

High-speed running type の ハムストリング肉ばなれの既往歴と 股関節周囲筋群の機能および形態の関連

Relationship between the prevalence of sprinting-induced hamstring strain injuries and the function and morphology of hip joint muscles

徳武 岳*¹, 倉持梨恵子*^{1,2}, 村田祐樹*², 清水卓也*^{1,2}

キー・ワード：hamstring muscle strain, sprinting, hip muscles

ハムストリング肉ばなれ, high-speed running type, 股関節周囲筋

【要旨】本研究ではスプリント動作によって発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれに着目し、スプリント動作において重要と考えられる股関節周囲筋の機能および形態とその既往との関連を横断的に検討した。その結果、ハムストリングの柔軟性を示す膝窩角は既往群で有意に大きく ($p < 0.05$)、受傷者の特徴である可能性もあるが受傷後のリハビリテーションの影響も否定できない。一方で反対側大殿筋の筋厚は既往群で有意に厚かった ($p < 0.01$)。この背景として体幹の前傾や骨盤の運動などといったスプリント動作の運動学的特徴や受傷後の代償などの影響が考えられた。

緒言

ハムストリング肉ばなれ (以下 HS : Hamstring Strain) は全力疾走や身体接触などを含むスポーツにおいて一般的な外傷であり、その再発率の高さが問題視されている^{1,2)}。Edouard ら (2013) によれば、陸上競技の競技会中に発生した傷害のうち、HS の割合は最も多い 11.4% であった³⁾。また Brooks ら (2006) によれば、ラグビーにおいて HS は試合中の 1000 時間当たり 5.6 件の確率で発生し、そのうち 20% の選手が再発を経験したとしている⁴⁾。

Asking ら (2006) はスポーツ活動において発生する HS の受傷機転に着目し、ダンスの技術や球技の転倒などでハムストリングに対する過度な伸張ストレスがかかり発生する stretching type と、スプリント動作において生じる high-speed running type の 2 つに分類している¹⁾。このように、同

じ外傷であっても受傷機転が異なる場合、予防やリハビリテーションを考える上でその特徴を考慮することは重要である。High-speed running type の HS は stretching type に比較して重症度こそ低いものの、再発率が高いことが示されている¹⁾。また、high-speed running type は復帰後に多くのケースで痛みや違和感が残存することが示されており¹⁾、研究で示されている以上に多くの選手のパフォーマンスを制限している可能性が考えられる。そこで本研究では high-speed running type の HS の既往に着目し、その特徴を分析する。

HS の発生要因を検討する研究の多くは膝関節筋力測定を用いて膝関節屈曲伸筋群の機能に着目している。しかしながら、HS の受傷組織であるハムストリングは全て股関節にも関与する 2 関節筋であり、股関節の機能はハムストリングの活動や受傷に直接的に影響を与える可能性が考えられる。HS の既往歴を持つ者の特徴として股関節に着目することは有益である可能性が高い。

