

Abschlussbericht

**Einfluss eines adjuvanten EMS-Trainings auf
Körperzusammensetzung und kardiale Risikofaktoren bei älteren
Männern mit Metabolischem Syndrom**

Wolfgang Kemmler, Anne Birlauf, Simon von Stengel

Institut für Medizinische Physik

Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

Korrespondenzadresse:

PD Dr. Wolfgang Kemmler

Institut für Medizinische Physik

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

Henkestr. 91

91052 Erlangen

Tel: ++49 (9131) 8523999

Fax: ++49 (9131) 8522824

Email: wolfgang.kemmler@imp.uni-erlangen.de

Zusammenfassung

Problemstellung: Sarkopenie und (abdominale) Adipositas stehen mit Mortalität, Multimorbidität und Gebrechlichkeit („frailty“) des älteren Menschen in enger Verbindung. Inwieweit ein Ganzkörper-Elektromyostimulations (WB-EMS)-Training Einfluss auf Körperzusammensetzung und kardiale Risikofaktoren bei älteren Männern mit Metabolischem Syndrom nehmen kann, ist Ziel dieser Untersuchung.

Methoden: Insgesamt 28 Männer mit Metabolischem Syndrom gemäß IDF (69.4±2.8 Jahre) aus der Umgebung von Erlangen wurden nach Randomisierung einer Kontrollgruppe (KG: n=14) oder einer WB-EMS-Gruppe (n=14) zugeteilt. Das 14-wöchige Trainingsregime der WB-EMS sah alle 5 Tage ein 30-minütiges Ausdauer- und Kraftprogramm unter EMS-Applikation vor. Die Kontrollgruppe führte parallel ein Ganzkörpervibrations-Training mit dem Fokus „Steigerung der Beweglichkeit und des Wohlbefindens“ durch. Als primäre Endpunkte wurden die abdominale und Gesamtkörper-Fettmasse sowie die appendikuläre Skelettmuskelmasse (ASMM) ausgewählt. Sekundäre Endpunkte waren Parameter des Metabolischen Syndroms nach IDF (Taillenumfang, Glucose, Triglyzeride, HDL-Cholesterin, systolischer und diastolischer Blutdruck)

Ergebnisse: Die Veränderung der abdominalen Fettmasse zeigte bei hoher Effektstärke (ES): $d=1,33$) signifikante Unterschiede ($p=,004$) zwischen WB-EMS und KG (-252 ± 196 g, $p=,001$ vs. -34 ± 103 g, $p=,330$). Parallel dazu verringerte sich in der WB-EMS-Gruppe das Gesamtkörperfett um -1350 ± 876 g ($p=,001$) und in der KG um -291 ± 850 g ($p=,307$) (Unterschied: $p=,008$, ES: $d=1,23$). Die ASMM zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede ($p=,024$, ES: $d=,97$) zwischen EMS- und Vibrations-Kontrollgruppe (249 ± 444 g, $p=,066$ vs. -298 ± 638 g, $p=,173$). Mit der Ausnahme eines signifikanten Zwischengruppenunterschiedes ($p=,023$, ES: $d=1,10$) für den Taillenumfang (EMS: $-5,2\pm 1,8$, $p=,000$ vs. KG: $-3,3\pm 2,9$ cm, $p=,006$) zeigten sich für die Parameter des Metabolischen Syndroms (s.o.) keine weiteren Effekte.

Diskussion: Ein Ganzkörper-EMS-Training zeigt bei geringem Trainingsvolumen (ca. 45 min/Woche) und kurzer Interventionsdauer (14 Wochen) signifikante Effekte auf die Körperzusammensetzung. Bei Menschen mit geringer kardialer und orthopädischer Belastbarkeit könnte somit WB-EMS eine entsprechende Alternative zu konventionellen Trainingsprogrammen sein.

Einleitung

Sarkopenie und (abdominale) Adipositas sind Schlüsselparameter von Mortalität, Multimorbidität und Gebrechlichkeit des älteren Menschen (Bauer & Sieber, 2008; Rexrode et al., 1998). Während die (abdominale) Adipositas bereits seit längerem in zentralem Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen gesehen wird (Rexrode et al., 1998) und nicht zuletzt aus diesem Grund in neueren Definitionen des metabolischen Syndroms (Alberti, Zimmet & Shaw, 2006) als „Knock-out“ Kriterium Verwendung findet, wird sich die medizinische Gesellschaft des epidemiologischen Stellenwerts der Sarkopenie erst seit kurzem bewusst (Bauer & Sieber, 2008; Sieber, 2005). Neben funktionellen Einschränkungen mit Impact auf die Selbständigkeit des älteren Menschen steht die Sarkopenie in engem Zusammenhang mit Erkrankungen und gesundheitlichen Risikofaktoren wie Stürzen (Kenny, Rubenstein, Martin & Tinetti, 2001), Osteoporose (Burr, 1997), eingeschränkter Thermoregulation (Kenney & Buskirk, 1995) und Diabetes-Parametern (Karakelides & Nair, 2005). Ausdauer- und Krafttraining vermögen sowohl Einfluss auf die reduzierte Muskelmasse und eingeschränkte Muskelfunktion (Latham, Anderson, Bennett & Stretton, 2003) wie auch auf das Körperfett, und hier insbesondere auf die viszerale Fettmasse (Kay & Fiatarone Singh, 2006), zu nehmen. Insbesondere bei Menschen mit orthopädischen und kardialen Beschwerden erscheint ein konventionelles Krafttraining an Geräten, das zur Realisierung relevanter Effekte auf Maximalkraft, -leistung und Muskelmasse eine vergleichsweise hohe Reizintensität von 70% des Einwiederholungsmaximums (1 RM) benötigt, (Hunter & Treuth, 1995) allerdings nicht angezeigt. Als Lösung für Menschen mit entsprechenden Handicaps könnte ein Ganzkörper-Elektromyostimulation-Training (WB-EMS) dienen, das sich durch eine geringe orthopädische Belastung auszeichnet (Weineck, 2000). Weiterhin erfolgt beim WB-EMS durch die Vielzahl der rekrutierten Fasern eine vergleichsweise hohe metabolische Beanspruchung, die sich akut in einer deutlichen Erhöhung des Leistungsumsatzes wiederfinden sollte (Schwarz 2009). Dieser Faktor sowie eine mögliche Erhöhung der Muskelmasse (s.u.) mit Einfluss auf den Grundumsatz sollte positive Effekte im Sinne einer Reduktion des Fettgewebes erwarten lassen. So zeigt eine kürzlich in unserem Hause durchgeführte Pilotstudie (Kemmler, Schliffka, Mayhew & von Stengel, 2009) mit langjährig trainierten, postmenopausalen Frauen neben einem grenzwertig signifikanten Effekt (EMS vs. Kontrolle) des WB-EMS-Trainings auf den Ruheumsatz (als Prädiktor der Gesamtkörper-Muskelmasse, (Stiegler & Cunliffe, 2006)) signifikante Effekte auf den Taillenumfang und den Gesamtkörper-Fettgehalt auf.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Effekt eines WB-EMS-Trainings auf die Körperzusammensetzung und kardiale Risikofaktoren bei Männern mit metabolischem Syndrom zu erfassen.

Methodik

Bei der Studie handelt es sich um eine 14-wöchige randomisierte Intervention mit Männern aus dem Stadtbereich Erlangen im Alter von 65 - 75 Jahren. Die Untersuchung wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (Z5-22462/2-2008-079) und von der Ethikkommission der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU; Ethik Antrag 3876) überprüft und genehmigt. Vor Studienbeginn wurden interessierte Teilnehmer in einer Informationsveranstaltung über die Möglichkeiten und Risiken der beiden Trainingsarten informiert; es bestand die Möglichkeit an einem Probetraining teilzunehmen. Alle Teilnehmer gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Die Teilnehmer legten vor Teilnahme zusätzlich eine Einverständniserklärung vom betreuenden Arzt vor. Die Untersuchung wurde vom Institut für Medizinische Physik der FAU durchgeführt.

Endpunkte

Primäre Endpunkte:

Abdominale und Gesamtkörper-Fettmasse, appendikuläre skeletale Muskelmasse (ASSM)

Sekundäre Endpunkte:

Parameter des Metabolischen Syndroms (Taillenumfang, Glucose, Triglyzeride, HDL-C, Blutdruck)

Stichprobe

Anfang Januar 2009 wurden insgesamt 567 Männer aus Erlangen im Alter zwischen 65 und 75 Jahren angeschrieben. Auf das persönliche Anschreiben, in dem die wichtigsten Ein- und Ausschlusskriterien¹ genannt wurden, antworteten 48 Personen. Von diesen Personen konnten 28 unter Berücksichtigung der unten aufgeführten Ein- und Ausschlusskriterien in die Studie aufgenommen werden.

