

## ハムストリングスの筋機能改善および肉離れ予防に効果的な トレーニング方法の探求：運動時の筋長に着目して

前大純朗<sup>1</sup>，金久博昭<sup>1</sup>，伊坂忠夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>立命館大学

### 1. はじめに

ハムストリングスの強化は、スプリントパフォーマンスの向上<sup>1</sup>や、ハムストリングスにおいて頻発する（伸張性筋収縮で誘発される）肉離れのリスクの低減<sup>2</sup>に貢献すると考えられている。ハムストリングスの代表的なトレーニング種目として、膝関節の屈曲・伸展を伴うレッグカールがあり、通常この運動は座位（シーテッド）または伏臥位（プローン）で実施される（図1）。

ハムストリングスを構成する大腿二頭筋長頭・短頭、半腱様筋、および半膜様筋の4筋は全て膝関節をまたぎ膝関節の屈曲に作用する。しかし、そのうち大腿二頭筋短頭を除く3筋は股関節もまたぐ二関節筋であり、その筋長は股関節の角度にも影響を受ける。すなわち、股関節が屈曲位にある場合（例：シーテッド）、伸展位にあるよりも（例：プローン）、ハムストリングスの二関節筋3筋が伸張される度合いは大きくなる。

先行研究において、筋長が長くなる関節角度で運動を行うことにより、筋長が短くなる関節角度で行う場合に比べ、トレーニングによる筋肥大効果<sup>3-5</sup>や筋機能改善効果<sup>3,5,6</sup>、ならびに伸張性運動で誘発される筋損傷に対する抵抗性（予防効果）<sup>7</sup>が高まることが報告されている。そこで本研究では、シーテッドレッグカールおよびプローンレッグカールがハムストリングスの筋量、筋機能、ならびに筋損傷に対する抵抗性に及ぼす影響を比較検証することを目的とした。

### 2. 研究方法

#### 2.1 実験概要と被検者

実験1として、健康な若年男女20名（年齢：23.5 ± 1.6歳、身長：1.69 ± 0.09 m、体重：64.7 ± 12.7 kg、平均値 ± 標準偏差）が、片方の脚でシーテッドレッグカール（シーテッド脚）、もう一方でプローンレッグカール（プローン脚）によるハムストリングスのトレーニングを12週間行った。その後、実験1の被検者のうち19名（23.5 ± 1.6歳、1.68 ± 0.09 m、63.4 ± 11.6 kg）、さらにコントロール群（コントロール脚）として新たに健康な若年男女12名（23.0 ± 2.8歳、1.72 ± 0.07 m、63.0 ± 6.6 kg）が実験2に参加した。実験2では、全員が伸張性局面のみのシーテッドおよびプローンレッグカール運動をそれぞれの脚で実施した。被検者は全て体系的なレジスタンストレーニングの実施習慣がない者とした。

#### 2.2 実験1

### 2.2.1 トレーニング

トレーニングは、それぞれの脚で 1 セットあたり 10 回反復（2 秒で屈曲・2 秒で伸展）、1 日に 5 セット（セット間休憩 2 分）、2~3 日の間隔をあけ週 2 日、12 週間とした。トレーニング初日において、片脚をシーテッド脚、もう一方をプローン脚に振り分け、それぞれの脚で設定された条件でトレーニングを実施した。なお、被検者の利き脚・非利き脚の割合がトレーニング条件間で同程度になるように調整した。トレーニング機器は、シーテッド（Pro 2 Series、Life Fitness、USA）およびプローン（Toredo、Senoh、Japan）ともに市販されているものを使用した。シーテッドについては、自作の背もたれを追加し股関節角度を約 90 度に保てるようにした（図 1）。プローンの股関節角度は約 30 度であった。両条件とも、トレーニングにおける膝関節角度の範囲は 0~90 度とし、運動中に姿勢が崩れないように骨盤とトレーニング機器をベルトで固定した。

