

A. Urhausen, M\*. Schwarz, S. Stefan, L. Schwarz, HHW\*\* Gabriel, W. Kindermann

## Kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung durch einen Kraftausdauer-Zirkel in der ambulanten Herztherapie

*Cardiovascular and metabolic strain during a strength-endurance circle training in outpatient cardiac rehabilitation*

Institut für Sport- und Präventivmedizin der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

\* zusätzlich Sportwissenschaftliches Institut der Universität des Saarlandes

\*\* Sportmedizin, Friedrich-Schiller-Universität Jena

### Zusammenfassung

In der Studie wurden bei Patienten einer ambulanten Herzgruppe Durchführbarkeit sowie kardiozirkulatorische und metabolische Beanspruchung durch ein Kraftausdauertraining in Zirkelform (KAZ) in der Sporthalle ohne besonderen Geräteaufwand untersucht. Elf normotensive männliche Patienten der Trainingsgruppe mit Zustand nach Myokardinfarkt bzw. Bypass-Operation (Alter  $53 \pm 9$  Jahre, maximale fahrradergometrische Leistungsfähigkeit  $2,14 \pm 0,36 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  Körpergewicht) absolvierten 2 Durchgänge à 6 Stationen mit Übungen für die Muskelgruppen Schulter, Arme, Rücken, Bauch und Beine mit einer Belastungs-Pausendauer von je 1 min und 20 bis 30 Wiederholungen pro Übung. Zusätzlich erfolgte bei jedem Patienten eine maximale symptomlimitierte Fahrradergometrie (FE) in sitzender Position. Im Langzeit-EKG traten bei 3 Patienten ischämische Kammerendteilveränderungen sowie einmal vermehrt Rhythmusstörungen auf, einmal wurde eine leichte Angina pectoris angegeben. Die mittlere Herzfrequenz ( $107 \pm 9 \cdot \text{min}^{-1}$ ), der unmittelbar nach den Übungen im KAZ gemessene und somit eingeschränkt verwertbare Blutdruck nach Riva-Rocci ( $144 \pm 11 / 84 \pm 5 \text{ mmHg}$ ) und das freie Plasma-Adrenalin bzw. -Noradrenalin lagen beim KAZ im Vergleich zur individuellen anaeroben Schwelle (Bereich des oberen Pulslimits) der FE signifikant niedriger ( $115 \pm 11 \cdot \text{min}^{-1}$  bzw.  $172 \pm 16 / 88 \pm 9 \text{ mmHg}$ ). Die Blutlaktatkonzentration lag beim KAZ tendenziell höher als im Bereich des oberen Pulslimits der FE ( $3,00 \pm 0,59$  versus  $2,74 \pm 0,25 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Herzfrequenz, Laktat und Plasmakatecholamine stiegen im Verlauf des KAZ an. Die subjektive Einschätzung des Anstrengungsgrades ergab keine Hinweise auf die tatsächliche kardiale Beanspruchung im KAZ. Schlussfolgernd kann ein kontrolliertes, individuell dosiertes Kraftausdauertraining in Zirkelform unter fachgerechter Betreuung bei besser belastbaren Herzpatienten der Trainingsgruppe mit gut eingestelltem Blutdruck eine wertvolle Ergänzung des Bewegungsangebots der ambulanten Herztherapie darstellen.

**Schlüsselwörter:** ambulante Herzgruppe, kardiale Rehabilitation, koronare Herzkrankheit, Krafttraining.

### Einleitung

In der ambulanten Herztherapie stehen positive Auswirkungen auf Herz-Kreislaufsystem und Stoffwechsel-Risikofaktoren im Vordergrund, gleichzeitig muss das Risiko eines akuten Notfalls oder einer chronischen Verschlechterung der

### Summary

This study investigated the practicability as well as the cardiocirculatory and metabolic reactions to a strength-endurance circuit training (SET) in gymnasium without machines by members of an outpatient cardiac group. Eleven male normotensive coronary patients (age  $53 \pm 9$  years, maximal performance during bicycle ergometry  $2.14 \pm 0.36 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  body mass) performed two circles of six exercises of the muscle groups shoulder, arms, back, abdomen and legs. The exercise and recovery period lasted one minute each involving 20 - 30 repetitions per exercise. In addition, the subjects performed a bicycle ergometry (CE) in upright position. Three patients showed ischaemic reactions in the monitoring-ECG, one patient complained of mild angina pectoris, and in one patient frequent ectopic beats were recorded during SET. Heart rate ( $107 \pm 9 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ), blood pressure (measured immediately after exercise according to Riva-Rocci and thus with limited validity;  $144 \pm 11 / 84 \pm 5 \text{ mmHg}$ ) as well as the plasma concentrations of free epinephrine and norepinephrine were significantly lower during SET compared to the endurance threshold (corresponding to the intensity of the upper training heart rate) in CE ( $115 \pm 11 \cdot \text{min}^{-1}$  and  $172 \pm 16 / 88 \pm 9 \text{ mmHg}$ ). The blood lactate concentration was higher during SET compared to the endurance threshold in CE ( $3.00 \pm 0.59$  versus  $2.74 \pm 0.25 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). The heart rate as well as the concentrations of lactate, epinephrine and norepinephrine increased progressively during SET. The subjective rating of perceived exertion did not correspond to the actual cardiac strain.

It is concluded that if certain prerequisites are met, an individually controlled and supervised strength-endurance circuit training can be a suitable training modus in addition to the usual cardiac rehabilitation program in normotensive patients of the outpatient heart group.

