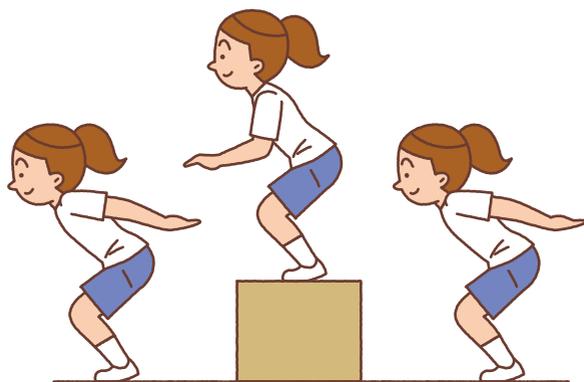
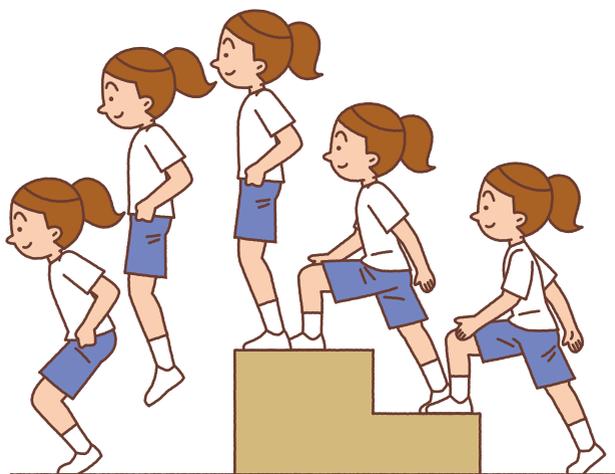


子供の運動を スポーツ医学の立場から 考える

～小・中学生の身体活動が運動器に与える効果～



日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 整形外科部会

子供の運動を スポーツ医学の立場から 考える

～小・中学生の身体活動が運動器に与える効果～



骨粗鬆症の予防

ハイインパクト・エクササイズ

子供目線

日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 整形外科部会

序 文

これからの社会はグローバルにも高齢化を迎えることが予測され、年金・医療・介護などの社会保障費の増大を抑制することはそれぞれの国における喫緊の課題となってくる。なかでもわが国はその課題解決の先進国としての役割を果たすことが期待されている。

北米では健康スポーツ医学の立場から、「Exercise is Medicine」(2007年)のキャンペーンが広く張られているが、超高齢社会のわが国で健康寿命の延伸に必要とされるのが運動器の耐用性であり、子供時代の運動やスポーツは、高齢に備えての健康・医療戦略の入り口と位置付けられる。

2015年のスポーツ庁の誕生は、各省庁の協力による「健康スポーツ」の一元化をうながすものであり、スポーツ医学に携わる者には、子供の運動やスポーツから高齢者の健康、介護予防までを視野に入れて科学的根拠に基づいたプログラ

ムを提供する責務がある。これらのプログラムは医学的自立と並行して経済的自立をもたらし、結果的には将来の年金対策に通じ、社会保障費の削減にも道筋をつける可能性を秘めている¹⁾。

この小冊子では子供の運動やスポーツの現状と問題点、対策の方向性を示し、科学的根拠に基づいた健全な骨の成育を中心とした身体活動の充実を提案した。これらの提案のもとに子供の運動やスポーツが「子供目線」で行われ、生涯を通じてスポーツに親しむ文化が子供たちのなかから育つことを切に期待するものである。

平成 28 年 4 月 30 日

アドバイザー 中嶋寛之

1. はじめに

高齢者の代表的な四大運動器疾患として、骨粗鬆症、変形性関節症、変形性脊椎症、サルコペニア（加齢性筋肉減少症）が挙げられる。これらの疾患を予防することは、社会保障費の削減にもつながる可能性がある。

高齢者の四大運動器疾患のうち、骨粗鬆症は子供の頃から対策の立てられる疾患である。骨粗鬆症に関連する骨折を予防するためには、子供時代から運動やスポーツにより骨の量と質を高めることが重要である²⁾。子供時代の運動やスポーツは、高齢期の骨折予防戦略の入り口と位置付けられる。しかしながら、現状では、「運動する子供」と「運動しない子供」の二極化があり、運動嫌いな小・中学生が存在することも事実である³⁾。超高齢社会に備えては、すべての子供たちが楽しみながら、科学的根拠に基づいた運動やスポーツを実践できる動機づけと環境作りが必要である。ここでは、「運動しない子供」における骨の健康維持・増進対策に焦点を当てる。小・中学生の身体活動の現状と問題点を挙げ、骨の健康維持・増進の観点から身体活動における骨塩量増加の科学的根拠を紹介し、小・中学生に対する学校教育（体育および保健体育）を充実させる具体的方策について、スポーツ医学の立場から提言する。

