

阻力訓練對兒童與青少年生理層面的探討

蔡佳良 國立成功大學
吳昇光 台灣體育學院
李曜全 中國醫藥大學

壹、前 言

阻力訓練可改善成年人的肌肉適能，造成肌肉肥大的效果，已是不爭的事實，同時，老年人也可藉由阻力訓練延緩老化所造成的肌力減退的現象，並增加肌力和提昇生活品質(Manini, Clark, Tracy, Burke, Ploutz-Snyder, 2005)，但是，相同的效果是否也會發生在兒童或青少年身上，一直受到爭議，因為，兒童和青少年正處於動作發展與身體發育的黃金時期，阻力訓練對他們所產生的效果是否能如同成年人一般？亦或是肌力改善的效果是因為成長發育或動作學習所致？同樣地，對兒童或青少年是否應該採用相同的運動處方來達到肌力改善的目標？是否阻力訓練會對兒童與青少年造成運動傷害，抑制往後的成長？這些問題都是亟待澄清與證實的。

本文對於青春前期兒童(children)的定義為女生 11 歲以前，男生 13 歲以前，而青少年(adolescence)的定義為女生 12 歲~18 歲，男生 14 歲~18 歲(Tanner, 1962)。阻力訓練(resistance training)則定義為使用一種或多種規律性的運動處方，來提昇兒童和青少年的肌力稱之，有時又稱為肌力訓練(strength training)。因此，本篇文章希望就阻力訓練對兒童與青少年可能產生的效果，以及如何訂定適當的運動處方來改善肌力做描述，希望能給相關的教練或運動教育學家，在訂定運動處方或編制體育教材時，能有一個參考的依據。

貳、阻力訓練對兒童與青少年肌力增長的效果

早期學者認為肌力和性成熟度有相當大的關聯性，當時的學者認為：兒童在青春前期想要藉由阻力訓練獲得肌力是不太可能的，因為，青春前期兒童身體的男性荷爾蒙(androgen or testosterone)分泌不足，因此無法達到預期的效果(American Academy of Pediatrics, 1983；Vrijens, 1978)。不過，一些學者使用較高的訓練強度和較大的訓練量後，卻反駁了這種說法(Blimkie, 1993；Payne, Morrow, Johnson, & Dalton, 1997；Tsolakis, 2004)，甚至有些學者證實青春前期的兒童在阻力訓練後，有氧能力、柔軟度和垂直跳能力也能顯著地獲得改善(Weltman 等, 1986)。後來的研究皆驗證：早期的研究受限於方法論(實驗中無控制組兒童來驗證兒童和青少年的成長及學習因素)、訓練時間較短和訓練量過低，才可能導致錯誤的結果，其中，阻力訓練負荷的高低更是決定肌力成長的重要因素(Blimkie, 1993)，因此，早期研究的負荷量過低，才會發生“阻力訓練無法增加兒童和青

少年肌力”的誤解。

另外，兒童、青少年、成年人和老年人實施相同的肌力訓練課程後，是否會產生相同的結果呢？早期的研究發現青春期前的兒童(特別是男生)，在接受相同的阻力訓練後，等長肌力增加的效果比青少年和成年人差，不過，卻比老年人高，研究也證實青春期前的兒童和青春期中青少年實施相同的阻力訓練後，兒童肌力增加的效果遠比青少年小，可見性荷爾蒙對肌力的增加佔有舉足輕重的地位(Vrijens, 1978)。

兒童的年齡和性別對阻力訓練是否會產生不同的效果呢？有研究發現：兒童在六歲大左右就可從阻力訓練達到肌力改善的效果(Faigenbaum, Westcott, & Micheli, 1996; Falk & Mor, 1996; Weltman 等, 1986)，而且對青春期前的兒童來講，從阻力訓練所獲得的效果，男女之間是沒有多大的差異性的(Blimkie, 1989)。大致上，對未曾訓練過的兒童實施 8-12 週的阻力訓練會使肌力增加 30%至 40%，有些兒童更可增加肌力 74%以上的情況發生(Faigenbaum, Zaichkowsky, & Westcott, 1993)。

