

C. Graf, H. G. Predel,
B. Bjarnason-Wehrens

Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin,
Deutsche Sporthochschule Köln

Körperliche Aktivität in der Primärprävention der koronaren Herzkrankheit

Summary

*Physical activity in primary prevention
of coronary heart disease*

Cardiovascular diseases are responsible for nearly half of cause of deaths in the industrial countries. The prevalence of physical inactivity, one of the cardiac risk factors, is dramatically increasing. On the other hand, the benefit of activity is well documented in several studies, but the form, intensity and frequency are controversially discussed. Obviously, the status of physical fitness plays an important role as a predictor of cardiovascular diseases. To improve fitness, training has to be relatively intensive. On the other hand moderate physical activities, incl. daily activities seem to be beneficial – especially for beginners. Physical activity can trigger cardiovascular events, but active persons are less concerned than inactive.

Key words: cardiovascular prevention; fitness; daily activities; inactivity

Zusammenfassung

Die Mortalitätsstatistiken werden in den Industrienationen durch Atherosklerosebedingte Herz-Kreislauf-Erkrankungen angeführt. Zu den Risikofaktoren zählt u.a. der zunehmende Bewegungsmangel. Über den Nutzen körperlicher Aktivität besteht weitgehender Konsens. Offen ist noch die Frage, welche Form, Dauer und Intensität optimal ist, insbesondere da Untersuchungen den Stellenwert von körperlicher Fitness unterstrichen haben. Um diese zu verbessern, muss ein trainingswirksamer Reiz bestehen. Trotzdem vermitteln bereits moderate Belastungen – besonders für den sportlichen Neueinsteiger – einen präventiven Nutzen. So profitiert dieser von moderat durchgeführten Aktivitäten, inklusive Alltagsaktivitäten. Der Sport gilt al-

lerdings auch als Trigger für kardiovaskuläre Ereignisse, jedoch scheint auch der körperlich Aktive eher geschützt als der Inaktive.

Key words: kardiovaskuläre Prävention; Fitness; Alltagsaktivitäten; Bewegungsmangel

Einleitung

Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen die Mortalitätsstatistiken der Industrienationen an. Zu den Risikofaktoren der meist atherogen bedingten Erkrankungen zählt u.a. der zunehmende Bewegungsmangel [2]. Der Bundes-Gesundheits-Survey 1998 zeigte für Deutschland, dass 43,8% der Männer und 49,5% der Frauen in ihrer Freizeit nicht sportlich aktiv sind [19]. Für inaktive vs. aktive Personen konnte ein fast doppelt so hohes Herz-Kreislauf-Morbiditätsrisiko nachgewiesen werden [3]. Umgekehrt war die Reduktion der koronaren Letalität und Morbidität durch körperliche Aktivität unabhängig von der positiven Beeinflussung anderer Risikofaktoren, Alter und Geschlecht [4]. Die zugrundeliegenden Mechanismen sind vielschichtig. Schon lange bekannt sind die positiven Auswirkungen auf den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel [15]. Neuerdings werden aber auch Auswirkungen auf die Endothelfunktion bzw. Koronararterienweite diskutiert [10, 39]. Bewegung nimmt somit in der kardiovaskulären Primärprävention einen wichtigen Stellenwert ein [2]. Allerdings finden sich selten kardiovaskuläre Ereignisse wie der plötzliche Herztod oder ein Myokardinfarkt, die durch körperliche Aktivität getriggert werden [8].

Korrespondenz:

Dr. med. Christine Graf

Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin

Deutsche Sporthochschule Köln

Carl-Diem-Weg 6

D-50933 Köln

E-Mail C.Graf@dshs-koeln.de

Auch hier scheint aber der regelmässig Aktive einen grösseren Schutz zu besitzen [20, 34].

Immer noch wird die Frage nach der «optimalen» Bewegungsform, -dauer und -intensität kontrovers diskutiert. Im folgenden soll anhand vorhandener Daten sowie aktueller Empfehlungen zusammengefasst werden, warum und was – besonders dem sportlichen Neu- bzw. Wiedereinsteiger – hinsichtlich körperlicher Aktivitäten geraten werden kann.

