



M. Wonisch · P. Hofmann · H. Förster
H. Hörtnagl · E. Ledl-Kurkowski
R. Pokan *Hrsg.*

Kompendium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin
und Pädiatrie

2. Auflage

 Springer

Kompendium der Sportmedizin

Manfred Wonisch
Peter Hofmann
Holger Förster
Helmut Hörtnagl
Eveline Ledl-Kurkowski
Rochus Pokan
Hrsg.

Kompendium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie

2. Auflage

Mit 184 Abbildungen

Mit einem Geleitwort von Günther Schwabinger,
Gründungsmitglied der ATKL

 Springer

Herausgeber

Doz. Mag. DDr. Manfred Wonisch
Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie,
Sportwissenschaftler
Franziskusspital
Nikolsdorfergasse 26-36
1050 Wien
Österreich

Peter Hofmann
Institut für Sportwissenschaften
Universität Graz
Graz
Österreich

Holger Förster
Ordination für Kinder- und Jugendheilkunde
und Sportmedizin
Salzburg
Österreich

Helmut Hörtnagl
Institut für Sport- und Kreislaufmedizin
Universitätsklinikum Innsbruck
Innsbruck
Österreich

Eveline Ledl-Kurkowski
Institut für Sportmedizin
Landesklinikum Salzburg
Salzburg
Österreich

Rochus Pokan
Institut für Sportwissenschaft
Universität Wien
Wien
Österreich

ISBN 978-3-211-99715-4 ISBN 978-3-211-99716-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-211-99716-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Austria 2004, 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Fotolia Pink Badger

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Austria
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Prinz-Eugen-Strasse 8-10, 1040 Wien, Austria

Geleitwort zur 2. Auflage

Die „Arbeitsgemeinschaft für theoretische und klinische Leistungsmedizin der Universitätslehrer Österreichs (ATKL)“ war eine Initiative von Mittelbauangehörigen an mit Sport- und Leistungsmedizin befassten Instituten österreichischer Universitäten mit der Hauptzielsetzung, die wissenschaftliche Forschung auf diesem Gebiet in Österreich zu intensivieren und die Kooperation der Mitglieder untereinander zu fördern. Dabei waren und sind nichtmedizinische bzw. nichtärztliche Fachkolleginnen und Fachkollegen im Sinne einer interdisziplinären Arbeitsgemeinschaft nicht ausgeschlossen, sondern willkommen. Anlässlich eines internationalen Symposiums über „Neue Aspekte der Leistungsmedizin“ im Februar 1980 bei uns an der Vorklinik in Graz habe ich vorgeschlagen, nach dem damaligen Vorbild in der Bundesrepublik Deutschland eine Arbeitsgemeinschaft aller auf dem Gebiet der Leistungsmedizin in Österreich tätigen Kolleginnen und Kollegen zu gründen. Diese Idee wurde positiv aufgenommen; noch im November 1980 kam es im Rahmen der Generalversammlung des Verbandes Österreichischer Sportärzte in Bad Tatzmannsdorf (Burgenland) zur Gründung der ATKL, die bald auch vereinsrechtlich organisiert wurde. Erster Vorsitzender war Alfred Aigner aus Salzburg. Auf ihn folgten weitere Vertreter der physiologisch-internistisch-pädiatrischen Richtung der österreichischen Sportmedizin: Norbert Bachl (Wien), Peter Baumgartl (St. Johann in Tirol), Peter Schmid (Bad Schallerbach), Günther Schwabinger (Graz), Helmut Hörtnagl (Innsbruck), Werner Benzer (Feldkirch), Rochus Pokan (Wien), Holger Förster (Salzburg), Manfred Wonisch (Graz), Rochus Pokan (Wien) und zuletzt wieder Manfred Wonisch.

Sehr bald wurde die ATKL in den wissenschaftlichen Beirat des Verbandes Österreichischer Sportärzte (Österreichische Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention) aufgenommen, mit der Aufgabe, die Gesellschaft fachlich-wissenschaftlich auf dem Gebiet der physiologisch-internistisch-pädiatrischen Sport- und Leistungsmedizin zu beraten und für die Gesellschaft fachliche Leistungen zu erbringen. Dazu gehörte von Anfang an die Aus- und Weiterbildung der österreichischen Sportärzte auf diesen Gebieten der Sportmedizin. In diesem Zusammenhang leistete die ATKL Pionierarbeit bei der Erarbeitung entsprechender fachlicher Inhalte für das ehemalige österreichische Sportarzt Diplom.

Das nunmehr in der 2. Auflage vorliegende Kompendium der Sportmedizin stellt den vorläufigen Abschluss dieser Bemühungen dar und ist hervorragend dazu geeignet, als Grundlage einer landesspezifischen postpromotionellen Ausbildung auf dem Gebiet der physiologisch-internistisch-pädiatrischen Sportmedizin für das heutige von der Österreichischen Ärztekammer verliehene Sportmedizin-Diplom zu dienen. Es kann sowohl den Lehrenden im Sinne einer Vereinheitlichung der Lehrinhalte als auch den auf dem Gebiet der Sportmedizin auszubildenden Kolleginnen und Kollegen als Lernunterlage bestens empfohlen werden. Auch für die Facharztprüfungen der Österreichischen Ärztekammer in den entsprechenden sportmedizinischen Sonderfächern kann das Kompendium als Informationsgrundlage mit Gewinn herangezogen werden. Darüber hinaus eignet sich das „Kompendium der Sportmedizin – Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie“ als gute Fach- und Sachinformation über diese Teile der Sportmedizin auch für andere einschlägige universitäre Fachrichtungen (z.B. Sport- und Trainingswissenschaft), für Angehörige von diversen Gesundheitsberufen sowie für alle an Sportmedizin interessierte Laien. Den Initiatoren und Autoren des Kompendiums gebührt

Dank und Anerkennung, dem Kompendium selbst in seiner Zweitaufgabe ist hohe Akzeptanz und weite Verbreitung zu wünschen.

Günther Schwabberger

Gründungsmitglied der ATKL
ehem. Leiter des Instituts für Physiologie
der Medizinischen Universität Graz

Vorwort der Herausgeber

Sportmedizin gewinnt in unserer zivilisierten Gesellschaft immer mehr an Bedeutung. Vor allem die Zunahme der durch Bewegungsmangel bedingten Erkrankungen erfordert ein Gegensteuern mit dem Ziel der Prävention und Behandlung metabolischer und kardiovaskulärer Probleme. Diese zunehmende Bedeutung für die Gesundheitsversorgung erfordert auch eine entsprechende sportmedizinische Qualifikation – zusätzlich zur ärztlichen Grundausbildung.

Dieses Buch wird diesem Trend gerecht und orientiert sich in seinem Aufbau thematisch an den Schwerpunkten internistischer, physiologischer und pädiatrischer Ausbildungsgrundlagen der Sportmedizin. Inhaltlich wird ein Bogen gespannt, der mit den epidemiologischen Grundlagen und der Bedeutung körperlichen Trainings für die Primär- und Sekundärprävention beginnt und bis zu den möglichen Risiken der Sportausübung reicht.

Die praxisrelevanten Darstellungen des internistischen Untersuchungsgangs in der Sportmedizin bei Erwachsenen und bei Kindern und Jugendlichen werden dargestellt.

Ein Schwerpunkt sind die leistungsphysiologischen Hintergründe mit der praxisbezogenen Umsetzung für präventives, rehabilitatives und Leistungssportliches Training. Besonderes Augenmerk gilt dabei der Durchführung und Interpretation sportmedizinischer Untersuchungstechniken wie der Spiroergometrie und der Laktat- und Herzfrequenz-Leistungsdiagnostik. Abgerundet wird das Buch mit Kapiteln aus der täglichen Arbeit von Sportmedizinern, wie Fragen der Sporternährung, Überlastung, Immunologie, sowie über Sport unter speziellen Umgebungsbedingungen wie Hitze, Kälte, Höhe oder Wasser.

