

1	Funktionelle Anatomie der Skelettmuskulatur	22
	<i>D. Blottner</i>	
1.1	Aufbau und Funktion des aktiven Bewegungsapparats und des Skelettmuskels	22
1.1.1	Anatomische Nomenklatur der Skelettmuskeln	22
1.1.2	Muskelfasertypen	25
1.1.3	Funktionelle Muskellogen als Bauprinzip ..	26
1.1.4	Muskellogen mit schwerpunktmäßigem Verletzungsrisiko im Sport	28
1.1.5	Skelettmuskeln und ihre typischen Bewegungsmuster	41
1.2	Funktionelle Histologie des Muskelgewebes	44
1.2.1	Glatte Muskulatur	44
1.2.2	Quer gestreifte Muskulatur	45
1.2.3	Molekulare Feinstruktur der Skelettmuskelfaser (Sarkomer)	47
1.2.4	Satellitenzellen (Emergency Cells)	50
1.2.5	Mikrogefäße und Kapillaren des Skelettmuskels	50
1.2.6	Bindegewebe des Skelettmuskels (myofaszialer Hilfsapparat)	51
1.3	Bauprinzip eines Skelettmuskels	53
1.3.1	Skelettmuskel	53
1.3.2	Muskelsehnen	54
1.3.3	Muskel-Sehnen-Verbindung (myotendinöser Kontakt)	56
1.3.4	Sehnen-Knochen-Verbindung (tendoossärer Kontakt)	56
1.3.5	Hilfseinrichtungen des Skelettmuskels ...	56
1.3.6	Aktive und passive Muskelinsuffizienz ...	60
1.4	Innervation der Skelettmuskulatur ...	60
1.4.1	Motorische Einheit und neuromuskuläre Synapse	61
1.4.2	Motorische Endplatte (neuromuskuläre Junction)	61
1.4.3	Muskelspindeln	62
1.4.4	Sehnenspindeln (Golgi-Sehnenorgane) ...	64
1.4.5	Funktionell-anatomische Grundlagen des Muskelreflexes	64
1.5	Innervierter Bewegungsapparat	67
1.5.1	Gehirn und Rückenmark	67
1.5.2	Nervengeflechte (Plexus) und periphere Nerven (Palpation)	68
1.5.3	Myotome und Kennmuskeln motorischer Nervenwurzeln	71
1.6	Literatur	74
2	Physiologische Grundlagen und sportphysiologische Aspekte	77
	<i>B. Brenner und N. Maassen</i>	
2.1	Physiologische Grundlagen	77
2.1.1	Sarkomer, Muskelkraft und Muskelverkürzung	77
2.1.2	Grundprinzipien der Muskelkontraktion und ihrer Regulation	78
2.1.3	Abstufung der Muskelkraft bei Willkürbewegungen	84
2.1.4	Formen der Muskelkontraktion	85
2.1.5	Neuromuskuläre Steuerungsmechanismen	88
2.2	Leistungsphysiologische Aspekte	96
2.2.1	Muskelfasertypen	96
2.2.2	Muskelstoffwechsel – Überblick	96
2.2.3	Aufwärmen	99
2.2.4	Ermüdung	101
2.2.5	Erholung	105
2.2.6	Trainingsanpassungen	105
2.3	Literatur	106

3	Molekular- und Zellbiologie der Muskelregeneration	109			
	<i>M. Flück</i>				
3.1	Muskelverletzung und -regeneration ..	109	3.5	Mineralstoffe	118
3.2	Bedeutung verschiedener Nahrungs- mittelzusätze für die Muskelaktivität ..	111	3.5.1	Funktion im Muskel	118
3.2.1	Aminosäuren	111	3.5.2	Störungen des Gleichgewichts	118
3.3	Stoffwechsellentgleisungen	114	3.6	Spurenelemente	119
3.3.1	pH-Wert	114	3.6.1	Wirkungsweise	119
3.3.2	Kreatinkinase, Myoglobin und Harnstoff	114	3.6.2	Mangelerscheinungen	120
3.3.3	Prophylaxe und Therapie	115	3.6.3	Zufuhr	120
3.4	Antioxidanzien	115	3.6.4	Bedeutung im Sport	120
3.4.1	Wirkungsweise	115	3.7	Vitamin D	121
3.4.2	Zufuhr	116	3.7.1	Stoffwechsel und Regulation	121
3.4.3	Bedeutung im Sport	117	3.7.2	Zufuhr	121
			3.7.3	Bedeutung im Sport	123
			3.8	Schlussfolgerungen	123
			3.9	Literatur	123
4	Physiologische Muskelheilung und Störfaktoren	126			
	<i>W. Bloch</i>				
4.1	Funktionelle und strukturelle Veränderungen im Muskelgewebe	126	4.4	Labormarker für Diagnose und Heilungsverlauf	140
