

K. Meyer¹, C. Foster²

Muskelaufbau im Zentrum des kardiovaskulären Trainings

New approaches to muscle training in cardiovascular patients

¹Schweizerisches Gesundheitsobservatorium, Neuchatel und Universität Bern; CH

²University of Wisconsin, La Crosse, WI; USA

Zusammenfassung

Traditionell orientiert sich die Gestaltung eines körperlichen Trainings mit Herzpatienten primär an der maximalen bzw. submaximalen Sauerstoffaufnahme und seinen zugrunde liegenden Determinanten des kardipulmonalen Systems. Die aktuelle Forschung zeigt jedoch, welche ausschlaggebende Bedeutung der Skelettmuskulatur als Organ für die Erhaltung eines Gleichgewichtes von katabolen und anabolen Faktoren und damit für die Regulation des Gesamtorganismus zukommt. Der Erhalt einer ausreichenden Muskelmasse, neuromuskulären Funktion und Muskelkraft ist zudem unverzichtbar, um als Herzpatient die körperlichen Alltagsbelastungen herzkreislaufschonend zu bewältigen und mit zunehmendem Lebensalter möglichst lange Selbstständigkeit und Unabhängigkeit zu wahren. Diese Erkenntnisse implizieren, dass Trainingsregime von Herzpatienten um Trainingsmethoden zu ergänzen, die einen stärkeren Fokus auf die Muskelmasse und -kraft legen. Die Frage ist, wie die periphere Muskulatur intensiv belastet werden kann, ohne eine kardiovaskuläre Überlastung zu provozieren. Im vergangenen Jahrzehnt wurden durch klinische Forschung und Erfahrung Trainingsmethoden weiterentwickelt, die den Anforderungen an hohe periphere Belastungsreize bei gleichzeitig relativ geringer kardiovaskulärer Belastung gerecht werden: das Intervalltraining, das Krafttraining und das exzentrische Training.

Schlüsselwörter: Kardiovaskuläre Rehabilitation und Sekundärprävention, Intervalltraining, Krafttraining, exzentrisches Training

Einleitung

In kardiovaskulärer Rehabilitation und Sekundärprävention kommen traditionell aerobe Belastungsmethoden wie Gehen, Joggen, Radfahren und Schwimmen zur Anwendung. Wenn man davon ausgeht, dass die Patientenpopulationen zunehmend älter und multimorbid sind, befriedigen Ausdauerbelastungen allein nicht länger die klinischen und sozioökonomischen Bedürfnisse an ein körperliches Training. Dieser Erkenntnis wurde auch durch die Publikation des Positionspapiers der Sektion „Rehabilitation und Behindertensport“ der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention Rechnung getragen (19). Es gibt eine Reihe von evidenzbasierten Gründen, die den Bedarf nach ergänzenden Trainingsmaßnahmen zur Verbesserung von Muskelmasse und Muskelkraft unterstreichen:

1. Aufgrund des Fortschrittes der medizinischen Therapie leben Herzpatienten heute länger als noch vor einem Jahr-

Summary

Traditionally, exercise training in patients with heart disease focus on aerobic capacity and underlying determinants of the cardiopulmonary system. Current physiological and epidemiological science provide evidence that the skeletal muscle itself is a deciding factor for maintenance of a catabolic/anabolic balance and thus, for regulation of the total organism. Additionally, an appropriate muscle mass, neuromuscular function, and muscle strength is essential if cardiovascular-limited patients are to cope with activities of daily living, and to maintain long-term independence. This knowledge implies that the ordinary training regimes of patients with cardiovascular diseases should be supplemented by exercise methods which focus on muscle mass and strength. The question is how to stress peripheral muscles intensely without producing cardiovascular overload. In the last decade, clinical research and experience have expanded the use of exercise training methods which follow the requirements of high muscular exercise stimuli along with relatively low cardiovascular stress: these are interval training, resistance training, and eccentric exercise.

