

Melanie Lesinski/Thomas Mühlbauer/Olaf Prieske/Dirk Büsch/Albert Gollhofer/Christian Puta/David G. Behm/Urs Granacher

KRAFTTRAINING IM NACHWUCHSLEISTUNGSSPORT

Wirkungen und Einsatz im langfristigen Leistungsaufbau

Dieser Beitrag informiert über die generellen sowie alters-, geschlechts- und trainingsformspezifischen Wirkungen von Krafttraining auf die Maximal-/Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen von

Nachwuchsathleten. Zudem wird ein konzeptionelles Modell zur Implementierung verschiedener Krafttrainingsformen in die Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus vorgestellt. Abschließend werden Hinweise zur Gestaltung

des Krafttrainings auf der Grundlage evidenzbasierter Dosis-Wirkungs-Beziehungen präsentiert.

Eingegangen: 26.8.2016

1. Einleitung

In einem kürzlich publizierten Positionspapier mit dem Titel „Citius, Altius, Fortius“ („Schneller, Höher, Stärker“) von Faigenbaum, Lloyd, MacDonald und Myer (2016) wurde die zentrale Rolle der Muskelkraft und hierbei insbesondere der Maximalkraft im langfristigen Leistungsaufbau für die Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit von Nachwuchsathleten beschrieben. Neben der Leistungsverbesserung zielt das Training der Muskelkraft insbesondere auch auf die Sicherung der Belastungsverträglichkeit und der Verletzungsprävention, um im Hochleistungstraining hohe Trainings- und Wettkampfbelastungen tolerieren zu können (Granacher et al., 2016).

Ein Großteil des Wissens zur Bedeutung der Muskelkraft und zur Wirkung von Krafttraining in den Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus ist nicht evidenzbasiert und beruht entweder auf der Meinung von Experten (Behm, Faigenbaum, Falk & Klentrou, 2008; Faigenbaum et al., 2009) oder aber auf Befunden aus Studien mit untrainierten Kindern und Jugendlichen, die auf Nachwuchsathleten übertragen wurden (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014). Meta-Analysen stellen ein geeignetes methodisches Instrument dar, um die vorhandene Evidenz zu einem eingegrenzten Themenfeld anhand statistischer Kennwerte (Effektgrößen) über mehrere Studien hinweg zusammenzufassen. In einer kürzlich publizierten Meta-Analyse der Potsdamer Arbeitsgruppe (Lesinski, Prieske & Granacher, 2016) wurden die Effekte von Krafttraining auf die Muskelkraft sowie auf sportmotorische und sportartspezifische

Leistungen von Nachwuchsathleten dargestellt und Dosis-Wirkungs-Beziehungen für krafttrainingsrelevante Belastungsparameter bestimmt. In einem weiterführenden Beitrag (Granacher et al., 2016) wurde ein konzeptionelles Modell zur Implementierung verschiedener Krafttrainingsformen in die Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus entwickelt. Das Ziel des vorliegenden Artikels ist es, die Ergebnisse dieser beiden Publikationen (Granacher et al., 2016; Lesinski et al., 2016) zusammenzufassen und praktische Empfehlungen für die Gestaltung von Krafttraining im Nachwuchsleistungssport abzuleiten.

2. Wirkungen von Krafttraining im Nachwuchsleistungssport

Im Folgenden werden Ergebnisse einer Meta-Analyse von Lesinski et al. (2016) vorgestellt, in die 43 Originalarbeiten mit männlichen und weiblichen Nachwuchsathleten einbezogen wurden. Eine ausführliche Beschreibung der Methoden ist online unter www.leistungssport.net einzusehen.

Subanalysen wurden für die Faktoren Alter (kalendarisch, biologisch), Geschlecht und Trainingsform (z. B. Krafttraining mit Freihanteln) durchgeführt. Die Wirkungen von Krafttraining konnten mit Hilfe von Effektgrößen (EG) berechnet werden. Diese stellen ein standardisiertes Maß für Mittelwertunterschiede dar. Die Klassifizierung der EG erfolgte nach Rhea (2004) zielgruppen- (Personen mit kontinuierlicher ein- bis fünfjähriger Krafttrainingserfahrung) und trainingsformspezifisch (Krafttraining): $EG < 0,35$ = trivialer Effekt, $0,35 \leq EG < 0,80$ = kleiner Effekt, $0,80 \leq$

$EG < 1,50$ = mittlerer Effekt und $EG \geq 1,50$ = großer Effekt.

