

Christoph Menzi, Lukas Zahner, Susi Kriemler

Institut für Sport und Sportwissenschaften, Universität Basel

# Krafttraining im Kindes- und Jugendalter

## Zusammenfassung

Es besteht ein grosses öffentliches und wissenschaftliches Interesse, was Krafttraining im Kindes- und Jugendalter betrifft. Das Hauptinteresse gilt der Verletzungsgefahr, der Effektivität des Krafttrainings – insbesondere in der Zeit vor der Pubertät – und den Mechanismen, welche für den Kraftgewinn bei Kindern verantwortlich sind. Lange Zeit galt Krafttraining für Kinder und Jugendliche aufgrund fehlender Hormone und der Angst vor Überlastung als nutzlos und gefährlich. Heute weiss man, dass bei korrekter Betreuung und altersgerechter Durchführung ein Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen in jedem Alter sinnvoll und ungefährlich ist. Nach einer kurzen Einleitung über das Muskelwachstum und die Kraftentfaltung während der Entwicklung werden Krafttrainingsstudien aufgezeigt hinsichtlich Effekt auf die Kraft und die Knochengesundheit. Es wird dokumentiert, dass Krafttraining ein minimales Verletzungsrisiko birgt, wenn die Richtlinien eingehalten werden. Zum Schluss werden praxisnahe Empfehlungen für ein altersgerechtes, sicheres und effektives Krafttraining abgegeben.

## Abstract

There is a large public and scientific interest concerning resistance training in youth. Main interests are focussed on injury risk, the effectiveness of resistance training, in particular before puberty, and on mechanisms which are responsible for strength gain. Historically, resistance training was not recommended for children. It was generally believed that the lack of circulating androgens would preclude any strength improvement. Moreover, due to the fear of overuse and injuries it was considered to be useless and dangerous. Nowadays, there is enough evidence that resistance training in children and adolescents is effective and harmless given that it is performed age-adapted and appropriately supported. After a short introduction about muscle growth and strength progression during growth and development, the results of resistance training studies on strength and bone health as well as possible mechanisms of neuro-muscular adaptations are discussed. It is shown that resistance training is safe and bears a minimum risk for injuries if guidelines are respected. At the end, we will give some practical recommendations for an age-appropriate, safe and effective resistance training.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 55 (2), 38–44, 2007

## Krafttraining – Definition und Abgrenzung

Im Allgemeinen bezeichnet der Begriff «Krafttraining» alle Trainingsformen, die mittels Arbeit gegen einen progressiv ansteigenden Widerstand eine Erhöhung der Kraft erwirken. Wenn wir von Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen sprechen, dann meinen wir damit weder Bodybuilding, Weight lifting noch Power lifting, sondern Krafttraining im eigentlichen Sinn. Bei diesem wird mit Hilfe verschiedener Krafttrainingsmethoden die Fähigkeit geschult, Kräften entgegenzuwirken oder sie zu überwinden. Je nach Alter werden die Kräftigungsübungen mit dem eigenen Körpergewicht, mit Hilfsmitteln, Widerstandsbändern, mit Zusatzgewichten oder an Kraftgeräten durchgeführt. Um den Effekt des Krafttrainings zu steigern, wird die Anzahl der Wiederholungen oder die Höhe des Widerstandes kontinuierlich gesteigert, mit dem Ziel, eine Kraftübung möglichst lange ausführen (Kraftausdauer) oder möglichst viel Kraft (Maximalkraft) generieren zu können. Bei jüngeren Kindern steht vielmehr die Erhöhung des Umfanges (Reizdauer) als die Erhöhung des Widerstandes (Reizhöhe) im Zentrum, wobei nicht klar ist, wo das optimale Verhältnis von Widerstand und Anzahl Wiederholungen liegt. Je älter die Kinder werden, umso gezielter werden die Übungen und umso mehr können die Trainingsformen von Erwachsenen übernommen werden, wo die Kraftsteigerung vor allem über eine Erhöhung des Widerstandes erreicht wird.

## Die Entwicklung der Muskulatur und der Kraft

Um die Wertigkeit eines Krafttrainings mit Kindern zu verstehen, ist es hilfreich, sich initial ein Bild über den Verlauf des Muskelwachstums und der damit verbundenen Kraftsteigerung während der Entwicklung des Kindes zu machen. Physiologisch gesehen ist die Kraft beziehungsweise die Kraftsteigerung von folgenden Faktoren abhängig:

- von der Muskelfaserzusammensetzung,
- vom physiologischen Muskelquerschnitt und der Länge der Muskeln,
- von der inter- und intramuskulären Koordination.

Inwiefern diese Faktoren die Kraftentwicklung im Kindesalter beeinflussen, wird nachfolgend besprochen.

### *Muskelfaserzusammensetzung*

Die Skelettmuskeln von Menschen bestehen aus verschiedenen Muskelfasertypen, die grob in die Typen «langsam» (slow, slow twitch, rote, Typ I) und «schnell» (fast, fast twitch, weisse, Typ II) unterteilt werden. Die Muskelfaserzusammensetzung ist genetisch determiniert und ändert sich nicht mehr grundlegend nach der Geburt (Staron et al., 2000). Aus Zwillings- und Familienstudien

schätzt man, dass die genetische Komponente, die das Potenzial hinsichtlich Muskelgrösse und Muskelkraft bestimmt, ungefähr 0.7 beträgt, das heisst 70% sind genetisch und 30% durch Umwelteinflüsse bestimmt (Perusse et al., 1987; Zhai et al., 2005). Es sind vorwiegend die Typ-II-Muskelfasern, die sich vor allem bei Knaben im Pubertätsalter stark vergrössern und so zu gesteigerter Kraft beitragen (Glenmark et al., 1992). Da im Kindesalter aus ethischen Gründen keine Muskelbiopsien gemacht werden, existieren keine Untersuchungen, die Aufschluss über trainingsinduzierte Umwandlungen der Muskelfasertypen im Kindesalter geben könnten.

