

<sup>1</sup>Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen, Bad Oeynhausen,  
<sup>2</sup>Klinik für Kardiologie, Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen, Bad Oeynhausen,  
<sup>3</sup>Sporthochschule Köln. ((■2))

# Elektromyostimulation (EMS) bei kardiologischen Patienten

## Wird das EMS-Training bedeutsam für die Sekundärprävention?

D■ Fritzsche<sup>1</sup>, A■ Freund<sup>1</sup>, S■ Schenk<sup>1</sup>, K■ P■ Mellwig<sup>2</sup>, H■ Kleinöder<sup>3</sup>, F■ Gummert<sup>1</sup>, D■ Horstkotte<sup>2</sup> ((■1))

Eingang:  
 10. September 2009;  
 Annahme:  
 2. Dezember 2009

### Schlüsselwörter:

Körperliche Aktivität · Chronische Herzinsuffizienz · Kardiale Rehabilitation · Elektromyostimulation · Ganzkörper-EMS-Training

### Zusammenfassung ((■3))

**Hintergrund:** Die Vorstellung, dass moderates Ausdauertraining im Rahmen der Sekundärprävention die Prognose der chronischen Herzinsuffizienz (CHI) verbessert, wurde inzwischen hinreichend validiert. In der klinischen Routine bleiben jedoch erfahrungsgemäß nur wenige, gut geführte, hoch motivierte und zumeist jüngere Patienten einer dauerhaften sportlichen Begleittherapie zugänglich. Die eigenen Erfahrungen mit Ganzkörper-Elektromyostimulation (EMS-Training) an herzinsuffizienten Patienten zeigen ein bislang nicht erahntes Potential bei der Regeneration neurohumoraler, inflammatorischer und skelettmuskulärer Krankheitssymptome im Rahmen der Systemerkrankung CHI.

Die mittels Spiroergometrie dosierte, möglichst tägliche dynamische Belastung ist adjuvanter Bestandteil der leitliniengerechten Therapie von Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz. Die positive Beeinflussung klinischer Symptome und der Prognose ist durch Ergebnisse prospektiver, randomisierter Studien evidenzbasiert belegt. In der klinischen Praxis zeigt sich jedoch, dass die Erfolge nur bei intensiver Betreuung und Führung dieser Patienten erreicht werden. Einmal in das häusliche Umfeld gänzlich entlassen, hält die Mehrzahl der Patienten die tägliche Herausforderung einer selbstständigen, ak-

tiven Form der körperlichen Belastung aus mentalen, physischen oder sozialen Gründen nicht aufrecht, und der Circulus vitiosus Systemerkrankung CHI manifestiert sich erneut.

**Patienten und Methodik:** Vor diesem Hintergrund haben die Autoren in einer prospektiven Pilotstudie die Wirkung und die Akzeptanz der Ganzkörper-EMS, einer Art passiven, von der mentalen Einstellung und dem physischen Leistungsvermögen weitgehend unabhängigen Trainingsform, bei herzinsuffizienten Patienten untersucht.

**Ergebnisse:** Eine bis zu 96%ige Steigerung der Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle konnte nachgewiesen werden (VO<sub>2at</sub> 19,39 [± 5,3] ml/kg Körpergewicht [KG] vor Trainingsbeginn; VO<sub>2at</sub> 24,25 [± 6,34] ml/kg KG am Ende der Trainingsphase; p < 0,05). Der diastolische Blutdruck sank signifikant (psyst < 0,05; pdiast < 0,001), der Muskelzuwachs betrug bis 14% bei Gewichtskonstanz. Die Trainingsmethode wurde zu 100% akzeptiert (keine Drop-outs), ((■10)) die Patienten gaben eine deutlich gesteigerte subjektive Leistungsfähigkeit an.

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse lassen ein erhebliches Potential in der kardiologischen Primär- und Sekundärrehabilitation erahnen, wobei gerade schwer eingeschränkte Patienten mit CHI überproportional profitierten.

Herz 2009;34:2-X

DOI 10.1007/s00059-010-3268-8

### Electromyostimulation (EMS) in Cardiac Patients. Will EMS Training Be Helpful in Secondary Prevention?

#### Abstract ((■3))

**Background:** Current guidelines concerning the treatment of patients with chronic congestive heart failure (CHF) include ergospirometry-directed dynamic exercises on a daily basis. Several prospective, randomized trials have confirmed its positive influence on clinical symptoms and prognosis of the disease.

Patients with stable coronary artery disease (CAD) can benefit from a 27% reduction of mortality, as shown in meta-analyses of several studies. By contrast, patients with CHF have traditionally been discouraged from physical activities, which may have had detrimental consequences. They became even

less able to participate in daily activities that in turn hastened the disease-driven atrophies of skeletal muscles. On the other hand, well-adjusted endurance training at 50–70% of maximum oxygen uptake was shown to improve overall fitness. In a recent meta-analysis, the mortality of patients with CHF was reduced by 35% by sports, and the rate of hospitalizations dropped by 28%.

It is a well-perceived clinical problem that successful treatment is not possible without intensive guidance and a close therapeutic relationship. Being left in their routine situation and circumstances, the majority of patients cannot cope with the day-to-day

### Key Words:

Physical activity · Chronic congestive heart failure · Cardiac rehabilitation · Electromyostimulation · Whole-body EMS training

challenge of an independent, active lifestyle. Among the primary reasons not to sustain active ((■11)) are mental, psychological or social barriers.

