



Manfred Wonisch · Peter Hofmann
Holger Förster · Eveline Ledl-Kurkowski
Rochus Pokan *Hrsg.*

Kompendium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin
und Pädiatrie

3. Auflage

 Springer

Kompendium der Sportmedizin

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

Kompendium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie

3. Auflage



Springer

Hrsg.

Manfred Wonisch
Graz, Österreich

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

Rochus Pokan
Institut für Sportwissenschaft
Universität Wien
Wien, Österreich

Peter Hofmann
Institut für Sportwissenschaften
Universität Graz
Graz, Österreich

Eveline Ledl-Kurkowski
Institut für Sportmedizin
Landeskrankenhaus Salzburg
Salzburg, Österreich

ISBN 978-3-662-68882-3 ISBN 978-3-662-68883-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-68883-0>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2004, 2017, 2025

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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheneigentümers*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: © scusi / stock.adobe.com

Planung/Lektorat: Renate Eichhorn

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Geleitwort zur 3. 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 Schwabegger (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 Sportarztdiplom.

Das nunmehr bereits in der 3. Auflage vorliegende Kompendium der Sportmedizin ist hervorragend dazu geeignet, als Grundlage einer landesspezifischen postpromotionellen Ausbildung auf dem Gebiet der physiologisch-internistisch-pädiatrischen Sportmedizin für das von der Österreichischen Ärztekammer verliehene *Sportarztdiplom* zu dienen. Es kann sowohl den Vortragenden 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 Fach- und Sachinformation über diese Teile der Sportmedizin auch für andere einschlägige Fachrichtungen wie z. B. Sport- und Trainingswissenschaft, für Angehörige von weiteren Gesundheitsberufen sowie für alle an der Sportmedizin interessierten Laien. Den Initiatoren und Autoren dieses Kompendiums gebührt Dank und Anerkennung, dem Kompendium selbst ist weitere hohe Akzeptanz und Verbreitung zu wünschen.

Günther Schwabegger

Gründungsmitglied der ATKL

vorm. 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**

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	9
2	Primärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings	11
	<i>Günther Samitz</i>	
2.1	Gesamtsterblichkeit	13
2.1.1	Körperliche Aktivität und Gesamt mortalität.....	13
2.1.2	Körperliche Fitness und Gesamt mortalität.....	16
2.1.3	Körperliche Aktivität oder körperliche Fitness als prognostischer Faktor?	17
2.2	Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVD)	18
2.2.1	Koronare Herzkrankheit (CHD).....	18
2.2.2	Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko	20
2.2.3	Körperliche Aktivität und Risiko für Bluthochdruck	20
2.3	Diabetes mellitus Typ 2 (DM2)	22
2.4	Übergewicht und Adipositas	24
2.4.1	Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Kindern und Jugendlichen.....	25
2.4.2	Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Erwachsenen.....	26
2.5	Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen	27
2.5.1	Alle Krebsformen kombiniert	29
2.5.2	Kolonkrebs.....	30
2.5.3	Brustkrebs	31
2.5.4	Malignes Melanom	32
2.5.5	Lungenkrebs	33
2.5.6	Endometrium Krebs	34
2.5.7	Gastroösophagealer Krebs	34
2.5.8	Pankreaskrebs	35
2.5.9	Magenkrebs	36
2.5.10	Blasenkrebs	36
2.5.11	Prostatakrebs	37
2.5.12	Assoziationen zu anderen Krebsformen.....	37
2.6	Körperliche Aktivität und psychische Erkrankungen	38
2.6.1	Depressive Störungen	38
2.6.2	Angststörungen.....	41
2.6.3	Psychose und Schizophrenie	41
2.7	Körperliche Aktivität und COVID-19	42
	Literatur	43

3	Sekundärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings	51
	<i>Günther Samitz</i>	
3.1	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	53
3.1.1	Arterielle Hypertonie	53
3.1.2	Koronare Herzkrankheit (KHK)	56
3.1.3	Chronische Herzinsuffizienz	59
3.1.4	Schlaganfall	61
3.2	Krebserkrankungen	63
3.2.1	Effekte körperlichen Trainings während und nach der aktiven Krebsbehandlung.....	64
3.2.2	Effekte körperlichen Trainings auf die Mortalität und das Rezidivrisiko	67
3.3	Chronisch obstruktive Lungenkrankheit (COPD)	70
3.3.1	Effekte der pulmologischen Rehabilitation (PR) bei COPD	70
3.3.2	Effekte einzelner Komponenten der Trainingstherapie bei COPD	72
3.4	Diabetes mellitus Typ 2 (DM2)	80
3.4.1	Effekte der Trainingstherapie auf intermediäre Endpunkte	81
3.4.2	Langzeitzutzen körperlicher Aktivität bei Patienten mit DM2	86
3.5	Chronische Nierenerkrankung (CKD)	86
3.5.1	Effekte der Trainingstherapie bei nicht dialysepflichtiger CKD	87
3.5.2	Effekte der Trainingstherapie bei dialysepflichtiger CKD	89
3.5.3	Effekte der Trainingstherapie bei nierentransplantierten Patienten	91
3.5.4	Einfluss der körperlichen Aktivität und physischen Funktion auf die Mortalität bei CKD	91
	Literatur	92

II Sportmedizinische Untersuchung

4	Empfehlungen für den internistischen Untersuchungsgang in der Sportmedizin	105
	<i>Rochus Pokan, Harald Gabriel, Helmut Hörtnagl, Andrea Podolsky, Karin Vonbank und Manfred Wonisch</i>	
4.1	Einleitung	106
4.2	Anamnese	106
4.3	Klinische Untersuchung	108
4.3.1	Blutdruck	109
4.3.2	Ruhe-Elektrokardiogramm	110
4.3.3	Weiterführende Diagnostik	113
	Literatur	119
5	Gütekriterien, Protokolle und Spezialergometrien zur Belastungsuntersuchung	123
	<i>Peter Hofmann, Philipp Birnbaumer und Gerhard Tschakert</i>	
5.1	Einführung	124
5.2	Testgütekriterien	124
5.2.1	Objektivität	124
5.2.2	Reliabilität	125
5.2.3	Validität	125

5.2.4	Nebengütekriterien (Normierung, Ökonomie)	126
5.3	Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit	127
5.4	Durchführung der Ergometrie und Wahl des Belastungsprotokolls	132
5.4.1	Einstufentests	135
5.4.2	Zweistufentests.....	136
5.4.3	Mehrstufentests.....	138
5.5	Bewertung der Belastungsuntersuchung	141
5.6	Spezialergometer	143
	Literatur	147

III Leistungsdiagnostik

6	Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung	153
	<i>Rochus Pokan, Peter Hofmann und Manfred Wonisch</i>	
6.1	Einführung	154
	Literatur	162
7	Der muskuläre Energiestoffwechsel bei körperlicher Aktivität	165
	<i>Gerhard Smekal und Stefan Heber</i>	
7.1	Die Formen der Energieproduktion	167
7.1.1	Wofür wird ATP im Skelettmuskel benötigt?.....	167
7.1.2	Wodurch wird die Kontraktion des Skelettmuskels ausgelöst?	167
7.1.3	Die drei wesentlichen Energiequellen für die Skelettmuskelkontraktion	168
7.1.4	Abhängigkeit der Art der ATP-Regeneration von Intensität und Dauer der Belastung	172
7.2	Die Rolle der Kohlenhydrate bei der Energiebereitstellung	173
7.3	Die Rolle der Fette bei der Energiebereitstellung	175
7.4	Die Rolle der Proteine bei der Energiebereitstellung	178
7.5	Ausdauertraining und Muskelergetik	181
7.6	Praktische Schlussfolgerungen	183
	Literatur	184
8	Funktionsdiagnostik akuter und chronischer Anpassung des Herz-Kreislauf-Systems an körperliche Belastungen	189
	<i>Rochus Pokan, Peter Hofmann und Manfred Wonisch</i>	
8.1	Akute Anpassung	191
8.1.1	Belastungs-Blutdruck.....	192
8.1.2	Belastungs-EKG	192
8.1.3	Myokardiale Funktion unter Belastung	193
8.1.4	Herzfrequenzverhalten während zunehmender Belastungsintensität (Ergometrie)	194
8.1.5	Bestimmung des Herzfrequenz Turn Points.....	203
8.1.6	Methoden der Bestimmung des Herzfrequenz-Knickpunktes.....	207
8.1.7	Hämodynamische Veränderungen bei Ultraausdauerbelastungen.....	209
8.2	Chronische Anpassung	211
8.2.1	Funktionelle Anpassung	211
8.2.2	Strukturelle Anpassung	211
8.2.3	Rückbildungsfähigkeit des Sportherzens	213

8.2.4	Funktionsdiagnostik.....	214
8.2.5	Schlussfolgerungen.....	232
	Literatur	232
9	Das Übertrainingssyndrom	239
	<i>Günther Neumayr</i>	
9.1	Einführung	240
9.2	Begriffserklärung	241
9.3	Ursachen und Pathomechanismen	242
9.4	Diagnostik	243
9.5	Vorbeugung	249
9.6	Schlussfolgerung	250
	Literatur	251
10	Funktionsdiagnostik akuter und chronischer Anpassung der Atmungsorgane (Spiroergometrie)	253
	<i>Manfred Wonisch, Rochus Pokan und Peter Hofmann</i>	
10.1	Einführung	254
10.2	Anwendung	254
10.3	Gerätekunde	255
10.4	Messgrößen	256
10.4.1	Atemfrequenz.....	256
10.4.2	Atemzugvolumen	256
10.4.3	Atemminutenvolumen.....	256
10.4.4	Sauerstoffaufnahme.....	257
10.4.5	Kohlendioxid-Abgabe	259
10.4.6	Respiratorischer Quotient	260
10.4.7	Sauerstoffpuls.....	262
10.4.8	Ventilatorische Totraum-/Tidalvolumen-Relation	262
10.4.9	Atemäquivalente für Sauerstoff und Kohlendioxid	262
10.5	Spirometrische Schwellen und Umstellpunkte	263
10.5.1	Erste Ventilatorische Schwelle (VT_1)	263
10.5.2	Zweite ventilatorische Schwelle (VT_2).....	266
	Literatur	273
11	Chronische Anpassung der Atmungsorgane	277
	<i>Manfred Wonisch, Rochus Pokan und Peter Hofmann</i>	
11.1	Einführung	278
11.2	Grundlagen der Atmung	278
11.2.1	Pulmonaler Gasaustausch und Sauerstofftransport	278
11.3	Pulmonale Funktionsdiagnostik in Ruhe: Spirometrie	279
11.4	Lungenfunktion, Training und körperliche Leistungsfähigkeit	282
11.5	Belastungsinduziertes Asthma bronchiale	282
	Literatur	283

12	Laktat-Leistungsdiagnostik - Durchführung und Interpretation	285
	<i>Peter Hofmann, Manfred Wonisch und Rochus Pokan</i>	
12.1	Grundlagen	287
12.2	Grundlagen des muskulären Energiestoffwechsels	287
12.3	Freund oder Feind? Eine aktuelle Bewertung der Blut-Laktat-Konzentration und der Laktat-Shuttle Theorie	289
12.4	Schwellen/Umstellpunkte und maximales Laktat-Steady-State	293
12.4.1	Phase I der Energiebereitstellung	296
12.4.2	Phase II der Energiebereitstellung	301
12.4.3	Phase III der Energiebereitstellung	305
12.4.4	Maximales Laktat Steady State und Schwellen	308
12.5	Dreiphasigkeit anderer physiologischer Kenngrößen	310
12.6	Weitere metabolische Kenngrößen der Leistungsdiagnostik	313
12.6.1	Verlauf der Elektrolyte	313
12.7	Ältere Konzepte im Rückblick	316
12.7.1	Erster Umstellpunkt („Aerobe Schwelle“)	316
12.7.2	Zweiter Umstellpunkt (Anaerobe Schwelle).....	317
12.7.3	Zusammenfassung	320
12.8	Messung des Parameters Blut-Laktat-Konzentration	321
12.8.1	Ruhe-Laktatwerte	322
12.8.2	Laktat-Verlauf während stufenförmiger Belastung: Laktat-Leistungs-Kurve	322
12.8.3	Laktat-Verlauf in der Erholung	327
12.9	Laktat-Verlauf während einstufiger Belastung	331
12.9.1	Aerobe Tests	331
12.9.2	Anaerobe Tests	331
12.10	Felduntersuchungen	334
12.10.1	Einstufen-Tests	335
12.10.2	Zwei- und Mehrstufen-Tests	336
12.11	Einflussgrößen auf die Messgröße Laktat	338
12.11.1	Einfluss der Ernährung	339
12.11.2	Einfluss von Vorbelastung und Glykogen-Speicher	340
12.11.3	Einfluss des Protokolls	343
12.12	Praktische Durchführung einer Ergometrie zur Bestimmung der Laktat-Leistungs-Kurve	345
12.12.1	Labortests	345
12.12.2	Feldtests	346
12.12.3	Leistungsdiagnostik im Tennis	347
12.12.4	Leistungsdiagnostik im Badminton	349
12.13	Die Laktat-Leistungs-Kurve als Grundlage der Trainingsberatung	351
12.14	Zusammenfassung	353
	Literatur	353

IV Grundlagen der Trainingslehre

13	Allgemeine Grundlagen, Planung und Organisation des Trainings	375
	<i>Peter Hofmann und Gerhard Tschakert</i>	
13.1	Einführung.....	376
13.2	Allgemeine Grundlagen der Anpassungsprozesse durch körperliches Training.....	376
13.3	Belastung, Ermüdung, Wiederherstellung und Superkompensation.....	380
13.4	Komponenten der Leistungsfähigkeit – motorische Hauptbeanspruchungsformen.....	385
13.4.1	Belastungskomponenten.....	387
13.5	Allgemeine Trainingsprinzipien.....	389
13.6	Planung, Organisation und Auswertung des Trainingsprozesses.....	396
13.7	Trainingsregelung und Diagnostik.....	398
13.8	Der langfristige Trainingsprozess.....	399
13.9	Trainingsperiodisierung.....	401
13.10	Besonderheiten des Trainings bei speziellen Gruppen.....	405
	Literatur.....	406
14	Training der Hauptkomponenten der Leistungsfähigkeit – Trainingsmethoden und Trainingsberatung.....	417
	<i>Gerhard Tschakert, Alexander Müller und Peter Hofmann</i>	
14.1	Einführung.....	419
14.2	Ausdauer.....	419
14.2.1	Arten der Ausdauer.....	419
14.2.2	Bedeutung der Ausdauer.....	420
14.2.3	Anpassungsprozesse an Ausdauerbelastungen und ihre Regulation auf molekularer Ebene.....	421
14.2.4	Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit.....	423
14.2.5	Ausdauertraining.....	424
14.2.6	Methoden des Ausdauertrainings.....	425
14.3	Kraft und Krafttraining.....	454
14.3.1	Anpassungseffekte durch Krafttraining.....	455
14.3.2	Trainingsmethodische Aspekte.....	457
14.4	Schnelligkeit – Training und Methoden.....	460
14.4.1	Psycho-physische Faktoren der Schnelligkeit.....	460
14.5	Beweglichkeits-Training.....	463
14.6	Training der koordinativen Fähigkeiten und der Technik.....	464
14.7	Taktik-Training.....	465
14.8	Trainingsberatung.....	466
14.8.1	Quantitative und qualitative Trainingsberatung.....	466
	Literatur.....	466

15	Praktische Umsetzung der Leistungsdiagnostik und des Trainings am Beispiel Triathlon	479
	<i>Christian Almer, Peter Hofmann und Manfred Wonisch</i>	
15.1	Einführung	481
15.2	Leistungsbestimmende Faktoren im Triathlon und wissenschaftlicher Hintergrund	482
15.2.1	Konditionelle Komponenten	483
15.2.2	Technisch-koordinative Komponenten.....	485
15.2.3	Einfluss und Stellenwert des Materials.....	488
15.2.4	Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit).....	490
15.2.5	Taktik und Renneinteilung.....	492
15.2.6	Ernährung und Wettkampfverpflegung	493
15.2.7	Psychologische Faktoren und mentale Einstellung	494
15.2.8	Komplexe Fähigkeiten im Triathlon	494
15.3	Schwellenleistung im Triathlon	496
15.4	Bedeutung der Bewegungsfrequenz	499
15.5	Praktische Umsetzung	501
15.5.1	Schwimmtraining.....	501
15.5.2	Radtraining	502
15.5.3	Lauftraining	503
15.6	Sportmedizinisch-klinische Besonderheiten des Triathlon-Sports	505
	Literatur	508

V Ernährung

16	Kohlenhydrate und Sport	521
	<i>Manfred Lamprecht und Lisa Meixner-Götz</i>	
16.1	Kohlenhydrate und Sport	522
16.2	Kohlenhydrataufnahme vor Belastungen	522
16.2.1	Kohlenhydrataufnahme im Mikrozyklus vor Wettkämpfen.....	522
16.3	Kohlenhydrataufnahme während der Belastung	524
16.4	Kohlenhydrataufnahme nach der Belastung	527
16.5	Glykämischer Index und Glykämische Ladung	528
	Literatur	529
17	Fette und Sport	531
	<i>Manfred Lamprecht und Lisa Meixner-Götz</i>	
17.1	Körperfettreduktion und „Fettstoffwechseltraining“	533
17.2	Fettsäurepräparate	538
	Literatur	539
18	Proteine und Sport	541
	<i>Manfred Lamprecht und Tobias Ziegler</i>	
18.1	Proteinbedarf	543
18.1.1	Überdosierung	544

18.2	Biologische Wertigkeit	544
18.3	Unerwünschte Begleitstoffe	545
18.3.1	Fett und Cholesterin	545
18.3.2	Purin	545
18.4	Eiweißaufnahme vor, während und nach der Belastung	546
18.5	Eiweißpräparate/Supplementationen	546
18.6	Ein geniales Team: Proteine und Kohlenhydrate!	547
18.6.1	Resorptionsgrenze	548
18.6.2	Proteincycling – ein Mythos	548
	Literatur	549
19	Mikronährstoffe und Sport	551
	<i>Manfred Lamprecht und Lisa Meixner-Götz</i>	
19.1	Vitamine und Sport	552
19.1.1	Einteilung der Vitamine	552
19.1.2	Funktion/Vorkommen/Bedarf	552
19.1.3	Supplementationen/Überdosierungen	555
19.2	Mineralstoffe und Sport	556
19.2.1	Einteilung der Mineralstoffe	557
19.2.2	Funktion/Vorkommen/Bedarf	557
19.2.3	Bioverfügbarkeit/Interaktionen	559
19.2.4	Supplementationen	561
19.3	Überdosierungen	562
	Literatur	563
20	Flüssigkeitshaushalt und Thermoregulation	565
	<i>Manfred Lamprecht und Tobias Ziegler</i>	
20.1	Körperwasser	566
20.1.1	Schweiß	567
20.2	Flüssigkeitsaufnahme	569
20.2.1	Flüssigkeitsmengen	569
20.2.2	Zeitliche Handhabung	570
20.3	Getränke im Leistungssport	572
20.3.1	Isotonie	572
20.3.2	Mineralstoffe	572
20.3.3	Kohlenhydrate	573
20.3.4	Vitamine	574
20.3.5	Kohlensäure	574
20.3.6	Getränkearten	575
20.3.7	Mineralwasser	575
20.3.8	Brausetabletten	576
20.3.9	Bier, Cola, Powerdrinks	576
	Literatur	577

21	Nahrungsergänzung und Sport	579
	<i>Manfred Lamprecht und Tobias Ziegler</i>	
21.1	Antioxidantien	580
21.1.1	Beispiele antioxidativer Supplementationen	580
21.1.2	Antioxidantien-Supplementation: Sekundäre Pflanzenstoffe	581
21.1.3	Antioxidantien-Supplementation: Acetylsalicylsäure	582
21.1.4	Antioxidantien-Supplementation: Ubichinon (Coenzym Q ₁₀)	583
21.1.5	Kreatin	583
21.2	Verzweigtkettige Aminosäuren	585
21.3	L-Carnitin	586
21.4	Koffein	587
21.5	Glutamin	589
21.6	L- Arginin, L-Citrullin, Stickstoffmonoxid (NO)	589
21.7	Alkalisalze/Basenpulver	590
21.8	β-Alanin	591
21.9	Probiotika	592
	Literatur	593

VI Immunsystem

22	Sport und Immunsystem	597
	<i>Christian Puta, Simon Haunhorst und Holger Gabriel</i>	
22.1	Immunsystem als Gesundheitsressource	599
22.2	Wesentliche Komponenten des körpereigenen Abwehrsystems (Immunsystem)	600
22.2.1	Subjektives Empfinden und Symptome des Immunsystems	601
22.2.2	Die erste Abwehrlinie – Aufgabe des unspezifischen Immunsystems	602
22.2.3	Spezifische Immunität – eine Aufgabe für Lymphozyten	605
22.2.4	Immunzellen zwischen „Stand-by-Modus“ und hochaktivem Killerstatus	606
22.2.5	Selbstregulation – ein Selbstschutz des Organismus	607
22.2.6	Infektionen der oberen Atemwege	608
22.2.7	Infektionen der oberen Atemwege und körperliche Aktivität	609
22.3	Akute dynamische körperliche Belastung und Immunantwort	610
22.4	(Über-)Training und Immunsystem	616
22.5	Infektionshäufigkeit des Athleten – das Modell der „J-förmigen“ Kurve	620
22.6	Strategien für Athleten zur Minimierung des Risikos für eine Verminderung der Immunfunktion	622
22.7	Ich habe einen Infekt – was tun? Vermeidung der Ursachen für Infektionen	622
22.8	Sport bei Infektionen	624
22.9	Aktuelle Empfehlungen zur Rückkehr zum Sport nach mildem/moderatem COVID-19	625
22.9.1	Charakterisierung der Symptome und der immunologischen Antwort bei COVID-19	626
22.10	Zusammenfassung	630
	Literatur	632

VII Spezielle Bereiche der Sportmedizin

23	Kindersportmedizin	641
	<i>Holger Förster</i>	
23.1	Einleitung	642
23.2	Physiologie	642
23.3	Sportmedizinische Untersuchung	644
23.4	Orthopädischer Status inklusive Muskelfunktionsprüfung	647
23.5	Zusatzuntersuchungen	648
23.6	Belastungsuntersuchung bei Kindern	650
23.7	Training	654
	Literatur	655
24	Die Frau im Sport	659
	<i>Andrea Podolsky und Eveline Ledl-Kurkowski</i>	
24.1	Einleitung	661
24.2	Bewegung ist für Frauen wichtig	661
24.2.1	Gesundheitlicher Nutzen von regelmäßiger Bewegung	661
24.2.2	Gewichtsmanagement und Überernährung	662
24.2.3	Internationale Bewegungsempfehlungen	663
24.2.4	Körperliche Aktivität im Geschlechtervergleich	664
24.2.5	Was sind die Gründe für die geringere Sportbeteiligung von Frauen?	665
24.2.6	Pläne zur Umsetzung von Gendergerechtigkeit bei Bewegung und Sport	666
24.3	Frauen und Leistungssport	666
24.3.1	Geschichtliche Entwicklung	666
24.3.2	Verhältnis Frauen/Männer bei Olympischen Spielen	668
24.3.3	Leistung und Trainierbarkeit	668
24.4	Gesundheitsthemen im Frauensport	671
24.4.1	Relatives Energiedefizit im Sport (RED-S).....	671
24.4.2	Knochengesundheit.....	674
24.4.3	Verletzungsmuster.....	675
24.5	Frauenspezifische Themen	675
24.5.1	Die weibliche Brust	675
24.5.2	Menstruationszyklus und Zyklusstörungen	675
24.5.3	Schwangerschaft.....	678
24.5.4	Kontrazeptiva	680
24.5.5	Menopause.....	680
24.6	Schlussbetrachtung	681
	Literatur	681
25	Sport im höheren Lebensalter	689
	<i>Werner Benzer</i>	
25.1	Einführung	690
25.2	Leistungsphysiologische Aspekte des Alterns	692
25.2.1	Altersbedingte Veränderungen am Herz-Kreislaufsystem.....	692
25.2.2	Altersbedingte Veränderungen des muskuloskeletalen Systems.....	692
25.3	Beeinflussung des biologischen Alterns	693

25.4	Leistungsdiagnostik beim älteren Menschen	693
25.4.1	Funktionelle Zuordnung der Altersgruppen	693
25.4.2	Sporteignungsuntersuchung	693
25.5	Praktische Sportausübung im Alter	694
25.5.1	Ausdauertraining	695
25.5.2	Krafttraining	695
25.5.3	Koordinations- und Beweglichkeitstraining	696
25.6	Gefahren bei körperlichem Training im Alter	696
	Literatur	697
26	Behindertensport	699
	<i>Bettina Mössenböck, Helmuth Ocenasek und Eveline Ledl-Kurkowski</i>	
26.1	Einführung	700
26.2	Ebenen des Behindertensports	700
26.3	Klassifizierung	701
26.4	Überblick über die Behinderungsarten	703
26.4.1	Querschnittlähmung	703
26.4.2	Amputationen und Gliedmaßenschäden	704
26.4.3	Cerebralparese	705
26.4.4	Hörbehinderungen	705
26.4.5	Sehbehinderungen	706
26.4.6	Mentalbehinderungen	706
26.5	Leistungsdiagnostik	707
26.5.1	Leistungsphysiologische Untersuchungen	707
	Literatur	708
27	Doping und gesundheitliche Risiken	711
	<i>Manfred Wonisch und Rochus Pokan</i>	
27.1	Einleitung	712
27.2	Epidemiologie	712
27.2.1	Doping im Freizeitsport	712
27.2.2	Doping bei Jugendlichen	713
27.2.3	Doping in der Gesellschaft	713
27.2.4	Verfügbarkeit	713
27.3	Doping-Definition	714
27.4	Potenziell kardial schädliche Substanzen und Methoden	715
27.4.1	Anabole Steroide und Testosteron	715
27.4.2	Peptidhormone	717
27.4.3	β 2-Agonisten	718
27.4.4	Diuretika	719
27.4.5	Amphetamine	719
27.4.6	Kokain	719
27.4.7	Ephedrin	719
27.4.8	Cannabinoide	720
27.4.9	Fettburner	720
27.5	Zusammenfassung	720
	Literatur	721

VIII Training als Therapie / Sport bei Erkrankungen

28	Körperliches Training als Therapie bei chronischen Erkrankungen	725
	<i>Werner Benzer</i>	
28.1	Einführung	727
28.2	Körperliche Aktivität und Training zur Prävention und Therapie von Herz-Kreislaufkrankungen	727
28.2.1	Physiologische Effekte von körperlichem Training auf das Herz-Kreislaufsystem.....	727
28.2.2	Die Bedeutung von körperlichem Training zur Modifikation kardiovaskulärer Risikofaktoren.....	728
28.3	Medizinische Trainingssteuerung bei chronischen Erkrankungen	731
28.3.1	Erstellung eines individuellen Trainingsplans für chronisch Kranke folgend der S3-Leitlinie zur kardiologischen Rehabilitation im deutschsprachigen Raum Europas (Schwaab 2021).....	732
28.3.2	Ausdauertraining: Dauermethode oder Intervallmethode	733
28.3.3	Risiken von körperlichem Training bei Patienten mit chronischen Erkrankungen	734
28.4	Körperliches Training als Therapie für spezielle Patientengruppen	734
28.4.1	Patienten mit koronarer Herzkrankheit	734
28.4.2	Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz.....	735
28.4.3	Patienten mit arterieller Verschlusskrankheit	736
28.4.4	Patienten mit Lungenerkrankungen.....	737
28.4.5	Patienten mit neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen	738
28.4.6	Körperliche Aktivität zur Prävention und Therapie von Krebserkrankungen	739
28.4.7	Körperliches Training zur Behandlung von Beschwerden am Bewegungsapparat.....	742
28.4.8	Körperliche Aktivität zur Prävention und Therapie der Osteoporose	742
28.5	Auf körperlichem Training basierende kardiologische Rehabilitation	743
28.5.1	Spezielle Trainingsmethoden für Patienten mit Herzinsuffizienz in der kardiologischen Rehabilitation	746
	Literatur	747
29	Sport und Diabetes mellitus Typ 1 (DM1)	753
	<i>Othmar Moser</i>	
29.1	Blutglukosemessung und interstitielle Glukosemessung (CGM) bei Sport	754
29.2	Therapieanpassung bei Blutglukosemessung für physische Aktivität und Sport	756
29.3	Therapieanpassung bei Nutzung eines CGM-Gerätes für physische Aktivität und Sport	757
29.3.1	Vorbereitung auf den Sport bei Benutzung von CGM/isCGM	757
29.3.2	Sport bei Benutzung von CGM/isCGM	758
29.3.3	Benutzung von isCGM/CGM nach dem Sport	759
29.4	Therapie bei Hybrid-Closed-Loop-Systemen für physische Aktivität und Sport	761
29.4.1	Hybrid-Closed-Loop-Systeme während physischer Aktivität und Sport.....	761
29.5	Fazit für die Praxis	762
	Literatur	762