また、特に high-speed running type の受傷機転であるスプリント動作においてハムストリングと

*1 中京大学大学院体育学研究科

*2 中京大学スポーツ科学部

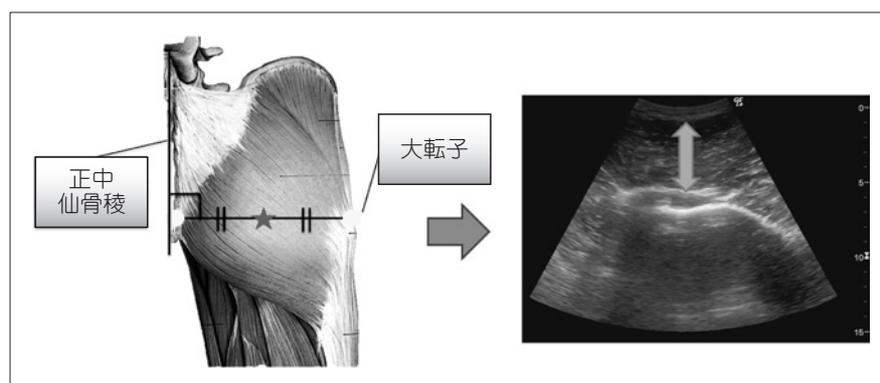


図1 大殿筋の測定点（超音波）と超音波画像

共同で働く大殿筋の機能も重要であると考えられる。Liebermann ら (2006) は大殿筋が歩行時にはほとんど活動しないがランニング時には活発に働き、そのスピードの増加に伴って筋活動も増加することを示している⁹⁾。これらのことから、大殿筋の機能低下がハムストリングにかかる負担を増加させる可能性も考えられる。しかしながら HS について大殿筋との関連は検討されていない。以上のことから HS と大殿筋および股関節周囲筋の機能との関連が明らかになることで、予防やリハビリテーションといった介入に関する新たな知見が得られると期待される。

Freckleton ら (2013) のレビュー論文によれば、HS のリスクファクターとして既往、高年齢、大きい膝伸展のピークトルクが挙げられている²⁾。その他の先行研究においても既往は重要なリスクファクターであることが示され、HS を経験した選手のうち 20~30% の選手が再受傷を経験することが明らかになっている^{2,4)}。これらのことから、既往がある選手の身体的特徴を既往のない選手の身体的特徴と比較することは、既往者が再受傷するメカニズムや受傷後の選手の身体的特徴を知る上で重要であると考えられる。

以上のことから本研究では high-speed running type の HS の既往の有無と股関節周囲筋の形態および機能との関連を検討することを目的とする。

■ 方法

対象は C 大学陸上競技部に所属する男子大学生 61 名 122 脚 [平均値 ± SD (95%CI) : 年齢 19.6 ± 1.1 (19.3-19.9) 歳, 身長 174.4 ± 4.8 (173.2-175.6) cm, 体重 67.2 ± 5.0 (61.4-64.0) kg] とした。

事前に行ったアンケートをもとに HS の既往のある群 (PI 群) と既往のない群 (NPI 群) に分類した。既往の定義は (1) 過去 2 年以内に受傷したもの, (2) 大腿後面に感じた突発的な痛み, (3) 1 日以上の練習または試合への参加を断念したもの, のすべてを満たすものとした。

測定方法

測定項目は①等速性股関節屈曲伸筋力, ②等速性膝関節屈曲伸筋力, ③大殿筋およびハムストリングの筋厚, ④関節可動域, ⑤体組成の 5 項目とした。

測定項目①および②については多用途筋機能評価装置 (BIODEX 社製, BIODEX System3) を用い、角速度 60°/sec における等速性筋力を測定した。③は超音波診断装置 (GE Healthcare 社製, LOGIQ e) を用いて、大殿筋および大腿二頭筋長頭を描出し、画像分析ソフト (NIH 製, imageJ) を用いて筋厚を分析した。それぞれの測定点は、大殿筋: 大転子上端から正中仙骨稜に下ろした垂線の midpoint (図 1), 大腿二頭筋長頭: 坐骨結節から腓骨頭を結んだ midpoint (図 2), とした。④は股関節屈曲 (図 3) ・伸展可動域 (図 4), 膝窩角 (図 5) を、それぞれ東大式角度計を用いて測定した。股関節屈曲可動域は仰臥位股関節伸展位から測定脚の股関節を他動的に屈曲させ角度を測定した。腰椎一骨盤帯による代償を避けるために、測定側の上前腸骨棘を触知し、この点が動いた角度を股関節最大屈曲角度として測定した。股関節伸展可動域は腹臥位股関節中間位から測定脚の膝関節を屈曲させ、他動的に股関節を伸展させた。腰椎一骨盤帯による代償を避ける目的で後方から腸骨を抑えた状態で股関節を伸展させた。膝窩角は仰臥位股関節 90° 屈曲位から膝関節を他動伸展させた。⑤は