*Physiologischer Muskelquerschnitt und Länge der Muskeln*

Unter dem physiologischen Muskelquerschnitt versteht man den Querschnitt aller Muskelfasern eines Muskels. Die isometrische Kraft eines Muskels hängt von der Summe der Querschnitte der Fasern, die isokinetische Kraft zusätzlich aber auch von der Muskelfaserlänge und von ihrem Ansatzwinkel ab. Im Kindesalter kommt es durch Verdickung (Muskelhypertrophie) und nicht durch Vermehrung der Muskelfasern (Muskelhyperplasie) zu Muskelwachstum (McCall et al., 1996). Man nimmt heute an, dass das Muskelwachstum stimuliert wird durch einen konstanten Zug an den Muskeln, welcher durch das Knochenwachstum bewerkstelligt wird (Round et al., 1999). Bei einem Kleinkind macht das Gewicht der Muskulatur zirka 25% des Körpergewichts aus, während der Anteil beim jungen Erwachsenen durchschnittlich auf 40% bei Frauen und auf 50% bei Männern anwächst. Der durchschnittliche Muskelquerschnitt ist normalerweise direkt proportional zur isometrischen Kraft. Dies gilt nicht nur für Erwachsene, sondern auch für Kinder. Die Kraft im Kindesalter steigt mit zunehmendem Muskelvolumen an. Während der präpubertären Periode sind Kraft und Muskelmasse bei Jungen und Mädchen vergleichbar (vgl. Abb. 1). Der Kraftzuwachs während dieser Zeit vollzieht sich proportional zum Längenwachstum. Die untere Extremität bekommt einen zusätzlichen Stimulus durch das Tragen des Körpergewichts. Das Längenwachstum des Muskels erhöht ausserdem seine Fähigkeit, sich rasch zusammenzuziehen, was sich konsequenterweise in Form eines Kraftzuwachses ausdrückt. Da sich das Verhältnis von Muskelmasse zu isometrischer Kraft bis ins mittlere Erwachsenenalter generell nicht wesentlich ändert, ist eher die Beziehung zwischen Muskelmasse und Leistung (also «Arbeit» pro Zeit beziehungsweise «Kraft × Weg» pro Zeit) heranzuziehen, um beispielsweise die Verbesserung im Sprint oder im Hochsprung über die Wachstumsperiode hinweg zu erklären. Ab Beginn der Pubertät verändern sich die Kraftverhältnisse deutlich und die Schere zwischen den

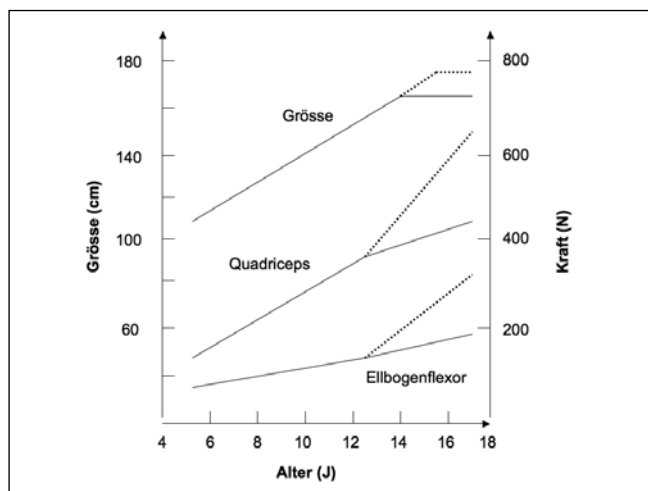


Abbildung 1: Kraft- und Grössenänderung im Alternsgang. Querschnittsstudie: Isometrische Kraft im Quadriceps und im Ellbogenflexor bei Mädchen (durchgezogen) und Jungen (gestrichelt). Adaptiert nach: Parker et al., 1990.

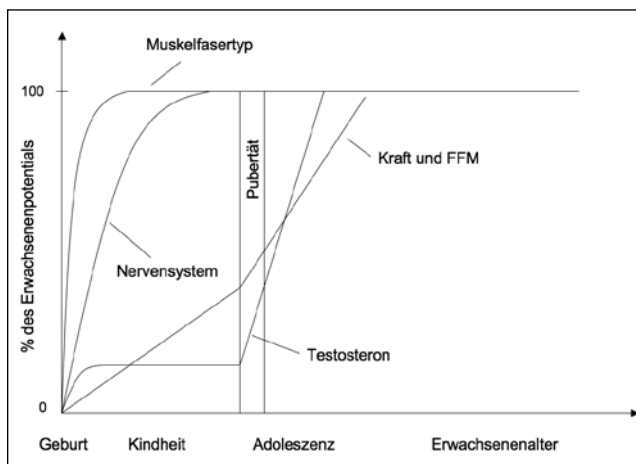


Abbildung 2: Integratives Modell der Kraftentwicklung (dargestellt mit diversen Faktoren und ihrem Potenzial der Beeinflussung) zu verschiedenen Zeitpunkten der Entwicklung am Beispiel des männlichen Geschlechts. Adaptiert nach: Kraemer und Fleck, 2005.

Geschlechtern beginnt zu klaffen (vgl. Abb. 1). Mädchen steigern ihre Muskelmasse noch diskret, vorwiegend in der unteren Extremität. Dies geschieht wahrscheinlich aufgrund der Zunahme des Körpergewichts, das nach Abschluss des Längenwachstums noch zunimmt und dadurch einen gewissen Stimulationsreiz aufrechterhält. Bei den Jungen beginnt ein starker Muskelzuwachs mit Einsetzen der Pubertät (vgl. Abb. 2). Dieser Muskelzuwachs bleibt bis zirka 3 Jahre nach dem pubertären Wachstumsschub bestehen. Die unterschiedliche Kraftentwicklung von Mädchen und Jungen kann mehrheitlich dem Testosteron zugeschrieben werden. Es existieren generell Kraftunterschiede zwischen Männern und Frauen, welche für die untere Extremität durch die unterschiedliche Muskelmasse und Unterschiede in Körpergrösse und Testosteronspiegel erklärbar sind. Der grosse geschlechterspezifische Kraftunterschied in der oberen Extremität kann nicht allein durch Muskelmasse, Muskellänge und Testosteron erklärt werden. Für diese Diskrepanz gibt es im Moment noch keine einheitliche Erklärung (Round et al., 1999).