從相對肌力(relative strength)和絕對肌力(absolute strength)增加的角度來看，青春期前的兒童會比青春期的青少年和成年人獲得相等或較多的相對肌力(Westcott, 1979)，但是當比較絕對肌力時，研究證實青春期前的兒童則會比青春期的青少年和成年人獲得較少的絕對肌力(Vrijens, 1978)，雖然，Westcott (1979)並未得到相同的結果。究竟是該使用絕對肌力，還是用相對肌力來比較彼此之間肌力獲得的效果，這個論點一直受到爭議，但對比他們多兩倍以上絕對肌力的青少年和成人的青春期前兒童而言，相要藉由阻力訓練獲得相同的絕對肌力，應該是不切實際的，畢竟他們正處於動作發展的黃金階段，而且藉由訓練達到肌力明顯改善，應該是在性荷爾蒙大量分泌時，才會明顯(Vrijens, 1978)，因此，青春期前兒童的阻力訓練，不應該過分強調肌肉肥大的效果。

當阻力訓練停止後，兒童和青少年是否會產生肌力減退的效果？這個問題是令人困惑的，因為兒童和青少年正處於身體發育和動作發展最快速的階段，成長的原因或許會完全或部份地掩蓋因訓練停止所產生的效果，使得肌力不一定會降低。所以，Blimkie, Martin, Ramsay, Sale, and MacDougall (1989)曾發現 20 週的阻力訓練後，停止 8 週訓練，並未發現獲得的肌力有增加或減少的跡象，但是控制組兒童卻在這 8 週期間，肌力有增加的現象。不過，最新的一份研究(Tsolakis, Vagenas, & Dessypris, 2004)卻發現：8 週阻力訓練會增加兒童的男性荷爾蒙分泌和等長肌力，但停止訓練後 8 週後等長肌力減少約 9.5%，但男性荷爾蒙卻未產生變化的現象。因此，DeRenne, Hetzler, and Buxton (1996)建議兒童應該維持每週至少 1~2 次的阻力訓練才能有效地維持肌力。為何兒童和青少年在停止訓練後會如成人一樣有肌力降低的結果，而不會有性荷爾蒙分泌和成長效應的消長現象，推測主要原因和神經肌肉活性及動作協調性有極大關聯性(Blimkie, 1993)。

從以上的內容不難發現兒童或青少年皆可藉由阻力訓練來達到增加肌力的效果，至於成效多大得視運動處方的內容適當與否、教練或教師的指導品質高低、成果測試和訓練方式是否兼顧到有相似的特殊性、兒童或青少年訓練前的肌力多大...等因素來考量。多數的學者也認為設計良好的阻力訓練處方的確能大大地增加兒童的肌力，而且效果遠超越兒童成長和成熟的因素(Payne 等, 1997)。同時，當阻力訓練停止後，兒童和青少年也會如同成年人一般，肌力大幅減退，不過，真正原因是否只是減少他們神經肌肉的生理機能和動作的協調性所致，仍有進一步探討的必要。

參、兒童與青少年肌力生成的機轉

對於成年人來講，適當的阻力訓練會有肌力生成且肌肉肥大的作用，已是不爭的事實。然而，兒童和青少年是否也會產生相同的機轉，值得探討。一般而言，人類肌肉纖維的數目在出生前就幾乎定型，出生後，肌肉纖維的數量僅有短暫時間的增加，另外，出生時肌肉纖維的直徑約 $15\mu\text{m}$ ，僅是成年時的 25% 左右(成年時約 $60\mu\text{m}$)，一歲時可達成年時的 30%，五歲時就可達 50% 左右(Colling-Saltin, 1980)。六歲左右，肌肉纖維中 type I、IIA 和 IIB 的比例幾乎和成年後是相同的(Colling-Saltin, 1980)。肌肉纖維增厚的現象會在十八歲左右達到最高，男生的肌肉纖維比女生還厚，主要是受到雄性激素分泌所致(Ozmun, Mikesky, & Surburg, 1991)。對於青春期或成年的男生來講，阻力訓練會增加肌力是和荷爾蒙—睪丸激素(testosterone)有很大的關聯性，因此，青春期或成年女生和男生在接受一樣的阻力訓練後，女生的肌肉發展無法如同男生一樣，這和她們僅會分泌較低的男性性荷爾蒙有關，不過，生長荷爾蒙和似胰導素成長因子似乎和女生肌肉發展的比較有關聯性(Kraemer, 1988)。

