

2

Es ist nicht alles Gold, was glänzt

2.1 Surrogate für die interne Muskelkraft

Aus unseren Betrachtungen geht klar hervor, dass der Begriff „Krafttraining“ nichtssagend bzw. verwirrend ist. Dabei wäre er intuitiv ja so logisch: Wer Krafttraining betreibt, der trainiert seine Kraft, was denn sonst? Nur, was ist mit Krafttraining konkret gemeint? Etwa die Steigerung Ihrer Gewichtskraft? Sie wissen nun, dass Sie dieses Ziel einfacher erreichen können, wenn Sie zum Nordpol reisen. Dort ist die Gravitation stärker als am Äquator. Vielleicht meinen Sie aber die interne Kraft Ihrer Muskeln. Oder ist es vielmehr die Kraft, die Sie extern ausüben können? Oder meinen Sie mit Kraft in Tat und Wahrheit das Drehmoment oder vielleicht doch nur „die Muskeln“? Leider kann die eigentliche Muskelkraft beim lebenden Menschen nicht direkt gemessen werden. Hierzu wäre es nämlich erforderlich, mindestens ein Sehnenende zu durchtrennen, linear mit einem Kraftsensor zu verbinden und den Muskel zu aktivieren. Anstelle der internen Muskelkraft werden beim Menschen meistens zwei Surrogate verwendet.

Die erste Art von Surrogat haben wir bereits kennengelernt. Es handelt sich dabei um die externen Drehmomente, Kräfte (z. B. Bodenreaktionskraft, Pedalkraft usw.). Aus diesen externen Messgrößen lassen sich unter vielen Annahmen, zum Beispiel über die Hebelverhältnisse, mittels inverser Dynamik die internen Kräfte und Drehmomente abschätzen. Ein zweites Surrogat, welches zwar oft, aber nicht unbedingt sinnvollerweise für die Muskelkraft eingesetzt wird, ist die Muskelgröße. Diese wird gemessen als Muskelvolumen, Muskel(faser)querschnitt, Magermasse oder die daraus berechnete Muskelmasse. Die Korrelation zwischen Muskelgröße und externem Drehmoment oder externer Kraft ist nämlich nicht so gut, wie man erwarten würde. Studien am Menschen haben gezeigt, dass die Größe der Beinmuskulatur nur ca. 25–50% der Variabilität im Drehmoment oder der Kraft erklärt. Mehr Muskelgröße bzw. -masse, muss daher nicht zwingend mit einer Verbesserung der im Kontext von Bewegung physiologisch relevanten Muskelfunktion einhergehen (Anliker und Toigo 2012). Auf diesen wichtigen Aspekt werde ich später noch näher eingehen (s. Abschn. 10.7).

2.2 Wie stark ist „stark“?

In den wenigsten Fitnesscentern oder Sportclubs wird Ihr Trainingserfolg für die trainierten Muskel systematisch und wissenschaftlich korrekt bzw. vertretbar erfasst, zum Beispiel als externe Kraft in Newton oder als externes Drehmoment in Newton mal Meter. Um den Trainingserfolg in seiner Ganzheit zu erfassen, müsste zudem der Spitzenwert des Drehmoments sowie die bei festgelegten Prozenten des Spitzenwerts und standardisierter Übungsausführung erreichten Zeiten bis zur willkürlichen Erschöpfung (statisch oder dynamisch) bestimmt werden. In der Praxis können Sie meistens nur auf zwei SI-Größen zurückgreifen: die Masse des Widerstands (z. B. der Hantel) in Kilogramm und die Zeit in Sekunden. Das sind auch die zwei Größen, die Sie für die Modulation des Trainingsreizes verwenden können. Wenn Sie eine Übung bezüglich anatomischer Ausführung, Bewegungsspeed und -ausmaß (engl. *range of motion*, ROM) usw. immer auf exakt dieselbe Art und Weise ausführen, werden Sie in dieser Bewegungsaufgabe bzw. Übung „stärker“, wenn Sie eine höhere Last (Masse des externen Widerstands) und/oder die Last länger bewegen können. Wenn schon, dann sollte man statt von Krafttraining eher von Lastentraining sprechen. Dann würde einem auch bewusster, dass die Fähigkeit, eine Last zu bewegen (beschleunigen und bremsen) und/oder zu halten mehr eine Fertigkeit denn eine Muskeleigenschaft beschreibt.

