

Sportkardiologie

Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr. Josef Niebauer, MBA
Hrsg.

Sportkardiologie

2., überarb. u. erw. Auflage

Mit 119 meist farbigen Abbildungen

Hrsg.

Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr. Josef Niebauer, MBA
Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin
Paracelsus Medizinische Universität Salzburg
Salzburg, Österreich

ISBN 978-3-662-65164-3 ISBN 978-3-662-65165-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65165-0>

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 2015, 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.

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

Vorwort

Es ist mir eine besondere Freude Ihnen, geschätzte Leser, diese 2. und vollständig überarbeitete Ausgabe unseres Buchs Sportkardiologie präsentieren zu dürfen. Anlass waren die neuen 2020 ESC Guidelines Sports Cardiology, aber auch die zahlreichen anderen Positionspapiere, die von unserer Sektion für Sportkardiologie der European Association of Preventive Cardiology der European Society of Cardiology publiziert wurden. Wesentlich war auch, dass das Curriculum Sportkardiologie unserer Arbeitsgruppe für Sportkardiologie der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, an dem zahlreiche unserer Autoren federführend mitgewirkt haben, schlussendlich zur Zusatzqualifikation Sportkardiologie geführt hat.

Noch nie war Bewegung und Sport ein solch zentrales Thema, wie jetzt in der COVID Pandemie, wo wiederholt deutlich wurde, Bewegungsmangel mit all seinen zuvor bekannten Folgeschäden wie Adipositas, Diabetes mellitus Typ 2, arterielle Hypertonie und Dyslipidämie auch bei COVID Patienten mit einer ungünstigen Prognose assoziiert ist. Tatsächlich haben sich Bewegung und Sport als evidenzbasierte Therapieoptionen bei nahezu allen chronischen Erkrankung etabliert und sind diese Bestandteil aller nationalen und internationalen Therapieleitlinien. Bedauerlicherweise lernen Studenten und auch Ärzte in der Facharztausbildung weiterhin viel zu wenig über sportspezifische Anpassungsmechanismen und klinische Manifestationen sportinduzierter Veränderungen und das, obwohl diese aufgrund besserer diagnostischer Möglichkeiten immer häufiger dokumentiert, dann aber auch interpretiert werden müssen. Oftmals bedarf es sehr detailliertem Fachwissen und vor allem Kenntnis in der gesamten Sportmedizin, um bei auffälligen Veränderungen pathologisch von normal korrekt zu unterscheiden. Da gut 90 % der nichttraumatischen Todesfälle auf kardiovaskuläre Ursachen zurückzuführen sind, kommt der Sportkardiologie zu Recht eine immer größere Bedeutung zu.

Dieses Buch, an dem ausgewiesene Experten aus Österreich, Deutschland, der Schweiz, Italien und den USA mitgeschrieben haben, möchte für die Leser ein treuer und hilfreicher Begleiter sein und dabei helfen individuell bestehende Wissenslücken zu schließen.

Wir hoffen, dass dieses Buch sowohl Studenten als auch Ärzten ein hilfreiches, an der Praxis orientiertes Handbuch sein wird.

Für die Autoren,

Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr. Josef Niebauer, MBA

Innere Medizin, Kardiologie, Sportmedizin, Sportkardiologie^{DGK}, Internistische Rehabilitation^{ÖGPR}

Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation-Past-Chair der Sektion Sportkardiologie der European Association of Preventive Cardiology der European Society of Cardiology

Inhaltsverzeichnis

I Die moderne Sportkardiologie

1	Die moderne sportmedizinische Untersuchung: Die TÜV-Plakette für jeden Sportinteressierten	3
	<i>Josef Niebauer</i>	
1.1	Stellenwert des Sports in Prävention und Therapie	4
1.2	Wandel der sportmedizinischen Untersuchung	4
	Literatur	8
2	Zusatzqualifikation Sportkardiologie	11
	<i>Josef Niebauer, Martin Halle und Herbert Löllgen</i>	
2.1	Einleitung	12
2.2	Hintergrund	12
2.3	Bisherige Situation	13
2.4	Zukünftige Situation	13
	Literatur	13

II Kardiovaskulärer Nutzen des Sports

3	Prävention durch körperliche Aktivität	17
	<i>Herbert Löllgen und Ruth Mari Löllgen</i>	
3.1	Einleitung	19
3.2	Körperliche Aktivität versus Fitness	20
3.2.1	Methodische Hinweise	20
3.2.2	Epidemiologische Aspekte	21
3.3	Wirkungen von körperlicher Aktivität und Bewegung	23
3.3.1	Dosis-Wirkungs-Beziehung	25
3.3.2	Somatische Auswirkung eines regelmäßigen körperlichen Trainings	26
3.3.3	Psychische und psychosomatische Aspekte : Motivation zur Bewegung	27
3.3.4	Psychische Auswirkungen oder mentale Fitness	28
3.4	Patientengespräch	28
3.5	Prävention bei kardialen Erkrankungen	29
3.5.1	Koronare Herzkrankheit	29
3.5.2	Herzinsuffizienz	30
3.5.3	Herzrhythmusstörungen	30
3.5.4	Arterieller Bluthochdruck	31
3.6	Risikoreduktion durch körperliche Aktivität bei weiteren kardiovaskulären Erkrankungen	31
3.6.1	Schlaganfall	31
3.6.2	Periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK)	32
3.6.3	Diabetes mellitus und kardiovaskuläre Komplikationen	32

