ストレッチングによる一過性の柔軟性向上 ～学年間比較による至適年齢の検討～

宿谷 あゆみ¹, 膳法 亜沙子^{2*}, 小粥 智浩², 大槻 毅²

Acute effects of static stretching on flexibility: A comparative study among students to identify the best timing to improve flexibility

Ayumi Shukuya¹, Asako Zempo-Miyaki^{2*}, Tomohiro Ogai² and Takeshi Otsuki²

¹流通経済大学スポーツ健康科学研究科, 〒301-8555 茨城県龍ケ崎市120 (Ryutsu Keizai University, Graduate School of Health & Sport Sciences, 120 Ryugasaki, Ibaraki 301-8555, Japan)

²流通経済大学スポーツ健康科学部, 〒301-8555 茨城県龍ケ崎市120 (Ryutsu Keizai University, Faculty of Health & Sport Sciences, 120 Ryugasaki, Ibaraki 301-8555, Japan)

Received: March 23, 2021 / Accepted: July 14, 2021

Abstract Flexibility is an important factor of physical fitness to prevent sports injuries. However, the best timing to improve flexibility during the growth and development period in children has been unclear. To compare the acute effects of static stretching on flexibility between school-grade children in the growth and development period, we measured the hip joint flexion range of motion (RoM) by using straight leg raising (SLR) before and after static stretching (6 exercises, 15 seconds, 2 sets) in 50 young male children aged 7 to 13 years (the second grade of elementary school to the first grade of junior high school). The RoM in SLR significantly increased after stretching versus that before stretching in all subjects. This positive improvement of RoM was statistically significant among all grade levels. Notably, the change rate in RoM after stretching was significantly greater in the fourth grade of elementary school than in the other grades. The rate of height increase during the past year was lower in students from the fourth grade than in students from the second grade of elementary and the first grade of junior high school. These results suggest that flexibility training is more effective during the slow-down period of growth and development in young male children.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 70(5): 307-314 (2021)

Keywords : flexibility, growth and development, static stretching, RoM

緒 言

小中学生約5万4千人における運動器健診の結果をまとめた近年の報告は、脊柱・下肢変形等の推定被患率は10%弱、機能不全者（しゃがみ込み動作の不能）の割合は約7%であったとしている¹⁾。帖佐¹⁾は、前者は運動多過に、後者は運動不足に由来すると指摘し、運動習慣の二極化によりロコモティブ・シンドロームが増加することを懸念している。この懸念を解消するうえでは柔軟性の改善が不可欠だと考えられる。例えば、ジュニア時代から運動多過が継続するとスポーツ障害のリスクが高まるが、過去1年以内に肩痛で全力投球できない時期がなかった大学女子ソフトボール選手では、そのような時期があった選手よりも肩関節の可動域（range of motion: RoM）が大きかったと報告されている²⁾。また、運

動不足は動作不能のリスクを高めるが³⁾、踵接地でしゃがむことのできる子どもはできない子どもより長座体前屈の成績に優れることも報告されている³⁾。さらに、運動習慣の二極化に伴うスポーツ障害および動作不能のリスク管理に止まらず、新体操およびフィギュアスケート等の審美系スポーツをはじめとするアスリートのパフォーマンスを高めるうえでも柔軟性は重要な因子である⁴⁾。これらのことから、あらゆる児童・生徒の柔軟性を向上させる積極的な取り組みが、学校現場および地域総合型スポーツクラブ等には必要だと考えられる。

ストレッチングは柔軟性を高めるトレーニング手段である。特に静的ストレッチングは動的ストレッチングよりもRoMの改善効果が大きいとされており⁵⁾、成人におけるメタ解析でもその効果が検証されている⁶⁾。未成年におけるストレッチングの効果も、小学校の授業⁷⁾および思春期前の体操選手⁸⁾における介入研究で明らかにされている。ただし、柔軟性トレーニングの至適年齢につ

