

成長期サッカー選手における ストレッチング実施タイミングが大腿前面の 柔軟性改善に与える影響

The relationship between quadriceps muscle flexibility and intervention of stretching pre- or post-training in adolescent soccer players

鈴木 恒^{*1,2}, 櫻庭景植^{*3,4}, 梶原 一^{*5}
鹿倉二郎^{*4}, 窪田敦之^{*4}

キー・ワード：Adolescent soccer players, Osgood-Schlatter Disease, Prevention
成長期サッカー選手, オスグッド病, 予防

〔要旨〕 ストレッチングの実施タイミングにより, 成長期サッカー選手の大腿前面部の柔軟性改善効果に差がみられるか検証することを目的とした。

男子選手 74 名 (年齢 12.3 ± 0.5 歳) をストレッチング実施タイミング別に練習前群 22 名, 練習後群 24 名, 就寝前群 28 名に分類した。膝関節屈曲角, 踵臀距離, 筋硬度を 8 週間の介入前後で測定した。

全ての群で両脚とも踵臀距離の減少がみられた ($p < 0.01$)。変化率を 3 群間で比較したところ, 就寝前群および練習後群の踵臀距離が練習前群と比較して有意に減少していた ($p < 0.01$)。

成長期サッカー選手が大腿前面の柔軟性改善を目的にストレッチングを実施する場合, 練習終了直後もしくは就寝前に実施することが有効である。

はじめに

近年, 本邦におけるサッカー競技登録者数は, 低年齢層での増加が著しい。それに伴い, Osgood-Schlatter 病 (以下, オスグッド病) に代表されるような, この時期特有のスポーツ傷害に悩まされる選手も少なくなく, この年代の選手に対する予防プログラムの考案は, 育成に関わる指導者やアスレティックトレーナーにとって必要性が高い。

スポーツ傷害の代表的な予防策の 1 つとしてストレッチングがスポーツ現場では行われており, 様々な手技がある中で我々は成長期サッカー選手を対象者として, 大腿前面の柔軟性改善・回復に

有効なセルフストレッチング手技を提案した¹⁾。しかし現在のところ, 運動直前に実施されるストレッチングのスポーツ傷害に対する予防効果は否定的なものが多い^{2,3)}。また, 運動直前以外のタイミングで実施されるストレッチングに関しては外傷・障害のリスクを減らすことを示唆しているものの, 先行研究自体が少なく対象者も成人であった⁴⁾。一方, オスグッド病に罹患している成長期サッカー選手は大腿前面のタイトネスが増大しており⁵⁾, サッカー選手は特に試合やトレーニング後に筋硬度が上昇するとされている⁶⁾。そのため, 運動後またはそれ以降にストレッチングを行うことが筋柔軟性の維持および筋硬度上昇を抑制するために効果的ではないかと仮説を立てた。

そこで本研究は, ストレッチングの実施タイミング別により, 成長期サッカー選手の大腿前面部の柔軟性改善効果に差がみられるか検証することを目的とした。

*1 多摩リハビリテーション学院理学療法学科

*2 茨城県サッカー協会医科学委員会

*3 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

*4 順天堂大学スポーツ健康科学部

*5 順江会江東病院整形外科

対象者および方法

1. 対象者

対象者は、成長期男子サッカー選手 74 名(平均年齢 12.3 ± 0.5 歳, 身長 152.1 ± 7.7 cm, 体重 41.8 ± 7.2 kg, BMI 18.0 ± 2.0 , 競技経験 4.4 ± 1.4 年, ポジションは全員フィールドプレイヤー)とした。村田⁷⁾が提唱する身長成長速度曲線の成長区分にのっとり, 思春期スパート立ち上がり年齢である 10.4 ± 1.2 歳から最終身長時年齢である 16.9 ± 0.8 歳までを成長期とし, 対象者を選定した。本研究は, 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認を得て実施した(院 26-46)。

