

小中学生のスポーツ障害発生に運動量や成長，下肢形態および柔軟性が及ぼす影響に関する検討

千葉大学大学院 赤木 龍一郎
(共同研究者) 同 小川 裕也
同 小野 嘉允
千葉大学 山口 智志
同 佐粧 孝久

Risk Factors for Knee Pain in Children and Adolescents

by

Ryuichiro Akagi, Yuya Ogawa, Yoshimasa Ono
*Department of Orthopaedic Surgery,
Graduate School of Medicine, Chiba University*
Satoshi Yamaguchi
*College of Liberal Arts and Sciences,
Chiba University*
Takahisa Sasho
*Center for Preventive Medical Sciences,
Chiba University*

ABSTRACT

Risk factors for knee pain in children and adolescents in the age between 10 to 15 years old were investigated. 835 subjects without knee pain were included. Factors for lower limb tightness, lower limb alignment were measured at baseline, and growth rate was calculated by monitoring height three times per year. A survey for physical activity and occurrence of knee pain was conducted every month by a self-reported

questionnaire. New-onset knee pain was used as the objective variable, and school year, sex, growth rate, physical activity calculated by HSS Pedi-FABS, intercondylar distance, quadriceps angle, foot posture index, heel buttock distance, straight leg raise angle, and ankle dorsiflexion angle were used as explanatory variable to perform multiple logistic regression analysis. Higher school grade and higher physical activity were significant factors to predict occurrence of knee pain.

要 旨

本研究の目的は、前向き縦断研究によって小学3年生から中学3年生において膝痛を新規に発症する危険因子を解明することである。5月時点で膝痛を認めなかった835名を対象に、下肢柔軟性や下肢形態を評価するとともに、年に3回の身体測定を行い身長の変化率を算出した。さらに毎月の自己記入式アンケートによって運動量と膝痛の有無を調査した。5月から1月までの膝の新規疼痛発症の有無を目的変数とし、学年、性別、身長の変化率、HSS Pedi-FABSに換算した活動量、大腿骨内側顆間距離、Q角、foot posture index、踵臀距離、下肢伸展挙上角、足関節背屈角度を説明変数として多変量解析を行った。小学3年生に比べて小学6年生と中学3年生で膝痛の発症が多く、活動量が高いほど膝痛の発症率が高かった。年齢と活動量が膝痛の新規発症について危険因子となることが示唆された。

緒 言

平成28年度より、学校定期健診において運動器検診が義務化された。本検診では運動・スポーツ活動や治療歴などの情報収集を行うとともに、従来行われていた脊柱側弯症の検診に加えて腰部・四肢の可動域制限や疼痛の有無、さらに片脚立ちやしゃがみこみの可否を検査する。一般的には運動器検診保険調査票を用いて事前に保護者が児童生徒の状態を確認した上で、チェックされた

項目について学校医が確認、異常がある場合に事後措置として整形外科医の受診を勧める方式が取られている¹⁾。これにより、小児における運動器の健康状態を把握し、運動器疾患や障害を早期発見することが期待されているが、運動器障害の危険因子を同定し予防することは依然として困難である。

10～14歳の成長期には、膝を中心として下肢の痛みが多く発生することが知られ、オスグッド・シュラッター病²⁾はその代表疾患の一つである。大腿四頭筋による繰り返しの牽引負荷が成長途中で力学的に弱い脛骨粗面の成長軟骨に加わることが主たる病態とされ、同様の機序で脛骨粗面だけでなく膝蓋骨の上下にも疼痛や圧痛を生じることが珍しくない。しばしば学校生活やスポーツ活動の妨げとなるこうしたスポーツ障害の発生に関わる因子として、運動量や下肢形態（扁平足やX脚など）、成長期における柔軟性の低下などが考えられている³⁾。なかでも、成長期に身長の伸びとともに筋の柔軟性が低下することで筋緊張が増し、成長軟骨に負荷がかかることが危険因子と考えられ、日常診療においてはストレッチ体操が指導されることが多い。一方で、柔軟性は高いのにオスグッド・シュラッター病などの膝痛を発症する場合も多く、またストレッチ体操によって柔軟性は必ずしも改善しないまま、安静期間を設けるだけで症状が軽快する例もしばしば経験する。