很多學者發現肌肉肥大的效果並未發生在青春期前的兒童身上，最主要原因在他們身上的男性赫爾蒙分泌不足所致(Ozmun 等, 1991; Ramsay 等, 1990; Vrijens, 1978)。這些研究當中，Vrijens (1978)的受試者並沒有因為阻力訓練而增加手臂和大腿的肌力，同時這兩處的肌肉沒有肥大的效果。Ramsay 等人(1990)發現青春期前的兒童在 20 週的阻力訓練後，肌力雖有顯著地增加，但是上肢或下肢肌肉橫斷面積卻沒有增大的情況發生，因此，他們認為兒童會有力量增加的現象是因為動作單位的活性(activation)、協調性、徵召能力(recruitment)和啟動能力(firing)獲得改變所致。另外，肌肉內在的適應性、動作技巧的表現和肌群的協調性改善也可能是肌力增加的部分原因。Ozmun 等 (1991)則認為受訓練肌群肌力增加和肌電圖幅度同時增加的結果有某種程度的關聯性。其它一些訓練時間短於 8 週的研究發現兒童接受阻力訓練後，雖然肌力增加，但是受訓練肢體的圓周長(limb circumference)並未增加(Ozmun 等, 1991; Vrijens, 1978)，其實，這個結果並不令人意外，因為即使成年人在這麼短的時間接受阻力訓練，肌肉肥大的效果也是相當有限的。但是，

當我們從一些訓練時間大於 8 週的研究同樣發現，兒童在阻力訓練後肌肉仍無肥大的現象(Blimkie 等, 1989; Faigenbaum 等, 1993; Weltman 等, 1986)。因此, Weltman 等 (1986)認為兒童接受阻力訓練後肌力的產生, 神經因素佔有舉足輕重的地位, 肌肉肥大的效果卻是有限的, 事實上, Ozmun 等 (1991)和 Blimkie 等 (1989)在隨後的實驗也證實兒童在阻力訓練初期, 神經肌肉的動員能力增加是肌力生成的主要因素之一。不過, 研究也同時發現神經肌肉驅動的幅度和獲得肌力的大小並未相當, 反而比較小, 因此, 他們認為動作的協調性也和肌力增加有相當大的關聯性, 尤其在評估較複雜的動作時。

兒童接受阻力訓練後, 是否真的不會有肌肉肥大的現象發生? 事實上, 一些研究發現卻反駁這項說法。Matolin, Melichna, Havlickova, and Horak (1987)發現青少年在阻力訓練後, Type I 和 Type II 纖維都有肥大的現象。Mersch and Stoboy (1989)從兩位同卵雙胞胎的男孩身上卻發現 10 週的等長阻力訓練, 導致股四頭肌的橫斷面積增加 4%至 9%, 同時肌力增加 38%。Fukunga, Funato, and Ikegawa (1992)也發現 12 週的等長阻力訓練讓兒童有肌肉肥大的效果。因此, 兒童和青少年訓練方式和強度是否對肌肉肥大效果是一個重要的因素, 值得更深入的探討。

