

恒常的にスポーツを行う 女子児童・生徒の除脂肪体重の 成長に伴う変化に関する調査

A study on changes in lean body mass with growth in girls
who regularly play sports

松田貴雄*1, 清永康平*1,2, 鯉川なつえ*3

キー・ワード：maximum annual growth rate, bone mass, female athlete
最大年間増加率, 骨量, 女性アスリート

【要旨】 目的：疲労骨折を繰り返す若年女性アスリートは初経の遅れや無月経が問題とされている。一方で骨強度の獲得には除脂肪体重の増加が先行するとされ、その増加が見られないことが問題と考えられている。本邦では成長期に除脂肪体重が測定されることがほとんどないため、成長に伴う変化を調べた。

方法：8歳から15歳までの恒常的にスポーツを行っている女子142名に毎日本体組成測定を行い、3年間の測定期間中に身長の間最大増加が認められ、その前後に測定の欠落期間のない19名につき除脂肪体重の増加率曲線を作製した。

結果：身長の間最大増加を示す時点を成育月齢0か月とすると、除脂肪体重は成育月齢2か月で年間増加量の平均が最大となり、3.8kg/年を示した。

結論：恒常的にスポーツを行う女子児童・生徒で十分な身長増加が認められた者では成育月齢マイナース2か月より6か月間、除脂肪体重の持続的増加が観察された。

はじめに

女性では初経前から激しい運動を行うことで初経遅延が生じ、女性ホルモンであるエストロゲン分泌が十分でないため、骨密度が増加せず、疲労骨折が生じやすくなるとされてきた¹⁾。一方で成長期の骨量の増加には骨格筋量と相関する除脂肪体重(lean body mass: 以下LBMと略す)の増加が関与するとして、LBMは成長期の骨強度増加の予測因子と考えられ²⁾、身長の増加率が最大になったのち、LBMの増加率が最大を示し、その後骨量増加が最大を示す^{3,4)}が、産婦人科医は児童、生徒を

診療する機会は少なく、かつ診療で体組成を測定する機会もないことから女性ホルモン以外の要因に目が向けられていなかった。児童・生徒の体格に関して体組成測定は行われていないため、成長期のLBMの変化について過去に遡っての調査は困難である。成長曲線の報告³⁾はあるが、成長率に関しては男子での調査がある⁵⁾が、女子のものはまだない。また半年毎、一年毎に測定されたデータから補完法によって最大増加率を示す年齢を計算することが多く、月齢毎の実測値から最大増加率を示す月齢が同定されたものはない。今回、LBMの成長に伴う変化についてスポーツを恒常的にやっている女子児童・生徒の3年間ほぼ毎日自己測定された体組成の結果を用いて月齢ごとの平均から年間増加量を計算して増加率曲線を作製することを試みた。