2. 小・中学生の身体活動の 現状と問題点

「全国体力・運動能力，運動習慣等調査」が2008年度より小学校5年生，中学校2年生全員を対象として行われるようになり，1週間の総運動時間の分布を詳細に把握できるようになった。その結果，中学校2年生において1週間の総運動時間（体育を除く）が60分未満と90分前後の割合が多くなっており，「運動する子供」と「運動しない子供」の二極化が明らかとなった。運動時間が少なく身体活動不足となる一因として「運動が苦手，運動嫌い」があり，特に，女子で多いことが指摘されている。小・中学生女子の運動時間はわずかに改善傾向にあるものの，1週間の総運動時間が60分未満である割合は，2015年度では小学校5年生で12.9%，中学校2年生で20.9%である³⁾。「運動する子供」と「運動しない子供」の二極化傾向を受けて，2008年に改訂された小学校体育の学習指導要領では，生涯にわたって運動に親しむ資質や能力の基礎を培う観点で，「体づくり運動」を中心に，それぞれの運動が有する特性や魅力に応じて指導できるように内容の改善が図られている⁴⁾。しかしながら，運動やスポーツが「嫌い」「やや嫌い」な割合は，小学生男子が2008年度6.9%・2015年度6.2%，小学生女子が2008年度11.6%・2015年度12.0%，中学生男子が2008年度11.6%・2015年度10.4%，中学生女子が2008年度20.7%・2015年度20.8%と，女子で「運動嫌い」がわずかではあるが増加し

ている³⁾。

子供が運動嫌いになる要因として、運動を苦手と感じ劣等感を持っている、運動の良さが分からない、運動をきつく苦しいと感じる、跳び箱や逆上がりや縄跳びなどを上手にできないのでつまらない、などがある。子供が運動やスポーツを好きになるには、身体を動かすことが「楽しい」あるいは「楽しかった」と感じる経験が必要である。子供時代に運動やスポーツを行うことの「楽しさと大切さ」を知ることが、運動習慣の動機づけとなり、生涯を通じて運動やスポーツに親しむことにつながる。このことを指導者は銘記すべきである。

3. 身体活動による 骨塩量増加の科学的根拠

1) 身体活動が子供の運動器に与える効果

スキヤモンの発育曲線で示されるように、子供には年齢に応じて臓器や器官が発育発達していく特徴がある（図1）。発育期のスポーツ活動が運動器に与える効果にも年齢的な特質がみられるため、年齢に応じた運動を行う必要性がある。リズム感や身体を動かすことの器用さを担う神経型は10歳までに著しく成長するため、小学校1～3年生では神経回路へ刺激を与え、様々な動きを経験し、身体の使い方を学習することが大切である。優れたスポーツ指導者から「スポーツの楽しさ」とともに「スポーツの基本動作」を習得することは競技力向上の立場からも意義がある。

