

Christine Joisten *Hrsg.*

Repetitorium Sportmedizin

Für die
Zusatzweiterbildung –
Prüfungs-
und Praxiswissen

Inklusive
SN Flashcards
Lern-App

 Springer

Repetitorium Sportmedizin

Ihr Bonus als Käufer dieses Buches

Als Käufer dieses Buches können Sie kostenlos unsere Flashcard-App „SN Flashcards“ mit Fragen zur Wissensüberprüfung und zum Lernen von Buchinhalten nutzen.

Für die Nutzung folgen Sie bitte den folgenden Anweisungen:

1. Gehen Sie auf **<https://flashcards.springernature.com/login>**
2. Erstellen Sie ein Benutzerkonto, indem Sie Ihre Mailadresse angeben, ein Passwort vergeben und den Coupon-Code einfügen.



Ihr persönlicher „SN Flashcards“-App Code

9518E-8EDCD-355A0-42E86-2C6C8

Sollte der Code fehlen oder nicht funktionieren, senden Sie uns bitte eine E-Mail mit dem Betreff „SN Flashcards“ und dem Buchtitel an **customerservice@springernature.com**.

Christine Joisten

Hrsg.

Repetitorium Sportmedizin

Für die Zusatzweiterbildung – Prüfungs- und Praxiswissen



Springer

Hrsg.
Christine Joisten
Deutsche Sporthochschule Köln
Köln, Deutschland

ISBN 978-3-662-62495-1 ISBN 978-3-662-62496-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62496-8>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2023

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 jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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

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

Geleitwort

Die Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) ist die medizinische Fachgesellschaft für Gesundheit bei und durch körperliche Aktivität, Bewegung und Sport. Seit mehr als 100 Jahren widmen wir uns dem Ziel, Bewegung und Sport als integralen Bestandteil der Gesundheitsförderung in Prävention, Rehabilitation und Therapie in der Gesellschaft zu etablieren. Im Mittelpunkt stehen Menschen jeden Alters, unabhängig von Gesundheitszustand und Leistungsfähigkeit. Aufgrund der heutigen Lebensumstände steigt die Zahl der eher inaktiven Personen mit einem damit verbundenen Anstieg nicht übertragbarer Erkrankungen. Die Beratung und Begleitung dieser Menschen erfordern fundierte Kenntnisse, wie ein Organismus auf die verschiedenen Formen von Belastung reagiert. Auf der anderen Seite müssen auch Leistungssportlerinnen und Leistungssportler adäquat betreut werden. Das betrifft nicht nur die Prävention von Unfällen oder „Return-to-Sport“-Strategien, sondern auch Aspekte wie Ernährung, die Sinnhaftigkeit von Nahrungsergänzungsmitteln und Anti-Doping-Maßnahmen. All dies sind Ausschnitte dieses wichtigen Querschnittsfaches. Grundlage für eine qualifizierte Beratung stellen wissenschaftliche Evidenz und Qualität in der (sport-)medizinischen Aus-, Weiter- und Fortbildung dar. Das vorliegende Buch widmet sich daher den medizinischen Schwerpunktthemen und orientiert sich am Musterkursbuch „Sportmedizin“ der Bundesärztekammer. Die Autorinnen und Autoren wurden sorgfältig ausgewählt und sind Expertinnen und Experten der jeweiligen Themenfelder.

Als Präsident der DGSP darf ich allen Leserinnen und Lesern viel Freude an der Lektüre dieses Buches sowie Erfolg beim Transfer in den sportärztlichen Alltag wünschen.

Univ. Prof. Dr. med. Bernd Wolfarth

- Präsident -

Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention

Vorwort

„Sitzen ist das neue Rauchen“ – diese Schlagzeile beschreibt den heutigen, eher sitzenden Lebensstil und die damit verbundene Zunahme der sog. nicht-übertragbaren Erkrankungen, z. B. Übergewicht und Adipositas, Bluthochdruck, Diabetes mellitus etc. bis hin zum Vollbild des Metabolischen Syndroms sowie neurodegenerativer, kardiovaskulärer und orthopädischer Erkrankungen. Der Nutzen von Bewegung und Sport bei nahezu jedem dieser Krankheitsbilder ist heutzutage unbestritten, nichtsdestotrotz nimmt körperliche Aktivität in Alltag, Beruf und Freizeit immer weiter ab. Adäquate Beratungen hin zu einem aktiven und gesunden Lebensstil spielen daher eine wichtige Rolle. Durch ein in der Regel vertrauensvolles Verhältnis und ihre Nähe zu den Patienten sind (Sport-) Ärzte wichtige Türöffner im Kontext lebensstiländernder Maßnahmen. Hinzu kommen Themenfelder wie Belastungsanforderungen im Freizeit- und Leistungssport, das Zusammenspiel mit der Ernährung, Dopingprävention etc., die auch in der Sportmedizin/Sportwissenschaft zunehmend differenziert betrachtet werden. In diesem Repetitorium wurden die verschiedenen Bereiche auf Basis der aktuellen Evidenz, orientiert an der Weiterbildung Sportmedizin kompakt dargestellt. Dazu konnten namhafte Autoren aus Sportmedizin und Sportwissenschaft gewonnen werden, um der breiten Palette dieses besonderen Querschnittsfachs gerecht zu werden.

Ziel ist es, neben Hintergrundwissen auch einfache Handlungsempfehlungen für einen Transfer in den jeweiligen sportärztlichen, sportwissenschaftlichen und bewegungstherapeutischen Alltag zu geben. Der Schwerpunkt lag vor allem auf dem sportmedizinischen Wissen, für spezifische Aspekte wie (begleitende) medikamentöse Therapien, ausgewählte sportpraktische Aspekte aus der Tauchmedizin, Höhenmedizin, Klima sei auf weiterführende Literatur verwiesen.

An dieser Stelle möchte ich auch nochmals an meinen sportmedizinischen Lehrer und Mentor Professor Richard Rost denken, dessen Werk wir auch in diesem Repetitorium weiterverfolgen. Außerdem möchte ich mich in diesem Vorwort nochmal explizit bei allen Autoren bedanken, die an der Erstellung mitgewirkt haben. Im Besonderen darf ich zusätzlich Lena Duske und Nikola Schmidt für ihre kritische Durchsicht in der Fertigstellung danken. Darüber hinaus möchten wir insbesondere Renate Eichhorn, Claudia Bauer und Ellen Blasig vom Springer-Verlag für ihre kompetente Begleitung danken.

Abschließend möchte ich noch allen Lesern einen großen Gewinn an Wissen und praktischen Empfehlungen für ihre alltägliche Arbeit wünschen.

Christine Joisten

Frühjahr 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Der Nutzen von körperlicher Aktivität – vom Was zum Wie	1
	<i>Christine Joisten</i>	
1.1	Einleitung	2
1.2	Begriffsbestimmung	2
1.3	Fazit	4
	Literatur	5

I Grundlagen der Sportmedizin

2	Energiestoffwechsel des Muskels – Leistungsdiagnostik	9
	<i>Hermann Heck</i>	
2.1	Energiestoffwechsel des Muskels	10
2.1.1	ATP-Synthesewege	10
2.1.2	Anaerob-alkalotazide ATP-Bildung	10
2.1.3	Anaerob-laktazide ATP-Bildung	10
2.1.4	Aerobe ATP-Bildung	11
2.1.5	Kapazität, Leistungsfähigkeit und Erholungszeit der energieliefernden Teilsysteme	11
2.2	Leistungsdiagnostik	14
2.2.1	Messgrößen	15
2.2.2	Indikatoren der Ausdauerleistungsfähigkeit	15
2.2.3	Testverfahren	16
2.2.4	Belastungsschemata	17
	Literatur	20
3	Funktion und Trainingsanpassung	21
	<i>Ramin Vafa</i>	
3.1	Allgemeine und sportartspezifische Belastungen im Sport	22
3.1.1	Motorische Hauptbeanspruchungsformen	23
3.2	Beanspruchung und Anpassung	26
3.2.1	Ziele und Effekte des Ausdauertrainings	27
3.2.2	Ziele und Effekte des Krafttrainings	27
3.2.3	Ziele und Effekte des Koordinationstrainings	29
3.2.4	Ziele und Effekte des Flexibilitätstrainings	30
3.2.5	Ziele und Effekte des Schnelligkeitstrainings	31
3.3	Trainingssteuerung und -planung	31
3.3.1	Belastung, Erholung, Steigerung	32
3.3.2	Ausdauertraining	33
3.3.3	Krafttraining	36
	Literatur	38

