

中高齢者の下肢レジスタンス運動における運動筋の 酸素化動態 - SATプロジェクト95

鱒坂 隆一* 久野 譜也* 松田 光生* 渡辺 重行** 山口 巖**

要 旨: 中高齢者54名(年齢 67 ± 5 歳)を対象とし、下肢レジスタンス運動(座位下腿挙上、40%、60%および80% 1RM)における運動筋(大腿外側広筋部)の酸素化動態を近赤外線分光法を用いて検討し、それが強度依存性に变化するか検討した。運動筋の酸素化指標(TOI)は運動中連続的に記録し、運動前値で除して各運動強度において%TOIを算出した。%TOIは40%と60%では有意に減少したが、60%と80%では有意の減少を認めなかった。%TOIと大腿皮脂厚、最大挙上重量に有意の関連を認めた。中高齢者において、下肢レジスタンス運動により運動筋の酸素化は中強度までは強度依存性に亢進するが、強度がさらに高くなると酸素化亢進が減弱する傾向を認めた。(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003, 43: 335-338)

Key words: Resistance exercise, The elderly, Near-infrared spectroscopy, Muscle oxygenation

序 言

レジスタンス運動は筋に抵抗負荷をかけて筋力やパワーを増強する運動として、一般的に筋力トレーニングやウエイトトレーニングなどで行われている。レジスタンス運動において運動筋の酸素化は、運動強度の増加に伴う運動筋血流変化(筋収縮による機械的阻血など)や代謝変化の影響を受けると考えられ、運動強度に比例して变化するか否かは明らかではない。本研究の目的は、中高齢者の下肢レジスタンス運動において非侵襲的かつ連続的に運動筋の酸素化をモニターする近赤外線分光法を用いて運動筋の酸素化動態が1)運動強度に比例して变化するか否か、2)それに関連する因子は何か、を検討することである。

対象と方法

被験者は測定への参加に同意した中高齢者のうち、近赤外線分光法の測定に対する大腿皮脂厚の影響をできるだけ少なくするために大腿皮脂厚が6 mm以下であり、かつ後述する測定が完遂しえた54名(男性17名、女性37名、年齢 67.2 ± 5.1 、53~81歳)を用いた。被験者の

54名のうち、15名は健常者(男性8名、女性7名)であり、他の39名は高血圧、高脂血症、糖尿病を1個以上有する冠危険因子保有者であった(男性9名、女性30名、高血圧8名、高脂血症16名、糖尿病2名、これらを複数保有13例)。今回の測定は安全性を考慮し、服薬治療中の者は服薬を中止せず実施した。

下肢レジスタンス運動の方法としては座位下腿挙上を用いた。まず、端座位にて重錘バンドを1側の下腿足首に貼付し、60度以上、足を挙げて5秒以上保持しうる最大重量(1RM)を決定した。運動の強度は決定した1RMの40%、60%、80%の重量を用い3段階で行った。1側の膝関節を可及的に水平位まで伸展させ、下腿を5秒間挙上保持、その後5秒間下降安静とし、各強度において連続10回反復施行させた。ただし、足の挙上が60度以下となった場合にはその時点で中止し、対象からは除外した。各強度の運動は1~2分の休息を挟んで施行した。

心拍数および血圧は連続的に測定した。運動中の測定値としては運動中の最大ないし最高の値を採用した。血圧測定には連続血圧測定装置TNO-TPD BMI社製Portapresを用いた。本法の妥当性はすでに確認されている¹⁾。

* 筑波大学体育科学系

** 筑波大学臨床医学系

2003年3月1日受付 2003年8月18日受理

運動筋の大腿外側広筋部に近赤外分光装置(浜松トニクス社製NIRO300)のプローベを貼付し、運動筋の血液量および酸素化動態をサンプリングタイム1秒にて連続的に測定した。血液量指標には総ヘモグロビン量を反映するTHI; total hemoglobin indexを用い、酸素化指標には酸素化ヘモグロビン/総ヘモグロビンから求められるTOI; total oxygenation indexを用いた²⁾。各運動強度においてTOIが挙上ごとに進行性に減少した後、一定値に収束した最低値を当該運動強度の組織酸素飽和度(%)とした。各運動強度における最高または最低値を運動前の測定値で除し、当該運動強度での血液量増加度または酸素化減少度(それぞれ%THI, %TOI)とした。

