

平成 26 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

成長期サッカー選手に対する
ストレッチングの効果

氏名 鈴木 恒

論文指導教員 桜庭 景植

合格年月日 平成 27 年 2 月 23 日

論文審査員 主査 原 司 恒

副査 鹿倉 二郎

副査 木庭 景植

目次

	項
第1章 緒言	1
第2章 関連文献の考証	3
第1節 成長期サッカー選手のスポーツ傷害	3
(1) 成長期サッカー選手の傷害調査	3
(2) Osgood-Schlatter病	4
第2節 ストレッチング	4
(1) 傷害予防効果	4
第3章 目的	6
第4章 方法	7
第1節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動前—	7
(1) 対象者	7
(2) 測定項目および方法	7
(3) ストレッチング方法	8
(4) 統計処理	8
第2節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動後—	8
(1) 対象者	8
(2) 測定項目および方法	9
(3) 統計処理	9
第3節 ストレッチングの実施タイミングに関する研究	9
(1) 対象者	9
(2) 測定項目および方法	10
(3) ストレッチング方法	10
(4) 統計処理	10
第5章 結果	11
第1節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動前—	11
(1) 身体特性および介入前測定値ベースライン	11
(2) ストレッチング前後の群内比較	11
(3) ストレッチング前後の群間比較	11

第2節	ストレッチングの即時効果に関する研究	—運動後—	12
(1)	身体特性および介入前測定値ベースライン		12
(2)	ストレッチング前後の群内比較		12
(3)	ストレッチング前後の群間比較		13
第3節	ストレッチングの実施タイミングに関する研究		13
(1)	介入前後のフローチャート		13
(2)	身体特性および介入前測定値ベースライン		14
(3)	ストレッチング介入前後の群内比較		14
(4)	ストレッチング介入前後の群間比較		14
第6章	考察		16
第1節	ストレッチングの即時効果に関する研究		16
第2節	ストレッチングの実施タイミングに関する研究		17
第7章	結論		19
第8章	研究限界		20
第9章	要約		21
	引用文献		23
	Abstract		28
	謝辞		30
	図表一覧		31

第1章 緒言

近年、サッカーは本邦において最もメジャーなスポーツの1つになりつつある。競技登録人数も、1979年度は高校生年代約8万4千人、中学生年代約4万5千人、小学生以下約6万9千人だったものが、2013年度にはそれぞれ約16万7千人、26万7千人、31万9千人までに増加し、特に低年齢層の競技人口の増加が著しい¹⁹⁾。

サッカーの競技人口増加に伴い、国際サッカー連盟(FIFA)ではスポーツ医学の分野にも力を注いでおり、2003年にFIFAの医学評価研究センターでは、サッカーに特化した傷害予防プログラムとしてThe11が考案された。また2008年には、それを改定したFIFA11+が発表され、世界的にも傷害予防の実証研究が進んでいる^{7),28),49)}。本邦において、Jリーグ下部組織の成長期サッカー選手計342名(平均年齢1年目16.2±1.8歳、2年目15.2±1.8歳、3年目14.2±1.7歳)を対象に、1年目をコントロール群としてFIFA11+を2年間介入した調査報告では、外傷と障害の両方で予防効果が示された⁴⁵⁾。しかし、骨年齢¹⁶⁾や身長成長速度曲線³³⁾などに当てはめた成長期の定義が表記されていないことや、コントロール群と2・3年目の介入群で平均年齢に差があるなど、より詳細な報告が今後望まれる。さらに、FIFA11+の適応年齢は14歳以上の選手とされているのに対し、成長期サッカー選手に多発し、オーバーユースの1つであるOsgood-Schlatter病(以下、オスグッド病と略す)は小学校高学年から中学生年代の11~14歳で発症数のピークを迎え^{17),41),59)}、FIFA11+の適応年齢とオスグッド病の好発年齢には若干の差がみられる。そのため、適応年齢外の選手に対する予防策の考案は、この年代の選手の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。

最近では、中学生年代でもアスレティックトレーナーが就いているチームがいくつかみられるようになったものの、Jリーグ下部組織や選抜チーム、一部の私立中学校などと限られており、学校単位のスポーツ少年団や部活動レベルではほとんどみられない。仮に小中学生年代のチームでウォーミングアップに1回20分3通りもあるFIFA11+を導入しようとした際、インストラクターの元で講習を受け、適切な姿勢や目的・効果などを理解した指導者が必要であり、いかにして競技レベルや年代に関係なく成長期サッカー選手のスポーツ傷害を減らすことができるかということを考えた際、アスレティックトレーナーが不在であっても、指導者もしくは選手自身が簡便・簡潔に実施できる予防プログラムを開発する必要がある。代表的なスポーツ傷害の予防策の1つとして、

ストレッチングが広くスポーツ現場では行われているものの⁴⁸⁾、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十分に証明されていない^{14),21),30),42),46),60)}。またスポーツによる運動負荷に加え、骨成長期で更に筋スティフネスや筋硬度が増加することにより発症するオーバーユースのスポーツ障害に対するストレッチングの予防効果は、一般的な指導書などでは記載されているものの、その科学的な根拠については示されていない。そこで、スポーツ傷害の中でも成長期サッカー選手に多発するオスグッド病に着目し、大腿前面に対するストレッチングの質や実施するタイミングを検証することで、今後のオスグッド病発症予防の新たなプログラム開発の一助になると考えた。

第2章 関連文献の考証

ここでは前半に成長期サッカー選手のスポーツ傷害、特にオスグッド病を中心として、後半ではストレッチングの傷害予防効果について文献の考証を行う。

第1節 成長期サッカー選手のスポーツ傷害

(1) 成長期サッカー選手の傷害調査

本邦においてチームドクターが診察できるJリーグ下部組織で、かつ複数年または複数チームを対象とした文献は3編あった^{53),35),61)}。7チーム計484名(12-17歳)を8カ月間追跡した調査では、傷害発生を部位別で見ると足関節および大腿部、膝関節の順に多く、これら3つの部位で全傷害の半数以上を占めていたことが報告されている³⁵⁾。また同チームを複数年追跡した調査においても、足部・足関節が最多で半数以上を占めており^{56),61)}、傷害の種類では捻挫が25-33%と最多であった^{35),55)}。疲労性障害、腱炎・靭帯炎を含めたスポーツ障害は、高校2・3年生では20%程度だったものが中学1・2年生では30%以上を占めた⁵⁶⁾。

英国の38のクラブチーム計4773人(9-19歳)を3年間追跡した研究では、下肢の傷害が75%を占め、大腿部肉離れや足関節靭帯損傷が多かった¹⁷⁾。また同チーム14-16歳のカテゴリーを3年サイクルで10年間追跡(延べ528人)した調査においても下肢の傷害で71%を占めており²⁷⁾、本邦における調査と同様の結果であった。オスグッド病やセーバー病などのオーバーユースによるスポーツ障害は、全体では5%程度だったものが、11-13歳の世代では13.8%までに上った¹⁷⁾。

傷害発生率は、FIFA医科学評価研究センターが作成したサッカー医学マニュアルによると、19歳以下のサッカー選手1536名を対象とした調査で、傷害発生率を1000時間当たりでみたところ、0.5-13.7件で発生していたことが報告されている^{40),51)}。本邦では、1年間の平均所属人数が34.0人の高校生年代のカテゴリーを7年間追跡した調査では1000時間当たり1.92件、同チーム平均所属人数が59.6人の中学生年代のカテゴリーでは2.17件で⁵⁵⁾、FIFAの調査結果と同範囲内であった。反対に、12-17歳の成長期サッカー選手484名の傷害発生状況の調査³⁵⁾では、トレーニング1000時間当たりの傷害発生数は練習で0.18件、試合では0.33件とFIFAの報告より少ない結果であり、報告によって差がみられた。

(2) オスグッド病

オスグッド病は小学校の高学年から中学1・2年の成長期サッカー選手に多発し、骨成長期の growth spurt との関係が深く⁴⁴⁾、11-14歳で発症数がピークを迎える^{24), 54), 59)}。オスグッド病の罹患率について、グラウンドレベルで医師がメディカルチェックを行った調査では、成長期男子サッカー選手240名の23.0% (55名)がオスグッド病と診断され⁵²⁾、病院で受診した15歳以下のスポーツ傷害3830症例の内5.7% (219例)にみられたことが報告されている²²⁾。

オスグッド病は、1903年に大腿四頭筋の収縮力による脛骨粗面の部分剥離であるとして初めて報告された^{47), 39)}。病態は、脛骨粗面近位の骨化中心と脛骨粗面の二次骨化中心が癒合する前の apophyseal 期において、大腿四頭筋の収縮を伴う慢性的な運動負荷により膝蓋靭帯を通じて脛骨粗面部が牽引された結果、同部位の炎症・部分的剥離・微小裂離骨折が生じて発症する³⁸⁾。また同様のメカニズムにて、膝蓋靭帯炎や滑液包炎など脛骨粗面周囲の軟部組織の炎症も合併しやすく⁴³⁾、脛骨粗面の圧痛・運動時痛・腫脹を主症状とし、病態によっては長期にスポーツ活動を休止せざるを得ない場合もある。

第2節 ストレッチング

(1) 傷害予防効果

ストレッチングはリハビリテーションなどの医療現場に加え、一般市民が手軽に行える健康法として広く普及している。またスポーツ現場においては、過去30年以上にわたって専門家たちが外傷・障害のリスクを減らす方法としてストレッチングを推奨してきた⁴⁶⁾。だが、最近のストレッチングのスポーツ傷害予防効果に関する多くの Systematic Review では、運動直前に実施するストレッチングは外傷・障害を予防するようにはみえないと結論付けている^{14), 21), 30), 42), 46), 60)}。さらに Thacker ら⁵³⁾は柔軟性に関する研究の大規模な見直しを行い、1950年代までさかのぼって361件の論文を調べ、ストレッチング(関節可動域の拡大など)と傷害予防の間には、ほとんど関連はないとしている。従って、ストレッチングや関節可動域の拡大に受傷率を下げる効果があるという説には、ほとんど根拠がないということになる。