2.3 Maximale Kraft ist nicht gleich Spitzenkraft

Es existiert ein wichtiger Unterschied zwischen der Spitzenkraft, die bei einem Funktions- bzw. Bewegungsmanöver willkürlich produziert werden kann, und der maximalen willkürlichen Kraft. Beim zweibeinigen Sprung mit Ausholbewegung (engl. *countermovement jump*) entspricht der typische Spitzenwert der Bodenreaktionskraft, die auf einen Vorfuß wirkt, ca. dem 1,2-Fachen des Körpergewichts. Beim mehrfachen Hüpfen auf einem Bein mit gestrecktem Knie und ohne Fersenkontakt beträgt die typische Spitzenkraft ca. das 3- bis 3,5-Fache des Körpergewichts, liegt also ca. 2,5- bis 3-mal höher als beim *countermovement jump* (Anliker und Toigo 2012). Beachten Sie, dass die internen (Muskel-)Kräfte immer größer sind als diejenigen, die Sie dadurch extern erzeugen können. Dies hat damit zu tun, dass die muskulären Momentarme praktisch immer kleiner als die Hebelarme sind. Ganz grob abgeschätzt brauchen Sie ungefähr 20 N Muskelkraft, um 10 N Körpergewicht zu bewegen. Wenn Sie aufrecht auf einem Bein stehen und die Ferse mit gestreckten Knien minimal vom Boden abheben, so liegt das Verhältnis des Abstands vom Vorfuß zum Gelenk (Hebelarm) und vom Gelenk zur

Achillessehne (Momentarm) im Bereich von 2,5:1. Die Wadenmuskeln müssen daher das 2,5-Fache Ihrer Gewichtskraft aufbringen, um diese Position zu halten. Bei ca. 800 N Körpergewicht (80 kg Körpermasse) entspricht das näherungsweise einer Muskelkraft von 2000 N. Auf das vorherige Beispiel angewendet bedeutet dies Folgendes: Wirkt beim einbeinigen Hüpfen am Vorfuß eine Bodenreaktionskraft, die dem 3,5-Fachen Ihrer Körpergewichtskraft entspricht, produzieren Ihre Wadenmuskeln ca. das 8,75-Fache Ihrer Körpergewichtskraft. Wenn Ihre Körpermasse 80 kg beträgt, so entspricht dies einer Muskelkraft von ungefähr 7000 N. Zum Vergleich: Die Gewichtskraft eines Kleinwagens ist ungefähr 8000 N!

Um die maximale willkürliche Kraft zu ermitteln, muss demnach dasjenige Funktions- bzw. Bewegungsmanöver mit der höchsten typischen Spitzenkraft ausgewählt werden. Ein oft vernachlässigter Aspekt bei der Bestimmung der maximalen Kraft ist der Fakt, dass für jeden gegebenen Aktivierungsgrad des Muskels die maximale Kraft bei pliometrischer Kraftproduktion auftritt. Menschliche Muskelfasern produzieren während einer aktiven Dehnung (d. h. die Muskelfaser wird gedehnt, während sie Kraft produziert, sprich aktiv ist) je nach Fasertyp 1,4- bis 2,1-mal mehr Spannung (Kraft pro Querschnittsfläche), als bei einer aktiven Verkürzung (s. Abschn. 5.6). Sie kennen dieses Phänomen auch aus der Praxis: Beim Senken einer Last fühlt sich diese leichter an als beim Anheben. Aus diesen Betrachtungen folgt – um von einer maximalen willkürlichen Kraft zu sprechen – dass die Kraft erstens mit einem Bewegungsmanöver erfasst werden muss, welches die höchste typische Spitzenkraft produziert, und dass sie zweitens zudem bei möglichst maximaler Muskelaktivierung während eines pliometrischen Einsatzes gemessen werden muss.

