

機関番号：82632

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21800076

研究課題名（和文）巧みな動作における筋収縮動態（すばやい収縮と弛緩動作のメカニズムを探る）

研究課題名（英文）muscle contractile behaviour in skillful motions (investigation of mechanism of rapid muscle contraction and rapid muscle relaxation).

研究代表者

太田 洋一 (OHTA YOICHI)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・研究員

研究者番号：60551760

研究成果の概要（和文）：巧みな動作として、急速動作の直前に出現する筋放電休止期（動作前：Pre-Motion Silent Period：PMSP）を手がかりに研究を進めた結果、PMSP が出現した動作では、膝関節伸展速度が増大することが明らかとなった。また、PMSP 出現中の筋動態の変化は、ストレッチ動作というよりも弛緩動作であると推察され、すばやい収縮時には、動作直前の筋弛緩がその後の筋出力増強に関係していると示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study investigated muscle architectural changes that are induced by pre-motion silent period (PMSP) before rapid voluntary movement to clarify muscle contractile behavior in skillful motions. This study found that knee extension velocity was increased with PMSP appearance. In addition, this study suggests that muscle architectural change during PMSP is the result of muscle relaxation behaviour rather than the result of muscle stretching behaviour.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,070,000	321,000	1,391,000
2010 年度	960,000	288,000	1,248,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,030,000	609,000	2,639,000

研究分野：スポーツ科学、バイオメカニクス、運動生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：動作前 Silent period、PMSP、超音波、筋放電休止期、筋弛緩、ストレッチ

1. 研究開始当初の背景

筋収縮動作における、ヒトのすばやい動作での「巧みさ」の研究は、急速動作の直前に出現する筋放電休止期（動作前サイレントピリオド：Pre-Motion Silent Period：PMSP）を手がかりに進められている。PMSP が出現する動作では、その後に発揮される筋力や動作の速度を高めることが明らかにされており、PMSP は静的状態から動的状態に推移する際の、動作の切り替えを円滑に行う為の神経機序と示唆されている。

筋弛緩動作における「巧みさ」の研究は、一定張力を維持する静的状態からの筋弛緩に先行して筋放電および張力が一過性に増加する現象（筋弛緩動作における一過性の張力発揮）を手がかりに行われている。筋弛緩に先行して筋放電および張力が増加した場合では、張力が増加しなかった試技と比較して、筋弛緩時間が短縮すると報告されている。

このように、巧みな動作における神経制御機構の報告は多く認められるものの、すばやい随意動作において神経インパルスを受け

取る筋の準備状態についての報告は極めて少ない。すばやい随意動作における筋パフォーマンスには、神経機構の働きだけでなく、動作前の筋の準備状態も影響を及ぼすものと推察される。したがって、PMSP 出現中や筋弛緩動作における一過性の張力発揮時の筋収縮動態を明らかにすることは、ヒトの巧みさにおける新たな知見となるものである。

2. 研究の目的

本研究では、すばやい随意動作における筋収縮動態を明らかにすることとした。さらに、ヒトの運動は筋の収縮と弛緩の結果成り立つものであることから、筋収縮動作と筋弛緩動作を対象にして、すばやい動作での神経系と筋機能の関係について検証をおこなうこととした。

3. 研究の方法

実験 1：男性被験者 6 人に、直立姿勢から 50° 膝関節を屈曲した姿勢を保持させ、反動を用いず任意で素早く跳躍するように指示した。試技は PMSP が 10 回出現するまで行った。超音波画像は外側広筋から記録し、外側広筋の筋束と腱膜の交点が筋伸張（弛緩）方向へ移動する距離を測定した。筋電図は、外側広筋、大腿二頭筋から導出した。

実験 2：被検者 5 名に、20%MVC、40%MVC、60%MVC の持続的収縮から出来るだけすばやい弛緩動作を行わせた。

4. 研究成果

実験 1：図 1 は PMSP 出現前後における筋動態の変化を示したものである。PMSP 出現後、外側広筋の筋束と腱膜の交点は、遠位方向へ移動することが確認された。

図 2 は、PMSP 出現中の膝関節角度変化、筋束と腱膜の交点の変化、外側広筋、内側広筋、大腿二頭筋の筋電図の典型例を示した図である。PMSP は外側広筋、内側広筋の両筋において認められた。PMSP 出現後、膝関節角度の屈曲方向への変化および、外側広筋の筋束と腱膜の交点の遠位方向への移動が確認された。外側広筋においては、PMSP の出現と筋束と腱膜の交点の移動との間に、電気機械的遅延が認められた。