4	Grundlagen der (Sport-)Ernährung	41
	<i>Karsten Köhler und Hande Hofmann</i>	
4.1	Flüssigkeitshaushalt im Sport	42
4.1.1	Wasser	42
4.1.2	Elektrolyte	42
4.2	Energieträger: Kohlenhydrate und Fette	43
4.2.1	Energieträger im Sport.....	43
4.2.2	Bedeutung von Kohlenhydraten im Sport.....	44
4.2.3	Kohlenhydrate vor dem Sport.....	44
4.2.4	Kohlenhydrate während des Sports.....	44
4.2.5	Kohlenhydrate nach dem Sport.....	45
4.2.6	Fette als Energieträger	45
4.2.7	Strategien zur Erhöhung der Fettoxidation.....	45
4.2.8	Fettsupplemente.....	45
4.3	Protein im Sport	46
4.3.1	Protein zum Muskelaufbau: Menge und Qualität	46
4.4	Mikronährstoffe: Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente	46
4.4.1	Antioxidantien.....	47
4.4.2	Eisen.....	47
4.5	Energiebilanz und Gewichtsregulation	48
4.5.1	Energiebilanz im Sport.....	48
4.5.2	Female Athlete Triad und Relative Energy Deficiency in Sport	48
4.5.3	Gewichtsmanagement im Sport	48
	Literatur	49

II Spezifische sportmedizinische Aspekte in Prävention und Therapie

5	Ausgewählte Aspekte der sportärztlichen Untersuchung	53
	<i>Christine Joisten</i>	
5.1	Einleitung	54
5.2	Untersuchungsverfahren in Ruhe	56
5.3	Bestimmung der Körperkomposition	56
5.4	Labordiagnostik	57
5.5	Ruhe-EKG	58
5.6	Echokardiografie und andere ausgewählte bildgebende Verfahren	62
5.7	Lungenfunktionstest	63
5.8	Belastungsuntersuchungen	64
5.9	Ausgewählte Belastungsparameter	67
5.10	Fazit	70
	Literatur	71

6	Basiskurs sportmedizinische Aspekte des Stütz- und Bewegungsapparates/Untersuchungsverfahren und Adaptation	73
	<i>Holger Schmitt und Gregor Berrsche</i>	
6.1	Anamnese	74
6.2	Inspektion	74
6.3	Palpation	75
6.4	Funktion	75
6.4.1	Achsskelett	76
6.4.2	Obere Extremität	76
6.4.3	Untere Extremität	76
6.5	Radiologische Untersuchungstechniken	77
6.6	Dokumentation	78
7	Sportorthopädische Aspekte	83
	<i>Holger Schmitt und Gregor Berrsche</i>	
7.1	Einleitung	84
7.2	Wirbelsäule	84
7.2.1	Dysfunktionen	84
7.2.2	Aufbau-/Gefügestörungen	85
7.2.3	Degenerative Erkrankungen	88
7.2.4	Traumatische Wirbelsäulenverletzungen	89
7.3	Obere Extremität	89
7.3.1	Schulter	89
7.3.2	Ellenbogen	93
7.3.3	Handgelenk	97
7.3.4	Finger	103
7.3.5	Becken/Hüftgelenk	105
7.3.6	Knie	109
7.3.7	Sprunggelenk	117
7.3.8	Fuß	120
7.4	Sport bei Arthrose und mit Endoprothesen	121
7.4.1	Sport mit Hüft- oder Kniegelenkendoprothese	121
7.5	Stressreaktionen und Stressfrakturen	122
	Literatur	123
8	Systemerkrankungen des Bewegungsapparates	125
	<i>Christine Joisten</i>	
8.1	Einleitung	126
8.2	Rheumatoide Arthritis (rA)	127
8.2.1	Besondere Aspekte der Bewegungstherapie bei rheumatoider Arthritis	128
8.3	Spondyloarthritis	129
8.3.1	Besondere Aspekte der Bewegungstherapie bei Spondyloarthritis	130
8.4	Kollagenosen	131
8.5	Fibromyalgie	132
8.6	Fazit	133
	Literatur	133

9	Kardiovaskuläre Prävention und Risikofaktorenmanagement	137
	<i>Hans-Georg Predel und Thomas Schramm</i>	
9.1	Allgemeine Aspekte des kardiovaskulären Risikofaktorenkonzepts	138
9.1.1	Prävention kardiovaskulärer-Erkrankungen	138
9.1.2	Bestimmung des kardiovaskulären-Gesamtrisikos	138
9.1.3	Einteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren	138
9.1.4	Risiko- vs. Schutzfaktoren	140
9.1.5	Lebensstil und genetische Prädisposition	140
9.1.6	Optimale kardiovaskuläre Prävention	140
9.2	Arterielle Hypertonie	141
9.2.1	Einführung	141
9.2.2	Arterielle Hypertonie in der Sportmedizin	143
9.3	Fettstoffwechselstörungen (Dyslipidämie)	144
9.3.1	Lipide, Lipoproteine und Atherosklerose	144
9.3.2	Modifikationen des Lebensstils zur Verbesserung des Lipidprofils	145
9.3.3	Medikamentöse Therapie der Lipide	148
10	Kardiovaskuläre Prävention und Stoffwechselerkrankungen	153
	<i>Christine Joisten</i>	
10.1	Einleitung	154
10.2	Ausgewählte (patho-)physiologische Aspekte im Zusammenhang mit Diabetes mellitus	154
10.3	Sport und Bewegung bei Diabetes mellitus Typ 1	155
10.4	Sport und Bewegung bei Diabetes mellitus Typ 2	158
10.5	Umgang mit akuten und chronischen Folgeerscheinungen im Kontext Diabetes	159
10.6	Adipositas/metabolisches Syndrom	160
10.7	Ausgewählte (patho-)physiologische Aspekte im Zusammenhang mit Übergewicht und Adipositas	162
10.8	Ausgewählte Empfehlungen im Zusammenhang mit Adipositas/metabolischem Syndrom	164
	Literatur	165
11	Sportkardiologische Aspekte	167
	<i>Martin Halle</i>	
11.1	Einleitung	168
11.2	Koronare Herzerkrankung	168
11.3	Kardiomyopathien	171
11.3.1	Hypertrophe Kardiomyopathie	171
11.3.2	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie	173
11.3.3	Non-Compaction-Kardiomyopathie oder linksventrikuläre Non-Compaction-Kardiomyopathie	174
11.4	Myokarditis und Perikarditis	174
11.5	Körperliches Training bei Klappenerkrankungen	176
11.6	Aortenklappenerkrankungen	176
11.6.1	Mitralklappenerkrankungen	177
11.7	Körperliches Training bei Rhythmusstörungen	178
11.7.1	Vorhofflimmern	178

