

Behandlungsmaßnahmen bei Muskelverletzungen

von Dr. Theo Steinacker

Krankenhaus für Sportverletzte Hellersen, Lüdenscheid
Abteilung für Sportmedizin - Fachbereich Orthopädie

0. Einleitung
1. Ursachen von Muskelverletzungen
2. Heilungsphasen
3. Der Muskelkater
4. Muskelzerrung
5. Muskelbündel-, Muskelfaser-, Muskelriß
6. Muskelhernie
7. Muskelkontusion
8. Myositis ossificans
9. Kompartiment-Syndrom
10. Shin-splints
11. Myogelosen und Muskelverhärtungen
12. Muskelkrämpfe
13. Rhabdomyogelosen
14. Literatur

0. Einleitung

Die Muskulatur ist mit 40 bis 50% des Körpergewichtes das größte Organ des Menschen, welches neben stabilisierender und dynamischer Funktion auch sehr wichtige Aufgaben als Sinnesorgan hat und in ständiger Kooperation und Interaktion mit dem zentralen Nervensystem steht. Muskelverletzungen sind die häufigste Sportverletzung, nach FRANKE erleiden 20% aller Sportler jährlich eine Muskelverletzung. Die 639 Muskeln des Menschen sind sehr gut durchblutet bei einer Kapillardichte von 2000/mm². Die sportliche Leistung ist in hohem Maße von einer störungsfreien und ökonomischen Muskelfunktion abhängig.

1. Ursachen von Muskelverletzungen

Bei den Ursachen für Muskelverletzungen zeigt sich, daß die Muskulatur oft überhaupt nicht ausreichend belastungsadaptiert ist. Dies ergibt sich aus einem vollkommen unzureichenden oder schlechten Trainingszustand, dem fehlenden Aufwärmen sowie insbesondere der Ermüdung und Unterkühlung ist in ihrer Koordination gestörten Muskulatur. Desweiteren wirken begünstigend nicht ausgeheilte Verletzungen, akute oder chronische Infektionskrankheiten, nicht ausgeglichene Elektrolytverluste, abrupter Belastungswechsel sowie ungeeignete Sportausrüstung. Muskuläre Dysbalancen führen über eine Verkürzung der tonischen Muskulatur und einer Abschwächung der phasischen Muskulatur zur verminderten Belastbarkeit. Nach MÜLLER-WOHLFAHRT besteht die Ursache für Muskelverletzungen in einem nicht ausreichend qualifizierten und quantifizierten sportartspezifischen Bewegungsmuster in den vorausgegangenen Trainingseinheiten bzw. im Aufwärmprogramm vor einem Wettkampf. Stretching und Dehnprogramme gehören mittlerweile sowohl in der Vorbereitungs- als auch Cool-Down-Phase beim Sportler zum Alltag. Zu bemerken ist jedoch, daß ungewohntes, intensives Dehnen kurz vor Maximalbelastungen die Bereitschaft zu Muskelverletzungen und insbesondere auch Muskelkater eher erhöht als mindert.

2. Heilungsphasen

Die Heilung von Muskelverletzungen läuft in drei Phasen ab, wobei natürlich die einzelnen Phasen je nach

Schwere der Verletzung unterschiedlich lang sein können. In der ersten Phase kommt es zur Ausbildung eines intra- oder intermuskulären Hämatoms. Das Ausmaß dieses Hämatomes muß möglichst gering gehalten werden, um günstige Bedingungen für die Heilung zu schaffen. In der sich anschließenden Reparationsphase kommt es zur Phagozytose von Zelltrümmern sowie Kapillareinsprossung. Eine in diesem Zeitraum durchgeführte Immobilisation über drei bis fünf Tage beschleunigt die Neubildung von Kollagenfasern Typ I. In der sich daran anschließenden Wiederherstellungsphase fördert eine frühzeitige Mobilisation eine bessere Ausrichtung der Fasern und bedingt eine belastungsfähigere Narbe. Operationsbedürftige Verletzungen wie größere Muskelrisse oder Hämatome sollten innerhalb von 24 Stunden operiert werden.