しかし、前述した Systematic Review は運動直前に実施されるストレッチングの傷害予防効果を対象としている。さらに Randomized Controlled Trial で運動後に実施さ

れるストレッチングの傷害予防効果を示した論文は少ない^{1),10),15),21)}。Jamtvedt ら²¹⁾は運動前後のストレッチングの傷害予防効果はなかったとする一方で、筋腱などの軟部組織系の傷害、腰背部や下肢の障害リスクはコントロール群と比べて 25%減少したとしている。加えて、これまでのストレッチングのスポーツ傷害予防の調査は比較的管理が容易である軍隊や消防士、大学生や高校生、成人したアスリートが多く、中学生以下を対象にしたものに至ってはみあたらない。そのため、さらなる研究でストレッチングプロトコールの最適な強度・頻度・期間や実施タイミングを調査することが期待されている^{30),46)}。

第3章 目的

本研究は、オスグッド病の発症予防プログラム開発の一助とするために、成長期サッカー選手の大腿前面部の柔軟性改善・回復に有効なストレッチングの実施方法とタイミングを検証することを目的とした。

第4章 方法

第1節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動前—

(1) 対象者

対象者は、I 県の中学校サッカー部に所属する成長期男子サッカー選手 40 名（平均年齢 13.2 ± 0.4 歳、身長 158.5 ± 9.4 cm、体重 47.1 ± 8.5 kg、BMI 18.6 ± 2.0 、競技経験 4.2 ± 1.5 年、ポジションはフィールドプレーヤー）とした。成長期の定義は、村田³³⁾が提唱する身長成長速度曲線を用い、Phase II および III とした（図 1）。小学校 4 年生からの定期的な身体測定結果を事前アンケートにて聞き取り（図 2）、思春期スパート立ち上がり年齢から身長最大発育量年齢までの Phase II 33 名、身長最大発育量年齢から身長の伸びが年 1cm 以内となる最終身長時年齢までの Phase III 7 名を対象とした。

対象者には研究に先立って、研究の目的・内容・手順や考えられる危険性などを口頭および文章にて十分に説明を行い、了承を得た上で書面にて同意を得た。また対象者が未成年であるため、中学校サッカー部顧問および保護者にも同様の説明を行い、書面にて同意を得た。なお本研究は、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（受付番号；院 26-46）。

(2) 測定項目および方法

運動前の対象者に、ストレッチング介入前に以下の測定を行い、ストレッチング 3 種目 3 群およびコントロール群の計 4 群に分類し（表 1）、ストレッチング介入後に再度測定を行った。

a) 大腿四頭筋スティフネス（踵髌距離⁵⁶⁾、以下 HBD と略す）の測定：被験者に腹臥位をとらせ、検者が足部を把持し膝関節を屈曲して殿部と踵骨の距離を定規で測定した（図 3）。全被験者に対し同一検者が測定を行った。

b) 膝関節屈曲可動域（以下、ROM と略す）の測定：日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会が制定したものに準じ³⁷⁾、被験者に背臥位をとらせ、ゴニオメーターを用い ROM を測定した（図 4）。股関節屈曲位で基本軸は大腿骨、移動軸は腓骨とし、全被験者に対し同一検者が測定を行った。

c) 大腿四頭筋 筋硬度（以下、筋硬度と略す）の測定：木下ら¹⁷⁾の方法に準じて生

体組織硬度計(井元製作所製、PEK-1)を用いた。被験者に背臥位をとらせ、膝蓋骨上縁から骨盤の上前腸骨棘までメジャーを当て、その距離の midpoint の大腿直筋上に生体組織硬度計を押し当て、被験者が脱力した状態で測定した(図 5)。全被験者に対し同一検者が測定を行った。

(3) ストレッチング方法

以下の 3 つの手技を用いた。実施時間はすべての手技で 20 秒 3 セットとした²⁴⁾。

a) 側臥位でのセルフストレッチング(以下、側臥位群と略す): 林³⁹⁾の方法に準じ、実施者は股・膝関節屈曲位の側臥位となる。左側臥位で右大腿前面をストレッチングする場合、まず右上肢で右足関節を把持し、右膝関節最大屈曲位とする。右膝関節最大屈曲位のまま股関節伸展し、左踵部で右大腿遠位部を押さえつける(図 6)。

b) パートナーストレッチング(以下、PS 群と略す): 2 人 1 組で実施し、HBD 測定時と同様に大腿前面部に伸長感が出るように、踵部を臀部に近づける(図 7)。

c) 背臥位でのセルフストレッチング(以下、背臥位群と略す): スポーツ現場で最も広く浸透している、大腿前面部のストレッチングの 1 つである。実施者は長坐位で膝関節屈曲し、その状態から体幹を後方に倒す(図 8)。

(4) 統計処理

統計処理は IBM 社製 SPSS Statistics (Version22)を用い、蹴り足(利き足)・軸足(非利き足)それぞれのストレッチング前後の群内比較を Wilcoxon の符号付き順位和検定、ストレッチング前後での各群間における測定値の差の比較²⁾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介入前の測定値ベースラインの比較には Kruskal-Wallis 検定を用いた。なお、有意水準はすべて危険率 5%未満とした。

第 2 節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動後—

(1) 対象者

本研究の対象者は、I 県の中学校サッカー一部に所属する成長期男子サッカー選手 40 名(平均年齢 13.5 ± 0.5 歳、身長 161.0 ± 8.7 cm、体重 49.0 ± 8.1 kg、BMI 18.8 ± 1.7 、

競技経験 4.1 ± 1.8 年、ポジションはフィールドプレーヤー)とした。成長期の定義は身長成長速度曲線³³⁾を用い、思春期スパート立ち上がり年齢から身長最大発育量年齢までの Phase II 28 名、身長最大発育量年齢から身長の伸びが年 1cm 以内となる最終身長時年齢までの Phase III 12 名を対象とした。

対象者には研究に先立って、研究の目的・内容・手順や考えられる危険性などを口頭および文章にて十分に説明を行い、了承を得た上で書面にて同意を得た。また対象者が未成年であるため、中学校サッカー部顧問および保護者にも同様の説明を行い、書面にて同意を得た。なお本研究は、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(受付番号; 院 26-46)。

(2) 測定項目および方法

運動後の対象者に対し、同様の方法でストレッチングの介入前に ROM・HBD・筋硬度を測定した。その後、ストレッチング 3 種目 3 群およびコントロール群の計 4 群に分類し(表 2)、ストレッチングの介入後に再度測定を行った。なお、運動を行っている時間はすべての群で 3 時間程度とした。

(3) 統計処理

統計処理は IBM 社製 SPSS Statistics (Version22)を用い、蹴り足(利き足)・軸足(非利き足)それぞれのストレッチング前後の群内比較を Wilcoxon の符号付き順位和検定、ストレッチング前後での各群間における測定値の差の比較²⁾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介入前の測定値ベースラインの比較には Kruskal-Wallis 検定を用いた。なお、有意水準はすべて危険率 5%未満とした。

第 3 節 ストレッチングの実施タイミングに関する研究

(1) 対象者

本研究の対象者は、I 県の中学校サッカー部に所属する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、ポジションはフィールドプレーヤー)とした。成長期の定義は身長成長速度曲線³³⁾を用い、思春期スパート立ち上がり年齢から身長最大発育量年齢までの Phase II 69 名、身長最大発育量年齢から身長の伸びが年 1cm 以内となる最終身長時

年齢までの PhaseⅢ5 名を対象とした。

対象者には研究に先立って、研究の目的・内容・手順や考えられる危険性などを口頭および文章にて十分に説明を行い、了承を得た上で書面にて同意を得た。また対象者が未成年であるため、中学校サッカー部顧問および保護者にも同様の説明を行い、書面にて同意を得た。なお本研究は、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(受付番号；院 26-46)。

(2) 測定項目および方法

8 週間のストレッチング介入前の対象者に対し、同様の方法で HBD・ROM・筋硬度の測定、また日本体育協会の身体測定方法に準じ¹²⁾、身長・体重を測定した。ストレッチングの実施タイミング別に運動前群・運動後群・就寝前群の 3 群に分類し(表 3)、8 週間のストレッチング介入後に再度測定を行った。また運動前群と運動後群には活動記録表(図 9)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(図 10)をつけてもらった。介入期間中に練習を 2 日以上休む傷害²⁴⁾(医療機関で診断されたもの)を負った選手や、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。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。

(3) ストレッチング方法

ストレッチングの即時効果に関する研究において、大腿前面の筋群に対し柔軟性の改善・回復効果が有効であった側臥位でのストレッチング(図 6)を用い、実施時間は 20 秒 3 セットとした²⁴⁾。

(4) 統計処理

統計処理は IBM 社製 SPSS Statistics (Version22)を用い、蹴り足(利き足)・軸足(非利き足)それぞれの介入前後の群内比較を Wilcoxon の符号付き順位和検定、ストレッチング前後での各群間における測定値の差の比較²⁵⁾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介入前の測定値ベースラインの比較には Kruskal-Wallis 検定を用いた。なお、有意水準はすべて危険率 5%未満とした。

