Institut für Angewandte Trainingswissenschaft

Forschung für den Leistungssport

FAQ

Spitzensport-Symposium 2019

Kräftiger, schneller, ausdauernder?
Entwicklung der muskulären Leistung im Hochleistungstraining

Inhaltsübersicht

Kräftiger, schneller, ausdauernder?
Entwicklung der muskulären Leistung im Hochleistungstraining

Die Beiträge aus der Reihe *Häufig gestellte Fragen im Leistungssport* verfolgen das Ziel, wissenschaftliche Erkenntnisse an Trainer zu vermitteln. Dazu haben die FAQ-Verfasser wissenschaftliche Texte zusammengefasst und so formuliert, dass sie Trainern Empfehlungen für ihre Tätigkeit geben. Die einzelnen FAQ folgen der Struktur Frage, Hintergrund, Antwort und Empfehlungen und können unabhängig voneinander gelesen werden. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird der Terminus Trainer synonym für beide Geschlechter verwendet.

Inhaltsübersicht

- Was versteht man unter muskulärer Leistung?
- Der Ursprung der Muskelkraft? Vom Sarkomer zum Muskelbündel!
- Kraftvoll, schnell oder ausdauernd – wie macht der Muskel das?
- Was versteht man unter (Maximal)Kraft?
- Was versteht man unter Krafttraining?
- Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportartspezifische Anforderungsanalyse?
- Wie können Kraftwirkungen in der sportartspezifischen Bewegung erfasst werden?
- Wieso ist Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig? Kennliniendiagnostik am IsoMed!
- Wie kann die maximale Kraft diagnostiziert werden?
- Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?
- Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?
- Ausdauerorientierte muskuläre Leistung - Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

Impressum

Herausgeber:	Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.
Redaktion:	Uwe Wenzel, Ingo Sandau, Frank Lehmann Assistenz: Andrea Schulze und Susann Lehmann
Idee/Layout/Gestaltung:	Juliane Wulff, Peter Sack

POWERED BY evoletics® Leistungssport

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ
Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Was versteht man unter muskulärer Leistung?

Geschrieben von Frank Lehmann, Ingo Sandau und Uwe Wenzel

HINTERGRUND

Nach dem in Deutschland verbreiteten Fähigkeitskonzept lassen sich alle Sportarten auf einem Dreieck mit den Ecken Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer einordnen[1]. Dabei lassen sich typisch kraftorientierte (Gewichtheben) von ausdauerorientierten (Skilanglauf) und schnelligkeitsorientierten Sportarten (Fechten) unterscheiden Abb. 1. Trotz dieser Einteilung gibt es immer sportartspezifische Kraftanforderungen, weshalb Krafttraining vielfältig zur Entwicklung der sportlichen Leistung eingesetzt wird. Dabei wird häufig die Maximalkraft trainiert, da sie von verschiedenen Autoren als Basisfähigkeit über andere Kraftfähigkeiten gestellt wird[2]. Problematisch daran ist, dass diese Art des Krafttrainings die in der Sportart angestrebte Bewegungsgeschwindigkeit nur ungenügend berücksichtigt. Der größte Übertrag vom Kraftraum auf den Wettkampf wird jedoch erreicht, wenn sowohl Last als auch Geschwindigkeit im Krafttraining berücksichtigt werden[3]. Das ist die Grundidee des angloamerikanischen Begriffs „power". Im deutschen Sprachgebrauch wird „(muscular) power" am häufigsten mit der Fähigkeit „Schnellkraft" übersetzt, kann aber auch im Zusammenhang mit muskulärer Leistung auftauchen. Was versteht man aber nun unter muskulärer Leistung? Es muss geklärt werden, inwieweit unterschiedliche Kraftfähigkeiten sowie der Begriff „power" mit der muskulären Leistung (muscular performance) zusammenhängen.

ANTWORT

Für leistungssportliche Aktivitäten ist eines der wichtigsten Merkmale des Skelettmuskels, Kräfte bei sportartspezifischen Bewegungsgeschwindigkeiten zu generieren. Das spiegelt sich im Begriff „power" (Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit bzw. Geschwindigkeitsänderung) wider. Dies entspricht dem deutschen (vorwiegend physikalisch bzw. biomechanisch) gebräuchlichen Begriff der mechanischen Leistung. Die dazugehörige konditionelle Fähigkeit bezeichnen wir als muskuläre Leistung (muscular performance). Sie ist Ergebnis einer jeden Kraftwirkung, die sich in einer Bewegung äußert und kann daher einen schnelligkeitsorientierten, kraftorientierten oder ausdauerorientierten Charakter haben. Somit finden sich die traditionellen Kraftfähigkeiten (Maximalkraft, Kraftausdauer, Schnellkraft) im Konstrukt der muskulären Leistung wider, genau wie weniger gebräuchliche Fähigkeiten (z. B. Schnellkraftausdauer). Mit der muskulären Leistung ist die Grundidee verbunden, eine sportliche Bewegung auf einem Spektrum zwischen Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer einzuordnen, ohne dass aus unserer Sicht die klare Abgrenzung von „Mischfähigkeiten" (z. B. Kraftausdauer) möglich ist oder notwendig wäre. Vielmehr bestehen sportartspezifische Anforderungen im Hinblick auf die konditionellen Fähigkeiten (Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer), die im Zuge einer Anforderungsanalyse[1] diagnostiziert werden und Ausgangspunkt für die jeweilige Trainingsmethodik darstellen sollten.

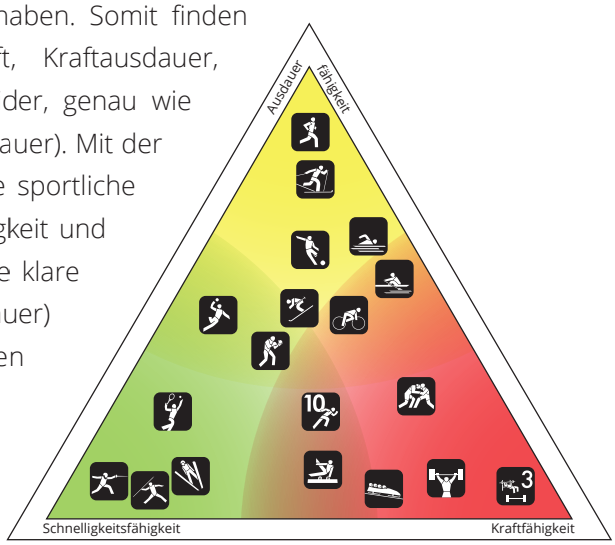


Abb. 1: Zuordnung von Sportarten auf dem Fähigkeitskontinuum (mod. nach[1]; Piktogramme: ©DOSB/Sportdeutschland).

Die muskuläre Leistung ist ein Konstrukt und Teil jeder sportlichen Bewegung. Sie kann über die extern abgegebene mechanische Leistung operationalisiert werden und ist das Ergebnis des Zusammenspiels aller beteiligten Organ- und Funktionssysteme. Physikalisch ist sie das Produkt aus Kraft [N] und Geschwindigkeit [m/s] in Abhängigkeit von der Anzahl der Bewegungszyklen [n] bzw. der Bewegungsdauer [s].

Muskuläre Leistung – operationalisiert am Beispiel der Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung

Seit der Arbeit von Hill[4] im Jahre 1938 ist bekannt, dass sich die Verkürzungsgeschwindigkeit eines Muskels verringert, wenn er gegen eine steigende Zusatzlast kontrahiert. Dieses Phänomen ist als Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung (FvR) bekannt. Demnach können hohe Kräfte nur mit geringen Bewegungsgeschwindigkeiten und hohe Bewegungsgeschwindigkeiten nur mit geringen Kraftwirkungen einhergehen. In der Praxis stellt sich diese Relation bei mehrgelenkigen Bewegungen als linearer Zusammenhang dar **Abb. 2**.

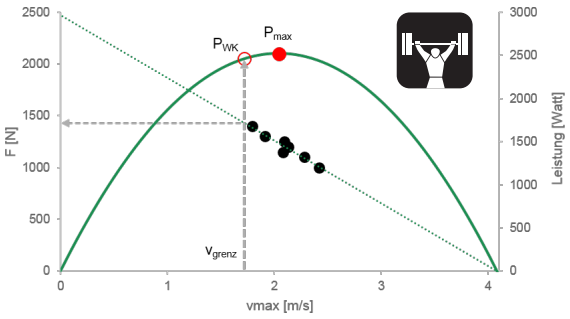


Abb. 2: Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung für die Trainingsübung Zug breit im Gewichtheben (P_{max} = maximale Leistung, P_{WK} = Leistung unter Wettkampfbedingungen, v_{grenz} = Grenzgeschwindigkeit für gültigen Versuch

Die wettkampfspezifische muskuläre Leistung (Zielgröße des Trainings) befindet sich in einem bestimmten Bereich der Leistungskurve und muss sportartspezifisch ermittelt werden. Die maximale muskuläre Leistung wird im mittleren Bereich der Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung erreicht. Die Bestimmung der FvR erfolgt im Sinne einer Kennliniendiagnostik bei wettkampfanalogen Bewegungen als auch bei Trainingsübungen durch Variation der Zusatzlasten oder durch Variation der Geschwindigkeiten".

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Bestimme für deine Athleten die muskuläre Leistung unter Wettkampfbedingungen (Anforderungsanalyse).

B. Erstelle für die jeweiligen Hauptmuskelgruppen (Auswahl der Testübungen) die entsprechenden Kraft-Geschwindigkeit-Beziehungen und bedenke, dass in zyklischen Sportarten der Aspekt der Wiederholbarkeit eine Rolle spielt.

C. Bestimme anhand deiner Testergebnisse ein Stärken-Schwächen-Profil und leite deine Trainingsschwerpunkte daraus ab.

FAQ LESETIPPS

I. Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportartspezifische Anforderungsanalyse?

II. Wieso ist eine Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig? Kennliniendiagnostik am IsoMed!

III. Wie können Kraftwirkungen in der sportartspezifischen Bewegung erfasst werden?

LITERATURVERWEISE

1. Bompa, T. O. & Buzzichelli, C. A., (2019). Periodization. Theory and Methodology of Training. Champaign: Human Kinetics.

2. Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 50 (7/8), 223-234.

3. Kawamori, N. & Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. Strength & Conditioning Journal, 28 (2), 86-91.

4. Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 126 (834), 136-195.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ

Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Der Ursprung der Muskelkraft? Vom Sarkomer zum Muskelbündel!

Geschrieben von Olaf Ueberschär

HINTERGRUND

So wie die Ausdauerfähigkeit mit dem Herz-Kreislauf-System in Verbindung steht, so ist die Kraftfähigkeit untrennbar mit der Muskulatur verbunden. Auch wenn die unterschiedlichen Funktionssysteme im menschlichen Körper nicht getrennt voneinander betrachtet werden können, kommt der Muskulatur bzw. dem neuromuskulären System eine besondere Bedeutung in diesem Zusammenhang zu. Trainer sollten dabei eine Vorstellung haben, wie die Muskulatur grundsätzlich aufgebaut ist und welche Prozesse im Körper ablaufen, bevor eine Kraftwirkung nach außen sichtbar wird.

ANTWORT

Für Trainer ist die willentlich steuerbare Skelettmuskulatur von besonderer Bedeutung, da sie den eigentlichen motorischen Aktivitäten dient. Wie es der Name schon sagt, sind unsere in der Regel 501 Skelettmuskeln[1] dabei meist über Sehnen mit Skelettknochen verbunden, die dabei Widerlager und Hebel für die Krafterzeugung darstellen. Der innere Hebelarm als Kraftarm besteht i. d. R. aus einem Knochenvorsprung und fällt meist sehr viel kürzer als der Lastarm aus . Dadurch müssen die Muskeln in der Regel sehr viel größere Kräfte aufwenden, als man von außen vermuten mag. Zum waagrechten Halten eines 1 kg schweren Balls muss z. B., vereinfacht ausgedrückt, unser Biceps brachii statt ca. 10 N in etwa das 10-fache, also 100 N erzeugen. Hier liegt eine anatomische Eignung für eine Sportart oder Disziplin begründet.

Grundsätzlich ist jeder Skelettmuskel strukturell hierarchisch aufgebaut [Abb. 1]. Ein Skelettmuskel besteht in der Regel aus mehreren Muskelfaserbündeln (Faszikeln), die wiederum aus zahlreichen Muskelfasern, den eigentlichen Muskelzellen (den sog. Myozyten) bestehen. Diese Myozyten sind vielkernige, einige Mikrometer dicke und mit bis zu 40 cm sehr lange Zellen, die jeweils ca. 1000-2000 sog. Myofibrillen enthalten[1,2]. Jene Myofibrillen stellen das zentrale strukturelle Merkmal von (Skelett-)Muskelzellen dar und verlaufen wie „Fäden“ parallel in der Zelle. Sie sind es, die eine willentliche Verkürzung oder Entspannung des Muskels ermöglichen. Dabei sind Myofibrillen ihrerseits aus jeweils mehreren hundert „in Reihe“ geschalteter sog. Sarkomere aufgebaut. Jene einzeln ca. 2 µm langen Sarkomere stellen die eigentlichen kontraktilen Funktionselemente des Muskels dar[1,2]. Vielfach parallel aneinandergereiht, geben sie einer Muskelfaser im Lichtmikroskop ein charakteristisches quergestreiftes Erscheinungsbild, was der Skelettmuskulatur ihren Beinamen gegeben hat[2]. In den Sarkomeren, die an den sog. Z-Linien (Zwischenlinien) miteinander verbunden sind, agieren drei wichtige Muskelproteine: Das dünne filamentartige Strukturprotein Actin, das dicke Motorprotein Myosinfilament (bzw. eine ganze Familie dieser Proteine) sowie das filamentartige Titin. Vereinfacht ausgedrückt verbindet ein Myosin-Protein zwei Actin-Filamente, die wiederum durch je ein Titin-Filament mit den angrenzenden Z-Scheiben und damit den benachbarten Sarkomeren verbunden sind[1,2,3].

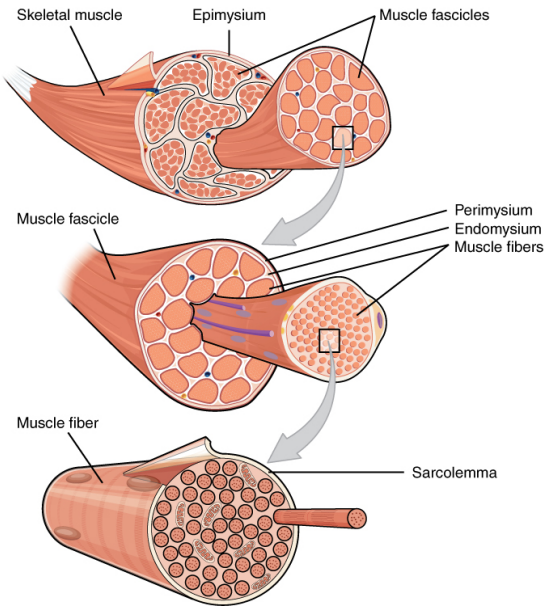


Abb. 1: Aufbau der Skelettmuskulatur[4].

Ein willentlicher Aktivierungsreiz wird über spezielle Nerven, die sog. Motoneuronen, an die Muskelfaser übermittelt. Über die sog. motorischen Endplatten, welche sich an den Enden der Motorneuronen befinden, werden elektro- und biochemische Prozesse in der Muskelfaser eingeleitet. Vereinfacht ausgedrückt, bewirkt ein elektrischer Nervenimpuls die Freisetzung von Kalziumionen, die wie ein „Schlossöffner“ auf die Actin-Myosin-Verbindungen wirken, sodass das Myosinmolekül mit seinen sog. Köpfchen radial an seinen beiden Enden Schritt für Schritt in jeweils entgegengesetzter Richtung an den Actin-Filamenten „entlangwandern“ kann[1]. Für jeden einzelnen Schritt muss dazu Energie aufgewandt werden, die biochemisch durch die Umwandlung von Adenosintriphoshphat (ATP) zu Adenosindiphosphat (ADP) sowie einem Phosphatmolekül frei wird[1,2]. Durch das mit seinen beiden Köpfchen an den benachbarten Actinfilamenten ent-

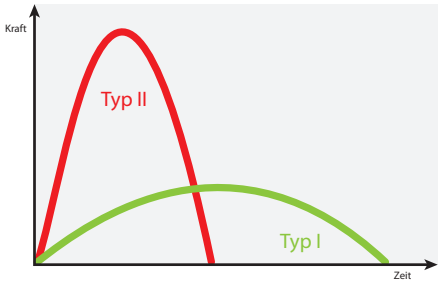
langwandernde Myosinmolekül erhöht sich der Überlapp mit den Actinfäden, ähnlich wie die Finger von zwei Händen, die dichter ineinander gleiten. Das Sarkomer verkürzt sich dadurch in Längsrichtung, es kontrahiert. Nach jedem Wanderungsschritt wird die eingesetzte Energie aus der ATP-ADP-Umwandlung als Wärme an das umliegende Gewebe abgegeben – der Grund, weswegen durch Muskelarbeit stets spürbar Wärme erzeugt wird[1,2]. Hört die nervale Aktivierung auf, können die Myosinköpfchen wieder in ihre Ausgangslage zurückgleiten, wodurch sich die Sarkomerlänge wieder verlängert. Erst seit Kurzem weiß man übrigens, dass nicht nur die Actin-Myosin-Verbindungen, sondern auch das elastische Titin aktiv zur Sarkomerkontraktion beiträgt[3].

Da die Aktivierung aller Sarkomere einer Muskelfaser grundsätzlich über dieselbe motorische Endplatte und somit über dieselbe „Telefonleitung" erfolgt, gilt für die Muskelfasern des Skelettmuskels das „Alles oder nichts"-Prinzip. Das heißt, alle Myofibrillen einer Muskelfaser können nur gleichzeitig kontrahieren oder entspannen, wodurch die gesamte Muskelzelle entweder maximal oder gar nicht kontrahiert[1,2]. Grundsätzlich werden alle willentlichen Kontraktionen unserer Skelettmuskeln nicht durch einzelne elektrische Nervenimpulse, sondern durch eine Vielzahl kurz hintereinander ausgesandter Impulse gesteuert, man spricht dabei auch von Frequenzierung[1,2]. Durch diese kurze Abfolge elektrischer Kontraktionsreize überlagern sich mehrere Einzelkontraktionen der Muskelzelle, wodurch die Gesamtkraft einer Muskelfaser im Vergleich zu einer Einzelkontraktion mehr als verdoppelt wird[2]. Bei dieser Form der frequenzierten nervalen Muskelaktivierung spricht man auch von (vollständiger) tetanischer Kontraktion (Tetanisierung). Einzelzuckungen treten bei gesunden Skelettmuskeln hingegen nur bei Eigenreflexen und somit unwillkürlich auf[1,2].

