3

静的ストレッチが骨格筋の柔軟性に与える影響—超音波による評価

Effect of Static Stretching on Muscle Flexibility :
Ultrasonographic Study

名倉武雄*

Takeo Nagura

Key words : ハムストリング／静的筋ストレッチ／筋柔軟性／筋硬度／超音波診断装置

要旨

骨格筋の柔軟性は、肉離れや筋損傷の予防に重要であると考えられる。静的筋ストレッチは、骨格筋に対しさまざまな作用があるといわれているが一定の見解は得られていない。健康者14名を対象とし、超音波診断装置を用いて静的ストレッチの効果を検討した。ハムストリングに対する1分間の静的ストレッチ前後の中心腱移動距離、筋硬度変化を計測した。また、筋加温の変化についても検討した。その結果、男女ともストレッチ後30分間は中心腱移動距離が増加する傾向を認めた。筋硬度はストレッチ後男性のみ増加する傾向を認めた。筋加温による影響は明らかでなかった。超音波診断装置により、骨格筋に対するストレッチ効果を判定可能と考えられた。

はじめに

四肢・体幹の骨格筋は、人間の姿勢や運動の制御を行う力源となっている。肉離れや筋挫傷などの骨格筋の損傷は、比較的軽い日常生活動作や運動中に発生する。これらの筋損傷を予防するためには、骨格筋の柔軟性を保つことが重要と考えられる。骨格筋の柔軟性の定義は「1つの関節、または隣り合っている複数の関節が可動域内を動けるように筋が伸長する能力」¹⁾とされており、運動中に発生する筋伸長力が、これらの柔軟性を越えた際に筋損傷が生じると考えられる。

筋ストレッチは、骨格筋の柔軟性を増加させるとする先行研究が多い¹⁻³⁾。しかしながら、筋ストレッチにはスタティックやダイナミックなど異なる

手法が存在し、対象となる筋により行われる手技も異なる。このため、筋ストレッチの効果に関する研究結果は、一定の見解に至っていない。

近年、超音波診断装置は簡易に筋・腱の状態を観察できる装置として、運動器領域で広く普及している。超音波診断装置は、解像度の向上のみならず、ドップラー検査による血流評価などさまざまなアプリケーションが付随する。特に elastography により組織硬度が計測可能となり、肝臓・乳房などへ臨床応用されている。

本稿では、超音波診断装置を用いて骨格筋の静的筋ストレッチの効果を生体力学的に検討した研究結果を紹介する。特に、静的ストレッチの効果持続時間と、筋温度による影響について検討した。

方法

本研究では、スポーツ動作中に肉離れを生じる部位として最も多い⁴⁾大腿二頭筋を対象とした。

* 慶應義塾大学医学部運動器生体工学寄附講座
(〒160-8582 東京都新宿区信濃町 35)
E-mail : nagura@z8.keio.jp

図1 ハムストリングに対する仰臥位のストレッチを1分間行った

対象は、下肢に明らかな外傷・手術歴を有さない健康男性7名(平均年齢20歳)、健康女性7名(平均年齢21歳)とした。当施設の倫理委員会の承認を得たのち、すべての被験者に対し実験の趣旨・方法・安全性について説明し、協力への承諾を得た。

被験者を室温(20℃に固定)で20分間安静にした後、レッグカールマシン上で腹臥位とし、膝可動範囲を0~30°となるように固定した。メトロノームに合わせて角速度毎秒15°で5kgの重錘を5往復上げ下げすることで自動屈伸運動を行わせた。同一部位で計測を行うように対象筋直上皮膚にマーキングを行った。超音波診断装置(Preirus, Hitachi)のBモードを用いてKuboら³⁾の手法を模倣することにより、膝運動中の対象筋中心腱移動距離を計測した。さらに、同一部位の筋硬度を超音波 elastography を用いて計測を行った⁵⁾。筋硬度は、超音波カプラーの硬さ(A)に対する筋の硬さ(B)の比(B/A)により行った⁶⁾。各被験者は仰臥位で対象肢を他動的に膝伸展位・股関節を屈曲90°とし、その肢位を1分間保持することで大腿二頭筋の静的ストレッチを行った(図1)。

静的筋ストレッチの効果時間を調べるため、筋中心腱移動距離および筋硬度を、静的ストレッチ直後、15分後、30分後、45分後、60分後にそれぞれ

腱移動距離 (mm)

