

Aerobic aus internistisch-leistungsphysiologischer Sicht

Kardiozirkulatorische und metabolische Veränderungen

Wilfried Kindermann, Gerhard Klenk,
Wolfgang Schmitt und Oscar Salas-Fraire

Abteilung Sport- und Leistungsmedizin
(Leiter: Professor Dr. med. Wilfried Kindermann)
der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Bei der Propagierung regelmäßiger körperlicher Aktivität als gesundheitsfördernde Maßnahme darf nicht übersehen werden, daß damit auch Risiken verbunden sein können, denn Sport – selbst wenn „nur“ gesundheitssportliche Aktivität beabsichtigt wird – muß nicht prinzipiell gesund sein. Beispielsweise sind Unvernunft, Kritiklosigkeit in der Anwendung bei Nichtbeachtung vorbestehender pathologischer Befunde oder Wunschdenken Faktoren, die den Gesundheitseffekt körperlicher Aktivität pervertieren können. Diese Problematik scheint in besonderem Maße für Aerobic zu bestehen, zumal hier erschwerend hinzukommt, daß hinsichtlich des gesundheitlichen Nutzens bzw. Risikos auch aus medizinischer Sicht unterschiedliche Meinungen vertreten werden. In Anbetracht der hohen Zahl von Aerobic-Treibenden – es wird von mehr als 3 Millionen, meist Frauen, berichtet – ist es notwendig, die durch Aerobic ausgeübten Belastungsreize und deren Auswirkung auf die verschiedenen Teilbereiche des menschlichen Organismus zu analysieren, da erst auf der Basis solcher Befunde Nutzen und Risiko abgeschätzt werden können.

Aufgrund der Ergebnisse einer Feldstudie sollen im folgenden die kardiozirkulatorischen und metabolischen Belastungen des Orga-

nismus durch Aerobic besprochen werden. Dabei wurde in einem Aerobic-Studio das Programm einer „normalen“ Aerobic-Übungsstunde analysiert. Auf orthopädisch-sporttraumatologische, trainingsphysiologische und sportpädagogische Aspekte oder gar auf die Beantwortung der Frage, inwieweit es sich um eine neue, eigenständige Sportart handelt oder nicht, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht speziell eingegangen werden.

Inhalt der Aerobic-Übungsstunde

Das untersuchte Aerobic-Programm ist in den Darstellungen 1 und 3 skizzenhaft abgebildet. Nacheinander werden nahezu alle Muskelgruppen des Körpers belastet, wobei die während einer jeweils unterschiedlich langen Zeitphase bevorzugt eingesetzten Muskelgruppen den jeweiligen Körperregionen zugeordnet wurden. Die Reihenfolge der in Darstellung 1 und 3 aufgeführten Körperregionen entspricht der Reihenfolge der innerhalb der Übungsstunde schwerpunktmäßig aktivierten Muskelgruppen. Das Aerobic-Programm wurde jeweils mit Lauf- und Sprungübungen abgeschlossen. Während der angegebenen Belastungsphasen waren die Personen ständig in Bewegung, begleitet von Disko-Musik.

Aerobic kann als eine intervallmäßige Form körperlicher Belastung angesehen werden, die phasenweise zu einer erheblichen kardiozirkulatorischen, metabolischen und muskulären Beanspruchung führt. Die Bezeichnung „Aerobic and Anaerobic“ wäre daher zutreffender. Dosierbarkeit und Kontrollierbarkeit der Belastungsintensität sind erschwert, so daß für Sportanfänger diese Art der körperlichen Belastung ungeeignet ist.