肆、阻力訓練對兒童和青少年其它方面的效果

阻力訓練除了能增加兒童和青少年的肌力之外, 對心理或身體其它的生理機能是否也能獲得益處呢? 還是有其它的缺點? 以下就從不同的角度來做進一步的探討。

(一)動作技巧和運動表現方面

肌力在大部分運動項目的基本體適能要件中佔有舉足輕重的角色, 因此多數的教練和選手皆認為具有良好的肌力, 才能在動作表現和運動競賽中嶄露頭角。事實上, 很多研究皆證實這個觀點, 舉例來說: 肌力較大的兒童在跳遠、垂直跳、跑步速度和敏捷度都能有較好的運動表現(Falk & Mor, 1996; Weltman 等, 1986)。不過, 也有研究發現當肌力顯著地增加後, 動作表現和動作技巧卻沒有顯著改善的例子(Faigenbaum 等, 1993)。對專項運動而言, 僅有少數研究發現兒童和青少年的肌力改善對游泳和體操的運動表現有顯著的改善(Bulgakova, Vorontsov, & Fomichenko, 1990; Queary & Laubach, 1992)。但也有研究發現 9 歲兒童在肌力改善後, 所參與的籃球運動項目並沒有獲得改善(Ford & Puckett, 1983)。

從以上的研究可發現, 肌力改善應該可以改善兒童和青少年的動作技巧和運動表現, 不過, 需在訓練的強度較高和時間較長, 才容易見到成效。雖然一些研究發現兒童和青少年在肌力進步後, 並無法讓動作技巧和運動表現獲得正面的效果, 至少沒有相關研究發現肌力改善後, 會有負

面的效果產生。同時，每一種運動項目的動作技巧和動作表現都有其特殊性(specific)，當兒童和青少年在實施阻力訓練時的動作型態及方式和所參與的運動項目無法配合時，難免在阻力訓練後較難發現其運動專項能力和技巧獲得改善，因此，對於一些研究的結果，必須謹慎地下結論。同時，可發現當兒童和青少年在肌力獲得改善後，對自己的運動能力更有自信心，更容易從運動中獲得成功的經驗，不至於讓他們中途脫離運動。

(二)運動傷害方面

運動難免會有受傷的情況發生，這和訓練環境、教練及訓練量和訓練強度都有極大的關聯性。由於兒童和青少年參與運動後，受傷的案例時有所聞，因此，在他們參與運動前，擁有基本的肌力是讓他們能有效預防運動傷害的基本要件之一。兒童和青少年正處於成長階段，如果訓練方式不當，很容易造成他們在運動時有受傷的情況發生。同時，他們的動作技巧並未完全的發展，如果過度強調體能訓練，容易造成他們一些過度使用的運動傷害，如：疲勞性骨折、肌腱炎、滑囊炎...等(Hogan & Gross, 2003)。其實，對兒童和青少年而言，運動處方的重點應放在動作的技巧和技術，而不是過度的強調在身體適能。雖然，一些教練和家長認為：兒童能越早期介入某一種專項運動，越能在該運動項目上嶄露頭角，但也有研究發現：兒童時期應該多面向地介入各種活動，嘗試各種動作技巧，不應該太早設定某一專項運動，才會對他們往後的運動項目有更好的表現(Magill & Anderson, 1995)。因此，兒童在 10 歲之前最好避免以運動專項來定位未來的運動取向(Micheli, 1999)。美國運動醫學會也提出兒童和青少年如能全面性的發展基本體適能技巧，將可有效降低 50%過度使用的運動傷害(overuse injuries)(Smith, Andrish, & Micheli, 1993)。

由於科技的發達及課業的壓力，造成台灣的兒童和青少年每天徘徊在電視、電腦和書桌之前，活動時間減少，肌力明顯衰退，因此，他們一旦參與較大的體育活動時，更容易造成運動傷害。因此，增加他們的肌力、耐力和柔軟度，才能有效降低他們在活動時受到傷害的機率。Hejna, Rosenberg, Suturusis, and Krieger(1982)指出：青少年的運動員如有參與阻力訓練，受到運動傷害的比率會比較低，萬一發生運動傷害，復健的時間也會比較短。Cahill and Griffith (1978)發現阻力訓練能減少中學足球隊學生膝關節部位的運動傷害機率和嚴重程度。Dominguez (1978)發現阻力訓練能有效降低青少年游泳選手的肩關節運動傷害。Mediate (1999)則使用藥球、平衡板和中學學生本身體重為負荷的運動實施 6 週的阻力訓練，結果發現不僅能提升學生的自信和運動參與感，也能降低運動傷害的比率。