Wie ist es nun aber trotz dieses „Alles oder nichts"-Prinzips möglich, dass wir sehr wohl die Krafterzeugung z. B. unserer Gliedmaßen oder Hände sehr fein abstufen können? Hier macht sich die Natur das Prinzip der variablen Rekrutierung zu Nutze: Zwar kontrahieren nach obigen Überlegungen einzelne Muskelfasern (tetanisch) entweder zu 100 % oder 0 %, doch können durch die (uns kognitiv nicht bewusste) Wahl, welche Muskelfasern eines Muskels kontrahieren, entweder nur wenige oder zahlreiche Muskelfasern eines Muskels gleichzeitig aktiviert, man sagt auch rekrutiert, werden. Eine Gruppe von mehreren Muskelzellen, eine sog. motorische Einheit, wird dabei jeweils von einem separaten Motoneuron innerviert. Je nachdem, welche und wie viele Motoneuronen gleichzeitig „feuern", kontrahieren wenige oder zahlreiche motorische Einheiten des Muskels[1,2]. Unser Gehirn und Rückenmark leisten dabei eine beachtliche logistische Arbeit, indem sie für diese willentliche Kraftentwicklung i. d. R. ständig andere motorische Einheiten rekrutieren, wodurch eine Art „Rotation" zwischen den Muskelfasern wie bei einer (sehr großen) Fußballmannschaft stattfindet. Auf diese Weise wird eine einzelne Muskelfaser effizient vor energetischer und struktureller Überlastung geschützt[2]. Erst dann, wenn die aufzuwendende Kraftanstrengung maximal wird, muss der Großteil aller motorischen Einheiten eines Muskels gleichzeitig rekrutiert werden, wodurch dieser dann jedoch auch schnell ermüdet. In diesem Ausnahmezustand einer Maximalanstrengung kann man das Zusammenspiel von hoher Frequenzierung und synchroner Rekrutierung des Großteils aller Muskelfasern eines Muskels, man spricht auch von Synchronisation, gut beobachten: Der Muskel beginnt sichtbar zu „zittern" – ein deutliches Zeichen, dass die Intensität der Krafterzeugung nicht mehr lange aufrechterhalten werden kann[2]. Für den Sportler ist überdies interessant zu wissen, dass die Fähigkeit, möglichst viele Muskelfasern gleichzeitig in einem Muskel zu rekrutieren, auch vom Trainingszustand abhängt. Während ein untrainierter Mensch willentlich nur ca. 50 % aller Muskelfasern eines Muskels gleichzeitig rekrutieren kann, erreicht ein trainierter Athlet ein Ver-

hältnis von bis zu etwa 90 %. Die letzten Prozentpunkte der Synchronisation sind unter normalen Bedingungen willentlich nicht erreichbar, sondern fallen unter die sog. autonomen Reserven. Diese sind nur unter psychophysiologischen Extremzuständen, wie z. B. Todesangst, Drogen bzw. Doping, auszuschöpfen[1].

Unabhängig von der Art und Weise der neuromuskulären Ansteuerung gibt es auch hinsichtlich der Muskelzellspezialisierung Unterschiede zwischen verschiedenen Muskelfasern von Skelettmuskeln. Grundsätzlich unterscheidet man nach moderner Nomenklatur drei histologische Grundtypen von Skelettmuskelzellen: Den langsam kontrahierenden Typ I („langsam zuckend", engl. „slow twitch", ST-Fasern) sowie die schnell kontrahierenden Typen IIa und IIx („schnell zuckend", engl. fast twitch, FT-Fasern). Während die ST-Fasern (Typ I) nur vergleichsweise geringe Kräfte erzeugen, können sie ein konstantes Kraftniveau über eine lange Zeit aufrechterhalten. Die FR-Fasern (Typ IIx) hingegen können vergleichsweise große Kräfte erzeugen, jedoch ermüden sie schnell[1,2]. Diese unterschiedlichen Eigenschaften resultieren aus einem histologisch unterschiedlichen Aufbau (Konzentration von Myoglobin, Anzahl an Mitochondrien etc.), der sich auch in differierenden primären Energiebereitstellungsmechanismen (oxidativ oder glykolytisch) ausdrückt. Abhängig von der zu erzeugenden Kraft rekrutiert unser Körper im Allgemeinen zuerst die Typ-I-Fasern eines Muskels, erst dann die Typ-IIa- und nur bei großer Kraftanstrengung auch die Typ-IIx-Fasern **Abb. 2**. Diese gestaffelte „Zuschaltung" wird auch als „Henneman'sches Rekrutierungsprinzip" bezeichnet[2].



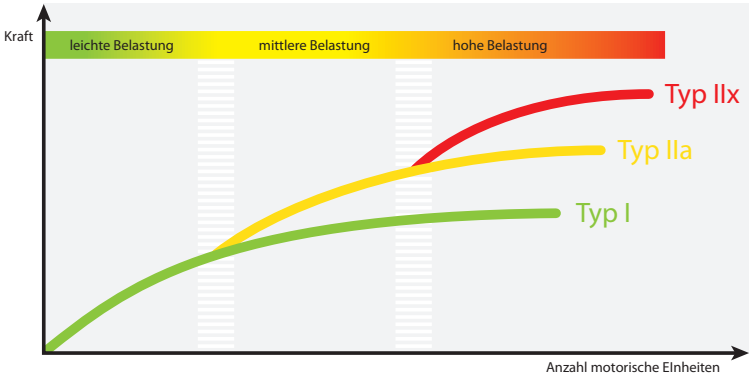


Abb. 2: Rekrutierungsfolge nach Belastungsintensität (verändert nach [2]).

Abhängig davon, welche Kraftform (z. B. explosiv oder ausdauernd) für eine Sportart primär erforderlich ist, findet man in den erfolgreichen Athleten verschiedener Disziplinen ein unterschiedliches Muskelfaserspektrum. So haben die weltbesten 100-m-Sprinter beispielsweise einen sehr hohen Anteil an FT-Fasern im Körper, der über 70 % liegen kann[2, Abb. 3]. Spitzenmarathonläufer verfügen hingegen nur über einen geringen Anteil an FT-Fasern und besitzen stattdessen zu über 80 % ST-

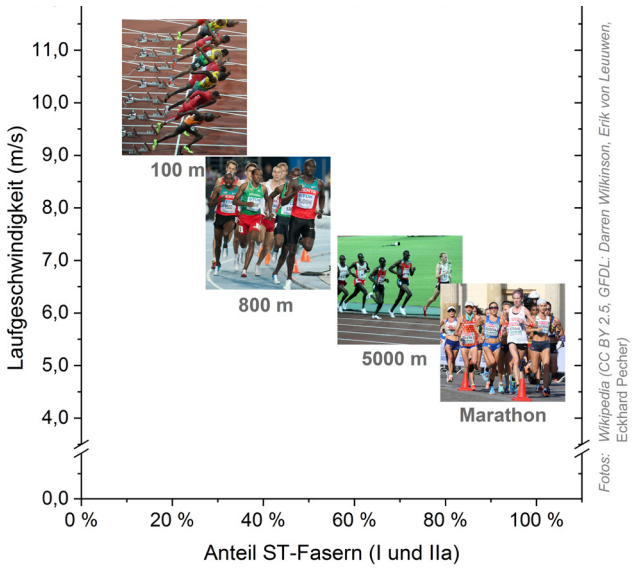


Abb. 3: Muskelfaserspektrum in verschiedenen Laufdisziplinen (verändert nach [2]).

Fasern [2]. Für die Normal-bevölkerung liegt der Anteil an ST-Fasern bei etwa 50-60 %, der von FT-Fasern entsprechend bei 40-50 %, wobei individuell große Varianzen bestehen [2].

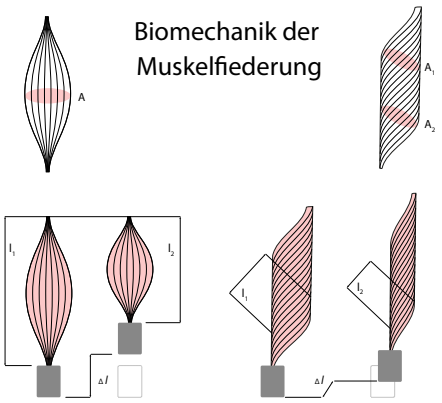


Abb. 4: Spindelförmige und gefiederte Muskeln (verändert nach **1)** .

Unabhängig von diesen „Bauplanunterschieden" auf zellulärer Ebene gibt es auch einen strukturellen Unterschied auf Muskelbündelebene, der erheblich über Kraft- und/oder Schnelligkeitsfähigkeit eines Muskels entscheidet: die sog. Fiederung. Verlaufen die Muskelfasern nicht parallel zum äußeren Muskelverlauf als Muskelspindel, sondern bilden einen sog. Fiederungswinkel mit ihm, unterscheidet sich der für die Muskelkraftentwicklung tatsächlich wirksame sog. physiologische Muskelquerschnitt von dem anatomischen Muskelquerschnitt **Abb. 4**. Dies bewirkt, dass bei gleichem äußeren (d. h. anatomischen) Muskelquerschnitt deutlich mehr Muskelfasern kontrahieren und gemeinschaftlich „an einem Strang ziehen" können als im Fall des spindelförmigen Muskels. Die Natur hat hier also einen eleganten Weg gefunden, auf begrenztem „Bauraum" bzw. unter Gewichtsoptimierung mehr Muskelfasern unterzubringen: Bei gleicher äußerer Größe bzw. Muskelmasse kann ein gefiederter Muskel deutlich mehr Kraft entwickeln! Der Nachteil dieses muskelphysiologischen „Bautricks" besteht jedoch in der Konsequenz der Goldenen Regel der Mechanik: Die höhere Kraftentwicklung wird durch einen geringeren Muskelkontraktionsweg „erkauft", weswegen gefiederte Muskeln vor allem für kraftvolle, aber kleine Bewegungen geeignet sind. Im menschlichen Körper sind sie daher üblicherweise auch an genau den hierfür prädestinierten anatomischen Orten ausgeprägt. Spindelförmige Muskeln hingegen sind dort zu finden, wo üblicherweise ausladende, schnelle Bewegungen realisiert werden müssen. Wie der Muskelquerschnitt ist auch der Fiederungswinkel durch Training an die sportartspezifischen Erfordernisse in gewissen Grenzen anpassbar [5].

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Berücksichtige, dass jeder Athlet sein persönliches muskuloskelettales Profil besitzt. Sowohl Hebellängen als auch das Muskelfaserspektrum sowie die Hypertrophieneigung bilden Bestandteile des sportartspezifischen biomechanisch-physiologischen Talents.

B. Vergegenwärtige dir die Anforderungen an die Arbeits- und Haltemuskulatur in deiner Sportart. Gestalte die Trainingspläne entsprechend.

LITERATURVERWEISE

1. Ahonen, J. (1994). Sportmedizin und Trainingslehre. 1. Auflage. Nürnberg, New York: Schattauer.

2. Badtke, G. (1999). Lehrbuch der Sportmedizin. Heidelberg, Leipzig: Barth.

3. Herzog W. (2018). The multiple roles of titin in muscle contraction and force production. Biophysical Reviews, 10 (4), 1187–1199.

4. OpenStax (2019). Zugriff am 16.05.2019 unter https://openstax.org/details/books/anatomy-and-physiology

5. Alegre, L. M., Jiménez, F., Gonzalo-Orden, J. M., Martín-Acero, R. & Aguado, X. (2006). Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. Journal of Sports Sciences, 24 (5), 501-508.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ
Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Kraftvoll, schnell oder ausdauernd – wie macht der Muskel das?

Geschrieben von Uwe Wenzel

HINTERGRUND

Maximalkraft, Schnellkraft oder Kraftausdauer – so bezeichnete Fähigkeiten werden in den unterschiedlichen Sportarten gezielt trainiert und verbessert. Deren Bedeutung wird dabei durch die spezifische Wettkampf- und Leistungsstruktur einer Sportart oder Disziplin bestimmt und resultiert in unterschiedlichen kontraktilen Eigenschaften der beanspruchten Muskeln. Beispielsweise beeinflusst Training mit dem Fokus entweder auf Maximalkraft oder auf Schnelligkeit die Kraft-Geschwindigkeits-Kurve jeweils auf eine charakteristische Art und Weise [1]. Um die Veränderungen der kontraktilen Eigenschaften (z. B. kräftiger, schneller, ausdauernder) gezielt zu steuern, muss man verstehen, wie ein Muskel Kraft erzeugt und was man im Muskel eigentlich verändern möchte! Zum Beispiel kann ein Hypertrophietraining in gewichtsabhängigen Sportarten zwar erfolgreich, aber kontraproduktiv sein.

ANTWORT

In Bezug auf die Kraftfähigkeiten ist die willentlich steuerbare Skelettmuskulatur für Trainer von besonderem Interesse, da sie der eigentlichen motorischen Aktivität dient. Deshalb soll an dieser Stelle weniger das Herz-Kreislauf-System, sondern die Verbindung von Nervensystem und Muskulatur (neuromuskuläres Funktionssystem) in den Mittelpunkt gerückt werden. Eine Vielzahl an Einflussfaktoren ist an der Erzeugung von Kraft beteiligt. Vereinfacht kann man sich an folgenden vier Aspekten orientieren:

1. Anatomische Gegebenheiten: Wie es der Name schon sagt, sind unsere Skelettmuskeln über Sehnen mit Skelettknochen verbunden, die dabei inneres Widerlager und Hebel für die Krafterzeugung darstellen. Zu beachten ist, dass aufgrund der inneren und äußeren Hebelverhältnisse die Muskeln in der Regel sehr viel größere Kräfte aufwenden, als man von außen vermuten mag. Da man mit Training relativ geringen Einfluss auf diese individuellen Hebelverhältnisse hat, kann man von einer anatomischen Eignung für gewisse Sportarten/ Disziplinen sprechen. Aus den Hebelgesetzen wird deutlich, dass ein langer Hebelarm (rechtwinkliger Abstand der Kraftwirkungslinie zum Gelenkdrehpunkt) zwar Vorteile in der Generierung hoher Drehmomente bietet, sich aber negativ auf die Winkelgeschwindigkeit bei gegebener Muskelverkürzung auswirkt[2]. In diesem Zusammenhang werden z. B., im Vergleich zu Normalpersonen, für Sprinter signifikant längere Zehen und kürzere Unterschenkel sowie hochsignifikant kürzere Hebelarme der Plantarflexoren im oberen Sprunggelenk beschrieben[3].

2. Histo- und biochemische Muskeleigenschaften: ST- und FT-Fasern sind gebräuchliche Begriffe zur Einteilung der Muskelfasern. Sie spiegeln die Unterschiede der Muskelfaserstruktur aber nur bedingt wider. Auch hier ist eher von einem Spektrum an kontraktilen Eigenschaften auszugehen, welches sich von langsam und schwach, aber ausdauernd, bis hin zu explosiv, aber schnell ermüdend, erstreckt. Die folgende Tabelle macht diese Unterscheidung deutlich, wobei eine Einteilung der Myosin-Isoformen und deren Kontraktionsgeschwindigkeit (V0) genutzt wird.

Typ	Typ I	Typ I-IIA	Typ IIA	Typ IIA-IIX	Typ IIX
V0 [Faserlänge/s]	0,285 ± 0,017	0,740 ± 0,311	1,118 ± 0,108	2,035 ± 0,148	2,836 ± 0,384
Kraft	Gering		Mittel	Hoch	
Ermüdbarkeit	Langsam		Langsam	Schnell	

Tab. 1: Klassifizierung der Muskelfasertypen[4].

Es gibt viele Hinweise darauf, dass erfolgreiche Athleten in Sportarten mit unterschiedlichen Kraftanforderungen auch ein unterschiedliches Muskelfaserspektrum aufweisen. Man muss davon ausgehen, dass sowohl genetische als auch aktivitätsbedingte Aspekte für die genaue Ausdifferenzierung der Muskelfasern verantwortlich sind[5]. So kann Ausdauertraining eine Umwandlung in der Reihenfolge IIX > IIXIIA > IIA > IIAI > I bewirken, was in unterschiedlichen Studien nachgewiesen werden konnte. Im Gegensatz dazu kann kurzzeitiges hochintensives Training oder Trainingspausen eine Umwandlung in umgekehrter Richtung ermöglichen[6]. Allerdings ist die Umwandlung von langsam zu schnell als ungleich schwieriger einzuschätzen und womöglich nur unter Berücksichtigung des Trainings und der gesamten Alltagsmotorik erfolgsversprechend.

In Bezug auf schnelle, ausdauernde oder maximale Kraftwirkungen ist ein hoher Anteil an schnellen oder langsamen Muskelfasern

allerdings nicht alleinige Voraussetzung – vielmehr müssen die Muskelfasern durch entsprechendes Training in die Lage versetzt werden, entsprechend zu kontrahieren. Für ausdauerorientierte muskuläre Leistungen wären das beispielsweise ermüdungsresistente Kontraktionen. Dazu kann die aerobe Kapazität u. a. durch Anpassungen in der Kapillarendichte, dem Mitochondrienvolumen und der anhaltenden Versorgung mit Energieträgern durch entsprechende Enzymaktivitäten sichergestellt werden[7]. Für muskuläre Leistungen mit maximalen Kontraktionen ist hingegen die Zunahme an kontraktilen Elementen – also der Myofibrillen – das Ziel.

3. Biomechanische Muskeleigenschaften: Sarkomere stellen die eigentlichen kontraktilen Funktionselemente des Muskels dar. Dabei spielt ihre Anordnung innerhalb des Muskels eine wesentliche Rolle für dessen kontraktile Eigenschaften. Mitunter werden Muskeln mit parallelfaseriger Struktur als „Schnelligkeitsmuskeln" und mit gefiederter Struktur als „Kraftmuskeln" bezeichnet. Hierzu kann man sich merken: Je größer der Fiederungswinkel, der Muskelquerschnitt und je höher der Anteil an IIX-Fasern, desto „stärker" ist ein Muskel. Demgegenüber gilt: Je kleiner der Fiederungswinkel, je länger die Muskelfaser und je höher der Anteil an IIX-Fasern, desto „schneller" ist ein Muskel. So stehen bspw. hohe Sprintleistungen mit kleineren Fiederungswinkeln im Zusammenhang[8]. Außerdem werden für Sprinter signifikant längere Faszikel beschrieben als für Nicht-Sprinter[3]. Interessanterweise können diese Parameter durch Training beeinflusst werden. So kann exzentrisches Krafttraining zu einer Anhäufung in Serie geschalteter Sarkomere führen und den Muskel dadurch „schneller" machen[9]. Entsprechendes Krafttraining kann aber auch den Fiederungswinkel und Querschnitt vergrößern, womit der Muskel primär kräftiger wird[10]. Die für die Krafterzeugung optimale Sarkomerlänge wird außerdem durch Gelenkwinkel und Vordehnung der Muskulatur beeinflusst. Hier ist auch die Verbindung zur sportlichen Technik bzw. zum Techniktraining zu sehen.