トレーニングの負荷は、事前に測定した（詳細は後述）各条件の最大挙上重量（1RM）の 70%とした。ただし、トレーニング初日と 2 日目は、トレーニングに不慣れな状態での過度な負担による怪我を避けるため、負荷を 50% 1RM、60% 1RM と漸増させ、3 日目から 70% 1RM とした。トレーニングには検者が毎回立ち会い、1 セットあたり 10 回反復できない場合には、残りの回数を検者が補助をしながら実施した。3 日目以降のトレーニング（負荷：70% 1RM）において、設定負荷で規定の回数（10 回×5 セット）を補助なしに遂行することができた場合、次のトレーニングでは 1RM の 5%分の負荷を追加した。同様の条件で、その後のトレーニングにおいても、設定負荷で規定の回数を遂行できた場合は、次のトレーニングで負荷を漸増させた。トレーニングの実施順序として、片脚のトレーニング（5 セット）を終えた後、もう一方の脚のトレーニングを行った。また、トレーニング初日にどちらの脚を先にトレーニングするかの割合は、トレーニング条件間で等しくなるように調整し、次のトレーニングではその順序を各被検者で入れ替えた。全てのトレーニングに先立ち、ウォームアップとして設定負荷の約半分の負荷で 5~10 回の反復を実施した。

### 2.2.2 トレーニング前後の測定

トレーニング期間の前に 2 回（プレ 1、プレ 2）、トレーニング期間の後に 1 回（ポスト）、各脚で設定された種目（シーテッド脚はシーテッドレッグカール、プローン脚はプローンレッグカール）の 1RM の測定を実施した。低負荷でのウォームアップの後に徐々に負荷を上げ、1 分間の休憩を挟み、2~2.5kg 刻みで測定した。なお、上述のトレーニング負荷の設定は、プレ 2 の 1RM に基づいた。また、1RM の測定に先立ち、3 テスラ MRI 撮像装置（MAGNETOM Skyra、Siemens）を用いて、左右の脚の T1-MRI（スライス厚：5 mm、ギャップ：5 mm）を取得した。専用の分析ソフト（Horos、Horos Project）を用いて、ハムストリングス各筋の横断面積を、起始部および停止部（筋が見え始める画像と消失する直前の画像）ならびにその間を 1 枚おきに計測した。飛ばした画像については、横断面積を計測した画像間において横断面積に直線関係があることを仮定し、計測画像の値を平均した値とした<sup>8</sup>。同様に、ギャップ分についても、前後の画像の値を平均した値とした。各筋において、実測および算出した全ての横断

面積を合算し、スライス厚（5 mm）を乗じることにより筋体積を算出した。また、4 筋全体の筋体積（4 筋の筋体積の和）を算出した。

## 2.3 実験 2

### 2.3.1 伸張性運動

実験 1 と同じトレーニング機器を用いて、伸張性局面のみのシーテッドおよびプローンレッグカールをそれぞれの脚で実施した。負荷は各条件の 1RM の 90%とし、1 セットあたり 10 回反復した。その際、検者がスタート位置（膝関節角度 90 度）まで 2 秒間をかけて毎回重りを移動させ（シーテッドでは押し、プローンでは持ち上げ）、被検者は 2 秒間をかけて速度をコントロールしながら膝関節が 0 度（完全伸展）になるまでハムストリングスの伸張性運動を実施した<sup>9)</sup>。シーテッドまたはプローン条件において片脚で 1 セット行った後（実施順序は条件間で均衡するように調整）、1 分間の休憩の後にもう一方の脚で同じ条件の（負荷は各脚の 1RM に基づく）伸張性運動を実施した。これをそれぞれの脚が 3 セットずつ実施するまで繰り返した。その後、5 分間の休憩を挟み、もう一方の条件（プローンまたはシーテッド）において各脚で 3 セットずつ伸張性運動を実施した。

### 2.3.2 伸張性運動前後の測定

伸張性運動の前および 24 時間後、48 時間後、および 72 時間後において、筋損傷の指標としてシーテッドおよびプローン条件の 1RM と、MRI による T2 値（浮腫を反映<sup>9)</sup>）を各脚で測定した。なお、実験 1 と 2 の両方に参加した被検者 19 名については、実験 1 のポスト測定と実験 2 の運動前測定（+伸張性運動）が同日に行われた。1 RM の測定方法は実験 1 と同様とした。T2 値の測定では、実験 1 と同じ MRI 撮像装置を用いて、大腿長 50%位置における T2-MRI（エコー時間：10~100 ms まで 10 刻み、スライス厚：4 mm）を取得し、専用の分析ソフト（Osirix Lite、Geneva, Switzerland）を用いてハムストリングス各筋の T2 値を算出した。また、各筋の値を平均し、ハムストリングス全体としての代表値とした。