Die allgemeinen Analysen zeigen, dass Krafttraining – unabhängig von Alter, Geschlecht und Trainingsform – mittlere Effekte auf die Maximal- ($EG = 1,09$) und Schnellkraft ($EG = 0,80$) sowie kleine Effekte auf die Kraftausdauer ($EG = 0,57$) und auf sportartspezifische Leistungen (z. B. Wurfgeschwindigkeit; $EG = 0,75$) bei Nachwuchsathleten hervorruft (Abbildung 1 auf Seite 4).

Die Subanalysen unter Berücksichtigung des Faktors kalendarisches Alter ergaben für die Maximalkraft sowohl für Athleten im Kindes- ($EG = 1,35$) als auch im Jugendalter ($EG = 0,91$) mittlere Effekte (Abbildung 2). Für die Schnellkraft konnten kleine (Kinder: $EG = 0,78$) bis mittlere (Jugendliche: $EG = 0,85$) Effekte und für die Kraftausdauer triviale Effekte (Kinder: k. A.¹; Jugendliche: $EG = 0,19$) ermittelt werden. In Bezug auf sportartspezifische Leistungen zeigte sich eine Tendenz ($p = 0,05$) zu altersspezifischen Wirkungen (Kinder: $EG = 0,50$; Jugendliche: $EG = 1,03$) zugunsten von Athleten im Jugendalter. In Abhängigkeit des Faktors biologisches Alter (z. B. Tanner-Stadien) offenbarten sich für die Maximalkraft kleine Effekte (präpubertär: k. A.¹; [post-]pubertär: $EG = 0,61$), für die Schnellkraft mittlere Effekte (präpubertär: $EG = 0,91$; [post-]pubertär: $EG = 1,15$) und für sportartspezifische Leistungen

¹ Keine Angaben (k. A.) bedeutet, dass aufgrund fehlender oder zu weniger Studienergebnisse (≤ 2 Studien) keine Effektgrößen berechnet werden konnten.

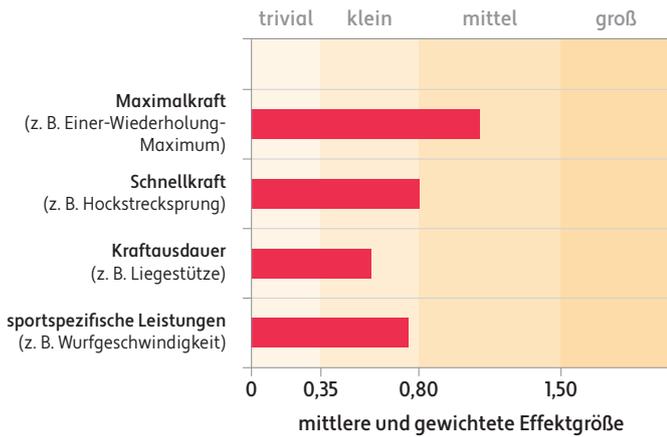


Abbildung 1: Generelle Effekte (d. h. unabhängig von Alter, Geschlecht und Trainingsform) von Krafttraining bei Nachwuchsathleten auf die Maximal-/Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen, modifiziert nach Lesinski et al. (2016) und Granacher et al. (2016)

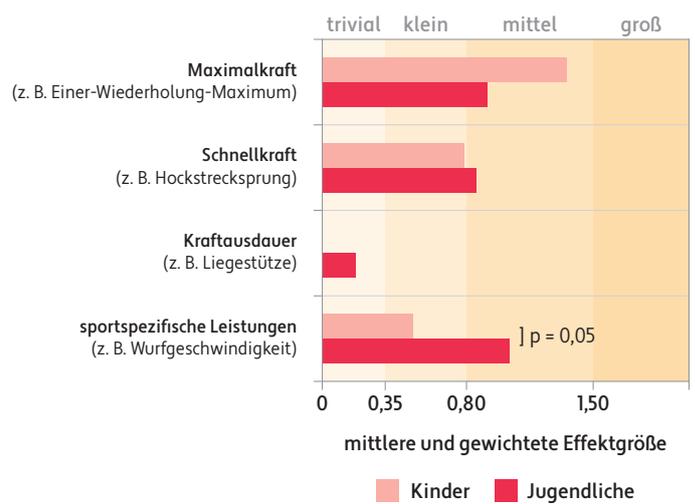


Abbildung 2: Effekte von Krafttraining bei Nachwuchsathleten auf die Maximal-/Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen in Abhängigkeit vom kalendarischen Alter, modifiziert nach Lesinski et al. (2016) und Granacher et al. (2016). Fehlende Balken verweisen auf nicht vorhandene oder zu wenige Studienergebnisse (< 2 Studien).