Einteilung von Belastungsintensitäten

Körperliche Aktivität führt zu einem Verbrauch von Kilokalorien bzw. metabolic equivalents (METs). METs entsprechen dem Quotienten aus arbeitsmetabolischer Rate zu Ruherate und stellen den Multiplikationsfaktor dar, um den der Ruhesauerstoffverbrauch von 3,5 ml O₂/(kg Körpergewicht × Minuten) unter Belastung gesteigert wird. Für einen 70 kg schweren Erwachsenen entspricht der Energieverbrauch von einem MET 1,2 kcal/min.

Danach werden Tätigkeiten in leicht = <3 METs oder <4 kcal/min bzw. weniger als 75 Watt, moderat = 3–6 METs oder 4–7 kcal/min, entsprechend 75–100 Watt und intensiv = >6 METs oder >7 kcal/min bzw. mehr als 100 Watt eingeteilt [27, 36]. Eine Einteilung verschiedener Aktivitäten aus zahlreichen alltäglichen und sportlichen Bereichen und die Verbindung mit der entsprechenden Leistung zeigt Tabelle 1.

Zur Kontrolle der Belastungsintensität eignet sich neben der subjektiven Einschätzung (received perception of exertion = RPE-Werte) der Borg-Skala die Herzfrequenz. So sollte der Puls bei leichter Intensität unter 54%, bei moderater Intensität zwischen 55–69% und bei intensiver Intensität über 70% der Maximalherzfrequenz liegen [29].

Alltagsaktivität vs. intensiver körperlicher/sportlicher Aktivität

Heutzutage liegen zahlreiche Studien vor, die den Nutzen von körperlicher Aktivität in jeg-

Tabelle 1

Einteilung von körperlicher Aktivität in leicht, moderat und intensiv (modifiziert nach [27, 31]).

Leichte körperliche Aktivität (<75 Watt)	moderate körperliche Aktivität (75–100 Watt)	intensive körperliche Aktivität (>100 Watt)
Langsames Gehen (1,5–3,5 km/Std.)	schnelleres Gehen (5–6,5 km/Std.)	bergauf Gehen oder mit Gewichten
Fahrradergometertraining (z.B. 25–50 Watt)	Fahrradergometertraining (z.B. 75–100 Watt) Radfahren (≤15 km/Std.)	Fahrradergometertraining (>100 Watt) schnelles Radfahren oder Radrennen (>15 km/Std.)
Rudern	schnelleres Rudern (3–6 km/Std.) mässiges Inline-Skaten	schnelles Rudern (≥6 km/Std.) schnelles Inline-Skaten
Langsames Schwimmen, Baden	mässiges bzw. schnelleres Schwimmen	schnelles Schwimmen oder Kraulen
Leichtes Stretching	schwereres Konditionstraining, Gymnastik Rückschlagspiele (z.B. Tischtennis)	schweres Konditionstraining, Stepergometer, Ski-Langlauf-Trainer Rückschlagspiele (z.B. Tennis Einzel)
Golf	Golf	
Bowling		
Angeln (sitzend)	Angeln (stehend)	Sportangeln (im Wasser)
Sitzende Büroarbeit, Berufskraftfahrer, Maschinist	Lastenarbeit bis 25 kg, Feuerwehr, Strassenbau, Baugewerbe	Schwerarbeit (Bergbau, Ladetätigkeit)
Leichte Hausarbeit (z.B. Staubsaugen, Kochen, Bügeln, Abwaschen)	schwerere Hausarbeit (z.B. Fenster oder Böden putzen, Autowäsche, Einkaufen zu Fuss mit Last)	Möbel tragen, sonstige Tragearbeiten
Rasenmähen (fahrbarer Rasenmäher); Jäten, Sähen	Rasenmähen (elektrischer Rasenmäher), Schnee schaufeln, Hecken schneiden	Rasenmähen per Hand, Erdarbeiten
Leichtere Handwerksarbeit (z.B. Bohren)	schwerere Handwerkerarbeit (z.B. anstreichen)	
Kinderaufsicht (sitzende oder stehende Spiele), Füttern, Spazieren mit Kinderwagen	aktives Spiel mit Kindern (gehend oder laufend), Tragen oder Heben eines Kindes, Gehen mit Kinderwagen	