3. Der Muskelkater

Der Muskelkater (Kater von Katarrh) wurde lange Zeit als ein Garant für ein gutes Training angesehen. Elektronenmikroskopische Untersuchungen haben aber gezeigt, daß es hierbei zu Mikroverletzungen im Bereich der Z-Scheiben kommt. Durch Störung der Zellmembran kommt es zum Austritt von Mediatoren, welche die bekannte Entzündungssymptomatik provozieren. Der Muskelkater setzt erst mehrere Stunden und oft auch erst am nächsten Tag nach der Belastung ein. Die Muskulatur wird verhärtet und ist schmerzhaft, intensivere sportliche Belastung ist nicht mehr möglich und sollte auch strikt gemieden werden. Die Muskelfunktion bleibt für mehrere Tage bis zu einer Woche erheblich gestört. Provoziert wird der Muskelkater hauptsächlich durch exzentrische Belastung, d.h., wenn der Muskel gedehnt wird, aber gleichzeitig Widerstand entgegensetzen muß, wie sich dies z.B. beim Bergablaufen oder bei der Stützphase beim Laufen findet. Muskelkater wird jedoch auch durch Ausführung von ungewohnten oder neuen Belastungsformen und Koordinationselementen hervorgerufen. Nach zwei- bis dreimaligem Training tritt dann ein Muskelkater nicht mehr auf. Warum es nach starken körperlichen Belastungen, wobei der Sportler sich im Wettkampf voll auspowert, zu Muskelkater kommt, ist durch die verminderte Koordinationsfähigkeit des ermüdeten Muskels bei maximaler Beanspruchung zu erklären. Infolge der Dyskoordination kommt es hier zur Fehlinnervation und daraus folgen dann Überbelastungen einzelner Muskelfasern. Unkoordinierte Muskelaktionen sind auch die Ursache für Muskelkater nach Gabe von Muskelrelaxantien sowie epileptischen Krampfanfällen. Die sportartspezifische Belastung sollte deshalb auf einem hohen koordinativen Niveau durchgeführt werden, "Überbelastungen" müssen vermieden werden.

In der Therapie haben sich Eisabreibungen, Kneipp-Anwendungen, Wechselbäder sowie ein leichtes Bewegungstraining, insbesondere mit zyklischen Belastungsformen wie Radfahren und Joggen bewährt. Antiphlogistika haben in diesem Falle keine Wirksamkeit, eine gewisse Schutzfunktion wird dem Vitamin E zugeschrieben.

4. Muskelzerrung

Eine überaus häufige und oft falsch behandelte Muskelverletzung stellt die Muskelzerrung dar. Der Sportler verspürt einen krampfartigen Schmerz in der Muskulatur, er kann zwar noch die sportliche Betätigung fortführen, hat jedoch dabei ein deutliches Mißempfindungsgefühl in der Muskulatur. Die Muskulatur wird zunehmend unelastischer und damit auch schlechter dehnbar. Bei Auftreten solcher Symptome sollte die sportspezifische Belastung unbedingt eingestellt werden, da sonst bei Nichtbeachtung ein Muskelfaserriß droht. Die Ursache liegt in einer Störung des den Muskeltonus regulierenden Spindelapparates. Bei der klinischen Untersuchung fallen außer der verminderten Muskeldehnbarkeit zunächst keine gravierenden Symptome auf. Es kommt zu keiner Kontinuitätsunterbrechung des Muskels, man kann keine Lücke palpieren, nach außen hin wird keine Einblutung oder Schwellung sichtbar, man findet kein punktförmiges Schmerzzentrum. Auch das Ultraschallbild ist unauffällig. Ohne entsprechende Therapie kommt es in den nächsten Stunden zum weiteren Anstieg des Muskeltonus. Ein gezieltes Stretching und Dehnen mit postisometrischer Relaxation sollte deshalb möglichst frühzeitig erfolgen, außerdem Kompressionsverband mit Eiswasser (z.B. mit Eiswasser getränktes Schaumgummi, darüber eisgekühlte elastische Kompressionsbinde) für 20 Minuten. Danach detonisierende Infiltrationstherapie mit einem Lokalanaesthetikum, lokaler Salbenverband und Einnahme eines Antiphlogistikums. Ab dem ersten Tag nach Verletzung dann Beginn mit der krankengymnastischen Übungstherapie mit Muskeldehntechniken nach Sharrington, Interferenzstrom und Hochvoltanwendungen, Ultraschall sowie detonisierende Massagen zur Lockerung der Muskulatur im distalen und proximalen Bereich. Ergometer- und Lauftraining im schmerzfreien Bereich sollte frühzeitig aufgenommen werden, ab dem vierten Tag nach Verletzung dann Wiedereingliederung in das allgemeine Trainingsprogramm unter medizinischer

Kontrolle. Auslösende Ursachen wie muskuläre Dysbalancen, Segmentinstabilitäten, Defizite im Bereich des Elektrolyt- und Spurenelementangebotes, sollten mittels langfristiger krankengymnastischer Übungstherapie und Substitutionstherapie ausgeglichen werden.

