

小学生の立位体前屈制限と個々の 発育の特徴～6年間の運動器検診縦断的検討～

原 著

Limitation of standing forward flexion and individual growth and development of elementary school children: Longitudinal results of 6-year musculoskeletal examinations

可西泰修*1, 鎌田浩史*2,3, 渡邊将司*4, 都丸洋平*2
中川将吾*2, 塚越祐太*2, 中島亮一*5, 山崎正志*2,3
宮川俊平*2, 白木 仁*6

キー・ワード : Longitudinal study, Limitation of standing forward flexion, Growth
縦断的研究, 前屈制限, 発育

〔要旨〕 発育期の運動器の変化を捉えるためには縦断的分析が重要である。その一方で、個々の発育状況と運動器検診結果を関連づけて分析した報告は極めて少ない。

我々は健康手帳を用いた運動器検診の継続的な評価を実施しており、そのなかでも前屈制限の所見に着目し、個々の発育状況から特徴を捉えることを目的として、小学生の個人の6年間の検診結果を追跡した。

茨城県の公立小学校1校の6年間の検診結果と発育データが揃っている39名を分析対象とした。個々の身長データから身長成長速度曲線を描き、take-offとpeak velocityの出現年齢を確認した。1年時に所見を有していなかった集団のうち、6年間で一度でも前屈制限が出現した者を「出現群」と定義した。出現群では、take-offとpeak velocityの出現年齢とともに、前屈制限が初めて出現した時期を個々の年齢で算出した。

1年時に前屈制限を有していなかった者は、男子19名、女子12名であった。この集団の6年間の検診記録を追跡したところ、前屈制限の出現群は男子9名、女子3名であった。前屈制限の出現年齢には個人差があり、男子においては、9名中4名(44.4%)がage at take-offの ± 1.0 歳の範囲内であった。今後、運動習慣、運動能力や、環境要因などの発育期の児童・生徒に関与する多様な因子を含めた多変量解析が求められる。

緒 言

法律の改正により、四肢の形態及び発育状態並びに運動器の機能の状態に注意することが記載され、2016年度より、学校の健康診断に運動器検診

が実施されている。運動器検診の導入の背景には、運動器の10年・日本委員会(現：運動器の健康・日本協会)によるモデル事業をはじめとし、様々な地域における報告が見られている¹⁾。その一方、いずれの報告においても、検診年度における有所見者、二次検診該当者の人数・割合を示した横断的な結果報告がほとんどであり^{1,2)}、個々の検診結果を追跡した縦断的結果を示した報告は極めて少ない。

茨城県の一部地域においては、2008年度から独自に運動器検診を開始し、「健康手帳」による個人の継続的な運動器の状態を記録できるようにして

*1 筑波大学医学医療系

*2 筑波大学医学医療系整形外科

*3 筑波大学附属病院つくばスポーツ医学・健康科学センター

*4 茨城大学教育学部

*5 筑波大学大学院人間総合科学研究科

*6 筑波大学体育系

Corresponding author : 鎌田浩史(hkamada@md.tsukuba.ac.jp)

いる³⁾。対象地域では、統一された保護者に対する問診票を一次検診として対象者を抽出し、その後整形外科医による二次検診を行い、専門医療機関での三次検診の必要性の有無を確認している⁴⁾。その中でも一部の学校においては、問診票を事前に配布後、回答を参考にしながら整形外科医が直接全員に対して診察を行う「全員検診」によって、個々の運動器の所見（以下、運動器所見）を確認し、専門医療機関での診察が必要となる者を抽出する取り組みを実施している。全員検診による横断的調査からは、項目別における有所見者の分布を把握し、学年差や性差を考慮した所見の特徴が示されている⁵⁾。さらに、個人の検診結果を追跡した1年間の縦断的調査からは、運動器所見が出現しやすい時期があったことを報告している⁶⁾。これらの報告の中でも、立位姿勢から前屈し、床に指先がつかない者を確認する「前屈制限」の所見については、横断的結果では項目別において最も高い所見率を示し、1年間の縦断的結果においては、全体では4年から5年生への進級時、男女別では5年から6年生への進級時で特に出現頻度が多かったと述べられており、横断的評価と縦断的評価によって学年や性別ごとに前屈制限の確認される時期が明らかとなっている。一方、立位体前屈の記録値は上肢・体幹や下肢長による影響を受けると明らかになっていることから⁷⁾、前屈制限の所見についても体格の影響を受けている可能性がある。1990年度生まれの日本人の身長最大の発育年齢は、男子11歳（5-6年生頃）、女子9歳頃（4-5年生頃）であったと述べられており⁸⁾、下肢長の最大発育スパート年齢は、身長、座高よりも早く⁹⁾、小学生から中学生の時期は男女共に下肢長が座高よりも優位に成長することが報告されている¹⁰⁾。これらを踏まえると、前屈制限の出現しやすい時期は思春期スパートの時期と関係する可能性があるものの、運動器検診における前屈制限の所見と個々の発育状況を関連付けて分析した報告は見当たらない。