4. Nervale Impulsmuster: Alle Willkürbewegungen finden ihren Ursprung im Gehirn. Hier werden im Zusammenspiel unterschiedlicher Hirnareale Aktionspotenziale generiert und über den Kortikospinaltrakt sowie die Motoneurone an den Muskel geleitet. Die Art und Weise dieser Impulsmuster spielen eine wesentliche Rolle auf die intra- und intermuskuläre Koordination und damit auf Kraftwirkungen. So gibt es Hinweise darauf, dass der „langsamere" M. soleus bei immer schneller werdenden Fußstreckbewegungen zunehmend weniger aktiviert und vor allem das Zusammenspiel von M. gastrocnemius und M. tibialis anterior optimiert wird[11]. Natürlich müssen diese komplexen Anforderungen, wie und in welcher Reihenfolge Muskelfasern bzw. Muskeln aktiviert werden, erlernt und spezifisch trainiert werden.

Es wird deutlich, dass das neuromuskuläre Funktionssystem sich nicht für Begriffe oder Kategorien wie Schnellkraft, Maximalkraft oder Kraftausdauer interessiert. Vielmehr sind gemessene kontraktile Eigenschaften eines Muskels durch spezifische strukturelle und funktionelle Merkmale bedingt und auf einem Kontinuum zwischen Maximalkraft, Schnelligkeit und Ausdauer einzuordnen. Die aufwendigen und eingeschränkten Möglichkeiten zu deren Messung und der Umstand, dass das strukturelle und funktionelle Zusammenspiel noch nicht bis ins Detail erforscht und erklärt werden kann, führt u. a. zur behelfsmäßigen Kategorisierung in Fähigkeiten. Diese ist jedoch trotz der zugrunde liegenden vereinfachten Betrachtungsweise für den Trainingsalltag außerordentlich gewinnbringend, da sie eine entsprechende Akzentuierung von Trainingsschwerpunkten erlaubt – ohne die genauen strukturellen und funktionellen Anpassungen zu kennen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Ordne deine Sportart oder Disziplin auf einem Spektrum zwischen den Anforderungen Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer ein.

B. Schätze ab, welche strukturellen und funktionellen Anpassungen du durch Training erreichen möchtest und welche Trainingsmittel und -methoden dafür infrage kommen.

C. Beurteile die einzelnen Fähigkeiten deiner Athleten auf der Basis von Struktur und Funktion des neuromuskläre Systems und entscheide, welche Trainingsschwerpunkte angebracht sind.

FAQ LESETIPPS

I. Der Ursprung der Muskelkraft? – Vom Sarkomer zum Muskelbündel!

II. Ausdauerorientierte muskuläre Leistung – Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

III. Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

IV. Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

LITERATURVERWEISE

1. Kawamori, N. & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. The Journal of Strength & Conditioning Research, 18 (3); 675-684

2. MacIntosh, B. R. & Holash, R. J. (2000). Power output and force-velocity properties of muscle. In B. Nigg, B. R. MacIntosh & J. Mester (Eds.), Biomechanics and biology of movement (pp. 193-210). Champaign: Human Kinetics.

3. Lee, S. S. M. & Piazza, S. J. (2009). Built for speed: musculoskeletal structure and sprinting ability. The Journal of Experimental Biology, 211 (22), 3700-3707.

4. Wenzel, U. (2013). Zu ausgewählten Einflussfaktoren der willkürlich initiierbaren Schnelligkeit – eine elektrophysiologische und neurostrukturelle Untersuchung. Dissertation, Universität Leipzig.

5. Simoneau, J. A. & Bouchard C. (1995). Genetic determinism of fiber type proportion in human skeletal muscle. FASEB Journal, 9 (11), 1091-1095.

6. Andersen, J. L.& Aagaard, P. (2010). Effects of strength training on muscle fiber types and size; consequences for athletes training for high-intensity sport. Scand J Med Sci Sports, 20 (S 2), 32-38.

7. Shave, R. & Franco, A. (2006). The physiology of endurance training. In G. Whyte (Ed.), The physiology of training (pp. 61-84). Philadelphia: Elsevier.

8. Abe, T., Kumagai, K. & Brechue, W. F. (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. Med Sci Sports Exerc, 32 (6), 1125-1129.

9. Ando, R., Nosaka, K., Tomita, A., Watanabe, K., Blazevich, A. J. & Akima, H. (2018). Vastus intermedius vs vastus lateralis fascicle behaviors during maximal concentric and eccentric contractions. Scand J Med Sci Sports, 28 (3), 1018-1026.

10. Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., Halkjaer-Kristensen, J. & Simonsen, E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. The Journal of Physiology, 534 (2), 613-623.

11. Carpentier, A., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1996). Velocity-dependent muscle strategy during plantarflexion in humans. Journal of Electromyography and Kinesiology, 6 (4), 225-233.

.

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ
Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Was versteht man unter (Maximal-)Kraft?

Geschrieben von Ingo Sandau

HINTERGRUND

Jede sportliche Bewegung beruht auf Geschwindigkeitsänderungen, deren Grundlage der beschleunigungswirksame Anteil einer externen Gesamtkraftwirkung ist. Diese Kraftwirkung wird als muskuläre Leistung verstanden, die vom Sportler aktiv über die Skelettmuskulatur aufgebracht wird. Die muskuläre Leistung steht im Bezug zu körperlichen Eigenschaften des Athleten, die in der Trainingslehre als Fähigkeiten bezeichnet werden – Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer. Bei den Fähigkeiten handelt es sich um Konstrukte (theoretische Sachverhalte), die erst anhand von Indikatoren messbar gemacht werden können (Operationalisierung). Für die Operationalisierung der Fähigkeit „Kraft" wird oft die physikalische Größe Kraft (Newton) genutzt. In den meisten Fällen reicht allerdings die Zusatzlast (Masse in kg) als Indikator für die Kraftfähigkeit. Wird eine höhere Last als zuvor bewegt oder eine identische Last schneller als zuvor bewegt, dann ist eine höhere Kraftfähigkeit vorhanden. Um Kraft bspw. von Schnelligkeit abzugrenzen wird in der Literatur erst von Kraft gesprochen, wenn bei muskulären Leistungen Krafteinsätze > 30 % der maximalen Kraft wirksam werden [1]. Allerdings wird für alle muskulären Leistungen Kraft benötigt, da die Kraft die Grundlage für jede Bewegung bzw. Bewegungsänderung ist. Ein klares Verständnis zum Begriff „Kraft" ist aber nicht nur in der Theorie von Bedeutung, sondern auch, wenn es um die Abgrenzung von Trainingsbereichen geht[1].

ANTWORT

Eine extern wirkende Kraft ist die Grundlage jeder sportlichen Bewegung und damit jeder muskulären Leistung. Die Kraftfähigkeit hat demzufolge eine übergeordnete Bedeutung, weshalb die Bestimmung der Kraftfähigkeit eines Athleten eine wesentliche Komponente bei der Diagnostik des Leistungszustands ist. Innerhalb der Diagnostik existieren verschiedene Tests, um bestimmte Ausprägungen der Kraftfähigkeit zu bestimmen. Eine Ausprägung ist die maximale Kraft bzw. die Maximalkraft. Die Maximalkraft definiert sich als die höchste Kraft, die das neuromuskuläre System willkürlich ausüben kann[2]. Da es sich bei der maximalen Kraft um ein Konstrukt handelt, dient ein Test zur Operationalisierung (Messbarmachung). Das erzielte Testergebnis wird als Ausdruck der maximalen Kraft gewertet. Dabei muss stets berücksichtigt werden, dass die gemessene Maximalkraft aufgabenspezifisch ist. Das bedeutet, dass der erzielte Kraftoutput immer in Verbindung mit der Testbedingung steht[3]. In der Praxis sind deshalb unter verschiedenen Bedingungen ermittelte Maximalkraftwerte oft nur bedingt miteinander vergleichbar.

Aus Sicht der Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung kann die „reine" maximale Kraft nur unter statischen Arbeitsbedingungen gemessen werden (isometrische Maximalkraft). In diesem Fall repräsentiert der erzielte Kraftwert das maximale Potenzial des Muskel-Sehnen-Komplexes, ohne den Einfluss der Bewegungsgeschwindigkeit. Mit steigender Bewegungsgeschwindigkeit reduziert sich der gemessene Kraftwert (Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung). Zur Vereinfachung entspricht im sportpraktischen Kontext die Maximalkraft der höchsten Last, die bei einer Testübung bewältigt werden kann (konzentrische Maximalkraft). Hierzu wird bspw. das Einer-Wiederholungs-Maximum (1 RM) bei einem Test ermittelt und als Planungsgröße für das Krafttraining herangezogen[4]. Als sogenannte Basisgröße hat die Erhöhung der maximalen Kraft oft einen positiven Einfluss auf muskuläre Leistungen im Wirkungsgefüge von Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer[5, II]. Ein Training zu Verbesserung der Maximalkraft kann deshalb für viele Sportarten eine Leistungsreserve darstellen. Wie der Muskel Kraft erzeugt und zu einer externen Kraftwirkung führt, hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab[III, IV].

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

In jeder Sportart kann die maximale Kraft gezielt entwickelt werden, um Leistungsreserven zu erschließen und die muskuläre Leistung in der Wettkampfbewegung zu steigern. Bei der Entwicklung und Ausprägung der Maximalkraft gibt es zwei Kernpunkte zu beachten:

A. Die Maximalkraft kann nur über einen Test operationalisiert werden. Mach dir bewusst, dass das Testergebnis immer von den Testbedingungen abhängig ist. Prüfe deshalb, inwieweit die Testbedingung und das erzielte Testergebnis (der maximale Kraftwert) den sportartspezifischen Bezug für deine „Zielbewegung" hinreichend berücksichtigen.

B. Die Kraft ist (nur) eine Komponente der muskulären Leistung. Überlege deshalb, „wie viel" Maximalkraft für deine Sportart wirklich notwendig ist, ohne eine pauschale und unzweckmäßige Maximierung anzustreben. Zudem muss das Maximalkraftvermögen mit steigender Leistungsfähigkeit immer mehr für die spezifischen Bedingungen in der Wettkampfbewegung „umgewandelt" werden.

FAQ LESETIPPS

I. Was versteht man unter Krafttraining?

II. Was versteht man unter muskulärer Leistung?

III. Der Ursprung der Muskelkraft? – Vom Sarkomer zum Muskelbündel!

IV. Kraftvoll, schnell oder ausdauernd – wie macht der Muskel das?

LITERATURVERWEISE

1. Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hofmann.

2. Harre, D. (2005). Kraftfähigkeiten. In: G. Schnabel, D. Harre, J. Krug, A. Borde (Eds.). Trainingswissenschaft - Leistung, Training, Wettkampf. Berlin: Sportverlag Berlin.

3. Buckner, S. L., Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Mouser, J. G., Counts, B. R., Dankel, S. J. & Loenneke, J. P. (2017). Determining strength: A case for multiple methods of measurement. Sports Medicine, 47 (2), 193-195.

4. Bompa, T. O. & Buzzichelli, C. A., (2019). Periodization. Theory and methodology of training. Champaign: Human Kinetics.

5. Suchomel, T. J., Nimphius, S. & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. Sports Medicine, 46 (10), 1419-1449.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

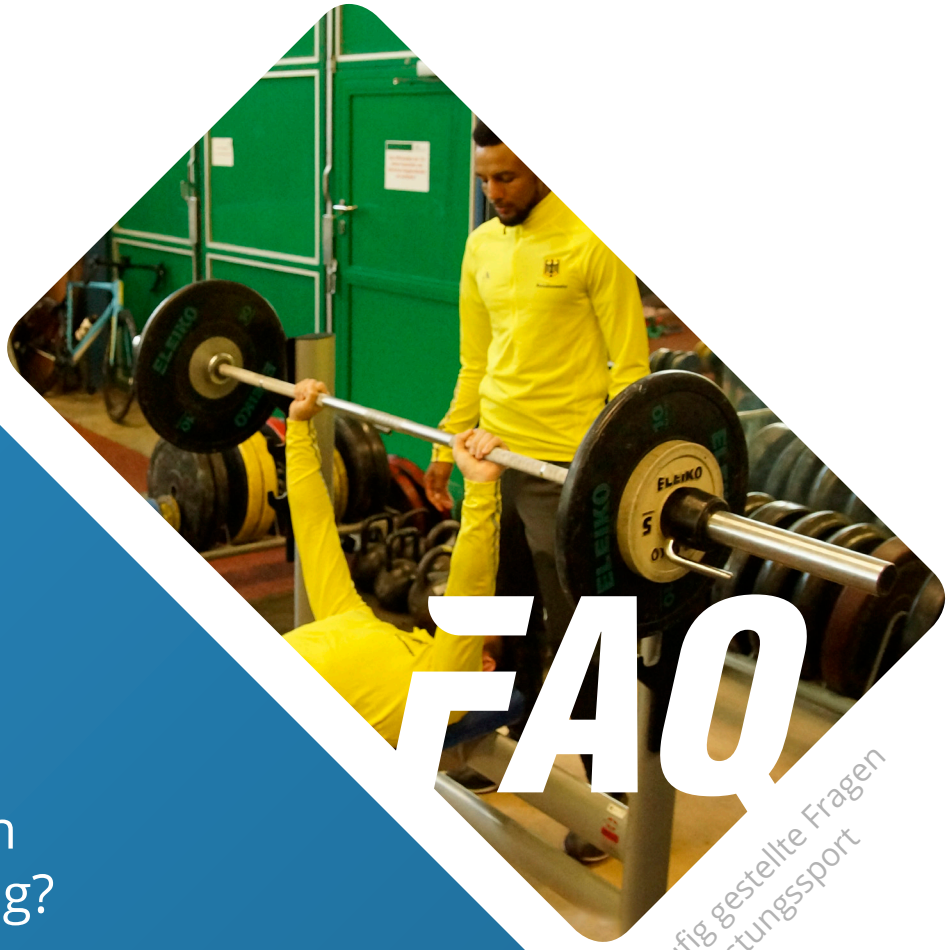
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport



FAQ

Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Was versteht man unter Krafttraining?

Geschrieben von Ingo Sandau

HINTERGRUND

Eine externe Kraftwirkung ist die Grundlage jeder muskulären Leistung. Im leistungssportlichen Kontext besteht das Ziel, die muskuläre Leistung zu erhöhen, damit eine höhere Wettkampfleistung erzielt wird. Eine höhere muskuläre Leistung bedeutet demnach höhere externe Kräfte, die die Muskeln des Sportlers unter sportartspezifischen Arbeitsbedingungen erbringen müssen. Die Kraftfähigkeit ist ein Einflussfaktor auf die muskuläre Leistung, weshalb die Steigerung der Kraft ein leistungsbestimmender Bestandteil für jede Sportart ist[1]. Der Begriff Krafttraining ist ein zentraler Sammelbegriff für eine Trainingsart mit dem generellen Ziel der Verbesserung der Kraft [1]. Das FAQ soll unter leistungssportlichen Gesichtspunkten das Krafttraining strukturieren und gebräuchliche Begrifflichkeiten einordnen sowie einen Vorschlag für die Abgrenzung des Krafttrainings vom Schnelligkeitstraining geben.

ANTWORT

a) Struktur des Krafttrainings: Zur Strukturierung des Krafttrainings werden die Begrifflichkeiten allgemein, speziell, grundlegend und (sportart-/disziplin-)spezifisch genutzt. Die Verwendung dieser Begriffe ist im Krafttraining nicht immer einheitlich und muss letztlich am sportartspezifischen Anforderungsprofil ausgerichtet werden. Deshalb wird folgende hierarchische Einteilung vorgeschlagen Abb. 1. Als oberste Instanz kann die Einteilung des Krafttrainings in ein allgemeines oder spezielles Krafttraining erfolgen. Das allgemeine Krafttraining umfasst eine Methodik (Übung und Methode) für das Training der Muskeln, die nicht primär für die Entwicklung und Ausprägung der sportartspezifischen muskulären Leistung relevant sind. Das Ziel des allgemeinen Krafttrainings ist der Erhalt des muskulären Gleichgewichts für einzelne Gelenke sowie die Steigerung oder Wiederherstellung der allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit[2]. Das spezielle Krafttraining beinhaltet dagegen eine Methodik zur Entwicklung und Ausprägung der Muskeln, die primär für die sportartspezifische muskuläre Leistung relevant sind. Mithilfe der Anforderungsanalyse („Needs Analysis") kann abgeleitet werden, welche Muskeln (Gelenkantriebe) primär und sekundär die spezifische muskuläre Leistung determinieren.

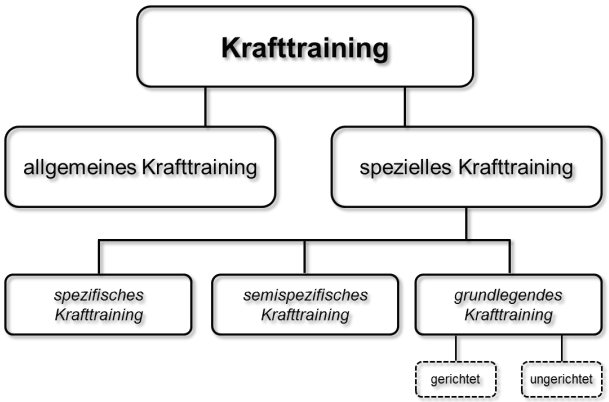


Abb. 1: Struktur des Krafttrainings.

Innerhalb des speziellen Krafttrainings kann eine weitere Unterteilung in das grundlegende, semispezifische und (sportart-/disziplin-) spezifische Krafttraining vorgenommen werden[3, 4]. Das Ziel des grundlegenden Krafttrainings ist es, das grundlegende Kraftpotenzial (u. a. Maximalkraft) der primär leistungsrelevanten Muskeln zu steigern und darüber eine zunächst unspezifische muskuläre Leistung zu entwickeln[5]. Dieses Kraftpotenzial ist die Basis für eine Steigerung der Kraftwirkung unter Wettkampfbedingungen (spezifische muskuläre Leistung)[6]. Für die Realisierung dieser Zielstellung sind im Vergleich zu den Bedingungen im Wettkampf deutlich höhere bis maximale Lasten/Widerstände (geringere Geschwindigkeiten) erforderlich. Diesem Bereich können die bekannten Krafttrainingsmethoden „Kraftausdauermethode", „Hypertrophiemethode", „IK-Methode" und auch die „Schnellkraftmethode" zugeordnet werden. Die Struktur der Wettkampfbewegung wird im Krafttraining komplett verlassen. Die entsprechenden Übungen (meist Hantelübungen) können zusätzlich einen gerichteten oder ungerichteten Charakter besitzen und so bspw. eine gelenkwinkelspezifische Ausrichtung beinhalten.

Damit das erhöhte grundlegende Kraftpotenzial wieder in der Wettkampfbewegung nutzbar wird, ist ein „Umwandlungsprozess" notwendig. Dieser Prozess umfasst ein zeitlich paralleles oder nachgeschaltetes semispezifisches und spezifisches Krafttraining. Im semispezifischen Krafttraining werden ebenfalls höhere Lasten/Widerstände als in der Wettkampfbewegung einbezogen. Die Übungen erfolgen als teilisolierte Form der Wettkampfbewegung oder mit apparativer Unterstützung. Die Bewegungsbedingungen des semispezifischen Krafttrainings nähern sich den Wettkampfbedingungen an (Bewegungskoordination, Bewegungsgeschwindigkeit). Das spezifische Krafttraining besteht schlussendlich aus der originalen Wettkampfbewegung mit leicht erhöhten Lasten/Widerständen und sehr nahen Wettkampfbedingungen (Bewegungskoordination, Bewegungsgeschwindigkeiten). In Abhängigkeit der sportart-spezifischen Anforderungen im Wettkampf wird für beide Arten entweder die „Schnellkraftmethode" oder die „Kraftausdauermethode" genutzt[7].