Key words: Cardiovascular rehabilitation and secondary prevention, interval training, resistance exercise training, eccentric exercise

zehnt und erreichen häufig eine normale Lebenserwartung. Zu den vorhersagbaren Merkmalen des Altern zählen der Verlust an Muskelkraft und -masse. Aber auch kardial bedingte Belastungslimitierung und inadäquates muskuläres Training führen zu einer Abnahme der Muskelkraft und Muskelmasse einschliesslich einhergehender neuronaler Veränderungen (6). Eine Verzögerung dieser Veränderungen durch körperliches Training kann dazu beitragen, dass trotz höheren Lebensalters und Herzkrankheit Immobilität und Abhängigkeit hinausgezögert bzw. vermieden, Lebensqualität erhalten und Kosten im Gesundheitswesen gespart werden.

2. Trainingsmangel bzw. inadäquate Beanspruchung der Skelettmuskulatur und zunehmendes Alter führen zu einer Reduktion der aktiven Zellmasse, wobei bekanntlich der Muskelmassenverlust durch Fetteinlagerung kompensiert wird. Diese Veränderungen stören das physiologische Gleichgewicht von pro- und antiatherogenen sowie ent-

zündungsfördernden und entzündungshemmenden Faktoren (10); dieser Prozess steht wiederum mit anabolen bzw. katabolen Faktoren des Stoffwechsels in Verbindung, die die Muskelmasse regulieren. Da die aktive Muskelmasse das größte metabolisierende Organ ist, implizieren diese Erkenntnisse, dass eine große Muskelmasse in Relation zu einem geringen Körperfettanteil bei Patienten mit atherosklerotischer Herzerkrankung eine wesentliche Rolle bei der Kontrolle vor allem der bekannten metabolischen Risikofaktoren spielt (34).

3. Inzidenz und Prävalenz der Herzinsuffizienz nehmen in westlichen Ländern stark zu. Ein Charakteristikum der chronischen Herzinsuffizienz ist der Verlust an Muskelmasse sowie eine Verschlechterung der muskulären Struktur und Funktion. Diese Veränderungen tragen entscheidend zur Belastungsintoleranz und ungünstigen Prognose dieser Patienten bei (2). Ein körperliches Training führt dagegen zu strukturellen und funktionellen Verbesserungen in der belasteten Muskulatur; diese gehen mit einer Verminderung der Belastungsintoleranz und kardiovaskulären Morbidität bei Herzinsuffizienz einher (3).
4. Ein bestimmtes Maß an Muskelkraft ist für die Bewältigung des täglichen Lebens unverzichtbar.

Eine Verbesserung der Muskelkraft führt zu einer abgeschwächten Reaktion von peripherem Widerstand, Blutdruck und Herzfrequenz bei einer gegebenen submaximalen Muskelkontraktion, denn bei Kraftzuwachs repräsentiert diese Muskelbelastung nun einen niedrigeren Prozentsatz der maximalen willkürlichen Kraft (MVC) (20). Dies bedeutet eine kardiovaskuläre Belastungsreserve, von der Herzpatienten bei der Ausübung muskulärer Freizeitaktivitäten und Berufsarbeit profitieren.

In Anbetracht dieser Aspekte sind Trainingsmethoden erforderlich, die

- a) intensive Belastungsreize auf die periphere Muskulatur ermöglichen, ohne mit einer unangemessen hohen kardiovaskulären Beanspruchung einherzugehen;
- b) eine breite gute Akzeptanz bei den Patienten einschließlich der Betagten finden;
- c) innerhalb eines angemessenen Zeitraums zu einer Verbesserung sowohl der aeroben Kapazität als auch der Muskelkraft und -masse führen.

Unter Berücksichtigung dieser Forderungen wurden in den vergangenen zehn Jahren verschiedene bestehende Trainingsmethoden weiter entwickelt und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit bei Herzpatienten empfohlen: 1. die Intervallmethode, 2. das Krafttraining und 3. das exzentrische Training.

