

Kardiovaskulärer Nutzen von körperlichem Training bei Diabetes mellitus Typ 2

Was ist wichtiger: Dauer oder Intensität?

Diabetes mellitus Typ 2 ist eine der häufigsten Erkrankungen in industrialisierten Ländern und zählt zu den Hauptrisikofaktoren für die Entstehung einer Mikro- und Makroangiopathie [7]. Bis zu 80% der Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 sterben an Gefäßkomplikationen, wovon 75% der Todesfälle durch Komplikationen der koronaren Herzerkrankung (KHK) bedingt sind [27, 28].

Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 haben einen höheren Anteil an diffusen Mehrgefäßerkrankungen und entwickeln häufiger eine Herzinsuffizienz. Sie haben nach einem Myokardinfarkt eine schlechtere Prognose und eine höhere Letalität [5].

➤ Viele Todesfälle bei Patienten mit Typ-2-Diabetes sind durch KHK bedingt

Seit Jahrzehnten ist eine dramatische Zunahme an Zivilisationskrankheiten zu beobachten. Darunter nimmt vor allem die

Prävalenz des Diabetes mellitus Typ 2 epidemieartig zu. Trotz modernster medikamentöser Therapie zeigt sich noch immer keine Trendwende. Dies verwundert auch nicht, wenn man bedenkt, dass die Ursachen in einem Überangebot an Nahrung und stets steigender körperlicher Inaktivität zu finden sind. Großen Teilen der Bevölkerung ist es erfolgreich gelungen, jegliche Form der körperlichen Aktivität aus ihrem Alltag zu verbannen, gerade so, als würde es sich hier um etwas Schädliches handeln. Tatsächlich legt der deutsche Bundesbürger gerade einmal 600 m pro Tag zu Fuß zurück. Dass es überhaupt möglich ist, ein solch geringes Ausmaß an Bewegung zu tolerieren, ist bemerkenswert und weist auf ein kollektives Versagen der Gesellschaft hin. Denn es ist offensichtlich weder in den Familien, den Sportvereinen noch den Schulen gelungen, der Mehrzahl der Bevölkerung die Freude an ausreichender Bewegung zu vermitteln. Im Ergebnis sehen wir eine immer größer werdende Zahl an zivilisationsgeschädigten Patienten, die seit ihrer Schulzeit keinen ernstzunehmenden Sport mehr getrieben haben und dies mit dem mittlerweile erworbenen Körpergewicht auch gar nicht mehr könnten. Bei diesen Patienten dann im höheren Alter gegensteuern zu wollen, kommt leider meist zu spät – eben dann, wenn die mikro- und makrovaskulären Schäden bereits entstanden sind. Im Nachhinein ist es nahezu unmöglich, jahrzehntelang antrainierter Inaktivität entgegenzuwirken.

Da Aufrufe zu mehr körperlicher Bewegung im Sinne einer Primärprävention bisher bundesweit gescheitert sind, kommt es mit einigen Jahren Zeitverzögerung zum neuerlichen Aufruf im Rahmen der Sekundärprävention. Da nun die primäre Chance verpasst wurde, kann es sich weder der Patient noch die Gesellschaft leisten, nun auch noch die sekundäre Chance nicht zu nutzen. Es müssen daher Strategien entwickelt werden, die es möglich machen, das kindliche Verlangen nach Bewegung wieder zu aktivieren. Sport muss Spaß machen, effektiv sein, aber auch in einen zeitlichen Rahmen passen, den die Mehrzahl der Patienten bereit ist ihm einzuräumen. So werden immer neue Konzepte erstellt und in der Praxis wie auch in Studien erprobt. Dabei stellt sich immer häufiger die Frage: Was ist wichtiger, die Dauer oder die Intensität?

Dauer

Ausdauertraining führt bei KHK-Patienten zu einer Verbesserung der beschwerdefreien körperlichen Leistungsfähigkeit, einer Verbesserung des kardiovaskulären Risikoprofils sowie zu einer Verminderung der kardiovaskulären Komplikationsrate. Ein intensives Ausdauertraining bei Patienten mit belastungsinduzierter Myokardischämie führt zu einer Verringerung der ST-Streckensenkung, Verbesserung der myokardialen Perfusion und Verlangsamung der Progression der KHK [17, 18].