*Correspondence: zempo@rku.ac.jp

いては十分に研究が行われているとは言えない。例えば、トレーニング開始の至適年齢を論じた大澤の総説⁹⁾は、文部科学省による体力テストのデータを基に柔軟性の発達が最大になる年齢を示すに止まっている。7～11歳の間に柔軟性を向上させることが効果的だと主張するオルター¹⁰⁾も、その根拠は年齢と柔軟性との関係を検討した横断的研究¹¹⁾である。我々の知る範囲では、実際に様々な年齢の子どもに柔軟性を高めるトレーニングを行わせた研究として、斎藤ら¹²⁾の研究がある。そこでは、体操教室(週2回、2カ月間)による柔軟性の改善度合いが年齢(4～10歳)により異なる可能性が示されたが、年齢によって男女比が異なるなど、更なる検討が必要である。もし、柔軟性トレーニングの至適年齢が明らかになり、その年齢で集中的にストレッチングに取り組んで柔軟性を高めることができれば、当該年齢はもとより成人後も含めた長期的な障害予防および競技パフォーマンスの向上等に資するかもしれない。

学童期から思春期にかけては、筋肉よりも骨の伸長が速いために柔軟性が低下すると考えられている¹⁰⁾。また、小学6年生男子の股関節RoMと体重およびbody mass index (BMI)との間に負の相関関係が認められたことから¹³⁾、筋量の増大が柔軟性を低下させる可能性も指摘されている。これらの研究からは、成長が著しい時期は柔軟性が低下するだけでなく柔軟性のトレーニング効果も低い可能性が考えられる。そこで本研究では、思春期の急成長期(adolescent growth spurt: AGS)ではストレッチングの効果は小さく、その逆に、AGSを控えた身体の成長が一時的に停滞する時期ではストレッチングの効果が大きいという仮説を設定した。この仮説を検証するために、本研究では、ストレッチングによる股関節屈曲RoMの一過性の改善効果を学童期の学年間で比較することとした。先行研究¹⁴⁻²²⁾からは、男子では中学1年がAGSに、小学4年が成長停滞期に、小学2年生が成長停滞期を控え成長速度が上昇する時期(mid-growth spurt: MGS)に概ね該当すると考えられる。そこで、本研究の対象者は小学2年生～中学1年生男子とし、ストレッチングの前後で下肢伸展挙上(straight leg raising: SLR)により股関節屈曲RoMを評価して、その効果を学年間で比較した。学校体育の授業等、体育・スポーツは学年単位で実施されることが多い。至適年齢に該当する学年では準備・整理運動でストレッチングにより多くの時間をかけるなど、得られた知見を現場で活用しやすいように、本研究では対象者を年齢ではなく学年で群分けした。また、男女で身長²²⁾、各体力要素の発達パターン⁹⁾、下肢の柔軟性¹³⁾が異なるうえに、女子の柔軟性は月経周期の影響を受ける可能性がある²³⁾。そこで、本研究では男子を対象にした。

方 法

対象者 本研究の対象者は、小学校2年生から中学校1年生の男子60名である。ただし、データ欠損がある者を除外し、50名を分析対象にした。

本研究はヘルシンキ宣言に従い、流通経済大学スポーツ健康科学研究科修士論文研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(平成27年第1号)。実験を開始する前に、対象者の保護責任者に書面および口頭で実験内容等を説明し、書面による同意を得た上で、対象者に研究の目的と実験内容について口頭で説明し、実験参加に対する同意を得た。

