

16. 下肢抵抗性運動における心血管応答 —安全でより効果的な筋力増強訓練の検討—

鈴木 康文¹⁾、鯉坂 隆一²⁾、久野 譜也²⁾、宮永 豊²⁾、松田 光生²⁾
増田 和実²⁾、田辺 匠³⁾、村上 晴香³⁾、前田 清司⁴⁾、渡辺 重行⁴⁾、菅原 順⁵⁾

はじめに

呼吸循環器疾患患者における酸素運搬系の障害は、労作時の息切れや呼吸困難、易疲労感などの症状を出現させる。これらの症状やそれに伴う不安感は患者の身体活動量を制限し、骨格筋筋力低下、有酸素作業能力の低下などの変化を生じる。全身持久力低下や骨格筋筋力低下などはそれ自体が息切れ、易疲労などの原因となるため、さらに症状が悪化し身体活動量が制限されてしまう。高齢者では、このような悪循環に加齢の要素が加わりますます身体活動量が制限され生活の狭小化が考えられるので、骨格筋筋力低下を含めた廃用症候群の予防に努めなければならない。

これまで心疾患患者に対しての筋力増強訓練は、過剰な心拍血圧反応が心筋酸素需要を増大させることや、不整脈を誘発する可能性が高いなどの観点から、あまり用いられることがなかった。しかし、最近になって筋力トレーニングを心疾患患者に応用した結果、容認できないような過剰な血圧反応は認められないとする研究結果が報告され¹⁾、欧米では心疾患患者に対する筋力増強訓練が一般化しつつあり、AHA (アメリカ心臓協会)、ACSM (アメリカスポーツ医学会) のガイドラインによると、男性の症状の安定した冠動脈疾患患者における抵抗性運動の安全性は確立されている。しかし、女性の患者についてはいまだ明らかではない。そこで今回われわれは、運動習慣のない高血圧もしくは冠動脈疾患を有する中高年女性と健常中高年女性を対象に下肢抵抗性運動負荷試験を行い、その心血管応答を測定し、安全でより効果的な筋力増強訓練の方法について考察した。

対象および方法

対象は運動の習慣がない高血圧もしくは冠動脈疾患を有する中高年女性 (年齢 70.1 ± 6.5 歳) 16 例 (以下、患

者群) と健常中高年女性 (年齢 63.4 ± 3.3 歳) 9 例 (以下、健常群) であった。患者群の疾患は 10 例が高血圧、4 例が狭心症、PTCA (経皮的冠動脈形成術) 後、冠動脈バイパス術後がそれぞれ 1 例であった。なお、全例服薬下で検討した。

これらの対象に運動様式、運動強度の異なる下肢抵抗性運動を施行し、運動負荷時、心拍数、収縮期血圧、12 誘導心電図、近赤外分光法による大腿直筋の筋内酸素飽和度 (SO₂)、および筋疲労の Borg 指数を測定した。ただし、血圧の測定を患者群は聴診法、健常群はストレーンゲージ脈波法で行った。

下肢抵抗性運動の運動様式は臥位膝伸展挙上 (SLR) と座位下腿挙上 (LE) を用いた。SLR は臥位にて重錘バンドを用い 1 側下肢を伸展位にし、反対側下肢を膝伸展位にて股関節 30° まで挙上させ、LE は端座位にて、重錘バンドを用い 1 側の膝関節を可及的に伸展させた。運動強度は各被験者の最大挙上重量の 40%、60% および 80% の重量を負荷し、5 秒挙上、5 秒安静を 10 回連続して反復した。各運動強度の施行順序はランダムに行った。患者群では SLR、LE の 60%・80% 強度に、健常群では SLR、LE の 80% 強度に 10 回の反復施行が行えなかった対象がいたため、それらの対象では挙上可能な回数までのデータを用いた。最大挙上重量は患者群の SLR で 7.7 ± 3.7 kg、LE で 14.7 ± 5.3 kg であり、健常群の SLR で 8.8 ± 1.1 kg、LE で 16.2 ± 3.8 kg であった。

