

Facharbeit im Fach Biologie

Thema: Entstehung des Muskelkaters – alte und neue Hypothesen



(Abb. 1)

Name des Schülers: Niklas Kreienbrink

Schuljahr: 2009/2010

Jahrgangsstufe: 12

Schule: Max-Ernst-Gesamtschule

50829 Köln – Görlinger Zentrum 45

Name des Fachlehrers: Frau Freytag

Köln, 28.01.2010

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort.....	3
1. Einleitung: Muskelkater ist keine Krankheit.....	3
1.1. Fibromyalgie.....	4
2. Bau der Muskeln.....	4
2.1. Feinbau der Muskelpartien.....	5
2.1.1. Muskelfasertypen.....	5
2.2. Mikro-Feinbau.....	6
2.3. Myofilamente.....	6
3. Muskeltypen.....	7
4. Arbeitsweise von Muskeln.....	8
5. Übersäuerung als Ursache.....	8
6. Mikroverletzungen als Ursache.....	9
7. Vorbeugung und Behandlung.....	10
8. Eigene Einschätzung.....	11
9. Literaturverzeichnis.....	12
10. Erklärung.....	14

Entstehung von Muskelkater – alte und neue Hypothesen

Vorwort

Ein jeder von uns kennt es: War man trainieren, freut man sich, wenn man abends, völlig erschöpft, endlich im Bett liegt und mit dem Gedanken, etwas Gutes für sich getan zu haben, zufrieden einschläft. Oft, besonders bei untrainierten Menschen, gibt es spätestens am nächsten Morgen jedoch ein weniger schönes Erwachen. Die am Vortag strapazierten Muskelgruppen schmerzen heftigst. Jede kleinste Belastung jenes Körperbereichs schmerzt und selbst leichteste Berührungen bei einer „betroffenen“ Person fügen Schmerzen hinzu. Unglücklicherweise sind diese Schmerzen, die auch, je nach Intensität und Ort des Auftretens, zu einer echten Qual werden können, nicht von kurzer Dauer. Die Schmerzen „nehmen nach 1 bis 3 Tagen zu bzw. erreichen ihren Höhepunkt. Eine sichtliche Abheilung erfolgt erst in einer Woche, die komplette Regeneration erst nach 10 Tagen.“ [1]

Ich als begeisterter Sportler kenne die beschriebene Situation recht gut. Irgendwann begann ich mich dafür zu interessieren und wollte wissen, woher dieser Schmerz kommt und was dabei in meinem Körper vorgeht. Um dies zu erörtern entschloss ich mich, darüber meine Facharbeit zu schreiben.

1. Einleitung: Muskelkater ist keine Krankheit

Muskelkater hat natürlich nichts mit Katzen zu tun und kommt vom griechischen „Katarrh“ (katarrhein = herunterfließen; eine Entzündung mit Sekretabsonderung wird ebenfalls „Katarrh“ genannt). Es handelt sich dabei insofern um keine Krankheit, als dass sein Auftreten einigermaßen vorhersehbar ist und nicht durch eine Infektion oder Dysfunktion des Körpers auftritt. Nach einer Dauerbelastung oder intensivem Training eines Muskels ist die Wahrscheinlichkeit groß, dort am nächsten Tag den empfindlichen Schmerz zu verspüren. Doch anscheinend gab es auch schon Rechtsstreits wegen der Frage, ob Muskelkater eine Krankheit ist oder