そこで、個々の発育状況を知るために、生物学的成熟度の評価が重要であるといえる。生物学的成熟度には性成熟、骨成熟、身体成熟の3つの指標がある¹¹⁾。特に、身体成熟については、個人の身長の縦断的な記録から成長曲線を推定し、成熟度を確認する。成長曲線はその現量値を描いた現量値曲線と、発育の速度を描いた速度曲線の2つが

あり、成長速度曲線を推定することにより、個々の思春期スパートの時期を把握することができる¹²⁾。このように、発育の個人差と運動器所見の出現を関連付けて評価することは、発育期の運動器を適切に評価する上で重要な知見となると期待される。

以上のことから、本研究では運動器検診における前屈制限に着目し、小学生の個人の6年間の検診結果を追跡し、個々の発育状況から前屈制限が出現する時期を捉えることを目的とした。

■ 対象および方法

1. 対象

対象は茨城県内の公立小学校1校における2014年度入学の1年生45名とした。そのうち、在学中に転出した者（n=3）、身体測定記録の欠損データがある者（n=2）、成長速度曲線の外れ値が見られた者（n=1）を除外し、運動器検診の結果を6年間フォローアップできた者を分析対象とした。なお、本研究は著者の所属機関の倫理委員会における審議・承認のもと実施され、学校および保護者からの同意を得て分析を行った（医678-2）。

2. 運動器検診

事前に問診票を配布後、先行研究の方法と同様に³⁻⁶⁾、整形外科医が直接学校へ出向き、運動器検診を対象者全員に実施した。実施内容については、下肢、上肢、背中の大きく3つに分類された項目に加え、運動器の疼痛の有無、医療機関受診の必要性が確認された。そのうち、前屈制限の所見結果について児童の健康手帳を確認し、6年間追跡した。前屈制限の所見の定義は、「立位姿勢から前屈をした際に、床に指先がつかない者」とした。検診については、事前指導を受けた2名以上の整形外科医が個人に対してスクリーニングし、所見あり、所見なしに評価・分類した。さらに、所見ありと評価された児童に対して、代表の整形外科医1名がダブルチェックを行い、最終評価とした。各年度の検診はいずれも4月に実施された。

3. 身体測定

身体測定では身長、体重、座高を測定し、運動器検診の実施日と同時に行われた。また、2016年度の座高のみ、対象校の都合で測定ができなかったため、Newton's divided difference formulaによる欠損値の補間を行った¹³⁾。下肢長については、身長から座高を差し引き、計算上の下肢長を

算出した。さらに、プロポーションの指標として、座高と計算上の下肢長を用いて座高下肢長指数 (The lower body-upper body ratio : 以下, LUR)¹⁰⁾, および身長と体重からローレル指数と Body mass index (以下, BMI) を年度ごとに算出した (式 1~3)。

$$(式 1) LUR = (\text{計算上の下肢長} / \text{座高}) \times 100$$

$$(式 2) BMI = (\text{体重 kg}) / (\text{身長 m})^2$$

$$(式 3) \text{ローレル指数} = (\text{体重 kg}) / (\text{身長 m})^3 \times 10$$

4. 検診時点における年齢の計算

個人の検診時点における年齢について、各年度の検診日から個人の誕生日の日付を差し引き、閏年を考慮して 365.25 で除して算出した (式 4)。

$$(式 4) \text{検診時点の年齢} = (\text{検診日} - \text{誕生日}) / 365.25$$

5. 成長速度曲線

個々の6年間の身長データをもとに The mathematical structural growth model of Bock, Toit and Thissen (BTT モデル)¹⁴⁾ を用いて成長速度曲線を作成した。身長成長速度曲線の作成方法については、これまで様々なモデル式が開発されているが¹⁴⁾, 厳密なモデル式の選択基準については定められていない。一方、モデル式から得られた値と実際の観測値と比較して当てはまりが悪い集団もあり、モデルによっては応用に限界がある場合もある¹⁵⁾。そのため、本研究では、日本の小学生の6年間の実際の身長の観測値と、成熟度を最も高い精度で測定できる骨成熟 (Tanner-Whitehouse 2 法 : 以下, TW2 法) および身長成長速度曲線の推定値と高い相関関係 (0.8 程度) を示す BTT モデルを選択した¹⁶⁾。得られた曲線から age at take-off, velocity at take-off, age at peak velocity, peak velocity, take-off 時と peak 時における身長、予測成人身長を確認した。さらに、age at peak velocity から age at take-off を差し引き、思春期スパートの期間の長さ (duration) を確認した¹²⁾。加えて、予測成人身長に対する割合である身長成熟度¹⁷⁾ を算出した (式 5)。身長成長速度曲線から得られた指標については、平均値、標準偏差に加え、中央値、最小値、最大値、25% および 75% パーセンタイルを示した。曲線の推定には、AUXAL (Ver. 3.0, SSI 社) を用いた。

$$(式 5) \text{身長成熟度} = (\text{各年度における身長} / \text{予測成人身長}) \times 100$$

6. 分析方法

まず、1年時における検診結果をベースラインとし、男女別に所見のなかった群とあった群に分類した。その後、所見のなかった群において個人の6年間の検診結果を追跡し、6年間一度も前屈制限が出現しなかった者を「未出現群」とし、6年間で一度でも前屈制限が出現した者を「出現群」と定義した。