Welchen Stellenwert die Bereiche des speziellen Krafttrainings im gesamten Trainingsprozess besitzen, ist wiederum abhängig von den konkreten Anforderungen in einer Sportart/Disziplin[II, III, IV]. Weiterhin ist eine klare Abgrenzung der einzelnen Bereiche im speziellen Krafttraining nicht trennscharf möglich. Dies ist im Anwendungsfall auch nicht erforderlich. Viel entscheidender ist, dass das Prinzip der „Umwandlung" von einer grundlegenden zu einer spezifischen Kraftfähigkeit im Training genutzt wird. Je fortgeschrittener ein Athlet ist, desto bedeutender wird dieses Prinzip.

b) Abgrenzung zwischen Kraft- und Schnelligkeitstraining: Ein trainingswissenschaftlicher Ansatz ist, erst von Kraft zu sprechen, wenn bei einer muskulären Leistung Krafteinsätze ≥ 30 % der maximalen Kraft genutzt werden[8]. Gemäß dieser Schwelle muss ein Krafttraining Bewegungen mit Krafteinsätzen ≥ 30 % der maximalen Kraft beinhalten. Alle explosiv muskulären Leistungen unter dieser Schwelle wären demnach der Schnelligkeit bzw. dem Schnelligkeitstraining zuzuordnen. Aus leistungssportlicher Perspektive ist diese allgemeine Trennung relativ abstrakt und unspezifisch, da in jeder Sportart Krafttraining und Schnelligkeitstraining unterschiedlich verstanden werden. Eine sportart-/disziplinbezogene Trennung zwischen Kraft- und Schnelligkeitstraining ist deshalb zielführender. In diesem Ansatz entspricht die jeweilige Wettkampfbedingung – gemessen mit physikalischen Parametern – dem Ausgangspunkt der Einteilung: Ein Training ist als Krafttraining anzusehen, wenn Lasten/Widerstände (geringere Geschwindigkeiten) genutzt werden, die über den Lasten/Widerständen aus dem Wettkampf liegen. Werden dagegen im Training geringere Lasten/Widerstände (höhere Geschwindigkeiten) als unter Wettkampfbedingungen genutzt, ist dieses Training als Schnelligkeitstraining zu verstehen. Mit dieser simplen Einteilung kann aus Sicht der Sportart- bzw. Disziplinspezifik sehr leicht differenziert werden, was als Kraft- oder Schnelligkeitstraining zu definieren ist.

c) Einordnung des Kraft- und Schnelligkeitstrainings – ein Praxisbeispiel: Der Gewichtheber muss die Hantel für eine maximale Hebung in der Wettkampfübung auf eine vertikale Hantelgeschwindigkeit von ca. 2,0 m/s beschleunigen. Gemäß dem vorgestellten Ansatz ist im Gewichtheben ein Training, bei dem der Sportler die Hantel auf eine höhere Geschwindigkeit (> 2,0 m/s) beschleunigt, als Schnelligkeitstraining zu definieren. In diesen Bereich fallen alle explosiv ausgeführten Übungen mit leichteren Hantellasten, entweder in der Wettkampfübung selbst oder in Teilwettkampf- bzw. Spezialübungen (bspw. das Standreißen). Wird dagegen mit maximalen Hantelgeschwindigkeiten trainiert, die < 2,0 m/s sind (aufgrund höherer Lasten als im Wettkampf), dann ist dies für den Gewichtheber ein (spezielles) Krafttraining. In Abhängigkeit der Last sowie der gewählten Übung kann ab dieser Schwelle sportartbezogen weiter in ein spezifisches, semispezifisches oder grundlegendes Krafttraining aufgeteilt werden. Mit der Trainingsübung Zug breit trainiert der Gewichtheber isoliert die Beschleunigungsphase mit höheren Lasten (aber geringeren maximalen Hantelgeschwindigkeiten) als im Wettkampf. Diese Methodik ist für den Gewichtheber ein semispezifisches Krafttraining. Im Sonderfall des Gewichthebens existiert ein spezifisches Krafttraining nicht, da in der originalen Wettkampfübung keine höheren Lasten bewältigt werden können.

Das Gewicht eines Speers beträgt für die Frauen 600 g. Alle Würfe mit leichteren Wurfgegenständen erzielen bei gleichem explosiven Krafteinsatz eine höhere Abflug- und Bewegungsgeschwindigkeit. Für die Speerwerferin wäre dieses Training ein Schnelligkeitstraining. Wirft eine Speerwerferin einen Männerspeer, so ist das als spezifisches Krafttraining anzusehen. Auch Speerwerfer nutzen, wie die Gewichtheber, das Standreißen in ihrem Training. Das Standreißen ist im Speerwerfen, gegenüber dem Gewichtheben, allerdings dem grundlegenden Krafttraining zuzuordnen.

Die Gegenüberstellung soll verdeutlichen, dass jede Sportart/Disziplin – aufbauend auf allgemeinen trainingswissenschaftlichen Positionen – eine eigene Theorie und Methodik hinsichtlich des Krafttrainings besitzt. Im Spitzenbereich kann deshalb die muskuläre Leistung eines Speerwerfers nicht mit dem Krafttraining des Gewichthebers verbessert werden oder umgedreht.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Ein Krafttraining hat unterschiedliche Wirkungsrichtungen. Strukturiere deshalb die Inhalte des Krafttrainings für deine Sportart/Disziplin, um das richtige Krafttraining zur richtigen Zeit zu wählen (allgemeines und grundlegendes Krafttraining schwerpunktmäßig zu Beginn des Trainingszyklus, semispezifisches und spezifisches Krafttraining schwerpunktmäßig zur Mitte und zum Ende des Trainingszyklus).

B. Das Training mit höheren Widerständen und geringeren Geschwindigkeiten als unter Wettkampfbedingungen (Krafttraining) ist besonders bei Leistungssportlern nur ein Trainingsbestandteil zur Erhöhung der spezifischen muskulären Leistung. Insbesondere in azyklischen Sportarten/Disziplinen sollte ebenfalls ein Training mit geringeren Widerständen und höheren Geschwindigkeiten als unter Wettkampfbedingungen (Schnelligkeitstraining) genutzt werden, um die Steigerung der spezifischen muskulären Leistung zu maximieren. Die Kennliniendiagnostik zur Erstellung des Kraft-Geschwindigkeits-Profils kann dir helfen herauszufinden, ob ein Kraft- oder Schnelligkeitstraining notwendig ist, die spezifische muskuläre Leistung weiter zu steigern.

FAQ LESETIPPS

I. Was versteht man unter Maximalkraft?

II. Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

III. Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

IV. Ausdauerorientierte muskuläre Leistung – Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

LITERATURVERWEISE

1. Röthig, P. & Prohl, R. (2003). Sportwissenschaftliches Lexikon. Schorndorf: Hofmann.

2. Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hofmann.

3. Harre D. (1993). Krafttraining, allgemeines. In: Schnabel G, Thieß G, eds. Sportwissenschaftliches Lexikon. Berlin: Sportverlag.

4. Witt, M. (1995). Theoretischer Ansatz und experimentelle Ergebnisse zum Krafttraining. In: K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung (S. 19-34). Köln: Sport und Buch Strauß.

5. Dickwach, H. (1995). Entwicklung trainingswissenschaftlicher Positionen zum Krafttraining der kraftorientierten Sportarten am ehemaligen Forschungsinstitut für Körperkultur und Sport (FKS). In: K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung (S. 35-58). Köln: Sport und Buch Strauß.

6. Knauf, M., Hochmuth, G. & Prause, D. (1982). Die Bewegungsstruktur von Krafttrainingsübungen unter dem Aspekt der Erhöhung der Bewegungsleistung in der Wettkampfübung. Theorie und Praxis Leistungssport, 20 (2/3), 40-61.

7. Bartonietz, K. E. (1992). Effektivität im Krafttraining. Leistungssport, 22 (5), 5-14.

8. Bompa, T. O. & Buzzichelli, C. A., (2019). Periodization. Theory and methodology of training. Champaign: Human Kinetics.

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ
Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportart-spezifische Anforderungsanalyse?

Geschrieben von Frank Lehmann

HINTERGRUND

Die vielschichtige Wirksamkeit von Krafttrainings konnte in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen werden. Offene Fragen bestehen nach wie vor in der konkreten wirksamen Ausrichtung auf die leistungssportlich relevante Wettkampfleistung. Die Folge sind unterschiedliche Ansätze und Sichtweisen (Spannbreite von Aversion gegenüber Maximalkrafttraining bis Maximalkrafttraining als „Allheilmittel" für die Leistungsentwicklung) bei der sportartspezifischen Gestaltung oder Erneuerung des Krafttrainings.

Dabei wird eine tiefgründige sportartspezifische Anforderungsanalyse nur selten als Ausgangspunkt gewählt. Ziel und Anliegen einer sportartspezifischen Anforderungsanalyse werden sehr gut bei Fleck & Kraemer[1,2] als „Needs Analysis" herausgearbeitet. Die Kernaussagen eines solchen Ansatzes sollen nachfolgend herausgestellt werden.

ANTWORT

Als Ausgangspunkt für die Anforderungsanalyse in der jeweiligen Sportart dient neben der direkten Erfassung der Kraftwirkungen[1] die biomechanische Analyse der Wettkampfbewegung. Diese erfolgt in der Regel als dreidimensionale Videobildanalyse in Verbindung mit einer synchronen Erfassung wirkender Kräfte (z. B. Druckmesssohlen, Kraftmessplatten). In den sportartspezifisch relevanten Bewegungsphasen (z. B. antriebswirksame und -lose Phasen, Vorbeschleunigungs- und Hauptbeschleunigungsphasen etc.) werden die Verläufe wesentlicher biomechanischer Parameter (z. B. KSP-Wege und -geschwindigkeiten, Wege und Geschwindigkeiten von Sportgeräten, Winkel und Winkelgeschwindigkeiten relevanter Körperbewegungen, Gelenkmomente) erfasst. Die Ergebnisse einer derartigen kinematischen Bewegungsanalyse werden ausgewertet und grafisch aufbereitet **Abb. 1** und bilden die Grundlage für die Beantwortung nachfolgender Fragen.

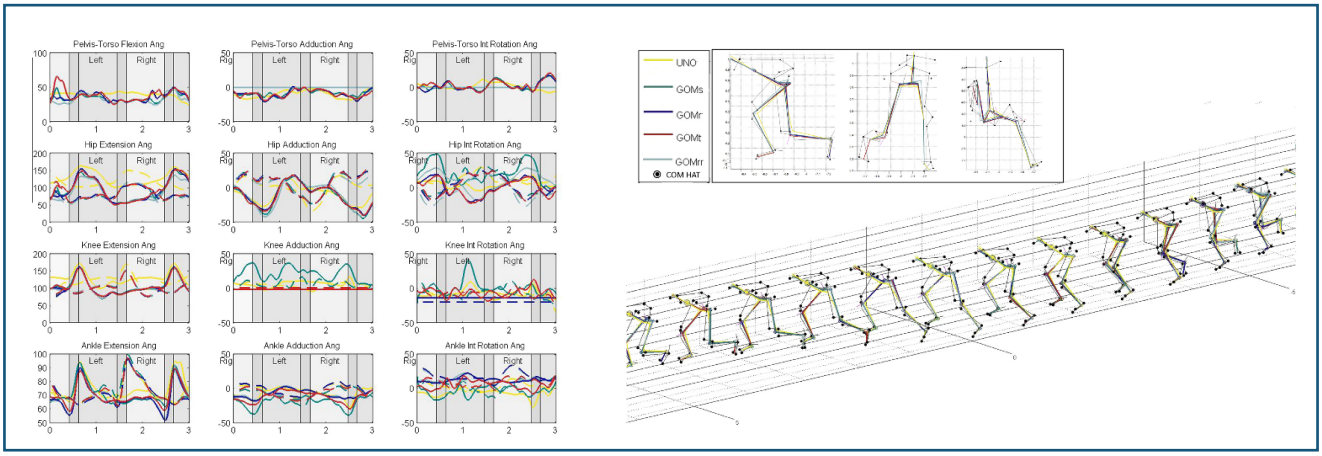


Abb. 1: Kinematische Bewegungsanalyse im Eisschnelllauf [3].

1. Welche Muskelgruppen sollten trainiert werden? Die biomechanische (kinematisch und dynamisch, inklusive inverse Dynamik) Analyse gibt zunächst Aufschluss darüber, welche Muskeln/Muskelgruppen die äußeren Kraftwirkungen in den sportartspezifischen, relevanten Bewegungsphasen verursachen. Im Idealfall können diese kinematischen Analysen durch EMG-Analysen (Erfassung der myoelektrischen Aktivitäten) unter Laborbedingungen ergänzt werden. Dabei sollte zunächst ein sportartspezifischer Leistungsbezug hergestellt werden: Kennzeichnung signifikanter Zusammenhänge von Gelenkbewegungen, von KSP-Geschwindigkeits- und Wegänderungen sowie Parametern der räumlich-zeitlichen Struktur zur sportlichen Leistung bzw. zu Teilleistungen. Daraus leiten sich die Trainings- und Testübungen ab, die in den Mittelpunkt zu stellen sind. Bei vielen lokomotorischen Sportarten (Laufen, Bob-, Skeletonstart, Springen) sind z. B. die Hüftstrecker im Vergleich zu den Kniestreckern dominant für sportliche Spitzenleistungen, sodass diese akzentuiert trainiert werden sollten. Ebenso erfolgen Abdruckphasen teilweise seitlich nach hinten (z. B. Skilanglauf, Eisschnelllauf). Das Training der damit verbundenen Hüftabduktoren wird im Training teilweise noch nicht ausreichend berücksichtigt.

2. In welchen Gelenkwinkelbereichen sollte trainiert werden? Da die Grundsätze spezifischer Adaptation auch für den Gelenkwinkelbereich zutreffen[4], gilt es den wirksamen Arbeitsbereich zu erfassen (ROM – Range of Motion). Auch hier ist der Abgleich von durchgeführten

Trainingsübungen mit den Anforderungen, die sich aus der Wettkampfbewegung [im Idealfall bei Topleistungen] ergeben, sinnvoll. So kann man bei der Auswahl seiner Trainingsübungen mit Übungsketten arbeiten, die mit zunehmender Nähe zur Wettkampfübung spezifischer werden und die tatsächliche ROM berücksichtigen[II].

3. Welche Energiebereitstellungssysteme sollten trainiert werden? In den meisten kraft- und schnelligkeitsbetonten Sportarten muss man von einer maximal möglichen Energiebereitstellung durch Nutzung des anaerob-laktaziden Stoffwechsels ausgehen. In einigen klassischen Sprintdisziplinen gibt es fließende Übergänge vom anaerob-alaktaziden zum anaerob-laktaziden (leichtathletischer Sprint), während in klassischen ausdauerbetonten Sportarten der aerobe Stoffwechsel dominiert. In vielen Sportarten ändern sich auch die Stoffwechselbedingungen für die Realisierung von Kraftleistungen im Verlauf des Wettkampfs (Spielsport- und Zweikampfsportarten, Turnen, Eiskunstlauf) aufgrund der Wettkampfdauer. In Abhängigkeit davon geht es darum, neben den maximal möglichen Krafteinsätzen prozentual abgestufte Krafteinsätze unter Berücksichtigung der Dauer der Anwendung ausreichend oft zu wiederholen und damit die sportspezifisch adäquaten Bedingungen bei der Gestaltung des Krafttrainings zu simulieren.

4. Welche muskulären Arbeitsweisen sollten bevorzugt trainiert werden? Dabei gilt es herauszustellen, welche Muskelaktionen in den sportartspezifisch relevanten Bewegungsphasen dominieren. In der Regel treten bei sportlichen Bewegungen alle muskulären Arbeitsweisen (isometrisch, exzentrisch, konzentrisch) in verschiedenen Ausprägungen auf. In vielen Sportarten wird die konzentrische und die exzentrische Arbeitsweise als reaktiver Vorgang unmittelbar zeitlich verbunden. In diesem Zusammenhang wird von einem Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) gesprochen. Die reaktive Arbeitsweise tritt vor allem in den Bremsphasen bei vielen zyklischen Lokomotionsbewegungen (die mit negativer horizontaler Kraftwirkung nachweisbar sind) oder bei Ausholbewegungen (Überkopfsportarten, Sportspiele etc.) auf. Über den DVZ entsteht eine Kraftpotenzierung durch Vordehnung bzw. Erzeugung einer Vorspannung in den späteren Hauptarbeitsmuskeln. Auch diesen Aspekt gilt es im Training zu berücksichtigen und entsprechend der dominanten Muskelarbeitsweise Akzente zu setzen (z. B. exzentrisches Krafttraining).

5. Was sind primäre Verletzungsgefahren und individuelle Risiken? Die Beantwortung dieser Frage ergibt sich indirekt aus der biomechanischen Analyse und muss unter Berücksichtigung grundlegender Beanspruchungsmechanismen des tendomuskulären und Skelettsystems gesehen werden. Sind die in der Bewegung realisierten ROM vor allem unter Berücksichtigung reaktiver Bewegungen und hoher Bewegungsgeschwindigkeiten im physiologischen Grenzbereich oder überschreiten diesen gar. Beispiele: Veränderung des ROM im Schultergelenk für Topleistungen in den „Überkopfsportarten“[5], hohe Beanspruchung der Kniegelenke aufgrund physiologischer anormaler Drehbewegungen im Kniegelenk beim alpinen Skilauf[6] oder physiologisch anormale Belastung des Lumbosakral- und des Hüftgelenks beim Skeletonstart in gebeugter Haltung. Die sportartspezifisch konkrete Kennzeichnung zieht die Erarbeitung und Durchführung von präventiven oder zumindest kompensierenden Maßnahmen im Krafttraining und darüber hinaus nach sich.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Erstelle in Zusammenarbeit mit Trainingswissenschaftlern kinematische und dynamische Analysen der Ziel-/Wettkampfbewegung. Verdeutliche dabei die Unterschiede zwischen Spitzen- und Anschlussleistungen. Erstelle daraus ein sportart- bzw. disziplinspezifisches Anforderungsprofil.

B. Sorge für die kontinuierliche und regelmäßige Durchführung von Bewegungsanalysen mit deinen Sportlern. Leite daraus aktuelle Defizite für die Gestaltung des Trainings ab.

C. Leite aus dem Anforderungsprofil die relevanten Trainingsübungen für die Gestaltung des Krafttrainings ab und berücksichtige dabei die einbezogenen Muskelgruppen und Bewegungen, die einbezogenen Gelenkwinkelbereiche und die dominanten muskulären Arbeitsweisen.