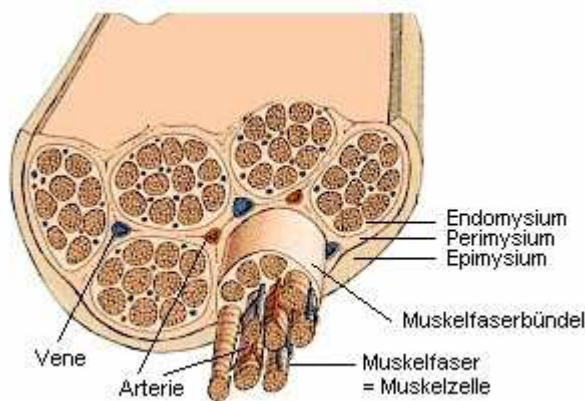
nicht. So gab es in der Schweiz im Jahr 2002 einen Fall vor Gericht, in dem es Probleme mit einer Firma gab, deren Werbeslogan „Wohltuend bei Muskelkater“ lautete. Da hiermit für Badekonzentrate geworben wurde und diese als Kosmetika gelten, ist es verboten ihnen heilende Wirkungen zu zusprechen. Die Werbung wurde verboten und das Gericht bezog sich beim Urteil auf das klinische Wörterbuch „Pschyrembel“, in dem Muskelkater als „multiple Mikrofaserrisse mit nachfolgender Ödembildung“ definiert wird und ihm somit ein „Krankheitswert“ zugeschrieben werden kann. [2] Es wird sich also auf die „Mikroverletzungs-Theorie“ gestützt, die später noch konkret thematisiert wird. Selbst hier trifft man also schon auf Meinungsverschiedenheiten.

1.1. Fibromyalgie

Andere Missverständnisse im Zusammenhang mit Muskelkater entstehen durch die Schmerzerkrankung „Fibromyalgie“. Das Syndrom (kurz: FMS) ist auch unter dem Namen „Weichteilrheumatismus“ bekannt. Die Bewegungsorgane erkranken und schmerzen. Dies schränkt häufig die Bewegungen des Betroffenen ein. Die meisten Symptome, chronische Schmerzen, Müdigkeit und Erschöpfung, sind die gleichen wie beim Muskelkater. Daher wird vor der Diagnose der Krankheit oft von Muskelkater ausgegangen. Erkrankte klagen auch nach der Diagnose noch stets über Muskelkater, trotz des Wissens, dass es sich nicht um diesen handelt. Die Feststellung erfolgt per Ausschlussverfahren, bei dem auch Muskelkater und Übertraining ausscheiden. [3][4]

2. Bau der Muskeln

Jeder Muskel ist gleich aufgebaut. Wäre es möglich, unter die Haut zu blicken, könnte man mit bloßem Auge erkennen, dass Muskeln aus vielen kleinen „Fäden“ bestehen. Dies sind Muskelfaserbündel, die zusammen den Muskel bilden. Diese wiederum bestehen aus mehreren Muskelfasern, die zusammen ein solches Bündel bilden. Sowohl zwischen den einzelnen Muskelfasern als auch den einzelnen Muskelfaserbündeln verlaufen kleine Venen und Arterien. Der gesamte Muskel ist



(Abb. 2)

2.1. Feinbau der Muskelpartien

Ein Muskelfaserbündel besteht aus 10-50 Muskelfasern und hat einen Durchmesser von 0,1 bis 1 mm. Perimysium externum ist das Bindegewebe, das den Raum füllt, der zwischen den einzelnen Muskelfaserbündeln entsteht. „Externum“, da die Bündel auch „Sekundärbündel“ genannt werden und Untereinheiten haben. [5]

Die Muskelfasern sind diese Untereinheiten. Sie bilden zusammen auf gleiche Art ein Muskelfaserbündel wie die Bündel den gesamten Muskel. Sie haben einen Durchmesser von 10-200 Mikrometern und der Zwischenraum der einzelnen Fasern wird durch Perimysium internum aufgefüllt. „Die Muskelfaser besteht zu 75% aus Wasser, zu 20% aus Proteinen, zu 5% aus Fetten, Glykogen, stickstoffhaltigen Substanzen und Ionen“. [6] Doch auch bei den Muskelfasern kann man unterteilen.

