 26*	6,5 ± 10,59	0,32 → 12,18	7,50 (4,55%)	0,910 (0,777-0,966)	Exzellent
Herzfrequenz [bpm]	151 ± 28	152 ± 25	1,6 ± 16,07	- 6,78 → -11,28	11,46 (7,56%)	0,813 (0,568-0,926)	Exzellent
Borg [6-20]	14 ± 2	14 ± 2	0,44 ± 1,72	-0,47 → 1,47	1,35 (9,67%)	0,542 (0,115-0,800)	Mittel

*MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standardfehler des Mittelwertes; CI: Konfidenzintervall; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test); *** p<0,001 (test vs retest); Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM<10% und Null in 95%-Konfidenzintervall der Differenzen)*

Tab. 14: relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Ergometrie der weiblichen Studienteilnehmerinnen

Frauen	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (%)	ICC (95%CI)	Reliabilität
Laufband Ergometrie							
Geschwindigkeit _{max} [km/h]	12,1 ± 1,5	12,3 ± 1,5	0,18 ± 0,72	-0,16 → 0,53	0,50 (4,10%)	0,889 (0,889-0,889)	Exzellent
Geschwindigkeit _{2mmol/l} [km/h]	7,3 ± 1,6	7,4 ± 2,0	0,07 ± 1,0	-0,41 → 0,55	0,70 (9,48%)	0,850 (0,652-0,939)	Exzellent
Geschwindigkeit _{4mmol/l} [km/h]	9,6 ± 1,5	9,8 ± 1,6	0,16 ± 0,66	-0,15 → 0,48	0,47 (4,82%)	0,909 (0,781-0,964)	Exzellent
Herzfrequenz _{max} [bpm]	189 ± 8	187 ± 9	- 1,95 ± 5,53	-4,61 → 0,72	3,83 (2,04%)	0,797 (0,547-0,917)	Exzellent
Herzfrequenz _{2mmol/l} [bpm]	153 ± 16	153 ± 13	-3,11 ± 9,09	-7,49 → 1,28	7,70 (5,03%)	0,718 (0,402-0,881)	Gut
Herzfrequenz _{4mmol/l} [bpm]	173 ± 8	172 ± 10	-1,74 ± 6,94	-5,08 → 1,61	4,95 (2,87%)	0,698 (0,368-0,872)	Gut
Laktat _{max} [mmol/l]	9,5 ± 1,5	9,4 ± 1,9	-0,17 ± 2,35	-1,30 → 0,96	1,58 (16,68%)	0,140 (-0,432-0,455)	Gering
Borg [6-20]	17 ± 1	17 ± 1	0,32 ± 1,42	-0,37 → 1,00	0,79 (4,62%)	0,382 (-0,074-0,706)	Gering

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standardfehler des Mittelwertes; CI: Konfidenzintervall; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test); *** p<0,001 (test vs retest); Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM<10% und Null in 95%-Konfidenzintervall der Differenzen)

Tab. 15: relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und des 2MST der weiblichen Studienteilnehmerinnen

Frauen	Test (MW ± SD)	Retest (MW ± SD)	Differenz (MW ± SD)	95%CI of D	SEM (%)	ICC (95%CI)	Reliabilität
6-Minuten-Gehtest							
Distanz [m]	1050 ± 109	1047 ± 103	-3,00 ± 53,51	-28,22 → 24,53	37,78 (3,60%)	0,873 (0,707-0,948)	Exzellent
Herzfrequenz [bpm]	182 ± 9	183 ± 10	0,20 ± 5,58	- 2,22 → 3,17	4,00 (2,19%)	0,823 (0,607-0,926)	Exzellent
Borg [6-20]	17 ± 1	17 ± 1**	0,50 ± 1,05	-0,04 → 0,99	0,82 (4,81%)	0,333 (-0,116-0,670)	Gering
2-Minuten-Step-Test							
Kniehübe [WH]	143 ± 19	153 ± 20***	9,85 ± 10,75	5,99 → 15,69	7,43 (5,02%)	0,855 (0,669-0,940)	Exzellent
Herzfrequenz [bpm]	159 ± 17	161 ± 14	2,10 ± 11,11	-2,13 → 8,13	7,77 (4,85%)	0,749 (0,467-0,892)	Gut
Borg [6-20]	14 ± 2	14 ± 2	0,05 ± 1,43	-0,66 → 0,76	0,97 (6,90%)	0,767 (0,500-0,901)	Exzellent

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; WH: Wiederholungen; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; SEM: Standardfehler des Mittelwertes; CI: Konfidenzintervall; P-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer/innen (unabhängiger Student's t-test); *** $p < 0,001$ (test vs retest); Reliabilität: <0.40 gering, 0.40-0.60 mittel, 0,60-0.75 gut, >0.75 exzellent; exzellente Test-Retest Reliabilität (ICC ≥ 0.75, SEM < 10% und Null in 95%-Konfidenzintervall der Differenzen)

6.5 Bland-Altman-Plots

Ein Bland-Altman-Diagramm eignet sich gut, um die Messunterschiede visuell festzustellen. Die Mittelwerte von Test und Retest (x-Achse) werden gegen die Differenz zwischen den beiden Messungen (y-Achse) aufgetragen. Zusätzlich werden eine Nulllinie (gestrichelte Linie), sowie eine dicke schwarze Linie, welche den Mittelwert darstellt, eingezeichnet. Bei einer entsprechend symmetrischen Verteilung der Differenzen liegen 95 % der Werte zwischen Mittelwert plus/minus der doppelten Standardabweichung (blaue Linien). Diesen Bereich nennt man auch 95%-Konfidenzintervall. Den sogenannten „limits of agreement“ (Übereinstimmungsbereich) stellen die beiden roten Linien dar. Wie die nachfolgenden Plots zeigen, befinden sich nur wenige Datenpunkte außerhalb des Übereinstimmungsbereichs. Dies weist auf eine gute Test-Retest Reliabilität zwischen den Messparametern hin.

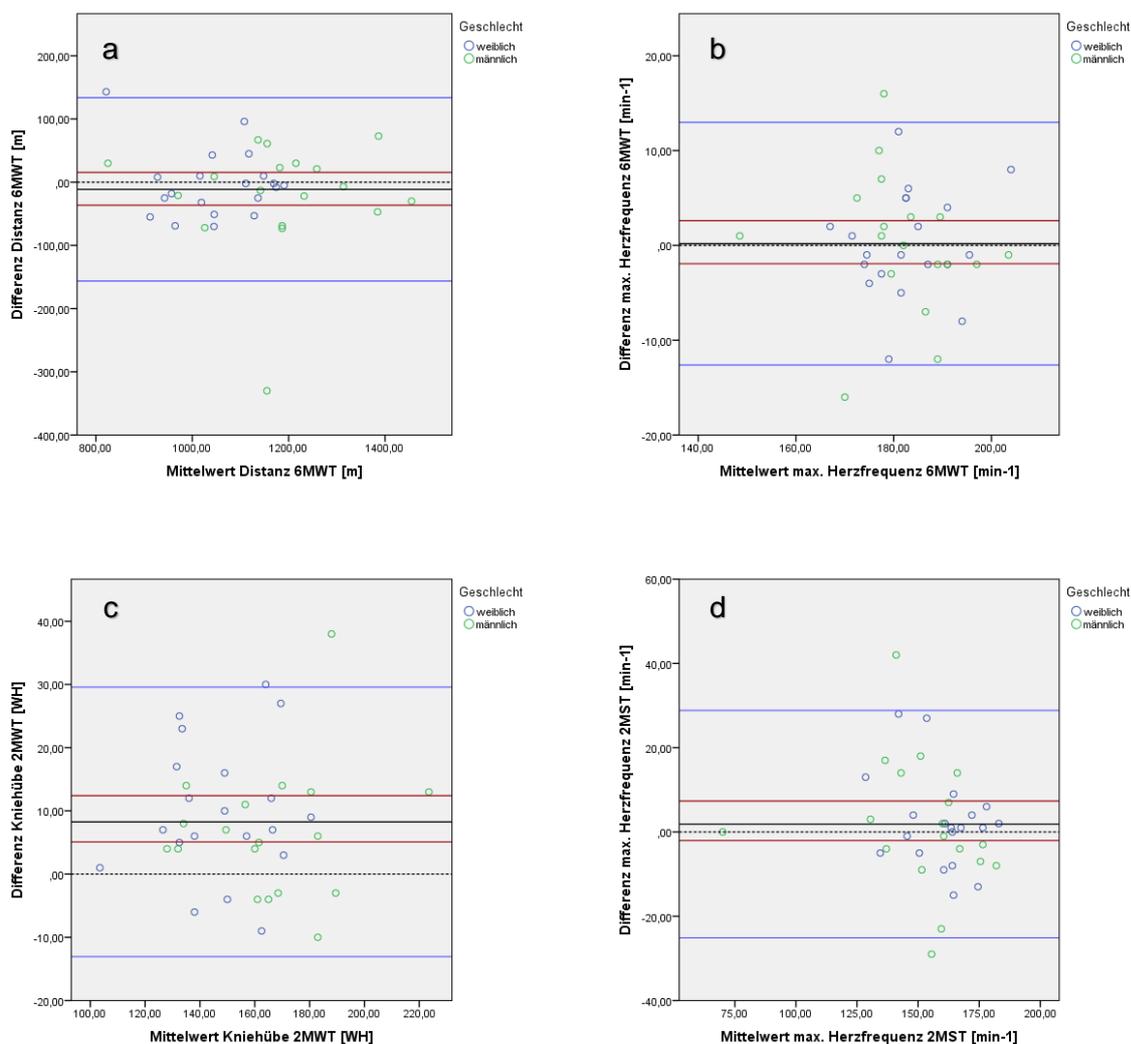


Abb. 8: Bland-Altman-Plots des 6MWTs (a), maximale Herzfrequenz des 6MWTs (b), 2MSTs (c), maximale Herzfrequenz des 2MSTs (d)