Die Neuauflage wurde gründlich überarbeitet und ergänzt sowie an den aktuellen Erkenntnisstand angepasst und aktualisiert. Zahlreiche Abbildungen und Prüfungsfragen am Ende vieler Beiträge machen es besonders benutzerfreundlich.

Es soll somit weiterhin ein unverzichtbarer Leitfaden für alle angehenden und in Praxis oder Klinik tätigen Sportärzte, aber auch für alle an Sport- und Bewegung interessierten Personen sein.

Manfred Wonisch
Peter Hofmann
Holger Förster
Helmut Hörtnagl
Eveline Ledl-Kurkowski
Rochus Pokan

Mitarbeiterverzeichnis

Univ.-Doz. Dr. Werner Benzer

Praxis für Innere Medizin und Kardiologie
Sportmedizin und Prävention
Grenzweg 10
A-6800 Feldkirch
E-Mail: office@herzpraxis-benzer.at

OA Dr. med. Holger Förster

Ordination für Kinder- und Jugendheilkunde
und Sportmedizin
Innsbrucker Bundesstrasse 75
A-5020 Salzburg
E-Mail: ordination@dr-foerster.at

Ass. Prof. Dr. Harald Gabriel

Universitätsklinik für Innere Medizin II
Klinische Abteilung für Kardiologie
Währinger Gürtel 18–20
1090 Wien
E-Mail: harald.gabriel@meduniwien.ac.at

O. Univ. Prof. Dr. med. Holger Gabriel

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Institut für Sportwissenschaft
Lehrstuhl für Sportmedizin
Wöllnitzer Straße 42
D-07749 Jena
E-Mail: holger.gabriel@uni-jena.de

Dipl.-Ing. Brunhild Gabriel

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Lehrstuhl für Sportmedizin und
Gesundheitsförderung
Wöllnitzer Straße 42
D-07749 Jena
E-Mail: brunhild.gabriel@uni-jena.de

Univ. Prof. Mag. Dr. Peter Hofmann, FACSM

Institute of Sports Science
Exercise Physiology, Training & Training Therapy
Research Group
University of Graz
Max-Mell-Allee 11
A-8010 Graz
E-Mail: peter.hofmann@uni-graz.at

Prim. Univ. Prof. Dr. med. Helmut Hörtnagl

Institut für Sport- und Kreislaufmedizin
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck
E-Mail: helmut.hoertnagl@chello.at

Priv.-Doz. Mag.DDr. Manfred Lamprecht

Green Beat
Institut für Nährstoff-Forschung und Sporternährung
Petersbergenstraße 95b
A-8042 Graz
E-Mail: manfred.lamprecht@greenbeat.at

DDr. med. Eveline Ledl-Kurkowski

Landeskliniken Salzburg
Institut für Sportmedizin
Lindhofstraße 20
A-5020 Salzburg
E-Mail: e.ledl-kurkowski@salk.at

Prim. Dr. med. Karl Mayr

Team der Internisten
Landstraße 35b
A-4020 Linz
E-Mail: dr.mayr@teamint.at

Mag. Bettina Mössenböck

Beethovenstraße 7/4
A-6020 Innsbruck
E-Mail: bettina.moessenboeck@univie.ac.at

Mag. Alexander Müller

Institut für Sportwissenschaften
Exercise Physiology, Training & Training Therapy
Research Group
Universität Graz
Mozartgasse 14
A-8010 Graz
E-Mail: alexander.mueller@edu.unigraz.at

Prim. Univ. Doz. Dr. med. Günther Neumayr

Facharzt für Innere Medizin
Michaelsgasse 20
A-9900 Lienz
E-Mail: neumayr.g@aon.at

Dr. med. Helmuth Ocenasek

Cardiomed
Ambulante Kardiologische Rehabilitation
Untere Donaulände 21–25
A-4020 Linz
E-Mail: office@cardiomed.at

Assoc. Prof. Dr. Andrea Podolsky

Klinisches Institut für Präventiv- und Angewandte
Sportmedizin
Universitätsklinikum Krems
Karl Landsteiner Privatuniversität für
Gesundheitswissenschaften
Mitterweg 10
A-3500 Krems
E-Mail: Andrea.Podolsky@kreams.lknoe.at

Ao. Univ.-Prof. Dr. Rochus Pokan

Institut für Sportwissenschaft
Auf der Schmelz 6a (USZ II)
A-1150 Wien
E-Mail: rochus.pokan@univie.ac.at

Dr. phil. Christian Puta

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Lehrstuhl für Sportmedizin und
Gesundheitsförderung
Wöllnitzer Straße 42
D-07749 Jena
E-Mail: christian.puta@uni-jena.de

Mag. Dr. Günther Samitz

Institut für Sportwissenschaft
Universität Wien
Auf der Schmelz 6
A-1150 Wien
E-Mail: guenther.samitz@univie.ac.at

Univ. Prof. Dr. med. Gerhard Smekal

Institut für Sportwissenschaft
Universität Wien
Abteilung Sportphysiologie
Auf der Schmelz 6
A-1150 Wien
E-Mail: gerhard.smekal@univie.ac.at

**Primar Univ.-Prof. Dr. Wolfgang
Schobersberger**

Tirol-Institut
Institut für Sport-, Alpinmedizin und
Gesundheitstourismus
Anichstrasse 35
A-6020 Innsbruck
E-Mail: wolfgang.schobersberger@umit.at

Mag. Dr. Beatrix Schobersberger

Universitätsklinik Innsbruck
Department für Innere Medizin I
Anichstrasse 35
A-6020 Innsbruck
E-Mail: Beatrix.schobersberger@i-med.ac.at

Ass.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Tschakert

Institute of Sports Science
Exercise Physiology, Training & Training Therapy
Research Group
University of Graz
Max-Mell-Allee 11
A-8010 Graz
E-Mail: gerhard.tschakert@uni-graz.at

Dr. Karin Vonbank

MedClinic Innere Stadt
Dominikanerbastei 3
A-1010 Wien
E-Mail: k.vonbank@medclinic.at

Doz. Mag. DDr. Manfred Wonisch

Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie,
Sportwissenschaftler
Franziskusspital
Nikolsdorfergasse 26-36
1050 Wien
E-Mail: wonisch@derkardiologe.at

Inhaltsverzeichnis

I Bedeutung von körperlicher Aktivität und Sport für die Primär- und Sekundärprävention

1	Einführung	3
	<i>Günther Samitz</i>	
1.1	Begriffsbestimmungen	4
	Literatur	8
2	Primärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität	11
	<i>Günther Samitz</i>	
2.1	Sterblichkeit aller Ursachen	12
2.2	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	14
2.2.1	Koronare Herzkrankheit	14
2.2.2	Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko	15
2.3	Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen	16
2.3.1	Darmkrebs	16
2.3.2	Brustkrebs	17
2.3.3	Körperliche Aktivität und andere Tumorrisiken	17
2.4	Adipositas	18
2.5	Diabetes mellitus Typ 2	19
2.6	Osteoporose	20
2.6.1	Knochenstärkende Effekte bei Kindern und Jugendlichen	21
2.6.2	Knochenstärkende Effekte bei prämenopausalen Frauen und erwachsenen Männern	22
2.6.3	Knochenstärkende Effekte bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern	23
2.7	Erhaltung der Mobilität im höheren Lebensalter	24
	Literatur	25
3	Sekundärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität	29
	<i>Günther Samitz</i>	
3.1	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	30
3.1.1	Arterieller Bluthochdruck	30
3.1.2	Koronare Herzkrankheit	31
3.1.3	Herzinsuffizienz	32
3.1.4	Schlaganfall	32
3.2	Krebserkrankungen	34
3.2.1	Körperliches Trainings während und nach der akuten Krebsbehandlung	34
3.2.2	Langzeiteffekte körperlichen Trainings auf das Rezidiv- und Mortalitätsrisiko	35
3.3	Chronische Lungenkrankheit	36
3.4	Diabetes mellitus Typ 2	38
3.5	Chronische Nierenerkrankungen	39
	Literatur	40
4	Risiken und Nebenwirkungen von körperlicher Aktivität und Sport	45
	<i>Günther Samitz</i>	
4.1	Adverse kardiovaskuläre Ereignisse	46