5. Muskelbündel-, Muskelfaser-, Muskelriß

Setzt der Sportler trotz einer erlittenen Muskelzerrung die sportliche Belastung fort, so geht er ein hohes Risiko ein, eine schwere Muskelverletzung mit Einriß der Muskelstruktur zu erleiden. Bei der leichtesten Verletzungsform, dem Muskelfaserriß, ist lediglich die Kontinuität von Muskelfasern unterbrochen, es kommt zu einer intramuskulären Blutung, ein Hämatom ist nicht zu erwarten. Die Palpation ist schwierig, es findet sich jedoch regelmäßig ein genau lokalisierbares Schmerzzentrum. Auch im Ultraschallbild stellt sich die Struktur unauffällig dar.

Beim Muskelbündelriß kommt es zur Zerreißung von Muskelfasern im Umfang eines Muskelbündels, hier kommt es zu einer intermuskulären Blutung mit nachfolgender unterschiedlich großer Hämatombildung distal der Rißstelle. Ruptur und Hämatom stellen sich im Ultraschallbild dar. Beim Muskelriß ist die Kontinuität des gesamten Muskels zerstört, es kommt zu einer intermuskulären Blutung, die schon frühzeitig nach außen erkennbar wird. Außerdem palpiert man regelmäßig eine mehr oder minder große Delle im Muskelverlauf. Bei Muskelrissen ab einer Größe von 1/3 Durchmesser ist die frühzeitige operative Versorgung indiziert, beim Leistungssportler ggf. auch schon bei geringeren Ausmaßen eines Muskelrisses. Bei dieser Form von Muskelverletzungen gibt der Sportler anamnestisch einen stichartigen Schmerz an, so als ob ihn jemand mit einem Messer gestochen hätte. Aus den gerissenen Muskelfasern kommt es zur massiven Freisetzung von Entzündungsmediatoren, wie Bradykinin, Histamin, Prostaglandine und Serotonin. Distal und proximal der Verletzung kommt es zu einer erheblichen Tonuserhöhung der Muskulatur.

Die Therapie der Muskelverletzungen muß sofort einsetzen. Im Vordergrund des therapeutischen Bemühens steht die Einschränkung des sich ausbildenden Hämatoms. Dies gelingt am besten durch Anlage eines Druckverbandes und Kühlung mit Eiswasser. Nach MÜLLER-WOHLFAHRT bedeutet jede Minute Zeitverlust nach Verletzung einen Tag verlängerte Rehabilitationszeit. Dies gilt etwa bis zur zehnten Minute, dann setzt eine Autoregulation ein. Um solch eine Akutversorgung auch jederzeit durchführen zu können, sollte der Sportarzt sich nicht auf Trainer, Sportler oder den Veranstalter verlassen und stets eine Kühlbox mit Eiswasser, Schaumgummi und elastischen Binden mit sich führen. Der Druckverband muß mehrfach gewechselt werden, dabei wird auch der Lokalbefund kontrolliert, in der Regel ist eine Kompression für drei Stunden erforderlich, da danach die Blutung steht. Durch Einnahme von Aspirin-Präparaten sind jedoch auch hier längere Zeiten möglich, so daß eine Kontrolle des Lokalbefundes nach drei Stunden immer erfolgen sollte. Der Verletzte sollte eine entlastende Lagerung einnehmen, eine Infiltrationstherapie im akuten Stadium ist aus meiner Sicht nicht indiziert. Mit einem antiphlogistischen Salbenverband wird der Patient nach Hause entlassen, eine 24-stündige Alkoholkarenz sollte unbedingt eingehalten werden. Am nächsten Tag wird mit der Physiotherapie begonnen, hierbei kommen Stromtherapie mit Iontophorese und Diodynamik, Lymphdrainagen sowie vorsichtige Massagen im distalen und proximalen Muskelabschnitt zur Senkung des Tonus zur Anwendung. Zusätzlich lokale und allgemeine Lymphdrainage sowie Trainingstherapie der gesunden Muskelpartien. Der Entlastungsverband wird beibehalten, ab dem 3. bis 5. Tag wird die Elektrotherapie fortgeführt. Zusätzlich Anwendung von Ultraschall. Eine lokale Infiltrationstherapie mit einem Lokalanaesthetikum sowie Heilpflanzenextrakten (Zeel, Traumeel) und von physiologischen Aminosäuremischungen (Actovegin) hat sich als vorteilhaft erwiesen. Begleitende Medikation mit dem zellmembranstabilisierenden Reparil, Vitamin E als Antioxydanz sowie fibrinolytischen Enzymen. Bei Schmerzfreiheit wird in der krankengymnastischen Übungstherapie mit der Trainingstherapie begonnen. Ab dem 5. bis ca. 12. Tag folgt dann die dritte Phase der Behandlung, hier wird die Elektrotherapie fortgeführt. Zusätzlich detonisierende Massagen im proximalen und distalen Muskelbereich. Die Trainingstherapie wird nun gesteigert, mit vorsichtigem Laufen bzw. Traben wird begonnen und ab dem 10. bis 12. Tag werden bei Schmerzfreiheit Steigerungsläufe in das Programm aufgenommen. Nach jedem Training sind Regeneration und Stretching obligat. In der nun anschließenden vierten Phase erfolgt Fortführung der physikalischen Behandlungsmaßnahmen und langsame Wiedereingliederung in den Trainingsprozeß.