2. 方法

測定項目は, 膝関節屈曲角 (Range Of Motion : 以下, ROM), 踵臀距離 (Heel Buttock Distance : 以下, HBD), 大腿直筋の筋硬度(以下, 筋硬度), 身長, 体重とした(図 1)。筋硬度は上前腸骨棘から膝蓋骨上縁を結ぶ直線の midpoint に押し込み式筋硬度計(井元製作所製, PEK-1)を押し当てた¹⁾。ROM・HBD の測定ともに検者間誤差をなくすために, 測定はすべて同一検者が行った。測定点は軟部組織性や筋性の抵抗感, いわゆる End-feel を感じた点として⁸⁾, ストレッチング介入前に各測

定項目を測定した。その後, ストレッチングの実施タイミング別に練習前群 22 名・練習後群 24 名・就寝前群 28 名の 3 群に分類し(表 1), 8 週間のストレッチング介入後に再度測定を行った。介入ストレッチングは先行研究で即時効果がみられた側臥位でのセルフストレッチングを用い(図 2), 実施時間は 20 秒 3 セットとした¹⁾。また練習前群と練習後群には活動記録表の記載, 就寝前群にはそれに加えて各個人に就寝前のストレッチング実施記録表を記載してもらい, 介入期間中に練習を 2 日以上休む傷害(医療機関で診断されたもの)を負った選手⁹⁾や, 就寝前のストレッチング実施日数がチーム活動日数の 7 割未満だった選手はドロップアウトとした(図 3)。倫理上の問題から, 普段チームで行っているストレッチングやトレーニングには制限をつけず, 介入ストレッチングは指定したタイミングでのみ実施してもらった。

また, 蹴り足(プレー中にシュートやパスで頻繁に用い, コントロールしやすい足=利き足)と軸足(反対側)でオスグッド病の発症率が異なるとの報告¹⁰⁾もあるので, それぞれで比較した。

統計処理は IBM 社製 SPSS Statistics (Version 22) を用い, 蹴り足, 軸足それぞれの 8 週間のストレッチング介入前後の群内比較¹⁾を Wilcoxon

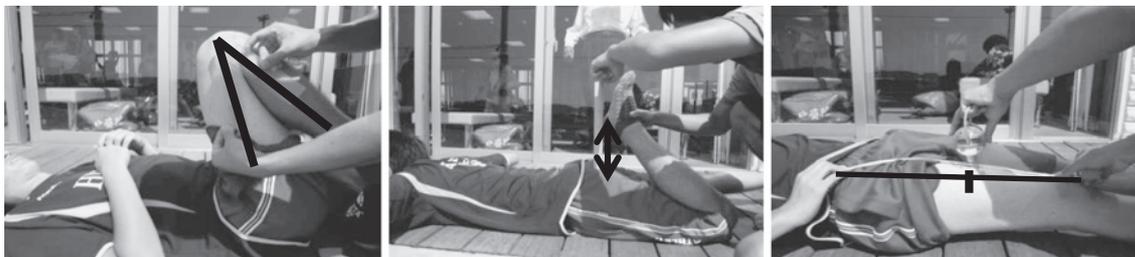


図 1 測定項目(左から ROM, HBD, 筋硬度)
 ROM: 大腿骨と腓骨(実線)のなす角
 HBD: 踵骨と臀部の直線距離(矢印線)
 筋硬度: 上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ直線の midpoint (実線)

表 1 対象者の基礎データ(ストレッチング介入前)

ストレッチング介入前	練習前群	練習後群	就寝前群
人数	22	24	28
平均年齢(歳)	12.2 ± 0.4	12.4 ± 0.6	12.2 ± 0.4
平均身長(cm)	150.4 ± 6.9	155.6 ± 7.7	151.0 ± 7.9
平均体重(kg)	41.0 ± 6.8	43.1 ± 6.3	41.4 ± 8.2
平均 BMI	18.0 ± 1.9	17.8 ± 1.5	18.1 ± 2.3
平均競技経験(年)	4.7 ± 1.2	3.7 ± 1.8	4.6 ± 0.8

Kruskal-Wallis 検定 N.S.

