

廃用症候群とレジスタンストレーニング

高木 大輔¹ 影山 昌利^{2,3}

¹健康科学大学 健康科学部 理学療法学科

²介護老人保健施設 サンライズ大浜

³浜松医科大学大学院医学系研究科 光医工学共同専攻

The effects of resistance training for disuse syndrome

TAKAGI Daisuke, KAGEYAMA Masatoshi

要旨

廃用症候群 (Disuse syndrome) は、不活動や安静臥床により生じる一連の身体疾患のことである。廃用性筋萎縮は、筋骨格系にみられる症状の一つで、Type I 線維 (遅筋線維) に優位な萎縮を認め、近年注目されている加齢による筋肉量の減少を主体としたサルコペニア (Sarcopenia) は、Type II 線維 (速筋線維) に優位な萎縮を生じる。したがって高齢者における廃用症候群では、Type I 線維と Type II 線維の双方の萎縮が治療の対象になると言える。高強度負荷 [80 ~ 85% 1RM (Repetition maximum)] のレジスタンストレーニングで、Type I 線維と Type II 線維ともに肥大を認めたとの報告がある一方で、低強度負荷 (30% 1RM) でも疲労困憊まで行うことで、Type I 線維と Type II 線維ともに増加するとされている。また高齢者に対して 100 回/日、2 か月間で少なくとも 40 日間、立位の踵上げトレーニングを実施した結果、有意にヒラメ筋筋厚 (Type I 線維の割合が約 90%) が増加することが報告されている。したがって、高強度負荷のみならず低強度のレジスタンストレーニングを疲労困憊まで実施することなどで、Type I 線維や Type II 線維の肥大を引き起こすことができる可能性がある。一方で、疲労困憊まで実施することや高齢者やデコンディショニングの状態の者に対する運動強度や方法などについて依然不明な点があるため、今後さらなる知見の構築が必要である。

キーワード：廃用症候群，筋線維組成，レジスタンストレーニング

I. はじめに

廃用症候群は、不活動や安静臥床により生じる一連の身体疾患のことである¹⁾。廃用性筋萎縮は、筋骨格系にみられる症状の一つで、Type I 線維（遅筋線維）に優位な萎縮を認め、近年注目されている加齢による筋肉量の減少を主体としたサルコペニアは、Type II 線維（速筋線維）に優位な萎縮を生じる²⁾。したがって高齢者における廃用症候群では、Type I 線維と Type II 線維の双方の萎縮が治療の対象になると言えるだろう。

骨格筋量の減少や筋力の低下を改善する方法の一つとしてレジスタンストレーニングがある。高齢者やデコンディショニングの状態にある場合、中等度の強度〔60～70% 1RM (Repetition maximum)〕、10～15回、1セット以上が推奨されている³⁾。しかし、レジスタンストレーニングの運動強度や方法などによる Type I 線維と Type II 線維の変化については依然不明な点がある。

そこで本稿では、まず廃用症候群を呈する可能性が高い症例の特徴や身体部位を説明し、早期発見や治療の一助にしたいと考えている。次にレジスタンストレーニングの強度や方法などの違いによる筋線維組成への影響について先行研究を参考に解説する。本稿を通して、一人でも多くの廃用

性筋萎縮やサルコペニアによる日常生活活動能力や生活の質の低下の予防に寄与できれば幸いである。

II. 特徴と身体部位

廃用症候群の治療を実施するにあたり、廃用症候群を呈する可能性が高い症例を早期に発見する必要がある。North American Nursing Diagnosis Association は、廃用症候群のリスク要因として、1. 重度の疼痛、2. 機械的な原因による体動不能、3. 意識レベルの変調、4. 体動制限の指示、5. 麻痺を挙げている⁴⁾。また、廃用性筋萎縮は、特に下肢、脊柱起立筋などの抗重力筋に見られ、Type I 線維に優位な萎縮を認めることが特徴である²⁾。Type I 線維は有酸素下の代謝能力や疲労耐性が高く、Type I 線維の萎縮は筋における酸素摂取量を低下させ筋疲労を惹起する^{5,6)}。代表的な下肢筋と脊柱起立筋の筋線維組成の割合を表1に示す。特にヒラメ筋（表層 / 深層）は Type I 線維の割合が 86.4/89.0%、Type II 線維の割合が 13.6/11.0%であり、Type I 線維の比率が高く⁷⁾、長期臥床の影響を受けやすいことが推測される。ヒラメ筋は持続的に活動することで立位姿勢を保持したり、歩行における下腿三頭筋の足関節の底屈トルクに貢献するなどの役割を果たす⁸⁾。