kleine Effekte (präpubertär: k. A.¹; [post-] pubertär: EG = 0,72) (Abbildung 3). Aufgrund fehlender oder zu weniger (< 2 Studien) Studienergebnisse war es für präpubertäre und (post-)pubertäre Athleten nicht möglich, Effektgrößen für die Kraftausdauer zu berechnen. Im Hinblick auf die Subkategorie Geschlecht konnten für die Maximalkraft mittlere Effekte (Mädchen: k. A.¹; Jungen: EG = 1,21), für die Schnellkraft kleine (Mädchen: EG = 0,61) bis mittlere (Jungen: EG = 0,85) Effekte

und für die Kraftausdauer kleine Effekte (Mädchen: k. A.¹; Jungen: EG = 0,77) berechnet werden (Abbildung 4). In Bezug auf sportartspezifische Leistungen zeigten sich signifikante (p = 0,04) geschlechtsspezifische Wirkungen (Mädchen: EG = 1,81; Jungen: EG = 0,72) zugunsten der Mädchen. Die trainingsformspezifische Subanalyse ergab ein uneinheitliches Bild (Abbildung 5). Zum Beispiel wurden für die Verbesserung der Maximalkraft signifikant höhere Wirkungen (p < 0,001) zu-

gunsten des Freihanteltrainings (EG = 2,97) gegenüber einem Krafttraining an Maschinen (EG = 0,36), einem Krafttraining an Maschinen in Kombination mit Freihanteln (EG = 1,16), einem funktionellen Training (EG = 0,62) und einem plyometrischen Training (EG = 0,39) gefunden. Im Hinblick auf die Steigerung sportartspezifischer Leistungen offenbarten sich signifikant höhere Wirkungen (p < 0,05) zugunsten eines Komplextrainings (EG = 1,85) im Vergleich zu einem Krafttraining

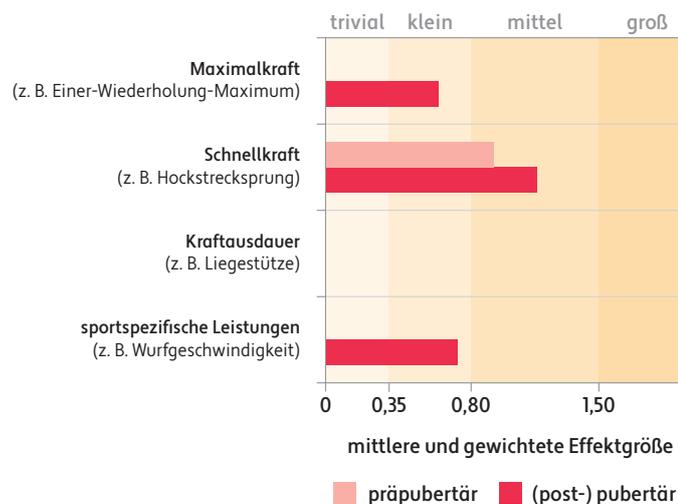


Abbildung 3: Effekte von Krafttraining bei Nachwuchsathleten auf die Maximal-/Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen in Abhängigkeit vom biologischen Alter (z. B. Tanner-Stadien), modifiziert nach Lesinski et al. (2016) und Granacher et al. (2016). Fehlende Balken verweisen auf nicht vorhandene oder zu wenige Studienergebnisse (< 2 Studien).

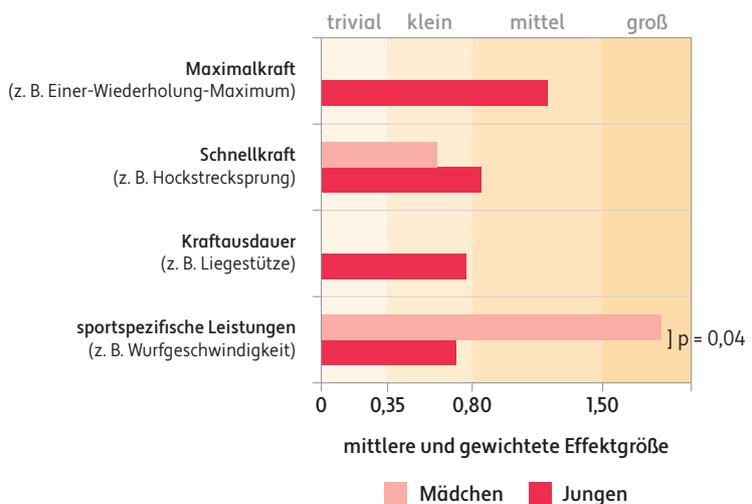


Abbildung 4: Effekte von Krafttraining bei Nachwuchsathleten auf die Maximal-/Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen in Abhängigkeit vom Geschlecht, modifiziert nach Lesinski et al. (2016) und Granacher et al. (2016). Fehlende Balken verweisen auf nicht vorhandene oder zu wenige Studienergebnisse (< 2 Studien).

