

氏名・(本籍)	おお たか まいこ (秋田県) 大 高 麻衣子 (秋田県)
専攻分野の名称	博士 (保健学)
学位記番号	医博甲第18号
学位授与の日付	平成29年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科専攻	医学系研究科 (保健学専攻)
学位論文題名	超音波診断装置を用いた成長期における骨発達の評価と骨発達の関連因子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 平 元 泉 (副査) 教授 山 口 典 子 教授 中 村 順 子

## 論文内容の要旨

### 研究目的

成長スパートの時期は、骨発達に伴う運動器障害のリスクが高い。超音波診断装置による骨発達の報告<sup>1)2)</sup>はあるが、成長スパートの時期の骨発達は明らかにされていない。よって、小学校高学年の児童を対象に、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、成長期の骨発達を明らかにするとともに、骨発達の関連因子を検討する。また、成長期にある子どもの運動器障害の予防に向けて、骨発達に合わせた運動プログラムについて検討する。

### 対象・方法

1. 対象：A県内のB小学校に在籍する小学5年生33名。
2. 調査期間：2014年4月（小5春）、2014年10月（小5秋）、2015年10月（小6秋）の3回、調査を行った。
3. 調査内容・方法：1）質問紙調査：属性（年齢、性別）、スポーツの状況（スポーツ経験、種目、開始年齢、1週のスポート日数、1週のスポート時間）、骨・関節の痛みや治療の状況、第二次性徴（変声、初経）の有無。2）身長・体重測定：調査当日に測定した。増加率をみるために許可を得て、前年度の学校健診のデータを収集した。3）骨・関節の機能と身体の固さ：3m歩行、足踏み、片脚立ち、しゃがみ込み、腕の拳上、腕の屈曲・伸展および内回し・外回し、前屈、後屈の8項目について評価した。4）痛みがある部位および脛骨粗面の圧痛の有無：質問紙調査で痛みの申告があった場合、整形外科

医が診察した。5)右脛骨の発達状況の評価:超音波診断装置(株式会社日立製作所ノブルス,プローブ:18MHz L64)を使用した。整形外科医,臨床検査技師が,座位で膝を90°の屈曲位とした脛骨粗面部を長軸方向で撮影した画像をもとに評価した。(1)脛骨の発達段階:Ehrenborg<sup>3)</sup>の4段階分類を用いてC(軟骨)期,A(骨突起)期,E(骨化前)期,B(骨化)期で判定した。(2)脛骨の軟骨厚:静止画にした画像を元に,脛骨の骨幹端の骨表面と軟骨部分最端との垂直距離を測定した。

4.分析方法:1)属性および背景について,時期ごとに男女別で比較した。2)発達段階:3時期の発達段階を,男女別で割合を比較した。3)軟骨厚:軟骨厚は,Shapiro-Wilk検定で,正規分布しているとみなされ,パラメトリックな分析方法を用いた。発達段階毎の軟骨厚および3時期の軟骨厚について一元配置分散分析を用いて比較した。さらに,3時期における発達段階別の軟骨厚の変化について,二元配置分散分析を用いて比較した。次に3時期の脛骨の軟骨厚を背景別に二元配置分散分析を用いて比較した。統計解析には,SPSS(Ver.24.0,日本IBM社,東京)を用い,有意水準は5%未満とした。

5.倫理的配慮:秋田大学医学系研究科倫理委員会の審査を受け,承認を得た(医総第2142号平成25年11月26日)。C市教育委員会および学校責任者の承諾を得た後,保護者を対象に研究の目的,方法,参加の任意性,不利益からの保護,プライバシー保護の保障,結果公表について文書と口頭で説明した。同意が得られた場合に,児童・保護者から同意書へ署名をしてもらった。