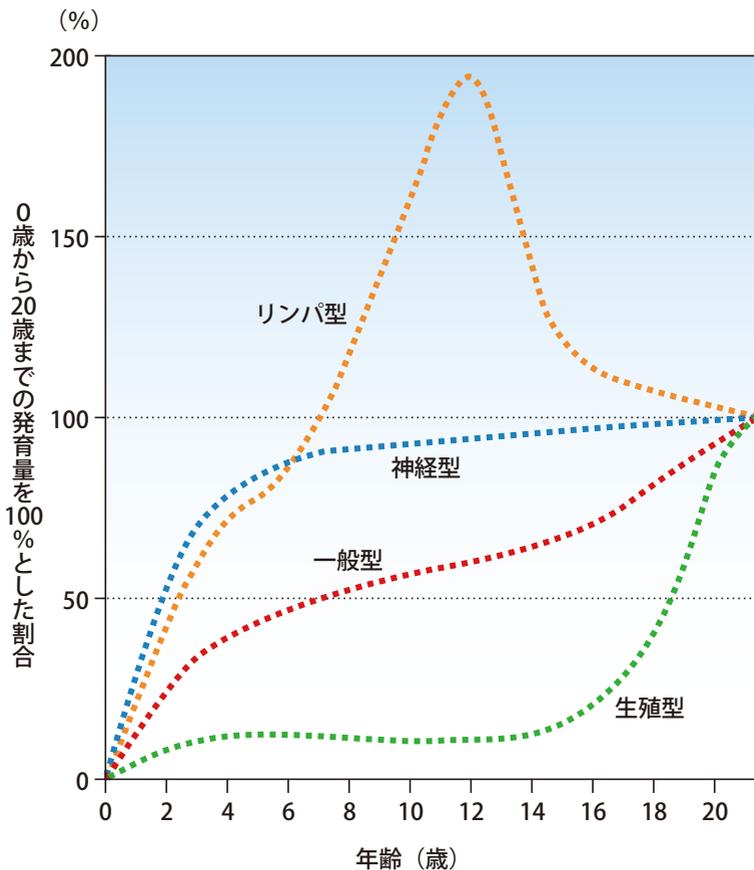


図1 器官ごとの発育過程(スキャモンの発育曲線)

20歳での発育量を100%として、各器官の重量発育の特徴を4パターンに分類。神経型：リズム感や身体を動かすことの器用さを担う神経系。リンパ型：免疫を担う扁桃、リンパ節などのリンパ組織。一般型：全身の骨、筋肉、胸腹部臓器などで身長、体重を含み、幼時期までと思春期に急激に発育。生殖型：男子の陰茎、睾丸、女子の卵巣、子宮などで思春期に急激に発育。

一方、女子では初経の発来と前後して、成長ホルモンや女性ホルモンの分泌が始まるので骨の成長と密度の高まりが期待できる。したがって、このタイミングでの運動（荷重刺激）による骨への刺激が望ましい。小学校高学年から中学校にかけては身長伸びと骨塩量の増加が急速に起こるため、骨へ適切かつ適度な刺激を与え、骨の健康を増進させることが大切である。

中学校では小学校で始まった骨の成長が続き、高校では、骨の健全な構築のもとに筋肉の発育がみられるようになる。このように運動器の発育には特質がみられるので年代に合った運動刺激が必要となる。運動のカリキュラムは、幼児期から小学校、中学校、高校へと継続性のあるものでなければならない。

骨塩量は20歳頃に最大となり（最大骨塩量）、40歳頃までは維持されるが、40歳代後半から次第に低下していく。成人において骨塩量が基準値以下に低下すると骨粗鬆症となり、骨折を起こしやすくなる。最大骨塩量が高めることが、将来骨塩量が低下しても基準値以上を保つこととなり、骨粗鬆症の予防となる。子供の時から毎年骨塩量を測定した研究では、最大骨塩量を100%とした時、身長最も伸びた時期の前後5年間に39%の骨塩量が獲得されたと報告されている⁵⁾。わが国では骨粗鬆症患者の80%以上が女性であるため、特に女子においては将来に骨粗鬆症になることを予防するために、小学校高学年から中学校の時期に骨塩量を増加させ、最大骨塩量が高めることが求められる。

したがって今回の提言では、義務教育下における「骨の健全な成育」を目的として科学的根拠についてさらに説明を加える。

2) 発育期の運動負荷と骨塩量の増加

骨塩量を増加させるためには、骨への刺激（荷重や筋力による力学的負荷）が重要である。骨に加わる力学的負荷が大きいほど、骨塩量と骨強度は増加する⁶⁾。荷重骨に加わる力学的負荷は、歩行、ランニング、ジャンプの順に大きくなる。したがって、運動により骨塩量を増加させるには、ジャンプ運動が効果的である⁷⁾。

思春期には成長ホルモン、性ホルモンなどが増加し、骨塩量の増加速度が最大となる（図2）⁸⁾。この時期までの身体活動は特に骨塩量と骨の幅の増加に対して重要である。成長・発達段階における運動による骨の幅の変化は性別と成熟度に影響を受ける⁹⁾。女子においては、運動により、思春期前から思春期前期（初経前）では外周での骨新生が優位となるが（図3）¹⁰⁾、思春期後期（初経後）では内周での骨新生が優位となる（図4）¹⁰⁾。そのため、初経前に当たる思春期前から思春期前期は、運動により骨の幅を増加させるのに最適な時期である。

Fuchsら¹¹⁾は、思春期前の子供（5.9～9.8歳）において、着地運動（60 cmの台からの着地、100回/日、3日/週、7ヵ月間）が骨塩量におよぼす影響について検討し、腰椎と大腿骨頸部で増加が得られたと報告した（図5）。また、Heinonenら¹²⁾は、初経前と初経後の女子において、昇降運動（30 cmの台へのジャンプ・着地による昇降、20分/日、2日/週、9ヵ月間）が骨塩量におよぼす影響について検討し、初経前の女子でのみ腰椎と大腿骨頸部で増加が得られたと報告した（図6）。いずれの研究においても、ウォーミングアップとクールダウンには十分な時間がとられていた。したがって、女子において運動により効果的に骨塩量の増加を得るには、思春期前から思春期前期（初経前）が