膝痛などの下肢スポーツ障害の発生原因に関して柔軟性を指摘する過去の研究は、多くがすでに

疼痛を発症した患者を対象とした横断あるいは後ろ向き研究であり、年齢分布も均一でない小さなコホートを対象としているものがほとんどである⁴⁻⁶⁾。そのため、「体が硬いから痛くなる」のか「痛いから体が硬くなる」のかは不明である。また、複数の因子を包括的に解析した研究は乏しい。危険因子が明らかになっていないため、有効な予防策を講じることが難しいのが現状である。そこで本研究では、小中学生においてそれまでにみられなかった膝痛が新規に発症する危険因子の解明を目的とし、運動量や下肢柔軟性、下肢形態、身長の変化率など複数因子に関して、膝の疼痛発症との関連を前向き縦断研究により検討した。

1. 方法

1.1 対象

平成28年度に本学附属小中学校で小学校3年生以上に進級した児童生徒894名のうち、運動器検診を受診し、文書に基づく説明を行い保護者から研究参加の同意が得られた者は883名であった。そのうち、5月の運動器検診の時点で膝痛を訴えた48名を除外した835名（男子406名、女子429名）を対象とした（図1）。本研究は千葉大学において倫理審査委員会の承認を得て行った。

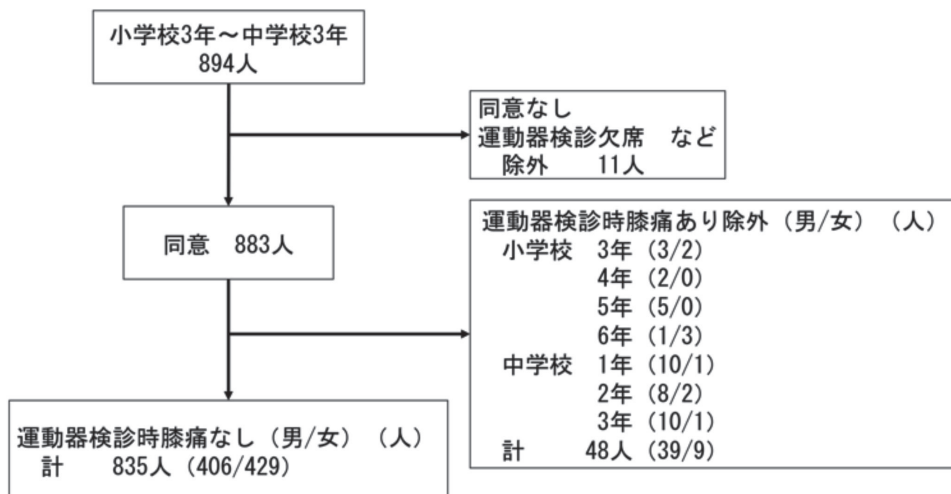


図1 対象の選択

1.2 研究手順

5月に学校で施行した運動器検診の際に、整形外科医による直接検診で全児童生徒を検査し、下肢痛の有無に加えて下肢柔軟性、関節弛緩性、下肢形態（アライメント）に関する項目について測定・評価を行った。また、5月、10月、1月に3回身体測定を行い、身長の変化率（%）を算出した。その後毎月一回のアンケート調査を行い、過去一ヶ月間の運動量（種目、時間）および膝痛の有無を調査した。

1.3 運動器検診時の測定・評価項目

1.3.1 膝痛の有無

問診と触診により膝蓋骨上極、下極、脛骨粗面の疼痛あるいは圧痛の有無を評価した。

1.3.2 下肢柔軟性

下肢柔軟性の指標として、踵臀距離（heel buttock distance: HBD, cm）、下肢伸展拳上角（straight leg raise: SLR, °）、膝伸展位での足関節背屈角（knee extension ankle dorsiflexion: KEDF, °）、膝屈曲位での足関節背屈角（knee flexion ankle dorsiflexion: KFDF, °）を計測した。

