

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik

Tübingen

Abteilung V Sportmedizin

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Nieß

Trainingseffekte eines moderaten Ausdauertrainings bei
älteren depressiven Patienten auf spiroergometrische und
isokinetische Variablen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Erik Steffen

aus

Dresden

2014

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth
1. Berichterstatter: Professor Dr. A. Nieß
2. Berichterstatter: Professor Dr. A. Fallgatter

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	S.10
1.1 Einführung	S.10
1.2 Ziele der SALOME-Studie	S.12
1.3 Ziele dieser Dissertation	S.13
2. Grundlagen	S.14
2.1 Verlauf der Leistungsfähigkeit im Alter	S.14
2.2 Trainierbarkeit der Leistungsfähigkeit im Alter	S.15
2.2.1 Effekte eines Ausdauertrainings	S.15
2.3 Verlauf der Kraft im Alter	S.17
2.4 Trainierbarkeit der Kraft im Alter	S.18
2.4.1 Effekte von Ausdauertraining auf Kraft	S.19
2.5 Depression und Auswirkungen von körperlichem Training	S.21
2.5.1 Depression und Ausdauertraining	S.21
2.5.2 Depression und Kraftertraining	S.23
2.6 Definition Depression	S.26
2.6.1 Bipolare affektive Störungen	S.27
2.6.2 Rezidivierende depressive Störung	S.27
2.6.3 Hamilton Rating Scale und Beck Depression Inventory	S.27
2.7 Matsuda Index	S.28
2.8 Depression, Insulinsensitivität und körperliche Aktivität	S.29
2.8.1 körperliche Aktivität und Insulinsensitivität	S.29
2.8.2 Depression und Insulinsensitivität	S.31
2.9 Spiroergometrie	S.32
2.10 Isokinetische Kraftmessung	S.32

3. Patienten, Material und Methode	S.34
3.1 Studienprotokoll und Studienablauf	S.34
3.1.1 Überblick	S.34
3.1.2 Rekrutierung der Probanden	S.34
3.1.3 Untersuchungen	S.35
3.1.4 Studienteilnahme, Einschlusskriterien	S.35
3.1.5 Ausschlusskriterien, Abbruchkriterien	S.36
3.2 Trainingsgruppe	S.37
3.3 Kontrollgruppe	S.37
3.4 Dropouts	S.38
3.5 Anthropometrische Daten	S.38
3.6 Komorbiditäten	S.39
3.7 Spiroergometrie, gemessene Variablen	S.40
3.7.1 Maximale Sauerstoffaufnahme	S.41
3.7.2 Leistung	S.42
3.7.2.1 Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle	S.42
3.8 Mittels der Isokinetik gemessene Variablen	S.43
3.8.1 Maximalkraft	S.44
3.8.2 Kraftausdauer	S.45
3.8.3 Niedrig intensive schnelle Kraft	S.46
3.9 Versuchsprotokoll und Versuchsablauf	S.46
3.9.1 Leistungsdiagnostik auf dem Laufband	S.46
3.9.1.1 Laufbandergometer	S.47
3.9.1.2 Laufbandprotokoll	S.47
3.9.1.3 Ausbelastungskriterien	S.49
3.9.1.4 Breath by Breath Analyse	S.49
3.9.1.5 Untersuchungsablauf- Test und Retest	S.49
3.9.2 Isokinetische Kraftmessung mittels Dynamometer	S.50
3.9.2.1 Aufbau des Testprotokolls	S.51

3.9.2.2	Geräteeinstellung	S.51
3.9.2.3	Testablauf	S.52
3.9.2.4	Testprotokoll	S.53
3.9.2.5	Auswertungsparameter	S.54
3.9.3	<i>Statistische Auswertung und Datenverarbeitung</i>	S.54
4.	Ergebnisse	S.57
4.1	Spiroergometrisches Kollektiv	S.57
4.1.1	<i>Trainingsdaten</i>	S.58
4.1.2	<i>Deskriptive Variablen</i>	S.61
4.1.3	<i>Entwicklung des Hamilton Depressionsscores</i>	S.64
4.1.4	<i>Leistungsvariablen</i>	S.66
4.1.4.1	Relative maximale Sauerstoffaufnahme	S.66
4.1.4.2	Relative maximale Leistung	S.68
4.1.4.3	Relative Leistung an der individuell anaeroben Schwelle	S.69
4.2	Isokinetisches Kollektiv	S.71
4.2.1	<i>Deskriptive Variablen</i>	S.71
4.2.2	<i>Leistungsvariablen</i>	S.74
4.2.2.1	Konzentrische Maximalkraft	S.75
4.2.2.2	Lokale Kraftausdauer	S.80
4.2.2.3	Niedrig intensive schnelle Kraft	S.81
4.3	Korrelation von Gesamtleistungsfähigkeit- und Kraftvariablen	S.83
4.4	Korrelation von Matsuda Index und Variablen der Leistungsfähigkeit	S.84
5.	Diskussion	S.87
5.1	Ergebnisse	S.87
5.1.1	<i>Trainingsevaluation</i>	S.87

5.1.2 <i>Einordnung der Ergebnisse</i>	S.87
5.1.3 <i>Problem der Vergleichbarkeit</i>	S.93
5.2 Grenzen der Studie	S.93
5.2.1 <i>Probandenauswahl und Rekrutierung</i>	S.93
5.2.2 <i>Dropouts</i>	S.93
5.2.3 <i>Probandencharakterisierung</i>	S.94
5.2.4 <i>Kontrolle der körperlichen Aktivitäten</i>	S.94
5.2.5 <i>Isokinetische Kraftmessung</i>	S.95
5.2.6 <i>Spiroergometrische Messungen</i>	S.995
5.2.7 <i>Verblindung</i>	S.96
5.3 Schlussfolgerung	S.96
5.4 Ausblick	S.97
6. Zusammenfassung	S.99
7. Anhang	S.101
7.1 Absolute maximale Sauerstoffaufnahme	S.101
7.2 Weitere Korrelationen von Matsuda Index und Ausdauerparametern	S.103
7.3 Weitere Korrelationen von Ausdauer- und Kraftparametern	S.104
8. Literaturliste	S.107
9. Abbildungsverzeichnis	S.118
10. Tabellenverzeichnis	S.123
11. Danksagung	S.128
12. Lebenslauf	S.129

Abkürzungsverzeichnis

AMV	Atemminutenvolumen
AT	Anaerobic Threshold
B	Bewegungsgruppe
B0	Bewegungsgruppe zum Zeitpunkt Test Monat 0
B6	Bewegungsgruppe zum Zeitpunkt Retest Monat 6
B12	Bewegungsgruppe zum Zeitpunkt Retest Monat 12
BDI	Beck Depression Inventory
BMI	Body Mass Index
BORG-Skala	Skala zur Einstufung des Anstrengungsempfindens
CO ₂	Kohlendioxid
DM	Diabetes mellitus
EKG	Elektrokardiogramm
FPG	fastening plasma glucose
FPI	fastening plasma insulin
g	Erdbeschleunigung
GLUT-4	glucose transporter type 4
Ham-D	Hamilton Depressionsscore
HF	Herzfrequenz
HOMA	homeostasis model assessment
IAS	individuelle anaerobe Schwelle
ICD-10	International classification of diseases, 10.Revision
KHK	Koronare Herzkrankheit
LWS	Lendenwirbelsäule
max	maximal
MVC	maximal voluntary contraction, willentlich maximal ausführbare Kontraktion
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
O ₂	Sauerstoff

OGGT	oraler Glukosetoleranztest
PWR	peak work rate, Leistung an der die maximale Sauerstoffaufnahme für 20 Sekunden durchschnittlich am höchsten war
1-RM	repetition maximum, Gewicht, das ein Muskel während einer kompletten Kontraktion einmalig bewältigen kann
S	Sauerstoffgruppe
S0	Sauerstoffgruppe zum Zeitpunkt Test Monat 0
S6	Sauerstoffgruppe zum Zeitpunkt Retest Monat 6
S12	Sauerstoffgruppe zum Zeitpunkt Retest Monat 12
SALOME	Sekundärprävention affektiver Störungen mittels normobarer Oxygenierung oder moderatem Ausdauertraining
SD	standard deviation, Standardabweichung
SMD	standardized mean difference
SSRI	selective serotonin reuptake inhibitors, selektive Serotoninwiederaufnahmehemmer
TCA	tricyclic antidepressants, Trizyklische Antidepressiva
T0	Zeitpunkt Test (Monat 0)
T1	Zeitpunkt Retest (Monat 6)
T2	Zeitpunkt Retest (Monat 12)
v	Geschwindigkeit
VDR	Verband deutscher Rentenversicherungsträger
VO ₂ max	maximale Sauerstoffaufnahme
WHO	World Health Organisation
Wmax	maximale Leistung

Verwendete Einheiten

g	Gramm
h	Stunde
J	Joule
kg	Kilogramm
kg/m ²	Kilogramm pro (Meter) ²
kp	Kilopound
l	Liter
m	Meter
min	Minute
ml	Milliliter
mmol	Millimol
Nm	Newtonmeter
pH	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoff- ionenaktivität
s	Sekunde
W	Watt
%	Prozent
°/s	Grad pro Sekunde
µl	Mikroliter

1. Einleitung

1.1 Einführung

Depression ist eine der häufigsten Erkrankungen der westlichen Welt. Allein in Deutschland beträgt die Lebenszeitprävalenz 18 Prozent (Wittchen & Jacobi, 2001). Nach WHO Angaben beträgt die jährliche Inzidenz zwei Prozent (2001). Dies bedeutet, dass etwa vier Millionen Bürger in Deutschland erkrankt sind (Bundesministerium für Gesundheit, 2006). In Europa hat nahezu ein Drittel (27 Prozent) der Bevölkerung (Personen zwischen 18 bis 65 Jahren) laut einer Studie von Wittchen & Jacobi (2005) innerhalb eines Jahres eine depressive Episode erlitten. Weltweit sind laut WHO (2001) 300 Millionen Menschen von einer Depression betroffen. Circa 20 Prozent der Weltbevölkerung leidet mindestens einmal im Laufe des Lebens unter einer Depression.

Zudem zeigen Depressionen einen chronifizierenden und rezidivierenden Verlauf. Laut Solomon et al. (2000) erlitten fast zwei Drittel innerhalb eines Jahres ein Rezidiv. In dieser Studie mit 318 Patienten mit Major Depression wurde festgestellt, dass es eine signifikante Assoziation mit der Zahl der bisherigen Erkrankungen und der Wahrscheinlichkeit für ein erneutes Auftreten gibt. Dies wird auch durch Untersuchungen von Shea et al. (1992) bestätigt. In dieser Studie werden Rückfallquoten zwischen 33 und 50 Prozent je nach Behandlungsgruppe im Laufe von 18 Monaten angegeben.

Dies hat beträchtliche gesellschaftliche und persönliche Konsequenzen zur Folge. Es kam laut Statistischem Bundesamt (2003) zu 157.000 Arbeitsjahrsausfällen. Aus einer Statistik des Verbands deutscher Rentenversicherungsträger (Verband deutscher Rentenversicherungsträger, 2004 b) lässt sich entnehmen, dass im Jahr 2003 knapp 52.000 Versicherte eine Rehabilitationsmaßnahme aufgrund einer psychischen Störung in Anspruch nahmen. Somit machten seelische Erkrankungen laut Verband deutscher Rentenversicherungsträger 37 Prozent der Berentungsursachen 2003 aus. Auch wenn der Beruf noch ausgeübt werden konnte, war dies teilweise nicht mehr im

vollen Umfang möglich, was sich in der Minderung der Erwerbsfähigkeit widerspiegelt. So entfielen knapp ein Drittel der Renten der Minderung der Erwerbsfähigkeit auf psychische Störungen.

Hinzu kommen Kosten für die medizinische Behandlung, die sich laut des Robert Koch Institutes auf 26,7 Milliarden Euro im Jahre 2006 beliefen. Somit nahm die Behandlung von Verhaltens- und psychischen Störungen mit einem Anteil von 11,3 Prozent den dritten Rang hinter Störungen des Verdauungssystems und des Kreislaufsystems ein.

Neben diesen Kosten entstehen auch Risiken bezüglich Begleiterkrankungen von Depression, seien sie psychischen oder körperlichen Ursprungs. So besteht zum Beispiel ein Zusammenhang von Depression und Suchterkrankungen. Baigent (2005) legte den Fokus seiner Arbeit auf Alkoholmissbrauch und Depression. Er weist auf einen Zusammenhang dieser beiden Erkrankungen hin. Weiterhin stellt Hirschfeld (2001) eine Assoziation von Depression und Angststörung her. In seiner Studie kann als Ergebnis festgehalten werden, dass innerhalb eines Jahres 10 bis 20 Prozent der Erwachsenen einen Arzt aufgrund von Angst- oder depressiven Episoden konsultieren. Mehr als 50 Prozent erlitten eine zweite komorbide Angst- oder depressive Episode. Weitere Studien unterstützen die bisherigen Aussagen. Maier & Falkai (1999) kamen zu dem Schluss, dass Angst- und somatoforme Störungen eine häufige Kombination darstellen.

Auch gilt es als erwiesen, dass eine Depression für die Entwicklung einer koronaren Herzkrankheit mit verantwortlich gemacht werden kann. Barth et al. (2004) zeigten in ihrer Metaanalyse bestehend aus 62 Studien, dass das Mortalitätsrisiko für Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit steigt, wenn sie depressive Symptome zeigten. Rugulies (2002) erkannte im Umkehrschluss in seiner Metaanalyse mit 11 Studien, dass das relative Risiko für die Entwicklung einer koronaren Herzkrankheit bei depressiv Erkrankten bei 1,64 liegt.

Ramasubbu & Patten (2003) legten in ihrer Untersuchung eine Assoziation zwischen Depression und Schlaganfall nahe. Bei sechs von sieben Studien gab es einen positiven unabhängigen Effekt zwischen Depression und Apoplex.

Auch ist das Risiko für die Entwicklung eines Diabetes mellitus erhöht. Lustmann & Clouse (2002) fanden in ihrer Untersuchung heraus, dass das Risiko für den Altersdiabetes im Rahmen einer Depression um 37 Prozent höher liegt.

Die aufgeführten Aspekte machen eine wirksame Behandlung der Depression erforderlich. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit einer medikamentösen Behandlung. Weniger erforscht sind alternative Methoden -wie etwa das Training der sportlichen Kondition- zur Behandlung der Depression.

1.2 Ziele der SALOME-Studie

Wenn man von einer Metaanalyse von Mead et al (2009) ausgeht, so gibt es eine Vielzahl methodischer Mängel bei den bisherigen Studien, so dass sich die Zahl aussagekräftiger Studien deutlich dezimiert. Auch wiesen Barbour & Blumenthal (2005) auf methodische Mängel wie etwa eine zu kleine Fallzahl, den genauen Einschlußkriterien (minor, major oder nur depressive Symptome), Auswertungsproblemen und insuffizienten Follow-up Studien hin.

Außerdem wurde meist nur der Effekt des körperlichen Trainings hinsichtlich der Depression erfasst, selten aber die erzielten Effekte des Trainings hinsichtlich der sportlichen Kondition wie Kraft und Ausdauer. In den hier aufgeführten Studien untersuchten nur Martinsen et al. (1989) die maximale Sauerstoffaufnahme als Maß der aeroben Leistungsfähigkeit.

In der SALOME-Studie sollte bei einem älteren Kollektiv in Teilremission einer Depression über einen Zeitraum von einem Jahr gezeigt werden, dass eine Bewegungsintervention die Rückfallhäufigkeit einer Depression im Vergleich zu einer Kontrollgruppe verringert. Der Kontrollgruppe wurde eine Sauerstoffinhalationstherapie zugeführt, ohne dass dabei eine zerebrale und muskuläre Aktivierung mit einer Desensitivierung der Stressachse stattfand. Zusätzlich wurden die Effekte des Trainings auf Gesamt- und Ausdauerleistungsfähigkeit, der Fettoxidation und lokaler Muskelfunktionsvariablen untersucht. Weiterhin fand eine Trainingsevaluation statt.

1.3 Ziele dieser Dissertation

In dieser Untersuchung sollten Daten zur Erfassung der Gesamtleistungsfähigkeit und lokaler isokinetischer Muskelfunktionsvariablen nach 12 Monaten erhoben werden und mit Daten nach sechs Monaten beziehungsweise mit den Eingangsdaten verglichen werden. Außerdem wurde eine Trainingsevaluation erhoben. Auswertungen von den Halbjahresdaten und teilweise auch von den Ganzjahresdaten wurden bereits von Hipp et al. (2009 a, b), vorgenommen. In der vorliegenden Arbeit wurden folgende drei spiroergometrische Daten erhoben: die relative maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}/kg), die relative maximale Leistungsfähigkeit (W_{max}/kg) und die relative Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS W/kg).

An isokinetischen Daten wurden erfasst: die relative maximale Muskelkraft, die relative lokale Muskelkraftausdauer und die relative niedrig intensive schnelle Kraft. Die Daten sind relativ, weil sie sich jeweils auf das Körpergewicht beziehen.

Des Weiteren wurden die Daten der maximalen Sauerstoffaufnahme mit den Daten der maximalen Muskelkraft miteinander korreliert. Ebenso galt dies für die maximale Sauerstoffaufnahme und die Insulinsensitivität. Daten bezüglich der Insulinsensitivität wurden von der internistischen Abteilung der Medizinischen Klinik der Universität Tübingen übernommen.

So galt es folgende Fragen zu beantworten:

Welche Veränderungen treten bei den Probanden bei einem moderaten Ausdauertraining hinsichtlich der Gesamt- und Ausdauerleistungsfähigkeit und der Kraftvariablen auf? Ist die Veränderung mit der von Gesunden vergleichbar? Korreliert das Ausmaß einer Veränderung der Ausdauer mit einer Veränderung der Kraft?

Steht eine Veränderung der Ausdauer in Wechselwirkung mit der Insulinsensitivität?

2. Grundlagen

2.1 Entwicklung der Leistungsfähigkeit im Alter

Bereits 1938 führte Robinson eine Untersuchung an 93 Personen hinsichtlich der maximalen Sauerstoffaufnahme ($VO_2\text{max}$) im Alter von sechs bis 91 Jahren durch. Die $VO_2\text{max}$ stieg konstant bis zu einem Alter von 17,4 Jahren, um dann bis zu einem Alter von ungefähr 30 Jahren auf einem Niveau zu bleiben und dann konstant abzunehmen.

Nach Hollmann & Hettinger (2000) nimmt die aerobe Leistungsfähigkeit ohne Training ab der vierten Lebensdekade kontinuierlich ab, um im Alter von 60 Jahren eine Abnahme der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit bei Männern um 25 bis 30 Prozent und bei den Frauen um 20 bis 25 Prozent zu verzeichnen. Dies sei auf einen Rückgang der maximal erreichbaren Herzschlagfrequenz, des maximalen Schlagvolumens, sowie zahlreichen Veränderungen von biochemischen und biophysikalischen Parametern zurückzuführen.

Auch bei Brooks & Fahey (1984) ist eine Abnahme der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ab einem Alter von 30 Jahren zu erkennen, mit einer jährlichen Abnahme von 0,75 bis 1 Prozent pro Jahr. Speziell bei der maximalen Sauerstoffaufnahme als Maß der aeroben Leistungsfähigkeit findet eine Verringerung um 30 Prozent im Alter zwischen 20 und 65 Jahren statt. Die Autoren machen die gleichen Faktoren für den Rückgang verantwortlich wie Hollmann & Hettinger, wobei sie noch die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz erwähnen.

Noble (1986) kommt zu einem kongruenten Ergebnis, nur dass er ursächlich für die Abnahme der aeroben Kapazität ein Verlust an Muskelmasse heraushebt. Zu diesem Ergebnis kamen auch Asmussen et al. (1975). Als Daten bezüglich der Muskelmassenabnahme korrigiert wurden, ergaben sich keine Änderungen der aeroben Leistungsfähigkeit.

2.2 Trainierbarkeit Leistungsfähigkeit im Alter

Hollmann & Hettinger (2000) unternahmen einen Versuch mit männlichen Personen zwischen 55 und 70 Jahren, die jahrzehntlang keinen Sport betrieben hatten. Sie wurden einem achtwöchigen Ausdauerprogramm unterzogen mit drei Einheiten in der Woche mit je 30 bis 40 Minuten Belastung. Die maximale Sauerstoffaufnahme stieg im Mittel um 18 Prozent, ebenfalls stieg die Zahl der aeroben Enzyme hochsignifikant an. Die Autoren folgern daraus, dass die trainingsbedingten enzymatischen Anpassungen auch im höheren Alter noch wirksam sind.

Pollock et al. (1974) führten eine Studie mit 24 Laufathleten zwischen 50 bis 82 Jahren durch. Bei den Teilnehmern, die bis zum Schluss noch aktiv am Wettkampfgeschehen teilnahmen, konnten die VO_2 max auf einem relativ stabilen Niveau halten. Altern allein ist also nicht verantwortlich für eine Abnahme der aeroben Leistungsfähigkeit. Es wurden andere Faktoren hierfür ausgemacht, wie eine Abnahme der maximalen Herzfrequenz und einer Zunahme des Körperfetts bei gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichts.

Einen ähnlichen Standpunkt vertritt Noble (1986). Er ist der Meinung, dass die Muskelzelle des 65- bis 70- Jährigen immer noch in der Lage ist, eine hohe metabolische Flussrate zu gewährleisten. Wie bereits erwähnt, macht er die Abnahme der Muskelmasse für die Verringerung der aeroben Leistungsfähigkeit verantwortlich.

2.2.1 Effekte eines Ausdauertrainings

Plowman & Smith (2003) machen acht Faktoren aus, die durch ein aerobes Ausdauertraining beeinflusst werden:

1. Die Herzgröße und –masse ist mit einer Zunahme der ventrikulären Füllung und daraus resultierend größerem Schlagvolumen beziehungsweise Herzminutenvolumen verbunden. Das relative Herzvolumen liegt bei Untrainierten im Mittel bei 10,5 ml/kg bei den

Männern und 9,5 ml/kg bei den Frauen, vergrößert sich durch Ausdauertraining aber im Mittel auf 15,5 ml/kg (De Marees, 2002). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Hollmann & Strüder (2009), die die relativen Herzvolumina zwischen 14 bis 20 ml/kg bei Trainierten einordnen. Ebenfalls dazugehörig ist der koronare Blutfluss, der sich ebenfalls erhöht. Umstritten ist, ob die Koronararterien bei Ausdauertrainierten einen größeren Durchmesser aufweisen. Als gesichert gilt aber, dass Trainierte eine größere Kapazität hinsichtlich der Dilatation der Koronargefäße haben.

2. Das Blutvolumen nimmt mit dem Ausmaß des Trainingszustandes zu. Hoch-Ausdauertrainierte haben ein um 20 bis 25 Prozent höheres Blutvolumen. Hollmann & Strüder (2009) verwendeten den Quotienten aus Blutvolumen und Körpergewicht, der bei Ausdauertrainierten zwischen 80 und 90 liegt, im Vergleich zu Untrainierten, die Werte zwischen 65 und 83 erreichen.
3. Das Auswurfvolumen nimmt wie eingangs schon erwähnt ebenfalls durch ein erhöhtes Schlagvolumen und Herzfrequenz zu. De Marees (2002) sieht die Zunahme vor allem im Schlagvolumen, da die maximale Herzfrequenz bei großen Herzen eher abnimmt und zwar im Mittel um 2 Schläge pro Minute pro 1 ml/kg mehr Herzvolumen. Maximale Schlagvolumen liegen bei Trainierten zwischen 150 bis 200 ml im Vergleich zu Untrainierten (90 bis 130 ml). Dies kann auch ohne Vergrößerung des Herzvolumens geschehen. Hollmann & Strüder (2009) machen dafür eine verstärkte Ansprechbarkeit auf sympathische Antriebe, einen vergrößerten venösen Rückstrom und eine Veränderung im Biochemismus des Herzens verantwortlich.
4. Die maximale Sauerstoffaufnahme kann sich durch ein entsprechendes Ausdauertraining im Rahmen von 15 bis 25 Prozent innerhalb von zwei bis drei Monaten verbessern. Sie ist zu einem großen Teil genetisch bestimmt. Diese setzt sich aus dem Herzminutenvolumen, welches ja schon genannt wurde, und der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz,

- welche ebenfalls ansteigt, zusammen (vgl. Hollmann & Strüder, 2009). Aber auch die Steigerungsfähigkeit der Sauerstoffaufnahme von Ruhe auf Belastung ist bei Trainierten um fast das Doppelte erhöht. Die verbesserte Sauerstoffausschöpfung ist auf eine höhere Zahl und Größe von Mitochondrien, sowie einer erhöhten Enzymaktivität zurückzuführen (vgl. De Marees, 2002).
5. Der Blutdruck weist hier keine wesentlichen Unterschiede weder in Ruhe noch während körperlicher Arbeit auf. Die Autoren nennen hier nur einen hypothetischen Anstieg des systolischen Blutdrucks bei Trainierten während körperlicher Aktivität
 6. Der totale periphere Widerstand bei maximal trainierenden Athleten ist geringer als bei Untrainierten. Deshalb haben Trainierte ein größeres Herzminutenvolumen bei gleichen arteriellen Drücken. Anders ausgedrückt steigt die Bluttransportfähigkeit der arteriellen Gefäße und der venöse Rückstrom zum Herzen nimmt zu; die Nachlast des Herzens sinkt ab (vgl. Hollmann & Strüder, 2009).
 7. Der Muskelblutfluss steigt in trainiertem Zustand ebenfalls an. Eine verbesserte Kapillarisation des Muskels findet statt, so dass die Austauschfläche zwischen Kapillare und Muskel größer wird (De Marees 2002). Auch ist die Erhöhung der Muskeldurchblutung beim Trainierten größer.
 8. Der myokardiale Sauerstoffverbrauch ist in Ruhe und bei submaximalen Belastungen niedriger. Dies wird durch eine größere Effizienz der Arbeit des Herzens widerspiegelt.

2.3 Entwicklung der Kraft im Alter

Ab circa dem 30. Lebensjahr kann mit einer Abnahme der Kraft gerechnet werden. Ursachen hierfür sind ein Absterben der Muskelfasern, das pro Lebensdekade etwa sechs Prozent beträgt. Auch ist eine Hypotrophie der Muskelzellen zu beobachten. Dabei sind vor allem die schnellen Muskelfasern

betroffen, die langsamen Fasern bleiben weitgehend in ihrer Zahl konstant (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000). Ein etwas späterer Leistungsabfall ist bei Hurley (1995) zu finden. Er fand in seiner Querschnittsstudie den Höhepunkt der Kraftleistung zwischen der zweiten und dritten Lebensdekade mit einem konstanten Leistungslevel bis zur vierten oder fünften Dekade. Ab dann war ein Abfall um 12 bis 15 Prozent pro Dekade feststellbar, was die isometrischen und konzentrischen Kräftebenen anbelangt. Bei Porter et al. (1995) weisen gesunde Personen zwischen 60 bis 80 Jahren 20 bis 40 Prozent weniger Muskelkraft auf im Vergleich zu Jüngeren. Noch ältere Personen verzeichnen sogar einen Rückgang um bis zu 50 Prozent.

Dies wird ebenfalls durch Untersuchungen von Lindle et al. (1997) bestätigt, bei denen 654 Probanden zwischen 20 bis 93 Jahren teilnahmen. Gemessen wurden die Kraft der Knieextensoren, wobei ein ähnlicher Verlauf der Abnahme der konzentrischen und isometrischen Kraft zu sehen war. Herauszuheben ist, dass die Abnahme der exzentrischen Kraft im Alter geringer ausfällt. Eine noch etwas differenziertere Betrachtung nehmen Delbaere et al. (2003) vor, indem sie zwischen oberer und unterer Extremität unterschieden. In ihrer Querschnittsstudie mit 101 Personen im Alter zwischen 20 und 89 Jahren, betrug die Abnahme der Kraft ab einem Alter von 60 Jahren in der oberen Extremität 34 bis 45 Prozent bei Männern und 11 bis 32 Prozent bei Frauen. In der unteren Extremität waren es entsprechend 40 bis 47 beziehungsweise 37 bis 45 Prozent.

2.4 Trainierbarkeit der Kraft im Alter

Verschiedene Untersuchungen belegen eindeutig, dass Krafttraining auch im Alter sehr effektiv ist. Eine Metaanalyse von Cyarto et al. (2004) schloss eine große Zahl von Studien nach 1999 ein, die elektronisch erfasst wurden (21 Studien und Cochrane Review 2002). Ein Hauptteil dieser Arbeit beschäftigte sich mit Krafttraining und deren Auswirkung auf verschiedene Faktoren wie dem Kraftzuwachs, aber auch hinsichtlich von Erkrankungen wie Typ 2 Diabetes, chronische Herzfehler, koronare Herzkrankheit oder Osteoarthritis, denn

weniger als die Hälfte der Probanden waren gesund. Die Teilnehmer waren mindestens 60 Jahre alt. In fast allen Studien wurde dreimal pro Woche trainiert mit einer Intensität zwischen 75 bis 80 Prozent des „one Repetition maximum“ (das maximale Gewicht, das ein Muskel während einer kompletten Kontraktion einmalig bewältigen kann). Allgemein konnte man von einem signifikanten Zuwachs der Kraft ausgehen und von einer Verbesserung der körperlichen Funktionen. Auch hatte das progressive Widerstandstraining einen positiven Einfluss auf die gemessenen Variablen hinsichtlich der genannten Erkrankungen. Selbst bei Patienten mit einem Durchschnittsalter von 87,1 Jahren war an 100 Personen nachzuweisen, dass die Trainierbarkeit noch in einem hohen Maße vorhanden ist. Die Kraftzunahme betrug durchschnittlich 113 Prozent, so dass die Autoren zu dem Schluss kamen, dass die Trainierbarkeit vergleichbar mit denen von Personen im jüngeren Alter ist.

Bei dieser Metaanalyse wurde nur die Wirkung eines Krafttrainings untersucht. Da aber im Rahmen der SALOME-Studie kein Widerstandstraining angeboten wird, gilt es nun den Fokus auf Untersuchungen zu legen, die sich mit den Effekten eines Ausdauertrainings auf die Kraft beschäftigen.

2.4.1 Effekte von Ausdauertraining auf Kraft

In einer Studie von Harridge et al. (1997) an 15 Männern im Alter von 70 bis 100 Jahren, die seit ihrer Adoleszenz Ausdauersport betrieben, wurden ähnliche Werte für die Maximalkraft der Knieextensoren erfasst wie für eine vergleichbare Gruppe von älteren, nicht-ausdauertrainierten Personen. Dieser Sachverhalt änderte sich auch nicht, als man die Gruppe ab einem Alter von 80 Jahren teilte oder die Kraft auf das Körpergewicht bezog.

