大殿筋および股関節外旋筋群への静的ストレッチングは しゃがみこみ動作に影響を及ぼすか

Effect of Static Stretching of the Gluteus Maximus and Hip External Rotators on Squat Performance

田城 翼¹⁾ 浦辺 幸夫¹⁾ 内山 康明²⁾ 山下 大地³⁾
前田 慶明¹⁾ 笹代 純平¹⁾ 吉田 遊子⁴⁾

TSUBASA TASHIRO, RPT¹⁾, YUKIO URABE, RPT, PhD¹⁾, KOMEI UCHIYAMA, RPT²⁾, DAICHI YAMASHITA, RPT³⁾,
NORIAKI MAEDA, RPT, PhD¹⁾, JUNPEI SASADAI, RPT, PhD¹⁾, YUKO YOSHIDA, RPT⁴⁾

¹⁾ Graduate School of Biomedical & Health Sciences, Hiroshima University: 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima
734-8553, Japan TEL +81 82-257-5405 E-mail: tsubasatashiro716@hiroshima-u.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Saiseikai Karatsu Hospital

³⁾ Department of Rehabilitation, Hagiwara Central Hospital

⁴⁾ Faculty of Rehabilitation, Kyushu Nutrition Welfare University

Rigakuryoho Kagaku 33(6): 935-940, 2018. Submitted Jun. 18, 2018. Accepted Aug. 1, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] To examine the effect of static stretching of the gluteus maximus and hip external rotators on squat performance. [Participants and Methods] A total of 26 healthy university students with difficulty in performing full-depth squat were divided into 2 groups: stretching the gluteus maximus (SGM, 13); and stretching the hip external rotators (SER, 13). Both groups previously performed self-stretching for 1 week. On measurement, their hip flexion angles when squatting and when resting, in addition to their finger-floor and interbody distances, were calculated. [Results] After intervention, 3 SGM and 9 SER group members became able to perform full-depth squat. The increase in the hip flexion angle when squatting was more marked in the SER compared with SGM group. [Conclusion] SER may be more effective than SGM to become able to perform full-depth squat.

Key words: full-depth squat, stretching, hip flexion angle

要旨:〔目的〕大殿筋および股関節外旋筋群への静的ストレッチングがしゃがみこみ動作に及ぼす影響を検証した。〔対象と方法〕対象はしゃがみこみ動作が不可能な健康大学生 26 名として、大殿筋のストレッチングをする群 (SGM 群) 13 名と、股関節外旋筋群のストレッチングをする群 (SER 群) 13 名に分けた。セルフストレッチングを各群で 1 週間実施し、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度、安静時股関節屈曲角度、指床間距離、椎体間距離を測定した。〔結果〕介入後、しゃがみこみ動作が可能となった者は SGM 群 3 名、SER 群 9 名であった。SER 群は、SGM 群と比較して、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度が有意に増加した。〔結語〕SER は、SGM に比べてしゃがみこみ動作の獲得に効果が期待できることが示された。

キーワード: しゃがみこみ動作、ストレッチング、股関節屈曲角度

¹⁾ 広島大学大学院 医歯薬保健学研究科: 広島県広島市南区霞 1-2-3 (〒734-8553) TEL 082-257-5405

²⁾ 済生会唐津病院 リハビリテーション科

³⁾ 萩原中央病院 リハビリテーション科

⁴⁾ 九州栄養福祉大学 リハビリテーション学部

I. はじめに

しゃがみこみ動作 (full squatting motion) は、股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈運動を最終可動域近くまで行う必要がある。平成 28 年度から、全国の小中学校および高等学校で行われる運動器検診で、下肢の柔軟性を評価するチェック項目の一つとして用いられている¹⁾。平成 19 年度から平成 27 年度にかけて、小中学生 54000 人を対象として実施された運動器検診では、全体の約 10% の児童および生徒がしゃがみこみ動作が不可能であったとされ、若年者の将来的な運動器症候群が懸念されている²⁾。また、野球およびサッカー選手を対象とした研究では、しゃがみこみ動作が不可能な選手は可能な選手と比較して、下肢の障害発生率が高かったとしており、しゃがみこみ動作とスポーツ障害に関係があることが示されている³⁾。これらのことから、しゃがみこみ動作を可能にすることは、下肢の柔軟性の低下によって引き起こされる様々な障害を予防するという面から重要な課題であると考えられる。