licher Form und Intensität belegen [5, 15]. Sie mündeten u.a. in Empfehlungen wie z.B. die Paffenbarger-Studie, die eine Minimierung der tödlichen und nichttödlichen Herzinfarkte bei einem zusätzlichen Kilokalorienverbrauch von 2000–3000 kcal/Woche bzw. 300–400 kcal/Tag [14, 25, 32] zeigte (Abb. 1). Durchschnittlich wurde das kardiovaskuläre Risiko der Aktiven um 35–55% gegenüber den Inaktiven gesenkt [31]. Andere Untersuchungen, z.B. von Morris et al., wiesen dagegen diesen Nutzen erst bei höheren Intensitäten [21, 22] bzw. eine Dosis-Wirkungs-Beziehung [17, 26] nach. Mit höherem Aktivitätsniveau sank das Erkrankungsrisiko. Inzwischen liegen auch gut publizierte Studien vor, die diese Aspekte auch für das weibliche Geschlecht bestätigen [16, 17].

Allerdings wurden die Daten zumeist durch Befragungen gewonnen, deren Validität wiederum von einer realistischen Selbsteinschätzung und Interpretation abhängt.

Methodisch exakter ist daher die Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Die Zusammenhänge zwischen Fitness und Prävalenz der koronaren Herzkrankheit untersuchten Blair et al. [4]. Sie wiesen bei trainierten im Gegensatz zu untrainierten Personen ein geringeres Risiko nach. Analog zeigten Myers et al., dass die Fitness den höchsten prädiktiven Wert hinsichtlich der Gesamtmortalität sowohl bei Gesunden als auch bei kardiovaskulären Risikopatienten darstellt [23].

Die körperliche Fitness ist zum Teil genetisch determiniert [30]. Die Frage, ob damit auch das präventive Potential vererbt wird, untersuchte die finnische Zwillingsuntersuchung [13]. Dabei zeigte sich eine Reduktion kardiovaskulärer Ereignisse um 29% (<6×/Monat) bzw. 43% (>6×/Monat) bei regelmässiger

aktiven gegenüber inaktiven Personen. Der Schutz trat somit unabhängig von den Genen auf und hing vielmehr von der Häufigkeit und Regelmässigkeit des Sporttreibens ab.

Diese Untersuchungen lassen weiterhin den Schluss zu, dass die körperliche Aktivität *per se* den kardiovaskulären Schutz vermittelt und nicht erst die Verbesserung des Fitnessgrades. Denn um die Leistungsfähigkeit zu steigern, muss eine Belastung einen trainingswirksamen Reiz darstellen, der individuell vom Trainingszustand des einzelnen abhängig ist. Für einen sportlichen Neu- bzw. Wiedereinsteiger kann daher zunächst die moderate körperliche Aktivität ausreichend sein. In einem höheren Leistungsniveau spiegelt sich langfristig der Erfolg des Trainings wider.

Der Nutzen eines neu- oder wiederbegonnenen aktiven Lebensstils ist in jedem Lebensalter mit einer Abnahme der Gesamt- bzw. Herz-Kreislauf-Letalität verbunden [36]. Paffenbarger et al. zeigten eine 15prozentige Reduktion der Gesamtmortalität bzw. 17prozentige Reduktion der Herz-Kreislauf-Mortalität an denjenigen, die ihren Kalorienverbrauch um 2000 kcal/Woche steigerten [26]. Blair et al. fanden eine 44prozentige bzw. 52prozentige Reduktion bei Männern, die sich von «unfit» zu «fit» trainierten [4]. Eine Steigerung der Fitness um 1 MET zeigte nach Myers et al. eine 12prozentige Verbesserung der Überlebenschance [23].

Biologische Hintergründe

Die Mechanismen, über die sportliche Aktivität Einfluss auf die Entwicklung der Arteriosklerose nimmt, sind vielfältig. Neben den positiven Begleitumständen, wie Nikotinkarenz und gesunde Ernährung bei sportlichen Personen, ist besonders der Einfluss auf das vegetative Nervensystem und den Stoffwechsel von Bedeutung. So führt ein regelmässiges Training zu einer Steigerung des Vagotonus und damit verminderten Herzfrequenz sowie verringertem Sauerstoffbedarf bei gleicher Belastung. Es kommt zu einer Ökonomisierung der Herzarbeit (zusammengefasst in [8]).