4.1.1	Funktionelle Muskelverletzungen (Typ 1 und 2)	127	4.5	Faktoren mit Einfluss auf die Heilung ..	141
4.1.2	Muskelfaserriss (Typ 3A)	128	4.5.1	Ernährung	141
4.1.3	Muskelbündelriss/Muskelriss (Typ 3B und 4)	128	4.5.2	Lebensalter	142
4.2	Mechanismen der Muskelschädigung ..	129	4.5.3	Training	143
4.2.1	Initiale Schädigungsphase	129	4.5.4	Medikamentöse Therapie	145
4.2.2	Sekundäre Schädigungsphase	131	4.5.5	Physikalische Maßnahmen	146
4.3	Regenerationsmechanismen und deren Zeitverlauf	131	4.6	Literatur	147
4.3.1	Destruktionsphase	132			
4.3.2	Reparaturphase	134			
5	Epidemiologie von Muskelverletzungen im Fußball	150			
	<i>J. Ekstrand</i>				
5.1	Einleitung	150	5.3.3	Verletzungsrisiko	153
5.2	Studienaufbau	151	5.3.4	Schwere von Verletzungen	154
5.2.1	Material	151	5.3.5	Rezidive	154
5.2.2	Methodik	151	5.3.6	MRT-/Ultraschalluntersuchungen	155
5.3	Ergebnisse	152	5.3.7	Implementierung und Validierung der Münchener Klassifikation für Muskelverletzungen	157
5.3.1	Lokalisation von Muskelverletzungen bei Fußballspielern	152	5.3.8	Bewertung der Daten	157
5.3.2	Verletzungsinzidenz	152	5.4	Literatur	157

6	Terminologie, Klassifikation, Anamnese und klinische Untersuchung	160			
	<i>H.-W. Müller-Wohlfahrt, P. Ueblacker, A. Binder und L. Hänsel</i>				
6.1	Warum eine neue Klassifikation?	160	6.4	Untersuchung von Muskelverletzungen	185
6.2	Terminologie und Klassifikation von Muskelverletzungen	162	6.4.1	Untersuchungstechniken	185
6.2.1	Terminologie von Muskelverletzungen ...	162	6.4.2	Typische Untersuchungsbefunde	189
6.2.2	Klassifikation von Muskelverletzungen ...	162	6.4.3	Andere Ursachen von Muskelbeschwerden	192
6.2.3	Münchener Konsensus-Konferenz zur Terminologie und Klassifikation von Muskelverletzungen	164	6.5	Komplikationen	192
6.2.4	Einteilung der Muskelläsionen nach der Konsensus-Klassifikation	172	6.5.1	Entlastungssyndrom	192
6.3	Anamnese	183	6.5.2	Rezidiv	192
			6.5.3	Serom und Zyste	193
			6.5.4	Fibrose und Narbe	193
			6.5.5	Traumatisches Kompartment-Syndrom ...	193
			6.5.6	Myositis ossificans und heterotope Ossifikation	195
			6.5.7	Muskelhernie	195
			6.6	Literatur	195
7	Ultraschalldiagnostik	198			
	<i>L. Hänsel, P. Ueblacker und A. Betthäuser</i>				
7.1	Einleitung	198	7.4	Sonografie möglicher Komplikationen	224
7.2	Relevante physikalische Phänomene und Artefakte	198	7.4.1	Serom und Zyste	224
7.2.1	Absorption bzw. Dämpfung	199	7.4.2	Fibrose und Narbe	224
7.2.2	Reflexion und Reflexartefakt	199	7.4.3	Myositis ossificans	225
7.2.3	Streuung	199	7.4.4	Heterotope Ossifikation	227
7.2.4	Schallschatten	199	7.4.5	Kompartment-Syndrom	227
7.2.5	Schallverstärkung	200	7.5	Fallbeispiel	228
7.2.6	Wiederholungsartefakt	200	7.6	Literatur	231
7.2.7	Spiegelartefakt	200			
7.3	Sonografie der Skelettmuskulatur	200			
7.3.1	Sonografie des normalen Muskelgewebes (Sonoanatomie)	202			
7.3.2	Sonografie der Pathologien	214			
8	Magnetresonanztomografie	233			
	<i>J. Böck, P. Mundinger und G. Luttke</i>				
8.1	Einleitung	233	8.4	Magnetresonanztomografie der Muskel-Sehnen-Verletzungen	237
8.2	Relevante anatomisch-mikrostrukturelle Grundlagen	233	8.4.1	Typ 1A: Schmerzhaftes Muskelverhärtung und Typ 1B: Muskelkater/Delayed-Onset Muscle Soreness	237