Box 2.1 Die Begriffe „Spitzenkraft“ und „Maximalkraft“ sind keine Synonyme

Die während eines Bewegungsversuchs bei maximaler willkürlicher Anstrengung gemessene Kraft entspricht der willkürlichen Spitzenkraft. Die während der pliometrischen Kraftproduktion bei maximaler willkürlicher Anstrengung gemessene Spitzenkraft entspricht der maximalen Kraft, sofern es sich um das Bewegungsmanöver handelt, welches die höchste Kraft hervorbringt bzw. hervorbringen kann.

2.4 Die Entschlüsselung der Muskelkraft

Unter dem Begriff „Muskelaktivierung“ versteht man, dass an der Muskelfaser (Abb. 2.1) aufgrund einer Depolarisation der Zellmembran (Sarkolemm) ein Aktionspotenzial ausgelöst wird, welches sich über die Muskelfaserlänge

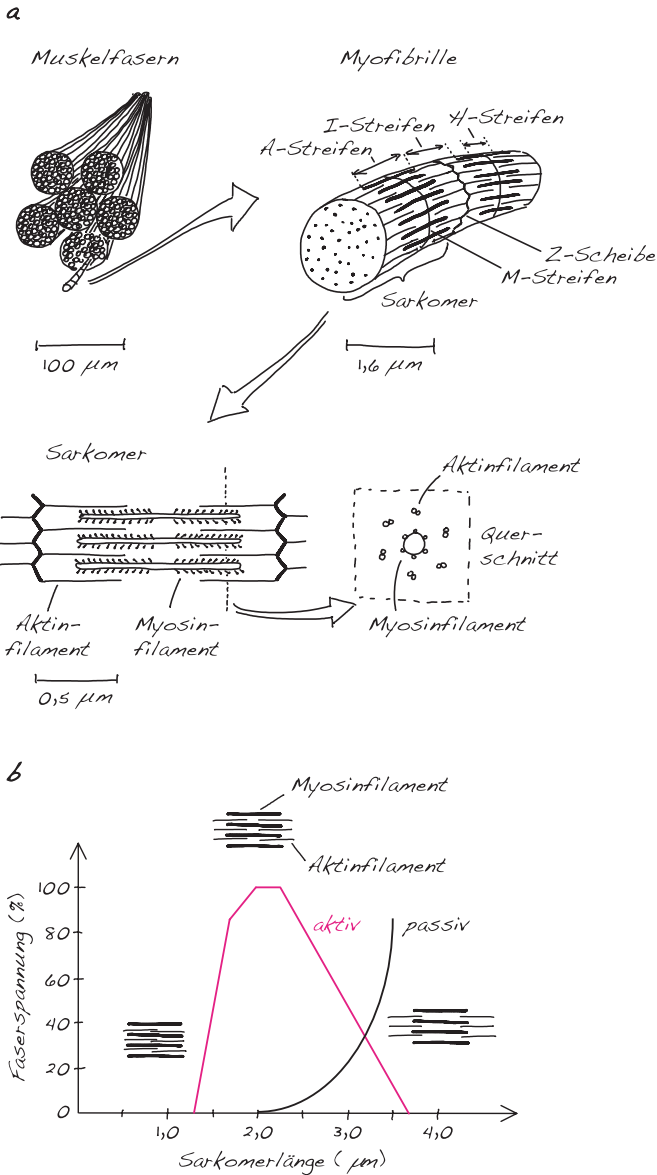


Abb. 2.1 Aufbau eines Muskels. **a** Aufbau von Muskelfasern. **b** Länge-Kraft-Relation eines einzelnen Sarkomers. Beachten Sie, dass Muskelfasern aus parallel verlaufenden Myofibrillen und Myofibrillen aus seriell angeordneten Sarkomeren bestehen. Die Sarkomere können je nach Länge bzw. Grad der Überlappung von Aktin- und Myosinfilamenten unterschiedlich viel Kraft produzieren (aktive Kraftproduktion, rote Linie). Mit zunehmender Sarkomerlänge (Dehnung) steigt auch die passive Kraft (schwarze Linie) im Sarkomer, was wiederum der Dehnung entgegenwirkt