図 3 は、PMSP 出現後の外側広筋の筋束と腱膜の交点移動開始時間を示したものである。筋束と腱膜の交点は、PMSP 出現 50ms 後までに移動を開始させ、20–30ms の範囲において、もっとも移動開始の頻度が高かった。

PMSP 出現時の全ての試技で、外側広筋は筋弛緩方向への移動が確認され、その移動距離は $1.0 \pm 0.3\text{mm}$ であった。

表 1 は外側広筋の交点の移動距離と移動速度、さらに、膝関節角度変化量、膝関節角速度を PMSP の有無で比較したものである。外側広筋の交点の移動距離と移動速度、膝関節角度変化量は PMSP の有無で違いは認められなかった。一方、膝関節角速度は PMSP が

出現しなかった試技と比較すると、PMSP 出現時において有意に高値を示した。

PMSP の持続時間は平均で $45.1 \pm 4.9\text{ms}$ であった。PMSP の持続時間は、外側広筋の交点の移動距離または、膝関節角度変化量との間に有意な相関関係が認められた。

PMSP が出現した試技では、外側広筋の交点の移動距離と移動速度は、膝伸展角速度との間に有意な相関関係が認められた（図 4 A, B）。一方、PMSP が出現しなかった試技においては、交点の移動距離および移動速度と、膝関節伸展角速度との間には有意な関係は認められなかった（図 5 A, B）。

実験 2：前脛骨筋の超音波画像から筋束長変化を算出した結果、持続的筋収縮力の増加に伴い、筋束長変化速度は増大する傾向が認められた。しかし、筋弛緩動作に先行する一過性の張力発揮時には、筋束長変化はほとんど確認されず、筋弛緩速度との間に明確な関係は認められなかった。また、筋弛緩動作における超音波画像は、弛緩開始時を同定することが困難であった。

まとめ：PMSP 出現に伴う動作前の筋動態の変化は、その後の筋パフォーマンスに影響を与える要因であることが明らかにされた。また、弛緩動作と PMSP 出現時の交点移動距離および速度を比較すると類似していたことから、PMSP が出現にともなう、筋動態の変化は伸張（ストレッチ）動作と言うよりも、弛緩動作であると推察された。本研究の結果から、PMSP 出現に伴う筋収縮動態の役割として、PMSP に付随する筋動態の変化は、神経系の活動を円滑に遂行する為の筋の準備状態であると示唆された。

一方、弛緩動作では、超音波画像のサンプリング速度が 60fps 程度と少なかったことが、弛緩開始時を同定することが困難であった一つの原因であると考えられた。したがって、筋弛緩時の筋収縮動態をさらに高いサンプリング速度で記録することで、弛緩開始時を明確にすることが出来るであろう。

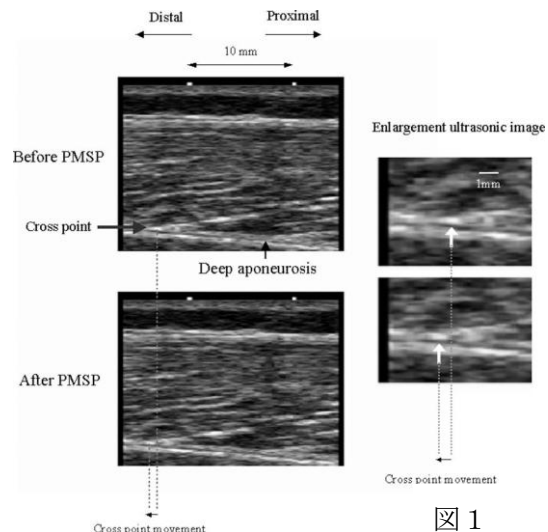
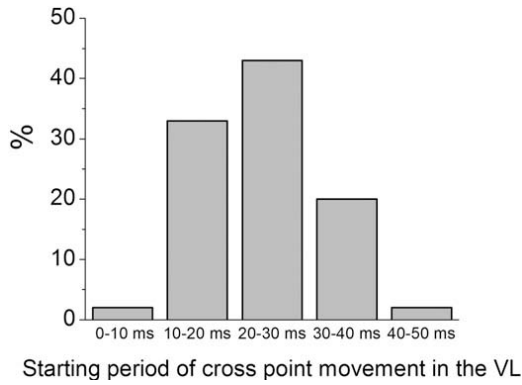
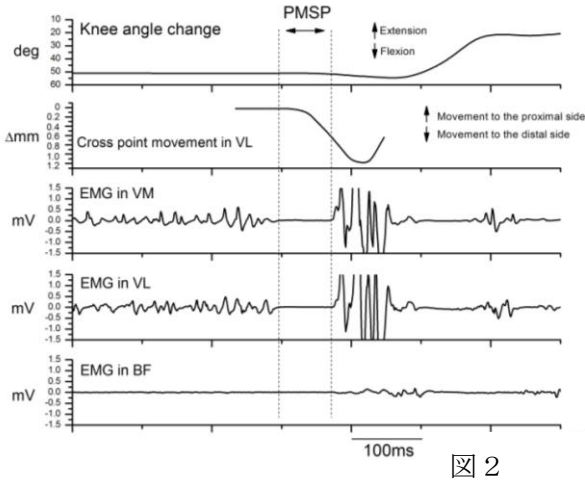