-----: doppelte Standardabweichung, - - - - -: 95%iges Konfidenzintervall, - - - - -: Mittelwert, - - - - -: Nulllinie

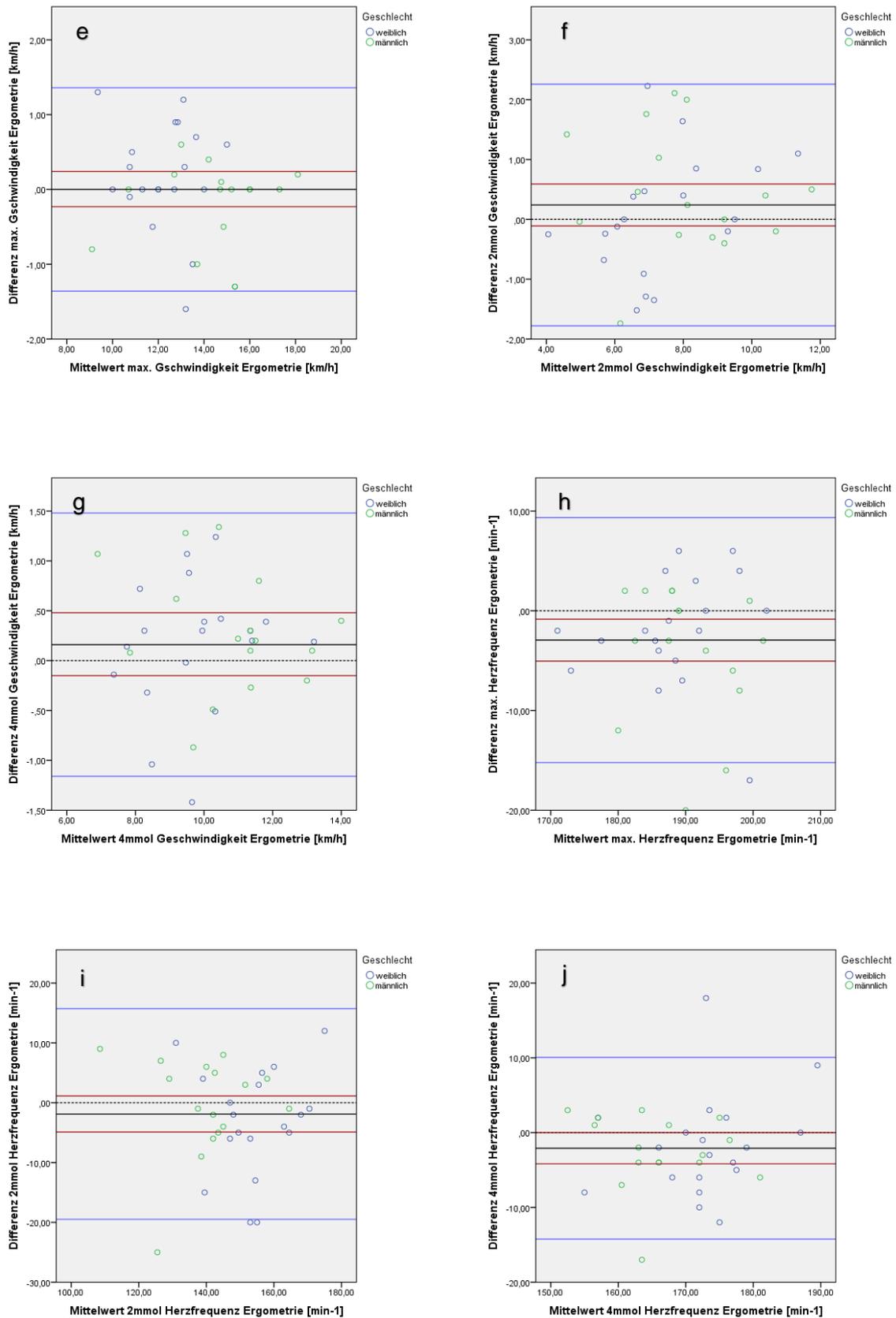


Abb. 9: Bland-Altman-Plots der Ergometrie, maximale Geschwindigkeit (e), Geschwindigkeit bei 2mmol/l (f), Geschwindigkeit bei 4mmol/l (g), maximale Herzfrequenz (h), Herzfrequenz bei 2mmol/l (i), Herzfrequenz bei 4mmol/l (j)

-----: doppelte Standardabweichung, -----: 95%iges Konfidenzintervall, -----: Mittelwert, - - - - : Nulllinie

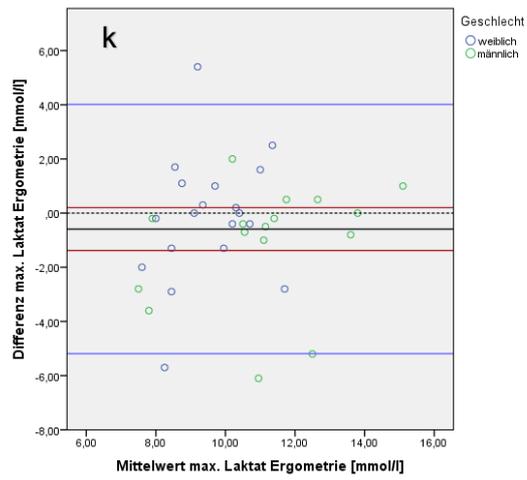


Abb. 10: Bland-Altman-Plot der Ergometrie, maximales Laktat (k)

-----: doppelte Standardabweichung, -----: 95%iges Konfidenzintervall, -----: Mittelwert, - - - - : Nulllinie

6.6 Validität

6.6.1 Validität der gesamten Population

Zur Überprüfung der Validität des 6MWT und des 2MST wurden aus den gesamten Daten Korrelationen der erhobenen Parameter des Gehstests sowie des Step-Tests mit dem denen des Stufentests auf dem Laufband berechnet (Tab. 16).

Die Berechnung des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der Distanz des 6MWT und der maximalen Geschwindigkeit der Ergometrie ergibt eine hoch signifikante Korrelation von $r = 0,877$ ($p < 0,01$). Hoch signifikant, jedoch schwächer sind jeweils die Zusammenhänge für die Geschwindigkeit mit meiner Laktatkonzentration von 2mmol/l und 4mmol/l mit $r = 0,704$ und $0,805$ ($p < 0,01$). Ein geringer Zusammenhang besteht zwischen der Gehstrecke und der maximalen Herzfrequenz ($r = 0,333$, $p < 0,05$). Die zurückgelegte Strecke des 6MWT korreliert nicht mit der Herzfrequenz bei einer Laktatkonzentration von 2mmol/l sowie bei 4mmol/l ($r = 0,268$ und $0,298$, nicht signifikant). Der Pearsons-Korrelationskoeffizient zwischen dem zurückgelegten Weg und der maximalen Laktatkonzentration liegt bei $0,371$. Kein Zusammenhang besteht zwischen das subjektive Belastungsempfinden und der Gehdistanz ($r = 0,256$, nicht signifikant). Die höchst gemessene Herzfrequenz des 6MWTs weist keine Wechselbeziehung mit den Geschwindigkeiten der Ergometrie auf. Dies gilt auch für die Herzfrequenz bei einer Laktatkonzentration von 2mmol/l und das subjektive Belastungsempfinden ($r = 0,016$ bis $0,195$, nicht signifikant). Eine starke Korrelation besteht zwischen den maximalen Herzfrequenzen ($r = 0,763$, $p < 0,001$). Bei dem Vergleich der Borg-Skala des 6MWT mit den Beanspruchungsparameter der Ergometrie, konnte nur für das subjektive Belastungsempfinden ein schwacher Zusammenhang ermittelt werden ($r = 0,358$, $p < 0,05$).

Bezüglich der Kniehübe des 2MSTs konnte mit allen maximalen Parametern der Ergometrie ein geringer Zusammenhang ($r = 0,334$ bis $0,490$) gefunden werden. Alle weiteren erhobenen Komponenten weisen keine Beziehung mit den Wiederholungen auf. Die maximale Herzfrequenz des 2-Minute Step Tests korreliert schwach mit der Geschwindigkeit bei 4mmol/l ($r = 0,340$), mit der maximalen Herzfrequenz ($r = 0,468$) sowie mit der Herzfrequenz bei 4mmol/l ($r = 0,401$). Ansonsten konnten keine weiteren Beziehungen zwischen für diesen Parameter entdeckt werden. Außerdem konnte kein Zusammenhang zwischen dem subjektiven Belastungsempfinden und aller Parameter des Laufbandstufentestes abgeleitet werden.