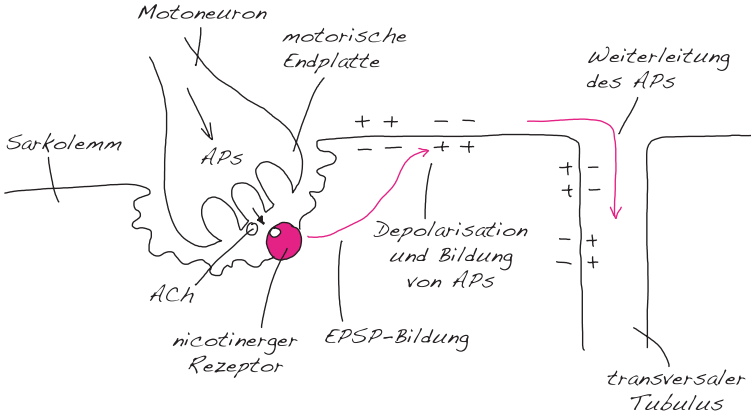
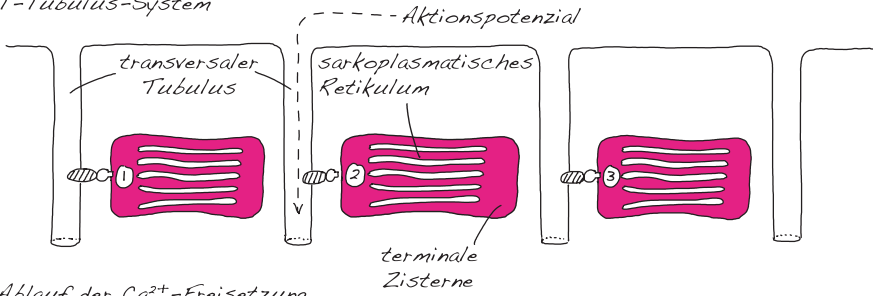


Abb. 2.2 Reizübertragung von Motoneuron zu Muskelfaser. Durch die ankommenden Aktionspotenziale (APs) im Motoneuron wird an der Synapse (Kontaktstelle zwischen Motoneuron und Muskelfaser) Acetylcholin (ACh) ausgeschüttet, das an einen nicotinergen Rezeptor der postsynaptischen Membran (d. h. der Muskelfasermembran, dem Sarkolemm) bindet. Diese Membran generiert ein exzitatorisches postsynaptisches Potenzial (EPSP, vgl. hierzu auch Abschn. 9.8 hinsichtlich des EPSPs im Axonhügel des Motoneuronenzellkörpers), das ab einer gewissen Schwelle zu einer Folge von APs führt. Die APs verlaufen entlang des Sarkolemm und werden in die T-Tubuli geleitet. AP, Aktionspotenzial; EPSP, exzitatorisches postsynaptisches Potenzial (s. Abschn. 11.8 und Abb. 9.3). (Nach Claus und Claus 2009)

in beide Richtungen zeitgleich fortpflanzt (Abb. 2.2). Molekulare Sensoren im Sarkolemm erfassen die durch das Aktionspotenzial entstandene elektrische Spannung und lösen im Inneren der Muskelfaser die Öffnung von Calciumkanälen in den terminalen Zisternen des sarkoplasmatischen Retikulums aus (Abb. 2.3). Durch die Erhöhung der Calciumkonzentration kommt es zur verstärkten Bindung von Calciumionen an Troponin C (Abb. 5.1). Troponin C reguliert zusammen mit den anderen beiden Troponinuntereinheiten (I und T) die räumliche Anordnung von Tropomyosin. Bei niedriger Calciumkonzentration blockiert das Tropomyosin die Bindungsstellen zwischen Aktin und Myosin, auch als dünne und dicke Filamente bekannt. Erst die verstärkte Bindung von Calciumionen an Troponin C und die nachfolgende Umlagerung von Troponin I und T ermöglichen das Wegdrücken des Tropomyosins und somit eine Interaktion, das heißt die Bildung einer Brücke, zwischen Aktin und Myosin.