**Key words:** cardiac rehabilitation, coronary heart disease, outpatient heart group, strength training.

kardialen Situation minimiert werden. Dies führte zunächst dazu, dass neben Koordinations- und Beweglichkeitsübungen in erster Linie Ausdauerbelastungen propagiert wurden, die einen möglichst hohen Energieverbrauch bei gleichzeitig guter Dosierbarkeit gewährleisten. Seit Ende der 80er Jahre entwickelten sich jedoch Ansätze, auch vermehrt kraftbe-

tonte Übungen bis hin zu Krafttrainingsformen in die ambulante Herztherapie aufzunehmen.

Ein gewisses Maß an Kraft ist sinnvoll, um Alltagsbelastungen, beispielsweise Heben und Tragen, besser bewältigen zu können und orthopädische Beschwerden gezielt zu reduzieren. Der nicht-trainierte Mensch verliert etwa ab dem 45. Lebensjahr 5 % seiner Muskelkraft pro Lebensdekade (1). Es ist mittlerweile erwiesen, dass Kraft auch bei Personen im 7. bis 8. Lebensjahrzehnt trainierbar ist, wobei sowohl eine verbesserte neuronale Koordination als auch eine tatsächliche muskuläre Hypertrophie vorliegen können (3, 7). Zusätzlich können durch Kraftausdauertraining positive Auswirkungen auf kardiovaskuläre Risikofaktoren und sogar oxidative Trainingseffekte erreicht werden (6,8,11,14). Bestimmte Krafttrainingsformen müssen auch in der ambulanten Herztherapie kein erhöhtes kardiales Risiko darstellen (11, 19, 23, 26).

Allerdings wurden in bisherigen Studien zum Krafttraining mit älteren Personen bzw. Herzpatienten in erster Linie Geräte eingesetzt, wie man sie in Fitnessstudios findet (12, 19, 21). Das Training der überwiegenden Mehrzahl der Herzpatienten findet jedoch in Sporthallen statt, so daß ein größerer apparativer Aufwand nicht realisiert werden kann. Die vorliegende Studie untersuchte daher die kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung durch ein Kraftausdauerprogramm in Form eines Zirkeltrainings, bei der lediglich das eigene Körpergewicht, kleinere Gewichte oder elastische Bänder, wie man sie in jeder Herzgruppe findet, eingesetzt wurden.

### Material und Methode

#### Untersuchungsgut

11 männliche Patienten einer ambulanten Herzsportgruppe (Trainingsgruppe) nahmen an der Studie teil (anthropometrische, Patienten- und Leistungsdaten siehe Tabelle 1). Echokar-

Tabelle 1: Anthropometrische Daten, maximale fahrradergometrische Leistungsfähigkeit und Trainingsjahre in der ambulanten Herzgruppe der 11 Patienten (Mittelwerte  $\pm$  SD)

Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Max. Leistung ( $W \cdot kg^{-1}$ )	Trainingsherzfrequenz ( $min^{-1}$ )	Gruppenteilnahme (Monate)
53 $\pm$ 9	174 $\pm$ 6	78 $\pm$ 9	2,14 $\pm$ 0,36	114 $\pm$ 9	39 $\pm$ 25

diographisch wies nur ein Proband (Patient #5) eine reduzierte Verkürzungsfraction von 24 % (Normbereich  $\geq$  28 %) als indirekter Hinweis einer leicht eingeschränkten linksventrikulären Funktion auf. In der Gesamtgruppe betrug die Verkürzungsfraction 31,3 + 3,8 %, der enddiastolische linksventrikuläre Innendurchmesser 53,2 + 3,3 mm (Normbereich  $\leq$  55 mm).

Es galten folgende Auswahlkriterien:

- Maximale beschwerdefreie fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von  $\geq 1,5 W \cdot kg^{-1}$  Körpergewicht.
- Infarktereignis  $\geq 1$  Jahr zurückliegend.
- Teilnahme in der ambulanten Herzgruppe einschließlich

dreiwöchiger Eingewöhnung in den Kraftausdauerzirkel  $\geq 3$  Monate.

- Keine gravierenden orthopädischen Kontraindikationen.
- Blutdruck in Ruhe und während fahrradergometrischer Belastung ausreichend eingestellt.

#### Untersuchungsablauf

Alle Patienten wurden einer klinischen und laborchemischen Routineuntersuchung einschl. Echokardiographie unterzogen. Die Patienten absolvierten eine Fahrradergometrie (FE) und anschließend innerhalb von 2 Monaten unter jeweils gleicher Medikation und jeweils gleichem Zeitintervall nach der Medikamenteneinnahme einen Kraftausdauerzirkel (KAZ). Zuvor erfolgte eine dreiwöchige Eingewöhnungsphase in den KAZ, in der auf die dosierte, funktionale Ausführung der Übungen und insbesondere auf die richtige Atmung unter Vermeidung von Pressatmung geachtet wurde.

#### Fahrradergometrie (FE):

Die stufenweise ansteigende symptomlimitierte FE erfolgte drehzahlunabhängig in sitzender Position bei 50 W und wurde alle 3 min kontinuierlich um 25 bzw. (bei besser belastbaren und schwereren Probanden) 50 W bis zur subjektiven Erschöpfung bzw. dem Auftreten eines Abbruchkriteriums gesteigert. Kapillarblutentnahmen erfolgten aus dem hyperämisierten Ohrläppchen vor, nach jeder Belastungsstufe sowie in der 1., 3., 5. und 10. min der Nachbelastungsphase zur Laktatbestimmung. Weiterhin erfolgten Kapillarblutentnahmen vor, nach 50, 100, 150 W und der maximalen Stufe zur Bestimmung von freiem Adrenalin und Noradrenalin. Am Ende der 2. min einer jeden Belastungsstufe wurde der Blutdruck nach Riva-Rocci gemessen. Das EKG wurde jede Minute bis mindestens zur 6. min der Nachbelastungsphase mitgeschrieben.