30	Körperliche Aktivität und Training als Therapie bei onkologischen Erkrankungen	765
	<i>David Kiesel</i>	
30.1	Formen und Aufbau onkologischer Trainingstherapie	768
30.2	Kontraindikationen onkologischer Trainingstherapie	769
30.3	Fazit.....	770
	Literatur	770

IX Sport und Umweltbedingungen

31	Sport und Umweltbedingungen	775
	<i>Holger Förster</i>	
31.1	Einführung.....	776
31.2	Temperaturregulation	776
31.3	Hitze und Hitzeadaptation.....	777
31.3.1	Veränderungen unter Belastung	778
31.3.2	Anpassung an Hitze – Akklimatisation.....	778
31.3.3	Hitzekrankheiten	779
31.3.4	Therapie.....	780
31.4	Kälte und Kälteadaptation	781
31.4.1	Gegenstrategien.....	782
31.4.2	Hypothermie.....	782
31.4.3	Lokale Erfrierungen	783
31.5	Luftschadstoffe	784
	Literatur	784
32	Mittlere Höhenlagen – Höhenanpassung und Höhenttraining	787
	<i>Wolfgang Schobersberger und Beatrix Schobersberger</i>	
32.1	Einleitung.....	788
32.2	Physikalische Grundlagen der mittleren Höhe	788
32.3	Anpassungsmechanismen an mittlere Höhe.....	789
32.3.1	Kardiopulmonale Anpassungsmechanismen an moderate Hypoxie	789
32.3.2	Erythrozytäre Anpassungsmechanismen an moderate Hypoxie	790
32.3.3	Regulation des Säure-Basen-Haushaltes in mittlerer Höhe	794
32.3.4	Flüssigkeitshaushalt in mittlerer Höhe	794
32.4	Höhentraining	795
32.4.1	Formen des Höhentrainings	796
32.4.2	Höhentraining und Leistungssteigerung?	797
32.4.3	Erythropoiese	797
32.4.4	Atmung.....	798
32.4.5	Muskelstoffwechsel	798
32.4.6	Optimale Dauer des Höhentrainings	798
	Literatur	799

33	Medizinische Aspekte des Sporttauchens	801
	<i>Helmuth Ocenasek und Rochus Pokan</i>	
33.1	Tauchen mit Atemgerät (SCUBA-Diving)	802
33.2	Physiologische Vorbemerkungen.....	803
33.2.1	Druckverhältnisse unter Wasser, verschiedene Atemgase.....	804
33.3	Tauchassozierte Erkrankungen	805
33.3.1	Intoxikationen	805
33.4	Tauchen und Fliegen	817
33.5	Tauchtauglichkeit.....	817
	Literatur	820
	 Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis	823

Autorenverzeichnis

Christian Almer SPORT-med-GRAZ, Zentrum für sportmedizinische Leistungsdiagnostik und sportwissenschaftliche Trainingsberatung, Graz, Österreich

Werner Benzer Reha+, Abteilung Kardiologie, AKS Gesundheit GmbH, Bregenz, Austria
AKS Gesundheit GmbH; Reha+, Abteilung Kardiologie, Bregenz, Austria

Philipp Birnbaumer Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit; Exercise Physiology, Training & Training Therapy Research Group, Universität Graz, Graz, Austria

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

Harald Gabriel Klinische Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin II, Wien, Österreich

Holger Gabriel Institut für Sportwissenschaft, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Deutschland

Simon Haunhorst Lehrstuhl für Sportmedizin und Gesundheitsförderung, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Deutschland

Stefan Heber Abteilung Sportphysiologie, Institut für Sportwissenschaft Universität Wien, Wien, Österreich

Institut für Physiologie, Zentrum für Physiologie und Pharmakologie, Wien, Österreich

Peter Hofmann Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit; Exercise Physiology, Training & Training Therapy Research Group, Universität Graz, Graz, Austria

Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit; Forschungsgruppe Leistungsphysiologie, Training & Trainings Therapie, Universität Graz, Graz, Österreich

Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit, Universität Graz, Graz, Österreich

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

David Kiesel Kepler Universitätsklinikum Linz, Abteilung für Hämatologie und Internistische Onkologie, Linz, Österreich

Manfred Lamprecht Green Beat, Institut für Nährstoff-Forschung und Sporternährung, Graz, Österreich

Eveline Ledl-Kurkowski Institut für Sportmedizin, Landeskliniken Salzburg, Salzburg, Österreich

Landeskliniken Salzburg, Institut für Sportmedizin, Salzburg, Österreich

Lisa Meixner-Götz Green Beat, Institut für Nährstoff-Forschung und Sporternährung, Graz, Österreich

Othmar Moser Abteilung für Exercise Physiology & Metabolism (Sportmedizin), Institut für Sportwissenschaft, Universität Bayreuth, Bayreuth, Deutschland

Schwerpunktambulanz für Diabetes, Physische Aktivität und Sport, Klinische Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

Bettina Mössenböck Innsbruck, Österreich

Alexander Müller Klinische Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

Günther Neumayr Facharzt für Innere Medizin, Kardiologie und Sportmedizin, Linz, Österreich

Helmuth Ocenasek Cardiomed, Ambulante Kardiologische Rehabilitation, Linz, Österreich

Andrea Podolsky Klinisches Institut für Präventiv- und Angewandte Sportmedizin, Universitätsklinikum Krems Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften, Krems, Österreich

Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften, Klinisches Institut für Präventiv- und Angewandte Sportmedizin, Universitätsklinikum Krems, Krems, Österreich

Rochus Pokan Institut für Sportwissenschaft, Wien, Österreich

Christian Puta Lehrstuhl für Sportmedizin und Gesundheitsförderung, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Deutschland

Günther Samitz Neulengbach, Österreich

Beatrix Schobersberger FÄ Innere Medizin, Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin (ÖGAHM), Patsch, Österreich

Wolfgang Schobersberger Institut für Sport-, Alpinmedizin und Gesundheitstourismus (ISAG), Tirol Kliniken GmbH Innsbruck und UMIT Tirol, Hall/Tirol, UMIT TIROL – Private Universität für Gesundheitswissenschaften und –technologie, Innsbruck, Österreich

Gerhard Smekal Abteilung Sportphysiologie, Institut für Sportwissenschaft Universität Wien, Wien, Österreich

Gerhard Tschakert Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit; Exercise Physiology, Training & Training Therapy Research Group, Universität Graz, Graz, Austria
Institut für Bewegungswissenschaften, Sport & Gesundheit; Exercise Physiology, Training & Training Therapy Research Group, Universität Graz, Graz, Österreich

Karin Vonbank MedClinic Innere Stadt, Wien, Österreich

Manfred Wonisch Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie, Sportwissenschaftler
Franziskusspital, Wien, Österreich

Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie, Sportwissenschaftler, Graz, Österreich

SPORT-med-GRAZ, Zentrum für sportmedizinische Leistungsdiagnostik und sportwissen-
schaftliche Trainingsberatung, Graz, Österreich

Institut für Nährstoff-Forschung und Sporternährung, Green Beat, Graz, Österreich

Tobias Ziegler Green Beat, Institut für Nährstoff-Forschung und Sporternährung, Graz,
Österreich

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

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1	Einführung – 3 <i>Günther Samitz</i>
Kapitel 2	Primärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings – 11 <i>Günther Samitz</i>
Kapitel 3	Sekundärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings – 51 <i>Günther Samitz</i>



Einführung

Günther Samitz

Inhaltsverzeichnis

1.1	Begriffsbestimmungen – 4
	Literatur – 9

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. Schon im dritten vorchristlichen Jahrtausend finden sich 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 Jeremy Noah Morris (1910–2009) eine wegweisende Studie, durchgeführt an Mitarbeitern der Londoner Verkehrsbetriebe (London Busmen Study). Hier konnte er aufzeigen, dass die durch ischämische Herzkrankheit bedingte Sterberate bei den in den Doppeldeckerbussen treppauf und treppab steigenden 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 damit ein neues Forschungsgebiet initiierten. In den Folgejahrzehnten wurde in weiteren epidemiologischen Studien auch der Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und verschiedenen anderen Endpunkten der Morbidität und Mortalität untersucht (Lee 2009).

Ziel dieser einführenden, epidemiologisch ausgerichteten Kapitel ist es, grundlegende Konzepte der körperlichen Aktivität und körperlichen Fitness zu definieren und zu beschreiben und die aktuelle epidemiologische und klinische Evidenz zum Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität und strukturiertem Training/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

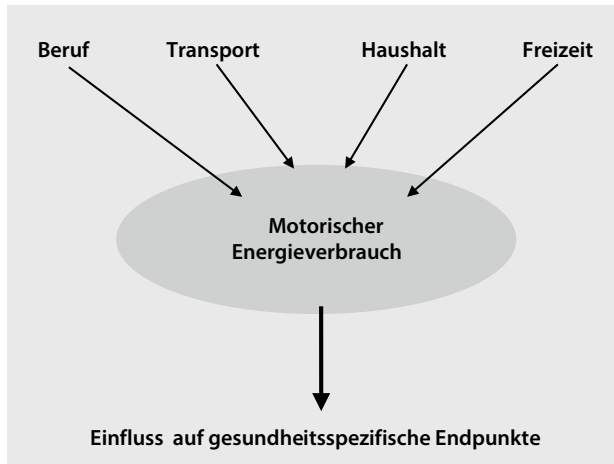
■ Körperliche Aktivität (physical activity)

Körperliche Aktivität (physical activity) umfasst jede Art motorischer Aktivität, die durch aktive Muskularbeit 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/Ausbildung, Freizeit, Haushalt/Garten, Transport (Bull et al. 2004;

■ Abb. 1.1).



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

Der relative Anteil der einzelnen Domänen am motorischen Gesamtenergieverbrauch hängt von verschiedenen Einflussfaktoren wie Lebensalter und Geschlecht, von der geografischen Lage sowie von den ökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen ab. In Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen müssen alle Domänen körperlicher Aktivität berücksichtigt werden. In den Anfängen der epidemiologischen Aktivitätsforschung wurden fast ausschließlich die berufs- und freizeitbezogene Domäne der körperlichen Aktivität untersucht. Sport, sofern er nicht berufsmäßig ausgeübt wird, ist eine Subkomponente der freizeitbezogenen körperlichen Aktivität. Mittlerweile werden ebenso Alltags- und transportbezogene Aktivitäten (z. B. moderate Haushaltsaktivitäten, mit dem Fahrrad zur Arbeit) in die Analysen einbezogen, da auch in diesen Domänen ein Präventionspotenzial gesehen wird. Zeit, die mit „Sitzen“ verbracht wird, wird seit einigen Jahren auch gesondert untersucht.

Die Erfassung von quantitativen Faktoren wie Belastungsintensität, -dauer und -häufigkeit ist notwendig, um die Gesamtdosis 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)**

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 so 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 (Ainsworth et al. 2000). Inzwischen ist auch ein speziell für Kinder und Jugendliche entwickeltes Kompendium („Youth Compendium“) verfügbar, das 196 Aktivitäten in 16 Aktivitätskategorien für vier verschiedene Altersgruppen von 6–18 Jahren erfasst (Butte et al. 2018).

■ Niedrige, mittlere, höhere Intensität

Körperliche Aktivitäten von < 3 METs werden als niedrig intensiv (low-intensity physical activity) bzw. als „leichte Aktivitäten“ eingestuft. In diese Kategorie fallen viele Basisaktivitäten des täglichen Lebens, wie z. B. Körperpflege, Essenszubereitung und andere leichte Haushaltstätigkeiten. Unter der Bezeichnung „Sedentary Behaviour“ wurde am unteren Ende dieses Intensitätsspektrums zusätzlich ein neuer Subbereich festgelegt, der alle liegenden und sitzenden Tätigkeiten mit einem MET-Wert von $\leq 1,5$ einschließt. Hierunter fallen z. B. Fernsehen/Video, Computerspiele, Internetsurfen oder Musik hören, ein Auto lenken und zahlreiche andere sitzende Tätigkeiten (Tremblay et al. 2017).

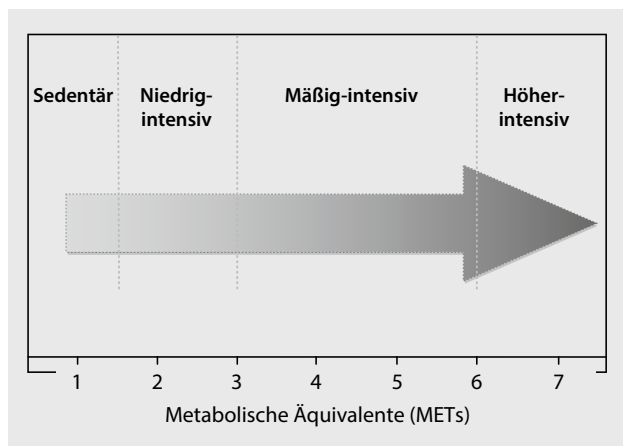
Körperliche Aktivitäten von 3–5,9 METs werden als mäßig intensiv (moderate-intensity physical activity) bzw. als „moderate Aktivitäten“ und solche mit ≥ 6 METs als höher intensiv (vigorous-intensity physical activity) bzw. als „schwere Aktivitäten“ bezeichnet. Guidelines zur körperlichen Aktivität differenzieren zwischen Aktivitäten mittlerer und höherer Intensität (WHO 2020).

(■ Abb. 1.2; ■ Tab. 1.1).

■ Aktivitätsdosis und Energieverbrauch

Die Interaktion zwischen Belastungsintensität, -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: $10 \text{ MET-Std.} \times 70 = 700 \text{ kcal/Woche}$).

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



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

Sedentary Behaviour < 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/Schwer- industrie/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 Bettenmachen/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 W	Radfahren < 15 km/h Ergometertraining 50–100 W Aktives Spiel mit den Kindern Golf Tischtennis Gymnastik Krafttraining Volkstanz/Lateinamerikanische Tänze Wandern/Skiwandern Walking Schwimmen langsam Segeln/Schnorcheln/Tauchen	Radfahren > 15 km/h Ergometertraining > 100 W Mountainbiken Inlineskaten Laufen/Bergwandern Tennis/Badminton/Volleyball/Beachvolleyball Fußball/Basketball/Eislaufen/Eishockey Alpiner Skilauf/Snowboards Skilanglauf/Skitouren gehen Klettern Judo/Karate Kanu/Rudern/Kajak Längen schwimmen zügig

■ Dosis-Wirkungs-Beziehung

Die Dosis-Wirkungs-Beziehung beschreibt die Beziehung zwischen der habituellen bzw. der zu präventiven oder therapeutischen Zwecken eingesetzten Aktivitätsdosis und dem damit assoziierten Gesundheitsnutzen. Diese Beziehung hängt maßgeblich von Faktoren wie dem Ausgangsniveau der körperlichen Aktivität, dem Gesundheitsstatus, dem Geschlecht, der Medikation und dem untersuchten Outcome (z. B. kardiovaskuläre Endpunkte, krebsbezogene Endpunkte) 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 absoluten „Nullwert“ hat. Schon mit Basisaktivitäten (z. B. Körperpflege, Kochen, Haushalt, Einkaufen etc.) werden > 60 min leicht intensive Aktivität pro Tag kumuliert. Die WHO definiert „körperlich inaktiv“ als Aktivitätsniveau, das kaum über die Basisaktivitäten hinausgeht und unterhalb der WHO-Mindestempfehlung von 150 min mäßig intensiver körperlicher Aktivität pro Woche liegt (WHO 2020). Im deutschen Sprachraum wird dafür häufig der Begriff „Bewegungsmangel“ verwendet. Der „International Physical Activity Questionnaire“ klassifiziert als „inaktiv“ (low) ein Gesamtaktivitätsniveau (alle Domänen) von < 600 MET-Minuten pro Woche (entspricht < 700 kcal für eine 70 kg schwere Person) (International Physical Activity Questionnaire 2022). Dieser Wert liegt niedriger als die WHO-Mindestempfehlung und wurde in verschiedenen 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 Mio. 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 und 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 und 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 hingegen auf solche 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 et al (2004) Physical inactivity. In: Ezzati M et al (Hrsg) Comparative quantifications of health risks. World Health Organization, Genf, S 729–881
- Butte NF, Watson KB, Ridley K, Zakeri IF, McMurray RG, Pfeiffer KA et al (2018) A youth compendium of physical activities: activity codes and metabolic intensities. *Med Sci Sports Exerc* 50:246–256
- 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 (Hrsg) (2009) Epidemiologic methods in physical activity studies. Oxford University Press, New York
- 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
- 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
- Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE et al (2017) Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act* 14:75

Internetadressen

International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). <https://sites.google.com/site/theipaq/>. (Zuletzt gesehen: September 2022)

World Health Organisation (2020) WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organisation; 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>. (Zuletzt gesehen: September 2022)

Primärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings

Günther Samitz

Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Gesamtsterblichkeit – 13**
 - 2.1.1 Körperliche Aktivität und Gesamtmortalität – 13
 - 2.1.2 Körperliche Fitness und Gesamtmortalität – 16
 - 2.1.3 Körperliche Aktivität oder körperliche Fitness als prognostischer Faktor? – 17
- 2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVD) – 18**
 - 2.2.1 Koronare Herzkrankheit (CHD) – 18
 - 2.2.2 Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko – 20
 - 2.2.3 Körperliche Aktivität und Risiko für Bluthochdruck – 20
- 2.3 Diabetes mellitus Typ 2 (DM2) – 22**
- 2.4 Übergewicht und Adipositas – 24**
 - 2.4.1 Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Kindern und Jugendlichen – 25
 - 2.4.2 Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Erwachsenen – 26
- 2.5 Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen – 27**
 - 2.5.1 Alle Krebsformen kombiniert – 29
 - 2.5.2 Kolonkrebs – 30
 - 2.5.3 Brustkrebs – 31
 - 2.5.4 Malignes Melanom – 32
 - 2.5.5 Lungenkrebs – 33

- 2.5.6 Endometrium Krebs – 34
- 2.5.7 Gastroösophagealer Krebs – 34
- 2.5.8 Pankreaskrebs – 35
- 2.5.9 Magenkrebs – 36
- 2.5.10 Blasenkrebs – 36
- 2.5.11 Prostatakrebs – 37
- 2.5.12 Assoziationen zu anderen Krebsformen – 37

2.6 Körperliche Aktivität und psychische Erkrankungen – 38

- 2.6.1 Depressive Störungen – 38
- 2.6.2 Angststörungen – 41
- 2.6.3 Psychose und Schizophrenie – 41

2.7 Körperliche Aktivität und COVID-19 – 42

Literatur – 43

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, $\text{VO}_{2\text{max}}$, HbA_{1c} , Knochendichte). Aufgrund der inzwischen enormen Anzahl originaler Studienberichte wird in diesem Abschnitt die Evidenz zu den wichtigsten Endpunkten der Mortalität und Morbidität vorwiegend auf Basis von Sekundäranalysen wie Umbrella-Reviews, Cochrane-Reviews und sonstigen systematischen Reviews und Metaanalysen zusammengefasst.

2.1 Gesamtsterblichkeit

Für die aktuelle Einschätzung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Aktivität bzw. körperlichen Fitness und der Sterblichkeit aller Ursachen (Gesamtsterblichkeit) stehen eine Umbrella-Review (Kraus et al. 2019), zahlreiche systematische Reviews mit oder ohne Metaanalyse (Nocon et al. 2008; Hamer & Chida 2008; Kodama et al. 2009; Lollgen et al. 2009; Warburton et al. 2010; Samitz et al. 2011; Woodcock et al. 2011; Milton et al. 2014; Kelly et al. 2014; Hupin et al. 2015; Ekelund et al. 2016) sowie mehrere große gepoolte Kohortenanalysen mit individuellen Probandendaten (Moore et al. 2012; Arem et al. 2015; O'Donovan et al. 2017; Liu et al. 2018b) zur Verfügung.

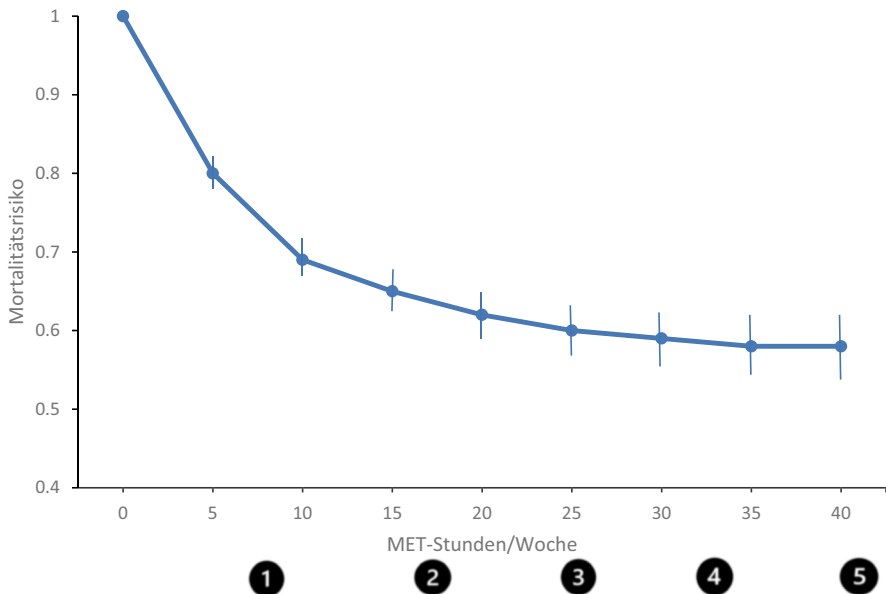
2.1.1 Körperliche Aktivität und Gesamtsterblichkeit

In der Umbrella-Review (eine systematische Review einzelner systematischer Reviews und Metaanalysen) des „2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee“ (Kraus et al. 2019) wurde der Zusammenhang zwischen Freizeitaktivitäten mittlerer bis höherer Intensität und der Gesamtsterblichkeit sowie weiterer Mortalitäts- und Morbiditätsendpunkte untersucht. 13 systematische Reviews, Metaanalysen und sonstige gepoolte Analysen prospektiver Kohortenstudien erfüllten die Einschlusskriterien und wurden analysiert (Hamer & Chida 2008; Lollgen et al. 2009; Warburton et al. 2010; Samitz et al. 2011; Woodcock et al. 2011; Moore et al. 2012; Milton et al. 2014; Kelly et al. 2014; Hupin et al. 2015; Arem et al. 2015; Ekelund et al. 2016; O'Donovan et al. 2017; Liu et al. 2018b). Diese inkludierten zwischen 9 und 80 Studien, repräsentierten eine Gesamtstudienpopulation von bis zu 3,9 Mio. Teilnehmern, bei einer durchschnittlichen Follow-up-Dauer von 3,8–20 Jahren. Eine Metaanalyse untersuchte sämtliche Domänen körperlicher Aktivität (Samitz et al. 2011), die meisten nur die Freizeitaktivität, zwei Metaanalysen nur speziell Gehen und/oder Radfahren (Hamer und Chida 2008; Kelly et al. 2014).

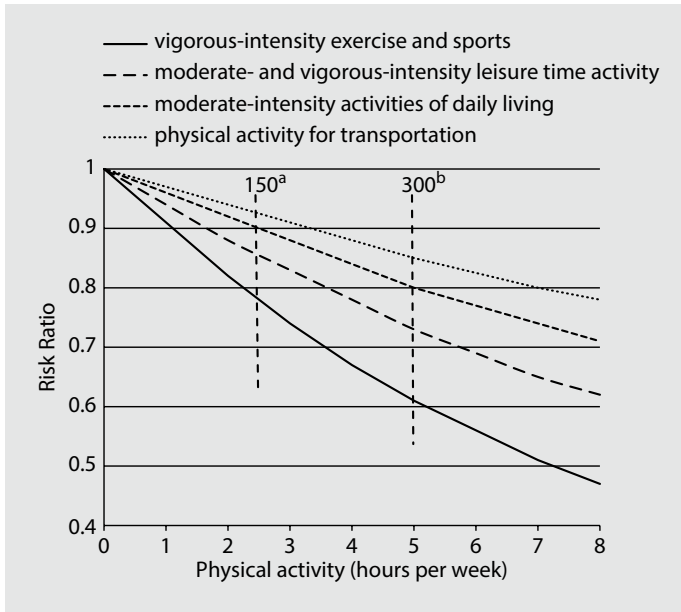
Alle in diese Analyse inkludierten Sekundärstudien zeigten für aufsteigende Aktivitätskategorien und Gesamtsterblichkeit eine konsistente inverse Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die Dosis-Wirkungs-Kurve aus diesen Analysen lässt folgende Aussagen zu: (1) Es besteht keine untere „Mindestschwelle“ für einen Gesundheitsnutzen körperlicher Aktivität. Eine signifikante Mortalitätsreduktion ist bereits bei

ca. 1/3 der aktuellen WHO-Mindestempfehlung (WHO 2020b) von 150 min moderat intensiver oder 75 min höher intensiver körperlicher Freizeitaktivität pro Woche (entspricht ca. 8,5 METs-Std./Wo) gegeben. (2) Der Abfall der Dosis-Wirkungs-Kurve ist am steilsten am Weg vom Übergang von körperlicher Inaktivität zu einer moderaten körperlichen Aktivitätsstufe, wobei bei Erreichen der WHO-Empfehlung bereits etwa 70 % des möglichen Präventionseffekts in Bezug auf die Gesamtsterblichkeit erzielt sind. (3) Eine weitere Steigerung der Aktivitätsdosis ist mit einer noch größeren Reduktion der Mortalität verbunden, jedoch nicht mehr in diesem Ausmaß. (4) Umgekehrt besteht keine Evidenz für einen exzessiven Mortalitätsanstieg nach Erreichen des in diesen Analysen maximal beobachteten Mortalitätsbenefits, der bei etwa der 3–5-fachen Dosis der WHO-Mindestempfehlung lag (■ Abb. 2.1).

In unserer eigenen Metaanalyse von 80 prospektiven Kohortenstudien mit ca. 1,3 Mio. Studienteilnehmern (Samitz et al. 2011), in der wir den Zusammenhang zwischen der Gesamt- und domänenspezifischen körperlichen Aktivität und Mortalität untersuchten, war die WHO-Mindestempfehlung von 150 min mäßig-intensiver körperlicher Aktivität pro Woche mit einer Risikominderung von 10 % assoziiert (relatives Risiko [RR] 0,90, 95 %-CI 0,84–0,96). Der Mortalitätsbenefit pro Anstieg in der Aktivitätsdosis um eine Stunde pro Woche wurde dabei maßgeblich von der Intensität der domänenspezifischen körperlichen Aktivität beeinflusst (■ Abb. 2.2). Im Vergleich mit nahezu keiner Bewegung war eine Steigerung des Bewegungsumfangs von mäßig-intensiven Aktivitäten des täglichen Lebens (z. B. Gehen,



■ **Abb. 2.1** Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen körperlicher Freizeitaktivität (als MET-Std./Woche) und Gesamtmortalität (Risk Ratio) auf Basis der Ergebnisse aus Metaanalysen prospektiver Kohortenstudien. Die vertikalen Linien in den Datenpunkten zeigen die 95 %-Konfidenzintervalle der jeweiligen Risikoschätzungen an. Die beschrifteten schwarzen Punkte zeigen die Vielfachen der WHO-Mindestempfehlung von ca. 8,5 MET-Std./Woche bzw. 150 min mäßig intensiver Aktivität oder 75 min höher intensiver Aktivität pro Woche



■ **Abb. 2.2** Meta-Regressionsanalyse der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen verschiedenen Domänen/Intensitäten körperlicher Aktivität und der Gesamtsterblichkeit (Samitz et al. 2011). **a, b:** WHO-Dosisempfehlungen. **a** Für einen Mindestgesundheitsnutzen empfiehlt die WHO mindestens 150 min/Woche moderat-intensive körperliche Aktivität oder 75 min/Woche höher-intensive körperliche Aktivität; **b** für einen höheren Gesundheitsnutzen empfiehlt die WHO, die Aktivitätsdosis auf 300 min/Woche (moderat-intensive Aktivität) oder 150 min/Woche (höher intensive körperlicher Aktivität) zu erhöhen (WHO 2020b)

Gartenarbeit, moderate Hausarbeiten etc.) um eine Stunde pro Woche mit einer Reduktion der Gesamtsterblichkeit um 4 % (RR 0,96, 95 %-CI 0,93–0,98) assoziiert. Bei mäßig-intensiven bis höher-intensiven Freizeitaktivitäten (z. B. Gymnastik, Krafttraining, Wandern, Radfahren, Schwimmen, Spiele, Tanzen) betrug die Risikominderung pro Dosissteigerung um eine Stunde pro Woche 6 % (RR 0,94; 95 %-CI 0,92–0,97) und bei höher-intensivem Ausdauertraining und sonstigem intensiven Sport 9 % (RR 0,91, 95 %-CI 0,87–0,94). Die größere Risikominderung für höher-intensive Aktivität ist damit zu erklären, dass diese pro Zeiteinheit einen größeren motorischen Energieverbrauch und somit eine insgesamt höhere Aktivitätsdosis bewirkt, aber auch die Intensität selbst dürfte von sich aus einen zusätzlichen positiven Einfluss ausüben (Wen et al. 2011; Shiroma et al. 2014; Lahti et al. 2014).