D. Plane und gestalte unter Berücksichtigung der sich ergebenen Anforderungen an die Energiebereitstellungssysteme dein Krafttraining.

E. Überprüfe ein langjährig gleich durchgeführtes Krafttraining, ob es noch den sich evtl. weiterentwickelten Anforderungen in deiner Sportart entspricht und sorge ggf. für die Erneuerung oder Modifizierung des trainingsmethodischen Vorgehens hinsichtlich genannter Kriterien.

FAQ LESETIPPS

I. Wie können Kraftwirkungen in der sportartspezifischen Bewegung erfasst werden?

II. Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

III. Was versteht man unter muskulärer Leistung?

LITERATURVERWEISE

1. Kraemer, W. J. (1983). Exercise prescription in weight training: A needs analysis. National Strength and Conditioning Journal, 5 (1), 64-65.

2. Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. (2014). Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics.

3. van der Kruk, E., Schwab, A. L., van der Helm, F. C. T. & Veeger, H. E. J. (2018). Getting in shape: Reconstructing three-dimensional long-track speed skating kinematics by comparing several body pose reconstruction techniques. Journal of Biomechanics, 69, 103-112.

4. Trebs, A. A., Brandenburg, J. P. & Pitney, W. A. (2010). An electromyography analysis of 3 muscles surrounding the shoulder joint during the performance of a chest press exercise at several angles. The Journal of strength and Conditioning Research, 24 (7), 1925-1930.

5. Manske, R., Wilk, K., Davies, G., Ellenbecker, T. & Reinold, M. (2013). Glenohumeral Motion Deficits: Friend or Foe? The International Journal of Sports Physical Therapy, 8 (5), 537-553.

6. Auswertestelle für Skiunfälle (Hrsg.) (2018). Unfälle und Verletzungen im alpinen Skisport. Zahlen und Trends 2016/2017. Zugriff am 14.5.2019 unter https://www.deutscherskiverband.de/datei.php?system_id=1359717

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

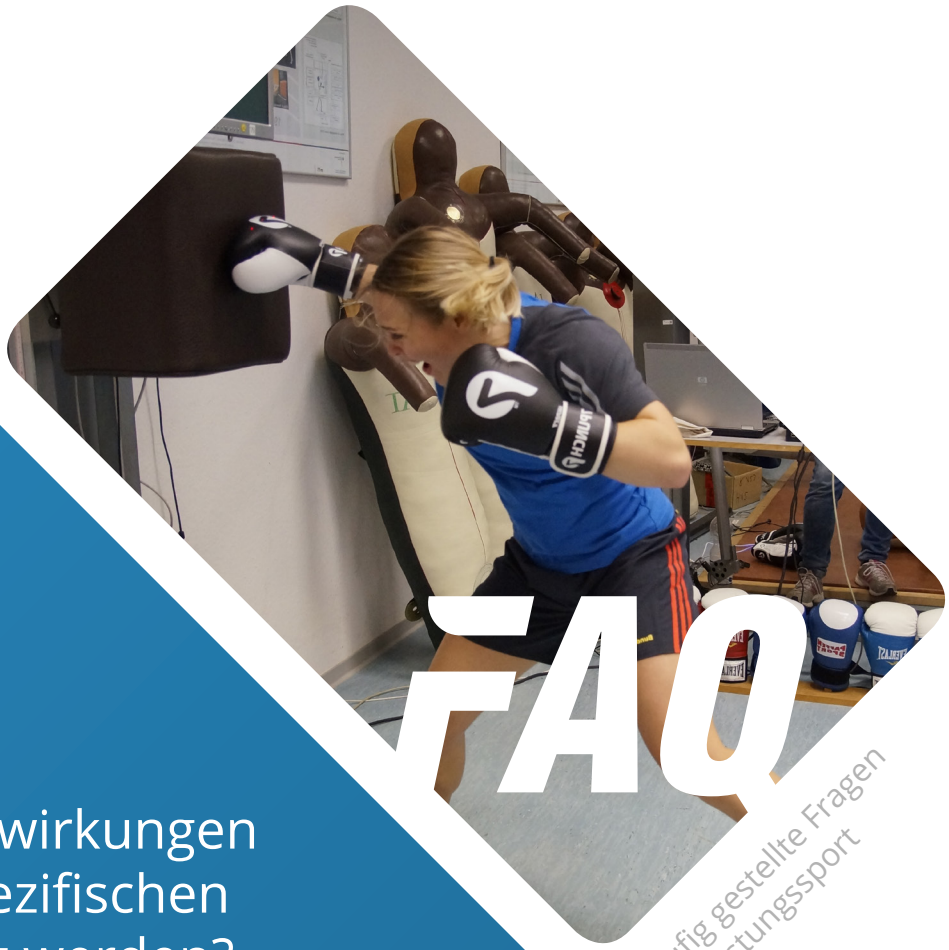
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport



FAQ

Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Wie können Kraftwirkungen in der sportartspezifischen Bewegung erfasst werden?

Geschrieben von Frank Lehmann

HINTERGRUND

Generell führen Kraftwirkungen auf ein Widerlager unter Berücksichtigung der Wirkungsdauer (Zeit) zu Geschwindigkeitsänderungen des eigenen Körpers (Sprung; Turnen etc.), mit einem Sportgerät (Skeleton; Radsport etc.) oder eines Gegners (Ringen, Judo etc.).

Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Art des Widerlagers (Widerstand) sportartspezifisch sehr unterschiedlich ist. In vielen Fällen gilt es, die Gravitationskraft mit dem Boden als Widerlager zu überwinden, wobei in einigen Sportarten dabei der Einfluss weiterer zu überwindende Widerstände berücksichtigt werden muss (Rollwiderstand beim Radsport, Gleitreibungswiderstand beim Skilauf, Luftwiderstand beim Eisschnelllauf). Dies führt dazu, dass gleiche Kraftwirkungen bei Optimierung dieser Widerstände (Höhenbedingungen, geringere Luftwiderstände, bessere Schnee- und Eisbedingungen etc.) zu besseren sportlichen Leitungen führen können. In einigen Sportarten dominieren andere zu überwindende Widerstände (Strömungswiderstand im Schwimmen, Kanu, Rudern).

Um Ableitungen für die Gestaltung des Krafttrainings sowie für die Trainingssteuerung zu treffen, ist es notwendig, unter Berücksichtigung dieser sportartspezifischen Widerstandsbedingungen relevante Kraft-/Zeit-Verläufe in der Wettkampf- oder wettkampfanalogen Bewegung zu erfassen. Diese Diagnostik bildet die Basis zur Bestimmung der muskulären Leistung unter wettkampfspezifischen Bewegungsbedingungen.

ANTWORT

Die Erfassung der Kraftwirkungen setzt eine entsprechende Technologie (Druckmessplatten und -sohlen, Inertialsensoren, Dehnungsmessstreifen etc.) und deren Anpassung an sportartspezifische Bedingungen und Anforderungen voraus. Dabei geht es zunächst darum, diese sportartspezifischen Bedingungen unter Berücksichtigung der leistungsstrukturellen Anforderungen zu konkretisieren: Welche Bewegungen und Beschleunigungen spielen für die komplexe Leistung eine dominante Rolle? Generell unterscheiden wir die direkte Messung oder eine indirekte Erfassung (über kinematische Analyse). In der leistungssportlichen Praxis gibt es bereits viele Beispiele für die direkte Messung sportartspezifisch relevanter Kraftwirkungen **Abb. 1, 2, 3**.

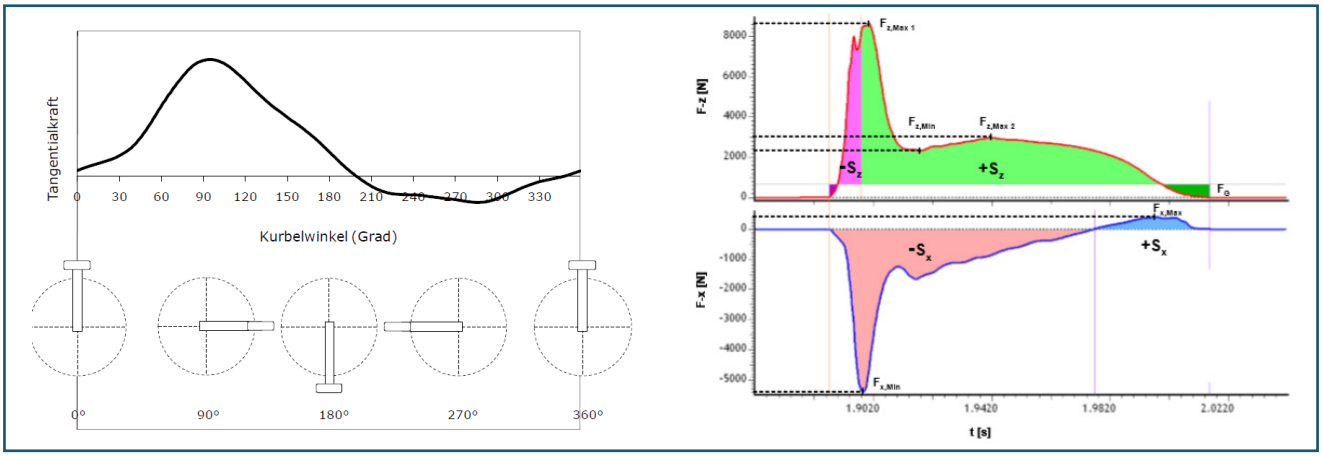


Abb. 1: Pedalkräfte im Radsport (links[1]) und Bodenreaktionskräfte beim Weitsprung-Absprung (rechts[2]).

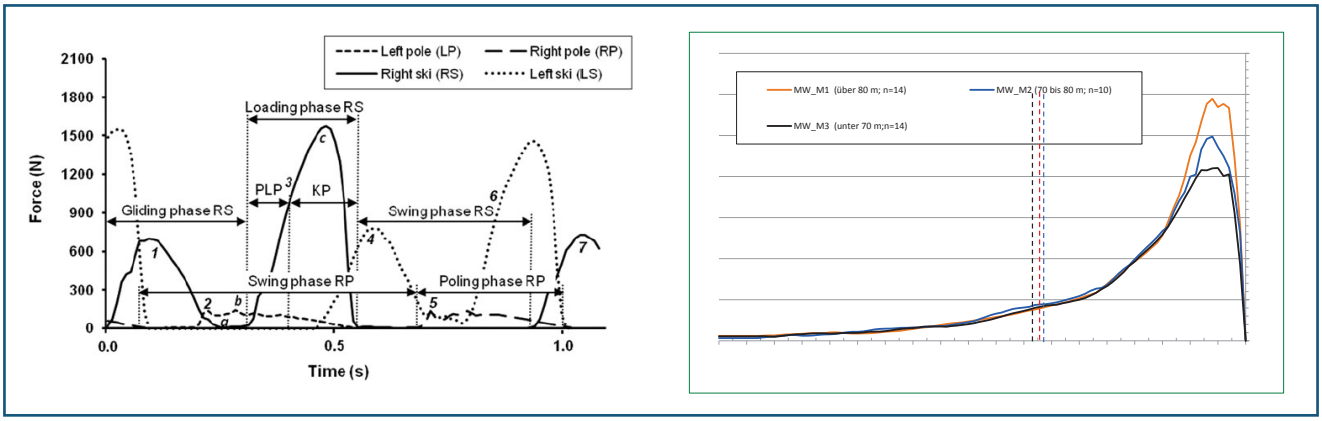


Abb. 2: Abdruckkräfte im Skilanglauf (links[3]) und Beschleunigungskräfte im Speerwurf (rechts[4]).

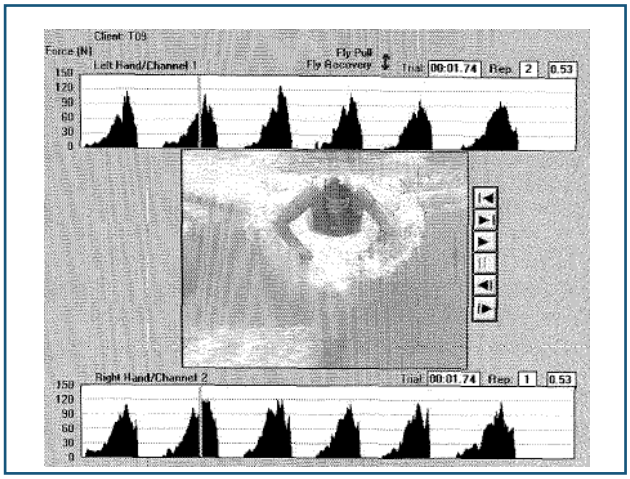


Abb. 3: Erfassung der Kraftwirkungen bei einer Antriebsphase im Schwimmen mittels Aquanex[5]

Bei der Erarbeitung und Überführung der Diagnostik der Kraftwirkungen in die leistungssportliche Praxis sind folgende Schritte notwendig:

1. Bestimmung sportartspezifisch relevanter Aktionen: Auf der Basis einer Anforderungsanalyse geht es darum, die Bewegungen zu kennzeichnen, die für das sportliche Ergebnis eine herausragende Bedeutung haben. Dabei spielt die Qualität der Bewegungsausführung und damit die Bewegungstechnik eine wesentliche Rolle. Werden die Kraftwirkungen in einer zielgerichteten Reihenfolge und an den entscheidenden Schlüsselstellen wirksam? Können Kraftwirkungen an leistungsunwirksamen oder gar leistungshindernden Stellen vermieden werden? Können in den Kraftausdauersportarten durch eine hohe Bewegungsökonomie mit geringeren Kraftwirkungen gleiche Ergebnisse erzielt werden? Relevante Aktionen können der vortriebswirksame Durchzug eines Ruder- oder Kanupaddels, des Armes im Wasser beim Schwimmen, der Abdruck vom Boden mit unterschiedlicher Oberfläche (Tartan, Eis, Schnee, Hallenboden, Sprungturm oder -brett), der Druck auf eine Radpedale, der Schlag/Stoß (Fußball, Volleyball) oder der Wurf/Stoß eines Sportgeräts (Schläger in Vorhandsportarten, Wurfgerät) sein.

2. Entwicklung einer sportartspezifisch relevanten Technologie zur Erfassung der Kraftwirkung: Unter Mitarbeit/Nutzung von Experten (Technologen/Trainingswissenschaftler) gilt es, eine geeignete Technologie zu finden, mit der diese sportartspezifischen Kraftwirkungen objektiv gemessen werden können. Dies können Messplattformen zur Erfassung der Bodenreaktionskräfte, Druckmesssohlen, Inertialsensoren oder Dehnungsmessstreifen an Körperteilen und Sportgeräten sein. Wichtig ist dabei zu gewährleisten, dass die sportartspezifischen Bewegungen möglichst ungehindert und verlustfrei durchgeführt werden können. Durch die rasante technologische Entwicklung (z. B. immer leichtere und leistungsfähigere Inertialsensoren, telemetrische Datenübertragung oder komfortable interne Datenspeicherung) verbessern sich die Möglichkeiten dafür ständig. Dennoch sind innovative Ideen gefragt, um vor allem ein Sofort-Feedback zu ermöglichen.

3. Evaluierung und Standardisierung der Diagnostik der sportartspezifischen Kraftwirkungen: Hierbei geht es um die Vorbereitung der Überführung des entwickelten diagnostischen Verfahrens in die leistungssportliche Praxis (Routineverfahren als Bestandteil einer Diagnostik). Das setzt die konkrete und genaue Testbeschreibung sowie die Überprüfung der Gütekriterien mittels Test-/Retestverfahren ein. Dabei sollte auch die Praktikabilität in der Vorbereitung, Durchführung und Datenermittlung/Aufbereitung im Mittelpunkt stehen. Auf dieser Grundlage sind die Teststandards festzulegen.

4. Sportartspezifische Bestimmung/Kennzeichnung von Kraft-Zeit-Verläufen bei Topleistungen: Um Zielgrößen zu bestimmen, sollten die relevanten Kraft-Zeitverläufe idealerweise bei Topleistungen bestimmt und Soll-Verläufe generalisiert werden (F-t-Soll). Wesentlich ist dabei die Berücksichtigung der Geschwindigkeit (Eingangs- und KSP-Geschwindigkeiten [v-t-Soll]) und damit der muskulären Leistung (P-t-Soll). Diese dienen für andere Sportler als Orientierungen für die Trainingssteuerung sowohl bei Querschnitt- als auch Längsschnittbetrachtungen.

Auf dieser Grundlage gilt es nun, Zielgrößen für den langfristigen Leistungsaufbau zu definieren und Ableitungen für das weitere Training zu treffen[1].

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Verstehe die Erfassung der Kraft-Zeit-Verläufe als wichtigen Bestandteil der Trainingssteuerung in deiner Sportart.

B. Berücksichtige dabei stets die Geschwindigkeit, bei der diese Kraft-Zeit-Verläufe erfasst werden.

C. Versetze dich in die Lage, Kraft-Zeit- und Leistungs-Zeit-Verläufe selbst lesen und interpretieren zu können.

D. Erarbeite auf dieser Grundlage trainingsmethodische Ableitungen für die Gestaltung des Krafttrainings in der Trainingsgruppe oder für einzelne Sportler.

E. Sei offen für Veränderungen, die sich durch ständige Weiterentwicklungen in der Sportart ergeben (neue Elemente und Übungen, präzisierte Technikdetails) und diskutiere deren Auswirkungen auf die Kraft-Zeit-Verläufe bzw. die damit verbundenen aktuell gültigen Anforderungen.

FAQ LESETIPPS

I. Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

II. Was versteht man unter muskulärer Leistung?

III. Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportartspezifische Anforderungsanalyse?!

IV. Wieso ist eine Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig?

LITERATURVERWEISE

1. Strunz, J. (2011). Pedalkraft, Muskelaktivität und physiologische Kenngrößen auf Ergometer, Laufband und Bahn bei Elitebahnradsportlern. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin. (S. 46).

2. Huber, A. (2012). Eine biomechanische Analyse des Absprunges beim Weitsprung. Dissertation, Universität Tübingen (S. 79).

3. Andersson, E., Pellegrini, B., Sandbakk, Ö., Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2014). The effects of skiing velocity on mechanical aspects of diagonal cross-country skiing. Sport Biomechanics, 13 (3), 270.

4. Lehmann, F. (2015). Analyse der Beschleunigungsverläufe im Speerwurf der Männer und Frauen mittels Tensospeer. Ergebnisbericht. Leipzig: IAT.

5. Havriluk, R. (2007). Variability in measurement of swimming forces: A meta-analysis of passive and active drag. Research Quarterly for Exercise and Sport, 78 (2), 32-39.

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ
Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Wieso ist Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig? Kennliniendiagnostik am IsoMed!