Bell et al. (2000) konnten nach einem Ausdauertraining einen signifikanten Zuwachs der Kraft nachweisen. Insgesamt 45 Probanden wurden in vier Gruppen eingeteilt, eine davon eine Ausdauergruppe, die für 12 Wochen dreimal pro Woche trainierte. Das Kollektiv war im Schnitt 22,3 (Standardabweichung 3,3 Jahre) Jahre alt und bestand aus sportlich aktiven Universitätsstudenten. Sie

trainierten auf Fahrradergometern bei einer durchschnittlichen Intensität von 173 Watt. Tests wurden nach sechs und 12 Wochen absolviert. Nach 12 Wochen zeigte sich ein signifikanter Anstieg bei der 1-RM bei der Beinpresse bei gleichzeitiger Zunahme der $VO_2\text{max}$.

Deutlicher fallen die Ergebnisse bei Storer et al. (2005) bei einer untrainierten Gruppe von Hämodialysepatienten aus. 12 Patienten trainierten im Schnitt 8,6 Wochen dreimal die Woche bei 30 Prozent der „peak work rate“ (die Leistung, an der die $VO_2\text{max}$ für 20 Sekunden durchschnittlich am höchsten war) auf dem Fahrradergometer. Danach war eine Steigerung bei der 5-RM auf der Beinpresse um 16 Prozent ($p=0,002$) zu verzeichnen. Die Werte, die ein Maß der Ausdauer repräsentierten, hier „ $VO_2\text{peak}$ “ und „endurance time“ (die Zeit, die die Probanden bei 80 Prozent der „peak work rate“ mit mindestens 50 Umdrehungen pro Minute radeln konnten), verbesserten sich ebenfalls um 22 Prozent ($p=0,018$) beziehungsweise 144 Prozent ($p=0,001$).

In einer Studie von Grandys et al. (2008) mit 15 jungen gesunden Männern wurde ein Zuwachs bei 50 Prozent der „maximal voluntary isometric contraction“ (MVC; der willentlich maximal ausgeführten Kontraktion) nach einem fünfwöchigem Ausdauertraining auf einem Fahrradergometer nachgewiesen ($p<0,03$). Kein signifikanter Zuwachs war bei der MVC zu verzeichnen.

Bei Strasser et al. (2009) wurden mit 13 Personen, die mindestens 70 Jahre alt waren, ein sechsmonatiges Ausdauertraining durchgeführt. Das Training führte weder zu einer signifikanten Verbesserung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (von 18,59 (SD 5,30) ml/min/kg auf 19,70 (SD 5,08) ml/min/kg; $p=0,068$), noch zu einer signifikanten Steigerung der Maximalkraft (1-RM) bei der Beinpresse (von 51,83 (SD 23,49) kp auf 57,42 (SD 21,71) kp; $p=0,136$).

Bei der SALOME-Gruppe kann vermutet werden, dass durchaus auch das Ausdauertraining einen Effekt auf die Kraft - vor allem auf die der unteren Extremitäten - hat, da hier von einem untrainierten Kollektiv ausgegangen werden muss, so dass auch unspezifische Reize zu einer Verbesserung der Kraft führen könnten.

2.5 Depression und Auswirkungen von körperlichem Training

Schon Morgan (1970) berichtete von einer Korrelation zwischen Ausmaß der Depression und der körperlichen Leistungsfähigkeit bei depressiven und anderweitig psychiatrisch erkrankten Frauen. Im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten kommen Hollmann & Hettinger (2000, S. 596) zu dem Schluss: „Speziell bei Patienten mit verschiedenen Formen und Schweregraden der Depression hat sich in den letzten Jahren körperliches Training bei der Mehrzahl der Fälle bewährt.“

Im weiteren Verlauf liegt der Fokus zunächst einmal auf Depression und Ausdauertraining, um dann auch einen kurzen Einblick in die Effekte von Krafttraining auf Depression zu erhalten.

2.5.1 Depression und Ausdauertraining

Greist et al. (1979) untersuchten in ihrer prospektiven Pilotstudie 28 Patienten im Alter von 18 bis 30 Jahren, die an einer Depression erkrankt waren. Sie liefen unter Anleitung drei- bis viermal pro Woche für jeweils eine Stunde. Die Lauftherapie stellte sich als genauso effektiv heraus, wie die parallel stattfindenden Psychotherapien. Man muss aber einschränkend hinzufügen, dass nur acht Patienten an der Laufgruppe teilnahmen.

Farmer et al. (1988) fanden in ihrer Studie mit 1900 Probanden heraus, dass körperliche Inaktivität ein Risikofaktor für eine Depression darstellen könnte. Er kam zu einem Odds-Ratio von 2,0 (95% Konfidenzintervall 1,1-3,2) für Frauen, die wenig oder keinen Freizeitsport betrieben im Vergleich zu sportlich Aktiven. Als Grundlage hierzu diente der erste National Health and Nutrition Survey (NHANES 1), der Patienten zwischen 25-77 Jahren von 1971-75 einschloss.

McNeil et al. (1991) testeten 30 Patienten (Altersdurchschnitt 72,5 Jahre) in drei Gruppen: Eine Walking-, eine Sozialkontakt- und eine Kontrollgruppe. Die Walkinggruppe praktizierte ihre Einheiten dreimal pro Woche mit einer Dauer von 20 bis 40 Minuten in der Nähe des häuslichen Umfeldes. Der soziale Kontakt

bestand aus einem Heimbesuch von einem Psychologiestudenten zweimal pro Woche. Sowohl die Walkinggruppe als auch die Sozialkontaktgruppe verringerten ihr Ausmaß der Depression signifikant im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies wurde durch den Beck Depression Inventory (BDI), einer Depressionsskala, bei der Depressive von Fachleuten beurteilt werden, ermittelt. Der Vorteil der körperlich Aktiven war, dass sich auch körperliche Beschwerden, die ebenfalls erfasst wurden, verbesserten.

In einer 1994 von Paffenbarger et al. initiierten Follow-up Studie mit Harvard Absolventen (1962-66) konnte gezeigt werden, dass die Depressionsraten bei den sportlich Aktiven geringer ausfielen. Die Erkrankungsrate war hier allerdings insgesamt sehr niedrig, denn von 10.201 Absolventen erkrankten lediglich 387 an einer Depression, was einer Quote von 3,8 Prozent entspricht und somit deutlich unter der allgemeinen Prävalenz liegt.

Neuere Studien belegen dies ebenfalls: Blumenthal et al. (1999) wiesen an 156 Patienten (Durchschnittsalter 57 Jahre) nach, dass nach einem 16-wöchigem aeroben Ausdauerprogramm das körperliche Training sich statistisch nicht signifikant von einer medikamentösen Therapie unterschied, wenn auch die Wirkung der medikamentösen Behandlung schneller anschlug, was den Schluss nahe legt, dass körperliches Training eine ebenso große Wirkung erzielt. Nach 10 Monaten stellte sich zudem heraus, dass die Rückfallquote der Patienten in der Ausdauergruppe mit einem $p=0,01$ signifikant geringer ausfiel. Die Wahrscheinlichkeit, bei denjenigen, die während der Follow-up Periode eigenständig weiter trainierten, depressive Symptome zu zeigen, war mit einem Odds-ratio von 0,49 ($p=0,0009$) deutlich geringer.

In einer Übersichtsstudie von Barbour & Blumenthal (2005) wurden verschiedene Daten gesichtet, um den Effekt körperlichen Trainings auf depressive Symptome nachzuweisen: Epidemiologische Daten, Studien mit Nicht-Depressiven (die aber depressive Symptome zeigten, jedoch nicht den Kriterien einer Major Depression entsprachen), Studien mit Depressiven und schließlich Studien mit somatisch Kranken (bei denen auch das psychische Befinden erfasst wurde). Sie kamen zu der Schlussfolgerung, dass die vorliegenden Untersuchungen die Annahme des

positiven Effekts des Trainings auf die Stimmung unterstützten. Sie wiesen aber auch auf die Notwendigkeit weiterer Studien hin, da viele Tests in der Vergangenheit methodische Mängel aufwiesen (zu kleine Fallzahl, Definition und Auswertungsprobleme, insuffiziente Follow-up Studien). Insbesondere empfahlen sie den Fokus auf Typ, Frequenz, Intensität und Dauer der Belastung zu legen.

Dieser Forderung kam Dunn et al. (2005) nach, indem sie verschiedene Intensitäten und Häufigkeiten der Ausdauerbelastungen wählten. Sie teilten die Patienten in fünf Gruppen ein, die dann 12 Wochen trainierten. Die Gruppe, die intensiv trainierte, hatte den größten Gewinn hinsichtlich der Verringerung depressiver Symptome. Diejenigen, die eher mit niedriger Intensität arbeiteten, unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe.

Bei allen bisher genannten Versuchen lag der Fokus auf dem Ausdauerbereich. Denkbar sind jedoch auch positive Auswirkungen von Training im Bereich der Kraft.

2.5.2 Depression und Krafttraining

Singh et al. führten 1997 ein Krafttraining mit 32 randomisiert ausgewählten Probanden (Durchschnittsalter 71,3 Jahre) durch, die an einer Dysthymie oder Depression litten. Zunächst erfolgte ein 10-wöchiges Krafttraining unter Anleitung mit acht Wiederholungen mit einer Intensität von 80% des 1-RM. Danach wurde das Training ohne Anleitung weitergeführt. Die Kontrollgruppe besuchte 10 Wochen lang Vorlesungen, die sich mit dem Thema Gesundheit beschäftigten. Als Fazit bleibt festzuhalten, dass sich der BDI-Score (Beck Depression Inventory) in der Gruppe, die Krafttraining durchführte, signifikant verbesserte (BDI von 21,3 auf 9,8 bei den Interventionsgruppe im Vergleich zu 18,4 auf 13,8 in der Kontrollgruppe). 73 Prozent remittierten von der Depression in der Interventionsgruppe im Vergleich zu 36 Prozent in der Kontrollgruppe. 2001 erfolgte eine Follow-up Untersuchung der gleichen Gruppe. Der Unterschied im BDI Score war auch nach 26 Monaten noch signifikant ($p < 0,05$ -

0,01), obwohl nur ein Drittel der Krafttrainingsgruppe immer noch regelmäßig das Krafttraining betrieben.

Bei weiteren Untersuchungen wurden die Wirkungen von Kraft- und Ausdauertraining direkt gegenüber gestellt. Einen solchen Vergleich stellten Ossip-Klein et al. 1987 an. Sie ließen 32 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 28,5 Jahren entweder laufen oder ein Krafttraining über acht Wochen zukommen. Das Lauftraining fand auf einer Indoor-Laufbahn statt. Die Probanden, die der Laufgruppe zugeordnet wurden, waren angehalten bei 80 Prozent der geschätzten maximalen Arbeitskapazität für ungefähr 20 Minuten zu trainieren in jeweils Sieben-Minuten-Intervallen. Diejenigen, die ein Krafttraining durchführten, durchliefen ein 10-Stationen-Training, welches ebenfalls ungefähr 20 Minuten dauerte. Die dritte Gruppe war wiederum eine Kontrollgruppe. Das Besondere an dieser Untersuchung war, dass das Ausmaß der Depression anhand von Experten (BDI, Hamilton Score) und von den Probanden selbst (Beck Self Concept Scale, Semantic Differential) bestimmt wurde. Überraschenderweise gab es hier große Varianzen (76 Prozent), so dass die Autoren zu dem Schluss kamen, dass die Selbstkonzeptdaten ein Konstrukt mit bedeutungsvollen Unterschieden zu bisherigen Daten in Bezug auf das Ausmaß der Depression darstellen. Anhand der Selbstkonzeptdaten wurde dann ein signifikanter Unterschied zwischen den trainierenden Gruppen und der Kontrollgruppe herausgearbeitet, ohne sich dabei innerhalb der Trainingsgruppen signifikant voneinander zu unterscheiden.

Nach Perioden von einem, sieben und 12 Monaten wurden Daten erneut anhand des Beck Self Concept Scale erfasst, wobei sich der Unterschied zwischen der Trainings- und Kontrollgruppe hielt.

Eine weitere Arbeit dieser Art erstellten Martinsen et al. 1989. In ihrem Experiment mit 99 Patienten wurden zwei Gruppen gebildet. Eine führte ein aerobes Ausdauertraining mit einer Intensität von 70 Prozent der maximalen aeroben Kapazität und die andere legte ihren Schwerpunkt auf Kraft, Flexibilität und Entspannung. Beide Gruppen durchliefen ihr Programm dreimal pro Woche mit je einer Stunde Dauer. Dies zog sich über einen Zeitraum von acht Wochen

hin. Beide Gruppen erzielten eine statistisch signifikante Reduzierung in ihren Depressionsscores, wobei der interindividuelle Unterschied nicht signifikant war. Zudem hatten die Ausdauerprobanden einen signifikanten Zuwachs ihrer VO_2max (von 2,3 l/min auf 2,6 l/min). Daraus ergibt sich, dass Krafttraining etwa den gleichen Effekt hat wie ein aerobes Ausdauertraining zumindest hinsichtlich depressiver Symptome.

Penninx et al. (2002) kamen zu einem anderen Resultat. Sie untersuchten 439 Personen, die älter als 60 Jahre waren, depressive Symptome zeigten und an Arthrose im Kniegelenk erkrankt waren. Hier wurden drei Gruppen gebildet, ähnlich der Studie von Ossip-Klein (1987). Das aerobe Ausdauerprogramm beinhaltete drei Monate Training unter Anleitung in einer speziellen Einrichtung, gefolgt von einem 15-monatigen Heimtraining, mit jeweils einer Stunde Dauer dreimal pro Woche. Das gleiche Design traf auch für die Kraftgruppe zu, die mit jeweils zwei Sätzen pro Übung mit 10 Wiederholungen arbeiteten. Die Kontrollgruppe erhielt Weiterbildungen von Pflegepersonal hinsichtlich der Behandlung der Arthrose. Nach drei, neun und 18 Monaten wurden depressive Symptome und körperliche Funktionen gemessen. Hierbei konnte festgehalten werden, dass sich zwar in der Ausdauergruppe ein signifikanter Effekt bezüglich Depression feststellen ließ, dies aber nicht der Fall war bei der Krafttrainingsgruppe. Allerdings konnte man in beiden Trainingsgruppen eine signifikante Reduzierung der körperlichen Symptome verzeichnen.

Als Abschluss des bisherigen Standes der Wissenschaft ist die Metaanalyse von Mead et al. (2009) die bisher aktuellste. Die Autoren verglichen 23 Studien mit insgesamt 907 Probanden zwischen einer körperlichen Interventionsmaßnahme und keiner oder einer Kontrollintervention. Das Resultat dieser Analyse war, dass sich die beiden Gruppen mit einem SMD (Standardized Mean Difference) von -0,82 (95%-Konfidenzintervall zwischen -1,12 und -0,51) deutlich voneinander unterschieden. Der SMD ist die Differenz zwischen zwei normalisierten Mittelwerten. Allerdings waren hier methodische Mängel, was die Verblindung der Studie anging, zu erwähnen. Nachdem diese Studien ausgeschlossen wurden, blieben nur noch drei Untersuchungen übrig, bei denen

der SMD dann nur noch -0,42 (95%-Konfidenzintervall zwischen -0,88 und 0,03) betrug. Der Effekt war nicht signifikant im Vergleich zur kognitiven Therapie. Daraus schlossen die Autoren, dass die Wirksamkeit von körperlichem Training bei methodisch robusten Versuchen nur moderat ist. Sie empfahlen weitere, methodisch bessere Untersuchungen, um genauere Abschätzungen bezüglich der Größe des Effekts zu erhalten.

2.6 Definition Depression

Depressionen zählen zu den affektiven Störungen, welche durch eine krankhafte Veränderung der Stimmung gekennzeichnet sind. Depressionen können ein vielgestaltiges Bild zeigen. Um die Depression besser einordnen zu können, wurde ein Diagnosenkatalog erstellt, nämlich der ICD-10 (International Classification of Diseases). Unter ihm sind die affektiven Störungen in F30-39 zusammengefasst.

Unter F32 wird die depressive Episode subsumiert. Hauptsymptome nach ICD-10 sind: gedrückte Stimmung, Freudlosigkeit (evtl. Morgentief), Interessenverlust und eine erhöhte Ermüdbarkeit oder Verminderung des Antriebes. Eine Auswahl der Nebensymptome sind verminderte Konzentration und Selbstwertgefühl, Schuldgefühle, negativ pessimistische Zukunftsperspektiven und verringerter Appetit. Die Dauer der gezeigten Symptome muss mindestens zwei Wochen betragen. Weiterhin gibt es verschiedene Schweregrade der Depression. Laut ICD-10 kann in eine leichte, mittlere und schwere Depression unterteilt werden. Für eine leichte Depression müssen zwei Hauptsymptome und zwei Nebensymptome, für eine mittlere Depression zwei Hauptsymptome und drei bis vier Nebensymptome und für eine schwere Depression (=Major Depression) drei Hauptsymptome und vier bis sieben Nebensymptome auftreten. Die Patienten der SALOME-Studie waren nach der ICD-10 Klassifikation den Untergruppierungen F31(=bipolare affektive Störung) und F33 (rezidivierende depressive Störung) zugeordnet.

2.6.1 Bipolare affektive Störungen

Hier handelt es sich um eine Störung, die mindestens zwei Episoden aufzeigt, nämlich zum einen in einer gehobenen Stimmung mit vermehrten Antrieb und Aktivität (=Manie) und zum anderen in einer gedrückten Stimmung mit verminderten Antrieb und Aktivität (=Depression).

2.6.2 Rezidivierende depressive Störung

Diese Störung beinhaltet wiederholt depressive Episoden. Es finden sich keine unabhängigen Episoden mit gehobener Stimmung und vermehrten Antrieb. Die erste Episode kann in jedem Alter auftreten, der Beginn kann akut oder schleichend sein, die Dauer reicht von wenigen Wochen bis mehreren Monaten. Es besteht die Gefahr, dass der Patient eine manische Episode entwickelt, wonach er dann unter F31 fällt (vgl. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, 2009).

Ein weiteres Instrument der Einteilung des Schweregrades ist der sogenannte Hamilton Score.

2.6.3 Hamilton Rating Scale for Depression und Beck Depression Inventory

Die Hamilton Skala wird von psychiatrischen Fachärzten klinisch häufig verwendet, weshalb sie auch in dieser Studie angewandt wurde. Sie wird durch ein Interview mit der betroffenen Person erhoben. Dabei werden einige Aspekte besonders beleuchtet, wie zum Beispiel depressive Stimmung, Schuldgefühle, Einschlaf- und Durchschlafstörungen, Suizidalität, depressive Hemmung und allgemeine körperliche Symptome. In der Skala kommen je nach Version bis zu 24 Items vor, welchen einzelne Punktwerte zugeordnet werden. Diese werden zusammenaddiert und ergeben dann den Hamilton-Depressionsscore. Umso höher der Wert liegt, desto schwerwiegender wird die Depression bewertet. Bei einem Range von 15 bis 18 wird die Depression als milde bis mittelschwer

bewertet. Ab einem Zahlenwert von 25 ist die Depression als schwerwiegend einzustufen. (vgl. Hamilton, 1960).

Da bei der Recherche häufig auch der BDI (Beck Depression Inventory) verwendet wird, sei er hier kurz erwähnt. Er besteht aus 21 multiple-choice Fragen, die von dem Patienten selbst ausgefüllt werden. Pro Frage gibt es einen Punktwert von null bis drei. Dann werden die Punkte ebenfalls addiert. 10 bis 18 Punkte ergeben hier eine milde bis moderate Depression, ab 30 Punkten wird von einer schwerwiegenden Depression gesprochen. Auch hier existieren mehrere Versionen (vgl. Beck, 1961).

2.7 Matsuda-Index

Dieser Index wurde 1999 von Matsuda & DeFronzo entwickelt, um ein genaueres Instrument für die Insulinsensitivität zu haben, da andere bisherige Tests nicht valide genug erschienen.

Der 1985 von Mathews et al. entwickelte HOMA Score (homeostasis modell assessment) sollte ein Maß für die Insulinsensitivität sein. Bei diesem Test wird davon ausgegangen, dass zu einem bestimmten Nüchtern-Glucose Spiegel ein adäquater Insulinspiegel gehört, der bei entsprechender Resistenz erhöht ist. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass er davon ausgeht, dass die hepatische und die periphere Insulinsensitivität äquivalent sind. Die hepatische und die periphere Insulinsensitivität können sich aber innerhalb eines Individuums unterscheiden.

Der im klinischen Alltag oft benutzte orale Glucose-Toleranztest (OGTT) geht von dem Quotienten aus Plasma Glucose und Plasma Insulin als Marker für die Insulinsensitivität aus.

In der Studie von Matsuda & DeFronzo zeigte sich aber keine Korrelation des Quotienten mit der infundierten Glucoserate beim „euglykämischen Clamp Test“ ($r=-0,02$). Bei diesem Test wird dem Probanden ein bestimmte Menge Insulin injiziert und daraufhin wird die Menge an Glucose bestimmt, die nötig ist, um den Patienten auf einem euglykämischen Blutzuckerspiegel zu halten. Die Autoren

entwickelten daher eine Formel ausgehend vom OGTT, der eine hohe Korrelation ($r=0,73$) mit dem Clamp Verfahren zeigte. Die Formel sieht folgendermaßen aus:

$$\frac{10,000}{\sqrt{(FPG \times FPI) \times (\text{Mean OGTT glucose concentration} \times \text{mean OGTT insulin concentration})}}$$

FPG= Fastening Plasma Glucose

FPI= Fastening Plasma Insulin

Aus dieser Formel ergeben sich Werte, die bei Gesunden laut einer Untersuchung von Stern et al. (2005) bei etwa bei 3 oder höher liegen. Ein Wert von 2,5 wurde von Kerman et al. (2003) bei Patienten mit einer transienten ischämischen Attacke für die Identifizierung einer erhöhten Insulinsensitivität herangezogen .

Daraus lässt sich schlußfolgern, dass umso niedriger der Index-Wert also ist, desto niedriger auch die Insulinsensitivität ist.

2.8 Depression, Insulinsensitivität und körperliche Aktivität

2.8.1 Körperliche Aktivität und Insulinsensitivität

Die Querschnittsstudie Studie von Balkau et al. (2008) an 346 Männern und 455 Frauen zwischen 30 und 60 Jahren zeigte, dass körperliche Aktivität und Insulinsensitivität in hohem Maße miteinander assoziiert sind ($p=0,0001$). Dies trifft ebenfalls auf die Intensität der körperlichen Belastung zu, wobei aber dabei die Intensität abhängig ist von der akkumulierten Zeit der körperlichen Aktivität. Dies bedeutet, dass ein Mindestmaß an Umfang für die körperliche Belastung aufgebracht werden muss, um einen Effekt auf die Insulinsensitivität zu haben.

Hier wurde die Sensitivität durch den „hyperinsulinämisch euglykämischen Clamp Test“ ermittelt.

Clausen et al. (1996) kam zu dem Ergebnis, dass ungefähr ein Drittel der Unterschiede in der Insulinsensitivität auf Faktoren wie Körperfett, maximale aerobe Kapazität und bei Frauen die Einnahme von Kontrazeptiva zurückzuführen sind. Dies wurde an 380 Probanden überprüft, deren aerobe Kapazität mittels eines submaximalen Fahrradergometertests und die Insulinsensitivität durch einen intravenösen Glucosetoleranztest überprüft wurden.

In einer Studie von Wang et al. (1989) mit Bürobeschäftigten, Arbeitern und Hausfrauen war die Insulinsensitivität -ermittelt durch einen oralen Glucosetest- am größten bei Personen mit einem höheren physischen Arbeitsanteil. Passend dazu war der altersbedingte Rückgang der Insulinsensitivität in der Gruppe der Büroangestellten am größten.

Eine weitere Studie von Lindgärde & Saltin (1981) an 115 Männern im Alter von 48 Jahren zeigte auf, dass die gestörte Glucosetoleranz bei denjenigen am größten war, die in ihrer Freizeit körperlich inaktiv waren. Die Glucosetoleranz wurde durch einen oralen Glucosetoleranztest ermittelt. Die maximale Sauerstoffaufnahme korrelierte signifikant mit dem Niveau der körperlichen Aktivität.

In einer Übersichtsstudie von Borghouts & Keizer (2000) kam man zu dem Ergebnis, dass körperliche Aktivität die Insulinsensitivität verbesserte. Dabei musste zwischen akuten Effekten des Trainings und wahren Trainingseffekten unterschieden werden. Denn die Insulinsensitivität veränderte sich unabhängig von Mechanismen, die vom Insulin ausgingen. Die Effekte, die auf das Insulin zurückzuführen waren, waren laut Borghouts & Keizer sowohl eine Insulin induzierte Glucosetransporter Typ 4 Translokation als auch Veränderungen im Fettstoffwechsel und Regulationen des Leberglucosestoffwechsels.

2.8.2 Depression und Insulinsensitivität

In einer Querschnittsstudie von Pearson et al. (2010) wurden 1732 Patienten erfasst. Bei denen, die innerhalb eines Jahres eine depressive Episode erlitten, war die Insulinresistenz nach Anpassung an dietätische Faktoren und Verhalten bei Männern um 13,2 Prozent und bei Frauen um 6,1 Prozent erhöht, was die These ebenfalls unterstützt, dass Depressive eine verminderte Insulinsensitivität haben. Als Maß für die Insulinsensitivität wurde der HOMA Index benutzt.

Timonen et al. (2005) kamen in ihrer Querschnittsstudie mit 491 Patienten ebenfalls zu dem Schluss, dass Depression und verminderte Insulinsensitivität positiv miteinander korrelieren. Die Korrelation nach Spearman betrug $r=-0,13$ ($p=0,004$) zwischen Insulinresistenz und Depression.

Okamura et al. (2002) untersuchten 22 depressive Patienten bezüglich ihrer Insulinsensitivität vor und nach einer medikamentösen antidepressiven Behandlung im Vergleich mit einer Kontrollgruppe. Sie stellte fest, dass sich erstens die Insulinsensitivität signifikant von der Kontrollgruppe unterschied und zweitens sie nach der Behandlung sich ebenfalls signifikant verbesserte. Die Insulinsensitivität wurde mit Hilfe eines intravenösen und oralen Glukose-toleranztests ermittelt.

Ganz in die Gegenrichtung wies die Studie von Lawlor et al. (2003), die besagt, dass Individuen mit einer gesteigerten Insulinresistenz weniger wahrscheinlich depressiv würden. In der Untersuchung mit 4286 Frauen im Alter von 60 bis 79 Jahren in Großbritannien stieg die Prävalenz linear mit der steigenden Insulinresistenz unter den Frauen, die kein Diabetes hatten. Die Autoren erklärten sich dieses Ergebnis dadurch, dass Personen mit einer erhöhten Insulinresistenz einen höheren Serotoninspiegel hätten und dadurch weniger wahrscheinlich depressiv werden könnten.

Studien zu Änderungen der Insulinsensitivität bei Depressiven durch Ausdauerbelastung konnte bei der Literatursuche bisher nicht gefunden werden.

2.9 Spiroergometrie

„Die Spiroergometrie -synonyme Bezeichnung Ergospirometrie und Ergospirographie- ist ein diagnostisches Verfahren, mit dem sich qualitativ und quantitativ die Reaktion von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel auf muskuläre Arbeit sowie die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit beurteilen lassen.“ (Hollmann & Hettinger 2000, S. 332).

Man kann also mit dieser Methode eine physische Leistung bei gleichzeitiger Erfassung des respiratorischen Gasstoffwechsels messen. Macfarlane (2001) resümiert in seiner Übersichtsstudie, dass die Spiroergometrie valide und reliable Messungen erlaubt. Auch Hodges et al. (2005) sind der Überzeugung, dass die metabolische Analyse der Atemgase eine wissenschaftlich robuste Methode für die Evaluation der kardiopulmonalen Funktion darstellt.

Bei der SALOME-Studie wurden Herzfrequenz, EKG und erreichte Leistung sowie die metabolischen Variablen Laktat, Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe erfasst.

2.10 Isokinetische Kraftmessung

Die isokinetische Bewegungsform ist ein unnatürlicher Bewegungsablauf, denn über den gesamten Kontraktionszyklus bleibt die Geschwindigkeit konstant. Dies wird durch dadurch erreicht, dass sich der Widerstand der aufgebrachten Kraft angleicht. Jedoch schon Moffroid (1969) bezeichnete die Isokinetik zur Messung der Kraft als valide und reliabel. Auch Mayer et al. kamen zu einem den wissenschaftlichen Kriterien entsprechendem Ergebnis: „Für wissenschaftliche Untersuchungen im Bereich der motorischen Hauptbeanspruchungsform Kraft mit ihren Subkategorien Maximalkraft und lokale Kraftausdauer hat sich bei korrekter Anwendung die isokinetische Methode als brauchbar erwiesen.“ (Mayer et al. 1994, S. 285).

Abernethy et al. (1995) hoben die hohe interne Validität und die niedrige externe Validität hervor. So stellten sie die Übertragbarkeit der Messungen auf athletische Leistungen in Frage.

Die logische Validität ist bei der isokinetischen Messung vorhanden. Logische Validität besteht, wenn die Messung die Leistung, die gemessen werden soll, beinhaltet.

Hohe Reliabilitäten ($r > 0,9$) wurden im Allgemeinen bei allen Tests erreicht, wobei die meisten Tests sich aber auf das Drehmoment beschränkten. Die gute Reproduzierbarkeit hat sich besonders im maximalen Drehmoment (peak torque), der absoluten Arbeit (absolute work) und der durchschnittlichen Leistung (average power) gezeigt (Burdett & van Swearingen, 1987).

Pincivero et al. (2002) erreichten einen Korrelationskoeffizienten mit einer Range zwischen 0,88 und 0,97 für einen Krafttest der Kniebeuger und Kniestrecker mit fünf Wiederholungen bei 60 °/s zwischen zwei Tests mit einem Abstand von sieben Tagen. Für einen Ausdauerstest mit 30 Wiederholungen bei 180 °/s wurde ein Korrelationseffizient mit einer Range von 0,82 bis 0,92 gefunden. Ähnliche Ergebnisse präsentierten Manou et al. (1997) mit verschiedenen Tests zur Kraft und Ausdauer an 12 gesunden Probanden mit einem Korrelationskoeffizienten von insgesamt 0,82.

