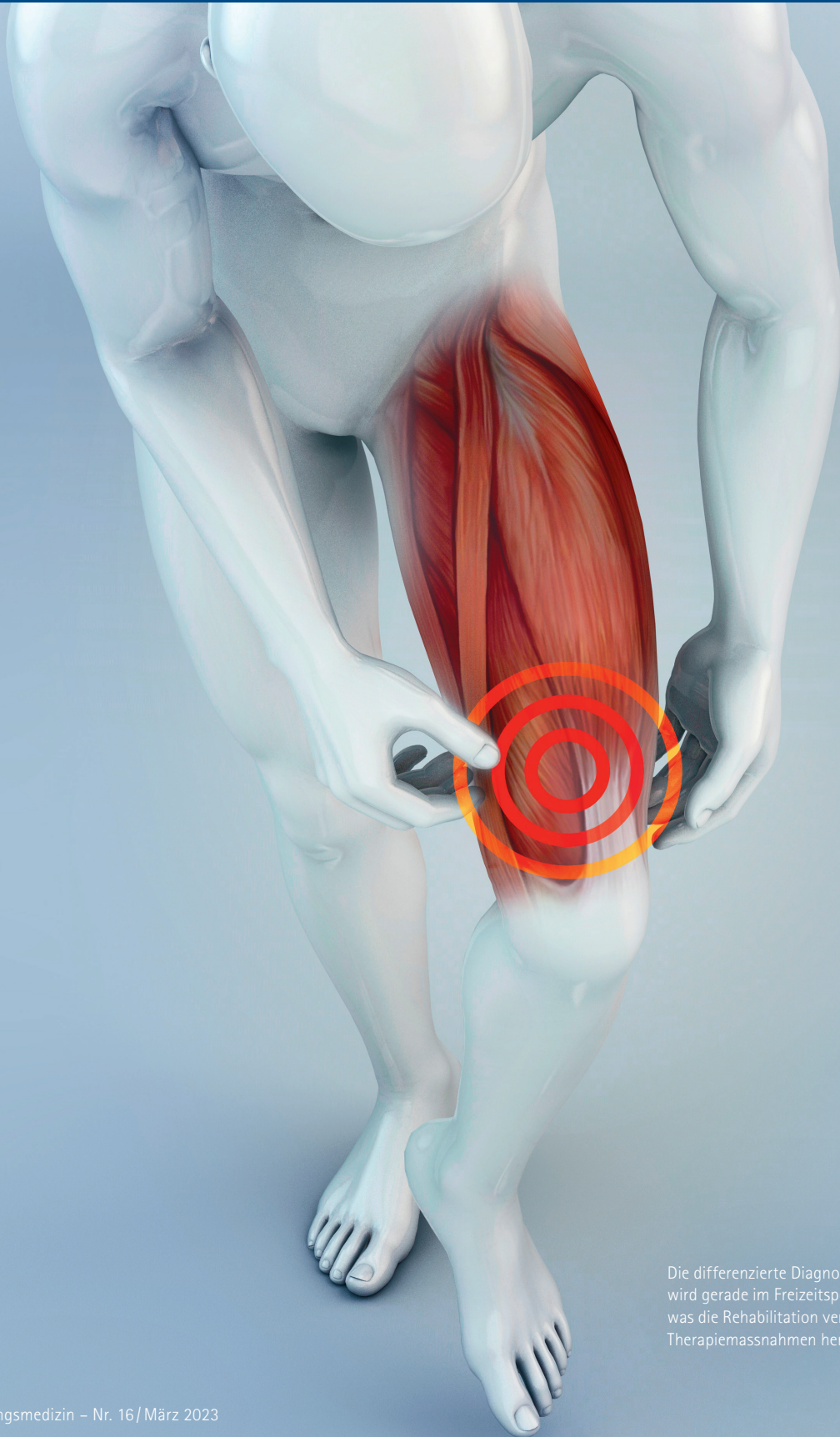


Muskelverletzungen im Training



Die differenzierte Diagnose einer Muskelverletzung wird gerade im Freizeitsport oft vernachlässigt, was die Rehabilitation verzögert und teils falsche Therapiemaßnahmen hervorruft.

Muskelverletzungen gehören zu den häufigsten Sportverletzungen. Bevor man über die Entstehung einer Muskelverletzung und deren Prävention oder Therapie nachdenkt, sollte man sich darüber im Klaren sein, wie man sie definiert.