Die Folge dieser Interaktion ist die Auslösung eines Querbrückenzyklus (s. Abschn. 5.2) mit einhergehender Spaltung von ATP, wobei Kraft (und je nachdem Bewegung) produziert wird (Abb. 5.1). Solange am Sarkolemm Aktionspotenziale ausgelöst werden und die Calciumkonzentration in der Region der Myofilamente Aktin und Myosin erhöht bleibt, findet Kraftpro-

a T-Tubulus-System



b Ablauf der Ca^{2+} -Freisetzung

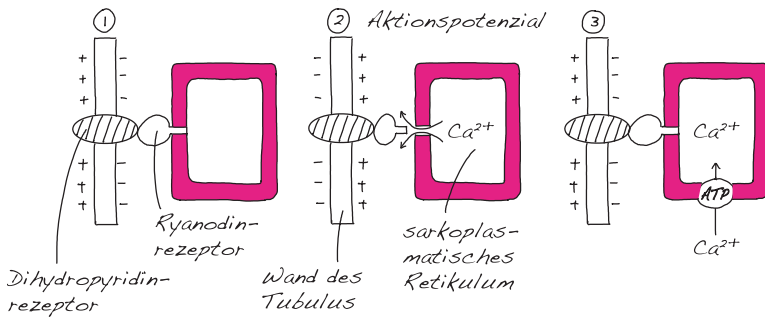


Abb. 2.3 Kopplung zwischen Depolarisation am Sarkolemm und Calciumausschüttung im Sarkoplasma. **a** Leitung eines Muskelaktionspotenzials über das T-Tubulus-System und Kopplung des elektrischen Signals über die Rezeptoren zur Ca^{2+} -Ausschüttung aus den terminalen Zisternen des sarkoplasmatischen Retikulums. **b** Mechanismus der Freisetzung von Ca^{2+} -Ionen. Im Ausgangszustand befinden sich die Ca^{2+} -Ionen im Lumen des sarkoplasmatischen Retikulums ①. Wird die Membran der T-Tubuli depolarisiert ②, verändert sich die Konformation des Dihydropyridinrezeptors (DHPR). Dadurch öffnet sich der Ryanodinrezeptor und Ca^{2+} -Ionen strömen aus dem sarkoplasmatischen Retikulum in das Cytosol der Muskelzelle, dem Sarkoplasma. Die Ca^{2+} -Ionen werden unter Energieverbrauch wieder in das sarkoplasmatische Retikulum zurücktransportiert ③. (Nach Clauss und Claus 2009)

duktion statt. Sobald Impulse und Calciumkonzentration abnehmen, nimmt die Kraft ab. Dies ist dadurch bedingt, dass die Calciumionen im Inneren der Muskelfaser aktiv, das heißt mit Energieaufwand (Spaltung von ATP), zurück ins Innere des sarkoplasmatischen Retikulums gepumpt werden (Abb. 2.3). Dies geschieht mittels molekularer Pumpen, die sich in der Membran des sarkoplasmatischen Retikulums befinden. Sobald die Calciumkonzentration unter einen kritischen Wert fällt, setzt die Hemmung des Tropomyosins wieder ein. Man spricht in diesem Zusammenhang von Relaxation oder eben Entspannung. Je schneller ein Muskel das Calcium zurückpumpen kann, desto schneller die Relaxation. Die ATP-Konzentration muss während der Anspannung und der Relaxation regeneriert werden, was durch den Abbau und die Umwandlung von Nahrungsbestandteilen (z. B. Glucose, Fettsäuren

usw.) und/oder deren Mobilisierung aus dynamischen Körperspeichern (z. B. Glykogen in Muskel und Leber, Triglyceride aus weißen Fettzellen usw.) geschieht.