Intervalltraining

Das Intervalltraining ist charakterisiert durch einen Wechsel von kurzen Arbeits- und Erholungsphasen. Anfang der 90-er Jahre wurde das Konzept des klassischen Intervalltrainings für die Anwendung in Rehabilitationsprogrammen

modifiziert und auf Toleranz und Effektivität geprüft. Im kardiovaskulären Bereich können primäre Indikationen für das Intervalltraining ausgeprägte periphere Belastungsintoleranz, frühzeitige kardiale Belastungslimitierung oder beide Probleme sein. Bei Patienten mit erhaltener linksventrikulärer Funktion, jedoch stark reduzierter Leistungsfähigkeit (50-60% der altersbezogenen Soll-Leistung) nach aortokoronarer Bypassoperation führte ein 4-wöchiges aerobes Intervalltraining auf dem Fahrradergometer (6 x 30 min/Woche) zu einer um 20% stärkeren Verbesserung der Leistungsfähigkeit als ein konventionelles Dauertraining, das mit vergleichbarer relativer Trainingsherzfrequenz oder durchschnittlicher Gesamtarbeit (Wattminuten) durchgeführt wurde (26). Bei Patienten mit stabiler chronischer Herzinsuffizienz (NYHA-Stadium II und III; mittlere linksventrikuläre Ejektionsfraktion [LVEF] 21%) führte ein 3-wöchiges Intervalltraining zu einer Steigerung der Sauerstoffaufnahme (VO_2) an der ventilatorischen Schwelle um durchschnittlich 24% und der peak VO_2 um 20% (29). Diese Steigerung entsprach Verbesserungen der VO_2 , welche bei Anwendung der konventionellen Dauertrainingsmethode erst durch längere Trainingsperioden erreicht wurden (3,12,14).

In Bezug auf die praktische Durchführung des Intervalltrainings auf dem Fahrradergometer sind für Koronarpatienten mit leichter systolischer Dysfunktion des linken Ventrikels wechselnde Arbeits- und Erholungsphasen von jeweils 60s empfohlen. Die Belastungsintensität für die Belastung in den Arbeitsphasen kann durch eine Trainingsherzfrequenz von 60 bis 70% der maximalen Herzfrequenz bestimmt werden. Die Erholungsphasen werden als aktive Pausen gestaltet, indem der Patient bei 10 bzw. 15 Watt weitertritt. Bei herzinsuffizienten Patienten (NYHA Stadium II und III) haben sich Arbeits- und Erholungsphasen von 30s/60s sowie in den Arbeitsphasen eine Belastungsintensität von 50% der maximalen Kurzzeitleistung als praktikabel, sicher und effektiv erwiesen (27,28). Die Erholungsphasen werden auch hier als aktive Pause auf niedriger Wattstufe (z.B. 10 W), im Einzelfall aber auch als echte Pause gestaltet. Je nach individueller Belastungsreaktion und Toleranz kann das Intervalltraining von beispielsweise 3 x 5 Minuten bis hin zu 1 x 30 Minuten pro Tag durchgeführt werden.

Unabhängig davon, ob sich Patienten im NYHA Stadium I, II oder III befinden oder im Einzelfall eine LVEF von 15% aufweisen, herzinsuffiziente Patienten tolerierten in den Arbeitsphasen des Intervalltrainings eine um 2-3fach höhere Wattleistung als im konventionellen Dauertraining (23,28). Diese hohen peripheren Belastungsreize beanspruchen die Patienten physiologisch relativ weniger als die niedrigeren muskulären Belastungsreize eines kontinuierlichen Dauertrainings; die empirische Begründung liegt in der Kürze der Belastungsphasen und den stetig wiederkehrenden Erholungsphasen. Wenn Intervall- und Dauertraining mit gleicher mittlerer Gesamtarbeit (z.B. Wattminuten) durchgeführt wurden, zeigten sich vergleichbare Messwerte für Herzfrequenz, Druck-Frequenz-Produkt, Ejektionsfraktion und subjektive Anstrengung, jedoch lagen die Laktatwerte im arterialisierten Blut während des Intervalltrainings mäßig höher

(23,28). Dies ist ein Hinweis darauf, dass die durch Intervalltraining angestrebte höhere peripher-muskuläre Belastung tatsächlich erreicht wurde.

Intervalltrainingsprogramme konnten bislang ohne Hinweis auf eine klinische Verschlechterung durchgeführt werden; dies trifft sogar für Patienten zu, die zur Zeit des Trainings zur Herztransplantation angemeldet waren (29). Somit erweist sich die Intervallmethode als wertvolle ergänzende Methode für Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen und signifikanter Belastungsintoleranz, unabhängig davon, ob die Belastungsintoleranz zentralen oder peripheren Ursprungs ist.