Darüber hinaus führt körperliche Belastung zu einer gesteigerten Lipolyse. Die Folge regelmässigen Trainings ist eine vermehrte Aktivität entsprechender Enzyme wie der Lecithin-Cholesterol-Acyl-Transferase (LCAT) und Lipoprotein-Lipase (LPL) und damit vermittelte Erhöhung hochdichter Lipoproteine, speziell der HDL2-Unterfraktion [9]. So steigert eine Erhöhung der Laufstrecke um etwa

Abbildung 1

Wöchentlicher Kalorienverbrauch (kcal) durch körperliche Aktivität in Bezug auf kardiovaskuläre Ereignisse (Herzinfarkt) pro 100 000 Personenjahre (nach [25]).

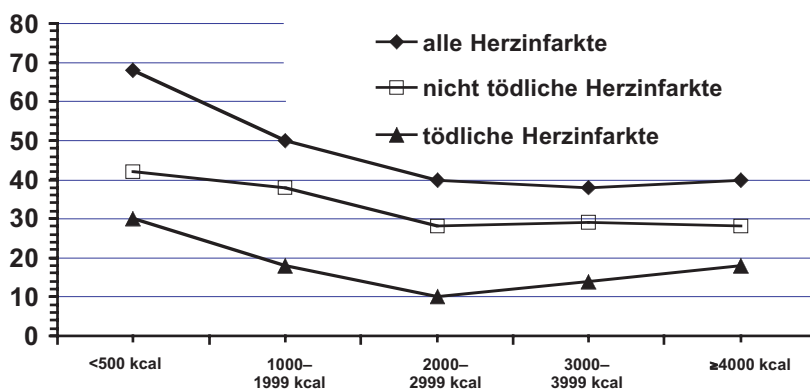


Tabelle 2

Trainingsempfehlungen nach der American Heart Association (nach [6, 28, 29]).

Moderates Ausdauertraining (ca. 50–70% der maximalen Herzfrequenz)
20–60 Min./Trainingseinheit
Möglichst viele Tage/Woche, mind. 3–5 Tage/Woche
Verbrauch von 700–2000 kcal/Woche
Krafttraining bis 8–10 verschiedene Übungen mit 10–15 Wiederholungen mit 1–3 Durchgängen an 2–3 Tagen/Woche (30–40% der Maximal- kraft für die Muskelgruppen der oberen Extremitäten; 50–60% für die der unteren Extremitäten)

16 km/Woche das HDL-Cholesterin um etwa 1,3 mg/dl [37].

Hinzu kommt eine Erniedrigung der besonders atherogenen kleinen LDL5- und LDL6-Unterfraktionen [9]. Diese Effekte scheinen besonders die Folge eines regelmäßigen Ausdauertrainings zu sein. Natürlich führt körperliche Aktivität auch zu einer Verbesserung des Kohlenhydratstoffwechsels. So kommt es zu einer Zunahme der Insulin-Rezeptoren mit gesteigerter Empfindlichkeit [33]. Hinzu kommen die günstigen Wechselwirkungen zwischen Sport und Parametern des Gerinnungssystems [15].

Hambrecht et al. zeigten in der Sekundärprävention nach nur vierwöchigem Training eine Reduktion der abnormalen acetylcholin-induzierten paradoxen Vasokonstriktion um 54% mit der Folge einer Zunahme der koronaren Blutflussreserve um 29% und somit eine Verbesserung der Endothelfunktion [7, 10]. Inwiefern solche Wirkungen bereits in der Primärprävention zum Tragen kommen, muss derzeit noch offen bleiben. Allerdings zeigten Windecker et al. an 8 gesunden Männern nach mindestens 5monatigem Ausdauertraining sowohl eine Verbesserung der koronaren Blutflussreserve wie auch eine Zunahme der Koronararteriendurchmesser [39]. Diese Aspekte müssen sicherlich in Zukunft weiter untersucht werden.