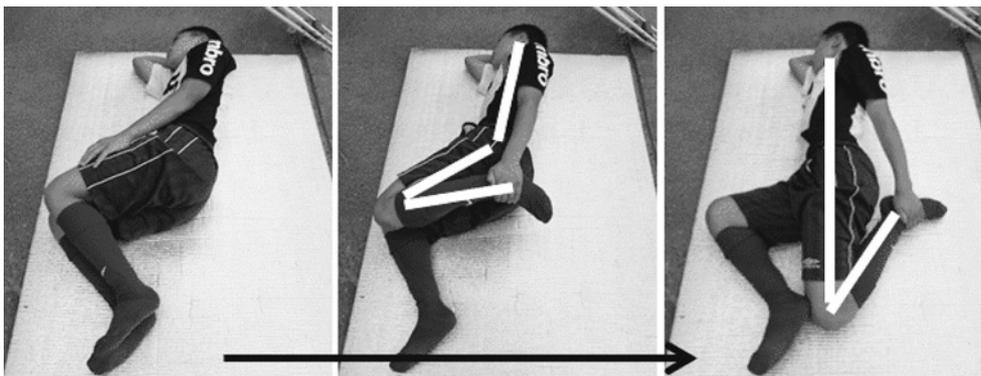


図2 側臥位でのセルフストレッチング（右側臥位の場合）
 左：側臥位で両股・膝関節屈曲位を開始肢位とする
 中央：股関節屈曲位のまま左足部を把持し、左膝関節屈曲する
 右：左股関節伸展し、右踵部で左大腿遠位部を固定する

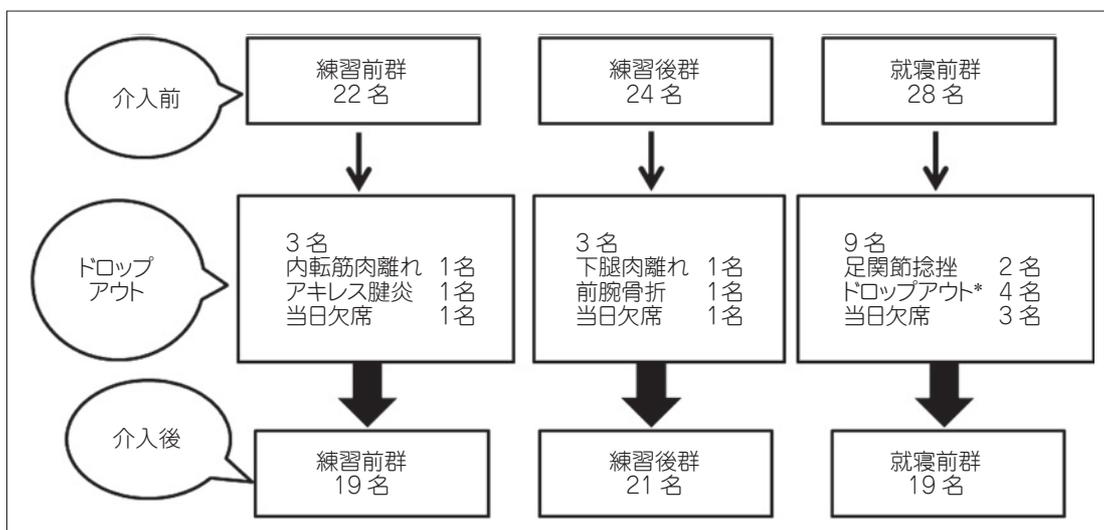


図3 対象者介入前後のフローチャート
 *就寝前実施がチーム活動日数の7割未満だった選手

の符号付き順位和検定、介入前後での各群間における測定値の差の比較¹⁾に Kruskal-Wallis 検定を用いた。また、各群間の対象者の身体特性およびストレッチング介入前の測定値の比較には Kruskal-Wallis 検定を用い、有意水準は5%未満とした。

