

## 02-3 中強度の下肢レジスタンス運動が中高年者の呼吸循環機能に及ぼす急性の影響

山本薫（松本大学人間健康学部スポーツ健康学科）、山本弥生（あいち健康の森健康科学総合センター）

キーワード：中強度下肢レジスタンス運動、脈波伝播速度、呼吸筋力、血圧、中年者

**要旨：**有酸素性運動が呼吸循環機能に及ぼす効果は数多く報告されているが、中高年者が行うレジスタンス運動が脈波伝播速度（baPWV）や呼吸筋に及ぼす急性効果については明らかではない。そこで中年者1名を対象に、強い呼気を伴う中強度（15RM・65% 1RM）レジスタンス運動（RE）が上肢・下肢別に呼吸循環機能に及ぼす影響を検討した。下肢RE後、呼気筋力の変化率は+17.0%、収縮期血圧、baPWVの変化率は-3.2%と-2.4%を示した。中年者が強い呼気を伴って行う中強度下肢RE後の急性反応として、呼気筋力や収縮期血圧、baPWVを改善する可能性が考えられた。

### A. 目的

中年者1名を対象に行う中強度（15回挙上限界重量（RM）または最大挙上重量の65%相当）のマシンレジスタンス運動（RE）が、呼吸循環機能に及ぼす影響について検討を加えることを目的とした。

### B. 方法

<対象者>週に1回程度のRE習慣をもち、生活習慣病治療歴や喫煙習慣の無い健常な中年男性1名（年齢53歳、身長167.0cm、体重80.2kg、BMI 28.8、%fat 24.4%）を対象とした。

毎運動前に身体組成（BI法）、血圧（オシロメトリック法）、心拍数、上腕-足首間脈波伝播速度（baPWV：フクダコーリン社製form5）、呼吸筋力（最大吸気口腔内圧：Pimax、最大呼気口腔内圧：PEmax、呼吸筋力測定器IOP-01（木幡計器製作所））を評価した。これらの測定は食後2時間以上経過した午後、室温を一定に保ち（22～25℃）静かな部屋で実施した。また、baPWVは仰臥位にて10分間以上安静に保った後に測定した。呼吸筋力は事前に練習した上で3回の測定を行い、少なくとも1秒間呼吸を維持した中での平均値を最大値として記録した。

<運動方法>被験者はマシンRE方法に十分慣れた上で限界まで運動を行った。運動種目は上肢種目：①ベンチプレス、②ラットプルダウン、③傾斜腹筋、下肢種目①レッグエクステンション又はレッグカール、②レッグプレス、③傾斜腹筋とした。運動強度は最大15回を繰り返しこなせる程度の重量（15RM又は推定最大挙上重

量の65%）で各15回、それぞれ2セット行った。運動時は呼気を強く意識して行った。運動終了直後に呼吸筋力を測定した後、心拍数が運動前と同値であることを確認できるまで最低10分間以上の安静後にbaPWVの測定を実施した。これらの測定を上下肢ランダムに、72時間以上を空けた上で、3回ずつ行った。測定値は全て平均値±標準偏差で示し、変動係数を示した。

### C. 結果

本研究の運動前後の結果と変化率を表1に示した。動脈の硬さを表すbaPWVは、上肢RE後の変化率が $+8.8 \pm 7.2$ で、下肢RE後の変化率は $-2.4 \pm 6.5$ であった。収縮期血圧（SBP）は、上肢RE後の変化率が $+0.3 \pm 2.6$ で下肢RE後の変化率が $-3.2 \pm 10.4$ であった。呼吸筋力を示す口腔内圧は、Pimaxの変化率が上下肢ともにRE前後で同程度であり、PEmaxは上肢RE後の変化率が $-2.7 \pm 5.2$ で、下肢RE後の変化率は $+17.0 \pm 32.4$ であった。

### D. 考察

SBPは上肢RE後に変化率がプラスであったがコントロール（CON）と同程度で、下肢RE後の変化率はマイナスであった。我々の先行研究での介入後に、意図的な呼出（換気）量の増加によりbaPWVと血圧に有意な変化（悪化）は認められず、本研究の下肢REでも胸腔内圧上昇や圧受容器反射、迷走神経反射の頻発を減じたと考えられる。

またbaPWVの変化率は上肢REにおいて $+8.8 \pm 7.2\%$ でCONの2倍以上あったが、下肢RE

では $-2.4 \pm 6.5\%$ であった。Maeda et al (2006)<sup>1)</sup>は12週間の脚部RTがcfPWVとSBPに及ぼす影響について、血管収縮作用を持つエンドセリン-1に有意な変化が無く、血管拡張作用を持つ一酸化窒素(NO)産生を示唆している。本研究においても下肢運動においてNOが発生して血管拡張が起こり、運動終了直後まで続いた可能性がある。NO産生には血流量増加が必要だが、鍵田ら(2018)は、50%1RM強度で膝伸展運動10回実施した直後の心拍出量を観察し、安静時と比較して有意に増加したことを報告した。本研究の一過性下肢運動直後にもエンドセリン-1は増加せず心拍出量増加が起き、NOが発生してSBP値とbaPWV値に影響を与えたと考えられる。