*1 国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター

*2 南整形外科クリニック

*3 順天堂大学健康スポーツ科学部

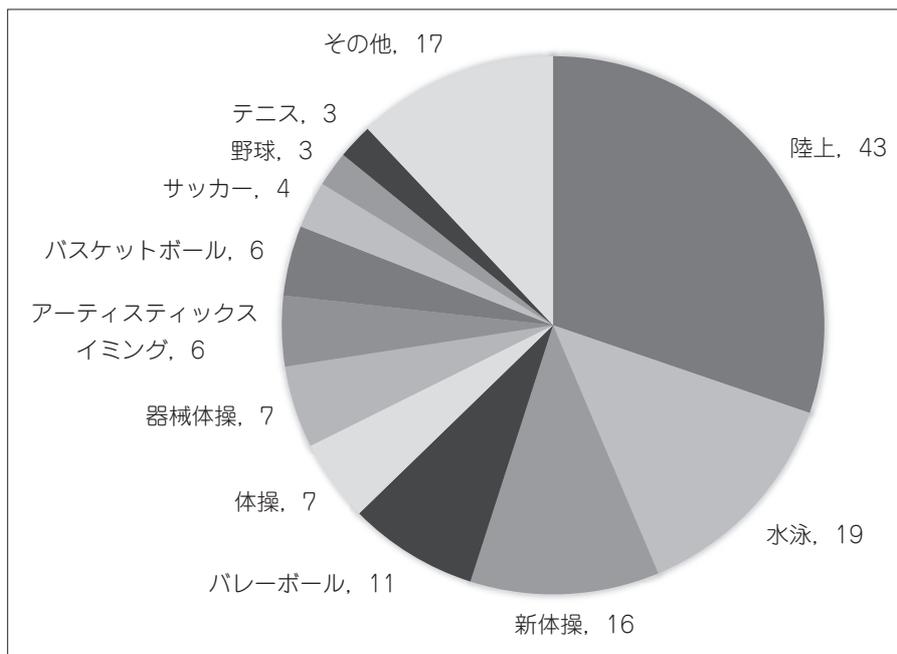


図1 対象者の競技種目

方法

1. 対象

調査対象者は全国から公募されたスポーツクラブもしくは運動部に所属して少なくとも週3回以上、学校の体育以外に運動を行う習慣を有する者とした。調査は2016年12月より開始し、調査開始時に8歳から15歳の142名で競技種目は図1に示す。調査開始時に初経が発来していたものは83名で未発来は59名であった。3年間継続して測定値が得られたのは51名であった。3年間の測定期間以前に年間最大成長率を迎えているものを除いて、3年間の間に身長の間最大成長率が認められてデータに欠損期間がない19名を抽出した。

2. 方法

体組成測定は体組成計 (TANITA インナーズキャンデュアル RD-902) にて体重、体脂肪率をほぼ毎日早朝起床時、排尿後に測定し、月誕生日を基準日として前後2週間、合計4週間の測定データから明らかに逸脱するデータを除いて平均を求め、月齢の記録とした。身長は家庭では壁に貼って測定する身長計を家族の協力のもと、もしくは保健室で養護教諭によって月誕生日に測定した。LBMはインピーダンスから計算された体水分量から計算され、0.73で割った数値で表される⁶⁾。使用した装置では体脂肪率より体脂肪量を算出し、

体重からそれを引いた値を用いた。

年間増加率は基準とする月の値と前年の同月の差を中間の6か月前の月齢の値とした⁷⁾。年間増加率が最大値を示し、その前後の月齢での増加率がそれ以下である月齢を最大年間増加率月齢とした。身長の年間最大増加率を示す月齢を成育月齢0か月とした。過剰なスポーツによる成長障害を来していないと判断する基準として身長の最大年間増加率がマイナス1標準偏差の7cm/年⁷⁾として、それ以上であったものとした。19名の成育月齢毎のLBMの成長率の平均と標準偏差を求めた。統計処理は統計ソフトSPSS version25 for Windowsを使用した。Shapiro-Wilkの正規性の検定を行い、正規分布の検定を行った。対象者の実年齢と測定算出された体組成の値につき、平均および標準偏差で示した。研究に関して順天堂大学スポーツ健康科学部および国立病院機構西別府病院の倫理委員会の承認を得て行われ、未成年が対象のため保護者の同意を合わせて得て行われた(順大ス倫第30-30号)(西別府病院承認番号28-02)。