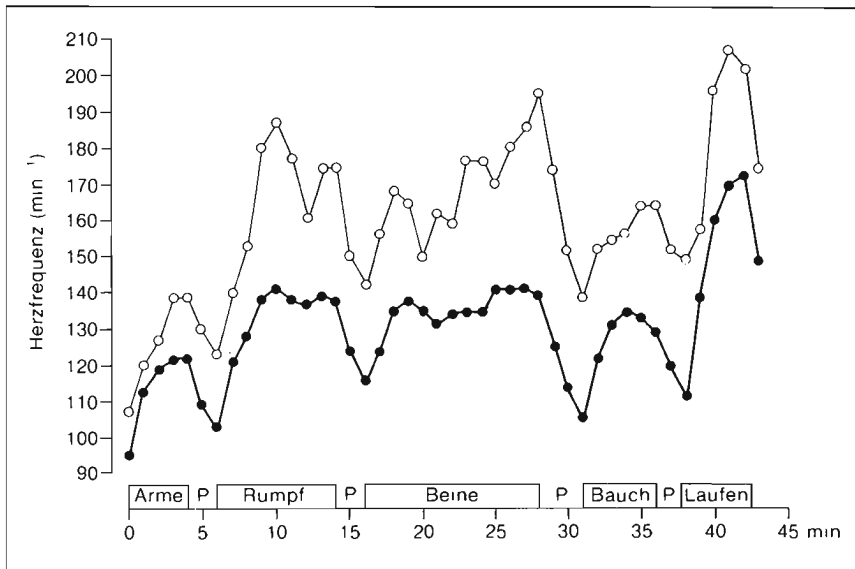
Die Pausen von 2 bis 3 Minuten zwischen den Übungen waren für die Blutentnahmen aus Ohrläppchen und Armvene notwendig.

Für die Bewertung der Auslenkung von während körperlicher Belastung untersuchten Parametern ist der Trainingszustand bzw. die Sportanamnese der Probanden von wesentlicher Bedeutung. Die Teilnehmer dieser Studie (Alter 34 ± 8 Jahre; weiblich; $n = 24$) können keineswegs als Sportanfänger oder völlig untrainiert bezeichnet werden, da durchschnittlich 5 Stunden pro Woche Sport getrieben wird, davon 2,5 Stunden Aerobic.

Herzfrequenzverhalten

Die mittels Lanzeit-EKG kontinuierlich aufgezeichnete Herzfrequenz (Darstellungen 1 und 2) zeigt die aus leistungsphysiologischen Untersuchungen bekannte Abhängigkeit von der Größe der eingesetzten Muskelmasse und der Belastungsform. Beim Einsatz kleinerer Muskelgruppen (Arme) werden im Vergleich zu größeren Muskelgruppen (Rumpf, Beine) niedrigere Herzfrequenzen erreicht (1, 4, 5, 9), während Laufen als Prototyp der dynamischen Belastung großer Muskelgruppen erwartungsgemäß zu den höchsten Herzfrequenzen führt (1, 4). Im sta-

Aerobic



Darstellung 1: Verhalten der Herzfrequenz während der Übungsstunde: Mittelwertskurve aller Probandinnen (●—●), Einzeldarstellung einer 29jährigen Probandin (○—○). Auf der Abszisse sind die während verschiedener Zeitphasen bevorzugt eingesetzten Muskelgruppen aufgetragen; P = Pause

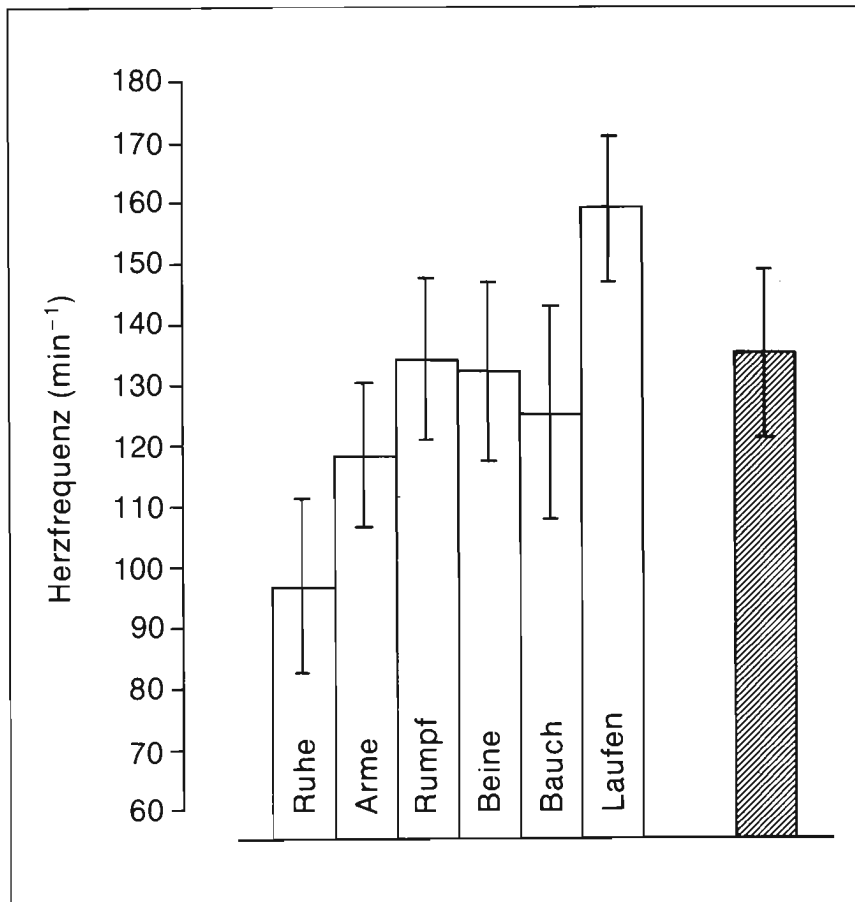
tistischen Mittel zeigt sich zwar für die einzelnen Belastungsphasen ein relativ konstantes Niveau, im Einzelfall können aber erhebliche Schwankungen – auch innerhalb einer Belastungsphase – auftreten.