6. Muskelhernie

Durch direkte Gewalteinwirkung im Bereich größerer Muskelgruppen und hierbei insbesondere im Bereich des

M. rectus femoris und der Fascia lata kommt es zu Muskelhernien. Mittels der Sonographie kann der Durchtritt des Muskels durch die Fasziennarbe dynamisch dargestellt werden. Da konservative Verfahren mit Kompressionsverbänden keinen langfristigen Erfolg bieten, ist die frühzeitige operative Therapie mit Faszienschluß indiziert.

7. Muskelkontusion

Durch lokale stumpfe Gewalteinwirkung kommt es zur Muskelkontusion mit nachfolgender Hämatombildung. Auch hier muß das Ausmaß des Hämatoms durch sofortige Eiskühlung und Kompressionsverband, Hochlagerung sowie Entlastung eingedämmt werden. Die Gabe von Antiphlogistika hat sich in diesem Falle besonders bewährt. Eine mindestens zweitägige Belastungspause muß eingehalten werden. Wichtig ist es, bei der Mobilisation darauf zu achten, daß diese im schmerzfreien Bereich erfolgt. Massagen im Verletzungsbereich sind kontraindiziert, weil hierdurch eine Myositis ossificans provoziert werden kann.

8. Myositis ossificans

Der Krankheitsbegriff Myositis ossificans ist eigentlich sachlich nicht richtig, da die Verknöcherung vom inter- und intramuskulären Bindegewebe ausgeht, weshalb der Begriff heterotope Ossifikation richtiger ist. Solche heterotopen Ossifikationen sind im Sport in der Regel Folge von stumpfen Verletzungen mit nachfolgender Hämatombildung und unzureichender Nachbehandlung bzw. Nichteinhalten einer ausreichenden Schonungszeit. In der zweiten Woche nach Verletzung kommt es zu einer schmerzhaften, derben Schwellung und lokaler Überwärmung. Massagen sind in solchen Fällen absolut kontraindiziert. Im Röntgenbild sieht man nach vier Wochen flockenförmige Strukturen, nach etwa zwölf Wochen hat die Ossifikation ihre maximale Größe erreicht und ist nach ca. 1,5 Jahren ausgereift. Etwas früher als im Röntgenbild gelingt der Nachweis im CT und Kernspintomogramm. Die Knochenszintigraphie ist zum frühzeitigen Nachweis, aber auch zur Verlaufskontrolle und hier insbesondere, ob ein Ausreifungszustand vorliegt, am besten geeignet. Bei fehlender Unfallanamnese ist zu bedenken, daß in 40% der Fälle solche heterotopen Ossifikationen in Zusammenhang mit neurologischen Erkrankungen oder Unfällen, wie Schädel-Hirn-Trauma, auftreten können. Außerdem sollte differentialdiagnostisch an ein paraostales osteogenes Sarkom gedacht werden. Die beste Therapie besteht in der Durchführung von prophylaktischen Maßnahmen, die das Auftreten einer Myositis ossificans erst gar nicht entstehen lassen. Hier besonders zu erwähnen sind Hämatomentlastung, lokale Kühlung mit Eiswasser, Entlastungslagerung und Gabe von Antiphlogistika, keine lokale Wärmebehandlung und keine lokale Massagen. Ist mittels Knochenszintigraphie und Kontrolle der Alkalischen Phosphatase ein Ausreifungszustand nachgewiesen, so erfolgt bei größeren Ossifikationen die operative Resektion, diese muß jedoch nach streng atraumatischen Gesichtspunkten erfolgen. Dabei sollten nur die biomechanisch störenden Anteile entfernt werden. Es besteht eine erhebliche Recidivgefahr, deshalb werden lokale Röntgenbestrahlungen sowie längerfristige Gabe eines Antiphlogistikums postoperativ empfohlen.

