

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500737

研究課題名(和文)サッカーにおける鼠径部障害発生メカニズムの解明

研究課題名(英文)A novel attempt to clarify the mechanics of chronic groin injuries in soccer

研究代表者

布目 寛幸 (NUNOME, Hiroyuki)

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：10270993

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、サッカー競技者に頻発する鼠径部慢性障害との関連が疑われる2種類のキック動作(インサイド及びインステップ)に関して、動作分析と超音波法によって大腿部内側部の表出部位から導出した筋電図から長内転筋の慢性障害のリスクの評価を、また、下肢がボールから受ける大きな力を推定する新たなモデルの開発を試みた。

努力度の変化と放電量との関係を検証した結果、蹴り脚には明確な変化が見られなかったものの、軸脚には、両キックに接地時に50%努力度と他の努力度に有意な違いがみられた。

ボール反力の推定モデルは、楕円状のボール変形とボールの伸縮を考慮にいれた密度計算から精度の高いモデルを提案することに成功した。

研究成果の概要(英文)：Groin pain has been recognized as common chronic injury for soccer players. This study was designed to identify the mechanics of hip adductors associated to chronic groin pain during the instep and side-foot soccer kicking. The biggest originality of this study was to precisely detect superficial region of adductor longus muscle using ultrasound techniques. Moreover, we aimed to estimate ball reaction force from ball kinematics.

We observed the change of hip adductor's activation level against kicking effort level separately for the two types of soccer kicks, and found no distinctive changes for the kicking leg in both kicks while notable, significant changes were observed for the support leg EMG in both kicks (between 50% effort vs. other conditions).

We also succeeded in developing an accurate ball impact model to estimate time-dependent change of the ball reaction force by considering oval shape ball deformation and instantaneous change of ball surface density during ball impact.

研究分野：Sports Biomechanics

キーワード：Soccer kick Adductor longus Surface EMG Motion Capture Ball reaction force

1. 研究開始当初の背景

一般的に慢性の鼠径部障害は、幅広い球技種目にみられるが、とりわけサッカーにおける同障害の発生率は高いことが知られている。Martens *et al.* (1987) は、同障害を有する競技者の症例のうち 87% (95/109 例) がサッカー選手であったことを報告しており、この事実から、サッカーに特有のキック動作の繰り返しによる内転筋群への力学的なストレスを、慢性的な鼠径部痛の主要因とする障害発生メカニズムが考えられてきている (Taylor *et al.*, 1991; Verrall *et al.*, 2001; Cetin *et al.*, 2004; Salvotinek *et al.*, 2005)。

サッカーにおける各種キック動作の中でも、足部の内側面を前方に振り出すために特異的な股関節外旋トルクの発揮を必要とするインサイドキック (Nunome, Ikegami *et al.*, 2002) は、鼠径部障害との関連が強く疑われているが、実際にキック動作による障害発生メカニズムを実験的に検証した研究は現在までのところわずか 2 例しかない。Brophy *et al.* (2007) はインサイドキックよりむしろインステップキックにおける長内転筋の活動が大きいというこれまでの理解とは異なる結果を報告しており、Charnock *et al.* (2009) は、これを受けてインステップキックにおける長内転筋の活動とその筋長 (推定) の変化との関係を検証し、スイング局面の 30% と 45% において障害のリスクが高まることを示唆している。

しかしながら、これら一連の研究には以下に挙げる研究上の大きな疑問点が残されている。() キック動作に関する情報が限られており、実際にどのような力学的なストレスが内転筋群にかかっているかが不明である、() 表面筋電図法を用いているが、特に大腿部内側は、近接する筋が複雑に配列されているため、内転筋群を構成する個々の筋を、従来の「触診」で同定することは不可能であり (Watanabe, Akima *et al.*, 2009)、それらの結果が非常に疑わしい。() ボールインパクトによって足部は瞬間的に体重の 4 倍強の力をボールより受けるが (Shinkai, Nunome & Ikegami *et al.*, 2009)、この重要な局面の影響が検討されていない。