思春期スパートの時期の違いを検討するために、take-off と peak velocity の age と velocity の性差、および男女別における出現群と未出現群の比較には Mann-Whitney の U 検定を用いた。有意水準は 5% とした。統計解析には SPSS Statistics (version 25.0) を用いた。

さらに、出現群においては、前屈制限が初めて出現した年度における年齢を出現年齢とし、個々の take-off と peak velocity の age を基準に出現年齢との差から出現時期を確認した (図 1)。

結 果

2014 年度の 1 年生 45 名のうち、6 年間フォローアップできた者は 39 名 (86.6%) であった。男女比は男子 25 名 (64.1%), 女子 14 名 (35.9%) であった。

1. 発育データ

各時期における男女の身長、体重、座高、計算上の下肢長を表 1, LUR, ローレル指数, BMI を表 2 に示した。さらに、成長速度曲線から得られた思春期スパートに関する指標について、男女別に表 3, 4 に示した。

age at take-off では、女子は男子よりも早く出現していた ($p < 0.01$, $r = 0.78$)。age at peak velocity では、女子は男子よりも早く出現していた ($p < 0.01$, $r = 0.79$)。velocity at take-off では、男女で差が認められなかった ($p = 0.10$, $r = 0.26$)。peak velocity では、男子は女子よりも高い値を示した ($p < 0.01$, $r = 0.39$)。

2. 6 年間の前屈制限の結果と未出現群と出現群における発育状況

未出現群と出現群の個々の発育状況を表 5, 6 に示した。分析対象者 39 名のうち、1 年時に前屈制限を有していない者は、男子 25 名中 19 名 (76.0%), 女子 14 名中 12 名 (85.7%) であった。6 年間の検診記録を追跡した結果、前屈制限における出現群は男子 19 名のうち 9 名 (47.4%), 女子