Einschlusskriterien:

- *männlich, Alter zwischen 65 und 75 Jahre*
- *Metabolisches Syndrom gemäß Internationaler Diabetes Federation (Alberti et al., 2006))*
- *Weitgehend untrainiert bezüglich Kraft- und Ausdauertraining*

Ausschlusskriterien:

- *Schwere neurologische Erkrankungen, Epilepsie*
- *Herzschrittmacher, schwere Durchblutungsstörungen, Blutungen, starke Blutungsneigung*
- *Bauchwand- und Leistenhernie*
- *Tumor-Erkrankung*
- *Fieberhafte Erkrankungen, akute bakterielle und virale Infekte*
- *Hautverletzungen im Bereich der Elektroden*
- *Endoprothesen*
- *Augenerkrankungen mit Beteiligung der Netzhaut*

¹ Die Mehrzahl der Ausschlusskriterien war von den Geräteherstellern (WB-EMS: Miha-Bodytec) bzw. (WB-Vibration: Vibrafit) vorgegeben.

Vor dem Randomisierungsprozess wurde den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, beide Interventionsformen (WB-EMS, WB-Vibration) zu erproben. Alle Teilnehmer konnten die Trainingsformen problemlos durchführen. Mittels Losverfahren wurden die Teilnehmer im Anschluss unter Stratifizierung für das Lebensalter in die Gruppen „Elektrostimulation“ und „Vibration“ aufgeteilt. Die folgende Abbildung zeigt einen „Flow-Chart“ für den Prozess der Rekrutierung und der Randomisierung.

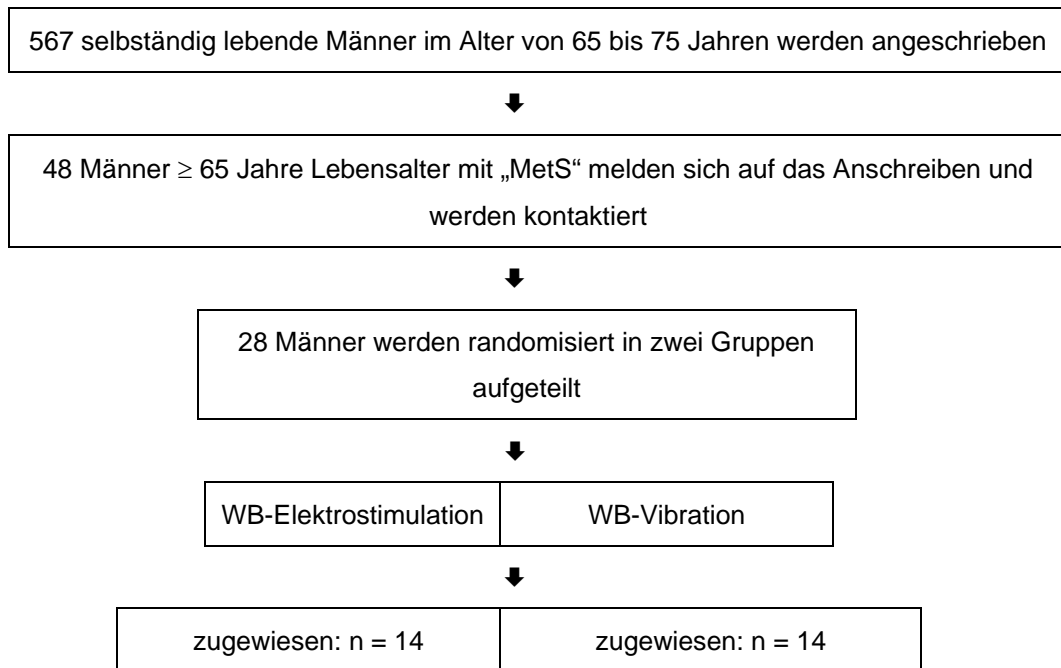


Abb. 1: Flow-Chart der Studie

Die unten aufgeführte Tabelle 1 zeigt die basalen Charakteristika mit Mittelwerten und Standardabweichungen beider Gruppen.

Tab. 1: Basale Charakteristika der EMS- und Kontroll- (Vibrations-)gruppe

Variable	WB-EMS (n=14)	WB-Vibration (n=14)
Lebensalter [Jahre]	69,1 ± 2,7	69,7 ± 3,0
BMI [kg/m ²]	28,1 ± 4,4	27,6 ± 2,7
Taillenumfang [cm]	102,0 ± 10,6	103,0 ± 6,8
Handkraft [kg]	42,9 ± 5,0	41,7 ± 6,4
Relative VO ₂ peak (ml/kg/min)	26,9 ± 5,4	26,2 ± 6,2
Sport, Trainingsumfang [min/Wo.]	122,1 ± 103,6	109,3 ± 96,0
Framingham Risk Score ² [%]	13,4 ± 5,8	15,4 ± 8,1

² Gemäß Wilson et al. (Wilson et al., 1998)

Abbildung 2 gibt einen zeitlichen Überblick über den Studienverlauf. Nach der Probandenrekrutierung während der Kalenderwoche 1 und 2 im Januar 2009 folgte die Informationsveranstaltung und das Probetraining. Anfang Februar 2009 erfolgte die basale Erfassung der primären und sekundären Endpunkte, die sich in einen morgendlichen Termin zur Blutentnahme sowie in einen medizinisch/anthropometrisch/sportmotorischen Testblock gliederte. Das 14-wöchige Training fand ab der Kalenderwoche 6 statt und wurde in der Kalenderwoche 19 beendet. In Woche 20 erfolgten die Abschlussmessungen, im Anschluss wurde mit der Auswertung begonnen.

Interventionsmaßnahmen	Jan 09				Feb 09				Mrz 09				Apr 09				Mai 09					
	KW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Probandenrekrutierung																						
Infoveranstaltung																						
Probetraining																						
Blutabnahme (prä)																						
Sporttests (prä)																						
Training																						
Blutabnahme (post)																						
Sporttests (post)																						
Auswertung																						

Abb. 2: Zeitplan der Untersuchung

Intervention

Die WB-EMS-Gruppe führte jeden 5. Tag unter Anleitung eines zertifizierten Übungsleiters das nachfolgend beschriebene Ausdauer- und Kraftprogramm unter EMS-Einsatz durch, während die Teilnehmer der Kontrollgruppe im Sinne einer Verblindung ebenfalls jeden 5. Tag nach Einweisung (s.u.) in Eigenregie ein videounterstütztes Ganzkörpervibrationstraining mit Fokus auf die Beweglichkeit durchführten. Sowohl WB-EMS wie auch die Vibration fanden in den Räumlichkeiten des Instituts für Medizinische Physik statt. Die Trainingsdurchführung des WB-EMS-Trainings wurde vom Übungsleiter erfasst, während die Protokollierung der Anwesenheit im Vibrationstraining, sowie die Auswahl künftiger Trainingstermine durch den Teilnehmer selbst mittels bereit gestellter Listen erfolgte. Neben der hier vorgestellten Interventionsmaßnahme wurden beide Gruppen angehalten, ihr basales Aktivitätsniveau sowie Ihre Ernährungsgewohnheiten während des Interventionszeitraumes konstant zu halten.

WB-EMS-Intervention

Die EMS-Gruppe absolvierte alle 5 Tage ein 30-minütiges Training mit Ganzkörperstimulationswesten (miha bodytec, Augsburg, Deutschland), das sich in ein 15-20-minütiges Ausdauertraining auf dem

Crosstrainer (Schwinn 4100i, Schwinn, Madison, USA) und eine 10-15-minütige „dynamische“ Kräftigungssequenz gliederte. Die Ausrüstung (Abb. in Anhang) ermöglicht eine gleichzeitige, dedizierte Ansteuerung von 8 Muskelgruppen (Anhang). Jeweils zwei Probanden führten parallel ein standardisiertes Training unter Überwachung und Anleitung jeweils desselben Übungsleiters durch.

Es wurden zwei Programme mit den folgenden Belastungsparametern über jeweils ca. 15 min durchgeführt (Tab. 2):

Tab. 2: Charakteristika der verwendeten EMS-Programme im Überblick.

Program 1 (Ausdauer)	Program 2 (Kraft)
Trainingsdauer: 15-20 Minuten	Trainingsdauer: 15-10 Minuten
Frequenz: 85Hz	Frequenz: 85Hz
Impulsdauer: kontinuierlich	Impulsdauer: 4s
Impulspause: keine	Impulspause: 4s
Impulsanstieg: 0 Sekunden	Impulsanstieg: 0 Sekunden
Pulsbreite: 350 μ s	Pulsbreite: 350 μ s
Impulsart: bipolar	Impulsart: bipolar

Das Anlegen der Bekleidung sowie die Modalitäten und Durchführung des EMS-Trainings erfolgte gemäß den Vorgaben des Herstellers (miha-bodytec, 2008). Die Reizhöhe (Stromstärke) wurde beim Ausdauertraining nach 2 und 5 min nachreguliert, beim Krafttraining erfolgte eine Erhöhung dieses zentralen Belastungsnormativa nach 2, 5 und 8 min.

Das Ausdauertraining (Crosstrainer) erfolgte in einer dominant aeroben Stoffwechsellage. Die Belastungsintensität wurde durch das im Stufentest (s.u.) erfasste VO_2 peak über die Herzfrequenz (70-85% der Hf_{max}) im Training vorgegeben. Eine Periodisierung der Belastungsintensität erfolgte nicht. Während der ersten 7 Wochen trainierten die Probanden insgesamt 15 Minuten, im Anschluss wurde die Belastungsdauer auf 20 Minuten erhöht.



