

Inhaltsverzeichnis

1	Funktionelle Anatomie der Skelettmuskulatur	.....	22		
<i>D. Blottner</i>					
1.1	Aufbau und Funktion des aktiven Bewegungsapparats und des Skelettmuskels	.....	53		
1.1.1	Anatomische Nomenklatur der Skelettmuskeln	.....	53		
1.1.2	Muskelfasertypen	.....	54		
1.1.3	Funktionelle Muskellogen als Bauprinzip	.....	56		
1.1.4	Muskellogen mit schwerpunktmaßigem Verletzungsrisiko im Sport	.....	56		
1.1.5	Skelettmuskeln und ihre typischen Bewegungsmuster	.....	60		
1.2	Funktionelle Histologie des Muskelgewebes	.....	60		
1.2.1	Glatte Muskulatur	.....	61		
1.2.2	Quer gestreifte Muskulatur	.....	61		
1.2.3	Molekulare Feinstruktur der Skelettmuskelfaser (Sarkomer)	.....	62		
1.2.4	Satellitenzellen (Emergency Cells)	.....	64		
1.2.5	Mikrogefäß und Kapillaren des Skelettmuskels	.....	64		
1.2.6	Bindegewebe des Skelettmuskels (myofaszialer Hilfsapparat)	.....	67		
		1.3	Bauprinzip eines Skelettmuskels	.....	67
		1.3.1	Skelettmuskel	.....	67
		1.3.2	Muskelsehnen	.....	68
		1.3.3	Muskel-Sehnen-Verbindung (myotendinöser Kontakt)	.....	68
		1.3.4	Sehnen-Knochen-Verbindung (tendoosärer Kontakt)	.....	68
		1.3.5	Hilfseinrichtungen des Skelettmuskels	.....	68
		1.3.6	Aktive und passive Muskelinsuffizienz	.....	71
		1.4	Innervation der Skelettmuskulatur	.....	71
		1.4.1	Motorische Einheit und neuromuskuläre Synapse	.....	71
		1.4.2	Motorische Endplatte (neuromuskuläre Junction)	.....	71
		1.4.3	Muskelspindeln	.....	72
		1.4.4	Sehnenspindeln (Golgi-Sehnenorgane)	.....	72
		1.4.5	Funktionell-anatomische Grundlagen des Muskelreflexes	.....	72
		1.5	Innervierter Bewegungsapparat	.....	72
		1.5.1	Gehirn und Rückenmark	.....	72
		1.5.2	Nervengeflechte (Plexus) und periphere Nerven (Palpation)	.....	72
		1.5.3	Myotome und Kennmuskeln motorischer Nervenwurzeln	.....	75
		1.6	Literatur	.....	75
2	Physiologische Grundlagen und sportphysiologische Aspekte	.....	77		
<i>B. Brenner und N. Maassen</i>					
2.1	Physiologische Grundlagen	.....	96		
2.1.1	Sarkomer, Muskelkraft und Muskelverkürzung	.....	96		
2.1.2	Grundprinzipien der Muskelkontraktion und ihrer Regulation	.....	96		
2.1.3	Abstufung der Muskelkraft bei Willkürbewegungen	.....	99		
2.1.4	Formen der Muskelkontraktion	.....	101		
2.1.5	Neuromuskuläre Steuerungsmechanismen	.....	105		
		2.2	Leistungsphysiologische Aspekte	.....	105
		2.2.1	Muskelfasertypen	.....	105
		2.2.2	Muskelstoffwechsel – Überblick	.....	105
		2.2.3	Aufwärmen	.....	105
		2.2.4	Ermüdung	.....	105
		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
3.2	Bedeutung verschiedener Nahrungs- mittelzusätze für die Muskelaktivität .	111
3.2.1	Aminosäuren	111
3.3	Stoffwechselentgleisungen	114
3.3.1	pH-Wert	114
3.3.2	Kreatininkinase, Myoglobin und Harnstoff	114
3.3.3	Prophylaxe und Therapie	115
3.5	Mineralstoffe	118
3.5.1	Funktion im Muskel	118
3.5.2	Störungen des Gleichgewichts	118
3.6	Spurenelemente	119
3.6.1	Wirkungsweise	119
3.6.2	Mangelerscheinungen	120
3.6.3	Zufuhr	120
3.6.4	Bedeutung im Sport	120
3.7	Vitamin D	121
3.7.1	Stoffwechsel und Regulation	121
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
4.1.1	Funktionelle Muskelverletzungen (Typ 1 und 2)	127
4.1.2	Muskelfaserriss (Typ 3A)	128
4.1.3	Muskelbündelriss/Muskelriss (Typ 3B und 4)	128
4.4	Labormarker für Diagnose und Heilungsverlauf	140
4.5	Faktoren mit Einfluss auf die Heilung	141
4.5.1	Ernährung	141
4.5.2	Lebensalter	142
4.5.3	Training	143
4.5.4	Medikamentöse Therapie	145
4.5.5	Physikalische Maßnahmen	146
4.6	Literatur	147
4.2	Mechanismen der Muskelbeschädigung	129
4.2.1	Initiale Schädigungsphase	129
4.2.2	Sekundäre Schädigungsphase	131
4.3	Regenerationsmechanismen und deren Zeitverlauf	131
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
5.2	Studieneinheit	151
5.2.1	Material	151
5.2.2	Methodik	151
5.3	Ergebnisse	152
5.3.1	Lokalisation von Muskelverletzungen bei Fußballspielern	152
5.3.2	Verletzungszinzidenz	152
5.3.3	Verletzungsrisiko	153
5.3.4	Schwere von Verletzungen	154
5.3.5	Rezidive	154
5.3.6	MRT-/Ultraschalluntersuchungen	155
5.3.7	Implementierung und Validierung der Münchener Klassifikation für Muskelverletzungen	157
5.3.8	Bewertung der Daten	157
5.4	Literatur	157