8.3	Magnetresonanztomografische Untersuchungstechnik und Normalbefunde	233	8.4.2	Typ 2A: Neurogene schmerzhaftes Muskelverhärtung und Typ 2B: „Sog. Muskelzerrung“	237
8.3.1	Untersuchungstechnik	233	8.4.3	Typ 3A: Muskelfaserriss	238
8.3.2	Magnetresonanztomografie der normalen Muskulatur	237	8.4.4	Typ 3B: Muskelbündelriss	239

8.4.5	Typ 4: (Sub-)totale Muskelruptur, tendinöse Avulsion/Ausrissverletzung, rein tendinöse Komplettruptur des muskultendinösen Übergangs.	241	8.7	Magnetresonanztomografische Zeichen zur Abschätzung der Prognose von Muskelverletzungen	249
8.4.6	Kontusions- und Lazerationsverletzungen	245	8.8	Magnetresonanztomografisch erfassbare Risikofaktoren für erneute Muskelverletzungen	249
8.4.7	Muskelhernie	246	8.9	Spezielle Muskelverletzungen	249
8.4.8	Muskeldenervierung	246	8.9.1	Musculus quadriceps	249
8.4.9	Chronische Tendinose und Sehnenriss ...	246	8.9.2	Ischiokrurale Muskulatur	254
8.5	Magnetresonanztomografie möglicher Komplikationen	246	8.9.3	Musculus adductor longus	254
8.5.1	Serom und Zyste	246	8.9.4	Musculus gastrocnemius	254
8.5.2	Fibrose und Narbe	246	8.9.5	Seltener betroffene Muskeln	254
8.5.3	Myositis ossificans	246	8.10	Zusammenfassung	254
8.5.4	Heterotope Ossifikation	247	8.11	Literatur	257
8.5.5	Kompartiment-Syndrom	247			
8.6	Schwierige differenzialdiagnostische Erwägungen	248			
8.6.1	Muster des Muskelödems	248			
8.6.2	Muster der fettigen Atrophie	248			
8.6.3	Muster der Raumforderung: Hämatom, knöcherner Sehnenauriss	248			
9	Differenzialdiagnosen des Muskelschmerzes	259			
	<i>B. Schoser</i>				
9.1	Einführung	259	9.5	Erworbene Muskelkrankheiten mit Myalgien	266
9.2	Besonderheiten der Diagnostik	259	9.5.1	Entzündliche Muskelerkrankungen mit Myalgien	266
9.2.1	Schmerzanamnese bei Myalgien	259	9.5.2	Endokrine Myopathien	268
9.2.2	Kreatinkinase	260	9.5.3	Toxische Myopathien mit Myalgien	268
9.2.3	Indikationen zur Durchführung einer Muskelbiopsie	262	9.5.4	Rheumatologische Krankheitsbilder: Polymyalgia rheumatica	269
9.3	Neurologische Krankheitsbilder	262	9.5.5	Myofasziales Schmerzsyndrom	270
9.3.1	Klinische Symptome und Topologie	262	9.6	Synopsis und Transfer zur Klassifikation der Muskelverletzungen	273
9.3.2	Schädigungen des 1. und/oder 2. Motoneurons	263	9.6.1	Differenzierung Typ-1A-Muskelläsion (ermüdungsbedingte schmerzhafte Muskelverhärtung) – Myalgie	273
9.3.3	Schädigungen des peripheren Nervis	263	9.6.2	Differenzierung Typ-2A-Muskelläsion (rückenbedingte neuromuskuläre Muskel-läsion) – myofaszialer Triggerpunkt	273
9.3.4	Krampi	264	9.6.3	Differenzierung Typ-2B-Muskelläsion („sog. Muskelzerrung“) – myofaszialer Triggerpunkt	274
9.4	Hereditäre Muskelkrankheiten mit Myalgien	264	9.6.4	Differenzierung Typ-3- und Typ-4-Muskelverletzung (Muskelfaserriss) – myofaszialer Triggerpunkt	274
9.4.1	Degenerative Myopathien	264	9.7	Literatur	274
9.4.2	Hereditäre metabolische Myopathien ...	265			
9.4.3	Nicht dystrophische und dystrophische Myotonien	266			

10	Verhaltensneurologie und Neuropsychologie, Muskeln und Sport	276
	<i>J. M. Hufnagl</i>	
10.1	Der Einfluss des Gehirns auf die Muskeln	276
10.1.1	Gehirn und Muskeln im Zusammenspiel ..	276
10.1.2	Verhaltensneurologie und Neuropsychologie	277