したがって、サッカーのキック動作に関連した鼠径部における障害発生メカニズムの検討は、バイオメカニクスのにも運動生理学的にも不十分であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では研究代表者と研究分担者の先進的な実験手法を融合させることで、キック動作に関連した慢性の鼠径部障害発生メカニズムを力学的観点と生理学的観点の両面から明らかにすることであった。

研究 1 では、サッカーのキック動作が、内転筋群にどのような力学的・生理学的負荷を

与えるのかを映像解析法および筋電図法より精査することで慢性の鼠径部障害発生メカニズムを明らかにすることを目的とした。表面筋電図法の制限を考慮し、同障害との関連が疑われているインサイドキックとインステップキックの直接的な比較を行うのではなく、それぞれのキックにおける各努力度に対する放電量の変化をみることで、努力度の上昇に伴う筋放電量変化をみることで、それぞれのキック動作がどの程度内転筋群の筋放電量を伴っているかを検証する。

研究 2 では、ボールインパクトによるボール反力による影響を考慮するため、ボール反力をボールのキネマティクスから精度よく推定するモデルを確立することであった。

3. 研究の方法

研究 1)12 名の一般大学生サッカー選手を対象とした。ボールインパクト局面を含む 2 種類のキック動作 (インサイド、インステップ) と内転筋群 (長内転筋、大内転筋) の筋活動 (EMG) を同時に記録した。

動作解析には Motion Capture System を用い、ボールの挙動を含めた全身のキック動作を毎秒 500 コマの速度で記録した。

各被検者は、スパッツ (黒) と同一の種類でサイズのみ異なるインドア用のサッカーシューズを着用した上で、身体計測点に反射マーカーを添付した。マーカーの添付位置は、つま先 (左右)、第 5 中足骨遠位端 (左右)、第 5 中足骨近位端 (左右)、踵 (左右)、外果 (左右)、内果 (左右)、膝関節回転中心 (外側: 左右)、膝関節回転中心 (内側: 左右)、大腿部前面 (左右)、ASIS (左右)、PSIS (左右) であった。

実験課題は、静止したサッカーボール (検定 5 号球) をインサイドおよびインステップキックによって 7m 先のゴール中央へ向けて 3 段階の努力度 (50%、75%、100%) で蹴るものであり、キックの努力度は蹴り出されたボールの初速度によって定義した。ボール初速度の測定には、光電管を用い、蹴り出されたボールの初速度を測定した。実験試技の最初に速度の基準を決めるために 100% 努力によるキックをあらかじめ測定し、その速度を基準に各努力度のターゲット速度を設定した。各試技間には十分な休息をとり、試技の順番はランダムとした。

動作分析には、我々の研究グループが確立した座標平滑化手法 (Nunome *et al.*, 2006a)、スイング局面の力学動態解析手法 (Nunome *et al.*, 2006b) を用いた。

また、Delip *et al.* (2004) の筋骨格モデルから動作解析より得たセグメントモデルにおける長内転筋および大内転筋の起始・停止部を特定し、キック動作中の両筋の長さ変化とその微分である収縮・伸長速度を測定した。

キック動作中の内転筋群の表面筋電図測定は、研究分担者のグループが確立した手法 (Watanabe, Akima *et al.*, 2009) を用い、

超音波画像診断装置より対象となる長内転筋および大内転筋の表出部位を特定し、その位置に正確に表面電極を添付した。

研究2) サッカーボールマシンを用い、垂直に固定された床反力計に対してサッカーボール(検定5号球)を異なる五段階の速度で(10~50m/s)で投射し、衝突中のボールの変形を側方より毎秒5000コマの超高速で撮影した。