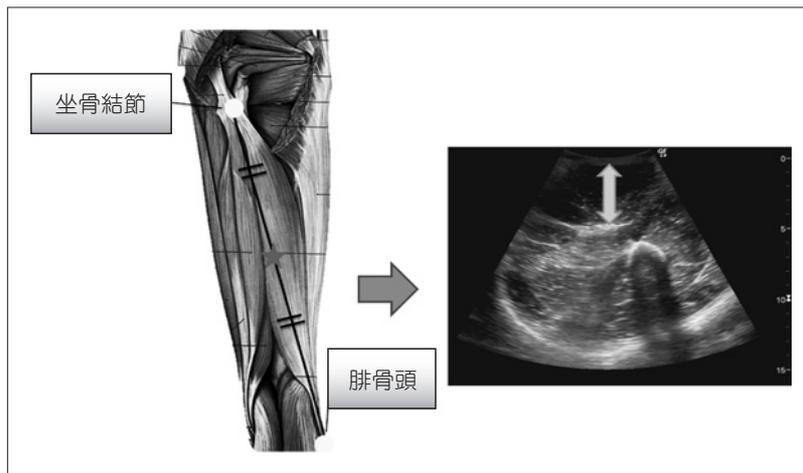


図2 大腿二頭筋長頭の測定点（超音波）と超音波画像

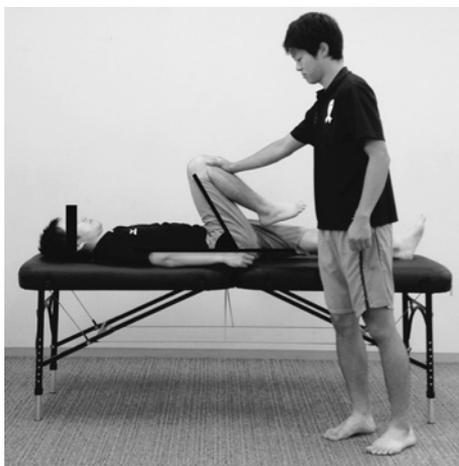


図3 股関節屈曲可動域の測定



図5 膝窩角の測定



図4 股関節伸展可動域の測定

体成分分析装置（インボディ・ジャパン社製、In-body470）を用いて体重、体脂肪率を測定した。

統計解析

統計解析は以下の手順で実施した。統計解析ソ

フトは IBM SPSS Statistics 23 を用いた。

1. 各測定値の分布について Kolmogorov-Smirnov 検定を用いて正規性を検討した。

2. 2群間の差について、正規性が保証された項目については独立した T 検定を、正規性が棄却された項目については Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した。すべての測定値について結果は平均値±SD（95%CI）もしくは中央値（IQR）で示した。危険率は $p < 0.05$ とした。

3. 種目（100m/200m, 400m/800m, 110mH/400mH, 走り幅跳び, 十種競技）ごとの既往者の比率の差については 2×5 のカイ 2 乗検定を用い、残差分析を行った。調整済み残差は 1.96 が $p=0.05$ であり、1.96 より高い場合を有意とした。

結果

アンケートから PI 群は 36 脚, NPI 群は 86 脚であった。各群の専門種目の分布および基礎情報を

表 1 群間の基礎情報の比較

群		PI 群	NPI 群
数 (脚)		36	86
種目	100m/200m	13	25
	400m/800m	9	9 *
	110mH/400mH	6	12
	十種競技	1	17 *
	幅跳び/三段跳び	7	23
年齢 (歳)		19.9 (19.56-20.24)	19.5 (19.26-19.74)
身長 (cm)		173.8 (172.00-175.59)	174.6 (173.61-175.59)
体重 (kg)		67.1 (65.48-68.72)	67.2 (66.09-68.32)