運動に先立ち、身長、体重を測定し、体格指数body mass index(以下BMI)を体重(kg)/身長(m)²より算出した。大腿外側広筋部の近赤外分光法測定部位の皮脂厚を栄研式キャリパーを用いて測定した。

測定値は平均±標準偏差で示した。安静時と運動時の比較には反復測定の分散分析(repeated ANOVA)を用い、有意差が認められた場合には、FisherのPLSD法により多重比較検定を行った。測定値間の関連はPearsonの相関係数を用いて検討し、さらに重回帰分析を施行した。2群間の比較にはMann-WhitneyのU検定を用いた。p<0.05をもって有意とした。

結 果

1. 酸素化動態

TOIで示される酸素化指標は、筋収縮・弛緩に伴う増減を繰り返しながら進行性に減少した。%TOIの変化をFig. 1に示した。下肢レジスタンス運動により、%TOIは有意の減少を認め、各強度間の比較では40%と60%の間では有意の減少を認めた。60%と80%の間でも減少傾向を認めたが、有意ではなかった。

2. %TOIと関連する因子

単回帰で%TOIと有意の関連を認めたのは、40% 1 RM強度においては1 RM重量のみであり、60% 1 RM強度においては身長、BMI、大腿皮脂厚および1 RM重量であり、80% 1 RM強度においては身長、BMI、大腿皮脂厚および1 RM重量であった。%THIを含む他の測定項目は関連を認めなかった(Table 1)。単回帰で有意であった項目を用いて重回帰分析を行ったところ、%

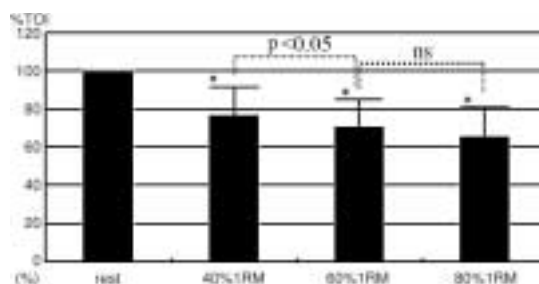


Figure 1 The oxygenation changes in the thigh vastus lateralis muscle during leg-resistance exercise.

1 RM: 1 repetition maximum, % TOI: % decrease in TOI, TOI: total oxygenation index.

* : p<0.0001 vs resting value.

TOIに関連する因子は40% 1 RM強度では1 RM重量のみであり、60%および80% 1 RM強度では大腿皮脂厚と1 RM重量であった(Table 2)。

健常群と危険因子保有群との比較では、40% 1 RM強度での%TOI変化に差異があり、健常群に比し、危険因子保有群で有意に大きく減少した(Fig. 2)。両群間で大腿皮脂厚、最大挙上重量には有意の差異を認めなかった。男女間の比較では、80% 1 RM強度での%TOI変化において差異があり、男性群で有意に大きく減少した(Fig. 3)。最大挙上重量には差異を認めなかったが、大腿皮脂厚は女性で有意に大であった(男性2.6±0.8mm, 女性3.9±1.1mm, p<0.01)。

考 察

中高齢者において、運動筋における酸素化指標(%TOI)は運動により有意に減少したが、その変化は運動強度により異なることが示された。すなわち、軽・中強度間では有意に減少したが、中・高強度間では減少傾向はあるものの有意の減少を認めなかった。