4.2	Adverse muskuloskelettäre Ereignisse	47
	Literatur	49
5	Schlussfolgerungen und Konsequenzen für die Praxis	51
	<i>Günther Samitz</i>	
	Literatur	52

II Sportmedizinische Untersuchung

6	Empfehlungen für den internistischen Untersuchungsgang in der Sportmedizin	55
	<i>Rochus Pokan, Harald Gabriel, Helmut Hörtnagl, Andrea Podolsky, Karin Vonbank und Manfred Wonisch</i>	

6.1	Einleitung	56
6.2	Anamnese	56
6.3	Klinische Untersuchung	58
6.3.1	Blutdruck	58
6.3.2	Ruhe-Elektrokardiogramm	59
6.3.3	Weiterführende Diagnostik	62
	Literatur	68

7	Gütekriterien, Protokolle und Spezial-Ergometrien zur Belastungsuntersuchung	71
	<i>Peter Hofmann, Alexander Müller und Gerhard Tschakert</i>	

7.1	Einführung	72
7.2	Testgütekriterien	72
7.2.1	Objektivität	72
7.2.2	Reliabilität	72
7.2.3	Validität	73
7.2.4	Nebengütekriterien (Normierung, Ökonomie)	74
7.3	Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit	74
7.4	Durchführung der Ergometrie und Wahl des Belastungsprotokolls	78
7.4.1	Einstufen-Tests	81
7.4.2	Zweistufen-Tests	82
7.4.3	Mehrstufen-Tests	82
7.5	Bewertung der Belastungsuntersuchung	87
7.6	Spezial-Ergometer	87
	Literatur	90

III Leistungsdiagnostik

8	Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung	95
	<i>Rochus Pokan, Peter Hofmann und Manfred Wonisch</i>	
8.1	Einführung	96
	Literatur	99

9	Der muskuläre Energiestoffwechsel bei körperlicher Aktivität	103
	<i>Gerhard Smekal</i>	
9.1	Die Formen der Energieproduktion	104
9.2	Die Rolle der Fette bei der Energiebereitstellung	106
9.3	Die Rolle der Kohlenhydrate bei der Energiebereitstellung	109
9.4	Die Rolle der Proteine bei der Energiebereitstellung	112
9.5	Ausdauertraining und Muskelenergetik	114
9.6	Praktische Schlussfolgerungen	115
	Literatur	116
10	Funktionsdiagnostik akuter und chronischer Anpassung des Herz-Kreislauf-Systems an körperliche Belastungen	121
	<i>Rochus Pokan, Peter Hofmann, Manfred Wonisch und Helmut Hörtnagl</i>	
10.1	Akute Anpassung	122
10.1.1	Belastungs-Blutdruck	123
10.1.2	Belastungs-EKG	123
10.1.3	Myokardiale Funktion unter Belastung	125
10.1.4	Herzfrequenzverhalten während zunehmender Belastungsintensität (Ergometrie)	126
10.1.5	Bestimmung des Herzfrequenz Turn Points	132
10.1.6	Methoden der Bestimmung des Herzfrequenz-Knickpunktes	135
10.1.7	Hämodynamische Veränderungen bei Ultraausdauerbelastungen	137
10.2	Chronische Anpassung	140
10.2.1	Funktionelle Anpassung	140
10.2.2	Strukturelle Anpassung	140
10.2.3	Rückbildungsfähigkeit des Sportherzens	142
10.2.4	Funktionsdiagnostik	142
10.2.5	Schlussfolgerungen	157
	Literatur	159
11	Übertraining aus kreislaufmedizinischer Sicht – Übertrainingssyndrom	165
	<i>Helmut Hörtnagl, Günther Neumayr</i>	
11.1	Einführung	166
11.2	Begriffserklärung	166
11.3	Ursachen und Pathomechanismen	166
11.4	Diagnostik	167
	Literatur	170
12	Funktionsdiagnostik akuter und chronischer Anpassung der Atmungsorgane (Spiroergometrie)	173
	<i>Manfred Wonisch, Rochus Pokan und Peter Hofmann</i>	
12.1	Einführung	174
12.2	Messgrößen	174
12.2.1	Maximale Sauerstoffaufnahme	174
12.2.2	Kohlendioxid-Abgabe	175
12.2.3	Respiratorischer Quotient	175
12.2.4	Atemminutenvolumen	175
12.2.5	Sauerstoffpuls	176
12.2.6	Ventilatorische Totraum-/Tidalvolumen-Relation	176
12.2.7	Atemäquivalente für Sauerstoff und Kohlendioxid	176

12.3	Spirometrische Schwellen und Umstellpunkte	177
12.3.1	Ventilatorische Schwelle (VT)	177
12.3.2	Respiratory compensation point (RCP).....	177
	Literatur	179
13	Chronische Anpassung der Atmungsorgane	181
	<i>Manfred Wonisch, Rochus Pokan und Peter Hofmann</i>	
13.1	Einführung	182
13.2	Grundlagen der Atmung	182
13.2.1	Pulmonaler Gasaustausch und Sauerstofftransport.....	182
13.3	Pulmonale Funktionsdiagnostik in Ruhe: Spirometrie	183
13.4	Lungenfunktion, Training und körperliche Leistungsfähigkeit	184
13.5	Belastungsinduziertes Asthma bronchiale	186
	Literatur	186
14	Laktat-Leistungsdiagnostik: Durchführung und Interpretation	189
	<i>Peter Hofmann, Manfred Wonisch und Rochus Pokan</i>	
14.1	Grundlagen	191
14.2	Freund oder Feind? Eine aktuelle Bewertung Blut-Laktat-Konzentration	191
14.3	Schwellen/Umstellpunkte und maximales Laktat-Steady-State	193
14.3.1	Phase I der Energiebereitstellung.....	194
14.3.2	Phase II der Energiebereitstellung	200
14.3.3	Phase III der Energiebereitstellung	201
14.4	Dreiphasigkeit anderer physiologischer Kenngrößen	205
14.5	Weitere metabolische Kenngrößen der Leistungsdiagnostik	205
14.5.1	Verlauf der Elektrolyte	207
14.6	Ältere Konzepte im Rückblick	209
14.6.1	Erster Umstellpunkt (Aerobe Schwelle)	209
14.6.2	Zweiter Umstellpunkt (Anaerobe Schwelle)	210
14.6.3	Zusammenfassung	211
14.7	Messung des Parameters Blut-Laktat-Konzentration	212
14.7.1	Ruhe-Laktatwerte	213
14.7.2	Laktat-Verlauf während stufenförmiger Belastung: Laktat-Leistungs-Kurve.....	213
14.7.3	Laktat-Verlauf in der Erholung.....	217
14.8	Laktat-Verlauf während einstufiger Belastung	219
14.8.1	Aerobe Tests	219
14.8.2	Anaerobe Tests.....	221
14.9	Felduntersuchungen	222
14.9.1	Einstufen-Tests	223
14.9.2	Zwei- und Mehrstufen-Tests.....	223
14.10	Einflussgrößen auf die Messgröße Laktat	225
14.10.1	Einfluss der Ernährung.....	227
14.10.2	Einfluss von Vorbelastung und Glykogen-Speicher	228
14.10.3	Einfluss des Protokolls	230
14.11	Praktische Durchführung der Ergometrie zur Bestimmung der Laktat-Leistungs-Kurve	231

14.11.1	Labortests	231
14.11.2	Feldtests.....	232
14.12	Die Laktat-Leistungs-Kurve als Grundlage der Trainingsberatung	233
14.13	Zusammenfassung	233
	Literatur	234

