

女性アスリートの身長増加量は 成長ピーク直前の年間体重増加量と相関する —日本人女性アスリートの高身長化に向けての 考察—

Height gain in female athletes correlates with annual weight gain
immediately prior to the pubertal growth peak: a study with the aim of
increasing the height of Japanese female athletes

松田貴雄*1, 佐藤弘樹*1, 鯉川なつえ*2,3
関口晃子*2, 馬見塚尚孝*1

キー・ワード : female athletes, height, growth peak
女性アスリート, 身長, 成長ピーク

〔要旨〕 アスリートの国際競技力向上に早期からスポーツを行うことは大事な要素である。女性アスリートの場合、成長スパート前からストレスのかかるスポーツを行うことは、成長ピークが見られないことで身長獲得に不利になると考えられてきた。

日本人高身長女性アスリートの成長調査から

1) 成長ピークの前後2年の身長増加は学童期からの身長の伸びの約50%を占めていた。

2) 成長ピークでは直前1年間の身長増加量が最大となるが、体重増加量も最大となり、ピークが一致していた。

3) 小学4年時から高校3年時までの身長増加量と直前1年間の体重増加量は相関があった。

日本人女性アスリートの高身長化のためには成長ピークを事前に予測することが重要で、直前の1年間に十分な体重獲得を行うことが重要と考えられた。

緒言

世界的に高身長プレーヤーの活躍が目立つ。以前は高身長の投手は大成しないと言われてきたが、プロ野球では190cmを超えた投手が多く活躍している。プロテニスプレーヤーも世界のトップ10はほとんどが190cmを超えている。バレーボールも今後日本が世界と戦うために高身長化が

必要と再考されるようになり、サッカーでも小柄なスペインから大きくても走れるドイツがワールドカップで優勝し、ネット競技以外でも大型化の傾向がある。こうした男子で顕著に見られる傾向はその後女子でもその傾向が出てくることはこれまでの世界のスポーツの趨勢からも明らかであり、女子競技において本邦でも国際競技力向上に向けてトッププレーヤーの高身長化の傾向は確実に見られる。世界的な大会で体重別のクラス分けはあっても身長別のクラス分けは存在しない。競技として体操やフィギュアスケートなど技術的難度などで採点される競技しか国際大会では勝てなくなってしまう。こうした流れの中で平均身長が

*1 国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター

*2 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科女性スポーツ研究センター

*3 順天堂大学スポーツ健康科学部陸上競技研究室

あまり高くない日本人の国際競争力は、身長が高い方が有利とされる競技では選手の帰化やハーファスリートなどに頼らざるを得ないことになる。

子どもから大人に成長する過程において、乳児期早期と同様に、急激に成長発育が進行する成長スパート期を迎える。この時期は、身体的な成長発達に関連した栄養所要量の急激な増大、栄養摂取量や栄養所要量に影響を与えるような生活様式や食習慣が変化することから、栄養学的に不安定な時期とされ¹⁾、スポーツ選手においても成長スパート期に急激な身体的成長に起因する身体バランスの変化などによるスポーツ外傷が増加する²⁾。その予防にも、年間の身長増加量が最大となる成長ピーク時期を正確に予測することは重要である。

わが国の男児において、成長ピークを迎える年齢は 13.05 ± 0.95 歳 (平均値 $\pm 1SD =$ 標準偏差 standard deviation)、女児では 11.06 ± 0.93 歳である³⁾。成長スパート開始年齢から成長ピークとなるまでの期間は男児で平均 2.67 年、女児で平均 2.06 年であり⁴⁾、成長ピークを迎えるとその後急速に増加量が減少し、身長速度が増大する期間は限られている。

成長スパート期における過度のトレーニングや食事制限などの不適切な食生活などが原因となって、本来であれば達成できたはずの最終身長に到達できないアスリートは少なからずいる。国内では技術的に高く優秀でも国際的には体格が十分でないため戦えないという理由で日本代表に選出されないことも少なからず生じている。成長スパート期を適切にマネジメントすることは、スポーツ外傷や障害を予防するとともに、本来、到達できるはずの身長まで成長させることが、国際競争力の観点からも極めて重要と考えられる。