結果

1. 対象者基礎データの群間比較 (表2)

各群間における平均年齢、身長、体重、BMI、競技経験、介入期間中の総活動時間に有意差はみられなかった。また、介入前のROM、HBD、筋硬度の測定値においても各群間で有意差はみられなかった。

2. ストレッチング介入前後比較 (表3)

練習前群では、蹴り足HBDで $12.9 \pm 3.6\text{cm}$ から $10.3 \pm 2.7\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足HBDで $13.8 \pm 3.9\text{cm}$ から $10.4 \pm 2.5\text{cm}$ ($p < 0.01$)、蹴り足筋硬度で 54.2 ± 3.9 から 56.6 ± 2.6 ($p < 0.05$) と有意なHBD減少と筋硬度増加がみられた。その他の項目には有意差はみられなかった。

練習後群では、蹴り足ROMで介入前 $137.4 \pm 3.7^\circ$ から $139.3 \pm 3.3^\circ$ ($p < 0.05$)、蹴り足HBDで $15.1 \pm 2.6\text{cm}$ から $9.6 \pm 2.1\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足HBDで $15.6 \pm 2.5\text{cm}$ から $9.6 \pm 2.4\text{cm}$ ($p < 0.01$) と有意なROM増加とHBD減少がみられた。筋硬度には有意差はみられなかった。

就寝前群では、蹴り足HBDで $15.1 \pm 2.6\text{cm}$ から

表2 対象者の基礎データ (ストレッチング介入後)

ストレッチング介入 (8週) 後	練習前	練習後	就寝前
人数	19	21	19
平均年齢 (歳)	12.2±0.4	12.5±0.6	12.2±0.4
平均身長 (cm)	152.2±6.8	157.6±8.0	151.9±8.9
身長介入前後の差 (cm)	2.6±1.2	2.6±1.7	2.3±1.7
平均体重 (kg)	42.7±7.1	43.6±5.7	40.9±6.4
体重介入前後の差 (kg)	2.3±2.7	1.0±2.6	0.9±0.9
平均BMI	18.4±2.2	17.5±1.6	17.6±1.3
平均競技経験 (年)	4.8±1.2	3.8±1.9	4.8±0.5
活動日数/介入日数 (日)	57/76	54/84	64/81
ストレッチ実施日数 (日)	50	48	58.2±6.7 (個人)
チーム総活動時間 (時)	108.5	103	117

Kruskal-Wallis 検定 N.S.

表3 ストレッチング介入前後の群内比較

	練習前群 (n=19)		練習後群 (n=21)		就寝前群 (n=19)	
	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
蹴り足 ROM (°)	138.2±5.1	138.9±3.9	137.4±3.7	139.3±3.3	136.8±3.0	138.2±4.2
軸足 ROM (°)	136.3±6.2	138.4±4.1	136.0±4.6	138.1±4.0	134.7±3.1	136.3±2.8
蹴り足 HBD (cm)	12.9±3.6	10.3±2.7	15.1±2.6	9.6±2.1	15.1±2.6	7.3±2.4
軸足 HBD (cm)	13.8±3.9	10.4±2.5	15.6±2.5	9.6±2.4	15.3±2.6	7.4±2.0
蹴り足硬度	54.2±3.9	56.6±2.6	55.0±2.9	55.7±2.6	54.9±3.0	57.1±2.5
軸足硬度	54.6±4.0	55.4±2.9	55.4±2.5	54.5±2.8	55.2±2.2	55.9±2.6