Abkürzungen	
1-WM	Wiederholungsmaximum
ACSM	„American College of Sports Medicine“
ADA	„American Diabetes Association“
AHA	„American Heart Association“
ESC	Europäische Gesellschaft für Kardiologie
KHK	Koronare Herzkrankheit
RPE	„Ratings of perceived exertion“, Maß für die subjektiv empfundene Anstrengung nach Borg

Tab. 1 Übersicht über Trainingsempfehlungen ausgewählter Fachgesellschaften

	Trainingsart	Intensität	Trainingsmodalität	Dauer
ADA	Aerobes Ausdauertraining	Moderat	40–60% VO _{2max} 50–70% HR _{max}	150 min/Woche
		Hoch	>60% VO _{2max} >70% HR _{max}	90 min/Woche 3 Tage/Woche
	Krafttraining		8–10 WH, 1–3 Sätze	3 Tage/Woche
AHA	Aerobes Ausdauertraining	Moderat	<70% VO _{2max}	150 min/Woche
		Hoch	>70% VO _{2max}	90 min/Woche
	Krafttraining	Moderat	8–10 WH, 3 Sätze	3 Tage/Woche
ACSM	Aerobes Ausdauertraining	Niedrig bis moderat	40–60% VO _{2max} RPE 11–13	40–60 min 3–5 Tage/Woche
	Krafttraining - Zirkeltraining - Intervalltraining - freie Gewichte	Niedrig bis moderat	8–10 WH (max. 20), 1–3 Sätze	2–3 Tage/Woche
	Stretching und Mobilisierung		10–30 s/Übung	2–3 Tage/Woche
ESC	Aerobes Ausdauertraining	Moderat		150 min/Woche
		Hoch		90 min/Woche
	Krafttraining	Hypertrophie oder Ausdauer	70–80% des 1-WH-Maximums 8–12 WH, 2 Sätze 40–55% des 1-WH-Maximums 25–30 WH, 2 Sätze	3 Tage/Woche

VO_{2max} maximale Sauerstoffaufnahme, WH Wiederholungen, HR_{max} maximale Herzfrequenz, RPE „ratings of perceived exertion“ (Borg-Skala), ADA „American Diabetes Association“, AHA „American Heart Association“, ACSM „American College of Sports Medicine“, ESC Europäische Gesellschaft für Kardiologie.

Sowohl bei der Atherogenese als auch bei den trainingsinduzierten vaskulären Effekten kommt dem Endothel eine besondere Bedeutung zu [20]. Wird das Endothel durch Hypercholesterinämie, Hyperglykämie oder Nikotin beschädigt, so führt die Gabe von Vasodilanzien zu einer paradoxen Vasokonstriktion [22]. Wenngleich der Beweis für einen kausalen Zusammenhang zwischen endothelialer Dysfunktion und Arteriosklerose noch nicht erbracht ist, so ist die endotheliale Dysfunktion dennoch mit einer erhöhten kardiovaskulären Mortalität assoziiert [10], kann jedoch durch intensives körperliches Training wieder verbessert werden [11, 19]. Eigene Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der endothelialen Dysfunktion, bereits nach 6-monatigem Training [25].

Die endotheliale Dysfunktion kann durch intensives körperliches Training verbessert werden

Tanasescu et al. [26] konnten einen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko einer KHK bzw.

kardialen Letalität an Diabetespatienten nachweisen [23]. Durch regelmäßiges körperliches Training konnte das Risiko einer KHK um 33% und die Todesrate um 40% deutlich reduziert werden.

Intensität

Aufgrund aufwändiger Trainingsumfänge und einem oft als monoton empfundenen Training gelingt es nur, eine Minderheit an Patienten für Ausdauerprogramme zu motivieren. Möglichst effektive Trainingsprogramme, mit einem geringeren Trainingsumfang, aber ähnlichen oder gar besseren Ergebnissen fehlen bisher. Durch kürzere und dafür intensivere Trainingseinheiten könnte dies gelingen. Was sagt die Evidenz?