Wen et al. (2011) konnten bei >400.000 Kohortenteilnehmern aus Taiwan – der Aktivitätsstatus der Erwachsenenbevölkerung in Taiwan liegt deutlich niedriger als der in Europa – zeigen, dass bereits 15 min mäßig- bis höher intensives körperliches Training pro Tag mit einer Reduktion der Gesamtsterblichkeit um 14 % (RR 0,86; 95 %-CI 0,81–0,91) assoziiert war. In dieser großen prospektiven Kohortenstudie war die Risikominderung bei gleichem Aktivitätsumfang für höher-intensive Aktivitäten größer als für mäßig-intensive Aktivitäten. Auch in der Kohortenstudie von Lahti et al. (2014) war höhere Intensität bei gleichzeitiger Kontrolle für den Aktivitätsumfang mit einer größeren Reduktion der Gesamtsterblichkeit assoziiert als mittlere Intensität (Hazard Rate [HR] 0,54; 95 %-CI 0,34–0,86 versus 0,73; 95 %-CI 0,49–1,11).

Die aktuellen WHO-Guidelines zur körperlichen Aktivität (WHO 2020b) empfehlen für einen zusätzlichen Benefit auch zumindest zweimal pro Woche muskelkräftigende Aktivitäten. Im Vergleich zu körperlichen Aktivitäten mit Ausdauercharakter sind muskelkräftigende Aktivitäten, z. B. in Form von Krafttraining, in Bezug auf Ihre Assoziation zur Mortalität weit weniger intensiv untersucht. Zur Einschätzung der unabhängigen Assoziation muskelkräftigender Aktivitäten auf die Gesamtsterblichkeit konnten zwei Metaanalysen identifiziert werden.

Die Metaanalyse von Saeidifard et al. (2019), die erste systematische Untersuchung zu dieser Fragestellung, beinhaltete einen RCT und 10 Kohortestudien mit 370.256 Teilnehmern, bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungsdauer von ca. 9 Jahren. Verglichen mit keinem körperlichen Training war Krafttraining in dieser Analyse mit einem um 21 % reduzierten Risiko für die Gesamtsterblichkeit assoziiert (HR 0,79; 95 %-CI 0,69–0,91). Diese signifikante Risikoreduktion war jedoch nur bei einer Häufigkeit von 1–2 Krafttrainingseinheiten pro Woche gegeben, danach stieg das Risiko wieder an (2–5 Einheiten/Woche: HR 0,86; 95 %-CI 0,69–1,06; ≥ 5 Einheiten/Woche: HR 1,07; 95 %-CI 0,90–1,26), was einen J-förmigen Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung nahelegt.

Hingegen war die Risikoreduktion beinahe doppelt so hoch (HR 0,60; 0,49–0,72), wenn Krafttraining mit Ausdauertraining kombiniert wurde.

Die zweite Analyse von Momma et al. (2022) inkludierte 16 prospektive Kohortestudien, wobei für den Endpunkt Gesamtsterblichkeit 7 Studien (263.058 Teilnehmer, 42.133 Ereignisse) kombiniert werden konnten. Muskelkräftigende Aktivitäten waren in dieser Analyse mit einem um 15 % reduzierten Risiko der Gesamtsterblichkeit assoziiert (RR 0,85; 95 %-CI 0,79–0,93). In dieser Analyse wurde auch die Dosis-Wirkungs-Beziehung für muskelkräftigende Aktivitäten pro 10-Minuten Anstieg/Woche mittels Meta-Regressionsanalyse untersucht, wobei eine ebenfalls nicht-lineare Beziehung mit J-förmigen Verlauf gefunden wurde. Die größte Risikoreduktion (RR 0,83; 95 %-CI 0,79–0,86) wurde bei 40 min Krafttraining pro Woche gefunden und das RR war bis zu ca. 140 min/Woche Krafttraining $< 1,00$. In drei Studien (581.194 Studienteilnehmer, 68.637 Ereignisse) konnte auch der kombinierte Nutzen von muskelkräftigenden Übungen und Ausdauertraining geprüft werden, wobei hier wie in der Metaanalyse von Saeidifard et al. (2019) die Risikoreduktion für die Gesamtsterblichkeit 40 % betrug (RR 0,60; 95 %-CI 0,54–0,67).

Die Ergebnisse dieser beiden Sekundäranalysen legen nahe, dass für muskelkräftigende Übungen eine „ideale“ Dosis (1–2 Einheiten/Woche) hinsichtlich der Reduktion des Mortalitätsrisikos existieren könnte. Der Einfluss von noch höheren Frequenzen bzw. Dosen auf die Mortalität ist angesichts des beobachteten j-förmigen Dosis-Wirkungs-Verlaufes unklar. Eine Kombination von Ausdauertraining und Krafttraining kann aber einen additiven Mortalitätsbenefit bewirken.

2.1.2 Körperliche Fitness und Gesamtmortalität

Für den Zusammenhang zwischen der körperlichen Fitness – gemessen als kardiorespiratorische Fitness – und der Gesamtmortalität stehen ebenfalls deutlich weniger Sekundäranalysen zur Verfügung. Die Metaanalyse von Kodama et al. (2009) war die erste, die die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der im Belastungstest objektiv ermittelten kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit und der Gesamt-

sterblichkeit quantifizierte. Die Analyse inkludierte 33 prospektive Kohortenstudien mit >100.000 Studienteilnehmern. Auf Basis der Metaregressionsanalyse war jeder Anstieg der maximalen ergometrischen Leistungsfähigkeit um 1 MET (3,5 ml O₂/min/kg KG) mit einer Reduktion des Mortalitätsrisikos um 13 % (RR 0,87; 95 %-CI 0,84–0,90) verbunden. In dieser Analyse betrugen die minimalen Fitness-Stufen, die mit einer signifikant niedrigeren Gesamtsterblichkeit assoziiert waren, bei 40-jährigen Männern und Frauen 9 METs bzw. 7 METs, bei einem Lebensalter von 50 Jahren 8 METs bzw. 6 METs und im Alter von 60 Jahren 7 METs bzw. 5 METs.

Eine kürzlich publizierte aktualisierte Metaanalyse von Laukkanen et al. (2022), die nun 37 Kohorten mit insgesamt ca. 2,26 Mio. Studienteilnehmern repräsentiert, kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Jeder 1-MET-Anstieg der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit ist in dieser Analyse mit einem um 11 % reduzierten Risiko der Gesamtmortalität assoziiert (RR 0,89; 95 %-CI 0,86–0,92). Vergleicht man auf Basis der MET-Kategorien das obere mit dem unteren Drittel, so ergibt sich für die obere Tertile ein um 45 % erniedrigtes Mortalitätsrisiko (RR 0,55, 95-CI 0,50–0,61). Die Stärke dieser Assoziation unterschied sich nicht zwischen Männern und Frauen, verschiedenen Altersbereichen, der Dauer der Nachbeobachtung und der verwendeten Testmethode.

Auch zwischen der muskulären Fitness – gemessen als Kraftstatus – und der Gesamtmortalität besteht ein inverser Zusammenhang. In einer Metaanalyse von 38 Kohortenstudien mit 1,9 Mio. gesunden Studienteilnehmern waren eine höhere Oberkörper- bzw. Unterkörperkraft mit einer reduzierten Gesamtmortalität (HR 0,69; 95 %-CI 0,64–0,74) bzw. (HR 0,86; 95 %-CI 0,80–0,93) assoziiert (Garcia-Hermoso et al. 2018). Die aktuellen WHO-Guidelines empfehlen ein zusätzlich zweimal wöchentliches Krafttraining aller großer Muskelgruppen (WHO 2020b).

2.1.3 Körperliche Aktivität oder körperliche Fitness als prognostischer Faktor?

Die Frage, ob die körperliche Aktivität oder die körperliche Fitness der bessere prognostische Faktor der Mortalität ist, lässt sich insofern beantworten, dass beide Konzepte für die Anwendung in der Praxis Vor- und Nachteile haben. Beide Parameter hängen zusammen, beruhen aber auf unterschiedlichen Erhebungs- und Messmethoden. In Studien zur körperlichen Aktivität, vor allem in solchen mit großen Kohorten, erfolgte die Einschätzung des Aktivitätsstatus überwiegend mit subjektiven Methoden wie Fragebögen oder Interviews, die aufgrund ihrer größeren Fehleranfälligkeit und der Gefahr für Missklassifikationen die tatsächliche Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und Mortalität tendenziell unterschätzen. Die Assoziation zwischen der körperlichen Fitness und Mortalität ist im Vergleich zur körperlichen Aktivität stärker (Talbot et al. 2002; Nocon et al. 2008). Die körperliche Fitness in Form der maximalen Belastungskapazität kann objektiv mittels symptomlimitierter Ergometrie erhoben werden und ist daher trotz der Unsicherheit ihres genetischen Anteils für eine prognostische Aussage künftiger Ereignisse prinzipiell zuverlässiger als die körperliche Aktivität. Für Sportmediziner, Internisten oder Kardiologen, die in der Regel über einen Ergometriemessplatz verfügen, hat die Belastungskapazität für die Abschätzung der funktionellen Beeinträchtigung und zur

Risikobewertung sowie für die nachfolgende individuelle Trainingsvorschreibung einen höheren Stellenwert als die körperliche Aktivität. Für Public-Health-Experten, die bevölkerungsbezogene Bewegungsempfehlungen formulieren und auf einer breiten Basis umzusetzen versuchen, ist die körperliche Aktivität die praktikablere Zielgröße.

2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVD)

Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVD) sind mit 37 % aller globalen Todesfälle die führende Todesursache (WHO 2014). Für die Beurteilung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Aktivität bzw. körperlichen Fitness und der kardiovaskulären Morbidität und Mortalität – hier werden neben der ischämischen Herzkrankheit (CHD) auch zerebrovaskuläre Erkrankungen eingerechnet – stehen ein Umbrella-Review (Kraus et al. 2019) sowie mehrere systematische Reviews und Metaanalysen von Kohortenstudien (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Nocon et al. 2008; Kodama et al. 2009; Sattelmair et al. 2011; Li & Siegrist 2012; Kyu et al. 2016; Wahid et al. 2016) zur Verfügung. Die einzelnen Sekundäranalysen präsentieren bis zu 3,4 Mio. Studienteilnehmer.

In der Umbrella-Review von Kraus et al. (2019) konnten für die Analyse dieses Endpunktes eine systematische Übersicht (Milton et al. 2014), drei Metaanalysen (Ekelund et al. 2016; Hamer und Chida 2008; Wahid et al. 2016) sowie zwei gepoolte Analysen (Merom et al. 2016; O'Donovan et al. 2017) einbezogen werden. Die meisten der inkludierten Studien untersuchten die selbstberichtete mäßig bis höher intensive Freizeitaktivität und spezifizierten die Aktivitätsdosis in Form von MET-Minuten oder MET-Stunden pro Woche. Wie schon für die Gesamtsterblichkeit verweisen auch hier alle Sekundäranalysen auf eine inverse Beziehung zwischen ansteigenden Aktivitätskategorien und der CVD-Mortalität bzw. CVD-Inzidenz. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung für moderat bis höher intensive Freizeitaktivität und CVD-Mortalität ist nahezu identisch mit jener, wie sie für den Endpunkt Gesamtsterblichkeit beschrieben wurde.

2.2.1 Koronare Herzkrankheit (CHD)

In den verfügbaren Metaanalysen mit Studienteilnehmern vorwiegend mittleren Lebensalters, die initial keine kardiovaskuläre Erkrankung aufwiesen und bis zu 25 Jahre nachbeobachtet wurden, ist das kombinierte CHD-Risiko der körperlich aktivsten im Vergleich zu den inaktivsten Subgruppen um 25–35 % reduziert (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Nocon et al. 2008; Sattelmair et al. 2011; Li & Siegrist 2012; Kyu et al. 2016; Wahid et al. 2016). In drei dieser Sekundäranalysen wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung formal mit Metaregressionsmodellen untersucht (Sattelmair et al. 2011; Wahid et al. 2016; Kyu et al. 2016).

Die Metaanalyse von Sattelmair et al. (2011) zeigt zwischen der körperlichen Freizeitaktivität und tödlichen und nichttödlichen CHD-Ereignissen eine kurvilineare Beziehung, mit der größten Risikoreduktion von den untersten zu den mittleren Aktivitätsstufen und einer weiteren, aber im Ausmaß geringeren Risikoabnahme auf höheren Aktivitätsstufen. Die WHO-Mindestempfehlung von 150 min moderat-

intensiver körperlicher Aktivität pro Woche war im Vergleich zu keiner Aktivität mit einem um 14 % (RR 0,86; 95 %-CI 0,77–0,96) reduziertem CHD-Risiko und die für einen gesteigerten Gesundheitsnutzen empfohlene Dosis von 300 min pro Woche mit einem um 20 % (RR 0,80; 95 %-CI 0,74–0,88) reduziertem KHK-Risiko assoziiert (ebd.). Auch unterhalb der WHO-Mindestempfehlung war das Risiko noch signifikant reduziert. Die mit 150 bzw. 300 min/Woche assoziierte Risikoreduktion fällt für Frauen deutlich höher aus als für Männer (20 % vs. 9 % bzw. 28 % vs. 18 %). Diesen geschlechtsspezifischen Unterschied im Ergebnis hatten auch wir in unserer Metaanalyse zur Gesamtmortalität gefunden und aufgezeigt (Samitz et al. 2011).

In der Metaanalyse von Wahid et al. (2016), die ebenfalls auf mäßig bis höher intensive Freizeitaktivität abzielte, war die Steigerung von körperlich inaktiv auf 675 MET-Minuten/Woche (etwas höher als die WHO-Mindestempfehlung) mit einer Risikoreduktion für die CHD-Inzidenz und CHD-Mortalität von jeweils 20 % assoziiert (RR 0,80 95 %-CI 0,58–1,09 bzw. RR 0,80 95 %-CI 0,75–0,86). Die Risikoreduktion in dieser Analyse war etwas höher als in der Analyse von Sattelmeyer et al. (ebd.). Allerdings war auch das Inkrement der Aktivitätsdosis, das der Berechnung zugrunde lag, etwas höher angesetzt als in der Analyse von Sattelmair et al. (675 MET-Minuten/Woche vs. 600 MET-Minuten/Woche) und die verwendeten Regressionsmodelle nicht dieselben.

Die Metaanalyse von Kyu et al. (2016) untersuchte als einzige dieser Sekundäranalysen die körperliche Gesamtkิจกรรมität (Freizeit, Haushalt, Transport, Arbeit), die ein valideres Bild der körperlichen Aktivität abgibt als eine Domäne allein. Sie beinhaltete für diesen Endpunkt 43 Kohortenstudien mit 16.583.824 Personenjahren. Alle Dosisangaben zur körperlichen Aktivität wurden in Form von MET-Minuten pro Woche quantifiziert. Ein Gesamtaktivitätslevel von 600 MET-Minuten/Woche (entspricht etwa der WHO-Mindestempfehlung von 150 min moderate Aktivität) ist in dieser Analyse mit einem um 9 % reduziertem KHK-Risiko assoziiert. Eine Steigerung von 600 auf 3600 MET-Minuten/Woche reduzierte das Risiko um weitere 15 % (RR 0,76; 95 %-CI 0,69–0,82). Der überwiegende Teil des beobachteten maximalen Mortalitätsbenefits war bei etwa 3000–4000 MET-Minuten pro Woche erreicht. Die im Vergleich zu Sattelmair et al. und Wahid et al. geringere Risikoreduktion für 600 MET-Minuten pro Woche in dieser Analyse kann z. T. damit erklärt werden, dass in die Gesamtaktivität ein größerer Anteil an leicht intensiven und nicht ausdauerorientierten Aktivitäten einfließt. Auf die Bedeutung der Intensität als eigenständigen Faktor für einen Gesundheitseffekt wurde hingewiesen. Das Ergebnis dieser Analyse spricht dafür, dass der Gesamtaktivitätslevel für eine bedeutende Risikoreduktion ein paar Mal höher sein muss als der von der WHO empfohlene Mindestlevel von 600 MET-Minuten/Woche, der primär auf mäßig- und höher intensive Ausdaueraktivitäten abzielt.

Zur Beurteilung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Fitness (maximale aerobe Kapazität) und dem Endpunkt CHD bzw. CVD sind ebenfalls mehrere Metaanalysen von prospektiven Kohortenstudien verfügbar, die zeigen, dass eine höhere ergometrische Leistungsfähigkeit mit einem niedrigeren Risiko für CHD/CVD assoziiert ist (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Kodama et al. 2009). Nur die Metaanalyse von Kodama et al. (2009), die 33 prospektive Kohortenstudien mit ca. 103.000 Studienteilnehmern einschloss, beinhaltet auch eine formale Dosis-Wirkungs-Analyse. Demnach ist jede Steigerung der maximalen ergometrischen Leistungsfähigkeit um 1 MET (3,5 ml O₂/kgKG/min) mit einer Reduktion des CHD/CVD-Risikos um 15 % (RR 0,85; 95 %-CI 0,82–0,88) assoziiert.

2.2.2 Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko

Schlaganfälle sind für etwa ein Fünftel der kardiovaskulären Erkrankungen verantwortlich und die bedeutsamste Ursache für eine bleibende Behinderung (Goldstein et al. 2006). Mehrere Metaanalysen von Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien haben für die verschiedenen Schlaganfallmodalitäten (ischämisch, hämorrhagisch, nicht differenziert) den primärpräventiven Nutzen der körperlichen Aktivität untersucht (Lee et al. 2003; Wendel-Vos et al. 2004; Reimers et al. 2009; Diep et al. 2010; Wahid et al. 2016; Kyu et al. 2016). In diesen Metaanalysen war das kombinierte Risiko für den Schlaganfall (alle Modalitäten) für die in der Freizeit körperlich aktivsten im Vergleich zu den inaktiven Gruppen um 19–29 % reduziert, das Risiko für den ischämischen Schlaganfall um 21–26 % und das Risiko für Gehirnblutungen um 26–34 %. In der Analyse von Wendel-Vos, die zwischen freizeitbezogener und beruflicher körperlicher Aktivität unterschied, war auch die berufsbezogene körperliche Aktivität mit einer vergleichbaren Reduktion des Schlaganfallrisikos assoziiert (Wendel-Vos et al. 2004).

Nur in zwei dieser Sekundäranalysen wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Metaregressionsmodellen quantifiziert (Wahid et al. 2016; Kyu et al. 2016). Die Metaanalyse von Wahid beinhaltet für den Endpunkt Schlaganfall-Inzidenz 9 Kohortenstudien mit 13.599 Events und untersuchte die Freizeitaktivität. Die Steigerung von einem inaktiven Aktivitätsstatus auf 675 MET-Minuten pro Woche (etwas mehr als die WHO-Mindestempfehlung) war im Zeitverlauf mit einer Reduktion des Schlaganfallrisikos um 18 % verbunden (RR 0,82 95 %-CI 0,77–0,87).

Die Metaanalyse von Kyu et al. (2016) beinhaltet für den Endpunkt ischämischer Schlaganfall 26 Kohortenstudien, die 13.670.573 Personenjahre repräsentieren, und untersuchte die körperliche Gesamtaktivität. Sie berücksichtigte zusätzlich zur Freizeitaktivität auch alle berufs-, alltags- und transportbezogenen Aktivitäten. Im Vergleich zu einem Aktivitätsstatus, der unterhalb der WHO-Mindestempfehlung liegt (<600 MET-Minuten/Woche) war das Risiko für den ischämischen Schlaganfall im Bereich von 600–3999 MET-Minuten/Woche um 16 % (RR 0,84 95 %-CI 0,78–0,92) und in der Aktivitätsbandbreite von 4000–7999 MET-Min/Woche um 19 % (RR 0,81 95 %-CI 0,69–0,94) vermindert.

Der in einigen älteren Kohortestudien (Hu et al. 2000; Myint et al. 2006) beobachtete U-förmige Dosis-Wirkungsverlauf zwischen körperlicher Aktivität und Schlaganfall kann auf Basis dieser Sekundäranalysen nicht bestätigt werden. Wie für die koronare Herzkrankheit zeigt sich auch für den ischämischen Schlaganfall dieselbe typische kurvilineare Dosis-Wirkungs-Beziehung, wobei der größte Teil des möglichen Mortalitätsbenefits bereits bei ca. 3000–4000 MET-Minuten pro Woche erreicht ist.

2.2.3 Körperliche Aktivität und Risiko für Bluthochdruck

Von den 67 in der Global Burden of Disease Study 2010 untersuchten „schwerwiegenden“ Risikofaktoren steht Bluthochdruck an erster Stelle der globalen Krankheitslast (Lim et al. 2012). Für das Jahr 2025 wurde prognostiziert, dass weltweit 1,56 Mrd. Menschen von einer arteriellen Hypertonie betroffen sein werden (Kear-

ney et al. 2005). In der Europäischen Union beträgt die Prävalenz der arteriellen Hypertonie laut eurostat 22 % (Range: 12 %–37 %) (eurostat 2021). Etwa 54 % der Schlaganfälle und 47 % der ischämischen Herzerkrankungen sind direkte Folge eines Bluthochdrucks, auch das Risiko für Nierenerkrankungen und periphere arterielle Verschlusskrankheit sind erhöht (Lawes et al. 2008).

Es wird angenommen, dass Bluthochdruck durch genetische und lebensstilbezogene Faktoren verursacht wird. Zu den diskutierten Lebensstilfaktoren gehören Übergewicht, chronischer Stress, Alkoholabusus, eine erhöhte Salzaufnahme sowie körperliche Inaktivität. Körperliche Aktivität wird seit langem als protektiver Faktor angesehen, um die Entwicklung von Bluthochdruck zu vermeiden. Eine systematische Bewertung des Zusammenhangs und eine Analyse der Dosis-Wirkungs-Beziehung durch Metaanalysen erfolgte aber erst im letzten Jahrzehnt (Huai et al. 2013; Liu et al. 2017).

Die erste dieser Metaanalysen untersuchte die Assoziation zwischen der körperlichen Freizeitaktivität sowie arbeitsbezogenen Aktivität und der Bluthochdruckinzidenz in 13 prospektiven Kohortenstudien mit 136.846 initial normotensiven Personen, von denen im Laufe des Follow-up (median 9,8 Jahre) 15.607 Personen Bluthochdruck entwickelten (Huai et al. 2013). Die Dosis körperlicher Freizeit- bzw. arbeitsbezogener Aktivität wurden in drei Stufen kategorisiert (niedrig, mittel, hoch). Im Highest-Lowest-Vergleich war körperliche Freizeitaktivität mit einem um 19 % reduzierten Risiko für Hypertonie assoziiert (RR 0,81; 95 %-CI 0,76–0,85). Für die mittlere Stufe betrug die Risikoreduktion 11 % (RR 0,89; 95 %-CI 0,85–0,94). Zwischen hohen bzw. mittleren Stufen arbeitsbezogener körperlicher Aktivität und dem Risiko für Hypertonie war die Assoziation statistisch nicht signifikant (RR 0,93; 95 %-CI 0,81–1,08 bzw. RR 0,96; 95 %-CI 0,87–1,06). Die Ergebnisse dieser ersten systematischen Analyse von Kohortenstudien zeigten eine klare inverse Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der körperlichen Freizeitaktivität und Hypertonieinzidenz.

Die aktuellere und größere Metaanalyse (Liu et al. 2017) beinhaltete 29 Kohorten mit 330.222 normotensiven Studienteilnehmern, von denen im Laufe des Follow-up (2–20 Jahre) 67.222 Personen Hypertonie entwickelten. Diese Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen der Freizeit- bzw. Gesamtaktivität und der Inzidenz für Hypertonie und beinhaltete neben dem üblichen Highest-Lowest-Vergleich auch eine formale Metaregressionsanalyse zur Quantifizierung der Dosis-Wirkungs-Beziehung. Alle Dosisangaben der inkludierten Studien wurden daher harmonisiert und in MET-Stunden pro Woche umgerechnet.

Im Highest-Lowest-Vergleich war die oberste Stufe körperlicher Freizeitaktivität mit einem um 16 % (RR 0,84; 95 %-CI 0,78–0,90) und die oberste Stufe körperlicher Gesamtaktivität mit einem um 29 % (RR 0,71; 95 %-CI 0,58–0,87) reduzierten Risiko für Hypertonie assoziiert. Es fand sich kein Hinweis für einen nichtlinearen Dosis-Wirkungs-Zusammenhang, wie er z. B. in den Metaanalysen zu anderen kardiovaskulären Endpunkten (z. B. CHD, Schlaganfall) gefunden wurde. In der für den Body-Mass-Index bereinigten linearen Metaregressionsanalyse war ausgehend von der niedrigsten Aktivitätskategorie jeder Anstieg der Freizeitaktivität um 10 MET-Stunden/Woche (entspricht etwa der WHO-Mindestempfehlung von 150 min Aktivität/Woche mit mittlerer Intensität) mit einer Reduktion des Hypertonierisikos um 6 % assoziiert (RR 0,94; 95 %-CI 0,92–0,96). Für eine Steigerung der Dosis auf 20 MET-Stunden/Woche (das Doppelte der WHO-Mindestempfehlung) beträgt die Risikoreduktion 12 % (RR 0,88; 95 %-CI 0,83–0,92) und bei einer weiteren Steige-

rung auf z. B. 60 MET-Std./Woche (das Sechsfache der WHO-Mindestempfehlung) 33 % (RR 0,67; 95 %-CI 0,58–0,78).

Für die Meta-Regressionsanalyse der Gesamtaktivität konnten nur 5 Kohorten einbezogen werden. Hier war jeder Anstieg der Gesamtaktivität um 50 MET-Stunden/Woche mit einem um 7 % reduzierten Risiko für Hypertonie assoziiert (RR 0,93; 95 %-CI 0,88–0,98).

Die positive Wirkung körperlicher Aktivität auf den Blutdruck dürfte unabhängig von einem bestehenden Übergewicht sein, denn die für den BMI adjustierten Risikoschätzungen waren im Highest-Lowest-Vergleich nur um 3–4 % schwächer als die ohne BMI-Adjustierung und auch in den Subgruppenanalysen zeigten sich zwischen normalgewichtigen und übergewichtigen Personen keine signifikanten Unterschiede im Ergebnis.

Inzwischen liegt auch ein Umbrella-Review vor (Pescatello et al. 2019), der neben diesen beiden Metaanalysen auch acht Metaanalysen von randomisierten kontrollierten Studien ausgewertet hat, in denen die Blutdruckantwort einer gezielten Trainingsintervention bei Personen mit normalem Blutdruck bzw. Borderlinehochdruck analysiert wurde. Von den sieben Metaanalysen, die Daten zu Erwachsenen mit normalen Blutdruckwerten beinhalteten (Fagard & Cornelisen 2007; Cornelissen et al. 2011; Cornelisen & Smart 2013; Carlson et al. 2014; Casonatto et al. 2016; Corso et al. 2016; MacDonald et al. 2016) berichteten drei von einer signifikanten Reduktion des systolischen Blutdrucks und sechs von einer signifikanten Reduktion des diastolischen Blutdrucks. Die Größenordnung der Blutdrucksenkung lag im Bereich von 2–5 mmHg für den systolischen und 1–4 mmHg für den diastolischen Blutdruck. Auf die unterschiedlichen Trainingsmodalitäten (aerobes Training, dynamisches Krafttraining, isometrisches Krafttraining, Tai Chi u. a.) und deren Effekte wird im Rahmen des sekundärpräventiven Kapitels näher eingegangen.