## 結 果

1.脛骨の発達段階:小5春は,C(軟骨)期とE(骨化前)期が同じ割合で,C(軟骨)期では男子,E(骨化前)期では女子の割合が有意に高かった( $p<0.01$ )。小5秋は,全体でE(骨化前)期の割合が半数以上となり,C(軟骨)期では男子,E(骨化前)期では女子の割合が有意に高かった( $p<0.01$ )。小6秋は,全体でE(骨化前)期が約7割であり,A(骨突起)期では男子,E(骨化前)期では,女子の割合が有意に高かった( $p<0.01$ )。B(骨化)期は男女共にいなかった。

2.軟骨厚:発達段階別の軟骨厚は全体で見ると発達段階がすすむごとに軟薄くなっていた。一元配置分散分析の結果,C(軟骨)期,A(骨突起)期の軟骨厚は,E(骨化前)期より有意に厚く( $p<0.01$ ),C(軟骨)期とA(骨突起)期の有意差はみられなかった。個々の変化で見ると,3時期ともに増加した人が11.5%おり,発達段階はいずれも,C(軟骨)期およびA(骨突起)期であった。発達段階別の軟骨厚の3時期の変化について,二元配置分散分析を行った結果,交互作用が有意で( $p<0.01$ )であった。Bonferroniの多重比較の結果,C(軟骨)期は,小5春より小6秋,小5秋より小6秋が有意に厚かった( $p<0.01$ )。E(骨化前)期は,小5秋より小6秋が有意に薄かった( $p<0.01$ )。A(骨突起)期の差は有意ではなかった。

3.軟骨厚の属性別の比較:3時期の軟骨厚について,属性別で二元配置分散分析を行った結果,性別,小5の体重,身長増加量,体重増加量,1日のスポーツ時間で交互作用がみとめられた。小6

秋において、男子 ( $p < 0.01$ )、体重 (小5) が30kg 未満 ( $p < 0.05$ )、身長増加量 (小5春～小6秋) が8cm 未満 ( $p < 0.05$ )、1日のスポーツ時間が3時間以上 ( $p < 0.01$ ) の軟骨厚が厚かった。小5秋および小6秋において、体重増加量 (小5春～小6秋) が5kg 未満の軟骨厚が厚かった ( $p < 0.05$ )。初経の有無は、時期の主効果が有意であり ( $p < 0.05$ )、小5春、小5秋が小6秋より軟骨厚が有意に厚かった ( $p < 0.01$ )。

## 考 察

脛骨の発達段階の割合は、Ehrenborg の調査結果と同様であり、女子の発達が先行するといえる。女子は、男子よりも骨発達が1～2年早く、小3から小4にC (軟骨) 期からA (骨突起) 期になって軟骨厚が厚くなり、小5春から小5秋までにE (骨化前) 期になって軟骨厚が薄くなり、中学1～2年で骨端線閉鎖の時期を迎えると推察される。男子は、小6春から小6秋に約半数、中学以降に約半数がA (骨突起) 期に移行し、中3～高校以降の時期に骨端線閉鎖を迎えると推察される。よって、軟骨厚が厚くなり、骨端部分が脆弱な時期<sup>4)</sup>は、女子は小3～小4、男子は小6～中1頃と推察される。小5秋の体重が平均より重く、小5春から小6秋までの1年半の身長および体重の増加量が多い子どもは、成長のスパート時期を迎え、この時期の軟骨厚は薄くなる。軟骨厚は、体重および体重増加量や身長増加量が関連しており、成長のスパート時期の骨発達が明らかになった。また、1日のスポーツ時間が多い人の軟骨厚が有意に厚いことから、スポーツによる血流の増加が軟骨厚に影響を及ぼしている可能性<sup>5)</sup>がある。今後は、骨端線閉鎖の時期も含めた成長期全体の骨発達の基礎データを蓄積する必要がある。