IV Grundlagen der Trainingslehre

15	Allgemeine Grundlagen, Planung und Organisation des Trainings	245
	<i>Peter Hofmann, Gerhard Tschakert und Alexander Müller</i>	
15.1	Einführung	246
15.2	Allgemeine Grundlagen der Anpassungsprozesse durch körperliches Training	246
15.3	Belastung, Ermüdung, Wiederherstellung und Superkompensation	249
15.4	Komponenten der Leistungsfähigkeit – motorische Hauptbeanspruchungsformen	253
15.4.1	Belastungskomponenten	254
15.5	Allgemeine Trainingsprinzipien	256
15.6	Planung, Organisation und Auswertung des Trainingsprozesses	257
15.7	Trainingsregelung und Diagnostik	258
15.8	Der langfristige Trainingsprozess	260
15.9	Trainingsperiodisierung	261
15.10	Besonderheiten des Trainings bei speziellen Gruppen	264
	Literatur	265
16	Training der Hauptkomponenten der Leistungsfähigkeit – Trainingsmethoden und Trainingsberatung	271
	<i>Gerhard Tschakert, Alexander Müller und Peter Hofmann</i>	
16.1	Einführung	273
16.2	Ausdauer	273
16.2.1	Arten der Ausdauer	273
16.2.2	Bedeutung der Ausdauer	273
16.2.3	Anpassungsprozesse an Ausdauerbelastungen und ihre Regulation auf molekularer Ebene	274
16.2.4	Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit	276
16.2.5	Ausdauertraining	278
16.2.6	Methoden des Ausdauertrainings	278
16.3	Kraft und Krafttraining	299
16.3.1	Anpassungseffekte durch Krafttraining	300
16.3.2	Trainingsmethodische Aspekte.....	301
16.4	Schnelligkeit – Training und Methoden	303
16.4.1	Psycho-physische Faktoren der Schnelligkeit.....	303
16.5	Beweglichkeits-Training	305
16.6	Training der koordinativen Fähigkeiten und der Technik	305

16.7	Taktik-Training	306
16.8	Trainingsberatung	307
16.8.1	Quantitative und qualitative Trainingsberatung	307
	Literatur	307

V Ernährung

17	Sport und Ernährung	315
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
17.1	Einführung	316
17.2	Definition	316
17.3	Kenngroßen der Energieverfügbarkeit	316
17.4	Energieumsatzgrößen	317
	Literatur	320
18	Makronährstoffe	321
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
18.1	Kohlenhydrate und Sport	322
18.2	Kohlenhydrataufnahme vor Belastungen	322
18.2.1	Kohlenhydrataufnahme im Mikrozyklus vor Wettkämpfen	322
18.3	Kohlenhydrataufnahme während der Belastung	324
18.4	Kohlenhydrataufnahme nach der Belastung	325
18.5	Glykämischer Index und Glykämische Ladung	327
	Literatur	328
19	Fette und Sport	329
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
19.1	Körperfettreduktion und „Fettstoffwechseltraining“	330
19.2	Fettsäurepräparate	334
	Literatur	336
20	Proteine und Sport	337
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
20.1	Proteinbedarf	338
20.1.1	Überdosierung	340
20.2	Biologische Wertigkeit	340
20.3	Unerwünschte Begleitstoffe	340
20.3.1	Fett und Cholesterin.....	340
20.3.2	Purin	341
20.4	Eiweißaufnahme vor, während und nach der Belastung	341
20.5	Eiweißpräparate/Supplementationen	341
20.6	Ein geniales Team: Proteine und Kohlenhydrate!	342
20.6.1	Resorptionsgrenze	343
20.6.2	Proteincycling – ein Mythos.....	343
	Literatur	344

21	Mikronährstoffe	345
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
21.1	Vitamine und Sport	346
21.1.1	Einteilung der Vitamine	346
21.1.2	Funktion/Vorkommen/Bedarf	346
21.1.3	Supplementationen/Überdosierungen	347
21.2	Mineralstoffe und Sport	350
21.2.1	Einteilung der Mineralstoffe	351
21.2.2	Funktion/Vorkommen/Bedarf	351
21.2.3	Bioverfügbarkeit/Interaktionen	353
21.2.4	Supplementationen	355
21.3	Überdosierungen	355
	Literatur	356
22	Flüssigkeitshaushalt und Thermoregulation	357
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
22.1	Körperwasser	358
22.1.1	Schweiß	358
22.2	Flüssigkeitsaufnahme	360
22.2.1	Flüssigkeitsmengen	360
22.2.2	Zeitliche Handhabung	362
22.3	Getränke im Leistungssport	362
22.3.1	Isotonie	362
22.3.2	Mineralstoffe	364
22.3.3	Kohlenhydrate	364
22.3.4	Vitamine	365
22.3.5	Kohlensäure	365
22.3.6	Getränkearten	366
22.3.7	Mineralwasser	366
22.3.8	Brausetabletten	367
22.3.9	Bier, Cola, Powerdrinks	367
	Literatur	368
23	Sportsupplemente und Nahrungsergänzungsmittel	369
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
23.1	Antioxidantien	370
23.1.1	Antioxidative Mikronährstoffe	370
23.2	Verzweigt-kettige Aminosäuren	374
23.3	L-Carnitin	376
23.4	Koffein	377
23.5	Glutamin	378
23.6	Arginin, Ornithin, Citrullin	378
23.7	Alkalisalze/Basenpulver	379
23.8	β-Alanin	379
23.9	Probiotika	379
23.10	Konjugierte Linolsäure	380
23.11	Melatonin	380
	Literatur	381

24	Risikomanagement von Sportnahrungsprodukten	383
	<i>Manfred Lamprecht</i>	
	Literatur	386

VI Immunsystem

25	Sport und Immunsystem	389
	<i>Christian Puta, Brunhild Gabriel und Holger Gabriel</i>	
25.1	Einführung und Definition	390
25.1.1	Immunsystem als Gesundheitsressource	390
25.2	Wesentliche Komponenten des körpereigenen Abwehrsystems (Immunsystem)	390
25.2.1	Subjektives Empfinden und Symptome des Immunsystems	391
25.2.2	Die erste Abwehrlinie – Aufgabe des unspezifischen Immunsystems	393
25.2.3	Spezifische Immunität – eine Aufgabe für Lymphozyten	395
25.2.4	Immunzellen zwischen „Stand-by-Modus“ und hochaktivem Killerstatus	396
25.2.5	Selbstregulation – ein Selbstschutz des Organismus	397
25.2.6	Infektionen der oberen Atemwege	398
25.3	Infektionen der oberen Atemwege und körperliche Aktivität	399
25.3.1	Akute körperliche Belastung und das Immunsystem – die Theorie des „open window“	400
25.4	(Über-)Training und Immunsystem	405
25.5	Infektionshäufigkeit des Athleten – das Modell der „J-förmigen“ Kurve	408
25.6	Strategien für Athleten zur Minimierung des Risikos für eine Verminderung der Immunfunktion	409
25.7	Ich habe einen Infekt – was tun? Vermeidung der Ursachen für Infektionen	409
25.8	Sport bei Infektionen	412
25.9	Zusammenfassung	412
	Literatur	414

VII Spezielle Bereiche der Sportmedizin

26	Kindersportmedizin	419
	<i>Holger Förster</i>	
26.1	Einleitung	420
26.2	Physiologie	420
26.3	Sportmedizinische Untersuchung	422
26.4	Orthopädischer Status inklusive Muskelfunktionsprüfung	424
26.5	Zusatzuntersuchungen	425
26.6	Belastungsuntersuchung bei Kindern	427
26.7	Training	431
	Literatur	431
27	Die Frau im Sport	433
	<i>Andrea Podolsky, Eveline Ledl-Kurkowski</i>	
27.1	Einleitung	434
27.2	Bewegung ist für Frauen wichtig	434