## 2.4 統計処理

基本統計量は平均値±標準偏差で示した。統計処理には統計解析ソフトウェア（SPSS statistics 25, IBM）を用い、全ての検定において有意水準は  $P < 0.05$  とした。実験 1 では、一元配置分散分析（プレ 1 vs プレ 2 vs ポスト）ならびに Bonferroni の多重比較検定を用いて、トレーニングによる各測定項目の変化を各条件（脚）で比較した。また、トレーニングによる各測定項目の変化に条件間で差があったのかを検証するため、プレ 2 からポストへの変化率（%）を算出し、対応のある t-test（シーテッド脚 vs プローン脚）を用いて比較した。実験 2 では、伸張性運動による各測定項目の変化を、一元配置分散分析（運動前 vs 24 時間後 vs 48 時間後 vs 72 時間後）ならびに Bonferroni の多重比較検定を用いて各条件（脚）で比較した。また、伸張性運動による各測定項目の変化に条件間で差があったのかを検証するため、運動前から運動後それぞれの測定時間への変化率（%）を算出し、そのピーク変化（1RM：最大低下率、T2：最

大増加率)について、一元配置分散分析(シーテッド脚 vs プローン脚 vs コントロール脚)ならびに Bonferroni の多重比較検定を用いて比較した。

### 3. 結果

#### 3.1 実験 1

##### 3.1.1 筋体積の変化

シーテッド脚およびプローン脚ともに、ハムストリングス各筋および全体の筋体積にプレ 1 とプレ 2 では有意な差はなく、ポストにおいてプレ 1 とプレ 2 よりも有意に大きな値を示した(表 1)。プレ 2 からポストへの変化率は、二関節筋である大腿二頭筋長頭、半腱様筋、半膜様筋、ならびに全体において、シーテッド脚がプローン脚よりも有意に大きかった(図 2)。

##### 3.1.2 1RM の変化

シーテッド脚のシーテッドレッグカール 1RM にプレ 1 とプレ 2 で有意な差はなく( $39.3 \pm 16.0$  kg vs  $42.5 \pm 16.1$  kg,  $P = 0.138$ )、ポストにおいてプレ 1 とプレ 2 よりも有意に増加した( $53.6 \pm 19.6$  kg,  $P < 0.001$ )。プローン脚のプローンレッグカール 1RM は、プレ 1 からプレ 2 にかけて僅かだが有意に増加し( $23.4 \pm 8.1$  kg vs  $24.5 \pm 8.6$  kg,  $P = 0.017$ )、ポストではプレ 1 とプレ 2 と比べ有意に大きく増加した( $30.3 \pm 9.5$  kg,  $P < 0.001$ )。プレ 2 からポストへの変化率には、シーテッド脚とプローン脚で有意な差はなかった( $28.1 \pm 15.1\%$  vs  $27.8 \pm 25.4\%$ ,  $P = 0.494$ )。

#### 3.2 実験 2

##### 3.2.1 T2 の変化

半腱様筋においてのみ伸張性運動後の T2 に有意な増加が生じ、その程度はコントロール脚で大きく、プローン脚ではわずかな増加であり、シーテッド脚では変化がなかった(表 2)。ハムストリングス全体では、コントロール脚でのみ有意に増加した。T2 の最大増加率は、半腱様筋および全体において、コントロール脚がシーテッド脚およびプローン脚よりも大きく、シーテッド脚とプローン脚との間には有意な差はなかった(図 3)。

##### 3.2.2 1RM の変化

伸張性運動後、シーテッドレッグカール 1RM はコントロール脚でのみ有意に低下した(表 3)。プローンレッグカール 1RM は、コントロール脚では大きく、プローン脚ではわずかに低下し、シーテッド脚では変化がなかった。1RM の最大低下率は、シーテッドレッグカール 1RM およびプローンレッグカール 1RM とともに、コントロール脚がシーテッド脚およびプローン脚よりも有意に大きく、シーテッド脚とプローン脚との間には有意な差はなかった(図 4)。

### 4. 考察

実験 1 において、12 週間のシーテッドおよびプローンレッグカールトレーニングのいずれも、ハムストリング全体の筋体積を有意に増加させた。また、その変化はシーテッドで $+14.1 \pm 4.9\%$ 、