成長スパート期の適切なマネジメントのためには、個人差が大きく、事前に予測しにくい成長ピークをより早くに検知しなくてはならない。しかし測定機器や時間的制約などの理由から、成長ピークを検知できる程度の測定間隔で身長測定を行うのは自宅やスポーツ指導現場では容易ではなく、身長測定より体重測定の方が容易である。成長ピークを検知するためには、身長や年間身長増加量以外で簡便に毎日でも測定できる体重を利用することが有益であると考えられ、検討を行った。

■ 研究方法

1. 対象

最終到達身長が高身長に達した大学生アスリートを対象とした。女子身長体重標準曲線の基礎データとなる 2000 年度学校保健統計調査(厚生労働省)⁵⁾に基づいて、現在の身長が 18 歳女性の平均身長 + 2SD の 169cm 以上で、思春期早発症を除く目的で初経年齢が 10 歳 6 ヶ月未満の者を除き、ほぼ身長が確定したと考えられる大学生女性アスリートの健常成人ボランティア 114 名を対象として研究を行った。対象者を身長 169cm 以上の高身長女性アスリートにしたのは、最終身長が高身長に至った女性アスリートの成長パターンや特徴を解析することで高身長が国際的に有利な競技における育成年代の指導に役立てることを研究の最終的な目的としているためである。

2. 調査方法

対象者の小学校 1 年時から高校 3 年時までの期間の学校健診で測定された身長体重記録を収集した。1 年間に伸びた身長の増加量 (cm/年) を計算し、最大となる時点を成長ピークとし、この年齢を 0 歳とするのが成育年齢で、成長時期を表す指標として用いた。思春期の身長の急激な増加は通常成長ピークの前後 2 年にほぼ生じる⁴⁾とされているため、前後あわせて 4 年間を成長スパート(期間)として比較した。成育年齢 0 歳として前後 3 年間の 1 年毎の年間の増加量を身長・体重それぞれ平均・標準偏差で表した。各対象者の成育年齢前後 6 年間の合計 7 測定時点 (3 年前, 2 年前, 1 年前, 成育年齢, 1 年後, 2 年後, 3 年後) で年間身長増加量および 1 年毎の年間体重増加量 (kg/年) を求めた。

3. 統計解析

対象者の身長、体重を平均値および標準偏差で示した。統計解析には SAS University Edition (SAS Institute Inc. USA) を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

小学校 4 年時から高校 3 年時にかけての身長増加量とそれぞれの時点での身長・体重・体格指数 (Body Mass Index : BMI) 及び年間最大身長増加量、それを認めた年齢、その 1 年前の身長・体重・BMI 及び 1 年間の体重増加量との関係を検討するため Pearson の相関係数を計算した。身長増加量の基準を小学校 4 年時としたのは、わが国の女

表 1 成長スパートとその前後の身長の伸びと全体に占める割合

成育年齢	スパート前	スパート期					スパート後
	(小1) ~ -3	-2	-1	0	+1	+2	+3 ~ (高3)
身長の伸び	17.5 ± 7.5 cm	23.1 ± 5.3 cm					4.6 ± 3.8 cm
中央値	17 cm	23.5 cm					3.3 cm
割合	38%	52%					10%