Tab. 16: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests

Validität (n=38)		6-Minuten-Gehtest			2-Minuten-Step-Test		
		Distanz [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]	Kniehübe [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]
Ergometrie							
maximale Geschwindigkeit [km/h]	Korrelation nach Pearson	,877^{***}	,052	-,114	,490^{**}	-,259	-,171
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,757	,496	,002	,117	,304
Geschwindigkeit bei 2mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,704^{***}	-,071	-,087	,214	-,279	-,211
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,673	,604	,197	,090	,203
Geschwindigkeit bei 4mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,805^{***}	-,065	-,102	,316	-,340[*]	-,234
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,700	,543	,054	,037	,157
maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,333[*]	,763^{**}	,064	,392[*]	,468^{**}	,170
	Signifikanz (2-seitig)	,041	,000	,703	,015	,003	,309
Herzfrequenz bei 2mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,268	,216	-,075	,041	,149	-,047
	Signifikanz (2-seitig)	,103	,193	,653	,806	,372	,778
Herzfrequenz bei 4mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,298	,536^{**}	,127	,255	,401[*]	,076
	Signifikanz (2-seitig)	,069	,001	,447	,122	,013	,652
maximale Laktatkonzentration [mmol/l]	Korrelation nach Pearson	,371[*]	,358[*]	-,083	,334[*]	,066	-,018
	Signifikanz (2-seitig)	,022	,027	,622	,041	,692	,917
subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala, 6-20]	Korrelation nach Pearson	,256	,195	-,352[*]	,053	-,216	,152
	Signifikanz (2-seitig)	,121	,240	,030	,753	,193	,363

p-Werte beziehen sich auf die zweiseitige Signifikanz der Korrelation, ***p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05

6.6.2 Validität nach Geschlecht getrennt

Dieses Kapitel befasst sich mit der Validität des 6-Minuten-Gehtests und des 2MSTs getrennt nach dem Geschlecht.

Vergleicht man die Männer (Tab. 17) mit den Frauen (Tab. 18) ist ersichtlich, dass bei beiden Geschlechtern die Gehstrecke des 6-Minuten-Gehtests mit den Geschwindigkeiten der Laufbandergometrie stark bis perfekt korrelieren ($r = 0,617$ bis $0,902$, $p < 0,01$). Außerdem weisen beide Geschlechter eine geringe bis mittlere Korrelation mit der Herzfrequenz bei einer Laktatkonzentration von 4mmol/l ($r = 0,494$ bis $0,517$). Bei den Frauen konnte auch eine Wechselbeziehung für die Herzfrequenz bei einer Laktatkonzentration von 2mmol/l ($r = 0,457$) und der Distanz entdeckt werden. Des Weiteren liegt ein Zusammenhang der zurückgelegten Strecke und des subjektiven Belastungsempfinden des männlichen Geschlechtes vor ($r = 0,530$, $p < 0,05$). Für beide Geschlechter konnte kein Zusammenhang zwischen maximaler Herzfrequenz, der maximalen Laktatkonzentration und der Distanz beobachtet werden. Die maximale Herzfrequenz des 6MWTs korreliert bei den Männern mit zwei Komponenten der Ergometrie. Einerseits mit der maximalen Herzfrequenz ($r = 0,762$) und andererseits der Herzfrequenz bei 4mmol/l ($r = 0,503$). Alle Herzfrequenzen des Stufentests bei den weiblichen Probanden haben einen Zusammenhang mit der Herzfrequenz des Gehtestes ($r = 0,460$ bis $0,815$). Darüber hinaus liegt bei den Frauen der Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen der Ergometrieherzfrequenz und der maximalen Laktatkonzentration bei $0,676$. Weder bei den Frauen noch bei den Männern gibt es einen Zusammenhang der RPE-Skala nach Borg und jeglicher Parameter der Laufbandergometrie.

Bei den Männern korrelieren die Wiederholungen des Step Tests mit der maximalen Herzfrequenz ($r = 0,646$) und der Herzfrequenz bei einer Laktatkonzentration bei 4mmol/l ($r = 0,574$). Überdies gibt es einen mittleren Zusammenhang zwischen den maximalen Herzfrequenzen der Ergometrie und des Step Tests. Außerdem stehen das subjektive Belastungsempfinden und die Geschwindigkeiten bei 2 und 4mmol/l in Wechselbeziehung zueinander ($r = 0,476$ und $0,514$). Alle weiteren Komponenten haben keinen Zusammenhang zueinander bei den männlichen Studienteilnehmer.

Bezüglich eines Zusammenhanges des 2MST und des Laufbandtests bei den Frauen konnte bis auf eine geringe Korrelation der maximalen Geschwindigkeit und der Kniehübe ($r = 0,463$, $p < 0,01$) nichts entdeckt werden. Für alle anderen Parameter wurden keine Ergebnisse erzielt.

Tab. 17: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die männlichen Probanden

Validität bei den Männern (n=18)		6-Minuten-Gehtest			2-Minuten-Step-Test		
		Distanz [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]	Kniehübe [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]
Ergometrie							
maximale Geschwindigkeit [km/h]	Korrelation nach Pearson	,813^{***}	-,012	-,101	,278	-,305	-,387
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,961	,690	,265	,219	,112
Geschwindigkeit bei 2mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,717^{**}	-,283	,003	,038	-,419	-,476[*]
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,254	,991	,882	,083	,046
Geschwindigkeit bei 4mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,758^{***}	-,207	-,039	,076	-,447	-,514[*]
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,411	,878	,765	,063	,029
maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,340	,762^{***}	0,264	,646^{**}	,578[*]	,274
	Signifikanz (2-seitig)	,167	,000	,290	,004	,012	,272
Herzfrequenz bei 2mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,559 [*]	,016	,049	,397	,080	-,066
	Signifikanz (2-seitig)	,016	,949	,848	,102	,753	,795
Herzfrequenz bei 4mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,517[*]	,503[*]	,278	,574[*]	,443	,125
	Signifikanz (2-seitig)	,028	,033	,264	,013	,065	,622
maximale Laktatkonzentration [mmol/l]	Korrelation nach Pearson	,128	,310	-,154	,340	,147	,100
	Signifikanz (2-seitig)	,612	,211	,541	,167	,560	,694
subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala, 6-20]	Korrelation nach Pearson	,530[*]	,140	-,268	,248	-,352	-,236
	Signifikanz (2-seitig)	,024	,579	,283	,321	,152	,346

p-Werte beziehen sich auf die zweiseitige Signifikanz der Korrelation, ***p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05

Tab. 18: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die weiblichen Proband/innen

Validität bei den Frauen (n=20)	6-Minuten-Gehtest			2-Minuten-Step-Test			
	Distanz [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]	Kniehübe [m]	maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala]	
Ergometrie							
maximale Geschwindigkeit [km/h]	Korrelation nach Pearson	,902^{***}	,348	-,245	,463[*]	,065	,009
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,133	,297	,040	,784	,969
Geschwindigkeit bei 2mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,617^{**}	,435	-,293	,296	,184	,056
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,055	,210	,205	,438	,814
Geschwindigkeit bei 4mmol/l [km/h]	Korrelation nach Pearson	,808^{***}	,300	-,269	,439	,061	,034
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,198	,251	,053	,800	,886
maximale Herzfrequenz [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,243	,815^{***}	-,252	-,033	,383	,110
	Signifikanz (2-seitig)	,302	,000	,284	,889	,096	,645
Herzfrequenz bei 2mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,457[*]	,460[*]	-,225	-,017	,129	-,066
	Signifikanz (2-seitig)	,043	,041	,340	,942	,587	,784
Herzfrequenz bei 4mmol/l [min ⁻¹]	Korrelation nach Pearson	,494[*]	,609^{**}	-,081	,200	,246	,021
	Signifikanz (2-seitig)	,027	,004	,734	,397	,295	,929
maximale Laktatkonzentration [mmol/l]	Korrelation nach Pearson	,339	,676^{**}	,002	-,080	,220	-,094
	Signifikanz (2-seitig)	,144	,001	,994	,736	,351	,692
subjektives Anstrengungsempfinden [RPE-Skala, 6-20]	Korrelation nach Pearson	-,128	,290	-,468 [*]	-,246	-,005	,411
	Signifikanz (2-seitig)	,591	,215	,037	,296	,984	,072

p-Werte beziehen sich auf die zweiseitige Signifikanz der Korrelation, ***p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05

In der folgenden Tabelle (Tab. 19) ist zu erkennen, dass die Parameter mittelmäßig ($r = 0,510$, $p = 0,001$) miteinander korrelieren.

Tab. 19: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die männlichen Probanden

		Kniehübe 2MST [m]
Distanz 6MWT [m]	Korrelation nach Pearson	,510**
	Signifikanz (2-seitig)	,001
	N	38

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

7 Diskussion

Die Absicht dieser Forschungsarbeit war die Test-Retest Reliabilität des 6MWTs und des 2MST sowie dessen Validität im Kollektiv von fitten, gesunden, normalgewichtigen Personen zwischen 20 und 35 Jahren zu untersuchen. Bei der Messwiederholung der Studienpopulation wurde besonders darauf geachtet, die Tests unter möglichst identen Bedingungen durchzuführen. Weiters wurden die Ergebnisse der Feldtests mit denen der Ergometrie verglichen. Da die Anzahl der bis jetzt veröffentlichten Studien für den 6MWT und 2MST in Hinblick der untersuchten Population sehr gering ausfällt, trägt diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Forschung bei.

Die bedeutendsten Resultate werden nun dargelegt und mit Untersuchungen aus aller Welt verglichen.

7.1 Gesamtpopulation

In die Studie wurden 20 weibliche und 18 männliche Personen im Alter von 20-35 Jahren eingeschlossen. Die Studienteilnehmer/innen wiesen durchschnittlich einen Body Mass Index von $23,6 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ auf, womit sie in die Kategorie Normalgewicht bzw. leichtes Übergewicht fallen. Männliche und weibliche Studienmitglieder unterschieden sich nicht wenn das Alter oder der Body Mass Index betrachtet wird, jedoch sehr wohl in Größe, Gewicht, Körperfett und Muskelmasse.