an Maschinen (EG = 0,30), einem funktionellen Training (EG = 0,79) und einem plyometrischen Training (EG = 0,74).

3. Empfehlungen zur Durchführung von Krafttraining im langfristigen Leistungsaufbau

Gemäß Lesinski und Kollegen (2016) sollten bei der Konzeption des Krafttrainings mit Nachwuchsathleten die Faktoren Alter, Geschlecht und Trainingsform berücksichtigt werden. Diese Erkenntnisse wurden von einem Expertenkonsortium aufgegriffen und in ein konzeptionelles Modell zur Implementierung von Krafttraining in die Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus überführt (Tabelle 1). Aus diesem Modell geht hervor, dass in allen Etappen Krafttraining in seinen unterschiedlichen Ausprägungsformen (z. B.

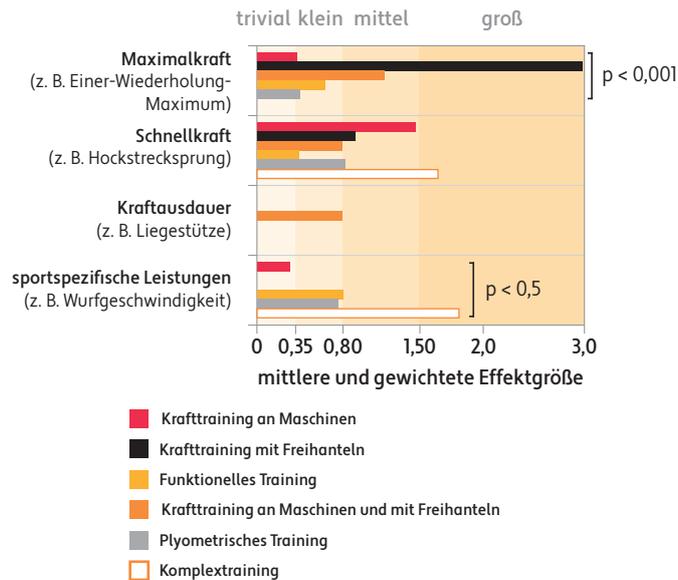


Abbildung 5: Effekte von Krafttraining bei Nachwuchsathleten auf die Maximal-/ Schnellkraft, die Kraftausdauer sowie auf sportartspezifische Leistungen in Abhängigkeit von der Trainingsform, modifiziert nach Lesinski et al. (2016) und Granacher et al. (2016). Fehlende Balken verweisen auf nicht vorhandene oder zu wenige Studienergebnisse (< 2 Studien).

Frühes Kindesalter	Spätes Kindesalter	Jugendalter	Erwachsenenalter
Kalendarisches Alter			
weiblich: 6-8 Jahre männlich: 6-9 Jahre	weiblich: 9-11 Jahre männlich: 10-13 Jahre	weiblich: 12-18 Jahre männlich: 14-18 Jahre	weiblich: > 18 Jahre männlich: > 18 Jahre
Biologisches Alter			
Tannerstadium I	Tannerstadium I-II	Tannerstadium III-IV	Tannerstadium V
Reifungsphase			
präpubertär (prä PHV)	präpubertär (prä PHV)	pubertär (während PHV)	postpubertär (post PHV)
Etappe im langfristigen Leistungsaufbau			
Grundlagentraining	Aufbautraining	Anschlussstraining	Hochleistungstraining
Langfristige Entwicklung der Muskelkraft (Maximalkraft, Schnellkraft, Kraftausdauer)			
gering	Kompetenz bezogen auf die Ausführung von Kraftübungen		hoch
<ul style="list-style-type: none"> • Koordinationstraining • Gewandheitstraining • Gleichgewichtstraining • Kraftausdauertraining mit dem eigenen Körpergewicht/Zusatzgeräten (z. B. Medizinball) und dem Fokus auf die richtige Ausführungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtstraining • Plyometrisches Training in Form von spielerischem Üben (z. B. Seilspringen) mit dem Fokus auf die richtige Landetechnik, aber ohne Zusatzlast • Rumpfkrafttraining • Kraftausdauertraining mit dem eigenen Körpergewicht/Zusatzgeräten (z. B. Medizinball) • Freihanteltraining mit dem Fokus auf die richtige Ausführungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtstraining • Plyometrisches Training (Niedersprünge von geringen Höhen), aber ohne Zusatzlast • Rumpfkrafttraining • Freihanteltraining mit leichten bis mittleren Lasten • Maximalkrafttraining (Hypertrophie) an altersgerechten Maschinen oder mit Freihanteln • exzentrisches Krafttraining mit kontrollierter, langsamer Ausführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtstraining • Plyometrisches Training (Niedersprünge von mittleren Höhen) • Rumpfkrafttraining • Freihanteltraining mit mittleren bis hohen Lasten • Maximalkrafttraining (intramuskuläre Koordination + Hypertrophie) an altersgerechten Maschinen oder mit Freihanteln • Sportartspezifisches Krafttraining
Trainingsbedingte Anpassungen			
Neuronale Anpassungen	Hormonelle/neuronale/muskuläre/tendinöse/skeletale Anpassungen		