André Tummer

Für eine klare Definition ist wie immer ein vertieftes Verständnis der Anatomie notwendig. Schauen wir also zunächst in einer kurzen Zusammenfassung nochmals zurück auf den Aufbau unserer Skelettmuskeln.

Aufbau der Skelettmuskulatur

Die Skelett-Muskelfasern entstehen während der embryonalen Entwicklung durch die Verschmelzung hintereinander gelegter Einzelzellen (Myoblasten). Dadurch bildet sich eine vielkernige Faser aus. Reife Skelettmuskelfasern können bis zu 10cm lang werden und ihr Durchmesser schwankt zwischen 10 und 100 Mikrometer. Sie enthalten Mitochondrien¹, sarkoplasmatisches Retikulum² und hochorganisierte Myofilamente³ als eigentliche Funktionsstrukturen.

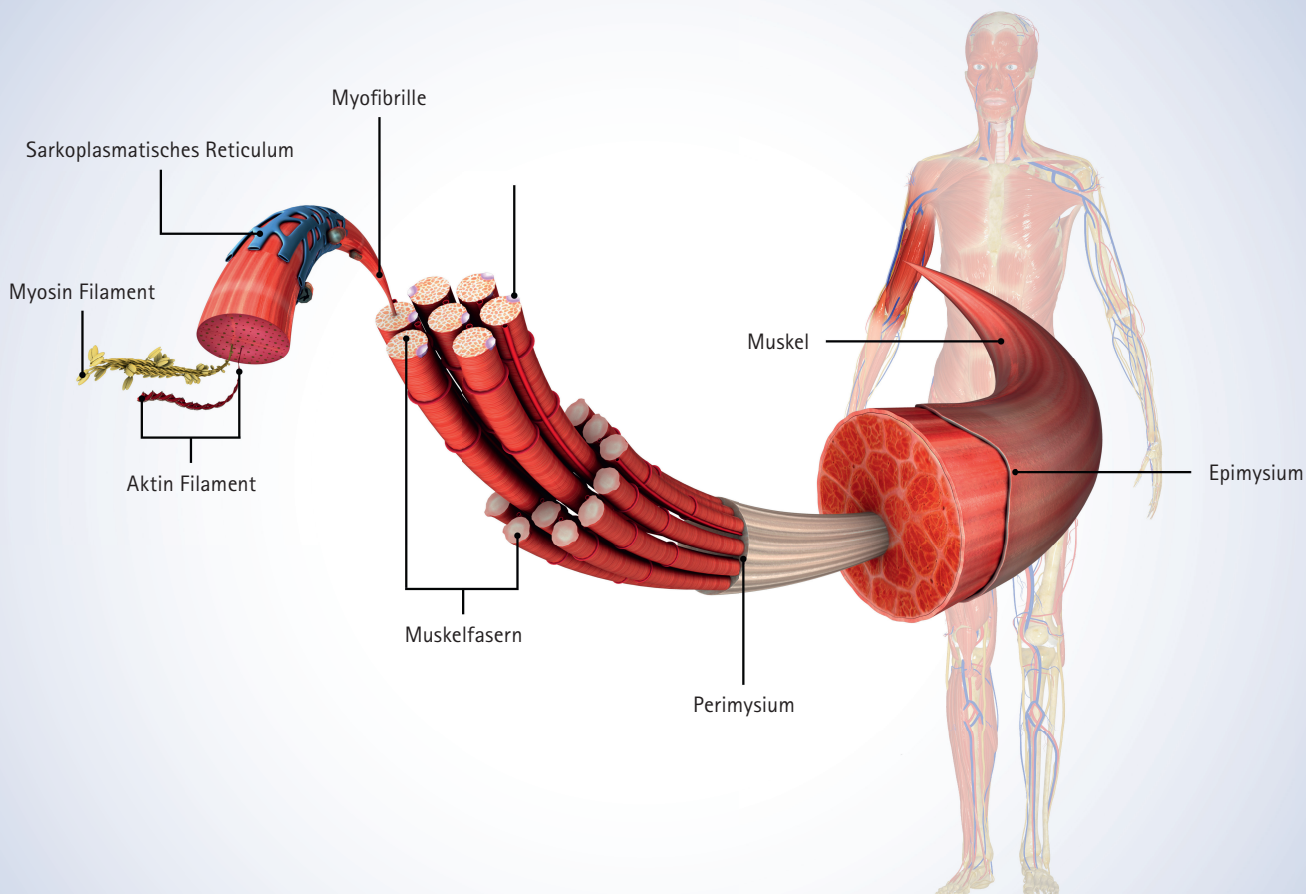
Drei Klassen von Filamenten (= Proteinfäden) lassen sich unterscheiden:

