

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01748

研究課題名(和文) 成長期の骨発達の評価と成長期運動器障害予防プログラムの開発

研究課題名(英文) The evaluation of the bone development and development of the program to prevent musculoskeletal disorders during an individual's growth period

研究代表者

大高 麻衣子(MAIKO, OHTAKA)

秋田大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50465803

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：成長スパートの時期は、骨端線閉鎖の前で運動器障害の特徴が異なるため、成長期の骨発達を評価し、骨発達に合わせた運動プログラムを検討することを目的とした。秋田県内の小中学生381名を対象に運動器検診を行った。方法は、痛みやスポーツに関する質問紙調査、骨・関節の機能と柔軟性の調査、超音波診断装置を用いた脛骨の発達の評価を行った。その結果、脛骨の発達には性別、体格、スポーツとの関連が認められた。また、柔軟性の低下は小学校高学年に多く、成長スパートの開始時期と一致していた。成長期の運動器障害を予防するためには、性別および成長スパートの時期に応じた運動プログラムを提供することが重要である。

研究成果の概要(英文)：To evaluate bone development during the growth period of an individual using diagnostic ultrasound and to develop an exercise program that corresponds to bone development, because the characteristics of musculoskeletal injuries during a growth spurt differ before and after epiphyseal closure.

We conducted musculoskeletal examinations for 381 elementary and junior high school students in Akita Prefecture. A questionnaire regarding the status of pain and playing sports, a survey of bone and joint function, and evaluation of tibial development using diagnostic ultrasound. Sex, physique, sports were associated with a tibial development. The decrease of the flexibility was frequent in higher elementary school grades and agreed with initiation time of the growth spurt. To prevent musculoskeletal injuries during the growth period, it is important to provide children with appropriate exercise programs that correspond to their sex and timing of the growth spurt.

研究分野：小児保健

キーワード：成長期 骨発達 運動器障害

## 1. 研究開始当初の背景

小児の健康問題として、近年、過度な運動による運動器障害・疾患の増加について問題視されている。小児の運動器は成長段階にあり、骨端に厚い軟骨部分が存在し、力学的ストレスが加わると外傷・障害を起こしやすい。骨端は、一度障害されると治癒した後も成長障害や変形を続発するため、進行例では日常生活にも支障をきたすことがある。

小児の運動器障害・疾患の早期発見のために、学校運動器検診の導入の必要性が指摘され、2005年から整形外科医による学校運動器検診モデル事業が10道府県で実施された。その結果、小児の運動器疾患の罹患率および医療機関への要受診率が約2~9%との報告がある(葛尾ら2011)。これは学校保健統計結果と比較すると歯や視力障害、耳鼻科疾患に次いで高率であり、早急な対応が必要である。しかし、全国的な実態調査が行われておらず、実態を把握できない状況である。われわれは、これまで小児の過度なスポーツによる運動器障害に着目し、野球検診への参加や養護教諭を対象にした研修会の企画等に取り組んできた。秋田県の大学生を対象に行った調査では、運動部への所属率は小学校時代ですでに6割を超えていた。また、約半数の大学生が小児期に骨・関節の痛みを経験し、中学、高校時代では3割を超えていた。また、日常生活動作に何らかの困難を感じている人が4割いたが、学校健診等で指摘を受けている人はおらず、個別に対応せざるを得ない状況であった(大高2011)。

骨端閉鎖の時期は運動器障害・疾患が頻発するといわれており、具体的、個別的な介入を行うには小児の骨端閉鎖の時期について明らかにする必要がある。小児の骨発達に関する研究として、単純X線を用いて小児の脛骨を観察し4段階のstage分類を示したものがある(Ehrenborg et al., 1961)。MRIを用いた小児の膝関節軟骨発達に関する研究では、女子より男子において、また、活発な運動をしている人の方が軟骨の増加量が大きかったことを報告している(Graeme et al., 2003)。これまでは骨発達の評価の手段が単純X線やMRI等に限られていたため、身体への侵襲や費用の問題から健康な小児を広く対象にすることが困難な状況であった。

近年、整形外科分野においても超音波診断装置を用いた診察や骨・関節の評価が行われるようになり、小児の骨発達に関する超音波診断装置を用いた研究が行われている。スポーツ検診に参加した小学生を対象に、脛骨結節の発達段階を観察した研究では、骨化核が出現する時期に軟骨内血流の増加がみられ、障害が起こりやすい時期として予測ができたとの報告がある。なお、骨化核が出現する時期は小学校4年生で約4割、5年生で約7割であったと報告している(木島ら2009)。野球選手を対象に上腕骨の軟骨の厚さ、骨端核の大きさ、骨端線の幅について調査した研