結果

1) 反復回数

LE の 80% 強度で、患者群で 1 例、健常群で 1 例が 10 回の反復施行困難であったが、他の被験者ではすべての強度で 10 回施行しえた。SLR の 80% 強度では患者群で 6 例、健常群で 2 例のみが 10 回の反復施行が可

¹⁾ 筑波大学大学院体育研究科, ²⁾ 筑波大学体育科学系, ³⁾ 筑波大学大学院体育科学研究科, ⁴⁾ 筑波大学臨床医学系循環器内科, ⁵⁾ 筑波大学先端学際領域研究センター

表1 下肢抵抗性運動における心血管応答

	収縮期血圧 (mmHg)	心拍数 (拍/分)
SLR		
安静時	(患者群) 138.3 ± 18.6	61.8 ± 10.8
	(健常群) 116.0 ± 10.7	65.9 ± 9.2
40 % 1 RM	(患者群) 165.6 ± 13.7 ^{*1}	75.8 ± 9.6 ^{*1}
	(健常群) 149.7 ± 14.6 ^{*1}	84.7 ± 10.9 ^{*1, *7}
60 % 1 RM	(患者群) 171.7 ± 15.8 ^{*1, *2}	78.4 ± 9.6 ^{*1, *2}
	(健常群) 168.3 ± 20.3 ^{*1, *2}	95.2 ± 11.9 ^{*1, *2, *6}
80 % 1 RM	(患者群) 186.9 ± 20.0 ^{*1, *2, *4}	82.3 ± 14.0 ^{*1, *3, *5}
	(健常群) 185.1 ± 29.3 ^{*1, *2, *5}	98.9 ± 9.3 ^{*1, *2, *6}
LE		
安静時	(患者群) 148.6 ± 14.3	65.6 ± 10.0
	(健常群) 126.6 ± 13.2	69.2 ± 8.0
40 % 1 RM	(患者群) 166.5 ± 12.0 ^{*1}	74.3 ± 8.4 ^{*1}
	(健常群) 147.4 ± 20.7 ^{*1}	78.4 ± 7.9 ^{*1}
60 % 1 RM	(患者群) 167.3 ± 14.2 ^{*1}	74.6 ± 9.9 ^{*1}
	(健常群) 162.3 ± 23.1 ^{*1, *3}	83.0 ± 7.4 ^{*1, *3, *7}
80 % 1 RM	(患者群) 174.5 ± 15.3 ^{*1, *3, *5}	76.0 ± 11.7 ^{*1}
	(健常群) 179.4 ± 27.5 ^{*1, *2, *5}	93.0 ± 7.1 ^{*1, *2, *4, *6}

^{*1} p < 0.01 (vs. 安静時), ^{*2} p < 0.01, ^{*3} p < 0.05 (vs. 40 % 1 RM), ^{*4} p < 0.01, ^{*5} p < 0.05 (vs. 60 % 1 RM), ^{*6} p < 0.01, ^{*7} p < 0.05 (患者群 vs. 健常群).

能であった。

2) 運動強度

患者群の2症例を除き、患者群、健常群とも運動の負荷強度の増加に伴い、収縮期血圧が上昇し、患者群においてはSLRのすべての運動強度間で有意差を認め、健常群においてはSLR、LEともにすべての運動強度間で有意差を認めた(表1)。しかし、患者群、健常群とも収縮期血圧が250 mmHgを超えるような著し

い血圧上昇をみた例はなかった。心拍数も患者群、健常群とも運動の負荷強度の増加に伴い増加した。心拍数について患者群と健常群とを比較すると、SLRではすべての強度において、LEでは60%、80%強度において健常群のほうが有意に高い値を示したが、両群において目標心拍数(85%最大心拍数)を上まわった例はなかった(表1)。

SO₂回復に要した時間(安静値の90%の値まで回復するのにかかった時間)は患者群、健常群とも運動の負荷強度の増加に伴い回復に時間を要する傾向にあった。また、患者群と健常群とを比較すると、SLRの40%強度で患者群が13.9 ± 22.7秒、健常群で0秒と有意差を認め、60%・80%強度、LEのすべての強度でも患者群においてより時間を要する傾向を認めた(表2)。