Bewegungsformen

Welche Sportart aus welchem Grund kardioprotektiv wirkt, kann anhand der derzeitigen Datenlage nicht eindeutig beantwortet werden. Gleichermassen offen ist die Frage, inwiefern der reine Kalorienverbrauch, die Veränderung der Körperkomposition oder die

Effekte spezieller Bewegungsformen den tatsächlichen Nutzen vermitteln. Bisher wird zumeist eine Überlegenheit von Ausdauertraining angenommen, da es eine Vielzahl günstiger metabolischer und kardiopulmonaler Effekte aufweist [8]. Gleichzeitig sind diese Sportarten gut dosierbar. Zum Erhalt der Muskulatur und Erleichterung im Alltag, besonders für ältere Menschen, empfiehlt sich ein individuell angepasstes Kraft-, Flexibilitäts- und Koordinationstraining (Tab. 2).

Aktivitätsdauer und Intensität

Erwachsene sollten lebenslang mindestens 30 Minuten moderates körperliches Training an möglichst vielen Tagen in der Woche durchführen, Kinder 60 Minuten [12, 24]. Moderate Alltagsaktivitäten (beruflich und nicht-beruflich) sollten einzeln mindestens 10 Minuten andauern und insgesamt wiederum mindestens 30 Minuten pro Tag ergeben. Die Intensität sollte im leichten bis mittleren Bereich liegen.

Der positive Effekt von körperlichem Training stellt sich bereits nach wenigen Wochen ein. Diese Wirkung ist allerdings individuell unterschiedlich und zum Teil genetisch determiniert, wie z.B. die Sauerstoffaufnahme [11].

Mögliche kardiovaskuläre Risiken

Entgegen den Schlagzeilen der Presse sind kardiovaskuläre Risiken im Sport, z.B. Herzinfarkt oder der plötzliche Herztod eher ein seltenes Ereignis. So findet sich der plötzliche Herztod in 2–3/100 000 Athleten bzw. 1/15 000 Joggern (zusammengefasst in [18]). Die Daten zeigen ausserdem, dass der Aktive eher geschützt ist als der Inaktive, der Sport aber grundsätzlich als Trigger gilt. Untersuchungen von Siscovick et al. wiesen eine Übersterblichkeit um den Faktor 2,5 während des Sportes nach, wohingegen das Risiko insgesamt aber um 40% gegenüber inaktiven Personen gesenkt war [34].

Das Spektrum der Todesursachen ist im wesentlichen altersabhängig. Während es bei der Gruppe der über 35jährigen in 80% und mehr auf eine zuvor nicht bekannte koronare Herzkrankheit zurückgeführt werden kann, zeigt sich bei den jüngeren hauptsächlich die hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie, aber auch eine Myokarditis (Abb. 2), [35]. In seltenen Fällen wird selbst bei der Obduktion

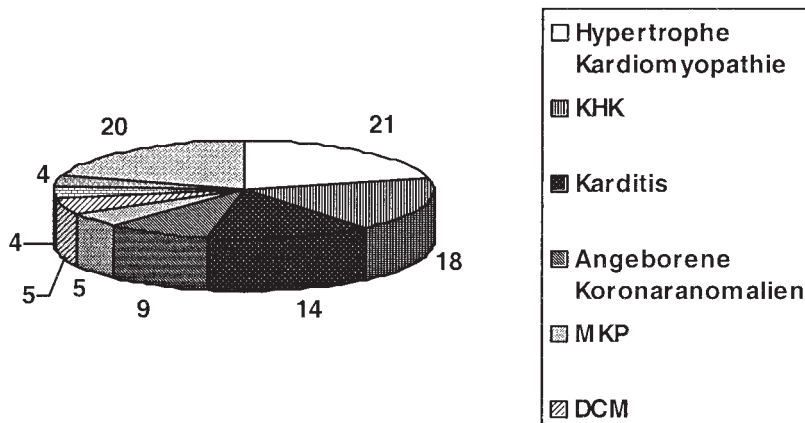


Abbildung 2
Ursachen für den plötzlichen Herztod beim Sport bei unter 40jährigen (nach [35]).

keine Todesursache gefunden. Soweit eine primär kardiale Todesursache zugrunde liegt, ist in den meisten Fällen unabhängig von der Art der Erkrankung als Auslösemechanismus des Herztodes eine akute tachykarde Rhythmusstörung (Kammerflimmern) oder Veränderungen i.S. eines Brugada- oder Long-QT-Syndroms anzunehmen.