1.3.3 関節弛緩性

関節弛緩性の指標として①母指以外の手指が中

手指節関節で他動的に90°以上背屈するか(左右片側陽性で各1点), ②他動的に手関節掌屈および母指掌側外転した際に母指が前腕屈側につくか(左右片側陽性で各1点), ③肘関節が10°以上過伸展するか(左右片側陽性で各1点), ④膝関節が10°以上過伸展するか(左右片側陽性で各1点), ⑤立位体前屈で両手掌が完全に床につくか(1点), の5項目からなる Beighton score⁷⁾を用いた。①から④の項目は左右で各1点, ⑤は陽性であれば1点と評価され, 合計9点の評点を得る。算出された合計点数が5点以上のものを関節弛緩性ありとした。

1. 3. 4 下肢形態(アライメント)

下肢形態の指標としてO脚, X脚の有無を評価するため, 下肢を揃えて立った姿勢での膝関節間距離(intercondylar distance: ICD, cm)あるいは足関節内果間距離(intermalleolar distance: IMD, cm)を計測した。ICDが3cm以上であればO脚(内反膝)とし, IMDが3cm以上であればX脚(外反膝)と判定した^{8,9)}。また, 上前腸骨棘と膝蓋骨中心を結ぶ直線と, 膝蓋骨中心と脛骨粗面を結ぶ直線のなす角(quadriceps angle: Q角, °)を計測した。さらに, 足部形態の評価にはfoot posture index (FPI)¹⁰⁾を用いた。FPIは①足関節前方における距骨頭内外側の突出, ②足関節外果近位および遠位のカーブ, ③踵骨内外反, ④足関節内側での距舟関節突出, ⑤内側縦アーチ, ⑥前足部の内外反, の6項目をそれぞれ-2点から2点で評価するものである。評点の合計が低いほど(最低-12点)内反凹足となり, 高いほど(最高12点)外反扁平足となる。

1. 4 毎月の運動量および膝痛の有無に関する自己記入式アンケート調査

1. 4. 1 運動量

各学年の一ヶ月間の体育における実施内容と時間に関する情報を学校から入手した。また, 体育

以外の運動については毎月の自己記入式アンケートにて運動の内容(種目)と一週間に行った時間数を調査した。運動は2時間を1回分の単位として, ①走る運動, ②急激な方向転換を伴う運動, ③急激な減速を伴う運動, ④片足を軸に方向転換を行う(ピボット)運動, ⑤自分でやりたいだけ続ける運動, ⑥1時間休憩することなく継続する運動, をそれぞれどの程度行ったか, また勝敗を伴う競技性の有無やコーチ・監督の指導の有無により採点し, The Hospital for Special Surgery Pediatric Functional Activity Brief Scale (HSS Pedi-FABS)¹¹⁾に換算した。HSS Pedi-FABSは合計30点満点で算出され, 点数が高いほど活動量が多いことを示す。

1. 4. 2 膝痛の有無

膝のシェーマを用いて膝蓋骨上極, 下極, 脛骨粗面を図示し, 該当する部位の自発痛および圧痛の有無を調査した。左右いずれかの膝においてシェーマに図示されたいずれかの箇所に疼痛を有すると回答したものを膝痛ありと判定した。

1. 5 統計解析

5月の運動器検診時点で膝痛がなく, その後のアンケート調査で1月までの期間に一度でも膝痛ありと判定されたものを膝痛の新規発症ありと定義した。膝痛の新規発症の有無を目的変数とし, ①学年, ②性別, ③身長の変化率(%), ④HSS Pedi-FABS合計点, ⑤Beighton score, ⑥ICD(cm), ⑦IMD(cm), ⑧Q角(°), ⑨FPI合計点, ⑩HBD(左右平均, cm), ⑪SLR(左右平均, cm), ⑫KEDF(左右平均, °), ⑬KFDF(左右平均, °)を説明変数とする多重ロジスティック回帰分析を行った。学年, 性別は名義変数とし, 上記の測定・評価項目のうち身長の変化率, HBD, SLR, KEDF, KFDF, HSS Pedi-FABS, Q角, FPI合計点を連続変数, Beighton scoreは5以上を陽性, ICDおよびIMDはそれぞれ3cm以上で