- Das dünne, spiralförmige *Aktinfilament*, ähnlich einer verdrehte Perlenkette.
- Das in den Rinnen der Spirale liegende, dickere *Myosinfilament*, bestehend aus einem stäbchenförmigen Schaft und einem beweglichen Myosinkopf. Die Aktinfilamente sind mit ihrem äusseren Ende fest mit den Z-Scheiben verankert, einem zugfesten Material, das die Grenzen der kleinsten kontraktile Elemente der Myofilamente, den Sarkomeren, darstellt. Ihre inneren Enden ragen in die Myosinfilamente hinein. Bei der Kontraktion knicken die beweglichen Myosinköpfe unter ATP-Spaltung ab und ziehen Aktinfilamente zwischen die Myosinfilamente, so dass sich die Z-Streifen nähern. Die Kontraktion ist mikroskopisch gesehen also keine «Verkürzung», sondern ein Ineinanderschieben der Aktin- und Myosinfilamente.
- Erst Ende der 1970er-Jahre wurde das *dritte Filament «Titin»* entdeckt. Dieses zentriert die Myosinköpfe zwischen den Aktinfilamenten und stellt den kontraktile Apparat nach einer Dehnung wieder zurück, ähnlich der Funktion eines Gummibandes. Das Titin gibt dem Sarkomer seine Grundspannung und beeinflusst die Elastizität bzw. Stabilität des Sarkomers. ▶

¹ Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zelle, da sie Adenosintriphosphat (ATP) produzieren, ein chemisches Molekül, das in jeder Zelle eines Lebewesens Energie bereitstellt.

² Das sarkoplasmatische Retikulum ist in den Muskelzellen für die Speicherung und Ausschüttung von Calciumionen zuständig. Hierdurch werden Nervensignale an Muskeln für die Muskelkontraktion erzeugt.

³ Myofilamente sind fadenförmige Proteine, die den Hauptbestandteil einer Muskelzelle darstellen.



Vom makro- zum mikroskopischen Aufbau der Muskulatur

Aus den hintereinander in Reihen angeordneten Sarkomeren ergibt sich die lichtmikroskopisch sichtbare Querstreifung der Skelettmuskulatur im Längsschnitt.


Jede Skelettmuskelfaser ist aussen von einer Basalmembran umgeben, einem feinen extrazellulären Faserfilz. Dazwischen kommen sogenannte Satellitenzellen vor. Darunter versteht man Zellen, die während der Entwicklung undifferenziert an der Faser liegengeblieben sind und als Stammzellen bei Regenerationsvorgängen eine wichtige Rolle spielen.

Der gesamte Muskel ist nach dem **Enkapsisprinzip** gebaut, das heisst, seine Muskelfasern werden durch Bindegewebe zu Einheiten steigender Grössenordnung zusammengefasst. Etwa 10–50 Muskelfasern bilden ein Primärbündel. Die Primärbündel

werden von einem bindegewebigen Hüllsystem (Perimysium) umgeben, das sie gegenseitig verschiebbar macht und Gefässe sowie Nerven und Muskelspindeln enthält. Weitere Bindegeweshüllen fassen die Primärbündel gruppenweise zusammen. Schliesslich umgibt eine lockere Hülle aus straffem Bindegewebe, die Faszie, den gesamten Muskel, grenzt ihn verschieblich von seiner Umgebung ab und sichert seine Form und Lage.

Muskulärer Ermüdungsschmerz

Beim Ermüdungsschmerz handelt es sich um die direkte Reaktion des Körpers auf die sportliche Betätigung. Die erhöhte Muskelspannung bei der Kontraktionsarbeit verschliesst zunehmend die



Kapillaren, welche die Muskulatur u. a. mit Sauerstoff versorgen. Es bildet sich Laktat, das für einen kurzen Moment dafür sorgt, dass die Muskeln übersäuert sind. Dies ist der Schmerz, den wir z. B. bei den letzten Wiederholungen einer Kraftübung mit entsprechend hohem Widerstand spüren. Die Muskeln verhärten, aber nach dem Beenden der Übung ist der Ermüdungsschmerz nach einigen Sekunden bereits verschwunden.