*Inter- und intramuskuläre Koordination*

Die physiologischen Veränderungen, welche zur Kraftsteigerung im Kindesalter führen, wurden bis anhin wenig erforscht. Heute weiss man aber, dass Krafttraining mit präpubertären Kindern keine Erhöhung der Muskelmasse beziehungsweise des Muskelquerschnitts induziert (Malina, 2006). Trotz dieser fehlenden Adaptation ist es möglich, dass sich die intrinsische Muskelfunktion verbessert. Einzelne Studien an präpubertären Kindern (Ramsay et al., 1990) konnten nachweisen, dass sich die «twitch»-induzierte Spannung (durch iatrogen induzierte maximale Stimulation der Muskelkontraktion entsprechend der Kraft pro Muskelquerschnitt) in der trainierten Muskulatur trotz fehlendem Muskelwachstum deutlich vergrössert. Sehr wahrscheinlich verbessert sich auch die intramuskuläre Koordination, welche das Zusammenspiel zwischen Nervensystem und Muskel an der motorischen Endplatte innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufs beschreibt. Diese Verbesserung geschieht durch eine erhöhte prozentuale Aktivierung motorischer Einheiten (Blimkie et al., 1989a; Ramsay et al., 1990) oder erhöhte iEMG-Aktivitäten (Ozmun et al., 1994) als Ausdruck der gesteigerten neuromuskulären Aktivierung. In all diesen Studien konnte die verbesserte intramuskuläre Koordination jedoch nur einen Teil des Kraftgewinns erklären. Es ist sehr wohl möglich, dass der bisher nicht erklärte Teil des Kraftgewinns ganz einfach in einer verbesserten intermuskulären Koordination zu finden ist. Dabei geht es um das optimale Zusammenspiel von Muskeln, die bei einer gegebenen Bewegung zusammenarbeiten. Durch wiederholtes Üben einer Bewegung kommt es zu einem verbesserten Zusam-

menspiel von Agonist und Antagonist, unnötige Mitbewegungen werden auf ein Minimum reduziert, die beteiligten Muskelgruppen erhalten eine präzisere Innervation und gewisse Reflexmechanismen werden zunehmend eingeschliffen (Blimkie, 1992; Blimkie und Bar-Or, 1996). *Abbildung 2* veranschaulicht zusammenfassend die diskutierten Faktoren und ihren Einfluss auf die Entwicklung der Kraft am Beispiel des männlichen Geschlechts.

## Krafttraining und Kraft

Diverse Übersichtsartikel belegen, dass Krafttraining in jeder Episode der Entwicklung zu einem deutlichen Kraftzuwachs führt (Blimkie, 1992; Haddock und Medina, 2000; Kemper, 2000; Malina, 2006). Falk und Tenenbaum (1996) analysierten Krafttrainingsstudien an Mädchen und Knaben im Alter von 12 bis 13 Jahren. Die Autoren berichteten darin von 25 Studien, die einen signifikanten Kraftanstieg in der Interventionsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe verzeichneten. Die Mehrheit der Kinder erreichte Kraftgewinne von 13 bis 30%. Demgegenüber zeigten nur gerade drei relativ alte Untersuchungen (Kristen, 1963; Vrijens, 1978; Docherty und Wenger, 1987) mit «methodischen Mängeln» (Blimkie, 1992; Falk und Tenenbaum, 1996) keine signifikant verbesserten Kraftwerte. Einige ausgewählte Studien mit vollständigen Angaben bezüglich der trainierten Population, Art und Umfang des Trainings, des Vorhandenseins einer adäquaten Kontrollgruppe sowie einer Kraftmessung vor und nach der Intervention finden sich in *Tabelle 1*.

Angeregt durch die Resultate der *Tabelle 1* stellt sich nun die wichtige Frage, ob ein Krafttraining während der Präpubertät gleich effektiv ist wie ein solches während der Adoleszenz oder während des Erwachsenenalters. Untersuchungen, welche vergleichbare Trainingsprogramme über alle Entwicklungsstufen durchführten, haben in konsistenter Weise gleiche, wenn nicht sogar grössere relative Kraftgewinne vor der Pubertät, verglichen mit der Adoleszenz oder dem Erwachsenenalter, aufgezeigt (Westcott, 1979; Pfeiffer und Francis, 1986). Betrachtet man hingegen die Trainierbarkeit der absoluten Kraft, zeigen die meisten Untersuchungen eine tiefere Trainierbarkeit von präpubertären Kin-

dern verglichen mit Adoleszenten (Hakkinen et al., 1989) oder Erwachsenen (Fukunaga et al., 1992). Anknüpfend an diese Aussagen stellt sich sogleich die nächste Frage, ob die auftrainierte Kraft nach einem Trainingsstopp oder mit Hilfe eines reduzierten Trainingsprogramms aufrechterhalten werden kann. Die Antwort ist einfach: Die während der Präpubertät gewonnene Kraft geht zurück und erreicht je nach Länge des vorangegangenen Trainings beziehungsweise der Höhe des Kraftgewinns wieder das Niveau der Kontrollgruppe (Sewall et al., 1986; Blimkie et al., 1989a). Auch ein Erhaltungstraining einmal pro Woche vermag das Kraftniveau nicht zu halten, sondern wirkt gleich, wie wenn die Kinder nicht trainiert hätten (Blimkie et al., 1989a). Faigenbaum et al. (2002) konnte schlussendlich zeigen, dass es ein zweiwöchentliches Krafttraining zur Krafterhaltung braucht.

## Krafttraining und Knochenqualität

Nur wenige Interventionsstudien existieren, die Krafttraining isoliert oder in Kombination mit anderen Trainingsformen im Kindesalter und in der Adoleszenz bezüglich Veränderungen der Knochenqualität untersucht haben (Blimkie, 1993; Morris et al., 1997; Witzke und Snow, 2000; Nichols und Sanborn, 2001). Erstaunlicherweise wurden alle an Mädchen durchgeführt, ausser einer Studie, welche an übergewichtigen Kindern beiden Geschlechts stattfand (Yu et al., 2005). Morris et al. (1997) haben als Einzige frühpubertäre Mädchen polysportiv trainiert (3 x 30 Minuten Aerobics, Seilspringen, progressives Krafttraining, Tanz und Ballspiele) und einen signifikanten Zuwachs des Knochenmineralgehalts sowie der Knochendichte von Femur, Lendenwirbelsäule und im gesamten Körper gemessen. Wie gross der isolierte Interventionseffekt des Krafttrainings war, kann natürlich nicht eruiert werden. Nichols und Sanborn (2001) haben als einzige eine signifikante Steigerung der Knochendichte von pubertären Mädchen mit einem isolierten progressiven Krafttraining (3 x 30–45 Minuten pro Woche) über 15 Monate erzielt. Die beiden anderen Studien von 6 respektive 9 Monaten Dauer mit pubertären Mädchen haben keinen Effekt auf die Knochenqualität gezeigt (Blimkie und Bar-Or, 1996; Witzke und Snow, 2000). Alle diese Studien wurden an sehr klei-