Je mehr parallelgeschaltete Querbrückenzyklen stattfinden können (direkt von der Calciumkonzentration um die Myofilamente abhängig), desto größer ist die resultierende Muskel(faser)kraft. Während die Anzahl paralleler Querbrückenzyklen demnach die Muskelfaserkraft beeinflusst, wirkt sich die Anzahl serieller Querbrückenzyklen auf die maximale unbelastete (d. h. ohne externen Widerstand stattfindende) Verkürzungsgeschwindigkeit einer Muskelfaser aus. Je größer die Anzahl serieller Querbrücken, desto höher ist die maximale unbelastete Verkürzungsgeschwindigkeit. Aktin- und Myosinfilamente greifen ineinander und bilden zusammen hexagonale Gitter (sechs Aktinfilamente umgeben ein Myosinfilament) und mehrere solcher Gitter bilden eine Myofibrille (Abb. 2.1a). Eine Muskelfaser enthält ganz viele solcher Myofibrillen. Das Ineinandergreifen der Myofilamente Aktin und Myosin ist für die Kraftproduktion und die Bewegung verantwortlich. Myofibrillen kann man wiederum in funktionell-kontraktile Untereinheiten, die Sarkomere, einteilen (Abb. 2.1a). Die Gesamtzahl Sarkomere innerhalb einer Muskelfaser hängt daher von der Faserlänge (Anzahl Sarkomere in Serie bzw. serieller Querbrückenzyklen) und vom Faserquerschnitt (Anzahl paralleler Sarkomere bzw. paralleler Querbrückenzyklen) ab.

Innerhalb einer Muskelfaser hängt bei gegebener Calciumkonzentration die mögliche Anzahl parallelgeschalteter Querbrücken einerseits vom Überlappungsgrad der Aktin- und Myosinfilamente ab und andererseits von der Anzahl der Myofilamente (d. h. Aktin- und Myosinfilamente). Der Überlappungsgrad hängt von der augenblicklichen Länge des entsprechenden Sarkomers ab. Das Verhältnis zwischen Sarkomerlänge und -kraft wird durch die sogenannte Länge-Kraft-Relation beschrieben (Abb. 2.1b): Bei einem sehr kurzen oder einem sehr langen Sarkomer ist der Überlappungsgrad kleiner (d. h. die Kraftproduktion ist geringer) als bei mittlerer Länge (Kraftproduktion größer). Dies ist einer der Gründe, warum Sie nicht in jeder Gelenkwinkelposition gleich viel Muskelkraft produzieren können. Die Anzahl der Aktin- und Myosinfilamente wiederum ist proportional zur Querschnittsfläche der Muskelfaser. Wenn sich die Querschnittsfläche einer Muskelfaser verändert, so verändert sich auch das Potenzial der Faser, Kraft zu produzieren. Wird die Querschnittsfläche kleiner oder größer, so wird die Faserkraft potenziell entsprechend kleiner oder größer.

2.5 Muskeln im Zebrafell

Das ineinandergreifende Muster der Aktin- und Myosinanordnung ist auch für die unter dem Lichtmikroskop im Faserlängsschnitt erkennbare Querstreifung verantwortlich. Daher nennt man die Skelettmuskulatur oft auch quergestreifte Muskulatur. Man sollte einfach dabei nicht vergessen, dass auch die Herzmuskulatur quergestreift ist.

Man kann eine Myofibrille aufgrund ihrer optischen Eigenschaften in mindestens fünf Bereiche einteilen: Die Bereiche, welche nur Myosinfilamente enthalten, nennt man den A(nisotrope)-Streifen. Die Regionen, welche nur Aktinfilamente enthalten, nennt man I(sotrope)-Streifen. Dort, wo sich Aktin- und Myosinfilamente überlappen, spricht man von H-Zonen, wobei das H für hell steht. Die schwarze dunkle Linie, welche sich in der Mitte der I-Streifen befindet, nennt man Z-Scheibe (Z für zwischen). Der Abstand zwischen zwei Z-Scheiben entspricht der Länge eines Sarkomers. In der Mitte des A-Bandes befindet sich schließlich eine relativ dichte Zone, die man M-Streifen nennt (Abb. 2.1a).