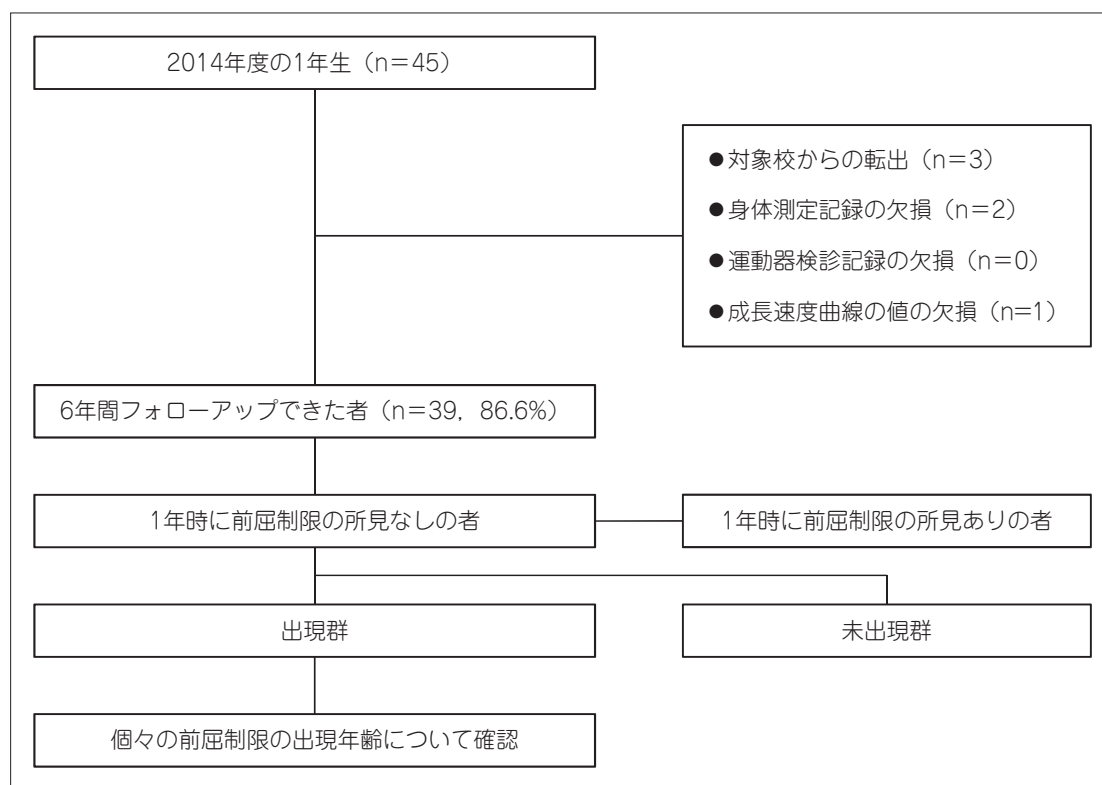


図1 対象者の抽出フローチャート

表1 身長・体重・座高・計算上の下肢長の現量値の推移

	身長 [cm]		体重 [kg]		座高 [cm]		計算上の下肢長 [cm]	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1年時	117.8 (3.9)	116.5 (3.7)	22.8 (3.5)	22.6 (3.3)	65.8 (2.7)	64.5 (2.1)	52.0 (2.1)	52.0 (2.0)
2年時	124.0 (4.2)	122.3 (4.6)	25.1 (4.2)	25.8 (5.0)	68.1 (2.4)	67.3 (2.2)	55.8 (2.4)	55.0 (3.1)
3年時	129.4 (4.2)	128.3 (5.2)	28.4 (5.4)	29.8 (6.2)	71.7 (2.6)	71.5 (3.1)	57.7 (2.5)	56.9 (3.4)
4年時	134.7 (4.6)	134.8 (6.4)	31.6 (6.3)	33.8 (8.1)	73.5 (2.7)	73.3 (3.6)	61.2 (2.7)	61.4 (3.4)
5年時	139.9 (5.1)	141.7 (7.8)	36.1 (8.2)	39.0 (9.6)	75.3 (3.0)	76.4 (4.2)	64.6 (2.7)	65.3 (4.3)
6年時	145.6 (6.2)	147.3 (7.3)	40.3 (8.6)	44.8 (9.2)	77.4 (3.7)	79.1 (4.0)	68.2 (3.1)	68.2 (4.2)

平均値 (±SD)

表2 プロポーションの推移

	座高下肢長指数 (LUR)		ローレル指数 [kg/m ³]		BMI [kg/m ²]	
	男	女	男	女	男	女
1年時	79.1 (3.8)	80.6 (2.7)	138.8 (13.7)	142.9 (17.8)	16.4 (1.8)	16.6 (2.0)
2年時	82.0 (3.1)	81.7 (3.9)	130.9 (12.8)	141.0 (23.8)	16.2 (1.9)	17.2 (2.9)
3年時	80.4 (3.6)	79.7 (4.9)	130.0 (16.5)	140.4 (24.3)	16.8 (2.4)	18.0 (3.1)
4年時	83.3 (3.6)	83.8 (3.6)	128.6 (17.1)	137.4 (26.7)	17.3 (2.6)	18.5 (3.6)
5年時	85.9 (3.1)	85.5 (4.1)	130.4 (20.1)	136.7 (28.7)	18.3 (3.2)	19.3 (3.9)
6年時	88.2 (3.2)	86.2 (4.4)	129.4 (19.1)	139.9 (24.8)	18.9 (3.0)	20.6 (3.5)

平均値 (±SD)

表3 成長速度曲線の指標の値

単位	平均値 (±SD)		最小値		25%tile		中央値		75%tile		最大値	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
Age at take-off	10.2 (0.6)	7.9 (1.1)	8.4	6.2	10.0	7.0	10.4	7.8	10.6	8.9	10.9	9.6
Age at peak velocity	13.3 (0.6)	10.8 (1.0)	11.9	9.3	12.9	10.1	13.5	10.6	13.8	11.8	14.3	12.7
Duration	3.1 (0.2)	3.0 (0.2)	2.6	2.7	3.0	2.8	3.1	3.0	3.3	3.1	3.5	3.5
Velocity at take-off	5.1 (0.6)	5.4 (0.7)	3.8	3.8	4.6	4.9	5.1	5.6	5.6	5.9	6.3	6.6
Peak velocity	8.8 (0.6)	8.0 (0.9)	7.7	6.5	8.5	7.2	8.7	8.1	8.9	8.7	10.4	9.6
Take-off時の身長	138.2 (4.2)	123.3 (4.3)	130.8	115.5	135.3	119.7	138.1	124.7	142.0	126.7	146.7	130.5
Peak velocity 時の身長	158.7 (3.0)	142.5 (2.3)	152.8	138.5	157.1	141.7	158.5	142.4	160.8	143.6	164.3	147.4

表4 予測成人身長と各年度における予測身長成熟度

単位	平均値 (±SD)		最小値		25%tile		中央値		75%tile		最大値	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
予測成人身長	175.8 (3.2)	158.9 (2.7)	169.9	155.0	174.1	156.3	175.9	158.9	178.0	161.0	181.4	163.1
1年時	67.0 (1.4)	73.3 (1.7)	64.4	70.5	65.9	71.9	66.5	73.3	68.2	74.7	70.1	76.2
2年時	70.5 (1.5)	76.9 (2.3)	67.2	73.6	69.3	74.8	70.7	77.0	71.9	78.8	73.2	81.4
3年時	73.6 (1.4)	80.7 (2.6)	70.6	77.2	72.5	78.3	73.9	80.4	74.8	82.9	76.3	85.9
4年時	76.6 (1.5)	84.8 (3.4)	73.5	81.0	75.4	81.2	76.9	84.2	77.6	87.8	79.7	91.7
5年時	79.6 (1.7)	89.1 (4.2)	76.2	82.9	78.3	85.2	79.4	89.4	80.5	93.1	83.5	96.2
6年時	82.8 (2.2)	92.6 (3.7)	78.7	86.4	80.9	90.3	82.9	93.7	84.2	95.9	88.1	97.0