Autor	n	Alter	Dauer/Intensität	Art	Int	Kon
Sewall et al., 1986	18	10–11	9 W / 3 × pro W	KT <sub>M</sub> , B	+ 43%	+ 10%
Ozmun et al., 1994	16	9–12	8 W / 3 × pro W	KT <sub>M</sub>	+ 28%	+ 16%
Lillegard et al., 1997	91	Tanner 1–2 Tanner 3–5	12 W / 3 × pro W 12 W / 3 × pro W	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub> , B KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub> , B	+ 82% + 43%	+ 6% + 5%
Faigenbaum et al., 1999	43	5–12	8 W / 2 × pro W (low intensity) 8 W / 2 × pro W (high intensity)	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub> KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub>	+ 31% + 41%	+ 14% + 14%
Sadres et al., 2001	60	9–10	9 M / 2 × pro W	KT <sub>F</sub>	+ 63%	+ 57%
Faigenbaum et al., 2001	66	5–12	8 W / 2 × pro W (E1) 8 W / 2 × pro W (E2) 8 W / 2 × pro W (E3) 8 W / 2 × pro W (E4)	KT <sub>M</sub> , KT <sub>Z</sub> KT <sub>M</sub> , KT <sub>Z</sub> KT <sub>M</sub> , KT <sub>Z</sub> KT <sub>M</sub> , KT <sub>Z</sub>	+ 5% + 16% + 17% + 7%	+ 4% + 4% + 4% + 4%
Nichols und Sanborn, 2001	67	14–17	15 M / 3 × pro W (leg) 15 M / 3 × pro W (bench)	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub>	+ 40% + 8%	+ 8% – 3%
Faigenbaum et al., 2002	55	7–12	8 W / 1 × pro W 8 W / 2 × pro W	KT <sub>M</sub> KT <sub>M</sub>	+ 14% + 25%	+ 2% + 2%
Tsolakis et al., 2004	19	11–13	2 M / 3 × pro W	KT <sub>M</sub> , B	+ 24%	+ 7%
Faigenbaum et al., 2005	43	8–12	8 W / 2 × pro W	KT <sub>M</sub>	+ 22%	+ 1%
Shaibi et al., 2006	22	14–16	16 W / 2 × pro W (leg) 16 W / 2 × pro W (bench)	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub>	+ 28% + 26%	+ 5% + 9%

*Tabelle 1:* Krafttraining und Kraft. KT<sub>M</sub> = Krafttraining mit Maschinen, KT<sub>F</sub> = Krafttraining mit freien Gewichten, KT<sub>G</sub> = Krafttraining mit Gewichtsmanschetten, KT<sub>K</sub> = Krafttraining mit dem eigenen Körpergewicht, KT<sub>Z</sub> = Krafttraining mit Zusatzgewichten, B = Beweglichkeitstraining, A = Ausdauertraining, W = Woche(n), M = Monat(e), Int = Interventionsgruppe, Kon = Kontrollgruppe, n = Gesamtanzahl Studienteilnehmende, Tanner = Tannerstadium, E1–E4 = verschiedene Trainingsprotokolle.

Autor	n	Alter	Art	Dauer	Verletzungen
Sewall et al., 1986	18	10–11	KT <sub>M</sub> , B	9 W	keine Verletzungen
Weltman et al., 1986; Rians et al., 1987	28	6–11	KT <sub>M</sub>	14 W	1 Verletzung
Faigenbaum et al., 1993	25	8–12	KT <sub>M</sub>	8 W	keine Verletzungen
Isaacs et al., 1994	16	7–11	KT <sub>F</sub>	12 W	keine Verletzungen
Stahl et al., 1995	55	7–16	KT <sub>F</sub>	9 M	keine Verletzungen
Lillegard et al., 1997	91	Tanner 1–5	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub> , B	12 W	1 Verletzung in Form einer Muskelzerrung, Ausfall einer Trainingseinheit
Faigenbaum et al., 1999	43	5–12	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub>	8 W	keine Verletzungen
Sothorn et al., 2000	19	7–12	KT <sub>G</sub> , A, B	10 W	keine Verletzungen
Nichols und Sanborn, 2001	67	14–17	KT <sub>M</sub> , KT <sub>F</sub>	15 M	keine Verletzungen
Sadres et al., 2001	60	9–10	KT <sub>F</sub>	9 M	1 kleine Verletzung durch ein umgekipptes Gestänge, beschwerdefrei nach 5 Minuten, sofortige Wiederaufnahme des Trainings
Flanagan et al., 2002	50	8–9	KT <sub>M</sub> vs KT <sub>K</sub>	10 W	keine Verletzungen
Tsolakis et al., 2004	19	11–13	KT <sub>M</sub> , B	2 M	keine Verletzungen

Table 2: Krafttraining und Verletzungen. KT<sub>M</sub> = Krafttraining mit Maschinen, KT<sub>F</sub> = Krafttraining mit freien Gewichten, KT<sub>G</sub> = Krafttraining mit Gewichtsmanschetten, KT<sub>K</sub> = Krafttraining mit dem eigenen Körpergewicht, B = Beweglichkeitstraining, A = Ausdauertraining, W = Woche(n), M = Monat(e), n = Gesamtanzahl Studienteilnehmende.