第5章 結果

第1節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動前—

(1) 身体特性および介入前測定値ベースライン

各群間における平均年齢・身長・体重・BMI・競技経験に有意差はみられなかった(表1)。また、介入前のROM(膝関節屈曲可動域)・HBD(踵臀距離)・筋硬度(大腿四頭筋 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) ストレッチング前後の群内比較(表4)

a) 側臥位群(側臥位でのセルフストレッチング)における群内比較: 蹴り足ROMで介入前 $138.0 \pm 4.2^\circ$ から $141.5 \pm 5.3^\circ$ ($p < 0.05$)、蹴り足HBDで $15.6 \pm 3.6\text{cm}$ から $11.0 \pm 3.1\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足HBDで $14.7 \pm 3.7\text{cm}$ から $10.2 \pm 3.0\text{cm}$ ($p < 0.01$)と有意なROM増加とHBD減少がみられた。

その他の項目には有意差はみられなかった。

b) PS群(パートナーストレッチング)における群内比較: 蹴り足ROMで介入前 $137.5 \pm 4.2^\circ$ から $143.0 \pm 4.8^\circ$ ($p < 0.01$)、軸足ROMで $137.5 \pm 4.9^\circ$ から $141.0 \pm 3.2^\circ$ ($p < 0.05$)、蹴り足HBDで $15.7 \pm 3.6\text{cm}$ から $13.5 \pm 3.4\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足HBDで $16.4 \pm 3.0\text{cm}$ から $13.4 \pm 3.0\text{cm}$ ($p < 0.01$)、蹴り足筋硬度で 54.2 ± 2.0 から 53.1 ± 2.2 ($p < 0.05$)と有意なROM増加とHBD・筋硬度の減少がみられた。

軸足筋硬度には有意差はみられなかった。

c) 背臥位群(背臥位でのセルフストレッチング)における群内比較: 背臥位群やPS群と同様の傾向はみられたが、すべての項目で有意差はみられなかった。

d) コントロール群における群内比較: すべての項目で有意差はみられなかった。

(3) ストレッチング前後の群間比較(表5)

介入前後の差は、蹴り足ROMではPS群($5.5 \pm 1.6^\circ$)は背臥位群($1.5 \pm 3.4^\circ$)やコントロール群($0.5 \pm 1.6^\circ$)と比較して有意差がみられた(それぞれ $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。

蹴り足HBD(図11)では側臥位群($4.6 \pm 1.6\text{cm}$)は背臥位群($1.3 \pm 2.1\text{cm}$)やコントロ

ール群 ($0.0 \pm 0.5\text{cm}$)と比較して有意差がみられた (それぞれ $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。また PS 群 ($2.2 \pm 1.9\text{cm}$)はコントロール群と比較して有意差がみられた ($p < 0.05$)。

軸足 HBD (図 12)においても側臥位群 ($4.5 \pm 1.6\text{cm}$)や PS 群 (3.0 ± 1.8)は背臥位群 ($1.2 \pm 2.2\text{cm}$)、コントロール群 ($0.3 \pm 0.4\text{cm}$)と比較して同様の結果であった。

筋硬度では蹴り足のみ、側臥位群 (1.0 ± 1.5)と PS 群 (-1.1 ± 1.3)で有意差がみられた ($p < 0.05$)。

第 2 節 ストレッチングの即時効果に関する研究 —運動後—

(1) 身体特性および介入前測定値ベースライン

各群間における平均年齢・身長・体重・BMI・競技経験に有意差はみられなかった (表 2)。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) ストレッチング前後の群内比較 (表 6)

a) 側臥位群における群内比較：蹴り足 ROM で介入前 $135.0 \pm 4.1^\circ$ から $142.5 \pm 4.9^\circ$ ($p < 0.01$)、軸足 ROM で $136.5 \pm 3.4^\circ$ から $141.0 \pm 4.6^\circ$ ($p < 0.05$)、蹴り足 HBD で $17.9 \pm 3.1\text{cm}$ から $13.8 \pm 3.0\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足 HBD で $17.8 \pm 2.5\text{cm}$ から $13.3 \pm 2.6\text{cm}$ ($p < 0.01$)、蹴り足筋硬度で 55.4 ± 2.0 から 54.2 ± 1.8 ($p < 0.05$)と有意な ROM 増加と HBD・筋硬度の減少がみられた。

軸足筋硬度には有意差はみられなかった。

b) PS 群における群内比較：蹴り足 ROM で介入前 $136.5 \pm 4.1^\circ$ から $140.5 \pm 5.5^\circ$ ($p < 0.05$)、軸足 ROM で $135.0 \pm 3.3^\circ$ から $141.0 \pm 4.6^\circ$ ($p < 0.01$)、蹴り足 HBD で $17.9 \pm 2.5\text{cm}$ から $14.7 \pm 3.9\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足 HBD で $18.6 \pm 2.5\text{cm}$ から $15.5 \pm 4.4\text{cm}$ ($p < 0.01$)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。

c) 背臥位群における群内比較：蹴り足 HBD で $15.0 \pm 1.9\text{cm}$ から $13.5 \pm 2.3\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足 HBD で $16.2 \pm 1.8\text{cm}$ から $13.2 \pm 2.3\text{cm}$ ($p < 0.05$)と有意な HBD 減少がみられた。その他の項目には有意差はみられなかった。

d) コントロール群における群内比較：すべての項目で有意差はみられなかった。

(3) ストレッチング前後の群間比較 (表 7)

介入前後の差は、蹴り足 ROM では側臥位群 ($7.5 \pm 4.9^\circ$) は背臥位群 ($0.5 \pm 2.8^\circ$) やコントロール群 ($0.5 \pm 1.6^\circ$) と比較して有意差がみられた ($p < 0.01$)。

軸足 ROM では PS 群 ($6.0 \pm 4.6^\circ$) は背臥位群 ($1.0 \pm 2.1^\circ$) やコントロール群 ($1.0 \pm 2.1^\circ$) と比較して有意差がみられた ($p < 0.05$)。

蹴り足 HBD (図 13) では、側臥位群 ($4.1 \pm 1.7\text{cm}$) は背臥位群 ($1.5 \pm 1.2\text{cm}$) やコントロール群 ($0.1 \pm 0.2\text{cm}$) と比較して有意差がみられた (それぞれ $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。また PS 群 ($3.3 \pm 2.8\text{cm}$) はコントロール群と比較して有意差がみられた ($p < 0.01$)。

軸足 HBD (図 14) においては側臥位群 ($4.5 \pm 1.6\text{cm}$)、PS 群 (3.0 ± 1.8)、背臥位群 ($1.2 \pm 2.2\text{cm}$) の 3 群共に、コントロール群 ($0.3 \pm 0.4\text{cm}$) と比較して有意差がみられた (それぞれ $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.05$)。

筋硬度では有意差はみられなかった。

第 3 節 ストレッチングの実施タイミングに関する研究

(1) 介入前後の対象者フローチャート (図 15)

a) 運動前群における対象者数の変化：介入前は 22 名であった。介入期間中に内転筋肉離れ 1 名、アキレス腱炎 1 名が医療機関で診断され、当日欠席 1 名と合わせて計 3 名をドロップアウトとし、19 名を運動前群の対象者とした。

b) 運動後群における対象者数の変化：介入前は 24 名であった。介入期間中に下腿肉離れ 1 名、前腕骨折 1 名が医療機関で診断され、当日欠席 1 名と合わせて計 3 名をドロップアウトとし、21 名を運動後群の対象者とした。

c) 就寝前群における対象者数の変化：介入前は 28 名であった。介入期間中に足関節捻挫 2 名が医療機関で診断された。当日欠席 3 名と就寝前のストレッチング実施回数がチーム活動日数の 7 割に満たなかった 4 名の計 9 名をドロップアウトとし、19 名を就寝前群の対象者とした。

(2) 身体測定および介入前測定値ベースライン

各群間における平均年齢・身長・体重・BMI・競技経験・チーム総活動時間に有意差はみられなかった(表 8)。また介入前の ROM (膝関節屈曲可動域)・HBD (踵臀距離)・筋硬度(大腿四頭筋 筋硬度)の測定値ベースラインにおいても各群間で有意な差はみられなかった。

(3) ストレッチング前後の群内比較(表 9)

a) 運動前群における群内比較: 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。

b) 運動後群における群内比較: 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。

c) 就寝前群における群内比較: 蹴り足 HBD で $15.1 \pm 2.6\text{cm}$ から $7.3 \pm 2.4\text{cm}$ ($p < 0.01$)、軸足 HBD で $15.3 \pm 2.6\text{cm}$ から $7.4 \pm 2.0\text{cm}$ ($p < 0.01$)、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。

(4) ストレッチング前後の群間比較(表 10)

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 (図 16)では就寝前群 ($7.8 \pm 2.3\text{cm}$)は運動前群 ($2.6 \pm 2.2\text{cm}$)や運動後群 ($5.5 \pm 1.9\text{cm}$)と比較して有意差がみられた(それぞれ $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$)。また運動後群と比較して運動前群で有意差がみられた ($p < 0.01$)。

軸足 HBD (図 17)では運動前群 ($3.3 \pm 2.5\text{cm}$)と比較して、就寝前群 ($7.9 \pm 2.5\text{cm}$)に加え運動後群 ($6.0 \pm 1.9\text{cm}$)においても有意差がみられた ($p < 0.01$)。

筋硬度では軸足のみ運動前群(0.7 ± 2.8)と運動後群(-1.0 ± 2.2)で有意差がみられた ($p < 0.05$)。

第6章 考察

第1節 ストレッチングの即時効果に関する研究

本研究の結果、運動前にストレッチング介入を行った調査において、ROM(膝関節屈曲可動域)は側臥位群蹴り足と PS 群(パートナーストレッチング)の両足で増加し、HBD(踵臀距離)は側臥位群(側臥位でのセルフストレッチング)と PS 群の両足で減少がみられた。運動後の介入調査では、ROM・HBD 両項目とも側臥位群と PS 群で有意な変化がみられた。群間比較では運動前後ともにコントロール群と比較して、側臥位群と PS 群で HBD の有意な減少がみられた。