表 2 小学4年時から高校3年時にかけての身長増加量に対する相関係数

項目	n	平均 ± 1SD	小4から高3にかけての身長増加量に対する	
			相関係数	p 値
最終到達				
身長 [cm]	114	172.9 ± 3.1	0.181	0.054
体重 [kg]	114	63.5 ± 6.9	0.060	0.525
高校3年時				
身長 [cm]	114	172.5 ± 3.1	0.171	0.069
体重 [kg]	113	61.9 ± 5.7	-0.017	0.857
BMI [kg/cm ²]	113	20.8 ± 1.8	-0.091	0.340
小学4年時				
身長 [cm]	114	145.4 ± 6.6	-0.887	<0.001
体重 [kg]	114	36.6 ± 7.3	-0.699	<0.001
BMI [kg/cm ²]	114	17.20 ± 2.3	-0.416	<0.001
成長ピーク年齢 [歳]	114	11.8 ± 1.2	0.283	0.002
成長ピーク直前1年間				
身長増加量 [cm/年]	114	8.8 ± 2.1	0.287	0.002
体重増加量 [kg/年]	114	5.4 ± 2.7	0.222	0.018
成長ピーク1年前				
身長 [cm]	114	151.4 ± 7.3	-0.276	0.003
体重 [kg]	114	40.7 ± 7.5	-0.404	<0.001
BMI [kg/cm ²]	114	17.7 ± 2.3	-0.354	<0.001
小4から高3にかけての身長増加量 [cm]	114	27.1 ± 6.3		

児の平均成長ピーク年齢から標準偏差を2倍した値を引くと $11.06 - 2 \times 0.93 = 9.20$ 歳となり³⁾、それ以降の直近の測定時点が小学校4年時の学校健診になると考えられるためである。

4. 倫理的配慮

本研究の実施にあたり、国立病院機構西別府病院の倫理委員会の承認を得た。

結果

解析対象者114名の成長ピーク年齢は 11.8 ± 1.2 歳であった。小学校1年時から高校3年時の間に獲得された身長のうち、成長スパート期の4年間の身長の伸びが52%を占めていた(表1)。

次に小学校4年時から高校3年時までの期間の身長増加量は 27.1 ± 6.3 cm であった。この増加量

に対して回帰分析を行い、相関係数を求めた。相関が認められた項目は、小学校4年時の身長、体重、BMI、最大年間身長増加量とその年齢、成長ピーク年齢の1年前の身長、体重、BMI、成長ピーク直前の体重増加量であった(表2)。これらの項目のうち、経時的かつ高い頻度で測定可能な体重増加速度に注目し、成長ピーク年齢の前後3年間の年間身長増加量と年間体重増加量の推移を検討した結果を図1に示した。

年間身長成長量については、成育年齢マイナス1歳までは前年との有意差はみられなかったが、成育年齢0歳ではマイナス1歳と比較して有意に高い年間身長成長量を示した($p < 0.001$)、以降はそれぞれ前年と比べて有意に低い年間身長成長量であった(図1上)。