Wilcoxon の符号付き順位和検定 *p<0.05 **p<0.01

表4 ストレッチング介入前後の群間比較

介入前後の差 (後-前)	練習前群	練習後群	就寝前群
人数	19	21	19
蹴り足 ROM (°)	0.8±2.2	1.9±3.3	1.3±3.7
軸足 ROM (°)	2.1±5.1	2.1±5.1	1.6±3.4
蹴り足 HBD (cm) ※HBDのみ前-後	2.6±2.2	5.5±1.9	7.8±2.3
軸足 HBD (cm) ※HBDのみ前-後	3.3±2.5	6.0±1.9	7.9±2.5
蹴り足硬度	2.4±3.4	0.6±2.6	2.1±2.4
軸足硬度	0.7±2.8	-1.0±2.2	0.8±2.0

Kruskal-Wallis 検定 *p<0.05 **p<0.01

7.3±2.4cm (p<0.01), 軸足 HBD で 15.3±2.6cm から 7.4±2.0cm (p<0.01), 蹴り足筋硬度で 54.9

±3.0 から 57.1±2.5 (p<0.05) と有意な HBD 減少と筋硬度増加がみられた. その他の項目には有意差はみられなかった.

3. ストレッチング介入前後の群間比較 (表4)

介入前後の差は, ROM では有意差がみられなかった.

蹴り足 HBD では就寝前群 (7.8±2.3cm) は練習前群 (2.6±2.2cm) や練習後群 (5.5±1.9cm) と比較して有意差がみられた (それぞれ p<0.01, p<0.05). また練習前群と比較して練習後群で有意差がみられた (p<0.01).

軸足 HBD では練習前群 (3.3±2.5cm) と比較して, 就寝前群 (7.9±2.5cm) と練習後群 (6.0±1.9cm) において有意差がみられた (p<0.01).

筋硬度では軸足のみ練習前群 (0.7±2.8) と練習後群 (-1.0±2.2) で有意差がみられた (p<0.05).

■ 考 察

本研究の結果、ROM(膝関節屈曲角)はストレッチング実施のタイミングに関係なく全ての群において増加傾向がみられたものの、有意な増加がみられたのは練習後群の蹴り足のみで、ストレッチングがROM変化に与える長期的な効果は低かった。本研究で用いた側臥位でのセルフストレッチングでもみられるROM変化の即時効果は、対側の下肢で自動介助的に股関節伸展位を保持することにより疼痛閾値の上昇、またそれに伴う膝関節周囲の軟部組織の粘弾性低下によって起こると考えられている¹⁾。しかし、この変化は一時的なもので時間が経つとストレッチング前の状態に戻り、その持続時間は30~60分とされている^{11,12)}。さらに本研究の対象者は膝関節に既往歴のある選手を除外し、拘縮などに代表されるような器質的な軟部組織の変化は有していなかった。そのため、ROMに関しては8週間のストレッチング介入後にも有意な変化がみられなかった可能性がある。

一方でHBD(踵臀距離)では、全ての群において8週間後に有意な減少がみられた。HBDの評価法には、ROMの測定と異なり膝関節の関節包や靭帯などの組織よりも大腿直筋や大腿筋膜張筋などの二関節筋が関係している。これらの結合組織は弾性線維やコラーゲン線維によって形成され、腱膜と比較してきわめて伸張性が高いとされている¹³⁾。また組織の粘弾性は外力によって筋を伸張する他動的な静的ストレッチングの影響を大きく受ける¹³⁾。そのため本研究で用いた側臥位でのストレッチングは膝関節周囲の軟部組織よりも、大腿直筋や大腿筋膜張筋といった骨格筋の粘弾性低下や疼痛耐性(疼痛知覚の減少)¹⁴⁾により影響を及ぼしたと考えられる。またHBDの群間比較では、練習前にストレッチングを行った場合と比べて、練習後や就寝前に実施した場合に改善効果がみられ、特にそれは就寝前で改善が著明であった。筋腱複合体のストレッチングの筋柔軟性向上効果のメカニズムの一つとして、脊髄神経機構の抑制性の反射を利用した筋緊張状態からの解放(リラクゼーション)、興奮性の低下があげられる^{15,16)}。サッカー選手は試合やトレーニング後に筋硬度が上昇することが示唆されていることから⁶⁾、練習や試合などのトレーニング後で、さらには一日の生活の中で筋緊張の低下や認知機能回復効果を得るため