Aus dem Laktatverhalten während und nach Belastung wurde die individuelle anaerobe Schwelle (IAS; 22) bestimmt. Bei für alle Probanden gegebener subjektiver und objektiver Beschwerdefreiheit orientierte sich die persönliche Trainingsherzfrequenz (oberes Pulslimit) für jeden Patienten an der IAS.

#### Kraftausdauerzirkel (KAZ):

Der KAZ wurde während der Herzgruppenstunde mit vorangehendem Aufwärmprogramm zweimal durchlaufen. Die Belastungsdauer pro Station sowie die Pausen zwischen den Stationen und den Durchgängen betragen jeweils 1 min. Die Patienten erhielten die Anweisung, bei jeder Übung unter Beibehaltung einer korrekten Bewegungsausführung und bei subjektivem Wohlbefinden ohne Pressatmung eine möglichst hohe Wiederholungszahl zu absolvieren.

**Station 1: „Treppensteigen“** (beanspruchte Muskulatur: Gluteus, Iliopsoas, Quadriceps, ischiocrurale Muskelgruppe, Gastrocnemius): Aus einem hohen Kasten in der Mitte und zwei niedrigen Kästen links und rechts davon wird eine 4-Stufen-Auf/Ab-Treppe mit einer Stufenhöhe von 30 bis

35 cm konstruiert. Die Matten vor den niedrigen Kästen begrenzen den Wenderadius zwischen Auf- und Absteigen.

- Station 2: „Beinhub“** (beanspruchte Muskulatur: Glutaeus, Erector spinae): Der Proband begibt sich in die Bauchlage und legt den Kopf auf den gefalteten Händen ab. Die Beine werden gestreckt angehoben, dabei wird ausgeatmet. Beim Ablegen wird eingeatmet. Erleichternde Variationen sind durch wechselseitiges Anheben von linkem und rechtem Bein oder durch Bankstellung mit Beinhub im Wechsel möglich.
- Station 3: „Wandliegestütz“** (beanspruchte Muskulatur: Triceps, Pectoralis major): Wandliegestütz mit einer Entfernung zur Wand zwischen 60 bis 80 cm je nach Belastbarkeit. Beim Beugen der Arme wird ein-, beim Strecken ausgeatmet.
- Station 4: „Curling“** (beanspruchte Muskulatur: Quadriceps, Tibialis anterior): Der Proband sitzt auf einem Kasten und hängt die Füße in ein Gummiband mit einer Zugkraft von 55 (Beine gebeugt) bis 70 N (Beine gestreckt) ein. Gegen den Widerstand des Gummibandes werden die Beine mit geschlossenen Knien im Wechsel gestreckt. Der Proband kann sich nach hinten mit den Armen abstützen.
- Station 5: „Crunchers“** (beanspruchte Muskulatur: Rectus abdominis): Der Proband begibt sich in die Rückenlage und stellt die Beine an. Der Oberkörper wird eingerollt und die Hände werden seitlich an den Knien vorbeigeschoben, dabei wird ausgeatmet. Während des Ablegens von Oberkörper und Armen wird eingeatmet.
- Station 6: „Seitheben“** (beanspruchte Muskulatur: Deltoideus, Trapezius): Der Proband hebt im Stand seitlich vom Körper jeweils einen oder zwei 1 kg schwere Eisenringe mit leicht gewinkelten Armen in die Waagerechte an, wobei er ausatmet. Bei der Abwärtsbewegung wird eingeatmet.

Zur Registrierung des Herzfrequenzverhaltens, eventueller Rhythmusstörungen und ischämischer Kammerendteilveränderungen wurde jedem Patienten unmittelbar vor dem KAZ ein Langzeit-EKG über 24 Stunden angelegt. Zur Bestimmung der Laktatkonzentrationen und der freien Plasmakatecholamine Adrenalin und Noradrenalin wurde Kapillarblut aus beiden hyperämisierten Ohrläppchen vor, unmittelbar nach der 3. und 6. Übung im 1. Durchgang, nach der 4. Übung im 2. Durchgang (wobei im 2. Durchgang Übung 3 und 4 vertauscht wurden) sowie nach der 5. und 6. Übung im 2. Durchgang (zur Katecholaminbestimmung nur bei der 4. und 6. Übung im 2. Durchgang) entnommen. Un-

mittelbar nach jeder Übung wurde der Blutdruck nach Riva-Rocci gemessen, bei der „Curling“-Station auch in den letzten 15 s während der Übung. Der subjektive Anstrengungsgrad wurde nach jeder Übung mittels vorgehaltener Borg-Skala (2; Skalierung 6–20) ermittelt. Die Wiederholungszahl wurde bei jeder Übung notiert.

## Labormethoden:

Laktat wurde aus 20 µl Proben enzymatisch im Vollblut (Testomar-Lactat Monokit, Behring, Marburg) gemessen. Freies Adrenalin und Noradrenalin wurde aus 200 µl Proben radioenzymatisch im Plasma bestimmt (5).

## Statistik:

Es wurden Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) berechnet. Zur Prüfung der Ergebnisse auf signifikante Unterschiede erfolgte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt. Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Meßdaten wurden mittels linearer Regressionsanalyse überprüft (Stat soft, Tulsa, USA).

## Ergebnisse

### Wiederholungszahl pro Station:

Die Wiederholungszahl lag im Mittel zwischen 21 und 29  $\text{min}^{-1}$  und entsprach somit dem angestrebten Bereich (Tab. 2). Der höchste Wert mit 40  $\text{Wdh} \cdot \text{min}^{-1}$  bei der „Curling“-Übung war auf eine ungenügende Beinstreckung eines Probanden zurückzuführen.