Tabelle 1: Konzeptionelles Modell zur Implementierung verschiedener Krafttrainingsformen in die Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus, modifiziert nach Granacher et al. (2016) (Legende: PHV = Peak-Height-Velocity [dt.: Zeitpunkt des Eintritts in den Wachstumsspur])

Komplextraining) zur Steigerung der Muskelkraft (d. h. Maximal-/ Schnellkraft, Kraftausdauer) und sportlicher Leistungen durchgeführt werden sollte. Darüber hinaus kommt dem Gleichgewichtstraining als krafttrainingsvorbereitender Maßnahme in allen Etappen eine bedeutende Rolle zu. So konnten beispielsweise Hammami, Granacher, Makhlof, Behm und Chaouachi (2016) zeigen, dass die Anordnung von Gleichgewichts- vor plyometrischem Training (jeweils vier Wochen) bei Nachwuchleistungsfußballern (12 bis 13 Jahre) zu größeren Leistungszuwächsen (z. B. Reaktivkraftindex) als die umgekehrte Sequenzierung führte. Im Verlauf der KINGS-Studie (3. Untersuchungsblock) wird das konzeptionelle Modell weiter validiert.

Um Hinweise zur Gestaltung des Krafttrainings im Nachwuchsleistungssport ableiten zu können, wurden besonders effektive Dosis-Wirkungs-Beziehungen anhand von Daten aus Originalarbeiten berechnet (Lesinski et al., 2016). Die Analysen ergaben, dass die Modulation der einzelnen Belastungsparameter vor allem für die Entwicklung der Maximalkraft und weniger für die Verbesserung sportartspezifischer Leistungen (z. B. Wurfgeschwindigkeit) entscheidend ist. Es zeigte sich, dass ein langfristiges Krafttraining (> 23 Wochen), eine Intensität von 80 bis 89 Prozent des Einer-Wiederholung-Maximums, 5 Sätze pro Übung, 6 bis 8 Wiederholungen pro Satz und 3 bis 4 Minuten Satzpause zu den größten Zuwächsen in der Maximalkraft bei jugendlichen Athleten führten. Diese Dosis-Wirkungs-Beziehungen stellen einen ersten Hinweis zur Belastungsdosierung für das Krafttraining mit Nachwuchsathleten dar, die aber individualisiert (z. B. abhängig von Alter, Geschlecht, Trainings-/Leistungszustand) angepasst werden müssen. Darüber hinaus empfiehlt es sich, neben den zuvor genannten Belastungsgrößen auch Beanspruchungsparameter (z. B. Anstrengungsskalen) zur Steuerung des Krafttrainings einzusetzen (Naclerio, Chapman & Larumbe-Zabala, 2015; Scott, Duthie, Thornton & Dascombe, 2016). Zudem ist es bedeutsam, dass eine technisch einwandfreie Bewegungsausführung sichergestellt wird, bevor die Durchführung von Krafttraining mit hohen Intensitäten erfolgt. Zum Beispiel eignen sich maschinengestützte Übungen insbesondere für kindliche und jugendliche Athleten, die in das Krafttraining einsteigen, da die koordinativen Anforderungen an die Bewegungsausführung gering sind (Mühlbauer, Roth, Kibele, Behm & Granacher, 2013). Hierfür sollten altersgerechte Krafttrainingsmaschinen verwendet werden, die