Bei der dargestellten Herzfrequenzkurve einer 29jährigen Probandin (Darstellung 1, oder Kurve) steigt die Herzfrequenz von 138 Schlägen/min (Arme) auf 187 Schläge/min (Rumpf), 195 Schläge/min (Beine) und 207 Schläge/min (Laufen) an, wobei aber als Ausdruck des intervallmäßigen Charakters der Belastung auch wiederholt kurzfristige Senkungen der Herzfrequenz innerhalb einer zusammenhängenden Belastungsphase auftreten. Die Betrachtung lediglich der mittleren Herzfrequenz, die für das gesamte Übungsprogramm 135 Schläge/min beträgt (Darstellung 2), sagt nichts über die erheblichen inter- und intraindividuellen Schwankungen aus, deren Kenntnis zur Abschätzung des potentiellen Risikos von Bedeutung ist.

Laktat- und Glukoseverhalten

Die Laktatkonzentration im Kapillarblut (Darstellung 3) verhält sich ähnlich wie die Herzfrequenz. Der Laktatanstieg mit zunehmender Belastungsdauer ist zum Teil Ausdruck eines Kumulationseffektes. Was die Laktatbildung bei den einzelnen Übungsteilen betrifft, so muß berücksichtigt werden, daß der anaerobe Metabolismus um so früher einsetzt, je kleiner die aktive Muskelmasse ist, und daß zusätzliche statische Anteile bei der Muskelkontraktion den Laktatanstieg fördern (1, 4).

Demgegenüber weist der deutliche Laktatanstieg nach den Laufübungen darauf hin, daß die Ausdauergränze überschritten ist und anaerobe Mechanismen zur Deckung des Energiebedarfs herangezogen werden müssen (4, 8). Im Einzelfall war die Laktatkonzentra-



Darstellung 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz für die einzelnen Übungsphasen während der Übungsstunde; schraffierte Säule: Mittelwert und Standardabweichung der Herzfrequenz für die gesamte Übungsstunde

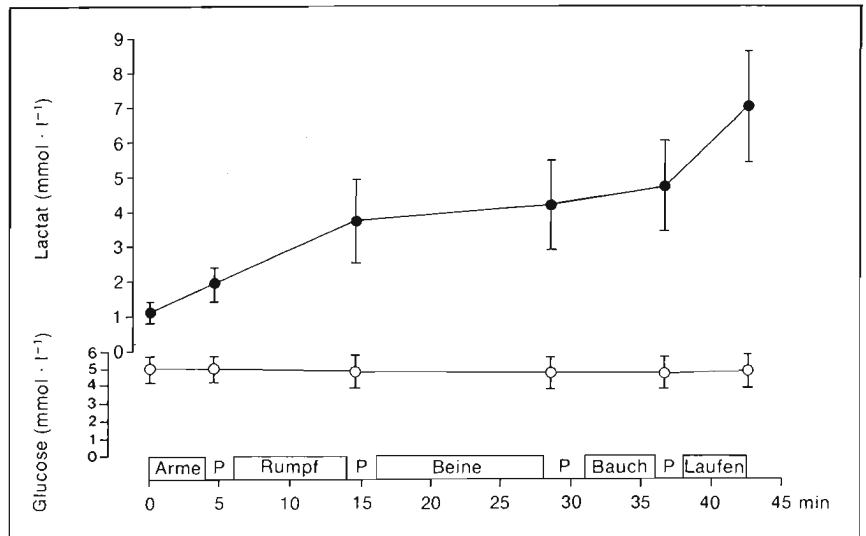
tion auf das Elffache des Ausgangswertes angestiegen. Die Blutglukosespiegel bleiben erwartungsgemäß unverändert (2, 7).