呼吸効率は加齢に伴う胸壁の硬化と運動に対する換気応答の鈍化により低下し、肺の弾性収縮圧が低下することが原因<sup>2)</sup>で最大吸気圧は25歳をピークに加齢と共に低下する<sup>3)</sup>が、最大呼気圧も同様で、上肢RE後にPEmaxの変化率がマイナスであったのは、胸腔内圧上昇に抗うことが呼気筋疲労を誘発したと考えられる。一方、下肢RE後にPEmaxの変化率がプラスであったのは、抵抗が少なく呼気筋群は疲労なく、むしろ活動呼気筋増加を誘発したことが考えられる。運動時には斜角筋、胸鎖乳突筋等の吸気補助筋や腹直筋、内肋間筋等の呼気補助筋が動員され、運動強度増により代謝産物が増加し血管収縮を

引き起こした結果、血圧上昇が起こるとされている<sup>2)</sup>が、本研究の15RM強度は、下肢RE時に代謝産物を増加させることはなかったと思われる。

**E. まとめ**

中年者が行うマシンREは、15RM(65%1RM)強度で呼気量を増やして下肢種目を行う場合、血圧、baPWV、呼吸筋力の疲労を低減できる可能性が考えられた。

**F. 利益相反**

利益相反なし。

**G. 文献**

- 1) Maeda, S., et al. Effects of Leg Resistance Training on Arterial Function in Older Men. Br. J. Sports Med. 40, 867-86. 2006.
- 2) Dempsey J.A. et al.: Respiratory system determinants of peripheral fatigue and endurance performance. Med Sci Sports Exerc 40: 457-461. 2008.
- 3) Pessoa IMB S, Parreira VF . et al.: Reference value for maximal inspiratory pressure: A systematic review. Can Respir J 21: 43-50. 2014.

(謝辞)

当該公開講座並びに本研究は松本大学研究助成費(2021年度)の補助を得た。記して謝意を表する。

表1. 上腕一足首間脈波伝播速度(baPWV)、呼吸筋力、血圧における部位別(上下肢)運動前後値、変動係数、値の上下、運動前後差、および変化率

		運動開始前	変動係数 %	運動後	変動係数 %	上下	差	変化率(%)
baPWV	cm/sec	1326.3 ± 73.4	0.06	1441.0 ± 76.0	0.05	↑	<b>114.7 ± 90.5</b>	<b>8.8 ± 7.2</b>
		1407.0 ± 87.3	0.06	1372.3 ± 111.3	0.08	↓	-34.7 ± 90.4	-2.4 ± 6.5
	コントロール	1421.7 ± 45.3	0.03	1466.3 ± 31.8	0.02	↑	<b>44.7 ± 25.2</b>	<b>3.2 ± 1.8</b>
最大呼気筋力 (PEmax)	cmH <sub>2</sub> O	219.6 ± 29.6	0.13	212.8 ± 17.5	0.08	↓	<b>-6.8 ± 12.2</b>	<b>-2.7 ± 5.2</b>
		207.5 ± 53.9	0.33	231.9 ± 26.8	0.12	↑	24.3 ± 50.6	17.0 ± 32.4
	コントロール	220.1 ± 6.5	0.03	218.0 ± 3.9	0.02	↓	<b>-2.1 ± 3.0</b>	<b>-0.9 ± 1.3</b>
最大吸気筋力 (PImax)	cmH <sub>2</sub> O	-158.8 ± 9.8	-0.06	-160.4 ± 7.7	-0.05	↑	1.6 ± 5.3	1.1 ± 3.5
		-152.7 ± 16.9	-0.11	-154.7 ± 13.2	-0.09	↑	2.0 ± 3.9	1.5 ± 2.9
	コントロール	-162.4 ± 3.0	0.02	-159.1 ± 5.2	0.03	↓	<b>-3.3 ± 7.9</b>	<b>-2.0 ± 4.8</b>
収縮期血圧 (SBP)	mmHg	119.0 ± 4.2	0.04	121.0 ± 2.8	0.02	↑	<b>2.0 ± 1.4</b>	<b>0.3 ± 2.6</b>
		124.3 ± 8.4	0.08	120.0 ± 9.2	0.07	↓	-4.3 ± 13.2	-3.2 ± 10.4
	コントロール	123.7 ± 0.6	0.01	124.3 ± 7.4	0.06	↑	<b>0.7 ± 6.8</b>	<b>0.5 ± 5.5</b>
拡張期血圧 (SBP)	mmHg	85.0 ± 1.4	0.02	87.0 ± 2.8	0.03	↑	<b>2.0 ± 4.2</b>	<b>2.3 ± 8.9</b>
		85.0 ± 3.6	0.02	84.7 ± 9.1	0.06	↓	-0.3 ± 6.7	-0.5 ± 7.9
	コントロール	87.0 ± 1.0	0.01	90.0 ± 4.4	0.05	↑	<b>3.0 ± 3.6</b>	<b>3.4 ± 4.1</b>

※値の上下を矢印で示し、身体に取って有益でない場合には太字で示した。