2.3 Diabetes mellitus Typ 2 (DM2)

Die Prävalenz des Diabetes mellitus Typ 2 (DM2) ist weltweit stark im Ansteigen begriffen und hat sich in den letzten 20 Jahren verdoppelt. Die International Diabetes Federation prognostiziert für 2040 eine globale Prävalenz von 10,4 % (95 %-CI 8,5–13,5), das entspricht 642 Mio. Menschen mit Typ-2-Diabetes (IDF 2015). DM2 resultiert aus einer Interaktion zwischen genetischen Faktoren und Umweltfaktoren. Ein Umbrella Review fand 142 statistisch signifikante Assoziationen zu solchen Faktoren, davon elf mit überzeugender Evidenz (Bellou et al. 2018). „Increased sedentary time“ ist einer dieser Faktoren.

Zur Einschätzung der primärpräventiven Wirksamkeit körperlicher Aktivität auf das Diabetesrisiko stehen sowohl Metaanalysen prospektiver Kohortenstudien (Jeon et al. 2007; Aune et al. 2015; Smith et al. 2016; Wahid et al. 2016; Kyu et al. 2016) als auch eine Cochrane-Analyse randomisierter kontrollierter Studien (Hemmingsen et al. 2017) zur Verfügung.

In allen Sekundäranalysen prospektiver Kohortenstudien zeigt sich zwischen der körperlichen Aktivität und der Diabetesinzidenz eine inverse Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Risikoreduktionen beim Vergleich der aktivsten mit den inaktivsten Kategorien in der Bandbreite von 17 % (Jeon et al. 2007) bis 53 % (Smith et al. 2016).

Diese Heterogenität im Ergebnis ist zum Teil auf Unterschiede in den untersuchten Domänen körperlicher Aktivität, den Erhebungsmethoden, der Definition der Aktivitätskategorien und den jeweils verwendeten Pooling- und Regressionsmodellen zurückzuführen.

Jeon et al. (2007) untersuchten in Ihrer Metaanalyse nur körperliche Aktivität moderater Intensität (3–6 METs). Die Analyse umfasste zehn Kohorten mit 301.210 Studienteilnehmern, bei einer Follow-up-Dauer von 9,9 Jahren. Das kombinierte und für den Body-Mass-Index bereinigte relative Risiko für DM2 betrug für die aktivste im Vergleich zur am wenigsten aktiven Kategorie 0,83 (95 %-CI 0,76–0,90). In fünf Kohorten wurde die spezifische Rolle von Walking (3,8 METs) untersucht. Hier betrug die Risikoreduktion in der aktivsten Kategorie ebenfalls 17 % (RR 0,83; 95 %-CI 0,75–0,91), wobei die Aktivitätsdosis in der höchsten Kategorie nur ca. 600 MET-min/Woche (entspricht ca. 2,5 h zügiges Walking pro Woche) entsprach.

Im Gegensatz dazu untersuchten Aune et al. (2015) die körperliche Gesamtaktivität und Freizeitaktivität über alle Intensitätsbereiche. Diese Analyse beinhaltete insgesamt 81 Kohortenstudien. Im Highest-Lowest-Vergleich betrug das kombinierte Risiko für die Diabetesinzidenz 0,74 (95 %-CI 0,70–0,79) für die Gesamtaktivität (55 Studien), 0,61 (95 %-CI 0,61–0,74) für die Freizeitaktivität (8 Studien) und 0,85 (95 %-CI 0,79–0,91) speziell für Walking. Auch zur kardiorespiratorischen Fitness, zu Krafttraining und zur arbeitsbezogenen körperlichen Aktivität fanden sich inverse Assoziationen. Eine Reduktion des Diabetesrisikos wurde in dieser Analyse für bis zu 5–7 h moderater bis intensiver körperlicher Aktivität pro Woche beobachtet, wobei alle Subtypen körperlicher Aktivität geeignet erschienen, positive Effekte hervorzurufen.

Smith et al. (2016) untersuchten in Ihrer Metaanalyse, die 28 prospektive Kohortenstudien mit 1.261.991 Studienteilnehmer inkludierte, die freizeitbezogene körperliche Aktivität (28 Kohorten) und Gesamtaktivität (4 Kohorten) in Bezug zur Diabetesinzidenz, wobei sie im Gegensatz zu den vorangegangenen Analysen die Dosis-Wirkungs-Beziehung formal mit linearen und nichtlinearen Regressionsmodellen untersuchten. Im linearen Modell war die Risikoreduktion für die freizeitbezogene Aktivität deutlich ausgeprägter als für die Gesamtaktivität. Jedes Inkrement von 10 MET-Std/Woche der freizeitbezogenen körperlichen Aktivität reduzierte das Diabetesrisiko um 17 % (RR 0,83; 95 %-CI 0,79–0,87) verglichen mit 5 % (RR 0,95; 95 %-CI 0,93–0,98) für die Gesamtaktivität. Die nichtlinearen Modelle ergaben für die körperliche Aktivität und Diabetesinzidenz eine inverse kurvilineare Beziehung, wobei 11,25 MET-Std./Woche (entspricht etwa der WHO-Mindestempfehlung von 150 min/Woche mäßig intensiver körperlicher Aktivität) mit einer Risikoreduktion für DM2 von 26 % (RR 0,74; 95 %-CI 0,69–0,80) und das Doppelte dieser Dosis mit einer Risikoreduktion von 36 % (RR 0,64; 95 %-CI 0,54–0,73) assoziiert war, mit einer weiteren Risikominderung bei noch höheren Dosen (53 % bei 60 MET-Std./Woche).

Wahid et al. (2016) analysierten in ihrer Metaanalyse die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität (zumindest zwei Domänen) und CVD/CHD bzw. der Diabetesinzidenz, wobei sie eine kontinuierliche Metrik für die Aktivitätsdosis verwendeten. Die Analyse der Outcome-Variable DM2 enthielt nur drei prospektive Kohortenstudien mit 261.618 Teilnehmern bei einer durchschnittlichen Follow-up-Dauer von 7,5 Jahren. Eine Steigerung der Bewegungsdosis von körperlicher Inaktivität auf die WHO-Mindestempfehlung von 150 min mäßig-

intensiver aerober Aktivität war nach Adjustierung für das Körpergewicht mit einer Reduktion des Diabetesrisikos um 26 % (RR 0,74; 95 %-CI 0,72–0,77) verbunden. Das berechnete Ergebnis war nahezu identisch mit dem Ergebnis in der umfassenderen Analyse von Smith et al. (ebd.)

Kyu et al. (2016) untersuchten in Ihrer Analyse die Assoziation zwischen der körperlichen Gesamtaktivität (Freizeit, Beruf, Haushalt, Transport) und Krebs, CVD und DM2, wobei sie eine Bayessche Metaanalyse durchführten. Für die Analyse des Endpunktes DM2 konnten 55 Kohorten inkludiert werden. Obwohl höhere Level der Gesamtaktivität signifikant mit einem niedrigeren Risiko für alle untersuchten Outcomes assoziiert waren, ergab sich der größte Anteil des Benefits auf unteren Stufen bis ca. 3000–4000 MET-min/Woche (ca. 50–65 MET-Std./Woche). Individuen mit einem totalen Aktivitätslevel von 600 MET-min/Woche (10 MET-Std./Woche) hatten in dieser Analyse nur ein um 2 % vermindertes Risiko für Diabetes im Vergleich zu keiner Aktivität. Eine Steigerung von 600 auf 3600 MET-min/Woche reduzierte das Risiko um zusätzliche 19 %. Dasselbe Ausmaß der Steigerung auf hohen Stufen (von 9000 auf 12.000 MET-min/Woche) reduzierte das DM2-Risiko nur noch um weitere 0,6 %. Wie schon in der Analyse von Smith et al. ergibt sich auch in dieser Metaanalyse bei Vergleich mit der WHO-Mindestempfehlung eine deutlich niedrigere Risikoreduktion für Typ-2-Diabetes und andere Endpunkte, wenn als Grundlage die körperliche Gesamtaktivität herangezogen wird. Dieses Ergebnis lässt sich zum Teil damit erklären, dass die Gesamtaktivität einen deutlich größeren Anteil von leichten (1,5–3 METs) und nicht ausdauerorientierten Aktivitäten beinhaltet. Auf die Bedeutung der Intensität wurde bereits hingewiesen.

Für Personen mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung von Typ-2-Diabetes können auch auf Basis einer Cochrane Review randomisierter kontrollierter Studien (RCT) Rückschlüsse zum primärpräventiven Wert körperlicher Aktivität gezogen werden (Hemmingsen et al. 2017). Diese systematische Review untersuchte die Effekte von Diät, körperlicher Aktivität oder Diät plus körperlicher Aktivität zur Prävention oder Hinauszögerung von Typ-2-Diabetes. Die Analyse beinhaltete zwölf RCTs, in denen 5.238 Personen randomisiert wurden. Die Dauer der Interventionen reichte von zwei bis zu sechs Jahren. Die überwiegende Mehrzahl der Studien wählte einen Ansatz, der Diät plus Bewegung beinhaltete, doch zwei RCTs mit insgesamt 397 Personen verglichen die alleinige Intervention mittels Bewegung mit einer Standardbehandlung. In der ersten dieser Studien entwickelten 58 von 141 der Sportteilnehmer (41,1 %) DM2 verglichen mit 90 von 133 aus der Kontrollgruppe (67,7 %), in der zweiten Studie 10 von 84 Sportteilnehmern (11,9 %) und 7 von 39 Personen in der Kontrollgruppe (18 %). Die Studien wiesen aber Mängel auf. Die Studienautoren schlussfolgerten daher, dass keine überzeugende Evidenz besteht, dass körperliche Aktivität allein im Vergleich mit Standardbehandlung das Risiko für DM2 nennenswert beeinflussen kann.

2.4 Übergewicht und Adipositas

Die Prävalenz von Übergewicht ($\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$) und Adipositas ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$) ist in den letzten Jahrzehnten weltweit stark gestiegen, in den meisten europäischen Ländern haben sich die Trends inzwischen etwas stabilisiert, mit beträchtlichen Dif-

ferenzen zwischen einzelnen Regionen. Für Kinder (2–13 Jahre) beträgt die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in Europa 21,3 %, mit einem deutlich niedrigeren Wert in Zentraleuropa (15,3 %) und höheren Werten in der mediterranen (25,0 %) und iberischen Region (25,6 %) (Garrido-Miguel et al. 2019). Für Adoleszente liegt die Prävalenz bei 25 % (Inchley et al. 2020), für Erwachsene bei 59 % (WHO 2022).

Die sehr hohe Rate von Übergewicht und Adipositas vor allem in der Erwachsenenbevölkerung wird verständlich, wenn man z. B. die Ergebnisse der CARDIA-Studie heranzieht (Dutton et al. 2016). In dieser prospektiven Kohortenstudie betrug die durchschnittliche Gewichtszunahme im Verlauf von 25 Jahren (am Weg von der Jugend bis ins mittlere Lebensalter) 0,5–0,8 kg pro Jahr. Die Ursachen für den starken Anstieg von Übergewicht und Adipositas in allen Altersbereichen sind vielschichtig und werden in der Veränderung der Lebensumwelt und des Lebensstils gesehen.

Übergewicht und Adipositas haben weitreichende negative Auswirkungen auf die Gesundheit und sind mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen, Typ-2-Diabetes, einigen Formen von Krebs, muskuloskeletären Problemen, vorzeitiger Behinderung und einem erhöhten Risiko für intensivmedizinische Betreuung und Tod in Verbindung mit einer COVID-19-Infektion assoziiert (Jensen et al. 2014; Popkin et al. 2020). Aus diesem Grund hat die Vorbeugung einer Gewichtszunahme in allen Altersbereichen Bedeutung, besonders aber im Kindes- und Jugendalter. Körperliche Aktivität ist neben Diät und Verhaltensmodifikation eine Schlüsselkomponente dieser Präventionsstrategie.

2.4.1 Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Kindern und Jugendlichen

Für die Einschätzung der Effektivität von körperlicher Aktivität und Sport zur Primärprävention von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen steht eine aktualisierte Cochrane-Review (Brown et al. 2019) zur Verfügung. Drei weitere systematische Übersichten untersuchten das ideale Umfeld bzw. Setting, in dem solche Programme erfolversprechend sind (Waters et al. 2011; Wang et al. 2015; Bleich et al. 2018).

Die Cochrane Review von Brown et al. (2019) inkludierte 153 RCTs mit Ernährungs- oder Bewegungsintervention allein oder einer Kombination aus beiden, bei einer Mindestinterventionsdauer von 12 Wochen. Metaanalysen wurde für drei Altersbereiche (0–5 Jahre, 6–12 Jahre, 13–18 Jahre) gesondert durchgeführt. In der jüngsten Altersgruppe (16 RCTs, $n = 6261$) konnte in den Studien Bewegungs- oder Ernährungsintervention allein den Body-Mass-Index (BMI) nicht günstig beeinflussen, sondern nur eine Kombination aus Diät plus Bewegung (Mittlere Differenz [MD] $-0,07 \text{ kg/m}^2$; 95 %-CI $-0,14$ bis $-0,01$). Im Gegensatz dazu konnte in den Altersgruppen 6–12 Jahre (14 RCTs, $n = 16.410$) und 13–18 Jahre (4 RCTs, $n = 720$) Bewegungsintervention allein den BMI signifikant senken (MD $-0,10 \text{ kg/m}^2$, 95 %-CI $-0,14$ bis $-0,05$ bzw. MD $-1,53 \text{ kg/m}^2$; 95 %-CI $-2,67$ bis $-0,39$). In diesen beiden Altersgruppen war Ernährungsintervention allein nicht effektiv und die Kombination aus Ernährungs- und Bewegungsintervention nur teilweise.

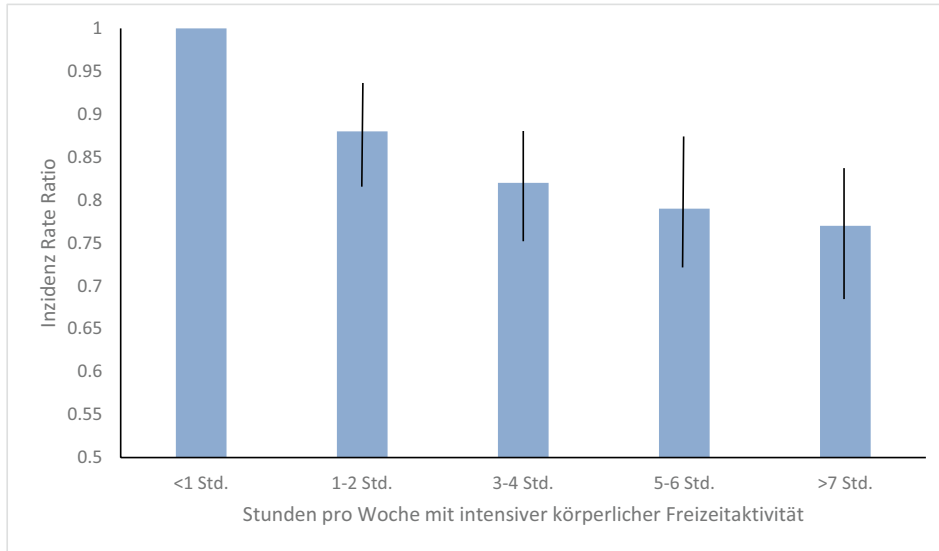
Die drei systematischen Reviews mit bis zu 139 RCTs und quasi-experimentellen Studien, in denen das ideale Umfeld bzw. Setting eines Bewegungs- und/oder Diätansatzes auf verschiedene Parameter wie BMI, Körperfettanteil, Prävalenz von Übergewicht u. a. untersucht wurde, kamen zum Schluss, dass schulbasierte Programme mit alleiniger Bewegungsintervention plus einer Heimkomponente und schulbasierte Programme mit kombinierter Intervention aus Ernährung und Bewegung mit Heim- und communitybezogenen Komponenten am effektivsten erscheinen, um dem globalen Anstieg von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter vorzubeugen (Waters et al. 2011; Wang et al. 2015; Bleich et al. 2018).

2.4.2 Körperliche Aktivität zur Prävention der Gewichtszunahme bei Erwachsenen

Für die Beantwortung dieser Frage konnte eine systematische Review mit 40 Originalstudien (RCTs und prospektive Kohortenstudien) identifiziert werden (Jakicic et al. 2019). Die meisten der Studien, die eine Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und einer verminderten Gewichtszunahme fanden, waren prospektive Kohortenstudien ($n = 29$). In diesen wurden Ergebnisse für unterschiedliche Domänen (Freizeitaktivität, Arbeit, Haushalt, Transport) und unterschiedliche Intensitäten (leichte Aktivitäten, mäßig-intensive Aktivitäten, intensive Aktivitäten) berichtet.

Demnach besteht zwar eine starke Assoziation zwischen erhöhter körperlicher Aktivität und verminderter Gewichtszunahme und eine Dosis-Wirkungs-Beziehung, eine präzise und sichere Aussage zur Mindestdosis, die notwendig erscheint, um einer Gewichtszunahme vorzubeugen, lässt sich aber nicht treffen. Nur zwölf Studien berichteten die Aktivitätsdosis, bei der ein Präventionseffekt in Bezug auf die Gewichtszunahme beobachtet werden konnte. Auf Basis dieser eingeschränkten Evidenz scheint der die Gewichtszunahme bremsende Effekt am stärksten ausgeprägt zu sein, wenn die Begegnungsdosis 150 min mäßig- bis höher intensive Aktivität pro Woche übersteigt.

So berichteten z. B. Gebel et al. (2014) von einer 10 %igen Reduktion des Risikos einer Gewichtszunahme von mehr als 2 kg bei 300 min mäßig- bis höher intensiver körperlicher Aktivität pro Woche im Vergleich zu <150 min pro Woche. Rosenberg et al. (2013) untersuchten die Dosis-Wirkungs-Beziehung für höher-intensive Aktivität (>6 METs) und zügiges Walking und der Wahrscheinlichkeit, Adipositas zu entwickeln bei 20.259 normalgewichtigen und übergewichtigen Frauen. Sie berechneten das Inzidenzratenverhältnis (IRR) für das Neuauftreten von Adipositas in Abhängigkeit des Bewegungsumfanges pro Woche im Vergleich zu wenig oder keiner Aktivität (<1 h/Woche). Die IRR für Adipositas war bei Frauen mit normalem Gewicht und Übergewicht in einer graduellen Weise in Abhängigkeit der Aktivitätsdosis für intensive Aktivität reduziert und betrug für 1–2 h/Woche 0,87 (95 %-CI 0,81–0,93), für 3–4 h/Woche 0,82 (95 %-CI 0,75–0,77), für >7 h/Woche 0,77 (95 %-CI 0,69–0,85) (■ Abb. 2.3). Die IRRs für zügiges Walking waren zwar für die meisten Stufen <1,0, aber ohne klaren Trend eines verminderten Risikos mit zunehmender Walkingzeit. Das Zeitvolumen, das notwendig ist, um einer Gewichtszunahme vorzubeugen, dürfte also auch maßgeblich von der Intensität der körperlichen Aktivität abhängen. Nur wenige in diese systematische Übersicht inkludierten Studien lieferten auch



■ **Abb. 2.3** Assoziation zwischen Stunden intensiver körperlicher Aktivität pro Woche und dem Risiko Adipositas zu entwickeln. Die Gruppe mit <1 h pro Woche diente als Referenzkategorie. Die Balken zeigen die Höhe des Risikos an, die vertikalen Linien in den Balken die 95 % Konfidenzintervalle der Risikoschätzungen; Daten in Anlehnung an Rosenberg et al. (2013)

Daten zu leicht intensiver körperlicher Aktivität (<3 METs). Diese war nicht mit einer Prävention der Gewichtszunahme assoziiert. Der Einfluss unterschiedlicher Trainingsmodalitäten (z. B. Ausdauertraining versus Krafttraining) wurde in den Präventionsstudien nicht gezielt untersucht. Auf Basis dieser Analyse gibt es auch einen Anhaltspunkt dafür (limitierte Evidenz), dass das Lebensalter die Beziehung zwischen gesteigerter körperlicher Aktivität und verminderter Gewichtszunahme dahingehend beeinflusst, dass dieser Effekt mit zunehmendem Lebensalter geschmälert wird.

2.5 Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen

Krebserkrankungen sind in der Europäischen Union nach den Herz-Kreislauf-Erkrankungen die zweithäufigste Todesursache und für 20 % aller Todesfälle verantwortlich (ECIS 2022). Brustkrebs war 2020 in der EU-27 der am häufigsten diagnostizierte Krebstyp (13,3 % aller Krebsdiagnosen), gefolgt von kolorektalem Krebs (12,7 %), Prostatakrebs (12,5 %) und Lungenkrebs (11,9 %) (ESMO 2020).

Die meisten Krebserkrankungen entstehen aus einem komplexen Zusammenspiel von genetischen, Umwelt- und Lebensstilfaktoren und ihren Interaktionen (Cogliano et al. 2011). Epidemiologische Studien zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Krebserkrankungen wurden ab den 1980er-Jahren durchgeführt und haben gezeigt, dass ein aktiver Lebensstil bei einigen Formen von Krebs wie Kolon- und Brustkrebs protektiv wirkt. Im letzten Jahrzehnt wurden in zahlreichen prospektiven und retrospektiven Studien auch die Assoziationen zu anderen Krebstypen untersucht.

Zur Einschätzung der Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und Krebsinzidenz bzw. -mortalität insgesamt sowie den verschiedenen Krebslokalisationen im Speziellen stehen eine Umbrella-Review (Rezende et al. 2018), zahlreiche systematische Übersichten und Metaanalysen (Behrens et al. 2014; Keimling et al. 2014; Singh et al. 2014a, 2014b; Schmid et al. 2015; Liu et al. 2016; Kyu et al. 2016; Pizot et al. 2016; Brenner et al. 2016; Psaltopoulou et al. 2016; Liu et al. 2018; PAGAC 2018; McTiernan et al. 2019; Chen et al. 2019; Rana et al. 2020; Xie et al. 2021 und weitere) und eine große gepoolte Kohortenanalyse (Moore et al. 2016) zur Verfügung.

Die Umbrella Review von Rezende et al. (2018) inkludierte 19 systematische Reviews und Metaanalysen von 541 Originalstudien (55 % Kohorten-, 45 % Fall-Kontroll-Studien) mit 725.074 Krebsfällen und 42.428 Krebstoten in 22 Krebslokalisationen. Die Autoren führten 26 Metaanalysevergleiche (highest versus lowest) durch, um die Breite und Validität der Assoziationen und die Robustheit der Evidenz zu überprüfen. Diese erfolgt in Umbrella-Reviews mit einer Abfolge von statistischen Tests und Sensitivitätsanalysen, um Hinweise auf Unsicherheiten und Bias in den inkludierten Studien zu erhalten. Für die Primäranalyse wurden nur Kohortenstudien einbezogen. Körperliche Aktivität war in der Primäranalyse mit einem niedrigeren Risiko für sieben Krebslokalisationen assoziiert: Kolon, Brust, Endometrium, Lunge, Ösophagus, Pankreas, Meningiom, jedoch nur für Kolonkrebs (protektive Assoziation mit Freizeitaktivität; RR 0,81; 95 %-CI 0,75–0,88) und Brustkrebs (protektive Assoziation mit Gesamtaktivität; RR 0,87; 95 %-CI 0,84–0,90) besteht überzeugende Evidenz. Die Evidenz für die restlichen Krebsformen ist weniger konsistent und mit Unsicherheiten und Bias behaftet.

Gemäß dem „2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report“ (PAGAC 2018) und der darauf aufbauenden systematischen Review von McTiernan et al. (2019) besteht starke Evidenz für ein reduziertes Risiko für Brustkrebs, Kolonkrebs, Blasenkrebs, Endometriumkrebs, für das esophageale Adenokarzinom sowie für renale und gastrische Krebsformen mit relativen Risikoreduktionen im Ausmaß von ca. 10–20 %. Diese Schlussfolgerung basiert jedoch nur auf einer qualitativen Auswertung von Metaanalysen und Originalstudien.

In der bisher größten Originalstudie zu körperlicher Aktivität und Krebs wurden die Daten von 12 prospektiven US-amerikanischen und europäischen Kohorten mit 1,44 Mio. Studienteilnehmern gepoolt und die Assoziationen zu 26 Typen von Krebs im Highest-Lowest-Vergleich untersucht (Moore et al. 2016). Bei sieben (esophageales Adenokarzinom, Leberkrebs, Lungenkrebs, Nierenkrebs, gastrisches Adenokarzinom und Endometriumkarzinom) zeigten sich stark inverse Assoziationen mit einer Risikoreduktion von über 20 %. Moderate inverse Beziehungen (Risikoreduktionen von 10–20 %) wurden beobachtet für Multiples Myelom, Kolonkrebs, Kopf- und Nackenkrebs, rektalem Krebs, Blasenkrebs und Brustkrebs.

■ Tab. 2.1 zeigt eine Übersicht der Robustheit der Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und Krebsinzidenz/-mortalität gesamt sowie für verschiedene Krebsformen auf Basis der Ergebnisse der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018), wobei die Zahlenangaben zum Ausmaß der Assoziationen (Risikosenkung bzw. Risikoerhöhung) auf Grundlage der Ergebnisse aus den anderen zur Verfügung stehenden Sekundäranalysen ergänzt wurden.

Tab. 2.1 Übersicht der Robustheit der Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und Krebsinzidenz/-mortalität gesamt sowie für verschiedene Krebsformen. (Erstellt auf Basis der Ergebnisse aus der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018), PAGAC (2018), McTiernan et al. (2019))

Krebslokalisation	Anzahl der Sekundär-analysen	Relative Risikoreduktion bzw. -erhöhung in Prozent	Robustheit der Evidenz
Alle Krebsformen	3	−7 bis −21	...
Kolon	11	−13 bis −24
Brust	8	−7 bis −22	...
Haut (malignes Me-lanom)	2	+28	...
Lunge	8	−21 bis −27	..
Endometrium	5	−17 bis −21	..
Renal	2	−12 bis −16	..
Ösophagus	5	−21 bis −38	•
Pankreas	4	−7 bis −15	•
Meningiom	3	−29	•
Prostata	3	−10 bis +4	o
Magen	6	−19 bis −21	o
Blase	4	−9 bis −15	o
Ovar	2	−3 bis +3	o
Thyroid	1	−5 bis +28	o
Kopf-Nacken	1	−15	o
Hämatologisch	2	−7 bis +4	o
Rektal	2	−12 bis 0	o

Umbrella-Reviews, systematische Reviews, Metaanalysen, gepoolte Analysen
Evidenzgradeinteilung für Metaanalysen von Kohortenstudien auf Basis des Umbrella-Review-Ansatzes: = strong, ... = highly suggestive, .. = suggestive, • = weak, o = associations not statistically significant (Assoziationen für diese Krebsentitäten waren in einzelnen Metaanalysen signifikant, jedoch nicht nach Analyse mit den Umbrella-Review-Prüfkriterien von Rezende et al. (2018))

2.5.1 Alle Krebsformen kombiniert

In der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018), einer Metaanalyse von Liu et al. (2016) und der bisher größten Originalstudie (Moore et al. 2016) wurde für die Krebsinzidenz bzw. -mortalität insgesamt die Assoziation zur körperlichen Aktivität berechnet. In der Umbrella-Review betrug die Risikoreduktion für die 22 aggregier-

ten Krebsformen 21 % (RR 0,79; 95 %-CI 0,75–0,85), in der Studie von Moore et al. (2016) für alle 26 untersuchten Krebstypen 7 % (Hazard Rate [HR] 0,93; 95 %-CI 0,90–0,95) und in der Metaanalyse von Liu et al. (2016) 10 %. Die beiden letztgenannten Studien erfassten nur mäßig- und höher intensive freizeitbezogene körperliche Aktivität. Die Analyse von Liu et al. (2016) beinhaltete auch eine formale Dosis-Wirkungs-Analyse, wobei die aktuelle WHO-Empfehlung von 600 METs-Minuten pro Woche (150 min/Woche moderat-intensive körperliche Aktivität) mit einer Risikoreduktion von 7 % (95 %-CI 5–9) assoziiert war. Ein Sättigungseffekt trat bereits bei ca. 1200 METs-Minuten pro Woche ein, mit einer Risikoreduktion von 9 % (RR 0,91; 95 %-CI 0,88–0,93).