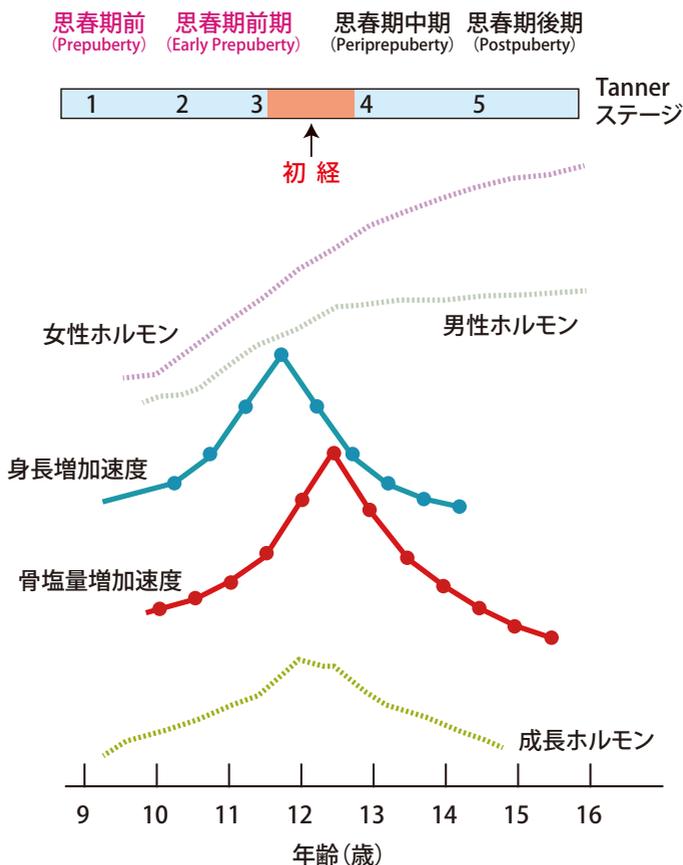


図2 女子における年齢・Tannerステージと身長・骨塩量の増加速度との関連

思春期 (Puberty) は生殖器の発育 (乳房発育・恥毛発育など) に始まり, 初経を経て第二性徴の完成と月経周期がほぼ順調になるまでの期間である。思春期には成長ホルモン, 性ホルモンなどが増加する。身長増加速度の最大値は初経の前半に, 骨塩量増加速度の最大値は初経の後半にみられる (文献8より改変して引用)。

思春期前から思春期前期(初経前)

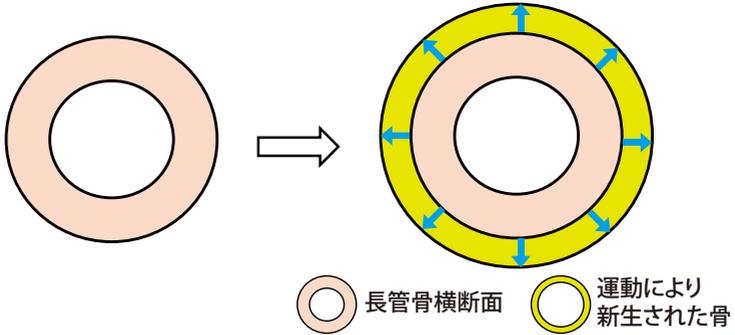


図3 運動が長管骨におよぼす影響(女子)

思春期前から思春期前期(初経前)では運動による骨新生は外周で優位であり、骨は太くなる。したがって、運動により骨の全体幅を増加させるには思春期前から思春期前期(初経前)がよい時期である(文献10より作成)。

思春期後期(初経後)

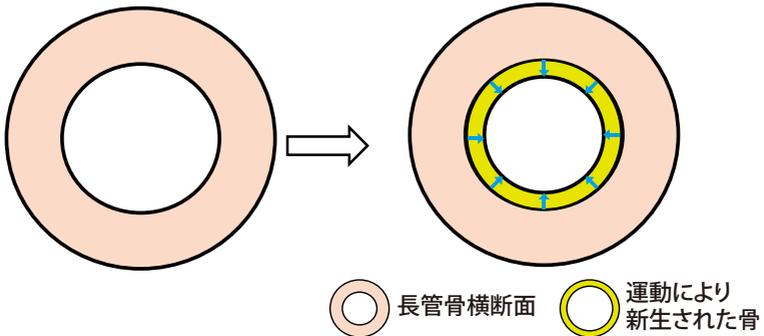


図4 運動が長管骨におよぼす影響(女子)