Anthropometrischen Faktoren wie Alter, Gewicht und Körpergröße haben einen Einfluss auf die Gehstrecke des Gehtests (Dourado, 2011). Eine größere Statur ist mit einem längeren Schritt verbunden und führt wahrscheinlich zu einer größeren zurückgelegten Distanz (Enright & Sherrill, 1998). Laut verschiedener Forschungsgruppen (Chetta et al., 2006; Gibbons et al., 2002) hat auch das Geschlecht einen Einfluss auf die Gehdistanz, da Männer im Durchschnitt größer als Frauen sind. Diese Tatsachen untermauern die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit. In dieser Arbeit erreichten männliche Probanden eine größere Distanz in 6 Minuten als die weiblichen Teilnehmerinnen. Eine wissenschaftliche Arbeit zeigt einen signifikanten Einfluss des Alters auf die Gehstrecke des 6MWTs (Iwama et al., 2009). Die geringe Strecke kann durch die Abnahme der Muskelmasse und der maximalen Sauerstoffaufnahme erklärt werden, der dem Alterungsprozess innewohnt (JEROME L Fleg & Lakatta, 1988). Auch dieser Umstand kann ausgeschlossen werden, da beide Geschlechter keinen signifikanten Unterschied im Alter aufweisen. Da Männer mehr Muskelmasse aufweisen als Frauen, haben diese höheren aeroben Kapazitäten und erreichen längere Distanzen im 6MWT (Li et al., 2005). Auch in unserer Studie hat die männliche Population

höhere Muskelmassen als die weiblichen, welches mit ein Grund für die signifikant höheren Werte bei der Gehdistanz sein könnte.

Die maximale Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l unterscheiden sich signifikant zwischen Männern und Frauen. An der 2mmol/l Laktatkonzentration im Blut ist kein Unterschied auszumachen.

Betrachtet man die Herzfrequenzen der Ergometrie, des 6MWT und des 2MST, so haben die weiblichen Teilnehmerinnen mit Ausnahme der maximalen Herzfrequenz am Ergometer höhere Frequenzen in allen Testungen.

In der vorliegenden Studie erreichten die Proband/innen im Mittel eine Laktatkonzentration im Blut von $10,4 \pm 2,1$ mmol/l. In einer Studie mit Kindern und Jugendlichen die an Mukoviszidose leiden wurden niedrigere Werte ($7,4 \pm 2,7$ mmol/l) ermittelt (Gulmans et al., 1996). Weiters finden sich bei Frauen signifikant geringere Laktatkonzentrationswerte als bei den Männern. Maximale Laktatwerte sind von besonderem Interesse bei Personen mit Atemproblemen, da oftmals die maximale Herzfrequenz nicht zur Beurteilung der Intensität verwendet werden kann.

Im subjektiven Belastungsempfinden (RPE-Skala) unterschieden sich die Geschlechter in keinem Testverfahren voneinander. Mit einem Wert von größer 16 auf der RPE-Skala, ist eine Ausbelastung gegeben (H Löllgen, 2004). Die Studienpopulation schätzte die Belastung in unserer Studie bei der Ergometrie wie auch beim 6MWT im Mittel mit 17 ± 1 der RPE-Skala nach Borg ein. Somit ist bei diesen Testverfahren eine Ausbelastung erfolgt. Anders verhält es sich beim 2MST. Die Belastung wurde auf 14 ± 2 eingeschätzt.

7.2 Test-Retest Reliabilität des 6MWT

Zeitbasierte Tests werden häufig zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit in unterschiedlichsten Populationen verwendet. Der 6MWT ist wohlmöglich das am häufigsten verwendete Testinstrument (Bohannon et al., 2014).

Besonders im Bereich des Alters unterscheidet sich diese empirische Studie von den anderen veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten. Dies könnte auf den Umstand zurückzuführen sein, dass der 6MWT und der 2MST für ältere Personen entwickelt worden ist (R. E. Rikli & C. J. Jones, 2013).

Die Vielzahl der Ausführvarianten des 6MWTs zeigt zwar in gewissen Grenzen korrelative Beziehungen, erschwert jedoch nach wie vor die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. So variieren die Ausführungen (Korridor oder Rechteck), die Korridorlängen von 15 bis 50 Meter und die Anzahl der Testdurchläufe von zwei bis vier (Iwama et al., 2009). Die Ausführung spielt eine

wichtige Rolle. Je kürzer die Korridore sind, desto mehr Wendungen muss die Studienpopulation durchführen. Dies verlangsamt wiederum die Gehgeschwindigkeit und reduziert somit die Gehweite (Borel, Fabre, Saison, Bart, & Grosbois, 2010). Begründet wird die Wahl der kürzeren Strecken mit dem Argument, dass ein Gang mit mehr als 30 Meter Länge nicht zur Verfügung stand bzw. nicht sehr oft vorhanden ist (Bohannon et al., 2014). Um die Ergebnisse des 6MWT in diversen Forschungsarbeiten besser gegenüberstellen zu können, brachte die American Thoracic Society (ATS) im Jahre 2002 Richtlinien für die Durchführung des 6MWT heraus (Laboratories, 2002). Dennoch werden diese Richtlinien von jüngere Publikationen nicht angenommen (Kempen et al., 2014; Vanhelst et al., 2013) und erschweren auch in Zukunft die Vergleichbarkeit der einzelnen Studien.

Es gibt unterschiedliche Ansichten bezüglich der Durchführung eines Übungsversuches vor der ersten Messung. Ein paar Forscher/innen vertreten die Meinung es sei wichtig einen Übungsversuch durchzuführen bevor die erste Messung des 6MWT startet um einen Lerneffekt auszuschließen (Cahalin et al., 1996; Chetta et al., 2006; Montgomery & Gardner, 1998). Ein paar Wissenschaftler/innen sehen dies anders und sehen einen Probedurchgang als nicht notwendig an (Enright & Sherrill, 1998; Jones & Rikli, 2002). In dieser Untersuchung entschieden wir uns gegen eine Durchführung eines Probeversuchs vor der ersten Messung.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Gehdistanz bei wiederholter Testadministration tendenziell zunimmt. Mögliche Gründe für einen Lerneffekt können die Überwindung der Angst vor der Testung, die Verbesserung der Koordination sowie das Finden der optimalen Schrittlänge sein (Laboratories, 2002). Bei einer Forschungsarbeit mit 12 gesunden älteren Personen mit durchschnittlich $64,7 \pm 1,4$ Jahren wurden fünf Messwiederholungen des 6MWT durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der Gehdistanz in den Testwiederholungen, wobei sich Messung 1 und 2 signifikant von den anderen unterscheiden (Kervio et al., 2004). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine weitere wissenschaftliche Untersuchung mit vier Wiederholungen bei Erwachsenen mit zerebraler Lähmung (Andersson et al., 2006). Keine Unterschiede bei den Gehdistanzen zwischen den Messzeitpunkten konnten wir in unserer empirischen Erhebung feststellen.

Im Rahmen einer anderen Studie wurde unter anderem auch dieselbe Altersspanne untersucht. Dabei erreichten diese nur ca. die Hälfte der Distanz (543 ± 102 Metern) als im Vergleich zu dieser Erhebung (Bohannon et al., 2014). Dies ist wohl auf das nicht erlaubte Laufen zurückzuführen.

Hohe Reliabilitätswerte konnten ebenfalls in einer Studie mit übergewichtigen Kindern und Jugendlichen gefunden werden (Vanhelst et al., 2013). Für Patienten mit kardialen Erkrankungen, Herzinsuffizienz gilt dies auch (Berghmans et al., 2013; Cahalin et al., 1996).

Des Weiteren schätzen die Proband/innen einer anderen wissenschaftlichen Studie den 6MWT weit geringer auf der RPE-Skala nach Borg ein als in unserer Studie. Eine mögliche Begründung für die kürzere zurückgelegte Strecke sowie die geringere subjektive Einschätzung der Belastung könnte das nicht erlaubte Laufen sein (Bohannon et al., 2014).

7.3 Validität des 6MWT

Vorangegangene Studien zeigen, dass Walking Tests gute Indikatoren zur Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit sind. Der 6MWT zeigt hohe Korrelation bei älteren Personen mit dem modifizierten Balke-Protokoll auf dem Laufband (Rikli & Jones, 1998). Eine weitere Studien hat vergleichbare Resultate in einer anderen Altersgruppen gefunden (Miotto et al., 1999).

7.4 Test-Retest Reliabilität des 2MST

Die Validität unterschiedlichster Step Tests ist in viele Studien gut dokumentiert. Ebenso wie bei den Gehtests gibt es bei den Step Tests eine breite Streuung bezüglich der Ausführungen. Stufenhöhe, Zeitdauer oder Takt sind je nach Test völlig unterschiedlich.

Unsere Studienpopulation ist im Vergleich zu bis dato veröffentlichten Studien um ein vielfaches jünger.

Bei gleichen subjektiven Belastungsempfinden des 2MST erreichten die Männer mehr Kniehübe als die Frauen. Das subjektive Belastungsempfinden ist für ältere Personen ziemlich ähnlich, dem des 6MWT (Rikli & Jones, 1999). In dieser Arbeit ist dies nicht der Fall. Roberta E Rikli and C Jessie Jones (2013) berichten über RPE-Werte von 13,9 während des 2MST und 13,6 während des 6MWT. Ein Bereich der als etwas anstrengend bis anstrengend definiert ist (Borg, 1998). In der vorliegenden Arbeit wurde der 6MWT (RPE 17 ± 1) als anstrengender empfunden als der 2MST (RPE 14 ± 2). Wahrscheinlich ist die höhere Anstrengung mit dem erlaubten Laufen beim 6MWT zu erklären.