あれば陽性として、陽性あるいは陰性の二値変数として解析に用いた。各説明変数の解析では、名義変数についてはカテゴリの頻度及び割合を膝痛の有無ごとに算出した。連続変数については膝痛の有無ごとに平均値及び標準偏差を算出した。膝痛の有無の比較には、名義変数については χ^2 乗検定（必要に応じて Fisher の確率計算法）、連続変数については Student の t 検定（必要に応じて Welch の t 検定）により解析を行った。有意水準は両側 5% とし、信頼区間は 95% 信頼区間を算出した。

2. 結果

5月の運動器検診時点で膝痛を認めなかった対象は小学生（3年～6年）421名、中学生（1年～3年）414名であり、性別は女子429名(51.4%)、男子406名(48.6%)であった。平均身長は148.2±12.5cm、平均体重は39.5±10.3kgであった。各変数のベースライン（5月）における要約統計量を表1に示す。1月までの疼痛の新規発症を目的変数とした各説明変数の単変量解析の結果、男子、高身長、高体重、高い活動量（HSS Pedi-FABS）、高いHBD、が統計学的に有意差を

示した（表2）。

ロジスティック回帰分析において、Beighton score および IMD に関しては度数の偏りが大きかったため説明変数から除外した。さらに目的変数・説明変数が一つ以上欠測している対象を除外し、最終的に777例のデータが用いられた。多重ロジスティック回帰分析の結果、学年別では小学3年生に対して小学6年生と中学3年生において有意に新規発症が多かった。また、HSS Pedi-FABS の増加は有意に新規発症に関連したが、単位オッズ比は1.041であった。性別、ICD、Q角、FPI、HBD、SLR、KEDF、KFDFでは有意差が認められなかった（図2）。

表1 運動器検診時点で膝痛を認めなかった対象における要約統計

量名義変数は陽性と判定されたサンプル数とその割合(%), 連続変数は平均値 ± 標準偏差

変数	要約統計量
Beightonscore (5以上)	9 (1.1%)
ICD (3cm以上)	153 (18.3%)
IMD (3cm以上)	18 (2.2%)
Q角 (°)	11.7±3.3
FPI	3.0±2.3
HBD (cm)	1.1±2.6
SLR (°)	80.2±11.4
KEDF (°)	11.9±5.3
KFDF (°)	21.3±6.9

表2 1月までの新規膝痛発症と各説明変数の関連
名義変数はサンプル数とその割合(%), 連続変数は平均値 ± 標準偏差

変数	疼痛なし n=647	疼痛あり n=168	p値
学校			
小学校	336 (51.9)	84 (50)	0.655
中学校	311 (48.1)	84 (50)	
性別			
女	352 (54.4)	68 (40.5)	0.001
男	295 (45.6)	100 (59.5)	
身長 (cm)	150.8±11.6	154.1±11.7	0.001
体重 (kg)	41.9±10.8	44.1±11.3	0.022
HSS Pedi-FABS	9.6±8.5	12.3±8.9	<0.01
Beighton score			
5以上	639 (98.8)	167 (99.4)	0.694
4以下	8 (1.2)	1 (0.6)	
ICD (cm)			
3以上	535 (82.7)	129 (76.8)	0.079
3未満	112 (17.3)	39 (23.2)	
IMD (cm)			
3以上	630 (97.4)	168 (100.0)	0.031
3未満	17 (2.6)	0 (0.0)	
Q角 (°)	11.8±3.3	11.6±3.1	0.560
FPI	3.0±2.3	3.2±2.4	0.386
HBD (cm)	0.9±2.3	1.5±3.3	0.034
SLR (°)	80.6±11.4	79.6±11.2	0.302
KEDF (°)	12.1±5.4	11.4±5.3	0.089
KFDF (°)	21.4±6.9	21.0±6.8	0.507