表5 男子の出現群と未出現群の発育

ID	前屈制限 出現年齢 [歳]	Age at take-off [歳]	Age at peak [歳]	Take-off と出現 年齢の差 [歳]	Peakと 出現 年齢の差 [歳]	Duration [歳]	Velocity at take-off [cm]	Peak velocity [cm]	Take-off 時の身長 [cm]	Peak velocity 時の身長 [cm]	予測 成人 身長 [cm]	予測 身長 成熟度 [%]	出現時 身長	出現時 LUR	出現時 ローレル 指数	出現時 BMI
B01	—	9.3	12.6	—	—	3.3	5.7	9.8	132.8	156.6	175.8	—	—	—	—	—
B02	—	9.9	12.6	—	—	2.6	6.3	8.7	143.0	162.1	180.2	—	—	—	—	—
B03	—	10.1	13.2	—	—	3.1	5.4	8.9	137.9	159.0	176.8	—	—	—	—	—
B04	—	10.1	13.3	—	—	3.1	5.2	8.9	137.7	158.5	175.9	—	—	—	—	—
B05	—	10.4	13.5	—	—	3.1	5.1	8.7	138.1	158.2	175.1	—	—	—	—	—
B06	—	10.4	13.8	—	—	3.4	4.6	9.2	131.0	152.8	170.2	—	—	—	—	—
B07	—	10.6	13.8	—	—	3.2	4.6	8.7	136.2	156.3	172.7	—	—	—	—	—
B08	—	10.6	13.6	—	—	3.1	4.9	8.5	138.2	157.8	174.2	—	—	—	—	—
B09	—	10.6	13.9	—	—	3.3	4.5	8.5	137.9	157.7	173.9	—	—	—	—	—
B10	—	10.9	14.3	—	—	3.4	3.8	8.3	135.7	154.8	169.9	—	—	—	—	—
B11	7.4	10.4	13.2	3.0	5.8	2.8	5.4	8.3	144.0	162.6	179.1	70.7	126.7	78.5	148.0	18.8
B12	7.4	10.1	13.3	2.8	5.9	3.1	5.2	8.8	138.7	159.6	177.2	69.7	123.5	82.7	124.8	15.4
B13	7.3	9.7	12.7	2.3	5.4	3.1	5.8	9.2	136.9	158.9	177.7	69.0	122.7	82.9	118.0	14.5
B14	8.3	10.6	14.0	2.3	5.7	3.4	4.3	8.7	134.4	154.6	170.8	72.6	124.0	77.0	120.1	14.9
B15	9.9	10.1	13.0	0.2	3.1	2.9	5.6	8.8	140.0	160.2	177.7	78.2	139.0	83.1	130.7	18.2
B16	9.5	9.8	12.8	0.4	3.3	2.9	5.6	8.7	143.8	163.8	181.4	77.9	141.4	82.5	136.2	19.3
B17	9.8	10.9	14.0	1.1	4.2	3.1	4.4	8.0	142.0	160.2	175.5	78.4	137.5	89.7	150.0	20.6
B18	10.1	10.4	13.6	0.3	3.4	3.2	5.0	8.7	138.5	158.9	175.9	78.0	137.1	85.0	133.5	18.3
B19	11.2	10.5	13.6	-0.7	2.5	3.1	4.8	8.6	138.2	158.1	174.5	81.0	141.3	85.9	119.8	16.9
未出現群 平均値	—	10.3	13.4	—	—	3.2	5.0	8.8	136.8	157.4	174.5	—	—	—	—	—
(±SD)	—	(0.4)	(0.6)	—	—	(0.2)	(0.7)	(0.4)	(3.3)	(2.5)	(3.1)	—	—	—	—	—
出現群 平均値	9.0	10.3	13.3	1.3	4.4	3.1	5.1	8.6	139.6	159.7	176.6	75.1	132.6	83.0	131.2	17.4
(±SD)	(1.4)	(0.4)	(0.5)	(1.3)	(1.4)	(0.2)	(0.5)	(0.4)	(3.2)	(2.6)	(3.0)	(4.2)	(8.1)	(3.8)	(11.9)	(2.1)