Geschrieben von Axel Schleichardt

HINTERGRUND

Eine externe Kraftwirkung bildet in vielen Sportarten die Grundlage der sportlichen Bewegung. Dabei besteht das Ziel der Bewegungsaufgabe oft darin, einer Masse eine hohe Endgeschwindigkeit zu erteilen. Sei es der eigenen Körpermasse (z. B. Startsprung im Schwimmen) oder einer Gerätmasse (Kugelstoßen). Vorwiegend also in Sportarten, in denen ein einzelner Kraftimpuls leistungsentscheidend sein kann, muss die Kraftwirkung auf dem zur Verfügung stehenden Beschleunigungsweg maximiert werden[1]. In Abhängigkeit dieses Beschleunigungswegs und der Zielgeschwindigkeit der zu beschleunigenden Masse lassen sich für die einzelnen Teilantriebe der Gliederkette Anforderungen für das Kraftprofil (Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung) formulieren[1]. So unterscheiden sich z. B. die Arbeitsbedingungen der Kniestrecker und der Ellbogenstrecker im Kugelstoßen erheblich – sowohl bezüglich der zu beschleunigenden Masse als auch deren Anfangsgeschwindigkeit zu Beginn der Streckphase. Für den Trainer kann eine darauf ausgerichtete Diagnostik wichtige Informationen zur Trainingssteuerung und Leistungsoptimierung beinhalten.

ANTWORT

Mit der von A. Hill im Jahr 1938 mathematisch beschriebenen Abhängigkeit der Kraft von der Kontraktionsgeschwindigkeit für einen isolierten Muskel steht der Trainingswissenschaft ein Erklärungsmodell für muskelgetriebene sportliche Bewegungen zur Verfügung, das in der Lage ist, Muskel- bzw. Sportlereigenschaften zu bestimmen und somit Begriffskonstrukte wie Schnell-, Maximal- oder Explosivkraft objektiv zu untermauern. Die Beziehung oder Kennlinie, die den Kraftabfall bei ansteigender Geschwindigkeit beschreibt[2] und auch als Kraft-Geschwindigkeit-Profil einer Bewegung bzw. Testübung bezeichnet werden kann, beschreibt das Vermögen eines Sportlers, eine bestimmte Masse in Abhängigkeit ihrer (Eingangs-) Geschwindigkeit weiter zu beschleunigen **Abb. 1**.

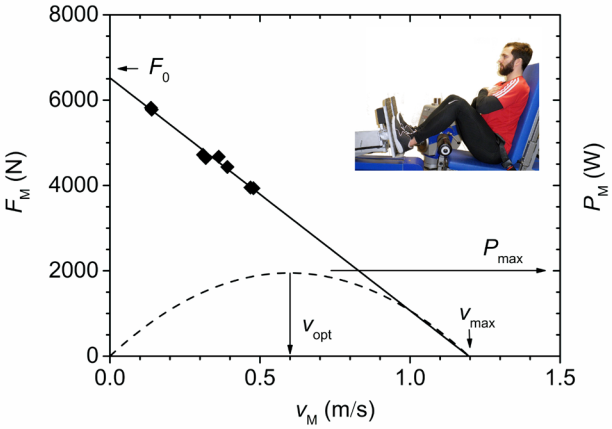


Abb. 1: Beispiel für eine praxisnahe Konstruktion einer linearen Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung für eine Muskelgruppe (hier Beinstrecker) aus mehreren Messpunkten. Wesentliche Parameter, wie Maximalkraft (1 RM; F_0), maximale Leistung und Geschwindigkeit sind damit ableitbar.

Weiterhin kann aus dieser Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung die (maximale) muskuläre Leistung abgeleitet werden (gestrichelte Linie **Abb. 1**). Mit Diagnosesystemen wie dem IsoMed 2000 (Fa. D. & R. Ferstl GmbH) können also für unterschiedliche Testübungen individuelle Kraft-Geschwindigkeit-Profile erstellt und der Trainingserfolg anhand der Entwicklung z. B. der muskulären Leistung, maximalen Kraft oder Geschwindigkeit (Schnittpunkte der Geraden mit der Ordinate bzw. Abszisse) überprüft werden[3]. Dabei werden mit standardisierten Testübungen meist einzelne Teilantriebe bzw. Muskelgruppen bei variierenden Bewegungsgeschwindigkeiten ins „Visier" genommen (z. B. Kniestrecker, -beuger, Beinstreckerkette, Rumpfstrecker u. a.). Insbesondere in Sportarten mit hohen Schnellkraftanforderungen (hohe Endgeschwindigkeit, hoher Kraftstoß in kurzer Zeit) kann die Maximierung der muskulären Leistung bzw. die Rechtsverschiebung des Kraft-Geschwindigkeit-Profils eine wichtige Leistungsreserve darstellen. Mithilfe der Kennliniendiagnostik kann der Trainer Schwächen erkennen und die Wirksamkeit verschiedener Trainingsabschnitte (z. B. maximalkraftorientierter oder schnelligkeitsorientierter Akzent) überprüfen **Abb. 2, 4**.

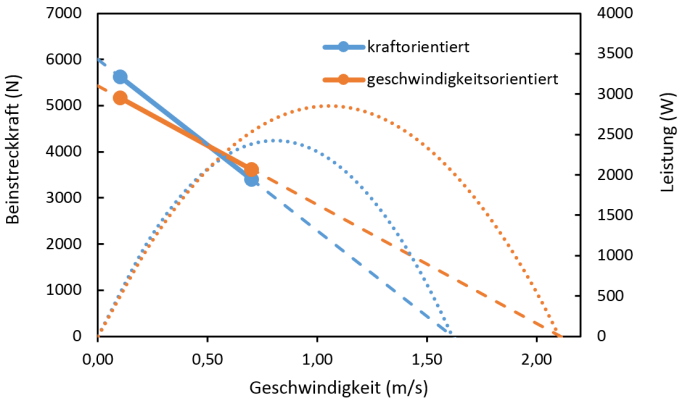


Abb. 2: Beispiel für kraft- und geschwindigkeitsorientierte Profile und die zugehörigen Leistung-Geschwindigkeit-Profile.

Gekoppelt an die maximale Leistungsabgabe ist eine optimale Arbeitsgeschwindigkeit der Muskulatur, die ebenfalls aus der Kennlinie abgeleitet werden kann (siehe v_{opt} **Abb 1**). Daher ist die Kennliniendiagnostik auch in den Ausdauersportarten mit zyklischen Krafteinsätzen von Bedeutung – z. B. bei der Suche nach optimalen, sprich energiesparenden Schritt-, Schlag- oder Tretfrequenzen.

Steht ein isokinetisches Diagnosesystem nicht zur Verfügung, können auch andere Testbewegungen[II] zur Kennliniendiagnostik herangezogen werden. Voraussetzung ist eine Möglichkeit, die Geschwindigkeit der Testbewegung zu erfassen. Die unterschiedlichen Geschwindigkeitszustände zur Konstruktion der Last-Geschwindigkeit-Beziehung können dann durch Variation von Zusatzmassen erzeugt werden[3]. Aber auch für Bewegungen, die horizontale Massebeschleunigungen zum Ziel haben (Startbewegungen Bahnradsport und Bobsport), können derartige Profile, z. B. mit der aus dem Geschwindigkeitsverlauf abgeleiteten Kraft für die beschleunigte Masse, konstruiert werden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Überlege, welche Antriebe innerhalb der Wettkampfbewegung eine Schlüsselstellung besitzen!

B. Suche geeignete Testbewegungen, die diese Antriebe unter wettkampfähnlichen Bedingungen testen (Kraftwirkungsrichtung, Bewegungsbereiche für beteiligte Gelenke, Belastungsdauer).

C. Variiere die Bewegungsgeschwindigkeit am Diagnosesystem oder durch Laststeigerung (30-85 % RM) in mehreren Stufen. Achte dabei auf Standardisierung bei der Durchführung und Praktikabilität (Testdauer, Ermüdung). Je mehr Stufen desto verlässlichere Aussagen können generiert werden – empfehlenswert sind 4-6 Stufen[3].

FAQ LESETIPPS

I. Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportartspezifische Anforderungsanalyse?

II. Wie kann die maximale Kraft diagnostiziert werden?

LITERATURVERWEISE

1. Hochmuth, G. (1987). Biomechanical movement analysis regarding the aspect of energy input. In L. Tsarouchas, J. Terauds, B. A. Gowitzke & L. E. Holt (Eds.), 5 International Symposium on Biomechanics in Sports (pp. 3-22). Athens: Hellenic Sports Research Institute.

2. Jaric, S. (2015). Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. International Journal of Sports Medicine, 36 (9), 699-704.

3. Jovanović, M. & Flanagan, E. P. (2014). Researched applications of velocity based strength training. Journal of Australian Strength and Conditioning, 22 (2), 58-69.

4. Somozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A. & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements – altius: citius or forties? Medicine & Science in Sports & Exercise, 44 (2), 313-322.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

Wie kann die maximale Kraft diagnostiziert werden?

Geschrieben von Ingo Sandau

HINTERGRUND

Der Erfolg in einer Sportart hängt maßgeblich davon ab, wie die spezifischen konditionellen Leistungsvoraussetzungen (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer) beim Sportler entwickelt und ausgeprägt sind. Bezüglich der Kraftfähigkeit sollte jeder Trainer für seine Sportart/Disziplin wissen, welche Bedeutung sie besitzt und in welcher Übung sie zweckmäßig zu entwickeln und auszuprägen ist. Ein Test zur Diagnostik der Kraft gibt hierzu hilfreiche Informationen. Die Diagnostik der Kraft bedeutet[1]:

1. Bestimmung des gegenwärtigen Leistungszustands zu einem bestimmten Zeitpunkt,
2. Darstellung der Veränderung des Kraftniveaus im zeitlichen Verlauf,
3. Bestimmung von relativen Lasten für Krafttrainingsmethoden,
4. Erkennen von Wechselwirkungen zwischen maximalem Kraftniveau und der spezifischen muskulären Leistung.

Eine Maximalkraftdiagnostik kann wichtige Orientierungen für die weitere Leistungs- und Trainingssteuerung geben.

ANTWORT

Die Maximalkraft ist als körperliche Eigenschaft ein Konstrukt. Damit dieses Konstrukt gemessen werden kann, muss ein Test (Übung) durchgeführt werden. Die physikalische Größe Kraft (Newton) oder vereinfacht die Zusatzlast (Masse in kg) dienen als Messgröße. In der Regel findet ein Test unter statischen (isometrischen) oder konzentrischen muskulären Arbeitsbedingungen statt, sodass die isometrische oder konzentrische Maximalkraft bestimmt werden kann. Neben der muskulären Arbeitsbedingung ist die gewählte Testübung dafür ausschlaggebend, welches Testergebnis erzielt wird (Testbedingungen) Abb. 1. Diese vielfältigen Faktoren zeigen, dass die Diagnostik der maximalen Kraft sehr differenziert ausgeführt werden kann und muss, da sie immer aufgabenspezifisch ist [2].

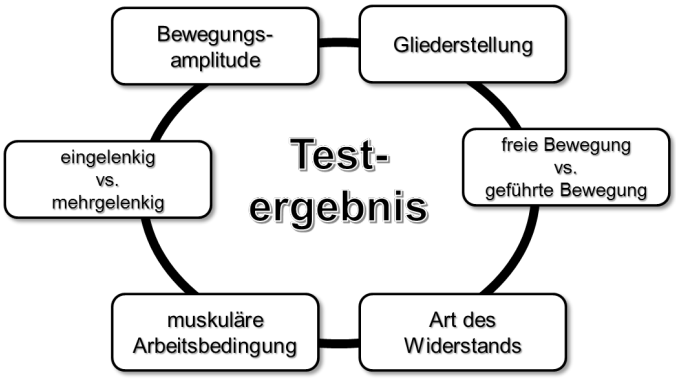


Abb. 1: Komponenten einer Testbedingung, die eine Aufgaben-spezifik definieren und das Testergebnis beeinflussen.

Unter sportpraktischen Gesichtspunkten eignen sich sportmotorische Tests zur „Grobdiagnostik" der Maximalkraft [1]. Die tiefe Nackenkniebeuge ist zur Bestimmung der konzentrischen Maximalkraft eine beliebte Testübung. Aufgrund der involvierten Muskelgruppen sowie deren intermuskulärer Koordination bei der Bewegungsausführung besitzt diese Testübung eine große Nähe zu vielen sportlichen Bewegungen (u. a. Beschleunigung im Sprint, Sprung) [3]. Die Maximalkraftbestimmung über die Nackenkniebeuge ermöglicht deshalb eine sportartübergreifende Aussage zum grundlegenden maximalen Kraftvermögen der unteren Extremitäten.

Üblicherweise wird die Ausführung mit tiefer Hocke gewählt. Trotz gegenteiliger Behauptungen entstehen bei der Bewegungsausführung mit tiefer Hocke weder für die Knie noch für die Wirbelsäule größere Belastungen als bei der Ausführung mit halber Hocke [4]. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine gute Bewegungsausführung Abb. 2. Die höchste Last, die als Einer-Wiederholung-Maximum (1 RM) bewältigt werden kann, stellt das maximale Kraftniveau in dieser Übung dar. Anstelle des 1 RM kann auch ein 3 RM verwendet werden. Aus der Praxis des Gewichthebens ist bekannt, dass die Aussagefähigkeit zwischen beiden Varianten vergleichbar ist (bei geringeren absoluten Lasten im 3 RM). Für Männer gilt in der Nackenkniebeuge allgemein das zweifache das Körpergewichts als anzustrebendes Kraftniveau [5]. Dieser Orientierungswert sollte allerdings sportler- und sportartbezogen auf Gültigkeit überprüft werden. Spätestens wenn der Zuwachs der Maximalkraft in der Nackenkniebeuge nicht mehr im Verhältnis zum Fortschritt in der Wettkampfleistung steht, sollte eine weitere Entwicklung der maximalen Kraft nicht mehr im Trainingsfokus stehen [2]. Aufgrund des grundlegenden Charakters wird die Nackenkniebeuge auch als sportartübergreifende Trainingsübung zur Entwick-

Abb. 2: Korrekte Bewegungsausführung der Nackenkniebeuge (Kniebeuge hinten).

lung der Kraftfähigkeit für die unteren Extremitäten eingesetzt. Es muss allerdings angemerkt werden, dass die Maximalkraft in der Nackenkniebeuge wegen der Aufgabenspezifik nicht allgemeingültig ist. Ein einzelner Test zur Bestimmung einer allgemeingültigen Maximalkraft existiert nicht[7]. Jeder Maximalkrafttest repräsentiert genaugenommen nur „eine" Maximalkraft für die entsprechende Testbedingung[6]. Unterschiedliche Testbedingungen können unterschiedliche Testergebnisse liefern, die wiederum im Kontext der Zielbewegung bewertet und eingeordnet werden müssen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Nackenkniebeuge ist für die Sportpraxis eine einfache Testübung, um das grundlegende konzentrische Maximalkraftniveau der unteren Extremitäten ohne großen apparativen Aufwand zu diagnostizieren. Wenn diese Übung zur Diagnostik genutzt wird, sollten folgende Punkte beachtet werden:

A. Eine saubere und stabile Bewegungsausführung muss gewährleistet sein. Wenn du die Nackenkniebeuge als Testübung nutzen möchtest, vergewissere dich, dass der Athlet die Kniebeuge auch im Grenzlastbereich richtig ausführen kann. Eine falsche und unsaubere Bewegungsausführung beeinflusst das Testergebnis und kann Verletzungen hervorrufen. Entspricht die Bewegungsausführung mit steigender Last nicht mehr den Anforderungen, dann beende den Test – auch wenn die anvisierte Last noch nicht erreicht wurde.

B. Nach einer spezifischen Erwärmung sollte jeder Maximalkrafttest in einem ausgeruhten Zustand erfolgen. Versuche innerhalb von 6-8 Serien den Grenzbereich eines Athleten zu erreichen.

C. Behalte immer in Erinnerung, dass die maximale Kraft in der Kniebeuge aufgabenspezifisch ist! Eine ausschließliche Steuerung der Trainingswirkung bezüglich des maximalen Kraftniveaus über den Kniebeuge-Test ist nicht ausreichend (ausgenommen Gewichtheben und Kraftdreikampf). Mit der Kniebeuge wird auch nur die Kniebeuge überprüft. Nutze mehrere Testbedingungen für eine umfassende Diagnostik des maximalen Kraftniveaus der relevanten Muskeln.

FAQ LESETIPPS

I. Wieso ist eine Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig? Kennliniendiagnostik am IsoMed!

II. Was versteht man unter (Maximal)kraft?

LITERATURVERWEISE

1. Martin, D., Carl, K. & Lehnertz K. (2001). Handbuch Trainingslehre. 3 ed. Schorndorf: Hofmann.

2. Zatsiorsky, V. M. (1996). Krafttraining. Praxis und Wissenschaft. Aachen: Meyer & Meyer.

3. Myer, G.D., Kushner, A.M., Brent, J.L., et al. (2014). The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance. Strength and Conditioning Journal, 36(6), 4-27.

4. Hartmann, H., Wirth, K. & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. Sports Medicine, 43(10), 993-1008.

5. McGuigan, M. (2017). Developing Power. Champaign, IL: Human Kinetics.

6. Bartonietz, K.E. (1992). Effektivität im Krafttraining. Leistungssport, 22(5), 5-14.

7. Buckner, S.L., Jessee, M.B., Mattocks, K.T., et al. (2017). Determining strength: A case for multiple methods of measurement. Sports Medicine, 47(2), 193-195.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

Geschrieben von Ingo Sandau

HINTERGRUND

In Sportarten, bei denen zur Realisierung der Wettkampfleistung große Widerstände überwunden werden (z. B. Gewichtheben, Bobsport, Hammerwerfen), besteht ein großer Zusammen zwischen der muskulären Leistung und dem Niveau der grundlegenden Kraft (u. a. Maximalkraft). Diese muskulären Leistungen können deshalb im übergreifenden Sportartenvergleich als kraftbetont kategorisiert werden. Der unmittelbare Zusammenhang spiegelt sich auch im Training wider. Das Training zur Entwicklung der kraftbetonten muskulären Leistungen beinhaltet einen vergleichsweise großen Anteil an grundlegendem Krafttraining. Dennoch gilt, dass auch kraftbetonte muskuläre Leistungen nicht ausschließlich nur über die Erhöhung der grundlegenden Kraft gesteigert werden können. Es muss innerhalb des Krafttrainings eine „Umwandlung" über das semispezifische und spezifische Krafttraining sowie über Anteile des Schnelligkeitstrainings stattfinden!. Auch in diesem Fall ist die Analyse der Zielbewegung unter Wettkampfbedingungen der Ausgangspunkt zur Bestimmung der relevanten Anforderungen an die Muskeln. Das FAQ soll das Training zur Entwicklung und Ausprägung einer kraftbetonten muskulären Leistung aus konditioneller Sicht am Beispiel des Gewichthebens vorstellen.