* $p < 0.05$ (χ^2 乗比率の差の検定)

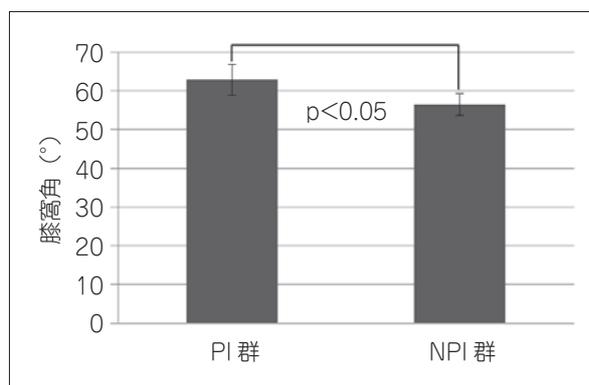


図 6 群間の比較 (膝窩角) ※エラーバーは 95%CI

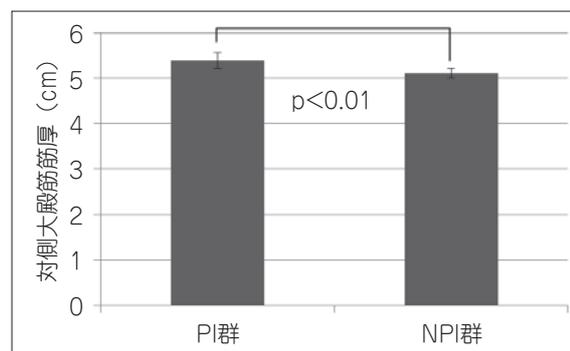


図 7 群間の比較 (既往脚反対側大殿筋の筋厚) ※エラーバーは 95%CI

表 1 に示した。

膝関節屈曲・伸展筋力

最大トルク, 最大トルク発揮角度, および主働筋拮抗筋対比 (以下 HQ 比) の 3 項目について群間の比較を行ったが, いずれの項目においても群間に有意な差はみられなかった。

ただし, HQ 比 (%) において PI 群が 51.5 ± 8.0 (48.8-54.2), NPI 群が 54.4 ± 7.8 (52.7-56.0) であり, PI 群は相対的に屈曲の筋力が低い傾向がみられた ($p = 0.072$)。

股関節屈曲・伸展筋力

最大トルク, 総仕事量, 最大トルク発揮角度, および主働筋拮抗筋対比 (以下 IG 比) の 4 項目について群間の比較を行ったが, いずれの項目においても群間に有意な差はみられなかった。

関節可動域

股関節屈曲可動域, および股関節伸展可動域において 2 群間に有意な差は認められなかった。膝窩角 (°) においては PI 群で 62.9 ± 12.2 (58.8-67.1), NPI 群で 56.5 ± 13.1 (53.6-59.3) であり, PI 群で有意に膝窩角が大きかった ($p < 0.05$, 図 6)。

大殿筋・ハムストリング筋厚

両項目で群間に有意な差は認められなかった。ただし, 大殿筋筋厚 (cm) において PI 群で 5.3 ± 0.6 (5.1-5.5), NPI 群で 5.1 ± 0.5 (5.0-5.3) であり, PI 群で筋厚が厚い傾向がみられた ($p = 0.077$)。また, 既往脚と対側の大殿筋の筋厚 (cm) においては PI 群で 5.4 ± 0.5 (5.2-5.6), NPI 群で 5.1 ± 0.5 (5.0-5.2) であり有意に PI 群が厚かった ($p < 0.01$, 図 7)。

種目ごとの既往の比率

既往歴の有無について種目間で比較し, カイ 2 乗検定において有意に比率の差がみられた ($p < 0.05$)。残差分析において 400m/800m において 50% の脚で既往があり, 他の種目に比較して有意に比率が高かった (調整済み残差: 2.1)。また, 十種競技において 5.8% の脚で既往があり, 他の種目に比較して有意に比率が低かった (調整済み残差: 2.4)。