思春期後期(初経後)では運動による骨新生は内周で優位である。したがって、初経後は運動による骨塩量の増加は比較的小さく、骨の全体幅の増加は期待できない(文献10より作成)。

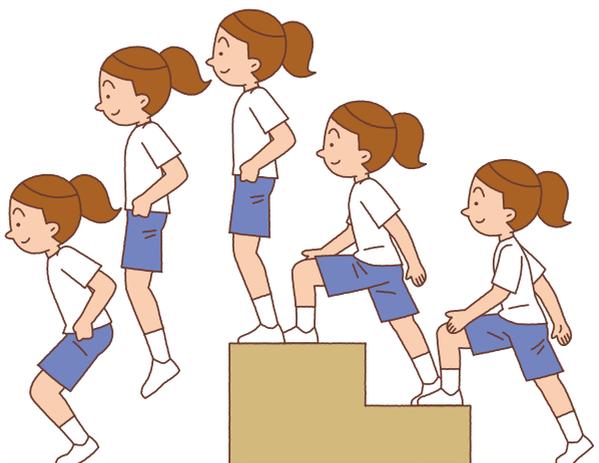
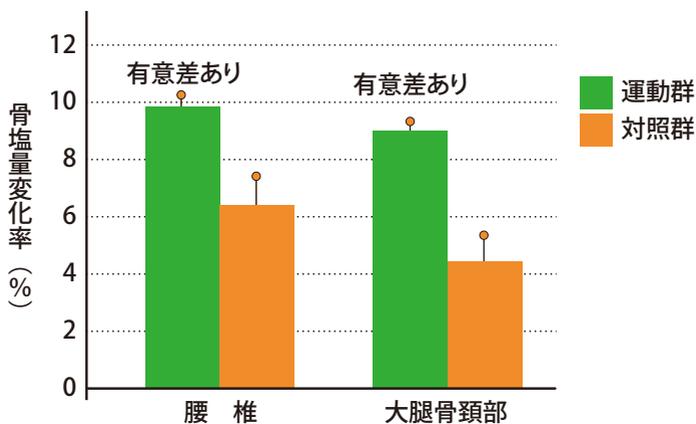


図5 思春期前の子供を対象としたFuchsらの臨床研究

思春期前の子供（5.9～9.8歳）において、7ヵ月間の着地運動（60 cmの台からの着地、100回/日、3日/週）は腰椎と大腿骨頸部の骨塩量を増加させる（文献11より改変して引用）。

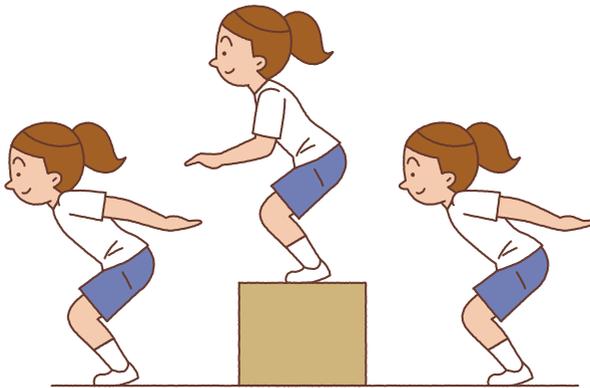
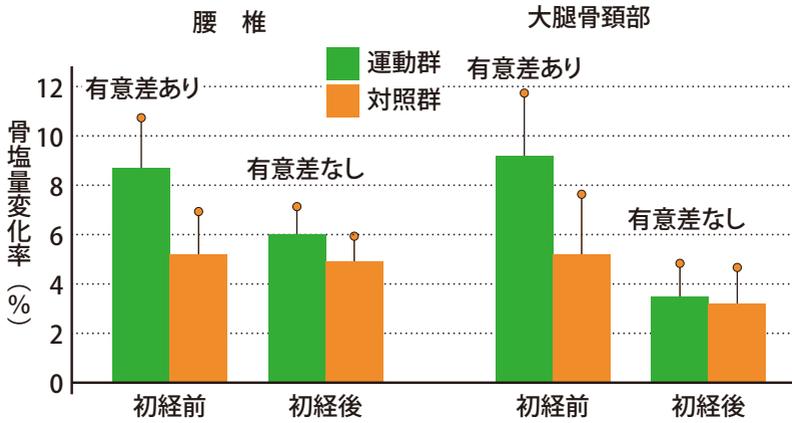