3.7	Langlebigkeit	32
3.8	Perspektiven	34
	Literatur	36
4	Sport als Therapeutikum: Die kardiologische Rehabilitation	41
	<i>Josef Niebauer</i>	
4.1	Einleitung	42
4.2	Lebenslange körperliche Aktivität	47
4.3	Krafttraining	50
4.4	Motivationshilfen	50
	Literatur	51

III Kardiovaskuläre Schädigung durch Sport?

5	Viel hilft viel; schädigt Sport das Myokard?	55
	<i>Rochus Pokan und Peter Hofmann</i>	
5.1	Einleitung	56
5.2	Umfänge und Intensitäten mit positiver präventiver Wirkung	56
5.3	Überlegungen zu möglichen Schädigungen des Myokards	57
5.4	Grenzen der körperlichen Belastungen bei Patienten mit unterschiedlichen Herz-Kreislauf-Erkrankungen	61
	Literatur	63
6	Gefahren im Sport: Der plötzliche Herztod	65
	<i>Andreas Nieß</i>	
6.1	Einführung	66
6.2	Häufigkeit kardialer Zwischenfälle und des plötzlichen Herztods beim Sport	66
6.2.1	Häufigkeit.....	66
6.2.2	Ältere Sportler und Sportler bei Ausdauerwettkämpfen	68
6.3	Erfolg von Reanimationsmaßnahmen im Sport	69
6.4	Ursachen kardialer Ereignisse beim Sport	69
	Literatur	71

IV Die sportkardiologische Untersuchung und klinische Konsequenzen

7	Die körperliche Untersuchung: Inhalte, Sinn und Ziel	77
	<i>Herbert Löllgen und Ruth Mari Löllgen</i>	
7.1	Einführung zur körperlichen Untersuchung: Anamnese, Klinik und Diagnostik	78
7.2	Anamnese	78
7.3	Risikoabschätzung	82
7.4	Symptome	82
7.4.1	Brustschmerzen.....	82
7.4.2	Dyspnoe	82
7.4.3	Palpitation.....	82

7.4.4	Schwindel und Synkopen	82
7.5	Diagnostik	83
7.5.1	Inspektion	83
7.5.2	Palpation	83
7.5.3	Auskultation	83
7.5.4	Kardiale Auskultation.....	83
	Literatur	86
8	Herzfrequenz und Blutdruck	89
	<i>Herbert Löllgen</i>	
8.1	Bedeutung der Herzfrequenz in Kardiologie und Sportmedizin	90
8.1.1	Definition	90
8.1.2	Physiologie	90
8.1.3	Methodik.....	91
8.1.4	Beurteilung des Herzfrequenzverhaltens	93
8.1.5	Herzfrequenzvariabilität.....	95
8.1.6	Herz-Frequenz-Turbulenz.....	99
8.1.7	Chronotrope Inkompetenz.....	99
8.2	Arterieller Blutdruck	101
8.2.1	Definition	101
8.2.2	Physiologie	101
8.2.3	Phasen der Blutdruckmessung	101
8.2.4	Methodik.....	102
8.2.5	Verfahren zur Blutdruckmessung.....	103
8.2.6	Laufbandergometrie.....	105
8.2.7	Fahrradergometrie.....	105
8.2.8	Druck-Frequenz-Produkt	106
8.2.9	Langzeitblutdruckmessung	107
8.2.10	Barorezeptorsensitivität (BRS)	108
	Literatur	110
9	Die sportkardiologische Untersuchung und klinische Konsequenzen – das EKG	113
	<i>Robert Berent</i>	
9.1	Einführung	114
9.2	Bradyarrhythmien und AV-Blockierungen	118
9.3	Inkompletter Rechtsschenkelblock	119
9.4	Early repolarization – frühe Repolarisation [17, 18, 19, 20, 21]	119
9.5	ST-Strecken-Senkungen und/oder T-Wellen-Inversionen	121
9.6	Rechtsventrikuläre Hypertrophie	121
9.7	Supraventrikuläre Arrhythmien	122
9.8	Vorhofflimmern/Vorhofflattern	123
9.9	Ventrikuläre Extrasystolien (VES)/Tachykardien	123
9.10	Hypertrophe Kardiomyopathie (HCM)	128
9.11	Ionenkanalerkrankungen – Channelopathies [13]	129
9.12	Das Mitralklappenprolappsyndrom	134
	Literatur	135