しゃがみこみ動作の不可能な者 (以下、不可能者) は、しゃがみこみ動作の可能な者 (以下、可能者) と比較して、しゃがみこみ動作時の足関節背屈角度が低値であるといわれている⁴⁾。しかし、しゃがみこみ動作時の足関節背屈角度を 10° 以上有する者のなかに可能者と不可能者が混在し、不可能者は腰椎屈曲角度には差を認めなかったものの、指床間距離 (Finger Floor Distance: 以下、FFD) と、しゃがみこみ動作時の骨盤の後方偏移最大値で有意な差が認められたとされている⁵⁾。このことは、しゃがみこみ動作を獲得するための因子として、体幹屈曲可動域や足関節背屈可動域以外に股関節屈曲可動域も関与している可能性があることを示唆している。つまり、しゃがみこみ動作の獲得には、股関節屈曲可動域にも焦点を当てる必要があると考えられるが、股関節屈曲可動域を改善させるための介入が、しゃがみこみ動作に及ぼす影響は不明である。

股関節屈曲位では、股関節伸展作用のある大殿筋は、他動的に引き伸ばされ、伸張されている状態になる⁶⁾。一方で、股関節外旋筋群も、股関節外旋作用の他に股関節伸展作用があり、股関節屈曲により伸張位になるとされている⁷⁾。したがって、この 2 つの筋の短縮は、股関節屈曲運動の制限因子として予想されるため、これらに対するストレッチングは股関節屈曲可動域を増加させると考えられる。

本研究の目的は、しゃがみこみ動作時の足関節背屈角度は 10° 以上あるが、しゃがみこみ動作が不可能な者に対して、股関節屈曲可動域の増加を目的とした大殿筋および股関節外旋筋群へのストレッチングがしゃがみこみ動作に及ぼす影響を確認することとした。仮説は、股関節屈曲可動域が増加した場合、しゃがみこみ動作が可能

となるとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、不可能者のうち、しゃがみこみ動作時の足関節背屈角度が 10° 以上の健常大学生で、男性 17 名 (年齢 19.8 ± 1.3 歳, 身長 172.0 ± 6.1 cm, 体重 65.8 ± 8.3 kg, BMI 22.3 ± 2.4 kg/m²: 平均 $\pm$ 標準偏差) と女性 9 名 (年齢 20.2 ± 1.0 歳, 身長 155.9 ± 3.3 cm, 体重 50.3 ± 7.6 kg, BMI 20.7 ± 2.7 kg/m²: 平均 $\pm$ 標準偏差) の計 26 名とした。

対象を、性別を基準とした層別ランダム化により、大殿筋のストレッチング (Stretching of the Gluteus Maximus: 以下、SGM) をする群 (以下、SGM 群) 13 名 (男性 8 名, 女性 5 名, 年齢 19.8 ± 1.0 歳, 身長 167.4 ± 10.0 cm, 体重 60.4 ± 10.4 kg, BMI 21.4 ± 2.2 kg/m²: 平均 $\pm$ 標準偏差) と股関節外旋筋群のストレッチング (Stretching of the Hip External Rotator Muscles: 以下、SER) をする群 (以下、SER 群) 13 名 (男性 9 名, 女性 4 名, 年齢 19.8 ± 1.2 歳, 身長 165.1 ± 8.6 cm, 体重 60.3 ± 11.3 kg, BMI 21.9 ± 3.0 kg/m²: 平均 $\pm$ 標準偏差) に無作為に分けた。

本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき、研究の目的および研究方法を十分に説明し、書面にて同意を得られたものを対象とした。

2. 方法

ストレッチング方法は、対象自身によるセルフストレッチングで、種類は静的ストレッチングとした。強度は、対象自身が、筋の伸張により疼痛を感じる直前とした。SGM は、背臥位で左股関節屈曲、内転、膝関節屈曲し、右上肢で左膝窩を把持して、頭側へ引きあげる方法 (図 1 上) とした。SER は、背臥位で右股関節、膝関節を屈曲、左股関節を開排し左足部を右大腿前部に乗せ、右膝関節を頭側へ引きあげる方法 (図 1 下) で行い、どちらのストレッチングも左右両側で実施させた。これらのストレッチングを対象に個別に指導し、左右それぞれ 30 秒⁸⁾ $\times$ 5 回 (1 回ごとに休憩 30 秒) を 1 日 1 回、1 週間の計 7 回を実施させた。対象に自己チェック表を配布し、ストレッチング実施の有無を記入するように指示した。