プローンで $+9.3 \pm 4.2\%$ であり、この値は本研究の介入と同期間（12週間）のレッグカールトレーニング（シーテッドかプローンかは記載なしのため不明）を実施した先行研究で報告されているハムストリングスの筋量の変化（ $+5.8 \sim 16.4\%$ ）の範囲内であった<sup>10,11</sup>。したがって、ハムストリングスのトレーニングで一般的に生じる筋肥大が本研究でも観察されたといえる。一方、本研究における筋体積の変化の程度には、シーテッド脚とプローン脚で有意な差が認められた（図2）。また、筋別にみると、シーテッド脚およびプローン脚ともに4筋全てで有意な筋肥大が生じたが（表1）、トレーニング条件の違いにより筋長に違いが生じる二関節筋においてのみ、シーテッド脚がプローン脚よりも筋肥大の程度が大きかった（図2）。このような結果は、条件（股関節角度・筋長）の違いにより二関節筋の肥大率に差が生じ、これがハムストリングス全体で観察された筋肥大の条件間差（シーテッド > プローン）の主要因であることを意味する。筋長が長い状態でトレーニングを行うことで筋肥大効果が促進されるメカニズムは明らかになっていない。しかし、筋長が長い状態での運動では、短い状態で行う場合に比べ、筋内環境がより低酸素状態となり代謝的負担が高まること<sup>12</sup>、筋肥大に関与するホルモン IGF-1の分泌を促進すること<sup>5</sup>などが分かっており、これらが影響して筋体積の増加率に条件間の差が生じた可能性がある。

トレーニング条件の1RMは、シーテッド脚およびプローン脚ともに有意に増加し、その増加の程度には有意な差はなかった。この結果は上記の筋量の変化と矛盾するものであり、筋量の変化は筋力の変化と必ずしも対応しないことを示唆する。筋量は筋力を規定する重要因子であることは広く認められているが<sup>13</sup>、トレーニング初期（～12週間）に生じる筋力の増加は主に神経系（例：運動単位の動員数・発火頻度の増加）や動作技術の改善に起因することが報告されている<sup>8,14</sup>。本研究の結果において、1RMの増加率は約28%であり、ハムストリングス全体の筋体積のそれ（シーテッド脚：約14%、プローン脚：9%）に比較して高値であった。したがって、本研究においても筋力発揮に関連する神経系の要因や動作技術の改善が大きく影響し、筋量より高い増加率を1RMにもたらしたと考えられる。また、本研究では、実験時間や検者配置の都合上、実験1における筋力の測定は、各脚でトレーニングを実施した条件での1RMのみであった。今後は、トレーニング動作の1RM以外の様々な筋機能指標に対する影響について検証することで、より有益な知見が得られると期待できる。

実験2において、伸張性運動後、筋損傷指標の著しい変化はコントロール脚でのみ生じ、T2および1RMともに、その変化はコントロール脚がシーテッド脚およびプローン脚よりも大きかった（図3・4）。また、その変化にシーテッド脚とプローン脚で有意な差はなかった。これは、シーテッドとプローンレッグカールトレーニングが同程度の筋損傷抑制効果を有していたことを示唆する。先行研究<sup>7</sup>では、筋長が長い状態で事前運動を行うことで、短い状態で行うよりも、その後に実施される伸張性運動で生じる筋損傷を大きく抑制できることが報告されている。しかし、その研究<sup>7</sup>において、事前運動は1度しか行われておらず、また、そのような筋損傷抑制効果は事前運動を繰り返すことで累積することが他の研究<sup>15</sup>で報告されている。したがって、本研究のようにトレーニングとして繰り返し事前運動を実施することで、筋損傷抑