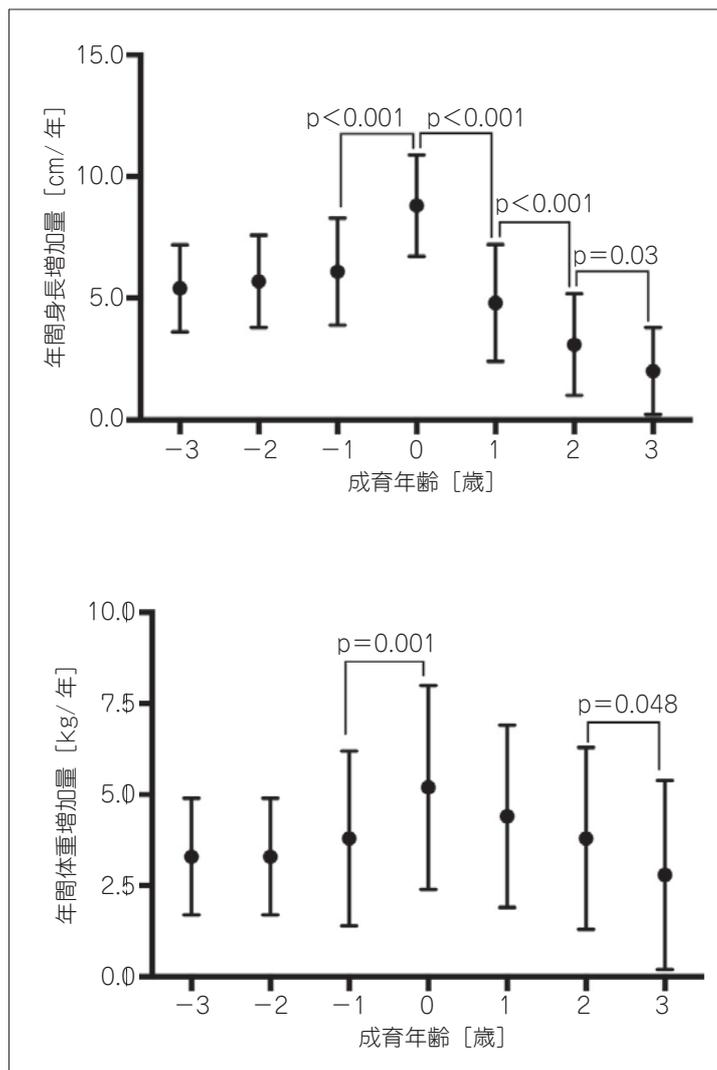


図1 年間身長増加量と年間体重増加量

年間体重増加量については、成育年齢マイナス1歳までは前年と有意差はなく、成育年齢0歳では1歳と比べて有意に高い年間体重増加量であった。成育年齢3歳の年間体重増加量は成育年齢2歳の年間体重増加量と比較して有意に低かった(図1下)。

年間成長量について代表例を示す(図2)。症例に示すように高身長に至った女性アスリートの場合、成長ピークの成育年齢0歳に体重増加のピークが見られ、ピーク時期がほぼ一致していた。

考 察

学童期以降に関しては成人までに伸びる身長のほぼ半分は成長スパート時に獲得され⁶⁾、今回の女性高身長アスリートの身長で平均+2SD以上は上位約2%に相当するが、この集団でも52%の身

長が成長ピークの前後4年間に獲得されていた。

成長ピークを挟んでの成長スパート期間の年間身長増加量は成育年齢マイナス1歳より1年毎に有意な変化を示した。年間体重増加量も成育年齢マイナス1歳からの増加は有意で、年間身長増加量のピークに一致した。これまで年間体重増加量のピークは一般女性の場合、身長ピークにやや遅れるとされてきた⁷⁾。海外では一方で、男子は身長増加ピークと体重増加ピークと時期が一致するが、女子の場合、6~9ヶ月体重増加ピークが身長ピークに先んじていた⁸⁾という報告もある。男子の場合、体重増加の約3分の2が筋肉の増加で身長ピークとほぼ一致し、女子の場合3分の2が体脂肪の増加とされ、これが男女差につながると考えられている⁹⁾。本邦の日常運動習慣のある女性アスリートの検討でも6ヶ月ほど遅れる¹⁰⁾とされてい