Krafttraining

Ein Krafttraining für Herzpatienten wurde bis vor wenigen Jahren noch abgelehnt bzw. wird heute häufig immer noch mit Zurückhaltung betrachtet. Diese Zurückhaltung basiert größtenteils auf den massiven Blutdrucksteigerungen, die während schwerer Kraftbelastung bei gesunden Athleten gemessen wurden (21). Die Blutdruckreaktionen bei Kraftbelastung verhalten sich proportional zur Intensität der muskulären Kontraktion (% MVC) (17), zur Dauer der Kontraktion und zur Größe der involvierten Muskelmasse (31). Dies impliziert, dass sich die kardiovaskulären Reaktionen beim Gewichtheben oder bei intensiver isometrischer Muskelkontraktion von jenen unterscheiden, die bei dynamischer Kraftbelastung mit mäßiger Kontraktionsintensität und unter Einbeziehung einer kleinen Muskelgruppe zu erwarten sind. Eine Vielzahl von Studien, die die kardiovaskulären Reaktionen während dynamischer Kraftbelastung bei Koronarpatienten mit leicht reduzierter bzw. erhaltener linksventrikulärer Funktion untersuchten, bestätigten

a) begründbare Blutdruck- und Herzfrequenzsteigerungen (9,13,25,33) sowie maximale Blutdruckwerte, die niedriger liegen als jene, die bei den gleichen Patienten in einem gesteigerten Fahrradergometertest auf maximaler Belastungsstufe gemessen wurden (25);

b) keine bedrohlichen Rhythmusstörungen (13,25,33);

c) keine ischämische ST-Streckensenkung (25,33).

Das Verhältnis von myokardialen O_2 -Bedarf zu O_2 -Angebot scheint sogar günstig beeinflusst zu sein durch die charakteristische Hämodynamik während Kraftbelastung: u.a. eine niedrigere Herzfrequenz und ein höherer diastolischer Druck (und damit koronarer Perfusionsdruck). Ein gegebenes Druck-Frequenz-Produkt, welches bei dynamischer aerober Muskelarbeit zu einer signifikanten ST-Streckensenkung führte, löste bei isometrischer Muskelkontraktion bzw. bei kombinierter dynamisch-isometrischer Muskelarbeit keine oder aber eine abgeschwächte myokardiale O_2 -Mangelreaktion aus (4);

d) keinen Hinweis auf eine linksventrikuläre Dysfunktion während Kraftbelastung (11).

Dosierung: Gemäß Richtlinien (1) sollten Koronarpatienten ohne bedeutsame linksventrikuläre Dysfunktion und ohne nachweisbare myokardiale Belastungsischämie ein Krafttrain-

ning mit geringen Gewichten und je einem Set von 10-15 Wiederholungen für 8 bis 10 unterschiedliche Übungen beginnen. Die Gewichte sind langsam zu steigern (je nach individueller Belastungsreaktion und Toleranz z.B. 1 – 2,5 kg pro Woche für Armübungen und 2,5 bis 5 kg für Beinübungen). Dabei sollte das Druck-Frequenz-Produkt eines Patienten jenes nicht übersteigen, welches er im aeroben Ausdauertraining toleriert; das subjektive Anstrengungsgefühl sollte im Bereich von „ziemlich leicht“ bis „etwas schwer“ bleiben. Die Pressatmung ist zu vermeiden. Bei Berücksichtigung dieser Empfehlungen hat sich Krafttraining aus kardiovaskulärer Sicht als sicher sowie effektiv in Bezug auf die Verbesserung von Muskelkraft und Kraftausdauer erwiesen (32). Das Alter scheint keine Limitierung darzustellen; hochbetagte multimorbide Personen konnten durch ein individuelles Krafttraining ihre Muskelkraft, Muskelmasse und funktionelle Mobilität signifikant verbessern (8).

Bis in die späten 90-er Jahre galt Krafttraining für Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz generell kontraindiziert. Diese Haltung basierte größtenteils auf Messwerten der zentralen Hämodynamik, die während isometrischer Haltearbeit bei Patienten im NYHA-Stadium II und III mit mäßiger bis schwerer linksventrikulärer Dysfunktion erhoben wurden. Hier führte ununterbrochene Handgrip-Arbeit über 3 bis 5 Minuten trotz geringer Kontraktionsintensität von 30% MVC bereits zu pathologischen Veränderungen des peripheren Widerstands (1862 ± 320 auf 2126 ± 642 dynes/sec/cm⁻⁵; $p < 0,001$); ferner steig der Pulmonalkapillar-Verschlussdruck, ausgehend von 30 mmHg in Ruhe, unter der Handgrip-Arbeit bei einem Drittel der Patienten auf > 40 mmHg (7).