**Patients and Methods:** The authors have begun, in a cohort of patients with CHF, a prospective pilot study to investigate the impact of, and attitude to, electro-myostimulation (EMS). Unique features of this treatment include its passive nature that remains independent of mental attitude.

**Results:** An up to 96% increase of peak oxygen uptake at the anaerobic threshold could be shown (pre- vs.

posttraining phase,  $VO_{2max}$  ((■12)) 19.39 [ $\pm$  5.3] ml/kg vs. 24.25 [ $\pm$  6.34] ml/kg). The diastolic blood pressure decreased significantly. A 14% gain in muscle volume was observed, while overall body weight remained unchanged. All patients kept up the training until the conclusion of the study and found their overall fitness to be considerably improved.

**Conclusion:** The results may indicate the enormous potential of EMS for the treatment of patients within the cardiologic arena, especially those with CHF.

## Einleitung

Sport als Therapie – mit diesem Leitsatz verbindet sich die Erkenntnis einer leitlinienorientierten evidenzbasierten Sporttherapie, die vom Arzt verordnet, überwacht und individuell angepasst werden muss.

In der Präventionsmedizin ergaben sich erste epidemiologische Hinweise auf kardioprotektive Effekte durch Sport aus großen Metaanalysen, in denen körperliche Aktivitäten mit der Mortalität korreliert wurde. Morris et al., Sesso et al. und Slattery et al. konnten nachweisen, dass ein höheres Maß an körperlicher Aktivität mit einer geringeren Inzidenz der koronaren Herzkrankheit (KHK) und einer Senkung sowohl der kardiovaskulären als auch der Gesamtmortalität verbunden war [1–3]. Die Mortalitätsreduktion von Individuen mit einer sportlichen Betätigung von mindestens 1 000 kcal/Woche betrug 30–40% gegenüber der inaktiven Durchschnittspopulation. Diese Aussagen wurden durch Studien erhärtet, in denen die individuelle Fitness durch Ergometrie bestimmt und die Mortalität prospektiv erfasst wurden [4].

Eine niedrige körperliche Fitness wurde als unabhängiger Risikofaktor für die (kardiovaskuläre) Mortalität identifiziert und war als Risikofaktor dem Rauchen oder der Hypertonie gleichgewichtet. Die Zunahme der körperlichen Belastbarkeit um 1 metabolisches Äquivalent war mit einer Mortalitätsreduktion von 12% assoziiert [5]. Männer, die in einem mittleren Beobachtungszeitraum von 4,9 Jahren ihre ergometrierte Belastungsfähigkeit von unfit nach fit verbessert hatten, reduzierten ihre Mortalität um 44% gegenüber denjenigen, die unfit geblieben waren [6].

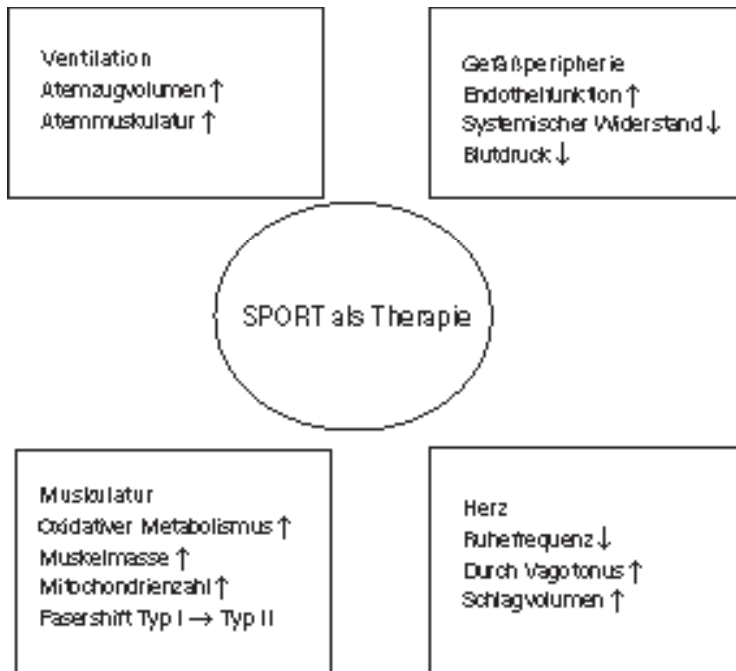
Aus diesen Studienergebnissen resultierte die Leitlinienempfehlung, mindestens 30–45 min am Tag körperlich aktiv zu sein [7]. Die Belastungsintensität sollte bei 70% der altersadjustierten maximalen Herzfrequenz liegen.

Sport als Therapie in der klinischen Medizin (Sekundärprävention) ergab eine Reduktion unerwünschter klinischer Ereignisse (z. B. Rehospitalisierung, Reinfarkt) von 20% [8].

Damit kommt körperlichem Training im Rahmen einer kardiovaskulären Rehabilitation hinsichtlich der Mortalitätssenkung ein vergleichbarer Effekt wie durch etablierte pharmakologische Therapiestrategien (z. B. ACE-Hemmer-Einsatz nach Myokardinfarkt) zu.