Die Erfassung der Daten gilt dabei als semiobjektiv, da die gemessenen Daten unter anderem von der Motivation und Mitarbeit des Probanden abhängig sind. Bei der SALOME-Studie wurden Maximalkraft, lokale Kraftausdauer und die niedrig intensive schnelle Kraft gemessen.

3. Patienten, Material und Methode

Ziel dieses Kapitels ist es, das Studienprotokoll und den Ablauf der Studie zu dokumentieren. Ferner wird auf die Trainings- und Kontrollgruppe, anthropometrische Daten und die erfassten Variablen aus Spiroergometrie und Isokinetik eingegangen. Hinzu kommt die Präsentation des Versuchsprotokolls und des Versuchsablaufs.

3.1 Studienprotokoll und Studienablauf

3.1.1 Überblick

Der Begriff „SALOME“ steht für die **S**ekundärprävention **a**ffektiver Störung bei **Ä**lteren mittels normobarer **O**xxygenierung oder **m**oderatem Ausdauertraining. Diese Studie ist eine interdisziplinäre Arbeit zwischen verschiedenen Abteilungen der Universitätsklinik. Beteiligt sind: Psychiatrie und Psychotherapie, die Sportmedizin, die Endokrinologie, die Radiologie sowie das geriatrische Zentrum der Universität Tübingen. Es handelt sich hierbei um eine prospektive, randomisierte und kontrollierte Studie, mit dem Ziel die Effekte einer Bewegungsintervention mit der einer Scheinintervention (Sauerstofftherapie) hinsichtlich der Sekundärprävention von Depressionen zu vergleichen. Die Studie wurde durch die Landesstiftung Baden-Württemberg finanziert.

3.1.2 Rekrutierung der Probanden

Die Aufnahme der Probanden in die Studie erfolgte über die gerontopsychiatrische Ambulanz der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen, Depressionsstationen, Ambulanzdiensten, dem Bündnis-gegen-Depression Neckar-Alb assoziierte Ärzte und Kliniken im Raum Neckar Alb, als auch über monatlich erscheinende Zeitungsanzeigen im Kreis Tübingen und Reutlingen. Angelegt war die Studie auf insgesamt 80 Personen,

was jedoch nicht erreicht wurde, obwohl die Rekrutierungszeit um ein Jahr auf September 2008 verlängert wurde. Die Dauer der Studie betrug also insgesamt fast 4 Jahre von Oktober 2005 bis September 2009, mit einer Laufzeit von 12 Monaten für jeden Probanden.

3.1.3 Untersuchungen

Die Probanden wurden während ihrer Studiendauer insgesamt zu drei Terminen untersucht. Es fand eine Eingangsuntersuchung (T0) und Untersuchungen nach sechs (T1) und nach zwölf (T2) Monaten statt. Hierbei wurden jeweils die Daten der verschiedenen Abteilungen erfasst. Nur die radiologische Abteilung unterzog die Probanden zum Zeitpunkt T0 und T2 einer Magnetresonanztomographie, um Veränderung des Körperfettgehaltes zu erhalten.

Die sportmedizinische Untersuchung beinhaltete eine körperliche Untersuchung zu den Zeitpunkten T0 und T1, ein Ruhe- und Belastungs-EKG und eine Spiroergometrie mit gleichzeitig stattfindender Laktatmessung zu allen Terminen. Die isokinetischen Daten wurden mit mindestens einem Tag Pause ebenfalls dreimal erhoben.

3.1.4 Studienteilnahme, Einschlusskriterien

Teilnehmer der Studie waren Männer oder postmenopausale Frauen, die älter als 50 Jahre waren und eine rezidivierende depressive (F33) oder bipolare Störung (F31) aufwiesen.

Innerhalb der letzten 6 Wochen vor der Teilnahme war eine depressive Episode (Ham-D > 18, suzidal, psychotisch) mit Teilremission (Ham-D Abfall um 50% und Ham-D > 8) oder vollständiger Remission (Ham-D < 9) diagnostiziert worden, weshalb sich die Probanden in ambulanter oder (teil)stationärer Behandlung mit Entlassung innerhalb von 10 Tagen befanden. Der Hamilton Score war zum Zeitpunkt des Beginns der Studie kleiner als 18.

3.1.5 Ausschlusskriterien

Folgende Faktoren führten, neben nicht erfüllten Einschlusskriterien, zum Ausschluss:

Internistisch:

- schwere Herz- und Kreislauferkrankungen wie zum Beispiel akute koronare Herzkrankheit und instabile Angina pectoris
- schweres Asthma bronchiale
- schwere körperlich oder geistige Behinderung
- dokumentierte Epilepsie
- zerebrale Substanzdefekte (> fünf Millimeter) oder zerebrale ischämische Ereignisse
- Diabetes mellitus mit indizierter Insulintherapie
- Steroidtherapie (>10 mg Prednisolon pro Tag über mehr als 14 Tage
- Operation, die weniger als drei Monate zurückliegt

Psychiatrisch:

- anhaltende depressive Störung
- psychotische Symptome
- akute Suizidalität
- manische Störung oder gemischte Episode einer bipolaren Störung
- Anzeichen von Demenz oder kognitiver Störung (Mini-Mental-Status<25 Punkte)
- aktuelle Medikation mit klassischen Antidepressiva und Neuroleptika bei einer Dosierung >25 mg Amitriptylin oder 25 mg Melperon
- Psychotherapie

Sonstige:

- Regelmäßiger Ausdauersport >zwei Stunden pro Woche
- Gehstrecke <1000m

- Anfahrtszeit >1 Stunde
- geplanter Wohnortwechsel oder Urlaub >fünf Wochen

Abbruchkriterien

Die Studie konnte jederzeit ohne Angaben von Gründen auf Wunsch des Patienten abgebrochen werden. Ein Abbruch fand ebenfalls statt, wenn einer oder mehrere der Ausschlusskriterien erfüllt wurden.

3.2 Trainingsgruppe

Nach der randomisierten Zuteilung der Patienten in die Trainingsgruppe sollten diese ein Ausdauertraining bei vorgegebener Herzfrequenz von 90% an der individuellen anaeroben Schwelle in Form von Nordic Walking oder nur Walking absolvieren. Die Probanden sollten dreimal pro Woche jeweils 60 min unter Anleitung in der Sportmedizin trainieren. Im 2. Halbjahr reduzierte sich das Training auf zweimal pro Woche mit einer zusätzlichen freiwilligen Einheit. Dabei wurde hauptsächlich das Laufband und zu einem geringen Teil das Fahrradergometer benutzt. Im Sommer fand das Training im freien auf dem Gelände des Institut für Sportwissenschaften Tübingen statt. Alle zusätzlich freiwilligen Einheiten sollten in einem Trainingstagebuch mit Erfassung der durchschnittlichen Herzfrequenz festgehalten werden. Zusätzlich sollten sowohl Datum, Uhrzeit, Dauer und Art der Trainingseinheit sowie das Befinden vor und nach dem Training festgehalten werden.

3.3 Kontrollgruppe

Patienten dieser Gruppe erhielten eine Sauerstofftherapie nach von Ardenne. In den ersten 6 Monaten fand dies unter Anleitung in der Psychiatrischen Klinik in Tübingen statt. Der Umfang war ebenfalls auf dreimal pro Woche festgelegt mit einer Dauer von 20 Minuten pro Einheit. Dabei wurden vier Liter pro Minute 80

prozentiger Sauerstoff normobar inhaliert. Nach 6 Monaten erfolgte eine Reduzierung des Umfangs auf zweimal pro Woche.

3.4 Dropouts

Insgesamt wurden 56 Probanden erfasst, von denen 19 als Dropouts in der Spiroergometriegruppe zu verzeichnen waren. Es kam zu 7 Dropouts in der Interventions- und 12 Dropouts in der Kontrollgruppe während der Studie, was einer Rate von 33,9% entspricht. 6 Frauen und 1 Mann in der Bewegungsgruppe (26,8%) und 5 Frauen und 7 Männer in der Sauerstoffgruppe (40,0%) schieden aus der Studie aus.

Bei den isokinetischen Messungen waren es 25 Dropouts, da von 6 Probanden die erfassten Daten nicht bei allen Messungen gespeichert worden sind. Somit lag die Dropoutquote bei 44,6%, aufgeteilt in 9 Probanden in der Interventionsgruppe (34,6%) und 16 in der Kontrollgruppe (53,3%). Die 9 Probanden in der Interventionsgruppe setzten sich aus 7 Frauen und 2 Männern und die 16 Probanden in der Kontrollgruppe aus 8 Frauen und 8 Männern zusammen.

Die Gründe für den Abbruch waren persönlicher, internistischer oder orthopädischer Natur. Ausgenommen davon sind diejenigen, dessen Daten nicht gespeichert worden sind.

3.5 Anthropometrische Daten

Folgende Daten wurden erfasst: Alter, Body Mass Index und Geschlecht. Für das Kollektiv der Spiroergometrie ergab sich ein mittleres Alter von 60,6 (SD 6,0) Jahren für die Interventionsgruppe und von 64,0 (SD 6,9) Jahren für die Kontrollgruppe. Weiterhin hatten diese einen BMI von durchschnittlich 28,1 (SD 3,9) kg/m² (Bewegungsgruppe) und 26,9 (SD 5,0) kg/m² (Sauerstoffgruppe). Damit waren die beiden Gruppen sowohl in Alter und BMI statistisch nicht signifikant unterschiedlich (Signifikanzniveau $p=0,05$). Die

Geschlechterverteilung war wie folgt: 13 Frauen und 5 Männer waren in der Sauerstoffgruppe und 10 Frauen und 9 Männer waren in der Bewegungsgruppe. Dies traf auch für das Kollektiv der Isokinetik zu, die ein durchschnittliches Alter von 61,4 (SD 5,8) Jahren in der Bewegungsgruppe und 63,4 (SD 7,7) Jahren in der Sauerstoffgruppe aufwiesen. Der Unterschied beim BMI war ebenfalls nicht signifikant (Signifikanzniveau $p=0,05$) was sich in den Zahlen 28,4 (SD 4.1) kg/m^2 (Bewegungsgruppe) und 27,6 (SD 5,1) kg/m^2 (Sauerstoffgruppe) widerspiegelt. Der Gruppe, die nur Sauerstoff erhielt, waren 10 Frauen und 4 Männer angehörig und der, die ein Ausdauertraining absolvierte, 9 Frauen und 8 Männer. Die Bewegungsgruppe bestand also aus mehr Männern (53% vs. 29%), was hinsichtlich der erzielten Trainingseffekte von Bedeutung sein könnte.

3.6 Komorbiditäten

Neben der Depression hatten die SALOME-Probanden noch weitere Erkrankungen mit begleitender Medikation (Erkrankungen bzw. Medikamente mit einer relativen Häufigkeit von kleiner als fünf Prozent wurden nicht berücksichtigt):

Krankheit	Absolute Häufigkeit	Prozent
Hypercholesterinämie	26	70,2
Arterielle Hypertonie	13	35,1
LWS-Syndrom	12	32,4
Schilddrüsendysfunktion	7	18,9
Gonarthrose	7	18,9
Adipositas	7	18,9
Aorteninsuffizienz	6	16,2
Übergewicht	5	13,5
Unterschenkel-Varicosis	4	10,8
Coxarthrose	3	8,1

Nikotinabusus	3	8,1
Schlafapnoesyndrom	2	5,4
KHK	2	5,4
Nicht insulinpfl. DM	2	5,4

Tabelle 1. absolute und relative Häufigkeit von Erkrankungen des spiroergometrischen Kollektivs beginnend mit größter relativer Häufigkeit (Erkrankungen mit einer relativen Häufigkeit von kleiner als fünf Prozent wurden nicht berücksichtigt), Probandenanzahl n=37.

Erläuterung Abkürzungen: LWS- Syndrom: Lendenwirbelsäulen-Syndrom
KHK: Koronare Herzkrankheit
DM: Diabetes mellitus.

Medikation	Absolute Häufigkeit	Prozent
Antidepressiva (SSRI, TCA)	20	54,1
ACE Hemmer, Sartane	9	24,3
ASS	7	18,9
Thyroxin	7	18,9
Statine	5	13,5
Bonchodilatatoren	3	8,1
Betablocker	2	5,4
NSAR	2	5,4

Tabelle 2. absolute und relative Häufigkeit von Medikamenteneinnahme des spiroergometrischen Kollektivs beginnend mit größter relativer Häufigkeit (Medikamenteneinnahme mit einer relativen Häufigkeit von kleiner als fünf Prozent wurden nicht berücksichtigt), Probandenanzahl n=37.

Erläuterung Abkürzungen: SSRI: Selective Serotonin Reuptake Inhibitors
TCA: Tricyclic Antidepressants
ACE: Angiotensin Converting Enzyme
ASS: Acetylsalicylsäure
NSAR: Nichtsteroidale Antirheumatika.

3.7 Spiroergometrie, gemessene Variablen

Nachfolgend sind drei relative Variablen immer in Bezug zum Körpergewicht dokumentiert worden, nämlich die maximale Sauerstoffaufnahme, die maximal erzielte Leistung und die Leistungen an der individuell anaeroben Schwelle. Zum besseren Verständnis wird auf diese Variablen nun genauer eingegangen.

3.7.1 Maximale Sauerstoffaufnahme

„Das Bruttokriterium der Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel ist die maximale Sauerstoffaufnahme.“ (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 293). Die maximale Sauerstoffaufnahme korreliert somit im hohen Maße mit der allgemeinen aeroben Ausdauer und ist daher eine verlässliche Variable zur Erfassung der Gesamtleistungsfähigkeit. „Die maximale Sauerstoffaufnahme definiert das obere Limit des kardiopulmonalen Systems und gilt als ein objektives Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit.“ (Wonisch et al., 2003, S. 383). Dickhuth (2000) sieht die relative maximale Sauerstoffaufnahme als Maß für die aerobe Arbeitskapazität. Die höchste maximale Sauerstoffaufnahme wird bei Frauen im Alter zwischen 15-16 Jahren erreicht, bei den Männern zwischen 18-19 Jahren. Die größte Differenz zwischen den Geschlechtern beträgt etwa 25-33 Prozent, wobei die Männer eine höhere Aufnahme aufweisen. Bei nicht ausdauertrainierten Personen nimmt die aerobe Kapazität bis zum 60. Lebensjahr um 25-33 Prozent ab.

Die relative Sauerstoffaufnahme hat die Einheit ml/min/kg und liegt bei männlichen Personen durchschnittlich zwischen 40-55 ml/kg/min und bei Frauen zwischen 32-38 ml/kg/min (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000, S. 314ff).

Wie schon im Grundlagenteil erwähnt, ist die maximale Sauerstoffaufnahme größtenteils genetisch determiniert. Die Autoren nennen hier Werte zwischen 66% und 93% (vgl. Hollmann & Strüder, 2009, S. 138). Eine Veränderung durch Training findet im Bereich von 25-33 Prozent statt.

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist von folgenden internen und externen Faktoren abhängig: interne Faktoren: Motivation, Ventilation, Distribution und Diffusion in der Lunge, Herzzeitvolumen, Blutverteilung, arterio-venöse Sauerstoffdifferenz, Blutvolumen, Hämoglobingehalt, dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur und Ernährungszustand; externe Faktoren: Belastungsmodus, Größe und Art der eingesetzten Muskulatur, Körperposition, Sauerstoffpartialdruck und das Klima.

Zur Erreichung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme kann eine ansteigende Belastungsform gewählt werden, auf die später noch genauer eingegangen wird.

3.7.2 Leistung

Sie ist definiert als Kraft mal Weg pro Zeiteinheit beziehungsweise als Arbeit pro Zeiteinheit. Ihre Einheit ist J/s oder W. Die maximale Leistungsfähigkeit ist die Leistung, die unter maximaler Anstrengung im Vergleich zur Ruheleistung erbracht wird. Da sie in direktem Maße von der maximalen Sauerstoffaufnahme abhängig ist, ergeben sich ähnliche Werte bezüglich des Alters und des Geschlechts. Bei Männern gilt als Richtwert für die relative Leistungsfähigkeit 3 W/kg und bei Frauen 2,5 W/kg bis zum 30. Lebensjahr. Ab dann ist ein Absinken der Leistungsfähigkeit zu erkennen, so dass die durchschnittliche Leistung um 0,8 Prozent bei Frauen beziehungsweise 1 Prozent bei Männern pro Jahr abnimmt (vgl. De Marees, 2002, S. 454f).

Sie wird auf dem Laufband mittels der Formel Leistung (W)=9,81 (m/s²) * m (kg) * v (m/s) * sin α errechnet, wobei sin α den Steigungswinkel darstellt (vgl. Hollmann, 2006).

Einflussfaktoren der Leistung decken sich mit denen der maximalen Sauerstoffaufnahme, auch die Trainierbarkeit ist größtenteils vererbt (vgl. Schmidt et al, 2000).

3.7.2.1 Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle

Die individuelle anaerobe Schwelle bezeichnet den Bereich, an der sich Laktatbildung und -abbau im Gleichgewicht halten, das heißt sich im maximalen Steady State befindet. Laktat wird vermehrt gebildet, wenn die Glucose nicht mehr auf aerobem Wege -also unter Sauerstoffverbrauch- verstoffwechselt werden kann, weil der Energiebedarf pro Zeiteinheit mit dem Anstieg der Belastung zu hoch wird. Herangezogen wird daher ein anderer Stoffwechselweg,

nämlich der der anaeroben Glycolyse, bei dem die Glucose zu Laktat als Endprodukt abgebaut wird. Der Anstieg des Laktats kann im Blut gemessen werden. In der Praxis haben sich mehrere Modelle entwickelt (zum Beispiel Stegmann und Kindermann, 1981 und Simon et al., 1983). In der Sportmedizin Tübingen wird nach der Methode von Dickhuth vorgegangen, bei dem vom minimalen Laktatäquivalent (Quotient aus Laktat und Sauerstoffaufnahme) ausgehend 1,5 mmol auf dem Laufband (1,0 mmol bei Radbelastungen) hinzuaddiert werden.

Die individuelle anaerobe Schwelle lässt sich durch Training verändern und zwar dergestalt, dass der aerobe Stoffwechselweg bei steigender Belastung länger aufrecht erhalten werden kann, was in einer Rechtsverschiebung der individuellen anaeroben Schwelle resultiert. Damit wird die individuelle anaerobe Schwelle erst auf einem höheren Belastungsgrad erreicht.

Mittels der individuellen anaeroben Schwelle wurde die Trainingsintensität für die Probanden während der Studie festgelegt.

Ein anderer Einflussfaktor ist der Füllungszustand der Glykogendepots, denn bei Glykogenverarmung liegt die Flussrate der Glykolyse niedriger und damit auch der Laktatakkumulation. Weitere Faktoren sind Laufbandgewöhnung und Vorbelastung (vgl. De Marees, 2002, S. 467ff). Dem Einfluss der Laufbandgewöhnung wurde Rechnung getragen, indem die Probanden bei der ersten Ergometrie eine Gewöhnungsphase von wenigen Minuten 30 min vor der ersten Ergometrie hatten.

3.8 Mittels der Isokinetik gemessene Variablen

Es wurden Werte in folgenden drei Bereichen ermittelt: relative konzentrische Maximalkraft, relative niedrig intensive schnelle Kraft und relative lokale Kraftausdauer.

Es sei hier kurz auf die leistungslimitierenden Faktoren und die Geschlechterdifferenzierung eingegangen. Die Kraft hängt ab vom Muskelfaserquerschnitt, der Faserzahl und Faserlänge und des Zugwinkels.

Außerdem spielen die Motivation und die Koordination eine Rolle. Hinzu kommen speziell für die dynamische Kraft die Größe und Form der zu bewegenden Masse, die Kontraktionsgeschwindigkeit und die Muskelvordehnung. Weitere Unterschiede sind durch Ernährungszustand und Geschlecht sowie Alter gegeben, wie dies im Grundlagenteil schon teilweise erwähnt wurde. Die Frau erreicht im Mittel ihr Maximum mit dem 16-17. Lebensjahr, der Mann erreicht es erst mit dem 18-20. Lebensjahr. Die Frau kann ca. 70 Prozent der Kraft des Mannes aufbringen (Hollmann & Strüder, 2009, S. 194f).

Die Trainierbarkeit der Kraft erreicht beim Mann im Alter zwischen 19-25 Jahren ihren Höhepunkt. Oberhalb des achten Lebensjahrzehnts kommt es nur zu einer geringen morphologischen Adaptation, im Sinne einer Hypertrophie des Muskels. Bei der Frau werden geringere Schwankungen hinsichtlich der Trainierbarkeit nachgewiesen. Zusätzlich muss noch zwischen der Trainierbarkeit von Gliedmaßenmuskulatur und Stammuskulatur unterschieden werden, denn die Trainierbarkeit der Stammuskulatur ist bei beiden Geschlechtern gleich. (vgl. Hollmann & Strüder, 2009, S. 234)

3.8.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft ist die höchstmögliche Kraft, die das neuromuskuläre System bei einer willkürlichen Kontraktion gegen einen überwindlichen oder unüberwindlichen Widerstand auszuüben vermag (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 71). Es wird noch unterschieden zwischen konzentrischer und exzentrischer Maximalkraft. Konzentrisch bedeutet, dass der Widerstand von außen nicht größer ist als die aufgebrachte Kraft und der Muskel sich verkürzt und den Widerstand überwinden kann. Entsprechend bedeutet exzentrisch, dass die äußere Kraft auch bei maximaler Kontraktion größer ist und der Muskel gegen seinen Widerstand gedehnt wird.

Die Isokinetik stellt dabei eine zuverlässige Methode dar, um die Maximalkraft zu erfassen (vgl. Abernethy, 1995). In der Isokinetik wurde dies durch das relative maximale Drehmoment und die relative durchschnittliche Arbeit ermittelt, die sich

als valide Messparameter erwiesen haben (vgl. Hölzke et al., 2002).

Herauszustellen ist vor allem das maximale Drehmoment, was sich als zuverlässige Variable erwiesen hat (vgl. Mayer et al., 1994). Dabei ist das Drehmoment die am Hebelarm angreifende Kraft in Abhängigkeit von der Länge des Hebelarmes. Die verwendete Einheit ist Newtonmeter (Nm). Die Arbeit am Isokineten ist definiert als das Produkt von Drehmoment und dem Bewegungsausmaß gemessen in Grad und hat die Einheit Joule (J). Will man die durchschnittliche Arbeit ermitteln, so wird der mittlere Durchschnitt von mehreren Messungen gebildet.

3.8.2 Kraftausdauer

Sie ist definiert als die Ermüdungswiderstandsfähigkeit eines Muskels oder einer Muskelgruppe gegenüber lang anhaltenden Kraftleistungen. Die Verringerung der Kraftstöße beziehungsweise der Spannungsverlust soll dabei möglichst gering gehalten werden (Frey & Hildenbrandt, 2002, S.72).

Als Messmethoden gelten hier Wiederholungstests nach der Anzahl der Wiederholungen bei einer festgelegten Bewegungsgeschwindigkeit. Horstmann und Venter (2004) empfehlen eine Belastungszeit zwischen 60 und 80 Sekunden, Mayer et al. (1994) betrachten eine Wiederholungszahl von mindestens 15 Wiederholungen als sinnvoll. Dabei können als Maß der Kraftausdauer verschiedene Variablen wie die Gesamtarbeit aller Wiederholungen oder die durchschnittliche Arbeit ermittelt werden. Andere arbeiten mit dem sogenannten Ermüdungsindex, bei dem die letzten Wiederholungen des maximalen Drehmoments mit denen der letzten Bewegungszyklen ins Verhältnis gesetzt werden. Montgomery et al. (1989) zeigten hier eine hohe Reliabilität für die Gesamtarbeit und für die durchschnittliche Leistung (intra class correlation=0,92) für einen Ausdauerstest, bei dem in 45 Sekunden möglichst viele Wiederholungen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s absolviert werden mussten. In einer Untersuchung von Kannus et al. (1992) konnten gute Ergebnisse hinsichtlich der Variabilität für einen Ausdauerstest mit 25 Wiederholungen für die Gesamtarbeit

und für die Arbeit während der letzten fünf Wiederholungen erzielen. Mayer et al. (1994) sind der Meinung, dass sich die lokale konzentrische Kraftausdauer am besten bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s messen lässt. Sie kommen aber zu dem Schluss, dass die Reproduzierbarkeit der Kraftausdauer nach einer Studie von Kannus (1994) reduziert ist. Da die durchschnittliche Arbeit in direktem Maße (Gesamtarbeit/ Zahl der Wiederholungen) von der Gesamtarbeit abhängt, kann man auch für die durchschnittliche Arbeit von einer guten Variabilität und Reliabilität ausgehen.

3.8.3 Niedrig intensive schnelle Kraft

Hierbei handelt es sich nicht um einen bereits von der Wissenschaft definierten Begriff. Er ist nicht synonym zu verwenden mit dem Begriff der Schnellkraft. Die Definition der Schnellkraft besagt eine möglichst große Kraftentfaltung in einer möglichst kurzen Zeit. Die Zeit war durch die Winkelgeschwindigkeit von 180°/s vorgegeben und es wurde die Gesamtarbeit von fünf Wiederholungen erfasst, und damit also kein potentielles Maximum eines Bewegungsablaufes gemessen. Da diese Messungen in ihrer Ausprägung keiner der bisherigen Definitionen entsprechen, wurde dieser Begriff gewählt.

3.9 Versuchsprotokoll und Versuchsablauf

Im folgenden Teil ist das Laufband, der Dynamometer und der Versuchsablauf beschrieben.

3.9.1 Leistungsdiagnostik auf dem Laufband

Zur Erfassung der Daten wurde ein Mehrstufentest auf dem Laufband (h/p/cosmos Saturn, HP Cosmos Sports & Medical GmbH, Traunstein, Deutschland) unter Zuhilfenahme eines Belastungs-EKGs (Cardio Smart ST, Marquette Hellige GmbH, Freiburg im Breisgau, Deutschland) durchgeführt.

Die Probanden atmeten mit einer Atemmaske (Vmask, Hans Rudolph KC MO, Kansas City, USA), wobei der Atemstrom mittels eines Flowmeters (Metalyzer 3B, Cortex Biophysik GmbH, Frankfurt, Deutschland) ausgewertet wurde. Dabei wurde die Breath by Breath Methode verwandt, die exakt Veränderungen der Atemgase erfassen kann.

3.9.1.1 Laufbandergometer

Auf dem Laufband kann die erbrachte Leistung des Probanden ermittelt werden. Hinzu kommt, dass durch die Blutentnahme am hyperämisierten Ohrläppchen in Erfahrung gebracht werden kann, auf welchem Stoffwechselwege -aerob oder anaerob- die Leistung zustande kam. Dazu wird die Konzentration des Laktats im Ohr gemessen mittels des Geräts Ebio Plus der Firma Eppendorf AG in Hamburg (Deutschland).

3.9.1.2 Laufbandprotokoll

Nachdem der Patient an das EKG und das Spirometer angeschlossen war, konnte die Messung gestartet werden. Diese begann mit einer zweiminütigen Erfassung der Ruhewerte, bevor die Belastung startete. Jede Belastungsstufe dauerte drei Minuten und am Ende der Stufe wurde während der Belastung etwa 10 µl Blut am Ohr abgenommen. Nach jeder Stufe wurde die Leistung erhöht, indem die Steigung und die Geschwindigkeit des Laufbandes erhöht wurden.

Stufe	Geschwindigkeit [km/h]	Steigung [%]
2 Minuten stehen = Referenzphase (Ruhe)		
1	3	0
2	3,7	3,0
3	4,4	4,9

4	5,1	6,3
5	5,8	7,4
6	6,5	8,2
7	6,5	9,8
8	6,5	11,4
9	6,5	13,0
10	6,5	14,6
11	6,5	16,2
12	6,5	17,8
13	6,5	19,4
14	6,5	21,0

Tabelle 3. Darstellung des Laufbandprotokolls.

So dauerte die Belastung je nach Leistungsfähigkeit zwischen 15 und 25 Minuten. Der Abbruch der Belastung wurde vom Probanden selbst bestimmt, wobei er aber angehalten wurde sich auszubelasten und möglichst zu einer vollen Minute den Abbruch zu vollziehen. Nach jeder Stufe musste der Proband den subjektiven Anstrengungsgrad auf einer Borg Skala angeben. Die BORG Skala beinhaltet ein Intervall von natürlichen Zahlen von 6-20, wobei sechs einer sehr leichten Belastung und 20 eine äußerst schwere Belastung darstellt. Nach der Belastung wurde noch fünf Minuten die Messung (inklusive einer Laktatmessung nach einer Minute und nach drei Minuten) fortgeführt, um auch die Erholungswerte zu erfassen.

Dieses Belastungsprotokoll lehnt sich an eine Studie von Porszasz (2003) an, bei der nach einem linearen Anstieg der Leistung für Personen mit niedriger Ausdauerleistungsfähigkeit gesucht wurde.

3.9.1.3 Ausbelastungskriterien

Hier wird zwischen subjektiven und objektiven Kriterien unterschieden. Die Probanden in der SALOME-Studie konnten ihre Belastung nach subjektivem Anstrengungsgrad beenden, wobei sie in der BORG Skala ihren Grad der Anstrengung angeben mussten (>16 gilt als Ausbelastung). Als häufige Gründe für den Abbruch wurden Atemnot, Schwindel oder orthopädische Probleme angegeben.

Objektive Kriterien für einen Abbruch ist die gemessene Konzentration an Laktat (>5 mmol/l), Levelling-Off der Sauerstoffaufnahme, der respiratorische Quotient (>1) oder der Blut pH $<7,25$ (vgl. De Marees, 2002 S. 457f und Dickhuth, 2000, S. 197).

Des Weiteren müssen pathologische Vorgänge während der Belastung wie Dyspnoe oder EKG-Veränderungen, die auf eine Ischämie hindeuten, beachtet werden.

3.9.1.4 Breath by Breath Analyse

Bei dieser Methode werden die metabolischen Variablen O₂-Aufnahme und CO₂-Abgabe bei jedem Atemzug gemessen, was den Vorteil hat, dass schnelle Änderungen der Parameter erfasst werden können. Einschränkend muss man hier allerdings hinzufügen, dass bei dem Gerät Metalyzer 3B alle 10 s Werte gemittelt werden.