Die Einstellung gegenüber dem Krafttraining mit herzinsuffizienten Patienten veränderte sich massiv, nachdem hämodynamische Ergebnisse während dynamischer Kraftbelastung mit herzinsuffizienten Patienten erschienen. Während einbeiniger Arbeit an der Beinpresse, durchgeführt mit 2 Sets von je 10 und bei einer Kontraktionsintensität entsprechend 70% des 1-Wiederholungs-Maximums (1RM) zeigten herzinsuffiziente Patienten niedrigere Werte für Herzfrequenz und Druck-Frequenz-Produkt als bei einer Fahrradergometer-Belastung mit 70% der peak VO_2 (22). Die Messwerte der LVEF sowie des diastolischen und systolischen Volumens des linken Ventrikels waren vergleichbar mit jenen während der Fahrradergometrie (22).

Die erste Untersuchung der zentralen Hämodynamik mittels Rechtsherzkatheter während beidbeiniger Arbeit an der Beinpresse (Kontraktionsintensität von 60% und 80% MVC sowie Arbeits- und Erholungsphasen von jeweils 60s/120s [pro Arbeitsphase Ausführung von 12 Wiederholungen]) ergab bei herzinsuffizienten Patienten im NYHA-Stadium II und III mit einer LVEF $26 \pm 3\%$ Unerwartetes: Bei der 80% Belastung zeigte sich eine Abnahme des systemischen Gefäßwiderstandes (1578 ± 139 auf 1086 ± 80 dynes/sec/cm⁻⁵; $p < 0,001$) und eine Zunahme der Schlagarbeit des linken Ventrikels (61 ± 6 auf 75 ± 5 g/m/m²; $p < 0,001$) (24).

In einer weiteren aktuellen Studie wurden echokardiographische Messungen bei chronisch herzinsuffizienten Patien-

ten (NYHA II/III) durchgeführt, die an der Beinpresse, Schulterpresse und am Bicepscurl mit jeweils 1 Set von je 10 Wiederholungen und einer Kontraktionsintensität von 60-70% 1RM übten (11). Ferner wurden die echokardiographischen Messungen während einer Fahrradergometerbelastung von 12 Minuten bei einer Intensität von 90% der VO₂ an der ventilatorischen Schwelle vorgenommen. Dem gleichen Prozedere unterzogen sich auch gesunde Personen und klinisch stabile Koronarpatienten mit leichter linksventrikulärer Dysfunktion (LVEF 56±8%). In allen drei Patienten-/Probandengruppen zeigten sich vergleichbare belastungsbedingte Veränderungen von Blutdruck und Herzfrequenz, Ejektionsfraktion, der Wanddicke und linksventrikulären Diameter. Bei den herzinsuffizienten Patienten ergab sich trotz Erhöhung des diastolischen Blutdrucks und des arteriellen Mitteldrucks während Kraftbelastung kein Hinweis auf eine signifikante Verschlechterung der systolischen Funktion des linken Ventrikels. Bei Arbeit an der Beinpresse veränderte sich die Ejektionsfraktion im Mittel von 38% in Ruhe auf 37% bei Belastung, an der Schulterpresse von 38% auf 35% und am Bicepscurl von 35% auf 36%; im Vergleich dazu stieg die Ejektionsfraktion bei der Fahrradergometrie im Mittel von 35% auf 42% (11).

Alle für dynamische Kraftbelastung dargestellten Ergebnisse stehen im Gegensatz zu Ergebnissen, die unter anhaltender statischer Handgrip-Arbeit gefunden wurden (7). Die hierdurch demonstrierte Anpassungsfähigkeit des linken Ventrikels an akute Kraftbelastung dürfte auf die rhythmische Abfolge von submaximalen isometrischen Muskelkontraktionen zurückzuführen sein; sie tragen dazu bei, den systemischen Gefäßwiderstand zu reduzieren sowie den venösen Rückfluss, die Ejektionsfraktion und den Blutfluss in der sich kontrahierenden Muskulatur aufrecht zu erhalten.