Verhalten der Katecholamine

Als Indikator der sympathoadrenalen Aktivität zeigen die radioenzymatisch bestimmten Plasmakatecholamine einen Anstieg auf das Doppelte (Adrenalin) und das Vierfache (Noradrenalin) (Darstellung 4). Die Noradrenalinkonzentrationen liegen nach den Beinmuskel- und Laufübungen ähnlich hoch wie bei Fahrradergometerbelastungen von Männern bei 150 Watt und 230 Watt.

Verhalten der Creatinkinase-Aktivität

Der Anstieg der CK (Darstellung 5) auf knapp das Doppelte des Ausgangswertes ist ein zusätzlicher Hinweis auf die erhebliche muskuläre Beanspruchung. Da aber an-

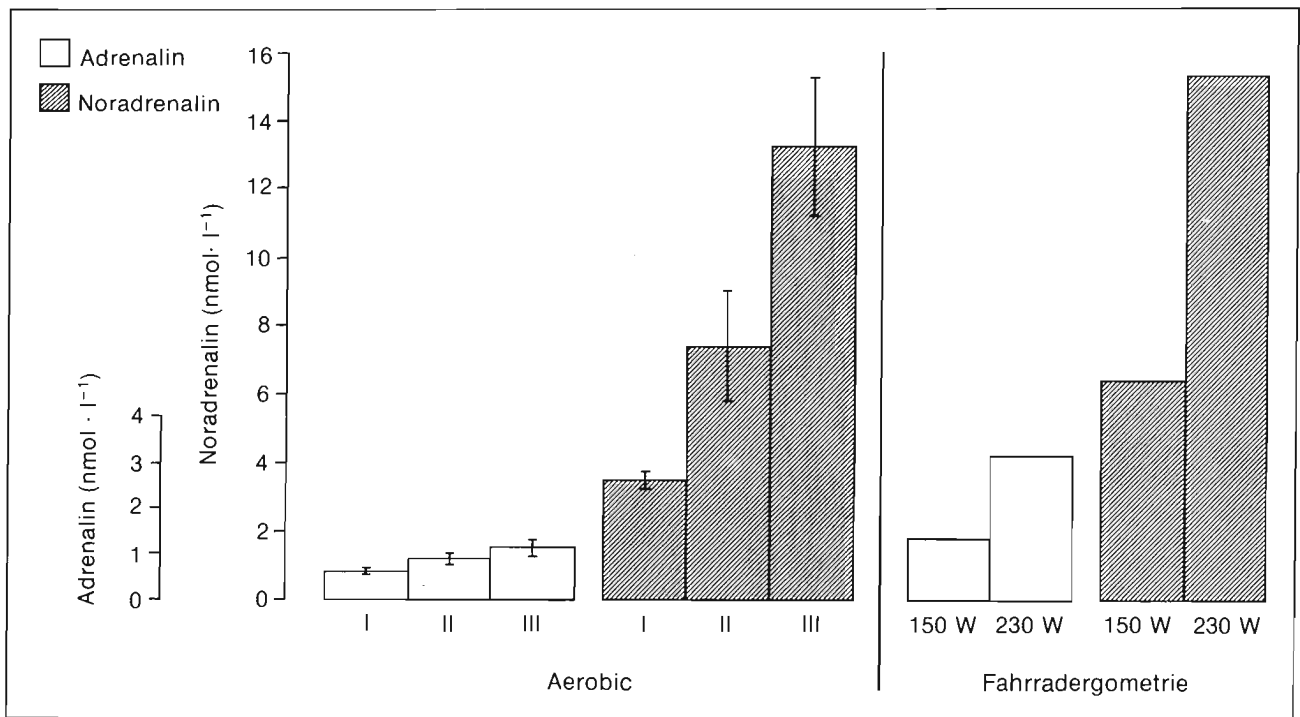


Darstellung 3: Verhalten von Laktat (●—●) und Glukose (○—○) (Mittelwerte und Standardabweichungen); Erklärung der Abszisse siehe Darstellung 1!

dererseits bei ungewohnter körperlicher Belastung die CK-Aktivität noch weitaus höher ansteigen kann (3), bestätigen die vorliegenden Werte indirekt die eingangs getätigte Feststellung einer regelmäßigen sportlichen Betätigung der untersuchten Probanden.