11.7.2	Präexzitationssyndrom.....	178
11.7.3	Long QT-Syndrom (LQT)	179
11.8	Fazit	180
	Literatur	180
12	Kardiologische Rehabilitation	181
	<i>Birna Bjarnason-Wehrens und Thomas Schmidt</i>	
12.1	Phasen der kardiologischen Rehabilitation in Deutschland	183
12.2	Körperliches Training – Risikostratifizierung und Planung	185
12.2.1	Empfohlene Trainingsprogramme.....	188
12.2.2	Krafttraining.....	189
	Literatur	189
13	Endokrine Systeme und Sport	191
	<i>Petra Platen</i>	
13.1	Erkrankungen der Schilddrüse	192
13.1.1	Physiologie	192
13.1.2	Schilddrüsenvergrößerung (Struma).....	192
13.1.3	Schilddrüsenüberfunktion (Hyperthyreose) und autonomes Adenom.....	193
13.1.4	Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreose).....	194
13.1.5	Low-T ₃ -Syndrom	194
13.2	Erkrankungen des endokrinen Pankreas	195
13.3	Erkrankungen der Nebennierenrinde	195
13.3.1	Physiologie	195
13.3.2	Hyperkortisolismus.....	197
13.4	Erkrankungen der Wachstumshormonachse	198
13.4.1	Physiologie	198
13.4.2	Hochwuchs bzw. Gigantismus	198
13.5	Erkrankungen des reproduktiven Systems	199
13.5.1	Physiologie	199
13.5.2	Biologische Wirkung der Androgene im Zusammenhang mit Sport.....	200
13.5.3	Gonadenunterfunktion (Hypogonadismus)	200
13.5.4	Androgenes Ovar – polycystisches Ovarialsyndrom.....	201
13.5.5	Störungen der Sexualentwicklung.....	202
13.6	Übertrainingssymptomatik aus endokrinologischer Sicht	203
	Literatur	203
14	Gastrointestinale Erkrankungen	207
	<i>Hans-Michael Steffen und Johanna Dinter</i>	
14.1	Physiologie der Verdauungsorgane unter sportlicher Belastung	208
14.2	Intestinales Mikrobiom – Bedeutung über den Magen-Darm-Trakt hinaus	209
14.3	Funktionsstörungen und Erkrankungen des Magen-Darm-Trakts	211
14.3.1	Gastroösophagealer Reflux und Sport.....	212
14.3.2	Gastritiden und Ulcera ventriculi.....	213
14.3.3	Diarrhoe.....	215
14.3.4	Chronisch entzündliche Darmerkrankungen (CED)	216
14.3.5	Kolonkarzinom.....	217

14.3.6	Erkrankungen des pankreatiko-biliären Systems.....	219
14.3.7	Erkrankungen der Leber.....	220
	Literatur.....	224
15	Pneumologische Erkrankungen (Asthma, COPD, dysfunktionelle respiratorische Symptome)	227
	<i>Inga Jarosch und Klaus Kenn</i>	
15.1	Evidenz für Training.....	228
15.2	Assessments.....	229
15.3	Krankheitsspezifisches Training.....	232
15.3.1	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD).....	232
15.3.2	Besonderheiten bei Asthma bronchiale.....	236
15.3.3	Besonderheiten bei interstiellen Lungenerkrankungen.....	237
15.3.4	Besonderheiten bei dysfunktionellen respiratorischen Symptomen.....	238
	Literatur.....	240
16	Nephrologische Erkrankungen	243
	<i>Gero von Gersdorff und Thomas Benzing</i>	
16.1	Einleitung.....	244
16.2	Sport bei Nierengesunden.....	244
16.2.1	Feststellung der Nierengesundheit.....	244
16.2.2	Laborveränderungen bei sportlicher Belastung.....	244
16.2.3	Wasserhaushalt bei sportlicher Belastung (Hypo-/Hypernatriämie).....	245
16.2.4	Elektrolyte und Elektrolytstörungen bei sportlicher Belastung.....	247
16.2.5	Akute Nierenschädigung bei sportlicher Belastung.....	248
16.3	Sport bei chronischer Nierenkrankheit (CKD-Stadien 1–5) und nach Nierentransplantation.....	248
16.3.1	Kardiovaskuläres Risiko bei chronischer Nierenkrankheit.....	248
16.3.2	Auswirkungen von CKD auf die körperliche Funktionsfähigkeit.....	249
16.3.3	Therapieziele und Trainingsformen bei CKD Patienten.....	250
16.3.4	Sport bei CKD vor und nach Nierentransplantation.....	250
16.4	Sporttherapie bei Patienten unter Dialysetherapie (CKD 5D).....	251
16.4.1	Besonderheiten bei Patienten mit CKD 5D.....	252
16.4.2	Therapieziele und Trainingsformen bei CKD 5D.....	252
	Literatur.....	253
17	Onkologische und immunologische Erkrankungen.....	255
	<i>Wilhelm Bloch</i>	
17.1	Körperliche Aktivität und Immunsystem.....	257
17.1.1	Immunsystem und sein Aufbau.....	257
17.2	Körperliche Aktivität und Krebs – Rolle von Sport- und Bewegungstherapie.....	260
17.2.1	Von der Prä- zur Rehabilitation.....	260
17.3	Körperliche Aktivität und Interaktion von Immunsystem und Krebserkrankung.....	262
	Literatur.....	263

18	Urologische Erkrankungen	265
	<i>Pedram Derakhshani</i>	
18.1	Belastungsinduzierte Makrohämaturie	266
18.2	Nierenfehlbildungen	266
18.3	Nierenzysten	267
18.4	Sport mit Einzelniere	267
18.5	Nephrolithiasis	267
18.5.1	Pathophysiologie	267
18.5.2	Klinik	268
18.5.3	Diagnostik und Therapie	268
18.5.4	Sport und Nephrolithiasis	268
18.6	Genitales Kompressionssyndrom	269
18.6.1	Pathophysiologie	269
18.6.2	Prophylaxe	269
18.6.3	Rehabilitation	270
18.7	Prostatakarzinom	270
18.7.1	Präventive und therapeutische Wirkung von Sport bei Prostatakarzinom.....	270
18.7.2	Risiken von Sport bei Prostatakarzinom.....	271
18.7.3	Sport in der uro-onkologischen Rehabilitation	271
	Literatur	272
19	Sportneurologie	273
	<i>Claus Reinsberger und Julia K. Gowik</i>	
19.1	Was ist Sportneurologie	274
19.2	Sportassoziierte Erkrankungen und Verletzungen des Nervensystems	274
19.2.1	Sportassoziierte zentralnervöse Verletzungen: Schädel-Hirn-Traumata (SHT)/Concussion.....	274
19.2.2	Trauma-assoziierte Schlaganfälle.....	278
19.2.3	Rückenmarksverletzungen.....	278
19.2.4	Sportassoziierte Erkrankungen des ZNS.....	278
19.2.5	Sportassoziierte Erkrankungen des PNS.....	279
19.3	Sport in der Therapie neurologischer Erkrankungen	279
19.3.1	Vaskuläre Erkrankungen des Gehirns: Schlaganfall.....	279
19.3.2	Entzündliche ZNS-Erkrankungen/Multiple Sklerose (MS).....	280
19.3.3	Neurodegenerative Erkrankungen.....	281
19.3.4	Extrapyramidal-motorische Erkrankungen	282
19.3.5	Epilepsien.....	283
19.3.6	Neuromuskuläre Erkrankungen.....	284
19.4	Neurowissenschaftliche Aspekte von Trainingssteuerung und Leistungsbeurteilung	285
	Literatur	285
20	Psychische Erkrankungen und Sport	287
	<i>Kristin Devos</i>	
20.1	Einleitung	288
20.2	Der psychiatrische Patient	288