図 1



Starting period of cross point movement in the VL

表1

	With PMSP	Without PMSP
Amplitude of cross point movement before rapid vertical jump (mm)	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.8
Velocity of cross point movement before rapid vertical jump (mm/s)	22.2 ± 6.1	24.7 ± 8.9
Amplitude of the knee angle change before rapid vertical jump (deg)	2.5 ± 0.5	2.9 ± 1.2
Peak velocity of knee extension during rapid vertical jump (deg/s)	617 ± 75.2*	529 ± 67.0

Values are expressed as means ± SE
 * Significantly different from without PMSP at P < 0.05

表 1

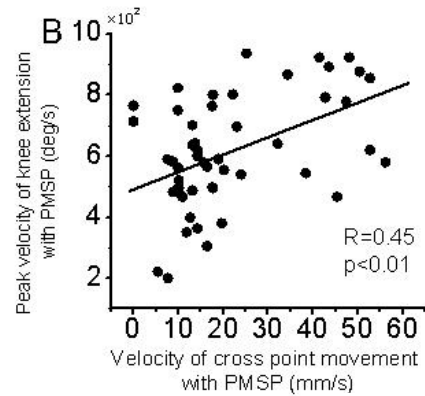
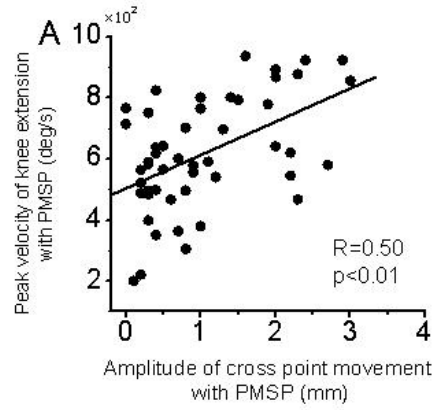


图 4

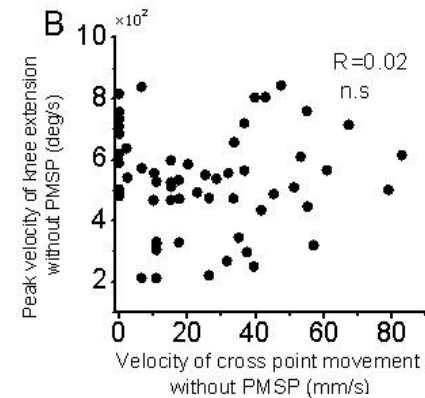
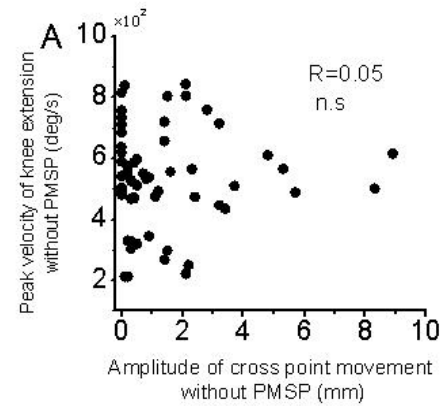


图 5

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 7 件)