ストレッチング前後の測定項目は、SGM および SER の効果の指標として、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度、安静時股関節屈曲角度、FFD を測定した。また、SGM および SER による腰背部筋への影響の有無を確認するために、椎体間距離を測定した。

しゃがみこみ動作は、静止立位から開始し、股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈の最終可動域での、姿勢保

図1 左側ストレッチングの例(上:SGM, 下:SER)

SGM (Stretching of the Gluteus Maximus) の方法は、背臥位で左股関節屈曲、内転、膝関節屈曲し、右上肢で左膝窩を把持して頭側へ引きあげる。

SER (Stretching of the Hip External Rotator Muscles) の方法は、背臥位で右股関節、膝関節を屈曲、左股関節を開排し左足部を右大腿前部に乗せ、右膝関節を頭側へ引きあげる。

持の可否を判定した。しゃがみこみ動作の開始肢位は、両肩関節 90° 屈曲位、肘関節完全伸展位とし、両膝関節内側および足関節内側をそれぞれ接触させた肢位と規定した。開始肢位からゆっくりとしゃがみこみ動作を行い、踵部を離床せず、20 秒間姿勢保持できた者を可能者、保持できなかった者を不可能者とした(図2)。しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度の測定は、肩峰、大転子、膝関節裂隙にマーカーを貼付し、矢状面からしゃがみこみ動作の最終域での姿勢をデジタルカメラ(Fine Pix S 8400, FUJI-FILM 社製)を用いて撮影した。画像分析ソフト(ImageJ, アメリカ国立衛生研究所)を使用し、撮影した写真上で肩峰-大転子-膝関節裂隙のなす角から、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度を測定した。

安静時股関節屈曲角度は、日本リハビリテーション医学会および日本整形外科学会が提唱する「関節可動域表示ならびに測定法」に準じ⁹⁾、同一検者が東大式角度計(TTM-KO, 酒井医療社製)を用いて測定した。FFD は、安静時股関節屈曲角度と同様の測定法により⁹⁾、指先が床面に達していない場合はマイナスで表記した。椎体間距離は、テープメジャーを用い、第7頸椎棘突起-第5腰椎棘突起間の距離を測定した。FFD 時の測定値から静止立位時の測定値を引いた値を、椎体間距離の差とした。

統計解析には、SPSS ver.23.0 J for Windows (IBM 社製)を用いた。介入前における群間の各測定項目のベースラインを比較するため、対応のない t 検定を行った。測定項目ごとに、介入方法(2種類のストレッチング方

図2 しゃがみこみ動作の例(左:可能者, 右:不可能者)

しゃがみこみ動作の開始肢位は、両肩関節 90° 屈曲位、肘関節完全伸展位とし、両膝関節内側および足関節内側をそれぞれ接触させた肢位と規定した。開始肢位からゆっくりとしゃがみこみ動作を行い、踵部を離床せず、股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈の最終可動域で、20 秒間姿勢保持できた者を可能者、保持できなかった者を不可能者とした。

法)と測定時期(介入前・後)の二要因による二元配置分散分析を行った。交互作用が認められた測定項目については、介入方法の違いを比較するために、群間の介入後の値で対応のない t 検定を実施した。群別と男女別のしゃがみこみ動作の可否の検討には、Pearson の χ^2 検定を用いた。なお、有意水準は 5%とした。

III. 結果

各測定値の結果を表1に示した。1週間のセルフストレッチングの実施回数は、SGM 群 6.2 ± 1.0 回、SER 群 6.5 ± 1.0 回で、群間に有意な差は認められなかった。ベースラインにおける各測定項目はいずれも、群間で有意な差を認めなかった。しゃがみこみ動作時股関節屈曲角度、安静時股関節屈曲角度、FFD、椎体間距離の差は、測定時期に主効果を認めた。また、しゃがみこみ動作時股関節屈曲角度では、交互作用を認めた。さらに、介入後のしゃがみこみ動作時股関節屈曲角度は、SGM 群 $150.2 \pm 9.0^\circ$ 、SER 群 $158.0 \pm 6.0^\circ$ であり、SER 群が有意に高値を示した。