In dieser Studie gaben unterschiedliche Testleiter/innen die Anweisung für den 2MST. Dieser Umstand und einen möglichen Lerneffekte im Hinterkopf könnten die Antwort auf die Verbesserte Leistung im Retest des 2MSTs sein (Chetta et al., 2006). In einer Studie mit Menschen nach einer koronaren Revaskularisierung zeichnete sich auch bei zwei unterschiedlichen Rater ein Lerneffekt ab. Im Mittel wurden 7,48 (9,80) bis 7,74 (10,4) Wiederholungen (Kniehübe) mehr geschafft als im Vergleich zur ersten Messung (Chow et al., 2017). Eine mögliche Quelle der Unterschiede können die unterschiedlichen Befindlichkeit

sowie die Motivation der Teilnehmer/innen sein. In der Tat wurde gezeigt, dass das Befinden einen Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit haben kann (King & Cotes, 1989).

Die Prüfung der Reliabilität des 2MST wurde erstmals in einem Kollektiv zwischen 20 und 35 Jahren mittels ICC durchgeführt. Für die Gesamtpopulation liegt der ICC bei 0,900. Bei einer Studie mit 82 älteren Menschen aus dem Seniorenheim hat der 2MST ebenfalls einen ICC von 0,900 (Rikli & Jones, 1999). Betrachtet man die Intraklassenkorrelationskoeffizienten für die Geschlechter getrennt, so weisen die weiblichen Senioren höhere Werte (ICC = 0,890) als in unserer Stichprobe auf (ICC = 0,855), wohingegen die Männer (ICC = 0,910) höhere Korrelationskoeffizienten haben.

7.5 Validität des 2MST

Die Kriteriumsvalidität des 2MST wird mit anderen Messungen der Ausdauerleistungsfähigkeit verglichen. Der 2MST korreliert moderat mit dem Rockport 1-Mile-Gehtest bei älteren Menschen (Dugas, 1996; Rikli & Jones, 1999). In einer anderen Studie mit älteren Menschen wurde eine ähnliche Korrelation mit einem Laufbandtest gefunden (Rikli & Jones, 1999).

Die maximale Geschwindigkeit bei der Ergometrie hat sich von Messzeitpunkt 1 auf 2 nicht verändert, jedoch ist die Herzfrequenz bei Ergometrie zum Messpunkt 2 geringer als beim Messpunkt 1. Dies lässt auf einen Trainingseffekt schließen.

Bei Frauen sind die Herzfrequenzen bei einer Laktatkonzentration von 2 und 4 mmol/l höher als bei den Männern bei gleich empfundener Anstrengung. Frauen weisen bei den maximalen Herzfrequenzen leicht niedrigere Werte auf, jedoch gab es keinen signifikanten Unterschied im Geschlecht. Zu ähnlichen Ergebnis kommt eine Studie, wo männliche und weibliche Marathonläufer im Alter von 20 bis 30 Jahren auf Geschlechterunterschiede bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit untersucht wurden (Helgerud, Ingjer, & Stromme, 1990).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen mit anderen Studien (Jones & Rikli, 2002; Pedrosa & Holanda, 2009) überein, die eine Korrelation zwischen verschiedenen funktionellen Test für die Ausdauerleistungsfähigkeit gefunden haben. Wir fanden einen mittleren Zusammenhang zwischen dem 6MWT und 2MST, was zeigt, dass beide Tests ähnliche Ergebnisse für die Ausdauerleistungsfähigkeit zeigen. Eine größere Distanz beim 6MWT bedeutet mehr Kniehübe beim 2MST (Pedrosa & Holanda, 2009). Diese Aussage konnte in dieser Arbeit bestätigt werden.

7.6 Stärken und Schwächen der Studie

Die Stärke dieser Studie liegt bei der Tatsache, dass es nur wenig bis kaum Forschungsarbeiten zum Thema Test-Retest-Studien des 6MWT und des 2MST mit jungen Erwachsenen zu finden sind.

Besonders hervorheben möchte ich die Tatsache, dass es die erste Reliabilitätsstudie des 2MST ist, die mit jungen Erwachsenen durchgeführt wurde.

Eine Limitation dieser Studie ist die geringe Anzahl der Studienpopulation im Vergleich zu anderen Reliabilitäts- und Validitätsstudien.

Eine weitere Schwäche der Studie stellt der Umstand dar, dass die Testungen in der Eingangs- und der Wiederholungsmessung nicht von dem selben Rater beaufsichtigt wurden. Durch genau festgelegte Testanleitungen und Schulungen sollte der Unterschied möglichst gering gehalten werden. Dennoch kann nicht zur Gänze ausgeschlossen werden, dass es zu Unterschieden in der Anleitung und Durchführung von Test und Retest gekommen ist.

8 Schlussfolgerung

Obwohl der 6MWT gut etabliert und empfehlenswert (Laboratories, 2002) ist, steht ein unversperrter Korridor mit einer Länge von mind. 30 Meter oftmals nicht zur Verfügung. Deshalb haben wir in dieser Forschungsarbeit auch den 2MST verwendet, denn dessen Testanforderungen sind einfacher umzusetzen. Leider konnte der 2MST bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit in einer jungen Population nicht ganz überzeugen. Jones und Rikli (2002) sehen in beiden Tests eine praktische Methode, die Ausdauer funktionell zu messen. Vielen älteren Menschen ist es jedoch nicht möglich, den 2MST bis zum Ende durchzuführen. Daher ist der 6MWT dem 2MST vorzuziehen (Bohannon et al., 2014). Die Ergebnisse einer anderen vorliegenden Studie zeigen, dass der 6MWT durch den 2MST in der allgemeinen älteren Bevölkerung ersetzt werden kann (Pedrosa & Holanda, 2009).

Unsere Studie füllt mit einer alternativen Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit von jungen Personen mittels 6MWT und 2MST eine Lücke in der bisherigen Literatur. Reliabilität und Validität beider Tests wurden in der Forschungsarbeit demonstriert.

Bei der Ausführung des 6MWTs sollte zukünftig darauf geachtet werden, dass die methodischen Aspekte der American Thoracic Society (ATS) Guidelines eingehalten werden. In der Vergangenheit wurden diese bei vielen Studien nicht eingehalten, was die Vergleichbarkeit mit aktuellen und zukünftigen Studien erheblich erschwert.

Da diese Arbeit die erster ihrer Art ist, die den 2MST mit jungen Erwachsenen (20 bis 35 Jahren) durchführte, sollten weitere Forschungsarbeiten mit dieser Altersgruppe folgen. Ebenso können zukünftige Forschungsarbeiten mit einer größeren Population, die sämtliche Altersgruppen abdeckt, den 2MST systematisch auf die Aussage hin überprüfen, ob die Ergebnisse zur Ausdauerleistungsfähigkeit über alle Altersschichten valide und reliable sind. Ein weiterer spannender Aspekt wäre die genaue Erforschung der Interrater und Intrarater Reliabilität des 2MSTs um dadurch Verzerrungen der Ergebnisse determinieren zu können.

Weiters wäre die Validität des 6MWT dahingehend zu überprüfen, wenn den Teilnehmer/innen erlaubt wird, den Test im Laufen zu absolvieren.

Zukünftige Untersuchungen sind notwendig, um unsere Erkenntnisse zu bestätigen und die neuen Fragestellungen, welche aus dieser Studie herausgekommen sind, zu beantworten.

9 Literaturverzeichnis

- Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Cohen, R., Raz, N., Sweet, L. H., Josephson, R., . . . Gunstad, J. (2014). Reduced cerebral perfusion predicts greater depressive symptoms and cognitive dysfunction at a 1-year follow-up in patients with heart failure. *Int J Geriatr Psychiatry, 29*(4), 428-436. doi:10.1002/gps.4023
- Andersson, C., Asztalos, L., & Mattsson, E. (2006). Six-minute walk test in adults with cerebral palsy. A study of reliability. *Clin Rehabil, 20*(6), 488-495. doi:10.1191/0269215506cr964oa
- Aoike, D. T., Baria, F., Rocha, M. L., Kamimura, M. A., Mello, M. T., Tufik, S., . . . Cuppari, L. (2012). Impact of training at ventilatory threshold on cardiopulmonary and functional capacity in overweight patients with chronic kidney disease. *J Bras Nefrol, 34*(2), 139-147.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev, 22*, 435-476.
- Astrand, P. O., Bergh, U., & Kilbom, A. (1997). A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol (1985), 82*(6), 1844-1852.
- Badrasawi, M., Shahar, S., Zahara, A. M., Nor Fadilah, R., & Singh, D. K. (2016). Efficacy of L-carnitine supplementation on frailty status and its biomarkers, nutritional status, and physical and cognitive function among prefrail older adults: a double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial. *Clin Interv Aging, 11*, 1675-1686. doi:10.2147/CIA.S113287
- Berghmans, D. D., Lenssen, A. F., Bastiaenen, C. H., Ilhan, M., Lencer, N. H., & Roox, G. M. (2013). Reliability, agreement, and responsiveness of a 6-minute walk/run test in patients with heart disease. *Eur J Prev Cardiol, 20*(1), 135-141.
- Bergmann, G., Bergmann, M., de Castro, A., Lorenzi, T., Pinheiro, E., Moreira, R., . . . Gaya, A. (2014). Use of the 6-minute walk/run test to predict peak oxygen uptake in adolescents. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, 19*(1), 64.
- Bohannon, R. W., Bubela, D., Magasi, S., McCreath, H., Wang, Y. C., Reuben, D., . . . Gershon, R. (2014). Comparison of walking performance over the first 2 minutes and the full 6 minutes of the Six-Minute Walk Test. *BMC Res Notes, 7*, 269. doi:10.1186/1756-0500-7-269
- Borel, B., Fabre, C., Saison, S., Bart, F., & Grosbois, J. M. (2010). An original field evaluation test for chronic obstructive pulmonary disease population: the six-minute stepper test. *Clin Rehabil, 24*(1), 82-93. doi:10.1177/0269215509343848
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*: Human kinetics.
- Bräuer, E. K. (2015). Leistungsdiagnostik und Ausdauertraining im Kindes- und Jugendalter – Ableitungen für den Schulsport. *R&E-SOURCE*(4).
- Butland, R. J., Pang, J., Gross, E. R., Woodcock, A. A., & Geddes, D. M. (1982). Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed), 284*(6329), 1607-1608.
- Cahalin, L. P., Mathier, M. A., Semigran, M. J., Dec, G. W., & DiSalvo, T. G. (1996). The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest, 110*(2), 325-332.
- Cancela, J. M., Ayan, C., Gutierrez-Santiago, A., Prieto, I., & Varela, S. (2012). The Senior Fitness Test as a functional measure in Parkinson's disease: a pilot study. *Parkinsonism Relat Disord, 18*(2), 170-173.