ストレッチングが関節可動域や柔軟性に影響を与えるメカニズムは基本的に 2 つ存在し、それぞれが単独で、または 2 つ組み合わせあって影響を及ぼすと考えられている。1 つ目は、ストレッチングが軟部組織(筋や靭帯、関節包などの結合組織)の構造と性質を変えることで ROM を変化させ、2 つ目としては痛みの耐性(感覚閾値)が上昇するというものである^{23),31),32),34),36)}。ストレッチングがどの関節角度まで行えるかはストレッチングをされている人間の感覚、あるいは耐久性によって規定され⁵⁾、更には力学的な変化よりも個人の疼痛耐性上昇の違いにより受ける影響の方が大きいという報告もみられる⁶⁾。そのため、パートナーの押す程度や加減によって左右される PS 群や、セルフストレッチングでも強制的に股関節伸展位を保持する側臥位群でより関節可動域や柔軟性の改善・回復に効果がみられたと考える。また HBD の測定方法は、二関節筋である大腿直筋を含めた大腿四頭筋や大腿筋膜張筋の影響を大きく受ける。林が推奨する側臥位でのストレッチングは骨盤前傾制御、大腿直筋・大腿筋膜張筋の伸張効果が期待でき¹⁾、骨盤前傾や腰椎前湾、股関節屈曲内旋などの代償動作がしやすい背臥位でのストレッチングと比較して、柔軟性の改善・回復が大腿前面の筋群に対し有効であったと考えられる。

ROM や HBD の改善・回復に伴い、筋硬度(大腿四頭筋 筋硬度)の減少も起こると調査前に仮説をたてていたが、筋硬度は運動前では PS 群の蹴り足、運動後では側臥位群の蹴り足でのみ減少がみられた。オスグッド病に代表される膝伸展機構障害は、身長(大腿骨長)の増加に伴う大腿前面のスティフネス及び筋硬度上昇が影響することが示唆されている^{17),41)}。そのため、ストレッチングの関節可動域や柔軟性の拡大効果が組織の硬度の低下に関連していることが報告されていることから⁹⁾、オスグッド病発症前および罹患時に筋硬度上昇を抑える効果が期待できた。しかしその一方で、組織の

粘性が変化しても、筋硬度と弾性はウォームアップの一環として運動直前に実施されるストレッチングには、ほとんど影響を受けていないという報告もあり³⁾、ストレッチングの筋硬度に与える影響に関しては一定の見解を得られていない。また、本研究でも使用した押し込み式の筋硬度計は、解剖学的に脂肪組織や上皮・真皮、その下にある表層の密線維性結合組織策や深部の膜組織など、筋以外の影響を目的の筋に達するまでに大きく受けるため²⁰⁾、純粹に目的の筋だけの硬度を測定できているかは疑問が残る。近年では組織の相対的な硬さを超音波画像上に局所的な色分布として示す技術である **Real-time Tissue Elastography** 法を用いて、小中学生の膝蓋腱の弾性を調査した報告もされており²⁵⁾、今後はより精度の高い方法でストレッチングの筋硬度に与える影響を調査する必要があると考える。

第2節 ストレッチングの実施タイミングに関する研究

本研究の結果、ROM はすべての群において増加傾向はみられたものの、運動後群の蹴り足のみで有意に増加し、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。ストレッチング後に関節可動域の改善がしばしばみられるが、これは一定の伸張を加えていると抵抗が減少する **stress relaxation** によって起こると考えられている⁹⁾。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るとされており、本研究の8週間の介入後の再測定は起床後にグラウンドに来て何もしていない状態で行っているため、ROM に関してはストレッチング実施直後の即時効果が継続していなかった可能性が考えられる。反対に HBD の群内比較ではすべての群において8週間の介入後に有意な減少がみられた。HBD は ROM の測定時と異なり、膝関節の関節包や靭帯などの軟部組織よりも大腿直筋や大腿筋膜張筋などの二関節筋の影響を大きく受けるため、8週間のストレッチングにより、二関節筋の伸張性が介入前より増大したと推察する。また HBD の群間比較では運動前群と比べて、運動後群や就寝前群でより改善効果がみられ、特にそれは就寝前群で改善が著明であった。一つの要因として、運動前群はストレッチング実施後に練習や試合を行っており、サッカー選手は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^{18),50)}、ストレッチングの柔軟性改善・回復効果がその後のトレーニングにより相殺されたと推察する。また、Torres ら^{57),58)}は遠心性運動課題後にストレッチングを行わせ、単発の実施よりも繰り返し行わせることでスティフネスの回復がみられたとし、加えてストレッチングの中止

後には長期間の効果はなく、毎日ストレッチングを繰り返し行わせることが筋ステイフネスからの解放に有効かもしれないと結論付けている。このことから、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最もリラクゼーション効果を得ることができる睡眠時間帯の直前に繰り返しストレッチングを実施したことが、柔軟性の改善・回復効果がより大きかった要因であると考えられる。したがって、成長期サッカー選手に対しては、側臥位でのセルフストレッチングを運動後や就寝前に継続的に促すことが柔軟性の改善・回復に有効であり、今後オスグッド病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。一方で、ストレッチングの長期効果として筋肥大が報告され、筋断面積が増加すればステイフネスも増大するはずであるが、これらの報告の多くがギブス固定後の運動制限のあった症例(患者)を対象としており^{8),62)}、本研究のように継続的に運動を行っている選手に筋肥大が起こるかは調査されていない。さらに本研究では筋肥大に関する評価をしていないため、言及することは難しい。

筋硬度に関しては、群間比較で運動前より運動後で改善効果がみられたものの、反対に群内比較では運動前群と就寝前群の蹴り足では有意に増加し、一定傾向の結果は得られなかった。長期間のストレッチングが筋硬度に与える影響を調査した研究では、組織の粘性が変化しても筋の硬度と弾性は3-4週間のストレッチングにはほとんど影響を受けていないとしている^{13),26),29)}。長期間のストレッチング介入が筋硬度に与える影響に関しては即時効果同様、脂肪組織や上皮・真皮、その下にある表層の密線維性結合組織策や深部の膜組織など、目的の筋以外の影響を受けづらい²⁰⁾、精度の高い筋硬度測定方法での調査が必要と考える。

第7章 結論

成長期サッカー選手における大腿前面部の柔軟性改善・回復に有効なストレッチングの種類は側臥位でのストレッチングとパートナーストレッチングであった。セルフストレッチングであれば、背臥位よりも側臥位で実施する方が有効であることが明らかになった。

ストレッチングの実施タイミングでは運動前よりも運動後、さらには就寝前に実施する方がストレッチングによる柔軟性の改善・回復効果が大きかった。成長期サッカー選手に対しては、運動後や就寝前に継続的なストレッチング実施を促すことが重要である。

第8章 研究限界

本研究は対象者数が少なく、統計的な有意差はなかったものの、介入前計測値のベースラインで差がみられた。また対象者を中学校の1・2年生を対象にしているため、寮生活などでコントロールされたチームがなかった。さらに対象者数を集めるために、複数のチームから協力を得たため、練習内容の違いなどの交絡因子をとり払うことができず、厳密な Randomized Controlled Trial ではなかったことが、今回の研究限界である。

第9章 要約

【目的】本研究は、オスグッド病の発症予防プログラム開発の一助とするために、成長期サッカー選手の大腿前面部の柔軟性改善・回復に有効なストレッチングの実施方法とタイミングを検証することを目的とした。

【方法】ストレッチングの即時効果に関する研究は、成長期男子サッカー選手 80 名(年齢 13.4 ± 0.5 歳)を各 10 名 4 群(セルフストレッチング; 側臥位群および背臥位群、パートナーストレッチング; PS 群、コントロール群)に分類し、筋疲労のない運動前と筋疲労状態の運動後に各種ストレッチングを行わせた。

ストレッチングの実施タイミングに関する研究では、成長期男子サッカー選手 74 名(年齢 12.3 ± 0.5 歳)を実施タイミング別に運動前群 22 名、運動後群 24 名、就寝前群 28 名に分類し、側臥位でのセルフストレッチングを 8 週間介入した。

膝関節屈曲角度(ROM)、踵髻距離、筋硬度をストレッチングの前後および 8 週間のストレッチング介入前後で測定し、各群における介入前後の変化を群内比較、各群の介入前後の差を群間で比較したものを群間比較とし、検討を行った。

【結果】運動前後ともに、側臥位群と PS 群においてストレッチング後に踵髻距離の減少(側臥位群 運動前 蹴り足 $15.6 \pm 3.6 \rightarrow 11.0 \pm 3.1$ cm、軸足 $14.7 \pm 3.7 \rightarrow 10.2 \pm 3.0$ cm、運動後 蹴り足 $17.9 \pm 3.1 \rightarrow 13.8 \pm 3.0$ cm、軸足 $17.8 \pm 2.5 \rightarrow 13.3 \pm 2.6$ cm)と ROM の増加がみられた($P < 0.05$)。筋硬度は運動前で PS 群蹴り足、運動後で側臥位群蹴り足において有意に低下した($P < 0.05$)。また群間比較でも、運動前後とも側臥位群および PS 群の踵髻距離がコントロール群と比較して有意に減少していた($P < 0.05$)。

8 週間のストレッチング介入では、練習を 2 日以上休む傷害を負ったもの、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 割に満たなかったものは除外し、運動前群 19 名、運動後群 21 名、就寝後群 19 名が対象となった。