Abb. 3: Probanden mit EMS-Ausrüstung auf Crosstrainern.

Das Krafttraining setzte sich aus den unten aufgeführten Übungen zusammen (Tab. 5; Übungssammlung im Anhang). Es wurden 5 dynamische Übungen mit 1 Satz und 8-10 Wiederholungen für alle großen Muskelgruppen durchgeführt. Bei Übung 1-3 wurde die jeweilige Übung während der Impulsdauer durchgeführt. Während der Impulspause wurden die Probanden aufgefordert in die Ausgangsposition zurückzukehren. Bei Übung 4 und 5 sollten die Probanden während der Impulsdauer den ersten Teil der Übung durchführen. Diese Position wurde während der Impulspause gehalten und im Anschluss an die Pause in die Endposition zurückgekehrt. Die ersten 7 Wochen absolvierten die Probanden beim Krafttraining 1 Satz à 10 Wiederholungen pro Übung, im Anschluss wurde die Wiederholungszahl niedriger gewählt (1 Satz à 8 Wiederholungen), da die Dauer von 15 Minuten auf 10 Minuten zugunsten des Ausdauertrainings verkürzt wurde.

Tab 3: Übungsauswahl beim EMS-Krafttraining.

Übung	Hauptsächlich beanspruchte Muskulatur
1. Kniebeuge und Bizepscurls	Beinstrecker, Beinbeuger, Gesäß, Armbeuger
2. Kniebeuge und Armstrecken	Beinstrecker, Beinbeuger, Gesäß, Armstrecker
3. Kniebeuge und Crunches	Beinstrecker, Beinbeuger, Gesäß, gerade Bauchmuskulatur
4. Latziehen und Schulterdrücken	Breiter Rückenmuskel, Deltamuskeln, Trapezmuskel, Beinbeuger/-strecker, Gesäß, Armbeuger, Armstrecker
5. Butterfly und Reverse Fly	Brustmuskulatur, breiter Rückenmuskel, Beinbeuger/-strecker, Gesäß

WB-Vibration (Kontrollgruppe)

Wie bereits oben angeführt, diene die WB-Vibration als Verblindungsstrategie für die Kontrollgruppe. Der Fokus der Übungsdurchführung lag auf Übungen zur Beweglichkeit, es wurden zusätzlich drei Übungen zur Kräftigung (Tab. 4) mit leichtem bis mittlerem subjektiven Belastungsempfinden durchgeführt. Das Vibrationstraining wurde auf Geräten der Firma Vibrafit (Solms, Germany) mit einer Frequenz von 30 Hz (Amplitude: 1,7 – 1,8 mm; Akzeleration 1,3 – 2,2 g) realisiert. Die unten beschriebenen 6 Übungen (Tab. 4) wurden in zwei Durchgänge über jeweils 40 - 60 sec organisiert. Die Gesamtdauer des Übungsprogrammes betrug ca. 18 min. Die Teilnehmer wurden nach zweimaliger Geräte- und Übungseinweisung durch die Übungsleiter mittels Videounterstützung angeleitet. Eine ständige Überwachung des Vibrationstrainings erfolgte nicht, allerdings war qualifiziertes Personal immer in Rufweite erreichbar.

Tab. 4: Übungsauswahl beim Vibrationstraining.

Beanspruchung	Beanspruchter Bereich	Durchführung
Dehnung	Wadenmuskulatur	Vorderfuß auf Vibrationsplatte; Ferse Richtung Boden drücken; Körpergewicht leicht nach vorne verlagern,
Beweglichkeit, Dehnung	Sprunggelenk	Vorderfuß auf Vibrationsplatte; Ferse im Wechsel heben und senken; Oberkörper ist leicht nach vorn geneigt
Kräftigung	Oberschenkelvorderseite	Beidbeinige Kniebeugen (max. 120° Kniebeugung)
Dehnung	Wadenmuskulatur,, Oberschenkelrückseite	Wie Übung 1, aber Oberkörper über gestrecktes Bein beugen, Fuß Richtung Schienbein anziehen
Kräftigung	Oberschenkelvorderseite	Ausfallschritte (Lounges) nach hinten
Kräftigung	Armbeuger	Armcurls mit an der Platte befestigten Bändern

Messungen

Zu Beginn und nach Beendigung der Intervention wurden Blutentnahmen, eine Dual-Energy-X-Ray-Absorptiometrie („DXA“, zur Bestimmung der Körperzusammensetzung), eine Ausbelastungs-Spirometrie und eine Erfassung anthropometrisch/medizinischer Daten jeweils vom gleichen Untersucher durchgeführt. Zusätzlich wurde den Teilnehmern ein Fragebogen zu Beginn und nach Beendigung der Intervention ausgehändigt.

Um eine Verblindung auch auf Untersucherebene zu realisieren, war der Status des Teilnehmers („EMS- oder Kontrollgruppe“) für den Testleiter nicht ersichtlich. Zusätzlich war es dem Testleiter untersagt, den Teilnehmer über die Art der Trainingsdurchführung, aus der sich Rückschlüsse über die Gruppenzugehörigkeit hätten ziehen lassen, zu befragen.

In Tabelle 5 wird ein Überblick über die Untersuchungsbereiche, deren Operationalisierung sowie die jeweiligen Testinstrumentarien der vorliegenden Intervention gegeben.

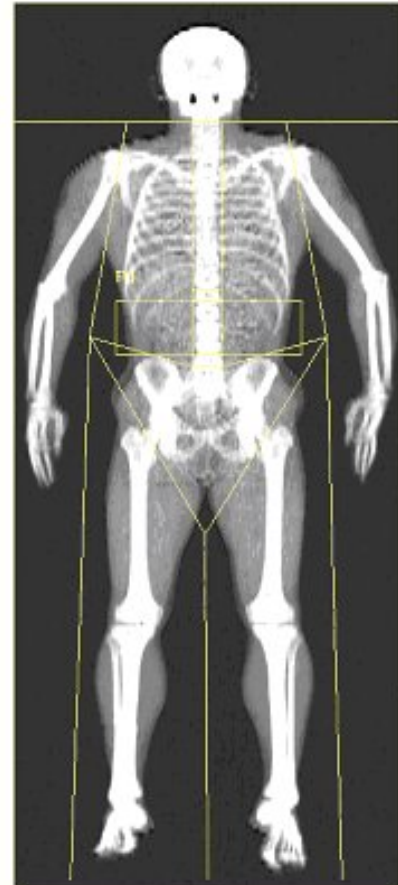
Tab. 5. Überblick über Variablen und Testinstrumentarien der Untersuchung

Untersuchungsbereich	Operationalisierung	Messinstrument
Anthropometrische Daten	Gewicht Größe	TANITA Personenwaage (Modell BF 305) Geeichter Größenmesser
	Körperfettmasse, fettfreie Masse	DXA-Technik (Hologic, Bedford, MA, USA) Ganzkörperscan
	Abdominales Körperfett	Abdominaler ROI des Ganzkörperscans (Regionalanalyse-DXA)
	Appendikuläre skeletale Muskelmasse	Fett- und knochenfreie Masse der Extremitäten (Regionalanalyse-DXA)
Hämatologische und hämodynamische Parameter	Triglyzeride (mg/dl), HDL- Cholesterin (mg/dl), Glukose (mg/dl) Blutdruck (systolisch/ diastolisch) (mmHg)	Testkits der Firma Olympus Diagnostica GmbH (Hamburg, Deutschland), Blutdruckmessgerät der Firma Bosco, Bosch (Jungingen, Deutschland)
Fragebogen	Eingangs- und Kontroll-Fragebogen	Fragen zu Risikofaktoren, Ernährung, Erkrankungen, Medikamente, Lebensstil, SF-12
Sportmotorische Tests Ausdauer	Stufentest auf dem Cross- Trainer bis zur maximalen subjektiven Ausbelastung	offenes spirometrisches System Oxycon mobile (Viasys Conshohocken, PA, USA); Cross- Trainer (Schwinn 410i, Madison, WI., USA); Pulsuhr (Polar, Modell RS 400; Oulo, Finnland)

Anthropometrische Daten

Größe, Gewicht und Umfangswerte der Probanden wurden mit geeichten Geräten erfasst. Eine Personenwaage (BF 305, Tanita, Japan) wurde zur Feststellung des Körpergewichts verwendet. Aus der Körpergröße und dem Körpergewicht wurde der Body-Mass-Index (BMI) nach der Formel $\text{Körpergewicht} / (\text{Körpergröße in Metern})^2$ ermittelt.

Körperfett und fettfreie Körpermasse wurden mittels DXA-Technik erfasst (Hologic QDR 4500a, Discovery-upgrade, Bedford, MI, USA). Hierzu wurde gemäß den Vorgaben des Herstellers (Hologic, 1996) ein Ganzkörperscan durchgeführt. Da die primären Endpunkte alle aus dieser Messung resultieren, wird dieses Verfahren hier etwas genauer wiedergegeben. Abb. 11 zeigt einen segmentierten Ganzkörperscan mit den Standardregionen „Kopf“, „BWS“, „Rippen“, „LWS“, „Becken“, „Arme“ und „Beine“. Die Durchführung der Messung und anschließende Segmentierung wurde immer vom gleichen Testleiter durchgeführt. Die Segmentierung der Scans zur Erfassung der ASMM wurde nach Heymsfield et al. (Heymsfield, Smith & Aulet, 1990) durchgeführt.