Exzentrisches Training

Wenn sich ein Muskel bei Kontraktion verlängert (exzentrische Kontraktion), ist er fähig, eine signifikant größere Kraft zu generieren als bei Kontraktionen mit Muskelverkürzung (konzentrische Kontraktion). Viele Belastungen des täglichen Lebens fordern sowohl konzentrische als auch exzentrische Muskelarbeit. Zum Beispiel arbeiten die Oberschenkelmuskeln beim Treppen-Hinabgehen, Bergabgehen oder beim Hinsetzen exzentrisch, beim Treppen- oder Bergaufgehen und beim Aufstehen aus dem Sitz hingegen konzentrisch.

Junge gesunde Männer konnten während exzentrischen Fahrradergometertrainings (d.h. bei Abbremsung des Widerstandes der Pedalen) eine um 5 bis 7-fach größere Kraft in der belasteten Muskulatur generieren als bei konzentrischer, den Widerstand überwindender Fahrradergometerarbeit. Unerwartet zeigte sich, dass bei dieser exzentrischen Belastung nicht nur die metabolische Beanspruchung vergleichbar war, sondern auch Herzfrequenz und Blutdruck nicht höher anstiegen als bei der konzentrischen Arbeit (15,16). Da das Ausmaß der trainingsbedingten Muskelmassen- und Kraftzunahme eine Funktion der während des Trainings generierten Muskelkraft ist, resultierten 8 Wochen dieses ex-

zentrischen Ergometertrainings in einer signifikanten Zunahme des Muskelfaserquerschnitts und der maximalen isometrischen Kraft der Knieextensoren (16). Häufig übersteigt das Ausmaß der Verbesserungen, die durch exzentrisches Training erreicht werden, jene Verbesserungen, die durch ein traditionelles Krafttraining von vergleichbarer Dauer zu erzielen sind (32).

Wie sind Muskeln fähig, solch hohe Kräfte bei geringem metabolischen Bedarf und geringer Herzkreislaufbeanspruchung aufzubringen?

1. Im Vergleich zu konzentrischer Muskelarbeit ist der Energiebedarf während exzentrischer Muskelarbeit relativ geringer, da hierbei die Muskulatur Bremsarbeit statt Überwindungsarbeit leistet (5,15,16,30).
2. Bei exzentrischer Muskelarbeit übersteigt die Kraft, die auf den Muskel wirkt, zu jeder Zeit jene Kraft, die vom Muskel generiert wird. Die Folge ist, dass der Muskel während der Verlängerung bei der exzentrischen Kontraktion mechanische Energie als sogenannte „Recoil“-Energie absorbiert. Diese wird teilweise an den Muskel zurückgegeben, wenn dieser sich innerhalb eines Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus konzentrisch kontrahiert (18).

Bevor exzentrisches Training für kardiovaskuläre Patienten empfohlen werden kann, ist die Beanspruchung des Herzkreislaufsystems und Stoffwechsels bei exzentrischer Muskelarbeit zu untersuchen. Koronarpatienten mit leicht reduzierter linksventrikulärer Funktion (LVEF 57±7%) entwickelten in einem vergleichenden exzentrischen und konzentrischen 20-minütigen Fahrradergometertraining (Intensität 60% peak VO₂) exzentrisch eine um 3,6-fach höhere muskuläre Leistung als konzentrisch. Der mittlere arterielle Blutdruck, der systemische Gefäßwiderstand, Pulmonalkapillardruck und der Herzindex blieben im Durchschnitt im Bereich physiologischer Werte. Zudem waren diese Werte vergleichbar mit jenen bei konzentrischer Belastung. Ein 8-wöchiges Trainingsprogramm führte bei keinem der teilnehmenden Patienten zu einer Verschlechterung der linksventrikulären Funktion (30). Diese Ergebnisse weisen auf eine Dissoziation zwischen muskulärer Kraftentwicklung und kardiovaskulärer Beanspruchung während exzentrischer Muskelarbeit hin. Somit scheint exzentrisches Muskeltraining eine weitere Methode für kardial limitierte Patienten zu sein, krafttraining-ähnliche oder aber noch höhere Belastungsreize auf die periphere Muskulatur zu setzen und dabei die kardiovaskuläre Beanspruchung gering zu halten. Bis spezifische Trainingsgeräte wie z.B. exzentrische Fahrradergometer kommerziell zur Verfügung stehen, kann exzentrisches Muskeltraining konventionell durchgeführt werden, zum Beispiel durch Sit-downs, Bergab- oder Treppeabgehen.