SLR SLRによる股関節屈曲RoM測定は、ストレッチングの前後において、我々の先行研究²⁴⁾に従って実施した。対象者は、0～180°まで5°刻みの分度器を模した半円の円心の前に大転子が位置するように仰臥位になり、右脚のSLRによるRoMの測定を行った。RoMは3秒間静止できる最大角度とし、5°刻みで値を読みとった。対象者には、膝を曲げずに、股関節の最大屈曲位を3秒以上保持するように指示した。その際には、軸脚(左脚)の代償動作(膝関節の屈曲、臀部が浮くなど)が生じないように、また、息こらえをしないように注意した。測定は補助者と検者の2人1組で行い、補助者は代償動作が起こらないよう対象者を補助した。検者は膝の完全伸展位を保てる範囲で対象者の踵が越えた角度を読み取った。検者は全ての測定で著者SAが務め、ストレッチング前後で補助者を替えずにRoMを測定している。RoM測定は2回ずつ行い、最高値を分析に用いた。連続した2日間の同時刻にRoMを測定した際の検者内変動係数は $3.7 \pm 3.0\%$ であった²⁴⁾。なお、測定およびストレッチングは体育の授業がない日の昼休みに、準備運動(屈伸、伸脚、アキレス腱伸ばし、前屈、後屈、手首および足首回し;各10秒間)を行ったうえで実施した。

ストレッチング 先行研究²⁵⁾を参考に、能動的な下半身の静的ストレッチングを6種目、15秒間、2セット実施した。ストレッチングは著者SAが見本を示し、複数の研究補助者が個別に指導や補助にあたる体制で実施した。本研究におけるストレッチングの構成は、股関節屈曲・内旋による臀筋のストレッチング1種目(Fig. 1A)、股関節屈曲によるハムストリングスのストレッチング3種目(Fig. 1B-D)、足関節背屈による下腿三頭筋のストレッチング1種目(Fig. 1E)、股関節伸展による腸腰筋のストレッチング1種目(Fig. 1F)とした。ストレッチングは息を止めたり反動をつけたりしないで行うように、また、種目ごとにストレッチされる部位を意識して行うように指示した。

Fig. 1 Examples for static stretching.

身長, 体重, ローレル指数 対象者が所属する学校から, 学校長の了解を得て, 定期形態測定における身長および体重のデータ提供を受けた。データ提供の対象は, 実験実施時の直近および1年前の定期形態測定である。ローレル指数はこれらの値を用いて算定した。

統計分析 全対象者におけるストレッチング前後の股関節屈曲RoMの比較は対応のある t 検定によって行った。学年により群分けした検討では, 繰り返しのある二元配置分散分析により主効果および交互作用 (RoMでは学年 $\times$ ストレッチング前・後, 身長・体重・ローレル指数では学年 $\times$ 測定時・1年前) の有無を確認した。事後検定にはボンフェローニ法を用いた。また, 効果量 (Cohen's d) を算定し, ストレッチングの前と後, 実験時とその1年前との比較を行った。先行研究²⁶⁾に従い, 効果量 >0.2 は効果小, >0.5 は効果中, >0.8 は効果大と解釈した。さらに, ストレッチングによるRoMの変化率, 過去1年間における身長, 体重, ローレル指数の変化率の学年間比較を,

一元配置分散分析およびダネット法により行った。

統計分析にはSPSS ver. 17を用いた。有意水準は $P < 0.05$ に設定し, $0.05 \leq P < 0.1$ を有意に近い水準とした。

結 果

小学2年生から中学1年生までの全対象者50名において, 股関節屈曲RoMはストレッチングの実施前に比べて実施後に向上した ($64 \pm 6^\circ$ vs. $73 \pm 8^\circ$; $P < 0.01$, Cohen's $d = 1.1$)。学年で群分けした検討では, 二元配置の分散分析において, ストレッチング ($P < 0.001$) および学年 ($P = 0.006$) の主効果は有意であり, これらの交互作用 ($P = 0.09$) は有意に近い水準であった。事後検定および効果量による検定では, ストレッチングによるRoMの改善は全学年で有意 ($P < 0.05$) かつ効果量は中等度以上 (Cohen's $d > 0.5$) であった。ただし, 効果量は小学4年生 (3.13) が他学年 (0.66~1.49) に比べて突出して大きかった (Table 1)。また, ストレッチングによるRoMの変化率は, 小学4年生 ($26.0 \pm 11.6\%$) で他の

全学年 ($6.2 \pm 5.5 \sim 15.8 \pm 9.6\%$) よりも有意に大きかった (Fig. 2).