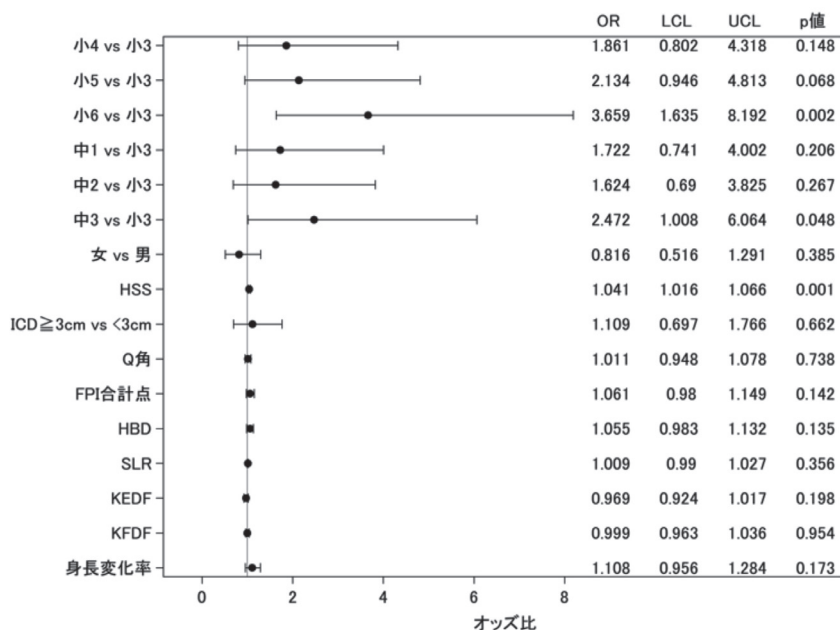


図2 多重ロジスティック回帰分析におけるオッズ比推定とWaldによる95%信頼区間
HSS : HSS Pedi-FABS

3. 考察

本研究では、小学3年生から中学3年生までの児童生徒において膝痛を新規に発症する危険因子の解明を目的とし、学年、性別、活動量、下肢アライメント、下肢柔軟性との関連を検討した。解析の結果、小学3年生に対して小学6年生および中学1年生で膝痛の新規発症が多く、年齢が危険因子となる可能性が示された。また、活動量が増えると膝痛の新規発症が増えることが示唆された。一方で、性別や下肢アライメント、下肢柔軟性と膝痛の新規発症との間に有意な関連はみられなかった。

10～14歳の成長期には膝伸展機構に繰り返し加わる負荷により、膝蓋骨上極・下極や脛骨粗面などに疼痛を生じるスポーツ障害が好発する¹²⁾。我々は小学3年生から中学3年生を対象とした横断的研究では全体の5.6%が膝痛を有し、その有症率は中学生で増加すること、また男女比は約4:1で男子に多いことを報告した¹³⁾。これまでオス

グッド・シュラッター病をはじめとする膝スポーツ障害の危険因子としては性別、活動量、大腿四頭筋のタイトネス、下肢形態などが指摘されているが^{6, 14)}、多くの報告が横断研究に基づくものである⁴⁾ため発症の原因となる因子であるか否かは明らかでなかった。サッカー選手を対象とした近年の前向き研究では身長、体重、下肢タイトネスなどが指摘されている^{4, 15)}。特定のスポーツ活動に限定しない一般的な小学生を対象とした大規模前向き縦断研究である本研究の結果からは、性別や柔軟性、下肢形態では明らかな関連が見られず、年齢と活動量が最も重要な因子であることが示唆された。柔軟性や下肢形態と比べ、活動量は部活やクラブの指導者によりある程度調整することが可能であるため、疼痛発症の危険因子となる活動量のカットオフ値が明らかとなれば、予防策の構築につながることを期待される。

本研究の強みは毎月のアンケートにより、調査までの間で改善してしまう症状の見落としが少なくなることである。一年おきに膝痛の有無を調査

する場合、調査を行ったタイミングで症状が改善していると見落とされる可能性があり、実際の発症状況を正確に捉えられない可能性がある。一方で本研究の限界は膝痛の発症の判定が児童生徒本人による自己記入式アンケートであるため、診断が不正確となる可能性があることである。児童生徒本人が圧痛や疼痛を過小評価している可能性や、逆にいわゆるスポーツ障害ではない膝関節痛、打撲などによる疼痛も抽出されている可能性がある。この影響を最小限にするため、事前に写真付きのプリントで児童生徒に説明を行うとともに、アンケート用紙にはシェーマで圧痛を確認する部位を明示している。また、毎月のアンケートを繰り返すことで回答に慣れ、想起バイアスが最小限にできると考えている。