■ 考 察

HQ 比において有意な差まではみられないもの

の、PI群で低く、ハムストリングの筋力が相対的に弱い傾向がみられたことは、いくつかの先行研究の結果と一致している^{10,11)}。一方でFreckletonら(2013)のHSの危険因子に関するレビュー論文では、HQ比がHSの危険因子であるとは言えないと結論付けている²⁾。本研究でも有意な差はみられなかったが、PI群でハムストリングの筋力が相対的に弱いという先行研究と同様の傾向がみられたことから、HQ比がMulti-factorial problemであるHSにおける一つの関連因子である可能性が考えられる。しかしながら本研究は横断的な研究であり、今後は前向き研究において、既往や年齢のような影響の大きな要因を補正した状態でHQ比の影響を検討する必要がある。

膝窩角においてPI群でNPI群に比較して角度が大きく、ハムストリングの柔軟性が高いという結果が得られたことは臨床的な直感に反している。しかしながら、HSの受傷と関節可動域との関連を検討した多くの前向きコホート研究において、関節可動域とHSとの関連を明らかにできていない¹²⁻¹⁴⁾。過度なハムストリングの柔軟性がHSのリスクであると結論付けることは難しいが、本研究の結果からもハムストリングの柔軟性の向上がHSの予防に貢献するとは考えにくい。一方で、本研究は横断研究であり、HSの既往と膝窩角の拡大の間の因果関係については説明できず、HS受傷後のリハビリテーションなどによって受傷前に比較して柔軟性が向上している可能性が考えられる。今後の前向き研究においては最大のリスクである既往という交絡因子の影響を補正した状態で、影響度の小さな因子についても検討されるべきである。

大殿筋の筋厚の結果は、PI群はNPI群に比較して股関節周囲筋の機能が低いという本研究の仮説に反する結果である。HSの先行研究において受傷直後の筋の状態についてMRIを用いて測定し、復帰時期との関連を検討した研究は多くあるが¹⁵⁻¹⁷⁾、受傷組織であるハムストリング以外の筋形態をHSの受傷要因として検討した研究は見当たらず、今後多くの施設や対象者において検討されるべき事項である。PI群で大殿筋の筋厚が厚いという結果に対する考察として、体幹の前傾という交絡因子の存在を考える必要がある。解剖学的な観点から体幹の前傾は骨盤の前傾を引き起こし、ハムストリングにより強い伸長ストレスを与

えることが考えられる。一方で体幹が前傾することによって股関節屈曲時に、大殿筋も強く伸長され、エキセントリックな負荷が加わることが予想できる。事実、Liebermanら(2006)はランニング中の大殿筋の主な役割は体幹前傾の制御であることを示している⁹⁾。また、既往者は受傷に起因するハムストリングの機能低下により代償動作が生じ、大殿筋の筋厚が厚くなった可能性も考えられる。一方で有意な差がみられた項目は既往脚の反対側大殿筋のみであった。この点についてはランニング時のキネマティクスから考察できる。スプリント動作時、Toe-off後に脚は後方にスイングし、この場面において反対側の脚はHSの好発局面である遊脚後期である。Toe-off時の脚の後方へのスイングが強いほど、脚の運動に連動して骨盤帯は前傾するため、反対側のハムストリングは伸長されることになる。脚の後方へのスイングにおける力の大きさは立脚期での脚の伸展力によるものである可能性が考えられ、大殿筋の筋厚が筋力に相関するとすれば本研究の結果を解釈できる。

しかしながらこの理論には3点の問題点がある。1点目は超音波診断装置による大殿筋筋厚の測定値が大殿筋の発揮筋力に相関するかどうかという点が不明なこと、2点目は立脚期の股関節伸展力がToe-off後の脚の後方へのスイング力に影響するかという点が不明であること、そして3点目は本研究ではスプリント時の骨盤の運動を含めたキネマティクスが測定されていない点である。