すべての群において 8 週間のストレッチング介入後に踵髻距離の減少(運動前群 蹴り足 $12.9 \pm 3.6 \rightarrow 10.3 \pm 2.7$ cm、軸足 $13.8 \pm 3.9 \rightarrow 10.4 \pm 2.5$ cm、運動後群 蹴り足 $15.1 \pm 2.6 \rightarrow 9.6 \pm 2.1$ cm、軸足 $15.6 \pm 2.5 \rightarrow 9.6 \pm 2.4$ cm、就寝前群 蹴り足 $15.1 \pm 2.6 \rightarrow 7.3 \pm 2.4$ cm、軸足 $15.3 \pm 2.6 \rightarrow 7.4 \pm 2.0$ cm)がみられた($P < 0.01$)。ROM は運動後群の蹴り足のみで増加し、筋硬度は運動前群と就寝前群の蹴り足で増加した($P < 0.05$)。また群間比較では、就寝前群および運動後群の踵髻距離が運動前群と比較して有意に減少していた($P < 0.01$)。

【結論】成長期サッカー選手における大腿前面部の柔軟性の改善・回復に有効なストレッチングの種類は側臥位でのストレッチングとパートナーストレッチングであった。セルフストレッチングであれば、背臥位よりも側臥位で実施する方が有効であることが明らかになった。

ストレッチングの実施タイミングでは運動前よりも運動後、さらには就寝前に実施する方がストレッチングによる柔軟性の改善・回復効果が大きかった。成長期サッカー選手に対しては、運動後や就寝前に継続的なストレッチング実施を促すことが重要である。

引用文献

- 1) Amako M, Oda T, Masuoka K, et al. (2003): Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med* 168(6), 442-446.
- 2) Bandy WD, Irion JM (1994): The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 74, 845-50;discussion 50-2.
- 3) Cornwell A, A.G. Nelson, G.D. Heise, B.Sideway (2001): The acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *J.Hum. Mov. Stud* 40, 307-324.
- 4) Dadebo B, White J, George KP (2004): A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med* 38, 388-94.
- 5) Ferreira G.N.T, Salmela T, Fuscaldi L, Queiroz G.C (2007): Gains in flexibility related to measures of muscular performance: Impact of flexibility on muscular performance. *Clin. J. Sports Med* 17, 276-281.
- 6) Gajdosik RL (2001): Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 16(2), 87-101.
- 7) Grooms, D. R. et al. (2013): Soccer-specific warm-up and Lower Extremity injury rates in collegiate male soccer players. *J Athl Train* 48(6), 782-789.
- 8) Goldspink DE, Cox VM, Smith SK, et al. (1995): Muscle growth in response to mechanical stimuli. *Am J Physiol* 268(2), E288-E297.
- 9) Guissard N, J Duchateau (2004): Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve* 29, 248-255.
- 10) Hartig DE, Henderson JM (1999): Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med* 27(2), 173-176.
- 11) 林 典雄 (2009): 機能解剖に基づく評価と運動療法—とくに膝の疾患について. *スポーツメディスン*, 21(9), 4-11.
- 12) 長谷川裕 (2012): トレーニング論Ⅱ 体力テストとその活用. 公認スポーツ指導者養成テキスト 共通科目Ⅲ, 東京, 公益財団法人 日本体育協会, pp123.

- 13) Halbertsma J.P, A.I vanbolhuis, L.N Goeken (1996): Sports stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehab* 77, 688-692.
- 14) Herbert RD, de Noronha M (2011): Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev* 6(7), CD004577.
- 15) Hilyer JC, Brown KC, Sirles AT, et al (1990): A flexibility intervention to reduce the incidence and severity of joint injuries among municipal firefighters. *J Occup Med* 32(7), 631-637.
- 16) 平野 篤, 広瀬 統一 (2000): 【スポーツとカルシウム】スポーツ選手の骨年齢と暦年齢 成長期男子サッカー選手の調査. *Clinical Calcium*, 10(5), 546-552.
- 17) 平野 篤, 福林 徹, 石井 朝夫 (2000): 脛骨粗面の発育とオスグッド病の発症について. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 8(2), 180-184.
- 18) 堀川 浩之, 朝比奈 茂, 佐藤 三千雄 (2003): サッカー選手の連続試合が筋硬度に及ぼす影響. *昭和大学教養部紀要*, 34, 19-23.
- 19) http://www.jfa.jp/about_jfa/organization/databox/player.html
- 20) 稲見崇孝(2014): 筋の硬さ-筋の硬さの基礎科学. *スポーツメディスン*, 26(12), 2-4.
- 21) Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S, et al. (2010): A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med* 44(14), 1002-1009.
- 22) 亀山 泰, 横江 清司, 大島 祐之 (2005): 成長期のスポーツ障害例の検討. *スポーツ医・科学*, 17, 11-15.
- 23) 金澤 浩, 浦辺 幸夫, 岩本 久生 他 (2007): ストレッチングに対する腓腹筋腱の反応. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 15(3), 401-406.
- 24) 木下 裕光, 宮川 俊平, 向井 直樹 他 (2006): 成長期男子サッカー選手における膝伸展機構の筋硬度の検討. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 25(4), 399-402.
- 25) 木谷 健太郎, 鳥居 俊, 米津 貴久 他 (2014): 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*, 20(1), 23-29.
- 26) Kubo K, H Kanehisa, T Fukunaga (2001): Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures? *Eur J Appl Physiol* 85, 226-232.

- 27) Le Gall F, Carling C, Reilly T, et al. (2006): Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *Am J Sports Med* 34(6), 928-938.
- 28) Longo, U. G. et al. (2012): The FIFA11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players. a cluster randomized controlled trial, *Am J Sports Med* 40(5), 996-1005.
- 29) Macpherson P.C.D, M A Shork, J A Faulkner (1996): Contraction-induced injury to single fiber segments from fast and slow muscles of rats by single stretches. *Am J Physiol* 271, C1438-C1446.
- 30) McHugh MP, Cosgrave CH (2010): To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports* 20(2), 169-181.
- 31) Stone M, et al. (2008): ストレッチング: 短期的 (運動直前の) と長期的、それぞれがもたらす効果. *Strength & Conditioning* 15(7), 26-33.
- 32) 望月久 (2001): 筋機能改善の理学療法とそのメカニズム. 東京, ナップ.
- 33) 村田 光範 (1996): 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*, 72(4), 401-406.
- 34) 村木 孝行 (2012): Stretch と筋機能. *理学療法京都*, (41), 36-40.
- 35) 中堀 千香子, 池田 浩, 加藤 晴康 (2011;2010 年度): 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築(第 1 報) 国内競技会におけるスポーツ外傷発生調査 スポーツ外傷発生調査【サッカー】 Jリーグ下部組織における傷害発生調査. *日本体育協会スポーツ科学研究報告集*, 36-38.
- 36) Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, et al. (2012): Effects of a 4-week static stretch training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle-tendon unit in vivo. *Eur J Appl Physiol* 112(7), 2749-2755.
- 37) 日本整形外科学会, 日本リハビリテーション医学会 (1995): 関節可動域表示ならびに測定法. *リハ医学*, 32, 207-217.
- 38) Ogden JA et al. (1976): Osgood-Schlatter's disease and tibial tuberosity development. *Clin Orthop* 116, 180-189.
- 39) Osgood RB (1903): Lesion of the tibial tubercle occurring during adolescence. *Boston Med Surg J* 148, 117.

- 40) Peterson, L., Junge, A., et al. (2000): Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skilllevel groups. *Am J Sports Med* 28(5 Suppl), S51-7.
- 41) Price RJ, Hawkins RD, Hulse MA, et al. (2004): The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *Br J Sports Med* 38(4), 466-471.
- 42) Rogan S, Wüst D, Schwitter T, et al. (2013): Static Stretching of the Hamstring Muscle for Injury Prevention in Football Codes: a Systematic Review. *Asian Journal of Sports Medicine* 4(1), 1-9.
- 43) Rosenberg ZS et al. (1992): Osgood-Schlatter Lesion : Fracture or Tendinitis ? Scintigraphic, CT, and MR Imaging Features. *Radiology* 185, 853-858.
- 44) 桜庭 景植 (2008): 【下肢荷重関節の最新画像診断】 膝関節スポーツ障害の画像診断 使いすぎによる障害を中心に. *関節外科*, 27(6), 744-755.
- 45) 佐保 泰明, 中堀 千香子, 福林 徹 (2013;2012 年度): 平成 24 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築(第 3 報) スポーツ外傷・障害予防プログラムの開発・検証 サッカーにおけるプログラム検証. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集*, 80-87.
- 46) Shrier I (2007): Does stretching help prevent injuries?. *Evidence-Based Sports Medicine*(2nd Edition) Section 1. Prevention, BMJ Books, pp36-58.
- 47) Schlatter C (1903): Vertezunge des Schnabelformigen Fortsatzes der Oberen Tibiaepiphyse. *Beiter Klin* 38, 874-887.
- 48) Shehab R, Mirabelli M, Gorenflo D, et al. (2006): Pre-exercise stretching and sports related injuries: knowledge, attitudes and practices. *Clin J Sport Med* 16(3), 228-231.
- 49) Soligard, T. et al. (2008): Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 337, a2469.
- 50) 孫 崗, 宮川 俊平, 木下 裕光 他 (2008): 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*, 16(1), 68-71.
- 51) Sullivan, J. A., Gross, R. H., et al. (1980): Evaluation of injuries in youth soccer.