10	Sport bei Kindern und Jugendlichen – kinderkardiologische Aspekte	139
	<i>Manfred Marx und Erwin Kitzmüller</i>	
10.1	Einleitung	140
10.2	Physiologische Veränderungen und altersentsprechende Normalwerte	140
10.3	Das auffällige EKG	143
10.3.1	Hypertrophe Kardiomyopathie (HCM)	143
10.3.2	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie (ARVC)	145
10.3.3	Kongenitale Koronaromalien	146
10.3.4	Angeborenes Long QT-Syndrom	146
10.3.5	Overt Präexzitation und Wolff-Parkinson-White (WPW)-Syndrom	148
10.3.6	Extrasystolie	149
10.4	Sport bei Kindern und Jugendlichen – Sporterlaubnis oder Sportbefreiung	149
	Literatur	152
11	Die sportkardiologische Untersuchung und klinische Konsequenzen	157
	<i>Robert Berent</i>	
11.1	Transthorakale Echokardiografie	158
11.2	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie/Dysplasie (ARVC/D)	166
11.2.1	Major Kriterien in der Diagnostik der ARVC/D [32, 35]	168
11.2.2	Minor Kriterien in der Diagnostik der ARVC/D [32, 35]	169
11.3	Strain	169
11.3.1	Klinische Anwendungsgebiete [39]	170
11.4	3-D-Echokardiografie [45]	170
11.5	Stressechokardiografie	171
11.5.1	Physikalische Stressechokardiografie (Belastungsecho)	171
11.5.2	Pharmakologische Stressechokardiografie	172
11.5.3	Koronare Herzerkrankung (KHK)	172
11.5.4	Herzklappenerkrankungen	172
11.5.5	Kardiomyopathien	173
11.5.6	Komplikationen der Stressechokardiografie [66]	174
11.6	Teilnahme am Kompetitivsport [62, 69] (■ Tab. 11.5)	174
11.6.1	Keine Einschränkungen beim Kompetitivsport	174
11.6.2	Einschränkungen für kompetitiven Ausdauer (AT)- oder Kraftsport (KT)	174
11.6.3	Kompetitivsportarten verboten	176
	Literatur	176
12	Kardiale Computertomografie	181
	<i>Christof Burgstahler</i>	
12.1	Klinische Indikationen	182
12.2	Kontraindikationen	183
12.3	Limitationen	183
12.4	Strahlenexposition	183
12.5	Prognostische Wertigkeit der kardialen Computertomografie	183
12.5.1	Kalzium-Score	183
12.5.2	CT-Koronarangiografie	183

12.6	Kardiale Computertomografie in der Sportmedizin	184
12.6.1	Risikoabschätzung mittels kardialer Computertomografie.....	184
12.6.2	Ausblick.....	185
12.7	Fallbeispiele	186
12.7.1	Fallbeispiel 1.....	186
12.7.2	Fallbeispiel 2.....	186
12.7.3	Fallbeispiel 3.....	187
12.7.4	Fallbeispiel 4.....	188
	Literatur	189
13	Kardio-MRT in der Sportkardiologie	191
	<i>Jürgen Michael Steinacker und Peter Bernhardt</i>	
13.1	Methodik.....	192
13.1.1	Morphologische und funktionelle Analyse	192
13.1.2	Gewebecharakterisierung.....	192
13.2	Spezielle sportkardiologische Indikationen.....	193
13.2.1	Differenzialdiagnose des großen Herzens – Kardiomyopathie und Sportherz.....	193
13.2.2	Primäre bzw. genetisch bedingte Kardiomyopathien.....	194
13.3	Primäre genetisch bedingte Kardiomyopathien: ARVC.....	197
13.4	Primäre, gemischt bedingte Kardiomyopathien	200
13.5	Erworbene Kardiomyopathien	202
13.6	Ischämische Herzerkrankung.....	204
13.7	Klappen und Kongenitale Herzerkrankungen	205
13.8	COVID-19 und MRT-Befunde	205
	Literatur	207
14	Belastungs-EKG	209
	<i>Victor Schweiger, Manfred Wonisch und David Niederseer</i>	
14.1	Einleitung.....	211
14.2	Ziele von Belastungstests.....	211
14.3	Obligatorische Anforderungen und die medizinische Sporttauglichkeitsuntersuchung (PPE)	213
14.4	Methodische Ansätze	214
14.5	Technische Voraussetzungen für Belastungsuntersuchungen	216
14.6	Wann ist eine Belastungsuntersuchung abubrechen?.....	216
14.7	Abfall der Sauerstoffsättigung	216
14.8	Interpretation der Nachbelastungsphase	218
14.9	Aspekte, die bei Belastungstests bei Athleten besonders zu beachten sind	218
14.10	Ergometrie vs. Spiroergometrie (CPET)	219
14.11	Herausforderungen bei der Durchführung von Belastungstests bei Athleten.....	219
14.12	Auswahl des richtigen Protokolls für Belastungstests bei Athleten	219
14.13	Grundprinzipien der Trainingsempfehlung.....	222
14.14	Risiko von Belastungstests bei Athleten.....	222
14.15	Besondere Hinweise für die pädiatrische Belastungsuntersuchung.....	223
14.16	Die Rolle von Belastungstests bei Athleten mit spezifischen kardiovaskulären Erkrankungen.....	224
	Literatur	228

