

Inhaltsverzeichnis

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 (tendoosärer 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 Junktion).	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
			3.5.1	Funktion im Muskel
3.2	Bedeutung verschiedener Nahrungs-		3.5.2	Störungen des Gleichgewichts
	mittelzusätze für die Muskelaktivität .	111		
3.2.1	Aminosäuren	111	3.6	Spurenelemente
			3.6.1	Wirkungsweise
3.3	Stoffwechselentgleisungen	114	3.6.2	Mangelercheinungen
3.3.1	pH-Wert	114	3.6.3	Zufuhr
3.3.2	Kreatinkinase, Myoglobin und Harnstoff	114	3.6.4	Bedeutung im Sport
3.3.3	Prophylaxe und Therapie	115		
3.4	Antioxidanzien	115	3.7	Vitamin D
3.4.1	Wirkungsweise	115	3.7.1	Stoffwechsel und Regulation
3.4.2	Zufuhr	116	3.7.2	Zufuhr
3.4.3	Bedeutung im Sport	117	3.7.3	Bedeutung im Sport
			3.8	Schlussfolgerungen
			3.9	Literatur
4	Physiologische Muskelheilung und Störfaktoren	126		
	<i>W. Bloch</i>			
4.1	Funktionelle und strukturelle		4.4	Labormarker für Diagnose
	Veränderungen im Muskelgewebe	126		und Heilungsverlauf
4.1.1	Funktionelle Muskelverletzungen			
	(Typ 1 und 2)	127	4.5	Faktoren mit Einfluss auf die Heilung .
4.1.2	Muskelfaserriss (Typ 3A)	128	4.5.1	Ernährung
4.1.3	Muskelbündelriss/Muskelriss		4.5.2	Lebensalter
	(Typ 3B und 4)	128	4.5.3	Training
4.2	Mechanismen der Muskelschädigung .	129	4.5.4	Medikamentöse Therapie
4.2.1	Initiale Schädigungsphase	129	4.5.5	Physikalische Maßnahmen
4.2.2	Sekundäre Schädigungsphase	131	4.6	Literatur
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	5.3.3	Verletzungsrisiko
			5.3.4	Schwere von Verletzungen
5.2	Studienaufbau	151	5.3.5	Rezidive
5.2.1	Material	151	5.3.6	MRT-/Ultraschalluntersuchungen
5.2.2	Methodik	151	5.3.7	Implementierung und Validierung
				der Münchener Klassifikation
5.3	Ergebnisse	152		für Muskelverletzungen
5.3.1	Lokalisation von Muskelverletzungen		5.3.8	Bewertung der Daten
	bei Fußballspielern	152		
5.3.2	Verletzungsinzidenz	152	5.4	Literatur

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

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	8.9	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	Myofaszielles 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 Nerven	263	9.6.2	Differenzierung Typ-2A-Muskelläsion (rückenbedingte neuromuskuläre Muskel-läsion) – myofaszieller Triggerpunkt	273
9.3.4	Krampi	264	9.6.3	Differenzierung Typ-2B-Muskelläsion („sog. Muskelzerrung“) – myofaszieller Triggerpunkt	274
9.4	Hereditäre Muskelkrankheiten mit Myalgien	264	9.6.4	Differenzierung Typ-3- und Typ-4-Muskelverletzung (Muskelfaserriss) – myofaszieller 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 Neuro- psychologie	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. Ueblicher 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
12.2	Funktionelle lumbale/spinale Ursachen von Muskelfunktionsstörungen	332
12.2.1	Hyperlordose	332
12.2.2	Blockierungen des Iliosakralgelenks	333
12.2.3	Funktionelle Beinlängendifferenz	334
12.2.4	Gelenkdysfunktionen	334
12.2.5	Sacrum arcuatum/acuteum	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
12.3.4	Diskusprotrusion/Diskusprolaps	336
12.3.5	Spondylolyse/Spondylolisthesis	336
12.3.6	Ligamentum lumbosacrale	338
12.4	Pseudoradikuläre versus radikuläre Symptomatik	338
12.4.1	Symptomenkomplex eines pseudoradikulären Syndroms	338
12.4.2	Symptomenkomplex eines radikulären Syndroms	339
12.4.3	Unterscheidung pseudoradikuläres/ radikuläres Syndrom	339
12.5	Literatur	340
13	Operative Behandlung von Muskelverletzungen	342
	<i>W. E. Garrett, Jr.</i>	
13.1	Einleitung	342
13.2	Indirekte Muskelverletzungen	342
13.2.1	Überblick	342
13.2.2	Verletzungsmechanismus	342
13.3	Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur	343
13.3.1	Pathophysiologie	343
13.3.2	Operative Therapie	345
13.4	Verletzungen des Musculus quadriceps	348
13.4.1	Direkte Verletzungen – Kontusionen	348
13.4.2	Indirekte Verletzungen – Rupturen	348
13.4.3	Ergebnisse	352
13.5	Intramuskuläre Rupturen	352
13.6	Schlussfolgerungen	353
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
14.2	Sportartspezifische Veränderungen bzw. Anpassungen des Bewegungs- apparats	357
14.2.1	Bedeutung aus therapeutischer Sicht	357
14.2.2	Beispiel Fußball	358
14.3	Therapierelevante Befundstrategie	365
14.3.1	Klinisch-therapeutische Befundaufnahme	365
14.3.2	Klinische Bewegungsanalysen	367
14.3.3	Rehabilitative Leistungsdiagnostik	368
14.3.4	Auswertung der Befunde	372
14.4	Therapiestrategien nach Muskelverletzungen	372
14.4.1	Sofortmaßnahmen	372
14.4.2	Posttraumatische therapeutische Maßnahmen	377
14.5	Therapietechniken	379
14.5.1	Physikalische Therapie	379
14.5.2	Physiotherapie	382
14.5.3	Elastisches Taping (Kinesiotaping)	397
14.5.4	Medizinische Trainingstherapie	399
14.6	Literatur	405

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