2.1.1. Muskelfasertypen

Es gibt drei verschiedene Arten von Muskelfasern. Es gibt die roten, weißen und intermediären. Die Farbe der Fasern entscheidet sich nach ihrem Myoglobingehalt (Protein, das Sauerstoff bindet). Je mehr Myoglobin, desto dunkler sind sie. Jeder Typ hat spezifische Eigenschaften.

Rote Fasern, oder Slow-Twitch-Fasern, reagieren auf Reize vergleichsweise langsam (daher „Slow“). „Sie sind auf Dauerleistung und langsame Bewegungen ausgelegt und ermüden nur sehr langsam“. [7] Versorgt werden sie durch den Sauerstoff des Blutes.

von Epimysium (Bindegewebe) überzogen, das sich mit der so genannten „Faszie“ verbindet. Sie ist elastisch und sorgt dafür, dass jeder Muskel nach einer Kontraktion wieder in seine Ausgangsform zurückgezogen wird.

Die Fast-Twitch-Fasern (weiß) sind das genaue Gegenteil. Sie reagieren schneller und ermüden daher erheblich früher. Mit ihnen lassen sich also besser schnelle, kurze Belastungen bewältigen. Diese Fasern verarbeiten Glykogen, wobei der Milchsäuregehalt der Zellen steigt. Der pH-Wert sinkt, „was die Proteinaktivität behindert“. [7]

Intermediäre Fasern besitzen ein Gemisch der Eigenschaften der roten und weißen Muskelfasern. Sie reagieren schnell, ermüden jedoch langsamer als weiße Fasern. Ist dieser Typ vorhanden wird davon ausgegangen, dass er sich durch gezieltes Training zum roten oder weißen Typ beeinflussen lässt.

Der Anteil an roten und weißen Fasern ist vermutlich erblich bedingt. Man ist also von Geburt an ein „Sprintertyp“ oder ein „Ausdauerertyp“. Dies ist auch durch Training kaum zu ändern. Es ist nicht bekannt, „ob durch spezielles Training eine Umwandlung von einem Fasertyp in den anderen möglich ist. Offenbar kann nur der Entwicklungsgrad der beiden extremen Fasertypen beeinflusst werden“. [8][9]

2.2. Mikro-Feinbau

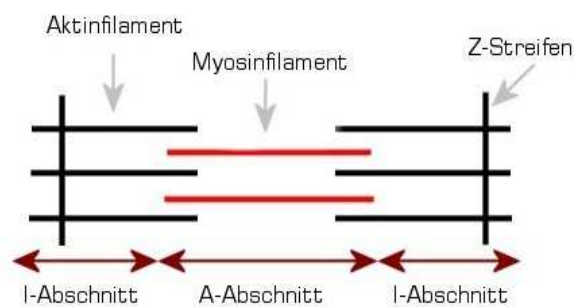
Muskelfasern bestehen wiederum aus hunderten Myofibrillen. Myofibrille haben einen Durchmesser von 1 Mikrometer und sorgen für die Querstreifung der Skelettmuskulatur. Genau genommen sind jedoch die Sarkomere dafür verantwortlich, aus denen Myofibrille zusammengesetzt sind. [10]

„Das Sarkomer ist aus einer Vielzahl einzelner Strukturproteine zusammengesetzt“ [11] und ist 2-2,5 Mikrometer lang. Bei einer Kontraktion des Muskels zieht es sich auf bis zu 0,4 Mikrometer zusammen. Die erwähnten Strukturproteine nennen sich Myofilamente. Die durch Sarkomere erzeugte Querstreifung der Skelettmuskeln basiert auf der Tatsache, dass es leuchtende A-Banden und nicht leuchtende I-Banden gibt. Sie sind periodisch angeordnet, sodass die Querstreifung entsteht. [10][12]