nen Populationen durchgeführt (n zwischen 5 und 28 Probanden pro Gruppe), die Ausfallrate war zum Teil erheblich oder die Trainingseinhaltung (Compliance) unzureichend dokumentiert. Die Studie mit einer gemischten Population von 82 10-jährigen Übergewichtigen Mädchen und Knaben zeigte einen signifikant erhöhten Ganzkörperknochenmineralgehalt (total body BMC) nach 6-wöchigem Krafttraining (3 x 75 Minuten) verglichen mit der Kontrollgruppe. Mit der Hälfte der Kinder wurde ein Erhaltungstraining über weitere 28 Wochen einmal pro Woche durchgeführt. Nach 36 Wochen war zwischen den beiden Gruppen kein Unterschied betreffend Knochenmineralgehalt mehr zu finden. Die Schwierigkeit dieser Studie besteht darin, dass das Pubertätsstadium nur zu Beginn der Studie bestimmt wurde und Kinder mit Tannerstadium 1 und 2 für die Studie zugelassen wurden. Es ist sehr wohl möglich, dass sich die beiden Gruppen sowohl nach 6 Wochen wie auch nach 36 Wochen im Tempo der Pubertätsentwicklung unterschieden und deshalb der Effekt des Krafttrainings auf die Knochenmasse verfälscht wurde. Der signifikant grössere Knochenaufbau in der Interventionsgruppe schon nach 6 Wochen spricht für einen Effekt der Pubertätsentwicklung, da eine messbare Knochenanpassung bei einer Intervention dieser Art grundsätzlich nicht vor 6 Monaten zu erwarten ist. Zusammenfassend kann aufgrund der spärlichen Datenlage nicht gesagt werden, ob ein isoliertes Krafttraining im Kindes- und Jugendalter zu einer verbesserten Knochenfestigkeit führt.

### Krafttraining und Verletzungen

Die Frage der Verletzungsgefahr im Krafttraining beschäftigt Mediziner, Eltern, Betreuer und Lehrer gleichermaßen. Nachvollziehbar ist jedoch, dass jede Art von Sport, Training oder körperlicher Betätigung ein Verletzungsrisiko birgt, das verständlicherweise so klein wie möglich gehalten werden soll. Nur einzelne Studien haben sich mit dem Thema Sicherheit und Verletzungen auseinandergesetzt. Auf Grund dieser Daten kann gesagt werden, dass Krafttraining mit Kindern ungefährlich ist; nur einzelne Studien berichten von Verletzungen und in den meisten Fällen konnte das Training nach spätestens einer Woche Pause wieder aufgenommen werden. Die aktuellste Übersichtsarbeit (Malina, 2006) listet 10 Studien auf, welche die Verletzungsrate im Trainingsprogramm systematisch protokolliert haben. In diesen 10 Studien wurden

gesamthaft drei Verletzungen (bei Knaben) registriert, die eine Beendigung des Trainings oder das Fernbleiben von einem einzigen Training zur Folge hatten. Bei den Verletzungen handelte es sich um zwei Muskelzerrungen im Schulterbereich (Rians et al., 1987; Sadres et al., 2001) und um einen nichtspezifischen Schmerz, der mit einem umgekippten Gestänge in Zusammenhang gebracht wurde (Blimkie et al., 1989b). Die geschätzten Verletzungsraten in diesen drei Studien betragen 0.176, 0.053 respektive 0.055 auf 100 Trainingsstunden.

### Methodische Grundsätze und Richtlinien

Was bisher klar geworden ist: Krafttraining für Kinder an Maschinen ist effektiv und mit wenigen Verletzungen verbunden, wenn es richtig durchgeführt wird. Es stellen sich jedoch die nachfolgenden Fragen: Welche Kraftmaschinen berücksichtigen die Hebelverhältnisse und Körperproportionen von Kindern? Welche Trainer haben die technische und physiologische Kompetenz, um mit den Kindern an Maschinen zu trainieren? In welchen Fitnesszentren werden die Kinder fachkundig und altersgerecht betreut? Schlussendlich stellt sich die wichtigste Frage, ob die Kinder wohl Spass haben, über Monate an mindestens zwei Tagen pro Woche an Maschinen zu arbeiten: langsam, kontinuierlich, kontrolliert, über den ganzen Bewegungsumfang...

Wir sind der Meinung, dass speziell im frühen Kindesalter darauf geachtet werden soll, dass Kraft spielerisch gefördert wird. Im Laufe der Entwicklung vom Kind zum Jugendlichen kann ein inhaltlicher Wandel der Trainingsgestaltung stattfinden. Dabei werden spielerische Kraffelemente kontinuierlich ersetzt durch gezielte und effektivere Übungen, die auch sportartspezifische Elemente beinhalten. In der Pubertät kommen erstmals auch Kraftgeräte zum Einsatz, wie sie beim Erwachsenentraining bekannt sind. Unabhängig davon, ob ein Krafttraining spielerisch, in Form eines Circuittrainings oder an Kraftgeräten erfolgt, soll es immer risikofrei und ganzheitlich gestaltet werden. Da Kinder und Jugendliche sich in Physis (Körperproportionen, mechanische Belastbarkeit, kalendarisches versus biologisches Alter) und Psyche von den Erwachsenen unterscheiden, muss ihr Training auch dementsprechend angepasst werden. Krafttrainings werden deshalb präferenziell in Gruppen durchgeführt. Dafür eignen sich kraftbetonte, vielseitige und abwechslungsreiche Spiele oder Circuittrainings.

Die folgenden Empfehlungen und Richtlinien wurden von der Amerikanischen Akademie der Pädiater (AAP), dem American College of Sports Medicine (ACSM) und der Amerikanischen Orthopädischen Gesellschaft für Sportmedizin (AOSSM) entwickelt und beziehen sich vorwiegend auf ein Krafttraining an Maschinen (Cahill, 1988; Faigenbaum und Micheli, 1988; Bernhardt et al., 2001):

- Krafttraining soll Teil eines ausgewogenen, kindergerechten Fitnessprogramms sein.
- Falls die nötigen Sicherheitsvorkehrungen getroffen und die Kraftübungen korrekt instruiert werden, kann ein Krafttraining für Präadoleszente und Adoleszente sicher und effizient durchgeführt werden.
- Bevor Präadoleszente und Adoleszente ihre physische und skelettale Reife erreicht haben, sollten Kräftigungsübungen mit kompetitivem Charakter wie Weight lifting, Power lifting, Bodybuilding und Maximal lifts vermieden werden.
- Ein allgemeines Krafttrainingsprogramm sollte alle grossen Muskelgruppen miteinbeziehen. Dabei sollte jeweils mit dem grösstmöglichen Bewegungsausmass trainiert werden.
- Die Teilnehmer werden im Sinne der Leistungsoptimierung angehalten, sich adäquat zu ernähren (z.B. genügende Wasseraufnahme, ausgewogene Ernährung).
- Jegliche Anzeichen von Verletzungen oder Unwohlsein sollten ernst genommen und untersucht werden, bevor das Training wieder aufgenommen wird.
- Vor dem ersten offiziellen Krafttraining sollte eine medizinische Untersuchung durch einen Pädiater stattfinden. Falls angezeigt, sollte zusätzlich ein Sportmediziner – der mit den verschiedenen Krafttrainingsmethoden und den entsprechenden Risiken und Vorzügen vertraut ist – konsultiert werden.
- Ist eine generelle Verbesserung der Gesundheit das Ziel, sollte das Krafttraining mit einem Training der aeroben Ausdauer gekoppelt werden.
- Krafttrainingsprogramme sollten stets Aufwärm- und Auslaufkomponenten enthalten.
- Das Krafttraining sollte 2 bis 3 Mal pro Woche und mit mindestens einem Tag Pause zwischen den einzelnen Trainings stattfinden.
- Zum Einstieg empfiehlt sich ein Satz von 10–15 Wiederholungen mit 6–8 verschiedenen Übungen.
- Wichtig ist die korrekte Bewegungsausführung und nicht die Höhe des überwundenen Widerstandes.