10.1.3	Komplexität und Reduktionismus	277
10.1.4	Zeit, Standort und Blickwinkel als Dreh- und Angelpunkt der Welt.	277
10.2	Gehirnfunktionen	277
10.2.1	Aufmerksamkeit	280
10.2.2	Wachheit	280
10.2.3	Gedächtnis	280
10.2.4	Wahrnehmung	282
10.2.5	Denken	283
10.2.6	Sprache und Kommunikation	283
10.2.7	Autonome Funktionen	284
10.2.8	Affekte und Emotionen	284
10.2.9	Antizipation und Prädiktion	286
10.2.10	Zieleauswahl	287
10.2.11	Planung	287
10.2.12	Monitoring	287
10.2.13	Antrieb, Wille und die Relativität der Hierarchie der Hirnfunktionen.	287
10.2.14	Bewusstsein	288
10.2.15	Motorisches Lernen	288
10.3	Motivation und Zielsetzung	290
10.3.1	Motive	290
10.3.2	Intrinsische und extrinsische Motivation ..	290
10.4	Leistungserbringung und -optimierung als Individuum und im Team	291
10.4.1	Der Einfluss zunehmender Komplexität auf die Leistung	291
10.4.2	Sport im Team – Herausforderung auch untereinander	291
10.5	Verletzungen und wie das Gehirn damit umgeht	293
10.6	Entspannungsverfahren	294
10.6.1	Wirkungen und Möglichkeiten	294
10.6.2	Übereinstimmende Voraussetzungen und Mechanismen aller Verfahren	295
10.6.3	Einige Verfahren im Einzelnen	295
10.6.4	Anwendbarkeit der Methoden in verschiedenen Situationen	297
10.6.5	Einfluss des mentalen Trainings auf die sportliche Leistung	297
10.6.6	Mentales „Doping“?	298
10.7	Zusammenfassung und Ausblick	298
10.8	Literatur	299
11	Konservative Therapie der Muskelverletzungen	301
	<i>H.-W. Müller-Wohlfahrt, L. Hänsel, P. Ueblacker und A. Binder</i>	
11.1	Therapeutische Herausforderung Muskelverletzungen	301
11.2	Primärversorgung	302
11.3	Infiltrationstherapie	303
11.3.1	Zur Therapie verwendete Substanzen (alphabetisch)	303
11.3.2	Techniken	305
11.4	Prophylaxe und Therapie von Störungen der Blutparameter	311
11.5	Physiotherapie, physikalische Medizin und Rehabilitation	312
11.6	Stadiengerechte Therapieplanung für Muskelverletzungen	313
11.6.1	Typ 1A: Ermüdungsbedingte schmerzhafte Muskelverhärtung	313
11.6.2	Typ 1B: Muskelkater	314
11.6.3	Typ 2A: Rückenbedingte neuromuskuläre Muskelläsion	314
11.6.4	Typ 2B: „Sog. Muskelzerrung“	315
11.6.5	Typ 3A: Muskelfaserriss	315
11.6.6	Typ 3B: Muskelbündelriss	317
11.6.7	Typ 4: (Sub-)totaler Muskelriss und sehniger Ausriss.	318
11.6.8	Therapie anderer Muskelverletzungen ...	319
11.6.9	Therapie möglicher Komplikationen	320
11.7	Prinzip der Fokaltoxikose (Störfelddiagnostik)	322
11.7.1	Störfelder	322
11.7.2	Funktionskreise nach Gleditsch	324
11.7.3	Energetische Terminalpunktdiagnose nach Mandel	325
11.8	Literatur	328

12	Bedeutung der Wirbelsäule bei Muskelfunktionsstörungen und -verletzungen	331			
	<i>B. Schoser, P. Ueblacker, L. Hänsel und H.-W. Müller-Wohlfahrt</i>				
12.1	Beziehung Wirbelsäule/ Skelettmuskulatur	331	12.3.4	Diskusprotrusion/Diskusprolaps.....	336
			12.3.5	Spondylolyse/Spondylolisthesis	336
			12.3.6	Ligamentum lumbosacrale	338
12.2	Funktionelle lumbale/spinale Ursachen von Muskelfunktionsstörungen	332	12.4	Pseudoradikuläre versus radikuläre Symptomatik	338
12.2.1	Hyperlordose	332	12.4.1	Symptomenkomplex eines pseudoradikulären Syndroms	338
12.2.2	Blockierungen des Iliosakralgelenks.	333	12.4.2	Symptomenkomplex eines radikulären Syndroms	339