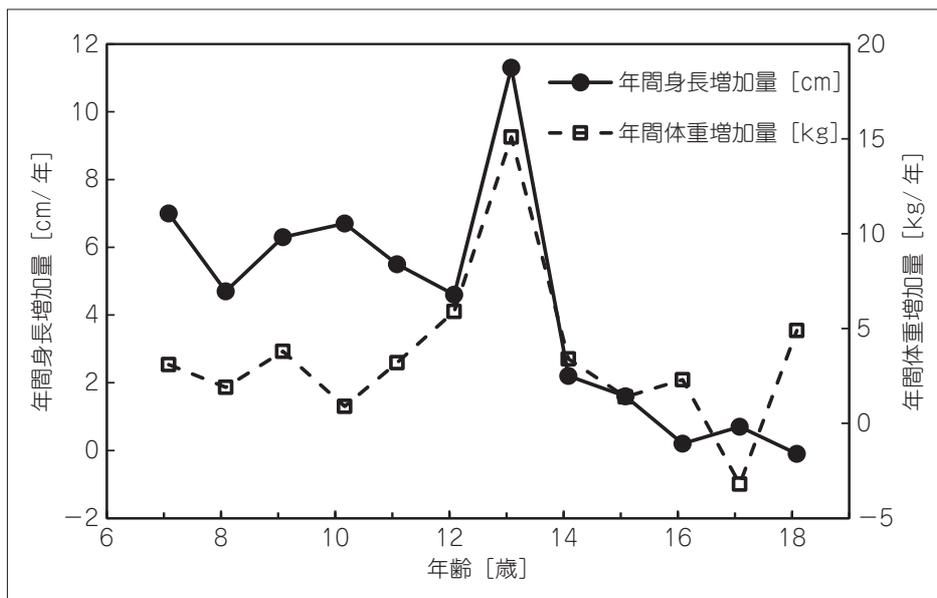


図2 年間増加量が一致する代表例

た。海外では年間増加量のピークに関しては、一般でも体脂肪量を除いた、骨格筋量に相関する除脂肪体重の増加で成長ピークを評価している¹¹⁾ことが多い。今回女性アスリートで身長・体重の増加ピークが一致したことはスポーツ選手の場合、成長スパート時の体重増加は女子においても男子と同じく、主に筋肉量の増加であることが推測された。体重の増加は筋肉量で身長の伸びに対して並行して増加しない場合、エネルギー状態が十分でないことが考えられ、こうした場合成長スパートが観察されないのではないかと考えられた。つまり身長が伸びるためにはエネルギー不足があっては背が伸びず、ピークが得られないことを表すと考えられた。

成長ピークになると年間身長増加量がそれ以前と比較して有意に大きくなるとともに、年間体重増加量も成育年齢マイナス1歳と比較して有意に大きくなること示された。成長ピーク直前1年間での体重増加量と小学校4年時から高校3年時までの身長増加量と相関があった。体重増加の有意な増大が成長ピークに関連するとともに、体重増加の大きさが身長増加量に関連すると考えられた。

体重は家庭で簡便に測定できるため、定期的な身長測定に加えて、より短い時間間隔での体重測定によって成長ピークを早期に検知できる可能性がある。例えば連続した3ヶ月間で、それ以前と比較して体重増加が顕著な増加を示した場合に、

それを検知できるアルゴリズムが開発できれば、それによって成長ピークの発来を知ることも可能になるかもしれない。今回示した結果では、成長ピーク以降の年間身長増加量は1年後、2年後、3年後いずれにおいても前年比で有意に低くなっており、成長量が多い期間は限られていることがわかる。成長ピークを早期に検知することは、この期間に適切な生活や運動トレーニングなどのマネジメントを行う上で非常に重要であることを裏付けている。

これまで経時的に変化する成長状況をリアルタイムに把握して事前に成長ピークを予測するものはない。体重変化の経時的変化をフォローすることは、成長スパートを事前に検出できる可能性があると言う点で、これまでとは視点が異なる優位性を持つと考えられる。

体重測定を毎日行うことは、選手が自分自身の成長状況を把握し、食生活や生活様式などに対する自己管理の意識を高めることにもつながると考えられる。体重の経時的な測定は、成長ピークの検知のみならず、測定を行うことによる自己管理意識の向上によって、より適切なトレーニングや生活様式を実施することにも寄与することが期待される。

女性アスリートにおいては体重の増加について筋肉量と体脂肪量を区別する必要があると考えられ、基礎代謝量と相関する除脂肪体重を用いて諸外国では評価している。これまで本邦では除脂肪