表 1 代表的な下肢筋と脊柱起立筋における筋線維組成の割合

筋名	Type I 線維 (%)	Type II 線維 (%)
腸腰筋	49.2	50.8
大殿筋	52.4	47.6
内側広筋（表層 / 深層）	43.7/61.5	56.3/38.5
外側広筋（表層 / 深層）	37.8/46.9	67.3/53.1
前脛骨筋（表層 / 深層）	73.4/72.7	26.6/27.3
ヒラメ筋（表層 / 深層）	86.4/89.0	13.6/11.0
脊柱起立筋（表層 / 深層）	58.4/54.9	41.6/45.1

文献 7 より引用

下腿三頭筋の筋量は、おおよそ底屈筋群の 73% を占めており、その中でもヒラメ筋は底屈筋群の 41% を占める⁹⁾。下腿最大周囲径は、テープメジャーを用いて簡便かつ安価に測定でき、ふくらはぎの筋肉量を反映し、また四肢筋肉量と関連があることも報告されている^{10,11)}。したがって、下腿最大周囲径がヒラメ筋の萎縮を介して Type I 線維量の一つの指標になる可能性がある。サルコペニアの基準では、下腿最大周囲径のカットオフ値は男性が 34cm 未満、女性が 33cm 未満である¹¹⁾。また Vigelsø et al. (2015) は、2 週間の下肢の不動により、若年者で筋力が $28 \pm 6\%$ 、除脂肪量（下肢）が $-485 \pm 105\text{g}$ 、高齢者で筋力が $23 \pm 3\%$ 、除脂肪量（下肢）が $-245 \pm 62\text{g}$ 減少し、その後 6 週間のトレーニングで十分な改善は認められたが、元の状態に戻すことができなかつたと報告している¹²⁾。したがって、廃用症候群を呈する可能性が高い症例の予測や症状の進行状態を把握し、対象者の状態に合わせて可能な限り早期離床を促していくことが大切であると考ええる。

Ⅲ. レジスタンストレーニング

高齢者やデコンディショニングの状態にある場合は、中等度の強度 (60 ~ 70% 1-RM)、10 ~ 15 回、1 セット以上が推奨されており³⁾、筋肥大もおおよそ 67% 1RM から 85% 1RM の強度で生じる⁹⁾。高齢者に対するレジスタンストレーニングの骨格筋量への効果を検討したシステマティックレビューでは、骨格筋量を増加させるために、1 RM の 80% 以上（高強度負荷）、8 ~ 12 回、2 ~ 3 セットが必要であるとの報告もあり¹³⁾、高強度のレジスタンストレーニングの必要性も伺える。実際に Type I 線維と Type II 線維の筋線維組成の変化については、80 ~ 85% 1RM のレジスタンストレーニングで Type I 線維と Type II 線維ともに肥大することが報告されている^{14,15)}。一方で Van Roie et al. (2013) は、地域在住高齢者 (60 歳以上) に対して 12 週間の低強度 (1RM の 20%) で高頻度 (1 セット 80 ~ 100 回) のレジスタンストレーニングを実施した結果、筋肉量が有意に増加したとしている¹⁶⁾。また、若年

男性 (21 ± 0.8 歳) を対象とした研究ではあるが、30% 1RM、3 セットという低強度負荷でも疲労困憊まで行うことで、高強度負荷 (80% 1RM、3 セット) と同程度の筋肥大を認め、また Type I 線維と Type II 線維ともに増加したと報告している¹⁷⁾。さらに Fujiwara et al. (2010) は、高齢者に対して 100 回 / 日、2 か月間で少なくとも 40 日間、立位の踵上げトレーニングを実施した結果、有意にヒラメ筋筋厚 (Type I 線維の割合が約 90%) が増加したと報告している¹⁸⁾。したがって、高強度負荷のみならず低強度・高頻度のレジスタンストレーニングを疲労困憊まで実施することなどで、Type I 線維や Type II 線維の肥大を引き起こすことができる可能性がある。