Muskelkater

Muskelkater ist die Reaktion des Körpers auf starke körperliche Belastung oder ungewohnte Bewegungsabläufe und tritt zeitverzögert 1–2 Tage nach Belastungsende auf. Die Wortherkunft ist nicht zweifelsfrei geklärt. Der Begriff kommt vermutlich ursprünglich vom griechischen «Katarrh». In der Medizin steht Katarrh für eine Entzündung der Schleimhaut. Die Menschen bezeichneten damit früher aber auch einfach eine Erkältung – und irgendwann den Kater nach Alkoholkonsum, der möglicherweise die Inspiration für den Begriff «Muskelkater» war. Heute wissen wir, dass beim Muskelkater tatsächlich Entzündungsreaktionen eine Rolle spielen.

Die erste und frühe Hypothese war die sogenannte Stoffwechselfhypothese. Sie ging davon aus, dass durch die Überreizung der Muskulatur Stoffwechselzwischenprodukte wie zum Beispiel Milchsäure, CO₂, Phosphate oder Kreatin⁴ entstehen. Dass Milchsäure jedoch der Übeltäter beim Muskelkater sein soll, konnte in Studien bisher nicht hinreichend belegt werden und wird heutzutage als Erklärung für einen Muskelkater abgelehnt. Im Moment des Auftretens von Symptomen des Muskelkaters ist das Laktat in den Muskeln längst abgebaut.

Eine zweite Theorie besagt, dass Muskelkater durch Mikrotraumata, also winzige Verletzungen in den Sarkomeren, hervorgerufen wird. Diese Hypothese wird auch Mikrotraumatisierungshypothese genannt. Die Muskelfasern erleiden diese Traumata durch zu intensive mechanische Belastung bei hoher und meist ungewohnt exzentrischer Kraftbelastung (Bremsbewegungen beim Bergabgehen, Landung nach einem Sprung usw.). Der Begriff Trauma bedeutet in diesem Kontext, dass winzige Risse in den Muskelfaserstrukturen durch die hohe Intensität des Trainings entstanden sind. Selbstverständlich ist die landläufige Meinung, dass ein Training erst dann wirksam sei, wenn es Muskelkater verursacht hat, blanker Unsinn! ▶

⁴Kreatin spielt eine Hauptrolle im Energiestoffwechsel der Skelettmuskulatur, vor allem bei kurzzeitiger Muskelarbeit.

In der englischen Literatur wird das Phänomen Muskelkater als «delayed onset muscle soreness (DOMS)» beschrieben. Symptome von DOMS, die durch die Mikrotraumata innerhalb der Muskeln ausgelöst werden, sind:

- **Schmerzen**
- **steife, verhärtete Muskeln**
- **Schwellungen der betroffenen Muskeln**
- **Muskelermüdung**
- **kurzzeitiger Verlust der eigentlichen Muskelkraft**

Muskelverhärtung oder Muskelzerrung?

Zwei häufig auftretende Muskelverletzungen sind die Zerrung und die Verhärtung. Beide Verletzungen haben jedoch unterschiedliche Ursachen und äussern sich mit verschiedenen Symptomen. Bei einer **Muskelverhärtung** (Myogelose) handelt es sich um eine Verspannung des Muskels. Infolgedessen schmerzt der Muskel beim Berühren oder bei Bewegung. Dies liegt darin begründet, dass der verhärtete Muskel unentwegt angespannt ist. Somit verliert er an Flexibilität, daraus resultiert der Schmerz. Die Ursachen von Muskelverhärtungen sind vielseitig. Häufig treten sie als Resultat ungewohnter Bewegungen auf. Doch auch nächtliches falsches Liegen kann zur Verhärtung eines Muskels führen. Muskelverhärtungen sind stets ein Ergebnis falscher Belastung.

Im Gegensatz zur Muskelverhärtung handelt es sich bei einer **Muskelzerrung** nicht um eine Verspannung, sondern eine **Überdehnung**. Die Muskelzerrung tritt stets akut auf und ist häufig eine Folge abrupt wechselnder Bewegungsabläufe wie zum Beispiel dem Stehenbleiben nach einem Sprint ohne Auslaufphase. Sportarten, bei denen es zu stetig wechselnden Dreh- und Schlagbewegungen kommt, bergen ebenfalls ein erhöhtes Verletzungsrisiko. Bei einer Muskelzerrung deuten Verhärtung des Muskels, Druckschmerzen, Dehnungsschmerzen oder zunehmend krampfartige Muskelschmerzen auf die Verletzung hin. Der Sportler, die Sportlerin leidet folglich unter einer eingeschränkten Belastbarkeit des Muskels bis hin zur Bewegungsunfähigkeit des Muskels.