図6 初経前・初経後の女子を対象としたHeinonenらの臨床研究

昇降運動(30 cmの台へのジャンプ・着地による昇降, 20分/日, 2日/週, 9ヵ月間)により, 初経前女子でのみ腰椎・大腿骨頸部骨塩量の増加が得られた(文献 12 より改変して引用)。

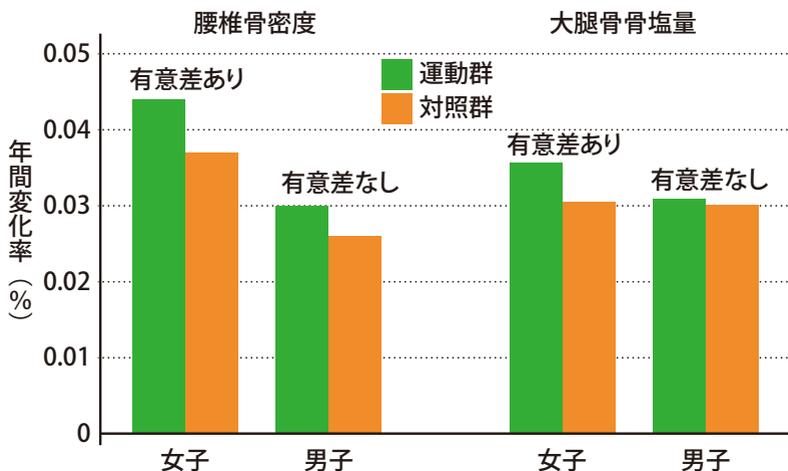


図7 6～9歳の子供を対象としたDetterらの臨床研究

小学校低学年からの長期(6年間)にわたる運動指導(200分/週の球技・ランニング・ジャンプなどの楽しんで行える荷重運動)は、骨密度(骨塩量/骨面積)と骨塩量を増加させる。特に、女子において大腿骨頸部の骨塩量の増加が著明である(文献14より改変して引用)。

最適な時期であり(骨を強くする臨界期)、初経後の運動による骨塩量の増加効果は比較的小さい。

最新の研究でも、運動により全身、腰椎、大腿骨頸部の骨塩量を増加させるには、思春期前が最も効果的であることが明らかにされている¹³⁾。スウェーデンでの6～9歳の子供を対象としたDetterらの研究¹⁴⁾から、小学校低学年からの長期にわたる運動指導(球技・ランニング・ジャンプ、40分/日、5日/週、6年間)は、特に女子において大腿骨頸部の骨塩量を増加させることが明らかとなった(図7)。ま

た、運動指導5年の時点で、下肢の筋力増加効果も認められており¹⁵⁾、小学校低学年からの長期にわたる運動の効果が明確となった。

発育期の荷重負荷における留意点

本提言による運動指導は、あくまでも「運動やスポーツが嫌いな子供や運動やスポーツをしない子供」をターゲットとする健康スポーツ医学の立場に則っている。

競技スポーツなど「スポーツをしすぎる女子」の間では、逆に過度の減量や運動負荷による「女性アスリートの三主徴」（エネルギー不足・月経異常・低骨塩量）とそれに関連する疲労骨折という健全な骨の成育に反する医学的問題も生じている。運動負荷には適切な量と質と時期があることに留意すべきである。

また、成人になってからの「ジャンプ・着地動作」では骨密度増加の効果はみられるものの¹⁶⁾、子供の時と比較すれば少ない一方、逆に膝前十字靭帯損傷や足関節捻挫など下肢の関節損傷の危険性にも留意しなくてはならない。したがって女子では思春期前の活動時期を逃すべきでない。

4. 学校教育（体育および保健体育）を充実させる具体的方策

学校体育授業では、走る、跳ぶ、投げる、蹴るなどの多種類の運動をバランスよく組み合わせることが重要である。とりわけ骨塩量を増加させ、骨の健康を増進させるために、「ハイインパクト・エクササイズ（ジャンプや着地など骨にかかる力学的負荷の大きな荷重運動）」を科学的にプログラムし、実践することを提案する（表1）。世界保健機関は、5～17歳の子供・未成年者に対して、全身持久力、筋力、骨の健康、循環器機能や代謝の健康バイオマーカーの改善や不安症状やうつ症状の軽減のために、1日当たり60分の中～高強度の身体活動を毎日行うことや、有酸素性の身体活動を毎日行うことに加えて、骨や筋肉を強化するための高強度活動を週3日ほど組み入れることを提言している¹⁷⁾。