- Am J Sports Med 8(5), 325-7.
- 52) 鈴木 英一 (2001): 成長期サッカー選手における腰部,膝関節スポーツ障害と体幹, 下肢の筋柔軟性,膝周囲筋筋力との関係 腰痛症,Osgood-Schlatter 病との関連を中心に. 横浜医学, 52(2), 101-106.
- 53) Thacker, S.B., J. Gilbert, D.F. Stroup, and C.D.Kimsey (2004): The impact of stretching on sport injury risk: A systematic review of the literature. Med.Sci. Sports Exerc 36, 371-378.
- 54) 戸島 美智生, 鳥居 俊 (2011): Osgood-Schlatter 病発症に下肢の骨長増加量が関係する. 発育発達研究, (50), 1-7.
- 55) 戸祭 正喜, 高島 孝之, 柳田 博美, 他 (2008): 【成長期スポーツ傷害の治療戦略】 プロサッカークラブの下部組織におけるスポーツ外傷および障害の発生状況. 関節外, 27(12), 1693-1700.
- 56) 鳥居 俊, 中島 寛之, 中島 耕平 (1994): 発育期のスポーツ傷害防止のための整形外科的メディカルチェック(第2報)関節弛緩性・筋柔軟性と傷害発生との関係. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 14(3), 359-366.
- 57) Torres R, Appell HJ, Duarte JA (2007): Acute effects of stretching on muscle stiffness after a bout of exhaustive eccentric exercise. Int J Sports Med 28(7), 590-594.
- 58) Torres R et al. (2013): Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. Journal of Science and Medicine in Sport 16, 583-588.
- 59) 内山 英司, 岩噌 弘志, 平沼 憲治 他 (2006): 外来新患統計からみた成長期下肢スポーツ障害の年齢分布. 日本臨床スポーツ医学会誌, 14(3), 346-351.
- 60) Woods K, Bishop P, Jones E (2007): Warm-Up and Stretching in the Prevention of Muscular Injury. Sports Medicine 37(12), 1089-1099.
- 61) 山藤 崇, 中谷 知薫, 香取 庸一, 他(2006): Jリーグクラブチーム下部組織における5年間の外傷・障害. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 25(3), 355-360.
- 62) Yang H, Alnaqeeb M, Simpson H, et al. (1997): Changes in muscle fibre type, muscle mass and IGF-I gene expression in rabbit skeletal muscle subjected to stretch. J Anat 190(Pt 4), 613-622.

Abstract

The effect of stretching on adolescent soccer players

[Purpose] The aims of this study were to identify the immediate effect of the three types and three different implementation timings of stretching techniques, to contribute to program development to prevent Osgood-Schlatter disease for adolescent soccer players.

[Methods] 80 adolescent male soccer players (Age: 13.4 ± 0.5 yrs) were classified into four groups (partner-stretching; PS group, self-stretching; lateral position group and the supine group, the control group). Half of each group implemented stretching before training, and the other half implemented stretching after training.

74 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. Those values before and after stretching intervention were compared in each group. In addition, the difference among the four different stretching groups and the three different timings of stretches were examined.

[Result] The lateral position group and the PS group more significantly improved HBD (lateral position group before training: dominant leg $15.6 \pm 3.6 \rightarrow 11.0 \pm 3.1$ cm, non-dominant leg $14.7 \pm 3.7 \rightarrow 10.2 \pm 3.0$ cm, after training: dominant leg $17.9 \pm 3.1 \rightarrow 13.8 \pm 3.0$ cm, non-dominant leg $17.8 \pm 2.5 \rightarrow 13.3 \pm 2.6$ cm) and ROM than before stretching ($P < 0.05$). Muscle hardness was significantly decreased in a non-dominant leg of the PS group before training and in a dominant leg of the lateral position group after training ($P < 0.05$). Also HBD of the lateral position group and PS group were significantly decreased by comparing with the control group before and after training ($P < 0.05$).

After 8 weeks of stretching intervention, there were 19 pre-training group players, 21 post-training group players, and 19 before bedtime group players (excluded injured players who had more than two days of rest and players in before bedtime group who completed stretching implementation less than 70% of the team activity days). HBD was significantly improved after intervention in all groups (pre-training group pre-training group: dominant leg $12.9 \pm 3.6 \rightarrow 10.3 \pm 2.7$ cm, non-dominant leg $13.8 \pm 3.9 \rightarrow 10.4 \pm 2.5$ cm, post-training group: dominant leg $15.1 \pm 2.6 \rightarrow 9.6 \pm 2.1$ cm, non-dominant leg $15.6 \pm 2.5 \rightarrow 9.6 \pm 2.4$ cm, before bedtime group: dominant leg $15.1 \pm 2.6 \rightarrow 7.3 \pm 2.4$ cm, non-dominant leg $15.3 \pm 2.6 \rightarrow 7.4 \pm 2.0$ cm, $P < 0.01$). ROM was significantly increased in a dominant leg of the post-training group. Muscle hardness was significantly increased in a dominant leg of the pre-training group and before bedtime group ($P < 0.05$). HBD of the post-training group and before bedtime group were significantly improved compared with the pre-training group ($P < 0.05$).

[Conclusion] The self-stretching in lateral position could more improve and recovery a flexibility of Quadriceps in adolescent soccer players than supine position.

The pre-training group showed more improvement than the post-training group, and the before bedtime group showed the best improvement of all of the groups.

謝辞

本論文作成にあたり、多大なるご指導および御校閲を賜りました櫻庭景植教授には心より感謝申し上げます。また、窪田敦之助教授におかれましても大変お忙しい中、ご指導頂き誠にありがとうございます。櫻庭研究室の学友諸兄のミーティングでのご指導もありがとうございました。Abstract 作成におきまして、英語翻訳の御指導をしてくださった Philadelphia Phillies の櫻井剛之氏にも感謝いたします。

本論文の作成に際しまして、測定にご協力頂いた茨城県立日立第一高等学校中等部、多賀中学校、駒王中学校、緑岡中学校、那珂湊中学校、豊里中学校、旭中学校、波崎第二中学校、茨城県 U14 トレセンの選手には大変感謝いたします。また、測定にあたり快諾して頂いた、茨城県ユースダイレクター照沼祐治教諭や各中学校・寺門寛教諭、荒川英俊教諭、木村剛教諭、五上靖隆教諭、黒澤友博教諭、大和田哲也教諭、高根澤良一教諭、大槻敏之教諭、小林博教諭には厚く御礼申し上げます。

本研究がサッカーの現場における、スポーツ障害予防に少しでも寄与するものとなれば幸いです。

最後に大学院進学にあたり、理解を示してくださった両親に感謝致します。

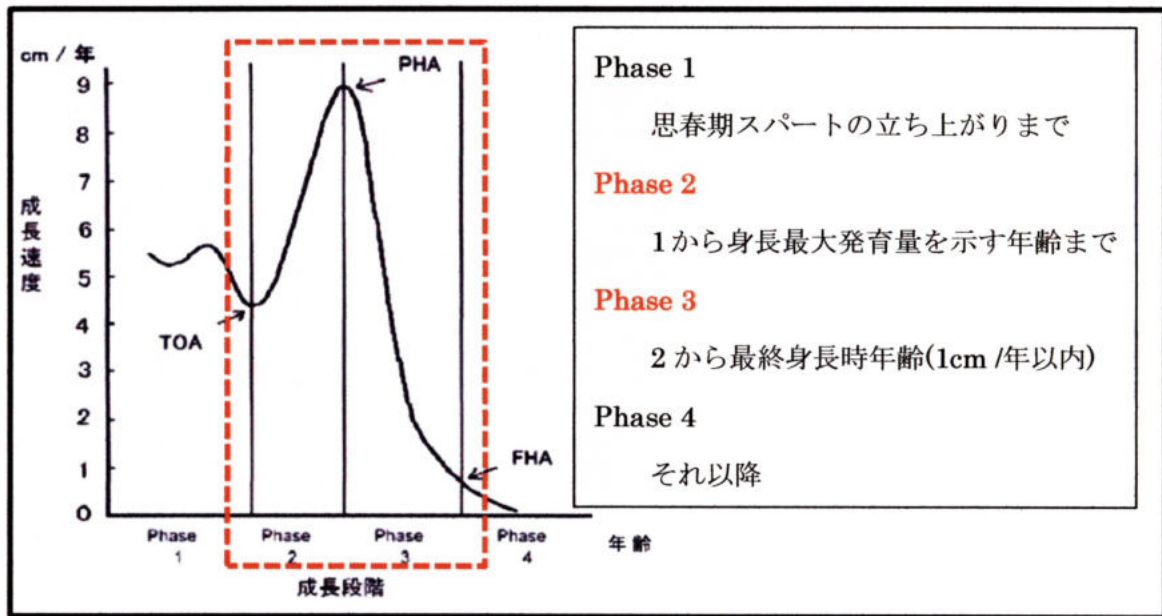


図 1 身長成長速度曲線

研究参加者個人問診表 (201 年 月 日)

※ 親御さんと一緒に記入してください。

名前: _____ 生年月日: _____ 年 月 日
 ポジション: _____ 利き足: _____ 中学校: _____ 中学校

① 既往歴 (今までに怪我をしたところがあれば教えてください)

部位	診断名(わかれば)	いつ
例(足首)	(足関節捻挫)	(中1)
例(腰)	(腰椎分離症)	(中2)
例(膝)	(オスグッド)	(小6)
()	()	()
()	()	()
()	()	()
()	()	()
()	()	()

② 現病歴 (現在、痛いところがあれば教えてください)

部位	診断名又はどのような動作で	いつから
例(腰)	(腰を後ろに反ると)	(中1)
()	()	()
()	()	()
()	()	()
()	()	()

③ 学校で4月に行われている身体測定の数値をわかる範囲で教えてください

小学4年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

小学5年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

小学6年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

中学1年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

中学2年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

中学3年生 身長: _____ cm 体重: _____ kg

図2 研究実施前アンケート

表 1 対象者の基礎データ (運動前介入)

ストレッチング即時効果 運動前介入	側臥位群	PS群	背臥位群	コントロール 群
人数	10	10	10	10
平均年齢(歳)	13.2±0.4	13.3±0.5	13.3±0.5	13.0±0
平均身長(cm)	153.1±10.6	160.7±8.2	161.3±4.0	159.0±11.8
平均体重(kg)	44.7±10.7	50.1±8.7	46.2±4.4	47.4±9.2
平均BMI	18.8±2.2	19.3±2.6	17.8±1.5	18.6±1.7
平均競技経験(年)	3.8±1.2	4.6±1.5	4.3±1.7	4.0±1.8

Kruskal-Wallis検定 N.S.