### Beschwerdesymptomatik und EKG:

Bei einem Patienten traten subjektive Beschwerden in Form eines leichten thorakalen Druckgefühls zu Beginn des 2. Durchgangs bei unauffälligem Langzeit-EKG und grenzwertigen ischämischen Kammerendteilveränderungen bei FE auf.

Drei Patienten zeigten im Langzeit-EKG ST-Strecken-senkungen um 0,2 mV, von denen zwei bei FE ebenfalls grenzwertige ST-Streckensenkungen aufwiesen. Bei einer Person (Patient #5) traten vermehrte ventrikuläre Extrasystolen (Lown IIIa/b) ohne subjektive Symptomatik beim KAZ auf, während das Belastungs-EKG der FE unauffällig blieb. Diese Rhythmusstörungen waren bei dem Patienten bereits von früheren Langzeit-EKG's bei höheren Belastungsinten-

Tabelle 2: Anzahl der Trainingsherzfrequenzüberschreitungen (Gesamtzahl bzw. Patienten), subjektiver Anstrengungsgrad (Borg-Skala) und Wiederholungszahlen der einzelnen Stationen des Kraftausdauerzirkels (n=11; Mittelwerte  $\pm$  SD)

	Treppensteigen	Beinhub	Wandliegestütz	Curling	Crunchers	Seitheben
THF-Überschreitungen	20	6	2	2	0	8
Patientenanzahl	11	5	2	2	0	5
Subjektiver Anstrengungsgrad (Borg-Skala)	11 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2	11 $\pm$ 2	11 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2	14 $\pm$ 2
Wdh. pro min	26 $\pm$ 6	23 $\pm$ 4	21 $\pm$ 3	28 $\pm$ 6	21 $\pm$ 4	23 $\pm$ 4

Tabelle 3: Maximale Werte für Herzfrequenz, Blutdruck, Laktat- und freien Katecholaminkonzentrationen während des Kraftausdauerzirkels und bei der Fahrradergometrie (n=11; Mittelwerte  $\pm$  SD; ++ = p<0,01)

	HF ( $\text{min}^{-1}$ )	RRsys (mmHg)	RRdias (mmHg)	Laktat ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ )	Adrenalin ( $\text{nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ )	Noradrenalin ( $\text{nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ )
FE	148 $\pm$ 10	196 $\pm$ 17	93 $\pm$ 10	7,3 $\pm$ 1,9	2,08 $\pm$ 1,37	8,42 $\pm$ 4,81
KAZ	129 $\pm$ 13 ++	155 $\pm$ 14 ++	91 $\pm$ 6	3,5 $\pm$ 0,7 ++	0,98 $\pm$ 0,39 ++	4,47 $\pm$ 1,45 ++

sitäten in der Bewegungstherapie (z.B. Fußballtennis) bekannt. Zwei weitere Patienten mit pektanginösen Beschwerden bei FE zeigten während des KAZ keine Auffälligkeiten.

### Kardiozirkulatorische und metabolische Meßgrößen:

Die Maximalwerte von Herzfrequenz, Laktat, Katecholaminen und Blutdruck lagen signifikant niedriger als bei FE (Tab. 3). Zwischen dem Verhalten von Herzfrequenz, Laktat, Katecholaminen und Blutdruck während des KAZ und FE bestand kein korrelativer Zusammenhang.

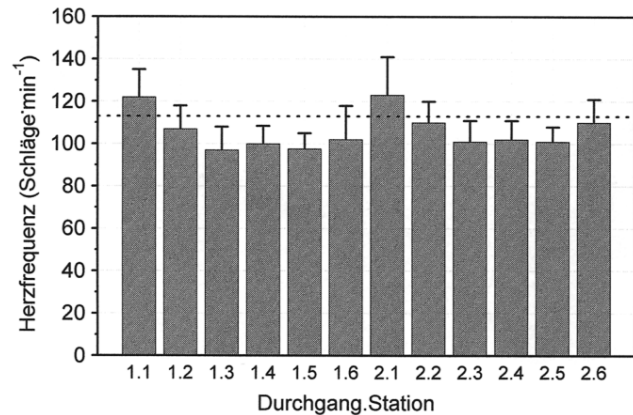


Abbildung 1: Herzfrequenz während der einzelnen Stationen des Kraftausdauerzirkels. Die gestrichelte horizontale Linie markiert den Mittelwert an der individuellen anaeroben Schwelle bei der Fahrradergometrie (n=11; Mittelwerte  $\pm$  SD)

**Herzfrequenz** (Tab. 2, Abb. 1): Während des KAZ lag die Herzfrequenz signifikant (p<0,01) niedriger als an der IAS bei FE. Die höchste Herzfrequenz wurde beim „Treppensteigen“ gemessen, die dann auch die größte Anzahl von Trainingsherzfrequenz-Überschreitungen aufwies. Während des zweiten Durchgangs lag die Herzfrequenz mit  $109 \pm 10 \cdot \text{min}^{-1}$  signifikant (p<0,001) höher als im ersten Durchgang ( $105 \pm 10 \cdot \text{min}^{-1}$ ). Auch die Trainingsherzfrequenz-Überschreitungen waren im zweiten Durchgang mit n=24 häufiger als im ersten Durchgang mit n=14.

**Blutdruck** (Abb. 2): Der systolische Blutdruck lag während des KAZ signifikant (p<0,01) unter dem Bereich der IAS bei FE. Der mittlere diastolische Blutdruck lag zwar ebenfalls signifikant (p<0,05), jedoch nur unwesentlich niedriger. Während des „Curlings“ lag der Blutdruck systolisch  $12 \pm 4$ , diastolisch  $4 \pm 2$  mmHg höher als unmittelbar nach Belastung. Zwischen dem 1. und 2. Durchgang bestand kein signifikanter Unterschied.