の時間である睡眠¹⁷⁾の直前にストレッチングを実施したことが、ストレッチング本来の効果をより引き出したのではないかと考える。したがって、成長期サッカー選手の大腿前面の筋群に対しては、セルフストレッチングを練習後や就寝前のタイミングで実施させることが柔軟性の改善に有効であり、今後オスグッド病を代表とする膝伸展機構障害の予防プログラムを開発する際の一助になると思われる。

筋硬度(大腿直筋筋硬度)に関しては、ストレッチングの実施タイミング別に練習前群より練習後群で筋硬度の低下がみられたものの、反対に練習前群と就寝前群の群内比較では蹴り足で有意に増加し、一定傾向の結果は得られなかった。本研究で使用した押し込み式の筋硬度計の再現性は、検者内でICC=0.71、検者間ICC=0.63であったとの報告¹⁸⁾がある。一方で、上層の厚さによる感度の違いを検討した研究では、上層の9mmまでしか評価できなかったとの報告¹⁹⁾もあり、純粹に目的の筋だけの硬度を測定できていなかった可能性が考えられる。そのため、今後はより精度の高い方法²⁰⁾でストレッチングの長期介入が筋硬度に与える影響を調査する必要がある。

本研究は骨長が生涯で最も伸びることが予測される成長期の中学生を対象とした。さらに、サッカーという競技特性も加わって8週間の介入期間であっても一般成人と比較して、大腿前面の筋硬度上昇や柔軟性低下が起きることが考えられた²⁰⁾。しかし、この年代のサッカー選手に対しても、ストレッチングの実施タイミングを提示することにより、大腿前面の柔軟性改善効果が得られることが明らかになった。

本研究では3群間で、練習環境や対象者の競技レベルなどを可能な限り統一したものの、対象者数を一定以上にするため、複数のチームから協力を得た。そのため、練習内容の違いは取り扱うことができなかったこと、またストレッチング強度に関しては、各個人の「感覚」に頼らざる負えないため、統一化できなかったことが研究限界である。