- Die Trainingsprogramme sollten abwechslungsreich gestaltet werden, um die Leistungsfortschritte zu optimieren und Langlebigkeit zu vermeiden.
- Spezifische Krafttrainingsübungen sollten initial ohne Gewicht einstudiert werden. Erst wenn die Übungen technisch korrekt durchgeführt werden, soll gegen Widerstand gearbeitet werden.
- Wenn ein Kind nicht mindestens 10 Wiederholungen mit einem vorgegebenen Gewicht absolvieren kann, ist der Widerstand zu gross und muss reduziert werden.
- Wenn 15 Wiederholungen mit Leichtigkeit absolviert werden können, sollte der Widerstand um 5 bis 10% gesteigert werden.
- Ein Kind sollte 3 Sätze à 15 Wiederholungen in 3 aufeinander folgenden Übungseinheiten durchführen können, bevor der Widerstand erhöht wird.

*Bemerkungen und Ergänzungen zu den Empfehlungen und Richtlinien*

- Nach unserer Meinung ist vor dem ersten Krafttraining die Konsultation eines Pädiaters beziehungsweise Sportmediziners – falls die Kinder durch kompetente Trainer in das Krafttraining eingeführt und kontrolliert werden – nicht zwingend notwendig.
- Neben einer präzisen Bewegungsausführung sollte ebenfalls die korrekte Atemtechnik (keine Pressatmung) instruiert werden.
- Es sollte darauf geachtet werden, dass keine ballistischen (ruckartigen) Bewegungen ausgeführt werden.

**Praxisempfehlungen**

Im Vorschulalter steht das eigentliche Krafttraining nicht im Mittelpunkt. Vielmehr geht es darum, dass die Kinder ihren natürlichen Bewegungsdrang ausleben. Sie lieben es, auf Bäume zu klettern oder sich in einem Hindernisgarten mit Seilpyramiden, Hang-, Zug- und Stützgeräten oder Kletterstangen zu vergnügen. Man muss ihnen nur die Gelegenheit dazu bieten, und sie kräftigen ihre Muskeln im Spiel (Zahner und Doessegger, 2004). Obwohl bereits einige Untersuchungen bezüglich Krafttraining an Maschinen mit Schulkindern durchgeführt worden sind, plädieren wir im Sinne eines alters- und stufenadaptierten Krafttrainings für ein Training ohne Maschinen. Unserer Meinung nach sollte das Krafttraining in dieser Entwicklungsphase spielerisch und mit Ge-

Schulstufe		Vorschulalter	Präpubertät	Pubertät	Postpubertät
Alter (ca. Jahre)	♀ ♂	1–5 1–5	6–10 6–11	11–14 12–15	15–18 16–20
Tannerstadium		I	II–III	III–IV	IV–V
Entwicklungsphase		Kindheit	Präpubertät	Pubertät	Postpubertät
Krafttrainingsform		«Spielen» Kein Krafttraining im eigentlichen Sinn, Ausleben des Bewegungsdrangs: klettern, hangeln, ziehen, stossen. Einsatz des eigenen Körpergewichts und Hilfsmittel.	«Spielerisches Kräftigen» mit dem eigenen Körpergewicht und Hilfsmitteln. Gewichtung und Förderung der koordinativen Fähigkeiten.	«Krafttraining» mit dem eigenen Körpergewicht. Keine Druckbelastungen längs der Wirbelsäulenachse. Zieh- und Schiebekämpfe. Sport-spezifische Kraftübungen.	«Progressives Widerstandstraining» Krafttraining mit dem eigenen Körpergewicht, mit Hilfsmitteln, Widerstandsbändern, Zusatzgewichten oder an Kraftgeräten mit progressiver Widerstandssteigerung.
Eigenes Körpergewicht		✓	✓	✓	✓
Hilfsmittel (Ringe, Gymnastikbälle, Matten usw.)		✓	✓	✓	✓
Zusatzgewichte (Medizinbälle, Sandsäcke usw.)		✗	✓	(✓)	✓
Kraftmaschinen		✗	✗	✓	✓

Tabelle 3: Krafttrainingsformen im Kindes- und Jugendalter.

wichtung der koordinativen Aspekte aufgebaut werden. Geeignet ist beispielsweise die Durchführung eines Kraft-Circuits mit Hilfsmitteln (Tau, Sprossenwand, Schwedenkasten, Matten usw.). Das Training kann dabei individuell und abwechslungsreich gestaltet werden und erlaubt eine gute Kontrolle der Leistungssteigerung. Das späte Schulkinderalter endet mit dem Eintritt in die Pubertät bei den Mädchen im Alter von zirka 11 bis 12 Jahren, bei den Knaben im Alter von zirka 12 bis 13 Jahren. In dieser Phase können bereits Übungen ins Training eingebaut werden, bei denen geringe Zusatzlasten wie Medizinbälle oder Sandsäcke benützt werden (vgl. Tab. 3). Der Massstab für eine Leistungssteigerung ist immer die einwandfreie Qualität der Bewegungsausführung.