Die höchsten Einzelwerte lagen für den systolischen Blutdruck bei 185 mmHg (Treppensteigen“) und für den diastolischen Blutdruck bei 105 mmHg („Seitheben“).

**Laktat** (Abb. 3): Bei allen Patienten stieg die Laktatkonzentration im Verlauf des KAZ kontinuierlich an. Zwischen dem mittleren

Laktatwert beim KAZ und dem Bereich der IAS bei FE bestand kein signifikanter Unterschied. Der höchste Einzelwert beim KAZ betrug  $4,61 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Patient #5).

**Freie Plasmakatecholamine** (Abb. 4): Auch für Adrenalin und Noradrenalin wurde ein stetiger Anstieg im Verlauf des KAZ gemessen. Die mittleren Werte lagen signifikant (p<0,01 bzw. p<0,05) unter dem Bereich der IAS bei FE. Patient #5 wies auch die höchsten Einzelwerte (Adrenalin  $1,43$  und Noradrenalin  $7,28 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) beim KAZ auf, die sogar höher als die Maximalwerte bei FE ( $1,30$  und  $5,07 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) lagen.

**Subjektiver Anstrengungsgrad** (Tab. 2): Der mittels Borg-Skala gemessene subjektive Anstrengungsgrad lag mit  $12 \pm 2$  im Bereich „recht leicht“ bis „etwas schwer“. Der höchste Einzelwert mit 19 („sehr sehr schwer“) wurde im 2. Durchgang beim „Seitheben“ von einem Patienten angegeben, ohne dass gleichzeitig ein auffälliges Verhalten der übrigen Meßgrößen vorlag.

## Diskussion

In dieser Studie absolvierten Patienten mit koronarer Herzkrankung ein Kraftausdauertraining in Zirkelform, in dem mit dem eigenen Körpergewicht und mit leichten Fremdgewichten gearbeitet wurde, so dass eine hohe Praktikabilität für die Praxis der ambulanten Herztherapie resultiert. Gemäß früheren Empfehlungen (14) ging ein dreimonatiges Trainingsprogramm mit Schwerpunkt Ausdauer, Körperwahrnehmungs-Schulung und kräftigende Gymnastik voran. Die

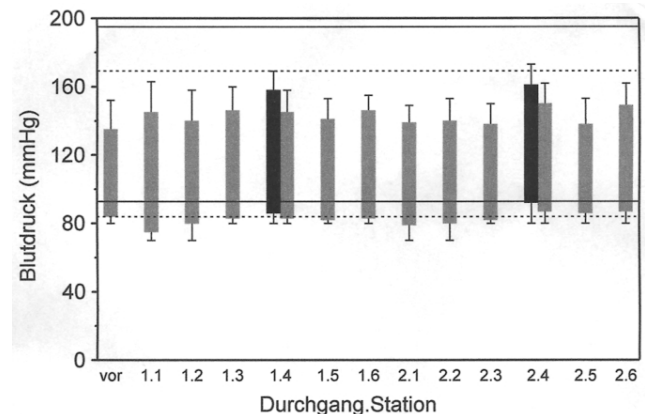


Abbildung 2: Systolischer und diastolischer Blutdruck nach Riva-Rocci unmittelbar nach den einzelnen Stationen des Kraftausdauerzirkels (schwarze Säulen = Messungen während des Curlings). Die horizontalen Linien markieren die jeweiligen mittleren Maximalwerte (durchgezogen) und die Werte an der individuellen anaeroben Schwelle (gestrichelt) bei der Fahrradergometrie (n=11; Mittelwerte  $\pm$  SD)



Resonanz bei den Teilnehmern war durchweg positiv, zumal bereits im Vorfeld viele Patienten ein Defizit an Muskelkraft beklagten und Bedarf hinsichtlich eines Angebots von Muskelkräftigungsprogrammen geäußert worden war.

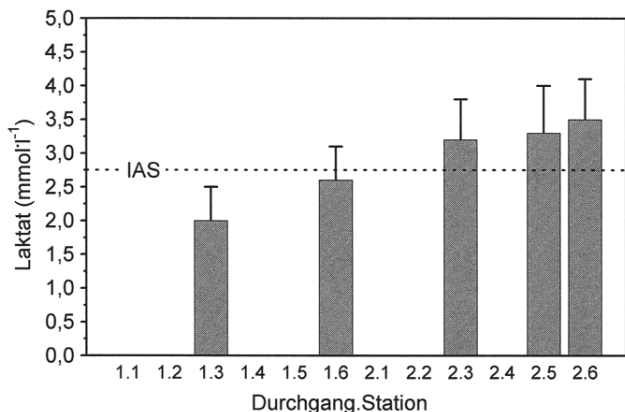


Abbildung 3: Laktatkonzentration während der einzelnen Stationen des Kraftausdauerzirkels. Legende s. Abb. 1