3.9.1.5 Untersuchungsablauf - Test und Retest

Vor der Belastung wurden die Patienten ohne Schuhe gewogen und die Körperlänge ermittelt. Dazu wurde eine Messung des Bauchumfangs und die Abnahme eines Ruhe-EKGs durchgeführt. Auch wurde den Probanden für weitere Untersuchungen der Psychiatrischen Klinik Tübingen Blut abgenommen. Danach wurde den Probanden eine hyperämisierende Salbe (Finalgon) auf das

rechte Ohrläppchen aufgetragen, um die Blutentnahme später zu erleichtern. Anschließend wurden sie an das Belastungs-EKG angeschlossen. Außerdem wurde der Blutdruck bestimmt. Zum Schluss bekamen die Studienteilnehmer eine Maske aufgesetzt, an denen die Messsonde zur Ermittlung der Atemgase nach der Messung der Partialdrücke der Umgebungsluft befestigt wurde. Danach erfolgte eine zweiminütige Erfassung der Ruhewerte, während die Patienten lafbereit auf dem Laufband standen. Der Start des Laufbandprotokolls fand im Anschluss statt. Jede Stufe dauerte drei Minuten, wobei nach jeder Minute ein EKG mit einer Geschwindigkeit von 50 mm/s für fünf Sekunden geschrieben wurde. Etwa 15 s vor dem Ende einer Stufe wurde die Belastungshöhe nach BORG erfragt und 10 µl Blut am rechten Ohrläppchen mittels einer Glaskapillare während der Belastung entnommen. Aus dem EKG wurde die Herzfrequenz am Ende der jeweiligen Stufe mittels eines EKG-Lineals entnommen.

Nach Beendigung des Tests konnten sich die Probanden auf einen Stuhl setzen und ihnen wurde venöses Blut am Arm abgenommen (wiederum für die Psychiatrische Abteilung der Universitätsklinik Tübingen) und die EKG Messung auf 5 mm/s umgestellt, um eventuell auftretende Herzrhythmusstörungen zu erfassen.

Nach 1, 3 und 5 Minuten wurde nochmals ein EKG geschrieben und die letzte Messung des Laktats erfolgte nach 3 Minuten.

3.9.2 Isokinetische Kraftmessungen mittels Dynamometers

Die Messungen erfolgten an dem isokinetischen Kraftmessgerät ISO 2000 (Ferstl GmbH, Hemau, Deutschland) in der Sportmedizin Tübingen, welche circa eine Woche versetzt zu den Laufbanduntersuchungen stattfanden, um Auswirkungen der Spiroergometriemessung auf die Erfassung der isokinetischen Daten zu vermeiden. Dabei wurden Variablen der Kraft der rechten knieumgebenden Muskulatur erfasst. Da es sich um eine ungewohnte Bewegungsform handelte, wurden zu Beginn drei Messungen und zu den beiden Retests zwei Messungen

mit Abstand von jeweils einigen Tagen absolviert. Der jeweils maximale Wert aller erfassten Daten wurde berücksichtigt. Dies soll mögliche koordinative Schwachstellen minimieren, damit ein möglichst genauer Kraftmesswert ermittelt werden kann.

Bei dem verwendeten Gerät war die Winkelgeschwindigkeit der Gelenkbewegung, die Bewegungsrichtung und das Bewegungsausmaß vorgegeben, wodurch die Leistungsfähigkeit einzelner Muskelgruppen genau erfasst und mit Hilfe einer Software ausgewertet werden kann.

3.9.2.1 Aufbau des Testprotokolls

Die Probanden absolvierten Messungen bei drei verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten am rechten Knie und zwar bei 60°/s, 120°/s und 180°/s, wobei hier die konzentrische Maximalkraft und die Kraftausdauerfähigkeit der Kniestreck- und Beugemuskulatur ermittelt wurde. Weiterhin wurde eine Messung der isometrischen Maximalkraftfähigkeit in der Extension bei einer Gelenkstellung von 30° durchgeführt.

3.9.2.2 Geräteeinstellung

Zunächst wurde jeder Proband mit zwei Oberkörpergurten, einem Hüftgurt und einem Oberschenkel-Klettband in aufrechter Sitzposition so fixiert, dass eine Unterstützung der Hüft- und Rumpfmuskulatur nicht möglich war. Außerdem erfolgte eine Fixierung am rechten Unterschenkel durch ein Klettband mit der Positionierung des Knieadapter-Pads im Bereich des mittleren Drittels des Unterschenkels. Anschließend wurde mit Hilfe des Laserpointers das Rotationszentrum der Maschine auf den Gelenkspalt ausgerichtet. Die Sitzfläche wurde bei jedem Patienten waagrecht gestellt.

Weitere Einstellungen wie die Sitzlehnenneigung und -verschiebung, die Auszugsarmlänge und –seite und die Hubsäulenlänge erfolgten individuell. Nachdem diese Einstellungen einmal gespeichert wurden, konnten alle weiteren

Messungen unter den gleichen Bedingungen durchgeführt werden. Die Messungen wurden unter Korrektur der Schwerkraftkomponente durchgeführt. Eine Verblindung war aus technischen Gründen nicht möglich.

3.9.2.3 Testablauf

Jeder Proband durchlief ein automatisiertes Testprogramm, welches mit einer zweiminütigen Aufwärmphase mit 30 submaximalen Bewegungsabläufen bei 60°/s begann. Danach folgte ein Durchgang mit fünf konzentrischen Wiederholungen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/s, um hier ein Maß für das maximale Drehmoment zu erhalten. Im Anschluss wurden nochmals fünf Wiederholungen diesmal bei 180°/s durchgeführt, was ein Parameter für die niedrig intensive schnelle Kraft darstellte. Es erfolgte eine isometrische Messung mit zwei Durchgängen zu je 3 Sekunden in Extension bei einer festgelegten Gelenkwinkelstellung von 30°, welches die maximale statische Kraft erfassen sollte. Auf diese Messung wird in dieser Arbeit aber nicht eingegangen. Sie sei nur der Vollständigkeit wegen genannt. Zum Schluss erfolgten 35 dynamische konzentrische Wiederholungen bei 120°/s zur Erfassung der lokalen Muskelkraftausdauer. Der Bewegungsbereich bei den dynamischen Tests war jeweils +10° in Extension und +90° in Flexion. Zwischen den einzelnen Testprogrammen hatten die Teilnehmer eine Pause von einer Minute. Vor jeder neuen Testgeschwindigkeit führte der Proband zwei bis drei Probewebewegungen durch. Während der Belastung standen die Probanden unter Supervision und erhielten zu den jeweiligen Tests kurze Erläuterungen. Zudem wurden sie verbal motiviert den Testablauf mit maximaler Anstrengung durchzuführen.

3.9.2.4 Testprotokoll

Bewegungsrichtung und Bewegungsausmaß	Belastungsform	Winkelgeschwindigkeit bzw. Winkelposition	Bewegungsanzahl
Extension/Flexion 10°Ext.-90° Flex.	konzentrisch	60°/s	Aufwärmphase: 30 kontinuierliche Bewegungsabläufe in beiden Bewegungsrichtungen unter submaximaler Anstrengung
1 Minute Pause			
Extension/Flexion 10°Ext.-90° Flex.	konzentrisch	60°/s	5 kontinuierliche Bewegungen in beiden Bewegungsrichtungen unter maximaler Anstrengung. Vor Messaufzeichnung 2-3 submaximale Probebewegungen
1 Minute Pause			
Extension/Flexion 10°Ext.-90° Flex.	konzentrisch	180°/s	5 kontinuierliche Bewegungen in beiden Bewegungsrichtungen unter maximaler Anstrengung. Vor Messaufzeichnung 2-3 submaximale Probebewegungen
1 Minute Pause			
Extension	isometrisch	30°	2 maximale Anspannungsphasen zu je 3 Sekunden, dazwischen Entspannungsphase von ca. 1 Sekunde. Vor Messaufzeichnung 2-3 submaximale Probeanspannungen
1 Minute Pause			
Extension/Flexion 10°Ext.-90° Flex.	konzentrisch	120°/s	35 kontinuierliche Bewegungen in beiden Bewegungsrichtungen unter maximaler Anstrengung von der ersten Bewegung an. Vor Messaufzeichnung 2-3 submaximale Probebewegungen

Tabelle 4. Darstellung des Testprotokolls der isokinetischen Kraftmessung.

3.9.2.5 Auswertungsparameter

Testgeschwindigkeit 60°/s und 180°/s

Für jeden Testdurchlauf wurden alle fünf Wiederholungen in Extension und Flexion gemessen. Erfasst wurden das maximale Drehmoment und die durchschnittliche Arbeit, welche in Relation zum Körpergewicht gesetzt wurden, so dass die Einheit für das relative maximale Drehmoment Nm/kg und die relative durchschnittliche Arbeit J/kg darstellt. Es wurden noch weitere Variablen bestimmt, die aber in dieser Arbeit keinen Eingang finden, da dies sonst den Rahmen der Dissertation überschreiten würde.

Testgeschwindigkeit 120°/s

Die Probanden absolvierten 35 Wiederholungen in Extension und Flexion, mit der Erfassung der durchschnittlichen Arbeit, die wiederum auf das Körpergewicht bezogen wurde. Auch hier wurden weitere Messungen vorgenommen, die aber unberücksichtigt bleiben. Die Dauer dieses Tests betrug zwischen 60 und 80 Sekunden. Die Probanden konnten auf einem Monitor die Zahl der Wiederholungen ablesen.

3.9.3 Statistische Auswertung und Datenverarbeitung

Die SALOME-Studie ist eine prospektive randomisierte kontrollierte Studie mit älteren Depressiven in (Teil-) Remission. Die Randomisierung in eine Bewegungs- und eine Sauerstoffgruppe erfolgte blind mittels einer zentralen Blockrandomisierung durch einen unabhängigen Statistiker.

Für die Erfassung der Daten wurde für die Spiroergometrie das Programm MetaSoft und für die isokinetischen Kraftmessungen das Programm IsoMed Software benutzt, welche anschließend zur Auswertung manuell in das Softwarerogramm JMP 5.1 (SAS Institut, Heidelberg, Deutschland) eingegeben

wurden. Danach erfolgte die Bereinigung der Daten von Dropouts. Anschließend wurde überprüft, ob die Daten einer Normalverteilung entsprachen und die Varianzen in den Stichproben gleich waren. Dies wurde anhand des Shapiro-Wilk W Tests (Prüfung auf Normalverteilung) beziehungsweise der Tests nach Bartlett, Levene, Brown-Forsythe und O'Brien (Prüfung auf gleiche Varianz in den Stichproben) angewandt. Normalverteilung und gleiche Varianz wurden angenommen, wenn der Signifikanzwert größer als 0,05 ($p > 0,05$) war.

Normalverteilung und gleiche Varianz

Wenn bei allen Tests $p > 0,05$ gegeben war, wurde Normalverteilung und gleiche Varianz angenommen und der Students t-Test angewandt, um Mittelwerte sowohl zwischen den Gruppen zu den Zeitpunkten S0 und B0, S6 und B6 und S12 und B12 als auch innerhalb der beiden Gruppen zu vergleichen. Außerdem wurde überprüft, ob Mittelwerte zugehöriger Paardifferenzen statistisch von Null unterscheidbar sind. Sichtbar wird dieser Fall (Normalverteilung und gleiche Varianz) in den Graphiken durch „mean diamonds“. Die Breite der Rauten repräsentiert die Anzahl der Einzeldaten und die Höhe der Raute spiegelt das 95%-Konfidenzintervall wider. Tabellarisch sind Standardabweichungen und Prozentangaben dargestellt. Für die Werte der Paardifferenzen sind außerdem die p-Werte zum In-Gruppen-Vergleich und zum Zwischengruppenvergleich angegeben.

Keine Normalverteilung und/oder ungleiche Varianz

Hier wurde der nichtparametrische Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben im Zwischengruppenvergleich und der Wilcoxon Signed Rank Test für abhängige Stichproben im In-Gruppen Vergleich angewandt. Die beiden Tests sind eher für Medianwerte empfindlich, deshalb werden auch nur diese dargestellt. Für den Wilcoxon Signed Rank Test wird die Symmetrie der Daten in der Grundgesamtheit angenommen.

Graphisch stellt sich dies in den „box-whisker plots“ dar, die Breite der Boxen symbolisiert die Anzahl der Einzeldaten, die Höhe steht für die 25./75.-Perzentile, die äußeren Balken stellen die 10./90. Perzentile dar. In den Tabellen sind jeweils wiederum die Prozentangaben zu sehen. Für die Signifikanzwerte der Paardifferenzen gilt dasselbe wie bei den Daten mit Normalverteilung und gleicher Varianz.

Für beide Gegebenheiten war das statistische Signifikanzniveau $p=0,05$. Kleinere p -Werte sind in der Graphik dargestellt. Erfolgt keine Darstellung des p -Wertes, ist $p>0,05$.

Graphisch sind die Einzelverläufe durch „matching lines“ für die einzelnen Parameter dargestellt.

Korrelationen

Drei Graphiken sind erstellt worden, die eine Korrelation zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme und Maximalkraft bzw. Insulinsensitivität aufzeigen sollen. Der Korrelationskoeffizient r wurde nach Pearson berechnet nach einer Überprüfung der Daten auf Normalverteilung.

4. Ergebnisse

Da die Kollektive der spiroergometrischen und isokinetischen Gruppen nicht deckungsgleich waren, werden sie hier getrennt aufgeführt. Die Inkongruenz kam zustande, weil einige Daten der isokinetischen Messungen nicht im System gespeichert werden konnten.

Die Erfassung der verschiedenen Variablen zur Eingangsuntersuchung wurde mit S0 bei der Sauerstoffgruppe und mit B0 bei der Bewegungsgruppe gekennzeichnet. Entsprechend wurden die Retests nach 6 und 12 Monaten mit S6 und S12 in der Sauerstoffgruppe beziehungsweise mit B6 und B12 in der Bewegungsgruppe kodiert. Die gemessenen Paardifferenzen zwischen Eingangsuntersuchung und ersten Retest wurden mit S0-6 in der Sauerstoffgruppe (B0-6 in der Bewegungsgruppe) und zwischen Eingangsuntersuchung und Abschlusstest entsprechend mit S0-12 (B0-12) bezeichnet.

In den Tabellen sind Mittelwert, Standardabweichungen, Prozentangaben und der Range beziehungsweise der Median mit den entsprechenden Variablen erfasst.

4.1 Spiroergometrisches Kollektiv

Die Daten von 37 Teilnehmern wurden insgesamt mit in die Studie einbezogen. Somit waren es 18 Personen in der Sauerstoffgruppe aufgeteilt in 13 Frauen und 5 Männern. Die Bewegungsgruppe bestand aus 19 Personen mit 10 Frauen und 9 Männern.

Weniger auswertbare Teilnehmer waren bei der Messung der Daten an der individuellen anaeroben Schwelle, da sich die Probanden vor allem in der Kontrollgruppe nicht genug ausbelasteten, obwohl der subjektive Anstrengungsgrad mittels Borg-Skala hoch war, so dass die individuelle anaerobe Schwelle nicht erreicht wurde. Hier konnten nur Daten von 16

Probanden in der Bewegungsgruppe (7 Frauen und 9 Männer) und 11 Probanden in der Kontrollgruppe (7 Frauen und 4 Männer) erhoben werden.

4.1.1 Trainingsdaten

Für die Darstellung der Trainingsdaten wurden jene 19 Probanden herangezogen, die der Bewegungsgruppe zugeteilt waren. Sie führten ein Trainingstagebuch, in dem die folgenden Daten festgehalten wurden. Dabei stellte T0 hier den Zeitpunkt der ersten absolvierten Trainingseinheit, T1 den ersten Retest nach 6 Monaten und T2 entsprechend den zweiten Retest nach 12 Monaten dar.

Zunächst wurden die Wochen ermittelt, die zwischen T0 und T1 lagen und wieviel von diesen trainiert wurde. Dabei wurden jene Wochen gezählt, in denen mindestens eine Trainingseinheit stattfand. Der Zeitraum zwischen T0 und T1 betrug 29,6 (SD 3,1) Wochen, wovon 91,5 Prozent -also 27,1 (SD 3,3) Wochen- trainiert wurde. Zwischen T1 und T2 lagen 24,1 (SD 4,4) Wochen, von denen 94,1 Prozent oder absolut ausgedrückt 22,7 (SD 3,8) Wochen im Sinne einer Ausdauerbelastung genutzt wurden (Abb. 1).

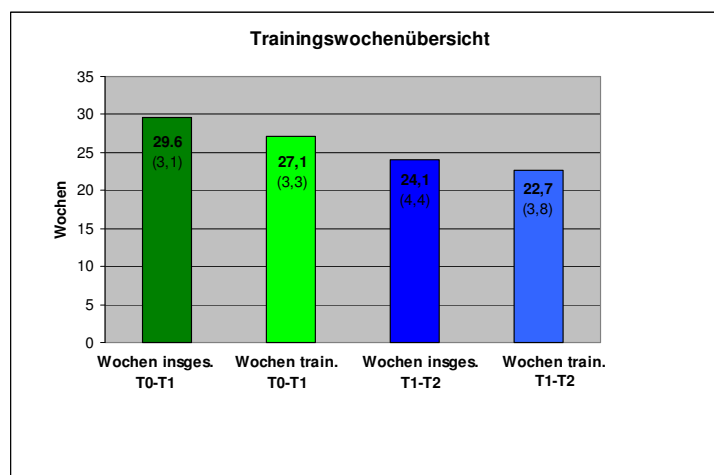


Abbildung 1. Trainingswochenübersicht; Anzahl der Trainingswochen (Mittelwert [SD]) im Vergleich zu vergangenen Wochen zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Zusätzlich wurden die Zahlen der Trainingseinheiten in den entsprechenden Zeiträumen notiert. Zwischen T0 und T1 wurde 74,6 (SD11,6) und zwischen T1 und T2 59,5 (SD 11,8) mal trainiert. Dies entspricht 2,2 (SD 0,3) Trainingseinheiten im ersten Halbjahr, was bedeutet, dass die Probanden die vorgegeben drei Trainingseinheiten zu 74,6 Prozent absolvierten. Im zweiten Halbjahr lag die Vorgabe bei mindestens zwei Einheiten mit einer zusätzlichen dritten freiwilligen Einheit. Die Probanden trainierten durchschnittlich 2,5 (SD 0,4) mal, so dass die Vorgabe mit 24,5 Prozent übertroffen wurde (Abb. 2).

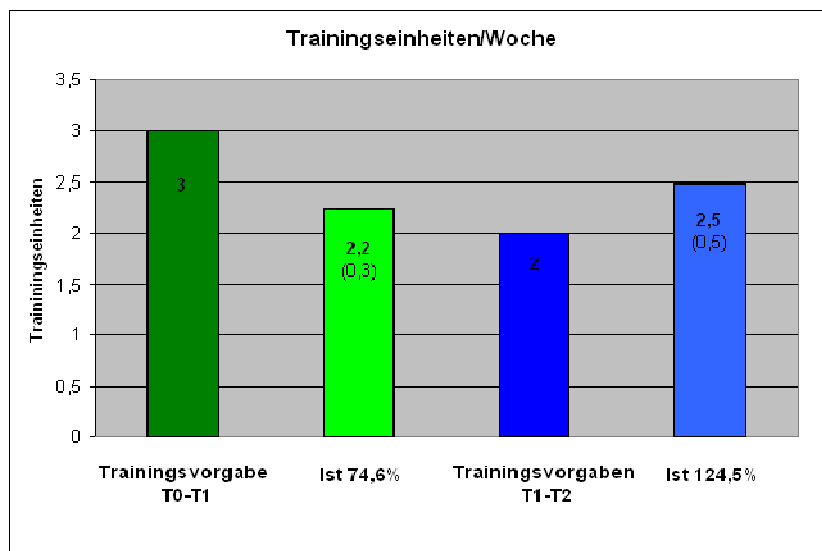


Abbildung 2. Trainingseinheiten/ Woche, Anzahl der Vorgabe der Trainingseinheiten pro Woche (Mittelwert[SD]) im Vergleich zur tatsächlich trainierten Anzahl zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Um auch Aussagen bezüglich des Umfangs einer Trainingwoche treffen zu können, wurden diese ebenfalls festgehalten. Die Vorgabe war im ersten Halbjahr dreimal je 60 Minuten zu trainieren, was einen Gesamtumfang von 180 Minuten pro Woche ergibt. Tatsächlich trainierten die Probanden durchschnittlich 139,6 (SD 29,5) Minuten, so dass sie zu 77,6 Prozent die Vorgabe erfüllten. Im zweiten Halbjahr sollte zweimal pro Woche zu je 60 Minuten trainiert werden. Hier wurde 149,0 (SD 30,4) Minuten trainiert, so dass die Vorgabe um 24,2 Prozent übertroffen wurde (Abb. 3).

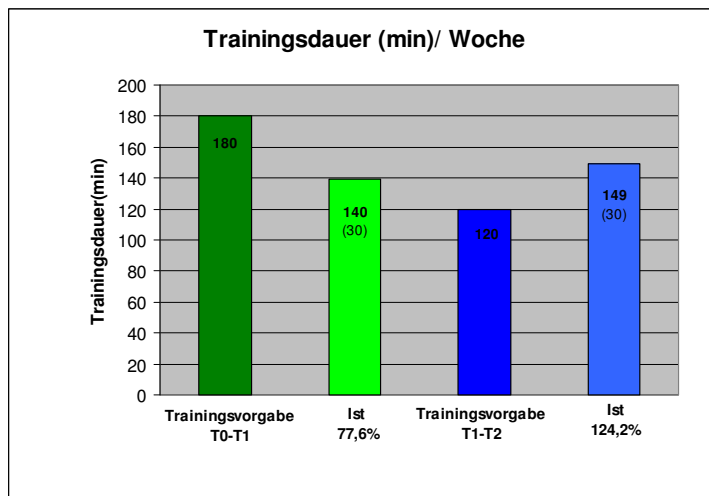


Abbildung 3. Trainingsdauer/ Woche in Minuten; Anzahl der Vorgabe der Trainingsdauer pro Woche (Mittelwert [SD]) im Vergleich zur tatsächlich trainierten Dauer zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Eine weitere Frage war, welche Ausdauerformen gewählt wurden. Vorherrschend war hier zwischen T0 und T1 das Nordic Walking mit 70,9 Prozent, gefolgt vom Radfahren mit 29,0 Prozent. Zu einem kleinen Anteil von 0,2 Prozent wurde geschwommen. Im zweiten Halbjahr zeigte sich ein ähnliches Bild; auffallend war lediglich, dass der Anteil des Schwimmens auf 2,7 Prozent stieg und andere Sportarten wie Aqua Jogging und Inline Skating mit zusammengefasst 0,8 Prozent ebenfalls vertreten waren (Abb. 4).

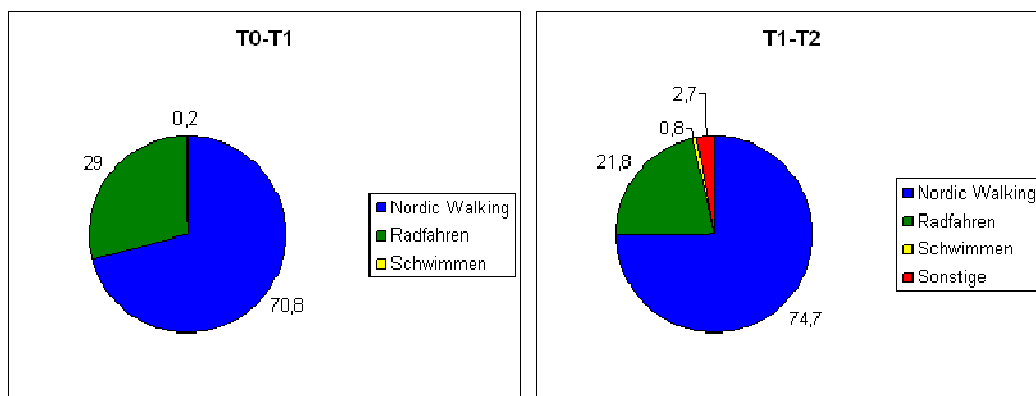


Abbildung 4. Ausgeübte Sportarten zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19

Zum Schluss wurden stichprobenmäßig die Trainingsherzfrequenzen in den Wochen 3/4, 12/13 und 38/39 der Studienteilnahme ermittelt. Die Probanden sollten bei 90 Prozent der Herzfrequenz an der individuellen anaeroben Schwelle trainieren, welche für jeden Probanden beim Eingangstest festgelegt wurde. Die Messungen der beiden Stichproben im ersten Halbjahr ergaben, dass die Herzfrequenzen bei 86,9 Prozent und bei der Erhebung im zweiten Halbjahr bei 87,2 Prozent lagen (Abb. 5).

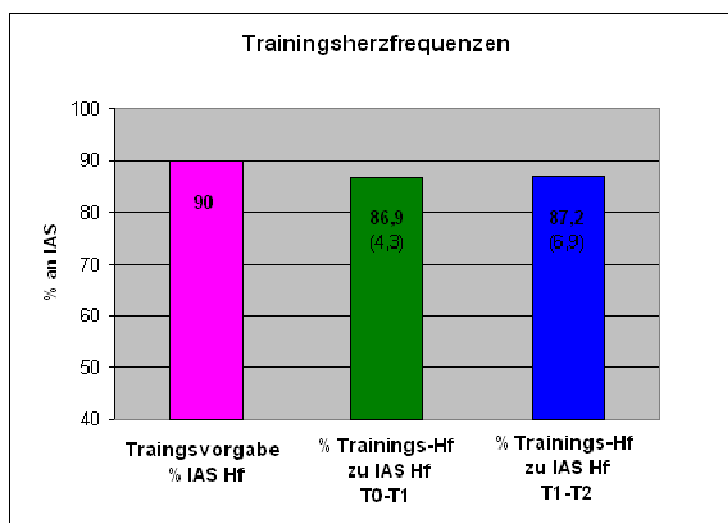


Abbildung 5. Vergleich der prozentualen Vorgabe der Trainingsherzfrequenzen (Mittelwert [SD]) bezogen auf die individuelle anaerobe Schwelle zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 6 (T2) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

So lässt sich der Schluss ziehen, dass die Probanden im Allgemeinen eine gute Compliance zeigten und die Vorgaben zum großen Teil einhielten.

4.1.2 Deskriptive Variablen

Im Folgenden sind Alter und BMI der beiden Gruppen graphisch und tabellarisch zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung dargestellt. Beide Gruppen unterlagen einer Normalverteilung und wiesen die gleiche Varianz auf. Sie unterschieden sich zu diesem Zeitpunkt nicht statistisch signifikant voneinander (Alter: Abb 6, Tab. 5, BMI: Abb. 7, Tab. 6).

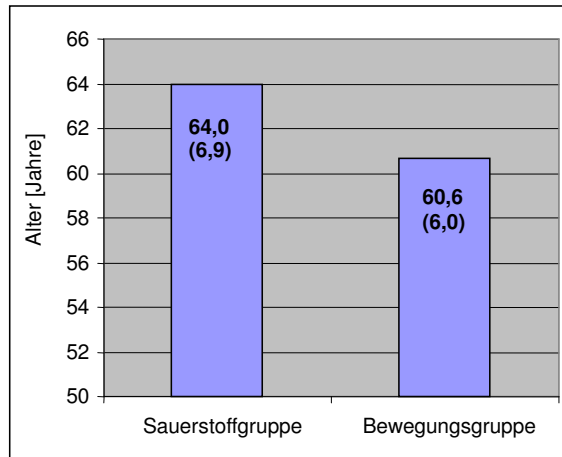


Abbildung 6 Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=18, Bewegungsgruppe: n=19).

Gruppe	Mittelwert/SD
S	64,0 ±6,9
B	60,6 ±6,0

Tabelle 5. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe(S): n=18, Bewegungsgruppe(B): n=19), $p>0,05$.

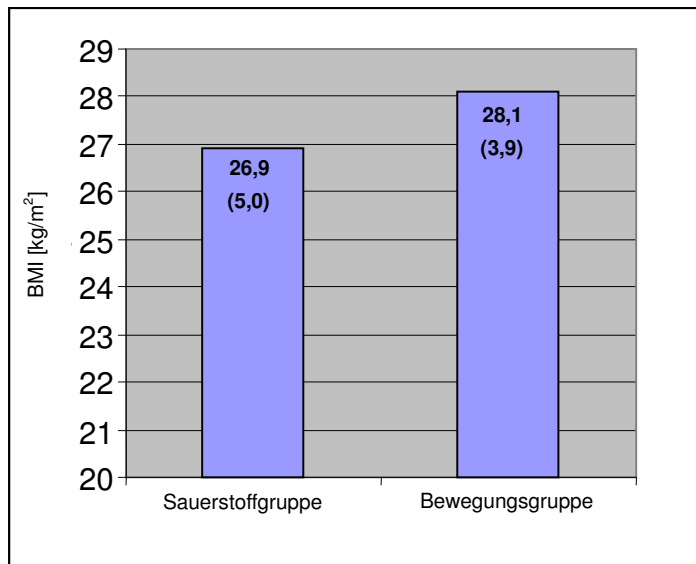


Abbildung 7. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=18, Bewegungsgruppe: n=19), $p>0,05$.

Gruppe	Mittelwert/SD
S	26,9 ±5,0
B	28,1 ±3,9

Tabelle 6. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe (S): n=18, Bewegungsgruppe (B): n=19), p>0,05.

Der Verlauf des BMI wird im Folgenden dargestellt.

Man erkennt in der Sauerstoffgruppe einen Trend zur Gewichtszunahme, während die Bewegungsgruppe ihr Gewicht reduzieren konnte (Abb.8). Dieser Unterschied wird vor allem bei den Paardifferenzen nach 12 Monaten deutlich, bei dem die Differenz statistisch signifikant war (p=0,04, Abb. 9). Bemerkenswert ist, dass der Unterschied eher auf einer Zunahme des BMI in der Sauerstoffgruppe als auf einer Abnahme in der Bewegungsgruppe resultiert.