身長および体重に, 学年および実験実施時・1年前の主効果が認められ (全て $P < 0.001$, Table 2), 全学年で1年前に比べて実験実施時に高値を示した. これらに有意の交互作用は認められなかったが ($P = 0.96$, $P = 0.64$), 過去1年間における身長の変化率は, 小学4年生では小学2年生および中学1年生に比べて, 小学5年生で

は中学1年生に比べて有意に小さかった (Fig. 3A). 体重の変化率は, 中学1年生が他の学年よりも有意に大きかった (Fig. 3B). 成長期の体格指数であるローレル指数においては, 学年の主効果が有意であったものの ($P = 0.03$), 実験実施時・1年前の主効果 ($P = 0.38$) と交互作用 ($P = 0.97$) は有意水準に到達しなかった. ローレル指数の変化率は, 小学2年生と中学1年生との間に有意差が認められた (Fig. 3C).

Table 1. Straight leg raising (SLR) of hip joint flexion range of motion (RoM) before and after static stretching in each grade.

School	Grade (n)	PRE, °	POST, °	PRE vs. POST	
				P value	Cohen's d
Elementary	2 nd (10)	62.0 ± 5.4	67.5 ± 7.5	< 0.01	<u>0.84</u>
	3 rd (9)	67.8 ± 6.2	77.8 ± 9.7	< 0.01	<u>1.23</u>
	4 th (10)	62.0 ± 2.6	78.0 ± 6.7	< 0.01	<u>3.13</u>
	5 th (10)	63.5 ± 10.3	69.5 ± 7.6	< 0.01	0.66
	6 th (6)	66.7 ± 2.6	70.8 ± 4.9	< 0.05	0.69
Junior High	1 st (5)	69.0 ± 2.2	74.0 ± 4.2	< 0.05	<u>1.49</u>

Data are expressed as means ± SD. Bold letters, statistically significant or medium effect size (ES) and italic and underlined letters, large ES.

Fig. 2 Change rate of hip joint flexion range of motion (RoM) from before to after static stretching in each grade. † $P < 0.05$ and †† $P < 0.01$ vs the fourth grade of elementary school. Data are expressed as means ± SD.

Table 2. Past and present height, body mass, and Rohrer index in each grade.

School	Grade (n)	Height, cm		Body mass, kg		Rohrer index, kg/cm ³	
		1 year ago	Present	1 year ago	Present	1 year ago	Present
Elementary	2 nd (10)	118±4	124±4 ^{****}	23 ± 2	25±3 ^{****}	137±12	131±14 ^{***}
	3 rd (9)	122±8	128±8 ^{***}	22 ± 3	25±4 ^{***}	123±13	119±11 ^{***}
	4 th (10)	127±5	132±6 ^{****}	26 ± 3	28±4 ^{***}	124±7	122±11 [†]
	5 th (10)	133±5	139±6 ^{****}	31 ± 7	34±7 ^{**}	129±20	124±17 [†]
	6 th (6)	137±5	143±6 ^{****}	31 ± 4	36±3 ^{****}	124±16	123±15
Junior high	1 st (5)	150±5	159±6 ^{****}	41 ± 8	49±7 ^{****}	120±18	122±14

Data are expressed as means±SD. * $P<0.05$ and ** $P<0.01$ vs. 1 year ago and [†]small, ^{††}medium, and ^{†††}large effect sizes. Data are expressed as means±SD.

考 察

対象者全体および学年毎の検討において、ストレッチングによる股関節屈曲 RoM の増大は有意かつ効果量が中等度以上であった。これらの結果から、小学 2～中学 1 年生においてはストレッチングにより股関節 RoM は一過性に改善すると考えられた (Table 1)。しかしながら、その効果には学年間の差異があり、小学 4 年生ではその他の学年に比べてストレッチングによる RoM の変化率が大きかった (Fig. 1)。また、小学 4 年生は過去 1 年間における身長が増大が一部の学年に比べて低値であった (Fig. 2)。従って、身長増進の停滞期にあったことが、本研究の小学 4 年生でストレッチングによる股関節屈曲 RoM 増大が他の学年よりも大きい理由であった可能性が考えられる。