体重での後方視的な評価は少なく、今後、女性アスリートでは除脂肪体重による評価が必要と考えられた。

結 語

本研究では約1年間隔で測定された結果から、女性アスリートの場合、年間身長増加量のピークと年間体重増加量のピークが一致し、成長スパート周辺での身長獲得割合は約半分を占め、高身長化に重要な時期と考えられた。高身長女性アスリートにおいて、成長ピークでは年間体重増加量が前年と比較して有意に大きいことが示された。また成長ピークにおける年間体重増加量が高いほど小学校4年時から高校3年時までの身長増加量が大きいことも示された。体重の経時的測定による体重増加量の変化をフォローすることによって事前に成長ピークを予測できる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究にご協力いただいた研究参加者の皆様、順天堂大学大学院女性スポーツ研究センター小笠原悦子先生、伊藤真紀先生に感謝申し上げます。

利益相反

本研究は、文部科学省・スポーツ庁の女性アスリート育成・支援プロジェクト「女性アスリートの戦略的強化に向けた調査研究」の援助で実施された。本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Spear, B.A. Adolescent growth and development. *Journal of American Dietetic Association*. 2002; 102: S23-S29.
- 2) 内山英司. 疲労骨折の疫学. *臨床スポーツ医学*. 2003; 20: 92-98.
- 3) 諏訪城三. 第1章成長障害とは. In: 岡田義昭(監). *成長異常疾患ガイドブック*. 第1版. 東京: 診断と治療社; 1-38, 1992.
- 4) 村田光範. 身長 of 成長速度曲線の意義と問題点. *産婦人科治療*. 1996; 72: 401-406.
- 5) 2000年度学校保健統計調査 (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001016211&cycode=0>).
- 6) 佐藤 亨. I小児の成長・思春期発達. In: 横谷 進(編). *成長障害のマネジメント*. 改定3版. 大阪: 医薬ジャーナル社; 8-17, 2013.
- 7) 緒方 勤, 松尾宣武, 玉井信哉, 小佐野満. 日本人の target height および target range について 第1編 target height および target range の設定. *日本小児科学会雑誌*. 1990; 94: 1535-1540.
- 8) Gong, EJ, Heald, FP. Diet, nutrition, and adolescence. In: Shils, ME, Young, VR, eds. *Modern nutrition in health and disease*. 7th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 273-279, 1988.
- 9) 徳丸 久, 清野佳紀. 思春期における身体的発達. *日本医師会雑誌*. 1996; 115: 1501-1505.
- 10) 藤井勝紀. 女子運動選手の初潮遅延に関する模索的アプローチ. *愛知工業大学研究報告*. 2000; 35A: 92-98.
- 11) Rauch, F, Bailey, DA, Baxter-Jones, A, Mirwald, R, Faulkner, R. The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. *Bone*. 2004; 34: 771-775.

(受付: 2017年6月20日, 受理: 2017年11月14日)

Height gain in female athletes correlates with annual weight gain immediately prior to the pubertal growth peak: a study with the aim of increasing the height of Japanese female athletes

Matsuda, T.^{*1}, Sato, H.^{*1}, Koikawa, N.^{*2,3}
Sekiguchi, A.^{*2}, Mamizuka, N.^{*1}

^{*1} Institute of Sports Medicine, Nishibeppu National Hospital, National Hospital Organization

^{*2} Japanese Center for Research on Women in Sport, Juntendo University

^{*3} School of Health and Sports Science, Juntendo University

Key words: female athletes, height, growth peak

[Abstract] Engaging in sports from an early age is an important factor that enhances an athlete's ability to compete internationally. For female athletes, participating in stressful sports before the pubertal growth spurt is considered to result in disadvantages in height gain, since the growth peak is suppressed.

Based on investigation of growth among tall Japanese female athletes, we found the following:

1) Height gain during the 2 years before and after the growth peak accounts for approximately 50% of the height gain after the start of elementary school.

2) Regarding the growth peak, height increases the most during the year immediately preceding the growth peak; weight gain is also the largest during this time, so that these peaks match.

3) Height gain from the fourth year of elementary school to the final year of senior high school correlated with weight gain during the year immediately preceding the growth peak.

For Japanese female athletes to maximize their final height, it is considered important to predict the growth peak in advance, and to ensure sufficient weight gain during the year immediately preceding the growth peak.