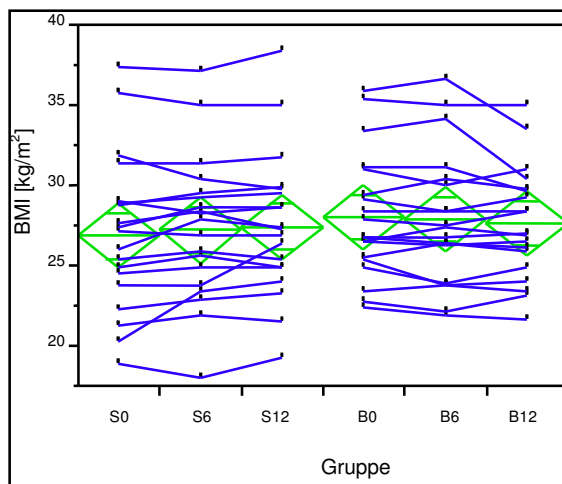


Abbildung 8. Einzelverläufe BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

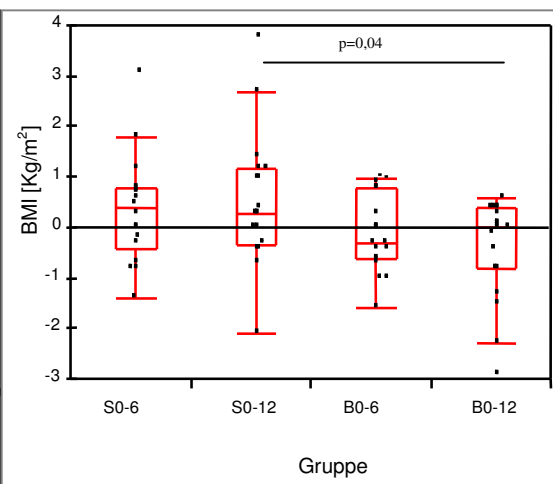


Abbildung 9. Paardifferenzen BMI [kg/m²] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	26,9 ±5,0	
S6	27,3 ±4,6	+1,3%
S12	27,5 ±4,6	+2,0%
B0	28,1 ±3,9	
B6	28,0 ±4,2	-0,4%
B12	27,7 ±3,5	-1,4%

Tabelle 7. Einzelverläufe, BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe	Median	Median in Prozent (Range)
S0-6	0,4	1,6% (-4,4% bis 15,7%)
S0-12	0,3	1,3% (-6,6% bis 18,7%)
B0-6	-0,3	-1,2% (-6,3% bis 3,5%)
B0-12	0	0,0% (-8,7% bis 2,3%)

Tabelle 8. BMI [kg/m²], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe(S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

4.1.3 Verlauf des Hamilton Depressions-Scores

Die Einzelverläufe zeigen bei S6 keine Normalverteilung bei gleicher Varianz, so dass die Darstellung in Boxplots erfolgt. Den Verläufen ist zu entnehmen, dass beide Gruppen einen Rückgang des Hamilton Scores erzielten, der in der Höhe bei der Bewegungsgruppe tendenziell höher ausfiel (Abb. 10). Einschränkend zum Hamilton Score ist zu erwähnen, dass er in den unteren Bereichen (keine bis leichte Depression) leider eine relativ geringe Trennschärfe aufweist. Bei den Paardifferenzen zeigten sich innerhalb der Bewegungsgruppe signifikante Abnahmen des Hamilton Scores nach sechs Monaten ($p=0,05$) und 12 Monaten ($p=0,03$, Abb.11). Die Rückgänge betragen durchschnittlich 2 und 3,5 Punkte (jeweils Median), was prozentual eine Verringerung um 28,6 und 62,5

bedeutet (Tab. 10). Zwischen den Gruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied.

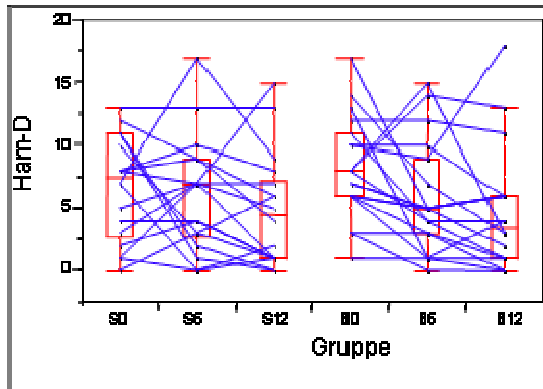


Abbildung 10. Einzelverläufe des Hamilton Depressionsscore zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

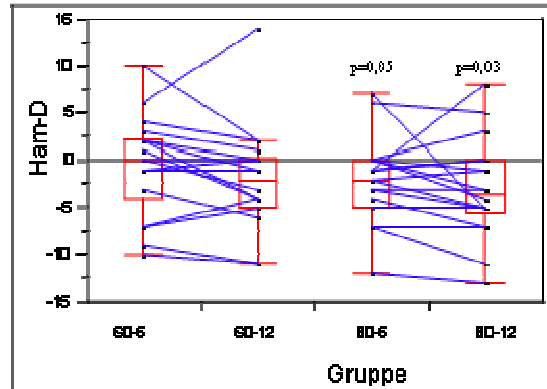


Abbildung 11. Paardifferenzen des Hamilton Depressionsscore nach 6 Monaten und zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. nach 12 Monaten und zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe/ Zeitpunkt	Median	Prozent
S0	7,5	
S6	7,0	-6,7%
S12	4,5	-40,0%
B0	8,0	
B6	5,0	-37,5%
B12	3,5	-56,3%

Tabelle 9. Einzelverläufe des Hamilton Depressionsscore (Median) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe	Median	%Median(Range)
S 0-6	0,0	0,0% (-100% bis 600%)
S 0-12	-2,0	-41,7% (-100% bis 1400%)
B 0-6	-2,0	-28,6% (-100% bis 87,5%)
B 0-12	-3,5	-62,5% (-100% bis 300%)

Tabelle 10. Hamilton Depressions-Score, Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

4.1.4 Leistungsvariablen

4.1.4.1 Relative maximale Sauerstoffaufnahme

Bei der Kontrollgruppe wurde im Verlauf ein Trend zur Abnahme der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme deutlich, denn die Werte nahmen vom Ausgangswert ausgehend jeweils bei den zwei Retests ab. In der Bewegungsgruppe war zunächst eine deutliche Zunahme von 12,3 Prozent auszumachen, die dann aber von einer Abnahme gefolgt wurde. Allerdings war der 12-Monatswert noch deutlich über dem Ausgangswert (Abb. 12).

Bei den Paarverläufen waren sowohl die Differenzen zwischen den beiden Gruppen, als auch innerhalb der Bewegungsgruppe signifikant. Der statistisch stärkste Unterschied war sowohl zwischen den Gruppen ($p = 0,005$) als auch innerhalb der Bewegungsgruppe nach sechs Monaten ($p = 0,0005$, Abb. 13). In der Sauerstoffgruppe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gruppe.

Damit wird deutlich, dass die Bewegungsgruppe eine höhere relative maximale Sauerstoffaufnahme als Maß der Leistungsfähigkeit besitzt.

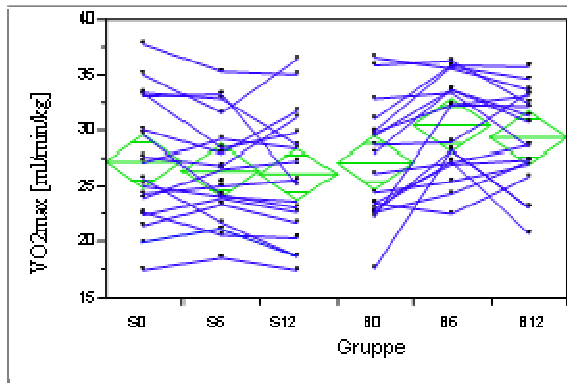


Abbildung 12. Einzelverläufe der relativen VO_2 max [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

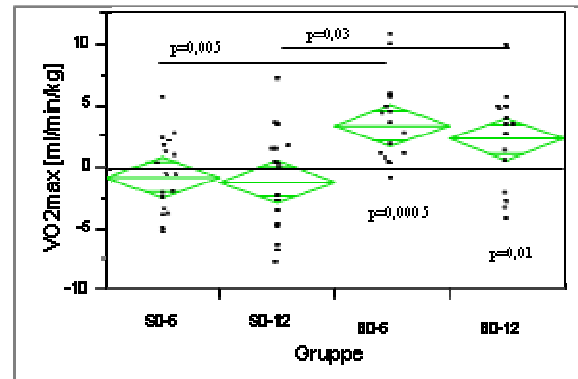


Abbildung 13. Paardifferenzen der relativen VO_2 max [ml/min/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	27,3 ±5,7	
S6	26,5 ±4,7	-3,0%
S12	26,1 ±5,5	-4,1%
B0	27,1 ±5,1	
B6	30,5 ±4,7	+12,3%
B12	29,4 ±4,3	+ 8,4%

Tabelle 11. Einzelverläufe der relativen VO_2 max [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	-0,8 ±3,0	-1,7 (-18,5% bis 28,3%)
S0-12	-1,1 ±4,1	-2,9% (-27,1% bis 35,7%)
B0-6	3,3 ±3,4	14,1% (-4,0% bis 61,4%)
B0-12	2,3 ±3,6	9,9% (-13,1% bis 43,8%)

Tabelle 12. Relative VO_2 max [ml/min/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

4.1.4.2 Relative maximale Leistung

Die Verläufe wiesen bei der Kontrollgruppe nahezu keine Veränderungen auf mit Ausnahme einer statistisch nicht signifikanten Zunahme der Leistung um 7,7 Prozent zum Abschlusstest. Die Verläufe bei der Interventionsgruppe zeigten einen Anstieg der Leistung um 22,9 Prozent nach dem Halbjahrestest um dann auf diesem höheren Niveau zu bleiben (Abb. 14).

In den Paarvergleichen wurde diese Kontinuität besonders deutlich, denn die Leistungen blieben bei den beiden Retests auf ungefähr gleichem Niveau, mit dem Unterschied, dass jeweils die Differenzen innerhalb der Bewegungsgruppe statistisch signifikant ausfielen. Auch zwischen den beiden Gruppen war zumindest zum Halbjahrestest ein signifikanter Unterschied nachzuweisen ($p=0,03$, Abb.15).

Somit war die Bewegungsgruppe auch hier leistungsfähiger als die Gruppe, die Sauerstoff inhalierte.

Die Darstellung erfolgte in Boxplots, da die Verteilung der Bewegungsgruppe zum Halbjahrestest keiner Normalverteilung entsprach, was sich ebenfalls in den Paardifferenzen zum Halbjahrestest niederschlug.

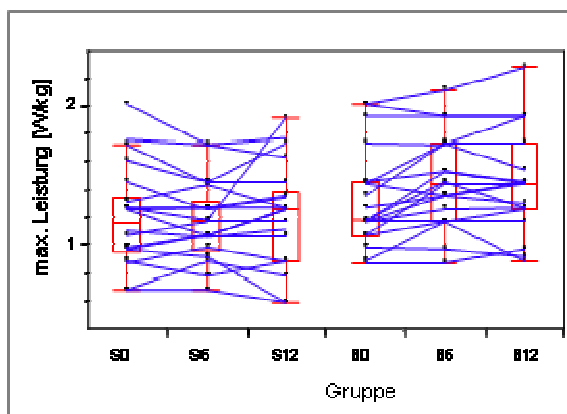


Abbildung 14. Einzelverläufe der relativen maximalen Leistungsfähigkeit [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

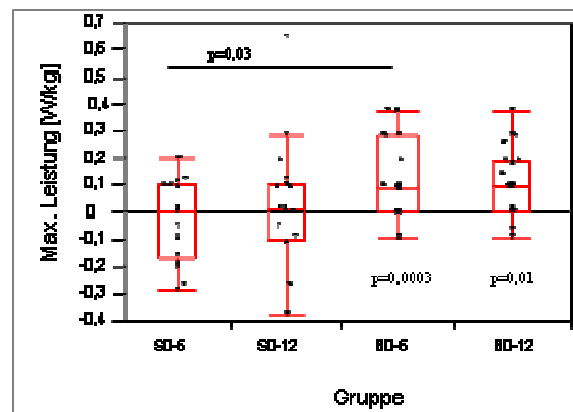


Abbildung 15. Paardifferenzen der relativen maximalen Leistungsfähigkeit [W/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe/ Zeitpunkt	Median	Prozent
S0	1,17	
S6	1,18	+0,9
S12	1,26	+7,7
B0	1,18	
B6	1,45	+22,9%
B12	1,45	+22,9%

Tabelle 13. Einzelverläufe der relativen Leistungsfähigkeit (Median [W/kg]) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Gruppe	Median	Median in Prozent (Range)
S0-6	0,00	0,0% (-15,6% bis 29,4%)
S0-12	0,01	1,0% (-39,2% bis 51,2%)
B0-6	0,09	7,1% (-6,2% bis 35,5%)
B0-12	0,10	9,4% (-6,2% bis 35,5%)

Tabelle 14. relative maximale Leistung [W/kg], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

4.1.4.3 Relative Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle

Ein sehr ähnliches Bild ergab sich bei der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle, denn die Sauerstoffgruppe blieb während der gesamten Studie auf einem Level, während die Bewegungsgruppe ausgehend von einem ähnlichen Leistungsstand sich nach sechs Monaten um 13,1 Prozent verbesserte und diesen Leistungsstand bis zum Ende der Untersuchung sogar noch leicht steigern konnte (Abb. 16).

Dies machte sich sowohl bei den intraindividuellen als auch bei den interindividuellen Veränderungen zu beiden Testzeitpunkten signifikant bemerkbar. Sowohl die Unterschiede innerhalb der Bewegungsgruppe fielen signifikant aus (Halbjahrestest: $p=0,001$, Abschlusstest: $p=0,0005$), als auch die

Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe (Halbjahrestest: $p=0,03$, Abschlusstest: $0,02$, Abb.17).

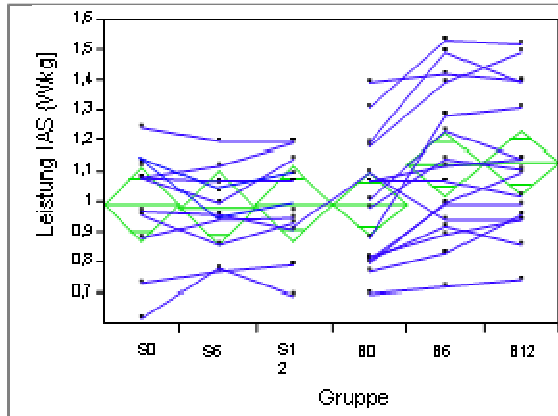


Abbildung 16. Einzelverläufe der relativen Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16) .

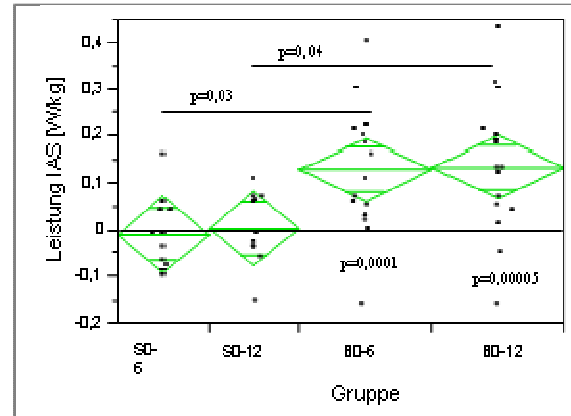


Abbildung 17. Paardifferenzen der relativen Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16) .

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	1,0 ±0,2	
S6	1,0 ±0,1	-1,0%
S12	1,0 ±0,2	0,0%
B0	1,0 ±0,2	
B6	1,1 ±0,3	13,1%
B12	1,1 ±0,2	14,1%

Tabelle 15. Einzelverläufe der relativen Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16).

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	-0,01 ±0,08	0,4% (-10,4% bis 25,8%)
S0-12	0,00 ±0,08	1,2% (-13,4% bis 11,3%)
B0-6	0,13 ±0,13	13,5% (-14,6% bis 45,5%)
B0-12	0,14 ±0,15	14,6% (-14,6% bis +48,9%)

Tabelle 16. relative Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

4.2 Isokinetisches Kollektiv

Bei den isokinetischen Messungen waren es 4 Personen weniger in der Sauerstoffgruppe und 2 Personen weniger in der Bewegungsgruppe in Bezug zu den spiroergometrischen Probanden. Dies bedeutete eine Teilnehmerzahl von 14 Personen in der Kontrollgruppe (10 Frauen und 4 Männer) und 17 Personen in der Interventionsgruppe (9 Frauen und 8 Männer).

4.2.1 Deskriptive Variablen

Die Gruppe, deren Kraftentwicklung untersucht wurde, war der spiroergometrischen Gruppe sehr ähnlich. Die Kontrollgruppe war tendenziell ein wenig jünger aber dafür ist die Bewegungsgruppe etwas älter. Die Body Mass Indizes liegen nicht so weit voneinander entfernt wie dies bei dem spiroergometrischen Kollektiv der Fall war. Deshalb war auch hier kein signifikanter Unterschied auszumachen und es lag eine Normalverteilung und gleiche Varianz vor.

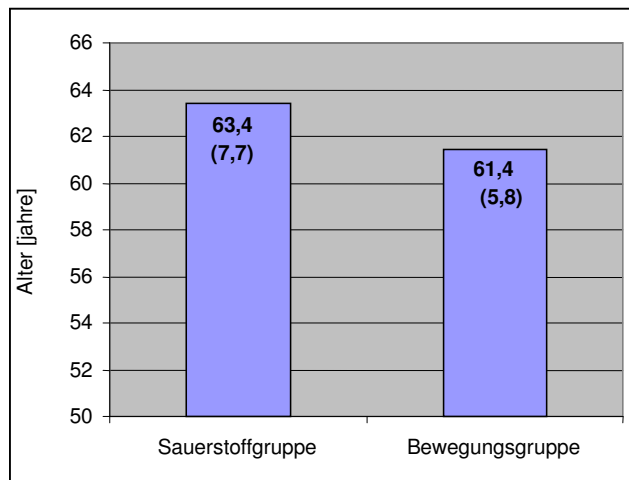


Abbildung 18. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]) isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=14, Bewegungsgruppe: n=17), $p > 0,05$.

Gruppe	Mittelwert/SD
S	63,4 ±7,7
B	61,4 ±5,8

Tabelle 17. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=14, Bewegungsgruppe: n=17).

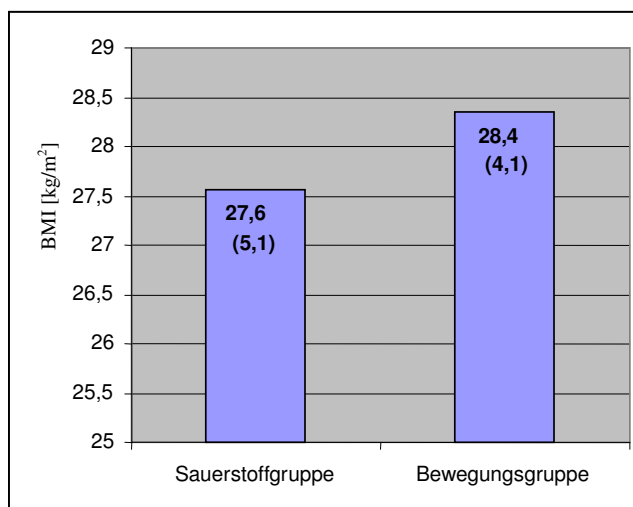


Abbildung 19. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=14, Bewegungsgruppe: n=17), $p > 0,05$.

Gruppe	Mittelwert/SD
S	27,6 ±5,1
B	28,4 ±4,1

Tabelle 18. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe (S): n=14, Bewegungsgruppe (B): n=17), $p > 0,05$.

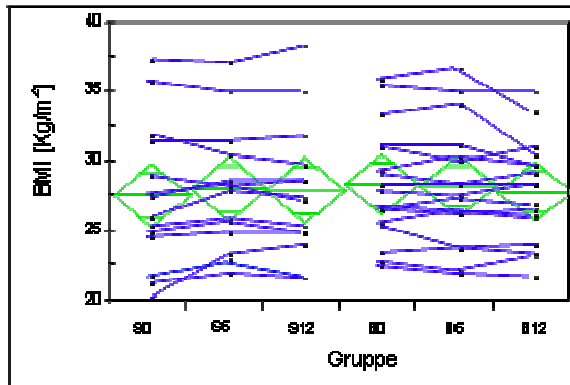


Abbildung 20. Einzelverläufe BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

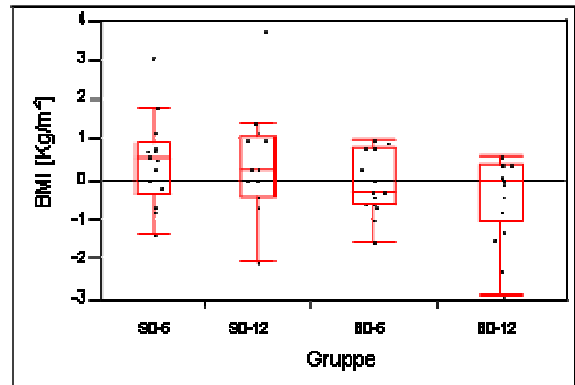


Abbildung 21. Paardifferenzen BMI [kg/m²] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Anschließend sei noch die Entwicklung des BMIs im Verlauf und in den Paardifferenzen dargestellt. Wiederum zeigte der Verlauf eine Zunahme um 2,9 Prozent in der Kontrollgruppe und eine Abnahme um 1,6 Prozent in der Interventionsgruppe (Abb.20). Bei den Paarvergleichen war hier weder bei den inter- noch bei den intraindividuellen Unterschieden eine Signifikanz nachweisbar (Abb.21).

Die Paardifferenzen zur Abschlussuntersuchung bei der Bewegungsgruppe unterlagen keiner Normalverteilung.

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	27,6 ±5,1	
S6	28,0 ±4,4	+1,7%
S12	28,4 ±4,7	+2,9%
B0	28,4 ±4,1	
B6	28,3 ±4,3	-0,3%
B12	27,9 ±3,7	-1,6%

Tabelle 19. Einzelverläufe BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe	Median	Median in Prozent (Range)
S0-6	0,6	2,3% (-4,4% bis 15,3%)
S0-12	0,3	1,1% (-6,6% bis 18,7%)
B0-6	-0,3	-1,1% (-6,3% bis 3,5%)
B0-12	0,0	0,0% (-8,7% bis 2,3%)

Tabelle 20. BMI [kg/m²], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenzahl: S: n=14, B: n=17).

4.2.2 Leistungsvariablen

Aufgrund der Vielzahl von Variablen wurde sich in dieser Arbeit auf folgende Daten beschränkt: Es wurde die konzentrische Maximalkraft, die lokale Kraftausdauer und die niedrig intensive schnelle Kraft ausgewertet. Der letztgenannte Terminus entspricht keiner allgemein gültigen Definition, sondern war ein hier eigenständig angeführter Begriff. Er ist nicht zu verwechseln mit dem Begriff der Schnellkraft, bei der ein möglichst hoher Impuls an Kraft in einer möglichst kurzen Zeit zu entfaltet werden soll (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000). Bei der isokinetischen Messung war die Zeit durch die Winkelgeschwindigkeit vorgegeben.

Für die Daten der konzentrischen Maximalkraft wurde das relative maximale Drehmoment bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60 °/s und 120 °/s und die relative durchschnittliche Arbeit bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60 °/s gewählt.

Für die Erfassung der lokalen Kraftausdauer wurde die relative durchschnittliche Arbeit bei einer Winkelgeschwindigkeit von 120 °/s herangezogen.

Als Maß für die niedrig intensiv schnelle Kraft wurde die relative Gesamtarbeit bei 180 °/s gewählt.

4.2.2.1 Konzentrische Maximalkraft

Relatives maximales Drehmoment 60°/s

In den Einzelverläufen war eine Zunahme des Drehmomentes bei der Bewegungsgruppe zu erkennen, während hingegen die Sauerstoffgruppe an Leistung sogar absank, wenn man den Median als Bezugspunkt wählt. Dieser wurde gewählt, da bis auf die Messung der Sauerstoffgruppe nach sechs Monaten alle Daten nicht normalverteilt waren (Abb. 22).

Noch deutlicher wurde dies bei den Paardifferenzen, denn sowohl die Unterschiede zwischen den Gruppen als auch innerhalb der Gruppe waren statistisch signifikant unterschiedlich. Der größte Leistungssprung wurde innerhalb der Bewegungsgruppe nach 12 Monaten erzielt (Abb. 23, $p = 0,0005$). Alle anderen Differenzen waren ebenfalls statistisch signifikant, so dass hier der Unterschied zwischen den beiden Gruppen besonders zur Geltung kommt.

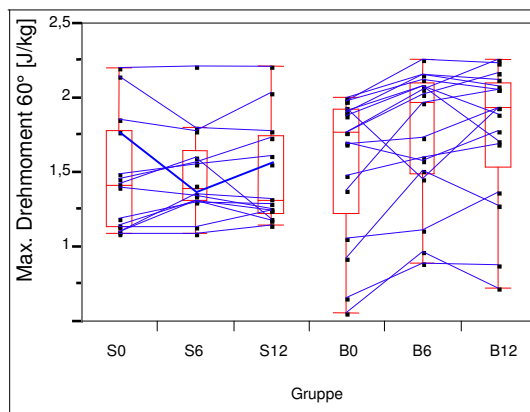


Abbildung 22. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

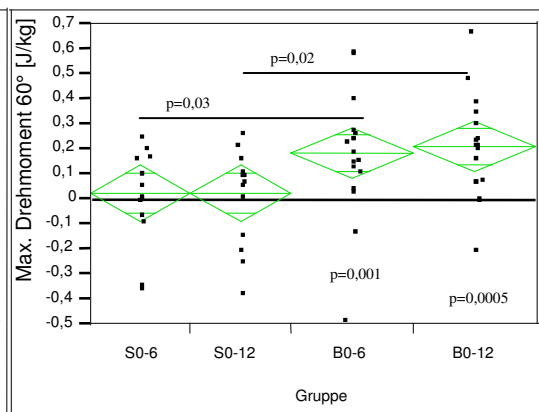


Abbildung 23. Paardifferenzen relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe/ Zeitpunkt	Median	Prozent
S0	1,4	
S6	1,4	-2,1%
S12	1,3	-8,4%
B0	1,8	
B6	2,0	+10,7%
B12	1,9	+9,6%

Tabelle 21. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 60° (Median [J/kg]) der Kniestreckler rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	0,02 ±0,18	3,4% (-19,1% bis 23,1%)
S0-12	0,02 ±0,19	2,9% (-17,2% bis 20,2%)
B0-6	0,18 ±0,25	17,0% (-24,5% bis 73,1%)
B0-12	0,21 ±0,20	16,8% (-10,3% bis 49,3%)

Tabelle 22. relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Relatives maximales Drehmoment 120°/s

Bei den Einzelverläufen war die Varianz ungleich und nur die Messungen der Kontrollgruppe nach einem halben und einem Jahr waren normalverteilt.

Auffällig war, dass der Median im Verlauf bei der Kontrollgruppe um 6 Prozent zur Halbjahresmessung verbessert werden konnte. Diese Zunahme war sogar höher als bei der Interventionsgruppe (Abb. 24).

Dies relativiert sich aber bei den Paardifferenzen, denn hier lag Normalverteilung und gleiche Varianz vor, so dass der Mittelwert als Variable gewählt werden konnte. Hier wurde eine Verbesserung der Leistung der Interventionsgruppe erzielt. Sie steigerte sich zum Halbjahr um 0,14 J/kg,

während die Sauerstoffgruppe nur einen verschwindend geringen Zuwachs erzielt. Die größte Signifikanz zeichnete sich besonders beim Abschlusstest sowohl innerhalb der Gruppe ($p=0,00001$) als auch zwischen den Gruppen ($p=0,0005$) ab. Die Sauerstoffgruppe verringerte sich in ihrer Leistung um 0,3 Prozent, während sich die Bewegungsgruppe um 17,8 Prozent steigerte (Abb 25, Tab. 24).

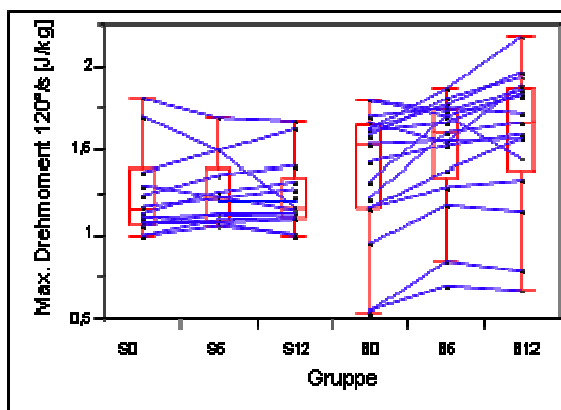


Abbildung 24. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment $120^\circ/\text{s}$ [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

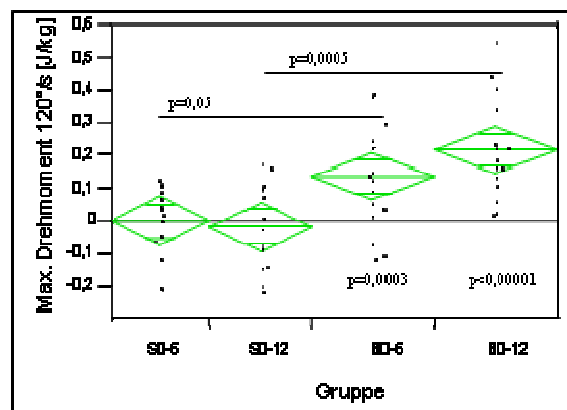


Abbildung 25. Paardifferenzen relatives maximales Drehmoment $120^\circ/\text{s}$ [J/kg] der Kniestrecker rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Gruppe/ Zeitpunkt	Median	Prozent
S0	1,2	
S6	1,2	+6,0
S12	1,2	+0,9%
B0	1,6	
B6	1,6	+3,9%
B12	1,7	+7,7%

Tabelle 23. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 120° (Median [J/kg]) der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	0,00 ±0,11	1,1% (-14,3% bis 10,5%)
S0-12	-0,02 ±0,13	-0,3% (-15,0% bis 15,7%)
B0-6	0,14 ±0,15	13,6 -6,7% bis 54,6%)
B0-12	0,22 ±0,15	17,8% (1,4% bis 43%)

Tabelle 24. relatives maximales Drehmoment 120° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Relative durchschnittliche Arbeit 60°/s

Auch bei der durchschnittlichen Arbeit zeichnete sich ein ähnliches Ergebnis ab. In den Einzelverläufen konnte die Sauerstoffgruppe im Mittel keine Verbesserung erzielen. Die Bewegungsgruppe jedoch steigerte ihre Leistung um 9,8 Prozent nach 6 Monaten, um ihre Leistung dann nach 12 Monaten um insgesamt 20,6 Prozent zu steigern (Abb. 26, Tab. 25).

Die Paardifferenzen bestätigen die Steigerung der durchschnittlichen Arbeit der Bewegungsgruppe mit einem statistisch signifikanten Unterschied im In-Gruppen Vergleich ($p=0,0001$) und im Zwischen-Gruppen-Vergleich (Abb.27, $p=0,01$) zum Abschlusstest. Der Zwischen-Gruppen-Vergleich zum Halbjahrestest war statistisch nicht signifikant.