今後の研究においては以上のような不明な点を解決する目的で、筋力、筋活動、筋形態、およびキネマティクスといった因子についてhigh-speed running typeのHSに対する影響度について前向きに検討される必要がある。

χ^2 乗検定の結果から、400m/800mの選手において既往者の比率が高かったことは、HSがスプリント動作で頻発するという先行研究の結果とは反しているように思われる。しかしながら、400m/800mの選手は100m/200mの選手と比べてスプリント動作にさらされる頻度が低く、トップスピードのスプリントで必要となるハムストリングの素早い収縮と弛緩に十分に適応していない可能性が考えられる。一方で400m/800mの選手は練習時に最大スピードの向上を目的として試合時以上のスピードで走ることがある。このような練習における限られたスプリント時にHSを受傷して

いる可能性も考えられる。しかしながら本研究では受傷時のスピードや、練習時であるか試合時であるかという点は明らかでなく、今後は前向き研究において受傷時の記録が詳細になされるべきである。

一方で十種競技選手においてHSの既往が少なかったことは、試合や練習において全力疾走にさらされる機会が多種目に比較して少ないことが可能性として考えられる。

最後に、本研究の限界は、横断研究という研究デザインにより因果関係を特定できないこと、また、被験者が1つの大学の陸上競技選手であるという選択バイアスの存在である。また、脚による群分けを行ったことによって、個体の影響（疾走動作など）が作用している可能性も考えられ、今後動作の特徴を主な研究課題とする際には個体による群分けがされる必要がある。さらに、本研究では肉ばなれの重症度をもとに結果の検討ができなかったことがあげられる。重症度の分類は奥脇ら¹⁸⁾やCohenら¹⁵⁾によって報告されており、受傷時の画像診断や復帰までの正確な日数などをもとに分類される。本研究ではアンケートによる既往の聞き取り調査を行ったため、遡って重症度を把握することが困難であった。特に、奥脇らの分類によるIII度損傷の肉ばなれ（坐骨結節での剥離損傷・完全断裂受傷）後には、下肢の可動域が拡大する可能性が指摘されている¹⁸⁾。しかしながら、本研究の対象はすべて重症度が低いとされるhigh-speed running typeの肉ばなれ受傷群であること¹⁾、研究実施時点で全力疾走が可能であり、ハムストリング肉ばなれの手術歴がなかったことから、III度損傷の既往がある者はいなかったと推察される。以上のような限界はあるものの陸上競技選手を対象とし、受傷機転を限定した上で肉ばなれ既往の有無と身体機能に着目したことは、傷害の発生原因を明らかにするための重要な情報となる。今後も同様の視点に立って研究が行われる必要がある。

結 論

大学男子陸上競技選手のhigh-speed running typeのHSの既往者で非既往者に比較して有意に膝窩角が大きく、既往脚と反対側の大殿筋筋厚が厚かった。その他の股関節周囲筋の機能に関する項目においては関連が見られなかった。種目別

では400m/800m選手で既往者の割合が高く、十種競技の選手では低かった。

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) Askling, C, Saartok, T, Thorstensson, A. Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med.* 2006; 40: 40-44.
- 2) Freckleton, G, Pizzari, T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 351-358.
- 3) Edouard, P, Depiesse, F, Branco, P et al. Analyses of Helsinki 2012 European Athletics Championships Injury and Illness Surveillance to Discuss Elite Athletes Risk Factors. *Clin J Sports Med.* 2014; 24(5): 409-415.
- 4) Brooks, JH, Fuller, CW, Kemp, S et al. Incidence, Risk, and Prevention of Hamstring Muscle Injuries in Professional Rugby Union. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 1297-1306.
- 5) Petersen, J, Thorborg, K, Nielsen, MB et al. Acute hamstring injuries in Danish elite football: a 12-month prospective registration study among 374 players. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20: 588-592.
- 6) Foreman, TK, Addy, T, Baker, S et al. Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: a systematic review. *Phys Ther Sport.* 2006; 7: 101-109.
- 7) Gabbett, TJ, Domrow, N. Risk factors for injury in subelite rugby league players. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 428-434.
- 8) Brockett, CL, Morgan, DL, Proske, U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 379-387.
- 9) Lieberman, DE, Raichlen, DA, Pontzer, H et al. The human gluteus maximus and its role in running. *The Journal of Experimental Biology.* 2006; 209: 2143-2155.
- 10) Orchard, J, Marsden, J, Lord, S et al. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian Footballers. *Am*