27.2.1	Gesundheitlicher Nutzen von regelmäßiger Bewegung	434
27.2.2	Internationale Bewegungsempfehlungen	435
27.2.3	Körperliche Aktivität im Geschlechtervergleich	435
27.2.4	Was sind die Gründe für die geringere Sportbeteiligung von Frauen?	436
27.2.5	Wie kann man Frauen motivieren?	437
27.3	Gesundheitsthemen im Frauensport	438
27.3.1	Gewichtsmanagement	438
27.3.2	Knochengesundheit	440
27.3.3	Menstruationszyklus und Zyklusstörungen	441
27.3.4	Female Athlete Triad	443
27.3.5	Anämie	444
27.4	Frauen und Leistungssport	445
27.4.1	Geschichtliche Entwicklung	445
27.4.2	Heutige Verhältnisse: Verhältnis Frauen/Männer bei Olympischen Spielen und die Frauenförderung	446
27.4.3	Leistung und Trainierbarkeit	447
27.5	Frauenspezifische Themen	449
27.5.1	Die weibliche Brust	449
27.5.2	Schwangerschaft	450
27.5.3	Kontrazeptiva	451
27.5.4	Menopause	452
	Literatur	453
28	Körperliches Training zur Therapie von Krankheiten und Beschwerden des Alters	457
	<i>Werner Benzer, Karl Mayr</i>	
28.1	Einführung	458
28.2	Leistungsphysiologische Aspekte des Alterns	459
28.3	Beeinflussung des biologischen Alterns	459
28.4	Training im Alter	460
28.4.1	Ausdauertraining	460
28.4.2	Krafttraining	461
28.5	Leistungsdiagnostik beim älteren Menschen	461
28.6	Gefahren und Kontraindikationen für körperliches Training im Alter	461
	Literatur	462
29	Behindertensport	463
	<i>Bettina Mössenböck, Helmuth Ocenasek und Eveline Ledl-Kurkowski</i>	
29.1	Einführung	464
29.2	Ebenen des Behindertensports	464
29.3	Klassifizierung	465
29.4	Überblick über die Behinderungsarten	466
29.4.1	Querschnittlähmung	466
29.4.2	Amputationen und Gliedmaßenschäden	467
29.4.3	Cerebralparese	468
29.4.4	Hörbehinderungen	468
29.4.5	Sehbehinderungen	469
29.4.6	Mentalbehinderungen	469
29.5	Leistungsdiagnostik	470

29.5.1	Leistungsphysiologische Untersuchungen	470
	Literatur	471
30	Doping und gesundheitliche Risiken	473
	<i>Manfred Wonisch, Rochus Pokan</i>	
30.1	Einleitung	474
30.2	Epidemiologie	474
30.2.1	Doping im Freizeitsport	474
30.2.2	Doping bei Jugendlichen	475
30.2.3	Doping in der Gesellschaft	475
30.2.4	Verfügbarkeit	475
30.3	Doping-Definition	475
30.4	Potenziell kardial schädliche Substanzen und Methoden	476
30.4.1	Anabole Steroide und Testosteron	476
30.4.2	Peptidhormone	478
30.4.3	β2-Agonisten	479
30.4.4	Diuretika	480
30.4.5	Amphetamine	480
30.4.6	Kokain	480
30.4.7	Ephedrin	480
30.4.8	Cannabinoide	480
30.4.9	Fettburner	481
30.5	Zusammenfassung	481
	Literatur	482

VIII Sport und Umweltbedingungen

31	Sport und Umweltbedingungen	485
	<i>Holger Förster</i>	
31.1	Einführung	486
31.2	Temperaturregulation	486
31.3	Hitze und Hitzeadaptation	487
31.3.1	Veränderungen unter Belastung	487
31.3.2	Anpassung an Hitze – Akklimatisation	488
31.3.3	Hitzekrankheiten	488
31.3.4	Therapie	489
31.4	Kälte und Kälteadaptation	490
31.4.1	Gegenstrategien	491
31.4.2	Hypothermie	491
31.4.3	Lokale Erfrierungen	492
31.5	Luftschadstoffe	492
	Literatur	493
32	Medizinische Aspekte des Sporttauchens	495
	<i>Helmuth Ocenasek, Rochus Pokan</i>	
32.1	Tauchen mit Atemgerät (SCUBA-Diving)	496

32.2	Physiologische Vorbemerkungen	497
32.2.1	Druckverhältnisse unter Wasser, verschiedene Atemgase	497
32.3	Tauchassozierte Erkrankungen	499
32.3.1	Intoxikationen	499
32.4	Tauchen und Fliegen	509
32.5	Tauchtauglichkeit	510
	Literatur	512
33	Mittlere Höhenlagen – Höhenanpassung und Höhenttraining	513
	<i>Wolfgang Schobersberger, Beatrix Schobersberger</i>	
33.1	Einleitung	514
33.2	Physikalische Grundlagen der mittleren Höhe	514
33.3	Anpassungsmechanismen an mittlere Höhe	515
33.3.1	Kardiopulmonale Anpassungsmechanismen an moderate Hypoxie	515
33.3.2	Erythrozytäre Anpassungsmechanismen an moderate Hypoxie	516
33.3.3	Regulation des Säure-Basen-Haushaltes in mittlerer Höhe	519
33.3.4	Flüssigkeitshaushalt in mittlerer Höhe	519
33.4	Höhentraining	520
33.4.1	Formen des Höhenttrainings	521
33.4.2	Höhentraining und Leistungssteigerung?	522
33.4.3	Erythropoiese	522
33.4.4	Atmung	523
33.4.5	Muskelstoffwechsel	523
33.4.6	Optimale Dauer des Höhenttrainings	523
	Literatur	523
34	Sport als Therapie bei chronischen Erkrankungen	525
	<i>Werner Benzer</i>	
34.1	Einführung	526
34.2	Körperliche Aktivität zur Prävention und Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen	526
34.2.1	Physiologische Effekte von körperlichem Training auf das Herz-Kreislauf-System	527
34.2.2	Die Bedeutung von körperlichem Training zur Modifikation kardiovaskulärer Risikofaktoren	528
34.3	Medizinische Trainingssteuerung bei chronischen Erkrankungen	530
34.3.1	Risiken von körperlichem Training bei Patienten mit chronischen Erkrankungen	531
34.4	Körperliches Training als Therapie bei speziellen Patientengruppen	532
	Literatur	540
	Serviceteil	543
	Stichwortverzeichnis	544

Bedeutung von körperlicher Aktivität und Sport für die Primär- und Sekundärprävention

- Kapitel 1** **Einführung – 3**
Günther Samitz
- Kapitel 2** **Primärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität – 11**
Günther Samitz
- Kapitel 3** **Sekundärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität – 29**
Günther Samitz
- Kapitel 4** **Risiken und Nebenwirkungen von körperlicher Aktivität und Sport – 45**
Günther Samitz
- Kapitel 5** **Schlussfolgerungen und Konsequenzen für die Praxis – 51**
Günther Samitz

Einführung

Günther Samitz

1.1 Begriffsbestimmungen – 4

Literatur – 8

Die Hypothese, dass adäquate körperliche Betätigung zu positiven Gesundheitsergebnissen führt, ist nicht neu. Körperliche Aktivität und körperliches Training zur Prävention und Therapie verschiedener Krankheitsbilder werden seit langem propagiert. So finden sich schon im dritten vorchristlichen Jahrtausend bei Hua Tó Anweisungen für ein strukturiertes Bewegungstraining zur Gesunderhaltung. Auch Hippokrates (460–370 v. Chr.) und Galen (ca. 200–129 v. Chr.) glaubten an die Bedeutung regelmäßiger körperlicher Betätigung zur Gesundheitsvorsorge. Vom antiken Erklärungsansatz, der sich auf die biologische Plausibilität stützt, sollte es aber bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts dauern, bis der Grundstein für die formale wissenschaftliche Bestätigung dieses Zusammenhangs gelegt wurde.

1953 veröffentlichte der schottische Arzt und Epidemiologe Jerry Morris (1910–2009) eine wegweisende Studie, durchgeführt an Mitarbeitern der Londoner Verkehrsbetriebe (London Busmen Study). Hier konnte er aufzeigen, dass die durch koronare Herzkrankheit bedingte Sterberate bei den in den Doppeldeckerbussen treppauf- und treppabsteigenden Fahrkartenkontrolleuren nur etwa halb so hoch war wie bei den Busfahrern (Morris et al. 1953). Morris war einer der ersten Forscher, die Daten zu kardiovaskulären Erkrankungen und körperlicher Aktivität systematisch untersuchten und somit ein neues Forschungsgebiet initiierten. In den Folgejahrzehnten wurde in zahlreichen epidemiologischen Studien der Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und verschiedenen Endpunkten der Morbidität und Mortalität untersucht (Lee 2009).