Schlußfolgerungen

Aerobic stellt eine intervallartige Form der körperlichen Belastung mit zumindest phasenweise erheblicher kardiozirkulatorischer, metabolischer und muskulärer Beanspruchung dar. Da der Anteil



Darstellung 4: Verhalten der Plasmakatecholamine Adrenalin und Noradrenalin (Mittelwerte und Standardabweichungen) vor (I), während (nach vorwiegenden Beinmuskelübungen, II) und nach der Übungsstunde (nach Lauf- und Sprungübungen, III). Auf der rechten Seite der Darstellung sind die Mittelwerte für Adrenalin und Noradrenalin bei Fahrradergometerbelastungen von Männern bei 150 und 230 Watt gegenübergestellt

Aerobic

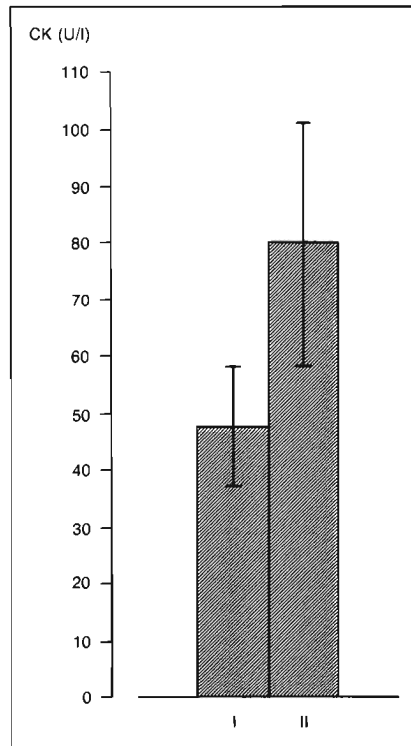
von dynamischer und statischer Komponente und die Größe der eingesetzten Muskelmasse bei den einzelnen Übungen unterschiedlich ist, eignet sich die Herzfrequenz nur bedingt zur Steuerung der Belastungsintensität.

Übungen, die statische Muskelarbeit beinhalten, führen zu einer zusätzlichen Druckbelastung von Herz und Gefäßen, ohne daß dieser Effekt am Herzfrequenzverhalten erkennbar ist (11).

Möglicherweise erklärt diese zusätzliche Druckbelastung auch die ähnlich hohen Noradrenalinkonzentrationen im Blutplasma bei Übungen mit vorwiegend Beinmuskulgruppen und bei einer Fahrradergometerbelastung von 150 Watt bei Männern (Darstellung 4). Aerobic darf deshalb nicht als Teil von Trimming 130 angesehen werden, sondern stellt eine Belastungsform dar, die nur begrenzt dosierbar und kontrollierbar ist.

Die Bezeichnung Aerobic ist unzutreffend und entspricht nicht dem tatsächlichen Verhalten des Metabolismus. Der Organismus ist bei dieser Form der körperlichen Belastung auf die zusätzliche glykolytische Energiebereitstellung, als deren Endprodukt Milchsäure entsteht, angewiesen, so daß der Ausdruck „Aerobic and Anaerobic“ zutreffender wäre. Man sollte sich deshalb auf eine mehr deskriptive Bezeichnung wie „Bewegung mit Musik“ beschränken. Die zunehmende Azidose aufgrund der Laktatakkumulation im Verlauf einer Übungsstunde beeinträchtigt die neuromuskuläre Funktion und damit Koordination, so daß die Verletzungsgefahr zunimmt.