## 結 論

女子と男子の脛骨の発達段階は、少なくとも1年半以上の差がみられた。軟骨厚は、発達段階がすすむにつれて減少するが、直線的な減少ではなく、軟骨内に骨化核が出現するA (骨突起) 期の少し前から増加し、E (骨化前) 期で徐々に減少していた。軟骨厚は、身長・体重増加量大きい人ほど薄くなっており、成長のスパートと骨発達の関連が明らかになった。また、1日のスポーツ時間が多い人の軟骨厚が厚く、スポーツが骨発達に何らかの影響を及ぼしている可能性が示唆された。成長期の子ども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よって骨発達の時期を予測し、それに応じた具体的な運動プログラムを提供することが重要である。

## 引 用 文 献

- 1) Spannow AH, Pfeiffer-Jensen M et al : Ultrasonographic measurements of joint cartilage thickness

- in healthy children : age and sex related standard reference values. J Rheumatol 37 (12) : 2595-2601, 2010
- 2) 鳥居俊：日本人健康男児の膝関節軟骨厚の発育変化に関する横断的検討. 日本小児整形外科学会雑誌 22(2) : 513-516, 2013
- 3) Ehrenborg G et al : Roentgenologic changes in the Osgood-Schlatter lesion. Acta Chir Scand 121 : 315-327, 1961
- 4) 木島泰明, 皆川洋至・他：成長期のスポーツ障害予防のための新しいアプローチ軟骨内血流のリアルタイム評価. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌 29(1) : 31-36, 2009
- 5) Jones G, Ding C et al : Knee Articular Cartilage Development in Children : A Longitudinal Study of the Effect of Sex, Growth, Body Composition, and Physical Activity. Pediatr Res 54(2) : 230-236, 2003

## 論文審査結果の要旨

要旨：本研究の目的は、小学校高学年の児童を対象に、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、成長期の骨発達を明らかにするとともに、骨発達の関連因子を検討する。また、成長期にある子供の運動器障害の予防に向けて、骨発達に合わせた運動プログラムについて検討することである。小学5年生33名を対象に、小学6年10月までの1年半の期間に3回、データを収集した。超音波診断装置による脛骨の発達段階の評価および軟骨厚の測定によって骨発達を評価し、対象の背景との関連を検討した。その結果、女兒の発達が先行し、発達段階はC（軟骨）期の割合が減少し、E（骨化前）期が増加していた。軟骨厚は、A（骨突起）期の前から増加し、E（骨化前）期で徐々に減少していた。軟骨厚と成長のスパートとの関連が認められた。性別および成長スパートによって骨発達の脆弱な時期を予測し、オーバーユースによる運動器障害を予防するための運動プログラムを提供する必要があることを考察した。本論文の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、文章の簡潔明確性は以下のとおりである。

斬新さ：健康な子どもの骨発達の評価は、X線やMRIなどによる侵襲が大きく、明らかにされていなかった。超音波診断装置を用いることによって、成長期の子どもの骨発達を縦断的に調査したことは評価できる。従来の発達段階に加えて、軟骨厚による評価を試みた点は斬新である。

重要性：脛骨の骨発達について、各発達段階における軟骨厚の変化については報告が少なかった。本研究は、成長期の子どもの骨発達の変化を調査したものとして重要である。成長スパート時期の運動器障害を予測するためには、BMIや運動器の機能や痛みとの関連などの分析をさらに深める必要性が指摘された。スポーツ活動に対する啓発のための運動プログラムの検討につながると考えられる。

研究方法の正確性：超音波診断装置を用いた頸骨の骨発達の評価および軟骨厚の測定には、複数の

専門職の協力を得て評価しており、正確性を高める配慮がなされている。軟骨厚について性別、成長スパートとの関連が分析されている。非利き脚側など左右差を考慮すべきであることについて、若干の課題が指南された。

表現の明瞭性：論文は一貫して簡潔明瞭な文章で書かれており、必要最小限の内容が無駄なく記載され、論理的で説得力の富む構成となっている。

以上から、本論文は学位を授与するのに十分値する研究と評価された。