Daneben wurde auch die klinische Effektivität körperlicher Aktivität bei chronischer Herzinsuffizienz (CHI) in einer großen Metaanalyse prospektiv-randomisierter Trainingsstudien belegt: In der ExTraMATCH-Studie der European Society of Cardiology (ESC) zeigte sich eine signifikante Reduktion des relativen Risikos der Gesamtmortalität um 35% (Odds-Ratio 0,65; Konfidenzintervall [CI] 0,46–0,92;  $p = 0,015$ ) sowie der Hospitalisierungsrate um 28% (Odds-Ratio 0,72; CI 0,56–0,93;  $p = 0,018$ ) [9].

Die Wirkmechanismen von Sport als Therapieform lassen sich nach gegenwärtigem Wissensstand wie in **Abbildung 1** dargestellt zusammenfassen. Diese Erkenntnisse eröffneten die Neubewertung der CHI als Systemerkrankung und nicht als eine isolierte Erkrankung der Herzens. Umfangreiche strukturelle und enzymologische Veränderungen der Skelettmuskulatur, neurohumorale und inflammatorische Systemdeviationen führen heute zu neuen Erklärungen der Belastungsintoleranz von CHI-Patienten. In Kenntnis der Komplexität der systemischen Veränderungen bei CHI ist es verständlich, wie schwer der sich perpetuierende Circulus vitiosus zu durchbrechen ist. In der klinischen Praxis sind gerade die hochgradig eingeschränkten Patienten einer im metabolischen Sinne effektiven sportlichen Betätigung nicht oder nur zeitlich begrenzt zugänglich (Betreuung in Kardiosportgruppen), da sie über einen Anstieg der Herzfrequenz kardial limitiert scheinen, bevor im metabolischen Sinne relevante Belastungsstufen erreicht werden können. Ferner muss konstatiert werden, dass es gerade diesen Patienten aus mentalen, psychosozialen und natürlich physischen Limitationen heraus schwerfällt, sich dauerhaft körperlich sinnvoll zu belasten und die Therapieform effektiv aufrechtzuerhalten.



**Abbildung 1.** Organspezifische Effekte regelmäßiger körperlicher Aktivität in Primär- und Sekundärprävention (nach [10]).

**Figure 1.** Organ-specific effects of physical exercises in primary and secondary disease prevention on a daily basis (modified from [10]).

Vor diesem Hintergrund entwickelten wir eigene Überlegungen, einen Therapieansatz zur Optimierung systemischer skelettmuskulärer, inflammatorischer und neurohumoraler Störungen zu untersuchen, welcher unabhängig von der mentalen und physischen Kapazität der Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz primär das „Organ Muskulatur“ konditioniert, um sekundäre Effekte auf die übrigen Störungen im Rahmen der Systemerkrankung CHI zu erzielen.

Unsere Arbeitshypothese basierte auf folgenden Überlegungen:

- Herzinsuffiziente Patienten (oder herzkranken Patienten) sind bei der Durchführung dynamischer Trainingsarten (Joggen, Radfahren etc.) durch raschen Anstieg der Herzfrequenz regelhaft limitiert und erreichen nicht die für ein effektives körperliches Training notwendige Belastungsstufe.
- Durch EMS-Training (Elektromyostimulation) werden große Muskelgruppen unabhängig von sonstigen patientenseitigen Faktoren extern erregt. Es erscheint möglich, mit Hilfe der Elektromyostimulation eine Intensität des Trainings zu erreichen, die es dieser Patientengruppe erlaubt, von der Optimierung zahlreicher Stoffwechsel-((■13)) und muskelphysiologischer Parameter zu profitieren.

### Patienten und Methodik

Im Rahmen einer prospektiven Studie (Ethikvotum Reg.-Nr. 27/2008, Universität Bochum) schlossen wir 15 Patienten mit gesicherter Diagnose CHI in ein 6-monatiges Trainingsprogramm (Ganzkörper-EMS) ein. Als Trainingsgerät wurde das Miha-Bodytec-Gerät ausgewählt. Es handelt sich um eine Stimulations-einheit, die über ein Verbindungskabel zu einer Stimulationsweste synchron acht Muskelareale zur Kontraktion bringt. Die Stimulationsparameter sind frei wählbar und wurden für unsere Studie mit 80 Hz und 300 ms bei 4 s Anregung und 4 s Pause für 20 min definiert. Die Amplitude (mA) wurde von den Patienten selbst gewählt, so dass die subjektive Empfindung „Muskelkontraktion/Stromempfinden“ auf die Stufe 8 einer zwölfstufigen Skala eingestellt wurde.

### Einschlusskriterien

Patienten mit einer symptomatischen Herzerkrankung (NYHA [New York Heart Association] II–III) und einer Ejektionsfraktion (EF) von > 20–55%, die bereit waren, sich zweimal wöchentlich für 20 min einem körperlichen Training in Form der Ganzkörper-EMS zu unterziehen.

### Ausschlusskriterien

Kardiale Dekompensation in den vergangenen 3 Monaten, Myokardinfarkt innerhalb der letzten 3 Wochen, NYHA IV, relevantes kardiales Vitium, instabile KHK, Myokarditis, hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie, Arrhythmien Lown IV, EF < 20%, Schwangerschaft, großflächige Hautleiden.

Schrittmacherträger und Patienten mit automatischem implantierbaren Kardioverter-Defibrillator ((■14)) schieden wegen möglicher physikalischer Interaktion der Stromapplikation mit der Gerätefunktion prinzipiell aus.