15	Spirometrie	229
	<i>Victor Schweiger, Manfred Wonisch und David Niederseer</i>	
15.1	Einführung	230
15.2	Spirometrische Messgrößen	230
15.3	Beurteilung	230
15.4	Verdacht auf obstruktive bzw. restriktive Lungenerkrankung	231
15.5	Lungenfunktion, Training und körperliche Leistungsfähigkeit	231
	Literatur	232
16	Spiroergometrie	233
	<i>Victor Schweiger, Manfred Wonisch und David Niederseer</i>	
16.1	Einleitung	235
16.2	Grundlagen der Terminologie	235
16.2.1	Maximale Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_{2\max}$)	235
16.2.2	Atemminutenvolumen (Ventilation $\dot{V}_E$)	237
16.2.3	Kohlendioxidabgabe ($\dot{V}CO_2$)	237
16.2.4	Respiratorischer Quotient (RQ)	238
16.2.5	Atemreserve („breathing reserve“ – BR)	238
16.2.6	Atemäquivalente für Sauerstoff ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$) und Kohlendioxid ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$)	238
16.2.7	Ventilatorische Schwelle (VT)	239
16.2.8	Respiratory compensation point (RCP)	240
16.2.9	Sauerstoffpuls ($\dot{V}O_2/HR$)	241
16.2.10	Herzfrequenzreserve (HRR)	241
16.2.11	Druck-Frequenz-Produkt (DFP)	241
16.3	Allgemeine Anwendungen	242
16.3.1	Evaluierung der körperlichen Leistungsfähigkeit (Gesunde, Patienten, Athleten)	242
16.3.2	Differenzierung von Dyspnoe	243
16.4	Spezifische medizinische Indikationen	244
16.4.1	Koronare Herzkrankheit	244
16.4.2	Chronische Herzinsuffizienz	245
16.4.3	Herztransplantation	247
16.4.4	Pulmonale Pathologien	248
16.5	Rehabilitation	249
16.6	Belastungsprotokoll und Normwerte	249
	Literatur	250

V Sport bei Athleten mit erhöhtem kardiovaskulären Risiko

17	Sport bei Athleten mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko	259
	<i>Martin Halle, Katrin Esefeld, Isabel Fegers-Wustrow und Fritz Wimbauer</i>	
17.1	Arterielle Hypertonie	260
17.2	Dyslipidämien	264
17.2.1	Epidemiologie	264
17.2.2	Effekt von Sport auf den Fettstoffwechsel	264
17.2.3	Folgeerkrankungen	265

17.2.4	Screening	265
17.2.5	Familiäre Hypercholesterinämien	265
17.2.6	Medikamentöse Therapie	265
17.3	Diabetes mellitus	266
17.3.1	Typ-1-Diabetes und Leistungssport	267
17.3.2	Einflüsse auf das Glucoseverhalten bei sportlicher Aktivität	267
17.3.3	Praktische Empfehlungen zur Anpassung der Insulintherapie und Kohlenhydratzufuhr beim Sport.....	268
	Literatur	269

VI Athleten mit kardiovaskulären Erkrankungen: wer darf was?

18	Sport bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern (inklusive rechtsventrikulären Vitien)	273
	<i>Harald Gabriel</i>	
18.1	Einleitung.....	274
18.2	Klassifikationen der körperlichen Belastungen.....	275
18.3	Allgemeines	275
18.4	Häufige kongenitale Herzfehler	275
18.4.1	Vorhofseptumdefekt	275
18.4.2	Ventrikelseptumdefekt.....	276
18.4.3	Persistierender Duktus Arteriosus (PDA)	277
18.4.4	Aortenisthmusstenose (Coarctatio Aortae = CoA).....	277
18.4.5	Aortenerkrankungen/Aortopathien: Marfan-Syndrom und verwandte erbliche Erkrankungen der thorakalen Aorta („heritable thoracic aortic diseases“ = HTAD)	278
18.4.6	Fallot'sche Tetralogie (Tetralogy of Fallot = ToF)	279
18.4.7	Rechtsventrikuläre-Ausflußtrakt-Obstruktion-Pulmonalklappenstenose und -insuffizienz	280
18.4.8	Pulmonalklappeninsuffizienz	280
18.4.9	Trikuspidalklappeninsuffizienz und – stenose	281
	Literatur	282
19	Koronare Herzkrankheit, Koronarspasmen, Koronaranomalien und Myokardbrücken	285
	<i>Mahdi Sareban und Jochen Hansel</i>	
19.1	Einleitung.....	286
19.2	Die koronare Herzerkrankung	286
19.3	Der Nutzen körperlicher Aktivität in Hinblick auf Morbidität und Mortalität der KHK	286
19.3.1	Ausdauertraining	287
19.3.2	Krafttraining und Training von Flexibilität und Koordination.....	288
19.4	Das von körperlicher Aktivität ausgehende kardiale Risiko	288
19.4.1	Potenzielle Faktoren, die eine Myokardischämie begünstigen.....	290
19.5	Klinische Evaluation und Sportempfehlungen	290