本研究では小学 2～中学 1 年生の男子を対象者とした。ヒトは思春期頃に AGS を迎えること、5～7 歳頃に MGS を経験することが多くの調査により確認されている^{15-20,22)}。9～15 歳の日本人男性 149 名を対象にした調査では、13 歳前後に AGS を迎え、その 1～2 年前に成長速度が一時的に低下するとされている¹⁴⁾。また、藤井ら^{21,22)}の報告でも、日本人男子の AGS は 12～13 歳であるとされている。一方、日本人男子の MGS は 6～7 歳ごろ²²⁾または 5 歳から AGS の 2～4 年前までに複数回出現する²¹⁾とされている。本研究において、小学 4 年生 (9～10 歳) で同 2 年生 (7～8 歳) および中学 1 年生 (12～13 歳) に比べて過去 1 年間の身長の伸びが小さかつ

たことは、これらの先行研究と矛盾していない。従って、本研究の対象は MGS から AGS までの年齢を概ね網羅していると考えられる。ストレッチングの効果が小学 4 年生で最も高いという本研究の結果は、ストレッチングによる柔軟性の改善は成長停滞期で高く、AGS や MGS では低いという本研究の仮説を支持するものである。

中学校サッカー部員における研究²⁷⁾では、最高身長成長速度 (peak height velocity: PHV) が出現する前の者に比べて出現後の者では SLR による RoM 等の成績が低値であった。サッカーの練習では準備運動として静的または動的なストレッチングを実施することが一般的である。推論ではあるが、先行研究²⁷⁾の結果は、PHV の出現によりストレッチングの効果が低減することを示唆するのかもしれない。しかし、発育段階とストレッチング効果との関連性を実際に検討した研究は少ない。体操教室の生徒と公立小学校の生徒 (対照群) を比較した津山らの横断的研究²⁸⁾では、体操教室群における長座体前屈の成績は 9, 11, 12 歳では優れていたが、8 および 10 歳では対照群と同等であった。ただし、学年により体操の継続期間が異なる上に対照群の運動習慣は不明であり、群間差の有無をトレーニング効果の差異と解釈するのは性急である。著者らの知る限り、柔軟性に及ぼすトレーニング効果と年齢との関係を検討した唯一の先行研究に斎藤らの報告¹²⁾がある。この研究では、体操教室 (週 2 回、2 カ月間) の前後に立位体前屈および体後屈を行ったところ、前者は 4, 5, 7, 9, 10 歳児で、後者は 4 歳児だけで測定値の有意な増大が認められたことから、4

Fig. 3 Change rate of height (A), body mass (B), and Rohrer index (C) during the past year in each grade. ** $P < 0.01$ vs. the first grade of junior high school and † $P < 0.05$ vs. the second grade of elementary school. JH, junior high school. Data are expressed as means $\pm$ SD.

歳児で柔軟性のトレーニング効果が高いと指摘されている。しかし、群により男女比が異なる (0:5~6:1)、AGSに該当する対象者が含まれていない、体後屈改善の余地は4歳児が突出して大きい等 (教室参加前の平均値は4歳児 [15 cm] より5~10歳児 [2~7 cm] で満点 [0 cm] に近かった)、結論を得るには必ずしも十分ではない。そこで本研究では、AGSに該当する中学1年生を対象に含み、小中学生においては学年間の差異がない

SLR²⁴⁾を用いて、男子を対象にストレッチングの効果を検証した。その結果、身長増進の停滞期にある小学4年生の男子は、小学2~3年生および小学5年生~中学1年生に比べてストレッチングによる柔軟性の改善が大きいことが示唆された。