結果

1. 実月齢毎の年間増加率

図2に142名の身長、体重、BMI、LBMの実月齢の値の変化を記録した。身長の最大年間増加率

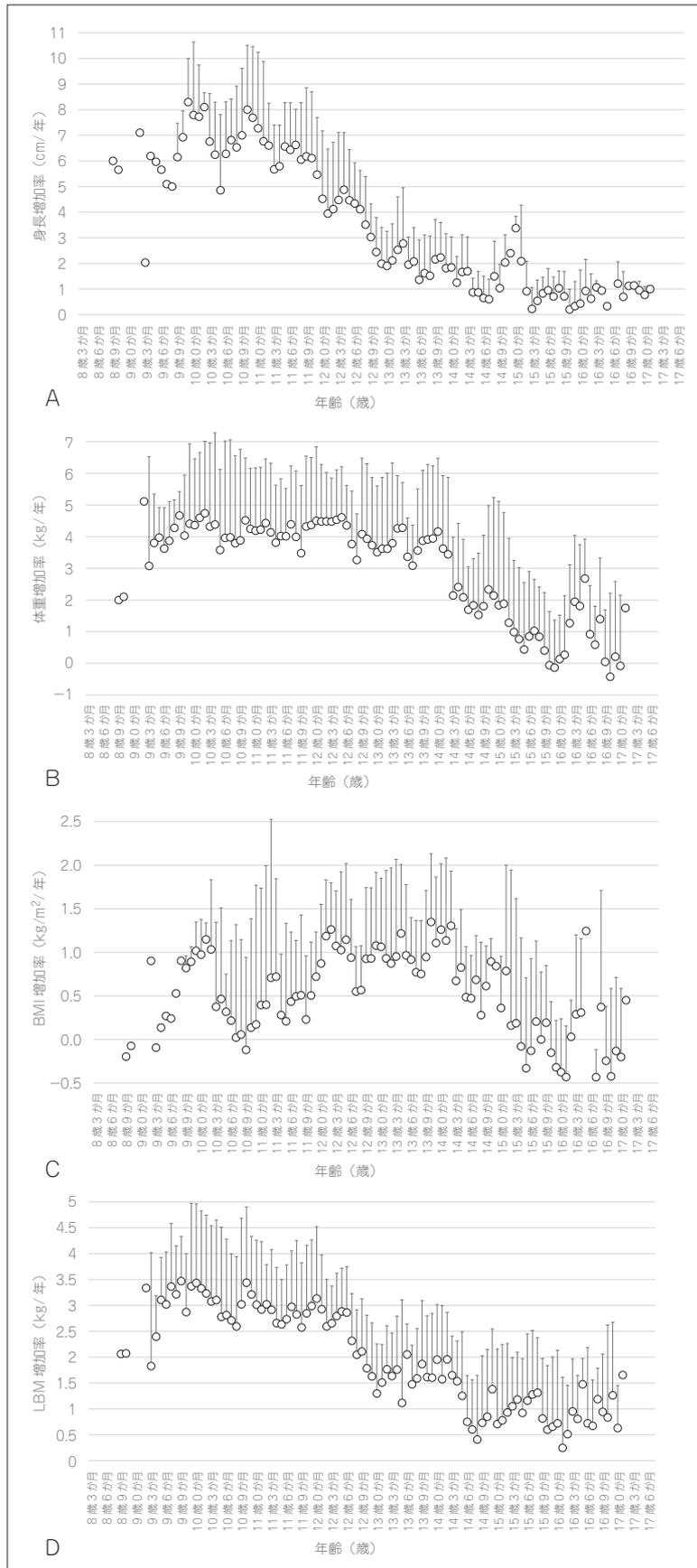


図2 月齢毎の増加率の変化
 A：身長 B：体重 C：BMI D：LBM
 142名の月齢毎の平均 (○) と標準偏差を示す

は10歳前後と11歳前後の2峰性を示した(図2A)。体重増加率はほぼ一定で、BMIの増加率は12歳前後にプラトーに達し、ともに14歳前後から増加率は低下した(図2B, 2C)。LBM増加率もほぼ一定の値を示すが、12歳6か月を過ぎると急激に増加率が低下した(図2D)。

2. 成育月齢での年間増加率の変化

図3に19名の増加率曲線を示す。それぞれの成育月齢毎の症例数は表1の通りである。身長の間年増加率の平均は成育月齢マイナス3か月から急増する。最大年間増加率は9.1cm/年であった。その後、6か月で5.2cm/年まで減少した(図3A)。体重は成育月齢5ヶ月で最大年間増加率を示した(図3B)。BMIは成育月齢5か月で1.1と上昇したのち低下し、再び9か月から増加し、12か月で1.3と最大値を示した。LBMは成育月齢2か月に最大年間増加率3.8kg/年が観察されたが、マイナス2か月より4か月にかけて3.5kg/年以上の増加率が持続的に観察された(図3D)。