Klinische Implikationen

Die dargestellten Trainingsmethoden bieten eine attraktive neue Option, um in herzkreislaufschonender Weise die Skelettmuskulatur stärker zu beanspruchen als durch ein herkömmliches ausdauerbetontes Training. Hierdurch besteht

die Chance, die Muskelkraft und Muskelmasse zu erhalten bzw. verbessern und eine bestehende Belastungsintoleranz abzuschwächen. Intervalltraining und Krafttraining haben sich für kardiovaskulär limitierte Patienten bereits als sicher und effektiv erwiesen. Obwohl bislang noch wenig Erfahrung mit exzentrischem Training bei Herzpatienten vorliegt, scheint auch diese Trainingsmethode für diese Patienten vielversprechend zu sein.

Literatur

- American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins (2000). 6th edition, 176-181.
- Anker SD, Ponikowski P, Varney S, Chua TP, Clark AL, Webb-Peploe KM, Harrington D, Kox WJ, Poole-Wilson PA, Coats AJ: Wasting as independent risk factor for mortality in chronic heart failure. *Lancet* 349 (1997) 1950-1953.
- Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A: Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation* 99 (1999) 1173-1182.
- Bertagnoli K, Hanson P, Ward A: Attenuation of exercise-induced ST depression during combined isometric and dynamic exercise in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 65 (1990) 314-317.
- Bigland-Ritchie B, Wods JJ: Integrated electromyogram and oxygen uptake during positive and negative work. *J Physiol* 260 (1976) 267-277.
- Doherty JT, Vandervoort AA, Taylor AW, Brown WF: Effects of motor units losses on strength in older men and women. *J Appl Physiol* 74 (1993) 1192-1198.
- Elkayam U, Roth A, Weber L, Hsueh W, Nanna M, Freidenberger L, Chandraratna PA, Rahimtoola SH: Isometric exercise in patients with chronic advanced heart failure: hemodynamic and neurohumoral evaluation. *Circulation* 72 (1985) 975-981.
- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meridith CN, Lipsitz LA, Evans WJ: High-intensity strength training in nonagenarians: Effects of skeletal muscle. *JAMA* 263 (1990) 3029-3034.
- Ghilarducci LEC, Holly RG, Amsterdam EA: Effects of high resistance training in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 64 (1989) 866-870.
- Halle M, Berg A, Keul J: Übergewicht als Risikofaktor kardiovaskulärer Erkrankungen und die mögliche Bedeutung als Promotor einer gesteigerten Entzündungsreaktion. *DMW* 30 (1999) 905-909.
- Karlsdottir AE, Foster C, Porcari JP, Palmer-McLean K, White-Kube R, Backes RC: Hemodynamic responses during aerobic and resistance exercise. *J Cardiopulmonary Rehabilitation* 22 (2002) 170-177.
- Kavanagh T, Myers MG, Baigrie RS, Mertens DJ, Sawyer P, Shephard RJ: Quality of life and cardiorespiratory function in chronic heart failure: effects of 12 months' aerobic training. *Heart* 76 (1996) 42-49.
- Kelemen MH, Stewart KJ, Gillilan RE, Ewart CK, Valenti SA, Manley JD, Kelemen MD: Circuit weight training in cardiac patients. *J Am Coll Cardiol* 7 (1986) 38-42.
- Keteyian SJ, Levine AB, Brawner CA, Kataoka T, Rogers FJ, Schairer JR, Stein PD, Lwvine TB, Goldstein S: Exercise training in patients with heart failure. A randomized, controlled trial. *Annals of Intern Med* 124 (1996) 1051-1057.
- LaStayo PC, Reich TE, Urquardt M, Hoppeler H, Lindstedt S: Chronic eccentric exercise: Improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol* 276 (1999) R611-R615.
- LaStayo PC, Pierotti DJ, Pifer J, Hoppeler H, Lindstedt SL: Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *Am J Physiol* 278 (2000) R1282-R1288.
- Lind AR, Taylor SH, Humphreys PW, Kennelly BM, Donald KW: Circulatory effects of sustained voluntary muscle contraction. *Clin Sci* 27 (1964) 229-244.
- Lindstedt SL, LaStayo PC, Reich TE: When active muscles lengthen: Properties and consequences of eccentric exercise. *News Physiol Sci* 16 (2001) 256-261.