図2 常温における静的ストレッチ後の中心腱移動距離変化

れ評価した。

さらに、筋温度の影響を調べるため、同様の計測を筋加温後に繰り返し行った。被験者のハムストリングスにあらかじめ電子レンジで温めた約50℃のホットパッドを1分間当てることで筋加温を行った。

統計学的解析は一元配置分散分析(有意水準5%)を用いた。

結果

常温における静的筋ストレッチ後の中心腱移動距離を図2に示す。

男女ともに、静的筋ストレッチ後に腱移動距離が増加する傾向を示した。ストレッチ後30分後に移動距離が最も大きくなり、その後緩徐に減少した。いずれも統計学的な有意差は認めなかった。

常温における静的筋ストレッチ後の筋硬度変化を図3に示す。男性において、筋硬度はストレッチ後45分で最大となったが、統計学的な差はなかった。女性については大きな変化はみられなかった。

加温後における静的筋ストレッチ後の中心腱移動距離変化を図4に示す。男女とも、ストレッチ直後およびその後の時間経過において、腱移動距離に明らかな変化はみられなかった。加温後における静的筋ストレッチ後の筋硬度変化を図5に示

す。男性において、ストレッチ後 30 分で筋硬度は最大となったが、有意差はなかった。女性においては大きな変化は認めなかった。

静的筋ストレッチ前後における中心腱移動距離・筋硬度の変化を、ストレッチ前を 1 として比較した (図 6)。中心腱移動距離については、男女と

も常温においてストレッチ後に増加する傾向があり、この傾向は加温することで認められなくなった。一方、筋硬度については男性にのみストレッチ後増加する傾向があり、加温による影響は明らかではなかった。

考察

本実験により、静的ストレッチ後に中心腱移動距離は増加する傾向があり、その効果はストレッチ後 30 分持続することが示された。これらの結果は、静的ストレッチにより筋腱の伸長性が一定時間増加するという過去の先行研究と概ね同様である¹⁻³⁾。また、筋硬度についてはストレッチ後男性においてのみ増加傾向があり、男女において効果に差がある可能性が示された。一方、筋に対する

図 3 常温における静的ストレッチ後の筋硬度変化

図 4 筋加温における静的ストレッチ後の中心腱移動距離変化

図 5 筋加温における静的ストレッチ後の筋硬度変化

図 6 ストレッチ前後における中心腱移動距離および筋硬度の変化
W: 加温後

加温は、ストレッチ効果に影響を与えないことも明らかになった。筋の加温については、影響がみられなかったとする Kubo らの研究結果と合致している⁷⁾。

以上より、静的筋ストレッチは中心腱移動距離および筋硬度を増加させる可能性が示唆された。

おわりに

超音波診断装置の進歩により、簡易に骨格筋の伸長性・硬度などが計測可能となり、これまで明らかでなかったストレッチの効果を多面的に評価できるようになった。超音波の最大の特徴は運動中に計測できる点であり、自動運動・他動運動中の骨格筋形態変化をリアルタイムで観察できる⁸⁾。ストレッチによる筋の形態変化や硬度変化がどのような臨床的意義をもつか、今後前向き研究により明らかにしていく必要がある。

文献

1) Nelson RT, Bandy WD : Eccentric Training and

Static Stretching improve hamstring flexibility of high school males. J Athl Train 2004 ; **39** : 254-258
 2) Morse CI, Degens H, Seynnes OR, Maganaris CN, Jones DA : The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. J Physiol 2008 ; **586** : 97-106
 3) Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T : Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. J Appl Physiol (1985) 2001 ; **90** : 520-527
 4) スポーツ臨床における治療基準策定検討会：平成 20 年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. V 肉離れに関する最新の指針. 日本体育協会, 東京, 2008 ; pp3-5
 5) Gerus P, Rao G, Berton E : A method to characterize in vivo tendon force-strain relationship by combining ultrasonography, motion capture and loading rates. J Biomech 2011 ; **44** : 2333-2336
 6) Yanagisawa O, Niitsu M, Kurihara T, Fukubayashi T : Evaluation of human muscle hardness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography : A feasibility study. Clin Radiol 2011 ; **66** : 815-819
 7) Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T : Effects of cold and hot water immersion on the mechanical properties of human muscle and tendon in vivo. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2005 ; **20** : 291-300
 8) 上山絃生, 谷口 岳, 渡辺慎平, 大木 聡, 桐山善守, 今井覚志, 戸山芳昭, 松本秀男, 名倉武雄 : 超音波による筋ストレッチ効果の判定. 臨床バイオメカニクス 2014 ; **35** : 325-330