表 6 女子の出現群と未出現群の発育

ID	前屈制限 出現年齢 [歳]	Age at take-off [歳]	Age at peak [歳]	Take-off と出現 年齢の差 [歳]	Peakと 出現 年齢の差 [歳]	Duration [歳]	Velocity at take-off [cm]	Peak velocity [cm]	Take-off 時の身長 [cm]	Peak velocity 時の身長 [cm]	予測 成人 身長 [cm]	予測 身長 成熟度 [%]	出現時 身長	出現時 LUR	出現時 ローレル 指数	出現時 BMI
G01	—	7.1	10.1	—	—	3.1	5.8	8.5	117.5	138.5	156.1	—	—	—	—	—
G02	—	8.0	10.7	—	—	2.7	5.6	7.6	124.9	142.2	158.3	—	—	—	—	—
G03	—	7.6	10.5	—	—	2.8	5.7	8.2	124.4	143.5	160.5	—	—	—	—	—
G04	—	7.0	10.1	—	—	3.0	5.9	8.6	117.8	138.9	156.6	—	—	—	—	—
G05	—	8.0	10.8	—	—	3.1	5.5	8.0	126.7	145.2	161.6	—	—	—	—	—
G06	—	6.2	9.3	—	—	3.1	6.6	9.2	120.4	143.8	163.1	—	—	—	—	—
G07	—	7.1	9.9	—	—	2.8	6.0	8.5	122.4	142.1	159.6	—	—	—	—	—
G08	—	8.8	11.6	—	—	2.9	5.0	7.2	125.6	142.7	158.0	—	—	—	—	—
G09	—	9.6	12.7	—	—	3.1	3.8	6.5	127.1	142.2	155.0	—	—	—	—	—
G10	9.4	6.6	10.1	-2.9	0.6	3.5	5.9	9.6	115.5	140.6	159.9	83.6	133.7	88.3	113.0	15.1
G11	10.2	9.2	12.2	-1.0	2.0	2.9	4.5	7.0	125.8	142.1	156.4	82.9	129.6	79.3	205.3	26.6
G12	11.0	7.4	10.6	-3.6	0.5	3.2	5.6	9.0	121.0	142.9	160.9	91.9	147.9	86.7	108.2	16.0

12名のうち3名(25.0%)であった。なお、女子の出現群については、人数が少なかったため、平均値等は算出せず、個々の値のみ示し、未出現群との比較のための検定は行わなかった。

男子の未出現群と出現群における take-off peak の age および velocity の値に有意差は認められなかった。さらに、出現群においては、9名中4名(44.4%)が age at take-off の出現年齢の±1.0歳の範囲内で前屈制限が出現していた。

女子の出現群においては、3名中1名が age at take-off, 2名が peak の出現年齢の±1.0歳の範囲内で前屈制限が出現していた。

■ 考 察

1. 分析対象者全体の発育データの特徴

本研究では、小学生の個人の身体測定の結果をまず経年的に追跡し、身長・体重・座高の指標から計算上の下肢長、プロポーションの指標であるローレル指数、BMI および、LUR について示した。そのなかでも、LUR は1年時から6年時にかけて上昇がみられた。茨城県の高校生を対象に、身長、座高、下肢長およびLURの個人のデータを小学校1年生まで後ろ向きに収集し、縦断的調査を行った報告では、LURは男子では14.5歳(中学校3年生時に該当)まで、女子では13.5歳(中学校2年生時に該当)まで上昇し、その後、若干の低下がみられている¹⁰⁾。このことから、小学生の時期においては、下肢長が座高よりも優位に発育していることが明らかとなっており、本研究においても男女ともに同様の結果が得られたといえる。

そして、本研究では、生物学的成熟度の一つである身体成熟に着目し、個人の身長の縦断的な記録から個々の発育状況を把握するために、BTTモデルを用いて成長速度曲線を推定し、思春期スパートの時期を確認した。その結果、age at take-off について男子は10.2歳、女子は7.9歳であり、age at peak velocity について、男子は13.3歳、女子10.8歳であり、2つの指標はともに性差が認められ、先行研究と同様の結果であった¹⁸⁾。1941～1964年の日本人を対象とした過去の身長成長速度曲線の指標を比較している報告では、age at take-off の平均値は男子で10.7～10.9歳、女子で8.78～9.4歳であり、age at peak velocity は男子で12.73～13.37、女子で10.72～10.84歳であったと述べられている¹⁸⁾。これを踏まえると、女子について

は、先行研究と比較して age at take-off が早い年齢で出現しており、思春期スパートの開始時期が早くなっている可能性がある。加えて、発育には個人差が見られることはこれまでも知られているところであり、本研究でも age at take-off および age at peak velocity の見られる時期は最小値と最大値の範囲をみても、個人によって1歳以上差があると認められる。このことから、運動器検診の結果を評価する際には、同じ学年においても、個々の発育状況の差があるため、個々の生物学的年齢を考慮する必要があると考える。