Durch die veränderten Körperproportionen verschlechtern sich in der Pubertät die Hebelverhältnisse und somit auch meist die koordinativen Leistungen der Kinder. Es kommt zu morphologischen und funktionellen Veränderungen, die zu einer reduzierten mechanischen Belastbarkeit des passiven Bewegungsapparates führen (Kibler und Chandler, 2003). Zur Zeit der kindlichen Wachstumschübe ist der Bewegungsapparat besonders sensibel für Trainingsreize, indem er speziell in dieser Periode günstig auf Krafttrainingsreize reagiert. Problematisch ist jedoch die Tatsache, dass die erhöhte muskuläre Trainierbarkeit mit einer verringerten mechanischen Belastbarkeit des passiven Bewegungsapparates einhergeht. Die Prävalenz der Knochenbrüche in der frühen Pubertät ist erhöht (Blimkie und Kriemler, 2004). Auch Knorpelläsionen, die oft schon in diesem Alter irreparabel sind, treten speziell in dieser Entwicklungsphase auf (Blasius und Greschniok, 1986; Michel und d'Hemecourt, 2004). Deshalb sollten keine unkontrollierten Partnerübungen durchgeführt und axiale Belastungen (Niedersprünge, Zusatzlasten) dosiert und kontrolliert eingesetzt werden. Zieh- und Schiebekämpfe erlangen einen grossen Stellenwert, weil die Jugendlichen zeigen wollen, wie stark sie sind. In diesem Lebensabschnitt kann der Fokus vermehrt auf die Entwicklung der speziellen Kraft gelegt werden, wo sich sportspezifische Technikübungen mit sportspezifischen Kraftübungen abwechseln. Erste Erfahrungen mit dem Krafttraining an Maschinen sind unter professioneller Betreuung angebracht.

Die Postpubertät ist gekennzeichnet durch den Ausgleich der Körperproportionen und eine zunehmende Stabilisierung des Skeletapparates. In diesem Alter können zunehmend die Trainingsmethoden der Erwachsenen übernommen werden. Ausserdem steht einem rein spezifischen Krafttraining, das zu lokaler Ermüdung führt, nichts mehr im Weg. In diesem Alter ist das gezielte Krafttraining an Geräten sinnvoll. Dabei sollen die Jugendlichen wenn immer möglich 1:1 betreut und überwacht werden. Maximalbelastungen sind wegen der Verletzungsgefahr zu unterlassen.

#### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Susi Kriemler, Institut für Sport und Sportwissenschaften, Universität Basel, Brüglingen 33, 4052 Basel, Tel. 061 377 87 68, E-Mail: susi.kriemler@unibas.ch

#### Literaturverzeichnis

Bernhardt D.T., Gomez J., Johnson M.D., Martin T.J., Rowland T.W., Small E., LeBlanc C., Malina R., Krein C., Young J.C., Reed F.E., Anderson S.J., Griesemer B.A., Bar-Or O. (2001): Strength training by children and adolescents. *Pediatrics* 107(6): 1470–1472.

Blasius K., Greschniok A. (1986): [Etiology and pathogenesis of osteochondrosis dissecans of the knee joint]. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 124(5): 650–654.

Blimkie C.J. (1992): Resistance training during pre- and early puberty: efficacy, trainability, mechanisms, and persistence. *Can. J. Sport Sci.* 17(4): 264–279.

Blimkie C.J. (1993): Resistance training during preadolescence. Issues and controversies. *Sports Med.* 15(6): 389–407.

Blimkie C.J., Bar-Or O. (1996): Trainability of muscle strength, power and endurance during childhood. In: *The child and adolescent athlete:*

*The encyclopaedia of sports medicine*, O. Bar-Or (ed). Blackwell Science, Oxford, UK. pp. 113–129.

Blimkie C.J., Ebbesen B., MacDougall D., Bar-Or O., Sale D. (1989a): Voluntary and electrically evoked strength characteristics of obese and nonobese preadolescent boys. *Hum. Biol.* 61(4): 515–532.

Blimkie C.J., Ramsay J., Sale D. (1989b): Effects of 10 weeks of resistance training on strength development in prepubertal boys. In: *Children and Exercise XIII*, S. Oseid und K.H. Carlson (Hrsg.), Champaign, Human Kinetics, 1989, S. 183–197.

Blimkie C.J.R., Kriemler S. (2004): Bone mineralization patterns during childhood: relationship to fractures and fracture risk. In: *Exercise and Fitness, Benefits and Risks*, K. Froberg, O. Lammert, H. Hansen, C.J.R. Blimkie. Odense, Denmark, Odense University Press. pp. 111–138.

Cahill B.R. (1988): Proceedings of the conference on strength training and the prepubescent, Chicago, American Orthopedic Society for Sports Medicine, S. 1–14.

Docherty D., Wenger H.A. (1987): The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys. *J. Human Mov. Stud.* 13: 377–382.

Faigenbaum A., Zaichkowsky L.D., Westcott W.L. (1993): The effects of twice-a-week strength training on children. *Ped. Exerc. Sci.* 5: 339–346.

Faigenbaum A.D., Loud R.L., O'Connell J., Glover S., Westcott W.L. (2001): Effects of different resistance training protocols on upper-body strength and endurance development in children. *J. Strength Cond. Res.* 15(4): 459–465.

Faigenbaum A.D., Micheli L.J. (1988): Youth strength training. Current Comment from the American College of Sports Medicine. *Sports Med. Bull.* 32(2): 28.

Faigenbaum A.D., Milliken L.A., Loud R.L., Burak B.T., Doherty C.L., Westcott W.L. (2002): Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res. Q. Exerc. Sport* 73(4): 416–424.

Faigenbaum A.D., Milliken L.A., Moulton L., Westcott W.L. (2005): Early Muscular Fitness Adaptations in Children in Response to Two Different Resistance Training Regimens. *Pediatr. Exerc. Sci.* 17(7): 237–248.

Faigenbaum A.D., Westcott W.L., Loud R.L., Long C. (1999): The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics* 104(1): e5.

Falk B., Tenenbaum G. (1996): The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Med.* 22(3): 176–186.

Flanagan S.P., Laubach L.L., De Marco G.M. jr, Alvarez C., Borchers S., Dressman E., Gorka C., Lauer M., McKelvy A., Metzler M., Poepplmann J., Redmond C., Riggenbach M., Tichar S., Wallis K., Weseli D. (2002): Effects of two different strength training modes on motor performance in children. *Res. Q. Exerc. Sport* 73(3): 340–344.

Fukunaga T., Funato K., Ikegawa S. (1992): The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *Ann. Physiol. Anthropol.* 11(3): 357–364.