2.6 Qual der Wahl bei der Auswahl des besten Trainingsmittels?

Es sind inzwischen etliche Trainingshilfsmittel verfügbar, die dabei helfen sollen, Kraft und Muskeln auszubilden. Dabei werden grob zwei Klassen unterschieden: Hanteln (auch „freie Gewichte“ genannt) und Maschinen. Die Übungen, bei denen die Trainingshilfsmittel eingesetzt werden, können wiederum auch grob in zwei Klassen eingeteilt werden: solche, bei denen die trainierte Bewegung nur ein Gelenk beansprucht (z. B. Beinstrecken sitzend), und solche, bei denen in mehreren Gelenken gleichzeitig eine Bewegung stattfindet (z. B. Beinpresse oder Kniebeuge). Man nennt erstere oft auch Isolationsübungen und letztere Kombinationsübungen. Im Englischen trifft man zudem noch auf die Begriffe *open kinetic chain exercise* und *closed kinetic chain exercise*. Eine kinetische Kette ist in dem Sinne offen, als dass Hand oder Fuß frei beweglich sind, wie bei den Übungen „Bizepscurl“ oder „Beinstrecken sitzend“. Handstand und Kniebeugen wären dagegen Übungen mit geschlossener kinetischer Kette.

2.7 Maschine ist nicht gleich Maschine, oder doch?

Bei den Maschinen, zu denen man im weitesten Sinne auch Kabelzüge und dergleichen zählen kann, muss wiederum nach Bauart und Funktionsprinzip unterschieden werden. Es sprengt den Rahmen und auch die Absicht dieses Buches, sämtliche erdenklichen Variationen zu besprechen. Ich möchte daher nur die wichtigsten Unterschiede erklären. Unabhängig von der Natur des Widerstands (Gewichtskraft der Metallscheiben, Elektromotor, Druckluft, Muskelkraft usw.) kann je nach Bauart des Geräts der Widerstand variieren (oder eben nicht), und zwar

- innerhalb des Bewegungsumfangs (engl. *range of motion*, ROM) bei Maschinen mit exzentrischer Kurvenscheibe (engl. *cam*) und/oder
- zwischen miometrischem und pliometrischem Einsatz (z. B. Maschinen, bei denen die Last während der pliometrischen Phase selektiv höher ist) und/oder
- von Wiederholung zu Wiederholung (adaptive Maschinen, d. h. der Widerstand nimmt mit zunehmender Ermüdung ab).

Weiter gibt es einzelne Gerätehersteller, die Maschinen mit direktem Widerstand fabrizieren. Mit „direkt“ ist gemeint, dass der Widerstand an *dem* Knochen ansetzt, der durch Muskelkraft bewegt werden soll (Isolationsübung, siehe oben). Nehmen Sie zum Beispiel die Übung „Pullover“ (Überzüge). „Direkt“ bedeutet hier, dass der Widerstand am Oberarm ansetzt und dass der Oberarm primär durch die Kraft Ihres großen Rückenmuskels gegen diesen Widerstand bewegt oder gehalten wird. Schließlich bieten Maschinen im Unterschied zu Hanteln einen Rotationswiderstand. Die Gewichtskraft einer Hantel ist immer zum Erdmittelpunkt gerichtet, während die Bewegungen in einem Gelenk (z. B. Beugung oder Streckung) Rotationsbewegungen sind. Auch wenn sich der Widerstand, wie zum Beispiel die Hantelstange beim Bankdrücken, linear bewegt, so rotieren die Oberarmknochen dabei im Schultergelenk und die Unterarmknochen im Ellbogengelenk. Eingelenkmaschinen zur Ausführung von Isolationsübungen können nun so konstruiert werden, dass der Widerstand möglichst gegen die Rotationsrichtung wirkt.