制効果に及ぼす筋長の違いの影響は小さくなり、その結果として、シーテッドおよびプローンの両トレーニング様式ともに、同程度の筋損傷抑制効果をもたらしたと考えられる。

T2 の変化を筋別にみると、半腱様筋に限定的であった（表 2、図 3）。種々の運動で生じるハムストリングスの T2 変化に関する研究知見をまとめた近年の総説論文<sup>16</sup>によると、膝関節主体の運動（例：レッグカール、ノルディックハムストリングス）は半腱様筋を選択的に活動・損傷させ、股関節主体の運動（例：スティフレッグデッドリフト）は大腿二頭筋長頭や半膜様筋をより活動・損傷させると報告されている。半腱様筋は、大腿二頭筋長頭に次ぎハムストリングスの中で二番目に肉離れが頻発する筋であるため<sup>17</sup>、シーテッドまたはプローンレッグカールトレーニングを実施することで、ハムストリングス（特に半腱様筋）の筋損傷ひいては肉離れのリスクを軽減できる可能性がある。また、そのような膝関節主体の運動と股関節主体の運動を組み合わせることで、ハムストリングス全体を効率的に強化できる可能性があるが、これらの点は今後さらなる検証が必要である。

## 5. まとめ

本研究の結果、1) 座位（シーテッド）で行うレッグカールトレーニングは、伏臥位（プローン）で行うよりも筋肥大を促進すること、および2) トレーニング動作の 1RM の増加率および筋損傷に対する抑制効果はシーテッドおよびプローンの両トレーニング様式間で差がないことが明らかになった。

以上の結果から、ハムストリングスを強化する目的に筋肥大を含む場合には、プローンよりもシーテッドによるレッグカールトレーニングが推奨される。

## 参考文献

1. Morin JB, Gimenez P, Edouard P, et al. Sprint acceleration mechanics: the Major role of hamstrings in horizontal force production. *Front Physiol.* 2015;6:404.
2. Guex K, Millet GP. Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports Med.* 2013;43(12):1207-1215.
3. Alegre LM, Ferri-Morales A, Rodriguez-Casares R, Aguado X. Effects of isometric training on the knee extensor moment-angle relationship and vastus lateralis muscle architecture. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(11):2437-2446.
4. Noorkoiv M, Nosaka K, Blazevich AJ. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(8):1525-1537.
5. McMahon G, Morse CI, Burden A, Winwood K, Onambele GL. Muscular adaptations and insulin-like growth factor-1 responses to resistance training are stretch-mediated. *Muscle Nerve.* 2014;49(1):108-119.
6. Kubo K, Ohgo K, Takeishi R, et al. Effects of isometric training at different knee angles on the muscle-tendon complex in vivo. *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16(3):159-167.
7. Nosaka K, Newton M, Sacco P, Chapman D, Lavender A. Partial protection against muscle damage by eccentric actions at short muscle lengths. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(5):746-753.
8. Maeo S, Shan X, Otsuka S, Kanehisa H, Kawakami Y. Neuromuscular adaptations to work-matched maximal eccentric versus concentric training. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(8):1629-1640.
9. Maeo S, Saito A, Otsuka S, Shan X, Kanehisa H, Kawakami Y. Localization of muscle damage within the quadriceps femoris induced by different types of eccentric exercises. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28(1):95-106.

10. Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Garzarella L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81(3):174-180.
11. Vissing K, Brink M, Lonbro S, et al. Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1799-1810.
12. Kooistra RD, de Ruiter CJ, de Haan A. Knee angle-dependent oxygen consumption of human quadriceps muscles during maximal voluntary and electrically evoked contractions. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(2):233-242.
13. Fukunaga T, Miyatani M, Tachi M, Kouzaki M, Kawakami Y, Kanehisa H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiol Scand.* 2001;172(4):249-255.
14. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37(2):145-168.
15. Chen TC, Chen HL, Lin MJ, Wu CJ, Nosaka K. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106(2):267-275.
16. Bourne MN, Timmins RG, Opar DA, et al. An evidence-based framework for strengthening exercises to prevent hamstring injury. *Sports Med.* 2018;48(2):251-267.
17. De Smet AA, Best TM. MR imaging of the distribution and location of acute hamstring injuries in athletes. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;174(2):393-399.