Shinkai, Nunome *et al.*, (2009) の手法から衝突により変形したボール重心を求め、その重心より求めたボール反力と床反力系より直接求めたボール反力の一致を検証した。また、比較のために Hertz の接触理論より求めた値、ボールの幾何学中心より求めた値、Shinkai, Nunome *et al.*, (2009) のモデルに改良を加え、ボール表面の密度を理論値から固定するのではなく、時々刻々の表面積のデータから計算し直すモデルの値を求めた。

4. 研究成果

研究1) いくつかの先行研究では、触診のみによって内転筋群のEMGを記録しているが、Watanabe, Akima *et al.*, (2009) が報告しているように触診のみでは、正確な内転筋群の正確な表出位置を特定することはほぼ不可能であり、意図しない他の筋によるEMGが混入する危険性が高い。本研究では、その大きなオリジナリティとして超音波画像検査法(Ultrasonography)によって長内転筋(Adductor Longus)および大内転筋(Adductor Magnus)の大腿部内側面における表出部位を特定し、その部位に正確に表面電極を配置することで、キック動作中の正確なEMGを記録することに成功した。

また、多くの先行研究では、キック間の直接的な比較を行っているが、実際の電極と神経支配帯との距離(水平方向, 垂直方向(皮下脂肪厚など))などが、キック動作自体が違うことは大きな影響を受けることが考えられるため、本研究ではそれぞれのキックの努力度を設定し、努力度に応じたEMG積分値をキック動作内で比較することで、そのキック動作がどれほど内転筋群のEMGに依存しているかを検証した。

蹴り脚の局面定義には Nunome *et al.* (2002) にものにボールインパクト後のフォロースルー局面を加えたものを定義し、各局面のEMG積分値を比較した(図1参照)。

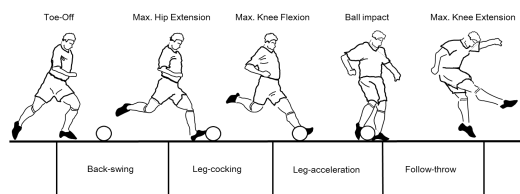


図1 蹴り脚の局面定義。

Brophy *et al.* (2007) らの先行研究とは異なり、インサイドキックの蹴り脚には、各局面毎の努力度による違いはみられず、インステップキックの大内転筋のみに全ての努力度間で有意な差がみられた。両キックともキックの努力度と長内転筋のEMG積分値には一定の関係がないことが明らかとなった。

一方、軸脚には Inoue, Nunome, *et al.* (2014) の定義を用い、2局面の比較を行った(図2参照)。

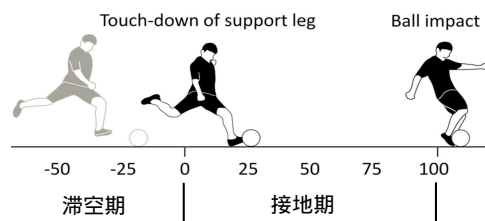


図2 軸脚の局面定義。

軸脚におけるEMG積分値は、両キックとも同様の傾向を示し、滞空期において全ての努力度間に有意な差が、接地期において50%努力度とその他の努力度間に有意差がみられた。

これら蹴り脚と軸脚の結果は、インサイドキックの方が、蹴り脚の内転筋群により大きな負担をかけるというこれまでの定説を支持しないものであった。

研究2) 4つの異なるモデルから推定したボール反力の典型例を示した(図3)。Referenceとなる力の実測波形(黒線)を最も忠実に再現しているのは、本研究において Shinkai, Nunome *et al.*, (2009) のモデルを元に、新たに開発したモデル(E-CGB:赤線)であった。このモデルでは、変形中のボールを球ではなく、楕円で近似したものである。さらにボール自体の伸縮を考慮し、ボール表面の密度を固定値ではなく、コマ毎に表面積から算出した。