Die abdominale Region zwischen Beckenkamm und Unterkante LWK 1 wurde als abdominale ROI („Region of Interest“) vom Auswerter der Analyse eingefügt. Die einmal gewählten Einstellungen/Person werden bei der folgenden Aufnahme automatisch über den neuen Scan gelegt, können aber bspw. bei veränderter Lagerung des Probanden nachjustiert werden. Höhe und Breite der abdominalen ROI bleibt bei den nachfolgenden Messungen unverändert eingestellt.

Abb. 4: Ganzkörperanalyse mit Regionalanalysen

Nach Herstellerangaben (Hologic, 1993, 1996) beträgt die Präzision für die fettfreie Körpermasse 1,3 % (CV), für das Fettgewebe 2,5 % (CV) und für das gesamte Weichteilgewebe 0,6 % (CV). Der entsprechende Variationskoeffizient für die Reproduzierbarkeit beträgt in unserer Einrichtung 0,7 (kurzfristig) bis 0,9% (Langzeit-CV).

Blutentnahme

Die Blutentnahme erfolgte zwischen 7:00 und 9:00 durch Venenpunktion in der Armbeuge. Die Probanden wurden gebeten, nüchtern zu dem Termin zu erscheinen, d.h. auf Nikotin, Alkohol und ungewöhnliche Nahrungszufuhr in den 24h vor der Abnahme zu verzichten.

Labor

Zur Erfassung der Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms sowie des 10-Jahres CHD-Risikos nach Wilson (Wilson et al., 1998) wurden das HDL-Cholesterin, die Triglyzeride und der Blutzucker mittels Testkits der Firma Olympus Diagnostica GmbH (Hamburg, Deutschland) untersucht. Die Analyse

erfolgte im Zentrallabor der Medizinischen Klinik I der FAU Erlangen-Nürnberg. Zusätzlich wurde das Gesamtcholesterin und das LDL- Cholesterin erfasst.

Blutdruck

Eine Blutdruckmessung wurde vor und nach dem Interventionszeitraum jeweils zu derselben Uhrzeit (+/-60 min) im nicht-nüchternen Zustand durchgeführt. Die Messung erfolgte mit einem automatischen Blutdruckmessgerät (Bosco, Bosch, Jungingen, Deutschland) nach fünfminütigem Liegen in unmittelbarem Anschluss an die DXA-Messung.

Fragebogen

Allen Probanden wurde jeweils zum Blutentnahmeterrin ein Fragebogen ausgehändigt, mit der Bitte diesen ausgefüllt zum DXA-/Sporttesttermin mitzubringen. Die Fragebogen wurden bei diesem Termin gemeinsam mit dem Testleiter auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft. Abgefragt wurden soziodemographische Faktoren, Ernährungsgewohnheiten, Erkrankungen, Risikofaktoren und die körperliche Aktivität der Teilnehmer. Die Schmerzhäufigkeit und -intensität an den verschiedenen Skelettregionen (Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule, Lendenwirbelsäule, an kleinen und großen Gelenken) wurde ebenfalls erfasst (Kemmler & Riedel, 1998). Der SF-12 (Bullinger & Kirchberger, 1998) diente zur Erfassung der Lebensqualität. Der Abschlussfragebogen enthielt zusätzlich einen Abschnitt, in dem Veränderungen beeinflussender Covariate, wie beispielsweise Medikamenteneinnahme, Veränderung der körperlichen Aktivität, der Ernährung oder auftretende Erkrankungen erfasst wurden.

Ausdauerstest

Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit (VO_2 peak) wurde mit einem offenen spirometrischen System (Oxycon mobile, Viasys Conshohocken, PA, USA) in einem Stufentest auf dem Cross-Trainer (Schwinn 410i, Madison, WI, USA) ermittelt. Die Belastung wurde bis zur subjektiven Ausbelastung des Probanden gesteigert. Bei Auftreten von Abbruchkriterien, wie z.B. Atemnot, Schwindelgefühl oder Schmerzen wurde der Test sofort beendet. Begonnen wurde der Test auf Stufe 3 (50 Watt) von 16 Stufen, alle 1 min und 15 s wurde die Belastung um eine Stufe (ca. 25-30 Watt) erhöht. Die Teilnehmer wurden angehalten eine Trittfrequenz von 85-95 Umdrehungen pro Minute zu halten. Bei Unterschreitung dieser Frequenz von mehr als 20 sec wurde der Test abgebrochen.

Die Herzfrequenz (HF) wurde während des Laufbandtests fortlaufend mit Brustgurt aufgezeichnet. Dazu wurden Herzfrequenzmesser der Firma Polar (RS 800, Kempele, Finnland) verwendet. Die mittlere HF der letzten Test-Minute wurde herangezogen, um die maximale Herzfrequenz des Probanden zu beschreiben. Die Umgebungstemperatur im Untersuchungsraum wurde zwischen 20° und 22° C, die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 50% konstant gehalten.

Statistische Verfahren

Die formale Fallzahlanalyse der Untersuchung erfolgte auf der Basis des primären Endpunktes „appendikuläre Skelettmuskelmasse“. Zur Berechnung statistischer Kennzahlen wie Mittelwerte, Standardabweichungen oder prozentuale Veränderungen im Verlauf, wurde das Computerprogramm SPSS 17 (SPSS Inc., Chicago IL, USA) verwendet. Die beschreibenden initialen Werte werden als Mittelwerte mit Standardabweichung angegeben. Die Darstellung der Veränderungen innerhalb der Gruppen nach 14 Wochen erfolgt im Text als relative Veränderung mit Standardabweichung und in

der Tabelle als absolute Veränderung mit Standardabweichung, Mittelwert der Differenz mit 95% Konfidenzintervall, Signifikanzniveau und ES. Mittelwertsunterschiede innerhalb der Elektrostimulations- und der Vibrationsgruppe zwischen den beiden Zeitpunkten sowie basale Zwischengruppenunterschiede wurden bei Normalverteilung mit dem T-Test für abhängige Stichproben ansonsten mittels parameterfreiem Wilcoxon-Rank-Test analysiert.

Der longitudinale Unterschied zwischen den Gruppen („Effekt“) wurde bei Normalverteilung per Varianzanalyse mit Messwiederholung (Zeit x Gruppe) analysiert. War keine Normalverteilung gegeben, wurden die Unterschiede per parameterfreien Whitney-Mann-U-Test auf der Basis der absoluten Veränderungen analysiert. Mittels Kolmogorow-Smirnov-Test wurde die Normalverteilung der Werte ermittelt, die Varianzhomogenität mittels Levene-Test. Ein Signifikanzniveau von $p < ,05$ wird als signifikant angesehen. Eine α -Fehleradjustierung wurde nicht vorgenommen. Um Effektstärken (ES) zu berechnen, wurde der Test von Cohen (Cohen, 1988) herangezogen. In Anlehnung an Cohen gelten Effektstärken von $d \leq 0,2$ als „gering“, von $d \approx 0,5$ als „moderat“ und von $d \geq 0,8$ als „hoch“.

Ergebnisse

Compliance, Drop- out und Verletzungen

Abb. 5 zeigt das erweiterte „Flow-Chart“ für den Studienverlauf. Die Daten von insgesamt 5 Teilnehmern wurden nicht in die abschließende Auswertung einbezogen. Von diesen Personen musste ein Teilnehmer der EMS- Gruppe aufgrund einer Verletzung die Studie beenden. Ein weiterer Teilnehmer (Vibration) musste ausgeschlossen werden, da vorher nicht bekannte kardiale Risikofaktoren (siehe Ausschlusskriterien) über die Eingangsmessung erfasst wurden. 2 Teilnehmer der Vibrationsgruppe wurden „per Protocol“ aufgrund von Ernährungsumstellungen mit Energierestriktion während der Intervention nicht in die Analyse eingeschlossen. Zusätzlich wurde ein Teilnehmer der Vibrationsgruppe aufgrund geringer Compliance (<50% der vorgegebenen Trainingseinheiten) ausgeschlossen. Es konnten damit 13 Teilnehmer der Trainings- (93%) und 10 Teilnehmer (71%) der Kontrollgruppe in die abschließende Analyse eingeschlossen werden.