從以上的一些研究發現，阻力訓練能增強兒童和青少年的肌力，降低參與其它運動時的傷害比率，不過，阻力訓練本身在實施時，是否也會讓兒童或青少年發生運動傷害呢？一般來講，阻力訓練最怕造成兒童和青少年的傷害是在骨骺板或生長板，因為損傷到這個位置的話，容易阻礙

正常骨頭的發展，如果未能及時發現和治療的話，成長會受到阻礙，同時，兒童的骨骺板尚未鈣化完全，不適當的外力容易造成肢體變形或肢體發育終止(Blimkie, 1993)，雖然，一些研究發現：青少年在重量訓練時，發生骨骺板破裂，不過，這和訓練當中姿勢技巧不當、未有運動指導員在旁監督保護、負荷過重及使用 ballistic movements 不當，使得骨頭承受過多剪力所致(Micheli, 1999)。另外，阻力訓練時，兒童呼吸方法不當也容易產生急性高血壓反應(acute pressor response)並增加心肌後負荷(afterload)的現象(Nau, Katch, Beekman, & Dick, 1990)，因此，實施阻力訓練時，教練和體育教師必須隨時在旁督導，教導並隨時提醒正當的呼吸方法，尤其在使用槓鈴或啞鈴等器材時，常因教練未能在兒童或青少年旁監督保護，而發生意外傷害的情況。雖然，阻力訓練有某種程度的危險性，不過一些研究發現它比兒童和青少年經常參與的其它運動和活動安全許多，反而是固定參與某種運動專項的兒童和青少年，容易對某些部位的肌肉關節長期施壓，較容易發生運動傷害(Lord & Winell, 2004)。由於兒童和青少年正處於動作發展和發育的黃金時期，彼此之間的個別差異比較大，同時阻力訓練對他們來講又有一定的壓力負荷存在，因此，針對他們在實施訓練時，必須非常小心地設定運動頻率、強度和運動量。同時，教練或體育教師應把阻力訓練排於訓練課程當中，並隨時修正適當的運動量和運動強度，才能達到增加肌力並降低運動傷害的目標。

(三)生理心理方面

阻力訓練對青少年除了可增加肌力之外，對身體健康也有其它正面的效果，它也可增進青少年的心肺耐力(Weltman 等, 1986)、改善身體組成、增加骨質密度(Yu 等, 2005)、降低血脂質(Weltman 等, 1987)和提昇心理特質(Westcott, 1992)。早期的學者認為對兒童或青少年實施阻力訓練會損傷兒童和青少年的骨骺板，阻礙兒童身材的成長，使得身高較矮，但當時的研究並未控制其它會影響的因子，研究方法不夠嚴謹。因為後來的研究皆證實阻力訓練如果實施得當並有教練適當地監督指導的話，對兒童和青少年的身高並不會有任何的影響(Faigenbaum 等, 1996)。事實上，有學者認為只要阻力訓練處方依照兒童和青少年的年齡設計，並有良好的營養補充(例如：足夠的鈣質補充)，對任何年齡的兒童和青少年而言，阻力訓練對身高只有益處而無害處，並不會改變身體的遺傳因子(Bailey & Martin, 1994)，對骨頭的鈣化反而形成有利的刺激(Conroy, Kraemer, & Maresh, 1993)。不過，儘管阻力訓練對發育中青少年的骨質密度有正面的效果，但是，訓練的處方必須小心的設計，否則運動過量也會造成骨質流失，增加骨折的風險(Caine, 1990)。

阻力訓練除了會改善一些生理特質之外，對心理層面也有幫助。研究發現如果阻力訓練能針對不同生理特質的兒童設計，並有教練或教師隨時在旁指導，阻力訓練能提昇兒童和青少年的自我概念、自尊心和自我形象(Faigenbaum, 1995)。而且，有研究發現：接受阻力訓練期間，兒童更