9. Kompartiment-Syndrom

Insbesondere am Unterschenkel führen stumpfe Traumen häufig zu einem akuten Kompartiment-Syndrom. Neben Hämatom, Schwellung, Sensibilitätsstörung ist es vor allen Dingen der heftige Schmerz, welcher als Hauptsymptom imponiert. Im Anfangsstadium ist Hochlagerung indiziert. Nehmen die Schmerzen jedoch bei Hochlagerung zu, so muß das Bein flach gelagert werden, und eine weitere Abklärung mittels subfaszialer Druckmessung ist erforderlich. Bei Partialdrücken über 40 mmHg ist eine operative Intervention mittels Faszienspaltung durchzuführen. Zu bedenken ist, daß die peripheren Fußpulse erhalten sein können, auch bei voll entwickeltem Kompartiment-Syndrom. Konservative Therapie im Anfangsstadium mit Eiswasserumschlägen, Entlastung und Hochlagerung sowie Antiphlogistikagabe.

10. Shin-splints

Beim Sportler kann es aber auch zu einem akuten Kompartiment-Syndrom infolge von Überbelastung kommen,

ohne daß eine äußere Einwirkung wie Trauma oder zu enger Verband vorlag. Viel häufiger sind jedoch chronische Kompartment-Syndrome, die vor allem am Unterschenkel als laterales Tibiakantensyndrom bei Überbelastung der Tibialis anterior-Loge imponieren. Sehr häufig, vor allem bei Läufern, ist das mediale Tibiakantensyndrom, auch Shin-splints genannt, wobei die Tibialis posterior-Loge betroffen ist. Ursache ist eine Überbelastung bzw. eine Ansatzperiostitis der genannten Muskellogge. Die Hauptursache für diese Beschwerden stellt eine Hyperpronation dar. Auslöser für diese Überpronation stellen schlechtes oder ungeeignetes Schuhwerk sowie orthopädische Störungen der Biomechanik, wie z.B. Knick-Plattfüße, dar. Zur Diagnostik ist eine Laufbandanalyse empfehlenswert. Die Therapie besteht in Beratung über geeignetes Schuhwerk, Laufstilkorrektur, Einlagenversorgung, Fußgymnastik, physikalischer Therapie mit Dehnungen, Querfraktion und Reizstrom. Eine Streßfraktur sollte immer mittels Röntgenbild in zwei Ebenen ausgeschlossen werden. Bei anhaltenden Beschwerden ist eine Knochenszintigraphie indiziert.

11. Myogelosen und Muskelverhärtungen

Unter Myogelosen versteht man lokale, gut palpable, meistens druckschmerzhaft Verhärtungen der Muskulatur, welche insbesondere bei Überanstrengungen, Infektionskrankheiten und muskulären Dysbalancen auftreten. Unter Muskelhärten hingegen versteht man Verspannungen in großflächigen Muskelarealen. Solche generalisierten Muskelhärten treten in letzter Zeit gehäuft bei Sportlern in Sportarten auf, welche neben intensivem Krafttraining auch eine gleichzeitige Kreatin-Einnahme durchführten. Die Behandlung der Myogelosen und Muskelhärten besteht in Ausschalten der Entstehungsursache, Beseitigen muskulärer Dysbalancen sowie segmentaler Blockierungen oder chronischer Infektionen. Zur Förderung der Durchblutung und Detonisation des betreffenden Muskels empfehlen sich Wärmebehandlungen mit Fango sowie anschließende detonisierende Massagen, krankengymnastische Übungstherapie mit Dehnlagerung der betroffenen Muskulatur, postisometrische Relaxation sowie Kräftigungsübungen der Antagonisten. Als eine besonders wirksame physikalische Maßnahme haben sich Lymphdrainagen erwiesen. Als medikamentöse Maßnahme kommt vor allem die lokale Infiltration mit einem Lokalanästhetikum nach neuraltherapeutischen Gesichtspunkten in die Trigger-Punkte in Frage, zusätzliche lokale Behandlung mit Diclofenac Emulgel. Defizite im Elektrolyt- oder Spurenelementbereich müssen ausgeglichen werden. Der Einsatz von Myotonolytika ist beim Sportler kritisch zu überdenken, da es durch die systemische Wirkung zu Koordinationsstörungen und Leistungseinbußen kommen muß.