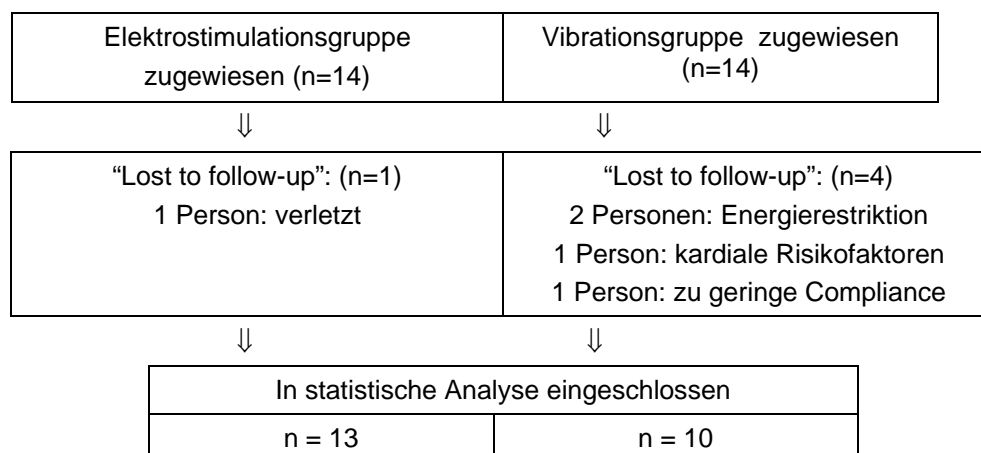


Abb. 5 „Erweitertes“ Flow- Chart der Intervention

Die Anwesenheitsrate in der Elektrostimulationsgruppe betrug $78 \pm 8\%$ und in der Vibrationsgruppe $74 \pm 10\%$. Kein Teilnehmer verließ die Untersuchung vorzeitig. Während der Trainingseinheiten ereigneten sich keine unerwünschten Effekte.

Primäre Endpunkte

Das abdominale Körperfett reduzierte sich in der Elektrostimulationsgruppe sehr signifikant ($p=,001$) um $6,8 \pm 5,4\%$ von 3695 ± 1339 auf 3443 ± 1361 g (Tab. 6). In der Kontrollgruppe reduzierte sich dieser Parameter nicht signifikant ($p=,330$) von 3638 ± 2101 auf 3604 ± 2038 g um $0,9 \pm 5,4\%$. Der Zwischengruppenunterschied (219 g; 95%-CI: 76 bis 361 g) zeigte sich als signifikant ($p=,004$) und die Effektstärke als hoch (d' : 1,33).

Tab.6: Effekt der Intervention auf die Körperzusammensetzung (primäre Endpunkte) in der Übersicht

	Elektrostimulation (MV \pm SD)	Vibration (MV \pm SD)	Absolute Differenz MV (95% CI)	p	Effekt- stärke
Abdominales Körperfett [g]					
basal	3695 \pm 1339	3638 \pm 2101	-----	-----	-----
14 Wochen	3443 \pm 1361	3604 \pm 2038	-----	-----	-----
Unterschied	-252 \pm 196	-34 \pm 103	219 (76 bis 361)	,004	1,33
Gesamtkörper Fettmasse [g]					
basal	21413 \pm 4763	21175 \pm 9344	-----	-----	-----
14 Wochen	20062 \pm 4819	20884 \pm 8813	-----	-----	-----
Unterschied	-1350 \pm 876	-291 \pm 850	1058 (301 bis 1815)	,008	1,23
Appendikuläre Muskelmasse [g]					
basal	29559 \pm 2494	26069 \pm 3051	-----	-----	-----
14 Wochen	29808 \pm 2399	25771 \pm 2557	-----	-----	-----
Unterschied	249 \pm 444	-298 \pm 638	548 (1016 bis 79)	,024	0,97

Die Gesamtkörperfettmasse verringerte sich in der EMS-Gruppe um $6,3 \pm 5,3\%$ von 21413 ± 4763 g auf 20062 ± 4819 g ($p=,001$) (Tab. 6). In der Kontrollgruppe kam es zu einer leichten ($p=,307$) Veränderung der Gesamtkörperfettmasse um $1,4 \pm 3,9\%$ von 21175 ± 9344 auf 20884 ± 8813 g. Der Zwischengruppenunterschied (1058 g; 95%-CI: 301 bis 1815) erwies sich als sehr signifikant und die Effektstärke als hoch (d' : 1,23).

In der EMS-Gruppe erhöhte sich die appendikuläre Muskelmasse nicht signifikant ($p=,066$) um $0,8 \pm 1,6\%$ von 29559 ± 2494 auf 29808 ± 2399 g (Tab. 6). Parallel dazu reduzierte sich die appendikuläre Muskelmasse in der Kontrollgruppe ebenfalls nicht signifikant ($p=,173$) von 26069 ± 3051 auf 25771 ± 2557 g um $-1,1 \pm 2,3\%$. Der Zwischengruppenunterschied für diesen Parameter war signifikant ($p=,024$), die Effektstärke lag mit $d'=0,97$ ebenfalls in einem hohen Bereich.

Sekundäre Endpunkte

Tab.7: Effekt der Intervention auf Parameter des Metabolischen Syndroms (sekundärer Endpunkte) in der Übersicht.

	Elektrostimulation (MV ± SD)	Vibration (MV ± SD)	Absolute Differenz MV (95% CI)	p	Effekt- stärke
Taillenumfang (cm)					
basal	102 ± 6	101 ± 12	-----	-----	-----
14 Wochen	96 ± 6	98 ± 12	-----	-----	-----
Unterschied	-5,7 ± 1,8	-3,3 ± 2,9	2,4 (0,4 bis 5,0)	,023	1,10
Blutglukose (mg/dl)					
basal	105 ± 20	116 ± 32	-----	-----	-----
14 Wochen	104 ± 16	110 ± 17	-----	-----	-----
Unterschied	-0,9 ± 9,3	-5,8 ± 17,8	-4,9 (-18 bis 9)	,444	1,00
HDL- Cholesterin (mg/dl)					
basal	55,0 ± 11,8	54,1 ± 9,0	-----	-----	-----
14 Wochen	53,7 ± 12,4	54,0 ± 8,4	-----	-----	-----
Unterschied	-1,3 ± 5,4	-0,1 ± 6,2	1,2 (-4 bis 6)	,622	0,2
Triglyzeride (mg/dl)					
basal	151 ± 122	161 ± 45	-----	-----	-----
14 Wochen	167 ± 155	141 ± 36	-----	-----	-----
Unterschied	15,8 ± 53,5	-19,8 ± 65,6	-35,6 (-89 bis 18)	,165	0,59
Systole (mmHg)					
basal	135 ± 14	141 ± 13	-----	-----	-----
14 Wochen	135 ± 12	134 ± 15	-----	-----	-----
Unterschied	0,2 ± 7,2	6,8 ± 9,2	-6,6 (-14 bis 0,5)	,065	0,80
Diastole (mmHg)					
basal	79,7 ± 8,9	80,8 ± 9,7	-----	-----	-----
14 Wochen	78,9 ± 5,4	77,8 ± 8,8	-----	-----	-----
Unterschied	0,8 ± 5,6	3,0 ± 4,8	-2,2 (-7 bis 2)	,399	0,42

Tabelle 7 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse der sekundären Endpunkte.

Der Taillenumfang reduzierte sich in der Elektrostimulationsgruppe hochsignifikant ($p=,000$) um $-5,7 \pm 1,9\%$ von 102 ± 6 auf 96 ± 6 cm. In der Vibrationsgruppe reduzierte sich dieser Parameter ebenfalls sehr signifikant ($p=,006$) um $-3,2 \pm 2,9\%$ von 101 ± 12 auf 98 ± 12 cm. Der Zwischengruppenunterschied (2,4 cm; 95%-CI: 0,4 bis 5,0) war bei hoher Effektstärke ($d': 1,10$) auf signifikantem Niveau ($p=,023$).

Innerhalb der EMS- Gruppe reduzierten sich die Serum-Glukosewerte nicht signifikant ($p=,726$) um $-0,8 \pm 8,6\%$ von 105 ± 20 auf 104 ± 16 mg/dl. In der Vibrationsgruppe reduzierte sich dieser Wert ebenfalls nicht signifikant ($p=,329$) um $-5 \pm 15,9\%$ von 116 ± 32 auf 110 ± 17 mg/dl. Der Zwischengruppenvergleich ($-4,9$ mg/dl; 95%-CI: -18 bis 9) ergab keine signifikanten Unterschiede ($p=,444$), die Effektstärke lag allerdings auf hohem Niveau ($d: 1,00$).

In der Elektrostimulationsgruppe reduzierte sich das HDL- Cholesterin nicht signifikant ($p=,396$) um $-2,4 \pm 9,4\%$ von $55,0 \pm 11,8$ auf $53,7 \pm 12,4$ mg/dl. In der der Kontrollgruppe verringerte sich dieser Parameter ebenfalls leicht ($p=,960$) um $-0,2 \pm 12,5\%$ von $54,1 \pm 9,0$ auf $54,0 \pm 8,4$ mg/dl. Der Unterschied ($1,2$ mg/dl; 95%-CI: $-3,8$ bis $6,2$) zwischen den Gruppen war bei geringer Effektstärke ($d: 0,2$) nicht signifikant ($p=,622$).

Der Triglyzeridwert erhöhte sich in der EMS-Gruppe nicht signifikant ($p=,306$) um $11 \pm 37\%$ von 151 ± 122 auf 167 ± 155 mg/dl. Innerhalb der Kontrollgruppe reduzierte sich dieser Wert nicht signifikant ($p=,365$) $12 \pm 49\%$ von 161 ± 45 auf 141 ± 36 mg/dl. Der Zwischengruppenunterschied (-36 mg/dl; 95%-CI: -98 bis 18) ergab keine signifikanten Unterschiede ($p=,165$), und die Effektstärke lag auf moderatem Niveau ($d: 0,59$).