%TOIと独立して有意に関連した因子は、1 RM重量および大腿皮脂厚であった。等尺性運動における血圧上昇、心拍数増加反応は相対的運動強度が同じでも運動に参与する筋量が多いほど大きいとされている³⁾。したがって、相対的強度が一定でも1 RM重量が大きいほど動員される筋量が多いために、%TOIの減少がより大きい傾向を認めたのかもしれない。

大腿皮脂厚は近赤外分光法の測定成績に大きく影響する。すなわち、大腿皮脂厚が多いほど皮下脂肪組織

Table 1 Relation between % TOI and physiological parameters(univariate regression analyses)

	40% 1 RM		60% 1 RM		80% 1 RM	
	r value	p value	r value	p value	r value	p value
age (years)	0.194	0.1606 (ns)	0.219	0.1124 (ns)	0.087	0.5329 (ns)
height (cm)	0.161	0.2461 (ns)	0.287	0.0354	0.389	0.0037
weight (kg)	0.076	0.5853 (ns)	0.072	0.6027 (ns)	0.034	0.8050 (ns)
BMI (kg/m ²)	0.198	0.1520 (ns)	0.294	0.0307	0.492	0.0002
% HR (%)	0.061	0.6610 (ns)	0.081	0.5589 (ns)	0.117	0.3986 (ns)
% SBP (%)	0.108	0.4383 (ns)	0.172	0.2130 (ns)	0.012	0.9327 (ns)
% DBP (%)	0.138	0.3210 (ns)	0.203	0.1418 (ns)	0.184	0.1830 (ns)
% THI (%)	0.022	0.8325 (ns)	0.178	0.1977 (ns)	0.235	0.0865 (ns)
thigh SFT (mm)	0.247	0.0721 (ns)	0.356	0.0082	0.492	0.0002
1 RM (kg)	0.324	0.0168	0.382	0.0044	0.333	0.0140

The % HR (% SBP, % DBP, % THI) is calculated as 100*HR (SBP, DBP, THI) at each exercise intensity/HR (SBP, DBP, THI) at rest. r: coefficient of correlation, % TOI: % decrease in TOI, TOI: total oxygenation index, BMI: body mass index, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, THI: total hemoglobin index, SFT: skin fat thickness, 1RM: 1 repetition maximum weight

Table 2 Relation between % TOI and physiological parameters(multivariate regression analyses)

	40% 1 RM		60% 1 RM		80% 1 RM	
	standardized r value	p value	standardized r value	p value	standardized r value	p value
height (cm)	0.039	0.7997	-0.039	0.7846	-0.159	0.2377
BMI (kg/m ²)	0.097	0.5230	0.127	0.3650	0.015	0.9087
thigh SFT (mm)	0.236	0.1071	0.308	0.0244	0.440	0.0009
1 RM (kg)	-0.330	0.0170	-0.370	0.0042	-0.311	0.0098

Abbreviations as in Table 1 except for r(regression coefficient)

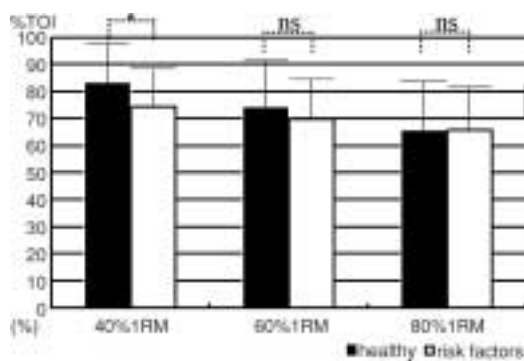


Figure 2 Comparison of the oxygenation changes in the thigh vastus lateralis muscle during leg-resistance exercise between healthy subjects (healthy) and subjects with coronary risk factors (risk factors).
1 RM: 1 repetition maximum, % TOI: % decrease in TOI, TOI: total oxygenation index.
*: p=0.0313