2.5.2 Kolonkrebs

In den inkludierten elf Sekundäranalysen betrug die kombinierte relative Risikoreduktion 13–24 %. In einer Metaanalyse mit 52 Studien (18 prospektive Kohortenstudien, 24 Fall-Kontroll-Studien) war das kombinierte Risiko für Darmkrebs beim Vergleich der höchsten Aktivitätskategorie mit der niedrigsten um 24 % reduziert (RR 0,76; 95 %-CI 0,72–0,81) (Wolin et al. 2009). Die höchste Aktivitätskategorie entsprach >1200 MET-min/Woche. Das Ausmaß der Risikoreduktion war in den Fall-Kontroll-Studien größer als in den Kohortenstudien (31 % vs. 17 %). Fall-Kontroll-Studien unterliegen einem höheren Risiko für systematische Verzerrungen. Sowohl die freizeitbezogene als auch die berufsbezogene körperliche Aktivität waren mit einer signifikanten Risikoreduktion für Darmkrebs assoziiert (RR 0,77, 95 %-CI 0,72–0,82 bzw. RR 0,78, 95 %-CI 0,73–0,83).

Boyle et al. (2012) verglichen in ihrer Metaanalyse mit 21 Studien, ob sich die Assoziationen zwischen dem proximalen und distalen Kolonkrebs und der körperlichen Aktivität unterscheiden. Das Risiko für den proximalen Kolonkrebs war in der höchsten Aktivitätskategorie im Vergleich zur niedrigsten um 27 % niedriger (RR 0,73; 95 %-CI 0,66–0,81). Das Ergebnis für den distalen Kolonkrebs fiel nahezu identisch aus (RR 0,74; 95 %-CI 0,68–0,80).

In der Metaanalyse von Liu et al. (2016), die 126 Primärstudien beinhaltete, betrug die Risikoreduktion für Kolonkrebs für die höchste Aktivitätskategorie im Vergleich zur niedrigsten 19 % (RR 0,81; 95 %-CI 0,83–0,93).

In der Meta-Regressionsanalyse von Kyu et al. (2016), in der für die Berechnung der Assoziation zwischen der Gesamtaktivität und dem Risiko für Kolonkrebs 19 Kohortenstudien die Einschlusskriterien erfüllten, betrug im Vergleich zur untersten Aktivitätskategorie (<600 MET-min/Woche) die Risikoreduktion in der nächsthöheren Kategorie (600–3999 MET-min/Woche) 10 % (RR 0,903; 95 %-CI 0,851–0,952), in der Kategorie mit 4000–7999 MET-min/Woche 17 % (RR 0,833; 95 %-CI 0,771–0,896) und in der höchsten Aktivitätskategorie (>8000 MET-min/Woche) 21 % (RR 0,789; 95 %-CI 0,735–0,850) ■ Abb. 2.4 zeigt die kontinuierliche Risikokurve.

Zwei weitere Metaanalysen, die etwa je zur Hälfte Kohortenstudien und Fall-Kontroll-Studien beinhalteten, zeigten im Vergleich zu den Analysen mit nur Kohortenstudien im Highest-Lowest-Vergleich etwas ausgeprägtere Risikoreduktionen (Mahmood et al. 2017; Shaw et al. 2018). In der größten Primärstudie zur körperlichen Aktivität und Krebs (Moore et al. 2016) betrug die Risikoreduktion für Kolon-

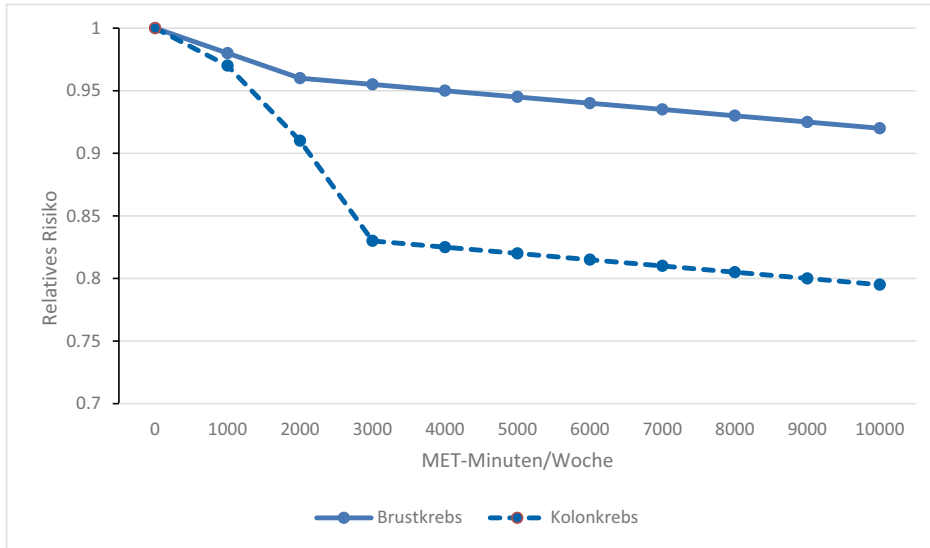


Abb. 2.4 Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen der körperlichen Gesamtaktivität (in MET-Minuten/Woche) und der Inzidenz für Kolonkrebs (19 Studien) und Brustkrebs bei Frauen (35 Studien), modifiziert nach Daten von Kyu et al. (2016) auf Basis der kontinuierlichen Auswertung

krebs in der höchsten Aktivitätskategorie im Vergleich zur niedrigsten 13 % (RR 0,87; 95 %-CI 0,80–0,94).

2.5.3 Brustkrebs

Die hierfür berücksichtigten acht Sekundäranalysen zeigten im Highest-Lowest-Vergleich Risikoreduktionen im Bereich von 7–22 %. Die Metaanalyse von Pizot et al. (2016) z. B. beinhaltete 38 prospektive Kohortenstudien und zielte auf freizeitbezogene und berufsbezogene Aktivitäten. Die höchste Aktivitätsstufe war mit einer Risikoreduktion von 12 % assoziiert (RR 0,88; 95 %-CI 0,85–0,90), wobei das Ausmaß der Risikoreduktion vom Typ der Aktivität, dem menopausalen Status und dem Vorliegen von Adipositas nicht beeinflusst wurde. Für Frauen mit Hormonersatztherapie (HRT) in der Vergangenheit zeigte sich aber im Gegensatz zu Frauen, die niemals HRT angewendet hatten, keine signifikante Risikoreduktion (RR 0,97; 95 %-CI 0,88–1,07 versus RR 0,78; 95 %-CI 0,70–0,87). Die HRT scheint den protektiven Effekt von Bewegung zu eliminieren.

Die Metaanalyse von Hardefeldt et al. (2018) schloss 139 prospektive und retrospektive Studien in die Analyse ein. In dieser Analyse war die höchste Aktivitätsstufe mit einer Risikoreduktion um 22 % assoziiert (Odds Ratio [OR] 0,78; 95 %-CI 0,76–0,81), wobei höher-intensive Aktivität etwas protektiver war als mäßig-intensive Aktivität (OR 0,73; 95 %-CI 0,65–0,81 versus OR 0,79; 95 %-CI 0,72–0,86). Der menopausale Status hatte auf das Ausmaß der Risikoreduktion keinen Einfluss, aber Gewichtsreduktion reduzierte das Brustkrebsrisiko ebenfalls (OR 0,82; 95 %-CI 0,67–0,97).

Die Metaanalyse von Kyu et al. (2016) untersuchte die Assoziation zwischen der Gesamtaktivität und verschiedenen Endpunkten, für den Endpunkt Brustkrebs konnten 35 prospektive Kohortenstudien eingeschlossen werden. Die Analyse der Dosis-Wirkungs-Beziehung erfolgte kategoriell und kontinuierlich. In der kategoriellen Auswertung war die höchste Aktivitätskategorie (>8000 MET-min/Woche) im Vergleich zur niedrigsten Kategorie (<600 MET-min/Woche) mit einer Risikoreduktion von 14 % assoziiert (RR 0,863; 95 %-CI 0,829–0,900), die darunterliegende Kategorie (4000–7999 MET-min/Woche) mit einer Risikoreduktion von 6 % (RR 0,941; 95 %-CI 0,904–0,981) und die nächstfolgende (600–3600 MET-min/Woche) mit einer Risikoreduktion von 3 % (RR 0,967; 95 %-CI 0,937–0,998). In der kontinuierlichen Auswertung betrug die Risikoreduktion für eine Steigerung der Gesamtaktivität von 0 auf 600 MET-min/Woche 1 % (nicht signifikant), weitere 4 % bei einer Steigerung von 600 auf 3600 MET-min/Woche (siehe ■ Abb. 2.4)

Chen et al. (2019) analysierten 38 Kohortenstudien mit 68.416 Brustkrebsfällen. Das kombinierte RR für die körperlich aktivste Gruppe betrug hier 0,87; 95 %-CI 0,84–0,90. Die inverse Assoziation war über alle Subgruppenanalysen hinweg konsistent. Die Risikoreduktion betrug für premenopausale Frauen 17 % (RR 0,83; 95 %-CI 0,79–0,87), für postmenopausale Frauen 9 % (RR 0,91; 95 %-CI 0,85–0,97). In der Subgruppenanalyse nach der Art der körperlichen Aktivität betrugen die RRs für die Gesamtaktivität 0,87 (95 %-CI 0,81–0,93), für Freizeitaktivität 0,88 (95 %-CI 0,85–0,91) und für arbeitsbezogene Aktivität 0,91 (95 %-CI 0,84–0,99). Für die Gesamt- und freizeitbezogene Aktivität fanden die Autoren eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung, bei der für jede Steigerung der Aktivitätsdosis um 600 MET-min/Woche das Brustkrebsrisiko für die Gesamtaktivität um 2 % (95 %-CI 0,97–0,99) und für die Freizeitaktivität um 3 % (95 %-CI 0,95–0,99) reduziert war.

2.5.4 Malignes Melanom

Eine Krebsentität, die im Zusammenhang mit körperlicher Aktivität bisher kaum beachtet und untersucht wurde, ist das maligne Melanom. Erst die gepoolte Kohortenanalyse von Moore et al. (2016), in der die Assoziation zwischen körperlicher Freizeitaktivität und dem Risiko für 26 Typen von Krebs bei 1,44 Mio. Studienteilnehmern in 12 US-amerikanischen und europäischen Kohorten untersucht wurde, hat diesen Zusammenhang aufgezeigt. In dieser Studie war das Risiko für das maligne Melanom (12.438 Fälle) in der höchsten Aktivitätskategorie im Vergleich zur niedrigsten um 27 % erhöht (HR 1,27; 95 %-CI 1,16–1,40). Dieses Ergebnis ist deshalb bemerkenswert, da die Assoziation zuvor nur in einer einzigen kleinen Fall-Kontroll-Studie untersucht worden war (Shors et al. 2001). Diese Studie fand, dass Frauen und Männer, die 5–7-mal pro Woche Sport treiben, ein um 30 % niedrigeres Melanomrisiko aufwiesen (OR 0,70; 95 %-CI 0,50–1,00) – ein Ergebnis, das die Studie von Moore et al. widerlegt hat. Von den zwölf analysierten Kohorten war in acht Kohorten das Melanomrisiko der aktivsten Gruppen um 20 % oder mehr erhöht. Die Studie von Moore et al. fand auch, dass die Assoziation zwischen der Freizeitaktivität und dem Melanomrisiko in Gebieten mit höherer UV-Belastung stärker war, was impliziert, dass die Sonnenexposition ein wichtiger Faktor ist, der dieser Assoziation zugrunde liegt. Die wahrscheinlichste Ursache für das erhöhte Melanomrisiko bei gesteigerter körperlicher Aktivität ist die größere Sonnenexposition in Verbindung mit Outdooraktivitäten

(Holman et al. 2014). Körperlich aktive Menschen sind daher eine vulnerable Population für Melanome und dem adäquaten Sonnenschutz muss in dieser Gruppe besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Der Bedeutung dieser Studie wurde auch von den Autoren der Umbrella-Review Rechnung getragen, obwohl sie als Originalstudie nicht Teil der Umbrella-Review war. Sie wendeten ihre Prüfkriterien auf diese Studie an und attestierten, dass sich die Assoziation zwischen körperlicher Freizeitaktivität und dem Melanomrisiko auf starke Evidenz stützt (Rezende et al. 2018).

2.5.5 Lungenkrebs

Lungenkrebs ist in den Mitgliedsstaaten der EU die häufigste Krebsart mit Todesfolge (ESMO 2020). Die einbezogenen Sekundäranalysen fanden eine signifikante inverse Assoziation zwischen körperlicher Freizeitaktivität und dem Risiko für Lungenkrebs im Ausmaß von 21–27 % für die aktivsten im Vergleich mit den inaktivsten Gruppen (PAGAC 2018; McTiernan et al. 2019; Rezende et al. 2018; Sun et al. 2012; Brenner et al. 2016).

Im systematischen Review von Sun et al. 2012 mit 14 prospektiven Kohortenstudien und 1.644.305 Studienteilnehmern war sowohl eine hohe als auch eine mittlere Aktivitätsdosis bei Männern und Frauen mit einem verminderten Risiko für Lungenkrebs assoziiert (RR 0,77; 95 %-CI 0,73–0,81 bzw. RR 0,87; 95 %-CI 0,83–0,90). Diese Effekte waren unabhängig von anderen Risikofaktoren für Lungenkrebs. In dieser Analyse wurde nicht zwischen freizeitbezogener und berufsbezogener Aktivität unterschieden.

In der Metaanalyse von Brenner et al. (2016) mit 28 Studien war die höchste freizeitbezogene Aktivitätskategorie im Vergleich zu niedrigsten mit einem um 24 % verminderten Lungenkrebsrisiko verbunden (RR 0,76; 95%-CI 0,69–0,85). Ähnliche inverse Beziehungen fanden sich für alle untersuchten histologischen Subtypen wie dem Adenokarzinom (RR 0,80; 95-CI 0,72–0,88), dem Plattenepithelkarzinom (0,80; 95%-CI 0,71–0,90) sowie dem kleinzelligen Lungenkarzinom (RR 0,79; 95 %-CI 0,66–0,94). Wurden die Effekte in Abhängigkeit des Raucherstatus geprüft, waren inverse Assoziationen nur für gegenwärtige Raucher (RR 0,77; 95 %-CI 0,72–0,83) und vergangene Raucher (RR 0,77; 95 %-CI 0,69–0,85) evident, jedoch nicht für Nie-Raucher (RR 0,96; 95 %-CI 0,79–1,18). Auch in der gepoolten Analyse von Moore, in der in der Primäranalyse die höchste Aktivitätskategorie mit einem um 27 % verminderten Risiko für Lungenkrebs assoziiert war (RR 0,73, 95 %-CI 0,70–0,76), fand sich in der nach dem Raucherstatus stratifizierten Analyse für Nie-Raucher keine signifikante Assoziation mehr (Moore et al. 2016).

In der aktuellsten dieser Metaanalysen, die vier Kohorten- und vier Fall-Kontrollstudien mit 532.282 Teilnehmern einschloss, wurde die Assoziation zwischen der berufsbezogenen körperlichen Aktivität und dem Risiko für Lungenkrebs untersucht (Rana et al. 2020). In der für Lebensalter und Raucherstatus adjustierten Metaanalyse hatten die Männer in der höchsten Aktivitätskategorie berufsbezogener Aktivität im Vergleich zur niedrigsten ein um 15 % höheres Risiko für Lungenkrebs (OR 1,15; 95 %-CI 1,04–1,28). Bei den Frauen bestand (basierend auf 2 Kohorten- und einer Fall-Kontroll-Studie) hingegen keine Assoziation (OR 1,01; 95 %-CI 0,77–1,34). Hier müssen noch andere berufsbezogene Expositionen näher geklärt werden, die das Ergebnis möglicherweise beeinflusst haben können.

2.5.6 Endometrium Krebs

In allen identifizierten Sekundäranalysen wurde eine Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und dem Risiko für endometrialen Krebs gefunden, mit Risikoreduktionen von 17–21 % im Highest-Lowest-Vergleich (PAGAC 2018; McTiernan et al. 2019; Rezende et al. 2018). Der inverse Zusammenhang wurde zuvor bereits in einer Metaanalyse, die 33 Primärstudien mit 19.558 Endometriumkrebsfällen beinhaltete, aufgezeigt (Schmid et al. 2015). In dieser Analyse war das Risiko für endometrialen Krebs in der höchsten im Vergleich zur niedrigsten Aktivitätskategorie um 20 % reduziert (RR 0,80; 95 %-CI 0,75–0,85). Freizeitbezogene, berufsbezogene und transportbezogene körperliche Aktivität war mit einem verminderten Risiko für Endometriumkrebs assoziiert, eine inverse Beziehung zur körperlichen Aktivität jedoch nur bei Frauen mit Übergewicht oder Adipositas gegeben (RR 0,69; 95 %-CI 0,52–0,91) und nicht bei normalgewichtigen Frauen (RR 0,97; 95 %-CI 0,82–1,13). Endometrialer Krebs ist eine adipositasbezogene Krebsform und der Body-Mass-Index kann die Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität und Endometriumkrebs beeinflussen. In der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018) wurde dem Zusammenhang daher eine nicht gänzlich abgesicherte Evidenz attestiert. In der größten Originalstudie von Moore et al. (2016) war die Freizeitaktivität ebenfalls nur bei Frauen mit einem hohen BMI mit einer Risikoreduktion für Endometriumkrebs assoziiert.

2.5.7 Gastroösophagealer Krebs

In den einbezogenen Sekundäranalysen findet sich eine signifikante Beziehung zwischen körperlicher freizeit- und/oder berufsbezogener Aktivität und dem Risiko für gastroösophagealen Krebs, insbesondere dem ösophagealem Adenokarzinom (Singh et al. 2014b; Behrens et al. 2014; PAGAC 2018; McTiernan et al. 2019; Rezende et al. 2018). Die Risikoreduktion für die aktivsten versus inaktivsten Gruppen liegt im Bereich von 15–29 %. Körperliche Aktivität dürfte das gastroösophageale Krebsrisiko durch eine Reduktion von oxidativem Stress und eine verminderte chronische Inflammation senken.

Die Metaanalyse von Singh et al. (2014b) inkludierte neun Studien (vier Kohorten-, fünf Fall-Kontroll-Studien) mit 1.871 Fällen von Ösophaguskrebs bei 1.381.844 Studienteilnehmern. Im Highest-Lowest-Vergleich war das Risiko für Ösophaguskrebs gesamt in der höchsten Aktivitätskategorie um 29 % vermindert (OR 0,71; 95 %-CI 0,57–0,89), in der histologiespezifischen Analyse für das ösophageale Adenokarzinom um 32 % (OR 0,68; 95 %-CI 0,55–0,85). Für das squamöse Ösophaguskarzinom standen nur Daten aus drei Studien zur Verfügung, mit widersprüchlichen Ergebnissen, und die Metaanalyse zeigte eine Null-Assoziation (OR 1,10; 95 %-CI 0,21–5,64).

Die umfassendere Metaanalyse von Behrens et al. (2014) basierte auf 24 Studien mit 15.745 Fällen von Ösophaguskrebs. Die Auswertung erfolgte nach anatomischer Lage und Tumorphistologie. Risikoreduktionen wurden für das ösophageale Adenokarzinom (RR 0,79; 95 %-CI 0,66–0,94), für das gastrische Kardiokarzinom (RR 0,83; 95 %-CI 0,69–0,99) und für das gastrische Nicht-Kardiokarzinom (RR 0,72; 95

%-CI 0,62–0,84) gefunden, nicht aber für das squamöse Ösophaguskarzinom (RR 0,94; 95 %-CI 0,41–2,16). Die Risikoreduktion für gaströsophagealen Krebs gesamt betrug 18 % (RR 0,82 (95 %-CI 0,74–0,90). Die größte Risikoreduktion war bei den Personen zu beobachten, die 5-mal pro Woche mäßig- bis höher intensive Aktivitäten betrieben (RR 0,67; 95 %-CI 0,58–0,79).

In der gepoolten Studie von Moore et al. (2016) war das ösophageale Adenokarzinom von allen 26 untersuchten Krebsentitäten im Highest-versus-Lowest-Vergleich körperlicher Freizeitaktivität sogar das mit der größten Risikoreduktion (RR 0,62; 95 %-CI 0,40–0,97).

2.5.8 Pankreaskrebs

Regelmäßige körperliche Aktivität dürfte hinsichtlich des Pankreaskarzinoms protektiv wirken, indem sie das Körpergewicht reguliert, die Insulinresistenz senkt und DNA-Schäden sowie chronische Inflammation vermindert. Für die Einschätzung der Assoziation stehen mehrere Metaanalysen zur Verfügung (Behrens et al. 2015; Farris et al. 2015; Xie et al. 2021). Die Robustheit der Assoziation wurde auch in der Umbrella-Review von Rezende geprüft (Rezende et al. 2018). In den verfügbaren Sekundäranalysen findet sich in den Highest-Lowest-Vergleichen eine zwar schwache, aber signifikante Assoziation mit einer Risikosenkung im Bereich von 7–15 %.

Die Metaanalyse von Behrens et al. (2015) beinhaltete 30 Originalstudien mit 10.501 Fällen von Pankreaskrebs. In dieser Analyse war die höchste Aktivitätskategorie mit einem um 7 % reduzierten Risiko für Pankreaskrebs assoziiert (RR 0,93; 95 %-CI 0,88–0,98). Die Risikoschätzungen waren ausgeprägter in den Fall-Kontroll-Studien (RR 0,78) unterschieden sich aber nicht in Abhängigkeit vom Raucherstatus oder dem Body-Mass-Index.

Die Metaanalyse von Farris et al. (2015) untersuchte die Assoziation zwischen der Freizeitaktivität und dem Risiko für Pankreaskrebs und schloss 26 Originalstudien mit 6.664 Fällen von Pankreaskrebs in die Analyse ein. Die kombinierte relative Risikoreduktion betrug in dieser Analyse für die aktivste Gruppe 11 % (RR 0,89; 95 %-CI 0,82–0,96), wobei auch hier erwartungsgemäß die Risikoreduktion in den Fall-Kontroll-Studien höher ausfiel als in den Kohortenstudien (RRs 0,69 vs. 0,96). Das Lebensalter war eine Quelle für die Heterogenität, mit einer stärkeren Risikoreduktion für jüngere (<50 Jahre) Populationen.

In der Metaanalyse von Xie et al. (2021) wurde die Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und den unterschiedlichen Krebsformen des Verdauungstraktes untersucht. Von den insgesamt einbezogenen 47 Studien mit 5.797.768 Teilnehmern und 55.162 Fällen konnten für die Auswertung des Endpunktes Pankreaskrebs 33 Studien berücksichtigt werden. Für alle Krebsformen des Verdauungstrakts zusammengefasst betrug für die höchste Aktivitätskategorie (>3000 METs-min/Woche) im Vergleich zur niedrigsten (<600 MET-min/Woche) die Risikoreduktion 18 % (RR 0,82; 95 %-CI 0,78–0,91), mit einer erwartungsgemäß ausgeprägteren Risikominderung in den Fall-Kontroll-Studien im Vergleich zu den prospektiven Kohortenstudien (27 % versus 18 %). Pankreaskrebs allein war mit einer Risikominderung von 15 % assoziiert (RR 0,85; 95 %-CI 0,78–0,91).

Auch in der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018) findet sich für die körperliche Aktivität und die Inzidenz für Pankreaskrebs in der Primäranalyse (nur prospektive Kohortenstudien) eine statistisch signifikante Assoziation (RR 0,93; 95 %-CI 0,87–0,99), wobei die Robustheit der Evidenz für die Assoziation aber als schwach eingestuft wurde.

2.5.9 Magenkrebs

Für Magenkrebs fallen die Bewertungen der Evidenz der Assoziation zur körperlichen Aktivität in den verfügbaren Sekundäranalysen unterschiedlich aus. Während der qualitative PAGAC Report (2018) und die systematische Review von McTiernan et al. (2019) sowie mehrere Metaanalysen (Singh et al. 2014b; Abioye et al. 2015; Psaltopoulou et al. 2016) inverse Assoziationen mit statistisch signifikanten Risikoreduktionen in der Größenordnung von 19–21 % fanden, war in der Umbrella-Review von Rezende (2018) die Assoziation statistisch nicht signifikant (RR 0,83; 95 %-CI 0,53–1,28).

In der größten der drei Metaanalysen mit zehn Kohortenstudien (7551 Inzidenzfälle) und zwölf Fall-Kontrollstudien (5803 Fälle) (Psaltopoulou et al. 2016) war jedwede Form körperlicher Aktivität (Gesamtaktivität, Freizeitaktivität, arbeitsbezogene Aktivität) beim Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Aktivitätskategorie mit einem um 19 % niedrigeren Risiko für Magenkrebs assoziiert (RR 0,81; 95 %-CI 0,73–0,89). Die beiden Metaanalysen von Singh et al. (2014b) und Abioye et al. (2015) mit weniger Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen mit Risikoreduktionen von 19 % (RR 0,81; 95 %-CI 0,69–0,96) bzw. 21 % (OR 0,79; 95 %-CI 0,71–0,87). In den drei Analysen war die Assoziation für Non-Kardialkrebs aber stärker ausgeprägt als für Kardialkrebs. Die gepoolte Studie von Moore et al. (2016) zeigte hingegen nur für Kardialkrebs eine signifikante Assoziation zur Freizeitaktivität (RR 0,78; 95 %-CI 0,64–0,95).

2.5.10 Blasenkrebs

Für den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Blasenkrebs ergeben sich ebenfalls unterschiedliche Bewertungen der Evidenz. Während eine Metaanalyse von Keimling et al. (2014) sowie die gepoolte Studie von Moore (Moore et al. 2016) signifikante inverse Assoziationen fanden, erwies sich die Beziehung in der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018) als nicht robust (RR 0,91; 95 %-CI 0,79–1,05).

Die Metaanalyse von Keimling (Keimling et al. 2014) beinhaltete 15 Studien mit 5.402.369 Individuen und 27.784 Fällen von Blasenkrebs. Die höchste Aktivitätskategorie im Vergleich zur niedrigsten war in dieser Analyse mit einer Reduktion des Blasenkrebsrisikos um 15 % (RR 0,85; 95 %-CI 0,74–0,98) assoziiert, die Heterogenität zwischen den einzelnen Studien aber groß. Das Ergebnis war für Frauen und Männer (RRs 0,83 und 0,92) sowie für freizeit- und arbeitsbezogene Aktivität ähnlich (RRs 0,81 und 0,90) und weitgehend konsistent für höher-intensive und mäßig-intensive Aktivitäten (RRs 0,80 und 0,85). In der Studie von Moore et al. (2016) mit 1,4 Mio. Kohortenteilnehmern war die höchste Aktivitätskategorie von Freizeitaktivität ebenfalls mit einer signifikanten inversen Beziehung zu Blasenkrebs assoziiert

(RR 0,88 (95 %-CI 0,83–0,94). In der Umbrella-Review von Rezende et al. (2018) erwies sich unter Einbeziehung von 25.174 Blasenkrebsfällen die Beziehung aber als nicht robust (RR 0,91; 95 %-CI 0,79–1,05).

2.5.11 Prostatakrebs

Prostatakrebs ist von Bedeutung, da er in der Europäischen Union nach Brustkrebs und Kolonkrebs die dritthäufigste Krebserkrankung ist und die häufigste Krebsform bei Männern (ESMO 2020). Einige ältere epidemiologische Studien, vor allem Fall-Kontroll-Studien, legten nahe, dass körperliche Aktivität in Bezug auf Prostatakrebs protektiv wirken dürfte. So fand eine aggregierte Metaanalyse aus 19 Kohorten- und 24 Fall-Kontrollstudien eine inverse Assoziation (RR 0,90; 95 %-CI 0,84–0,95) (Liu et al. 2011). Die inverse Beziehung war aber für Freizeitaktivität nicht signifikant und die gepoolten Ergebnisse der Fall-Kontroll-Studien und Kohortenstudien widersprüchlich. Neuere Daten zur Einschätzung der Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und dem Risiko für Prostatakrebs finden sich in der gepoolten Kohortenanalyse von Moore et al. (2016) sowie in einer weiteren Metaanalyse von Liu et al. (2018).

In der Analyse von Moore et al. (2016) mit 1,44 Mio. Kohortenteilnehmern und 46.890 Prostatakrebsfällen war körperliche Freizeitaktivität im Highest-Lowest-Vergleich mit einem um 5 % erhöhten Risiko für Prostatakrebs assoziiert (HR 1,05; 95 %-CI 1,03–1,08). In der Subgruppenanalyse fand sich keine Assoziation zum fortgeschrittenen Prostatakrebs. Es gibt keine bekannte biologische Begründung, um diese Assoziation zu erklären. Für die positive Assoziation könnte laut Autoren Screening-Bias die Ursache sein. Körperlich aktive Männer sind gesundheitsbewusster und unterziehen sich eher einer digitalen rektalen Vorsorgeuntersuchung oder einem prostataspezifischen Antigenscreening, womit die Wahrscheinlichkeit für die Diagnose von indolenten Prostatakarzinomen steigt.