2.3. Myofilamente

Von größter Bedeutung für den Muskel und vor allem seine Kontraktion sind die

beiden Proteine „Myosin“ und „Aktin“. Aus ihnen bestehen die so genannten „Myosin- und Aktinfilamente“. Die Myosinfilamente werden dabei als „dicke Myofilamente“ und die Aktinfilamente als „dünne Myofilamente“ bezeichnet. Die dicken Filamente besitzen durch das Protein „Titin“ am Ende eine elastische Verbindung zu den Z-Scheiben. Die dünnen sind durch „Aktinin“ an die Z-Scheiben gebunden. Die Z-Scheiben begrenzen das gesamte Sarkomer. Der Abschnitt, an dem



(Abb. 3)

das Aktinfilament mit der Z-Scheibe verbunden ist, nennt sich I-Abschnitt. Das Myosinfilament liegt dabei in der Mitte des Sarkomers. Dieser Abschnitt wird A-Abschnitt genannt. Hier findet auch die Muskelkontraktion statt (siehe 4.). [11][13]

3. Muskeltypen

Jeder Mensch besitzt über 400 Muskeln. Ohne sie wären Bewegungen nicht möglich. Diese 400 Muskeln sind in drei spezielle Typen unterteilt.

„Glatte Muskeln“ befinden sich zum Beispiel im Magen-Darm-Trakt, den Bronchien oder dem Auge. Glatte Muskel arbeiten willkürlich, man kann ihre Bewegungen also nicht steuern. Sie werden „glatt“ genannt, da sie aus „länglichen, kaum verzweigten Zellen“ [14] bestehen.

Die „quergestreifte Muskulatur“ ist der zweite Typ. Unter sie fällt der Großteil unserer Muskeln. Der Name kommt dadurch zustande, dass eine Querstreifung bei Betrachtung durch das Mikroskop zu sehen ist. Dies sind die Muskeln, die aus den typischen Muskelfasern bestehen. Diese Muskeln sind mit dem zentralen Nervensystem verlinkt und daher mit dem Willen zu steuern.

Der dritte Muskeltyp beschränkt sich bloß auf einen Muskel – das Herz. Es hat den selben Aufbau wie die glatte Muskulatur, hat aber dennoch die Querstreifung. Wie die glatte Muskulatur unterliegt auch das Herz nicht dem freien Willen.

4. Arbeitsweise von Muskeln

Jeder Muskel ist bloß in der Lage eine einzige Sache zu tun – sich zusammen zuziehen. Dies wird „Kontraktion“ genannt. Das Zusammenziehen entsteht durch einen Nervenimpuls. Durch den Impuls „hakt sich das Köpfchen des Myosins an das Aktin und bildet eine Brücke zwischen beiden – die Muskelfaser zieht sich zusammen. Wenn Aktin und Myosin ihre Verbindung wieder lösen, entspannt sich der Muskel.“ [12] Dieser Ablauf ist sich wie ein Ineinandergleiten der beiden Myofilamente vorzustellen (siehe Abb. 3). Der Vorgang verkürzt ein Sarkomer um ca. 1 Mikrometer. Da dies jedoch in jedem Sarkomer des Muskels gleichzeitig passiert, ist die Kontraktion mit dem Auge erkennbar. [10]

5. Übersäuerung als Ursache

Über die genaue Ursache von Muskelkater ist man sich bis heute nicht einig. Es gibt zwei Theorien, von denen eine jedoch bereits älter ist und durch einige Studien mittlerweile ausgeschlossen wurde. Diese Theorie besagt, dass ein Muskel bei zu starker Belastung „übersäuert“.