- Castro-Pinero, J., Artero, E. G., Espana-Romero, V., Ortega, F. B., Sjostrom, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med*, *44*(13), 934-943.
- Chetta, A., Zanini, A., Pisi, G., Aiello, M., Tzani, P., Neri, M., & Olivieri, D. (2006). Reference values for the 6-min walk test in healthy subjects 20-50 years old. *Respir Med*, *100*(9), 1573-1578. doi:10.1016/j.rmed.2006.01.001
- Chow, J., Tony, S., Chow, Y., Rand, S., Fitzgerald, C., & Tan, D. (2017). *The 2 minute step test: a reliable and valid alternative to the 6 minute walk test in measuring aerobic capacity of older adults post coronary revascularisation*. Paper presented at the European Journal of Preventive Cardiology.
- Chuang, M. L., Lin, I. F., & Wasserman, K. (2001). The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO₂ in COPD patients. *Respir Med*, *95*(7), 618-626. doi:10.1053/rmed.2001.1115
- Demers, C., McKelvie, R. S., Negassa, A., Yusuf, S., & Investigators, R. P. S. (2001). Reliability, validity, and responsiveness of the six-minute walk test in patients with heart failure. *Am Heart J*, *142*(4), 698-703. doi:10.1067/mhj.2001.118468
- Dourado, V. Z. (2011). [Reference Equations for the 6-Minute Walk Test in Healthy Individuals.]. *Arq Bras Cardiol*.
- du Bois, R. M., Weycker, D., Albera, C., Bradford, W. Z., Costabel, U., Kartashov, A., . . . King, T. E., Jr. (2011). Six-minute-walk test in idiopathic pulmonary fibrosis: test validation and minimal clinically important difference. *Am J Respir Crit Care Med*, *183*(9), 1231-1237. doi:10.1164/rccm.201007-1179OC
- Dugas, E. (1996). The development and validation of a 2-minute step test to estimate aerobic endurance in older adults. *Unpublished master's thesis, California State University, Fullerton*.
- Elmahgoub, S. S., Van de Velde, A., Peersman, W., Cambier, D., & Calders, P. (2012). Reproducibility, validity and predictors of six-minute walk test in overweight and obese adolescents with intellectual disability. *Disabil Rehabil*, *34*(10), 846-851. doi:10.3109/09638288.2011.623757
- Eng, J. J., Dawson, A. S., & Chu, K. S. (2004). Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption¹. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *85*(1), 113-118.
- Enright, P. L., & Sherrill, D. L. (1998). Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *American journal of respiratory and critical care medicine*, *158*(5), 1384-1387.
- Faude, O., Nowacki, P., & Urhausen, A. (2004). Vergleich ausgewählter (unblutiger) Testverfahren zur Bestimmung der kardiopulmonalen Ausdauer bei Schulkindern. *Deutsche Zeitschrift für sportmeDiZiN*, *55*(9), 232-236.
- Fitzgerald, M. D., Tanaka, H., Tran, Z. V., & Seals, D. R. (1997). Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *J Appl Physiol (1985)*, *83*(1), 160-165.
- Fleg, J. L., & Lakatta, E. G. (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max. *Journal of applied physiology*, *65*(3), 1147-1151.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G., & Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, *112*(5), 674-682.
- Fletcher, G. F., Balady, G. J., Amsterdam, E. A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., . . . Rodney, R. (2001). Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*, *104*(14), 1694-1740.

- Gibbons, R. J., Balady, G. J., Bricker, J. T., Chaitman, B. R., Fletcher, G. F., Froelicher, V. F., . . . O'reilly, M. G. (2002). ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Journal of the American College of Cardiology*, 40(8), 1531-1540.
- Goldman, M. D., Marrie, R. A., & Cohen, J. A. (2008). Evaluation of the six-minute walk in multiple sclerosis subjects and healthy controls. *Mult Scler*, 14(3), 383-390. doi:10.1177/1352458507082607
- Gomes, E., Bastos, T., Probst, M., Ribeiro, J. C., Silva, G., & Corredeira, R. (2016). Reliability and validity of 6MWT for outpatients with schizophrenia: A preliminary study. *Psychiatry Res*, 237, 37-42.
- Grindrod, D., Paton, C. D., Knez, W. L., & O'Brien, B. J. (2006). Six minute walk distance is greater when performed in a group than alone. *Br J Sports Med*, 40(10), 876-877. doi:10.1136/bjism.2006.027904
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2008). *Das neue Konditionstraining: sportwissenschaftliche Grundlagen, Leistungssteuerung und Trainingsmethoden, Übungen und Trainingsprogramme*: BLV.
- Gruet, M., Brisswalter, J., Mely, L., & Vallier, J. M. (2010). Use of the peak heart rate reached during six-minute walk test to predict individualized training intensity in patients with cystic fibrosis: validity and reliability. *Arch Phys Med Rehabil*, 91(4), 602-607. doi:10.1016/j.apmr.2009.12.008
- Guerra-Balic, M., Oviedo, G. R., Javierre, C., Fortuno, J., Barnet-Lopez, S., Nino, O., . . . Fernhall, B. (2015). Reliability and validity of the 6-min walk test in adults and seniors with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil*, 47, 144-153. doi:10.1016/j.ridd.2015.09.011
- Gulmans, V. A., van Veldhoven, N. H., de Meer, K., & Helders, P. J. (1996). The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity. *Pediatr Pulmonol*, 22(2), 85-89. doi:10.1002/(SICI)1099-0496(199608)22:2<85::AID-PPUL1>3.0.CO;2-I
- Hanson, L. C., McBurney, H., & Taylor, N. F. (2012). The retest reliability of the six-minute walk test in patients referred to a cardiac rehabilitation programme. *Physiother Res Int*, 17(1), 55-61. doi:10.1002/pri.513
- Harada, N. D., Chiu, V., & Stewart, A. L. (1999). Mobility-related function in older adults: assessment with a 6-minute walk test. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(7), 837-841.
- Hebestreit, H., Staschen, B., & Hebestreit, A. (2000). Ventilatory threshold: a useful method to determine aerobic fitness in children? *Med Sci Sports Exerc*, 32(11), 1964-1969.
- Heck, H. (1990). *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Schorndorf: Hofmann.
- Hedge, J. W., & Borman, W. C. (2012). *The Oxford Handbook of Work and Aging*: OUP USA.
- Helgerud, J., Ingjer, F., & Stromme, S. B. (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 61(5-6), 433-439.
- Hollmann, W. (2006). *Spiroergometrie: kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken ; mit 15 Tabellen*: Schattauer.
- Hollmann, W., & Strüder, H. K. (2009). *Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin ; mit 91 Tabellen*: Schattauer.
- Holmerova, I., Machacova, K., Vankova, H., Veleta, P., Juraskova, B., Hrnčiarikova, D., . . . Anđel, R. (2010). Effect of the Exercise Dance for Seniors (EXDASE) program on lower-body functioning among institutionalized older adults. *J Aging Health*, 22(1), 106-119. doi:10.1177/0898264309351738

- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15.
- Iwama, A. M., Andrade, G. N. d., Shima, P., Tanni, S. E., Godoy, I. d., & Dourado, V. Z. (2009). The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42(11), 1080-1085.
- Johnson, T. J., M, E. S., Fogg, L., & Wilbur, J. (2016). The Cost of Increasing Physical Activity and Maintaining Weight for Midlife Sedentary African American Women. *Value Health*, 19(1), 20-27. doi:10.1016/j.jval.2015.10.009
- Jones, C. J., & Rikli, R. E. (2002). Measuring functional. *The Journal on active aging*, 1, 24-30.
- Kempen, J. C., Harlaar, J., van der Kooi, A. J., de Groot, I. J., van den Bergen, J. C., Niks, E. H., . . . Brehm, M. A. (2014). Reliability of the walking energy cost test and the six-minute walk test in boys with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord*, 24(3), 216-221. doi:10.1016/j.nmd.2013.11.015
- Kennedy, D. M., Stratford, P. W., Wessel, J., Gollish, J. D., & Penney, D. (2005). Assessing stability and change of four performance measures: a longitudinal study evaluating outcome following total hip and knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*, 6, 3. doi:10.1186/1471-2474-6-3
- Kervio, G., Carre, F., & Ville, N. S. (2003). Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc*, 35(1), 169-174. doi:10.1249/01.MSS.0000043545.02712.A7
- Kervio, G., Ville, N. S., Leclercq, C., Daubert, J. C., & Carre, F. (2004). Intensity and daily reliability of the six-minute walk test in moderate chronic heart failure patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(9), 1513-1518.
- Kierkegaard, M., & Tollback, A. (2007). Reliability and feasibility of the six minute walk test in subjects with myotonic dystrophy. *Neuromuscul Disord*, 17(11-12), 943-949. doi:10.1016/j.nmd.2007.08.003
- Kindermann, B., Doring, F., Pfaffl, M., & Daniel, H. (2004). Identification of genes responsive to intracellular zinc depletion in the human colon adenocarcinoma cell line HT-29. *Journal of Nutrition*, 134(1), 57-62.
- King, B., & Cotes, J. (1989). Relation of lung function and exercise capacity to mood and attitudes to health. *Thorax*, 44(5), 402-409.
- Laboratories, A. T. S. C. o. P. S. f. C. P. F. (2002). ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*, 166(1), 111-117. doi:10.1164/ajrccm.166.1.at1102
- Lakatta, E. G. (2002). Age-associated cardiovascular changes in health: impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Fail Rev*, 7(1), 29-49.
- Last, J., & Weisser, B. (2015). Der einfluss von moderater sportlicher Aktivität und Alter auf Kraft, Ausdauer und gleichgewicht im erwachsenenalter. *Deutsche Zeitschrift für sportmeDiZiN*, 66(1).
- Lee, A. L., Cecins, N., Holland, A. E., Hill, C. J., McDonald, C. F., Burge, A. T., . . . Jenkins, S. (2015). Field Walking Tests Are Reliable and Responsive to Exercise Training in People With Non-Cystic Fibrosis Bronchiectasis. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 35(6), 439-445.
- Lelieveld, O. T., Takken, T., van der Net, J., & van Weert, E. (2005). Validity of the 6-minute walking test in juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum*, 53(2), 304-307. doi:10.1002/art.21086
- Li, A. M., Yin, J., Yu, C. C., Tsang, T., So, H. K., Wong, E., . . . Sung, R. (2005). The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J*, 25(6), 1057-1060.

- Lin, S. J., & Bose, N. H. (2008). Six-minute walk test in persons with transtibial amputation. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(12), 2354-2359. doi:10.1016/j.apmr.2008.05.021
- Löllgen, H. (2004). Das Anstrengungsempfinden (RPE, Borg-Skala). *Deutsche Zeitschrift für sportmeDiZiN*, 55(11).
- Löllgen, H., Boldt, F., Berbalk, A., Halle, M., Hoffmann, G., Schmidt-Trucksäß, A., . . . Zurstegge, M. (2002). Leitlinien zur Belastungsuntersuchung in der Sportmedizin. *DGSP-Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention*, 1-9.
- Löllgen, H., Erdmann, E., & Gitt, A. K. (2009). *Ergometrie: Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Maher, C. A., Williams, M. T., & Olds, T. S. (2008). The six-minute walk test for children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res*, 31(2), 185-188. doi:10.1097/MRR.0b013e32830150f9
- Meyer, F. J., Borst, M. M., Buschmann, H. C., Ewert, R., Friedmann-Bette, B., Ochmann, U., . . . Worth, H. (2013). [Exercise testing in respiratory medicine]. *Pneumologie*, 67(1), 16-34. doi:10.1055/s-0032-1325901
- Milanovic, Z., Pantelic, S., Trajkovic, N., Sporis, G., Kostic, R., & James, N. (2013). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging*, 8, 549-556. doi:10.2147/CIA.S44112
- Miotto, J. M., Chodzko-Zajko, W. J., Reich, J. L., & Supler, M. M. (1999). Reliability and validity of the Fullerton Functional Fitness Test: an independent replication study. *Journal of aging and physical activity*, 7(4), 339-353.
- Montgomery, P. S., & Gardner, A. W. (1998). The clinical utility of a six-minute walk test in peripheral arterial occlusive disease patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(6), 706-711.
- Nsenga Leunkeu, A., Shephard, R. J., & Ahmaidi, S. (2012). Six-minute walk test in children with cerebral palsy gross motor function classification system levels I and II: reproducibility, validity, and training effects. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(12), 2333-2339. doi:10.1016/j.apmr.2012.06.005
- Pankoff, B. A., Overend, T. J., Lucy, S. D., & White, K. P. (2000). Reliability of the six-minute walk test in people with fibromyalgia. *Arthritis Care Res*, 13(5), 291-295.
- Pedrosa, R., & Holanda, G. (2009). Correlation between the walk, 2-minute step and TUG tests among hypertensive older women. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 13(3), 252-256.
- Penry, J. T., Wilcox, A. R., & Yun, J. (2011). Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. *J Strength Cond Res*, 25(3), 597-605.
- Raithel, J. (2008). *Quantitative Forschung: Ein Praxiskurs*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Reid, L., Thomson, P., Besemann, M., & Dudek, N. (2015). Going places: Does the two-minute walk test predict the six-minute walk test in lower extremity amputees? *J Rehabil Med*, 47(3), 256-261. doi:10.2340/16501977-1916
- Reuter, S. E., Massy-Westropp, N., & Evans, A. M. (2011). Reliability and validity of indices of hand-grip strength and endurance. *Aust Occup Ther J*, 58(2), 82-87. doi:10.1111/j.1440-1630.2010.00888.x
- Ries, J. D., Echternach, J. L., Nof, L., & Gagnon Blodgett, M. (2009). Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "up & go" test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther*, 89(6), 569-579. doi:10.2522/ptj.20080258

- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1998). The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older adults. *Journal of aging and physical activity*, 6(4), 363-375.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of aging and physical activity*, 7(2), 129-161.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267. doi:10.1093/geront/gns071
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual: Human kinetics*.
- Róžańska-Kirschke, A., Kocur, P., Wilk, M., & Dylewicz, P. (2006). The Fullerton Fitness Test as an index of fitness in the elderly. *Medical Rehabilitation*, 10(2), 9-16.
- Rusch, H., & Irrgang, W. (2001). Handreichung für den Münchner Fitnessstest. *Materialmappe zur Gemeinschaftsaktion „Fit sein macht Schule“*. WDV-Verlag, Frankfurt.
- Scharhag-Rosenberger, F., & Meyer, T. (2013). Ausdauertrainingseffekte: Ergometrische Erfassung und Zusammenhänge mit präventiver Trainingswirkung. *Deutsche Zeitschrift für sportmeDiZiN*, 64(2).
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). *Physical Dimensions of Aging: Human Kinetics*.
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. J., & Paterson, D. H. (2004). Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *J Appl Physiol* (1985), 97(2), 781-789.
- Steffen, T., & Seney, M. (2008). Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-item short-form health survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with parkinsonism. *Phys Ther*, 88(6), 733-746. doi:10.2522/ptj.20070214
- Sykes, K., & Roberts, A. (2004). The Chester step test—a simple yet effective tool for the prediction of aerobic capacity. *Physiotherapy*, 90(4), 183-188. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physio.2004.03.008>
- Tanaka, H., & Seals, D. R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J Physiol*, 586(1), 55-63. doi:10.1113/jphysiol.2007.141879
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian journal of sport sciences*.
- Unver, B., Kahraman, T., Kalkan, S., Yuksel, E., & Karatosun, V. (2013). Reliability of the six-minute walk test after total hip arthroplasty. *Hip Int*, 23(6), 541-545. doi:10.5301/hipint.5000073
- Valerio, G., Gallarato, V., D'Amico, O., Sticco, M., Tortorelli, P., Zito, E., . . . Franzese, A. (2014). Perceived difficulty with physical tasks, lifestyle, and physical performance in obese children. *Biomed Res Int*, 2014, 735764.
- Vanhelst, J., Fardy, P. S., Salleron, J., & Beghin, L. (2013). The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disabil Rehabil*, 35(6), 479-482. doi:10.3109/09638288.2012.699581
- Vaz, S., Falkmer, T., Passmore, A. E., Parsons, R., & Andreou, P. (2013). The case for using the repeatability coefficient when calculating test-retest reliability. *PLoS One*, 8(9), e73990.
- Vill, K., Ille, L., Schroeder, S. A., Blaschek, A., & Muller-Felber, W. (2015). Six-minute walk test versus two-minute walk test in children with Duchenne muscular dystrophy: Is more time more information? *Eur J Paediatr Neurol*, 19(6), 640-646.

- Von Haaren, B., Härtel, S., Seidel, I., Schlenker, L., & Bös, K. (2011). Die validität des 6-minuten-laufs und 20m shuttle runs bei 9-bis 11-jährigen kindern. *Deutsche Zeitschrift für sportmeDiZiN*, 62(11), 351.
- Wang, M. Y., Greendale, G. A., Yu, S. S., & Salem, G. J. (2016). Physical-Performance Outcomes and Biomechanical Correlates from the 32-Week Yoga Empowers Seniors Study. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2016, 6921689. doi:10.1155/2016/6921689
- Wegrzynowska-Teodorczyk, K., Mozdzanowska, D., Josiak, K., Siennicka, A., Nowakowska, K., Banasiak, W., . . . Wozniewski, M. (2016). Could the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure? *Eur J Prev Cardiol*.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*: Spitta-Verlag.
- Weiss, E. P., Spina, R. J., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (2006). Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *J Appl Physiol* (1985), 101(3), 938-944.
- Wonisch, M., Berent, R., Klicpera, M., Laimer, H., Marko, C., Pokan, R., . . . Schwann, H. (2008). Praxisleitlinien Ergometrie. *Journal für Kardiologie-Austrian Journal of Cardiology*, 15(A-Praxisleitlinien Ergometrie), 3-17.
- Wonisch, M., Hofmann, P., Förster, H., Hörtnagl, H., Ledl-Kurkowski, E., & Pokan, R. (2016). *Kompendium der Sportmedizin: Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie*: Springer Vienna.
- Yan, T., Wilber, K. H., Aguirre, R., & Trejo, L. (2009). Do Sedentary Older Adults Benefit From Community-Based Exercise? Results From the Active Start Program. *The Gerontologist*, 49(6), 847-855. doi:10.1093/geront/gnp113