究では、軟骨が薄く、骨端核が大きく、骨端線の幅が狭い人に野球肘が多かったとの報告がある(原田ら2009)。このように、超音波診断装置は、単純X線やCT、MRIに比べて簡便で身体への侵襲なく、運動器の発達段階を評価することができる。これまでの研究では、スポーツクラブに所属する小児や病院を受診した小児を対象に限定されていたため、小児全体を対象に運動器の発達段階を評価し、運動器障害が起こりやすい時期を明らかにする必要がある。

## 2. 研究の目的

小児の骨発達を超音波診断装置を用いて評価することにより、骨発達のスパート時期すなわち運動器障害が起こりやすい時期を明らかにする。また、身長・体重、BMI、スポーツ活動の有無(時間、種目)など、骨発達の関連因子の有無を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### 1) 調査対象

秋田県内の小中学生 150名

### 2) 調査方法

学校において運動器検診を実施した。

#### (1) 質問紙調査

問診票を事前に配布し、児童、生徒と家族とで記入してもらった。

骨・関節の治療経験の有無、内容、運動の状況(種目、頻度、ポジション等)、骨・関節の痛みの状況(部位、程度)、骨・関節に関する不安や困っていること、第二次性徴の状況(男子の変声、女子の初経の状況)

#### (2) 身長・体重測定

身長計、体重計を用いて身長と体重を計測し、BMIを算出した。

#### (3) 運動器機能チェック

「運動器の10年」日本委員会監修、財団法人日本学校保健会制作「学校の運動器疾患・障害に対する取り組みの手引き(DVD版)」を参考に、歩く、足踏みなど8項目の動作を行ってもらい、上・下肢関節の痛みや運動制限の有無を観察した。

#### (4) 診察

問診票で痛みのみられた部位を中心に、圧痛の有無を観察した(膝は全員観察した)。

#### (5) 超音波検査

超音波検査機器を用いて、脛骨の骨端部の発達段階(Ehrenborgらのstage分類)、軟骨の厚さを観察した。

### 3) 分析方法

#### (1) 成長発達に関するデータの分析

身長、体重、BMI、第二次性徴の状況を集計し、脛骨の発達段階との関連を分析した。

#### (2) 運動の状況および運動器の状況に関するデータの分析

骨・関節の治療経験、運動の状況(種目、頻度、ポジション)、骨・関節の痛みの状況(部位、程度)、骨・関節に関する不安や困

っていること、触診における圧痛の有無について集計し、超音波検査における脛骨の発達段階との関連を分析した。

#### 4. 研究成果

1) 小学校高学年児童の脛骨の骨発達の評価  
【目的】超音波診断装置を用いて脛骨の発達段階と軟骨の厚さを評価し、成長期にある子どもの骨発達を明らかにする。

【方法】秋田県内の某小学校の5年生26名(男子10名,女子16名)を対象に、2014年4月(小5春)、10月(小5秋)、2015年10月(小6秋)の3時期に縦断調査を行った。調査では、質問紙調査(年齢、性別、スポーツの状況)、身長・体重測定、超音波診断装置による脛骨の発達段階(Ehrenborgの分類、C期、A期、E期、B期)および脛骨粗面部の軟骨厚の評価を行った。

【結果】脛骨の発達段階は、小5春は、C期およびE期が11名(42.3%)、A期が4名(15.4%)であった。小5秋は、C期8名(30.8%)、A期4名(15.4%)、E期14名(53.8%)であった。小6秋は、C期2名(7.6%)、A期5名(19.2%)、E期18名(69.2%)であった。性別では、小6秋の女子は全員がE期で、男子は、A期が5名(50%)、E期が3名(30%)で、女子の発達がすすんでいた。3時期の軟骨厚を発達段階別に比較した結果、小6秋において、E期がC期、A期より薄かった( $p < 0.01$ )。属性別での比較では、性別、小5の体重、身長増加量、体重増加量、1日のスポーツ時間の交互作用がみとめられた。小6秋において、女子( $p < 0.01$ )、小5の体重が30kg以上( $p < 0.05$ )、小5春から小6秋までの身長増加量が8cm以上( $p < 0.05$ )、体重増加量が5kg以上( $p < 0.05$ )、1日のスポーツ時間が3時間未満( $p < 0.01$ )の子どもの軟骨厚が薄かった。個々の軟骨厚の変化をみるとC期からA期の移行時期に増加し、E期で減少していた。