19.5.1	Klinische Evaluation und Sportempfehlungen bei asymptomatischen Personen mit KHK-Risikofaktoren	290
19.5.2	Klinische Evaluation und Sportempfehlungen bei asymptomatischen Personen mit gesicherter KHK.....	291
19.5.3	Sportempfehlungen nach einem Akuten Koronarsyndrom	292
19.5.4	Koronarspasmen	292
19.5.5	Koronaranomalien	293
19.5.6	Myokardbrücken	293
	Literatur	294
20	Körperliches Training bei Patienten mit Aortenaneurysma	297
	<i>Daniel Neunhäuserer, Jonathan Myers und Josef Niebauer</i>	
20.1	Einleitung	299
20.2	Klinische Einblicke	299
20.2.1	Ätiologie	299
20.2.2	Klinische Manifestation.....	300
20.2.3	Diagnose und Screening	300
20.2.4	Klinisches Management	300
20.3	Körperliche (In-)Aktivität als Risikofaktor für Patienten mit AA?	301
20.4	Sicherheit während körperlicher Belastung bei Tests und Training	301
20.4.1	Ergometrie.....	301
20.4.2	Körperliches Training.....	302
20.5	Körperliche Fitness als prognostischer Marker	302
20.6	Belastungsinduzierte hämodynamische Anpassungen	303
20.7	Körperliches Training bei Patienten mit AA	303
20.8	Training auf Rezept für Patienten mit AA	304
20.8.1	Ausdauertraining	305
20.8.2	Krafttraining.....	305
20.8.3	Mobilitäts- und Gleichgewichtstraining	305
20.8.4	Vorsichtsmaßnahmen	305
	Literatur	306
21	Systolische Herzinsuffizienz: mit erhaltener oder eingeschränkter Pumpfunktion	311
	<i>Valentina Rossi und Christian Schmied</i>	
21.1	Pathophysiologie der Herzinsuffizienz im Zusammenhang mit Sport	312
21.2	Risikostratifikation von Patienten mit HFrEF	314
21.3	Aktuelle Empfehlungen	315
21.4	Trainingsprogramme, Trainingsdauer und Trainingsmodalitäten	316
21.5	Sportempfehlungen	319
21.5.1	Herzinsuffizienz mit erhaltener Auswurfraction (HFpEF).....	320
21.5.2	Herztransplantierte Patienten (HTPL).....	320
	Literatur	321

22	Diastolische Herzinsuffizienz	323
	<i>Stephan Müller und Martin Halle</i>	
22.1	Hintergrund	324
22.2	Effekte körperlicher Aktivität auf Leistungsfähigkeit, Herzfunktion und Lebensqualität	324
22.3	Effekte körperlicher Aktivität auf unerwünschte Ereignisse und Mortalität	329
	Literatur	330
23	Sport bei Myokarderkrankungen	333
	<i>Andrei Codreanu, Charles Delagardelle, Laurent Groben, Maria Kyriakopoulou und Axel Urhausen</i>	
23.1	Hypertrophe Kardiomyopathie (HCM)	336
23.1.1	Klinik	336
23.1.2	Diagnostik und Verlauf der HCM	336
23.1.3	Genetik der HCM	339
23.1.4	Medizinisches Management der HCM	339
23.1.5	Empfehlungen für Sportler mit HCM	340
23.2	Linksventrikuläre „noncompaction“ Kardiomyopathie (LVNC)	341
23.2.1	LVNC bei Sportlern.....	341
23.2.2	Empfehlungen für Sportler mit LVNC	342
23.3	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie (ARVC)	343
23.3.1	Definition	343
23.3.2	Histopathologische Merkmale und Pathogenese.....	343
23.3.3	Epidemiologie	344
23.3.4	Diagnose	344
23.3.5	Klinisches Krankheitsbild.....	344
23.3.6	Differenzialdiagnose ARVC versus Sportlerherz	345
23.3.7	Risikostratifizierung und Prognose.....	345
23.3.8	Körperliche Belastung	345
23.3.9	Therapie.....	346
23.3.10	Nachuntersuchungen.....	347
23.3.11	Empfehlungen für Sportler mit ARVC.....	347
23.4	Myokarditis	347
23.4.1	Diagnose	348
23.4.2	Empfehlungen für Sportler mit Verdacht auf Myokarditis	350
	Literatur	352
24	Sport bei linksventrikulären Klappenvitien	359
	<i>Wilfried Kindermann, Jan Daniel Niederdöckl, Axel Urhausen und Jürgen Scharhag</i>	
24.1	Einleitung	360
24.2	Aortenklappenstenose	361
24.3	Aortenklappeninsuffizienz	363
24.4	Bikuspide Aortenklappe	365