1. Otsuka Y, Shima N, Ohta Y, Yabe K. (2011). The diameter and compliance of conducting artery in trained persons with tetraplegia. *International Journal of Sport and Health Science* (In press) (査読有)
 2. 太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介, 貴嶋孝太, 村田正洋. (2011) 自転車競技 (200mFTT, 250mTT, 500mTT, 1kmTT, 4kmTT) における記録とレース中の速度変化特性, クランク回転数変化特性およびギア比との関係. トレーニング科学 (印刷中) (査読有)
 3. 太田洋一, 中村力, 浦田達也, 伊藤章. (2010) 簡易な測定法を用いた走幅跳におけるパフォーマンスと助走・踏切速度の関係. *コーチング学研究* Vol. 24, No. 1, 27-33 (査読有)
 4. Ohta Y, Shima N, Yabe K. (2010) The effect of summation of contraction on acceleration signals in human skeletal muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 20, 1007-1013 (査読有)
 5. Ohta Y, Shima N, Yabe K. (2010) Changes in force and tendinous tissue elongation during the early phase of tetanic summation in in vivo human tibialis anterior muscle. *Journal of Biomechanics*. Vol. 43, Issue 5, 22, 998-1001 (査読有)
 6. Ohta Y, Yabe K. (2010) The effects of muscle architectural change with a pre-motion silent period on the subsequent muscular output during rapid voluntary movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 20, Issue 1, 136-141 (査読有)
 7. Ohta Y, Shima N, Yabe K. (2009) In vivo behaviour of human muscle architecture and mechanomyographic response using the interpolated twitch technique. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 19, e154-e161 (査読有)
- [学会発表] (計 15 件)
1. Ohta Y, Shima N, Ito A, Yabe K. (2010) The effect of summation of contraction on mechanomyographic signals from human skeletal muscle. *15th annual Congress of the ECSS 23-26 June 2010 Antalya - Turkey, Book of Abstracts. P361*
 2. Kijima K, Ohta Y, Fukuda K, Nakai A, Ishikawa M, Mero A, Komi P.V, Ito A. (2010) Age-specific performance factors of masters sprint start. *15th annual Congress of the ECSS 23-26 June 2010 Antalya - Turkey, Book of Abstracts P537*
 3. Fukuda K, Kijima K, Ohta Y, Nakai A, Ishikawa M, Mero A, Komi P.V, Ito A. (2010) Relationships between sprint running velocity and running movements in masters sprinters. *15th annual Congress of the ECSS 23-26 June 2010 Antalya - Turkey. Book of Abstracts P396*
 4. Ito A, Fukuda K, Nakai A, Kijima K, Ohta Y, Kunimasa Y, Mero A, Komi P.V, Ishikawa M. (2010) Influence of age on the sprint running movement in master sprint runners. *13th World Sport for All Congress 14-17 June. P68*
 5. Ishikawa M, Kunimasa Y, Kijima K, Ohta Y, Fukuda K, Nakai A, Mero A, Komi P.V, Ito A. (2010) Movement reaction in master sprint athletes. *13th World Sport for All Congress 14-17 June. P68-69*
 6. 太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介, 貴嶋孝太. (2010) 自転車200mフライングタイムトライアル競技の記録に影響する速度要因について. 第23回日本トレーニング科学会大会 福岡
 7. 貴嶋孝太, 太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介. (2010) 自転車競技1kmタイムトライアル

- の記録に影響する速度要因について. 第23回日本トレーニング科学会大会 福岡
8. 池田祐介、太田洋一、高嶋渉、貴嶋孝太.
(2010) 自転車競技のタイムトライアル種目におけるスタート動作のバイオメカニクスの研究. 第23回日本トレーニング科学会大会 福岡
 9. 高嶋渉、太田洋一、池田祐介、貴嶋孝太.
(2010) 自転車4kmインディビデュアル・パーシュート競技の記録に影響する速度要因について. 第23回日本トレーニング科学会大会 福岡
 10. 太田洋一、中本浩輝、石井泰光、幾留沙智.
(2010) 重いバットで素振りを行った後の重さ錯覚が野球打撃動作の上肢筋活動に与える影響. 日本体育学会第61回大会 愛知
 11. 太田洋一、貴嶋孝太、福田厚治、中井聖、石川昌紀、伊藤章.
(2010) マスターズ短距離選手の間疾走時のピッチとストライド. 第48大阪体育学会 大阪
 12. 貴嶋孝太、太田洋一、福田厚治、中井聖、石川昌紀、伊藤章.
(2010) マスターズ短距離選手のスタート動作の特徴—ストライド、ピッチ、歩隔の変化から— . 第48大阪体育学会 大阪
 13. 今西平、太田洋一、中島風太.
(2009) 垂直跳びと下肢筋力の主観的努力度と客観的出力の対応関係. 第22回日本トレーニング科学会大会 愛知
 14. 太田洋一、伊藤章.
(2009) 単収縮加重初期の張力増強効果が関節運動に与える影響. 第64回日本体力医学会 新潟
 15. 太田洋一、伊藤章.
(2009) 異なる刺激間隔での2回連続刺激における張力増強効果と筋収縮動態の関係. 日本体育学会第60回記念大会 広島
6. 研究組織

(1) 研究代表者

太田 洋一 (Ohta Yoichi)

独立行政法人日本スポーツ振興センター
国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・研究員

研究者番号：60551760