Körperliche Aktivität gilt aber auch als Auslöser für einen akuten Myokardinfarkt [38]. Mittleman et al. befragten 1228 Infarkt-patienten nach ihrer körperlichen Aktivität bis zu 26 Stunden vor dem Ereignis und zeigten auch hier, dass häufig intensive Aktivität dem Infarkt v.a. bei denjenigen voranging, die sonst inaktiv sind [20]. Inwiefern diesen beiden Ereignissen gleiche Mechanismen zugrunde liegen, kann nach derzeit nur spekuliert werden.

Um so bedeutsamer ist aber neben der Rolle der lebenslangen und moderaten körperlichen Aktivität die Bedeutung entsprechender Vorsorgeuntersuchungen wie u.a. von der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention empfohlen (Website: www.dgsp.de).

Umsetzung in die Praxis

Dem bisher Inaktiven kann geraten werden, seine Alltagsaktivitäten sukzessive auf täglich 30 Minuten zu erhöhen bzw. mit einem moderaten Training zu beginnen. Dies kann z.B. in Form von Treppensteigen, Gehen zum Büro oder Betriebssport durchgeführt werden. Grundsätzlich sollten aber neben individuellen Neigungen auch mögliche Begleiterkrankungen berücksichtigt werden. Diejenigen, die

bereits unregelmäßig Sport getrieben haben, sollten dies auf regelmässiger und intensiverer Basis fortsetzen [6, 27, 28]. Die optimale Herzfrequenz für moderate [40–60%) und intensive (bis 85%) körperliche Aktivität kann orientierend nach folgender Formel bestimmt werden:

Trainingsherzfrequenz (für moderates Training) = ([Maximalherzfrequenz minus Ruheherzfrequenz] × [40 bis 60%]) plus Ruheherzfrequenz [6].

Bei der Nutzung der Borg-Skala empfiehlt sich als moderate körperliche Aktivität ein RPE-Wert zwischen 10–12 [1]. Zu spezifischen Fragestellungen sollte allerdings eine individuelle Leistungsdiagnostik durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Moderate körperliche Aktivität unterstützt unabhängig von der positiven Beeinflussung anderer kardiovaskulärer Risikofaktoren die Primärprävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Eine Erhöhung sog. Alltagsaktivitäten helfen einem Neu- bzw. Wiedereinstieg. Langfristig sollte das Ziel einer verbesserten Fitness verfolgt werden, indem zunehmend regelmässig leichte bis moderate und schliesslich intensivere Belastungen durchgeführt werden. Eine Kontrolle der Intensität kann u.a. durch die Herzfrequenz erfolgen. Aufgrund der positiven metabolischen und kardiovaskulären Effekte sind Ausdauersportarten wie z.B. Jogging, Walking, Radfahren usw. besonders geeignet. Da körperliche Aktivität als Trigger für kardiovaskuläre Ereignisse gilt, sollten – besonders bei Neu- und Wiedereinsteigern – entsprechende Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden. Bei allen sportlich aktiven Personen sollte das Training stets auf evtl. bereits vorhandene Erkrankungen individuell abgestimmt und durch regelmässige ärztliche Kontrollen begleitet werden.

Literatur

- 1 Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, Verity LS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc 2000;32:1345–60
- 2 American Heart Association 1998; statistical Supplement (online) Website: <http://www.amhrt.org/scientific/Hs-stats98/08rsk/ct.html>.
- 3 Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. Am J Epidemiol 1990;132:612–28.