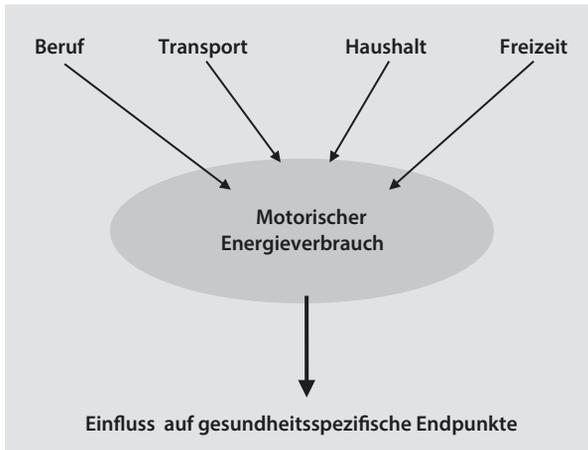
Ziel dieses einführenden Kapitels ist es, grundlegende Konzepte der körperlichen Aktivität und körperlichen Fitness zu definieren und zu beschreiben, die aktuelle epidemiologische und klinische Evidenz zum Nutzen, aber ebenso zu den Risiken und Nebenwirkungen regelmäßiger körperlicher Aktivität und Sport in der Primär- und Sekundärprävention nicht übertragbarer chronischer Erkrankungen zusammenzufassen. Zum besseren Verständnis von Ergebnissen aus bewegungsbezogenen epidemiologischen und klinischen Studien sowie von Empfehlungen und Leitlinien zur körperlichen Aktivität werden eingangs wichtige Basisbegriffe und Konzepte definiert und kurz erläutert.

1.1 Begriffsbestimmungen

■ ■ Körperliche Aktivität

Körperliche Aktivität (physical activity) umfasst jede Art motorischer Aktivität, die durch aktive Muskelarbeit hervorgerufen wird und den Energieumsatz über den Ruheumsatz anhebt (Caspersen et al. 1985). Körperliche Aktivität ist ein sehr komplexes Phänomen, das sowohl qualitative Komponenten (z.B. Alltagsbewegung, Freizeitsport, Ausdauertraining, Krafttraining etc.) als auch quantitative Faktoren (z.B. Intensität, Dauer, Häufigkeit, Energieverbrauch) beinhaltet. Dementsprechend schwierig ist ihre valide Erfassung.

Domänen körperlicher Aktivität Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine Einteilung nach vier Domänen getroffen: Beruf, Freizeit, Haushalt/Garten, Transport (Bull et al. 2004;  Abb. 1.1). Der relative Anteil der einzelnen Domänen am motorischen Gesamtenergieverbrauch hängt von verschiedenen Einflussfaktoren wie Lebensalter und Geschlecht, von der geographischen Lage sowie von den ökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen ab. In Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen müssen alle Domänen körperlicher Aktivität berücksichtigt werden. In den ersten Jahrzehnten epidemiologischer Forschung wurden fast ausschließlich die berufs- und freizeitbezogene Domäne der körperlichen Aktivität untersucht. Seit einigen Jahren werden zunehmend Alltags- und transportbezogene Aktivitäten (z.B. moderate Haushaltsaktivitäten, kurze Strecken mit dem Fahrrad) in die Analysen mit einbezogen, da auch in diesen



■ **Abb. 1.1** Domänen körperlicher Aktivität in der epidemiologischen Forschung

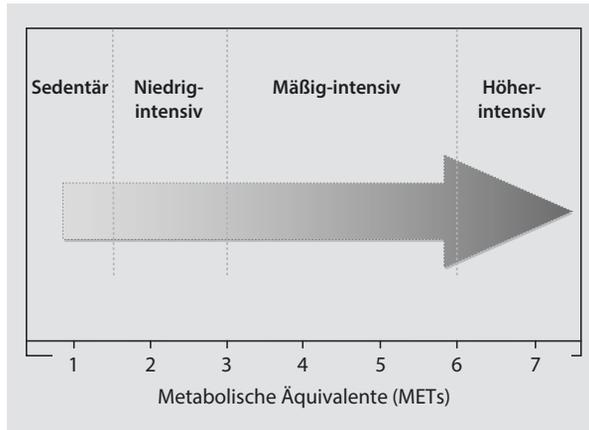
Domänen ein Präventionspotenzial gesehen wird. Sport, sofern er nicht berufsmäßig ausgeübt wird, ist eine Subkomponente der freizeitbezogenen körperlichen Aktivität, bei der Spaß an der Bewegung, aber auch Leistungssteigerung und Wettkampf im Vordergrund stehen.

Die Erfassung von quantitativen Faktoren wie Intensität, Dauer und Häufigkeit ist notwendig, um die Dosis und den Energieverbrauch in den einzelnen Domänen körperlicher Aktivität abzuschätzen. Bei strukturiertem Training ist die Erfassung dieser Faktoren einfacher als bei kurzen Bewegungsimpulsen im Alltag. In epidemiologischen Studien hat das Konzept der „metabolischen Äquivalente“ zur Quantifizierung der Intensität und des Energieverbrauchs durch körperliche Aktivität große Verbreitung gefunden (Byrne et al. 2005).

Metabolisches Äquivalent (MET) MET beschreibt den Stoffwechselumsatz einer Person, bezogen auf den Ruheumsatz (Ainsworth et al. 2000). 1 MET entspricht dem Sauerstoffverbrauch in Ruhe, der für den durchschnittlichen Erwachsenen bei etwa 3,5 ml Sauerstoff pro kg Körpergewicht pro Minute liegt oder einem Kalorienverbrauch von 1 kcal je kg Körpergewicht pro Stunde entspricht. Die absolute Intensität jeder beliebigen körperlichen Aktivität kann als Vielfaches des Ruheumsatzes angegeben werden. MET-Werte für unterschiedliche körperliche Aktivitäten reichen von 0,9 für das Schlafen bis hin zu 20 für das Laufen mit 20 km/h (3 min/km). Das „Compendium of Physical Activities“ listet mehr als 600 Aktivitäten aus allen Domänen der körperlichen Aktivität mit den zugehörigen MET-Angaben auf (ebd.).

■ **Niedrige, mittlere, höhere Intensität**

Körperliche Aktivitäten von <3 METs werden als niedrig intensiv (low-intensity) bzw. als leichte Aktivitäten eingestuft. In diese Kategorie fallen viele Basisaktivitäten des täglichen Lebens (z.B. Körperpflege, Essenszubereitung, leichte Haushaltstätigkeiten) und auch die meisten Sitzberufe. Eine positive Wirkung leichter Aktivitäten auf Morbiditäts- und Mortalitätsendpunkte wurde bei gesunden Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen bis jetzt nicht nachgewiesen. Körperliche Aktivitäten von 3–5,9 METs werden als mäßig intensiv (moderate-intensity) bzw. als moderate Aktivitäten und solche mit ≥ 6 METs als höher intensiv (vigorous-intensity) bzw. als intensive Aktivitäten bezeichnet. Leitlinien zur körperlichen Aktivität differenzieren zwischen Aktivitäten mittlerer und höherer Intensität (WHO 2010). Inzwischen wurde am unteren Ende des Intensitätsspektrums ein neuer Intensitätsbereich vorgeschlagen, der alle sitzenden oder liegenden



■ **Abb. 1.2** Kategorisierung der Intensität körperlicher Aktivitäten auf Basis des MET-Konzeptes bzw. Energieverbrauchs

Tätigkeiten mit einem MET-Wert von $\leq 1,5$ einschließt. Hierunter fallen sitzende Tätigkeiten wie z.B. Fernsehen und Video, Computerspiele, Internetsurfen oder Musik hören (Sedentary Behaviour Research Network 2012) (■ [Abb. 1.2](#); ■ [Tab. 1.1](#)).