Der systolische Blutdruck reduzierte sich innerhalb der EMS- Gruppe nicht signifikant ($p=,940$) um $-0,2 \pm 5,5 \%$ von $135,2 \pm 13,7$ auf $135,0 \pm 12,1$ mmHg. Im Gegensatz dazu verringerte sich dieser Parameter in der Vibrations- bzw. Kontrollgruppe signifikant ($p=,044$) um $-4,8 \pm 6,8 \%$ ($141,0 \pm 12,9$ auf $134,2 \pm 14,7$). Der Zwischengruppenunterschied ($-6,6$ mg/dl; 95%-CI: $-13,7$ bis $0,5$) war allerdings bei hoher Effektstärke ($d: 0,80$) nicht signifikant ($p=,065$).

Der diastolische Blutdruck reduzierte sich in der EMS-Gruppe nicht signifikant ($p=,593$) um ca. $-1 \pm 7,3 \%$ von $79,7 \pm 8,9$ auf $78,9 \pm 5,4$ mmHg. In der Kontroll- bzw. Vibrationsgruppe zeigte sich ebenfalls eine nicht signifikante ($p=,079$) Reduktion des diastolischen Blutdrucks um $-3,7 \pm 5,8\%$ von $80,8 \pm 9,7$ auf $77,8 \pm 8,8$ mmHg. Der Unterschied ($-2,2$ mmHg; 95%-CI: $-6,7$ bis $2,4$) erwies sich bei leichter-moderater Effektstärke ($d': 0,42$) als nicht signifikant ($p=,399$).

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung erfasst als erste Studie den Effekt eines Ganzkörper-Elektromyostimulations-Trainings auf Körperzusammensetzung und kardiale Größen bei älteren Männern mit einem Metabolischen Syndrom gemäß IDF. Als wesentlichstes Ergebnis dieser kontrollierten, randomisierten und teilverblindeten Interventionsstudie zeigen sich jeweils signifikante Effekte bezüglich der abdominalen Fettmasse, der Gesamtkörperfettmasse sowie der appendikulären skeletalen Muskelmasse (ASMM) als Kriterium der Sarkopenie (Baumgartner et al., 1998).

Eine parallele Ansteuerung der Endpunkte (abdominales) Körperfett und Sarkopenie erscheint beim älteren Menschen besonders wichtig. Der Begriff „sarcopenic obesity“ (Stenholm et al., 2008; Zamboni et al., 2008) charakterisiert in diesem Zusammenhang die parallele Entwicklung eines exzessiven Übergewichtes und einer Reduktion der Muskelmasse und Muskelfunktion des betagten Menschen. Nach Zamboni et al. (Zamboni et al., 2008) potenzieren sich beide Erkrankungen in Ihrer Wirksamkeit auf Morbidität, Mortalität und „Disability“. Somit sollten präventive oder therapeutische Bewegungsprogramme für den älteren Menschen insbesondere mit vorliegenden kardialen Risikofaktoren beide Faktoren gleichermaßen konsequent berücksichtigen. Eine parallele Ansteuerung beider Trainingsziele ist indes nicht ganz trivial. Die überwiegende Anzahl der Untersuchungen bspw. im Bereich „diätetische Gewichtsreduktion“ erzielten neben deutlichen, signifikanten Reduktionen des Körperfettgehaltes auch eine meist signifikante Reduktion der fettfreien Körpermasse (Miller, Kojeca & Hamilton, 1997; Stiegler & Cunliffe, 2006). Im Gegensatz dazu zeigt ein „körperliches Training“ zwar geringere Effekte auf die Körperfettmasse, aber meist

keinen negativen Effekt auf die Muskelmasse (Miller et al., 1997; Stiegler & Cunliffe, 2006; Toth, Beckett & Poehlman, 1999). Während ein Ausdauertraining in diesem Zusammenhang zu keiner wesentlichen Beeinflussung der Muskelmasse führt, zeigt ein dynamisches Krafttraining an Geräten, bei minimal schwächerem Effekt auf die Körperfettreduktion, meist signifikanten Einfluss auf die fettfreie Körpermasse (Stiegler & Cunliffe, 2006; Toth et al., 1999).

Innerhalb der SEFIP-Studie, einer großen, randomisierten, teilverblindeten Untersuchung (Kemmler et al., 2009; Kemmler, von Stengel, Engelke & Kalender, 2009) konnten wir mit einer vergleichbaren Messmethodik bei 250 Frauen über dem 65. Lebensjahr nach 18-monatigem kombinierten Kraft- und Ausdauertraining ebenfalls signifikante Effekte auf Körperfettgehalt (ES abdominal: ,70 bzw. gesamt: ,35) und die ASMM (ES: ,36) erfassen. Im Gegensatz zu den grenzwertig signifikanten Verbesserungen der ASMM der TG der vorliegenden Untersuchung, generierte sich der Zwischengruppenunterschied innerhalb der SEFIP-Studie, die ein Trainingsvolumen von ca. 3 h/Wo. vorgab, allerdings aus einer signifikanten Reduktion des ASMM innerhalb der KG bei gleichzeitiger Stagnation der TG.

Inwieweit das adjuvante Ganzkörper-EMS-Training die Effekte unseres kurzandauernden Ausdauer- und u.E. nach per se unterschwelligen Krafttrainings auf Faktoren, welche die Körperzusammensetzung und insbesondere die Reduktion der abdominalen Fettmasse beeinflussen, verstärkt, ist eine für die vorliegende Untersuchung absolut zentrale Frage. In einer vergleichenden Querschnittsuntersuchung (Schwarz, 2009), bei der die oben aufgeführten Ausdauer- und Kraftbelastungen in randomisierter Reihenfolge mit und ohne adjuvante Ganzkörper-Elektromyostimulation durchgeführt wurden, konnten wir für beide Trainingsabschnitte bezüglich Parametern des Energieumsatzes signifikante Effekte zugunsten der EMS-Anwendung nachweisen. So zeigte sich bspw. der Energieverbrauch, erfasst über eine indirekte Kalorimetrie (Oxycon mobile, Viasys, Conshohocken, PA, USA) des Studienkollektivs junger, trainierter Männer, während der Ausdauerbelastung um ca. 15%, während der Kraftbelastung um ca. 20% höher als bei der Methodenvariante ohne adjuvante EMS-Applikation. Diese Unterschiede mögen manchem Anwender als zu gering erscheinen, um den Einsatz der vergleichsweise aufwändigen EMS-Technologie im Bereich Gewichtsreduktion/Adipositas zu rechtfertigen. Es darf in diesem Zusammenhang allerdings nicht vergessen werden, dass insbesondere im Bereich des Krafttrainings nur ein Bruchteil des tatsächlichen Energieverbrauchs über die indirekte Kalorimetrie erfasst werden kann, die tatsächlichen Unterschiede zwischen einem leichten „Krafttraining“ ohne EMS-Applikation und einem WB-EMS-Training sollten somit deutlich höher liegen (Robergs, Gordon, Reynolds & Walker, 2007). Tatsächlich kann der Beitrag der nicht-mitochondrialen Energiebereitstellung, der insbesondere beim Krafttraining mit hoher Reizintensität eine essentielle Rolle spielt, durch eine Messung der Sauerstoffaufnahme nicht erfasst werden. Robergs et al. (Robergs et al., 2007) erfassen bei zwei Kraftübungen („Squats“ und „bench-press“) die steady state VO_2 , Last und Bewegungsumfang und berechnen mittels multipler Regression den Energiebedarf höherer Intensitätsbereiche. Ein Vergleich dieser prädiktiven Daten mit Vergleichsdaten konventioneller indirekter Kalorimetrie zeigt insbesondere für den Intensitätsbereich über 65% 1RM signifikante Unterschiede mit einem ca. 2,5-3,5fachen höheren Energieumsatz (bspw. „Squat“ bei 70% 1RM: 5,6 vs. 19,1 kcal/min) bei Berechnung durch die prädiktive Formel.