會自動幫忙做家事(Weltman 等, 1986)。不過, 阻力訓練對心理層面的影響和訓練強度、頻率、時間, 以及兒童和青少年訓練前的肌力大小及心理與社會(psychosocial)特質, 都有極大的關聯性。

伍、兒童和青少年阻力訓練指導原則

由於對兒童和青少年來講, 藉由阻力訓練而獲得肌力, 最主要的因素是藉由“學習動作技巧”和“提高神經肌肉活動”來達成, 肌肉肥大的效果對一般孩童, 並不是一個主要目標。因此, 高反覆次數和低強度是對兒童和青少年實施阻力訓練的首要原則, 而且最好只採用向心運動, 避免使用離心運動, 才不會對發育中兒童和青少年的骨頭、肌肉或結締組織產生負面的影響(Faigenbaum 等, 1999; Payne 等, 1997; Weltman 等, 1986)。Kraemer, Fry, Frykman, Conroy, and Hoffman (1989) 曾針對兒童阻力訓練提出指導方針:

- 一、鼓勵教練將阻力訓練列為兒童休閒活動和運動的課程之一。
- 二、鼓勵使用不同的訓練方式來增強兒童肌力, 例如: free weight、springs、machines 和 bodyweight。
- 三、不鼓勵兒童彼此之間的競賽, 強調兒童本身的表現是否進步。
- 四、不鼓勵使用高強度(負荷)訓練兒童。
- 五、避免單獨使用離心式訓練。
- 六、鼓勵使用循環式(circuit system approach)阻力訓練, 以提升肌力和心肺耐力。
- 七、如果使用重量訓練器材(machines), 應採用針對兒童體型設計的器具
- 八、兒童接受訓練時, 一定要有專業人士在旁監督保護, 尤其是使用 free weight。

另外, Kraemer and Fleck (1993)也針對不同年齡層的兒童和青少年, 進一步提出下列的指導原則:

年 齡	注 意 事 項
7 歲以下	介紹無負重或負重極輕的運動; 發展訓練課程的概念; 教導運動技巧; 訓練強度以小孩本身體重為主, 逐漸進入有同伴的運動和較低的阻力運動; 維持低運動量的原則
8 歲~10 歲	逐漸增加運動的次數; 練習所有舉重的技巧; 逐漸增加運動負荷的量; 保持運動簡單化; 逐漸增加訓練量; 小心監測兒童對運動壓力的耐受性
11 歲~13 歲	教導所有運動的基本技巧; 持續增加每一種運動的負荷; 強調運動技巧; 進一步介紹低阻力或無阻力的運動
14 歲~15 歲	導入較高階的青少年阻力訓練課程; 增加運動特殊性的要素; 強調運動技巧; 增加訓練量
16 歲以上	在所有的背景知識具備, 且獲得足夠的訓練經驗後, 可逐漸導入成人訓練的課程和目標

注意：任何年齡層的兒童或青少年，只要他(她)沒有任何阻力訓練的經驗，就必須從最基本的年齡層級開始指導訓練，直到他(她)達到每一層級的標準，才可進入下一層級

本表摘自 Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (1993). *Strength training for young athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

一般來講，阻力訓練被認為是增加肌力訓練的主要方式，對心肺耐力的效果並不大，不過，阻力訓練的方式可以是多樣化的，Blimkie (1993)曾提出：針對兒童實施阻力訓練應採用交互式(reciprocal)和向心的(concentric)肌肉收縮活動型態，以同時提升肌力和心肺耐力的雙重效果。McArdle, Katch, and Katch (2001)也提出：“循環式阻力訓練(circuit resistance training: CRT)”能有效改善傳統式阻力訓練只針對局部肌群實施高負荷的訓練，CRT 僅使用介於 1RM 的 40%~55%的負荷強度，由於負荷量不大，每一動作做的次數越多越好，只做 30 秒，休息 15 秒後，就換下一個訓練動作，通常被訓練的人需完成 8 到 15 種不同的動作。這種訓練模式的負荷強度並不大，對兒童和青少年的肌肉骨骼發展較無害處，而且對身體的訓練效果是全面性的，除了可改善肌力、爆發力、肌耐力之外，對心肺耐力也有不錯的效果。