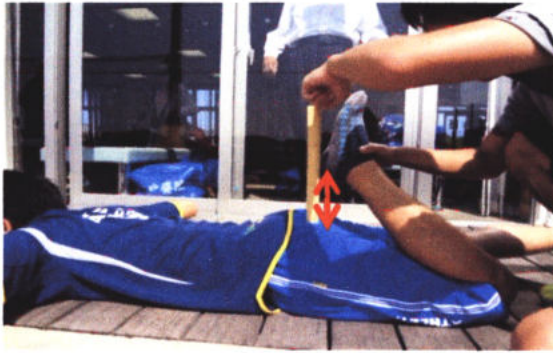


図3 踵臀距離 (HBD)

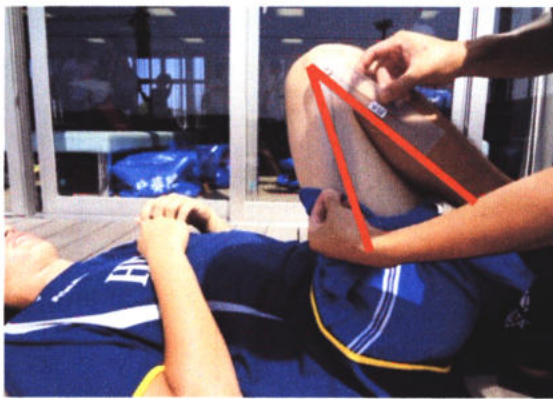


図4 膝関節屈曲可動域 (ROM)

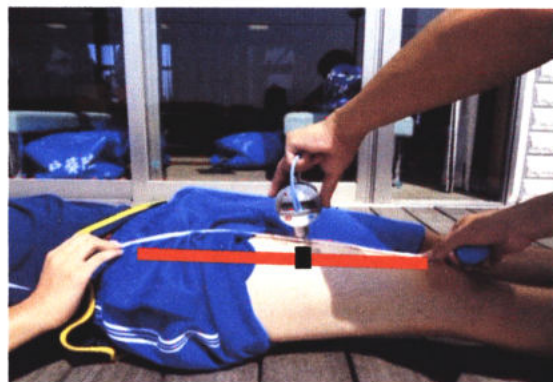


図5 大腿四頭筋 筋硬度 (筋硬度)



図6 側臥位でのストレッチ



図7 パートナーストレッチ (PS)



図8 背臥位でのストレッチ

表 2 対象者の基礎データ (運動後介入)

ストレッチング即時効果 運動後介入	側臥位群	PS群	背臥位群	コントロール 群
人数	10	10	10	10
平均年齢(歳)	13.8±0.4	13.5±0.5	13.5±0.5	13.2±0.4
平均身長(cm)	160.8±7.9	163.5±5.3	160.1±8.3	159.7±12.5
平均体重(kg)	50.3±9.6	49.5±5.6	47.4±6.7	48.9±10.6
平均BMI	19.3±2.2	18.5±1.3	18.4±1.3	19.0±1.9
平均競技経験(年)	4.1±1.3	3.9±1.9	4.5±2.4	3.9±1.7

Kruskal-Wallis検定 N.S.

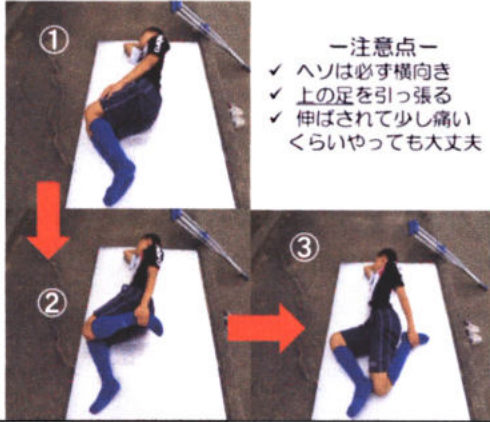
表 3 対象者の基礎データ (8 週間介入前)

ストレッチング実施 タイミング 介入前	運動前群	運動後群	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.

**【 寝る前に 】にストレッチ
左右各20秒×3セット!!!**

もも前のストレッチ



やった日: ○
 サボった日: × おこらないから正直に書いてね

5月1日	5月16日	6月1日	6月16日
5月2日	5月17日	6月2日	6月17日
5月3日	5月18日	6月3日	6月18日
5月4日	5月19日	6月4日	6月19日
5月5日	5月20日	6月5日	6月20日
5月6日	5月21日	6月6日	6月21日
5月7日	5月22日	6月7日	6月22日
5月8日	5月23日	6月8日	6月23日
5月9日	5月24日	6月9日	6月24日
5月10日	5月25日	6月10日	6月25日
5月11日	5月26日	6月11日	6月26日
5月12日	5月27日	6月12日	6月27日
5月13日	5月28日	6月13日	6月28日
5月14日	5月29日	6月14日	6月29日
5月15日	5月30日	6月15日	6月30日
	5月31日		

7月1日	7月16日
7月2日	7月17日
7月3日	7月18日
7月4日	7月19日
7月5日	7月20日
7月6日	7月21日
7月7日	7月22日
7月8日	7月23日
7月9日	7月24日
7月10日	7月25日
7月11日	7月26日
7月12日	7月27日
7月13日	7月28日
7月14日	7月29日
7月15日	7月30日
	7月31日

図 10 ストレッチング実施記録表

表 4 介入前後の群内比較 (運動前介入)

運動前介入	側臥位群 (n=10)		PS群 (n=10)		背臥位群 (n=10)		コントロール群 (n=10)	
	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後
蹴り足 ROM(°)	138.0±4.2	141.5±5.3	137.5±4.2	143.0±4.8	138.0±5.9	139.5±4.4	141.5±5.3	142.0±4.8
軸足 ROM(°)	139.5±5.0	142.5±3.5	137.5±4.9	141.0±3.2	139.5±5.5	141.0±5.7	141.0±5.2	141.0±5.7
蹴り足 HBD(cm)	15.6±3.6	11.0±3.1	15.7±3.6	13.5±3.4	16.5±4.4	15.4±4.2	13.5±3.4	13.5±3.4
軸足 HBD(cm)	14.7±3.7	10.2±3.0	16.4±3.0	13.4±3.0	17.0±3.7	15.8±4.4	14.0±3.1	13.7±2.9
蹴り足 筋硬度	52.0±2.3	53.0±3.2	54.2±2.0	53.1±2.2	55.0±2.8	55.7±2.7	54.3±3.2	54.6±2.7
軸足 筋硬度	54.1±3.6	52.9±2.0	55.0±3.3	55.2±3.2	56.8±3.1	55.7±2.1	55.0±2.4	54.9±2.1

Wilcoxon の符号付き順位和検定 *p<0.05 **p<0.01

表5 介入前後の群間比較 (運動前介入)

運動前介入 差(ストレッチング後-前)	側臥位群	PS群	背臥位群	コントロール 群
人数	10	10	10	10
蹴り足 ROM(°)	3.5±3.4	5.5±1.6	1.5±3.4	0.5±1.6
軸足 ROM(°)	3.0±4.8	3.5±3.4	1.5±4.7	0.0±2.4
蹴り足 HBD(cm) ※HBDのみ前-後	-4.6±1.6	-2.2±1.9	-1.3±2.1	-0.0±0.5
軸足 HBD(cm) ※HBDのみ前-後	-4.5±1.6	-3.0±1.8	-1.2±2.2	-0.3±0.4
蹴り足 硬度	1.0±1.5	-1.1±1.3	0.7±2.1	0.3±1.1
軸足 硬度	-1.2±1.9	0.2±1.0	-1.1±2.0	-0.1±0.6

Kruskal-Wallis検定 *p<0.05 **p<0.01

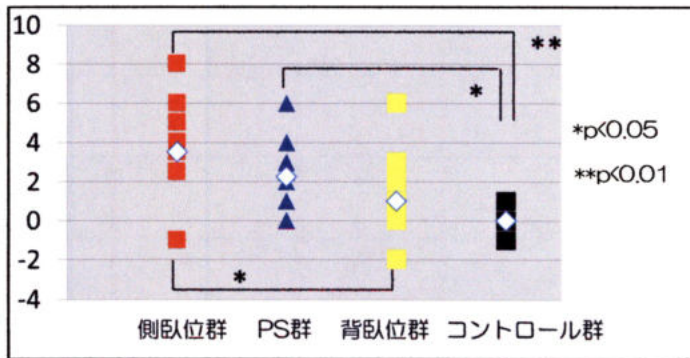


図 11 介入前後の蹴り足 HBD 群間比較 (運動前介入)