小学2年生は過去1年間における身長の伸長率が小学4年生より大きかった。一方で、小学2年生の体重増加率は中学1年生を除く他学年と同等であった (Fig. 3)。

その結果、小学2年生ではローレル指数の減少傾向が顕著で、同指数が上昇傾向にあった中学1年生との間に有意差が認められた。ストレッチングによる股関節屈曲RoM増大が小学4年生より小さかったことに対する身長との関与は、小学2年生で他学年より大きかった可能性は考えられる。一方で、中学1年生は小学4年生より伸長率が大きかっただけでなく、他の全学年より体重の増加率が大きかった (Fig. 3)。小学6年生男子の股関節屈曲RoMおよび足関節背屈RoMと体重およびBMIとの間に負の相関関係を認めた中山ら¹³⁾は、男子の二次性徴にともなう骨格筋量の増大は柔軟性の制限因子になると推測している。本研究においても、中学1年生の股関節屈曲RoM増大が小学4年生より小さかったことに骨格筋量が関与した可能性はある。ストレッチングの効果が小学4年生より小さかったことは、MGSに該当する小学2年生では主に身長に、AGSに該当する中学1年生では身長に加えて骨格筋量に由来する等のように、学年によって理由が異なるのかもしれない。

本研究で示唆されたストレッチング効果の学年差は、学校体育や各種のスポーツ活動において、各学年で取り組む準備・整理運動および柔軟性トレーニングの内容、量、頻度等を検討するうえで重要な基礎資料に成り得る。一方、本研究には限界もある。まず、本研究の対象者は男子のみであり、得られた知見を女子に適用することはできない。この知見を学校現場および地域総合型スポーツクラブ等で広く活用するためには、今後、女子を対象にした検討が必要である。また、本研究で検討したのは一過性のストレッチング効果である。今後、定期的かつ継続的なストレッチングの効果を学年間で比較したり、トレーニングの至適年齢で柔軟性を高めることが青年期や成人後の障害発生率に及ぼす影響を検討したりすることも必要である。

結 語

小学2～中学1年生の男子にストレッチングを実施させ、その前後でSLRにより股関節屈曲RoMを評価したところ、全学年でSLRによるRoMは向上し、特に小学4年生でその向上が大きかった。過去1年間の身長増大は小学4年生で他の学年に比べて小さかった。身長増大が停滞する学年で、ストレッチングによる一過性の柔軟性増大が大きくなるのかもしれない。

利益相反自己申告

本研究に利益相反として申告すべき内容は含まない。

著者貢献

著者SAと著者OG-Tは、研究デザインとプロトコルを考案し、データ収集および一過性運動のストレッチング指導

を行った。著者SAと著者Z-MAは、データの分析、解釈、本論文執筆を担当した。著者OT-Tは、研究デザインとプロトコル考案時にアドバイザーとなり、また、本論文の推敲を担当した。著者全員が本論文の投稿を承認した。