12. Muskelkrämpfe

Bei längerer Belastungsdauer und insbesondere bei hohen Außentemperaturen treten gehäuft Muskelkrämpfe auf. Diese sind meistens Folge einer muskulären Ermüdung infolge Milchsäureanhäufung. Die Bedeutung der Elektrolyte und hier insbesondere des Magnesiums wird in Sportlerkreisen häufig überschätzt. Zu beachten ist, daß neben den Elektrolyten auch immer eine ausreichende Menge Flüssigkeit und leicht resorbierbare Kohlenhydrate aufgenommen werden. Die Ursachen von Muskelkrämpfen sind jedoch vielschichtig und deshalb sollte immer eine klinische Untersuchung und Labordiagnostik erfolgen. Als orthopädische Ursachen wären Fußdeformitäten, radikuläre und pseudoradikuläre Wurzelreizsyndrome der LWS, muskuläre Dysbalancen, verkürzte Muskulatur sowie Myogelosen zu nennen. Allgemeinmedizinische Ursachen stellen Durchblutungsstörungen, Infektionskrankheiten und hierbei insbesondere Virusinfektionen, Medikamenteneinnahme (Cortison-Präparate, Bronchospasmolytika, Blutdrucksenker, orale Kontrazeptiva) sowie Intoxikationen mit Alkohol, Nikotin oder Fluor dar. Die Therapie der Muskelkrämpfe besteht in Beseitigung der auslösenden Ursachen, vorsichtigen, lokalen Dehnübungen, Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Kohlenhydratersatz. Sehr bewährt haben sich auch lokale Eisabreibungen und Lockerungsmassagen.

13. Rhabdomyogelosen

Eine sehr seltene, aber dafür umso gefährlichere Muskelerkrankung stellen die Rhabdomyolysen dar. Hierbei kommt es zu einem dramatischen Krankheitsbild mit lokalen Muskelnekrosen, heftigen Muskelschmerzen, Anstieg der Körpertemperatur und Erhöhung des Muskelenzyms Kreatinkinase. Neben intravasalen Gerinnungsstörungen und Leberinsuffizienz droht durch Myoglobulinurie eine akute Niereninsuffizienz. Ursache für solche Rhabdomyolysen stellen starke körperliche Anstrengung oder fieberhafte Infekte dar, teilweise treten

sie jedoch auch ohne auslösende Faktoren auf. Ist die Diagnose mittels Bestimmung der Kreatinkinase, welches heute unproblematisch mittels Teststreifen möglich ist, gesichert, so sollte unverzüglich eine intensivmedizinische Behandlung eingeleitet werden.

14. Literatur

Engelhardt, M., J. Freiwald, I. Reuter: Muskulatur. In Engelhardt, Hintermann, Segesser (Hrsg.): GOTS-Manual Sporttraumatologie. Bern, Huber (1997), 161-169.

Fu, F.H.: Sports injuries. Baltimore, Williams and Wilking, 1994.

Hartel, W.: Sportverletzungen und Sportschäden. Stuttgart, Enke, 1994.

Kleinmann, D.: Laufen, Sportmedizinische Grundlagen, Trainingslehre und Risikoprävention. Stuttgart, Schattauer, 1996.

Müller-Wohlfahrt, H.W., H. J. Montag: Diagnostik und Therapie der sogenannten Muskelzerrung. Zeitschrift für Sportmedizin, 36 (1985), 8, S. 246-248.

Reuter, L.: Therapie und Prävention bei Verletzungen und Überlastungsschäden im Langstreckenlauf. Czwalina, Ahrensburg, 1987.

Stahl, Ch.: Sportschäden und Sportverletzungen beim Laufen. Landsberg, ecomed, 1992.

Wessinghage, Th.: Laufen. München, BLV, 1996.

Wirth, C.J.: Überlastungsschäden im Sport. Stuttgart, Thieme, 1993.