Abschließend sei erwähnt, dass es auch Maschinen gibt, bei denen nicht der Widerstand, sondern der Bewegungsspeed vorgegeben wird, das heißt man drückt oder zieht immer mit maximaler Anstrengung – der Bewegungsspeed bleibt konstant. Das vermeintlich stärkste Pferd im argumentativen Rennstall der Geräteproduzenten ist aber der variable Rotationswiderstand innerhalb des ROMs, auch „angepasster Widerstand“ genannt. Die Idee hinter dem

angepassten Widerstand ist, dass das durch den Trainingswiderstand und den Hebelarm erzeugte externe Drehmoment variiert wird, und zwar der Winkel-Drehmoment-Relation des Muskels, also dem internen Drehmoment gemäß: In den Gelenkpositionen, in denen das muskuläre Drehmoment am größten ist (wo Sie am „stärksten“ sind), soll das externe Drehmoment am größten sein und *vice versa*. Dies soll das Training relativ zum Hanteltraining besonders effektiv bzw. überlegen machen. Fälschlicherweise wird in diesem Zusammenhang immer von der Kraftkurve gesprochen.

Box 2.2 Maschinen- oder Hanteltraining?

Die Frage, welches Training – Maschinen- oder Hanteltraining – sich für den Muskelaufbau *grundsätzlich* besser eignet, ergibt keinen Sinn. Sie bekommen nicht große Muskeln, weil Sie mit Hanteln statt Geräten trainieren. Umgekehrt haben Sie nicht kleine Muskeln, weil Sie mit Geräten statt Hanteln trainieren. Die Wahl des Trainingsmittels (ob Maschine, Hantel, eigener Körper usw.) ist zweitrangig. Wenn Sie richtig trainieren und gute (epi-)genetische Voraussetzungen (s. Kap. 22) haben, können Sie sowohl mit Hanteln als auch mit Maschinen oder Ihrem eigenen Körpergewicht als Trainingswiderstand gute Resultate erzielen. Maschinen, Hanteln, Seilzüge, Körpergewicht usw. schließen sich nicht gegenseitig aus. Entscheidender ist, *wie* Sie die Übungen ausführen (s. Kap. 9) und dass eine sukzessive Steigerung des Widerstands möglich ist (progressives Training). Wenn die Übungsausführung schlecht ist (und ja, leider ist das in vielen Trainingsstätten der Fall), nutzen die besten Trainingsmittel nichts. Der Fokus sollte statt auf dem Trainingsmittel auf der Bewegungsausführung liegen. Eine hohe Trainingsqualität ist das A und O eines verletzungsfreien und quantitativ erfolgreichen Muskel- und Kraftaufbaus. Ich rate daher zu einer pragmatischen Vorgehensweise. Wählen Sie je nach Übung das Trainingsmittel, bei dem Sie die zu trainierenden Muskeln am meisten spüren, das heißt bei denen es im guten Sinne am meisten „weh tut“.

2.8 Die ominöse Kraftkurve

Es wird nun behauptet, es existiere eine natürliche, optimale Kraftkurve des Muskels und der Widerstand des Trainingsmittels müsse möglichst an diese angepasst sein, um erstens effektiv zu trainieren und zweitens Dysbalancen zu vermeiden. Das Verkaufsargument ist, dass Dysbalancen in der Kraftkurve, definiert als Abweichung der Kraftkurve des Muskels vom natürlichen, idealen Verlauf, kausal zu muskuloskelettalen Problemen wie Rückenschmerzen führen. Leider sind die meisten Behauptungen im Zusammenhang mit der Kraftkurve aber Wischiwaschi. Das große Problem ist nämlich, dass der Verlauf der Muskelkraft während der Gelenkrotation nicht zwingend mit dem



<http://www.springer.com/978-3-642-37640-5>

MuskelRevolution

Konzepte und Rezepte zum Muskel- und Kraftaufbau

Toigo, M.

2015, XVI, 278 S. 39 Abb., 38 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-642-37640-5