20.3	Auswirkungen und Pathophysiologie präventiver und therapeutischer Effekte sportlicher Aktivität	288
20.3.1	Sport, Körper und Selbstwahrnehmung	289
20.3.2	Neurotransmitter und Neuroplastizität	289
20.3.3	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHN)	289
20.3.4	Entzündungshypothese	290
20.3.5	Transiente Hypofrontalitätstheorie (THFT).....	290
20.3.6	Dual-Mode-Theorie	290
20.4	Krankheitsbilder	290
20.4.1	Depression.....	291
20.4.2	Angststörungen.....	292
20.4.3	Schizophrenie.....	295
20.4.4	Essstörungen	296
20.4.5	Abhängigkeitserkrankung.....	298
20.5	Psychische Erkrankungen im Leistungssport	300
	Literatur	302
21	Sehorgan und Sport	305
	<i>Dieter Schnell</i>	
21.1	Einführung	306
21.2	Augen und Sehfunktionen im Sport	306
21.2.1	Hornhaut.....	306
21.2.2	Linse, Glaskörper, Netzhaut.....	306
21.3	Wichtigste Sehfunktionen für den Sport	307
21.4	Zentrale Sehfunktion (Sehschärfe/Visus)	308
21.4.1	Brille	308
21.4.2	Kontaktlinsen (KL).....	309
21.5	Operative Korrekturen von Fehlsichtigkeiten (z. B. mittels Laser oder Schnitttechniken)	310
21.6	Periphere Sehfunktionen	311
21.6.1	Gesichtsfeld.....	311
21.6.2	Synchronoptisches Sehen.....	311
21.7	Okulo-zerebrale Fähigkeiten und ihre Trainierbarkeit	312
21.7.1	Ausdauersport verbessert die Sehfunktionen.....	313
21.8	Sport von Blinden und Sehbehinderten	314
21.9	Augenverletzungen im und durch Sport	316
21.10	Tauchsport	319
21.11	Antidopingmaßnahmen	320
	Literatur	322
22	Ausgewählte dermatologische Aspekte in der Sportmedizin	323
	<i>Christine Joisten</i>	
22.1	Einleitung	324
22.2	Mechanische Irritationen	324
22.3	Akne	326
22.4	Umweltbedingungen/Umweltfaktoren	326

22.5	Allergische Reaktionen	326
22.6	Infektionen	327
22.7	Psoriasis	331
22.8	Hauttumore	332
22.9	Fazit	332
	Literatur	332

III Ausgewählte Aspekte der Sportmedizin

23	Sportmedizinische Aspekte im Kindes- und Jugendalter	335
	<i>Susi Kriemler</i>	
23.1	Einführung	336
23.2	Körperliche und psycho-soziale Entwicklung	336
23.3	Gesundheitliche Risiken im Jugendsport	337
23.3.1	Plötzlicher Herztod	337
23.3.2	Anstrengungsinduziertes Asthma bronchiale.....	339
23.3.3	Eisenmangelanämie und latenter Eisenmangel	339
23.3.4	Essstörung mit und ohne RED-S-Syndrom	340
23.3.5	Doping	341
23.4	Psycho-soziale Risiken im Jugendsport	342
23.4.1	Psychische Erkrankungen	342
23.4.2	Dropout	342
23.4.3	Burnout und Übertraining	343
23.4.4	Gewalt im Sport.....	344
23.5	Sport bei chronischer Erkrankung	345
23.5.1	Bewegungsmangel und chronische Krankheit.....	345
23.5.2	Positiver Nutzen von Bewegung und Sport bei chronischer Krankheit.....	347
23.5.3	Bewegung als Therapie bei chronischer Krankheit	347
23.5.4	Potenzielle Risiken von Bewegung und Sport bei chronischer Erkrankung	349
23.6	Sportmedizinische Untersuchung für alle Kinder und Jugendlichen	351
	Literatur	355
24	Geschlechtsbezogene Aspekte im Sport	359
	<i>Petra Platen, Nina Ferrari und Christine Joisten</i>	
24.1	Menstruationszyklus und Sport	361
24.1.1	Physiologische Grundlagen des Zyklus	361
24.1.2	Biologische Wirkungen der weiblichen Sexualhormone.....	362
24.1.3	Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit in Abhängigkeit vom Zyklus	363
24.1.4	Kontrazeption und Sport.....	363
24.2	Erkrankungen des Menstruationszyklus	365
24.2.1	Prämenstruelles Syndrom (PMS)	365
24.2.2	Triade der sporttreibenden Frau und RED-S	366
24.3	Weibliche Brust	378
24.3.1	Sport-BHs	378
24.3.2	Irritationen und Verletzungen der Brust.....	379
24.4	Sport und Menopause	379

24.4.1	Physiologische Grundlagen des Klimakteriums.....	379
24.4.2	Bedeutung von körperlicher Aktivität in der Menopause.....	380
24.5	Harninkontinenz	381
24.6	Sport und Osteopenie bzw. Osteoporose	382
24.6.1	Pathophysiologische Grundlagen.....	382
24.6.2	Effekte von Belastungen und weiteren Faktoren auf das Skelettsystem	382
24.6.3	Trainingsprinzipien.....	383
24.7	Körperliche Aktivität und Sport während der Schwangerschaft – Nutzen und Empfehlungen	385
24.7.1	Empfehlungen.....	386
24.7.2	Art	386
24.7.3	Dauer, Häufigkeit und Intensität	387
24.7.4	Empfehlungen für die postpartale Phase	389
	Literatur	389
25	Sportmedizinische Aspekte im Senium	393
	<i>Klara Brixius</i>	
25.1	Einführung.....	394
25.2	Altersabhängige Veränderungen der kardiovaskulären Funktion und deren Konsequenzen für die maximale Sauerstoffaufnahme	394
25.3	Altersabhängige Veränderungen der Zellregeneration	395
25.3.1	Sarkopenie.....	395
25.3.2	„Stops walking, when talking“: Der Einfluss kognitiver Abbauprozesse auf die Ganggeschwindigkeit und die Bedeutung von Dual-Task-Training im Alter	401
25.4	Fazit	402
	Literatur	402
26	Sport von Menschen mit Behinderungen	405
	<i>Thomas Abel</i>	
26.1	Entwicklung des Sports von Menschen mit Behinderungen.....	406
26.2	Definition, Daten und Fakten von/über Menschen mit Behinderung	407
26.3	Sportmedizinische Aspekte.....	408
26.4	Sportmedizinische Aspekte des Antidopings	409
26.5	Klassifizierung	410
26.6	Verbandssystem im Sport von Menschen mit Behinderung.....	411
26.7	Ebenen des Sports von Menschen mit Behinderungen.....	412
26.7.1	Freizeit-/Breitensport.....	412
26.7.2	Rehabilitationssport.....	413
26.7.3	Leistungssport.....	413
26.8	Inklusion	414
	Literatur	415
27	Doping und Nahrungsergänzungsmittel	417
	<i>Mario Thevis und Andreas Thomas</i>	
27.1	Doping	418
27.1.1	Einführung.....	418
27.1.2	Substanzklassen	419

27.1.3	Narkotika.....	436
27.2	Nahrungsergänzungsmittel (NEM)	441
27.2.1	Einführung.....	441
27.2.2	Darreichungsformen und Mikronährstoffe	442
27.2.3	Potenziell leistungsfördernde Substanzen	444
27.3	NEM und Doping	446
	Literatur	447
28	Transfer in den ärztlichen Alltag	449
	<i>Michael Fritz</i>	
28.1	Kompetente sportärztliche Empfehlung	450
28.1.1	Sportärztliche Vorsorgeuntersuchung	453
28.1.2	Präventionsempfehlung über Muster 36	453
28.1.3	Rehabilitationssport und Funktionstraining über Muster 56.....	454
28.1.4	Präventionsleistungen der Rentenversicherungsträger	454
28.1.5	Individuelle Gesundheitsleistungen (IGeL)	455
	Literatur	457
29	Recht und Ethik in der Sportmedizin	459
	<i>Michael Fritz</i>	
29.1	Medizinethik im Allgemeinen	460
29.2	Medizinethik in der Sportmedizin	461
29.3	Spezifische ethische Aspekte der Sportmedizin	462
29.4	Die Beziehung zwischen Sportler und Arzt	462
29.5	Training und Wettbewerbe	463
29.6	Bildung	463
29.7	Gesundheitsförderung	464
29.8	Verletzungen bei Sportlern	464
29.9	Bewegungstherapie	464
29.10	Beziehung zu anderen Fachpersonen	464
29.11	Beziehung zu Funktionären, Vereinen, etc.	465
29.12	Doping	466
29.13	Forschung	467
	Literatur	467
	Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis	471