24.5	Mitralklappenstenose	366
24.6	Mitralklappeninsuffizienz	367
24.7	Mitralklappenprolaps	370
24.8	Kombinierte Vitien	371
24.9	Postoperative Belastbarkeit	371
	Literatur	372
25	Sport und Herzrhythmusstörungen	377
	<i>Andreas Müssigbrodt</i>	
25.1	Einleitung	379
25.2	Sport mit atrialen Rhythmusstörungen	379
25.2.1	WPW Syndrom und andere akzessorische Bahnen	380
25.2.2	AV-Knoten-Reentry Tachykardien	383
25.2.3	Ektope atriale Tachykardien und supraventrikuläre Extrasystolen	384
25.2.4	Vorhofflimmern und Vorhofflattern	385
25.3	Sport mit ventrikulären Rhythmusstörungen	387
25.4	Das Long-QT Syndrom	392
25.5	Das Brugada-Syndrom	395
25.6	Sport nach Synkopen	397
25.7	Sport mit Schrittmacher	404
25.7.1	Physiologische und pathologische bradykarde Rhythmen und Leitungsverzögerungen bei Sportlern	404
25.7.2	Überlegungen vor dem Stellen einer Indikation zur Schrittmachertherapie	405
25.7.3	Dürfen Patienten mit Schrittmachern Sport treiben?.....	406
25.7.4	Überlegungen zur Implantation von Schrittmachern sportlicher Patienten.....	407
25.7.5	Überlegungen zur Programmierung von Schrittmachern sportlicher Patienten.....	408
25.8	Sport mit implantiertem Defibrillator	409
25.8.1	Überlegungen vor der Implantation.....	409
25.8.2	Überlegungen zur Programmierung	409
25.8.3	Dürfen Sportler mit ICD Sport treiben?.....	410
	Literatur	411
26	Training von Patienten mit linksventrikulären mechanischen Herzunterstützungssystemen und nach Herztransplantation	419
	<i>Christiane Marko, Francesco Moscato und Rochus Pokan</i>	
26.1	Herzunterstützungssysteme	420
26.1.1	Hintergrund.....	420
26.1.2	Entwicklung	420
26.1.3	Indikationen.....	420
26.1.4	Herz-Kreislauf-Regulation	422
26.1.5	Spezifische Situation der Patienten und Komplikationen.....	423
26.1.6	Therapietraining	424
26.2	Herztransplantation	426
26.2.1	Therapietraining	426
26.2.2	Spezifische Situation der Patienten.....	427
26.2.3	Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung	427
26.2.4	Trainierbarkeit	428
	Literatur	429

27	Sport im Alter	433
	<i>Hasema Persch und Jürgen Michael Steinacker</i>	
27.1	Einleitung	434
27.2	Altersbedingte physiologische Veränderungen im kardiovaskulären System	434
27.2.1	Altersspezifische Veränderungen in der Echokardiografie	435
27.3	Allgemeine Empfehlungen zu Sport im Alter	438
27.4	Sporttauglichkeit im Alter?	440
27.5	Sportliche Aktivitäten, die im Alter empfohlen sind	441
	Literatur	445
28	Sport bei Master-Athleten	449
	<i>Hasema Persch und Jürgen Michael Steinacker</i>	
28.1	Was versteht man unter Master-Athleten?	450
28.2	Sportbedingte kardiale Veränderungen bei Master-Athleten	451
28.3	Kann zu viel Sport das Herz schädigen?	452
28.3.1	Koronare Herzerkrankung bei Master-Athleten.....	453
28.3.2	Myokardfibrose bei Master-Athleten	455
28.3.3	Vorhofflimmern bei Master-Athleten.....	457
28.4	Sporttauglichkeit bei Master-Athleten	458
	Literatur	460
29	Bergsport mit Herzerkrankungen	463
	<i>Martin Burtscher und Wolfgang Schobersberger</i>	
29.1	Einleitung	464
29.2	Belastungscharakteristika im Bergsport	465
29.3	Leistungsfähigkeit im Bergsport	466
29.4	Klimatische Charakteristika im Gebirge	467
29.4.1	Temperatur: Kälte und Hitze	467
29.4.2	Höhe: Sauerstoffmangel (Hypoxie).....	468
29.5	Risiko für einen plötzlichen Herztod in den Bergen	470
29.5.1	Risikofaktoren für plötzlichen Herztod	470
29.5.2	Auslöser für den plötzlichen Herztod	471
29.6	Präventivmaßnahmen	472
29.6.1	Die sportmedizinische Vorsorgeuntersuchung mit Ausbelastungsergometrie	472
29.6.2	Therapie bestehender Risikofaktoren.....	473
29.6.3	Spezifische Trainingsvorbereitung	473
29.6.4	Verhaltensempfehlungen bei der Bergsportausübung	473
	Literatur	474
30	Tauchen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen	477
	<i>Maria Heger, Josef Kaiblinger, Ulrike Preiml und Christian Redinger</i>	
30.1	Einleitung	479
30.1.1	Tauchphysiologische Grundlagen	479
30.2	Sportmedizinische Aspekte	481
30.3	Herz- und Gefäßerkrankungen und Tauchen	481
30.3.1	Herzerkrankungen	481
30.3.2	Arterielle Hypertonie und Tauchen	482