10歳までは、神経型の発達が著しいため、基本動作を習得することが望まれる。したがって、小学校1～3年生では、現行のように「体育の時間が楽しく」「身体を動かすことが好きになる」ような「楽しさ優先」の授業が求められる。この時期に体験したことが後の「生涯スポーツ」につながる動機づけの貴重な機会ととらえられるからである。そのなかでも科学的根拠に基づいた運動を実践できる素地を作るために基本動作や基礎体力を向上させることを目的とした授業（必ず跳ぶ動作をする運動を含める）が勧められる。10歳以降は、骨をさ

表1 ハイインパクト・エクササイズプログラム

報告者	運動の 時間・頻度	運動のプログラム
Fuchs ¹¹⁾	20分 / 日 , 3日 / 週	<p>0～1週： 床でのジャンプ運動</p> <p>1～5週： 台（60 cm高）からの両脚着地運動 50～80回（週につき10回ずつ増加）</p> <p>5週～： 台（60 cm高）からの両脚着地運動 100回</p>
Heinonen ¹²⁾	20分 / 日 , 2日 / 週	<p>0～1ヵ月： 床からの両脚ジャンプ 100回</p> <p>2～3ヵ月： 台（30 cm高）への両脚昇降運動 100回 まで徐々に回数を増加</p> <p>4～6ヵ月： 台（30 cm高）への両脚昇降運動 125回, 片脚昇降運動 25回</p> <p>7～9ヵ月： 台（30 cm高）への両脚昇降運動 150回, 片脚昇降運動 50回</p>

らに丈夫にするため、この時期の適切かつ適度な力学的負荷は骨の健康増進に必要である。したがって、小学校4年生～中学校1年生では、身体活動時間の増加を目的に体育授業の時限数を増やし、骨塩量増加のためのハイインパクト・エクササイズを追加することが重要である。また、科学的説明を加えることにより「運動が嫌い」な小・中学生を作らないようにし、周到的環境づくり（施設・教材・マンパワーなど）によって「運動・スポーツが好き」になるように配慮する。

世界保健機関の提言¹⁷⁾やFuchs（60 cmの台からの両脚着地¹¹⁾、Heinonen（30 cmの台への両脚・片脚ジャンプ・着地による昇降¹²⁾らのプログラムを参考にして、小学校4年生～中学校1年生の学校体育授業では、学年、基礎体力（運動能力）、安全性を考慮に入れてハイインパクト・エクササイズプログラム（20分/日、2～3日/週）を作成し、実践することを提案する。一方、若年成人女性を対象とした臨床研究¹⁶⁾では10回の最大ジャンプ運動で効果が得られたとの報告もあることから、ハイインパクト・エクササイズで骨を丈夫にするためには、少ない回数（10回程度）で十分である可能性がある。また、上肢の骨の健康の維持・増進のためには、クライミング、手押し相撲、跳び箱など、上肢への力学的負荷の運動を追加することも勧められる。ただし、運動介入を行うにあたって、安全性を担保するために、ウォーミングアップとクールダウンを十分に行う必要がある。高齢期において医療・介護費増大の大きな要因となっている骨粗鬆症を予防するためには、科学的根拠に基づいて小・中学校の体育のカリキュラムを作成する必要がある。

子供時代の運動やスポーツは生涯にわたる健康・医療戦略の入り口

と位置付けられる。子供が運動やスポーツを好きになるように、子供時代から運動やスポーツを楽しむ環境を作ることに加えて、子供時代の運動やスポーツの大切さ（理念教育）を小学生にも解説し、運動やスポーツの動機づけについて理解を得る教育も必要である。活動的に生活する基盤をこの時期に作ることは、骨粗鬆症の予防に寄与するだけでなく、国民の誰もが生涯にわたって運動やスポーツを楽しめる社会を実現することにもつながる。

日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 整形外科部会からの提言

提言 1.