### Studiendesign

**Trainingsform.** Ganzkörper-EMS mit dem Miha-Bodytec-Gerät.

– Dauer: Training über 6 Monate  
 – Belastungsgestaltung: Häufigkeit: 2 Trainingseinheiten/Woche.

– 2 Wochen Gewöhnungstraining: 4 s Belastung, danach 4 s Pause, Einschleichen der Belastung, 30 Wiederholungen 80 Hz, geringe bis mittlere Impulsbreite.

– 4 Wochen normales Training: 3 min Aufwärmen im unteren Bereich 80 Hz einschleichend, 3 min Cool-Down: 10-Hz-Bereich, 40–70 Wiederholungen im Hauptteil, isometrisches Halten und dynamische Bewegungsausführung.

- Ab 6. Woche: Steigerung auf 80–100 Wiederholungen, vorwiegend dynamische Übungen, rechteckförmiger Belastungsanstieg.
- Intensitätssteigerung durch Patienten bis zu Stufe 8 einer zwölfstufigen Skala zur Empfindungsintensität der Stromimpulse.
- Nach jedem Training Blutdruck- und Blutzuckerkontrolle.

**Eingangsuntersuchung.** Kardiale Leistungsfähigkeit: Spiroergometrie, Elektrokardiographie (EKG), Echo; metabolischer Status inklusive Kreatinkinase (CK), Lactatdehydrogenase (LDH); Gewicht, Fettverteilung (Impedanzwaage).

**Zwischenuntersuchung.** Nach 3 Monaten: kardiale Leistungsfähigkeit: Spiroergometrie, EKG, Echo; metabolischer Status inklusive CK, LDH; Gewicht, Fettverteilung (Impedanzwaage).

**Abschlussuntersuchung.** Nach 6 Monaten: kardiale Leistungsfähigkeit: Spiroergometrie, EKG, Echo; metabolischer Status inklusive CK, LDH; Gewicht, Fettverteilung (Impedanzwaage).

### Datenverwaltung

Die gewonnenen ((■15)) Daten wurden durch Mitarbeiter des Herzzentrums Nordrhein-Westfalen akquiriert und verwaltet. Sie unterliegen dem Datenschutz und wurden anonymisiert der statistischen Auswertung zugeführt.

### Ergebnisse

In **Tabelle 1** sind die demographischen Daten unserer Patienten zusammengefasst. Es handelt sich um elf Männer und vier Frauen im mittleren Alter von 55,5 ( $\pm 16,2$ ) Jahren mit einer mittleren EF von 41% ( $\pm 9,4\%$ ).

Während der Trainingsdauer konnten wir eine deutliche Steigerung der Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle ( $VO_{2at}$ ) dokumentieren. Die  $VO_{2at}$  lag zu Beginn der Trainingsphase bei 19,39 ( $\pm 5,3$ ) ml/kg Körpergewicht (KG) und stieg bis zum Ende des Trainingszyklus auf 24,25 ( $\pm 6,34$ ) ml/kg KG ( $p < 0,05$ ). Dies bedeutet eine Steigerung der  $VO_{2at}$  auf 125,4% gegenüber dem Ausgangswert. In der Spitze konnten wir eine Zunahme der  $VO_{2at}$  um 96% beobachten (Patient 9; **Abbildungen 2 und 4**). ((■4))

Da die maximal geleistete Arbeit ( $Watt_{max}$ ) unter Messbedingungen häufig vom momentanen Zustand und von der Leistungsbereitschaft abhängig ist, stellen wir die geleistete Arbeit an der anaeroben Schwelle ( $Watt_{at}$ ) dar.

Die  $Watt_{at}$  stieg im Beobachtungszeitraum von

**Tabelle 1.** Demographische Daten. AVK: arterielle Verschlusskrankheit; DCM: dilatative Kardiomyopathie; DM: Diabetes mellitus; EF: Ejektionsfraktion; F: weiblich; HTX: Herztransplantation; KHK: koronare Herzkrankheit; M: männlich.

**Table 1.** Demographics. AVK: arterial occlusive disease; DCM: dilated cardiomyopathy; DM: diabetes mellitus; EF: ejection fraction; F: female; HTX: heart transplantation; KHK: coronary heart disease; M: male. ((■9))

Patient	Geschlecht	Alter (Jahre)	EF (%)	Erkrankung
1	M	45	50	Drei-Gefäß-KHK
2	M	76	50	Drei-Gefäß-KHK
3	M	59	35	Drei-Gefäß-KHK
4	M	32	20	DCM
5	M	57	45	Ein-Gefäß-KHK
6	F	67	45	KHK, DM, AVK
7	M	55	52	Ein-Gefäß-KHK
8	F	73	45	KHK, AVK, DM
9	F	29	30	Z.n. Myokarditis (Borreliose)
10	M	67	40	HTX
11	M	47	37	DCM
12	M	63	45	Drei-Gefäß-KHK
13	F	71	53	Drei-Gefäß-KHK, DM, AVK
14	M	27	31	DCM
15	M	65	45	Drei-Gefäß-KHK