ANTWORT

Aufgrund der Anforderungen im Wettkampf wird folgende Einordnung im Training des Gewichthebens vorgenommen: Ein Hanteltraining mit höheren Hantelgeschwindigkeiten als im Wettkampf ist ein Schnelligkeitstraining, ein Hanteltraining mit geringeren Hantelgeschwindigkeiten als im Wettkampf ist ein (spezielles) Krafttraining. Innerhalb des speziellen Krafttrainings gehören die verschiedenen Kniebeugen, Drückübungen sowie die Varianten des Lasthebens (schwere Züge) zum grundlegenden Krafttraining (Komplexe 4, 5, 6 des Trainingsmittelkatalogs im Gewichtheben[1]). Die Übungen Zug breit und Zug eng sind dem semispezifischen Krafttraining zuzuordnen (Komplex 3 des Trainingsmittelkatalogs).

Die spezifische muskuläre Leistung im Gewichtheben ist zu einem großen Teil vom grundlegenden Kraftniveau in den unteren Extremitäten abhängig und hier insbesondere von der unspezifischen muskulären Leistung in der Kniebeuge (als Ausdruck der Maximalkraft)[2, Abb. 1].

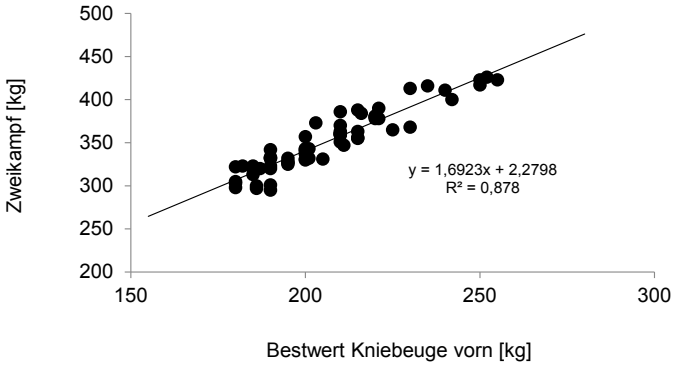


Abb. 1: Zusammenhang zwischen dem Bestwert in der Kniebeuge und dem Bestwert in der Zweikampfleistung (Summe aus Reißen und Stoßen).

Aus diesem Grund besteht ein Großteil des Trainings darin, dass grundlegende Kraftniveau kontinuierlich weiter zu erhöhen. Das dafür genutzte grundlegende Krafttraining beinhaltet die Kniebeugen (ungerichteter Charakter) sowie das Lastheben mit engem oder breitem Griff (gerichteter Charakter). Das grundlegende Krafttraining wird mit verschiedenen „Maximalkraftmethoden" über den gesamten Vorbereitungszyklus angewandt[3]. Aufgrund der Bedingungen im Wettkampf (hohe Lasten) erfolgt die Ausprägung der Bestwerte dieser Übungen in den letzten 2-4 Wochen vor dem Hauptwettkampf[4]. Trotz des hohen Zusammenhangs zwischen dem grundlegenden Kraftniveau mit der Wettkampfleistung muss ein „Umwandlungsprozess" dieser unspezifischen muskulären Leistung in die spezifische muskuläre Leistung erfolgen. Dieser Prozess wird über das semispezifische Krafttraining (Zugübungen mit engem und breiten Griff) sowie das Schnelligkeitstraining (bspw. Standreißen) sichergestellt[5]. Parallel zum Krafttraining wird zusätzlich das Schnelligkeitstraining über den gesamten Vorbereitungszyklus angewandt[Abb. 2]. Eine alleinige Steigerung des grundlegenden Kraftniveaus – ohne Umwandlungsprozess – würde nur zu einer ungenügenden Erhöhung der spezifischen muskulären Leistung führen.

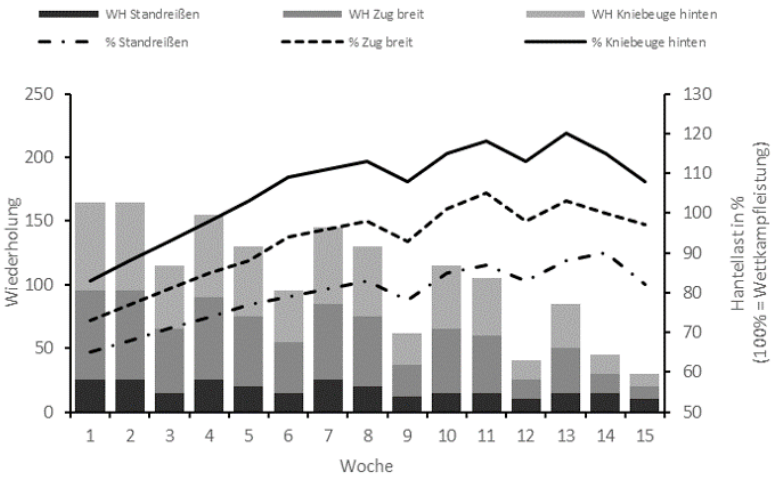


Abb. 2: Makrozyklusaufbau im Gewichtheben am Beispiel ausgewählter Übungen für Schnelligkeitstraining (Standreißen), semispezifisches Krafttraining (Zug breit) und grundlegendes Krafttraining (Kniebeuge hinten).

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Für kraftorientierte muskuläre Leistungen ist das grundlegende Krafttraining eine wesentliche Komponente im Gesamttrainingsprozess.

A. Eine Anforderungsanalyse der Wettkampfbewegung ist die Grundlage für ein zielgerichtetes (Kraft-) Training.

B. Das grundlegende Kraftniveau ist für kraftorientierte muskuläre Leistungen meist eine zu maximierende Größe.

C. Beachte jedoch, dass immer eine „Umwandlung" in die spezifische muskuläre Leistung für die Wettkampfbedingungen notwendig ist.

D. Diagnostiziere die spezifische muskuläre Leistung im laufenden Trainingsprozess, um die Qualität der „Umwandlung" zu beurteilen und das Training zu steuern.

E. Die Ausprägung des grundlegenden Kraftniveaus im zeitlichen Bezug zum Hauptwettkampf hängt von den konkreten Anforderungen in der jeweiligen Sportart/Disziplin ab. Je höher die zu überwindenden Widerstände im Wettkampf sind, desto näher liegt die Ausprägung des grundlegenden Kraftniveaus am Hauptwettkampf.

F. Das Trainingssystem eines Gewichthebers ist nicht 1:1 auf andere Sportarten/Disziplinen zu übernehmen. Überprüfe, welche Inhalte zweckmäßig sind, um die muskuläre Leistung in deiner Sportart/Disziplin zu steigern.

FAQ LESETIPPS

I. Was versteht man unter Krafttraining?

II. Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

III. Ausdauerorientierte muskuläre Leistung – Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

LITERATURVERWEISE

1. Lippmann, J. & Jentsch, H. (1996). Trainingsmittelkatalog – Gewichtheben BVDG. Leipzig: IAT..

2. Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Carlock, J., Cardinale, M. & Newton, R. U. (2005). Relationship of maximum strength to weightlifting performance. Medicine and Science in Sports and Exercise, 37 (6), 1037-1043.

3. Worobjow, A. N. (1984). Gewichtheben. Berlin: Sportverlag.

4. Lippmann, J. (1997). Position of annual training plan for high-performance weightlifters. In: Lukaacsfalvi, A., Takacs, F. eds. Proceedings of the weightlifting symposium. Olympia: International Weightlifting Federation, 38-45.

5. Garhammer, J. & Takano, B. (2003). Training for weightlifting. In P. V. Komi (Ed.), Strength and power in sport (pp. 502-515). Oxford: Blackwell Science.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

FAQ

Häufig gestellte Fragen im Leistungssport

Wie können schnelligkeitsbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

Geschrieben von Uwe Wenzel

HINTERGRUND

In Sportarten, in denen hohe Endgeschwindigkeiten oder hohe Kraftstöße in kurzer Zeit von Bedeutung sind, wird im Training oftmals der Schwerpunkt auf die Steigerung der Maximalkraft gelegt. Zwar ist die Maximalkraft eine Basisgröße zur Verbesserung der muskulären Leistung – allerdings nicht immer die entscheidende Leistungsreserve. Stellt man das Training der muskulären Leistung in den Vordergrund, wird neben der Kraft auch die entsprechende Geschwindigkeit berücksichtigt. Ausgehend von dem sportart- bzw. disziplinspezifischen Kraftprofil (Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung) kann man für die einzelnen Gliederketten (Beine, Arme) die aktuelle muskuläre Leistung bestimmen und somit das Beschleunigungsvermögen beurteilen (Kennliniendiagnostik[1]). Dieses gilt es, durch den Einsatz verschiedener Trainingsmittel und -methoden zielgerichtet zu verbessern, sodass sich die Kraft-Geschwindigkeits-Kurve in gewünschter Richtung verschiebt.

ANTWORT

Trainer stehen vor der Aufgabe, aus der Vielzahl an Trainingsmitteln und -methoden im (Kraft-)Training diejenigen auszuwählen und zielgerichtet einzusetzen, die perspektivisch den höchsten Übertrag auf die Wettkampfleistung bzw. die muskuläre Leistung bringen. Dabei sollte man bedenken, dass unterschiedliche Trainingsschwerpunkte zu unterschiedlichen Anpassungen im neuromuskulären System (z. B. Muskelhypertrophie oder erhöhte Feuerfrequenz der Motoneurone) und in den kontraktilen Eigenschaften führen [II]. Die Kraft-Geschwindigkeits-Kurve verschiebt sich nach rechts, jedoch mit unterschiedlich großen Auswirkungen im Kraft- oder Geschwindigkeitsbereich [Abb. 1].

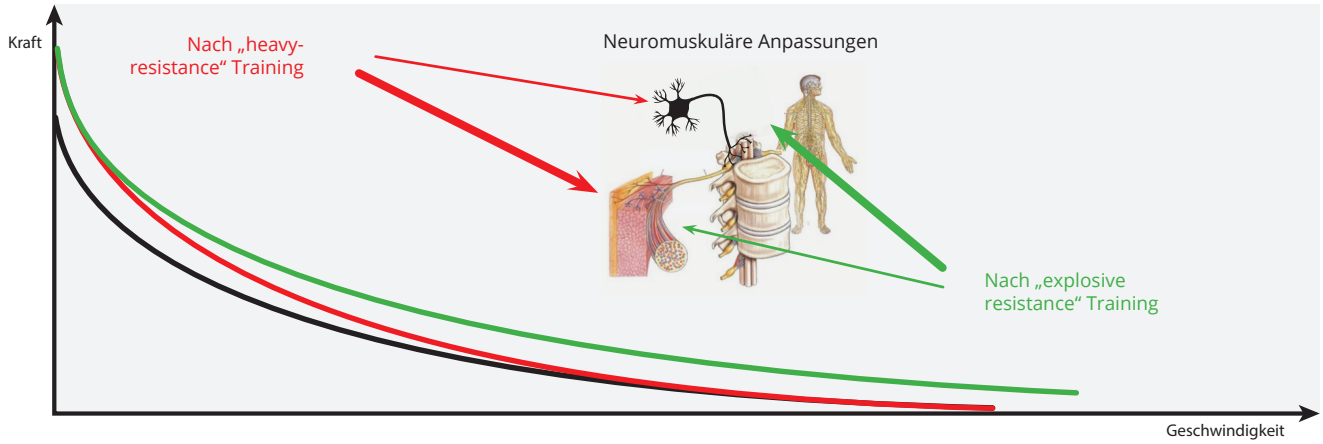


Abb. 1: Auswirkungen von „heavy-resistance“ und „explosive resistance“ Training auf die Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung (mod. nach 1, 2). Im Saisonaufbau wird oftmals eine Verschiebung in Form einer Schaukelbewegung angestrebt (rot dann grün).

In diesem Zusammenhang sind die Kraftanforderungen für spezifische muskuläre Leistungen erneut auf einem Spektrum zwischen maximal hoher Last/Widerstand und maximal hoher Geschwindigkeit zu sehen. Das bedeutet, dass für eine effektive Vergrößerung der muskulären Leistung eine Vielzahl an Trainingsmitteln und -methoden zum Einsatz kommen müsste, die klassischerweise dem Kraft- und Schnelligkeitstraining, aber auch dem spezifischen Training in der Zielbewegung, zuzuschreiben sind. Es geht daher weniger um die Frage, ob Krafttraining besser als Schnelligkeitstraining ist oder ob man besser kombinierte Methoden einsetzen sollte. Vielmehr sollte man überlegen, welche Akzentuierung zu welchen Anpassungen führt und wie ein sinnvolles Nacheinander gestaltet werden muss, damit zum Wettkampfhöhepunkt das Maximum an spezifischer muskulärer Leistung generiert werden kann. Unabhängig vom genauen Saisonaufbau, kann man sich an folgender Reihenfolge orientieren [3].

1. **Sportliche Aktivität zur allgemeinen Anpassung und Vorbereitung der Strukturen (Muskeln, Sehnen, ...).**

2. **Training mit hohen bis maximalen Lasten zur Vergrößerung des Querschnitts und zur Verbesserung der Rekrutierung.**

3. **Explosiv-dynamisches Training mit mittleren und niedrigen Lasten zur Verbesserung der Feuerfrequenz der Motoneurone.**

Ausgehend von dieser Orientierung gilt es, die Sportartspezifik und das genaue Ziel zu berücksichtigen und eine individuelle trainingsmethodische Lösung zu erstellen. Dabei bildet ein langfristiger Aufbau/Plan in der Kraftentwicklung [4] und eine Belastungskategorisierung von Trainingsübungen [5] einen Ausgangspunkt. Dies hilft, Überlastung zu vermeiden und im langfristigen Leistungsaufbau hochspezifische Trainingsmittel nicht zu früh einzusetzen.

Beispielhaft soll hier eine ballistische Übung im Juniorenbereich in Form eines beidbeinigen Vertikalsprungs aus einer Auftaktbewegung angenommen werden, wie er z. B. in Spielsituationen (Fußball, Volleyball) zum Einsatz kommt. Das Ziel ist eine Maximierung der muskulären Leistung im vertikalen Sprung, was bei relativ konstanten Körpergewicht und Ausführungsbedingungen über eine Erhöhung der Absprunggeschwindigkeit führen muss. Klammert man den allgemeinen Teil des Trainings aus, so können die Haupttrainingsmittel in einer Art Übungskette mit grundlegenden Übungen und explosiv-dynamischen (ballistischen) Übungen ausgewählt werden [1]. Die Übungskette für den Vertikalsprung könnte dann so aussehen **Abb. 2**.

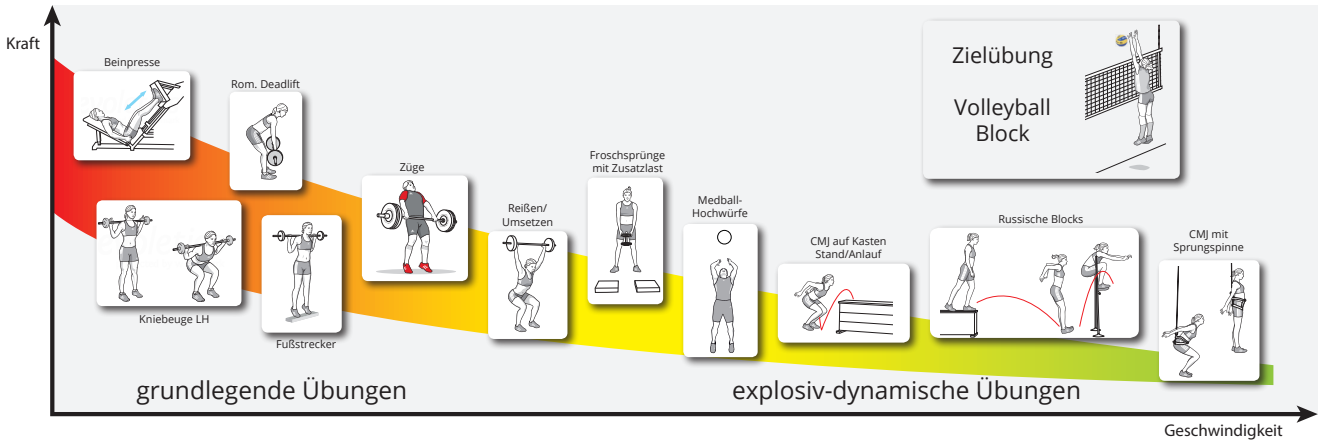


Abb. 2: Beispiel einer Übungskette für die Entwicklung der muskulären Leistung in der Zielübung Absprung Volleyball Block.

Auch wenn einige Trainingsmittel bereits mit der Methode verknüpft sind, besteht weiterhin die Aufgabe, die einzelnen Trainingsmittel mit konkreten Belastungskennziffern und ihrem individuellen methodischen Einsatz zu planen. Dabei muss man sich über die Intensität, den Umfang, die Häufigkeit und natürlich die Erholung Gedanken machen. Je näher man der Wettkampfphase kommt, desto mehr sollte die Qualität der Übungen im Vordergrund stehen. Eine hohe Qualität ist durch eine hohe Spezifität – also vergleichbare Lasten und Geschwindigkeiten zur perspektivischen Zielbewegung gekennzeichnet. Hohe Intensitäten sind dann sparsamer einzusetzen und mit Pausen zu versehen, die eine fast vollständige Erholung sicherstellen. Für unser Beispiel könnten das Hypertrophie- und das IK-Training in unserer Methodenauswahl den Ausgangspunkt darstellen. Diese Methoden werden im weiteren Verlauf immer mehr durch kombinierte Methoden sowie die Schnellkraft- und Muskelleistungsmethode abgelöst und durch Methoden des Schnelligkeitstrainings (Kontrast-/Schockmethode, supramaximale Kontraktionen) vervollständigt [1, 6, 7]. Hierbei ist für Trainer, neben der bewegten Last, grundsätzlich auch die Geschwindigkeit der realisierten Bewegung eine entscheidende Steuergröße. Sie dient dabei der systematischen Akzentverschiebung

sowie der Qualitätskontrolle des realisierten Trainings. Hier können moderne und preiswerte Sensoren bzw. Messsysteme für Trainer und Sportler eine wichtige Hilfe und entscheidende Bereicherung des Trainings der muskulären Leistung darstellen. Nicht zuletzt erlauben sie ein gezieltes Training im Bereich des individuellen Optimums der muskulären Leistung. Eine Übersicht über die grundlegenden Charakteristika der einzelnen Methoden ist in nachfolgender Grafik verdeutlicht.