Betrachtet man die Längsschnittergebnisse der vorliegenden Untersuchung, so bestätigt sich der relevante Beitrag der EMS-Applikation am Energieumsatz zumindest indirekt. Tatsächlich konnten

mit einer Ausnahme (Stewart et al., 2005) keine Bewegungsstudien mit vergleichbarer Kohorte und Messtechnik gefunden werden, die ohne adjuvante Energierestriktion ähnlich hohe Reduktionen der (abdominalen und Gesamtkörper-)Fettmasse (Kelley & Kelley, 2006; Miller et al., 1997) bei grenzwertig signifikantem Zuwachs ($p=.066$) der appendikulären Muskelmasse bzw. (besser vergleichbar) des LBM ($p=.034$; ES: ,98) erfassen. Hinzu kommt, dass sowohl die Interventionsdauer als auch das Trainingsvolumen der vorliegenden Untersuchung (14 Wochen und ca. 45 min/Woche) deutlich unter Studien mit konventionellen Ausdauer- und Kraftbelastungen liegen (bspw. (Stewart et al., 2005) 6 Monate, ca. 4h/Woche). Da die Bereitschaft vor allem älterer Menschen ohne manifeste Erkrankung eher gering ist, mehrmals je Woche an präventiv ausgerichteten Sportprogrammen teilzunehmen (Marcus, 1998), ist eine niedrige „Minimum Effective Dose“ ein klares Erfolgskriterium entsprechender Interventionsmaßnahmen. Zusammenfassend zeigt sich somit, dass ein Ganzkörper-Elektrostimulationstraining zumindest im von uns gewählten Modus, entgegen früherer auf den Ergebnissen lokaler Muskelstimulation basierenden Einschätzungen (Hayter, Coombes, Knez & Brancato, 2005; Layec et al., 2008; Paillard, Lafont, Costes-Salon & Dupui, 2003; Porcari et al., 2002) sowohl den Energieumsatz als auch konsequenterweise den Körperfettgehalt maßgeblich zu beeinflussen vermag. Somit bestätigen diese Daten das Ergebnis unserer Pilotstudie mit postmenopausalen Frauen, bei dem ein EMS Training ebenfalls signifikante Effekte auf die Körperzusammensetzung zeigte (Kemmler et al., 2009).

Neben einem korrespondierenden signifikanten Unterschied bezogen auf den Taillenumfang als „Knock-out Kriterium“ des Metabolischen Syndroms, zeigen sich allerdings keine weiteren wesentlichen Effekte bezüglich der (überwiegend metabolischen) Parameter dieses Syndroms. Im Gegenteil waren die Verbesserungen der Vibrations-Kontrollgruppe für die Faktoren „Glucose“, „Triglyzeride“, HDL-C, „diastolischer und systolischer Blutdruck“ tendenziell (n.s.) eher günstiger als diejenigen der EMS-Gruppe.

Adipositas steht mit Hypertonie und Diabetes Mellitus in enger Verbindung (Wirth, 2008). Insbesondere abdominal viszerales Fett erklärt einen hohen Anteil der Varianz von Insulinresistenz, Blutdruck, Triglyzeridkonzentration und HDL-/Gesamtcholesterinrate (Hernandez-Ono et al., 2002; Slentz et al., 2005). Nicht zuletzt aus diesem Grund wurde der Taillenumfang als vergleichsweise valides Instrument (Pouliot et al., 1994) zur Erfassung des abdominal viszeralen Körperfettanteils als Knock-out-Kriterium des Metabolischen Syndroms ausgewählt. Die deutliche Veränderung des abdominalen Körperfettanteils mit vermutlich korrespondierenden Verringerungen des Viszeralfettanteils (Chaston & Dixon, 2008; Kay & Fiatarone Singh, 2006) durch die EMS-Intervention, korreliert im Gegensatz zu den Ergebnissen unserer oben genannten SEFIP-Bewegungsstudie jedoch nicht mit den hier erfassten Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms. Dass die vergleichsweise kurze Dauer der Intervention eine ursächliche Rolle innehat, ist wenig wahrscheinlich, da eine Vielzahl von Untersuchungen mit ähnlich kurzer Interventionsdauer (Übersicht in (Kelley & Goodpaster, 1999; Kelley, Kelley & Tran, 2001; Kelley, Kelley & Tran, 2004)) positive Effekte auf Blutdruck, Glucosetoleranz und Blutfett zeigt.

Die vorliegende Untersuchung zeichnet sich durch mehrere Stärken gegenüber anderen Bewegungsstudien aus:

(1) Der Evidenzgrad der Untersuchung ist als hoch einzustufen (Evidenzstufe 1a). Nach Jadad et al. (Jadad, Haynes, Hunt & Browman, 2000) werden je nach Bewertung der Verblindungsstrategie 4 von 5 Gütepunkte realisiert, was eine Einordnung in die Gruppe der Studien mit hoher Qualität bedeutet.

Eine Verblindung der Untersuchung wurde über die Etablierung einer Vibrations-Kontrollgruppe realisiert, die ein wenig intensives und wenig umfangorientiertes Interventionsprogramm, mit dem Ziel „Verbesserung der Beweglichkeit und des Wohlbefindens“, absolvierte. Eine weitere Verblindung wurde auf der Basis der Testleiter und Testgehilfen etabliert, denen der jeweilige Status des Teilnehmers bei der Messung nicht bekannt war und nicht erfragt werden durfte.

(2) Das Design der Studie sowie die vorliegende Arbeit orientierten sich bezüglich Vorgehensweise und „Reporting“ konsequent an den Vorgaben des „revised Consort-Statements“ (Altman et al., 2001) für randomisierte kontrollierte Untersuchungen.

(3) Die gewählten Endpunkte konnten mit den gewählten, etablierten Messmethoden („Golden Standard“) valide und reliabel erfasst werden (u.a. Chen et al., 2007). Aufgrund der vergleichsweise hohen Strahlungs dosis wurde allerdings auf eine zusätzliche Computertomographie verzichtet, die eine Trennung zwischen subcutanem und intraabdominalem Fettgewebe zugelassen hätte.

(4) Die vorliegende Untersuchung zeichnet sich durch die Auswahl eines relativ homogenen Kollektivs älterer, untrainierter Männer mit Metabolischem Syndrom aus. Covariate wie Alter, Geschlecht, Erkrankungen, Sporttreiben oder sonstige Faktoren beeinflussen die Ergebnisse somit nur marginal (s.u.).

(5) Weitere Covariate wie Medikation, Krankheiten, Änderungen im Ernährungsverhalten, Lebensstil oder Bindungsparameter wie Compliance mit dem Trainingsprogramm, wurden durch eine konsequente Kontrolle über die gesamte Studie hinweg beobachtet. Ein Ausschluss von Teilnehmern mit entsprechenden Covariaten erfolgte gemäß dem Studienprotokoll.

(6) Die Trainingseinheiten wurden von ausgebildeten Übungsleitern abgehalten und das Trainingsprogramm wurde progressiv gesteigert.

Diesen Stärken stehen naturgemäß auch einige Limitationen der Studie entgegen:

Obwohl insbesondere in Zusammenhang mit einer Randomisierung (also einer möglichen Einteilung von Personen in den für Sie unerwünschten Studienarm³) eine Verblindung aus mehreren Gründen unbedingt nötig erscheint, ist die Auswahl des Trainingsinhaltes bzw. die Gestaltung der zugehörigen Belastungsparameter diskussionswürdig. Da eine klassische Placebo-Strategie⁴ für den Teilnehmer leicht zu durchschauen ist, wurde versucht dieses Problem durch Etablierung eines alternativen Endpunktes für die Kontrollgruppe („Beweglichkeit und Wohlbefinden“) zu lösen. Neben diesem grundsätzlichen Problem der Auswahl des Trainingszieles, sind die Trainingsinhalte sowie die korrespondierenden Belastungsnormativa von zentraler Bedeutung. Obwohl wir innerhalb der ELVIS (Erlanger Longitudinale Vibrations-Studie) I und II Studien (Von Stengel, Kemmler, Engelke & Kalender, 2009) keine Effekte eines wesentlich intensiveren Vibrationstrainings auf Körperzusammensetzung und Parameter des Metabolischen Syndroms erfassen konnten, besteht bei basal wenig trainierten Männern die Möglichkeit, dass die Intervention trotz niedriger Reizhöhe und niedrigem Trainingsvolumen physiologische Anpassungserscheinungen auslöst. Eine entsprechend

³ Mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen wie Drop-Out, geringe Compliance, Aufnahme konkurrierender Sportangebote ohne Reporting etc.

⁴ In diesem Fall: Applikation mit und ohne Strom....

leichte Verzerrung⁵ führt jedoch in diesem Zusammenhang zu niedrigeren Effekten und trägt somit zu einer vorsichtigeren Interpretation der Ergebnisse bei.

Danksagung

Für die Bereitstellung der Elektrostimulationswesten sowie den Vibrationsplatten bedanken wir uns ganz herzlich bei den Herstellern miha bodytec (Augsburg, Deutschland) und Vibrafit (Solms, Germany).

Seitens der Autoren liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

- Alberti, K. G., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med*, 23 (5), 469-480.
- Altman, D. G., Schulz, K. F., Moher, D., Egger, M., F., D., Elbourne, D., et al. (2001). The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*, 134 (8), 663-694.
- Bauer, J. M., & Sieber, C. C. (2008). Sarcopenia and frailty: A clinicians controversial point of view. *Experimental Gerontology*, 43, 674-678.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., et al. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, 147 (8), 755-763.
- Bullinger, M., & Kirchberger, I. (1998). *Der SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand -Handbuch für die Deutschsprachige Fragebogen-Version*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Burr, D. B. (1997). Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *J Bone Miner Res*, 12 (10), 1547-1551.
- Chaston, T. B., & Dixon, J. B. (2008). Factors associated with percent change in visceral versus subcutaneous abdominal fat during weight loss: findings from a systematic review. *Int J Obes (Lond)*, 32 (4), 619-628.
- Chen, Z., Wang, Z., Lohman, T., Heymsfield, S. B., Outwater, E., Nicholas, J. S., et al. (2007). Dual-energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J Nutr*, 137 (12), 2775-2780.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associate.
- Hayter, T. L., Coombes, J. S., Knez, W. L., & Brancato, T. L. (2005). Effects of electrical muscle stimulation on oxygen consumption. *J Strength Cond Res*, 19 (1), 98-101.
- Hernandez-Ono, A., Monter-Carreola, G., Zamora-Gonzalez, J., Cardoso-Saldana, G., Posadas-Sanchez, R., Torres-Tamayo, M., et al. (2002). Association of visceral fat with coronary risk factors in a population-based sample of postmenopausal women. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26 (1), 33-39.
- Heymsfield, S. B., Smith, R., & Aulet, M. (1990). Appendicular Skeletal Muscle Mass: Measurement by Dual-Photon Absorptiometry. *Am J Clin Nutr*, 52, 214-218.
- Hologic, I. (1993). Considerations for the determination of precision in-vivo of dual x-ray absorptiometry. Waltham, MI, USA: Hologic Inc.
- Hologic, I. (1996). *QDR 4500a - Users Guide. Manual*. Waltham, MI, USA: Hologic Inc.