本学では平成 29 年度以降も運動器検診と毎月のアンケート調査を継続している。これにより、身長体重の変化や活動量の変化、症状の有無を個別の児童生徒について縦断的に調査することが可能であり、さらなる解析によってこの年代における膝痛の危険因子の解明が期待される。

4. 結 語

小学 3 年生から中学 3 年生までの期間に生じる膝前面痛は、年齢が上がるほど、また活動量が増すほど新規発症率が高かった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜った公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。また、統計解析を担当いただいた東京慈恵会医科大学臨床研究支援センター講師の高橋翔先生をはじめ、検診業務に協力いただいた千葉大学教育学部附属小中学校の先生方ならびに千葉大学大学院医学研究院整形外科学の大学院生に感謝いたします。

文 献

- 1) 運動器の健康・日本協会. 学校での運動器検診の手引き, Available at: http://www.bjd-jp.org/medicalexamination/guide_0.html(2018)
- 2) Osgood R.B., Lesions of the tibial tubercle occurring during adolescence. 1903, *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 4-9 (1993)
- 3) Gerrard D.F., Overuse injury and growing bones: the young athlete at risk, *Br. J. Sports Med.*, 27, 14-8 (1993)
- 4) Nakase J. et al., Precise risk factors for Osgood-Schlatter disease, *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 135, 1277-1281 (2015)
- 5) Taanila H. et al., Risk factors of acute and overuse musculoskeletal injuries among young conscripts: a population-based cohort study, *BMC Musculoskeletal Disord.*, 16, 104 (2015)
- 6) de Lucena G.L., dos Santos Gomes C. Guerra R. O., Prevalence and associated factors of Osgood-Schlatter syndrome in a population-based sample of Brazilian adolescents, *Am. J. Sports Med.*, 39, 415-20 (2011)
- 7) Beighton P., Solomon L., Soskolne C.L., Articular mobility in an African population, *Ann. Rheum. Dis.*, 32, 413-8 (1973)
- 8) Kaspiris A., Zaphiropoulou C., Vasiliadis E., Range of variation of genu valgum and association with anthropometric characteristics and physical activity: comparison between children aged 3-9 years, *J. Pediatr. Orthop. B.*, 22, 296-305 (2013)
- 9) Shohat N., Machluf Y., Farkash R., Finestone A. S., Chaïter Y., Clinical Knee Alignment among Adolescents and Association with Body Mass Index: A Large Prevalence Study, *Isr. Med. Assoc. J.*, 20, 75-79 (2018)
- 10) Keenan A.M., Redmond A.C., Horton M., Conaghan P.G., Tennant A., The Foot Posture Index: Rasch Analysis of a Novel, Foot-Specific Outcome Measure, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 88, 88-93 (2007)
- 11) Fabricant P.D. et al., Development and Validation of a Pediatric Sports Activity Rating Scale: The Hospital for Special Surgery Pediatric Functional Activity Brief Scale (HSS Pedi-FABS). *Am. J. Sports Med.*, 41, 2421-9 (2013)
- 12) Cassas K.J., Cassettari-Wayhs A., Childhood and

- adolescent sports-related overuse injuries, *Am. Fam. Physician*, **73**, 1014–1022 (2006)
- 13) 赤木龍一郎 et al. 小中学生における下肢柔軟性と膝および踵部の疼痛有病率の関係に関する横断的解析. *JOSKAS*, **43**, 554–555 (2018)
- 14) Greco F., Gigante E., Bevilacqua C., Bonetti M.G., Increased tibial torsion in adolescents with osgood-schlatter disease. 431–436 *74* (4) (2003)
- 15) Watanabe H. et al., Pathogenic Factors Associated With Osgood-Schlatter Disease in Adolescent Male Soccer Players: A Prospective Cohort Study, *Orthop. J. Sport. Med.*, **6**, 1–8 (2018)