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

8.4.5	Typ 4: (Sub-)totale Muskelruptur, tendinöse Avulsion/Ausrissverletzung, rein tendinöse Komplettruptur des muskulotendinösen 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			
8.4.8	Muskeldenervierung	246			
8.4.9	Chronische Tendinose und Sehnenriss	246			
8.5	Magnetresonanztomografie möglicher Komplikationen	246	8.9	Spezielle Muskelverletzungen	249
8.5.1	Serom und Zyste	246	8.9.1	Musculus quadriceps	249
8.5.2	Fibrose und Narbe	246	8.9.2	Ischiokrurale Muskulatur	254
8.5.3	Myositis ossificans	246	8.9.3	Musculus adductor longus	254
8.5.4	Heterotope Ossifikation	247	8.9.4	Musculus gastrocnemius	254
8.5.5	Kompartiment-Syndrom	247	8.9.5	Seltener betroffene Muskeln	254
8.6	Schwierige differenzialdiagnostische Erwägungen	248	8.10	Zusammenfassung	254
8.6.1	Muster des Muskelödems	248			
8.6.2	Muster der fettigen Atrophie	248			
8.6.3	Muster der Raumforderung: Hämatom, knöcherner Sehnenausriß	248			

9 Differenzialdiagnosen des Muskelschmerzes

B. Schoser

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			
9.3.2	Schädigungen des 1. und/oder 2. Motoneurons	263	9.6	Synopsis und Transfer zur Klassifikation der Muskelverletzungen	273
9.3.3	Schädigungen des peripheren Nervs	263	9.6.1	Differenzierung Typ-1A-Muskelläsion (ermüdungsbedingte schmerzhafte Muskelverhärtung) – Myalgie	273
9.3.4	Krampi	264	9.6.2	Differenzierung Typ-2A-Muskelläsion (rückenbedingte neuromuskuläre Muskelläsion) – myofaszialer Triggerpunkt	273
9.4	Hereditäre Muskelkrankheiten mit Myalgien	264	9.6.3	Differenzierung Typ-2B-Muskelläsion („sog. Muskelzerrung“) – myofaszialer Triggerpunkt	274
9.4.1	Degenerative Myopathien	264	9.6.4	Differenzierung Typ-3- und Typ-4-Muskelverletzung (Muskelfaserriss) – myofaszialer Triggerpunkt	274
9.4.2	Hereditäre metabolische Myopathien	265			
9.4.3	Nicht dystrophische und dystrophische Myotonien	266			
			9.7	Literatur	274

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

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

15	Bedeutung des Aufbautrainings nach (Muskel-)Verletzungen	408				408
	<i>T. Wilhelmi und A. Kornmayer</i>					
15.1	Einleitung	408	15.6.3	Exemplarischer Belastungsaufbau im Optimalfall nach Muskelbündelriss (Typ 3B).	418	
15.2	Kreislauftraining	409	15.6.4	Vermeidung von Bewegungskompensationen	418	
15.3	Training umliegender Strukturen	410				
15.4	Erste Belastung der verletzten Struktur (isoliert und komplex).	412	15.7	Koordinationstraining	419	
15.5	Integration der verletzten Struktur in komplexe Bewegungsmuster	413	15.8	Anbahnung multidirektionaler Belastungsreize	421	
15.6	Vollbelastung	417	15.9	Sportartspezifische Belastung – Integration in den Trainingsbetrieb....	421	
15.6.1	Beginn des Lauftrainings	417				
15.6.2	Exemplarischer Belastungsaufbau im Optimalfall nach Muskelfaserriss (Typ 3A).	418	15.10	Literatur	425	
16	Präventive Maßnahmen					427
	<i>A. Schlumberger</i>					
16.1	Einleitung	427	16.3	Präventive Trainingsstrategien	428	
16.2	Mechanismen von Muskelverletzungen	428	16.3.1	Optimierung der neuromuskulären Funktion	428	
			16.3.2	Optimierung der Basisfitness	438	
			16.4	Literatur	444	
17	Besondere Fälle aus dem Hochleistungssport					446
	<i>P. Uebelacker, L. Hänsel und H.-W. Müller-Wohlfahrt</i>					
17.1	Einleitung	446	17.6	Fall 5	459	
17.2	Fall 1	446	17.7	Fall 6	461	
17.3	Fall 2	451	17.8	Fall 7	462	
17.4	Fall 3	453	17.9	Fall 8	465	
17.5	Fall 4	455	17.10	Fall 9	470	
18	Sachverzeichnis					473