陸、結 語

綜合以上所述，兒童和青少年在正確且適當的阻力訓練原則下，可獲得相對的肌力成長和肌肉肥大的效果，同時，停止訓練後，他們也會如同成人一般，有肌力減退的現象。除此之外，阻力訓練也能增加兒童和青少年的運動技巧和運動表現，提升其正向的心理層面，不過，針對兒童和青少年實施阻力訓練時，應考量到他們骨骼和肌肉成長的因素，避免造成過度訓練和疲勞性骨折的運動傷害發生。

有研究發現有些兒童和青少年為了增加肌力，不惜犧牲自己身體的健康，而濫用同化性類固醇(anabolic-androgenic steroid)(Krowchuk 等, 1989)，有關單位應該正視這個問題是否也在國內發生。在兒童或青少年時期，如能養成運動或身體活動的生活型態，將可有效預防成年以後產生慢性疾病的機率。雖然，針對兒童和青少年實施阻力訓練，多少有一些風險性存在，不過，從上述的內容可發現兒童和青少年阻力訓練的利遠多於弊，而且在適當的指導和監督下，安全性遠高於一般的活動和運動。因此，應把阻力訓練列入兒童和青少年的體適能課程當中，將對發育中的兒童和青少年有更全面性的發展。

參考文獻

- American Academy of Pediatrics. (1983). Weight training and weight lifting: Information for the pediatrician. *The Physician and Sports Medicine*, 11, 157-161.
- Bailey, D., & Martin, A. (1994). Physical activity and skeletal health in adolescents. *Exercise Science*, 6, 330-347.
- Blimkie, C. J. R. (1989). Age- and sex-associated variation in strength during childhood: Anthropometric morphologic, neurological, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In C. Gisolfi, & D. Lamb. (Eds): *Perspectives in Exercise Science and Sports* (pp 99-163). Indianapolis: Benchmark.
- Blimkie, C. J. R. (1993). Resistance training during preadolescence: Issue and controversies. *Sports Medicine*, 15, 389-407.
- Blimkie, C. J. R., Martin, J., Ramsay, J., Sale, D., & MacDougall, D. (1989). The effects of detraining and maintenance weight training on strength development in prepubertal boys. *Canadian Journal of Sports Science*, 14, 104.
- Manini, T. M., Clark, B. C., Tracy, B. L., Burke, J., Ploutz-Snyder, L. (2005). Resistance and functional training reduces knee extensor position fluctuations in functionally limited older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 29, 1-11.
- Bulgakova, N., Vorontsov, A., & Fomichenko, T. (1990). Improving the technical preparedness of young swimmers by using strength training. *Soviet Sports Review*, 25, 102-104.
- Cahill, B., & Griffith, E. (1978). Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football knee injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 6, 180-184.
- Caine, D. (1990). Growth plate injury and bone growth: An update. *Pediatric Exercise Science*, 2, 209-229.
- Colling-Saltin, A. S. (1980). Skeletal muscle development in the human fetus and during childhood. In Berg, et al. (Eds): *Children and exercise IX* (pp193-207). Baltimore: University Park Press.
- Conroy, B., Kraemer, W., & Maresh, C. (1993). Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1103-1109.
- DeRenne, C., Hetzler, R., & Buxton, B. (1996). Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 8-14.
- Dominguez, R. (1978). Shoulder pain in age group swimmers. In B. Eriksson, & B. Furberg, (Eds): *Swimming Medicine IV* (pp 105-109). Baltimore: University Park Press.
- Faigenbaum, A. (1995). Psychosocial benefits of prepubescent strength training. *Strength and Conditioning*, 17, 28-32.
- Faigenbaum, A. D., Westcott, W., & Micheli, L. (1996). The effects of strength training and detraining on children.

- Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 109-114.
- Faigenbaum, A. D., Zaichkowsky, L., & Westcott, W. (1993). The effects of a twice per week strength training program on children. *Pediatric Exercise Science*, 5, 339-346.
- Falk, B., & Mor, G. (1996). The effects resistance and martial arts training in 6 to 8 year old boys. *Pediatric Exercise Science*, 8, 45-56.
- Ford, H., & Puckett, J. (1983). Comparative effects of prescribes weight training and basketball program on basketball skill test scores of ninth grade boys. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 23-26.
- Fukunga, T., Funato, K., & Ikegawa, S. (1992). The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *Annals of Physiological Anthropology*, 11, 357-364.
- Hejna, W. F., Rosenberg, A., Suturusis, D. J., & Krieger, A. (1982). The prevention of sports injuries in high school students through strength training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 4, 28-31.
- Hogan, K. A., & Gross, R. H. (2003). Overuse injuries in pediatric athletes. *The Orthopedic Clinics of North America*, 34(3), 405-415.
- Kraemer, W. (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(suppl), 152-157.
- Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (1993). *Strength training for young athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Frykman, P. N., Conroy, B., & Hoffman, J. (1989). Resistance training and youth. *Pediatric Exercise Science*, 1, 336-350.
- Krowchuk, D. K., Anglin, T. M., Goodfellow, D. B., Stancin, T., Williams, P., & Rickert, V. I. (1989). High school athletes and the use ergogenic aids. *American Journal of diseases of Children*, 143, 486-489.
- Lord, J., & Winell, J. J. (2004). Overuse injuries in pediatric athletes. *Current Opinion in Oediatrics*, 16, 47-50.
- Magill, R., & Anderson, D. (1995). Critical periods as optimal readiness for learning sports skills. In F. Smoll, & R. Smith, (Eds): *Children and Youth in Sport: A biopsychosocial perspective* (pp 57-72). Madison, WI: Brown & Benchmark.
- Manini, T. M., Clark, B. C., Tracy, B. L., Burke, J., & Ploutz-Snyder, L. (2005). Resistance and functional training reduces knee extensor position fluctuations in functionally limited older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 95(5-6), 436-446.
- Matolin, S., Melichna, J., Havlickova, L., & Horak, V. (1987). Results of repeated histochemical analysis of muscle tissue biopsies. *Folia Morphologica*, 35, 75-81.
- Mediate, P. (1999). Not just reps and sets. *Easterner*, 23, 6.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human*

- Performance* (5th edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mersch, F., & Stoboy, H. (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In S. Oseid, & K. Carlsen, (Eds): *Children and Exercise XIII* (pp 165-182). Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Micheli, L. (1999). Sports training and the young athlete: how much is enough? *Sidelines*, 8,1-4.
- Nau, K. L., Katch, V. L., Beekman, R. H., & Dick III, M. (1990). Acute intraarterial blood pressure response to bench press weight lifting in children. *Pediatric Exercise Science*, 2, 37-45.
- Ozman, J., Mikesky, A., & Surburg, P. (1991). Neuromuscular adaptations during prepubescent strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(suppl), 31.
- Payne, V. G., Morrow, J. R., Johnson, L., & Dalton, S. N. (1997). Resistance training in children and youth: A meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 80-89.
- Queary, J., & Laubach, L. (1992). The effects of muscular strength / endurance training. *Technique*, 12, 9-11.
- Ramsay, J. A., Blimkie, C. J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J. D., & Sale, D. G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 605-614.
- Smith, A., Andrich, J., & Micheli, L. (1993). The prevention of sports injuries of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(suppl 8), 1-7.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tsolakis, C. K., Vagenas, G. K., & Dessypris, A. G. (2004). Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 625-629.
- Vrijens, F. (1978). Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. *Medicine and 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. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 629-638.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K., & Katch, F. I. (1987). Effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *American Journal of Diseases in Children*, 141, 777-780.
- Westcott, W. (1979). Female response to weight lifting. *Journal of Physical Education*, 77, 31-33.
- Westcott, W. (1992). A new look at youth fitness. *American Fitness Quarterly*, 11, 16-19.
- 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. *Journal of strength and Conditioning Research*, 19(3), 667-672.