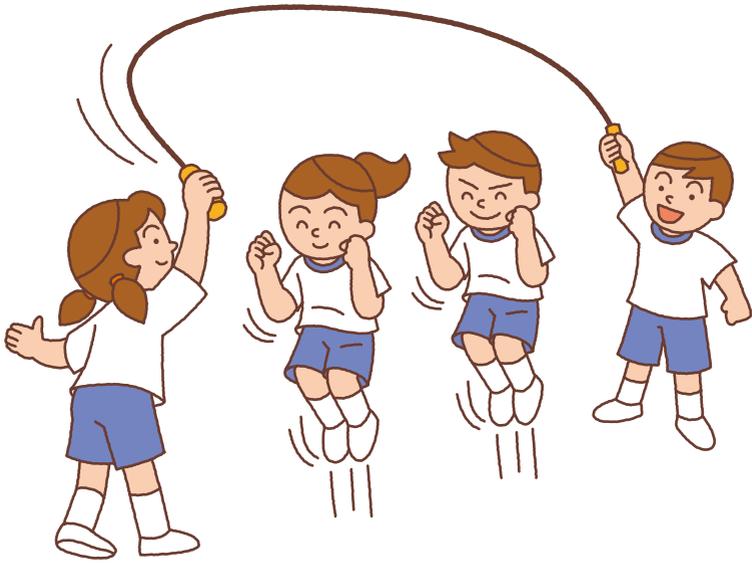
超高齢社会では、運動嫌いやスポーツ嫌いな子供を作らないために、運動やスポーツなど身体を動かすことが「楽しい」あるいは「楽しかった」と感じられる「子供目線」の体育指導が必要である。

提言 2.

小学校 1 ～ 3 年生では、基本動作や基礎体力を向上させることを目的とした授業（跳ぶ動作をする運動を含める）を行う。小学校 4 年生～中学校 1 年生では、身体活動時間の増加を目的に体育授業の時限数を増やし、指導内容の中に「ハイインパクト・エクササイズ」を追加する。

提言 3.

子供時代の運動やスポーツを生涯にわたる健康・医療戦略の入り口と位置付け、小・中学生に対する学校教育（体育および保健体育）では、その重要性を科学的根拠に基づいて指導する。



文 献

1. 中嶋寛之. スポーツの運動器健康に対する役割. 日整会誌 89: 1025-1036, 2015.
2. No author listed. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. NIH Consensus Statement 17: 1-45, 2000.
3. 文部科学省ホームページ. 平成 27 年度全国体力・運動能力, 運動習慣等調査報告書. 第 1 章 調査の概要.
http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/kodomo/zencyo/__icsFiles/afieldfile/2015/12/18/1365106_1.pdf
4. 文部科学省ホームページ. 小学校学習指導要領解説 体育編 平成20年6月.
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2011/01/19/1234931_010.pdf
5. Baxter-Jones AD, et al. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. J Bone Miner Res 26: 1729-1739, 2011.
6. Frost HM. From Wolff's law to the Utah paradigm: insights about bone physiology and its clinical applications. Anat Rec 262: 398-419, 2001.
7. Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. Sports Medicine 16: 316-330, 1993.
8. MacKelvie KJ, et al. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. Br J Sports Med 36: 250-257, 2002.

9. Daly RM. The effect of exercise on bone mass and structural geometry during growth. *Med Sport Sci* 51: 33-49, 2007.
10. Specker B, et al. Calcium and exercise requirements for optimal development. 6th International Workshop for Musculoskeletal Interactions. Cologne, Germany, May 8, 2008.
11. Fuchs RK, et al. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 16: 148-156, 2001.
12. Heinonen A, et al. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 11: 1010-1017, 2000.
13. Specker B, et al. Does exercise influence pediatric bone? A systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 473: 3658-3672, 2015.
14. Detter F, et al. A 6-year exercise program improves skeletal traits without affecting fracture risk: a prospective controlled study in 2621 children. *J Bone Miner Res* 29: 1325-1336, 2014.
15. Fritz J, et al. A 5-year exercise program in children improves muscle strength without affecting fracture risk. *Eur J Appl Physiol* 2016 (Online publication).
16. Kato T, et al. Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *J Appl Physiol* (1985) 100: 839-843, 2006.
17. World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health.
http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/

アドバイザー

中嶋 寛之 日本臨床スポーツ医学会名誉会員・東京大学名誉教授

日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 整形外科部会

増島 篤 東芝病院スポーツ整形外科

鳥居 俊 早稲田大学スポーツ科学学術院

岩本 潤 慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター

今井 一博 東京大学大学院総合文化研究科生命環境科学系

子供の運動をスポーツ医学の立場から考える

～小・中学生の身体活動が運動器に与える効果～

平成28年4月30日

発行：日本臨床スポーツ医学会 学術委員会 整形外科部会

増島 篤，鳥居 俊，岩本 潤，今井 一博