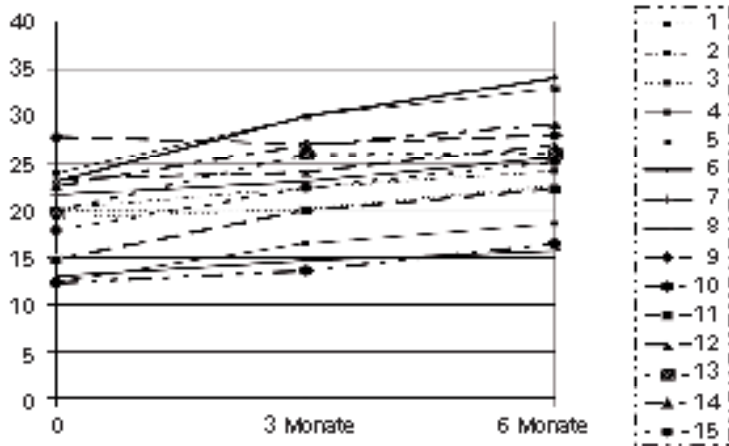
109,7 ( $\pm 40,9$ ) W auf 143,89 ( $\pm 42,4$ ) W an. Somit erreichten wir eine Leistungssteigerung an der anaeroben Schwelle auf 131,4% in Bezug auf den Ausgangswert. Auch hier konnte für den Einzelfall eine Leistungssteigerung um 100% dokumentiert werden (**Abbildungen 3 und 4**). ((■4))

Die Herzfrequenz blieb während eines Trainingszyklus nahezu konstant (74,4/min vor Training; 75,6/min nach Training), während es zu einer signifikanten Änderung des Blutdrucks kam. So wurde bei Trainingsstart im Mittel ein Blutdruck von 127,17/75,11 mmHg gemessen, bei Trainingsende lag er bei 123,57/71,57 mmHg ( $p_{syst} < 0,05$ ;  $p_{diast} < 0,001$ ).

Ferner wurde durch ein 20 min dauerndes Training der Blutzuckerspiegel signifikant um 23% gesenkt. Bei Trainingsbeginn wurden im Mittel 191,9 ( $\pm 31,0$ ) mg/dl und nach 20-minütigem Training 156,8 ( $\pm 38,14$ ) mg/dl gemessen.

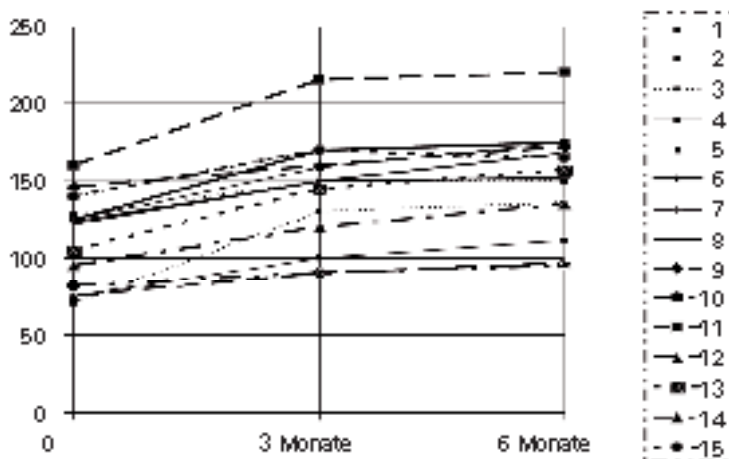
Im Trainingszeitraum wurde keine signifikante Änderung des Körpergewichts beobachtet. Der Body-Mass-Index lag bei 26,8 ( $\pm 3,34$ ) am Beginn des Trainingszyklus respektive bei 26,9 ( $\pm 3,2$ ) nach 6 Monaten. Allerdings kam es zu einem Anstieg der Muskelmasse um 5% (2–14,9%) bei entsprechender Reduktion des Körperfettanteils. Der Anteil der fettfreien Masse stieg von 57,2% ( $\pm 9,1\%$ ) auf 60,0% ( $\pm 10,2\%$ ; Impedanzwaage „Body composite analyser“; Tanita®).





**Abbildung 2.** Verlauf der Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle ( $VO_{2at}$  in ml/kg KG) während der 6-monatigen Trainingsphase.

**Figure 2.**  $VO_{2at}$  (in ml/kg) during the 6-month training phase.



**Abbildung 3.** Verlauf der Leistung an der anaeroben Schwelle (Wattat) während der 6-monatigen Trainingsphase.

**Figure 3.** Performance at anaerobic threshold (Wattat) during the 6-month training phase.

Am Beginn der Trainingsphase wurden CK-Bestimmungen vor und 24 h nach dem Training als Maß für die individuelle Trainingsintensität durchgeführt. Die CK stieg im Mittel um 1250 U/l. Im Einzelfall konnte ein CK-Wert um 2770 U/l bestimmt werden.

Alle Patienten nutzten die ihnen gebotene Trainingsmöglichkeit trotz im Einzelfall durchaus erheblicher Aufwendungen ((■16)) (Fahrtstrecke). Kein Patient beendete die Trainingsphase vorzeitig, im Beobachtungszeitraum wurde kein Patient wegen seiner Grunderkrankung rehospitalisiert.

Die von elf Patienten (73%) geäußerten Rückenschmerzen waren bereits nach wenigen Trainingseinheiten komplett eliminiert.

14 Patienten gaben bei der Abschlussbefragung eine deutliche gesteigerte subjektive Leistungsfähigkeit, eine Steigerung ihrer Lebensqualität, des körperlichen „Spannungsgefühls“, eine Verbesserung der Stimmungslage und eine positive Beurteilung des Trainingsverlaufs an. Nur ein Patient äußerte sich indifferent.