Krafttraining in der ambulanten Herztherapie hat keinen wesentlichen Kraftzuwachs über eine Muskelhypertrophie, sondern eine Leistungsverbesserung durch koordinative Effekte und Stoffwechseladaptationen zur Folge. Maximal- und Schnellkraftübungen sind aufgrund der hohen Belastungsintensitäten mit einem erhöhten kardialen Risiko bei gleichzeitig fehlenden günstigen Stoffwechseleffekten verbunden. Daher sollte ein Krafttraining mit Herzpatienten in Form eines Kraft-Ausdauertrainings durchgeführt werden. Der Vorteil eines Zirkeltrainings liegt in der Möglichkeit, gleichzeitig lokale Muskelausdauer und Muskelkraft zu trainieren. Hierdurch sind auch günstige Auswirkungen auf den oxidativen Stoffwechsel möglich, wie z.B. eine höhere Aktivität von Enzymen des Zitronensäurezyklus und eine verbesserte Kapillarisierung (8). Kardiovaskuläre Risikofaktoren können ebenfalls durch ein kraftausdauerorientiertes Training günstig beeinflusst werden: beschrieben sind ein Anstieg von HDL- und Abfall von LDL-Cholesterin, eine Verminderung Glukose-stimulierter Plasmainsulinkonzentrationen im Sinne einer verbesserten Insulinempfindlichkeit, verbesserte HbA1c-Konzentrationen sowie eine Normalisierung grenzwertiger Blutdruckwerte (6, 11, 14). Leider fehlen derzeit jedoch epidemiologische Studien zur längerfristigen Beeinflussung des Risikoprofils bei Koronarpatienten. Weitere positive Effekte – zumindest bei höher intensiven Kraftbeanspruchungen – betreffen den Haltungs- und Bewegungsapparat einschließlich der Altersosteoporose durch Zugbeanspruchungen auf Knochengewebe sowie Sehnen und Bänder (1, 16).

Als Steuerungsparameter zur Selbstkontrolle beim Krafttraining ist die Herzfrequenz im Vergleich zu Ausdauerbelastungen weniger geeignet. Bei Krafttrainingsformen mit dem Einsatz größerer Muskelgruppen und höherer dynamischer Komponente (wie beim „Treppensteigen“) erscheint die Anwendung eines aus der FE vorgegebenen oberen Pulslimits

allerdings sinnvoll. Um Überlastungen zu vermeiden, bieten sich bei den einzelnen Übungen verschiedene Variationsmöglichkeiten an, z.B. durch eine niedrigere Stufenhöhe, geringere Lasten bzw. Abstände zur Wand, kürzere Haltezeiten, Hebelverkürzungen oder eine andere Armhaltung. Beim Treppensteigen läßt sich eine Schrittfrequenz vorgeben. Insgesamt sollten die Patienten angewiesen werden, beim Krafttraining unterhalb ihrer gewohnten Trainingsherzfrequenz zu bleiben. Als externer Steuerungsparameter sollte besonders das Vermeiden von Pressatmung beachtet werden.

In unserer Studie wurde gewährleistet, dass mindestens 20 Wdh·min<sup>-1</sup> möglich waren und das Belastungs-Pausenverhältnis ≤ 1 lag. Aktuelle Empfehlungen schlagen 8-20 Wdh. bei 1-3 Durchgängen von 5 bis 18 Stationen und einer Gesamtdauer von 20 – 30 min (Pausendauer jeweils 30-60 s) bei einer Trainingshäufigkeit von 2-3 wöchentlich vor (26). Allerdings existieren zu diesen Vorgaben keine ähnlich aufwendigen Studien einschließlich Laktat- und Katecholaminmessungen. Eine primäre Orientierung der Trainingsintensität an der Maximalkraft ist aufgrund erheblicher Unterschiede zwischen einzelnen Individuen und Muskelgruppen nicht angebracht (4). Hinzu kommt, dass bei den Herzpatienten aus Sicherheitsgründen, auch aufgrund orthopädischer Erwägungen, von einem klassischen Maximalkrafttest abgesehen wurde. Zu dem kardialen Risiko hoch-intensiver Kraftbelastungen von über 60 bis 100 % der Maximalkraft liegen allerdings widersprüchliche Angaben vor (s. Übersicht in 26).

Im Langzeit-EKG zeigten die 3 Patienten mit grenzwertigen ischämischen Kammerendteilveränderungen gleichzei-

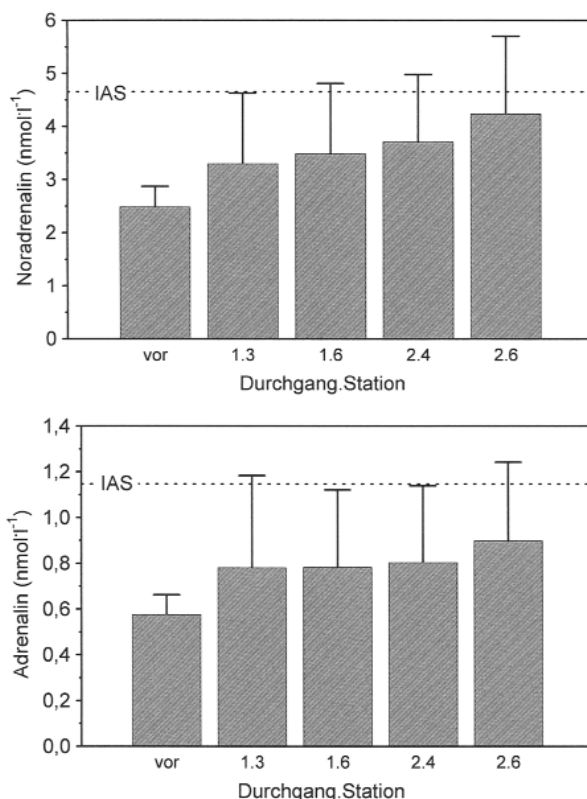


Abbildung 4: Freie Adrenalin- und Noradrenalin-Konzentrationen während der einzelnen Stationen des Kraftausdauerzirkels. Legende s. Abb. 1

tig eine relativ hohe Anzahl an Trainingsherzfrequenzüberschreitungen, insbesondere beim „Treppensteigen“, was die Bedeutung der Herzfrequenz als Steuerungsparameter der Belastungsintensität bei Übungen mit höherem Anteil beanspruchter Muskulatur unterstreicht. Der einzige Patient (#5), der echokardiographisch Hinweise auf eine leicht reduzierte linksventrikuläre Funktion aufwies, zeigte auch vermehrte ventrikuläre Extrasystolen beim KAZ (bei unauffälligem Belastungs-EKG) bei gleichzeitig höchsten Laktat- und Katecholaminkonzentrationen.