Glenmark B., Hedberg G., Jansson E. (1992): Changes in muscle fibre type from adolescence to adulthood in women and men. *Acta Physiol. Scand.* 146(2): 251–259.

Haddock B., Medina E. (2000): Resistance Training in Pre-Adolescent Children. *ACSM's Certified News* 10(3): 1–3.

Hakkinen K., Mero A., Kaufhansen H. (1989): Specificity of endurance, sprint and strength training on physical performance capacity in young athletes. *J. Sports Med.* 29: 27–35.

Isaacs L.D., Pohlmann R., Craig B. (1994): Effects of resistance training on strength development in prepubescent females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26 (Suppl) (abstract): 210.

Kemper H.C. (2000): [Roaming through the methodology. XXVIII. More problems with longitudinal studies: dropouts, head-start effects and interval correlations]. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 144(48): 2293–2297.

Kibler W.B., Chandler T.J. (2003): Musculoskeletal adaptations and injuries associated with intense participation in youth sports. In: *Intense Participation in children's Sports*, B.R. Cahill, A.J. Pearl (eds.), Human Kinetics, Champaign, USA.

Kraemer W.J., Fleck S.J. (2005): *Strength training for young athletes*. Champaign, IL, USA, Human Kinetics.

Kristen G. (1963): Der Einfluss von Muskeltraining auf die Entwicklung der Muskelkraft Jugendlicher. *Internat. Zeit. f. angew. Physiol.* 19: 387–402.

Lillegard W.A., Brown E.W., Wilson D.J., Henderson R., Lewis E. (1997): Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity. *Pediatr. Rehabil.* 1(3): 147–157.

- Malina R.M. (2006): Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clin. J. Sport Med.* 16(6): 478–487.
- McCall G.E., Byrnes W.C., Dickinson A., Pattany P.M., Fleck S.J. (1996): Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J. Appl. Physiol.* 81(5): 2004–2012.
- Micheli L.J.M., d’Hemecourt P.A. (2004): *Sports Injuries in the Child and Adolescent*. In: *Sports and Children*, K.M. Chan, L.J.M. Micheli, Williams and Wilkins, Hong Kong.
- Morris F.L., Naughton G.A., Gibbs J.L., Carlson J.S., Wark J.D. (1997): Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J. Bone Miner. Res.* 12(9): 1453–1462.
- Nichols D., Sanborn C. (2001): Resistance Training and Bone Mineral Density in Adolescent Females. *J. of Pediatr.* 139(4): 494–500.
- Ozmun J.C., Mikesky A.E., Surburg P.R. (1994): Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26(4): 510–514.
- Parker D.F., Round J.M., Sacco P., Jones D.A. (1990): A cross-sectional survey of upper and lower limb strength in boys and girls during childhood and adolescence. *Ann. Hum. Biol.* 17(3): 199–211.
- Perusse L., Lortie G., Leblanc C., Tremblay A., Theriault G., Bouchard C. (1987): Genetic and environmental sources of variation in physical fitness. *Ann. Hum. Biol.* 14(5): 425–434.
- Pfeiffer R.D., Francis R.S. (1986): Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *Phys. Sportsmed.* 14: 134–143.
- Ramsay J.A., Blimkie C.J., Smith K., Garner S., MacDougall J.D., Sale D.G. (1990): Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(5): 605–614.
- Rians C.B., Weltman A., Cahill B.R., Janney C.A., Tippet S.R., Katch F.I. (1987): Strength training for prepubescent males: is it safe? *Am. J. Sports Med.* 15(5): 483–489.
- Round J.M., Jones D.A., Honour J.W., Nevill A.M. (1999): Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: a longitudinal study. *Ann. Hum. Biol.* 26(1): 49–62.
- Sadres E., Eliakim A., Constantini R.L., Falk B. (2001): The Effect of Long-Term Resistance Training on Anthropometric Measures, Muscle Strength, and Self Concept in Pre-Pubertal Boys. *Pediatr. Exerc. Sci.* (13): 357–372.
- Sewall L., Micheli B.S., Micheli L.J. (1986): Strength Training for Children. *J. of Pediatr. Orthop.* (6): 143–146.
- Shaibi G.Q., Cruz M.L., Ball G.D., Weigensberg M.J., Salem G.J., Crespo N.C., Goran M.I. (2006): Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(7): 1208–1215.
- Sothern M.S., Loftin J.M., Udall J.N., Suskind R.M., Ewing T.L., Tang S.C., Blecker U. (2000): Safety, feasibility, and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese children. *Am. J. Med. Sci.* 319(6): 370–375.
- Stahl S.D., Roberts S.O., Davis B. (1995): Effects of a 2 versus 3 times per week weight training program in boys aged 7 - 16. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27 (Suppl): 114.
- Staron R.S., Hagerman F.C., Hikida R.S., Murray T.F., Hostler D.P., Crill M.T., Ragg K.E., Toma K. (2000): Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J. Histochem. Cytochem.* 48(5): 623–629.
- Tsolakis C.K., Vagenas G.K., Dessypris A.G. (2004): Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. *J. Strength Cond. Res.* 18(3): 625–629.
- Vrijens J. (1978): Muscle strength development in the pre- and postpubescent age. *Med. Sport* 11: 152–158.
- Weltman A., Janney C., Rians C.B., Strand K., Berg B., Tippitt S., Wise J., Cahill B.R., Katch F.I. (1986): The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18(6): 629–638.
- Westcott W.L. (1979): Female response to weight training. *J. Phys. Educ.* 77: 31–33.
- Witzke K.A., Snow C.M. (2000): Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32(6): 1051–1057.
- Yu C.C., Sung R.Y., So R.C., Lui K.C., Lau W., Lam P.K., Lau E.M. (2005): Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *J. Strength Cond. Res.* 19(3): 667–672.
- Zahner L., Doessegger A. (2004): Kraft und Körperhaltung – Krafttraining mit Kindern. (Kapitel 3) In: *Aktive Kindheit – gesund durchs Leben*, L. Zahner (Hrsg.). Münsingen, Bundesamt für Sport Magglingen (BASPO), ISSW Universität Basel, Stiftung für Schadenbekämpfung der Winterthur Versicherungen, 2004, S. 91–121.
- Zhai G., Ding C., Stankovich J., Cicuttini F., Jones G. (2005): The genetic contribution to longitudinal changes in knee structure and muscle strength: a sibpair study. *Arthritis Rheum.* 52(9): 2830–2834.