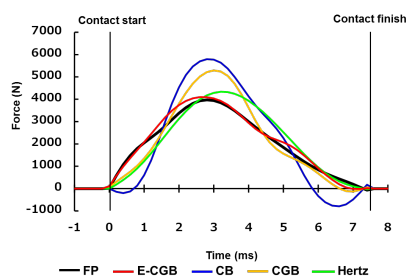


図3 推定されたボール反力の典型例

今後の課題) ボールインパクト中の影響を考慮すべく、研究2において画像から推定するモデルを確立したものの、それをモーションキャプチャーから得たリンクセグメントモデルへ入力する手法までは確立することができなかった。課題として残されたものは、このボール反力が加わる力の作用点の位置であり、本研究の手法からは正確に推定する

ことができなかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Nunome, H., Ball, K. & Shinkai, H.
Myth and fact of ball impact dynamics
in football codes. Footwear Science, 6,
105-118, 2014. (査読有)

Inoue, K., Nunome, H., Sterzing, T.,
Shinkai, H & Ikegami, Y.

Dynamics of the support leg in soccer
instep kicking. Journal of Sports
Sciences, 32, 1023-1032, 2014. (査読
有)

井上功一郎, 布目寛幸, 新海宏成, 池上
康男.

キック方向の変化がサッカーのインステ
ップキック動作に及ぼす影響. バイオメ
カニクス研究, 17, 110-115, 2013. (査
読有)

Inoue, K., Nunome, H., Sterzing, T.,
Sato, N & Ikegami, Y.

The contribution of support leg to
accelerate kicking leg swing on soccer
instep kicking.

Proceedings of the 31st International
Conference on Biomechanics in Sports,
2013. Available from:

[https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/a
rticle/view/5632/5125](https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5632/5125) (査読有)

Iga, T., Nunome, H., Inoue, K. &
Ikegami, Y.

The contribution of support leg to
accelerate kicking leg swing on soccer
instep kicking.

Proceedings of the 31st International
Conference on Biomechanics in Sports,
2013. Available from:

[https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/a
rticle/view/5637/5130](https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5637/5130) (査読有)

〔学会発表〕(計 6 件)

Nunome, H. 【招待講演】

Myth and fact of ball impact in soccer.
The 4th World Congress on Science and
Football, Portland (USA), 6th June,
2014.

Nunome, H., Shinkai, H. & Ikegami, Y.
【招待講演】

Ball impact dynamics during soccer
instep kicking.

The 11th biennial Footwear Biomechanics
Symposium, Natal (Brazil), 31st July,
2013.

Nunome, H. 【招待講演】

Ball kicking dynamics toward practical
application.

Seoul International Conference on
Science and Football 2013, Seoul
(Korea), 24th May, 2013.

Inoue, K., Nunome, H., Sterzing, T.,
Sato, N & Ikegami, Y.

The contribution of support leg to
accelerate kicking leg swing on soccer
instep kicking.

The 31st International Conference on
Biomechanics in Sports, Taipei
(Taiwan), 8th July, 2013.

Iga, T., Nunome, H., Inoue, K. &
Ikegami, Y.

Basic mechanical analysis of soccer
ball impact.

Proceedings of the 31st International
Conference on Biomechanics in Sports,
Taipei (Taiwan), 8th July, 2013.

伊賀崇人, 布目寛幸, 池上康男, 井上功
一郎, 松井一洋, 福積亨.

サッカーボールインパクトの力学解析.
第 11 回日本フットボール学会, 東海大学
(神奈川県・平塚市), 12 月 23 日, 2013.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

布目寛幸 (NUNOME, Hiroyuki)

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号: 10270993

(2) 研究分担者

秋間 広 (AKIMA, Hiroshi)

名古屋大学・総合保健体育科学センタ

一・教授
研究者番号：40292841

(3)連携分担者
池上康男 (IKEGAMI, Yasuo)
愛知淑徳大学・健康医療科学部・教授
研究者番号：60092988