■ 結 論

成長期サッカー選手が大腿前面の柔軟性改善を目的にストレッチングを実施する場合、練習終了直後もしくは就寝前に実施することが有効であ

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) 鈴木 恒, 櫻庭景植, 梶原 一, 鹿倉二郎, 窪田敦之. 成長期サッカー選手の大腿前面に対するストレッチ手技の違いによる柔軟性改善効果の比較. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2016; 24: 275-282.
- 2) Herbert, RD, de Noronha, M. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. Cochrane Database Syst Rev. 2011; 6: 5-48.
- 3) McHugh, MP, Cosgrave, CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20: 169-181.
- 4) Hartig, DE, Henderson, JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. Am J Sports Med. 1999; 27: 173-176.
- 5) 戸島美智生, 鳥居 俊. Osgood-Schlatter 病発症者と非発症者との間で骨長増加に対する筋タイトネス変化が異なる. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2011; 19: 473-479.
- 6) 孫 崗, 宮川俊平, 木下裕光, 白木 仁, 竹村雅裕, 向井直樹. 成長期女子サッカー選手における大腿四頭筋の筋硬度の試合前後の変化. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2008; 16: 68-71.
- 7) 村田光範. 思春期 身長の成長速度曲線の意義と問題点. 産婦人科治療. 1996; 72: 401-406.
- 8) Reesse, NB, Bandy, WD. 背景, 歴史, 基本原則. In: 奈良 勲(監訳). 関節可動域・筋長検査法. 第1版. 東京: 医歯薬出版; 21-22, 2005.
- 9) Bandy, WD, Irion, JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther. 1994; 74: 845-850; discussion 50-52.
- 10) 池田 浩, 黒澤 尚, 桜庭景植. 【成長期のスポーツ損傷と障害】部位別にみた成長期のスポーツ損傷と障害 Osgood-Schlatter 病. 整形・災害外科. 2000; 43: 1279-1286.
- 11) Gajdosik, RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2001; 16: 87-101.
- 12) Magnusson, SP, Aagaard, P, Larsson, B, Kjaer, M. Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. Journal of Applied Physiology. 2000; 88: 1215-1220.
- 13) Hausswirth, C, Mujika, I. ストレッチング. In: 長谷川博, 山本利春(監訳). リカバリーの科学 スポーツパフォーマンスのための最新情報. 第1版. 東京: NAP; 61-74, 2014.
- 14) Weppeler, CH, Magnusson, SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? Phys Ther. 2010; 90: 438-449.
- 15) 岡田真平, 木村貞治, 武藤芳照. マスターの要点 運動生理学 ストレッチングの生理(解説). 理学療法. 2000; 17: 426-430.
- 16) Guissard, N, Duchateau, J. Neural aspects of muscle stretching. Exerc Sport Sci Rev. 2006; 34: 154-158.
- 17) Frank, MG. The mystery of sleep function: current perspectives and future directions. Rev Neurosci. 2006; 17: 375-392.
- 18) Igawa, K, Kashima, K, Maeda, S, Shiba, R. Measurement of muscle hardness using a hardness meter: application to the masseter and temporal muscles and reproducibility of measurement. Cranio. 2003; 21: 185-189.
- 19) Tsuda, Y, Uchida, S, Kuramoto, I, Sugano, H, Nitta, K. An examination for measuring the softness of human shoulders (1). J Intl Soc Life Info Sci. 2005; 23: 332-336.
- 20) 木谷健太郎, 鳥居 俊, 米津貴久, 岩沼聡一朗. Real-time Tissue Elastography によって評価した膝蓋腱弾性の発育変化 小中学生男子サッカー選手を対象にした横断的検討. 日本成長学会雑誌. 2014; 20: 23-29.

(受付: 2017年2月8日, 受理: 2017年7月31日)

The relationship between quadriceps muscle flexibility and intervention of stretching pre- or post-training in adolescent soccer players

Suzuki, H.^{*1,2}, Sakuraba, K.^{*3,4}, Kajihara, H.^{*5}
Shikakura, J.^{*4}, Kubota, A.^{*4}

*1 Department of Physical Therapy, Tama Rehabilitation Academy

*2 Medical Science Committee, Ibaraki Football Association

*3 Department of Health and Sports Science, University of Juntendo

*4 Department of Health and Sports Science, University of Juntendo

*5 Department of Orthopedic Surgery, Koto General Hospital

Key words: Adolescent soccer players, Osgood-Schlatter Disease, Prevention

[Abstract] The aims of this study were to identify the effect of the three different implementation timings of stretching for adolescent soccer players.

Seventy-four adolescent male soccer players (Age: 12.3 ± 0.5 yrs) were classified into three groups and implemented lateral position stretching in different timings (pre-training group 22 players, post-training group 24 players, before bedtime group 28 players) for 8 weeks. Range of motion (ROM) of knee flexion, heel buttock distance (HBD), and muscle hardness were measured before and after stretching, and after 8 weeks of stretching intervention.

HBD was significantly improved after intervention in all groups ($p < 0.01$). HBDs of the post-training group and before bedtime group were significantly improved compared with the pre-training group ($p < 0.05$).

The post-training group and the before bedtime group could more improve flexibility of Quadriceps in adolescent soccer players than the pre-training group.