⁵ Über positive Ergebnisse in der Kontrollgruppen und einen entsprechend niedrigeren Zwischengruppenunterschied, also einer Unterschätzung des Effektes der Studie.

- Hunter, G. R., & Treuth, M. S. (1995). Relative training intensity and increases in strength in older women. *J. Strength and Cond. Res.*, 9, 188-191.
- Jadad, A. R., Haynes, R. B., Hunt, D., & Browman, G. P. (2000). The Internet and evidence-based decision-making: a needed synergy for efficient knowledge management in health care. *Cmaj*, 162 (3), 362-365.
- Karakelides, H., & Nair, K. S. (2005). Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Curr Top Dev Biol*, 68, 123-148.
- Kay, S. J., & Fiatarone Singh, M. A. (2006). The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev*, 7 (2), 183-200.
- Kelley, D. E., & Goodpaster, B. H. (1999). Effects of physical activity on insulin action and glucose tolerance in obesity. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (11 Suppl), S619-623.
- Kelley, G. A., Kelley, K. A., & Tran, Z. V. (2001). Aerobic exercise and resting blood pressure: a meta-analytic review of randomized, controlled trials. *Prev Cardiol*, 4 (2), 73-80.
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2006). Effects of aerobic exercise on C-reactive protein, body composition, and maximum oxygen consumption in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolism*, 55 (11), 1500-1507.
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Tran, Z. V. (2004). Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in women: a meta analysis of randomized controlled trials. *J Women's Health*, 13 (10), 1148-1164.
- Kemmler, W., & Riedel, H. (1998). Körperliche Belastung und Osteoporose - Einfluß einer 10monatigen Interventionsmaßnahme auf ossäre und extraossäre Risikofaktoren einer Osteoporose. *Dtsch Z Sportmed*, 49, 270-277.
- Kemmler, W., Schliffka, R., Mayhew, J. L., & von Stengel, S. (2009). Effects of Whole-Body-Electromyostimulation on Resting Metabolic Rate, Anthropometric and Neuromuscular Parameters in the Elderly. The Training and ElectroStimulation Trial (TEST). *J Strength Cond Res*, accepted.
- Kemmler, W., von Stengel, S., Engelke, K., Häberle, L., & Kalender, W. A. (2009). Exercise effects on multiple risk factors and cost effectiveness in older females. A randomized controlled study. *JAMA*, submitted.
- Kemmler, W., von Stengel, S., Engelke, K., & Kalender, W. (2009). Exercise decreases the risk of metabolic syndrome in elderly females. A randomized controlled study. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (2), 297-305.
- Kenney, W. I., & Buskirk, E. R. (1995). Functional consequences of sarcopenia: effects on theroregulation. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 50, 78-85.
- Kenny, R. A., Rubenstein, L. Z., Martin, F. C., & Tinetti, M. E. (2001). Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. *J Am Geriatr Soc*, 49 (5), 664-672.
- Latham, N., Anderson, C., Bennett, D., & Stretton, C. (2003). Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev*, (2), CD002759.
- Layec, G., Millet, G. P., Jougla, A., Micallef, J. P., & Bendahan, D. (2008). Electrostimulation improves muscle perfusion but does not affect either muscle deoxygenation or pulmonary oxygen consumption kinetics during a heavy constant-load exercise. *Eur J Appl Physiol*, 102 (3), 289-297.
- Marcus, R. (1998). Exercise: moving in the right direction. *J Bone Miner Res*, 13 (12), 1793-1796.
- miha-bodytec. (2008). *Schulungshandbuch*. Zusmarshausen: miha bodytec GmbH.
- Miller, W. C., Kojeca, D. M., & Hamilton, E. J. (1997). A meta-analysis of the past 25-years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *Int J Obes*, 21, 941-947.
- Paillard, T., Lafont, C., Costes-Salon, M. C., & Dupui, P. (2003). Comparison between three strength development methods on body composition in healthy elderly women. *J Nutr Health Aging*, 7 (2), 117-119.

- Porcari, J. P., Palmer, B., McLean, K., Foster, C., Kernozek, T., Crenshaw, B., et al. (2002). Effects of Electrical Muscle Stimulation on body composition, muscle strength and physical appearance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (2), 165-172.
- Pouliot, M. C., Despres, J. P., Lemieux, S., Moorjani, S., Bouchard, C., Tremblay, A., et al. (1994). Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol*, 73 (7), 460-468.
- Rexrode, K. M., Carey, V. J., Hennekens, C. H., Walters, E. E., Colditz, G. A., Stampfer, M., et al. (1998). Abdominal adiposity and coronary heart disease in women. *JAMA*, 280 (21), 1843-1848.
- Robergs, R. A., Gordon, T., Reynolds, J., & Walker, T. B. (2007). Energy expenditure during bench press and squat exercises. *J Strength Cond Res*, 21 (1), 123-130.
- Schwarz, J. (2009). *Einfluss adjuvanter EMS-Stimulation bei Ausdauer- und Kraftbelastungen auf den Energieverbrauch junger Männer*. Institute of Medical Physics. University of Erlangen-Nürnberg.
- Sieber, C. C. (2005). [The concept of frailty--from phenomenology to therapeutic approaches]. *Z Gerontol Geriatr*, 38 Suppl 1, 11-3.
- Slentz, C. A., Aiken, L. B., Houmard, J. A., Bales, C. W., Johnson, J. L., Tanner, C. J., et al. (2005). Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *J Appl Physiol*, 99 (4), 1613-1618.
- Stenholm, S., Harris, T. B., Rantanen, T., Visser, M., Kritchevsky, S. B., & Ferrucci, L. (2008). Sarcopenic obesity: definition, cause and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11 (6), 693-700.
- Stewart, K. J., Bacher, A. C., Turner, K., Lim, J. G., Hees, P. S., Shapiro, E. P., et al. (2005). Exercise and risk factors associated with metabolic syndrome in older adults. *Am J Prev Med*, 28 (1), 9-18.
- Stiegler, P., & Cunliffe, A. (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Med*, 36 (3), 239-262.
- Toth, M. J., Beckett, T., & Poehlman, E. T. (1999). Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (11 Suppl), S590-596.
- Von Stengel, S., Kemmler, W., Engelke, K., & Kalender, W. (2009). Effects of whole body vibration on neuromuscular performance and body composition of females 65 years and older. Results from the controlled randomized ELVIS-Study. *Arch Physl Med Rehabil*, submitted.
- Weineck, J. (2000). *Sportbiologie* (Vol. 7). Balingen: Spitta Verlag GmbH.
- Wilson, P. W., D'Agostino, R. B., Levy, D., Belanger, A. M., Silbershatz, H., & Kannel, W. B. (1998). Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation*, 97 (18), 1837-1847.
- Wirth, A. (2008). *Adipositas* (Vol. 3). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., & Di Francesco, V. (2008). Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 18 (5), 388-395.



gedachten Widerstand zunehmend anwinkeln, langsam in die Hocke gehen (Hintern „absetzen“)

Arme bis knapp unter Schulter nach unten ziehen (vergleichbar „Klimmziehen“). In dieser Position (siehe unten) verbleiben.



Endposition:
Knie gebeugt; Rücken ist gerade; Arme werden eng am Oberkörper anliegend angewinkelt. Während Pause wieder in Ausgangsposition kommen.



End-/Ausgangsposition:
Nach 4 sec Pause, Beine leicht gebeugt, Hände in Schulterhöhe, schulterbreit geöffnet, gegen gedachten Widerstand nach oben drücken (ähnlich einem Gewichtheber). Endposition wäre wieder Ausgangsposition von oben. Zusätzlich in Endstellung auf die

Übung 2: Kniebeuge und Armstrecken

Ausgangsposition:



End-/Ausgangsposition:



Endposition:
Knie gebeugt; Bauch anspannen, leichte Hocke, während Pause wieder in Ausgangsstellung kommen.



- Führen Sie 6-8 Wiederholungen je Übung durch
- Nutzen Sie die 4 sec Stromdauer zur korrekten Ausführung der Übungen.
- Nutzen Sie die 4 sec Pausendauer zur Regeneration.
- Spannen Sie noch in der Pause kurz vor dem Einsetzen des Stromes isometrisch an.