Aerobic ist als „Einstiegssportart“ ungeeignet und sollte deshalb von Sportanfängern gemieden werden. Bei Untrainierten und anscheinend Gesunden können hohe und ungewohnte körperliche Belastungen zu kardiovaskulären Zwischenfällen bis hin zu plötzlichen Herztodesfällen führen (6, 10). Für bisher körperlich inaktive



Darstellung 5: Verhalten der Creatinkinase-Aktivität (Mittelwerte und Standardabweichungen) vor und etwa 20 Stunden nach der Übungsstunde

Personen, die unvorbereitet plötzlich sportlich aktiv werden wollen, stellt Aerobic eine hohe und ungewohnte körperliche Anstrengung dar. Demgegenüber kann Aerobic für Personen, die sich regelmäßig ausdauerorientiert belasten, als eine durchaus sinnvolle und ergänzende Form sportlicher Aktivität angesehen werden, da neben der Ausdauer auch die für die körperliche Fitneß wichtigen anderen motorischen Aktivitäten wie Kraft, Koordination und Flexibilität trainiert werden.

Praktische Empfehlungen

- ① Aerobic sollte nur von Gesunden betrieben werden. Jeder, der mit Aerobic beginnt, sollte seinen Gesundheitszustand kennen.
- ② Untrainierte sollten zunächst ein sorgfältig dosiertes ausdauerorientiertes Training durchführen, bevor mit Aerobic begonnen wird.

③ Für kardiovaskulär gefährdete und erkrankte Personen ist Aerobic ungeeignet. Kontraindikationen bestehen insbesondere bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit, primär myokardialer Erkrankung, druckbelasteten Vitien, anderen hämodynamisch wirksamen Vitien, Herzrhythmusstörungen und Hypertonie.

④ Hinsichtlich Dosierbarkeit und Kontrollierbarkeit sind sportliche Belastungsformen wie Dauerlauf, Radfahren oder Skilanglauf günstiger und somit potentiell risikoärmer als Aerobic.

Literatur

(1) Hollmann, W.; Hettinger, T.: Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen, Schattauer Verlag, Stuttgart/New York (1981) – (2) Keul, J.; Zippelius, P.; Henrich, G.: Herzfrequenz und arterielle Glucose- und Lactatspiegel beim Dauer- und Intervallschwimmen, Dtsch. med. Wschr. 97 (1972) 1294 – (3) Kindermann, W.; Salas-Fraire, O.; Sroka, G.; Müller, U.: Serumenzymverhalten nach körperlicher Belastung – Abgrenzung von krankheitsbedingten Veränderungen, Herz/Kreislauf 15 (1983) 117 – (4) Kindermann, W.; Schramm, M.; Keul, J.: Aerobic performance diagnostics with different experimental settings, Int. J. Sports Medicine 1 (1980) 110 – (5) Reybrouck, T.; Heigenhauser, G. F.; Faulkner, J. A.: Limitations to maximum oxygen uptake in arm, leg, and combined arm-leg ergometry, J. Appl. Physiol. 38 (1975) 774 – (6) Roskamm, H.; Gohlke, H.; Stürzenhofecker, P.; Droste, C.; Thomas, H.; Samek, L.; Schnellbacher, K.; Betz, P.: Der Herzinfarkt im jugendlichen Alter (unter 40 Jahren): Koronarmorphologie, Risikofaktoren, Langzeitprognose der Erkrankung und Progression der Koronargefäßsklerose, Z. Kardiol. 72 (1983) 1 – (7) Schnabel, A.; Kindermann, W.; Schmitt, W. M.; Biro, G.; Stegmann, H.: Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold, Int. J. Sports Med. 3 (1982) 163 – (8) Stegmann, H.; Kindermann, W.: Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol·l⁻¹ lactate, Int. J. Sports Med. 3 (1982) 105 – (9) Stenberg, J.; Astrand, P. O.; Ekblom, B.; Royce, J.; Saltin, B.: Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine, J. Appl. Physiol. 22 (1967) 61 – (10) Vuori, I.; Mäkeläinen, M.; Jäskeläinen, A.: Sudden death and physical activity, Cardiology 63 (1978) 287 – (11) Zerkawy, R.: Telemetrie von arteriellem Druck und Herzfrequenz unter alltäglichen und sportlichen Belastungen im Vergleich zur Fahrradergometrie, in: Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken (Hrsg.: Franz, I.-W.), Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York (1981) 161

Anschrift für die Verfasser:
Professor Dr. med. W. Kindermann
Lehrstuhl und Abteilung Sport- und Leistungsmedizin
Universität des Saarlandes
6600 Saarbrücken