3) 運動様式

各運動強度でSLRとLEの収縮期血圧における増加の程度を比較してみると、患者群、健常群ともLEに比べSLRのほうが有意に高い値を示した(図1)。心拍数の増加の程度も患者群、健常群ともLEに比べSLRのほうが有意に高い値を示した。SO₂回復に要した時間では、健常群の40%強度を除き、LEに比べSLRのほうが回復に時間を要する傾向にあった。Borg指数の比較では19(最高にきつい)が、SLR(80%)時、患者群で7例、健常群で4例、LE(80%)時、患者群で4例、健常群で2例とLEよりSLRのほうが主観的にきついようであった。

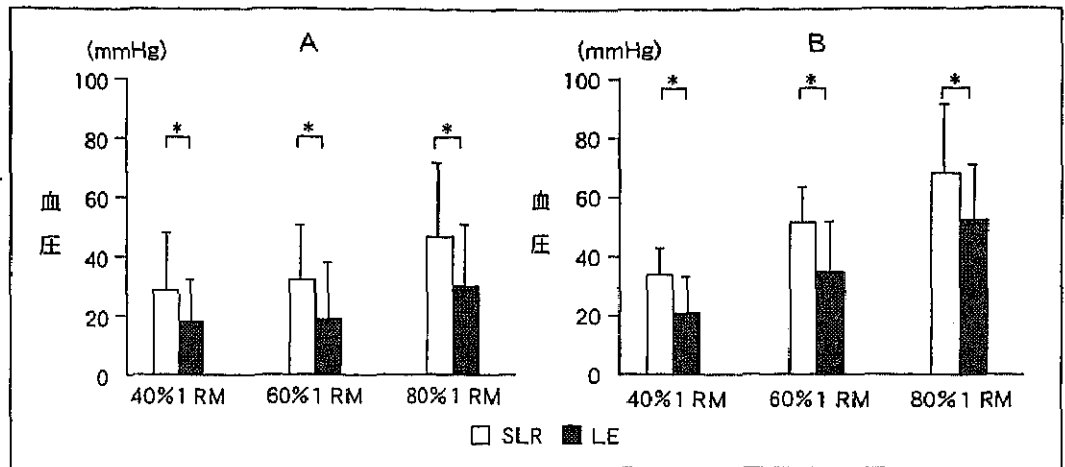
表2 下肢抵抗性運動における筋内酸素飽和度(SO₂)の変化

	安静時 (%)	収縮中の最低値 (%)	SO ₂ 低下の度合 (安静時-収縮中の最低値)	SO ₂ 回復に要した時間(秒)
SLR				
40 % 1 RM	(患者群) 84.5 ± 7.5	68.7 ± 14.6	** □ 15.8 ± 11.6	** □ 13.9 ± 22.7
	(健常群) 82.0 ± 13.9	75.2 ± 13.6	6.8 ± 3.3	0
60 % 1 RM	(患者群) 84.6 ± 8.0	67.7 ± 13.1	16.9 ± 10.5	15.6 ± 19.4
	(健常群) 82.1 ± 13.7	71.3 ± 16.6*	10.8 ± 5.0*	12.3 ± 14.6*
80 % 1 RM	(患者群) 85.1 ± 8.2	68.4 ± 11.8	16.7 ± 8.3	21.7 ± 19.0
	(健常群) 82.0 ± 12.8	69.0 ± 19.8*	13.1 ± 9.0*	21.3 ± 35.1*
LE				
40 % 1 RM	(患者群) 78.7 ± 7.8	67.6 ± 11.8	11.0 ± 5.5	8.4 ± 18.4
	(健常群) 76.5 ± 13.3	62.5 ± 20.1	14.0 ± 8.0	5.9 ± 10.7
60 % 1 RM	(患者群) 77.9 ± 8.3	65.4 ± 12.2	** □ 12.5 ± 5.0	9.4 ± 18.3
	(健常群) 74.6 ± 12.4	55.0 ± 21.0*	19.6 ± 10.2*	7.9 ± 11.3
80 % 1 RM	(患者群) 77.8 ± 7.9	60.0 ± 17.7	17.8 ± 11.5*	17.9 ± 35.1
	(健常群) 74.5 ± 13.6	54.1 ± 22.5*	20.3 ± 12.1	10.8 ± 10.9

* p < 0.05 (vs. 40 % 1 RM), ** p < 0.05 (患者群 vs. 健常群).