Autorenverzeichnis

Univ.-Prof. Dr. Sportwiss. Thomas Abel Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Benzing Uniklinik Köln, Köln, Deutschland

Dr. med. Gregor Berrsche ATOS Klinik Heidelberg, Deutsches Gelenkzentrum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Prof. (apl.) Dr. Sportwiss. Birna Bjarnason-Wehrens Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Wilhelm Bloch Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Prof. (apl.) Dr. rer. nat. Klara Brixius Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Dr. med. Pedram Derakhshani Klinik am Ring, Köln, Deutschland

Kristin Devos Praxis für Psychiatrie und Psychotherapie, Viersen, Deutschland

Dr. med. Johanna Dinter Klinik für Gastroenterologie, Pulmologie, Allg. Innere Medizin, Evangelisches Krankenhaus Köln Kalk, Köln, Deutschland

Dr. Sportwiss. Nina Ferrari Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Dr. med. Michael Fritz Facharzt für Allgemeinmedizin, Sportmedizin, Viersen, Deutschland

Dr. med. Gero von Gersdorff Uniklinik Köln, Köln, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Martin Halle Präventive Sportmedizin und Sportkardiologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Hermann Heck Köln, Deutschland

Dr. rer. nat. Hande Hofmann Technische Universität München, München, Deutschland

Dr. rer. med. Inga Jarosch Schön Klinik Berchtesgadener Land, Forschungsinstitut für pneumologische Rehabilitation, Schönau a. Königssee, Deutschland

Prof. (apl.) Dr. Dr. med. Christine Joisten Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Prof. Dr. med. Klaus Kenn Philips Universität Marburg, Pneumologische Rehabilitation, Marburg, Deutschland

Prof. Dr. rer. nat. Karsten Köhler Technische Universität München, München, Deutschland

Prof. Dr. med. Susi Kriemler Universität Zürich, Zürich, Schweiz

Univ.-Prof. Dr. med. Petra Platen Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Georg Predel Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. Dr. med. Claus Reinsberger Sportmedizinisches Institut, Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland

Jun.-Prof. Dr. Sportwiss. Thomas Schmidt Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Prof. (apl.) Dr. med. Holger Schmitt ATOS Klinik Heidelberg, Deutsches Gelenkzentrum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Dr. med. Dieter Schnell Sportärztebund Nordrhein e.V., Ruppichteroth, Deutschland

Dr. med. Thomas Schramm Kardiologie Köln Süd, Köln, Deutschland

Prof. (apl.) med. Hans-Michael Steffen Medizinische Fakultät und Uniklinik Köln, Klinik für Gastroenterologie und Hepatologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Dr. rer. Medic. Julia K. Gowik Sportmedizinisches Institut, Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. Sportwiss. Mario Thevis Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Prof. (apl.) Dr. rer. nat. Andreas Thomas Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

Dr. Sportwiss. Ramin Vafa Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland



Der Nutzen von körperlicher Aktivität – vom Was zum Wie

Christine Joisten

Inhaltsverzeichnis

- 1.1 Einleitung – 2
- 1.2 Begriffsbestimmung – 2
- 1.3 Fazit – 4
- Literatur – 5

1.1 Einleitung

Der gesundheitliche Nutzen von Bewegung und die Reduktion (vermeidbarer) Sitzzeit ist besonders im Kontext nicht übertragbarer Erkrankungen heutzutage unbestritten (Bull et al. 2020). So verbessert regelmäßige körperliche Aktivität zentrale kardiale, aber auch Stoffwechselprozesse sowie den metabolischen Phänotyp in verschiedenen Geweben und Organsystemen. Neben vielen, in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellten Effekten scheint ein wesentlicher Mechanismus in den beobachteten phänotypischen Veränderungen (in) der Skelettmuskulatur durch transkriptionelle Reaktionen zu liegen. Diese treten kurz-, aber auch langfristig auf und sind von Art, Intensität und Umfängen abhängig. Auch wenn die genauen Prozesse bislang noch nicht final aufgedeckt wurden, hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten das Wissen und Verständnis von epigenetischen und transkriptionellen Abläufen, die die Genexpressionsreaktion der Skelettmuskulatur auf körperliche Betätigung vermitteln, sowie deren vorgelagerten Signalwege deutlich verbessert. In diesem einleitenden Kapitel sollen daher die Begriffsbestimmungen und allgemeinen Empfehlungen dargestellt werden.

1.2 Begriffsbestimmung

Unter *körperlicher Aktivität* wird jede Art von Bewegung verstanden, die mit einer Steigerung des Energieverbrauchs einhergeht (Caspersen et al. 1985). Der Begriff *Sport* umfasst das organisierte „Sich bewegen“ wie beispielsweise Vereins- oder Wettkampfsport bzw. Bewegung mit dem Ziel der Leistungs- und Fitnesssteigerung. Unter *Fitness* wird neben der (v. a. kardiopulmonalen) körperlichen Leistungsfähigkeit auch die Flexibilität und Muskelkraft sowie die Körper-

komposition, d. h. das Verhältnis von Muskel- zu Fettmasse, verstanden (Graf und Ferrari 2015). Unterschieden werden die Umfänge bzw. die Häufigkeit der körperlichen Aktivität von der „Dosis“. Letztere stellt den Energieaufwand dar, d. h. die Intensität als Rate des Energieverbrauchs im Rahmen ausgewählter Aktivitäten, meist ausgedrückt als maximale Sauerstoffaufnahme (s. ► Übersicht 1). Die körperliche bzw. kardiorespiratorische Fitness gilt als relevanter Schutzfaktor für den Erhalt von Gesundheit (Despres 2016). So ist eine bessere Fitness mit einer geringeren Mortalität und Morbidität vergesellschaftet (Myers et al. 2002). Unzureichend definiert ist bislang die sog. echte „Dosis-Wirkungs-Beziehung“, die aktuell sowohl Umfänge wie auch Intensitäten berücksichtigt (Samitz et al. 2011). In der folgenden Übersicht sind die wichtigsten Begriffsbestimmungen zusammengefasst:

Übersicht 1. Begriffsbestimmungen mod. nach Piercy et al. 2018

- **Aerobe Aktivität** (i. d. R. Ausdaueraktivität)
Aktivitäten unter Einsatz großer Muskelgruppen über einen längeren Zeitraum mit dem Ziel, die kardiorespiratorische Fitness zu verbessern, z. B. zügiges Gehen, Laufen oder Radfahren.
- **Muskelstärkende Aktivität**
Aktivitäten, die die Muskelstärke, -kraft, -ausdauer und -masse steigern, z. B. Gewichtheben.
- **Knochenstärkende körperliche Aktivität**
Aktivitäten, die explizit eine Kraft auf die Knochen ausüben und damit Knochenwachstum und -festigkeit fördern, z. B. Seilspringen oder Laufen.