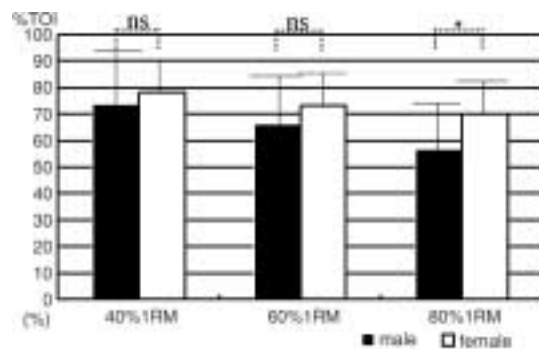


Figure 3 Comparison of the oxygenation changes in the thigh vastus lateralis muscle during leg-resistance exercise between male subjects and female subjects.
1 RM: 1 repetition maximum, % TOI: % decrease in TOI, TOI: total oxygenation index.
*: p=0.0049

の酸素化が反映されるので、同部位の酸素代謝の相対的不活発により%TOIの減少が影響を受けることも説明可能である⁴⁾。

健常例に比し危険因子保有群では40%強度における%TOIの減少が有意に大きかった。両者間に最大挙上重量や大腿皮脂肪厚に有意の差異はなかったため、危険因子保有がレジスタンス運動の運動筋酸素化になぜ影響するかは今後さらに検討を要する。

男女間の比較では、80%強度における%TOIの減少が男性群で有意に大きかった。この差異には少なくとも一部は大腿皮脂肪厚の差異の影響があると考えられるため、この結果からレジスタンス運動における運動筋の酸素化動態に性差があるとはいえない。

今後、若年者との比較検討や大腿外側広筋以外の筋での検討が必要である。

結 論

中高年齢者において、下肢レジスタンス運動における運動筋の酸素化の亢進は運動強度により異なることが示唆された。

本研究に参加し貢献した鈴木康文，大槻 毅，田

辺 匠，菅原 順，増田和実の諸氏に深甚なる謝意を表す。

本研究は文部科学省科学研究費：基盤研究B，課題番号12480004，平成12～14年度および文部科学省科学技術振興調整費，平成11～13年度によって行われたものである。

文 献

- 1) 菅原 順，田辺 匠，大槻 毅，他：運動時の心拍量の非侵襲的測定 - Modelflow法とimpedance cardiography法との比較．日本臨床スポーツ医学会誌，2001，9：360-367.
- 2) Suzuki S, Takasaki S, Ozaki T et al: A tissue oxygenation monitor using NIR spatially resolved spectroscopy. SPIE, 1999, **3597**: 582-592.
- 3) Mitchell JHF, Saltin PB, and Schibye B: The roll of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. J Physiol London, 1980, **309**: 45-54.
- 4) 庭山雅嗣，志賀利一，林 凌，他：近赤外光を用いた筋酸素組織計測における脂肪層の影響とその補正．医用電子と生体工学，1998，**36**：41-48．

Oxygenation in the Thigh Muscles During Leg-resistance Exercise in Middle-aged or Elderly Subjects - SAT Project 95

Ryuichi Ajsaka*, Shinya Kuno*, Mitsuo Matsuda*, Shigeyuki Watanabe**, and Iwao Yamaguchi**

* Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba,

** Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba

Key words: Resistance exercise, The elderly, Near-infrared spectroscopy, Muscle oxygenation

The oxygenation in exercising muscles (left thigh vastus lateralis muscles) during 40%-, 60%-, and 80%-1 RM leg resistance exercise (knee extension) was studied with near-infrared spectroscopy in 54 middle-aged or elderly subjects (67±5 years). The oxygenation was evaluated by % TOI (the smallest value in each exercise intensity divided by resting value). The % TOI significantly decreased between 40%-1 RM and 60%-1 RM, while did not between 60%-1 RM and 80%-1 RM. The thigh skin fat thickness and 1 RM-weight correlated to the %TOI changes. In conclusion, the oxygenation changes in exercising muscles during leg-resistance exercise are influenced by the exercise intensity in middle-aged or elderly subjects.

(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003, **43**: 335-338)