Das Verhalten der diastolischen Blutdruckwerte im KAZ im Vergleich zur IAS bei FE und zum systolischen Blutdruckverhalten entspricht früheren Befunden (26) und ist auf den größeren statischen Anteil der Belastung zurückzuführen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die unblutigen Blutdruckmessungen im KAZ bei fast allen Stationen nur innerhalb der ersten ca. 20 s nach der Übung, bei der FE jedoch während Belastung erfolgten. Neuere Untersuchungen konnten zeigen, dass bei statischer Muskularbeit das Druckfrequenzprodukt - als Index für den myokardialen Sauerstoffverbrauch - bedingt durch den überproportionalen Blutdruckanstieg bis zu 10 % höher gegenüber dynamischer Belastung liegen kann (10, 13, 14, 20, 27, 28). Gleichzeitig verschiebt sich jedoch durch den höheren diastolischen Blutdruck mit entsprechender Zunahme des Perfusionsdrucks die Angina-pectoris-Schwelle nach oben (13, 14, 20). Da der Blutfluss proportional schneller zunimmt als der Sauerstoffverbrauch, werden ischämische Reaktionen reduziert bzw. verhindert. Dennoch sollte ein diastolischer Blutdruck von 120 mmHg nicht überschritten werden (27). Im Vergleich zu stufenweise ansteigenden dynamischen Testverfahren wurden daher bei Kraftbelastungstests seltener Ischämien festgestellt bei in etwa gleicher Arrhythmiehäufigkeit (28).

Der subjektive Anstrengungsgrad, beurteilt mittels Borg-Skala, entsprach im Mittel mit 12 („leicht“ bis „etwas schwer“) exakt den aktuellen Vorgaben aus der Literatur (26). Allerdings lag bei 4 der 5 Patienten mit Auffälligkeiten im Langzeit-EKG oder pectanginösen Beschwerden der Wert auf der Borg-Skala niedriger als im Gruppenmittel. Somit scheint das subjektive Belastungsempfinden zur Belastungsdosierung im Krafttraining in der Bewegungstherapie nur wenig geeignet. Eine gute muskuläre Leistungsfähigkeit bedeutet nicht zwangsläufig eine hohe kardiale Belastbarkeit. Dies gilt insbesondere für Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion (15, 17).

Erwartungsgemäß liegt die mittlere Laktatkonzentration während des KAZ im Vergleich zur IAS bei FE als Ausdruck der höheren muskulär-metabolischen Beanspruchung höher. Auch das höhere Laktat-Herzfrequenz-Verhältnis spricht für einen größeren Kraftanteil im Vergleich zur Fahrradbelastung. Der Laktatanstieg im Verlauf des KAZ deutet darauf hin, dass ein weiterer Durchgang des KAZ bei der Mehrzahl der Patienten zu unerwünscht hohen Laktatkonzentrationen geführt hätte.

Die im KAZ gemessenen Plasmakonzentrationen von freiem Adrenalin und Noradrenalin können als Ausdruck einer eher geringen sympathoadrenergen Aktivierung interpretiert werden. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen mit Herz-

patienten beim zügigen Schwimmen, Ballspielen, Laufen (24) und Federball (18) lagen die Katecholamine im KAZ niedriger. Im Gegensatz hierzu wurde beim Rudern, das ebenfalls eine Kraft-Ausdauerbelastung darstellt, mit Koronarpatienten jedoch ein überproportionaler Katecholaminanstieg im Vergleich zur Fahrradergometrie beschrieben (25). Die eingesetzte Muskelmasse beim Rudern ist größer als beim KAZ, darüber hinaus besteht eine höhere psychisch-konzentrierte Beanspruchung durch den ungewohnteren Bewegungsablauf mit gleichzeitig schwierigerem Einhalten der vorgegebenen Belastungsintensität.

Die vorliegende Studie weist einige methodische Einschränkungen auf. Die Frage nach der Wirksamkeit des eingesetzten Kraftreizes kann ohne Kraftmessungen im Längsschnitt nicht beantwortet werden. Bereits bei Belastungsintensitäten von 30-40 % der Maximalkraft wurde bei 3 mal wöchentlichem Training nach 2-3 Monaten ein signifikanter Kraftzuwachs gemessen (9, 21). Eine genaue Quantifizierung der Belastungsintensität der einzelnen Übungen ist nicht möglich. Die vorgenommene Angabe von Wiederholungen pro Minute ist jedoch praktikabler und genauer (4) als die immer noch verbreitete Orientierung an der Maximalkraft. Die Aussagen zum Blutdruckverhalten im KAZ sind durch die nicht-invasiven Messungen in der Nachbelastungsphase zwangsläufig limitiert, da der Blutdruck nach Kraftbelastungen sehr schnell abfällt. Bei der einzigen sowohl während als auch nach Belastung kontrollierten „Curling“-Übung lag der systolische bzw. diastolische Blutdruck nach Belastung im Mittel allerdings nur 12 bzw. 4 mmHg niedriger. Zumindest lässt sich sagen, dass während den Übungspausen keine erhöhten Blutdruckwerte persistierten. Die nicht-invasive kardiale Funktionsdiagnostik charakterisierte die Patienten der Studie als relativ gut belastbar, eine exakte Quantifizierung der linksventrikulären Funktion war aufgrund meist fehlender aktueller Katheterbefunde jedoch nicht möglich.