Metaanalysen bestätigen, dass sogar eine Intensität von <70% der VO_{2max} zu einer Verbesserung der Risikofaktoren führen, wenn auch in geringerem Maße. So werden die größten Veränderungen des HbA_{1c}-Wertes und der Leistungsfähigkeit allerdings durch Intensitäten von >75% VO_{2max} erzielt [16]. Patienten sollten daher mit einer möglichst hohen Intensität trainieren, wie es bereits in der

kardiologischen Rehabilitation durchgeführt wird, wobei das Training im ischämiefreien Bereich stattzufinden hat [15]. Eine Verbesserung des Lipidprofils wurde ebenfalls mehrfach nachgewiesen [21], hierbei waren die Ergebnisse durch Ausdauertraining besser als durch kurzes, intensives Training [13].

Batty et al. [8] untersuchten bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 oder gestörter Glukosetoleranz den Einfluss von Laufgeschwindigkeit und Freizeitaktivität auf die Entstehung der KHK und Gesamtmortalität. Bei einer Verlaufskontrolle nach 25 Jahren zeigte sich bei allen Patienten ein umgekehrtes Verhältnis zwischen Laufgeschwindigkeit, dem Grad der Freizeitaktivität und allen Endpunkten. Es fand sich eine stärkere Korrelation bei Diabetespatienten als bei normoglykämischen Patienten.

Patienten sollten mit einer möglichst hohen Intensität trainieren

Trotz der eindeutigen Empfehlungen der Fachgesellschaften [4, 14, 15, 24] wird körperliches Training weiterhin zu wenig in der Primär- und Sekundärprävention von Diabetes angeboten. So bleibt der größte Teil der Patienten körperlich inaktiv, obwohl durch körperliche Aktivität die Vermeidung chronischer Folgekrankheiten, insbesondere der KHK bewiesen werden konnte [12, 29].

So sehr es wünschenswert wäre, monotonere und zeitraubendere Programme durch z. B. Intervalltraining zu ersetzen, muss bedacht werden, dass die überwältigende Evidenz, die eine Verbesserung der Morbidität und Mortalität durch Training belegt, mittels „monotonem“, nicht aber intervallartigem Ausdauertraining erbracht wurde. Solche Studien, weder epidemiologischer noch prospektiv randomisierter Natur, gibt es bisher nicht. Daher sollte man dem motivierbaren Patienten unbedingt Ausdauertraining anraten, dies aber durch ein Setzen von gezielten Reizen, auch in Form des Intervalltrainings, welches ja eine Unterform des Ausdauertrainings darstellt, ergänzen. Für schwer motivierbare Patienten gilt, dass jeder Schritt ein guter Schritt ist. Diese sollten nicht durch zu hohe Trai-

ningsumfänge entmutigt, sondern gar darin bestärkt werden, wenigstens das geringe Training durchzuführen, welches sie zu absolvieren bereit sind. Da dies auch die Basis für ein später umfassenderes Training werden kann, sollten diese Patienten darin unbedingt bestärkt werden.

Krafttraining: Ausdauer versus Intensität

Viel zu wenig Aufmerksamkeit hat bisher das Krafttraining erhalten. Dabei ist eine adäquate Muskulatur gerade für Diabetespatienten entscheidend. So sollte das Ausdauertraining durch gezieltes Krafttraining der großen Muskelgruppen ergänzt werden, da sich Muskelhypertrophie u. a. positiv auf die Glukose und den HbA_{1c}-Wert auswirkt [6, 25].

Ob Kraftausdauer- oder aber Maximalkrafttraining (Hypertrophietraining) zu favorisieren ist, bleibt derzeit unklar. Eigene Ergebnisse zeigen, dass es durch beide Trainingsformen zu einer Zunahme der Muskelmasse und Kraft sowie zu einer Abnahme an Fettgewebe kommt, wobei sich für das Hypertrophietraining, also die intensivere der beiden Methode, Vorteile abzeichnen [1].

Empfehlungen internationaler Fachorganisationen

Einen Überblick über die Trainingsempfehlungen verschiedener Fachgesellschaften gibt **Tab. 1**.

American Diabetes Association

Die „American Diabetes Association“ (ADA; **Tab. 2**) empfiehlt aerobes Training in Form von (Nordic-) Walking, Ergometertraining oder Schwimmen mit einer Trainingshäufigkeit von 3–7 Tage pro Woche [14]. Die Trainingsintensität beträgt im Idealfall 50–70% der maximalen Herzfrequenz bzw. 40–60% der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max} [3]). Unter der Berücksichtigung diabetesspezifischer Kontraindikationen ist auch ein intensiveres Training möglich [24].