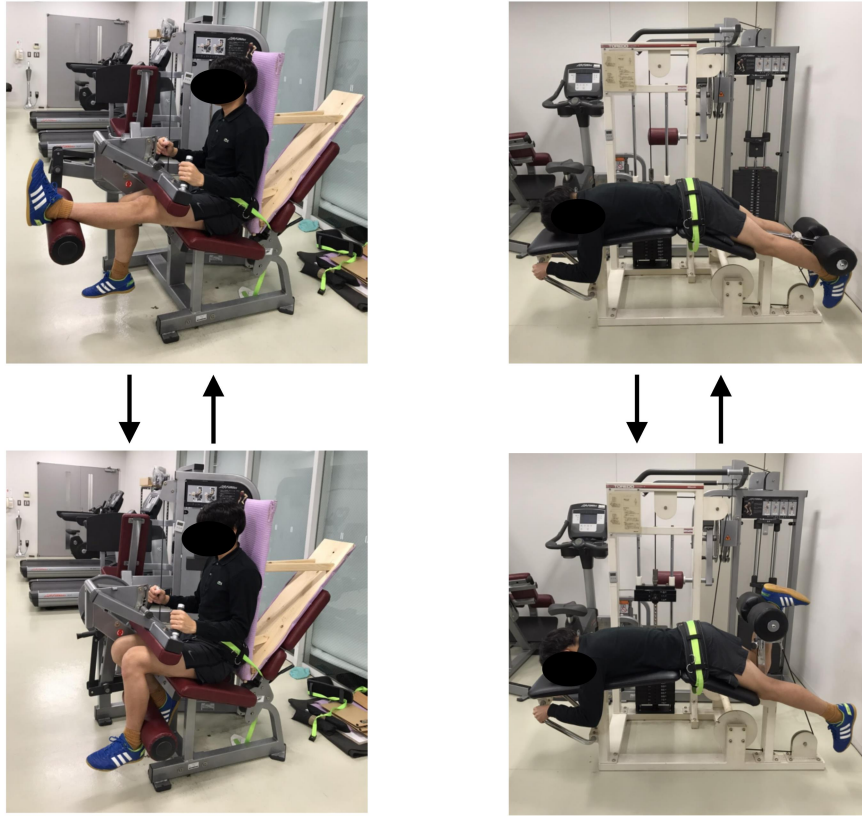


図1. シーテッド（左）およびプローン（右）レッグカールの実施姿勢



表 1. トレーニング前後におけるハムストリングス各筋および全体の筋体積 (cm<sup>3</sup>)

		プレ 1	プレ 2	ポスト
大腿二頭筋短頭	シーテッド脚	82.0 ± 28.1	83.1 ± 28.0	90.5 ± 28.5*†
	プローン脚	78.9 ± 26.1	78.9 ± 26.6	86.0 ± 26.7*†
大腿二頭筋長頭	シーテッド脚	170.5 ± 47.4	172.6 ± 46.3	196.0 ± 47.2*†
	プローン脚	168.8 ± 45.2	169.4 ± 44.3	180.1 ± 44.3*†
半腱様筋	シーテッド脚	158.8 ± 61.5	160.3 ± 60.3	197.4 ± 71.2*†
	プローン脚	161.4 ± 60.1	162.8 ± 59.6	193.2 ± 69.2*†
半膜様筋	シーテッド脚	204.8 ± 45.7	205.7 ± 45.8	221.9 ± 46.0*†
	プローン脚	196.2 ± 44.9	196.8 ± 44.7	203.8 ± 46.8*†
全体 (合計値)	シーテッド脚	616.1 ± 173.4	621.7 ± 169.6	705.7 ± 180.1*†
	プローン脚	605.3 ± 164.0	607.9 ± 162.6	663.1 ± 172.4*†