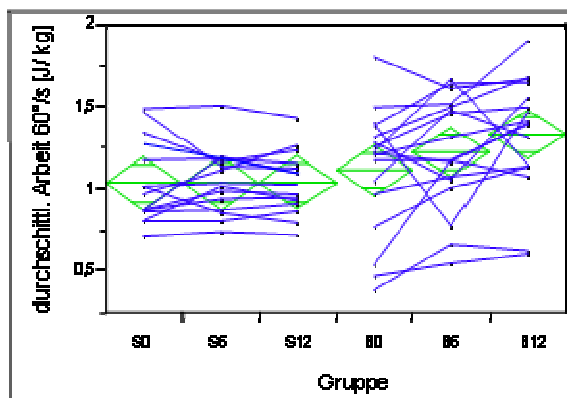


Abbildung 26. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

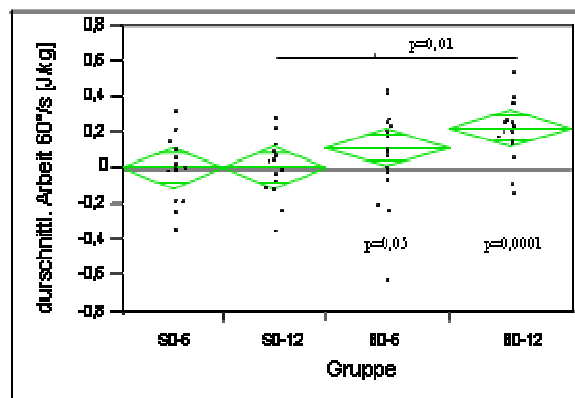


Abbildung 27. Paardifferenzen relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	1,0 ±0,3	
S6	1,0 ±0,2	0,0%
S12	1,0 ±0,2	0,0%
B0	1,1 ±0,4	
B6	1,2 ±0,3	+ 9,8%
B12	1,3 ± 0,4	+20,6%

Tabelle 25. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17) .

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	0,00 ±0,18	2,6% (-22,4% bis 37,1%)
S0-12	0,00 ±0,17	2,8% (-23,4% bis 30,1%)
B0-6	0,11 ±0,29	18,3% (-44,4% bis 120,6%)
B0-12	0,22 ±0,16	25,8% (-7,2% bis 102,5%)

Tabelle 26. relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

4.2.2.2 Lokale Kraftausdauer

Relative durchschnittliche Arbeit 120°

Sie wurde ermittelt aus dem Durchschnitt der geleisteten Arbeit der Wiederholungen 4-8 und 31-35 der insgesamt 35 Wiederholungen bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit von 120°/s bezogen auf das jeweilige Körpergewicht. Die Einzelverläufe zeigten auf, dass sich die Interventionsgruppe im Mittel während des Untersuchungszeitraumes konstant steigern konnte. Lag die Steigerung zum Halbjahrestest bei 11,3 Prozent, war sie zum Abschlusstest bei 13,8 Prozent (Abb.28, Tab. 27).

Die Paardifferenzen verdeutlichten die Zunahme noch einmal mehr, denn gerade beim Abschlusstest bildeten sich statistisch signifikante Unterschiede im In-Gruppen-Vergleich ($p=0,00004$) und im Zwischen-Gruppen-Vergleich ($p=0,002$). Auch die übrigen Differenzen waren statistisch signifikant (Abb.29).

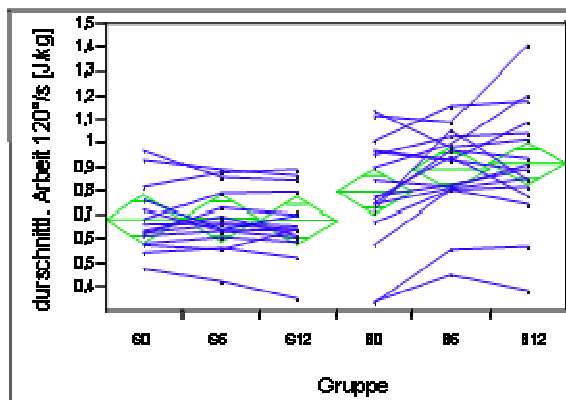


Abbildung 28. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

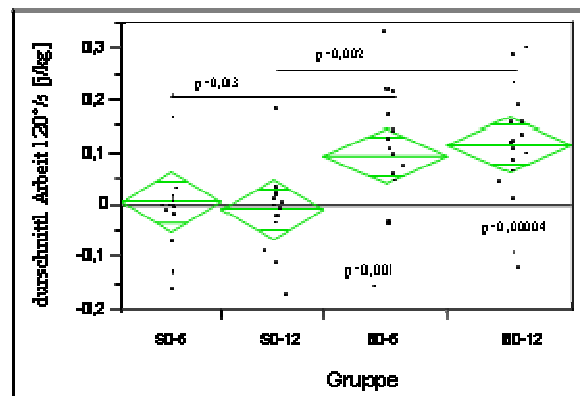


Abbildung 29. Paardifferenzen relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	0,7 ±0,1	
S6	0,7 ±0,1	0,0%
S12	0,7 ±0,2	0,0%
B0	0,8 ±0,2	
B6	0,9 ±0,2	+11,3%
B12	0,9 ±0,2	+13,8%

Tabelle 27. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe	Mittelwert/ SD	Mittelwert in Prozent (Range)
S0-6	0,00 ±0,07	0,9% (-11,9% bis 17,7%)
S0-12	0,01 ±0,08	-1,1% (-26,8% bis 16,7%)
B0-6	0,10 ±0,12	16,8% (-13,2% bis 69%)
B0-12	0,12 ±0,11	17,6% (-10,6% bis 72,6%)

Tabelle 28. relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

4.2.2.3 Niedrig intensive schnelle Kraft

Relative Gesamtarbeit 180°

Sie errechnete sich aus der Addition der geleistetsten Arbeit aus den 5 ausgeführten Wiederholungen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s bezogen auf das jeweilige Körpergewicht. Die Bewegungsgruppe steigerte die relative Gesamtarbeit zum Halbjahrestest von 4,1 J/kg auf 5,0 J/kg, was einer prozentualen Zunahme von 20,4 entsprach, um dann zum Abschlusstest durchschnittlich wieder 0,1 J/kg zu verlieren (Abb.30, Tab 29).

Bei den Paardifferenzen war der Abschlusstest der Interventionsgruppe nicht normalverteilt. Der Median lag bei der Interventionsgruppe signifikant höher im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zum Halbjahrestest hatten die sportlich Aktiven eine Steigerung um 0,7 J/kg zu verzeichnen, während die passiven Sauerstoff-Inhalierer ihre Gesamtarbeit nur um 0,2 J/kg steigern konnten. Das bedeutete einen statistisch signifikanten Unterschied sowohl im Zwischen-Gruppen-Vergleich ($p=0,02$) als auch im In-Gruppen-Vergleich ($p=0,03$). Etwas weniger deutlich fielen die Differenzen zum Abschlusstest aus, obwohl sich die Bewegungsgruppe noch einmal um 0,1 J/kg verbesserte. Die Differenzen waren allerdings immer noch signifikant (Abb 31, Tab. 30).

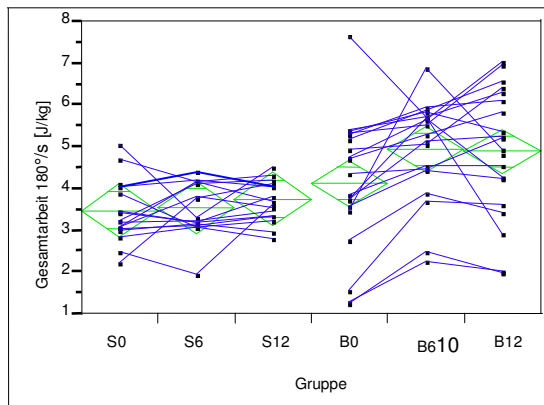


Abbildung 30. Einzelverläufe relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

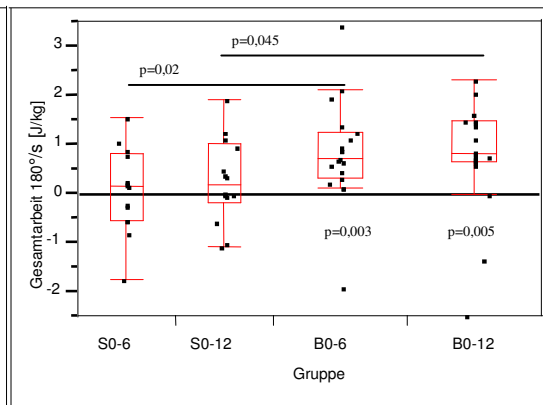


Abbildung 31. Paardifferenzen relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe/ Zeitpunkt	Mittelwert/ SD	Prozent
S0	3,5 ±0,8	
S6	3,6 ±0,7	+2,0%
S12	3,8 ±0,5	+7,8%
B0	4,1 ±1,6	
B6	5,0 ±1,2	+20,4%
B12	4,9 ±1,5	+18,9%

Tabelle 29. Einzelverläufe relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Gruppe	Median	Median in Prozent (Range)
S0-6	0,2	4,4% (-34,3% bis 70%)
S0-12	0,2	5,6% (-28,1% bis 87%)
B0-6	0,7	18,3% (-25,2% bis 135,8%)
B0-12	0,8	23,7% (-45,8% bis 130,9%)

Tabelle 30. relative Gesamtarbeit 180° [J/kg], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

4.3 Korrelation von Gesamtleistungsfähigkeit und Kraftparameter

Nach der Betrachtung der spiroergometrischen und isokinetischen Daten stellte sich die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen beiden Datengruppen bestand. Stellvertretend für eine Assoziation von Gesamtleistungsfähigkeit und Kraft konnte in dieser Studie ein tendenzieller Zusammenhang zwischen den Paardifferenzen der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme und des relativen maximalen Drehmoments bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/s aufgezeigt werden. Beide Variablen waren normalverteilt, so dass der Korrelationskoeffizient r nach Pearson 0,43 ($p=0,08$) zwischen den Paardifferenzen von Eingangstest und Abschlusstest betrug (Abb. 32).

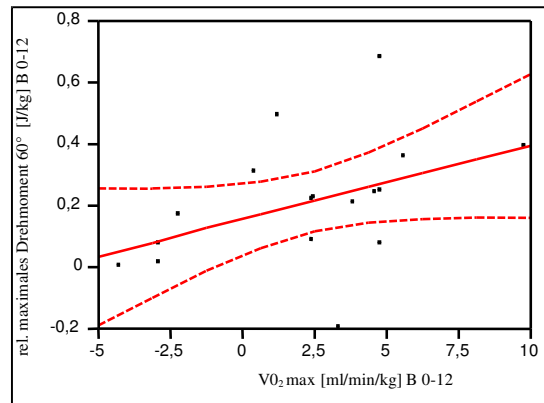


Abbildung 32. Korrelation zwischen Paardifferenz der rel. $VO_2\text{max}$ [ml/min/kg] und der Paardifferenz des relativen maximalen Drehmoments bei einer Winkelgeschwindigkeit von $60^\circ/\text{s}$ zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten ($r=0,43$, $p=0,08$, Probandenanzahl $n=17$);
 ----- 95 % Konfidenz-intervall.

4.4 Korrelation von Matsuda Index und Variablen der Leistungsfähigkeit

Auch der Matsuda Index, als Marker für die Insulinsensitivität, wies eine tendenzielle Korrelationen zu den gemessenen Variablen auf. Die größte Korrelation mit $r= -0,41$ ($p=0,12$) nach Pearson bestand zwischen dem Ausgangswert der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle und der Paardifferenz des Matsuda-Index zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten, womit ein -allerdings nicht signifikanter- Zusammenhang nachzuweisen war (Abb.33). Dies könnte darauf hindeuten, dass Probanden mit einer niedrigen Ausdauerleistungsfähigkeit (ausgedrückt durch die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle) am meisten von einem Training hinsichtlich ihrer Insulinsensitivität profitieren. Dies zeigt sich auch an der Korrelation der Paardifferenzen zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten von Matsuda Index und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme mit $r=0,36$ ($p= 0,17$). Diejenigen, die sich bezüglich der maximalen Sauerstoffaufnahme am meisten verbesserten, hatten auch tendenziell die größten Veränderungen der Insulinsensitivität (Abb. 34).

Alle anderen Berechnungen (z.B. mit den Paardifferenzen der maximalen Leistung, der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle) ergaben kleinere Werte (siehe Anhang).

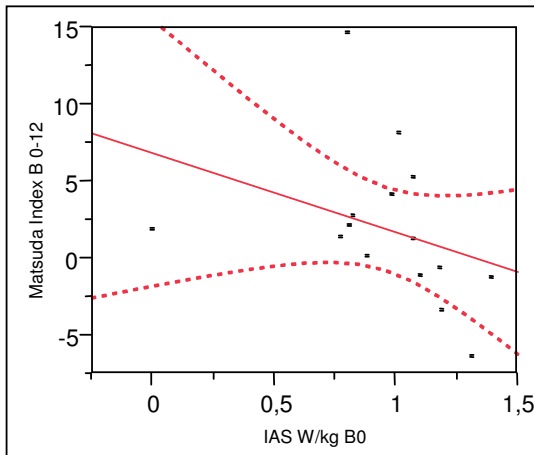


Abbildung 33. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten und des Ausgangswert der rel. Leistung an der indiv. anaeroben Schwelle ($r=-0,41$, $p=0,12$, Probandenanzahl $n=16$); --- 95% Konfidenzintervall.

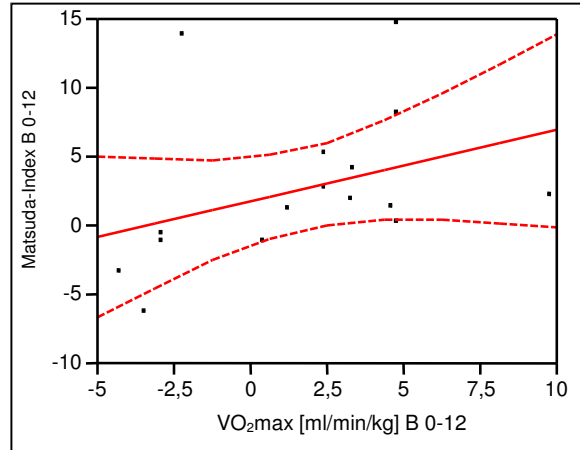


Abbildung 34. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index und rel. VO_2 max zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten ($r=0,36$, $p=0,17$, Probandenanzahl $n=19$); --- 95 % Konfidenzintervall.

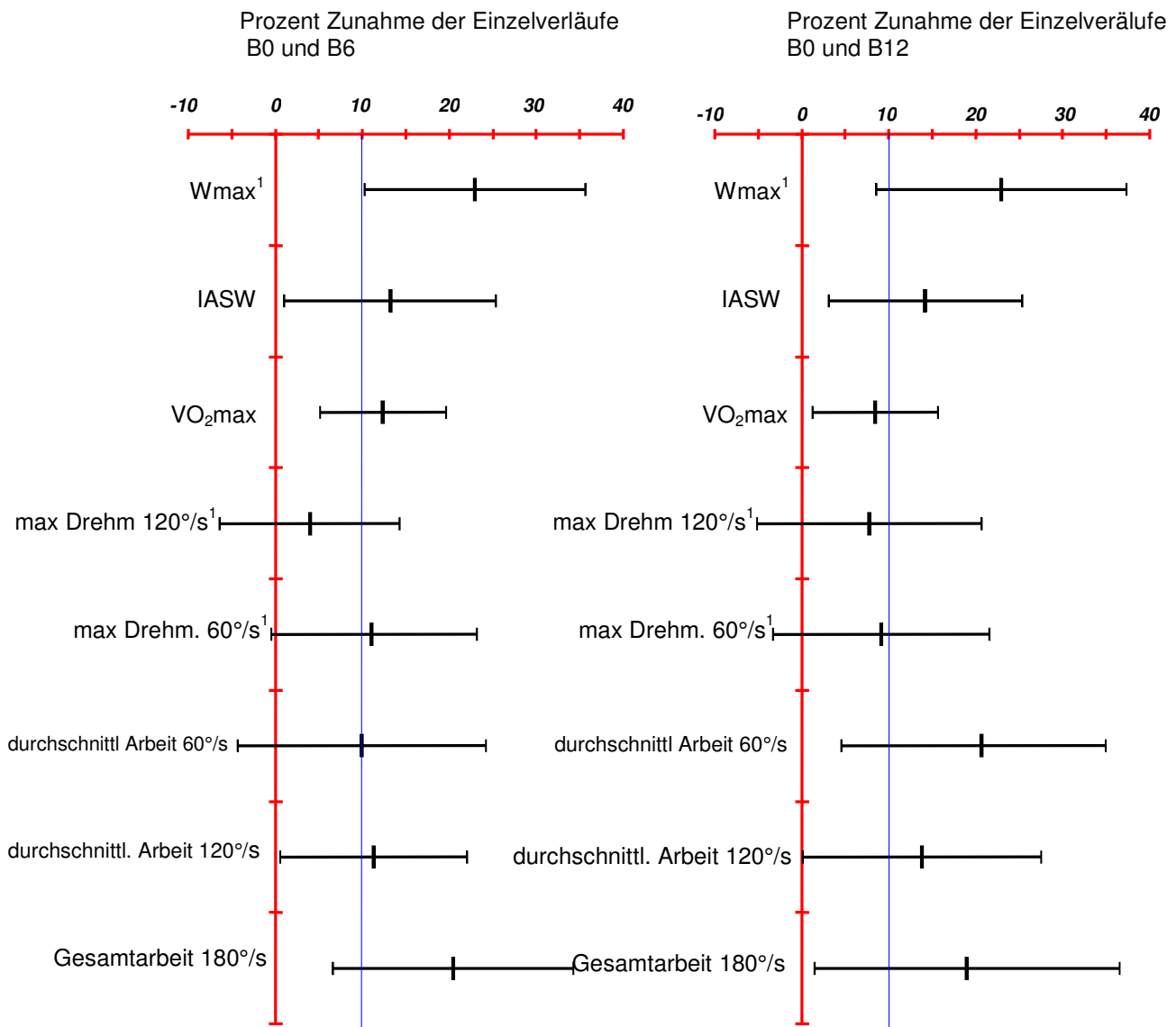


Abbildung 35. Mittelwert/ Median (bei mit ¹ markierten Werten wurde der Median benutzt) der prozentualen Zunahmen der verschiedenen gemessenen Variablen der Bewegungsgruppe nach 6 Monaten (links) und nach 12 Monaten (rechts) bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung mit dem dazugehörigen 95% Konfidenzintervall; — 10 % Zunahme.

Eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse dieser Arbeit liefert Abbildung 35. Es ist ersichtlich, dass ein Großteil der Werte eine Steigerung von mehr als 10 Prozent aufweisen (blaue Markierung), was auch auf eine relevante klinische Verbesserung der Alltagskompetenz hindeuten könnte. Besonders die isokinetisch erfassten Variablen haben eine deutliche Steigerung erfahren. Die Kraftvariable Gesamtarbeit 180 °/s sticht dabei besonders hervor, die eher ausdauerspezifisch anzuordnen ist.

5. Diskussion

5.1 Ergebnisse

5.1.1 Trainingsevaluation

Die Vorgaben der SALOME-Studie -was Trainingsintensität und -umfang anbelangt- wurden von den Probanden zu 80 Prozent erfüllt.

5.1.2 Einordnung der Ergebnisse

Der Hamilton Depressionsscore nahm im Laufe der SALOME-Untersuchung um 37,5 Prozent nach 6 Monaten und um 56,3 Prozent nach 12 Monaten ab. Weitere Untersuchungen bestätigen diesen Sachverhalt. So reduzierte sich der „Beck Depression Inventory“ bei McNeil et al. (1991) bei 30 Patienten (Durchschnittsalter 73 Jahre) nach einer Walkingintervention um 30 Prozent. Bei Blumenthal et al. (1999) senkte sich der Hamilton-Depressionsscore um 47 Prozent. An der Studie nahmen 156 Probanden mit einem durchschnittlichem Alter von 57 Jahren an einem 16-wöchigen aeroben Ausdauerprogramm teil. Es zeigte sich, dass das Ausdauertraining eine ebenso effektive Maßnahme wie eine medikamentöse Behandlung darstellt. Dunn et al. (2005) unterteilten 80 Probanden (zwischen 20 und 45 Jahre alt) in vier Trainingsgruppen bezüglich Häufigkeit (drei bis fünf Einheiten pro Woche) und Intensität (7,0 kcal/kg/Woche bis 17,5 kcal/kg/Woche). Die depressiven Probanden, die am intensivsten trainierten hatten auch den größten Rückgang des Hamilton Depressionsscores. Die Abnahmen befanden sich nach 12 Wochen zwischen 30 und 47 Prozent. Auch die Kontrollgruppe, die dreimal pro Woche ein Flexibilitätsprogramm durchführte, konnte den Score um 29 Prozent reduzieren. Somit stimmen die Ergebnisse der SALOME-Studie mit denen der genannten Untersuchungen überein.

Die relative maximale Sauerstoffaufnahme verbesserte sich in dieser Studie bei den Probanden der Bewegungsintervention um 12,3 Prozent nach 6 Monaten und um 8,4 Prozent nach 12 Monaten.

Studien mit Gesunden wiesen höhere Werte auf, wie etwa die Untersuchung von Sidney & Shephard (1977), bei der die maximale Sauerstoffaufnahme nach 52 Wochen um 24 Prozent bei einem Kollektiv im Alter von 60 bis 83 Jahren stieg. Bei Seals et al. (1984) konnte die maximale Sauerstoffaufnahme sogar um 30 Prozent nach einem einjährigem Training gesteigert werden. Die Probanden waren im Durchschnitt 63 Jahre alt. Hagberg et al. (1989) wiesen in ihrem Experiment nach 26 Wochen an Probanden im Alter von 70 bis 79 Jahren eine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme von 22 Prozent nach. Bei Untersuchungen von Hollmann & Hettinger (2000) verbesserten die Probanden, die zwischen 55 und 70 Jahre alt waren nach einem achtwöchigen Training ihre maximale Sauerstoffaufnahme um 18 Prozent. In der Studie von Blumenthal et al. (1999) an Depressiven konnte die relative maximale Sauerstoffaufnahme nach einem viermonatigen Training um 11 Prozent gesteigert werden. In der Studie von Martinsen et al. (1989) konnten die Probanden nach einer achtwöchigen Intervention die absolute maximale Sauerstoffaufnahme um 12,2 Prozent verbessern. Diese Ergebnisse entsprechen denen der SALOME-Studie. Festzuhalten bleibt somit, dass sich auch depressive Patienten in ihrer maximalen Sauerstoffaufnahme durch Training verbessern, die Steigerung allerdings geringer ausfällt als bei einem vergleichbaren gesunden Kollektiv.

Die relative maximale Leistung konnte zu beiden Messzeitpunkten um 22,9 Prozent (Median) gesteigert werden. Auch die relative Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle hatte einen Zuwachs um 13,1 Prozent (6 Monate, Median) und 14,1 Prozent (12 Monate, Median) zu verzeichnen. Eine vergleichende Untersuchung an Gesunden von Meijer et al. (1999) wies nur eine Zunahme der relativen maximalen Leistung von fünf Prozent auf. Die Probanden trainierten zweimal pro Woche und das Training wurde für 12 Wochen durchgeführt. Etwas höher fielen die Steigerungen bei Grandys et al. (2005) aus, denn bereits nach fünf Wochen Training stieg die Leistung an der anaeroben

Schwelle um 7,9 Prozent und die maximale Leistung um 9,1 Prozent. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sowohl die Ausgangswerte als auch die Werte nach einem Jahr deutlich unter denen von Gesunden lagen, wie dies eine Dissertation von Schmidt (2006) unter Beweis stellt: Eine Gruppe von 39 Probanden (Durchschnittsalter 40 Jahre), die mindestens fünf Jahre keinen Sport getrieben hatten, erreichten immer noch eine relative maximale Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle von 1,77 W/kg und eine relative maximale Leistung von 2,29 W/kg. Die Werte der SALOME-Bewegungsgruppe lagen am Ende der Untersuchung bei 1,1 W/kg (individuelle anaerobe Schwelle) beziehungsweise 1,45 W/kg (maximale Leistung), Dies verdeutlicht auch eine Studie von Donath et al. (2010) mit Depressiven (Durchschnittsalter 38 Jahre), denn sie wiesen eine statistisch signifikant ($p < 0,01$) niedrigere Leistung im Vergleich zu Normalpersonen auf, vermutlich als Ausdruck des depressionsbedingten Bewegungsmangels. Allerdings wurden die Messungen an der „ventilatory threshold“ (respiratorische Schwelle) vorgenommen und nicht wie in dieser Studie an der individuellen anaeroben Schwelle. Weitere Studien konnten bei der Literaturrecherche diesbezüglich nicht gefunden werden. Die Zunahmen der Leistungen, sei es maximal oder an der individuellen anaeroben Schwelle, fallen im Vergleich mit Gesunden also höher aus als bei anderen Studien.

Weiterhin verbesserte sich in der SALOME-Studie die Bewegungsgruppe bei Messungen, die die konzentrische Maximalkraft repräsentieren. Es erfolgte die Erfassung des maximalen relativen Drehmoments bei einer Winkelgeschwindigkeit von $60^\circ/\text{s}$ nach sechs Monaten um 10,7 Prozent (Median) und nach 12 Monaten um 9,6 Prozent (Median). Innerhalb des maximalen relativen Drehmoments bei einer Winkelgeschwindigkeit von $120^\circ/\text{s}$ konnte die Bewegungsgruppe sich um 3,9 Prozent (6-Monatstest, Median) bzw. 7,7 Prozent (12-Monatstest, Median) steigern. Eine Zunahme der relativen durchschnittlichen Arbeit bei einer Winkelgeschwindigkeit von $60^\circ/\text{s}$ um 9,8 Prozent (Halbjahrestest) bzw. 20,6 Prozent (Abschlusstest) war ebenfalls zu verzeichnen.

Ergebnisse zu Untersuchungen an Gesunden lieferten Harridge et al. (1997), bei denen die Kraft der Kniestrecke bei Ausdauertrainierten im Alter zwischen 70 bis 100 Jahren keine signifikanten Unterschiede zur Normalbevölkerung aufwies. Bei Bell et al. (2000) konnte das 1-RM an der Beinpresse durch ein 12-wöchiges Fahrradergometertraining an Studenten (Durchschnittsalter 22,3 Jahre) um 33,2 Prozent signifikant gesteigert werden. Messungen des 1-RM der einbeinigen Kniestrecke waren aber nicht signifikant. Bei Storer et al. (2005) konnten sich 12 Hämodialysepatienten bei drei Trainingseinheiten pro Woche auf dem Fahrradergometer bei der 5-RM um 16 Prozent an der Beinpresse nach 8,6 Wochen verbessern. In einer Studie von Grandys et al. (2008) mit 15 gesunden Männern war eine Steigerung um 8,7 Prozent bei 50 Prozent der „maximal voluntary isometric contraction“ (MVC) nach fünf Wochen Belastung auf dem Fahrradergometer zu erkennen. Nicht signifikant war der Zuwachs bei der MVC an sich. Ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse ergaben sich bei Strasser et al. (2009), denn die Steigerungen der Maximalkraft um 10,8 Prozent an der Beinpresse nach sechs Monaten Ausdauertraining waren nicht groß genug. Untersuchungen an Depressiven bezüglich der Maximalkraft unternahm Singh et al. (2005), die aber ein spezifisches Krafttraining durchführten. An 60 leicht bis mäßig Depressiven wurde acht Wochen lang mit drei Einheiten pro Woche trainiert. Die Probanden konnten ihre Maximalkraft um 37 Prozent in einer hoch-intensiv trainierenden Gruppe und um 20 Prozent in einer niedrig-intensiv trainierenden Gruppe steigern. Die Ergebnisse bezüglich der Verbesserung der konzentrischen Maximalkraft sind nicht einheitlich und damit eine Einordnung schwierig, aber orientierend lässt sich festhalten, dass bei der Mehrzahl der Untersuchungen eine Verbesserung zu ersehen war, die in die gleiche Richtung wie die der SALOME-Studie.

Bei den Messungen, die die lokale Kraftausdauer (relative durchschnittliche Arbeit, Winkelgeschwindigkeit 120°/s) und die niedrig intensive schnelle Kraft (relative Gesamtarbeit, Winkelgeschwindigkeit 180°/s) erfassen sollten, waren in der SALOME-Studie ebenfalls Steigerungen ersichtlich. Die relative durchschnittliche Arbeit bei einer Winkelgeschwindigkeit von 120°/s stieg um

11,3 Prozent bzw. 13,8 Prozent. Die relative durchschnittliche Gesamtarbeit bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s konnte um 20,4 Prozent und 18,9 Prozent verbessert werden. Zu beiden Messungen waren keine vergleichbaren Studien weder an Gesunden noch Depressiven recherchierbar.

Bei der Untersuchung des Einflusses der aeroben Kapazität auf die Kraft konnte eine Korrelation nach Pearson von $r=0,43$ nach 12 Monaten ($p=0,08$) aufgezeigt werden. Als Maß für die aerobe Kapazität wurde die relative maximale Sauerstoffaufnahme und für die Kraft das maximale Drehmoment bei 60 Grad/s gewählt.

Bisherige Untersuchungen an Gesunden zeigten folgende Ergebnisse:

Tarpenning et al. (2004) konnten zeigen, dass der altersbedingte Rückgang der Kraft der Kniestrecker bei 107 männlichen Läufern zwischen 40 bis 88 Jahren bis zu der Altersgrenze von 70 Jahren nicht signifikant war. Somit kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass Ausdauertraining eine geeignete Maßnahme gegen den altersbedingten Rückgang der Kraft ist.