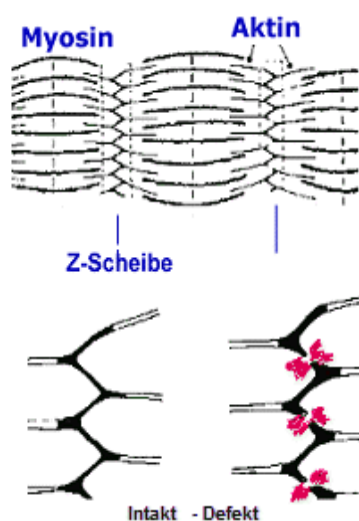
Für eine Belastung braucht der Muskel Energie. Diese Energie nennt sich „ATP“ (Adenosintriphosphat), welches wir extern durch Nahrung aufnehmen oder selbst in unserem Körper herstellen. ATP wird in der Glykolyse durch Abbau von Glucose hergestellt. „Ob mit oder ohne Sauerstoff, der Abbau der Glucose im Cytoplasma verläuft bis zur Brenztraubensäure bei beiden Vorgängen gleich“ (Bauer, 1988). Mit den Vorgängen sind der „aerobe“ und „anaerobe“, also mit und ohne Sauerstoff, gemeint. Die aerobe Energiegewinnung ist dabei deutlich effizienter als die anaerobe. Sie erwirtschaftet ca. das 20-fache an ATP des anaeroben Vorgangs. Hier liegt auch die Ursache für das Übersäuern: Ohne Sauerstoff fällt bei der Glucose-Verbrennung Milchsäure an, die dann ins Blut und in die Muskeln gelangt.

„Dabei ist es ein Leichtes, die Übersäuerung der Muskeln zu umgehen. Bei einer Laktatmessung kann der Arzt feststellen, ab wann der Puls im anaeroben Bereich liegt, d. h., ab wann der Körper nicht mehr genug Sauerstoff bekommt, auf anaerobe Energiegewinnung umstellt und damit eine Übersäuerung der Muskeln droht. Der

Sportler kann dann auf seinen Puls reagieren und einer Übersäuerung entgegenwirken, indem er seine sportliche Leistung mindert, sobald der Puls zu hoch steigt. Aber auch bei einer schon eingetretenen Übersäuerung der Muskeln ist es ratsam, eine Pause einzulegen, damit das Laktat abgebaut werden kann.“ [18] Solche Untersuchungen sind vor allem im heutigen Profi-Sport von großer Bedeutung. Dort werden regelmäßig „Laktattests“ durchgeführt, um den Fitnessstand der Sportler festzustellen. „Anhand der gemessenen Laktatkonzentration im Blut kann der Bereich der aerob-anaeroben Schwelle abgeschätzt werden. Dies erfolgt mit Hilfe einer kontrollierten stufenförmigen Belastung. Wurde die Schwelle ermittelt, kann die Trainingsintensität festgelegt werden, die notwendig ist, um einen Trainingsfortschritt im Bereich der aeroben oder anaeroben Leistungsfähigkeit zu erzielen.“ [19]

6. Mikroverletzungen als Ursache

Die zweite, neue Theorie ist die der „Mikroverletzungen“. Sie wurde durch Untersuchungen mit Elektronenmikroskopen aufgestellt und bewiesen. Die Muskeln eines Menschen mit Muskelkater wurden mit denen eines ohne Muskelkater verglichen. Hierbei fiel den Forschern auf, dass an den Z-Scheiben Verletzungen auftraten. Durch eine ungewohnt starke Belastung zerrissen sie. Tritt dies ein, läuft



(Abb. 4)

Wasser in die Muskelfasern und durch die Ansammlung der Flüssigkeit schwellen sie an. Dadurch entsteht ein Dehn-Effekt, der von Forschern für den Druckschmerz des Muskelkaters verantwortlich gemacht wird. Jedoch ist es nicht der Fall, dass alle Z-Scheiben während des Muskelkaters zerrissen sind. „Bei den Untersuchungen war immer nur ein Teil der Z-Scheiben in bis zu 30% aller Fasern beschädigt; vollständige Faserrisse fehlten.“ [21] Der Muskelkater ist verheilt, wenn alle Z-Scheiben wieder „repariert“ sind und das Wasser aus den Muskelfasern abgeflossen ist. [20]