- J Sports Med. 1997; 25: 81-85.
- 11) Cameron, M, Adams, R, Maher, C. Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Phys Ther Sport*. 2003; 4: 159-166.
 - 12) Rolls, A, George, K. The relationship between hamstring muscle injuries and hamstring muscle length in young elite footballers. *Phys Ther Sport*. 2004; 5: 179-187.
 - 13) Warren, P, Gabbe, BJ, Schneider-Kolsky, M et al.. Clinical Predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *Br J Sports Med*. 2010; 44: 415-419.
 - 14) Fousekis, K, Tsepis, E, Poulmedis, P et al.. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med*. 2011; 45: 709-714.
 - 15) Cohen, SB, Towers, JD, Zoga, A et al.. Hamstring injuries in professional football players: magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health*. 2011; 3(5): 423-430.
 - 16) Ekstrand, J, Healy, JC, Walden, M et al.. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sport Med*. 2012; 46(2): 112-117.
 - 17) Askling, CM, Tengvar, M, Saartok, T et al.. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, magnetic resonance imaging characteristics, and return to sports. *Am J Sports Med*. 2008; 36(9): 1799-1804.
 - 18) 奥脇 透. トップアスリートにおける肉離れの実態. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2009; 17(6): 687-694.
-

(受付：2017年1月24日，受理：2017年6月14日)

Relationship between the prevalence of sprinting-induced hamstring strain injuries and the function and morphology of hip joint muscles

Tokutake, Gaku^{*1}, Kuramochi, Reiko^{*1,2}, Murata, Yuki^{*2}, Shimizu, Takuya^{*1,2}

^{*1} Graduate School of Health and Sports Sciences, Chukyo University

^{*2} School of Health and Sports Sciences, Chukyo University

Key words: hamstring muscle strain, sprinting, hip muscles

[Abstract] The purpose of this study was to examine the relationship between sprinting-induced hamstring strain injuries and the function and morphology of hip muscles. Hip muscles are as important in sprinting as knee muscles, but the relationship between hip muscles and hamstring strain injuries has not been investigated.

The study evaluated 122 legs of 61 male collegiate track and field athletes (age: 19.6 ± 1.1 years, height: 174.4 ± 4.8 cm, body weight: 67.2 ± 5.0 kg). We measured isokinetic hip flexion/extension muscle strength, isokinetic knee flexion/extension muscle strength, range of motion, and thickness of the gluteus maximus [GMax] and biceps femoris long head [BF_{lh}]. We used a questionnaire to determine the history of hamstring strain injuries. The subjects were divided into a previous injury group [PI] and a non-previous injury group [NPI]. SPSS ver. 23 for Windows was used for statistical analysis.

The popliteal angle demonstrating hamstring flexibility was significantly greater in the PI than the NPI group ($p < 0.05$). This result may be influenced by rehabilitation programs or compensation for previous hamstring injuries. However, it is difficult to conclude that hamstring flexibility is important in preventing hamstring injuries. In addition, GMax thickness on the contralateral side to the previously injured leg was significantly greater in the PI than the NPI group ($p < 0.01$). This result may be influenced by the kinematics of sprint running or compensation for previous injuries.

It is necessary to perform prospective studies to verify the findings of this study.