Bei einer weiteren Arbeit von Tarpenning et al. (2006) wurden ältere ausdauertrainierte und untrainierte Frauen im Alter zwischen 43 bis 69 Jahren verglichen. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass keine Unterschiede bezüglich der Kraft der Kniestrecker zwischen den Gruppen festzustellen war. Allerdings war eine altersbezogene signifikante Abnahme der Kraft unabhängig vom Trainingszustand ersichtlich. Auch Untersuchungen von Leveritt et al. (2003) an 9 Studenten zeigten, dass Ausdauertraining zu keiner signifikanten Verbesserung des 1-RM führte. Alway et al. (1996) kamen zu einem differenzierteren Ergebnis. Zwar bewies auch dieses Experiment an 24 jungen (Durchschnittsalter 25 Jahre) und alten (Durchschnittsalter 62 Jahre) ausdauertrainierten Personen, dass Ausdauertraining nicht vor dem altersabhängigen absoluten Verlust der Knochenmasse und der maximalen Kraft schützt, aber die Trainierten eine höhere relative Muskelkraft in Bezug zum Muskelquerschnitt bzw. zum Muskelvolumen haben. Bei dem bisherigen Wissensstand deutet dies darauf hin, dass Ausdauertraining bei Gesunden tendenziell nicht geeignet ist, um den altersbedingten Verlust der Kraft der

Kniestrecke wirksam zu stoppen. Bei der SALOME-Studie ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen Änderung der maximalen Sauerstoffaufnahme und Änderung des maximalen Drehmoments bei 60 Grad/s der Knieextensoren, allerdings ein Trend. Dies könnte darauf hindeuten, dass bei diesem Kollektiv doch ein Effekt auf die Muskulatur hinsichtlich der Sturzprophylaxe vorhanden ist, denn die bisher aufgeführten Arbeiten beschäftigten sich nur mit Gesunden. Außerdem beschränkten sich bisherige Untersuchungen darauf, ob Ausdauertraining insgesamt einen Einfluss auf die Kraft hat, unabhängig vom Grad der Trainiertheit. Bei der SALOME-Studie wurde aber untersucht, in welchem Maße eine Verbesserung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme zu einer Verbesserung der Kraft führt. Daher lässt sich nur vermuten, dass bei dieser Studie das Ausdauertraining einen Einfluss auf die Kraft hat.

Die Insulinsensitivität -erfasst mittels des „Matsuda-Index“- korrelierte mit einem $r=0,36$ nach Pearson ($p=0,17$) mit der maximalen Sauerstoffaufnahme. Eine Studie von Clausen et al. (1996) untersuchte die Insulinsensitivität in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität an 380 gesunden Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 25 Jahren. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, dass die maximale Sauerstoffaufnahme mit einem $r=0,44$ bei den Männern und einem $r=0,32$ bei den Frauen ($p=0,001$) mit dem „insulin sensitivity index“ korrelierte.

In einer weiteren Untersuchung von Balkau et al. (2008) wurde an 801 Personen mit einem Durchschnittsalter von 44 Jahren ein Beschleunigungsmesser angebracht, der ihre tägliche Aktivität aufzeichnete. Das Gerät wurde im Durchschnitt sechs Tage getragen. Die Insulinsensitivität korrelierte positiv mit der Gesamtaktivität. Dies schien auch in dieser Studie die ausschlaggebende Variable zu sein, denn nachdem man die anderen Variablen wie den Prozentsatz in leichter Aktivität und in Ruhe und die Intensität der Aktivität in Relation mit der Gesamtaktivität gesetzt hatte, war die Korrelation nicht mehr signifikant.

Die Ergebnisse der SALOME-Studie weisen in die gleiche Richtung wie die erwähnten Untersuchungen. Es ergab sich zwar keine statistische Signifikanz,

aber ein Trend zum positiven Zusammenhang von Insulinsensitivität und Verbesserung der Gesamtleistungsfähigkeit.

5.1.3 Problem Vergleichbarkeit

Die Vergleichbarkeit der verschiedenen Studien ist nur eingeschränkt möglich, da zum einen die Interventionsprotokolle sehr unterschiedlich gestaltet waren und zum anderen Messinstrumente verschiedener Bauart verschiedener Hersteller benutzt wurden. Daher können nur bedingt verlässliche Aussagen zu den Trainingsergebnissen im Vergleich zu anderen Untersuchungen getroffen werden.

5.2 Grenzen der Studie

5.2.1 Probandenauswahl und Rekrutierung

Von Oktober 2005 bis September 2008 hatten 56 Probanden die Einschlusskriterien erfüllt, womit die angestrebte Zahl von 80 Probanden deutlich unterschritten wurde und dies obwohl die Rekrutierung um ein Jahr verlängert wurde. Dafür könnte der relativ hohe Anspruch an die Einschlusskriterien ursächlich sein. Ein zusätzlicher Grund könnte der hohe zeitliche Aufwand durch die in der Woche dreimalig stattgefundenen Einheiten gewesen sein.

5.2.2 Dropouts

Deutlich zu erkennen ist die geringere Dropoutquote bei der Bewegungsgruppe, die mit 26,8 Prozent (Spiroergometrie) bzw. 34,6 Prozent (Isokinetik) relativ gering ausfiel im Vergleich zu der Sauerstoffgruppe, die eine Quote von 40,0 Prozent (Spiroergometrie) bzw. sogar 53,3 Prozent (Isokinetik) aufwies. Die insgesamt höhere Quote in der Isokinetik ist aber zu relativieren, da sie sich nur deshalb von der der Spiroergometrie unterscheidet, weil von 6 Probanden die

Daten nicht gespeichert werden konnten. Die verlorenen Daten sind bei der ohnehin geringen Teilnehmerzahl ein zu vermeidendes Problem gewesen. In der Untersuchung von Blumenthal (1999) war die Dropoutquote bei 26,4 Prozent in der Interventionsgruppe und bei der Kontrollgruppe 14,6 Prozent. Die Kontrollgruppe bestand aus Teilnehmern, die nur Medikamente einnehmen mussten und ansonsten keine Zuwendung erhielten. Bei Singhs (2001) Studie war die Quote bei 18,8 Prozent nach 20 Wochen Dauer in der Interventionsgruppe. Die Kontrollgruppe hatte keinen Dropout, weil sie nur in den ersten 10 Wochen Vorlesungen zum Thema Gesundheit erhielt, sie also keinen großen zeitlichen Aufwand hatten.

5.2.3 Probandencharakterisierung

Einseitig war die Geschlechterverteilung in den Sauerstoffgruppen (Spiroergometrie und Isokinetik) zugunsten der Frauen. Der Anteil der Frauen betrug nahezu 72 Prozent, was die Messung und die Messergebnisse beeinflussen hätte können. Männer sind im Allgemeinen trainierbarer als Frauen, was sowohl Kraft als auch Ausdauer angeht (Dickhuth, 2000). Dadurch könnten die Leistungen in der Bewegungsgruppe durch den höheren Männeranteil (47 Prozent) verfälscht zu hoch ausfallen.

5.2.4 Kontrolle der körperlichen Aktivitäten

Die Eintragung der Trainingseinheiten, Trainingsdauer sowie der Trainingsintensität in Trainingstagebücher der Bewegungsgruppe erfolgte in Eigenverantwortung der Probanden, so dass hier eine Fehlerquelle vorhanden war, zumal auch Trainingseinheiten teilweise eigenständig ohne Kontrolle durchgeführt wurden.

Auch auf der Seite der Kontrollgruppe ist nicht auszuschließen, dass Angaben zur körperlichen Aktivität immer vollständig waren, da sie laut Vorgaben nicht mehr als zwei Stunden körperliche Aktivität in der Woche aufweisen durften.

5.2.5 Isokinetische Kraftmessung

Die isokinetische Kraftmessung ist laut Mayer et al. (1994) eine zuverlässige Methode in Bezug auf die Erfassung der Maximalkraft mittels des maximalen Drehmoments. Es wurden Korrelationskoeffizienten mittels Test- und Retestverfahren von 0,7-0,9 für das Kniegelenk gefunden. Die lokale Muskelausdauer erweist sich in der Reproduzierbarkeit als geringer im Vergleich zum maximalen Drehmoment. Die Autoren empfehlen die konzentrische lokale Ausdauer bei 180°/s und die exzentrische Ausdauer bei 60°/s zu messen mit einer Belastungszeit von einer Minute. Diesen Empfehlungen wurde in dieser Studie Folge geleistet. Anderweitige Messungen seien nur über komplexere Methoden zu erfassen, da Messungen etwa im Bereich der Schnellkraft durch die unnatürliche Bewegungsform der Isokinetik verfälscht würden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Höltke et al. (2002).

Weitere Fehlermöglichkeiten sind die Subjektivität des Untersuchers und die Motivation des Untersuchten. So gilt es genaue standardisierte Abläufe der Messungen zu etablieren, insbesondere was die Fixierung des Probanden anbelangt.

5.2.6 Spiroergometrische Messungen

Wie im Grundlagenteil schon erwähnt stellt die Spiroergometrie eine reliable und valide Methode dar, um die Leistungsfähigkeit zu erfassen (Macfarlane, 2001). Auch Hodges et al. (2005) sind der Überzeugung, dass die metabolische Analyse der Atemgase eine wissenschaftlich robuste Methode für die Evaluation der kardiopulmonalen Funktion darstellt.

Doch sind auch hier Einschränkungen vorhanden. So kommen Schwankungen der Leistungsfähigkeit im Tagesverlauf vor. Die Messungen erfolgten zumindest alle nachmittags, so dass dieser Fehler als gering einzuschätzen ist.

Die gemessene relative maximale Leistung ist ebenfalls von der Motivation des Probanden abhängig.

5.2.7 Verblindung

In der SALOME-Studie wurde nur teilweise verblindet (in der psychiatrischen Auswertung), was aber aufgrund der gewählten Struktur nur mit einem großen Mehraufwand möglich gewesen wäre, da die Probanden der Sauerstoffgruppe zu ihren körperlichen Aktivitäten vor der Messung befragt wurden und die Probanden der Bewegungsgruppe ein Trainingstagebuch führten, die von den Untersuchern ausgewertet worden waren und somit den Untersuchern teilweise bekannt waren. Es ist aber hiermit durchaus denkbar, dass bei der Erhebung bestimmter Variablen, die motivational bedingt sind, wie zum Beispiel die der isokinetischen Messungen oder die der maximalen Leistung auf dem Laufband, Abweichungen aufgrund der Erwartungshaltung der Untersucher vorhanden waren.

5.3 Schlussfolgerung

Die Studie zeigt auf, dass grundsätzlich eine Trainierbarkeit depressiver Patienten besteht, die bei aller Einschränkung der Übertragbarkeit denen Gesunder wahrscheinlich ähnelt. Die Probanden verbesserten sich innerhalb eines Jahres sowohl hinsichtlich spiroergometrischer (relative maximale Sauerstoffaufnahme: +8%, relative maximale Leistung: +23%, relative Leistung an IAS: +14%) als auch isokinetischer Leistungsparameter (konzentrische Maximalkraft: +13% (Mittelwert aus maximalem Drehmoment bei 60°/s und 120°/s und der durchschnittlichen Arbeit bei 60°/s), lokale Kraftausdauer: +14%, niedrig intensive schnelle Kraft: +10%). Ein tendenziell positiver Zusammenhang von Ausdauertraining und konzentrischer Maximalkraft konnte ebenso wie eine Tendenz zur Verbesserung der Insulinsensitivität nachgewiesen werden. Daher ist anzunehmen, dass ein Diabetes mellitus positiv beeinflusst werden kann.

Aufgrund des positiven Zusammenhangs bezüglich der Kraft könnte sich ein Ausdauertraining ebenfalls zur Steigerung der Alltagskompetenz und zur Verringerung des Sturzrisikos eignen. Für die Empfehlung wie die einzelnen Belastungskomponenten zu wählen sind, ergeben sich ähnliche Vorgaben wie für Gesunde zur Erhaltung der Gesundheit bzw. zur Steigerung der Fitness.

5.4 Ausblick

Diese Studie zeigt, dass ältere depressive Patienten durch eine Bewegungsintervention trainierbar sind. Dies äußerte sich sowohl in einer Verbesserung der Gesamtleistungsfähigkeit als auch in einer Steigerung der Beinkraft. Korrelationen von einzelnen Variablen der Gesamtleistungsfähigkeit und Variablen der Kraft zeigten eine positive Tendenz. Dies kann darauf hindeuten, dass Ausdauertraining für ältere Depressive auch Effekte auf die Beinkraft hat, was im Sinne einer Sturzprävention und eines wirksamen Schutzes vor dem physiologischen Rückgang der Kraft wichtig ist.

In dieser Studie konnte zusätzlich eine tendenzielle Korrelation von Variablen der Gesamtleistungsfähigkeit in Zusammenhang mit der Insulinsensitivität aufgezeigt werden. Somit kann vermutet werden, dass die Progredienz der mit einer Depression eventuell auftretenden Begleiterkrankungen (koronare Herzkrankheit, Diabetes mellitus Typ 2, Adipositas, usw.) günstig beeinflusst werden.

Interessant wären weitere Studien, die mit einer größeren Fallzahl arbeiten würden, um noch validere Aussagen treffen zu können. Eine Geschlechterdifferenzierung könnte dazu führen, dass eventuell eine unterschiedliche Trainierbarkeit zwischen den Geschlechtern der depressiven Probanden besteht, was unterschiedliche Belastungsprotokolle zur effektiven Sekundärprävention zur Folge haben könnte. Auch Studien mit jüngeren Probanden erscheinen sinnvoll, da die Depression keine Erscheinung ist, die erst im hohen Alter auftritt. Weiterhin könnte man auch das Augenmerk auf die Untersuchung der Effektivität von verschiedenen Trainingsinhalten und -formen legen. So könnten verschiedene Gruppen mit verschiedenen Trainingsinhalten,

was Intensität, Umfang und Dauer der Ausdauerbelastung anbelangt, kontrolliert werden. Auch Differenzierungen bezüglich der Art der Ausdauerbelastung (Schwimmen, Laufen, Radfahren, Inline-Skaten, usw.) würden eine Studie rechtfertigen, um zusätzlich eventuell eine höhere Compliance zu gewährleisten. Die Trainierbarkeit ist ein Teil der komplexen Beziehung zwischen körperlichem Training und Depression. Doch sind die genannten Differenzierungen im Kontext des Ausmaßes der Depression zu sehen. Deshalb sind weitere Untersuchungen interessant, die unter dem Aspekt dieser weiteren Aufschlüsselung den Bezug von körperlichem Training und Ausmaß der Depression herstellen.

6. Zusammenfassung

In dieser Studie wurde der Frage nachgegangen, inwiefern Patienten mit Depressionen im Rahmen der Sekundärprävention trainierbar sind. Die Untersuchungen erstreckten sich auf den Bereich der Spiroergometrie und auf isokinetischen Daten. Als Variable der Spiroergometrie wurden die maximal erreichte Leistung, die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle und die maximale Sauerstoffaufnahme gemessen. Gemessene Größen der Isokinetik waren Maximalkraft, lokale Kraftausdauer und die niedrig intensive schnelle Kraft. Die Teilnehmer wurden randomisiert entweder einer dreimal wöchentlich stattfindenden Scheinintervention mit normobarer Sauerstoffinhalation oder einer Ausdauerintervention mit hauptsächlich Nordic-Walking eingeteilt (Intensität: 90% der individuellen anaeroben Schwelle, Dauer: 60 min je Einheit, dreimal pro Woche, Zeitraum: 1 Jahr). So wurden für die Erhebung der spiroergometrischen Daten 37 Teilnehmer in die Studie einbezogen, aufgeteilt in 18 Personen in der Sauerstoffgruppe (13 Frauen, 5 Männer) und 19 Personen in der Bewegungsgruppe (10 Frauen, 9 Männer). Bei der Erfassung der isokinetischen Daten waren es 31 Probanden mit 14 Personen in der Kontrollgruppe (10 Frauen, 4 Männer) und 17 Personen in der Interventionsgruppe (9 Frauen, 8 Männer). Das Durchschnittsalter beider Gruppen betrug 62 Jahre. Die Probanden wurden jeweils dreimal einer Untersuchung unterzogen und zwar am Anfang der Studie, nach 6 Monaten und nach 12 Monaten.

Innerhalb der Bewegungsgruppe zeigten sich statistisch und klinisch relevante Verbesserungen der folgenden spiroergometrischen und isokinetischen Variablen bei statistisch nicht signifikanten Veränderungen in der Sauerstoffgruppe. Nach einem Jahr der Intervention konnte die maximal erreichte Wattleistung (Gesamtleistungsfähigkeit) um 23 Prozent (Range -6 bis 36%), die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle (aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit) um 14 Prozent (Range -15% bis +49%) und die maximale Sauerstoffaufnahme (aerobe Kapazität) um 8 Prozent (Range -13% bis 44%) im Vergleich zum Ausgangswert gesteigert werden. Ebenfalls

erkennbare Zunahmen waren auch in den isokinetischen Variablen zu verzeichnen. Die konzentrische Maximalkraft stieg um 13 Prozent (Mittelwert aus maximalem Drehmoment bei 60°/s und 120°/s und der durchschnittlichen Arbeit bei 60°/s), die lokale Kraftausdauer stieg um 14 Prozent (Range -11% bis 73%) und die niedrig intensive schnelle Kraft um 19 Prozent (Range -46% bis 131%). Ebenfalls zu erkennen sind tendenziell positive Assoziationen zwischen der Änderung der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Änderung der konzentrischen Maximalkraft ($r=0,43$, $p=0,08$) bzw. Insulinsensitivität ($r=0,36$, $p=0,17$).

Somit ist die grundsätzliche Frage einer klinisch relevanten Trainierbarkeit zu bejahen. Die Veränderungen sind denen Gesunder ähnlich. Trainingsabhängige Grundlagen für eine mögliche positive Beeinflussung der Insulinsensitivität oder des Sturzrisikos sind vorhanden. Zudem sind Anzeichen dafür ersichtlich, dass Probanden mit einer niedrigen Ausdauerleistungsfähigkeit am meisten von einem Training hinsichtlich ihrer Insulinsensitivität profitieren. Deshalb sollte Ausdauertraining stärker in die Praxis der Behandlung depressiver Patienten einbezogen werden.

7. Anhang

7.1 Absolute maximale Sauerstoffaufnahme

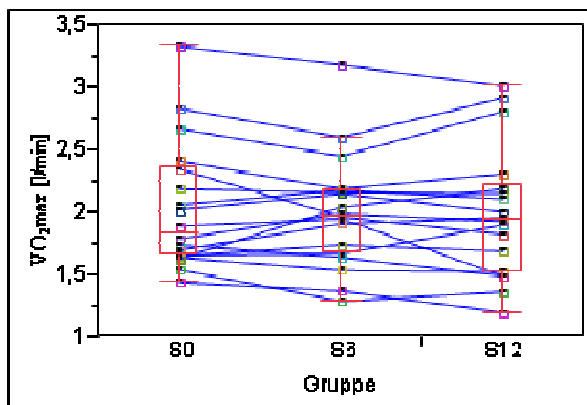


Abbildung 36. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=18, B: n=19).

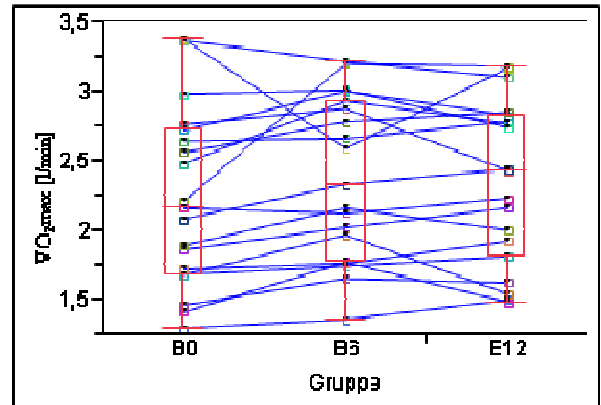


Abbildung 37. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=18, B: n=19).

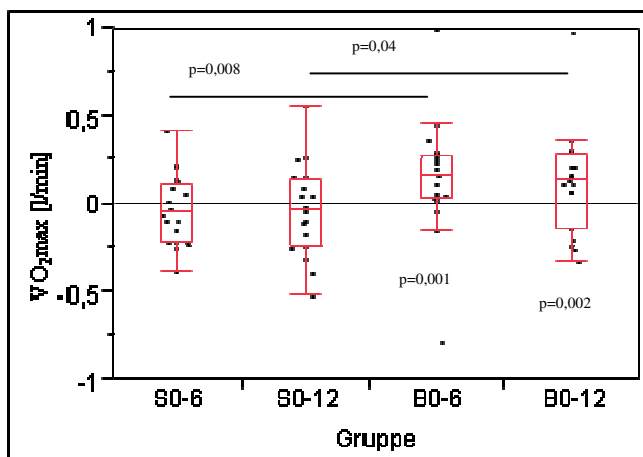


Abbildung 38. Paardifferenzen absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=18, B: n=19).

Gruppe/ Zeitpunkt	Median	Prozent
S0	1,84	
S6	1,98	+7,6%
S12	1,95	+6 %
B0	2,16	
B6	2,33	+7,9%
B12	2,43	+12,5%

Tabelle 31. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme (Median [l/min]) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=18, B: n=19).

Gruppe	Median	Median in Prozent (Range)
S0-6	-0,05	-2,9% (-16,4 bis 25,2%)
S0-12	-0,03	-1,4% (-22,3 bis 34,4%)
B0-6	0,16	8,6% (-23,4 bis 44,8%)
B0-12	0,13	5,8% (-12,1 bis 43,9%)

Tabelle 32. absolute Sauerstoffaufnahme [l/min], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=18, B: n=19).

7.2 Weitere Korrelationen von Matsuda Index und Parametern der allgemeinen Leistungsfähigkeit

Korrelation Paardifferenz Matsuda Index und rel. max. Sauerstoffaufnahme

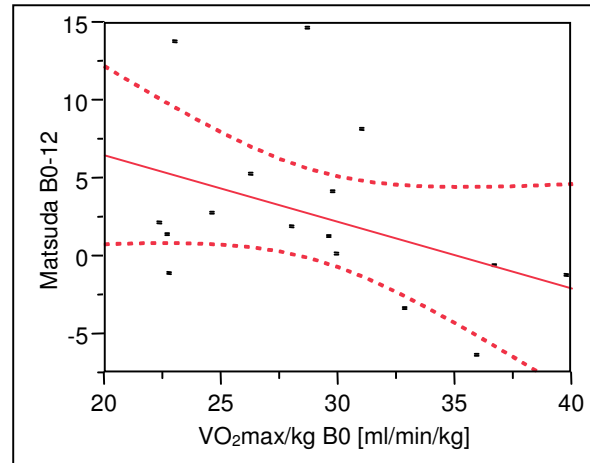


Abbildung 39. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten (0-12) und rel. max. Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0) ($r=0,34$, $p=0,22$, Probandenanzahl $n=19$); - - - 95% Konfidenzintervall.

Korrelation Paardifferenzen Matsuda Index und rel. Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle

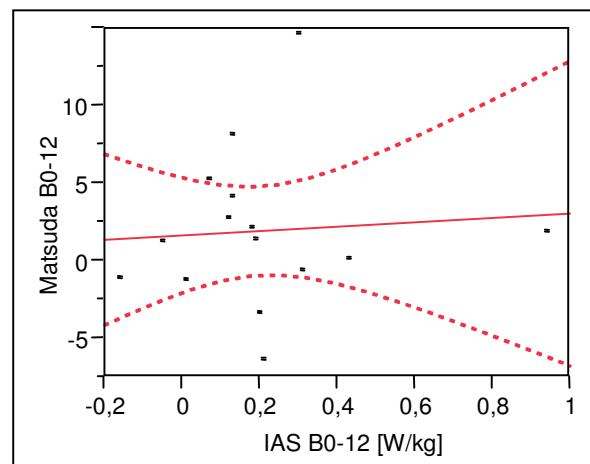


Abbildung 40. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index und rel. Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten (0-12) ($r=0,072$, $p=0,80$, Probandenanzahl $n=19$); - - - 95% Konfidenzintervall.

7.3 Weitere Korrelationen von Parametern der allgemeinen Leistungsfähigkeit und Kraftparametern

Korrelation Paardifferenzen konzentrische Maximalkraft und relative maximale Sauerstoffaufnahme

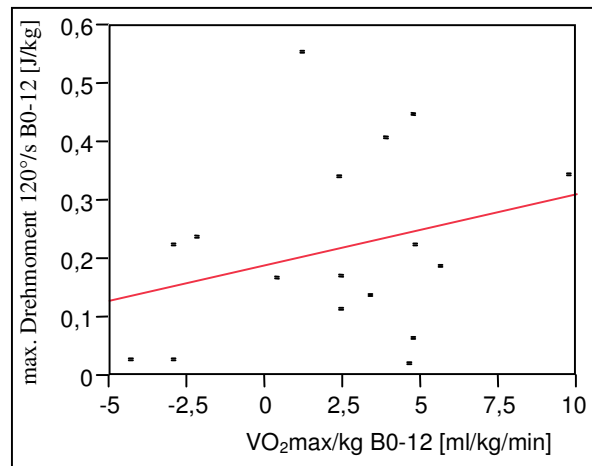


Abbildung 41. Korrelation der Paardifferenzen von relativem maximalem Drehmoment 120°/s [J/kg] und relativer maximaler Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) ($r=0,29$, $p=0,27$, Probandenanzahl $n=17$).

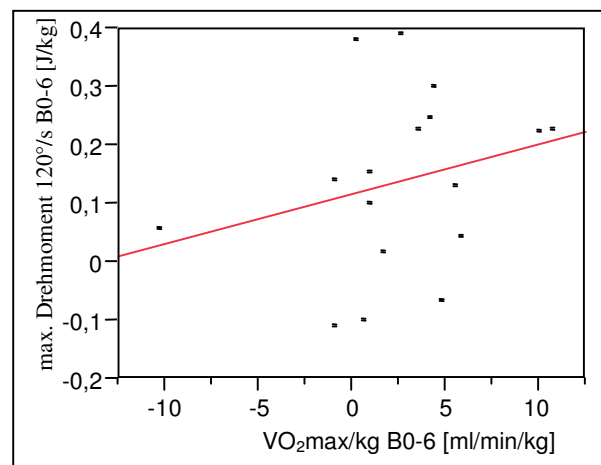


Abbildung 42. Korrelation der Paardifferenzen von relativem maximalem Drehmoment 120°/s [J/kg] und relativer maximaler Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) ($r=0,26$, $p=0,31$, Probandenanzahl $n=17$).

Korrelation Paardifferenzen niedrig intensive schnelle Kraft und relative maximale Sauerstoffaufnahme

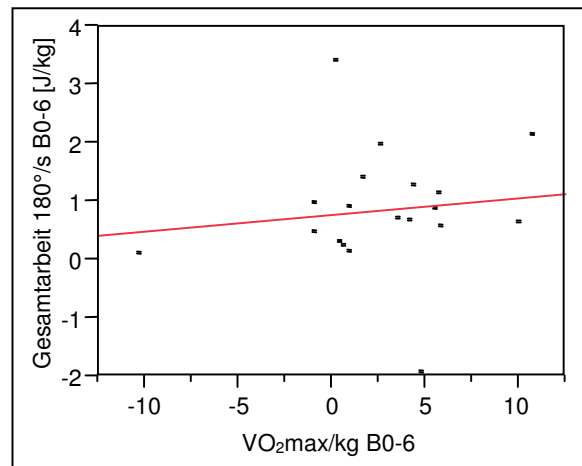


Abbildung 43. Korrelation der Paardifferenzen der relativen Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) ($r=0,12$, $p=0,61$, Probandenzahl $n=17$).

ohne Abbildung: Korrelation der Paardifferenzen von relativer Gesamtarbeit 180°/s [J/kg] und relativer maximaler Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten: $r= 0,13$, $p=0,61$

Korrelation Paardifferenzen konzentrische Maximalkraft und relative maximale Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle

ohne Abbildung: Korrelation der Paardifferenzen von relativem maximalem Drehmoment 120°/s [J/kg] und relativer maximaler Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg]:

zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten: $r= -0,37$, $p=0,18$

zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten: $r= -0,03$, $p=0,91$

Korrelation Paardifferenzen niedrig intensive schnelle Kraft und relativer maximaler Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle

ohne Abbildung: Korrelation der Paardifferenzen von relativer Gesamtarbeit $180^\circ/\text{s}$ [J/kg] und relativer maximaler Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg]:

zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten: $r = -0,19$, $p = 0,47$

zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten: $r = -0,13$, $p = 0,61$

8. Literaturliste

- Abernethy, P., Wilson, G., & Logan, P. (1995). Strength and power assessment: Issues, controversies and challenges. Sports Medicine, 19, 401–417.
- Alway, S.E., Coggan, A.R., Sproul, M.S., Abduljalil, A.M., & Robitaille, P.M. (1996). Muscle torque in young and older untrained and endurance-trained men. Journal of Gerontology, 51, 195-201.
- Asmussen, E., Fruensgaard, K., & Nordgaard, S. (1975). A follow-up longitudinal study of selected physiologic functions in former physical education students- after forty years. Journal of the American Geriatrics Society, 23 (10), 442-450.
- Babyak, M., Blumenthal, J. A., Herman, S., Khatri, P., Doraiswamy, M., Moore, K., ... Krishnan, R. (2000, September- Oktober). Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. Psychosomatic Medicine, 62(5), 633-638.
- Baigent, M.F. (2005). Understanding alcohol misuse and comorbid psychiatric disorders. Current Opinion in Psychiatry. 18, 223-228.
- Balkau, B. Mhamdi, L., Oppert, J.M., Nolah, J. Golay, A. Porcellati, F., ... Ferrannini, E. (2008, Oktober). Physical activity and insulin sensitivity: the RISC study. Diabetes, 57(10), 2613-2618.
- Barbour, K. A., & Blumenthal, J. A. (2005). Exercise training and depression in older adults. Neurobiology of Aging, 26(1), 119-123.
- Barth, J., Schumacher, & Hermann-Lingen, C. (2004). Depression as a risk factor for mortality in patients with coronary heart disease: a meta-analysis. Psychosomatic Medicine, 66(6), 802-813.
- Beck A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. Archive of General Psychiatry, 4, 561–571.
- Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., & Quinney, H. A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. European Journal of Applied Physiology, 81, 418-427.