12.2.3	Funktionelle Beinlängendifferenz.....	334	12.4.3	Unterscheidung pseudoradikuläres/ radikuläres Syndrom.....	339
12.2.4	Gelenkdysfunktionen	334	12.5	Literatur	340
12.2.5	Sacrum arcuatum/acutum.....	334			
12.3	Strukturelle lumbale/spinale Ursachen von Muskelfunktionsstörungen	334			
12.3.1	Beckenschiefstand/Beinlängendifferenz ..	335			
12.3.2	Spinalkanalstenose	335			
12.3.3	Rezessusstenose/neuroforaminale Enge ..	336			
13	Operative Behandlung von Muskelverletzungen	342			
	<i>W. E. Garrett, Jr.</i>				
13.1	Einleitung	342	13.4	Verletzungen des Musculus quadriceps	348
13.2	Indirekte Muskelverletzungen	342	13.4.1	Direkte Verletzungen – Kontusionen	348
13.2.1	Überblick	342	13.4.2	Indirekte Verletzungen – Rupturen	348
13.2.2	Verletzungsmechanismus	342	13.4.3	Ergebnisse	352
13.3	Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur	343	13.5	Intramuskuläre Rupturen	352
13.3.1	Pathophysiologie	343	13.6	Schlussfolgerungen	353
13.3.2	Operative Therapie	345	13.7	Literatur	353
14	Physikalische und physiotherapeutische Maßnahmen und Rehabilitation	356			
	<i>K. Eder und H. Hoffmann</i>				
14.1	Anforderungsprofil an das Betreuungsteam	356	14.4	Therapiestrategien nach Muskelverletzungen	372
14.2	Sportartspezifische Veränderungen bzw. Anpassungen des Bewegungs- apparats	357	14.4.1	Sofortmaßnahmen	372
14.2.1	Bedeutung aus therapeutischer Sicht.	357	14.4.2	Posttraumatische therapeutische Maßnahmen	377
14.2.2	Beispiel Fußball	358	14.5	Therapietechniken	379
14.3	Therapierelevante Befundstrategie	365	14.5.1	Physikalische Therapie	379
14.3.1	Klinisch-therapeutische Befundaufnahme	365	14.5.2	Physiotherapie	382
14.3.2	Klinische Bewegungsanalysen.	367	14.5.3	Elastisches Taping (Kinesiotaping).....	397
14.3.3	Rehabilitative Leistungsdiagnostik	368	14.5.4	Medizinische Trainingstherapie	399
14.3.4	Auswertung der Befunde	372	14.6	Literatur	405

15	Bedeutung des Aufbautrainings nach (Muskel-)Verletzungen	408		
	<i>T. Wilhelmi und A. Kornmayer</i>			
15.1	Einleitung	408	15.6.3	Exemplarischer Belastungsaufbau im Optimalfall nach Muskelbündelriss (Typ 3B)
15.2	Kreislauftraining	409	15.6.4	Vermeidung von Bewegungskompensationen
15.3	Training umliegender Strukturen	410	15.7	Koordinationstraining
15.4	Erste Belastung der verletzten Struktur (isoliert und komplex)	412	15.8	Anbahnung multidirektionaler Belastungsreize
15.5	Integration der verletzten Struktur in komplexe Bewegungsmuster	413	15.9	Sportartspezifische Belastung – Integration in den Trainingsbetrieb
15.6	Vollbelastung	417	15.10	Literatur
15.6.1	Beginn des Lauftrainings	417		
15.6.2	Exemplarischer Belastungsaufbau im Optimalfall nach Muskelfaserriss (Typ 3A)	418		
16	Präventive Maßnahmen	427		
	<i>A. Schlumberger</i>			
16.1	Einleitung	427	16.3	Präventive Trainingsstrategien
16.2	Mechanismen von Muskelverletzungen	428	16.3.1	Optimierung der neuromuskulären Funktion
			16.3.2	Optimierung der Basisfitness
			16.4	Literatur
17	Besondere Fälle aus dem Hochleistungssport	446		
	<i>P. Ueblicher, L. Hänsel und H.-W. Müller-Wohlfahrt</i>			
17.1	Einleitung	446	17.6	Fall 5
17.2	Fall 1	446	17.7	Fall 6
17.3	Fall 2	451	17.8	Fall 7
17.4	Fall 3	453	17.9	Fall 8
17.5	Fall 4	455	17.10	Fall 9
18	Sachverzeichnis	473		