考 察

研究期間中に明らかな身長の最大成長率が観察された19名の成育月齢毎の増加率の平均と標準偏差を比較した。身長の間年最大成長率は一般女性では平均 $8\text{cm} \pm 1\text{cm}$ ⁷⁾で今回のアスリートでは成長障害の可能性がないと考えられるマイナス1標準偏差の7cm以上⁷⁾としたため、9.1cmとやや高値を示した。女子の身長の最大年間増加率が観察される時期は一般に11歳⁷⁾で今回も10~11歳で最大を示していた。小学校高学年にあたり、中学生では既に最大年間増加率が観察される時期を過ぎた者も多く、症例数が少なくなったが、今回は日常生活における測定で月齢毎の実測値が得られた。これまでこうした測定は高校生、大学生などの調査が多く、過去に遡っての調査が多く、除脂肪体重のデータが得られることは少なかった。実測値でも半年もしくは一年毎の測定記録をもとにその間を補完法にて得られたものから比例配分などを行って最大成長率を示す年齢を推定するのがほとんどであった。今回のように実測の間年増加率を月齢毎に表したものはほとんどない。一年毎の調査ではテイクオフののち1~2年で急激に身長が増加すると考えられていたが、3か月間で急激に成長率が増加し、6cmから9cmまで増加している(図3A)。これに対して体重の増加は6

か月前よりほぼ一定で、BMIは身長が増加することから逆に減少が見られている(図3C)。LBMは6か月前より増加傾向が始まり、3か月前から3kg後半で4か月までプラトーに達していた。LBMの最大増加時期はカナダの報告では一般女子は4.7か月後、男子3.6か月後であった⁴⁾。補完法でみると身長が増加後に0.73年でLBMの増加が本邦の男子でも観察⁵⁾されているが、月齢毎にみるとLBMの増加が身長に先行して増加し、持続的に増加がみられる可能性も示唆された。さらに十分な身長増加が得られるためには最大成長を示した後にも持続的に増加することが必要な可能性も考えられた。

成長期の骨量増加の予測因子と考えられているLBM²⁻⁴⁾は成長障害のない恒常的にスポーツを行う女子児童・生徒では初経以前の身長の増加に引き続き、増加がみられている。今回は初経発来時期との関係は検討していないが、通常月経の発来は成育年齢1.0~1.3歳とされ、体脂肪の増加を表すBMIのピークと一致する⁸⁾と考えられ、今回の検討でも12か月でピークとなっていた。スポーツを行う女子では初経前の激しい運動が影響して初経が遅延し、それに伴うエストロゲン分泌不良が生じて骨量獲得を妨げると考えられてきた。産婦人科では児童を診療する機会は少なく、かつ診療で体組成を測定する機会は少ないため女性ホルモンを始めとした内分泌的な点に注目され、メカニカルストレスによる骨量増加⁹⁾の観点に欠けるため、LBMの増加に対して考慮がなされていなかった。身長の最大年間成長率が観察されなかったアスリートに疲労骨折が多発した症例にエストロゲン補充を行ったにも関わらず、疲労骨折が繰り返した¹⁰⁾からも骨量獲得には身長増加に伴うLBM増加の重要性が示唆される結果であった。

今回の解析対象者142名のうち3年間の研究期間中にまだ身長の最大年間増加率を迎えていない者、また既に過ぎている者もいたため、成長率曲線を描くことができたのは19名となった。また年間増加率は前年の同月の差としたため、調査開始直後に成長ピークが観察された者は前年のデータがなく、データ数も途中一年毎と研究更新のためデータが欠損している期間がある者もいて成育月齢から離れると少なくなった。今回の研究でLBMはインピーダンス法を用いて同一の機種を用いて