### Diskussion

Vom Umfang der Leistungssteigerung durch EMS-Training waren wir überrascht. Eine Zunahme der anaeroben Leistungsfähigkeit nach 3 respektive 6 Monaten von bis zu 96% (im Mittel 25,35%) wurde bislang durch keine andere in der primären oder sekundären Rehabilitationsmedizin durchgeführte Sporttherapieformen erreicht. Ferner stieg die maximale Sauerstoffaufnahme um 24,6%. Auch dies ist eine Steigerung, welche durch andere Sportformen bislang an einem vergleichbaren Patientenkollektiv nicht gezeigt werden konnte. Unter gängigen aeroben Ausdauerprogrammen im Rahmen der kardialen Sekundärprävention wurde bei CHI-Patienten eine 12- bis 15%ige Leistungssteigerung, gemessen in Prozent  $VO_{2max}$ , dokumentiert [11, 12]. ((■17))

Auch in unserer Studie bestand keine Korrelation zwischen dem Grad der Belastungsintoleranz und der Ausprägung der linksventrikulären Dysfunktion [13]. Eine Reduktion der Belastungskapazität ist viel mehr ((■18)) mit morphologischen [14, 15] metabolischen [16, 17] und funktionellen [18] Veränderungen in der Skelettmuskulatur des Patienten assoziiert. Ohne Intervention führen der krankheitsbedingte Funktionsverlust sowie die Ermüdungserscheinungen zu einer Progredienz der muskulären Inaktivität und konsekutivem Muskelabbau. Dies resultiert im weiteren Verlauf – im Sinne eines Circulus vitiosus – in starker Ermüdbarkeit, mehr physischer Inaktivität und Beschleunigung des Skelettmuskulaturkatabolismus (sog. Muskelhypothese bei CHI [19]).

Neben der dokumentierten Verbesserung hinsichtlich der objektiven Leistungsfähigkeit und der Erhöhung des subjektiven Leistungsvermögens führt das Muskeltraining offenbar zu einer Art Remodelling der peripheren Muskulatur: Die Mitochondrienzahl steigt an, die oxidative Kapazität erhöht sich, Entzündungsprozesse werden gehemmt, und antiapoptotische Effekte werden erhöht [20, 21].

Eine direkte Verbesserung der linksventrikulären Funktion im Zusammenhang mit der Verbesserung der Leistungsfähigkeit konnte im Gegensatz zu einer kleineren prospektiven Studie nicht nachgewiesen werden [22].

Der Verlauf des CK-Anstiegs besonders bei Trainingsbeginn unterstreicht die hohe Effizienz des EMS-Trainings. Im Einzelfall erreichten die gemess-

senen CK-Werte Bereiche, wie sie gelegentlich nach maximaler Belastung bei gesunden Leistungssportlern gemessen werden, so dass die relative und individuelle Belastung durch das Ganzkörper-EMS-Training Auswirkungen hat, die einer maximalen Belastung eines gesunden Sportlers entsprechen.

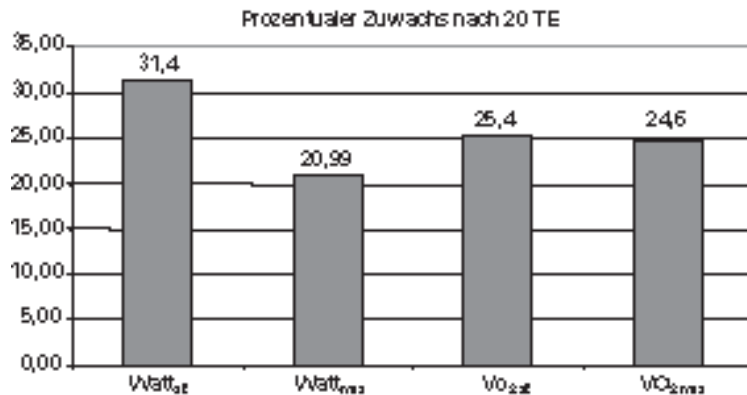
Diese Beobachtung veranlasste uns zu einer adaptiven Gestaltung der Trainingsintensität unter fortlaufender Kontrolle enzymologischer Parameter. Offenbar führt der hohe Trainingsreiz zum temporären Abbau zahlreicher Myofibrillen mit anschließender Resynthese von effizienter Muskelmasse. Diese Hypothese konnte durch die Impedanzmessung (Zunahme von Muskelmasse) bewiesen werden. Komplettiert werden müssten die dokumentierten Ergebnisse durch Untersuchungen zum Grundumsatz und durch die  $^{31}\text{P}$ -NMR-Spektroskopie, um die Aussagen weiter verifizieren zu können. Dies ist Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

Die relative Konstanz der Herzfrequenz während einer Trainingseinheit ist ein überraschendes Ergebnis, dessen Erklärung bislang nicht gelingt. Wir hätten bei gegebener Intensität des Trainings, welches die Patienten selbst auf Stufe 8 einer zwölfstufigen Skala zu Stromempfinden/Kontraktionsstärke adjustieren sollten, eine deutlichere Steigerung der Herzfrequenz erwartet, die dem Umfang, der Stärke sowie der Anzahl der gleichzeitig erregten muskulären Endplatten entsprechen würde. Jedoch ist die trainingsbedingte Steigerung der Herzfrequenzrate ((■19)) bei unseren Patienten unerwartet gering ausgefallen. Andererseits kommt die Stabilität der Herzfrequenz der Effizienz des Trainings bei Herzerkrankungen sehr entgegen.