Zusätzlich zum Ausdauertraining wird ein Krafttraining empfohlen. Hierbei sollen ebenfalls an 3 nicht aufeinander folgenden Tagen pro Woche, 8–10 verschie-

Hier steht eine Anzeige.



J. Niebauer · E. Steidle

Kardiovaskulärer Nutzen von körperlichem Training bei Diabetes mellitus Typ 2. Was ist wichtiger: Dauer oder Intensität?

Zusammenfassung

Diabetes mellitus zählt zu den Hauptrisikofaktoren für die Entstehung der koronaren Herzkrankheit, welche bei Diabetespatienten akzeleriert verläuft und mit einer schlechten Prognose assoziiert ist. Durch eine multifaktorielle Intervention, die neben Diät, Blutzucker-, Blutdruckeinstellung und Raucherentwöhnung auch regelmäßiges körperliches Training beinhaltet, kommt es zu einer Verbesserung der modifizierbaren Risikofaktoren und einer Steigerung der beschwerde- und ischämiefreien Belastbarkeit, sodass die multifaktorielle Intervention eine vielversprechende Therapiestrategie darstellt.

Seit vielen Jahren werden Ausdauertraining und gegenwärtig auch vermehrt Krafttraining als Eckpfeiler in der Therapie von

Typ-2-Diabetes eingesetzt. Beide Trainingsmethoden führen zu positiven Veränderungen der kardiovaskulären Risikofaktoren durch eine Reduzierung des Körpergewichts, Körperfettanteils und der Blutdruckwerte sowie zur Verbesserung des Glukose- und Fettstoffwechsels, der körperlichen Leistungsfähigkeit und des Muskelaufbaus.

Körperliches Training stellt eine effektive und kostengünstige Therapieoption dar, die in Ergänzung zu anderen Therapieformen stattfinden muss. Ohne Training ist die Therapie des Diabetes mellitus Typ 2 nicht leitlinienkonform.

Schlüsselwörter

Typ-2-Diabetes-mellitus · Ausdauertraining · Krafttraining · Intensität · Dauer

Cardiovascular benefits of physical exercise training in type 2 diabetes mellitus. What is more important: duration or intensity?

Abstract

Diabetes mellitus is a major risk factor for coronary artery disease and is associated with accelerated disease progression and adverse prognosis. Multifactorial intervention, including a low-fat diet, glucose and arterial blood pressure control, smoking cessation and regular physical exercise, emerges as a promising strategy since it leads to an improvement of the modifiable risk factors, exercise tolerance and quality of life.

In recent decades, aerobic endurance training and increasingly strength training have become cornerstones of diabetes treatment. Both training methods have beneficial

effects on various cardiovascular risk factors including body weight, body fat percentage, and arterial hypertension, as well improved physical fitness and muscle build-up.

Physical training represents an effective and economic therapeutic option, which must be used as a complement to other therapies. Without physical training, the treatment of type 2 diabetes does not conform with current guidelines.

Keywords

Type 2 diabetes mellitus · Endurance training · Strength training · Intensity · Duration

dene Übungen, 1–3 Sätze mit 8–10 Wiederholungen mit moderaten Gewichten durchgeführt werden.

American Heart Association

Die „American Heart Association“ (AHA) empfiehlt 3-mal/Woche ein aerobes Training mit einem Trainingsumfang von mindestens 150 min/Woche und einer moderaten Intensität ($<70\%$ der VO_{2max}). Bei erhöhter Intensität reichen bereits 90 min/Woche für sichtbare Ergebnisse. Bei einem derart umfangreichen und intensiven Training kann von einer Reduzierung der Morbidität und Mortalität ausgegangen werden. Sollte ein derartiges Training zu Beginn nicht möglich sein, so belegen Studien, dass bereits 3-mal täglich 10 min positive Wirkung auf die Blutzuckerregulierung haben [15]. Die minimale Dosis von 10 min sollte jedoch nicht unterschritten werden.

— Darüber hinaus wird den Patienten dringend empfohlen, eine aktivere Lebensweise zu adaptieren und Bewegung in den Alltag zu integrieren.

Beim Krafttraining werden 3 Sätze, mit 8–10 Wiederholungen, mit einem 1-Wiederholungsmaximum (1-WM) von 75–85% empfohlen [15].