■ **Aktivitätsdosis und Energieverbrauch**

Die Interaktion zwischen Intensität, Dauer und Häufigkeit der im Tages- und Wochenverlauf kumulierten Bewegungsimpulse bestimmt die Gesamtdosis und damit die Höhe des motorischen Energieverbrauchs. Die Gesamtdosis körperlicher Aktivität wird aktuell in Form von MET-Minuten, MET-Stunden oder kcal pro Tag bzw. Woche angegeben (z.B. moderat intensive Aktivität mit 4 METs, 30 min, 5 \times pro Woche, $\rightarrow 4 \text{ METs} \times 30 \text{ min} \times 5 = 600 \text{ MET-Minuten} = 10 \text{ MET-Std.}$; bei 70 kg Körpergewicht: $10 \text{ MET-Std.} \times 70 = 700 \text{ kcal/Woche}$).

■ **Dosis-Wirkungs-Beziehung**

Die Dosis-Wirkungs-Beziehung beschreibt die Beziehung zwischen der habituellen oder zu therapeutischen Zwecken eingesetzten Aktivitätsdosis und dem damit assoziierten bzw. zu erwartenden Gesundheitsnutzen. Diese Beziehungen hängen von verschiedenen Faktoren wie dem Ausgangsniveau der körperlichen Aktivität oder körperlichen Fitness, dem Gesundheitsstatus, dem Geschlecht, der Medikation und dem untersuchten Endpunkt (z.B. kardiovaskuläre Erkrankungen, Neoplasien) ab. Das Lebensalter hat nur einen geringfügigen Einfluss auf diese Beziehung (Kesaniemi et al. 2001). Möglichst genaue Kenntnisse über den Dosis-Wirkungs-Zusammenhang haben sowohl Bedeutung für die Entwicklung bevölkerungsbezogener Bewegungsempfehlungen als auch auf individueller Ebene, wenn körperliches Training wie ein Medikament verordnet werden soll (ebd.).

■ **Körperliche Inaktivität (physical inactivity)**

Eine exakte quantitative Beschreibung dieses Begriffs ist schwierig, zumal körperliche Aktivität eine Exposition darstellt, die sich unter normalen Bedingungen innerhalb einer bestimmten Bandbreite bewegt, aber keinen „Nullwert“ hat. Schon mit Basisaktivitäten (z.B. Körperpflege, Kochen, Haushalt, Einkaufen etc.) werden >60 Minuten leicht intensive Aktivität pro Tag kumuliert. Unter „körperlich inaktiv“ wird ein Aktivitätsniveau verstanden, das kaum über die Basisaktivitäten hinausgeht, unter „nicht ausreichend körperlich aktiv“ ein Niveau, das über dem der

1.1 · Begriffsbestimmungen

■ **Tab. 1.1** Beispiele von körperlichen Aktivitäten in den verschiedenen Domänen, geordnet nach Intensitätskategorien bzw. dem Energieverbrauch. (Mod. nach Ainsworth et al. 2000)

Sedentär (Sitzaktivität) <1,5 METs	Niedrige Intensität (leicht) 1,5–2,9 METs	Mittlere Intensität (moderat) 3,0–5,9 METs	Hohe Intensität (intensiv) ≥6 METs
Arbeit/Beruf PC-Arbeit	Bürotätigkeit (sitzend/stehend) Berufskraftfahrer	Stehende und gehende Tätigkeit Leichte Ladetätigkeiten Landwirtschaft	Schwere manuelle Tätigkeiten/Baugewerbe/ Konstruktionsarbeiten/ Ladetätigkeiten/ Schwerindustrie/ Forstarbeit
Transport Auto/Bus/Bahn fahren Fahrzeug lenken	Schlendern	Gehen zur Haltestelle Mit dem Microscooter fortbewegen Einkäufe zu Fuß erledigen	Mit dem Fahrrad zur Arbeit/zum Einkauf/ Treppensteigen
Haushalt/Familie	Duschen/Anziehen/ Körperpflege Betten machen/ Aufräumen Essen vorbereiten Geschirr her- bzw. wegräumen Wäsche waschen/ Bügeln Blumen gießen Kinderpflege Haustiere versorgen	Staubsaugen Müll entsorgen Reparaturarbeiten/ Ausmalen Im Garten arbeiten Rasenmähen/Hecken schneiden Schnee schaufeln Kinderwagen schieben/ Kind tragen Mit dem Hund ausgehen	Schneeschaufeln Kartons tragen Möbel packen/tragen Umzug Treppensteigen
Freizeit Rasten/Liegen Fernsehen/ Kinofilm ansehen Lesen/Musik hören Internet/ Videospiele Telefonieren/SMS schreiben Spiele am Tisch Lesen	Musikinstrument spielen Bastelarbeiten Spazieren/ Schlendern Museumsbesuch/ Zoobesuch Fischen Stretching TaiChi/QiGong/Joga Darts/Billard Ergometertraining 25 Watt	Radfahren <15 km/h Ergometertraining 50–100 Watt Aktives Spiel mit den Kindern Golf Tischtennis Gymnastik Krafttraining Volkstanz/Lateinamerika- nische Tänze Wandern/Skiwandern Walking Schwimmen langsam Segeln/Schnorcheln/ Tauchen	Radfahren >15 km/h Ergometertraining >100 Watt Mountainbiken Inlineskaten Laufen/Bergwandern Tennis/Badminton/ Volleyball/Beachvolleyball Fußball/Basketball/ Eislaufen/Eishockey Alpiner Skilauf/ Snowboarden Skilanglauf/ Skitouren gehen Klettern Judo/Karate Kanu/Rudern/Kajak Längen schwimmen zügig

Basisaktivitäten liegt, aber die WHO-Mindestempfehlung von 150 Minuten mäßig intensiver körperlicher Aktivität pro Woche nicht erreicht (Bull et al. 2003; WHO 2010). Im deutschen Sprachraum wird häufig auch der Begriff „Bewegungsmangel“ verwendet. Der „International Physical Activity Questionnaire“ klassifiziert als „inaktiv“ (low) ein Gesamtniveau (alle Domänen) von <600 MET-Minuten pro Woche (entspricht <700 kcal für eine 70 kg schwere Person) (International Physical Activity Questionnaire 2014). Dieser Wert liegt niedriger als die WHO-Mindestempfehlung und wird neuerdings vor allem in Prävalenzstudien als Cut-point für „körperlich inaktiv“ verwendet (Sjöström et al. 2006; Lim et al. 2012).

Körperliche Inaktivität gilt als eigenständiger Risikofaktor, der das Risiko für viele nicht übertragbare Krankheiten erhöht und die Lebenserwartung verkürzt (Lee et al. 2012). Körperliche Inaktivität verursacht etwa 6% (95%-Konfidenzintervall [CI]: 3–8) der globalen Krankheitslast von koronarer Herzkrankheit, 7% (95%-CI 4–10) von Typ-2-Diabetes, 10% (95%-CI 6–14) von Brustkrebs und 10% (95%-CI 6–14) von Darmkrebs. Körperliche Inaktivität ist für mehr als 9% (95%-CI 5–12) der vorzeitigen Sterblichkeit verantwortlich, das sind etwa 5,3 Millionen Todesfälle pro Jahr (ebd.). Nach den Ergebnissen der Global Burden of Disease Study 2010 nimmt körperliche Inaktivität, bezogen auf die globale Krankheitslast, unter 67 Risikofaktoren weltweit Rang 10 ein, in Europa Rang 6, in Nordamerika sogar Rang 5 (Lim et al. 2012).

■ Körperliche Fitness (physical fitness)

Körperliche Fitness beschreibt die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit und resultiert aus dem Zusammenspiel regelmäßigen Trainings (v.a. mit Ausdauer- und Kraftanteil) und genetischen Faktoren (Caspersen et al. 1985; Bouchard u. Rankinen 2001). Bei vielen Personen, vor allem solchen mit einem niedrigen Aktivitätsniveau, führt eine Steigerung des körperlichen Aktivitätsniveaus zu einer Steigerung der körperlichen Fitness. Das Ausmaß der Verbesserung kann aber in Abhängigkeit des genetischen Ausgangsprofils individuell stark variieren (Bouchard u. Rankinen 2001; Church et al. 2007). Gesundheitsbezogene körperliche Fitness lässt sich am besten über muskuläre, metabolische, motorische und kardiorespiratorische Merkmale definieren, deren Entwicklung einen günstigen Einfluss auf den Gesundheitsstatus ausüben. In epidemiologischen Studien bezieht sich der Begriff der körperlichen Fitness meistens auf die maximale aerobe Kapazität, die mit einer Belastungsuntersuchung quantifiziert werden kann. Leistungsbezogene körperliche Fitness bezieht sich auf die Komponenten, die für eine optimale sportliche Leistungsfähigkeit Voraussetzung sind, und zeigt nur eine beschränkte Beziehung zu Gesundheitsfaktoren.