Die Herabregulation des Blutdrucks, hier vor allem des diastolischen Drucks, ist signifikant und kann durch eine Widerstandsverminderung im systemischen Kreislauf (Eröffnung muskulärer Kapillaren durch Training) sowie eine verbesserte Endothelfunktion erklärt werden. In unseren Untersuchungen war die Reduktion des systemischen Widerstands respektive des Blutdrucks gleich signifikant wie durch etablierte pharmakologische Therapieansätze (z.B. ACE-Hemmer). ((■20))

Kein Patient verließ die Studie während der Trainingsphase. Alle Patienten dokumentierten in einer Befragung den hohen Zugewinn an Lebensqualität, ein stärkeres Spannungsgefühl des Körpers und eine deutlich gestiegene subjektive Leistungsfähigkeit. Nebenbefundlich waren die bei 73% der Patienten vorhandenen Rückenbeschwerden nach kurzer Trainingsphase eliminiert. Dies deckt sich mit zahlreichen anderen sportwissenschaftlichen Untersuchungen [23, 24].

Ferner wurde eine hochsignifikante Reduktion des Blutzuckerspiegels in unmittelbarem Trainings-



**Abbildung 4.** Zusammenfassende Darstellung der Leistungssteigerung und der Sauerstoffaufnahme nach 20 Trainingseinheiten (TE).

**Figure 4.** Summary of improvement of performance and oxygen uptake after 20 units of training (TE).

zusammenhang beobachtet. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um eine mögliche Optimierung des Glucosemetabolismus durch vermehrte Utilisation in der „gesundenden“ Muskulatur, eine Senkung des Insulinbedarfs oder antidiabetischer Medikationen im Langzeitverlauf nachzuweisen.

Aus methodischen Gründen (Patientendemie, niedrige Fallzahl im Rahmen des Pilotprojekts) können derzeit noch keine statistisch validierten Aussagen hinsichtlich einer eventuellen Absenkung der Rehospitalisierungsrate oder einer Senkung des Mortalitätsrisikos getroffen werden. Im Beobachtungszeitraum kam es jedoch bei keinem der Patienten zu einem der Grunderkrankung zuzuordnenden Ereignis (Rehospitalisierung, Dekompensation etc.).

### Schlussfolgerung

Die Untersuchung zeigt erstmalig die Wirkung von EMS-Training bei herzinsuffizienten Patienten. Die Verbesserungen hinsichtlich der objektiven Leistungsfähigkeit sowie der Optimierung muskelpathologischer und metabolischer Parameter übersteigen die Ergebnisse nach herkömmlichen aeroben Trainingsformen im Rahmen der primären und sekundären kardiologischen Rehabilitation bei Patienten mit CHI bei Weitem.

Wir schlussfolgern aus unseren Untersuchungsergebnissen, dass die gewählte Trainingsform ein hohes Potential in der Therapie von Patienten mit Herzinsuffizienz birgt. Den Stellenwert dieser Trainingsform als Therapieoption einer kardialen Systemerkrankung im Verhältnis zu konventionellen, medikamentösen oder auch interventionellen bzw. operativen Therapieformen näher zu definieren, ist Inhalt weiterer prospektiver Studien.

## Danksagung

Wir bedanken uns für die freundliche Unterstützung der vorliegenden Untersuchung beim „Förderverein Herzzentrum NRW Bad Oeynhausen e.V.“.

**Autorenerklärung:** Es besteht kein Interessenkonflikt. Die Autoren erklären, dass sie keine finanziellen oder persönlichen Beziehungen zu Dritten haben, deren Interessen das Manuskript positiv oder negativ beeinflusst haben könnten.

## Literatur

1. Morris JN, Everitt MG, Pollard R, et al. Vigorous exercise in leisure-time: protection against coronary heart disease. *Lancet* 1980;2:1207–10.
2. Sesso HD, Pfaffenbarger RS, Lee M. Physical activity and coronary heart disease in men: the Harvard Alumni Health Study. *Circulation* 2000;102:975–80.
3. Slattery ML, Jacobs DR, Nichaman ZM. Leisure time physical activity and coronary heart disease death. The US Railroad Study. *Circulation* 1989;79:304–11. ((■5))
4. Blair SN, Jackson AS. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:762–4.
5. Myers J, Prakash M, Froelicher V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346:793–801.
6. Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA* 1995;273:1093–8.
7. Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995;273:402–7.
8. Jolliffe JA, Rees K, Taylor RS, et al. Exercise based rehabilitation for coronary heart disease. The Cochrane Library, issue 4. Oxford: Update Software, 2002.
9. Piepoli MF, Davos C, Francis DP, et al. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ* 2004;328:189.
10. Hamprecht R. Sport als Therapie. *Herz* 2004;29:381–90.
11. Hamprecht R, Gielen S, Schuler G. Physical training as an adjunct therapy in patients with congestive heart failure: patient protocols, results and further directions. *Curr Cardiol Rep* 1999;1:38–46.