7. Vorbeugung und Behandlung

Muskelkater kann man auf verschiedene Art und Weise vorbeugen. Was ein jeder Sportler weiß und auch tut, ist durch Untersuchungen bewiesen: Aufwärmübungen vor dem Sport verringern die Wahrscheinlichkeit, Muskelkater zu bekommen. Das Warmmachen und Dehnen der Muskelpartien fördert die Durchblutung „und eine wesentlich bessere Funktionsfähigkeit und Koordination [ist] gewährleistet“. [15] Ein mineralstoffhaltiger Haushalt kann zudem vorbeugend wirken. Mineralstoffe und Aminosäuren stärken Muskelzellen und Sehnen und können durch Eiweißdrinks zusätzlich aufgenommen werden. Zudem können bestimmte Öle und Lotionen, die die Durchblutung fördern, ebenfalls vorher auf die Haut aufgetragen werden.

Die eigentlichen Übungen sollten sauber ausgeführt werden. Hierbei ist wichtig, dass man sich nicht überschätzt. „Weniger ist Mehr“, besagt ein Sprichwort, welches besser nicht zutreffen könnte. Man sollte langsam und mit wenig Anstrengung beginnen. Mit stufenweiser Steigerung der Belastung gewöhnen sich die Muskeln an den Bewegungsablauf und werden nicht überanstrengt.

„Außerdem empfiehlt sich als effektive Vorbeugungsmaßnahme gegen Muskelkater, nach dem Sport Entspannung zu gewährleisten.“ [15] Damit sind Saunabesuche oder Bäder mit Zusätzen wie Eukalyptus gemeint. Franzbranntwein ist ebenfalls ein bewährtes Mittel um Muskelkater vorzubeugen.

Falls all dies nicht hilft und der Muskelkater doch eingetreten ist, sollte man es nicht einfach hinnehmen, sondern einige Dinge beachten. Der größte Fehler ist, einfach weiter zu trainieren. Während des Trainings vergeht der Schmerz zwar, wird danach jedoch umso schlimmer. Ebenso unratsam sind Massagen an den betroffenen Stellen. Diese reizen nämlich erneut die Muskelzellen und verzögern somit das Abheilen.

Wirklich helfen tun eigentlich bloß die Dinge, die auch vorbeugen. Warme Bäder mit Zusätzen oder Saunabesuche fördern die Durchblutung und helfen beim Abtransport von Abfallprodukten. Man sollte also warten und Geduld haben. Ein paar Lockerungsübungen verhelfen ebenfalls zu einer schnelleren Genesung.

„Muskelkater hat aber auch sein Gutes: Die beschädigten Muskelzellen genesen wieder und der Körper baut bei regelmäßigem Training stets neue, weitere

Muskelzellen. Damit wird der Muskelkater immer seltener, die Muskeln wachsen, der Körperfettanteil sinkt und die Kraft steigt.“ [16][17]

8. Eigene Einschätzung

Die Wissenschaftler sind mit der Frage nach der wahren Ursache von Muskelkater nach wie vor beschäftigt. Für mich ist die Antwort, welche der beiden Theorien die richtige ist, jedoch klar: Mit der heutigen Technik ist nachgewiesen worden, dass die Risse in den Z-Scheiben wirklich existieren. Zwar ist ebenso das Laktat in den Muskeln nach einer Belastung existent, doch die Theorie, dass dieses Salz für den Schmerz verantwortlich sein soll, wurde niemals bewiesen. Einzig und allein die Produktion der Milchsäure durch die anaerobe Glykolyse ist nachgewiesen, nicht, dass sie eine schmerzende Auswirkung hat. „Ohne wissenschaftliche Beweise und obwohl sich der Schluss - je höher das Laktat (Milchsäure) desto schlimmer der darauf folgende Muskelkater - als völlig haltlos erwies. Ganz im Gegenteil: Sportarten, die mit besonders hohen Laktatwerten assoziiert werden, wie dem Mittelstreckenlauf beispielsweise, gehen vergleichsweise selten mit einem Muskelkater einher. Wogegen Kraftsportler regelmäßig damit zu kämpfen haben. Deren Laktatwerte bewegen sich generell aber eher im unteren Bereich.“ [22] Diese Aussage überzeugt mich zusätzlich davon, dass von der Übersäuerungs-Theorie Abstand genommen werden sollte.