- Mayer F, Gollhofer A, Berg A: Krafttraining mit Älteren und chronisch Kranken. *Deutsche Z Sportmedizin* 54 (2003) 88-94.
- McCartney N, McKelvie RS, Martin J, Sale DG, MacDougall JD: Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. *J Appl Physiol* 74 (1993) 1056-1060.
- MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz RJ, Sutton JR: Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* 58 (1985) 785-790.
- McKelvie RS, McCartney N, Tomlinson C, Bauer R, MacDougall JD: Comparison of hemodynamic responses to cycling and resistance exercise in congestive heart failure secondary to ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 76 (1995) 977-979.
- Meyer K, Foster C, Georgakopoulos N, Hajric R, Westbrook S, Ellestad A, Tilman K, Fitzgerald D, Young H, Weinstein H, Roskamm H: Comparison of left ventricular function during interval versus steady-state exercise training in patients with chronic heart failure. *Am J Cardiol* 82 (1998) 1382-1387.
- Meyer K, Hajric R, Westbrook S, Haag-Wildt S, Holtkamp R, Leyk D, Schnellbachwe K: Hemodynamic responses during leg press exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 83 (1999) 1537-1543.
- Meyer K, Kardos A, Samek L, Lehmann M, Kurz K, Caspar U, Droste C, Betz P, Weidemann H, Roskamm H: Intervall-Kraftbelastung im Vergleich zur Fahrradergometerbelastung. Untersuchung zum Einsatz von Kraftausdauertraining mit Koronarpatienten. *Z Kardiol* 81 (1992) 531-537.
- Meyer K, Lehmann M, Sünder G, Keul J, Weidemann H: Interval versus continuous exercise training after coronary bypass surgery: A comparison of training-induced acute reactions with respect to the effectiveness of the exercise methods. *Clin Cardiol* 13 (1990) 851-861.
- Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Lehmann M, Essfeld D, Roskamm H: Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure - Application to exercise training. *Eur Heart J* 17 (1996) 1040-1047.
- Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Beneke R, Lehmann M, Roskamm H: Interval training in patients with severe chronic heart failure: analysis and recommendations for exercise procedures. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 306-312.
- Meyer K, Schwaibold M, Westbrook S, Beneke R, Hajric R, Gornandt L, Lehmann M, Roskamm H: Effects of short-term exercise training and activity restriction on functional capacity in patients with severe chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 77 (1996) 1017-1022.
- Meyer K, Steiner R, LaStayo PC, Lippuner K, Allemann Y, Eberli F, Schmid J, Saner H, Hoppeler H: Eccentric exercise in coronary patients: Central hemodynamic and metabolic responses. *Med Sci Sports Exerc* 30 (2003) 1076-1082.
- Mitchell JH, Payne FC, Saltin B, Schibye B: The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. *J Physiol* 309 (1980) 45-54.
- Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, Limmacher M, Pina IL, Stein RA, Williams M, Bazzarre T: Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: Benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation* 101 (2000) 828-833.
- Vander LB, Franklin BA, Wrisley D, Rubenfire M: Acute cardiovascular responses to Nautilus exercise in cardiac patients: implications for exercise training. *Annals of Sports Medicine* 2 (1986) 165-169.
- Wareham NJ, Hennings SJ, Byrne CD, Hales CN, Prentice AM, Day ME: A quantitative analysis of the relationship between habitual energy expenditure, fitness and the metabolic cardiovascular syndrome. *Br J Nutr* 80 (1998) 235-241.

Korrespondenzadresse:

PD Dr. Katharina Meyer, Ph.D, MPH
Schweizerisches Gesundheitsobservatorium
und Universität Bern
Espace de l'Europe
2010 Neuchâtel
Schweiz
e-mail: katharina.e.meyer@freesurf.ch