- Gleichgewichtstraining
Aktivitäten, die darauf abzielen, die Gleichgewichtsfähigkeiten zu verbessern, z. B. Ausfallschritte oder Rückwärtsgehen.
- Mehrkomponentige körperliche Aktivität
Aktivitäten, die mehr als eine der genannten Arten umfassen, z. B. Aerobic, Tanzen.
- Absolute Intensität
bezieht sich auf die Art der ausgeführten Aktivität und wird oft als metabolische Äquivalente (MET) ausgedrückt. Leichte Intensität umfasst alles unter 3 METs, moderate Intensität zwischen 3 bis 5,9 METs, intensive Intensität 6 und mehr METs.
- Relative Intensität
berücksichtigt die kardiorespiratorische Fitness einer Person, d. h. jemand, der fitter ist, wird eine Übung als leichter empfinden und sie daher mit einer geringeren relativen Intensität bewerten als jemand, der weniger fit ist.

Auch die körperliche Inaktivität oder der sogenannte Sedarismus bzw. „sedentary behaviour“ stellt sich zunehmend als eigenständiger Risikofaktor heraus und wird im Erwachsenenalter gerne auch als „das neue Rauchen“ bezeichnet (Vallance et al. 2018). Die Betrachtung bzw. Erfassung dessen unterliegt allerdings methodischen Herausforderungen. Als Definition werden meist folgende Betrachtungsweisen herangezogen:

- „Sitzzeit“ umfasst „Aktivitäten“ wie Sitzen, Fernsehschauen, Videospiele spielen etc., die durch wenig Bewegung bzw. einen geringen Energieverbrauch unter 1,5 MET gekennzeichnet sind.
- Sedarismus wird durch ein Verhalten definiert, das durch ein Minimum an Bewegung mit geringem Energieverbrauch unter 1,5 MET gekennzeichnet ist.

In der folgenden Tabelle wurden die aktuellen von der Weltgesundheitsorganisation 2020 veröffentlichten Empfehlungen zusammengefasst (mod. nach Bull et al. 2020).

■ Tab. 1.1. Die über das Erwachsenenalter hinausgehenden Empfehlungen für Kinder und Jugendliche, ältere Personen und Schwangere finden sich in den nachfolgenden Kapiteln wieder.

Zusätzlich wurden praxisnahe Hinweise für eine mögliche Beratung gegeben:

- Etwas körperliche Aktivität ist besser als gar keine.
- Auch wenn die oben genannten Empfehlungen von einem Patienten zunächst nicht eingehalten werden können, ist ein gewisses Maß an körperlicher Betätigung gesundheitlich sinnvoll. Der Start kann sehr niedrigschwellig sein und im Laufe der Zeit an Häufigkeit, Intensität und Dauer gesteigert werden.
- Bei Personen, bei denen keine Kontraindikationen vorliegen, ist eine ärztliche Abklärung vor Beginn einer leichten oder mittelschweren körperlichen Aktivität, die nicht über die Anforderungen eines zügigen Spaziergangs oder des täglichen Lebens hinausgeht, im Allgemeinen nicht erforderlich.
- Ältere Erwachsene sollten unter Berücksichtigung ihrer funktionellen Fähigkeiten aktiv sein und den Grad ihrer körperlichen Anstrengung an ihren individuellen Fitnesszustand anpassen.
- Wenn Erwachsene mit chronischen Erkrankungen nicht in der Lage sind, die oben genannten Empfehlungen zu erfüllen, sollten sie sich entsprechend ihren Fähigkeiten körperlich betätigen. Vor Beginn sollten sie sich beraten lassen, welche Art und welcher Umfang an körperlicher Betätigung ihren individuellen Bedürfnissen, Fähigkeiten, funktionellen Einschränkungen/Komplikationen, Medikamenten und ihrem allgemeinen Behandlungsplan entspricht und ggf. eine entsprechende ärztliche Voruntersuchung machen.

Tab. 1.1 Empfehlungen über Bewegung und Sitzzeit für Erwachsene zwischen 18–64 Jahren, einschließlich Menschen mit chronischen Erkrankungen und Menschen mit Behinderung

	Bewegung	„Sitzzeit“
Postulierte Effekte	Senkung der Gesamtmortalität, Reduktion der Sterblichkeit durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, Typ-2-Diabetes, Krebserkrankungen, verbesserte psychische Gesundheit (weniger Angst- und Depressionssymptome), kognitive Gesundheit und Schlaf; auch die Adipositas kann sich verbessern.	Steigerung der Gesamtmortalität sowie Sterblichkeit durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs sowie Zunahme der Inzidenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Typ-2-Diabetes und Tumorerkrankungen.
Empfehlungen	<p>Alle Erwachsenen sollten sich regelmäßig körperlich betätigen.</p> <p>Erwachsene sollten sich während der Woche mindestens 150–300 min lang moderat-intensiv oder mindestens 75–150 min lang intensiv körperlich betätigen oder eine gleichwertige Kombination ausüben, um die gesundheitlichen Vorteile zu erzielen.</p> <p>Erwachsene sollten außerdem an zwei oder mehr Tagen pro Woche muskelstärkende Aktivitäten mit mäßiger oder höherer Intensität durchführen, die alle großen Muskelgruppen einbeziehen.</p> <p>Erwachsene können ihre mäßig intensive aerobe körperliche Aktivität auf >300 min steigern oder >150 min intensive aerobe körperliche Aktivität oder eine gleichwertige Kombination aus beidem während der Woche durchführen, um zusätzliche gesundheitliche Vorteile zu erzielen (sofern dies bei Personen mit chronischen Erkrankungen nicht kontraindiziert ist).</p>	<p>Erwachsene sollten die Zeit, die sie in sitzender Tätigkeit verbringen, begrenzen.</p> <p>Sitzende Tätigkeit durch körperliche Aktivität jeglicher Intensität zu ersetzen (einschließlich leichter Intensität) bietet gesundheitliche Vorteile.</p> <p>Um die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von einem Übermaß an sitzender Tätigkeiten zu verringern, sollten Erwachsene mehr als die empfohlenen Mengen an mäßiger bis intensiver körperlicher Betätigung anstreben.</p>

1.3 Fazit

Immer wieder bestätigt sich der gesundheitliche Nutzen von körperlicher Aktivität und die Reduktion vermeidbarer Sitzzeit. (Sport-) Ärztinnen und Ärzte spielen eine zentrale Rolle in der Begleitung von körperlich aktiven Menschen im Freizeit- und Leistungssport, in jeder Altersgruppe, mit chronischen Erkrankungen und Behinderungen sowie als Türöffner in ein bewegtes Leben. Dieses Compendium soll die wichtigsten sportmedizinischen Aspekte aus Sicht der jeweiligen ärztlichen Fächer genauer beleuchten und damit eine Grundlage für eine adäquate Beratung in der (sport-)ärztlichen Praxis bilden. Eine gute Unterstützung bieten Gesprächstechniken wie die motivierende Beratung bzw.

der Einsatz der sog. 5 As („Ask, Assess, Advise, Agree and Assist“). Ziele solcher Techniken sind die kognitiven (Verbesserung von Selbstwirksamkeit, Wissen und Vertrauen), konativen (Verbesserung des Präventionsverhaltens und Kommunikationskompetenz) und physiologischen (Krankheitsprävention, gesteigerte Lebenserwartung und schnelle Genesung) Auswirkungen auf den individuellen Zustand von Patienten. Das zentrale Element ist die jeweilige Arzt-Patienten-Beziehung. Dabei verfolgen beide beispielhaft genannten Techniken personenzentrierte Ansätze zur verhaltensbezogenen Motivationssteigerung. Bei den 5 As wird zunächst das Risikoverhalten erfragt, der Gesundheitszustand bzw. die Bereitschaft zu Verhaltensänderungen erfasst, Verhaltensempfehlung gegeben, Unter-