Muskelfaserriss

Der Muskelfaserriss ist – ebenso wie ein Muskelriss – eine Verletzung, bei der es zum Zerreißen von Muskelgewebe kommt. Die Schmerzen sind eher akut und stechend. Im Gegensatz zur Mus-

kelzerrung lässt sich eine Strukturveränderung mit Zerstörung von Muskelzellen und eine Einblutung erkennen. Wenn man von Muskelfaserriss spricht, so sind prinzipiell viele Muskelfasern gerissen, meist ein ganzes sogenanntes Muskelfaserbündel und nicht eine einzelne Muskelfaser. Der Riss einer oder weniger Muskelfasern wirkt sich nicht spürbar auf die Leistungsfähigkeit aus. Ist ein Grossteil des Muskels betroffen, oder sogar eine Durchtrennung über den ganzen Muskelquerschnitt vorhanden, handelt es sich um einen echten Muskelriss.

Oft werden Muskelverletzungen nur unzureichend diagnostiziert und behandelt, weil sie eher als Bagatelle abgetan werden. Vor allem im nicht professionellen Sport, wo die Diagnose oft ohne den Einsatz von Ultraschall- oder MRI-Untersuchung erfolgt, kann das genaue Ausmass der Verletzung nicht exakt festgestellt werden. Abhängig vom Schweregrad der Verletzung variieren die Therapiezeiten jedoch enorm.

Eine sehr differenzierte und praktisch gut anwendbare Einteilung stammt von Dr. Müller-Wohlfarth, der Muskelverletzungen in vier Haupttypen einteilt. Zwei Typen werden noch einmal unterteilt, sodass sich insgesamt sechs Verletzungstypen ergeben:

Typ	Bezeichnung	Therapiedauer
1a	Schmerzhafte Muskelverhärtung (ermüdungsbedingt)	1–3 Tage
1b	Schmerzhafte Muskelverhärtung (neurogen)	2–5 Tage
2	Muskelzerrung (neuromuskuläre Zerrung)	3–5 Tage
3a	Muskelfaserriss (</= 5 mm Querausdehnung)	10–14 Tage
3b	Muskelbündelriss (>/= 5 mm Querausdehnung)	ca. 6 Wochen
4	Muskelriss / sehniger Muskelausriss	ca. 12–16 Wochen

Muskuläre Verletzungstypen nach Müller-Wohlfarth

Ein Muskel kann nicht nur aufgrund einer lokalen Gewebeschädigung schmerzhaft sein, sondern auch **neurogen bedingt** (Typ 1b und Typ 2). Dann liegt die Ursache in strukturellen oder funktionellen Störungen. Bei den Muskeln der unteren Extremitäten wären diese Störungen beispielsweise in der LWS oder im ISG zu suchen. Ein weiteres Beispiel für Muskelverhärtungen, die nicht auf eine lokale Schädigung des betroffenen Muskels zurückzuführen sind, ist das sogenannte **Piriformis-Syndrom**. Das ist eine Kompression des Ischiasnervs beim Durchtritt durch das Foramen infrapiriforme zwischen Beckenknochen und dem Musculus piriformis.

Normalerweise ist der Piriformis weich und dehnbar. Durch einen Sturz, durch Fehlhaltung oder Überbelastung kann er verspannen und verkürzen. Der Muskel wird dick und hart und drückt genau auf den Ischiassnerv, was Gesässschmerzen, Schmerzen in der Beinrückseite und teilweise auch Rückenschmerzen verursacht.