【考察】脛骨の発達段階は、女子と男子では1年半以上の差があることが明らかになった。脛骨の軟骨厚は、CからA期に移行する時期に、骨化核の出現に伴う血流の増加によって軟骨厚が厚くなるため、運動器障害のリスクが増大する時期であると考えられる。軟骨厚は性別や体格などの成長スパートとの関連が認められた。また、スポーツとの関連が示唆された。今後は、性別や成長スパートから骨発達の脆弱な時期を予測した運動プログラムの検討と、オーバーユースによる運動器障害のリスク因子に関する分析が必要である。

2) 中学生の脛骨の骨発達の評価

【目的】中学生を対象に縦断的に骨発達を評価し、骨端線閉鎖の有無とその背景因子について検討する。

【方法】秋田県内の某中学校に在籍する生徒136名を対象に、2015年1月(中2)、2015

年12月(中3)に縦断調査を行った。収集データは、属性(年齢、性別、スポーツの状況、身長、体重)、超音波診断装置による脛骨の発達段階(骨端線閉鎖の有無)とした。

【結果】対象は、男子64名(47.1%)、女子72名(52.9%)であった。脛骨の骨発達段階は、男子は中2では全員が骨端線閉鎖なしで、中3では骨端線閉鎖ありが14名(21.9%)であった。女子は中2では骨端線閉鎖ありが33名(45.8%)、中3では63名(87.5%)で女子が早かった。骨端線閉鎖の有無を背景別に比較した結果、体格が大きい人、スポーツ活動をしていない人、骨・関節の痛みがない人が骨端線閉鎖の割合が高かった。

【考察】骨端線閉鎖の時期は成長スパート時期と重なり、女子では中2から中3、男子では高校以降であることが予測される。骨・関節の痛みはスポーツ活動と関連しているといえる。スポーツ活動は骨端部を刺激し、骨端軟骨の増加により、骨端線閉鎖が遅れる可能性がある。思春期では骨端線閉鎖前後で起こりやすい運動器障害の特徴が異なり、それに合わせた運動指導が求められる。思春期の運動器障害を予防するためには、骨発達に合わせた個別的な指導が重要である。

3) 小中学生の運動器障害と柔軟性の評価

【目的】スポーツクラブ、運動部に所属している小中学生を対象にスポーツ検診を実施し、運動器障害の状況および柔軟性について評価する。

【方法】秋田県内の某小学校の野球クラブに所属する小学3~5年生37名、某中学校の運動部に所属する中学1~2年生182名を対象に、2015年12月、2017年3月にスポーツ検診を実施した。質問紙調査(スポーツの種目、過去の骨・関節のけがの経験、現在の骨・関節の痛みや生活制限の有無)、身長・体重測定、柔軟性(しゃがみ込み、前屈)のチェック、超音波検査・診察(問診票で痛みがあった部位や、種目の特性に応じた部位で検査を行った)、種目に合わせたストレッチ指導を行った。

【結果】小学生は3年生15名(40.5%)、4年生10名(27.0%)、5年生12名(32.4%)で、全員が男子で野球クラブに所属していた。中学生は1年生男子48名(26.4%)、1年生女子35名(19.2%)、2年生男子61名(33.5%)、2年生女子(20.9%)で種目は野球、バスケットボール、バレーボール、サッカー、陸上、テニスなどであった。

骨・関節の痛みがある人は、小学3~4年生で13.3~20.0%、中学1~2年生は36.1~48.5%と中学生が多かった。柔軟性では、しゃがみ込みができない人は、小学4年生が50.0%、前屈ができない人は、小学5年生が66.7%と小学校高学年に多く、成長スパートの開始時期と一致していた。しゃがみ込み・前屈について、体格で比較した結果、しゃがみ込みができない人は、中学生男子において

体重とBMIが有意に大きかった ( $p < 0.05$ )、中学生女子においても同様であった ( $p < 0.01$ )。前屈ができない人は、小学生において身長が有意に高く ( $p < 0.05$ )、中学生男子においてはBMIが有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。現在の骨・関節の痛みの有無別で比較した結果、有意差はないものの、小学生では痛みがある人がない人に比較して、しゃがみ込みができない人の割合が高かった。超音波検査・診察で異常がみとめられた人は、小学生 20.0~75.0%、中学生 12.0~23.2%であった。