引用文献、参考図書

- 1) 帖佐悦男：学童期運動器検診とその動向, *Jpn J Rehabil Med* 55: 9-13, 2018.
- 2) 栗原 靖, 烏野 大, 松田雅弘, 大杉紘徳, 森下勝行, 横井悠加, 河辺信秀, 桑江 豊, 藤川提恭：大学女子ソフトボール選手の関節可動域と肩痛との関連性, *日臨スポーツ医学会誌*, 27: 425-430, 2019.
- 3) 滝澤恵美, 小林育斗, 川村紗世, 岩井浩一：児童におけるしゃがみ動作の不可および関節間協調性に関連する要因, *理学療法学*, 46: 225-232, 2019.
- 4) 丹羽涼子, 小西裕之, 清水紀人, 大島義晴, 畑山祐子：脚開角度と柔軟性との関係について；片足踏み切り前後開脚ジャンプの場合, *仙台大学紀要*, 36: 32-39, 2005.
- 5) Morrin N, Redding E. Acute effects of warm-up stretch protocols on balance, vertical jump height, and range of motion in dancers. *J Dance Med Sci* 17: 34-40, 2013.
- 6) Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract* 32: 438-445, 2016.
- 7) Santonja Medina FM, Sainz De Baranda Andújar P, Rodríguez García PL, López Miñarro PA, Canteras Jordana M. Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *J Sports Med Phys Fitness* 47: 304-308, 2007.
- 8) Donti I, Papia K, Toubekis A, Donti A, Sands WA, Bogdanis GC. Flexibility training in preadolescent female athletes: Acute and long-term effects of intermittent and continuous static stretching. *J Sports Sci* 36: 1453-1460, 2018.
- 9) 大澤清二：体力トレーニング開始の最適年齢を求めて, *体育の科学*, 63: 181-186, 2013.
- 10) マイケルJ. オルター (山本利春監訳), 子供と柔軟性の発達, *柔軟性の科学*, 大修館書店, 東京, 28-29, 173-176, 2010.
- 11) Sermeev BV. Development of mobility in the hip joint in sportsmen. *Yessis Rev* 2: 16-17, 1966.
- 12) 斎藤 卓, 松元正竹, 井上尚武, 児玉光雄, 北川淳一, 萩 裕美子, 金高宏文, 北村尚浩, 永嶺康雄：幼児・児童を対象とした体操教室における運動能力・柔軟性のトレーニング効果：NIFSスポーツクラブ「楽しい体操教室」の実践を通して, *鹿屋体育大学学術研究紀要*, 35: 61-66, 2007.
- 13) 中山 朗, 長住達樹：成長期児童の下肢柔軟性と体格との関係, *理学療法科学*, 26: 19-22, 2011.
- 14) 福永裕子, 西園秀嗣：成長期の縦断的身長成長速度からみた下肢スポーツ障害の発症要因に関する研究, *体力科学*, 59: 521-528, 2010.
- 15) Count EW. Growth patterns of the human physique an approach to kinetic anthropometry. *Hum Biol* 15: 1-32,

- 1943.
- 16) Tanner JM. The morphological level of personality. *Proc R Soc Med* 40: 301-303, 1947.
- 17) Molinari L, Largo RH, Prader A. Analysis of the growth spurt at age seven (mid-growth spurt). *Helv Paediatr Acta* 35: 325-334, 1980.
- 18) Gasser T, Muller HG, Kohler W, Prader A, Largo R, Molinari L. An analysis of the midgrowth and adolescent spurts of height on acceleration. *Ann Hum Biol* 12: 129-148, 1985.
- 19) Matsuura Y, Kim M. Analysis of physical growth by fitting the polynomial to the longitudinal growth distance data of individual age 6 to 17. *Research Monograph issued by Growth and Development Research Institute of Health and Sports Sciences*, University of Tsukuba, 1-153, 1991.
- 20) Matsuura Y, Kim M. Analysis of physical growth by fitting the polynomial to its growth distance data --Girl's stature and body weight--. *J Korean Public Health Assoc* 17: 130-148, 1991.
- 21) 藤井勝紀：身体発育現象としてのmid-growth spurtの検証, *体育学研究*, 47: 347-359, 2002.
- 22) 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 酒井俊郎：幼児の体格・運動能力の発育・発達における年次変化に関する検証 -身体成熟度から見たアプローチ-, *体力科学*, 55: 489-502, 2006.
- 23) 中川 梓, 下永田修二：月経周期に伴う柔軟性の変化に関する研究, *千葉体育学研究*, 40: 29-30, 2018.
- 24) 宿谷あゆみ, 小粥智浩, 膳法亜沙子, 大槻 毅：小中学生の柔軟性は発育発達に伴い増大するか? *体育の科学*, 67: 133-138, 2017.
- 25) Roberts JM, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med* 33: 259-263, 1999.
- 26) Cohen J. A power primer. *Psychol Bull* 112: 155-159, 1992.
- 27) 中澤理恵, 坂本雅昭, 草間洋一：中学生サッカー選手における身長成長速度曲線と下肢筋柔軟性との関係, *理学療法科学*, 22: 119-123, 2007.
- 28) 津山 薫, 南 明恵美, 松阪裕実, 金 相勲, 清田 寛：定期的な体操が女子児童の筋力, 平衡感覚, 柔軟性に及ぼす影響, *日本体育大学紀要*, 38: 9-16, 2008.