群別のしゃがみこみ動作の可否を表2に示した。可能者は26名中12名(SGM 群13名中3名、SER 群13名中9名)、不可能者は26名中14名(SGM 群13名中10名、SER 群13名中4名)であった。SER 群は介入後、可能者数が不可能者よりも有意に多かった。

男女別のしゃがみこみ動作の可否を表3に示した。可能者は男性17名中9名(SGM 群2名、SER 群7名)、女性9名中3名(SGM 群1名、SER 群2名)であった。男女間で、可能者数に有意な差は認められなかった。

表1 群間での介入前後の各測定値の比較

実施回数 (回)	しゃがみこみ動作時 股関節屈曲角度 (°)*†		安静時股関節屈曲角度 (°)*		FFD (cm) *		椎体間距離の差 (cm) *		
	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	
SGM 群	6.2 ± 1.0	144.3 ± 12.3	150.2 ± 9.0	131.2 ± 6.2	135.0 ± 4.3	-4.1 ± 9.1	2.6 ± 7.8	8.4 ± 2.0	10.8 ± 3.6
SER 群	6.5 ± 6.7	142.9 ± 14.3	158.0 ± 6.0	131.9 ± 7.5	139.2 ± 5.3	0.5 ± 6.7	7.4 ± 5.9	8.2 ± 2.4	9.0 ± 2.3

平均値 ± 標準偏差。*: 測定時期の主効果 ($p < 0.05$), †: 交互作用 ($p < 0.05$). SGM: Stretching of the Gluteus Maximus, SER: Stretching of the Hip External Rotator Muscles, FFD: Finger Floor Distance.

表2 介入後の群間でのしゃがみこみ動作の可否の分布

	可能者数 (%)	不可能者数 (%)	p 値
SGM 群	3 (23.1)	10 (76.9)	0.018
SER 群	9 (69.2)	4 (30.8)	

IV. 考 察

本研究の目的である股関節屈曲可動域を増加させるためのストレッチングがしゃがみこみ動作へ及ぼす影響について述べる。本研究の結果から、筆者らの仮説のように、股関節屈曲可動域の増加によってしゃがみこみ動作は可能となったことが確認できた。対象は、規定のセルフストレッチングを全員実施できた。しかし、しゃがみこみ動作が可能となった者は、全対象26名中12名であったことから、1週間という介入期間ではしゃがみこみ動作におよぼす効果が不十分であったことが考えられた。

しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度は、主効果と交互作用を認め、SER 群がSGM 群に比べて、介入後に高値を示した。股関節外旋筋群のなかでも、梨状筋は仙骨前面から大転子先端の後縁、内閉鎖筋は骨盤内面の閉鎖孔周囲から大転子の転子窩に付着している¹⁰⁾。筋の走行から、これらの2筋は、股関節外旋作用に加えて股関節伸展作用も有するとされている¹¹⁾。先行研究では、股関節屈曲時に、大殿筋の伸張はわずかであったことに対して、股関節外旋筋群は強く伸張され、特に梨状筋と内閉鎖筋の短縮は、股関節屈曲の大きな制限因子となっている¹¹⁾。また、梨状筋は、股関節屈曲角度によって作用が異なる筋である¹²⁾。股関節最大屈曲位では、股関節内旋作用をもち、股関節外旋方向への制限因子となっていた可能性も考えられる。よって、大殿筋よりも股関節外旋筋群の方が、股関節屈曲を制限する可能性が高いことが予測された。そのため、SERはSGMと比較して、股関節屈曲可動域の増加に強く関与することが考えられ、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度を増加させるストレッチング効果が高いと推察した。