【考察】これまで学校運動器検診を実施した結果で骨・関節の痛みは小学生 9~22%、中学生 19~31%、運動器障害の割合は、小学生 3~8%、中学生 7~14%との報告があるが(葛尾ら 2014)、今回の対象における割合の方が高く、痛みや運動器障害は運動をしている人に起こりやすいというこれまでの報告と同様の結果であった。しゃがみ込み、前屈ができない人はいずれも小学校高学年の割合が高かった。骨・関節の痛みや運動器障害、柔軟性の低下の割合は年齢とともに増加するとの報告があり、痛みや運動器障害については、これまでの報告と同様であるが、柔軟性の低下については、小学校高学年の割合が高かった。小学校高学年から中学校にかけての成長スパート時期は骨の急激な成長にともない、筋・腱が過緊張になりやすく、柔軟性を低下させるといわれている。今回の調査でも、小学校高学年において柔軟性の低下が顕著であり、成長スパートの開始と関連していると解釈できる。柔軟性は、成長期の運動器を評価するうえで重要な指標であり、今後は縦断的な観察によって運動器障害との関連について検討が必要である。成長期の運動器障害を予防し、早期発見につなげるためには、痛みや柔軟性の評価を盛り込んだ運動器検診や、運動種目を考慮したストレッチ指導、さらに、個々の成長スパート時期や体格を考慮した指導が重要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- 1) 大高麻衣子, 平元泉, 皆川洋至, 松崎正史, 齊藤明, 石郷岡真巳: 小中学生のスポーツ検診の取り組み - 運動器障害と柔軟性の評価 - . 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻紀要 25(2):45-53, 2017, 査読有

〔学会発表〕(計9件)

- 1) 大高麻衣子, 平元泉: 中学生の骨発達に関する縦断的評価, 日本学校保健学会第64回学術大会, 2017, 11月, 仙台市
- 2) 大高麻衣子, 平元泉, 皆川洋至, 松崎正史, 齊藤明, 石郷岡真巳: 小中学生のスポーツ検診の取り組み - 運動器障害と柔軟性の評価 - , 第65回東北学校保健学会, 2017, 9月, 秋田市
- 3) 大高麻衣子, 平元泉: 超音波診断装置によ

る小学校高学年児童の脛骨の骨発達の評価, 第64回日本小児保健協会学術集会, 2017, 6月, 大阪市

- 4) 大高麻衣子, 平元泉: 小学校高学年の児童を対象にした運動器検診の縦断的評価, 日本学校保健学会第63回学術大会 2016, 11月, つくば
- 5) 大高麻衣子, 平元泉: 超音波診断装置による成長期の骨発達の評価, 第54回秋田県小児保健会, 2016, 10月, 秋田
- 6) 大高麻衣子, 平元泉, 皆川洋至, 松崎正史, 齊藤明, 石郷岡真巳: 小学校高学年の児童における骨発達の状況, 日本超音波医学会第52回東北地方学会学術集会, 2016, 9月, 秋田
- 7) 大高麻衣子, 皆川洋至, 松崎正史, 平元泉, 齊藤明, 石郷岡真巳: 子どもの運動器検診における超音波検査の有用性, 日本超音波医学会第52回東北地方学会学術集会, 2016, 9月, 秋田
- 8) 大高麻衣子, 平元泉, 皆川洋至, 松崎正史, 齊藤明, 石郷岡真巳: 小学生の野球検診の取り組み - 運動器機能チェックによる柔軟性の評価 - , 第64回東北学校保健学会, 2016, 9月, 山形
- 9) 大高麻衣子, 平元泉: 中学校における学校運動器検診の取り組み, 第63回日本小児保健協会学術集会, 2016, 6月, 大宮

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大高 麻衣子 (OHTAKA MAIKO)  
秋田大学大学院医学系研究科・保健学専攻・助教  
研究者番号: 50465803 (H27~H29)

### (2) 研究分担者

平元 泉 (HIRAMOTO IZUMI)  
秋田大学大学院医学系研究科・保健学専攻・教授  
研究者番号: 60272051 (H27~H29)

### (3) 研究協力者

皆川 洋至 (MINAGAWA HIROSHI)  
城東整形外科・整形外科医

松崎 正史 (MATSUZAKI MASASHI)  
ソニックジャパン株式会社・臨床検査技師

齊藤 明 (SAITOH AKIRA)  
秋田大学大学院医学系研究科・保健学専攻・助教

石郷岡 真巳 (ISHIGOUKA MAMI)  
城東整形外科・トレーナー