stützungsmöglichkeiten erarbeitet und Folgetermine ausgemacht. Sinnvoll ist die Ergänzung eines 6. As („Answer“), denn die Antworten der Patienten auf offen gestellte Fragen wie beispielsweise „Was möchten Sie erreichen?“ führen erfolgreicher durch den Prozess als vermeintlich gut gemeinte Ratschläge. Analog sind offene Fragen und eine empathische Grundhaltung die Basis der motivierenden Beratung mit einer Analyse von persönlichen Zielen und Werten, der Stärkung der Motivation, diese Ziele zu erreichen, der Bestimmung, inwiefern das aktuelle Verhalten kongruent zu den Zielen ist, sowie der Entwicklung eines Veränderungsplans. Im Vordergrund steht immer die Selbstbestimmung der Patienten und die Förderung ihrer Gesundheitskompetenz. Zur Unterstützung können neue Technologien wie Schrittzähler, andere „Wearables“ oder Fitness-Apps eingesetzt werden (Piercy et al. 2018). Sie geben ein direktes Feedback und machen Bewegung „sichtbar“. Außerdem können solche technologischen Ansätze genutzt werden, um Einzelpersonen aus der Ferne per Textnachrichten, Telefon oder über das Internet während des Prozesses zu begleiten. Zusammengefasst gibt es inzwischen eine Vielzahl an Untersuchungen und Empfehlungen, was, warum und wie etwas gemacht werden sollte. Die Herausforderung wird nach wie vor der Transfer in die Praxis bleiben. Wir hoffen, dass die weiteren Kapitel Sie in Ihrer alltäglichen Arbeit dabei unterstützen werden.

Literatur

- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput JP, Chastin S, Chou R, Dempsey PC, DiPietro L, Ekelund U, Firth J, Friedenreich CM, Garcia L, Gichu M, Jago R, Katzmarzyk PT, Lambert E, Leitzmann M, Milton K, Ortega FB, Ranasinghe C, Stamatakis E, Tiedemann A, Troiano RP, van der Ploeg HP, Wari V, Willumsen JF (2020) World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med* 54(24):1451–1462
- 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
- Després JP (2016) Physical activity, sedentary behaviours, and cardiovascular health: when will cardiorespiratory fitness become a vital sign? *Can J Cardiol* 32(4):505–513
- Graf C, Ferrari N (2015) Körperliche Aktivität, Sport und Bewegungstherapie bei (morbider) Adipositas. *Der Diabetologe* 11(6):457–463
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE (2002) Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 346(11):793–801
- Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, Carlson SA, Fulton JE, Galuska DA, George SM, Olson RD (2018) The physical activity guidelines for Americans. *JAMA* 320(19):2020–2028
- Samitz G, Egger M, Zwahlen M (2011) Körperliche Aktivität und gesamtsterblichkeit: neue metaanalyse zur dosis- wirkungs- beziehung. *Leading opinions-kardiologie & gefässmedizin* 11(4):30–33
- Vallance JK, Gardiner PA, Lynch BM, D’Silva A, Boyle T, Taylor LM, Johnson ST, Buman MP, Owen N (2018) Evaluating the evidence on sitting, smoking, and health: is sitting really the new smoking? *Am J Public Health* 108(11):1478–1482

Grundlagen der Sportmedizin

Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 2** **Energiestoffwechsel des Muskels –
Leistungsdiagnostik – 9**
Hermann Heck
- Kapitel 3** **Funktion und Trainingsanpassung – 21**
Ramin Vafa
- Kapitel 4** **Grundlagen der (Sport-) Ernährung – 41**
Karsten Köhler und Hande Hofmann



Energiestoffwechsel des Muskels – Leistungsdiagnostik

Hermann Heck

Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Energiestoffwechsel des Muskels – 10**
 - 2.1.1 ATP-Synthesewege – 10
 - 2.1.2 Anaerob-alkalotazide ATP-Bildung – 10
 - 2.1.3 Anaerob-laktatide ATP-Bildung – 10
 - 2.1.4 Aerobe ATP-Bildung – 11
 - 2.1.5 Kapazität, Leistungsfähigkeit und Erholungszeit der energieliefernden Teilsysteme – 11

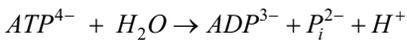
- 2.2 Leistungsdiagnostik – 14**
 - 2.2.1 Messgrößen – 15
 - 2.2.2 Indikatoren der Ausdauerleistungsfähigkeit – 15
 - 2.2.3 Testverfahren – 16
 - 2.2.4 Belastungsschemata – 17

- Literatur – 20**

2.1 Energiestoffwechsel des Muskels

2

Die Muskelkontraktion erzeugt Spannung und ist damit in der Lage Arbeit zu verrichten. Die dabei notwendige Energie wird über **Adenosintri-phosphat (ATP)** zur Verfügung gestellt. Beim Kontraktionsvorgang wird der endständige Phosphatrest unter Wasseranlagerung (Hydrolyse) abgetrennt. Es entstehen Adenosindiphosphat (ADP), ein Phosphat (P_i) sowie ein Wasserstoffion:



Die Konzentration an ATP im Muskel liegt bei ca. 5–6 mmol ATP pro kg Muskelfeuchtmasse. Damit lassen sich nur wenige maximale Kontraktionen durchführen. ATP muss demzufolge fortlaufend neu gebildet werden.

2.1.1 ATP-Synthesewege

Die **ATP-Bildung** erfolgt auf 3 Wegen:

- anaerob-alkalotazide ATP-Bildung,
- anaerob-laktotazide ATP-Bildung,
- aerobe ATP-Bildung.

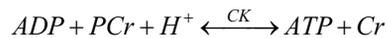
Die ersten beiden ATP-Bildungswege werden als anaerobe Wege der Energiebereitstellung bezeichnet, da sie ohne Anwesenheit von Sauerstoff ablaufen. Im Gegensatz dazu ist der 3. Weg nur unter Beteiligung von Sauerstoff möglich, der dem Muskel von außen über die Atmung und über den Blutkreislauf zugeführt werden muss.

2.1.2 Anaerob-alkalotazide ATP-Bildung

Für die anaerob-alkalotazide ATP-Bildung stehen zwei energiereiche Substanzen zur Verfügung:

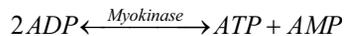
- Kreatinphosphat (Phosphocreatin = PCr),
- Adenosindiphosphat (ADP).

Die Bindung zwischen Kreatin und dem Phosphat hat ein höheres Energiepotenzial als beim ATP (43,1 kJ·mol⁻¹ gegenüber 30,5 kJ·mol⁻¹). Die Abspaltung des Phosphatrestes und seine Übertragung auf ADP resynthetisiert ATP. Dabei entsteht aus Kreatinphosphat Kreatin (Creatin = Cr). Diese schnell ablaufende Reaktion (sog. Lohmann-Reaktion) wird durch das Enzym Kreatinkinase (CK) katalysiert:



Kreatinphosphat ist im Muskel mit 15–20 mmol pro kg Muskelfeuchtmasse in etwa 3–4-mal höherer Konzentration als ATP vorhanden. Mit der aus dem Kreatinphosphat verfügbaren Energie können maximale Muskelkontraktionen über ca. 5–6 s durchgeführt werden.

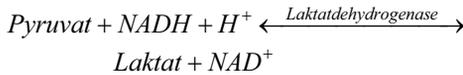
In geringem Maße wird ATP auch in der sog. Myokinase-Reaktion (Adenylatkinase-Reaktion) aus 2 ADP wieder aufgebaut. Bei dieser Reaktion werden aus 2 ADP ein ATP und ein Adenosinmonophosphat (AMP) gebildet:



Es handelt sich um eine Gleichgewichtsreaktion, die quantitativ **kein** Gewicht hat. Im Rahmen der **Regulation** des Energiestoffwechsels kommt ihr allerdings eine wesentliche Bedeutung zu.