\* : プレ 1 との有意な差、 $P < 0.05$ † : プレ 2 との有意な差、 $P < 0.05$ 

n = シーテッド脚、プローン脚ともに 20 脚ずつ

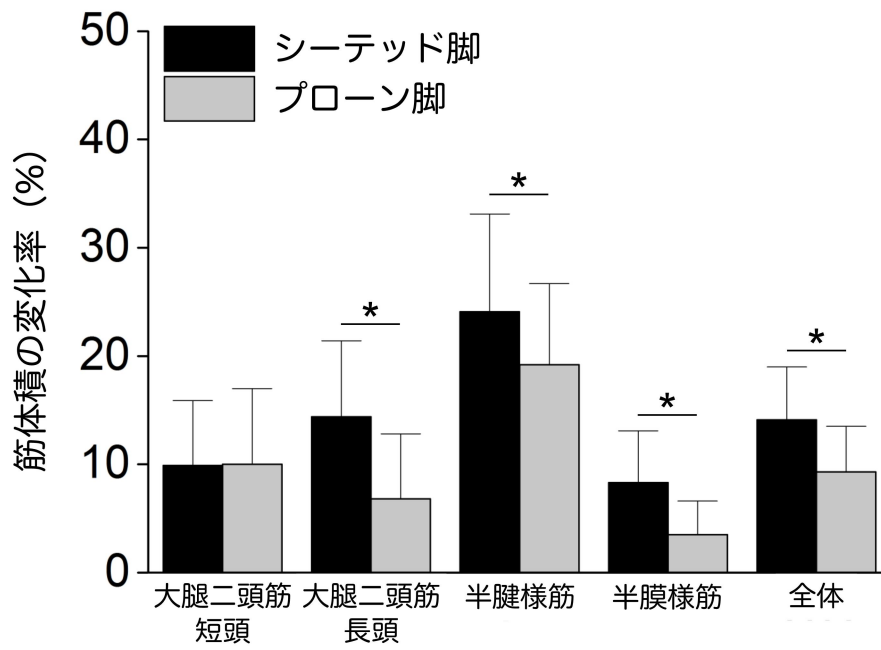


図2. トレーニングによる筋体積の変化率

6.

表 2. 伸張性運動前後における T2 値 (ms)

		運動前	24 時間後	48 時間後	72 時間後
大腿二頭筋 短頭	シーテッド脚	53.5 ± 6.2	54.2 ± 6.0	53.9 ± 5.5	54.0 ± 6.5
	プローン脚	53.8 ± 5.6	54.1 ± 5.7	54.1 ± 5.6	53.6 ± 6.0
	コントロール脚	54.6 ± 4.1	55.8 ± 4.5	56.3 ± 4.5	56.5 ± 4.3
大腿二頭筋 長頭	シーテッド脚	53.4 ± 6.6	53.5 ± 6.4	53.7 ± 6.3	54.2 ± 6.6
	プローン脚	55.1 ± 5.6	56.3 ± 5.2	56.2 ± 5.7	56.1 ± 4.7
	コントロール脚	53.9 ± 4.8	55.6 ± 7.5	56.2 ± 6.5	56.3 ± 6.4
半腱様筋	シーテッド脚	52.3 ± 4.1	53.6 ± 4.3	53.5 ± 4.3	53.6 ± 4.4
	プローン脚	52.0 ± 5.0	53.9 ± 4.9*	53.8 ± 5.5	54.3 ± 5.7*
	コントロール脚	52.9 ± 4.8	60.1 ± 21.8	64.3 ± 17.2*†	77.1 ± 26.2*†‡
半膜様筋	シーテッド脚	59.7 ± 7.0	57.8 ± 6.2	57.5 ± 5.2	57.1 ± 5.6
	プローン脚	58.1 ± 7.8	57.4 ± 7.2	58.5 ± 8.6	57.9 ± 8.8
	コントロール脚	59.3 ± 9.0	59.0 ± 9.1	59.2 ± 7.4	59.5 ± 7.7
全体 (平均値)	シーテッド脚	54.7 ± 4.2	54.8 ± 3.9	54.6 ± 3.9	54.7 ± 3.7
	プローン脚	54.7 ± 4.6	55.4 ± 4.1	55.6 ± 4.5	55.5 ± 4.5
	コントロール脚	55.2 ± 3.9	57.6 ± 6.5	59.0 ± 5.5*	62.3 ± 62.3*†‡

\* : 運動前との有意な差、 $P < 0.05$ † : 24 時間後との有意な差、 $P < 0.05$ ‡ : 48 時間後との有意な差、 $P < 0.05$ 