Auch in der Metaregressionsanalyse von Liu et al. (2018a) mit 21 Studien (ausschließlich prospektiven Kohortenstudien, 802.872 Personen und 8.707 Krebsfälle), in der der Dosis-Wirkungs-Zusammenhang zwischen der freizeitbezogenen Aktivität und dem Risiko für Prostatakrebs untersucht wurde, fand sich keine Evidenz für eine Assoziation und Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die RRs für jedes Inkrement der Aktivitätsdosis um 500 MET-min/Woche waren 1,00 (95 %-CI 0,99–1,01) für Prostatakrebs gesamt, 1,00 (95 %-CI 0,98–1,01) für lokalen Prostatakrebs und 1,00 (95 %-CI 0,98–1,02) für das fortgeschrittene Prostatakarzinom.

2.5.12 Assoziationen zu anderen Krebsformen

Für andere Krebsentitäten, wie Ovarialkrebs, Kopf-Nacken-Tumore, Rektumkrebs sowie verschiedene hämatologische Krebsformen (z. B. akute myeloische Leukämie, multiples Myelom), fanden sich in der gepoolten Analyse von Moore et al. (2016) und einzelnen Metaanalysen und Primärstudien zwar ebenfalls schwache Assoziationen oder Hinweise auf solche, in der Umbrella-Review von Rezende (2018) waren diese aber nicht signifikant.

2.6 Körperliche Aktivität und psychische Erkrankungen

Psychische Erkrankungen gehören weltweit zu den wichtigsten Ursachen für den vorzeitigen Tod (Rehm & Shield 2019). Eine Metaanalyse mit 148 Studien berechnete ein mehr als zweifach erhöhtes Mortalitätsrisiko (RR 2,22; 95 %-CI 2,12.–2,33), wenn eine psychische Störung vorliegt und schätzte, dass psychischen Erkrankungen 14,3 % der weltweiten Todesfälle zuschreibbar sind (Walker et al. 2015). In Europa sind 12 % der Bevölkerung von einer psychischen Erkrankung betroffen (GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators 2016). Die häufigsten Erkrankungsformen sind depressive Störungen und Angststörungen, mit Prävalenzen von 5,1 % und 4,3 %, wobei die Raten bei Frauen um 50 % höher liegen als bei Männern. Menschen mit psychischen Erkrankungen sterben verglichen mit der Normalbevölkerung um 10–20 Jahre früher, da diese häufig mit einer Reihe somatischer Komorbiditäten einhergehen. Risikofaktoren für Begleiterkrankungen sind die genetische Vulnerabilität, Nebenwirkungen der medikamentösen Therapie und ein ungünstiger Lebensstil mit ungesunden Essgewohnheiten, Substanzmissbrauch, ungenügendem Schlaf, einem reduzierten Status körperlicher Aktivität bzw. langen Perioden körperlicher Inaktivität (Schuch & Vancampfort 2021). Psychische Erkrankungen haben eine multifaktorielle Genese und sind mit zahlreichen nicht modifizierbaren und modifizierbaren Risiko- sowie protektiven Faktoren verknüpft (Radua et al. 2018). Körperliche Aktivität ist einer der modifizierbaren Schutzfaktoren, dem für die Primärprävention und Therapie bestimmter psychischer Erkrankungen zunehmende Bedeutung beigemessen wird (Schuch & Vancampfort 2021).

Zur Einschätzung der Wirksamkeit körperlicher Aktivität für die Vorbeugung der häufigsten psychischen Störungen sind zwei ältere qualitative systematische Reviews sowie fünf aktuellere Metaanalysen verfügbar. (Teychenne et al. 2008; Mammen & Faulkner 2013; Schuch et al. 2018; 2019; Brokmeier et al. 2020; Dishman et al. 2021; Pearce et al. 2022).

2.6.1 Depressive Störungen

Schon die beiden älteren qualitativen Analysen kamen zum Ergebnis, dass zwischen der körperlichen Aktivität in unterschiedlichen Domänen und Intensitäten und der Inzidenz für depressive Störungen eine inverse Beziehung besteht und dass bereits relativ niedrige Aktivitätsdosen (z. B. <150 min/Woche Walking) protektiv gegen Depressionen wirken können (Teychenne et al. 2008; Mammen & Faulkner 2013).

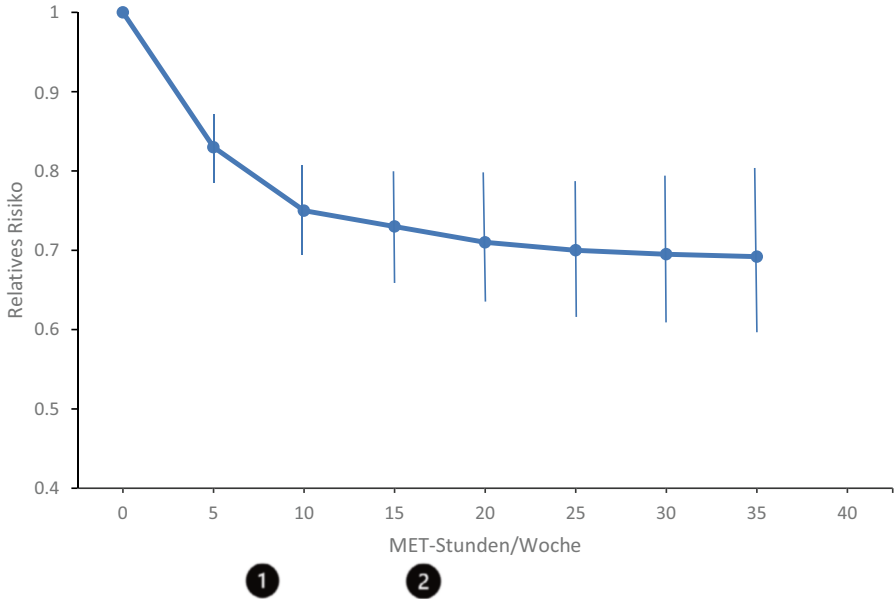
Schuch et al. (2018) untersuchten in ihrer Metaanalyse, die 49 prospektive Kohortenstudien mit 266.939 Studienteilnehmern (53 % Frauen) ohne Diagnose einer psychischen Störung zu Studienbeginn einschloss, die Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und der Inzidenz für Depression. Die durchschnittliche Follow-up-Dauer betrug 7,4 Jahre. Das Neuauftreten einer depressiven Störung in der höchsten Aktivitätskategorie (definiert als die Gruppe mit der größten Frequenz oder Intensität bzw. dem höchsten Aktivitätsvolumen oder Energieverbrauch) wurde mit jener in der niedrigsten Aktivitätsstufe verglichen und nach Studien mit OR- bzw. RR-Angaben gesondert analysiert. Die Teilnehmer mit dem höchsten Aktivitätslevel hatten im Vergleich zu den Personen mit dem niedrigsten Aktivitätslevel eine

um 17 % reduzierte Odds für das Auftreten einer Depression (adjustierte OR 0,83; 95 %-CI 0,79–0,88; N = 36 Studien) bzw. ein um 17 % vermindertes Risiko (adjustierte RR 0,83; 95 %-CI 0,76–0,90; N = 18 Studien). Körperliche Aktivität war protektiv hinsichtlich der Diagnose einer Major-Depression (OR 0,86; 95 %-CI 0,76–0,98; N = 10 Studien) und ein Aktivitätsvolumen von 150 min/Woche mit mäßig bis hoher Intensität war protektiv hinsichtlich einer künftigen Depression (OR 0,78; 95 %-CI 0,62–0,99; N = 4 Studien). Das Ergebnis war unabhängig von Geschlecht, Lebensalter und geografischer Region. Der protektive Effekt war bei Jugendlichen (adjustierte OR 0,90; 95 %-CI 0,83–0,98), Erwachsenen (adjustierte OR 0,78; 95 %-CI 0,70–0,87) und älteren Menschen (adjustierte OR 0,79; 95 %-CI 0,72–0,86) gegeben. Die Studienqualität der eingeschlossenen Studien war mäßig bis hoch.

Die deutlich größere Metaanalyse von Dishman et al. (2021) inkludierte 111 prospektive Kohortenstudien mit mehr als 3 Mio. Studienteilnehmern aus 11 Nationen und 5 Kontinenten. Die Metaanalyse quantifizierte die kumulative Assoziation zwischen der gewohnheitsmäßigen körperlichen Aktivität und der Inzidenz für Depression sowie dem Auftreten von subklinischen depressiven Symptomen im Zeitverlauf. Inkludiert wurden Kohortentudien, in denen entweder die Freizeitaktivität oder die Gesamtaktivität einmalig oder mehrmalig erhoben worden waren. Als Referenzkategorie diente die niedrigste Aktivitätskategorie (z. B. die Gruppe mit der niedrigsten MET-Stundenanzahl/Woche, min/Woche, Frequenz oder Zeitdauer/Woche). Die Odds für das Neuauftreten einer Depression oder einer Zunahme subklinischer Symptome war für die körperlich aktiven Gruppen in der adjustierten Analyse um 21 % reduziert (OR 0,79; 95 %-CI 0,75–0,82; N = 91 Studien). Die Metaregression zeigte, dass die adjustierte Odds für Depression mit der Aktivitätsdosis in einer negativen Beziehung stand. Die Odds für Depression war niedriger, wenn (1) die Expositions-dosis entweder mäßig oder hoch war (OR 0,73; 95 %-CI 0,68–0,78) bzw. die WHO-Mindestempfehlung für körperliche Aktivität erfüllt war (OR 0,77; 95 %-CI 0,73–0,81), oder (2) die Teilnehmer im Zeitverlauf die Aktivitätsdosis gesteigert hatten (OR 0,69; 95 %-CI 0,61–0,79).

Die erste quantitative Einschätzung der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko für Depression liefert die aktuellste dieser Analysen (Pearce et al. 2022). In diese Metaregressionsanalyse wurden nur prospektive Kohortenstudien aufgenommen, die mindestens drei oder mehr Expositionsstufen körperlicher Aktivität enthielten (Voraussetzung für die Durchführbarkeit einer Dosis-Wirkungs-Analyse), bei einer minimalen Teilnehmerzahl von 3.000 Personen (um „small study Effekte“ zu minimieren) und einem Mindest-Follow-up von 3 Jahren (um das Biasrisiko für undiagnostizierte Depressionen zu minimieren). Als primäre Endpunkte wurden das Neuauftreten einer Major Depression sowie die Zunahme von depressiven Symptomen definiert. Aufgenommen wurden Studien, in denen entweder die Freizeitaktivität allein oder in Kombination mit anderen Domänen untersucht worden war. 15 Kohortenstudien mit 191.130 Teilnehmern (ca. 64 % Frauen) und mehr als 2 Mio. Personenjahren erfüllten die Einschlusskriterien. Die in den Primärstudien verwendeten unterschiedlichen Expositionsangaben wurden harmonisiert und die Aktivitätsdosis in Form von MET-Stunden pro Woche (MET-h/Wo) angegeben.

Das Ergebnis der Metaregression zeigte eine inverse nichtlineare Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Depression, mit einem relativ größeren Nutzen in den unteren Dosisregionen. Erwachsene, die im Vergleich zu körper-



■ **Abb. 2.5** Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen körperlicher Freizeitaktivität oder Freizeitaktivität kombiniert mit anderen Domänen (als MET-Std./Woche) und Inzidenz für Depression (Risk Ratio) in Anlehnung an die Ergebnisse der Metaanalyse von Pearce et al. (2022). Die vertikalen Linien in den Datenpunkten zeigen die 95 %-Konfidenzintervalle der jeweiligen Risikoschätzungen an. Die beiden beschrifteten schwarzen Punkte zeigen die WHO-Mindestempfehlung von ca. 8,5 MET-Std./Woche bzw. 150 min mäßig intensiver Aktivität oder 75 min höher intensiver Aktivität pro Woche (1) und das Doppelte der WHO-Mindestempfehlung (2)

lich inaktiven Personen die Hälfte der WHO-Mindestempfehlung zur körperlichen Aktivität erfüllten (4,4 MET-h/Wo) hatten ein um 18 % vermindertes Risiko für Depression (RR 0,82; 95 %-CI 0,77–0,87). Das Erreichen der WHO-Mindestempfehlung von 8,8 MET-h/Wo (entspricht einem Energievolumen von ca. 2,5 h zügigem Gehen pro Woche) war mit einer Risikoreduktion von 25 % assoziiert (RR 0,75; 95 %-CI 0,68–0,82), die doppelte Dosis dieser Empfehlung (17,5 MET-h/Wo) mit einer Risikoreduktion von 27 % (RR 0,73; 95 %-CI 0,64–0,81) (■ Abb. 2.5). Die Dosis-Wirkungs-Kurven für die Endpunkte Major Depression und Zunahme depressiver Symptome zeigten einen ähnlichen Verlauf. Die Studienautoren berechneten auf dieser Grundlage auch den populationsbezogenen potenziellen Wirkungsanteil (potential impact fraction [PIF]). Auf Basis der PIF-Analyse wären 11,5 % (95 %-CI 7,7–15,4 %) aller neu auftretenden Depressionen vermeidbar, wenn die Erwachsenenbevölkerung die WHO-Mindestempfehlung von 8,8 MET-h/Wo erreichen würde. Dieses Ergebnis sollte von allen Ärzten, die körperlich inaktive Menschen hinsichtlich Lebensstilveränderungen beraten und für die das Erreichen der aktuellen WHO-Mindestempfehlung unrealistisch ist, berücksichtigt werden. Der anteilsmäßig größte Effekt hinsichtlich der Vorbeugung von depressiven Störungen ist bereits unterhalb dieser Mindestempfehlung gegeben, mit einer weiteren Steigerung, wenn die Mindestempfehlung erreicht wird, aber keinem nennenswerten zusätzlichen Nutzen bei Überschreiten dieser Aktivitätsdosis.

2.6.2 Angststörungen

In einer weiteren kleineren Metaanalyse untersuchten Schuch et al. (2019) auch den Zusammenhang zwischen der Inzidenz von Angststörungen und körperlicher Aktivität. Für diese erstmals durchgeführte Sekundäranalyse dieses Endpunktes schlossen sie 14 prospektive Kohorten mit 75.831 Studienteilnehmern (49,9 % Frauen) ein. In dieser Analyse hatten die Teilnehmer in der höchsten Aktivitätsgruppe eine um 26 % reduzierte Odds, eine Angststörung zu entwickeln (adjustierte OR 0,74; 95 %-CI 0,62–0,88). Ein hoher Level an körperlicher Aktivität war protektiv hinsichtlich des Auftretens von Agoraphobie (adjustierte OR 0,42; 95 %-CI 0,18–0,98) und der posttraumatischen Belastungsstörung (adjustierte OR 0,57; 95 %-CI 0,39–0,85). Ein protektiver Effekt wurde für Kinder/Jugendliche (OR 0,52; 95 %-CI 0,29–0,90) und Erwachsene (OR 0,81; 95 %-CI 0,69–0,95) beobachtet und war unabhängig von der geografischen Region.

2.6.3 Psychose und Schizophrenie

Nachdem die Evidenz aus Querschnittstudien für eine inverse Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und der Präsenz psychotischer Symptome spricht (Stubbs et al. 2017), liegt inzwischen auch eine kleine Metaanalyse mit prospektiven Kohortenstudien vor (Brokmeier et al. 2020) vor. Ziel dieser Analyse mit vier Kohortenstudien und 30.025 Teilnehmern war es, die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und der Inzidenz für Psychose/Schizophrenie im Highest versus Lowest Vergleich zu untersuchen. Die Kohorten beinhalteten Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene (50 % weiblich) mit einem Alter von 9–18 Jahren, die 4–32 Jahre nachbeobachtet wurden. In der unadjustierten Analyse hatten die Teilnehmer der obersten Aktivitätskategorie (die Gruppe mit der höchsten Frequenz, Belastungsintensität, dem höchsten Volumen oder Energieverbrauch) im Vergleich mit denen der untersten Kategorie eine um 27 % niedrigere Odds (OR 0,73; 95 %-CI 0,53–0,99), eine Psychose/Schizophrenie zu entwickeln (4 Kohorten, N = 30.025). In der für Kovariablen wie Lebensalter, Geschlecht, psychische Erkrankungen bei den Eltern und Body-Mass-Index adjustierten Analyse, für die nur 2 Kohorten (N = 10.583) zur Verfügung standen, war das Ergebnis nicht mehr signifikant (OR 0,59; 95 %-CI 0,25–1,38). Die Daten aus der unadjustierten Analyse sprechen zwar für eine mögliche inverse Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität und psychotischen Symptomen, aber für eine verlässliche Aussage sind weitere prospektive Studien mit entsprechender Stichprobengröße notwendig.

Die Frage, auf welche Weise körperliche Aktivität einen bestimmten Schutz gegen psychische Erkrankungen bieten kann, lässt sich nicht einfach beantworten. Vermutlich sind dafür eine Reihe von biochemischen und psychosozialen Faktoren verantwortlich, einschließlich biologischer Mechanismen, durch welche körperliche Aktivität die Neurogenese erhöht, inflammatorische und oxidative Marker reduziert und das endocannabinoide System aktiviert (Schuch et al. 2016; Brellenthin et al. 2017).

2.7 Körperliche Aktivität und COVID-19

COVID-19, von der WHO im März 2020 zur Pandemie erklärt, hatte schwerwiegende humanitäre und ökonomische Folgen. Anfang September 2022 waren laut WHO-Statistik weltweit annähernd 600 Mio. bestätigte Fälle einer COVID-19-Infektion sowie 6,5 Mio. Todesfälle infolge einer COVID-19-Erkrankung registriert (WHO 2022). Eine Reihe von Faktoren, die die Schwere der Erkrankung erhöhen, wurde seit Ausbruch der Pandemie identifiziert. Sie beinhalten persönliche Charakteristika wie Lebensalter, Geschlecht und ethnische Herkunft sowie Risikofaktoren wie Diabetes, Übergewicht, Hypertonie und respiratorische Erkrankungen (Richardson et al. 2020). Für die positive Wirkung körperlicher Aktivität auf letztgenannte Risikofaktoren besteht gute epidemiologische Evidenz. Frühere Studien inklusive einer systematischen Review haben ebenso einen protektiven Effekt ausreichender physischer Aktivität auf die Infektiosität und Schwere respiratorischer Infektionen gezeigt (Hamer et al. 2019; Nieman und Wentz 2019; Chastin et al. 2021).

Der Versuch einer systematischen Einschätzung des Zusammenhangs zwischen körperlicher Aktivität und verschiedenen COVID-19-Endpunkten war bis dato nicht erfolgt, eine Reihe von Studien hatte aber darauf hingewiesen, dass körperliche Aktivität den Krankheitsverlauf möglicherweise modulieren und die Entwicklung von negativen Konsequenzen bei bestätigter COVID-19-Erkrankung bremsen kann (Sallis et al. 2021; Depres 2021; Lee et al. 2021).

Im August 2022 ist die erste Metaanalyse erschienen, in der die Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko für eine COVID-19-Infektion, COVID-19-assoziierte Krankenhauseinweisung, schwere COVID-19-Erkrankung bzw. dem Tod also Folge von COVID-19 systematisch untersucht wurden (Ezzatvar et al. 2022).

16 Studien (6 prospektive und 2 retrospektive Kohortenstudien, 3 Fallkontrollstudien und 5 Querschnittstudien), die in Summe 1.835.610 Teilnehmer (53 % Frauen) mit einem durchschnittlichen Lebensalter von 53,2 Jahren präsentierten, erfüllten die Einschlusskriterien und wurden analysiert.

Die Schätzungen der Gesamtereignisse beinhalteten 134.639 positive Fälle, 20.984 Hospitalisationen aufgrund einer COVID-19-Infektion, 7.007 Fälle einer schweren COVID-19-Erkrankung (einschließlich intensivmedizinischer Behandlung und/oder künstlicher Beatmung) und 2.878 COVID-19-bezogene Todesfälle.

In den meisten der inkludierten Studien war die selbstberichtete körperliche Freizeitaktivität erhoben und die Teilnehmer auf der Grundlage von MET-min/Woche, der Bewegungszeit pro Woche oder der Intensität und Frequenz den verschiedenen Aktivitätskategorien zugeordnet worden. In einigen der Studien wurde die physische Aktivität mittel Accelerometrie oder mithilfe von Smart-Devices objektiv erhoben. Die Auswertung beinhaltete auch eine formale Metaregressionsanalyse zur Einschätzung der Dosis-Wirkungs-Beziehung.

Erwachsene, die körperlich regelmäßig aktiv waren, hatten im Vergleich zu den inaktiven Peers ein um 11 % vermindertes Risiko für eine SARS-CoV-2 Infektion (RR 0,89; 95 %-CI 0,84–0,95) und ein um 36 % geringeres Risiko für eine COVID-19-bedingte Krankenhauseinweisung (RR 0,64; 95 %-CI 0,54–0,76). Das Risiko für einen schweren COVID-19-Verlauf war bei den regelmäßig aktiven Personen um 34

% (RR 0,66; 95 %-CI 0,58–0,77) und das Risiko für den Tod infolge von COVID-19 um 43 % vermindert (RR 0,57; 95 %-CI 0,46–0,71).

Die Metaregressionsanalyse zeigte eine nichtlineare Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität – dargestellt in Form von MET-min/Woche – und einem schweren COVID-19 Verlauf bzw. dem COVID-19 bezogenen Tod (p für Nichtlinearität $<0,001$), nicht aber für die COVID-19-Infektion ($p = 0,344$) und Hospitalisation in Folge von COVID-19 ($p = 0,122$), mit einer deutlichen Abflachung der Kurve bei ca. 500 MET-min/Woche, was etwa 150 min/Woche physischer Aktivität mit mittlerer Intensität oder 75 min/Woche physischer Aktivität mit hoher Intensität entspricht.

Diese systematische Analyse zeigte erstmals auf, dass Menschen, die regelmäßig körperlich aktiv sind, ein geringeres Risiko für eine SARS-CoV-2 Infektion, COVID-19 bedingte Hospitalisation, einen schweren Krankheitsverlauf sowie den COVID-19 bezogenen Tod haben, wobei der größte Nutzen bereits bei Erreichen von ca. 500 MET-min/Woche gegeben ist.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass in den meisten Studien nur die freizeitbezogene physische Aktivität erfasst wurde, jedoch nicht haushaltsbezogene und berufsbezogene Aktivitäten, was sich auf die Größe der Assoziation auswirken kann. Auch hat keine der inkludierten Studien Faktoren wie soziale Distanzierung, das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes oder Handhygiene berücksichtigt und nur eine Studie hat Personen, die gegen COVID-19 entweder teilweise oder vollständig geimpft waren, ausgeschlossen. In den restlichen Studien wurde darüber nicht berichtet, zum Zeitpunkt der Datenerhebung waren die COVID-19-Impfungen noch nicht breitflächig verfügbar. Die meisten der in den 16 Studien inkludierten Studienteilnehmer waren hauptsächlich den infektiösen Beta- und Delta-Varianten ausgesetzt, bevor die Omikron-Variante weltweit dominant wurde. Es wären daher Studien mit diesen neuen Varianten notwendig, um die Ergebnisse zu bestätigen sowie Studien, in denen der Einfluss der COVID-19-Impfung und neuen Behandlungsoptionen analysiert wird.

Literatur

-
- Abioye AI, Odesanya MO, Abioye AI, Ibrahim NA (2015) Physical activity and risk of gastric cancer: a meta-analysis of observational studies. *Br J Sports Med* 49:224–229
- Arem H, Moore SC, Patel A, Hartge P, Berrington de Gonzalez A, Visvanathan K et al (2015) Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship. *JAMA Intern Med* 175:959–967
- Aune D, Norat T, Leitzmann M, Tonstad S, Vatten LJ (2015) Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Eur J Epidemiol* 30:529–542
- Behrens G, Jochem C, Keimling M, Ricci C, Schmid D, Leitzmann MF (2014) The association between physical activity and gastroesophageal cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol* 29:151–170
- Behrens G, Jochem C, Schmid D, Keimling M, Ricci C, Leitzmann MF (2015) Physical activity and risk of pancreatic cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol* 30:279–298
- Bellou V, Belbasis L, Tzoulaki I, Evangelou E (2018) Risk factors for type 2 diabetes mellitus: an exposure-wide umbrella review of metaanalyses. *PLoS ONE* 13(3):e0194127
- Bleich SN, Vercammen KA, Zatz LY, Frelrier JM, Ebbeling CB, Peeters A (2018) Interventions to prevent global childhood overweight and obesity: a systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol* 6:332–346

- Boyle T, Keegel T, Bull F, Heyworth J, Fritschi L (2012) Physical activity and risks of proximal and distal colon cancers: a systematic review and meta-analysis. *J Natl Cancer Inst* 104:1548–1561
- Brellenthin AG, Crombie KM, Hillard CJ, Koltyn KF (2017) Endocannabinoid and mood responses to exercise in adults with varying activity levels. *Med Sci Sports Exerc* 49:1688–1696
- Brenner DR, Yannitsos DH, Farris MS, Johansson M, Friedenreich CM (2016) Leisure-time physical activity and lung cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Lung Cancer* 95:17–27
- Brokmeier LL, Firth J, Vancampfort D, Smith L, Deenik J, Rosenbaum S et al (2020) Does physical activity reduce the risk of psychosis? A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Psychiatry Res* 284:112675
- Brown T, Moore TH, Hooper L, Gao Y, Zayegh A, Ijaz S et al (2019) Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev* 7:CD001871
- Carlson DJ, Dieberg G, Hess NC, Millar PJ, Smart NA (2014) Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc* 89:327–334
- Casonatto J, Goessler KF, Cornelissen VA, Cardoso JR, Polito MD (2016) The blood pressure-lowering effect of a single bout of resistance exercise: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Prev Cardiol* 23:1700–1714
- Chastin SFM, Abaraogu U, Bourgois JG, Dall PM, Darnborough J, Duncan E et al (2021) Effects of regular physical activity on the immune system, vaccination and risk of community-acquired infectious disease in the general population: systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 51:1673–1686
- Chen X, Wang Q, Zhang Y, Xie Q, Tan X (2019) Physical activity and risk of breast cancer: a meta-analysis of 38 cohort studies in 45 study reports. *Value Health* 22:104–128
- Cogliano VJ, Baan R, Straif K, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F (2011) Preventable exposures associated with human cancers. *J Natl Cancer Inst* 103:1827–1839
- Cornelissen VA, Smart NA (2013) Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2:e004473
- Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, Vanhees L (2011) Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Hypertension* 58:950–958
- Corso LM, Macdonald HV, Johnson BT, Farinatti P, Livingston J, Zaleski AL et al (2016) Is concurrent training efficacious antihypertensive therapy? A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 48:2398–2406
- Després JP (2021) Severe COVID-19 outcomes – the role of physical activity. *Nat Rev Endocrinol* 17:451–452
- Diep L, Kwagyan J, Kurantsin-Mills J, Weir R, Jayam-Trouth A (2010) Association of physical activity level and stroke outcomes in men and women: a meta-analysis. *J Womens Health (Larchmt)* 19:1815–1822
- Dishman RK, McDowell CP, Herring MP (2021) Customary physical activity and odds of depression: a systematic review and meta-analysis of 111 prospective cohort studies. *Br J Sports Med* 55:926–934
- Dutton GR, Kim Y, Jacobs DR Jr, Li X, Loria CM, Reis JP et al (2016) 25-year weight gain in a racially balanced sample of U.S. adults: the CARDIA study. *Obesity (Silver Spring)* 24:1962–1968
- Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, Fagerland MW, Owen N, Powell KE et al (2016) Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *Lancet* 388:1302–1310
- Ezzatvar Y, Ramírez-Vélez R, Izquierdo M, García-Hermoso A (2022) Physical activity and risk of infection, severity and mortality of COVID-19: a systematic review and non-linear dose-response meta-analysis of data from 1 853 610 adults. *Br J Sports Med*:bjsports-2022-105733. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105733>. Epub ahead of print
- Fagard RH, Cornelissen VA (2007) Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 14:12–17
- Farris MS, Mosli MH, McFadden AA, Friedenreich CM, Brenner DR (2015) The association between leisure time physical activity and pancreatic cancer risk in adults: a systematic review and meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 24:1462–1473
- García-Hermoso A, Cavello-Redondo I, Ramírez-Vélez R, Ruiz JR, Ortega FB, Lee DC et al (2018) Muscular strength as a predictor of all-cause mortality in an apparently healthy population: a systematic review and meta-analysis of data from approximately 2 million men and women. *Arch Phys Med Rehabil* 99:2100–2113.e5