12. Piepoli MF, Flather M, Coats AJ. ((■8)) Overview of studies of exercise training in chronic heart failure: the need for a prospective randomized multicentre European trial. *Eur Heart J* 1998;19:830–41.
13. Franciosa JA, Park M, Levine TB. Lack of correlation between exercise capacity and indexes of resting left ventricular performance in heart failure. *Am J Cardiol* 1981;47:33–9.
14. Simonini A, Long CS, Dudley GA, et al. Heart failure in rats causes changes in skeletal muscle morphology and gene expression that are not explained by reduced activity. *Circ Res* 1996;79:128–36.
15. Sullivan MJ, Green HJ, Cobb A et al. Skeletal muscle biochemistry and histology in ambulatory patients with long term heart failure. *Circulation* 1990;81:518–27.
16. Mancini DM, Coyle E, Coggan A et al. Contribution of intrinsic skeletal muscle changes to 31-P NMR skeletal muscle metabolic abnormalities in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1989;80:1338–46. ((■7))
17. Okita K, Yonezawa K, Nishijima H, et al. Skeletal muscle metabolism limits exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1998;98:1886–91.
18. Opasich C, Ambrosino N, Felicetti G, et al. Skeletal and respiratory muscle strength in chronic heart failure. *G Ital Cardiol* 1993;23:759–66.
19. Coats AJS. The muscle hypothesis in chronic heart failure. *J Mol Cell Cardiol* 1996;28:2255–62.
20. Hamprecht R, Fiehn E, Niebauer J, et al. Effects of physical exercise on oxidative enzyme activity and fiber type distribution in skeletal muscle of patients with chronic heart failure. *Circulation* 1995;92:1578.
21. Adamopoulos S, Parissis J, Kroupis C, et al. Physical training reduces peripheral markers of inflammation in patients with chronic heart failure. *Eur Heart J* 2001;22:791–7.
22. Hamprecht R, Gielen S, Linke A, et al. Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure. A randomized trial. *JAMA* 2000;283:3095–101.
23. Boeckh-Behrens WU, Grützmaier N, Sebelesky J. Elektromyostimulationstraining mit dem BodyTransformer – eine erfolgreiche Maßnahme zur Reduzierung von Rückenbeschwerden. Zweite wissenschaftliche Studie am Institut für Sportwissenschaft ((■6)) der Universität Bayreuth, 2002.
24. Boeckh-Behrens WU, Treu S. Vergleich der Trainingseffekte von konventionellem Krafttraining, maxF und EMS-Training in den Bereichen Körperzusammensetzung, Körperformung, Kraftentwicklung, Psyche und Befindlichkeit. Dritte wissenschaftliche Studie am Institut für Sportwissenschaften ((■6)) der Universität Bayreuth, 2002.

## Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. med. habil. D■  
Fritzsche ((■1))  
Klinik für Thorax- und  
Kardiologisch-chirurgie  
Herz- und Diabeteszent-  
rum Nordrhein-Westfa-  
len  
Georgstraße 11  
32545 Bad Oeynhausen  
Telefon (+49/5731)  
97-1139, Fax -1820  
E-Mail: dfritzsche@  
hdz-nrw.de

**(Anmerkungen des Lektorats:**

- 1: Vornamen bitte ausschreiben))
- 2: Bitte prüfen, ob vor Sporthochschule Einfügung „Deutsche“ erforderlich; ferner bitte prüfen, ob genauere Angabe eines Instituts o.Ä. nötig
- 3: Bitte prüfen, ob Untergliederung der dt. und engl. Zusammenfassung gemäß Zeitschriftenschema ok.
- 4: Bitte prüfen, ob Einfügung der fehlenden Textverweise auf Abbildungen 2 bis 4 ok.
- 5: Bitte prüfen, ob Korrektur der Jahreszahl gemäß PubMed ok.
- 6: Bitte prüfen, ob Vereinheitlichung in Singular oder Plural erforderlich
- 7: Bitte prüfen, ob Korrektur der Seitenzahlen gemäß PubMed ok.
- 8: Bitte prüfen, ob Korrektur der Autorennamen gemäß PubMed ok.
- 9: Bitte prüfen, ob Einfügung der engl. Abkürzungserklärungen ok.
- 10: Bitte prüfen, ob Übersetzung möglich „(keine Ausfälle“ oder „(keine Abbrecher)“
- 11: Bitte unklare/unvollständige Formulierung prüfen; Änderungsvorschlag: „to sustain physical activity“
- 12: Bitte prüfen, ob analog dt. Zusammenfassung Änderung in „VO2at“ erforderlich
- 13: Bitte prüfen, ob im Kontext besser „metabolischer“
- 14: Bitte prüfen, ob Übersetzung „Pacemakerträger“ und Ausschreiben der Abkürzung AICD ok.
- 15: Änderungsvorschlag im Kontext mit Satzfortgang „akquiriert“: „gewonnenen“ hier streichen
- 16: Bitte prüfen, ob tatsächlich „Aufwendungen“ oder eher „Aufwand“ gemeint; falls Letzteres, Änderungsvorschlag: „trotz eines im Einzelfall durchaus erheblichen Aufwands“
- 17: Ab hier wurden die Literaturverweise ebenfalls in die Reihenfolge ihrer Texterwähnung gebracht
- 18: Bitte prüfen, ob tatsächlich „viel mehr“ oder eher „vielmehr“ gemeint; falls Ersteres, Änderungsvorschlag: „viel stärker“
- 19: Bitte prüfen, ob ok. oder besser „der Herzfrequenz“
- 20: Bitte prüfen, ob Korrektur des im Manuskript unklaren Satzes ok.))