auf die Körpermaße von Kindern und Jugendlichen angepasst werden können und eine feinabgestufte Lastdosierung erlauben. Darüber hinaus wird im Reaktivkrafttraining mit kindlichen und jugendlichen Athleten von Sprüngen mit Zusatzlasten abgeraten (vgl. Beitrag von Büsch, Marschall, Arampatzis & Granacher auf den Seiten 15-18 in diesem Heft) (Tabelle 1). Dies wird damit begründet, dass es im Kindes- und Jugendalter (Phase der Pubertät) aufgrund der noch andauernden Wachstums- und Reifungsprozesse muskulärer, tendinöser und skeletaler Strukturen zu einer Erhöhung des Verletzungsrisikos kommen kann (Caine, Di-Fiori & Maffulli, 2006; Micheli & Fehlandt, 1992). Zudem sollte bei der Durchführung von exzentrischen Muskelaktionen im Rahmen eines Sehnenadaptationstrainings mit jugendlichen Athleten (Tabelle 1) vor allem auf eine kontrollierte und langsame Ausführung geachtet werden. Hierdurch lassen sich Belastungsspitzen in den Gelenkkraften vermeiden. Mersmann, Bohm und Arampatzis (2016) empfehlen für exzentrische Muskelaktionen die folgende Belastungsdosierung: wiederholte (z. B. 5 Sätze à 4 Wiederholungen) intensive (85 bis 100 % der maximalen isometrischen Kraft) Muskelaktionen mit einer Anspannungsdauer von sechs Sekunden (pro Wiederholung).

4. Zusammenfassung

- Krafttraining ist eine effektive Maßnahme zur Steigerung der Muskelkraft (d. h. Maximal-/Schnellkraft, Kraftausdauer) sowie sportartspezifischer Leistungen (z. B. Wurfgeschwindigkeit) von Nachwuchsathleten. Die Wirksamkeit von Krafttraining scheint dabei alters-, geschlechts- und trainingsformspezifisch zu sein.
- Krafttraining zeigt eine Tendenz zu signifikant höheren Wirkungen auf sportartspezifische Leistungen bei Athleten im Jugend- gegenüber dem Kindesalter.
- Krafttraining zeigt signifikant höhere Wirkungen auf sportartspezifische Leistungen von weiblichen gegenüber männlichen Athleten.
- Freihanteltraining ist effektiver zur Verbesserung der Maximalkraft als Maschinentraining, als Maschinentraining in Kombination mit Freihanteltraining und als funktionelles sowie plyometrisches Training.
- Komplextraining ist effektiver als Maschinentraining, funktionelles und plyometrisches Training zur Verbesserung sportartspezifischer Leistungen.
- Maschinenbasiertes Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen sollte an altersgerechten Krafttrainingsmaschinen

erfolgen, die eine exakte Einstellung entsprechend den Körpermaßen sowie eine feinabgestufte Lastdosierung erlauben.

- Das konzeptionelle Modell zum Krafttraining (Tabelle 1) dient als Orientierung zur Auswahl geeigneter Trainingsformen während der Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus und bedarf einer tiefergehenden empirischen Evaluation.
- Effektive, voneinander unabhängig berechnete Dosis-Wirkungs-Beziehungen von Krafttraining zur Verbesserung der Maximalkraft bei jugendlichen Athleten sind: Trainingsperiode: > 23 Wochen, Trainingsintensität: 80 bis 89 Prozent des Einer-Wiederholungsmaximums, 5 Sätze pro Übung, 6 bis 8 Wiederholungen pro Satz, 3 bis 4 Minuten Satzpause. Voraussetzung für die Umsetzung dieser Belastungsparameter ist eine technisch einwandfreie Bewegungsausführung.

Die Literatur zu diesem Beitrag und die Untersuchungsmethodik stehen auf www.leistungssport.net zum Download bereit.

Korrespondenzadresse

Prof. Urs Granacher, PhD, Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Forschungsschwerpunkt Kognitionswissenschaften, Am Neuen Palais 10, Haus 12, 14469 Potsdam
E-Mail: urs.granacher@uni-potsdam.de

Summary

Resistance training in youth athletes: effects and integration in long-term athlete development

This article informs about the general as well as age-, sex-, and training-type specific effects of resistance training on muscular strength, power, endurance, and athletic performance in youth athletes. In addition, a conceptual model is introduced on how to appropriately implement different types of resistance training during long-term athlete development.