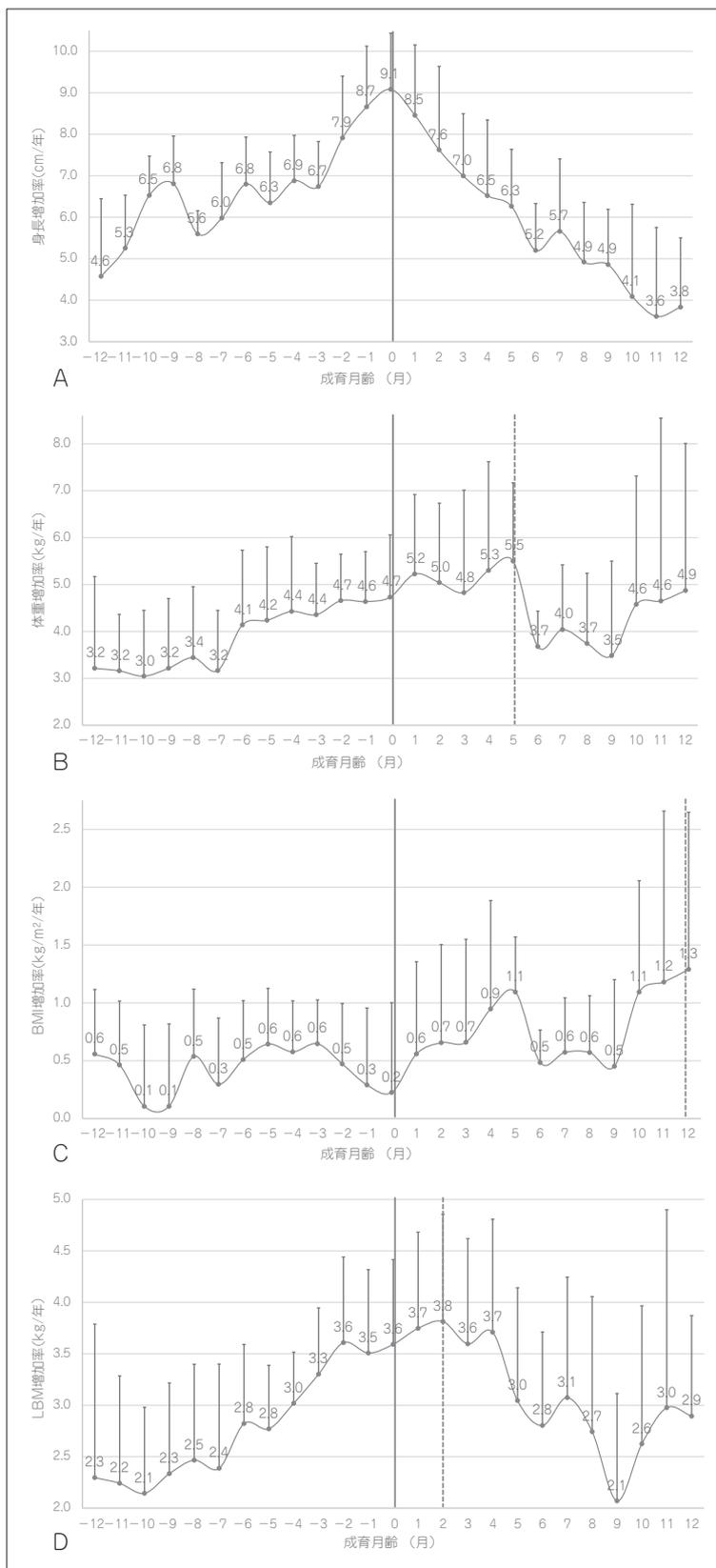


図3 成育月齢毎の増加率の変化

A: 身長 B: 体重 C: BMI D: LBM

●: 平均, +標準偏差を示す

実線は成育月齢0か月, 点線はそれぞれ体重, BMI, LBMの最大増加率を示す成育月齢を示す. 表1に各成育月齢のサンプル数を示す.