2.1.3 Anaerob-laktotazide ATP-Bildung

Steigerung der Muskelarbeit führt zum Anstieg der Glykolyse, in der Glukose zu Pyruvat bzw. Laktat abgebaut wird. Hauptquelle der Glukose ist dabei das Muskelglykogen und in geringem Maße die Blutglukose. Pyruvat und Laktat stehen dabei nach folgender Formel im Gleichgewicht:



Dabei liegt das Gleichgewicht zwischen Laktat und Pyruvat (Laktatäquivalent) stark auf der Seite von Laktat und beträgt in Ruhe ca. 10 zu 1 sowie bei ergometrischer Ausbelastung ca. 50 zu 1 und höher.

Für ein Glukosemolekül entstehen in der Glykolyse 2 ATP-Moleküle aus Blutglukose und 3 ATP-Moleküle, wenn die Glukose ihren Ursprung aus Glykogen hat.

2.1.4 Aerobe ATP-Bildung

Im Rahmen der aeroben Energiegewinnung werden primär Kohlenhydrate und Fette unter Hinzuführung von aus der Außenluft ins Gewebe transportiertem Sauerstoff (O_2) zu Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) abgebaut. Die Verstoffwechslung von Proteinen spielt quantitativ erst beim Fehlen von Kohlenhydraten eine Rolle.

Fette und Kohlenhydrate weisen zunächst getrennte Abbauege auf (Lipolyse und Beta-Oxidation sowie Glykogenolyse und Glykolyse), die letztlich beide beim Acetyl-CoA (aktivierte Essigsäure) in den Mitochondrien münden. Im anschließenden

Zitratzyklus wird Acetyl-CoA zu CO_2 und Wasserstoff abgebaut. Der an NADH^+ bzw. an FAD gebundene Wasserstoff aus dem Zitratzyklus sowie aus dem Fettabbau (β -Oxidation) und der Glykolyse wird in der Atmungskette mit Sauerstoff oxidiert. Die hierbei frei werdende Energie wird benutzt, um Phosphat auf ADP zu übertragen und damit ATP zu bilden.

2.1.5 Kapazität, Leistungsfähigkeit und Erholungszeit der energieliefernden Teilsysteme

In **Tab. 2.1** sind die Kapazität, die Leistungsfähigkeit und die Erholungszeit der energieliefernden Teilsysteme synoptisch dargestellt. Die Werte für die Kapazität und Leistungsfähigkeit sind in **ATP-Äquivalenten** pro kg Feuchtmuskel angegeben.

Wie die fettgedruckten Ziffern in **Tab. 2.1** zeigen, ist die Leistungsfähigkeit des anaerob-laktaziden Teilsystems nur noch etwa halb so groß wie die des anaerob-alkalaziden. Beim aeroben Teilsystem kommt es – je nach Ausgangssubstanz – zu

Tab. 2.1 Kapazität, Leistungsfähigkeit und Erholungszeit der energieliefernden Teilsysteme. (Aus de Marées 2003, S. 361)

Energie-lieferndes System	Substrate	Kapazität ($\text{mmol}\cdot\text{kgm}^{-1}$)	Leistungsfähigkeit ($\text{mmol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kgm}^{-1}$)	Halbwertszeit der Erholung (min)
Anaerob-alkalazid	ATP \rightarrow ADP PCr \rightarrow Cr ADP \rightarrow AMP	20–25	3–6	0,5
Anaerob-laktazid	Glykogen \rightarrow Laktat	50–60	1,5–3	10–20
Aerob	Glykogen \rightarrow CO_2 , H_2O Fettsäuren \rightarrow CO_2 , H_2O	begrenzt durch Substrate	0,5– 0,75 0,24–0,4	Bei Erschöpfung der Substrate Tage (Glykogen) bis Wochen (Fette)

einer nochmaligen Halbierung (bei der Nutzung von Glykogen) bzw. sogar Viertelung (beim ausschließlichen Einsatz von Fettsäuren).

Kapazität des muskulären Energiestoffwechsels

➤ Als Kapazität des Energiestoffwechsels kann man die Summe aller Energie- bzw. Arbeitsbeträge definieren, die aus chemisch gespeicherter Energie zu gewinnen ist.

Dabei sind die im Muskel selbst sowie die außerhalb des Muskels gelagerten **Energieträger** zu berücksichtigen. Dazu gehören ATP, Kreatinphosphat (PCr), Glukose bzw. Glykogen, Fette und Eiweiß.

Betrachtet man die Kapazität des muskulären Energiestoffwechsels unter dem Gesichtspunkt **akuter Nutzbarkeit** der verschiedenen Bildungswege des ATP, so ergeben sich folgende Werte:

— Anaerob-alkalotazid:

Von insgesamt 25 mmol **energiereichen Phosphaten** pro kg Muskulatur (ATP = 5, Kreatinphosphat = 20) sind nur ca. 22 mmol·kgm⁻¹ nutzbar, da schon bei einem Abfall des ATP um ca. 20–40 % gegenüber dem Ruhewert Kontraktionsunvermögen der Muskulatur eintritt.

— Anaerob-laktazid:

Dieser Stoffwechselweg ist durch die maximal tolerierbare Azidose limitiert. Maximale Blutlaktatwerte liegen bei ca. 15–20 mmol·l⁻¹, bei speziell trainierten Personen, z. B. 400-m-Läufern oder Ruderern, auch bei bis zu 25 mmol·l⁻¹. Die Muskellaktatwerte betragen sogar 35–40 mmol·kgm⁻¹. Das entspricht einem Phosphagen-Äquivalent von ca. 50–60 mmol pro kg Muskulatur, da aus einem mol Glukose aus Glykogen 2 mol Laktat und 3 mol ATP entstehen. Damit ist die anaerob-laktazide Kapazität um ca. 2–2,5-mal größer als die anaerob-alkalotazide.

— Aerob:

Der Muskel verfügt über ca. 1–2 % **Glykogen**. Ausgehend von einem mittleren Wert von 1,5 % enthalten 30 kg Muskelmasse damit 450 g Glykogen. In der Leber sind ca. 150 g gespeichert, im Blut liegen in Form von Glukose 5 g vor. Demnach stehen insgesamt etwa 605 g **Glukose-Äquivalente** zur Verfügung. Da 1 mol Glukose einer Masse von 180 g entspricht, ergeben sich 3,36 mol Glukose. Pro mol Glukose aus Glykogen werden 31 mol ATP gebildet, woraus eine Gesamtmenge von 104 mol ATP resultiert. Der Fettanteil – bezogen auf die Körpermasse eines normalgewichtigen Mannes – beträgt ca. 15 %. Daraus berechnet sich eine Gesamtfettmasse von ca. 11 kg. Pro g **Fettsäure** sind ca. 0,42 mol ATP resynthetisierbar. Es resultieren damit insgesamt ca. 4600 mol ATP.

Theoretisch stehen somit ca. 4700 mol ATP zur Verfügung (ca. 100 mol ATP aus Kohlenhydraten, ca. 4600 mol ATP aus Fettsäuren).

Leistungsfähigkeit des muskulären Energiestoffwechsels

➤ Unter **Leistungsfähigkeit** des Energiestoffwechsels wird die Summe der maximalen Umsatzraten (Arbeitsbeträge pro Zeiteinheit) verstanden, die aus chemisch gespeicherter Energie gewinnbar ist.

Es ergeben sich folgende Werte:

— Anaerob-alkalotazid:

Beim Hochsprung wird kurzfristig (ca. 0,1 s) eine Leistung von 4,0–4,5 kW unter der Annahme eines Wirkungsgrades von 25 % erbracht. Daraus resultiert ein ATP-Verbrauch von ca. 6 mmol pro kg Muskel und pro Sekunde. Dieser Wert entspricht der maximalen Umsatzrate der Kreatinkinase. Ein maximaler 100-m-Lauf bedeutet eine Leistung von 50–60 W pro kg Muskel. Bei 24 kg aktiver Muskulatur