ストレッチング効果の指標の一つであるFFDは、測定時期に主効果を認めたものの、交互作用は認められなかった。FFDに影響を及ぼす因子として、腰背部筋と

ハムストリングの伸張性、骨盤前傾角度が指摘されている^{13,14)}。今回、ハムストリングスの伸張を目的とした介入を行っていないことから、腰背部筋の伸張性と骨盤前傾角度の増加がFFDの変化に関与したことが考えられる。測定項目の一つである椎体間距離の差において、測定時期に主効果が認められたことから、腰背部筋の伸張性が高まり、FFD測定時の体幹前屈角度が大きくなったことでFFDが増加したと推測された。しかし、立位体前屈と腰部屈曲との相関は低いとの報告から¹⁵⁾、骨盤前傾角度の増加がFFDの増加に、より関与していた可能性がある。また、しゃがみこみ動作は、骨盤を前傾位に保持することによって可能となることが示されている⁹⁾。この骨盤前傾角度の増加は、しゃがみこみ動作時に骨盤を前傾位に保持しやすくさせたと思われる。よって、介入後、FFDが増加したことは、しゃがみこみ動作を可能とさせた一因であると推測された。

しゃがみこみ動作が可能とならなかったことの原因として、まず、しゃがみこみ動作時の身体重心位置が挙げられた。先行研究では、不可能者のしゃがみこみ動作時の身体重心は、可能者と比較して、後方に位置していたとしているが¹⁶⁾、本研究でも同様のことが生じていたと考えられる。姿勢を保持するためには、身体重心の床面への投射点が、支持基底面内の安定性限界のなかに収まっている必要があるといわれている¹⁷⁾。介入後、不可能者は、しゃがみこみ動作時に股関節を十分屈曲させて腹部と大腿部を接触させることができず、身体重心が後方へ偏移していた可能性がある。そのため、身体重心位置は安定性限界のなかにとどまらず、しゃがみこみ動作が可能とならなかったと考えられた。次に、介入期間についてである。先行研究によると、健常大学生を対象に、ハムストリングスに対するストレッチングを4週間行った結果、下肢伸展挙上角度がストレッチング開始直後は急激に、その後は緩やかに増加し、ストレッチング期間終了後は、一定のレベルで維持されたと報告している¹⁸⁾。今回は1週間の介入期間で、可能者は26名中12名であったため、介入期間を延長することで、さらに可能者が増加することが期待される。今後は、SGMおよびSERの長期的介入におけるストレッチング効果が、しゃがみこみ動作に与える影響について検討していくこ

表3 介入後の男女間でのしゃがみこみ動作の可否の分布

	可能者数 (%)	不可能者数 (%)	p 値
男性	9 (52.9)	8 (47.1)	0.340
女性	3 (33.3)	6 (66.7)	

男性の可能者 (SGM 群 2 名, SER 群 7 名), 女性の可能者 (SGM 群 1 名, SER 群 2 名).

とが必要であると思われる。また、回内足を有する人のしゃがみこみ動作では、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度が有意に減少するとされている¹⁹⁾。個々の症例の身体的要因も、しゃがみこみ動作が可能とならなかった原因の一つである可能性が考えられる。このことから、しゃがみこみ動作時の股関節屈曲角度とその他の身体的要因との関連についての将来的な調査も要する。

表3のように男女間の比較では、可能者数に有意な差は認められなかった。しゃがみこみ動作の可否について男女間で比較した先行研究では、平成27年度から平成29年度に小中学生219名を対象に行われた運動器検診で、男性に比べて女性の方が可能者は有意に多かったとしている²⁰⁾。一方で、大学生の身体柔軟性に性差は認められないことが示されている²¹⁾。このことから、小中学生とは身体組成が異なる大学生では、しゃがみこみ動作の可否に有意な性差は認められなかったと考えられた。しかしながら、可能者の内訳は、男性 (SGM 群 2 名, SER 群 7 名), 女性 (SGM 群 1 名, SER 群 2 名) とともに SER 群の可能者が多かった。したがって、性別にかかわらず、ストレッチの違いがしゃがみこみ動作の可否に少なからず影響を及ぼしている可能性があり、SER は SGM と比較して、しゃがみこみ動作の獲得に高いストレッチ効果が期待できることが示唆された。

本研究によって、股関節屈曲可動域を増加させるストレッチが、しゃがみこみ動作を可能にする効果が確認できた。また、しゃがみこみ動作の獲得には、大殿筋よりも股関節外旋筋群へのストレッチ介入が有用である可能性が考えられた。