一方で、レジスタンストレーニングによる Type I 線維と Type II 線維の変化を調査した研究では、強度 (% 1 RM)、期間 (週)、頻度 (日 / 週)、量 (セット × 回数) のいずれも各々の筋線維組成の増加ならびに筋力との関連性は認めないことが報告されている^{19,20)}。また疲労困憊まで実施することや若年者の結果を直接的に高齢者やデコンディショニングの状態の者に当てはめることは困難であるため、今後高齢者やデコンディショニングの状態の者を対象としたレジスタンストレーニングによる筋線維組成への影響や適応しやすい方法などを検討していく必要があると考えられる。

Ⅳ. まとめ

レジスタンストレーニングと筋線維組成について依然不明な点があるが、高強度負荷だけでなく、低強度負荷でより多くの回数を疲労困憊まで行うことなどで、Type I 線維や Type II 線維を増加させることができる可能性がある。今後は高齢者やデコンディショニングの状態の者でも実施しやすく、かつ Type I 線維と Type II 線維の増加に効果的なレジスタンストレーニングの方法や強度などに関する知見をさらに構築し、廃用性筋萎縮やサルコペニアの予防に努めていきたいと考えている。

引用文献

- 1) 美津島隆: 廃用症候群の定義と病態. PT ジャーナル 46, pp620-625, 2012.
- 2) 石川愛子, 長谷公隆, 千野直一. Disuse syndrome (廃用症候群) と Sarcopenia. Geriat Med, 42, 895-902, 2004.
- 3) 日本体力医学会体力科学編集委員会. 運動処方 の指針 運動負荷試験と運動プログラム 原著第 8 版. 南江堂, pp92-96, 174-175, 2013.
- 4) NANDA International. NANDA-I Nursing Diagnoses : Definition and Classification 2007-2008, pp74, 2007.
- 5) 吉岡利忠, 後藤勝正, 石井直方. 筋力をデザインする. 杏林書院, pp27-28, 2008.
- 6) 村岡功. スポーツ指導者に必要な生理学と運動生理学の知識. 市村出版, pp10-11, 2013.
- 7) Johnson MA, Polgar J, Weightman D et al. : Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. J Neurol Sci, 18, 111-129, 1973.
- 8) 藤原勝夫. 姿勢制御の神経生理機構. 杏林出版, pp151-161, 2011.
- 9) Fukunaga T, Roy RR, Shellock FG, et al. : Specific tension of human plantar flexors and dorsiflexors. J Appl Physiol, 80, 158-165, 1996.
- 10) Asai C, Akao K, Adachi T et al. : Maximal calf circumference reflects calf muscle mass measured using magnetic resonance imaging. Arch Gerontol Geriatr, 83, 175-178, 2019.
- 11) Chen LK, Woo J, Assantachai P et al. : Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. J Am Med Dir Assoc, 21, 300-307, 2020.
- 12) Vigelsø A, Gram M, Wiuff C et al. : Six weeks' aerobic retraining after two weeks' immobilization restores leg lean mass and aerobic capacity but does not fully rehabilitate leg strength in young and older men. J Rehabil Med, 47, 552-560, 2015.
- 13) 宮地元彦, 安藤大輔, 種田行男ら. : サルコペニアに対する治療の可能性: 運動介入効果に関するシステマティックレビュー. 日老医誌, 48, 51-54, 2011.
- 14) Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP et al. : Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. J Appl Physiol, 64, 1038-1044, 1988.
- 15) Lexell J, Downham DY, Larsson Y et al. : Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. Scand J Med Sci Sports, 5, 329-341, 1995.
- 16) Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W et al. : Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. Exp Gerontol, 48, 1351-1361, 2013.
- 17) Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW et al. : Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. J Appl Physiol, 113, 71-77, 2012.
- 18) Fujiwara K, Toyama H, Asai H, et al. : Regular heel-raise training focused on the soleus for the elderly: evaluation of muscle thickness by ultrasound. J Physiol Anthropol, 29, 23-28, 2010.
- 19) Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. : Effects of resistance training on older adults. Sports Med, 34, 329-348, 2004.
- 20) 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士ら. : サルコペニア-研究の現状と臨床への応用-サルコペニア予防のエビデンス-レジスタンストレーニングを中心として-. Geriat Med, 48, 197-200, 2010.