表 1 成育月齢毎のサンプル数

成育月齢 (月)	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n 数 (人)	8	7	6	6	3	5	8	7	6	8	10	9	19	12	12	8	7	6	6	6	6	6	7	4	6

成育月齢：最大年間増加率月齢を 0 か月とする
 n 数：それぞれの成育月齢の人数

測定を行った結果であるため、変化量に関しては問題ないが、測定機器が異なった場合、同様の数値とならない可能性があり、絶対値に関しては汎用的な数値として基準を示すことが困難である。

結 語

恒常的にスポーツを行う女子児童・生徒で十分な身長増加が認められた者では成育月齢マイナス 2 か月より 6 か月間、LBM の持続的増加が観察され、骨量増加に関与していることが示唆された。

謝 辞

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」(平成 28・29 年度, 平成 30 年・令和元年) の助成で実施された。

研究データの取りまとめに多大なご協力を頂いた順天堂大学女性スポーツ研究センター関口晃子氏に多大な感謝を致します。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 岡村浩嗣, 尾林 聰, 上東悦子, 他. Q11. 骨量管理の留意点は? In: 日本産科婦人科学会/日本女性医学会(編). 女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針. 初版. 東京: 日本産科婦人科学会; 23-24, 2017.
- 2) 古泉佳代, 伊藤千夏, 金子佳代子. 小・中学生における成熟度, 身体活動及び牛乳・乳製品の摂取頻度と踵骨骨量との関連. 発育発達研究. 2010; 49: 1-11 doi: 10.5332/hat-suhatsu.2010.49_1.

- 3) 児玉桃子, 石田裕美, 上西一弘. 中学, 高校生の身体発育と QUS 法を用いて測定した骨指標の関係—QUS 法を用いて測定した骨指標は身長発育後に急増する—. Osteoporosis Japan. 2012; 20: 189-202.
- 4) Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, et al. The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. Bone. 2004; 34: 771-775 doi: 10.1016/j.bone.2004.01.022.
- 5) 鳥居 俊, 岩沼聡一郎, 飯塚哲司. 日本人健康男子中学生における身長, 除脂肪量, 骨量の最大増加時期. 発育発達研究. 2016; 70: 11-16 doi: 10.5332/hat-suhatsu.2016.70_11.
- 6) 堤 理恵, 大藤 純, 福永佳容子, 他. 重症患者における体組成評価の有用性とその限界. 日本静脈経腸栄養学会雑誌. 2016; 31: 803-806.
- 7) 諏訪城三. 第 1 章 成長障害とは. In: 岡田義昭(編). 成長障害ハンドブック. 第 1 版. 東京: 診断と治療社; 1-38, 1992.
- 8) 藤井勝紀. 日本女子スポーツ選手における初経遅延の検証—ウェーブレット補間法による解析—. 体育学研究. 2003; 48: 523-539.
- 9) Mullender MG, Huiskes R. Proposal for the regulatory mechanism of Wolff's law. J Orthop Res. 1995; 13: 503-512 doi: 10.1002/jor.110013405.
- 10) 松本善企, 松田貴雄. 長期にわたるエネルギー利用度の低下により成長スパークが欠如し, 競技復帰が困難であった女性アスリートの三主徴例. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2018; 26: 490-495.

(受付：2020 年 8 月 11 日, 受理：2021 年 8 月 18 日)

A study on changes in lean body mass with growth in girls who regularly play sports

Matsuda, T.^{*1}, Kiyonaga, K.^{*1,2}, Koikawa, N.^{*3}

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

^{*2} Minami Orthopaedic Clinic

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

Key words: maximum annual growth rate, bone mass, female athlete

[Abstract] **OBJECTIVE:** Young female athletes who repeatedly develop fatigue fractures have problems with delayed menarche and amenorrhea. On the other hand, it is considered that an increase in lean body mass precedes the acquisition of bone strength. In Japan, lean body mass is rarely measured during the growth period, and changes in lean body mass with growth were examined.

METHODS: Body composition measurements were daily performed on 142 girls aged 8 to 15 years who constantly participate in sports, and a maximum annual increase in height was observed during the 3-year measurement period, including the period before and after the missed measurement period. A lean body mass gain curve was created for each of the 19 individuals.

RESULTS: A maximum increase in lean body mass was observed among those with a sufficient increase in height among girls who regularly play sports, and a continuous increase over 6 months was observed from the growth age minus 2 months.