- Garrido-Miguel M, Caverro-Redondo I, Álvarez-Bueno C, Rodríguez-Artalejo F, Moreno LA, Ruiz JR et al (2019) Prevalence and trends of overweight and obesity in European children from 1999 to 2016: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatr* 173:e192430
- GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2016) Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 388:1545–1602
- Gebel K, Ding D, Bauman AE (2014) Volume and intensity of physical activity in a large population-based cohort of middle-aged and older Australians: prospective relationships with weight gain, and physical function. *Prev Med.* 60:131–133
- Goldstein LB, Adams R, Alberts MJ et al (2006) Primary prevention of ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Council: Cosponsored by the Artherosclerotic Peripheral Vascular Disease Interdisciplinary Working Group; Cardiovascular Nursing Council; Clinical Cardiology Council; Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Council; and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group. *Stroke* 37:1583–1633
- Hamer M, Chida Y (2008) Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Sports Med* 42:238–243
- Hamer M, O'Donovan G, Stamatakis E (2019) Lifestyle risk factors, obesity and infectious disease mortality in the general population: linkage study of 97,844 adults from England and Scotland. *Prev Med* 123:65–70
- Hardefeldt PJ, Penninkilampi R, Edirimanne S, Eslick GD (2018) physical activity and weight loss reduce the risk of breast cancer: a meta-analysis of 139 prospective and retrospective studies. *Clin Breast Cancer* 18:e601–e612
- Hemmingsen B, Gimenez-Perez G, Mauricio D, Roqué i Figuls M, Metzendorf MI, Richter B (2017) Diet, physical activity or both for prevention or delay of type 2 diabetes mellitus and its associated complications in people at increased risk of developing type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 12(12):Art. No.: CD003054
- Holman DM, Berkowitz Z, Guy GP Jr, Hartman AM, Perna FM (2014) The association between demographic and behavioral characteristics and sunburn among U.S. adults – National Health Interview Survey, 2010. *Prev Med* 63:6–12
- Hu FB, Stamper MJ, Colditz GA, Ascherio A, Rexrode KM, Willett WC, Manson JE (2000) Physical activity and risk of stroke in women. *JAMA* 283:2961–2967
- Huai P, Xun H, Reilly KH, Wang Y, Ma W, Xi B (2013) Physical activity and risk of hypertension: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Hypertension* 62:1021–1026
- Hupin D, Roche F, Gremeaux V, Chatard JC, Oriol M, Gaspoz JM et al (2015) Even a low-dose of moderate-to-vigorous physical activity reduces mortality by 22% in adults aged ≥ 60 years: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 49:1262–1267
- International Diabetes Federation (2015) IDF diabetes atlas, 7. Aufl. International Diabetes Federation, Brussels
- Jakicic JM, Powell KE, Campbell WW, Dipietro L, Pate RR, Pescatello LS, Collins KA, Bloodgood B, Piercy KL; 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE* (2019) Physical Activity and the Prevention of Weight Gain in Adults: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc* 51:1262–1269
- Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, Ard JD, Comuzzie AG, Donato KA et al (2014) AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *J Am Coll Cardiol* 63:2985–3023
- Jeon CY, Lokken RP, Hu FB, von Dom RM (2007) Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Care* 30:744–752
- Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J (2005) Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet* 365:217–223
- Keimling M, Behrens G, Schmid D, Jochem C, Leitzmann MF (2014) The association between physical activity and bladder cancer: systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer* 110:1862–1870
- Kelly P, Kahlmeier S, Gotschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N et al (2014) Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int J Behav Nutr Phys Act* 11:132

- Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, Sugawara A, Totsuka K, Shimano H, Ohashi Y, Yamada N, Sone H (2009) Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 301:2024–2035.
- Kraus WE, Powell KE, Haskell WL, Janz KF, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, Sprow K, Torres A, Piercy KL; 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE* (2019) Physical Activity, All-Cause and Cardiovascular Mortality, and Cardiovascular Disease. *Med Sci Sports Exerc* 51:1270–1281.
- Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K, Veerman JL, Delwiche K, Iannarone ML, Moyer ML, Cercy K, Vos T, Murray CJ, Forouzanfar MH (2016) Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ* 354:i3857
- Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K et al (2016) Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*. 35:i3857
- Lahti J, Holstila A, Lahelma E, Rahkonen O (2014) Leisure-time physical activity and all-cause mortality. *PLoS ONE* 9:e101548
- Laukkanen JA, Isiozor NM, Kunutsor SK (2022) Objectively assessed cardiorespiratory fitness and all-cause mortality risk: an updated meta-analysis of 37 cohort studies involving 2,258,029 participants. *Mayo Clin Proc* 97:1054–1073
- Lawes CM, Vander Hoorn S, Rodgers A, International Society of Hypertension (2008) Global burden of blood-pressure-related disease, 2001. *Lancet* 371:1513–1518
- Lee CD, Folsom AR, Blair SN (2003) Physical activity and stroke risk. A meta-analysis. *Stroke* 34:2475–2482
- Lee SW, Lee J, Moon SY, Jin HY, Yang JM, Ogino S et al (2021) Physical activity and the risk of SARS-CoV-2 infection, severe COVID-19 illness and COVID-19 related mortality in South Korea: a nationwide cohort study. *Br J Sports Med* 56:901–912
- Li J, Siegrist J (2012) Physical activity and risk of cardiovascular disease—a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Environ Res Public Health* 9:391–407
- 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
- Liu L, Shi Y, Li T, Qin Q, Yin J, Pang S et al (2016) Leisure time physical activity and cancer risk: evaluation of the WHO's recommendation based on 126 high-quality epidemiological studies. *Br J Sports Med* 50:372–378
- Liu X, Zhang D, Liu Y et al (2017) Dose–response association between physical activity and incident hypertension: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Hypertension* 69:813–820
- Liu F, Wang J, Wu HL, Wang H, Wang JX, Zhou R et al (2018a) Leisure time physical activity and risk of prostate cancer: a dose-response meta-analysis. *Minerva Urol Nefrol* 70:152–161
- Liu Y, Shu XO, Wen W, Saito E, Rahman MS, Tsugane S et al (2018b) Association of leisure-time physical activity with total and cause-specific mortality: a pooled analysis of nearly a half million adults in the Asia Cohort Consortium. *Int J Epidemiol* 47:771–779
- Liu Y, Hu F, Li D, Wang F, Zhu L, Chen W, Ge J, An R, Zhao Y (2011) Does physical activity reduce the risk of prostate cancer? A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 60:1029–1044.
- Lollgen H, Bockenhoff A, Knapp G (2009) Physical activity and all-cause mortality: an updated meta-analysis with different intensity categories. *Int J Sports Med* 30:213–224
- MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, Livingston J, Forsyth KC, Kraemer WJ et al (2016) Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 28:e003231
- Mahmood S, MacInnis RJ, English DR, Karahalios A, Lynch BM (2017) Domain-specific physical activity and sedentary behaviour in relation to colon and rectal cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol* 46:1797–1813
- Mammen G, Faulkner G (2013) Physical activity and the prevention of depression: a systematic review of prospective studies. *Am J Prev Med* 45:649–657

- McTiernan A, Friedenreich CM, Katzmarzyk PT, Powell KE, Macko R, Buchner D, Pescatello LS, Bloodgood B, Tennant B, Vaux-Bjerke A, George SM, Troiano RP, Piercy KL; 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE* (2019) Physical Activity in Cancer Prevention and Survival: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc* 51:1252–1261
- Merom D, Ding D, Stamatakis E (2016) Dancing participation and cardiovascular disease mortality: a pooled analysis of 11 population-based British cohorts. *Am J Prev Med* 50:756–760
- Milton K, Macniven R, Bauman A (2014) Review of the epidemiological evidence for physical activity and health from low- and middle-income countries. *Glob Public Health* 9:369–381
- Momma H, Kawakami R, Honda T, Sawada SS (2022) Muscle-strengthening activities are associated with lower risk and mortality in major non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Br J Sports Med* 56:755–763
- Moore SC, Patel AV, Matthews CE, Berrington de Gonzalez A, Park Y, Katki HA et al (2012) Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. *PLoS Med* 9:e1001335
- Moore SC, Lee IM, Weiderpass E, Campbell PT, Sampson JN, Kitahara CM, Keadle SK, Arem H, Berrington de Gonzalez A, Hartge P, Adami HO, Blair CK, Borch KB, Boyd E, Check DP, Fournier A, Freedman ND, Gunter M, Johansson M, Khaw KT, Linet MS, Orsini N, Park Y, Riboli E, Robien K, Schairer C, Sesso H, Spriggs M, Van Dusen R, Wolk A, Matthews CE, Patel AV (2016) Association of Leisure-Time Physical Activity With Risk of 26 Types of Cancer in 1.44 Million Adults. *JAMA Intern Med* 176:816–825
- Myint PK, Luben RN, Wareham NJ, Welch AA, Bingham SA, Day NE, Khaw KT (2006) Combined work and leisure physical activity and risk of stroke in men and women in the European prospective investigation into Cancer-Norfolk Prospective Population Study. *Neuroepidemiology* 27:122–129
- Nieman DC, Wentz LM (2019) The compelling link between physical activity and the body's defense system. *J Sport Health Sci* 8:201–217
- Nocon M, Hieman T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F et al (2008) Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardio-vasc Prev Rehabil* 15:239–246
- O'Donovan G, Lee IM, Hamer M, Stamatakis E (2017) Association of “weekend warrior” and other leisure time physical activity patterns with risks for all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality. *JAMA Intern Med* 177:335–342
- PAGAC (2018) 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report. U.S. Department of Health and Human Services, Washington, DC
- Pearce M, Garcia L, Abbas A, Strain T, Schuch FB, Golubic R et al (2022) Association between physical activity and risk of depression: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry* 79:550–559
- Pescatello LS, Buchner DM, Jakicic JM, Powell KE, Kraus WE, Bloodgood B, 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee* et al (2019) Physical activity to prevent and treat hypertension: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 51:1314–1323
- Pizot C, Boniol M, Mullie P, Koechlin A, Boniol M, Boyle P et al (2016) Physical activity, hormone replacement therapy and breast cancer risk: a meta-analysis of prospective studies. *Eur J Cancer* 52:138–154
- Popkin BM, Du S, Green WD, Beck MA, Algaith T, Herbst CH et al (2020) Individuals with obesity and COVID-19: a global perspective on the epidemiology and biological relationships. *Obes Rev* 21:e13128
- Psaltopoulou T, Ntanas-Stathopoulos I, Tzanninis IG, Kantzanou M, Georgiadou D, Sergeantanis TN (2016) Physical activity and gastric cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Clin J Sport Med* 26:445–464
- Radua J, Ramella-Cravaro V, Ioannidis JPA, Reichenberg A, Phiphophatsanee N, Amir T et al (2018) What causes psychosis? An umbrella review of risk and protective factors. *World Psychiatry* 17:49–66
- Rana B, Hu L, Harper A, Cao C, Peters C, Brenner D et al (2020) Occupational physical activity and lung cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 50:1637–1651
- Rehm J, Shield KD (2019) Global burden of disease and the impact of mental and addictive disorders. *Curr Psychiatry Rep* 21:10
- Reimers CD, Knapp G, Reimers AK (2009) Exercise as stroke prophylaxis. *Dtsch Arztl Int* 106:715–721

- Rezende LFM, Sá TH, Markozannes G, Rey-López JP, Lee IM, Tsilidis KK et al (2018) Physical activity and cancer: an umbrella review of the literature including 22 major anatomical sites and 770 000 cancer cases. *Br J Sports Med* 52:826–833
- Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW et al (2020) Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *JAMA* 323:2052–2059
- Rosenberg L, Kipping-Ruane KL, Boggs DA, Palmer JR (2013) Physical activity and the incidence of obesity in young African-American women. *Am J Prev Med* 45:262–268
- Saeidifard F, Medina-Inojosa JR, West CP, Olson TP, Somers VK, Bonikowske AR, Prokop LJ, Vinciguerra M, Lopez-Jimenez F (2019) The association of resistance training with mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 26(15):1647–1665
- Sallis R, Young DR, Tartof SY, Sallis JF, Sall J, Li Q et al (2021) Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. *Br J Sports Med* 55:1099–1105
- Samitz G, Egger M, Zwahlen M (2011) Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 40:1382–1400
- Sattelmair J, Pertman J, Ding EL, Kohl HW III, Haskell W, Lee I-M (2011) Dose response between physical activity and coronary heart disease: a meta-analysis. *Circulation* 124:789–795
- Schmid D, Behrens G, Keimling M, Jochem C, Ricci C, Leitzmann M (2015) A systematic review and meta-analysis of physical activity and endometrial cancer risk. *Eur J Epidemiol* 30:397–412
- Schuch FB, Vancampfort D (2021) Physical activity, exercise, and mental disorders: it is time to move on. *Trends Psychiatry Psychother* 43:177–184
- Schuch FB, Deslandes AC, Stubbs B, Gosmann NP, Silva CT, Fleck MP (2016) Neurobiological effects of exercise on major depressive disorder: a systematic review. *Neurosci Biobehav Rev* 61:1–11
- Schuch FB, Vancampfort D, Firth J, Rosenbaum S, Ward PB, Silva ES et al (2018) Physical activity and incident depression: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Psychiatry* 175:631–648
- Schuch FB, Stubbs B, Meyer J, Heissel A, Zech P, Vancampfort D et al (2019) Physical activity protects from incident anxiety: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Depress Anxiety* 36:846–858
- Shaw E, Farris MS, Stone CR, Derksen JWG, Johnson R, Hilsden RJ et al (2018) Effects of physical activity on colorectal cancer risk among family history and body mass index subgroups: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer* 18:71
- Shiroma EJ, Sesso HD, Moorthy MV, Buring JE, Lee I-M (2014) Do moderate-intensity and vigorous-intensity physical activities reduce mortality rates to the same extent? *J Am Heart Assoc* 3:e000802
- Shors AR, Solomon C, McTiernan A, White E (2001) Melanoma risk in relation to height, weight, and exercise (United States). *Cancer Causes Control* 12:599–606
- Singh S, Devanna S, Edakkanambeth Varayil J, Murad MH, Iyer PG (2014a) Physical activity is associated with reduced risk of esophageal cancer, particularly esophageal adenocarcinoma: a systematic review and meta-analysis. *BMC Gastroenterol* 14:101
- Singh S, Edakkanambeth Varayil J, Devanna S, Murad MH, Iyer PG (2014b) Physical activity is associated with reduced risk of gastric cancer: a systematic review and meta-analysis. *Cancer Prev Res (Phila)* 7:12–22
- Smith AD, Crippa A, Woodcock J, Brage S (2016) Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetologia* 59:2527–2545
- Sofi F, Capalbo A, Cesari F et al (2008) Physical activity during leisure time and primary prevention of coronary heart disease: an updated meta-analysis of cohort studies. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 15:247–257
- Stubbs B, Koyanagi A, Schuch F, Firth J, Rosenbaum S, Gaughran F et al (2017) Physical activity levels and psychosis: a mediation analysis of factors influencing physical activity target achievement among 204 186 people across 46 low- and middle-income countries. *Schizophr Bull* 43:536–545
- Sun J-Y, Shi L, Gao X-D, Xu S-F (2012) Physical activity and risk of lung cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Asian Pac J Cancer Prev* 13:3143–3147
- Talbot LA, Morell CH, Metter EJ, Flegl JL (2002) Comparison of cardiorespiratory fitness vs leisure time physical activity as predictors of coronary events in men aged ≤ 65 years and > 65 years. *Am J Cardiol* 89:1187–1192
- Teychenne M, Ball K, Salmon J (2008) Physical activity and likelihood of depression in adults: a review. *Prev Med* 46:397–411

- Wahid A, Manek N, Nichols M, Kelly P, Foster C, Webster P et al (2016) Quantifying the association between physical activity and cardiovascular disease and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 5:e002495. Epub 2016/09/16
- Walker ER, McGee RE, Druss BG (2015) Mortality in mental disorders and global disease burden implications: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry* 72:334–341
- Wang Y, Cai L, Wu Y, Wilson RF, Weston C, Fawole O et al (2015) What childhood obesity prevention programmes work? A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 16:547–565
- Warburton DE, Charlesworth S, Ivey A, Nettlefold L, Bredin SS (2010) A systematic review of the evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 7:39 Ep
- Waters E, de Silva-Sanigorski A, Hall BJ, Brown T, Campbell KJ, Gao Y et al (2011) Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev* 12:CD001871
- Wen CP, Wai JP, Tsai MK, Yang YC, Cheng TYT, Lee M-C et al (2011) Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet* 378:1244–1253
- Wendel-Vos GCW, Schuit AJ, Feskens EJM, Boshuizen HC, Verschuren WMM, Saris WHM, Kromhout D (2004) Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data. *Int J Epidemiol* 33:787–798
- Williams PT (2001) Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 33:754–761
- Wolin KY, Yan Y, Colditz GA, Lee IM (2009) Physical activity and colon cancer prevention: a meta-analysis. *Br J Cancer* 100:611–616
- Woodcock J, Franco OH, Orsini N, Roberts I (2011) Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 40:121–138
- Xie F, You Y, Huang J, Guan C, Chen Z, Fang M et al (2021) Association between physical activity and digestive-system cancer: an updated systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci* 10:4–13

Internetadressen

- ECIS – European Cancer Information System. <http://www.ecis.jrc.ec.europa.eu>. Zugegriffen im September 2022
- ESMO (2020) Cancer incidence and mortality in EU-27 countries (2020). <https://www.esmo.org/oncology-news/2020-cancer-incidence-and-mortality-in-eu-27-countries>. Zugegriffen im September 2022
- Eurostat (2021) 22% of people in the EU have high blood pressure. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20210929-1#>. Zugegriffen im September 2022
- Inchley J, Currie D, Budisavljevic S, Torsheim T, Jastad A, Cosma A et al (2020) Spotlight on adolescent health and well-being: findings from the 2017/2018 Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) survey in Europe and Canada. International report, Vol 1. Key findings. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332091>. Zugegriffen im September 2022
- World Health Organisation (2014) Global status report on noncommunicable diseases 2014. World Health Organisation, Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564854>. Zugegriffen im September 2022
- World Health Organisation (2020a) WHO 2020 www.who.int/health-topics/coronavirus/coronavirus#tab=tab_1. Zugegriffen im September 2022
- World Health Organisation (2020b) WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. World Health Organisation, Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>. Zugegriffen im September 2022
- World Health Organisation (2022) Noncommunicable diseases: risk factors. In: Global Health Observatory [website]. World Health Organization, Geneva. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/noncommunicable-diseases-risk-factors>. Zugegriffen im September 2022

Sekundärpräventiver Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings

Günther Samitz

Inhaltsverzeichnis

- 3.1 Herz-Kreislauf-Erkrankungen – 53**
 - 3.1.1 Arterielle Hypertonie – 53
 - 3.1.2 Koronare Herzkrankheit (KHK) – 56
 - 3.1.3 Chronische Herzinsuffizienz – 59
 - 3.1.4 Schlaganfall – 61
- 3.2 Krebserkrankungen – 63**
 - 3.2.1 Effekte körperlichen Trainings während und nach der aktiven Krebsbehandlung – 64
 - 3.2.2 Effekte körperlichen Trainings auf die Mortalität und das Rezidivrisiko – 67
- 3.3 Chronisch obstruktive Lungenkrankheit (COPD) – 70**
 - 3.3.1 Effekte der pulmologischen Rehabilitation (PR) bei COPD – 70
 - 3.3.2 Effekte einzelner Komponenten der Trainingstherapie bei COPD – 72
- 3.4 Diabetes mellitus Typ 2 (DM2) – 80**
 - 3.4.1 Effekte der Trainingstherapie auf intermediäre Endpunkte – 81
 - 3.4.2 Langzeitnutzen körperlicher Aktivität bei Patienten mit DM2 – 86

3.5 Chronische Nierenerkrankung (CKD) – 86

3.5.1 Effekte der Trainingstherapie bei nicht
dialysepflichtiger CKD – 87

3.5.2 Effekte der Trainingstherapie bei dialysepflichtiger CKD – 89

3.5.3 Effekte der Trainingstherapie bei nierentransplantierten
Patienten – 91

3.5.4 Einfluss der körperlichen Aktivität und physischen Funktion
auf die Mortalität bei CKD – 91

Literatur – 92

Im Gegensatz zur Evidenz zum primärpräventiven Nutzen körperlicher Aktivität, die zu einem großen Teil auf observationellen Studien beruht, stehen zur Beurteilung der sekundärpräventiven Wirksamkeit körperlicher Aktivität und strukturierten körperlichen Trainings für die verschiedenen Endpunkte der Morbidität und Mortalität deutlich mehr randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) zur Verfügung.

3.1 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

3.1.1 Arterielle Hypertonie

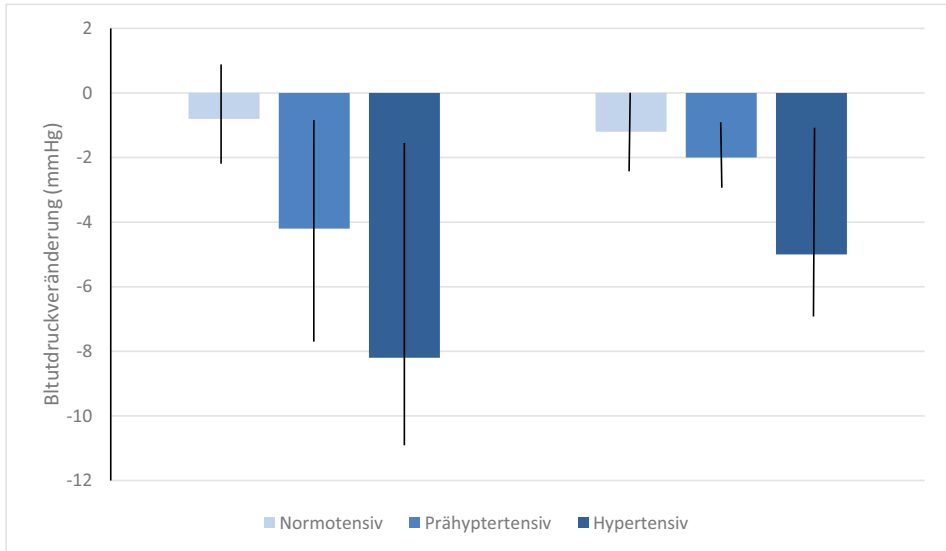
Die „2020 Practice Guidelines“ der International Society of Hypertension (Unger et al. 2020) empfehlen Lebensstilmodifikation einschließlich regelmäßiger körperlicher Aktivität als antihypertensive Erstlinientherapie, konkret Ausdauertraining über 30 min an 5–7 Tagen pro Woche mit mittlerer Intensität oder in Form von HIIT (high intensity interval training) sowie Krafttraining an 2–3 Tagen pro Woche.

Für die Überprüfung dieser Empfehlung auf Basis der besten verfügbaren Evidenz stehen aktuell eine 2019 publizierte qualitative Umbrella-Review (Pescatello et al. 2019) sowie mehrere nach diesem Zeitraum publizierte Metaanalysen zur Verfügung (Naci et al. 2019; Smart et al. 2019; Loaiza-Betancur & Chulvi-Medrano 2020; Leal et al. 2020; Hansford et al. 2021; Lee et al. 2021; Dassanayake et al. 2022; Baffour-Awuah et al. 2022).

In den von der Umbrella-Review ausgewerteten 15 Metaanalysen von RCTs, die den Blutdruckresponse einer Trainingsintervention (Ausdauertraining, dynamisches Krafttraining, isometrisches Krafttraining, Ausdauertraining plus Krafttraining, Tai Chi, Qigong, Yoga) untersuchten, betrug die Größenordnung der Blutdruckreduktion in den Interventionsgruppen im Vergleich zu den Kontrollen 5–17 mmHg systolisch und 2–10 mmHg diastolisch. In den sechs Metaanalysen, die hypertensive, prähypertensive und normotensive Personen untersuchten, fand sich die größte Blutdruckreduktion für den systolischen Ruheblutdruck in den hypertensiven Stichproben (5–8 mmHg), gefolgt von den prähypertensiven (2–4 mmHg) und normotensiven Stichproben (1–2 mmHg) (■ Abb. 3.1).

Von den analysierten Metaanalysen wurde in fünf der Blutdruckresponse von Ausdauerprogrammen (Fagard & Cornelissen 2007; Cornelissen & Smart 2013; Murtagh et al. 2015; Conceição et al. 2016; Wen und Wang 2017), in drei der Effekt von dynamischem Krafttraining (Cornelissen et al. 2011; Casonatto et al. 2016; MacDonald et al. 2016), in einer der Effekt von isometrischem Krafttraining (Carlson et al. 2014) und in einer weiteren der kombinierte Effekt von Ausdauertraining plus dynamischem Krafttraining (Corso et al. 2016) evaluiert. Vier Metaanalysen, allesamt aus Asien, untersuchten komplementäre Bewegungsformen wie Tai Chi (Wang et al. 2013), Qigong (Xiong et al. 2015b), Baduanjin (Xiong et al. 2015a) sowie Meditation und Joga (Park und Han 2017).

Die Autoren der Umbrella-Review kamen auf Basis einer qualitativen Beurteilung der Ergebnisse dieser Metaanalysen zur Schlussfolgerung, dass Ausdauertraining, dynamisches Krafttraining oder die Kombination aus beiden in punkto Blutdrucksenkung bei Personen mit Hypertonie und Borderline-Hypertonie zu ähnlich günsti-



■ **Abb. 3.1** Kombinierte Effekte einer mehrmonatigen Trainingstherapie auf den systolischen und diastolischen Ruheblutdruck bei normotensiven, prähypertensiven und hypertensiven Personen. Daten auf Basis von Metaanalysen, in denen die Auswirkungen von Ausdauertraining, Krafttraining, Ausdauertraining plus Krafttraining untersucht wurden; Die Balken zeigen den Blutdruckresponse infolge einer mehrmonatigen Trainingsintervention. Die vertikalen Striche in den Balken repräsentieren die 95 %-Konfidenzintervalle der Punktschätzungen; in Anlehnung an Pescatello et al. (2019)

gen Ergebnissen führen, hingegen die Effektivität von isometrischem Krafttraining aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden RCTs und geringen Teilnehmerzahlen noch nicht sicher beurteilt werden kann. Die in den Metaanalysen zu den komplementären Aktivitätsformen Tai-Chi, Qigong, Baduanjin sowie Meditation und Joga gefundenen günstigen Ergebnisse – im Vergleich zu den konventionellen Trainingsformen wurde in diesen Metaanalysen von größeren Reduktionen des systolischen (11,4–17,4 mmHg) und diastolischen (2,4–10,6 mm) Blutdrucks berichtet, sollten aufgrund der niedrigen Studienqualität und den z. T. lückenhaften Informationen in den Primärstudien mit Vorsicht interpretiert werden.

Inzwischen liegen zur Effektivität von isometrischem Krafttraining als antihypertensive Therapie neue Metaanalysen vor (Loaiza-Betancur und Chulvi-Medrano 2020; Smart et al. 2019; Hansford et al. 2021), die in der Umbrella-Review noch nicht berücksichtigt werden konnten.

Die Metaanalyse von Smart et al. (2019) mit individuellen Patientendaten beinhaltet 12 RCTs mit 326 Teilnehmern (52,7 % erhielten ein Antihypertensivum). Die Intensität für das isometrische Faustschlusstraining betrug 8–30 % der Maximalkraft, die Trainingsdauer 3–12 Wochen. Im Vergleich zu den Kontrollen betrug in den Interventionsgruppen die Reduktion des systolischen bzw. diastolischen Blutdrucks – 6,2 mmHg bzw. – 2,8 mmHg. Der mittlere arterielle Blutdruck verbesserte sich um – 4,1 mmHg. Die Number needed to treat (NNT), um eine 5 mmHg Reduktion des systolischen Blutdrucks zu erzielen, betrug 4 Personen, die NNT, um eine 3 mmHg Reduktion des diastolischen Blutdrucks zu erreichen, 5 Personen. Ein isometrisches Faustschlusstraining von nur 8 min (4 isometrische Kontraktionen, die

für 2 min gehalten werden, mit 1–3 min Pause dazwischen), 3x pro Woche durchgeführt, war in der Lage, den systolischen Blutdruck um 6–7 mmHg zu senken, was einer 13 %igen Reduktion des Risikos für Myokardinfarkt und einer 22 %igen Reduktion des Schlaganfallrisikos gleichkommt.