図1 収縮期血圧の増加の程度

A : 患者群, B : 健常群.
* $p < 0.05$.



4) 自覚症状, 心電図変化

運動中, 患者群, 健常群とも強度の筋肉痛が持続した例はなく, 胸痛, 虚血性心電図変化が生じた例もなかった. 不整脈も患者群でSLR時2例, LE時4例で期外収縮の散発を認めたのみであった.

考 察

今回われわれは運動習慣のない高血圧もしくは冠動脈疾患を有する中高年女性と健常中高年女性を対象に下肢抵抗性運動負荷試験を行い, その心血管応答を検討した. SLR, LEともに, 収縮期血圧, 心拍数が運動負荷強度の増加に伴い上昇する傾向はこれまでの報告と同様であった^{2, 3)}. しかし, 収縮期血圧が250 mmHgを超えるような著しい血圧上昇をみた例はなく, 心拍数も目標心拍数(85%最大心拍数)を上まわることがなかった. また, 胸痛, 虚血性心電図変化, 重篤な不整脈もみられなかったことから, 運動習慣のない高血圧もしくは冠動脈疾患を有する中高年女性に, 筋力増強訓練として下肢の抵抗性運動を行っても安全に施行できるものと考ええる.

ただし, 服薬管理がなされていないため対象からはずれた, 狭心症(PTCA術後), 高血圧, 高脂血症の診断名のついた1症例では, 十分な回復時間を入れても運動を反復するごとに収縮期血圧が上昇し, 最終的には収縮期血圧が250 mmHg以上まで上昇し, 血圧, 心拍数の回復にも長時間要したことから, 服薬管理がなされていないような患者では慎重な観察が必要であると考えられた.

また, 運動の負荷強度の増加に伴い, SO_2 回復に要する時間は患者群, 健常群とも時間を要する傾向にあ

り, 患者群と健常群とを比較すると, 患者群においてより時間を要する傾向を示した. SO_2 回復時間の延長は筋内の酸素負債の償還に時間を要しているものと推察され, このことから, 高血圧あるいは冠動脈疾患を有する中高年女性が下肢抵抗性運動を行う場合, 運動の間に十分な休息をとる必要性があると思われる.

運動様式の違いにより, 収縮期血圧, 心拍数の増加の程度はSLRが有意に高い値を示した. これはSLR時に股関節屈筋群や腹筋群の活動によりValsalvaの影響を受けたことや反対側下肢にも筋活動があったためと推察される. また, SO_2 回復もSLRのほうが時間を要する傾向にあり, この背景には大腿直筋は血流が阻止される強度が低く脱酸素化をきたしやすい筋であり⁴⁾, SLRにおいて大腿直筋が他の膝伸筋よりも活動量が大きかったことが考えられる. 高血圧あるいは冠動脈疾患を有する中高年女性に下肢抵抗性運動としてSLRを用いる場合, 以上の点に留意して行わなければならない.

本研究は平成11年度科学技術庁・科学技術振興調整費による研究の一部である.

参考文献

- 1) 山崎裕司 他: 心筋梗塞患者に対する筋力増強訓練の安全性の検討. 診療と新薬 31: 312-316, 1994.
- 2) 長谷川輝美 他: 筋力増強運動中の心拍血圧反応. 理学療法学 22: 171-174, 1995.
- 3) Fleck SJ et al: Resistance training experience and the pressure response during resistance exercise. J Appl Physiol 63: 116-120, 1987.
- 4) 本間俊行 他: 膝伸展運動時にみられる協働筋間での酸素供給・消費バランスの相違. 体力科学 47: 525-534, 1998.