2. 6年間の前屈制限の結果と未出現群と出現群における発育の特徴

本研究では、小学生の個人の6年間の検診結果を追跡し、前屈制限に着目して所見の出現を確認した。前屈制限の所見の定義を「立位姿勢から前屈をした際に、床に指先がつかない者」とし、6年間で1度でも所見が出現した者を出現群と定義した場合、男子に出現群の割合が多い結果となった。過去に行われていた体力・運動能力調査における立位体前屈の記録値を学年別に示したものはあるものの、本研究のように、運動器検診の項目に即した「床に指先がつかない者」の割合やその推移を検討したものは少ない。立位体前屈の記録値については女子の方が高いと報告されており、本結果を踏まえると、前屈制限は小学校6年間の過程において男子に出現しやすく、性差の見られる項目であると言える。

また、男子の前屈制限の出現群と未出現群の成長速度曲線における指標について有意差は認められなかった。さらに、出現群内に着目し、前屈制限が初めて出現したタイミングと発育指標の出現タイミングを個々の年齢で確認した結果、男子の出現群においては、age at take-off の出現年齢の ± 1.0 歳の範囲内で前屈制限が初めて出現していた者と範囲外で出現していた者が同程度いた。これらのことから、個々の前屈制限が出現する時期と思春期スパートの開始時期との明らかな関係は見られなかった。先行研究においては、思春期スパートの期間でパフォーマンステストの値が負の増加速度を示した減少群と増加群がいることを報告しているが、長座体前屈の項目では、男子の減少群と増加群における take-off 時の平均値に有意な差が認められなかったと述べられている¹⁹⁾。これらを踏まえると、前屈制限の出現には発育以外

の要因が関係している可能性がある。本研究においては、発育要因以外に運動習慣、運動能力や、環境要因などの発育期の児童・生徒に關与する多様な因子を検討できてはいないため、前屈制限の出現に強く関連する要因については、今後様々な指標を含めた多変量解析が求められると言える。

■ 本研究の限界と今後の展望

本研究の対象者はいずれも茨城県の一部の市内の学校の児童の結果であり、地域差を考慮できていない。また、6年間の縦断的分析を行うまでに長期間の調査を必要としたため、対象者を十分に確保することができず、特に女子の出現群については、比較・検討するための十分な人数を得られなかった。

次に、本研究は学校の限られた時間のなかで在校生全員に対して検診を行うために医師が評価する複数名体制で行った。また、参加する医師は評価方法・基準等を事前に確認し、代表の医師の指導を受けた上で検診に当たった。このことを踏まえると、一定のスクリーニング方法で実施し、測定誤差を最小限にする努力がなされていると考えられるものの、各個人に対して初めに評価する者を毎年同一者で統一することは困難であった。そのため、本研究では所見がある場合、代表の整形外科医がダブルチェックを行い、最終的な判断を下す体制をとった。ただし、本結果は所見の有無を確認した2値データのため、各個人に対して判断が異なった可能性は十分にあると考えられる。これらを踏まえると、検者間および検者内誤差が生じたことも示唆される。

本研究はこれまで行われていなかった運動器検診の結果と発育との関連を分析するための手法の一つとして検診結果を縦断的に追跡し、身体成熟との関連を検討した新たな知見であると言える。一方、遺伝的要因、環境的要因など、様々な要因が複合的に身体の発育発達に影響を及ぼすことが知られており²⁰⁾、本研究では、運動器検診の結果とこれらの多様な因子との関連の有無を十分に検討できてはいない。今後、様々な指標を用いて運動器所見との関連を検討し、発育過程に伴う運動器の変化を確認することによって、より適切な発育期の運動器の特徴の理解につながると期待される。