American College of Sports Medicine

Das „American College of Sports Medicine“ (ACSM) rät, ebenso wie die ADA, zu körperlicher Aktivität mit einem Umfang von 1000 kcal pro Woche. Die Trainingsintensität sollte im moderaten Bereich liegen, begründet durch die meist schlechtere körperliche Fitness des Diabetespatienten im Vergleich zum Gesunden. Es sollte sich um ein progressives Training handeln und stets individuell adaptiert werden [4].

Bezüglich des Krafttrainings empfiehlt das ACSM 8–10 Übungen mit 1–3 Sätzen von jeweils 8–10 Wiederholungen. Das Training soll an mindestens 2 nicht aufeinanderfolgenden Tagen pro Woche durchgeführt werden.

Europäische Gesellschaft für Kardiologie

Die Empfehlungen der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) unterscheiden sich beim Ausdauertraining nur geringfügig von denen der amerikanischen Fachgesellschaften. In der neuen Ausgabe der Leitlinie wurden auch detaillierte Empfehlungen für das Krafttraining gegeben, welche mit denen der Österreichischen Diabetes Gesellschaft größtenteils übereinstimmen (■ Tab. 3, [9]).

Fazit für die Praxis

- Körperliches Training ist ein effektives und kostengünstiges Therapeutikum, das sich in der Primär- und Sekundärprävention des Diabetes mellitus bewährt hat.
- Ohne körperliches Training ist die Therapie des Diabetes mellitus nicht leitlinienkonform!

Tab. 2 Einteilung in Intensitätsstufen nach American Diabetes Association [24]

Intensität	VO _{2max}	% der maximalen Herzfrequenz
Niedrige Intensität	20–39%	35–54
Moderate Intensität	40–59%	55–69
Hohe Intensität	60–84%	70–89

Tab. 3 Leitlinie der Österreichischen Diabetes Gesellschaft [2]

Kraftausdauertraining	Hypertrophietraining
2- bis 3-mal/Woche	2- bis 3-mal/Woche
30–40% des 1-WM	70–75% des 1-WM
30–40 Wiederholungen	10–12 Wiederholungen
3 Sätze	3 Sätze

1-WM 1-Wiederholungsmaximum.

- Derzeit haben zu wenige Patienten Zugang zu einem adäquaten Trainingsangebot aufgrund mangelnder Infrastruktur.
- Damit das Training aber überhaupt stattfinden kann, muss es gelingen, effektive Programme zu entwickeln, die in möglichst kurzer Zeit zu möglichst großen Erfolgen führen, denn nur im Alltag umsetzbare Programme werden von den Patienten angenommen. Wenn es innerhalb kurzer Zeit zu spürbaren Verbesserungen kommt, so ist dies ein Garant für eine bessere Compliance.
- Ausdauertraining bildet weiterhin die Basis für das Training der Patienten, wobei Intervalle von höherer In-

Hier steht eine Anzeige.

tensität vor allem in überwachten Programmen zusätzlich eingesetzt werden sollten.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. J. Niebauer



Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg, Institut für Sportmedizin des Landes Salzburg, Sportmedizin des Olympia-zentrums Salzburg-Rif Lindhofstr. 20, 5020 Salzburg Österreich
j.niebauer@salk.at

E. Steidle



Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg, Institut für Sportmedizin des Landes Salzburg, Sportmedizin des Olympia-zentrums Salzburg-Rif Lindhofstr. 20, 5020 Salzburg Österreich
e.steidle@salk.at