- 4 Blair SN, Connelly J. How much physical activity should we do? The case of moderate amounts and intensities of physical activity. *Res Q Exerc Sport* 1996;67:193–205.
- 5 Blair S, Cheng Y, Holder JS. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:379–99.
- 6 Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001;104:1694–740.
- 7 Gielen S, Schuler G, Hambrecht R. Exercise training in coronary artery disease and vasomotion. *Circulation* 2001;103:1.
- 8 Graf C, Rost R. Herz und Sport. 3. Auflage. Stuttgart: Spitta Verlag; 2001.
- 9 Halle M, Berg A, Garwers U, Baumstark MW, Knisel W, Grathwohl D, et al. Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on low-density lipoprotein subfractions in obese men with type 2 diabetes. *Metabolism* 1999;48:641–4.
- 10 Hambrecht R, Wolf A, Gielen S, et al. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med* 2000;342:454.
- 11 Hollmann W, Hettinger T. Sportmedizin. Stuttgart: Schattauer; 2000.
- 12 Kavey RE, Daniels SR, Lauer RM, Atkins DL, Haymann, Taubert K. American Heart Association Guidelines for primary prevention of atherosclerotic cardiovascular diseases beginning in childhood. *Circulation* 2003;107:1562–6.
- 13 Kujala UM, Kaprio J, Sarna S, Koskenvuo M. Relationship of leisure-time physical activity and mortality: the Finnish twin cohort. *JAMA* 1998;279:440–4.
- 14 Leon AS, Connett J, MRFIT Research Group. Physical activity and 10.5 year mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT). *Int J Epidemiol* 1991;20:690–7.
- 15 Löllgen H. Primärprävention kardiovaskulärer Erkrankungen. *Dtsch Ärzteblatt* 2003;15:A987–96.
- 16 Manson JE, Hu FB, Rich-Edwards JW, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, et al. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary. *N Engl J Med* 1999;26;341:650–8.
- 17 Manson JE, Greenland P, LaCroix A, et al. Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 2002;347:716–25.
- 18 Maron BJ, Araujo CGS, Thompson PD, Fletcher GF, Bayes de Luna A, Fleg JL, et al. Recommendations for Screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes. *Circulation* 2001;103:327–46.
- 19 Mensink GBM. Körperliche Aktivität. *Gesundheitswesen* 1999;61:126–31.
- 20 Mittlemann MA, Maclure M, Tofler GH, Sherwood JB, Goldberg RJ, Muller JE. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion – protection against triggering by regular exertion. *N Engl J Med* 1993;329:1677–83.
- 21 Morris JN, Everitt MG, Pollard R, Chave SPW, Semmence AM. Vigorous exercise in leisure time. Protection against coronary heart disease. *Lancet* 1980;2:1207–10.
- 22 Morris JN, Heady JA, Raffle PAB, Roberts CG, Parks JW. Coronary heart disease and physical activity of work. *Lancet* 1953;2:1053–7.
- 23 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.
- 24 NIH Consensus Conference. Physical activity and cardiovascular health. *JAMA* 1996;15:47–64.
- 25 Paffenbarger RS, Wing AL, Hyde RT. Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol* 1978;108:161–75.
- 26 Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, LEE IM, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993;328:538–45.
- 27 Pate R, 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.
- 28 Pearson TA, Blair SN, Daniels SR, et al. AHA Guidelines for Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Stroke. 2002 update: consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other atherosclerotic vascular diseases. American Heart Association Science Advisory and Coordinating Committee. *Circulation* 2002;106:388–91.
- 29 Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:975–91.
- 30 Rankinen T, Perusse L, Rauramaa R, et al. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2001 update. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1219–33.
- 31 Samitz G. Körperliche Aktivität zur Senkung der kardiovaskulären Mortalität und Gesamtmortalität. Eine Public Health Perspektive. *Wien Klin Wochenschr* 1998;110:589–96.
- 32 Shaper AG, Wannamethee G. Physical activity and ischaemic heart disease in middle-aged British men. *Br Heart J* 1991;66:384–94.
- 33 Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999;99:963–72.
- 34 Siscovick DS, Weiss NS, Fletcher RH, Lasky T. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *N Engl J Med* 1984;311:874–7.
- 35 Urhausen A, Kindermann W. Der plötzliche Herztod im Sport. *Therapeutische Umschau* 1998;55:229–34.
- 36 Wannamethee SG, Shaper AG. Physical activity in the prevention and cardiovascular disease. *Sports Med* 2001;31: 101–14.
- 37 Williams PT. Relationship of distance run per week to coronary heart disease risk factors in 8283 male runners. The National Runners' Health Study. *Arch Intern Med* 1997;157: 191–8.
- 38 Willich SN, Lewis M, Lövel H, Arntz HR, Schubert F, Schröder R. Physical exertion as a trigger of acute infarction. *N Engl J Med* 1993;329:1684–9.
- 39 Windecker S, Allemann Y, Billinger M, Pohl T, Hutter D, Orsucci T, et al. Effect of endurance training on coronary artery size and function in healthy men: an invasive follow up study. *Am J Physiol* 2002;282:H2216–23.