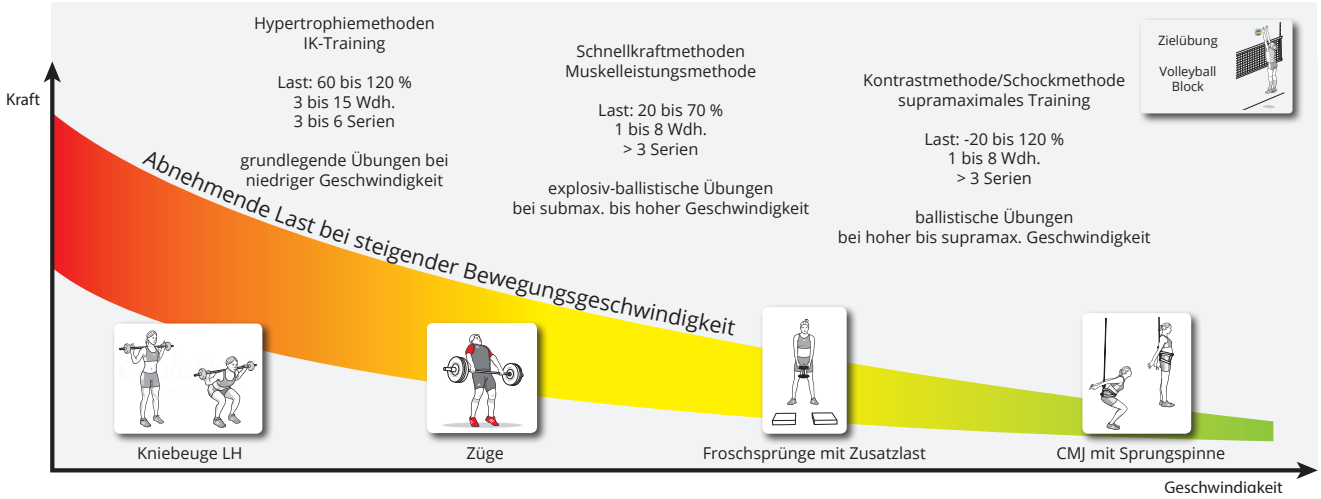


Abb. 3: Übersicht einer möglichen „Methodenkette" zur Entwicklung der maximalen muskulären Leistung. Die Lage über der Kraft-Geschwindigkeit-Beziehung zeigt an, welcher Bereich durch welche Methode vorrangig beeinflusst wird.

In diesem Zusammenhang ist wichtig zu erwähnen, dass es keine klaren Grenzen und keine klaren Wechsel von einer Übung bzw. Methode zur nächsten gibt. Vielmehr ist das Training um die Maximierung der muskulären Leistung durch eine kontinuierliche Akzentverschiebung gekennzeichnet, sodass sich verschiedene Trainingsmittel und -methoden innerhalb eines Mikrozyklus wiederfinden können. So kann die Hypertrophiemethode durchaus als „Erhaltungsdosis" in Phasen eingesetzt werden, in denen sonst explosiv dynamisches bzw. ballistisches Training im Vordergrund stehen sollte. So wie sich der Muskel auf einem Spektrum zwischen Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer mit bestimmten kontraktilen Eigenschaften anpasst, so ist auch die Reizsetzung durch entsprechende Trainingsmittel und -methoden auf diesem Spektrum vorzunehmen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Plane in deiner Entwicklung der muskulären Leistung stets eine mindestens dreiwöchige Phase zur allgemein-athletischen und technischen Vorbereitung ein.

B. Entwerfe individuelle Übungsketten, die diejenigen Muskelgruppen belasten, in denen du strukturelle und funktionelle Anpassungen erzielen möchtest. Dabei ist neben sinkender Last und steigender Geschwindigkeit eine zunehmende Spezifität zur Zielbewegung entscheidend.

C. Steuere dein Training der muskulären Leistung anhand von Intensität, Umfang, Häufigkeit und Erholung. Nutze hierfür die Charakteristika einzelner Methoden und überdenke deren Akzentuierung („Methodenkette") innerhalb eines Makrozyklus.

D. Nutze Sensoren oder Messsysteme, um neben der Last bzw. dem Widerstand auch die Geschwindigkeit zu kontrollieren und um zunehmend im Bereich der individuellen optimalen Leistung zu trainieren.

FAQ LESETIPPS

I. Wieso ist eine Kraftdiagnostik mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wichtig? – Kennliniendiagnostik am IsoMed!

II. Kraftvoll, schnell oder ausdauernd – wie macht der Muskel das?

III. Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

IV. Ausdauerorientierte muskuläre Leistung – Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

LITERATURVERWEISE

1. Kawamori, N. & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. The Journal of Strength & Conditioning Research, 18 (3); 675-684.

2. Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2009). Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

3. Bompa, T. O. & Buzzichelli, C. A., (2019). Periodization. Theory and methodology of training. Champaign: Human Kinetics.

4. Baker, J. & Young, B. (2014). 20 years later: deliberate practice and the development of expertise in sport. International Review of Sport and Exercise Psychology, 7 (1), 135-157.

5. Wenzel, U. (2018). Schlaglicht Schnelligkeit: Schneller werden durch reaktive Sprünge! In A. Hoffmann & J. Wulff (Hrsg.), Die Spitze im Blick, Tagungsband zum gleichnamigen Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig (Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft, 10, 225-241) Aachen: Meyer & Meyer.

6. Sheppard, J. M., Dingley, A. A., Janssen, I., Spratford, W., Chapman, D. W. & Newton, R. U. (2011). The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players. Journal of Science and Medicine in Sport, 14 (1), 85-89.

7. Verchoshanskij, J. V. & Verchoshanskij, N. (2011). Special Strength Training. Manual for Coaches. Rome: Verchoshanskij SSTM.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de

IAT® Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
Forschung für den Leistungssport

Ausdauerorientierte muskuläre Leistung – Wie sollte das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten optimal gestaltet werden?

Geschrieben von Nico Walter

HINTERGRUND

In Ausdauersportarten muss eine muskuläre Leistung über wiederholte Muskelaktionen erbracht werden[1]. Eine Steigerung der Leistung ist deshalb sowohl über verbesserte energetische als auch neuromuskuläre Voraussetzungen möglich. Letzteres kann über ein grundlegendes oder spezifisches Krafttraining (z. B. Fahrten mit erhöhtem Bootswiderstand) verbessert werden. Im Gegensatz zum spezifischen Krafttraining war der Nutzen eines grundlegenden Krafttrainings zur Steigerung der ausdauerorientierten muskulären Leistung in Ausdauersportarten lange Zeit unklar.

Wird Ausdauertraining mit einem grundlegenden Krafttraining kombiniert, ist oftmals trotz gleichem Ausdauertrainingseffekt im Vergleich zum isolierten Training der Krafttrainingseffekt reduziert[1]. Trotz dieser Interferenz kann ein grundlegendes Krafttraining auch bei Eliteathleten die komplexe Ausdauerleistung steigern[2]. Die positive Wirkung ist dabei weniger auf eine Muskelhypertrophie, sondern auf Veränderungen der Faserstruktur, des Muskel-Sehnen-Komplexes sowie der neuromuskulären Ansteuerung zurückzuführen. Dadurch verbessert sich die Bewegungsökonomie, die maximale Leistung, der Kraftanstieg oder auch der anaerobe Energiestoffwechsel und infolgedessen die komplexe Ausdauerleistung[2,3,4]. Allerdings sind auch negative Auswirkungen eines grundlegenden Krafttrainings bekannt[5,6]. Es stellt sich also weniger die Frage, ob ein grundlegendes Krafttraining für Ausdauerathleten sinnvoll ist. Entscheidend für den positiven Effekt ist das „Wie?“.

ANTWORT

Welche Trainingsmethode ist im grundlegenden Krafttraining am effektivsten? Da positive Effekte eines grundlegenden Krafttrainings auf die Ausdauerleistung vor allem in neuromuskulären Anpassungen begründet sind, wird die „IK-Methode" (> 80 % 1RM; 2-5 Serien je 1-5 Wdh.) empfohlen [2, 3, 4, II, III]. Die typisch geforderte Ausbelastung innerhalb einer Serie ist dabei für positive Effekte nicht notwendig [7]. In einigen Ausdauersportarten (z. B. Lauf, Skilanglauf) zeigen auch plyometrisch und schnellkräftig ausgeführte Übungen (Schnellkraftmethode mit < 80 % 1RM; 2-5 Serien je 1-10 Wdh.; hohe Bewegungsgeschwindigkeit) eine positive Wirkung [4, IV]. In Sportarten, die nicht von der Körpermasse abhängig sind und höhere Kraftanforderungen beinhalten (z. B. Bahnrad Sprint, Kanu, Rudern), ist auch die Hypertrophiemethode (> 80 % 1RM; 2-5 Serien je 8-15 Wdh.) zu nutzen. Das in der Praxis häufig eingesetzte Kraftausdauertraining (z. B. < 80 % 1RM; 2-4 Serien je 15-30 Wdh; kurze Pausen) ist trotz seiner scheinbar weniger bedeutenden Effekte auf die komplexe Ausdauerleistung aus verletzungsprophylaktischer Sicht und zur Vorbereitung auf das Training mit der IK-Methode (Methodenkette) nicht zu unterschätzen. Bei der Auswahl der Krafttrainingsmethode sind die individuellen Voraussetzungen sowie Stärken und Schwächen des Athleten zu beachten [6].

Welche Übungen soll ich einsetzen? Die Übungsauswahl orientiert sich an der Sportartspezifik und der Frage, welche Muskelgruppen in welchen Gelenkwinkelbereichen und mit welchen Muskelaktionen aktiv sind [4, V]. Auch für Ausdauersportarten sind Langhantelübungen (z. B. Kniebeuge, Reißen, Kreuzheben, Ausfallschritte) sowie Übungen am Seilzug oder Maschinen (z. B. Beinpresse) zweckmäßig. Mit Blick auf die sportartspezifischen Anforderungen gilt es, sinnvolle Übungsketten zu entwerfen und Übungen mit steigender Sportartspezifik zu integrieren. Dabei ist ein optimaler Transfer auf die spezifische muskuläre Leistung zu erwarten, wenn neben dem grundlegenden Krafttraining auch semispezifisches (z. B. Sprungübungen) und spezifisches Krafttraining eingesetzt wird [6]. Hinsichtlich der Übungsanzahl zeigen sich positive Effekte bei 2-6 Übungen pro Einheit.

Wie oft und wie lange soll ich das grundlegende Krafttraining integrieren? Wichtig für die Trainingshäufigkeit ist der angestrebte Trainingseffekt, wobei insgesamt eher längere Trainingsphasen (> 12 Wochen) mit 1-2 Einheiten pro Woche Leistungszuwächse versprechen [4]. Ist die Bewegungsökonomie im Fokus oder kommen hohe Lasten zum Einsatz, sollte das grundlegende Krafttraining langfristig integriert werden (> 24 Einheiten bzw. 1-2 Einheiten über > 12 Wochen). Um die maximale muskuläre Leistung bei Ausdauerathleten zu steigern (Schnellkraftmethode) oder beim Einsatz der Hypertrophiemethode, sind 2-3 Einheiten pro Woche und kürzere Trainingsphasen zielführend [2, 7].

Wann sollte ich das grundlegende Krafttraining integrieren? Folgt das grundlegende Krafttraining auf ein aerobes Ausdauertraining (direkt oder getrennt durch < 6 h), sind bessere Effekte auf die Entwicklung der Ausdauerleistung und Bewegungsökonomie zu erwarten als andersherum [2, 6]. Die Gründe sind zum einen, dass der Interferenzeffekt dadurch höher und die vor allem in körpergewichtsabhängigen Ausdauersportarten (z. B. Lauf, Skilanglauf) nicht angestrebte Muskelhypertrophie [2, 8] eingeschränkt ist. Zum anderen führt ein grundlegendes Krafttraining bis zu 24 h (teilweise auch 48-72 h) danach zu einer reduzierten Bewegungsökonomie, wodurch die Qualität und der Effekt des Ausdauertrainings beeinträchtigt sein kann [4, 5, 6]. Dies spricht für das grundlegende Krafttraining vor einem Ruhetag. In Ausdauersportarten, in denen ein Muskelaufbau gewünscht ist oder wenn Reserven diesbezüglich gesehen werden, sollte das grundlegende Krafttraining vor oder zeitlich möglichst weit (> 6-24 h) vom Ausdauertraining entfernt liegen. Außerdem

sollte das Krafttraining der oberen Extremitäten mit dem Ausdauertraining der unteren Extremitäten (oder andersherum) gekoppelt oder das Krafttraining mit dem Sprinttraining kombiniert werden[6, 7].

Die Einordnung des grundlegenden Krafttrainings in die Jahresstruktur ist sportartspezifisch und abhängig von den jeweiligen Zielen der Trainingsphasen. Da die Hypertrophie umso stärker unterdrückt wird, je höher der Umfang an Ausdauertraining ist[6], scheint das Training mit hohen Lasten vor allem für körpergewichtsabhängige Ausdauersportarten in umfangsbetonten Phasen zielführend zu sein[4]. In Phasen mit geringem Ausdauertrainingsumfang (z. B. Saisonbeginn) oder in Intensitätsphasen kann ein grundlegendes Krafttraining stärker zu einem Muskelaufbau führen. Wird dieser nicht angestrebt, sollten die Schnellkraftmethode/Sprünge genutzt oder die Wiederholungszahlen beim Training mit hohen Lasten reduziert werden. Die neuromuskulären Voraussetzungen können in der Wettkampfphase durch ein im Umfang reduziertes, grundlegendes Krafttraining alle 7-10 Tage stabilisiert werden[4]. Aufgrund des negativen Einflusses auf die Bewegungsökonomie sollte das grundlegende Krafttraining 3-7 Tage vor einem Wettkampf vermieden werden. Einen Überblick gibt die nachfolgende Tabelle:

<table>
<tr><th></th><th>Wenn Muskelhypertrophie in deiner Ausdauersportart leistungsrelevant ist, dann…
(z. B. Bahnrad Sprint, Kanu, Rudern)</th><th>Wenn neuromuskuläre Anpassungen in deiner Sportart leistungsrelevant sind, dann…
(z. B. Lauf, Skilanglauf, Schwimmen, Straßenrad)</th></tr>
<tr><td> </td><td>✓ IK-Methode
✓ Hypertrophiemethode</td><td>✓IK-Methode
✓ Schnellkraftmethode/Sprungkraft</td></tr>
<tr><td> </td><td colspan="2">✓ Anforderungsanalyse: Welche Muskelgruppen in welchen Gelenkwinkelbereichen und mit welchen Muskelaktionen aktiv?
✓ Langhantelübungen, Übungen am Seilzug oder Maschinen zielführend
✓ Übungsketten mit steigender Sportartspezifik & Kombination mit (semi-)spezifischem Krafttraining („Transfer“)</td></tr>
<tr><td> </td><td colspan="2">✓ v. a. längere Trainingsphasen (> 12 Wochen) mit 1-2 Einheiten pro Woche
✓ Schnellkraftmethode/Hypertrophiemethode: 2-3 Einheiten pro Woche</td></tr>
<tr><td> </td><td>✓ Krafttraining vor oder zeitlich möglichst weit (> 6-24 h) vom Ausdauertraining entfernt
✓ Krafttraining der oberen Extremitäten mit Ausdauertraining der unteren Extremitäten (oder umgekehrt) koppeln
✓ Krafttraining mit Sprinttraining kombinieren</td><td>✓ Krafttraining nach dem aeroben Ausdauertraining (< 6 h)
✓ reduzierte Bewegungsökonomie v. a. bis 24 h nach dem Krafttraining mit Einfluss auf Qualität und Effekte des Ausdauertrainings (Krafttraining vor Ruhetagen)</td></tr>
<tr><td> </td><td>✓ Hypertrophiemethode v. a. in Intensitätsphasen mit geringem Ausdauertrainingsumfang (Ziel: Interferenz minimieren)</td><td>✓ Training mit hohen Lasten v. a. in umfangsbetonten Phasen
✓ Schnellkraftmethode/ Sprungkraft v. a. in Intensitätsphasen</td></tr>
<tr><td colspan="3">✓ Stabilisierung der Anpassungen in der Wettkampfphase durch Krafttraining alle 7-10 Tage
✓ Krafttraining 3-7 Tage vor einem Wettkampf vermeiden</td></tr>
</table>

Tab. 1: Übersicht über das grundlegende Krafttraining in Ausdauersportarten.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

A. Nutze neben dem spezifischen Krafttraining das grundlegende Krafttraining mit hohen Lasten (> 80 % des 1RM) und geringen Wiederholungszahlen (2-5 Serien je 1-5 Wdh.), um die Ausdauerleistung positiv zu beeinflussen, ohne den Ausdauertrainingseffekt zu minimieren. Ist der Muskelaufbau nicht im Fokus, sollte dabei das grundlegende Krafttraining nach dem Ausdauertraining stattfinden.

B. Wähle die Häufigkeit, die Ausrichtung, die Zyklisierung und die Übungsauswahl im grundlegenden Krafttraining anhand deiner Sportartspezifik (v. a. in Abhängigkeit von der Körpermasse/ Muskelhypertrophie) und orientiere dich an den individuellen Stärken und Schwächen deines Athleten.

C. Führe das grundlegende Krafttraining schrittweise ein und kontrolliere die Qualität der Übungsausführung, bevor hohe Lasten genutzt werden.

D. Weniger ist mehr – eine Ausbelastung in den einzelnen Serien sowie hohe Übungs- und Serienanzahlen sind nicht von Vorteil.

E. Achte darauf, dass die Bewegungsökonomie bis zu 78 h nach einem Training mit hohen Lasten beeinträchtigt ist.

FAQ LESETIPPS

I. Was versteht man unter muskulärer Leistung?

II. Wie können kraftbetonte muskuläre Leistungen trainiert werden?

III. Kraftvoll, schnell oder ausdauernd – wie macht der Muskel das?

IV. Wie können schnelligkeitsorientierte muskuläre Leistungen trainiert werden?

V. Warum benötige ich für das Krafttraining eine sportartspezifische Anforderungsanalyse?

LITERATURVERWEISE

1. Schumann, M. & Rønnestad, B. R. (2019). Concurrent Aerobic and Strength Training. Scientific Basics and Practical Applications. Cham: Springer.

2. Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubeix, M., Binet, C. & Bosquet, L. (2018). Strength training for middle- and long-distance performance: A meta-analysis. International Journal of Sports Physiology and Performance, 13 (1), 57-64.

3. Aagaard, P. & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. Scand J Med Sci Sports, 20 (S 2), 39-47.

4. Rønnestad, B. R. & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. Scand J Med Sci Sports, 24 (4), 603-612.

5. Doma, K., Deakin, G. B. & Bentley, D. J. (2017). Implications of impaired endurance performance following single bouts of resistance training: An alternate concurrent training perspective. Sports Med, 47 (11), 2187-2200.

6. Berryman, N., Mujika, I. & Bosquet, L. (2019). Concurrent training for sports performance: The two sides of the medal. Int J Sports Physiol Perform, 14 (3), 279-285.

7. Garcia-Pallares, J. & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. Sports Med, 41 (4), 329-343.

8. Chilibeck, P. D., Syrotuik, D. G. & Bell, G. J. (1999). The effect of strength training on estimates of mitochondrial density and distribution throughout muscle fibres. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 80 (6), 604-609.1.

LiDA

Auf unserer Hompage stehen
weitere FAQ zum Download bereit.
In unsereR Literaturdatenbanken (LiDA) findest
du außerdem zahlreiche Studien, die einen Bezug zum
Leistungssport haben. Es ist möglich, nach vordefinierten oder
eigenen Schlagworten aus über 82.000 Beiträgen zu recherchieren.

http://www.sport-iat.de/faq

Gefördert durch:

Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KONTAKT

Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)
Ein Institut im Verein IAT/FES e. V.

Marschnerstr. 29
04109 Leipzig
www.sport-iat.de