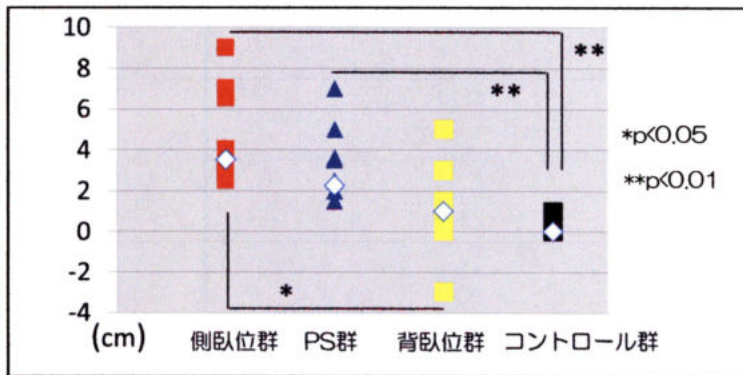


図 12 介入前後の軸足 HBD 群間比較 (運動前介入)

表 6 介入前後の群内比較 (運動後介入)

運動後介入	側臥位群 (n=10)		PS群 (n=10)		背臥位群 (n=10)		コントロール群 (n=10)	
	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後	ストレッチ前	後
蹴り足 ROM(°)	135.0±4.1	142.5±4.9	136.5±4.1	140.5±5.5	140.0±5.3	140.5±5.5	139.5±5.0	140.0±4.1
軸足 ROM(°)	136.5±3.4	141.0±4.6	135.0±3.3	141.0±4.6	139.5±6.4	140.5±5.0	140.0±4.1	141.0±3.9
蹴り足 HBD(cm)	17.9±3.1	13.8±3.0	17.9±2.5	14.7±3.9	15.0±1.9	13.5±2.3	15.4±3.4	15.3±3.4
軸足 HBD(cm)	17.8±2.5	13.3±2.6	18.6±2.5	15.5±4.4	16.2±1.8	13.2±2.3	15.5±3.7	15.3±3.4
蹴り足 筋硬度	55.4±2.0	54.2±1.8	55.0±3.3	54.7±3.2	47.7±3.3	47.8±2.4	54.3±0.9	54.1±0.7
軸足 筋硬度	56.1±2.6	55.3±1.4	56.1±3.7	55.7±3.8	48.2±2.9	47.0±2.2	55.1±2.0	55.1±1.6

Wilcoxon の符号付き順位和検定 *p<0.05 **p<0.01

表 7 介入前後の群間比較 (運動後介入)

運動後介入 差(ストレッチング後-前)	側臥位群	PS群	背臥位群	コントロール 群
人数	10	10	10	10
蹴り足 ROM(°)	7.5±4.9	4.0±3.2	0.5±2.8	0.5±1.6
軸足 ROM(°)	4.5±3.7	6.0±4.6	1.0±2.1	1.0±2.1
蹴り足 HBD(cm) ※HBDのみ前-後	-4.1±1.7	-3.3±2.8	-1.5±1.2	-0.1±0.2
軸足 HBD(cm) ※HBDのみ前-後	-4.5±1.8	-3.1±3.4	-3.1±1.6	-0.3±0.4
蹴り足 硬度	-1.2±1.2	-0.3±1.3	0.1±2.1	-0.2±0.8
軸足 硬度	-0.8±2.6	-0.4±1.6	-1.2±1.8	0.0±0.8

Kruskal-Wallis検定 *p<0.05 **p<0.01

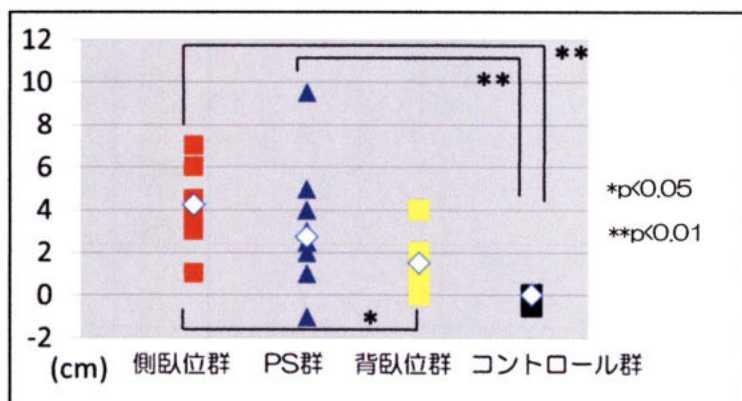


図 13 介入前後の蹴り足 HBD 群間比較 (運動後介入)

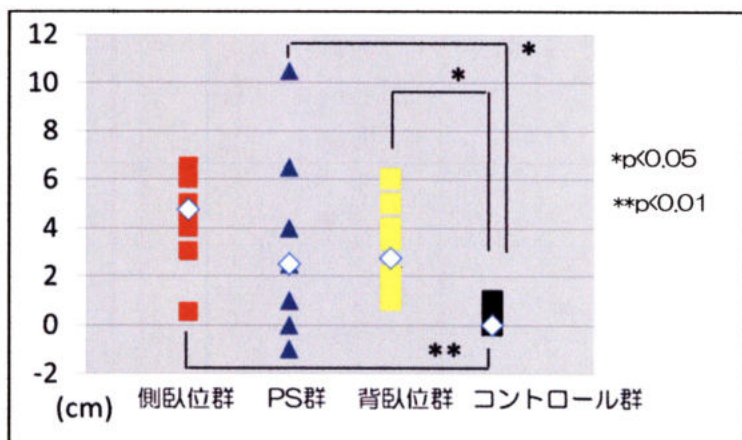


図 14 介入前後の軸足 HBD 群間比較 (運動後介入)

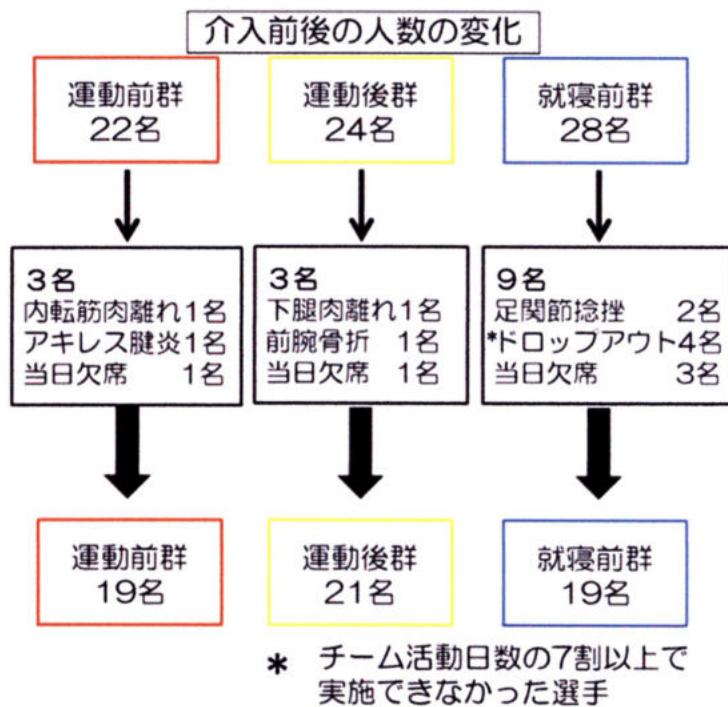


図 15 8週間介入前後の対象者フローチャート

表 8 8週間介入後の対象者基礎データ

ストレッチング 実施タイミング	運動前	運動後	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 9 介入前後の群内比較 (8 週間介入)

ストレッチング 実施タイミング	運動前群 (n=19)		運動後群 (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 筋硬度	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 筋硬度	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 10 介入前後の群間比較 (8 週間介入)

実施タイミング 差(介入後-前)	運動前群	運動後群	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

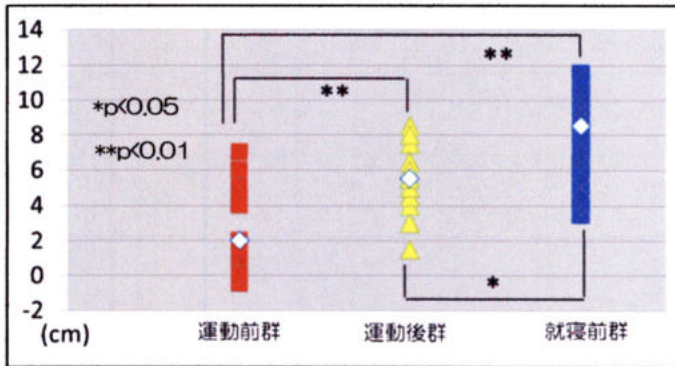


図 16 介入前後の蹴り足 HBD 群間比較 (8 週間介入)

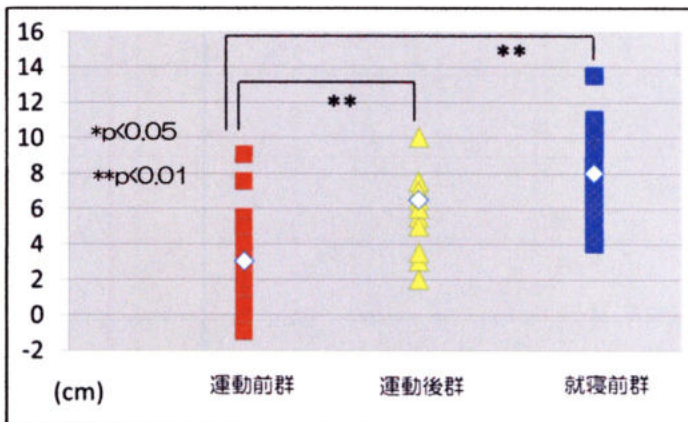


図 17 介入前後の軸足 HBD 群間比較 (8 週間介入)