Literatur

-
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ et al. (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 32: S498–S504
- Bouchard C, Rankinen T (2001) Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 33: S446–S451
- Bull F, on behalf of the CRA Physical Activity Work Group (2003) Defining physical inactivity. *Lancet* 361: 258–259
- Bull F et al. (2004) Physical inactivity: In: Ezzati M et al. (eds) *Comparative Quantifications of Health Risks*. World Health Organization, Genf, pp 729–881
- Byrne NM, Hils AP, Hunter GR, Weinsier RL, Schutz Y (2005) Metabolic equivalent: one size does not fit all. *J Appl Physiol* 99: 1054–1060
- Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM (1985) Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100: 126–131
- Church TS, Earnest CP, Skinner JS, Blair SN (2007) Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA* 297: 2081–2091

- Kesaniemi YA, Danforth EJ, Jensen MD et al. (2001) Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exercise* 33: S351–S358.
- Lee I-M (ed) (2009) *Epidemiologic Methods in Physical Activity Studies*. Oxford University Press, New York, NY
- Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Ruska P, Blair SN, Katzmarzyk T (2012) Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 380(9838): 219–229
- Lim S, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H et al. (2012) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380: 2224–2260
- Morris JN, Heady JA, Raffle PAB, Roberts CG, Parks JW (1953) Coronary heart disease and physical activity of work. *Lancet* 2: 1053–1057
- Sedentary Behaviour Research Network (2012) Letter to the editor: standardized use of the terms sedentary and sedentary behaviours. *App Physiol Nutr Metab* 37: 540–542
- Sjöström M, Oja P, Hagströmer M, Smith BJ, Bauman A (2006) Health-enhancing physical activity across European Union countries: the Eurobarometer Study. *J Public Health* 14: 291–300

Internetadressen

- International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). <http://www.ipaq.ki.se> (Zuletzt gesehen: September 2016)
- World Health Organisation (2010) Global Recommendation on Physical Activity for Health. http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf (Zuletzt gesehen: September 2016)

Primärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität

Günther Samitz

- 2.1 Sterblichkeit aller Ursachen – 12**
- 2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen – 14**
 - 2.2.1 Koronare Herzkrankheit – 14
 - 2.2.2 Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko – 15
- 2.3 Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen – 16**
 - 2.3.1 Darmkrebs – 16
 - 2.3.2 Brustkrebs – 17
 - 2.3.3 Körperliche Aktivität und andere Tumorrisiken – 17
- 2.4 Adipositas – 18**
- 2.5 Diabetes mellitus Typ 2 – 19**
- 2.6 Osteoporose – 20**
 - 2.6.1 Knochenstärkende Effekte bei Kindern und Jugendlichen – 21
 - 2.6.2 Knochenstärkende Effekte bei prämenopausalen Frauen und erwachsenen Männern – 22
 - 2.6.3 Knochenstärkende Effekte bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern – 23
- 2.7 Erhaltung der Mobilität im höheren Lebensalter – 24**
- Literatur – 25**

Die Evidenz zum primärpräventiven Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität auf nicht übertragbare chronische Erkrankungen beruht überwiegend auf epidemiologischen Studien. Randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) sind in der Minderzahl und beschränken sich zumeist auf die Untersuchung intermediärer Endpunkte und Surrogatparameter (z.B. kardiovaskuläre Risikofaktoren, VO_{2max} , Knochendichte, HbA_{1c}). Aufgrund der enormen Anzahl publizierter Studienberichte wird die Evidenz zu den wichtigsten Krankheitsbildern bzw. Gesundheitsendpunkten auf Basis aktueller systematischer Reviews, Meta-Analysen sowie großer singulärer Kohorten- bzw. RCTs zusammengefasst.

2.1 Sterblichkeit aller Ursachen

Zwischen der körperlichen Aktivität bzw. körperlichen Fitness und der Sterblichkeit aller Ursachen (= Gesamtsterblichkeit) besteht eine starke inverse Beziehung. Mehrere systematische Reviews und Meta-Analysen von prospektiven Kohortenstudien haben diesen Zusammenhang in den letzten Jahren untersucht (Nocon et al. 2007; Löllgen et al. 2009; Kodama et al. 2009; Woodcock et al. 2011; Samitz et al. 2011). Die Meta-Analysen inkludierten zwischen 20 und 80 Studien mit >100.000 bis 1,3 Millionen Studienteilnehmern, die zu Studienbeginn keine Herz-Kreislauf-, Krebs- oder andere schwerwiegende chronische Erkrankung oder Behinderung aufwiesen und im Mittel etwa 12 Jahre nachbeobachtet wurden. Das Mortalitätsrisiko der körperlich aktivsten im Vergleich zu den am wenigsten aktiven Kategorien war in den Analysen um 24–35% reduziert und die Risikoreduktion war bei den Frauen durchweg größer als bei den Männern. Die Gründe für den größeren Mortalitätsbenefit bei Frauen sind nicht klar, könnten in dem bei Frauen meist geringeren initialen Aktivitätsstatus, in biologischen Unterschieden und in methodischen Ursachen liegen. In drei dieser Analysen wurde auch die Dosis-Wirkungs-Beziehung quantifiziert (Woodcock et al. 2011; Samitz et al. 2011; Kodama et al. 2009).

Woodcock et al. analysierten den Zusammenhang zwischen nicht intensiven körperlichen Aktivitäten und der Gesamtsterblichkeit und kombinierten die Ergebnisse von 22 Kohortenstudien. Eine Aktivitätsdosis von 11 MET-Stunden pro Woche (ca. 2,5 Stunden moderate körperliche Aktivität pro Woche) war im Vergleich mit keiner Aktivität mit einer Reduktion des Mortalitätsrisikos um 19% (95%-CI 15–24) assoziiert. Die Risikoreduktion für Gehen allein fiel geringer aus (11%; 95%-CI 4–18). 31 MET-Stunden pro Woche (ca. 7 Stunden moderate körperliche Aktivität pro Woche) waren mit einer Risikosenkung von 24% (95%-CI 19–29) assoziiert. Die Autoren schlossen daraus, dass zwischen der körperlichen Aktivität und Gesamtsterblichkeit eine nichtlineare Beziehung besteht und die größte Risikominderung durch körperliche Aktivität beim Übergang von körperlicher Inaktivität zu einer moderaten körperlichen Aktivitätsstufe erfolgt, durch noch mehr Bewegung aber eine noch größere Reduktion des Mortalitätsrisikos erreicht wird (Woodcock et al. 2011).

Die umfassendste Meta-Analyse zu diesem Endpunkt stammt von unserer Arbeitsgruppe (Samitz et al. 2011). Die Analyse inkludierte 80 prospektive Kohortenstudien mit 1,3 Millionen Studienteilnehmern und untersuchte den Zusammenhang zwischen der Gesamt- und domänenspezifischen körperlichen Aktivität und der Mortalität. Weiters quantifizierten wir den Mortalitätsbenefit, der mit den aktuellen WHO-Aktivitätsempfehlungen assoziiert ist. In unserer Analyse war die WHO-Mindestempfehlung von 150 Minuten mäßig-intensiver körperlicher Aktivität pro Woche mit einer Risikominderung von 10% assoziiert (relatives Risiko [RR] 0,90, 95%-CI 0,84–0,96) und eine signifikante Reduktion der Gesamtsterblichkeit auch noch deutlich unterhalb dieser Mindestempfehlung gegeben. Der Mortalitätsbenefit pro Anstieg des Aktivitätsumfangs