Die Beweise durch Technik sprechen also deutlich für das Mikrotrauma in den Muskeln. Wie schon erwähnt, wurden entspannte und belastete Muskeln miteinander verglichen. Die Risse in den Z-Scheiben waren durch Mikroskope eindeutig sichtbar. Dass durch das Zulaufen von Wasser eine Dehnung entsteht und daher der Druckschmerz kommt, klingt für mich schlüssig und logisch.

Die Forschungsmethoden der heutigen Zeit sind den damaligen weit voraus. Die Theorie der Milchsäure scheint zudem nicht einmal mit den damaligen Mitteln bewiesen worden zu sein. Mit der fortgeschrittenen Technik von heute wurde die alte Theorie widerlegt, eine neue aufgestellt und sogar bewiesen. Aus diesen Gründen ist die Frage nach der Herkunft des Muskelkaters für mich beantwortet.

Literaturverzeichnis

Internet

- [1] : <http://www.bodybuilding-magazin.de/bodybuilding-artikel/muskelkater/118.htm>
- [2] : www.kgeld.ch/downloadfile/1015834
- [3] : <http://www.fibromyalgie-info.net/fibromyalgie.htm>
- [4] : <http://de.wikipedia.org/wiki/Fibromyalgie>
- [5] : http://www.shiatsu-austria.at/einfuehrung/wissen_75a.htm
- [6] : <http://flexikon.doccheck.com/Muskelfaser>
- [7] : <http://de.wikipedia.org/wiki/Muskelfaser>
- [8] : <http://www.sportunterricht.de/lksport/abtrain5.html>
- [9] : <http://www.sportunterricht.de/lksport/fasertyp1.html>
- [10] : <http://flexikon.doccheck.com/Myofibrille>
- [11] : <http://flexikon.doccheck.com/Sarkomer>
- [12] : <http://www.ksta.de/html/artikel/1247853624243.shtml>
- [13] : <http://flexikon.doccheck.com/Myofilament>
- [14] : <http://www.medizinfo.de/ruecken/muskulatur/muskeltypen.shtml>
- [15] : <http://www.medizin-infoport.de/details.php/50083>
- [16] : <http://www.abnehmen.net/wissen/sport/muskelkater-vorbeugen-und-lindern>
- [17] : http://www.pagekick.com/Gesundheit/Muskelkater_-_Mythos_Uebersaeuerung_durch_Laktate/
- [18] : <http://www.cardio.de/fitness-und-sport/fitness-lexikon/uebersaeuerung-muskeln/>
- [19] : <http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungsdiagnostik>
- [20] : <http://www.studentenpilot.de/studentenleben/sportfitness/muskelkater.htm>
- [21] : <http://www.sportunterricht.de/lksport/muskelkater.html>
- [22] : <http://derstandard.at/1237230409203/Genauer-betrachtet-Muskelkater-Mikrotrauma-oder-Uebersaeuerung>

Bücher

Biologiekolleg, E.W. Bauer; Cornelsen Verlag, GmbH & Co., Berlin, 1988

Bilder

Abb. 1: http://www.tu-chemnitz.de/phil/leo/bilder_neu/muskelkater.jpg

Abb. 2: <http://www.medizinfo.de/ruecken/images/muskelaufbau.jpg>

Abb. 3: <http://www.hadels.com/kraftsport/sarkomer.jpg>

Abb. 4: <http://www.sportunterricht.de/lksport/muskelkater.html#m>

Erklärung

über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Köln, den 28.01.2010