Muskelprellung bzw. Muskelquetschung

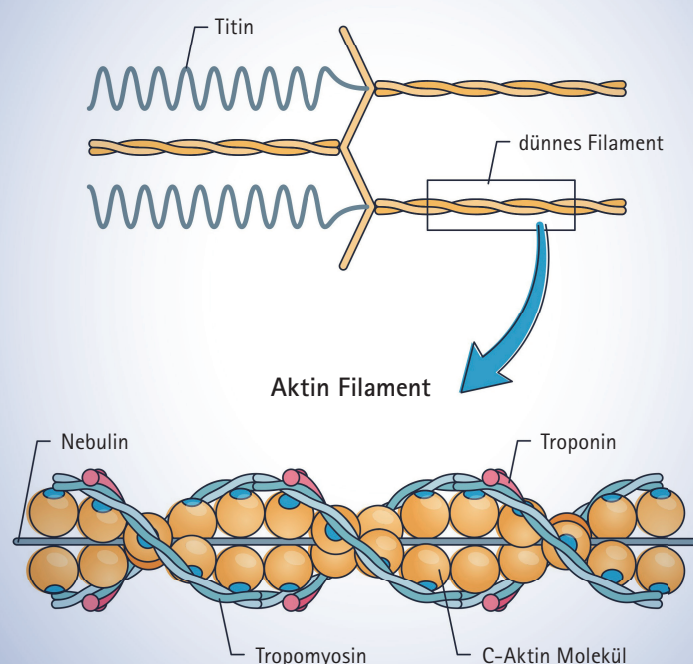
Die obengenannten muskulären Beschwerden treten in der Regel ohne äussere Krafteinwirkung auf. Muskeln, die in der Tiefe über den Knochen verlaufen, können aufgrund von Schlagwirkungen oder Aufprallverletzungen gequetscht werden. Da die Muskulatur stark durchblutet ist, kann ein mehr oder weniger grosser Bluterguss (Hämatom) entstehen. Anfangs ist der Schmerz sehr heftig, später überwiegt je nach Ausmass des Hämatoms ein schmerzhaftes Spannungs- und Druckgefühl im betroffenen Muskel.

Die Einblutung kann in ganz unterschiedlichen Körpergeweben und -regionen passieren, was sich in der medizinischen Bezeichnung widerspiegelt. Ein **subkutanes Hämatom** ist der typische «blaue Fleck» unter der Haut, meist die Folge einer Stossverletzung.

Tritt das Blut aus verletzten Blutgefässen in Muskelgewebe über, resultiert ein **intramuskuläres Hämatom**. Ein tiefes Hämatom macht sich meist nicht als Hautverfärbung, sondern als **Schwellung** bemerkbar. Das gestaute Blut übt Druck auf das umliegende Gewebe aus, was oft schmerzhaft ist und die Funktionsfähigkeit von Muskeln und Gelenken beeinträchtigt. Ernste Folgen kann eine Einblutung in eine **Muskelloge** haben. Das ist eine Gruppe von Muskeln, die von einer dünnen, kaum dehnbaren Faszie umschlossen wird. Vor allem die Bein- und Armmuskulatur ist aus solchen umgrenzten Kompartimenten aufgebaut. Wenn sich nun Blut aus verletzten Gefässen in einer Loge ansammelt, kann es einen gefährlichen Druck auf das Muskelgewebe und die hier verlaufenden Gefässe und Nerven ausüben (Kompartmentsyndrom). Löst sich ein tiefsitzendes Hämatom nicht vollständig auf, kann es sich abkapseln und verkalken. Im schlimmsten Fall stirbt das Muskelgewebe dadurch ab.

Vollkommen abzugrenzen von den bisher beschriebenen Muskelverletzungen sind die erworbenen oder erblich bedingten **Muskelerkrankungen (Myopathien)**. Dies ist eine Gruppe von seltenen Erkrankungen, die mit einer Schwäche der Muskulatur, Muskelschwund und Muskelschmerzen einhergeht. Die Ursachen

Zellulärer Aufbau der Muskelzelle



Titin: das 3. Filament

sind sehr unterschiedlich. Bei einigen Erkrankungen liegt die Ursache in der Muskulatur selbst. Bei den neuromuskulären Erkrankungen liegt die Ursache in verschiedenen Bereichen des Nervensystems. In anderen Fällen liegt eine Entzündungsreaktion oder eine andere Grunderkrankung vor. Auch Medikamente, Alkohol oder andere Giftstoffe können eine Myopathie verursachen. In erster Linie ist die Motorik betroffen, aber auch die Sensibilität und das Schmerzempfinden.

Soviel zu den Muskelverletzungen. Während des Fitnessstrainings kommen diese – im Vergleich zu anderen Sportarten – eher selten vor. Allerdings haben wir Kundinnen und Kunden, die muskuläre Verletzungen ausserhalb des Centers erlitten haben. Sollte eine Muskelverletzung doch einmal während des Trainings passieren, sind Sie mit den Tipps im folgenden Artikel gut gerüstet. ◀