本研究の限界について、しゃがみこみ動作時の評価として関節角度を評価したが、身体重心の偏移については確認できていない。したがって、ストレッチ前後で身体重心位置の変化をとらえることは、ストレッチの効果としゃがみこみ動作の可否との関連を明らかにするうえで必要な課題であると考えられる。また、介入期間が短期間であったことが挙げられる。今回は1週間の介入期間を設け、26名中12名が可能者となった。しかし、不可能者のなかでも、あとわずかで可能者となる見込みのある者も確認されたため、介入期間を延長し、引き続き検討を重ねたい。さらに、男女間にどのような差があるかについては、今後、身体組成やスポーツ歴などの観

点から男女間での比較を行い、将来的な運動器症候群の予防の一助としていきたい。

利益相反 すべての著者は、開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) 高橋敏明, 内尾祐司, 武藤芳照: 小児の運動器—運動器検診の概念と目的—. *Jpn J Rehabil Med*, 2018, 55: 4-8.
- 2) 帖佐悦男: 学童期運動器検診とその動向. *Jpn J Rehabil Med*, 2018, 55: 9-13.
- 3) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林 大輝・他: 野球, サッカー選手におけるしゃがみこみ動作, 正座の可否と下肢障害発生との関連性について. *理学療法科学*, 2015, 30: 783-786.
- 4) 菅原真由美, 杉田 聡, 島田達生: 女性のしゃがみ姿勢と下肢関節可動域との関連. *形態・機能*, 2005, 3: 43-49.
- 5) 景山 剛, 渡會公治: 足関節背屈可動域および骨盤可動性がしゃがみこみ動作に及ぼす影響について. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 2016, 24: 213-218.
- 6) Kapandji IA: 関節の生理学II, 原著第5版. 萩島秀男・他(訳), 医歯薬出版, 東京, 1988, pp44-62.
- 7) McGovern RP, Kivlan BR, Martin RL: Length change of the short external rotators of the hip in common stretch positions: a cadaveric study. *Int J Sports Phys Ther*, 2017, 12: 1068-1077.
- 8) Bandy WD, Irion JM, Briggler M: The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1998, 27: 295-300.
- 9) 日本整形外科学会, 日本リハビリテーション医学会評価基準委員会: 関節可動域表示ならびに測定法. *リハビリテーション医学*, 1995, 32: 207-217.
- 10) 青木隆明: 運動療法のための機能解剖学的触診技術—下肢・体幹, 改訂第2版. メジカルビュー社, 東京, 2012, pp166-167.
- 11) 佐藤香緒里, 吉尾雅春, 宮本重範・他: 健康人における股関節外旋筋群が股関節屈曲に及ぼす影響. *理学療法科学*, 2008, 23: 323-328.
- 12) Kapandji AI: カラー版 カパンジー機能解剖学 Ⅲ 下肢, 原著第6版. 塩田悦二 (訳), 医歯薬出版, 東京, 2010, pp2-65.
- 13) 相原一貴, 小野武也, 石倉英樹・他: 睡眠前後での指床間距離の比較. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 2016, 6: 41-44.
- 14) 野島恵理子, 佐々木 誠: 他動的股関節内旋外旋運動が指床間距離に及ぼす影響. *理学療法科学*, 2005, 20: 187-190.
- 15) Kippers V, Parker AW: Toe-touch test. A measure of its validity. *Phys Ther*, 1987, 67: 1680-1684.
- 16) 山崎祐司, 宮崎登美子, 井口由香利・他: 足関節背屈可動域としゃがみこみ動作の関係. *理学療法科学*, 2010, 25: 209-212.
- 17) 望月 久: バランス能力測定法としての直立検査. *理学療法—臨床・研究・教育*, 2008, 15: 2-8.
- 18) 進藤伸一: 「他動的伸張法」のトレーニング条件(強さの条件)に関する基礎的研究. *秋田県理学療法士会誌*, 1991, 1: 14-19.

-
- 19) Lee JD, Koh DH, Kim K: The kinematics of the lower leg in the sagittal plane during downward squatting in persons with pronated feet. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27: 285-287.
- 20) 大高麻衣子, 平元 泉, 皆川洋至・他: 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—. 秋田大学保健学専攻紀要, 2017, 25: 45-53.
- 21) 古後晴基, 村田 潤, 東登志夫: 身体柔軟性と関節弛緩性における性差および関係性. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 2015, 4: 189-193.