

研究テーマ： 温熱療法を併用した低負荷の運動療法による筋肥大 —ラットを用いた実験的研究—	
研究代表者： 保健福祉学部 理学療法学科 教授 沖 貞明	連絡先： oki@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：	
【研究概要】 ラットを用いた動物実験を行った。一般的に、嫌気性代謝閾値以下の運動である有酸素運動（低負荷の運動）では筋肥大は生じず、筋肥大には無酸素運動（高負荷の運動）が必要とされている。今回の結果から、温熱療法を併用することにより嫌気性代謝閾値以下の運動療法でも、筋肥大を生じさせることができる可能性が明らかとなった。今回の実験期間は1週間と短いため、今後は実験期間を延長し、顕著な効果の確認を行いたい。	

【研究内容・成果】

はじめに

筋肥大を生じさせるためには様々な方法が挙げられるが、一般的には抵抗運動やマシントレーニング等が用いられる。これらの運動で筋肥大を得るには、被験者は高負荷の運動を実施する必要があり、心血管系に問題を有する事が多い高齢者などでは十分な効果が得にくい。最近では、低負荷の加圧トレーニングでも筋肥大が得られることが報告されている¹⁾。これは、静脈血流のみが制限されるように加圧したうえで、低負荷の運動を実施するものである。しかし、加圧することにより静脈血栓症とそれに引き続く肺塞栓症発症の危険性があり、一般的に実施するには大きな問題を有している。

近年、動物実験レベルではあるが、廃用性筋萎縮の防止に温熱療法を併用した運動療法の報告がある。それによると、単独では筋萎縮抑制効果のない程度の低負荷の運動療法でも、温熱療法を併用することにより筋萎縮抑制効果が認められるとされている²⁾。その機序としては、温熱療法と運動療法によりヒートショックプロテインが発現し、蛋白質の合成と修復がなされるためとされている。ちなみに、筋細胞内においてヒートショックプロテインが発現するためには40℃以上になることが必要とされている³⁾。現在のところ、温熱療法を併用した低負荷の運動療法による健常筋に対する筋肥大効果については明らかにされていない。そこで、どのような条件なら筋肥大効果が認められるのか、ラットを用いた実験を行うことにした。

方法

生後8週齢のWistar系雌性ラット12匹を対象とした。実験1)と実験2)に各6匹ずつ使用した。

本実験は、県立広島大学研究倫理委員会の承諾を得て行った（承認番号：第M11-005号，第M11-0034号）。

実験1)：筋の温度測定

エーテル麻酔下で、ラットの一侧後肢に42℃に調節した温浴（温熱療法）を20分間施行し、温熱療法施行側後肢（温熱側）と反対側後肢（反対側）において、下腿の最も深部に位置するヒラメ筋の温度変化を針型の熱電対温度計を用いて確認した。

実験2)：温熱療法を併用した運動療法

ラット用トレッドミルにて低負荷の運動療法（20m/minの速度で10分間）を施行した。その後、エーテル麻酔下で、ラットの右側後肢に対して実験1)の条件で温熱療法を施行した。この運動療法と温熱療法を、1度/日の頻度で行った。1週間後に麻酔薬の過剰投与にてラットを屠殺し、両側後肢の前脛骨筋・長趾伸筋・腓腹筋・ヒラメ筋を採取した。各筋の湿重量を測定の後ラットの体重で除し、相対重量比を求めた。その後は、各筋を凍結固定して組織学的な検討を行った。なお8日間の実験期

間中、全てのラットは自由に飼育ゲージ内を移動することができ、水と餌を自由に摂取することが可能であった。

温熱側と反対側の相対重量比の比較には Mann-Whitney 検定を用い、危険率 5%未満をもって有意差を判定した。

結果

実験 1)

温熱側では、温浴開始前 $34.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ が温浴開始後 20 分経過時には $40.4 \pm 1.0^\circ\text{C}$ であった。反対側では、温浴開始前 $34.5 \pm 0.8^\circ\text{C}$ が温浴開始後 20 分経過時には $35.6 \pm 0.7^\circ\text{C}$ であった。

実験 2)

温熱側の各筋において、有意差はないものの反対側よりも相対重量比が大きい傾向が認められた(表 1)。さらに、組織学的な検討の結果、温熱側と反対側とも異常所見は認めなかった。

考察

実験 1)の結果から、温熱側の筋における 40°C 以上の温度上昇と、反対側の筋におけるわずかな温度上昇が確認された。

実験 2)の結果から、温熱側では反対側に比較して相対重量比が大きく、組織学的な異常も認めなかったことより、わずかではあるが温熱側で筋肥大を生じさせることができる可能性が明らかとなった。

ラットの嫌気性代謝閾値は、約 $23\text{m}/\text{min}$ の速度のトレッドミル走行とされている⁴⁾。一般的に、嫌気性代謝閾値以下の運動である有酸素運動では筋肥大は生じず、筋肥大を得るためには無酸素運動が必要とされている。今回の結果から、温熱療法を併用することにより、嫌気性代謝閾値以下の運動療法でも筋肥大を生じさせることができる可能性が明らかとなった。通常、筋肥大には 10 週間程度の期間が必要である¹⁾とされていることから、今後は、実験期間を延長して検討していく必要がある。

表 1 相対重量比の比較

(単位 : mg/g)

	前脛骨筋 (温熱側)	前脛骨筋 (反対側)	長趾伸筋 (温熱側)	長趾伸筋 (反対側)	腓腹筋 (温熱側)	腓腹筋 (反対側)	ヒラメ筋 (温熱側)	ヒラメ筋 (反対側)
第 3 四分点	2.21	2.13	0.49	0.49	6.38	6.38	0.54	0.49
最大値	2.63	2.47	0.56	0.54	7.21	7.1	0.58	0.57
最小値	1.90	1.73	0.41	0.39	5.40	5.26	0.41	0.41
第 1 四分点	2.03	1.95	0.47	0.45	5.58	5.50	0.46	0.46
中央値	2.16	2.04	0.48	0.47	6.00	5.88	0.50	0.47

文献

- 1) 石井直方 : 加圧トレーニングのメカニズム, 臨床スポーツ医学 21(3) : 215-223, 2004
- 2) Sakaguchi A, Ookawara T, Shimada T : Inhibitory Effect of a Combination of Thermotherapy with Exercise Therapy on Progression of Muscle Atrophy. J Phys Ther Sci 22(1):17-22, 2010
- 3) 内藤久士 : 身体活動とストレス蛋白質, 日本臨床 58(増刊号):97-101, 2000
- 4) 熊谷秋三, 西住昌裕 : ラットにおける血中乳酸を指標とした運動強度の評価, 日本衛生学雑誌 41(3) : 648-652, 1986