n = シーテッド脚、プローン脚ともに 19 脚ずつ、コントロール脚は 24 脚

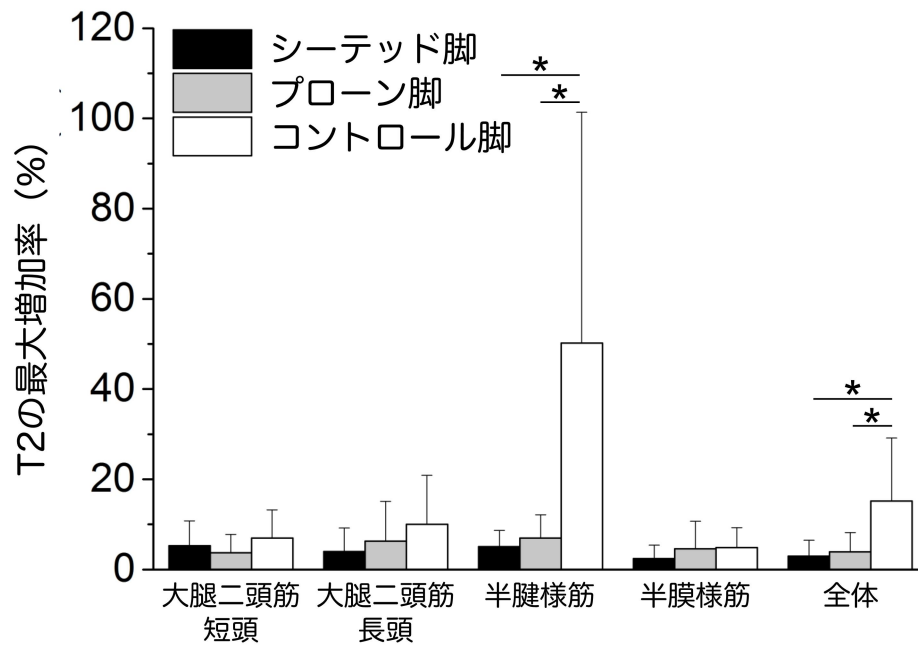


図3. 伸張性運動によるT2の最大増加率

表 3. 伸張性運動前後における 1RM (kg)

		運動前	24 時間後	48 時間後	72 時間後
シーテッド	シーテッド脚	52.4 ± 19.5	52.1 ± 19.3	52.7 ± 18.5	53.9 ± 19.3
レッグカール	プローン脚	45.2 ± 16.2	46.1 ± 16.8	47.0 ± 16.4	47.8 ± 15.8
<b>1RM</b>	コントロール脚	39.0 ± 7.5	33.9 ± 5.7*	35.6 ± 7.0	37.2 ± 6.6
プローン	シーテッド脚	27.7 ± 8.5	26.6 ± 7.9	26.7 ± 8.5	27.8 ± 8.5
レッグカール	プローン脚	29.6 ± 9.2	27.7 ± 8.9*	28.3 ± 9.5	28.2 ± 8.4
<b>1RM</b>	コントロール脚	20.9 ± 5.7	15.5 ± 4.9*†	16.4 ± 5.5*	17.6 ± 5.7*

\* : 運動前との有意な差、 $P < 0.05$ † : 72 時間後との有意な差、 $P < 0.05$ 

n = シーテッド脚、プローン脚ともに 19 脚ずつ、コントロール脚は 24 脚

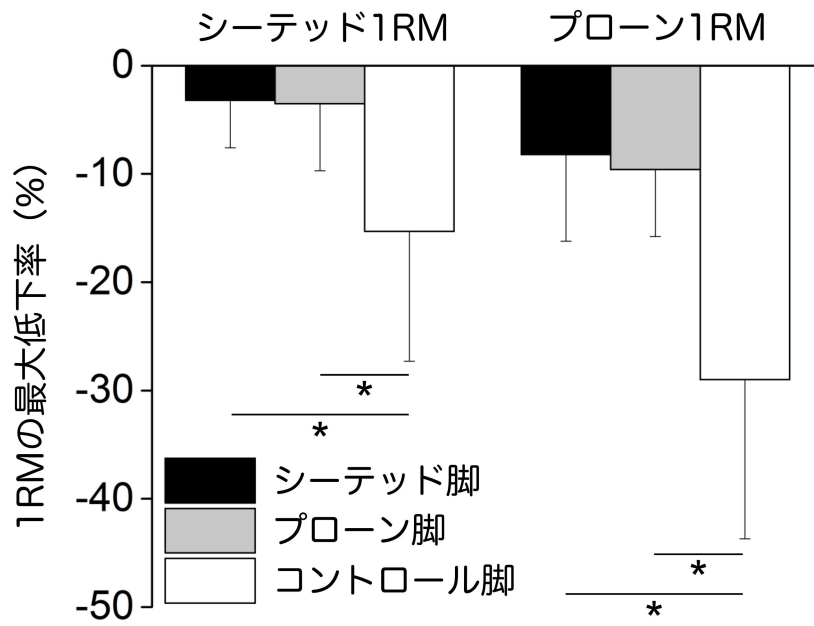


図4. 伸張性運動による1RMの最大低下率