30.3.3	Koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz und Tauchen.....	482
30.3.4	Vitien – erworbene und angeborene Herzfehler und Tauchen.....	483
30.3.5	Aortenaneurysma	484
30.3.6	peripher arterielle Verschlusskrankheit (PAVK)	484
30.3.7	Lungenödem des Schwimmers / Tauchers	484
30.4	Arrhythmien und Tauchen	485
30.4.1	Einleitung.....	485
30.4.2	Bradykarde Herzrhythmusstörungen und Tauchen	486
30.4.3	Tachykardie Herzrhythmusstörungen	487
30.4.4	Genetische Herzerkrankungen und Channelopathien	488
30.4.5	Tauchen mit ICD	488
30.4.6	Tauchen mit Herzschrittmacher	488
30.4.7	Antikoagulation und Tauchen	489
30.5	Sporttauchen mit Offenem Foramen Ovale (PFO)	489
30.5.1	Einleitung.....	489
30.5.2	Prävalenz des PFO	489
30.5.3	Pathomechanismus der Arteriellen Gasembolie (AGE) und Dekompressionserkrankung (DCS) bei PFO.....	489
30.5.4	Indikationen zur PFO Abklärung	490
30.5.5	Diagnostische Verfahren	490
30.5.6	Tauchtauglichkeit bei verifiziertem PFO	491
30.5.7	„Low Bubble Diving“	491
	Literatur	492

VII Spezielle sportkardiologische Aspekte im Breiten- und Leistungssport

31	Sicherheitsvorkehrungen in Sportstätten: Medizinische Versorgung von Zuschauern und Athleten bei sportlichen Großereignissen	497
	<i>Frank van Buuren</i>	
	Literatur	501
32	Doping und Medikamentenmissbrauch	503
	<i>Andreas Nieß</i>	
32.1	Einleitung	504
32.2	Epidemiologie	504
32.3	Kardiovaskuläres Risiko beim Doping	505
32.3.1	Anabol-androgene Steroide (AAS)	506
32.3.2	Peptidhormone.....	506
32.3.3	Stimulanzien	507
32.3.4	Weitere Substanzen und Methoden	508
	Literatur	508

Serviceteil

Stichwortverzeichnis	513
----------------------------	-----

Autorenverzeichnis

Prim. PD Dr. Robert Berent HerzReha, Herz-Kreislauf-Zentrum Bad Ischl, Bad Ischl, Österreich

Prof. Dr. med. Peter Bernhardt Herz Plus Ulm, Ulm, Deutschland

Prof. Dr. med. Christof Burgstahler Abteilung Sportmedizin, Medizinische Klinik, Universitätsklinikum Tübingen, Tübingen, Deutschland

Univ.-Prof. Mag. Dr. med. Dr. phil. Martin Burtcher Institut für Sportwissenschaft, Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich

PD Dr. med. Frank van Buuren, MBA, FESC GFO Kliniken Südwestfalen, St. Martinus-Hospital Olpe, Lehrkrankenhaus der Universität zu Köln, Olpe, Deutschland

Dr. med. Andrei Codreanu Service de Cardiologie, Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxemburg

Dr. med. Charles Delagardelle Service de Cardiologie, Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxemburg

Dr. med. Katrin Esefeld Präventive Sportmedizin und Sportkardiologie, Medizinische Fakultät, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

Dr. med. Isabel Fegers-Wustrow Präventive Sportmedizin und Sportkardiologie, Medizinische Fakultät, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

Ass. Prof. Dr. med. Harald Gabriel Universitätsklinik für Innere Med. 2, Klinische Abteilung für Kardiologie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

Dr. med. Laurent Groben Service de Cardiologie, Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxemburg

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

Dr. med. Jochen Hansel ias Prevent GmbH, Stuttgart, Deutschland

OÄ Dr. med. Maria Heger Wrg Gesundheitsverbund, Klinik Landstraße, 2. Med. Abteilung, Abteilung für Kardiologie mit internistischer Intensivmedizin, Wien, Österreich

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Peter Hofmann Institut für Bewegungswissenschaften, Sport und Gesundheit, Exercise Physiology, Training & Training Therapy Research Group, Universität Graz, Graz, Österreich

Dr. med. Josef Kaiblinger Österreichische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin – ÖGUHM, Wien, Österreich

Univ.-Prof. Dr. med. Wilfried Kindermann Institut für Sport- und Präventivmedizin, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Deutschland