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einfluss des Alterungsprozesses auf die Ausdauerleistungsfähigkeit (Tanaka & Seals, 2008).....	16
Abb. 2: Vergleichende Darstellung verschiedener Belastungsprogramme (Löllgen 2010 S. 28)	21
Abb. 3: Haupt- und Nebengütekriterien (Raithel 2008, S 45)	23
Abb. 4: grafische Darstellung des Ablaufs der Studie	46
Abb. 5: Grafische Darstellung der durchgeführten Tests. Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die Testungen auf die in den einzelnen Masterarbeiten eingegangen wurde.	47
Abb. 6: Darstellung des 6-Minuten-Gehtests	49
Abb. 7: 2-Minuten-Step-Test.....	50
Abb. 8: Bland-Altman-Plots des 6MWTs (a), maximale Herzfrequenz des 6MWTs (b), 2MSTs (c), maximale Herzfrequenz des 2MSTs (d)	63
Abb. 9: Bland-Altman-Plots der Ergometrie, maximale Geschwindigkeit (e), Geschwindigkeit bei 2mmol/l (f), Geschwindigkeit bei 4mmol/l (g), maximale Herzfrequenz (h), Herzfrequenz bei 2mmol/l (i), Herzfrequenz bei 4mmol/l (j)	64
Abb. 10: Bland-Altman-Plot der Ergometrie, maximales Laktat (k).....	65

11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vor- und Nachteile einer Laufband- bzw. Fahrradergometrie.....	19
Tab. 2: Eingangsbelastung für eine Laufbandergometrie in Abhängigkeit von der Ausdauerleistungsfähigkeit.....	20
Tab. 3 Reliabilität und Validität des 6MWT von Kindern und Jugendlichen.....	26
Tab. 4: Reliabilität und Validität des 6MWT von Erwachsenen	30
Tab. 5: Reliabilität und Validität des 6MWT von älteren Personen.....	34
Tab. 6: Reliabilität und Validität des 2MST	41
Tab. 7: standardisierte Phrasen des 6-Minuten-Gehtests	49
Tab. 8: Charakterisierung der Studienteilnehmer/innen	52
Tab. 9: Geschlechterunterschiede der untersuchten Parameter	53
Tab. 10: Relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Laufband Ergometrie für die Gesamtstichprobe	55
Tab. 11: Relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und 2MST für die Gesamtstichprobe	56
Tab. 12: relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Ergometrie der männlichen Studienteilnehmer	59
Tab. 13: relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und des 2MST der männlichen Studienteilnehmer	60
Tab. 14: relative und absolute Test-Retest Reliabilität der Ergometrie der weiblichen Studienteilnehmerinnen.....	61
Tab. 15: relative und absolute Test-Retest Reliabilität des 6MWT und des 2MST der weiblichen Studienteilnehmerinnen.....	62
Tab. 16: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests	67
Tab. 17: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die männlichen Probanden.....	69
Tab. 18: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die weiblichen Proband/innen.....	70
Tab. 19: Korrelationen zwischen der Ergometrie und den funktionellen Tests für die männlichen Probanden.....	71

Anhang

Zur Gewährleistung der gleichen Anleitung und Durchführung der Testungen durch unterschiedliche Testleiter/innen wurden folgende Testbeschreibungen und Protokolle erstellt:

Laufbandstufentest-Protokoll



Ergometer

Datum:	
Uhrzeit:	
Name:	
Vorname:	
Probandennr.:	
TestleiterIn:	

		km/h	HF	Laktat	sonstiges
	RUHE	0			
Stopp bei Minute					
	03:00	6			
	06:15	8			
	09:30	10			
	12:45	12			
	16:00	14			
	19:15	16			
	22:30	18			
	25:45	20			

Hfmax	
Hf 60%	
Hf 90-95%	

O2-Sättigung vor:	
O2-Sättigung nach:	

Borg-Skala:	
-------------	--

Borg-Skala

6

7

extrem leicht

8

9

sehr leicht

10

11

leicht

12

13

etwas anstrengend

14

15

anstrengend

16

17

sehr anstrengend

18

19

extrem anstrengend

20



6-Minuten-Gehtest-Testbeschreibung

Beschreibung

Der 6-Minuten-Gehtest (6MWT) wird durchgeführt, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen. Gemessen wird die Gehstrecke in Meter innerhalb von 6 Minuten. Die Testperson soll in 6 Minuten eine möglichst große Distanz zurücklegen, den ProbandenInnen steht es dabei frei zu gehen bzw. zu laufen (Berghmans et al, 2013). Der Test basiert auf einer 30 Meter langen flachen Strecke auf hartem Untergrund (vorzugsweise Halle), wobei die Strecke alle 3 Meter markiert wird. Die Umkehrpunkte werden mit einem gelben Hütchen markiert. Start und Umkehrlinie müssen ebenfalls farblich markiert werden. Die Zuhilfenahme einer notwendigen Gehhilfe ist erlaubt. Die Testperson darf die Geschwindigkeit reduzieren oder eine Pause einlegen, wenn die gewählte Geschwindigkeit zu hoch ist. Die Testperson absolviert den Test alleine, da so kein Konkurrenzgedanke mit anderen Personen entstehen kann (Grindrod et al., 2006). Die Testperson wird über die verstrichene Zeit nach 1, 2, 3, 4 und 5 Minuten informiert. Ein fixiertes Maßband parallel zur Gehstrecke gibt Auskunft über die endgültig zurückgelegten Meter. Es gibt kein Aufwärmen bzw. keinen Probedurchgang vor dem Test. (Steffen et al., 2002; American Thoracic Society, 2002).

Vorbereitung

- Stoppuhr
- Maßband – Strecke ausmessen und markieren
- 2 Markierungshütchen
- Sessel (bei Bedarf)
- Markierungslinien
- Protokolle + Stift + Clipboard

Fehlerquellen

- falsches Schuhwerk
- unebener Untergrund

Anweisung

Diese Strecke sollten Sie 6-min lang so oft gehen wie Sie können. Dazu starten Sie von der Startlinie, wo Sie auch immer wieder zurückkommen werden. Das Tempo können Sie frei wählen, Sie dürfen auch pausieren oder sich hinsetzen. Wenn ich Stopp rufe bleiben Sie stehen wo Sie sich gerade befinden und warten dort bis ich die Strecke ausgemessen habe. Ich zeige es Ihnen einmal vor!

Bewertung

Die absolvierte Distanz in 6 Minuten. Notiert wird auch Wann (Zeit) die Testperson pausiert und auf welcher Distanz (z.B. nach 200 Meter).

Dauer: 15min

6-Minuten-Gehtest-Protokoll

Datum/Uhrzeit: _____

TestleiterIn: _____



6-Minute-Walking Test

/ = 30m X = 60m

Nr. 1 Name: _____

HF vor		sO2 vor		Hf nach		sO2 nach		Borg Skala			Distanz			Pause bei: Zeit (min) und Distanz				Anmerkungen						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Nr. 2 Name: _____

HF vor		sO2 vor		Hf nach		sO2 nach		Borg Skala			Distanz			Pause bei: Zeit (min) und Distanz				Anmerkungen						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Nr. 3 Name: _____

HF vor		sO2 vor		Hf nach		sO2 nach		Borg Skala			Distanz			Pause bei: Zeit (min) und Distanz				Anmerkungen						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

2-Minuten-Step-Test-Testbeschreibung

Beschreibung

Der 2-Minuten-Step-Test misst die Anzahl der Kniehübe, welche die Testperson am Stand in 2 Minuten fertigbringen kann. Auf das Signal „Los“, beginnen die TeilnehmerInnen so oft sie können ihre Knie zu heben, ohne dabei zu laufen (kein Skipping!). Gezählt werden ausschließlich die rechten Kniehübe der erforderlichen Höhe. Der Mittelpunkt zwischen Kniescheibe und Beckenkamm wird als Höhe des Kniehubes definiert. Wird die Kniehubhöhe nicht mehr erreicht, werden die TeilnehmerInnen darauf hingewiesen das Tempo zu verlangsamen bzw. eine kleine Pause zu machen und es dann nochmal zu versuchen (die Zeit läuft dabei weiter). Nach dem Test können die TeilnehmerInnen noch ein Cool Down durchführen, welches leichtes Gehen am Stand für eine Minute beinhaltet. Weist einer der TeilnehmerInnen eine Störung des Gleichgewichts auf, ist es möglich sich an der Wand bzw. an der Lehne eines Stuhles während des Tests festzuhalten. Dieses soll am Protokoll einen Vermerk finden (Jones & Rikli 2002).

Vorbereitung

- 1 Hürde
- Band
- Counter App
- Stoppuhr
- Maßband
- evtl. Stuhl
- Protokolle + Stift + Clipboard

Fehlerquellen

- Knie erreicht nicht die bestimmte Höhe
- Kein Skipping!

Anweisung

Auf das Signal „Los“ heben Sie die Knie so oft wie möglich und berühren Sie dabei das Band innerhalb von 2 Minuten.

Bewertung

Die Anzahl der rechten Kniehübe wird in 2 Minuten gemessen.

Dauer

5min

2-Minuten-Step-Test-Protokoll

Datum/Uhrzeit: _____

TestleiterIN: _____



2-Minute Step Test

Nr.	Name	WH [n]	HF vor	sO2 vor	HF nach	sO2 nach	Borg	Anmerkungen
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								