Schlussfolgernd scheint ein kontrolliertes und individuell dosiertes Kraftausdauertraining wie in der vorgestellten Zirkelform bei besser belastbaren Koronarpatienten der Trainingsgruppe (mindestens 1,5 W·kg<sup>-1</sup> Körpergewicht) mit gut eingestelltem Blutdruck und ohne höhergradige Herzrhythmusstörungen als Trainingsform in der ambulanten Bewegungstherapie gut geeignet zu sein.

## Literatur

1. Aoyagi Y, Shephard RJ: Aging and muscle function. *Sports Med* 14 (1992) 376-396.
2. Borg GAV: Perceived exertion: a note on „history“ and methods. *Med Sci Sports Exerc* 5 (1973) 90-93.
3. Brown A, McCartney N, Sale D: Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol* 69 (1990) 1725-1733.
4. Buskies W, Boeckh-Behrens W-U: Probleme bei der Steuerung der Trainingsintensität im Krafttraining auf der Basis von Maximalkrafttests. *Leistungssport* 29 (1999) 4-8.
5. Da Prada M, Zürcher G: Simultaneous radioenzymatic determination of plasma and tissue adrenaline, noradrenaline and dopamine within the femtomole range. *Life Sci* 19 (1976) 1161-1174.
6. Eriksson J, Taimela S, Eriksson K, Parviainen S, Peltonen J, Kujala U: Resi-

- stance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes meli-  
litus. *Int J Sports Med* 18 (1997) 242-246.
7. *Frontera W, Meredith C, O'Reilly K, Knuttgen H, Evans W*: Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 64 (1988) 1038-1044.
  8. *Frontera W, Meredith C, O'Reilly K, Evans W*: Strength training and determinants of VO<sub>2</sub>max in older men. *J Appl Physiol* 68 (1990) 329-333.
  9. *Harris KA, Holly RG*: Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensive subjects. *Med Sci Sports Exerc* 19 (1987) 246-252.
  10. *Helfant RH, De Villa MA, Meister SG*: Effect of sustained isometric hand-grip exercise on left ventricular response. *Circulation* 44 (1971) 982-993.
  11. *Hurley B, Kokkinos P*: Effects of weight training on side factors for coronary artery disease. *Sports Med* 4 (1987) 231-238.
  12. *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) 38-41.
  13. *Kerber RE, Miller RA, Najjar SM*: Myocardial ischemic effects of isometric, dynamic and combined exercise in coronary artery disease. *Chest* 67 (1975) 388-394.
  14. *McKelvie R, McCartney N*: Weightlifting training in cardiac patients. *Sports Med* 10 (1990) 355-366.
  15. *Meyer K, Greinacher W, Weidemann H*: Koronarpatienten im Fitness-Studio - eine riskante Bewegungstherapie. *Dtsch Z Sportmed* 42 (1991) 54-58.
  16. *Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenberg RA, Evans WJ*: Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *JAMA* 272 (1994) 1909-1914.
  17. *Painter P, Hanson P*: Isometric exercise: implications for the cardiac patient. *Cardiovasc Rev Rep* 5 (1984) 261-279.
  18. *Schwarz M, Urhausen A, Leukens S, Brechtel L, Gabriel H, Schwarz L, Kindermann W*: Cardiocirculatory and metabolic strain in patients with coronary heart disease during Badminton as part of their ambulatory kinetotherapy. *Int J Sports Med* 17 (Suppl.1) (1996) S8.
  19. *Seiffert A, Seiffert K, Völker K, Halhuber C*: Kraftausdauertraining in der kardialen Rehabilitation. *Dtsch Z Sportmed* 41 (1990) 84-92.
  20. *Sheldahl LM, Wilke NA, Tristani FE, Kalbfleisch JH*: Response of patients after myocardial infarction to carrying a graded series of weight loads. *Am J Cardiol* 52 (1983) 698-703.
  21. *Sparling PB, Cantwell JD, Dolan CM, Niederman RKSO*: Strength training in a cardiac rehabilitation program: a six-month follow-up. *Arch Phys Med Rehabil* 71 (1990) 148-152.
  22. *Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A*: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 2 (1981) 160-165.
  23. *Stewart K*: Resistive training effects on strength and cardiovascular endurance in cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 21 (1989) 678-682.
  24. *Urhausen A, Kullmer T, Rieder T, Kindermann W*: Schwimmtelemetrische Untersuchungen bei Koronarpatienten. *Herz/Kreisl* 19 (1987) 360-364.
  25. *Urhausen A, Spieldenner J, Gabriel H, Schwarz L, Schwarz M, Kindermann W*: Cardiocirculatory and metabolic strain during rowing ergometry in coronary patients. *Clin Cardiol* 17 (1994) 652-656.
  26. *Verrill D, Ribisl P*: Resistive exercise training in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 21 (1996) 347-383.
  27. *Wilke NA, Sheldahl LM, Levandoski SG, Hoffman MD, Tristani FE*: Weight carrying versus handgrip testing in men with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 64 (1989) 736-740.
  28. *Wilke NA, Sheldahl LM, Tristani FE, Hughes CV, Kalbfleisch JH*: The safety of static-dynamic effort soon after myocardial infarction. *Am Heart J* 110 (1985) 542-545.

**Anschrift für die Autoren:**  
**Prof. Dr. med. A. Urhausen**  
**Institut für Sport- und Präventivmedizin**  
**Fachbereich Klinische Medizin**  
**Universität des Saarlandes, 66041 Saarbrücken**  
**Tel. 0681/302-3746**  
**Fax. 0681/302 4296**  
**E-mail: a.urhausen@rz.uni-sb.de**