- Blumenthal, J. A., Babyak, M. A., Moore, K. A., Craighead, E. W., Herman, S., & Khatri, P., et al. (1999). Effects of exercise training on older patients with major depression. Archive of Internal Medicine, 159, 2349-2356.
- Borghouts, L.B., & Keizer, H.A. (2000, Januar). Exercise and insulin sensitivity: a review. Internal Journal of Sports Medicine, 21(1),1-12.
- Brooks, G. A., & Fahey, T. A. (1984). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications. New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- Brosse, A. L., Sheets, E. S., Lett, H. S., & Blumenthal, J. A. (2002). Exercise and the treatment of clinical depression in adults: recent findings and future directions. Sports Medicine, 32, 741–760.
- Bundesministerium für Gesundheit (2006). Sechstes nationales Gesundheitsziel. Depressive Erkrankungen: verhindern, früh erkennen, nachhaltig behandeln. abgerufen am 22. Februar 2010 unter http://www.bmg.bund.de/...Gesundheitsziele.../Entwicklung-nationaler-Gesundheitsziele_Bericht6.pdf
- Burdett, R. G., & van Swearingen, J. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance tests. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 8, 484-488.
- Burnham, R. S., Bell, G., Olenik, L., & Reid, D. C. (1995). Shoulder abduction strength measurement in football players: reliability and validity of two field tests. Clinical Journal of Sports Medicine, 5, 90-94.
- Clausen, J.O., Borch-Johnsen, K., Ibsen, H., Bergman, R. N., Hougaard, P., Winther, K., & Pedersen, O. (1996). Insulin sensitivity index, acute insulin response and glucose effectiveness in a population-based sample of 380 young healthy Caucasians. Analysis of the impact of gender, body fat, physical fitness and life-style factors. Journal of Clinical Investigation, 98(5), 1195-1209.
- Cyarto, E. V., Moorhead, G. E., & Brown, W. J. (2004, April). Updating the evidence relating to physical activity intervention studies in older people. Journal of Science and Medicine in Sport, 7 (1), 30-38.
- Delbaere, K., Bourgois, J., Witvrouw, E.E., Willems, T.M., & Cambier, D.C. (2003). Age-related changes in concentric and eccentric muscle strength in the lower and upper extremity: A cross-sectional study. Isokinetics and Exercise Science, 11, 145-151.
- De Marees, H. (2002). Sportphysiologie. Köln: Sport und Buch Strauss.

- Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information (2009). ICD-10-GM Version 2009. gefunden unter <http://www.dimidi.de>.
- Dickhuth, H.H. (2000). Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin. Schorndorf: Hofmann.
- Donath, L., Puta, C., Boettger, S., Mueller, H. J., Faude, O., Meyer, T., ... Gabriel, H. H. (2010). Ventilatory inefficiency in major depressive disorder: a potential adjunct for cardiac risk stratification in depressive disorders? Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry, 16, 34(6), 882-887.
- Dunn, A. L., Trivedi, M. H., Kampert, J. B., Clark, C. G., & Chambless, H. O. (2005). Exercise treatment for depression: efficacy and dose response. American Journal of Preventive Medicine, 28, 1–8.
- Farmer, M. E., Locke, B. Z., Mościcki, E. K., Dannenberg, A. L., Larson D. B., & Radloff, L. S. (1988). Physical activity and depressive symptoms: The NHANES I epidemiologic follow-up study. American Journal of Epidemiology, 128, 1340-1351.
- Frey, G., & Hildenbrandt, E. (2002). Einführung in die Trainingslehre. Schorndorf: Hofmann.
- Gastpar, M. (2006). Depression und Komorbidität. In G. Stoppe, A. Bramesfeld & F.-W. Schwartz (Hrsg.), Volkskrankheit Depression? Bestandsaufnahme und Perspektiven (S. 277-286). Berlin: Springer-Verlag.
- Grandys, M., Majerczak, J., Duda, K., Zapart-Bukowska, J., Sztefko, K., & Zoladz, J. A. (2008, Dezember). The effect of endurance training on muscle strength in young, healthy men in relation to hormonal status. Journal of Physiology and Pharmacology : an official Journal of the Polish Physiological Society, 59, 89-103.
- Greist, J. H., Klein, M. H., Eischens, R. R., Faris, J., Gurman, A. S., & Morgan, W.P. (1979). Running as treatment for depression. Comprehensive Psychiatry, 20, 41-54.
- Hagberg, J., Graves, J., & Limacher, M. (1989). Cardiovascular responses of 70-79 year old men and women to exercise training. Journal of Applied Physiology, 66, 2589-2594.
- Hamilton M. (1960). A rating scale for depression. Journal of Neurology, Neurosurgery, Psychiatry, 23, 56-62.

- Harridge, S., Magnussen, G., & Saltin, B. (1997). Life-long endurance-trained elderly men have high aerobic power but have similar muscle strength to non-active elderly men. Aging Clinical and Experimental Research, 9, 80–87.
- Hedblad, B., Nilsson, P., Janzon, L., & Berglund, G. (2000). Relation between insulin resistance and carotid intima-media thickness and stenosis in non-diabetic subjects. Results from a cross-sectional study in Malmö, Sweden. Diabetic Medicine 17, 299–307.
- Hipp, A. A., Wolf, V. J., Krömker, Y., Eschweiler, G., & Niess, A. M. (2009 a). Trainingseffekte eines moderaten Ausdauertrainings auf lokale Muskelfunktionsvariablen bei älteren depressiven Patienten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 60 (7-8), 217.
- Hipp, A. A., Worresch, J., Krömker, Y., Eschweiler, G., & Niess, A. M. (2009 b) Spiroergometrische Trainingseffekte eines moderaten Ausdauertrainings bei älteren depressiven Patienten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 60 (7-8), 217.
- Hirschfeld, R.M.A. (2001). The Comorbidity of Major Depression and Anxiety Disorders: Recognition and Management in Primary Care. Primary Care Companion to the Journal of Clinical Psychiatry 3(6), 244-254.
- Hodges, L. D., Brodie, D. A., & Bromley, P. D. (2005). Validity and reliability of selected commercially available metabolic analyzer systems. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 15, 271–279.
- Hollmann, W., & Hettinger, T. (2000). Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart, New-York: Schattauer.
- Hollmann, W. (2006) Spiroergometrie. Stuttgart, New-York: Schattauer.
- Hollmann, W., & Struder, H. K. (2009). Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. Stuttgart: Schattauer.
- Höltke, V., Steuer, M., Steinacker, T., & Jacob, E. (2002). Eine neue Möglichkeit der isokinetischen Kraftausdauerdiagnostik am Kniegelenk. Abteilung Sportmedizin, Krankenhaus für Sportverletzte Lüdenscheid-Hellersen. Abgerufen am 20.Januar 2010 unter: <http://www.sportkrankenhaus.de/pdf/Internet200211.pdf>
- Horstmann T., & Venter C. (2004). Isokinetik. In: Banzerm W., Pfeifer, K., Vogt, L. (Hrsg.), Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin (S.109-118). Berlin: Springer-Verlag.

- Hurley, B.F. (1995, November). Age, gender, and muscular strength. Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 50, 41-44.
- Kannus, P., Cook, L., & Alosa, D. (1992). Absolute and relative endurance parameters in isokinetic tests of muscular endurance. Journal of Sports Rehabilitation, 1, 2-12.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. Internal Journal of Sports Medicine, 15, 11-18.
- Kernan, W. N., Inzucchi, S. E., Viscoli, C. M., Brass, L. M., Bravata, D. M., Shulman, G. I., ... Horwitz, R. I. (2003). Pioglitazone improves insulin sensitivity among nondiabetic patients with a recent transient ischemic attack or ischemic stroke. Stroke, 34, 1431-1436.
- Knubben, K., Reischies, F. M., Adli, M., Schlattmann, P., Bauer, M., & Dimeo, F. (2007) A randomised, controlled study on the effects of a short-term endurance training programme in patients with major depression. British Journal of Sports Medicine, 41, 29-33.
- Lawlor, D. A., Smith, G. D., & Ebrahim, S. (2003). Association of insulin resistance with depression: cross sectional findings from the British women's heart and health study. British Medical Journal, 327, 1383-1384 (13 December).
- Latham, N., Anderson, C., Bennett, D., & Stretton, C. (2003). Progressive resistance strength training for physical disability in older people. Cochrane Database of systematic Reviews, 2, CD002759.
- Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B., & Logan, P.A. (2003). Concurrent strength and endurance training: The influence of dependent variable selection. Journal of Strength and Conditioning Research, 17(3), 503-508.
- Lindgärde, F. & Saltin, B. (1981). Daily physical activity, work capacity and glucose tolerance in lean and obese normoglycaemic middle-aged men. Diabetologia, 20(2), 134-138.
- Lindle, R.S., Metter, E.J., Lynch, N.A., Fleg, J.L., Fozard, J.L., Tobin, J., ... Hurley, B.F. (1997, November). Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yrs. Journal of Applied Physiology, 83, 1581-1587.

- Lustman, P.J., & Clouse, R.E. (2002). Treatment of depression in diabetes: impact on mood and medical outcome. Journal of Psychosomatic Research, 53(4), 917-924.
- Macfarlane, D. J. (2001). Automated metabolic gas analysis systems - A review. Sports Medicine, 31 (12), 841-861.
- Maier, W., & Falkai, P. (1999). The epidemiology of comorbidity between depression, anxiety disorders and somatic diseases. International Clinical Psychopharmacology, 14 (2), 1-6.
- Manou V., Arseniou, P., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2002). Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test. Isokinetics and Exercise Science. 10(4), 177-181.
- Martinsen, E. W., Hoffart, A., & Solberg, O. (1989). Comparing aerobic with nonaerobic forms of exercise in the treatment of clinical depression: a randomized trial. Comprehensive Psychiatry, 30 (4), 324-331.
- Matsuda, M., & DeFronzo, R. A. (1999). Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing: comparison with the euglycemic insulin clamp. Diabetes Care, 22, 1462-1470.
- Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F., & Turner, R. C. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. Diabetologia, 28, 412-419.
- Macfarlane, D. J. (2001). Automated metabolic gas analysis systems: a review. Sports Medicine, 31 (12), 841-861.
- Mayer, F., Horstmann, T., Küsswetter, W., & Dickhuth H.-H. (1994). Isokinetik-Eine Standortbestimmung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 45 (7/8), 272-287.
- McNeil, J. K., LeBlanc, E. M., & Joyner, M. (1991, April). The effect of exercise on depressive symptoms in the moderately depressed elderly. Psychology and Aging, 6, 487-488.
- Mead, G. E., Morley, W., Campbell, P., Greig, C. A., McMurdo, M., & Lawlor, D. A. (2009). Exercise for depression. Cochrane Database of Systematic Reviews, 3, CD004366.
- Meijer, E. P., Westerterp, K. R., & Verstappen, F.T. (1999). Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. European Journal of Applied Physiology, 80, 16-21.

- Moffroid A. (1969). A study of isokinetic exercise. Physical Therapy, 49 (7), 735-747.
- Montgomery, L.C., Douglass, L.W., & Deuster, P. A. (1989). Reliability of an isokinetic test of muscle strength and endurance. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy 11, 315–322.
- Morgan, W. P. (1970). Physical working capacity in depressed and non-depressed psychiatric females: A preliminary study. American Corrective Therapy Journal., 24, 14-16.
- Neumann, G., & Schueler, K.P. (1994). Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Leipzig: Barth.
- Noble, B. J. (1986). Physiology of exercise and sport. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Doyle Ryan, N., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., ... Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. The New England Journal of Medicine, 330, 1769-1775.
- Okamura, F., Tashiro, A., Utumi, A., Imai, T., Suchi, T., Tamura, D., ... Hongo, M. (2000, Oktober). Insulin resistance in patients with depression and its changes during the clinical course of depression: minimal model analysis. Metabolism. 49(10),1255-60.
- Ossip-Klein, D. J., Doyne, E. J., Bowman, E. D., Osborn, K. M., McDougall-Wilson, I. B., & Neimeyer, R. A.(1989). Effects of running or weight lifting on self-concept in clinically depressed women. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 57(1), 158-161.
- Paffenbarger, R. S., Lee, I. M., & Leung, R. (1994). Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. Acta Psychiatrica Scandinavica Supplementum, 377, 16-22.
- Pearson, S., Schmidt, M., Patton, G., Dwyer, T., Blizzard, L., Otahal, P., & Venn, A. (2010, Mai). Depression and insulin resistance: cross-sectional associations in young adults. Diabetes Care, 33(5), 1128-1133.
- Penninx, B. W., Rejeski, W. J., Pandya, J., Miller, M. E., DiBari, M., Applegate, W. B., & Pahor, M. (2002). Exercise and depressive symptoms: a comparison of aerobic and resistance exercise effects on emotional and physical function in older persons with high and low depressive

- symptomatology. Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 57(2), 124-132.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. A. (1997, Februar) Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. Internal Journal of Sports Medicine, 18(2), 113-117.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2003). Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance. San Francisco: Benjamin Cummings Publishing.
- Pollock, M. L., Miller, H. S., & Wilmore, J. H. (1974). Physiological characteristics of champion American track athletes 40 to 75 years of age. Journal of Gerontology, 29, 645-649.
- Powell, K. E., & Paffenbarger, R. S. (1985, März). Workshop on epidemiologic and public health aspects of physical activity and exercise: a summary. Public Health Reports, 100(2), 118-126.
- Porszasz, J., Casaburi, R., Somfay, A., Woodhouse, L., & Whipp, B. (2003). A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade. Medicine & Science in Sports & Exercise, 35 (9), 1596-1603.
- Porter, M. N., Vandervoort, A. A., & Lexell, J. (1995). Aging of human muscle: structure, function and adaptability. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 5(3), 129-142.
- Ramasubbu, R. & Patten, S.B. (2003). Effect of depression on stroke morbidity and mortality. The Canadian Journal of Psychiatry, 48, 250-257.
- Robert Koch Institut (2009). Krankheitskosten. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 48. abgerufen am 23. Februar 2010 unter [http://www.gbe-bund.de/gbe10/owards.prc show pdf?p_id=12567&p_sprache=D](http://www.gbe-bund.de/gbe10/owards.prc%20show%20pdf?p_id=12567&p_sprache=D).
- Robinson, S. (1938) Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiologie 10, 251-266.
- Rugulies R. (2002). Depression as a predictor for coronary heart disease: A review and meta-analysis. American Journal of Preventive Medicine, 23(1), 51-61.
- Schmidt, K. (2007). Beurteilung der Fitness von 218 Freizeitsportlern mittleren Alters. abgerufen am 3.09.2013 unter <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/3081/>.
- Schmidt, R. F., Thews, G., & Lang, F. (2000). Physiologie des Menschen. 28.

- korr. und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sasai, H., Sairenchi, T., Iso, H., Irie, F., Otaka, E., Tanaka, K., ... Muto, T. (2010). Relationship between obesity and incident diabetes in middle-aged and older Japanese adults: the Ibaraki prefectural health study. Mayo Clinic Proceedings, 85 (1), 36-40.
- Seals, D., Hagberg, J., Hurley, B., Ehsani, A., & Holloszy, J. (1984). Endurance training in older men and women. Journal of Applied Physiology, 57, 1024-1029.
- Shea, M.T., Elkin, I., Imber, S.D., Sotsky, S.M., Watkins, J.T., Collins, J.F., ... Parloff, M.B. (1992). Course of depressive symptoms over follow-up. Findings of the National Institute of Mental Health Treatment of Depression Collaborative Research Programme. Archives of General Psychiatry, 49, 782-787.
- Sidney, K., & Shephard, R. (1977). Frequency and intensity of exercise training for elderly subjects. Medicine & Science in Sports & Exercise, 10, 125-131.
- Siegel, L. C., Sesso, H. D., Bowman, T. S., Lee, I. M., Manson, J. E., & Gaziano, J. M. (2009). Physical activity, body mass index, and diabetes risk in men: a prospective study. American Journal Of Medicine, 122(12), 1115-1121.
- Simon, G., Thiesmann, M., Clasing, D., & Frohberger, U. (1983). Ergometrie im Wasser: Eine besondere Methode der Leistungsdiagnostik. In Heck, H., Hollmann, W., Liesen, H., & Rost, R. (Hrsg), Sport: Leistung und Gesundheit. Köln: Deutscher Ärzteverlag.
- Singh, N. A., Clements, K. M., & Fiatarone, M. A. (1997). A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. Journal of Gerontology: Medical Sciences, 52, 27-35.
- Singh, N. A., Clements, K. M., & Singh, M. A. (2001). The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized, controlled trial. Journal of Gerontology: Medical Sciences, 56, 497-504.
- Solomon, D.A., Keller, M.B., Leon, A.C., Mueller, T.I., Lavori, P.W. Shea, M.T., ... Endicott, J. (2000). Multiple recurrences of major depressive disorder. American Journal of Psychiatry, 157, 229-233.
- Statistisches Bundesamt in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) und dem Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim (ZUMA) (2003). Datenreport 2002. Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Autor

- Stegmann, H., & Kindermann, W. (1981). Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle bei unterschiedlich Ausdauertrainierten aufgrund des Verhaltens der Lactatkinetik während der Arbeits- und Erholungsphase. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 8, 213-221.
- Stern, S.E., Williams, K., Ferrannini, E., DeFronzo, R.A., Bogardus, C., & Stern, M.P. (2005). Identification of individuals with insulin resistance using routine clinical measurements. Diabetes 54, 333-339.
- Storer, T. W., Casaburi, R., Sawelson, S., & Kopple, J. D. (2005). Endurance exercise training during haemodialysis improves strength, power, fatigability and physical performance in maintenance haemodialysis patients. Nephrology Dialysis Transplantation, 20, 1429-1437.
- Strasser, B., Keinrad, M., Haber, P., & Schobersberger, W.(2009). Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults: A randomized controlled trial. Wiener Klinische Wochenschrift, 121, 757–764.
- Tarpenning, K. M., Hamilton-Wessler, M., Wiswell, R. A., & Hawkins, S. A. (2004). Endurance training delays age of decline in leg strength and muscle morphology. Medicine and Science in Sports and Exercise, 36, 74-78.
- Tarpenning, K.M., Hawkins, S. A., Marcell, T. J., & Wiswell, R. A. (2006). Endurance exercise and leg strength in older women. Journal of Aging and Physical Activity, 14, 3-11.
- Timonen, M., Laakso, M., Jokelainen, J., Rajala, U., Meyer-Rochow, V. B., & Keinänen-Kiukaanniemi, S. (2005). Insulin resistance and depression: cross sectional study. British Medical Journal, 330, 17– 18.
- Valkeinen, H., Alen, M., Hannonen, P., Häkkinen, A., Airaksinen, O., & Häkkinen, K. (2004). Changes in knee extension and flexion force, EMG and functional capacity during strength training in older females with fibromyalgia and healthy controls. Rheumatology (Oxford), 43(2), 225-228.
- VDR- Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (2004 b). VDR Statistik Rentenzugang des Jahres 2003. Frankfurt am Main: Autor.
- Wang, J. T., Ho, L. T., Tang, K. T., Wang, L. M., Chen, Y. D., & Reaven, G. M. (1989). Effect of habitual physical activity on age-related glucose intolerance. Journal of the American Geriatrics Society, 37(3), 203-209.

- Wasserman, K., & McIlroy, M.B. (1964, Dezember). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. American Journal of Cardiology, 14, 844-852.
- WHO (2001a). World Health Report 2001: Mental Health: New Understanding, New Hope. Genf: Autor.
- WHO (2001b). Basic documents, 43rd edition. Genf: Autor.
- WHO (2004). Prevention of mental disorders. effective interventions and policy options. a report of the world health organization, department of mental health and substance abuse in collaboration with the prevention research centre of the universities of Nijmegen and Maastricht. Genf: Autor.
- Wilund, K. R., Tomayko, E. J., Evans, E. M., Kim, K., Ishaque, M. R., & Fernhall, B. (2008). Physical activity, coronary artery calcium, and bone mineral density in elderly men and women: a preliminary investigation. Metabolism: Clinical And Experimental, 57(4), 584-591.
- Wittchen, H.U. & Jacobi, F. (2001). Die Versorgungssituation psychischer Störungen in Deutschland. Eine klinisch-epidemiologische Abschätzung anhand des Bundes-Gesundheitssurveys 1998. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 44(10), 993-1000.
- Wittchen, H. U., & Jacobi, F. (2005) Size and burden of mental disorders in Europe – a critical review and appraisal of 27 studies. European Neuropsychopharmacology, 15 (4), 357-376.
- Wonisch, M., Fruhwald, F. M., Hofmann, P., Hödl, R., Klein, W., Kraxner, W., ... Watzinger, N.(2003). Spiroergometrie in der Kardiologie: Grundlagen der Physiologie und Terminologie. Journal für Kardiologie, 10(9), 383-390.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Trainingswochenübersicht; Anzahl der Trainingswochen (Mittelwert [SD]) im Vergleich zu vergangenen Wochen zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Abbildung 2. Trainingseinheiten/ Woche, Anzahl der Vorgabe der Trainingseinheiten pro Woche (Mittelwert [SD]) im Vergleich zur tatsächlich trainierten Anzahl zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Abbildung 3. Trainingsdauer/ Woche; Anzahl der Vorgabe der Trainingsdauer pro Woche (Mittelwert [SD]) im Vergleich zur tatsächlich trainierten Dauer zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Abbildung 4. Ausgeübte Sportarten zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) bzw. Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Abbildung 5. Vergleich der prozentualen Vorgabe der Trainingsherzfrequenzen (Mittelwert [SD]) bezogen auf die individuelle anaerobe Schwelle zwischen Eingangstest (T0) und Retest Monat 6 (T1) und Retest Monat 6 (T2) und Retest Monat 12 (T2), Probandenanzahl n=19.

Abbildung 6. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=18, Bewegungsgruppe: n=19).

Abbildung 7. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=18, Bewegungsgruppe: n=19).

Abbildung 8. Einzelverläufe BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 9. Paardifferenzen BMI [kg/m²] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 10. Einzelverläufe des Hamilton Depressionsscore zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12)

in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 11. Paardifferenzen des Hamilton Depressionsscore nach 6 Monaten und zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. nach 12 Monaten und zum Zeitpunkt Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 12. Einzelverläufe der relativen $\dot{V}O_2$ max [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 13. Paardifferenzen der relativen $\dot{V}O_2$ max [ml/min/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 14. Einzelverläufe der relativen maximalen Leistungsfähigkeit [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 15. Paardifferenzen der relativen maximalen Leistungsfähigkeit [W/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 16. Einzelverläufe der relativen Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16).

Abbildung 17. Paardifferenzen der relativen Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16).

Abbildung 18. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (Mittelwert [SD]) isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=14, Bewegungsgruppe: n=17).

Abbildung 19. BMI [kg/m^2] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: $n=14$, Bewegungsgruppe: $n=17$).

Abbildung 20. Einzelverläufe BMI [kg/m^2] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 21. Paardifferenzen BMI [kg/m^2] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 22. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 23. Paardifferenzen relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 24. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment $120^\circ/\text{s}$ [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 25. Paardifferenzen relatives maximales Drehmoment $120^\circ/\text{s}$ [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 26. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: $n=14$, B: $n=17$).

Abbildung 27. Paardifferenzen relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6)

bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Abbildung 28. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Abbildung 29. Paardifferenzen relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Abbildung 30. Einzelverläufe relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestreckers rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Abbildung 31. Paardifferenzen relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestreckers rechts von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl S: n=14, B:n=17).

Abbildung 32. Korrelation zwischen Paardifferenz der rel. VO_2max [ml/min/kg] und der Paardifferenz des relativen maximalen Drehmoments bei einer Winkelgeschwindigkeit von $60^\circ/\text{s}$ zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten ($r=0,43$, $p=0,08$, Probandenanzahl $n=17$).

Abbildung 33. Korrelation der Paardifferenz von Matsuda-Index zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten und des Ausgangswert der rel. Leistung an der indiv. anaeroben Schwelle ($r=-0,41$, $p=0,12$, Probandenanzahl $n=16$).

Abbildung 34. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index und rel. VO_2max zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten ($r=0,36$, $p=0,17$, Probandenanzahl $n=19$).

Abbildung 35. Abbildung 35. Mittelwert/ Median (bei mit ¹ markierten Werten wurde der Median benutzt) der prozentualen Zunahmen der verschiedenen gemessenen Variablen der Bewegungsgruppe nach 6 Monaten (links) und nach 12 Monaten (rechts) bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung mit dem dazugehörigen 95% Konfidenzintervall.

Abbildung 36. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Sauerstoffgruppe (S), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 37. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), dem Retest nach 6 Monaten (6) und 12 Monaten (12) in der Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 38. Paardifferenzen absolute Sauerstoffaufnahme [l/min] von Retest nach 6 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-6) bzw. Retest nach 12 Monaten und Eingangsuntersuchung (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Abbildung 39. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten (0-12) und rel. max. Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0) ($r=0,34$, $p=0,22$, Probandenanzahl n=19).

Abbildung 40. Korrelation der Paardifferenzen von Matsuda-Index und rel. Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zwischen Eingangstest und Test nach 12 Monaten (0-12) ($r=0,072$, $p=0,80$, Probandenanzahl n=19).

Abbildung 41. Korrelation der Paardifferenzen von relativem maximalem Drehmoment $120^\circ/s$ [J/kg] und relativer maximaler Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) ($r=0,29$, $p=0,27$, Probandenanzahl n=17).

Abbildung 42. Korrelation der Paardifferenzen von relativem maximalem Drehmoment $120^\circ/s$ [J/kg] und relativer maximaler Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) ($r=0,26$, $p=0,31$, Probandenanzahl n=17).

Abbildung 43. Korrelation der Paardifferenzen der relativen Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme [ml/min/kg] zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) ($r=0,12$, $p=0,61$, Probandenanzahl n=17).

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. absolute und relative Häufigkeit von Erkrankungen des spiroergometrischen Kollektivs beginnend mit größter relativer Häufigkeit (Erkrankungen mit einer relativen Häufigkeit von kleiner als fünf Prozent wurden nicht berücksichtigt), Probandenanzahl n=37

Erläuterung Abkürzungen: LWS- Syndrom: Lendenwirbelsäulen-Syndrom
KHK: Koronare Herzkrankheit
DM: Diabetes mellitus.

Tabelle 2. Tabelle 2. absolute und relative Häufigkeit von Medikamenteneinnahme des spiroergometrischen Kollektivs beginnend mit größter relativer Häufigkeit (Medikamenteinnahme mit einer relativen Häufigkeit von kleiner als fünf Prozent wurden nicht berücksichtigt), Probandenanzahl n=37

Erläuterung Abkürzungen: SSRI: Selective Serotonin Reuptake Inhibitors
TCA: Tricyclic Antidepressants
ACE: Angiotensin Converting Enzyme
ASS: Acetylsalicylsäure
NSAR: Nichtsteroidale Antirheumatika.

Tabelle 3. Darstellung des Laufbandprotokolls.

Tabelle 4. Darstellung des Testprotokolls der isokinetischen Kraftmessung.

Tabelle 5. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe(S): n=18, Bewegungsgruppe(B): n=19).

Tabelle 6. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe (S): n=18, Bewegungsgruppe (B): n=19).

Tabelle 7. Einzelverläufe, BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 8. BMI [kg/m²], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe(S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 9. Einzelverläufe des Hamilton Depressions-Score (Median) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 10. Hamilton Depressions-Score, Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 11. Einzelverläufe der relativen $\dot{V}O_2$ max [ml/min/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 12. Relative $\dot{V}O_2$ max [ml/min/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 13. Einzelverläufe der relativen Leistungsfähigkeit (Median [W/kg]) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 14. relative maximale Leistung [W/kg], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 15. Einzelverläufe der relativen Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S)

und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16).

Tabelle 16. relative Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle [W/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=11, B: n=16).

Tabelle 17. Alter zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe: n=14, Bewegungsgruppe: n=17).

Tabelle 18. BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung, isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: Sauerstoffgruppe (S): n=14, Bewegungsgruppe (B): n=17).

Tabelle 19. Einzelverläufe BMI [kg/m²] zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 20. BMI [kg/m²], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 21. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 60° (Median [J/kg]) der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 22. relatives maximales Drehmoment 60° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 23. Einzelverläufe relatives maximales Drehmoment 120° (Median [J/kg]) der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0),

nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 24. relatives maximales Drehmoment 120° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 25. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 26. relative durchschnittliche Arbeit 60° [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 27. Einzelverläufe relative durchschnittliche Arbeit 120° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 28. relative durchschnittliche Arbeit [J/kg], Mittelwert absolut und Mittelwert der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 29. Einzelverläufe relative Gesamtarbeit 180° [J/kg] der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 30. relative Gesamtarbeit 180° [J/kg], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), isokinetisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=14, B: n=17).

Tabelle 31. Einzelverläufe absolute Sauerstoffaufnahme (Median [l/min]) der Kniestrecker rechts zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (0), nach 6 Monaten (6) und nach 12 Monaten (12) und die prozentualen Zu-/Abnahmen bezogen auf den Ausgangswert der Eingangsuntersuchung (0) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

Tabelle 32. absolute Sauerstoffaufnahme [l/min], Median absolut und Median der prozentualen Veränderung der einzelnen Paardifferenzen mit dem dazugehörigen Range zwischen Eingangsuntersuchung und Retest nach 6 Monaten (0-6) bzw. Eingangsuntersuchung und Retest nach 12 Monaten (0-12) in der Sauerstoffgruppe (S) und Bewegungsgruppe (B), spiroergometrisches Kollektiv (Probandenanzahl: S: n=18, B: n=19).

11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich folgenden Personen besonders danken:

Zunächst herzlichen Dank allen Probanden, die an der der SALOME-Studie teilgenommen haben und viel Zeit und Geduld in dieses Projekt investiert haben.

Ein weiteres Dankeschön gilt Dr. Arno Hipp für die sehr gute Betreuung dieser Arbeit. Ohne die Unterstützung und große Hilfsbereitschaft wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Axmann für die Prüfung des Statistikeils.

Persönliche Angaben

Geburtsdatum	20.07.1978
Geburtsort	Dresden
Familienstand	verheiratet

Ausbildung

seit 02/2012	Assistenzarzt in der Abteilung Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie an der BG Unfallklinik Tübingen
10/2011-12/2012	Assistenzarzt in der Abteilung für Innere Medizin in Hechingen
05/2011	Abschluss des Medizinstudiums (25.10.11, Note 3.0)
02/2010-01/2011	Ableistung der Tertiale des Praktischen Jahres in Chirurgie, Innere Medizin und Anästhesie im Klinikum am Steinenberg Reutlingen
04/2006-01/2010	Fortsetzung des Medizinstudiums in Tübingen mit Physikumsprüfung (04.04.07, Note 3.5)
04/2005-03/2006	Studium Humanmedizin an der Universität Würzburg
10/1999-12/2004	Sportstudium mit Abschluss Diplom (Note 2.0)
08/1998-09/1999	Zivildienst in der Parkinson Klinik Wolfach
06/1998	Allgemeine Hochschulreife (Abiturnote: 2.2) Robert-Gerwig Gymnasium Hausach

Wissenschaftliche Arbeit

Diplomarbeit	Standardisierung eines sportmotorischen Test der Ausdauer im Bereich des Basketballs
--------------	--

Tübingen, den 14.3.2013