Die aktuellste und größte dieser Metaanalysen beinhaltet 24 RCTs mit 1.143 prä- und hypertensiven Personen und analysierte neben Effektivitätsdaten auch Sicherheitsdaten (Hansford et al. 2021). Das isometrische Faustschlussstraining resultierte in einer klinisch bedeutsamen Reduktion des peripheren systolischen (– 6,97 mmHg) und diastolischen (– 3,86 mmHg) und des zentralen systolischen (– 7,48 mmHg) und diastolischen (– 3,75 mmHg) Blutdrucks. Isometrisches Krafttraining war nicht mit einem erhöhten Sicherheitsrisiko verbunden (RR 1,12; 95 %-CI 0,47–2,68). Pro 38.444 Einheiten von isometrischem Krafttraining trat ein unerwünschtes Ereignis auf.

Auf Basis dieser neuen Analysen mit größeren Stichproben scheint isometrisches Krafttraining daher ebenfalls eine effektive, zeitsparende und sichere Trainingsform zu sein, die zu klinisch relevanten Blutdruckreduktionen führt und in künftigen Richtlinien berücksichtigt werden sollte.

Erwähnenswert ist aber vor allem eine neue Netzwerk-Metaanalyse, in der erstmals die Effektivität der Trainingstherapie in Bezug auf den systolischen Blutdruck mit jener der medikamentösen Intervention verglichen wurde (Naci et al. 2019). In die Studie eingeschlossen wurden insgesamt 391 RCTs, wovon 197 RCTs (10.461 Teilnehmer) Bewegungsinterventionen (Ausdauertraining [135 RCTs], dynamischen Krafttraining [48 RCTs], isometrisches Krafttraining [12 RCTs], Kombinationen aus Ausdauer- und Krafttraining [31 RCTs]) und 194 RCTs (29.281 Teilnehmer) Arzneimittelinterventionen mit Antihypertensiva (ACE-Hemmer, Angiotensin-II-Rezeptorblocker, Betablocker, Kalziumantagonisten und Diuretika) untersuchten. Nur 56 Bewegungsstudien inkludierten hypertensive Teilnehmer (SBD \geq 140 mmHg) und in keinem RCT wurden die Trainings- und medikamentöse Intervention direkt miteinander verglichen.

Über alle Populationen gerechnet, waren die medikamentöse und trainings-therapeutische Intervention effektiv und führten zu einer Senkung des systolischen Blutdrucks um – 8,8 mmHg (95 %-CI – 9,6 bis – 8,0) bzw. – 4,8 mmHg (95 %-CI – 5,5 bis – 4,1). Insgesamt schnitt damit die Arzneimittelintervention im Vergleich zur Bewegungsintervention zwar etwas besser ab (mittlere Differenz [MD] –3,96 mmHg, 95 %-CI – 5,02 bis –2,91 mmHg), in den hypertensiven Populationen war dieser Vorteil aber nicht mehr feststellbar. Für diese Gruppen betrug für die unterschiedlichen Formen der Bewegungsintervention die Senkung des systolischen Blutdrucks – 8,7 mmHg (95 %-CI – 10,1 bis – 7,2) für Ausdauertraining, – 7,2 mmHg (95 %-CI – 10,6 bis – 3,9) für dynamisches Krafttraining, – 13,5 mmHg (95 %-CI – 16,6 bis 10,5) für die Kombination aus beiden und – 4,9 mmHg (95 %-CI – 10,2 bis 0,4) für isometrisches Krafttraining. Zwischen der Belastungsintensität und dem Ausmaß der Blutdruckreduktion konnte keine Dosis-Wirkungs-Beziehung beobachtet werden. Dieses war in Programmen mit niedriger (– 4,6 mmHg), mittlerer (– 5,4 mmHg) und hoher Belastungsintensität (– 3,9 mmHg) ähnlich.

Zwischenzeitlich sind auch zu Ausdauerprogrammen neue Metaanalysen erschienen, wobei eine Cochrane-Analyse den antihypertensiven Effekt des Walkings (Lee et al. 2021) und zwei andere den Blutdruckresponse von „High Intensity Intervall Training“ (HIIT) untersucht haben (Costa et al. 2018; Leal et al. 2020).

Die Cochrane-Review von Lee et al. (2021) inkludierte 73 RCTs mit 5763 Teilnehmern. Die meisten der Walking-Programme wurden zuhause oder gemeindebezogen durchgeführt und waren supervidiert. Die Einheiten von meist mittlerer Intensität und 20–40 min Dauer wurden 3–5x pro Woche durchgeführt, wobei die durchschnittliche Gehzeit 153 min pro Woche betrug, die durchschnittlichen Interventionsdauer 15 Wochen. Walking reduzierte im Vergleich zur Kontrolltherapie den systolischen und diastolischen Blutdruck um $-4,1$ mmHg und $-1,8$ mmHg. Das Ausmaß der Blutdrucksenkung fiel für Männer und Frauen sowie für die verschiedenen Altersbereiche ähnlich aus. Da Walking ein sehr kostengünstiger, von vielen Menschen machbarer und fast überall durchführbarer Aktivitätstyp ist, ist dieser Interventionsansatz wegen seiner breiten Umsetzbarkeit attraktiv.

Die beiden anderen Metaanalysen verglichen die Effekte von kontinuierlich durchgeführtem Ausdauertraining mittlerer Intensität (MICT) mit hoch-intensivem Intervalltraining (HIIT) bei prä- bzw. hypertensiven Personen und kamen zum Ergebnis, dass sich das Ausmaß der Blutdrucksenkung zwischen MICT und HIIT kaum unterscheidet, HIIT aber mit einer größeren Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) assoziiert ist (Costa et al. 2018; Leal et al. 2020). In der aktuelleren der beiden Analysen betrug die Reduktion des systolischen Blutdrucks für MICT $-3,7$ mmHg, jene für HIIT $-5,6$ mmHg, die Reduktion des diastolischen Blutdrucks $-2,4$ mmHg bzw. $-4,8$ mmHg. Beide Interventionen verbesserten die VO_{2max} , wobei das Ausmaß der Verbesserung für HIIT aber signifikant größer ausfiel ($+4,9$ ml/kg/min) als für MICT ($+1,3$ ml/kg/min) (Leal et al. 2020). Die Inzidenz von unerwünschten Ereignissen in Verbindung mit MICT bzw. HIIT konnte aufgrund nur vereinzelt vorliegender Daten nicht verglichen werden.

Die integrierten Ergebnisse dieser bisherigen Analysen lassen folgende Schlussfolgerung zu: (1) Regelmäßige körperliche Aktivität senkt den Blutdruck bei prähypertensiven und hypertensiven Personen vergleichbar mit einer medikamentösen Therapie. (2) Das Ausmaß der bewegungsinduzierten Blutdrucksenkung hängt maßgeblich vom Ausgangswert des Blutdrucks ab und ist bei hypertensiven Personen am größten. (3) Die konventionellen Trainingsformen (Ausdauertraining, dynamisches Krafttraining, statisches Krafttraining) führen zu Blutdrucksenkungen ähnlichen Ausmaßes, mit einem leichten Vorteil, wenn Ausdauer- und Krafttraining miteinander kombiniert werden. (4) Zwischen der Belastungsintensität eines Ausdauer- und /oder Kraftprogrammes und dem Ausmaß der Blutdrucksenkung besteht keine Dosis-Wirkungs-Assoziation. Hoch intensives Intervall-Training (HIIT) führt aber zu einer größeren Steigerung des kardiorespiratorischen Leistungsvermögens. (5) Auch die Einbeziehung komplementärer Bewegungsformen wie Tai-Chi, Qigong, Meditation und Yoga kann erwogen werden, die Evidenz für ihre antihypertensive Wirksamkeit ist aber nicht so robust wie für konventionellen Trainingsformen.

3.1.2 Koronare Herzkrankheit (KHK)

Im Rahmen der Sekundärprävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind die Effekte des körperlichen Trainings bei KHK am besten untersucht. Zahlreiche observationelle und randomisierte Studien sowie Metaanalysen haben den Nutzen körperlicher Aktivität und strukturierten Trainings bei Personen mit bestehender KHK evaluiert (Myers et al. 2002; Kavanagh et al. 2002; Taylor et al. 2004; Lawler et al.

2011; Heran et al. 2011; Martin et al. 2013; Hung et al. 2014; Anderson et al. 2016; Powell et al. 2018; Dibben et al. 2021; Ezzatvar et al. 2021).

Die prospektive Kohortenstudie von Myers et al. war eine der ersten wegweisenden Arbeiten, in der die prognostische Bedeutung der maximalen aeroben Kapazität bei Koronarpatienten aufgezeigt wurde (Myers et al. 2002). In der Subkohorte von 3679 Männern mit kardiovaskulärer Erkrankung, die einer Belastungs-ergometrie zugewiesen und durchschnittlich 6,2 Jahre nachbeobachtet wurden, war die maximale Belastungskapazität (gemessen in METs) der stärkste Prädiktor der Mortalität. Jeder Anstieg der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit um 1 MET (entspricht 3,5 ml O₂/kgKG/min) war mit einem um 9 % verbesserten Überleben assoziiert (HR 0,91; 95 %-CI 0,88–0,94). Auch in einer weiteren prospektiven Kohortenstudie mit 12.169 männlichen Patienten mit KHK, die eine maximale symptomlimitierte Ergometrie absolvierten und median 7,9 Jahre nachbeobachtet wurden, war die maximale Belastungskapazität ein wesentlicher Prädiktor der Langzeitprognose (Kavanagh et al. 2002). Eine maximale Sauerstoffaufnahme von 15–22 ml/kg/min und > 22 ml/kg/min im Vergleich zu < 15 ml/kg/min war mit einer Hazard Ratio (HR) von 0,62 (95 %-CI 0,54–0,71) und 0,39 (95 %-CI 0,33–0,47) für die kardiovaskuläre Mortalität sowie 0,66 (95 %-CI 0,59–0,73) und 0,48 (95 %-CI 0,42–0,55) für die Gesamtsterblichkeit assoziiert.

Inzwischen liegt eine Meta-Analyse mit 21 prospektiven Kohortenstudien vor, in der die maximale Belastungskapazität als Prädiktor der Mortalität bei Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung systematisch untersucht worden ist (Ezzatvar et al. 2021). In die Analyse wurden Studien mit einer Follow-up-Dauer von ≥ 6 Monaten aufgenommen, in denen die maximale Sauerstoffaufnahme entweder direkt mittels Spiroergometrie oder indirekt durch einen symptomlimitierten Belastungstest am Fahrradergometer oder Laufband ermittelt worden war. 21 Kohorten mit 156.371 Patienten (38,1 % Frauen, Durchschnittsalter 61,4 Jahre) und einer Nachbeobachtungszeit von 1–14 Jahren erfüllten die Einschlusskriterien. Die meisten Studien untersuchten Patienten mit KHK (10 Studien) und Herzinsuffizienz (5 Studien).

Für die KHK-Patienten in der höchsten im Vergleich zur niedrigsten Fitnesskategorie war das Risiko für die Gesamtsterblichkeit um 68 % (HR 0,32; 95 %-CI 0,26–0,41) vermindert. Auf Basis der Dosis-Wirkungs-Analyse war für diese Patienten jeder Anstieg der maximalen Belastungskapazität um 1 MET mit einem um 17 % reduzierten Risiko für die Gesamtmortalität assoziiert (HR 0,83; 95 %-CI 0,76–0,91), für die kardiovaskuläre Mortalität war die Risikoreduktion nicht statistisch signifikant (HR 0,75; 95 %-CI 0,48–1,18).

Anerkannte Fachgesellschaften wie die American Heart Association haben daher empfohlen, bei Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung neben den traditionellen kardiovaskulären Risikofaktoren auch die kardiorespiratorische Fitness wegen Ihres guten prognostischen Wertes routinemäßig zu bestimmen (Virani et al. 2020).

Das wahrscheinlich beste Beispiel für den sekundärpräventiven Nutzen körperlichen Trainings bei Patienten mit bestehender KHK ist aber die Trainingstherapie im Rahmen der stationären und/oder ambulanten kardiologischen Rehabilitation (ExCR). Ihre Wirksamkeit wurde in den letzten beiden Jahrzehnten in mehreren systematischen Cochrane-Reviews und Meta-Analysen von RCTs evaluiert (Taylor et al. 2004; Lawler et al. 2011; Heran et al. 2011; Anderson et al. 2016; Powell et al. 2018; Dibben et al. 2021).

Die aktuellste und gleichzeitig umfangreichste dieser Analysen ist eine aktualisierte systematische Review der Cochrane Heart Group (Dibben et al. 2021). Diese inkludiert 85 RCTs (davon 22 neue Studien seit der letzten Version von Anderson et al. 2016) mit insgesamt 23.430 Patienten mit Myokardinfarkt (MI), koronarem Bypass (CABG), perkutaner Koronarintervention (PCI), Angina pectoris oder sonstiger koronarer Erkrankung. Das mittlere Lebensalter der Patienten reichte von 47–77 Jahren.

Kurzfristig (6–12 Monate) resultierte die ExCR im Vergleich zu einer Standardbehandlung in einer 28%igen Reduktion des Risikos für MI (RR 0,72; 95%-CI 0,55–0,93; 21 Studien) und einer 42 %igen Risikoreduktion für die Hospitalisation aller Ursachen (RR 0,58; 95 %-CI 0,43–0,77; 14 Studien). Die Risikoreduktionen für die Gesamtmortalität (RR 0,87; 95 %-CI 0,73–1,04; 25 Studien) und kardiovaskuläre Mortalität (RR 0,88; 95 %-CI 0,68–1,14; 15 Studien) waren statistisch nicht signifikant. Die ExCR konnte kurzfristig auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität leicht verbessern.

Mittelfristig (1–3 Jahre) wurde eine bedeutende Reduktion der kardiovaskulären Mortalität gefunden (RR 0,77; 95 %-CI 0,63–0,93; 5 Studien), die Risiken für die Gesamtmortalität (RR 0,90; 95 %-CI 0,80–1,02; 15 Studien), für Myokardinfarkt (RR 1,07; 95 %-CI 0,91–1,27; 12 Studien), CABG (RR 0,97; 95 %-CI 0,77–1,23; 9 Studien) und PCI (RR 0,96; 95 %-CI 0,69–1,35; 6 Studien) blieben durch die Trainingsintervention aber unbeeinflusst.

Langfristig (> 3 Jahre) führte die ExCR zu einer beträchtlichen Reduktion der kardiovaskulären Mortalität (RR 0,58; 95 %-CI 0,43–0,78; 8 Studien) und des Risikos für MI (RR 0,67; 95 %-CI 0,50–0,90; 10 Studien), die Risiken für die Gesamtmortalität (0,91; 95 %-CI 0,75–1,10), CABG (RR 0,66; 95 %-CI 0,34–1,27; 4 Studien) und PCI (RR 0,76; 95 %-CI 0,48–1,20, 3 Studien) waren nicht signifikant reduziert.

Trotz Einbeziehung neuer Studien mit mehr Frauen ist die untersuchte Patientengruppe aber nach wie vor vorwiegend männlich, mittleren Lebensalters und weist ein niedriges Risiko sowie wenige Begleiterkrankungen auf, was die Aussagekraft der Ergebnisse für Frauen, ältere Patienten mit KHK und solche mit hohem Risiko einschränkt. Was die unterschiedlichen Möglichkeiten der ExCR (stationär, ambulant, heimbasiert, tele-basiert), betrifft, kommt eine Netzwerk-Metaanalyse zum Ergebnis, dass bisher nur die stationäre und/oder ambulante ExCR im Vergleich zur Standardbehandlung die Gesamtmortalität signifikant senken konnten (RR 0,76; 95 %-CI 0,64–0,90), nicht aber die beiden anderen Formen (Xia et al. 2018).

Als Gründe für die verminderte Morbidität und Mortalität durch körperliches Training bei KHK werden u. a. die Verbesserung der Endothelfunktion, die Anregung des Kollateralwachstums, die Reduktion der mechanischen Herzarbeit, die Verlangsamung der atherosklerotischen Progression sowie die Reduktion thrombotischer Ereignisse genannt (Leon et al. 2005; Lavie et al. 2009; Vanhees et al. 2012). In einigen RCTs konnte durch körperliches Training eine verlangsamte Progression und vereinzelt sogar eine Regression der Koronarsklerose, eine Normalisierung der endothelialen Dysfunktion und die Induktion der Vaskulogenese belegt werden (Hambrecht et al. 2000).

3.1.3 Chronische Herzinsuffizienz

Chronische Herzinsuffizienz (HI) ist ein wachsendes globales Gesundheitsproblem, mit einer zunehmenden Prävalenz und daraus resultierenden hohen jährlichen Gesundheitskosten (Braunwald 2015; Ziaeian & Fonarow 2016). Patienten mit symptomatischer HI haben eine stark eingeschränkte Belastungstoleranz mit sehr ungünstigen Auswirkungen auf die Aktivitäten des täglichen Lebens und die Lebensqualität und ein erhöhtes Risiko für Hospitalisierung und Tod (Braunwald 2015).

Die trainingsbasierte kardiale Rehabilitation (ExCR) wird als integraler Bestandteil der umfassenden Behandlung von HI-Patienten erachtet (Bjarnason-Wehrens et al. 2010). Mehrere Cochrane-Reviews und Metaanalysen von RCTs haben ihre Wirksamkeit bei Patienten mit Herzinsuffizienz evaluiert (Piepoli et al. 2004; Rees et al. 2004; Taylor et al. 2014; Taylor et al. 2018; Long et al. 2019; Taylor et al. 2019).

Die aktuellsten Analysen sind eine Metaanalyse mit individuellen Patientendaten der ExTraMATCH II Collaboration (Taylor et al. 2018; Taylor et al. 2019) sowie eine aktualisierte systematische Review der Cochrane Heart Group (Long et al. 2019).

ExTraMATCH II verglich die Wirksamkeit der ExCR hinsichtlich Mortalität und Hospitalisation (alle Ursachen und HI-spezifisch) mit Kontrollen ohne Trainings-therapie (Taylor et al. 2018). Es konnten individuelle Patientendaten von 18 RCTs mit 3912 HI-Patienten gewonnen werden, mit einem medianen Follow-up von 19 Monaten für die Mortalitäts- und 11 Monaten für die Hospitalisations-Endpunkte. Die Mehrheit der Patienten waren Männer (75 %), das durchschnittliche Lebensalter der Patienten betrug 61 Jahre, die durchschnittliche linksventrikuläre Ejektionsfraktion 26,7 %.

Im Vergleich zu den Kontrollen hatte die ExCR keinen signifikanten Effekt auf die Mortalität und Hospitalisation. Die gepoolten Hazard Raten lagen zwar alle unterhalb des Referenzwertes von 1, aber mit sehr weiten Konfidenzintervallen (Mortalität aller Ursachen: HR 0,83; 95 %-CI 0,67–1,04; HI-spezifische Mortalität HR 0,84; 95 %-CI 0,49–1,46; Hospitalisierung aller Ursachen: HR 0,90, 95 %-CI 0,76–1,06; HI-spezifische Hospitalisation; HR 0,98; 95 %-CI 0,72–1,35). Die ExCR verbesserte aber im Vergleich zu den Kontrollen die Belastungskapazität und gesundheitsbezogene Lebensqualität der HI-Patienten signifikant; Verbesserungen im 6 min-Gehtest (MD + 21,0 m; 95 %-CI 1,57–40,4) und im „Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire score“ (mittlere Differenz – 5,94 Punkte; 95 %-CI – 1,0 bis – 10,9; ein niedrigerer Score bedeutet eine verbesserte Lebensqualität) (Taylor et al. 2019).

Die aktualisierte Cochrane-Analyse (Long et al. 2019) inkludierte 44 RCTs (5783 HI-Patienten mit eingeschränkter (< 45 %) oder erhaltener linksventrikulärer Ejektionsfraktion (≥ 45 %), in denen die ExCR mit einer Behandlung ohne Trainings-therapie verglichen wurde. Im Vergleich zum vorausgegangenen Cochrane-Review (Taylor et al. 2014) wurden 11 neue RCTs (N = 1040) in die Analyse aufgenommen. Obwohl die überwiegende Mehrzahl der Primärstudien vorwiegend Patienten mit eingeschränkter Ejektionsfraktion und NYHA-Stadium II und III im stationären oder ambulanten Rehabilitationssetting untersuchten, enthielt die aktuelle Analyse auch mehr Studien von Patienten mit erhaltener Ejektionsfraktion und solchen im heimbasierten Setting. Die Trainingstherapie beinhaltete Ausdauertraining

(kontinuierlich oder als Intervalltraining) und in einigen Studien auch dosiertes Krafttraining.

Kurzfristig (< 1 Jahr) konnte die ExCR im Vergleich zu einer Standardbehandlung die Gesamtmortalität nicht positiv beeinflussen (5,1 % vs. 5,8 % [RR 0,89; 95 %-CI 0,66–1,21]), jedoch die Hospitalisierungsrate aller Ursachen (16,5 % vs. 23,7 % [RR 0,70; 95 %-CI 0,60–0,83]) und HI-bezogene Hospitalisierungsrate (7,1 % vs. 11,1 % [RR 0,59; 95 %-CI 0,42–0,84]) signifikant senken. Zusätzlich führte die Trainingsintervention zu einer klinisch bedeutsamen Verbesserung der krankheitsspezifischen gesundheitsbezogenen Lebensqualität; „Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire score“ (MD -7,11 Punkte; 95 %-CI -10,49 bis -3,73).

Längerfristig gesehen (> 1 Jahr) zeichnete sich auch für die Gesamtmortalität ein Trend für einen positiven Nutzen der ExCR ab (17,2 % vs. 19,6 %; RR 0,88; 95 %-CI 0,75–1,02), der aber nicht signifikant war.

Auf Basis der momentanen Evidenzlage kann ExCR kurzfristig die Gesamtsterblichkeit von HI-Patienten nicht günstig beeinflussen, die Hospitalisierungsrate aller sowie HI-spezifischer Ursachen aber reduzieren und die aerobe Kapazität und gesundheitsbezogene Lebensqualität verbessern. Langfristig zeichnet sich ein möglicher positiver Nutzen hinsichtlich der Gesamtmortalität ab. Aufgrund der Heterogenität der Ergebnisse und Unsicherheit in Bezug auf die ermittelten Effektschätzungen können keine endgültigen Schlussfolgerungen gezogen werden.

■ Hoch intensives Intervalltraining (HIIT) oder mäßig-intensives kontinuierliches Training (MICT) bei Patienten mit Herzinsuffizienz oder KHK?

Da sich das kardiorespiratorische Leistungsvermögen – gemessen in Form der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) – bei Personen mit kardiovaskulärer Erkrankung umgekehrt proportional zur Mortalität verhält (Ezzatvar et al. 2021), ist seine Anhebung im Rahmen der trainingsbasierten kardialen Rehabilitation von Patienten mit KHK oder HI ein wichtiges Therapieziel. Dies erfolgt traditionell mit mäßig-intensivem (60–80 % der VO_{2max}) kontinuierlichen Ausdauertraining (MICT). Im letzten Jahrzehnt konnte aber in einer Reihe von RCTs gezeigt werden, dass hoch intensives Intervalltraining (HIIT) die VO_{2max} von Patienten mit HI oder KHK effektiver anheben kann, als das mit MICT der Fall ist. Bei HIIT wechseln intensive Belastungsphasen (85–100 % VO_{2max}) von ca. 1–4 min Dauer mit kurzen aktiven oder passiven Erholungsphasen ab. Inzwischen sind bereits mehrere Metaanalysen verfügbar, in denen die Wirksamkeit und Sicherheit von HIIT versus MICT bei Patienten mit KHK oder HI systematisch untersucht wurde (Hannan et al. 2018, Pattyn et al. 2018; Ballesta García et al. 2019; Wang et al. 2022; Yue et al. 2022).

Die vorliegenden Metaanalysen inkludierten zwischen 15–24 RCTs mit 664–1080 Patienten mit KHK oder HI. Alle kamen zum Ergebnis, dass HIIT hinsichtlich der Verbesserung der VO_{2max} effektiver ist als MICT, wobei die gepoolte mittlere Differenz (MD) zugunsten HIIT in den Sekundäranalysen zwischen 0,34 ml/kg/min (Hannan et al. 2018) und 2,98 ml/kg/min (Ballesta García et al. 2019) lag. In den Metaanalysen mit getrennten Auswertungen für KHK- und HI-Patienten (Pattyn et al. 2018; Ballesta García et al. 2019; Wang et al. 2022; Yue et al. 2022) betrug die MD zugunsten HIIT für KHK-Patienten 1,25–3,98 ml/kg/min, jene für HI-Patienten 1,46–2,55 ml/kg/min.

Welches Trainingsprotokoll von HIIT für die Anhebung der kardiovaskulären Fitness am effektivsten ist, lässt sich aufgrund der heterogenen Ergebnisse in den Sekundäranalysen nicht sicher beantworten. Protokolle mit kurzen, mittleren und langen Intervallen, die mindestens 2–3x pro Woche über mindestens 6–12 Wochen durchgeführt wurden, führten bei KHK- und HI-Patienten zu einer klinisch bedeutsamen Anhebung des kardiorespiratorischen Leistungsvermögens.

In den Metaanalysen, in denen zusätzlich auch die Sicherheit von HIIT versus MICT untersucht worden war (Hannan et al. 2018; Yue et al. 2022), ergab sich für HIIT im Vergleich zu MICT kein Hinweis auf ein erhöhtes Sicherheitsrisiko. Hannan et al. (2018) berichteten in Ihrer Analyse von insgesamt neun nichtkardialen Minor-Ereignissen in den HIIT-Gruppen versus 14 in den MICT-Gruppen, Yue et al. (2022) von einem kardialen Minor-Ereignis und 4 nichtkardialen Ereignissen in den HIIT- bzw. 6 nichtkardialen Ereignissen in den MICT-Gruppen.

3.1.4 Schlaganfall

Schlaganfall ist in der Europäischen Union (EU) die zweithäufigste Todesursache und die häufigste Ursache für Behinderung im Erwachsenenalter (Wafa et al. 2020). Er betrifft etwa 1,1 Mio. Personen pro Jahr und bis zum Jahre 2047 wurde für die EU eine Zunahme der Menschen, die mit Schlaganfall leben werden, von 27 % berechnet (Wafa et al. 2020), hauptsächlich aufgrund der Überalterung der Bevölkerung und der verbesserten Überlebensraten nach einem solchen Ereignis. 80 % der Schlaganfälle ereignen sich bei Personen > 65 Jahren und etwa 75 % der Schlaganfallpatienten haben gleichzeitig auch eine kardiale Erkrankung (Miller et al. 2010). Mehr als ein Drittel der Schlaganfallüberlebenden sind langfristig bei den Aktivitäten des täglichen Lebens wie Essen, Körperpflege und Mobilität auf Hilfe angewiesen.

Die Rehabilitationsstrategien nach Schlaganfall zielen darauf ab, die reduzierte motorische Kontrolle der betroffenen Seite wiederherzustellen und die notwendigen Fertigkeiten für die Aktivitäten des täglichen Lebens sowie die Mobilität wieder zurückzugewinnen. Die Physiotherapie hat dabei eine tragende Rolle (Langhorne et al. 2011). Die Effekte unterschiedlicher physiotherapeutischer Interventionen bei Patienten nach Schlaganfall wurden in einer umfassenden systematischen Übersicht von 467 RCTs (N = 25.373) zusammengefasst (Veerbeek et al. 2014).

Schlaganfallpatienten haben aber zusätzlich zu ihrer neurologischen Beeinträchtigung in der Regel ein stark reduziertes kardiorespiratorisches Leistungsvermögen, das weit unterhalb der alters- und geschlechtsspezifischen Normwerte liegt und häufig die für eine unabhängige Lebensführung notwendige $\text{VO}_{2\text{max}}$ von 15–18 ml/kg/min nicht erreicht (Billinger et al. 2012). Bereits eine geringfügige Steigerung der $\text{VO}_{2\text{max}}$ kann daher den Unterschied zwischen Abhängigkeit und Unabhängigkeit ausmachen. Die Hemiparese und Immobilität reduzieren auch die Muskelkraft entscheidend. Muskelschwäche ist die prominenteste Beeinträchtigung nach Schlaganfall und direkt assoziiert mit einem reduzierten Gehvermögen.

Aus diesem Grunde wird, sofern keine schwerwiegenden motorischen Beeinträchtigungen dagegensprechen, der möglichst frühzeitige Einbezug von Ausdauer- und Krafttraining in das Rehabilitationsregime von Schlaganfallpatienten empfohlen (Billinger et al. 2014; Hebert et al. 2016; Kim et al. 2019).