結 語

1. 小学1年生から6年生まで6年間継続して運動器検診を実施した45名における縦断的结果から、前屈制限は男子に多く出現していた。

2. 前屈制限の出現群と未出現群のプロポーションの推移および思春期スパート指標の値に統計学的有意差は認められなかった。

3. 前屈制限の出現年齢には個人差があり、男子においては、9名中4名(44.4%)がage at take-offの±1.0歳の範囲内であった。

謝 辞

本研究はJSPS科研費16K01751, 19K11572の助成を受けたものである。

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) 南 昌平, 川上紀明, 武藤芳照, 他. 第二章 6. 学校における健康診断と運動器. In: 「運動器の10年」日本委員会(監修). 学校における運動器検診ハンドブック. 第1版. 東京: 南江堂; 63-109, 2007.
- 2) Yamaguchi N, Chosa E, Yamamoto K, et al. Screening for musculoskeletal problems in Japanese schoolchildren: a cross-sectional study nested in a cohort. *Public Health*. 2016; 139: 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.08.010>.
- 3) 鎌田浩史, 阿部亮子, 西野衆文, 他. 成長期スポーツ障害の予防のための運動器検診の重要性: 『健康手帳』による一貫したケアプロジェクト. *日本小児整形外科学会雑誌*. 2010; 19: 332-336.
- 4) Kamada H, Tomaru Y, Kimura M, et al. Four-year musculoskeletal examinations among elementary and junior high school students across a single city. *Journal of Rural Medicine*. 2020; 15: 194-200. <https://doi.org/10.2185/jrm.2020-021>.
- 5) 可西泰修, 鎌田浩史, 眞下苑子, 他. 運動器検診結果からみた小学生の運動器の特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2019; 27: 66-75.
- 6) Kasai T, Kamada H, Tomaru Y, et al. Longitudinal changes in musculoskeletal findings of elementary and junior high school students: a 1-year prospective study. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2020; 9: 53-64. <https://doi.org/10.7600/jpfsm.9.53>.
- 7) 大山良徳. 健常者の柔軟性に関する衛生学的研究. *日本衛生学雑誌*. 1965; 20: 65-70.
- 8) 文部科学省. 平成20年度学校保健統計調査. 入手先: https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1279370.htm.
- 9) Csukás A, Takai S, Baran S. Adolescent growth in main somatometric traits of Japanese boys: Ogi longitudinal growth study. *Journal of Comparative Human Biology*. 2006; 57: 73-86. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2005.09.003>.
- 10) Hattori K, Hirohara T, Satake T. Body proportion chart for evaluating changes in stature, sitting height and leg length in children and adolescents. *Annals of Human Biology*. 2011; 38: 556-560. <https://doi.org/10.3109/03014460.2011.577456>.
- 11) 高石昌弘, 小林寛道(監訳). 濱田 穰, 守山正樹, 八田秀雄(訳). IV 生物学的成熟. 事典 発育・成熟・運動. 第1版. 東京: 大修館書店; 199-255, 1995.
- 12) John H, Luciano M, Theo G, et al. Part I Growth data and growth studies: characteristics and methodological issues. In: Hauspie RC, Cameron N, Molinari L, eds. *Methods in human growth research*. 1st ed. Cambridge: The press syndicate of the university of Cambridge; 3-141, 2004.
- 13) 松浦義行. 第1章 発育発達現量値の分析. 統計的発育発達学. 初版. 東京: 不昧堂出版; 15-19, 2002.
- 14) Bock RD, Toit SHCD, Thissen D. *AUXAL: Auxological Analysis of Longitudinal Measurements of Human Stature*. Chicago: Scientific Software International; 1994.
- 15) Kozieł SM, Malina RM. Modified Maturity Offset Prediction Equations: Validation in Independent Longitudinal Samples of Boys and Girls. *Sports Medicine*. 2018; 48: 221-236. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0750-y>.
- 16) 高井省三, Attila C. 成人身長はどのように予測するのか? *東京矯正歯科学会雑誌*. 2001; 11: 78-85.
- 17) Malina R. Assessment of biological maturation. In: Armstrong N, van Mechelen W, eds. *Oxford textbook of children's sport and exercise medicine*. 3rd ed. New York: Oxford University press; 3-11, 2017.

- 18) 田原佳子, 村田光範. 身長標準化成長速度曲線とその臨床応用. 東京女子医科大学. 1987;57:1161-1166.
- 19) Beunen G, Malina RM. Growth and Physical Performance Relative to the Timing of the Adolescent Spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1988; 16: 503-540.
- 20) 樋口 満. 第1章 2. 身体発達と加齢に影響する諸因子. In: 高石昌弘(監修). からだの発達と加齢の科学. 初版. 東京:大修館書店;9-19, 2012.

(受付: 2021年7月4日, 受理: 2022年7月4日)

Limitation of standing forward flexion and individual growth and development of elementary school children: Longitudinal results of 6-year musculoskeletal examinations

Kasai, T.^{*1}, Kamada, H.^{*2,3}, Watanabe, M.^{*4}, Tomaru, Y.^{*2}
Nakagawa, S.^{*2}, Tsukagoshi, Y.^{*2}, Nakajima, R.^{*5}, Yamazaki, M.^{*2,3}
Miyakawa, S.^{*2}, Shiraki, H.^{*6}

*1 Faculty of Medicine, University of Tsukuba

*2 Department of Orthopaedic Surgery, University of Tsukuba

*3 Tsukuba Sports Medicine & Health Science Center, University of Tsukuba Hospital

*4 College of Education, Ibaraki University

*5 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

*6 Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

Key words: Longitudinal study, Limitation of standing forward flexion, Growth

[Abstract] In this study, we focused on “limitation of standing forward flexion” in a musculoskeletal examination, followed the results of the examination for six years, and examined the characteristics of individual developmental status of elementary school students.

Thirty-nine children with six-year records of musculoskeletal examinations and growth data of one public elementary school in Ibaraki Prefecture were examined. The height growth velocity curve was drawn based on the individual height data, and the age at take-off, and the peak velocity was confirmed. We assigned children to the “emergence group” if they had “limitation of standing forward flexion” at least once in six years of those who had no findings in the first grade.

There were 19 boys and 12 girls who did not have “limitation of standing forward flexion” in the first grade. When the records of this group were followed up for six years, nine boys and three girls later presented with this finding. Four out of nine boys presented with this finding at an age of take-off \pm 1.0 years. It is necessary to conduct multivariate analysis that includes various factors such as exercise habits and physical fitness to properly understand the musculoskeletal system of children.