Dr. Erwin Kitzmüller Abteilung für Pädiatrische Kardiologie/Kinderherzzentrum, Universitätsklinik für Kinder und Jugendheilkunde, Medizinische Universität Wien, AKH Wien, Wien, Österreich

Dr. med. Maria Kyriakopoulou Service de Cardiologie, Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxemburg

Prof. Dr. med. Herbert Löllgen, DGSP, (FAHA, FACC, FFIMS, FEBMS) Internistisch-kardiologische, sportkardiologische Praxis, Praxisgemeinschaft Dr. Gavrilu, Prof. Dr. Löllgen, Remscheid, Deutschland

PD Dr. med. Ruth Mari Löllgen, MD, FRACP Pediatric Emergency Department, Karolinska University Hospital, Stockholm, Schweden
Department of Women's and Children's Health, Karolinska Institute, Stockholm, Schweden

Dr. Christiane Marko Ambulanz für mechanische Herzunterstützung, Universitätsklinik für Herzchirurgie, Wien, Österreich

Ao. Univ.-Prof. Dr. Manfred Marx Abteilung für Pädiatrische Kardiologie/Kinderherzzentrum, Universitätsklinik für Kinder und Jugendheilkunde, Medizinische Universität Wien, AKH Wien, Wien, Österreich

Assoc.-Prof. DI Dr. Francesco Moscato Zentrum für Medizinische Physik und Biomedizinische Technik, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

Stephan Müller Präventive Sportmedizin und Sportkardiologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

PD Dr. med. Andreas Müssigbrodt Département de Cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire Martinique, Fort de France, Frankreich

Professor Jonathan Myers, PhD Cardiology Division, Veterans Affairs Palo Alto Health Care System and Stanford University, Palo Alto, USA

PD Dr. Daniel Neunhäuserer, MD, PhD Sports and Exercise Medicine Division, Department of Medicine - University of Padova, Padova, Italien

Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr. Josef Niebauer, MBA Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin, Institut für Sportmedizin des Landes Salzburg, Sportmedizin des Olympiazentrums Salzburg-Rif, Universitätsklinikum Salzburg, Salzburg, Österreich

Dr.scient.med, Dr.med.univ. Jan Daniel Niederdöckl, MBA Universitätsklinik für Notfallmedizin, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

Abteilung für Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, Universität Wien, Wien, Österreich

PD Dr.med. David Niederseer, PhD, BSc Klinik für Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Zürich, Universitätsspital Zürich, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Nieß Abteilung Sportmedizin, Medizinische Klinik, Universitätsklinikum Tübingen, Tübingen, Deutschland

Dr. med. Hasema Persch Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin, Zentrum Innere Medizin, Universitätsklinikum Ulm, Ulm, Deutschland

Ao. Univ.-Prof. Dr. Rochus Pokan Institut für Sportwissenschaft, Universität Wien, Wien, Österreich

Dr. med. Ulrike Preiml Diving and Hyperbaric Medicine Consultant EDTC/ECHM, Österreichische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin – ÖGUHM, Wien, Österreich

Dr. med. Christian Redinger Österreichische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin – ÖGUHM, Wien, Österreich

Dr. med. Valentina Rossi Universitäres Herzzentrum, Klinik für Kardiologie, Universitätsspital Zürich, Zürich, Schweiz

PD Dr. med. Dr. med. univ. Mahdi Sareban Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin, Uniklinikum Salzburg, Salzburg, Österreich

Univ.-Prof. Dr. med. Jürgen Scharhag Abteilung für Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention, Institut für Sportwissenschaft, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, Wien, Österreich

Prof. Dr. med. Christian Schmied Universitäres Herzzentrum, Klinik für Kardiologie, Universitätsspital Zürich, Zürich, Schweiz

Univ.-Prof. Dr. med. Wolfgang Schobersberger Institut für Sport-, Alpinmedizin und Gesundheitstourismus (ISAG), Universitätskliniken Innsbruck, Innsbruck, und Privatuniversität UMIT TIROL, Hall, Österreich

Dr. Victor Schweiger Klinik für Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Zürich, Universitätsspital Zürich, Zürich, Schweiz

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jürgen Michael Steinacker Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin, Zentrum Innere Medizin, Universitätsklinikum Ulm, Ulm, Deutschland

Prof. Dr. med. Axel Urhausen Service de Médecine du Sport et de Prévention, Clinique du Sport, Centre Hospitalier de Luxembourg, Clinique d'Eich, Luxembourg, Luxembourg
Human Motion, Orthopedics, Sports Medicine and Digital Methods, Luxembourg Institute of Health, Luxembourg, Luxembourg
Luxembourg Institute of Research in Orthopedics, Sports Medicine and Science, Luxembourg, Luxembourg

Dr. med. univ. Fritz Wimbauer, MBA Präventive Sportmedizin und Sportkardiologie, Medizinische Fakultät, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

Doz. Dr. Dr. Manfred Wonisch, MBA, FACSM Innere Medizin, Kardiologie, Sportmedizin, Graz, Österreich