Interessenkonflikt. Die korrespondierenden Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Egger A, Niederseer D, Steidle E et al (o J) Combined resistance and endurance training in patients with type 2 diabetes: a pilot-study to assess the effects of 2 different resistance protocols on glycemic control, muscle mass and muscle strength: 2 resistance protocols in type 2 diabetics. (Eingereicht zur Publikation)
- Weitgasser R, Brath H, Niebauer J (2009) Diabetes mellitus – Leitlinien für die Praxis. Lebensstil: Diagnostik und Therapie. Wien Klin Wochenschr 121:10–12
- Ehrman JK, Gordon PM, Visich PS, Keteyian SJ (2003) Clinical exercise physiology. 2nd edn. Human Kinetics, Champaign/IL, USA
- Albright A, Franz M, Hornsby G et al (2000) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc 32:1345–1360
- Aronson D, Rayfield EJ, Chesebro JH (1997) Mechanisms determining course and outcome of diabetic patients who have had acute myocardial infarction. Ann Intern Med 126:296–306
- Balducci S, Zanuso S, Massarini M et al (2008) The Italian Diabetes and Exercise Study (IDES): design and methods for a prospective Italian multicentre trial of intensive lifestyle intervention in people with type 2 diabetes and the metabolic syndrome. Nutr Metab Cardiovasc Dis 18:585–595
- Barrett-Connor EL, Cohn BA, Wingard DL et al (1991) Why is diabetes mellitus a stronger risk factor for fatal ischemic heart disease in women than in men? The Rancho Bernardo study. JAMA 265:627–631
- Batty GD, Shipley MJ, Marmot M et al (2002) Physical activity and cause-specific mortality in men with Type 2 diabetes/impaired glucose tolerance: evidence from the Whitehall study. Diabet Med 19:580–588
- Corra U, Piepoli MF, Carre F et al (2010) Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur Heart J 31:1967–1974
- Feener EP, King GL (2001) Endothelial dysfunction in diabetes mellitus: role in cardiovascular disease. Heart Fail Monit 1:74–82
- Hambrecht R, Adams V, Erbs S et al (2003) Regular physical activity improves endothelial function in patients with coronary artery disease by increasing phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase. Circulation 107:3152–3158
- Hu FB, Stampfer MJ, Solomon C et al (2001) Physical activity and risk for cardiovascular events in diabetic women. Ann Intern Med 134:96–105
- Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD et al (2002) Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. N Engl J Med 347:1483–1492
- Lund SS, Vaag AA (2009) Intensive glycemic control and the prevention of cardiovascular events: implications of the accord, advance, and VA diabetes trials: a position statement of the American Diabetes Association and a scientific statement of the American College of Cardiology Foundation and the American Heart Association: response to Skyler et al. Diabetes Care 32:e90–e91; author reply e92–e93
- Marwick TH, Hordern MD, Miller T et al (2009) Exercise training for type 2 diabetes mellitus: impact on cardiovascular risk: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation 119:3244–3262
- Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E et al (1997) Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. Diabetes Care 20:385–391
- Niebauer J, Hambrecht R, Hauer K et al (1994) Identification of patients at risk during swimming by Holter monitoring. Am J Cardiol 74:651–656
- Niebauer J, Hambrecht R, Velich T et al (1997) Attenuated progression of coronary artery disease after 6 years of multifactorial risk intervention: role of physical exercise. Circulation 96:2534–2541
- Niebauer J, Maxwell AJ, Lin PS et al (2003) NOS inhibition accelerates atherogenesis: reversal by exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol 285:H535–H540
- Peschel T, Sixt S, Beitz F et al (2007) High, but not moderate frequency and duration of exercise training induces downregulation of the expression of inflammatory and atherogenic adhesion molecules. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 14:476–482
- Pi-Sunyer X, Blackburn G, Brancati FL et al (2007) Reduction in weight and cardiovascular disease risk factors in individuals with type 2 diabetes: one-year results of the look AHEAD trial. Diabetes Care 30:1374–1383
- Schachinger V, Britten MB, Zeiher AM (2000) Prognostic impact of coronary vasodilator dysfunction on adverse long-term outcome of coronary heart disease. Circulation 101:1899–1906
- Schuler G, Hambrecht R, Schlierf G et al (1992) Regular physical exercise and low-fat diet. Effects on progression of coronary artery disease. Circulation 86:1–11
- Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH et al (2006) Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. Diabetes Care 29:1433–1438
- Sixt S, Beer S, Bluher M et al (2010) Long- but not short-term multifactorial intervention with focus on exercise training improves coronary endothelial dysfunction in diabetes mellitus type 2 and coronary artery disease. Eur Heart J 31:112–119
- Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB et al (2003) Physical activity in relation to cardiovascular disease and total mortality among men with type 2 diabetes. Circulation 107:2435–2439
- Turner R, Cull C, Holman R (1996) United Kingdom Prospective Diabetes Study 17: a 9-year update of a randomized, controlled trial on the effect of improved metabolic control on complications in non-insulin-dependent diabetes mellitus. Ann Intern Med 124:136–145
- Webster MW, Scott RS (1997) What cardiologists need to know about diabetes. Lancet 350 (Suppl 1):S123–S128
- Wei M, Gibbons LW, Kampert JB et al (2000) Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. Ann Intern Med 132:605–611