

レジスタンストレーニングと食事摂取量の増量が 閉経後のやせた女性の代謝や体組成に与える影響

染谷由希

順天堂大学大学院医学研究科スポーツロジックセンター

1. はじめに

現代の日本人は、やせ ($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$) の割合が年々増加しており、先進諸国の中で稀な傾向が続いている。平成 25 年の国民健康・栄養調査 (厚生労働省) によると、女性では、肥満者の割合が 20.3% と減少傾向にある一方で、やせの者の割合は 12.3% と平成 15 年からの 10 年間で増加傾向であると報告されている。

この点に関して、近年、40~79 歳の日本人男女を対象とした糖尿病発症と BMI の関連を調べた疫学研究により、 $BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$ のやせの群は、 $BMI 18.5 \sim 22.9 \text{ kg/m}^2$ の標準体重群と比べて 1.93 倍と糖尿病発症リスクが高いことが報告された。この傾向は、女性でより顕著であり (1)、なかでも 40~59 歳より、60~79 歳でより糖尿病発症リスクが高まる (2) ことが報告されている。また、50 歳以上の閉経女性は、50 歳未満の閉経前の女性に比べて、3.69 倍も糖尿病発症リスクが高いことが報告されている (3)。更年期以降の女性の痩せと糖尿病発症には疫学的に何らかの関連性が推察されるが、そのメカニズムは現在までにまったく明らかにされていない。我々の研究グループにおいて、痩せた閉経後女性の 37% に糖負荷後 2 時間の血糖値が高い耐糖能異常 (IGT) が確認され、糖負荷後 2 時間の血糖値の上昇には骨格筋量の低下が関連していることを明らかにした (4)。しかしながら疫学データに認めた関連性の因果関係は未だ不明であり、今後、骨格筋量の増加が糖代謝の改善につながるかを検討する必要がある。

骨格筋量を増加させるには、食事の摂取量や組成、運動が必要である。例えば、筋量増加には食事の摂取量や食事摂取量の増加、特にタンパク質の摂取が必要であり、体重 1 kg あたり 1.6g のタンパク質を少なくとも 1 日 4 回にわけて摂取することで筋肥大を最大化できると報告されている (5)。また、8 週間の筋力トレーニングで筋断面積が約 10% 増加することがわかっている (6)。これらの報告より、痩せた閉経後女性においても、運動量と食事量を増やすことで、骨格筋量を増加が增加し、糖代謝の改善に繋がる可能性が考えられるが、現在までに検証はされていない。

そこで、本研究では、痩せた閉経後女性において、レジスタンストレーニングと食事摂取量の増量が糖代謝を改善することができるかを明らかにする。

2. 研究方法

2.1 試験方法

2.1.1 対象

50 歳以上 65 歳未満の閉経後女性で下記に該当する 12 名

- BMI が $16.0 \sim 18.5 \text{ kg/m}^2$ 未満の者
- 75g 経口糖負荷試験にて糖負荷後 2 時間の血糖値が 140 mg/dL 以上の者

2.1.2 測定項目

下記の項目を介入前後で測定した

- ①2重エネルギーエックス線吸収測定法 (DXA 法) による体重、体脂肪量の測定
- ②空腹時での採血及び経口糖負荷試験
- ③睡眠や活動度などに関する質問紙調査
- ④握力と BIODEX 社製 BIODEX system4 を用いて下肢の等速性筋力の測定。角速度 60 度/秒、180 度/秒の 2 条件で計測し、各条件における最大トルク (Nm) を体重 (Kg) で除した値 (Nm/kg) を算出する
- ⑤DXA 法による骨量の測定
- ⑥自転車エルゴメータによる運動負荷試験による最大酸素摂取量の測定
- ⑦アミノ酸バランス、腸内細菌

2.1.3 介入方法

対象者 12 名を無作為に下記 2 群に分類した

1. コントロール群 (C 群) 5 名

通常の生活を維持

2. 運動+食事介入群 (TD 群) 7 名

週 2 回、1 回 15 分程度の運動と、1 日 2 回の補助食の摂取を 12 週間実施した

(運動) 自重での下肢のレジスタンストレーニング 2 種類 (ハーフスクワット、腕立て)

*4 週ごとに動作の確認及び、実施回数を増加するように指示した

(食事) 通常食に加えて食間 (10 時、15 時) に高蛋白補助食とアミノ酸を摂取した

補助食は、約 100-300kcal の高蛋白質食 (タンパク質 10g 程度)

*補助食: クリミール 125ml/200kcal/たんぱく質 7.5g (株式会社クリニコ)

リハたいむゼリー 120g/100kcal/たんぱく質 10.0g (株式会社クリニコ)

*アミノ酸: アミノエール (アミノ酸 3g) (株式会社味の素)

2.1.4 統計解析

食事運動介入群とコントロール群における、介入前後の比較は、2 元配置分散分析を用いて比較検討した。

3. 結果

3.1 被験者特性

12 名の被験者は平均年齢 58.3 ± 4.1 歳、身長 156.4 ± 6.9 cm、体重 43.0 ± 3.7 kg、BMI 17.6 ± 0.6 kg/m²、インピーダンス法による体脂肪率 $21.0 \pm 5.6\%$ 、四肢の骨格筋量を身長²で除した骨格筋指数 SMI 5.4 ± 0.5 kg/m²、握力 20.7 ± 4.4 kg、腰椎骨密度 0.85 ± 0.12 g/cm²であった。BDHQ による食事摂取量は 1701.1 ± 736.2 kcal、IPAQ による身体活動量は 29.0 ± 27.7 Mets/hour/week であった。骨格筋量、握力から判定されたサルコペニアが 1 名、また、骨密度において T スコアが 2.5 以下の者が 1 名確認された。

被験者を介入群、コントロール群に無作為に分類した結果、両群の被験者特性に有意な差は見られなかった。

3.2 介入前後比較

12週間の介入試験における脱落例はいなかった。介入12週間後の測定において、食事運動介入群、コントロール群ともに、体重、骨格筋量（骨格筋指数）、体脂肪率は、両群に差は見られなかった。食事運動介入群は、コントロール群と比較して、試験終了後に角速度60度、180度ともに、下肢屈曲筋力がそれぞれ約17%と有意に増加した（交互作用 $p < 0.002$ ）。下肢の伸展筋力や握力では変化はみられなかった。糖代謝の指標として糖負荷2時間後の血糖値は有意に低下したが、コントロール群でより低下が見られた（交互作用 $p < 0.046$ ）。また、食事運動介入群で、血中ビタミンD濃度（25-OH ビタミンD）の有意な上昇を確認した（交互作用 $p < 0.040$ ）。その他の測定項目において、2群間に大きな変化は見られなかった。

4. 考察

本研究においては、痩せた閉経後女性を対象に、12週間にわたる食事摂取量の増加とレジスタンストレーニングによる運動介入を実施することで、骨格筋量の増加と、糖代謝の改善に繋がるかどうかを検討した。本研究においては、食事運動介入群において、食事運動介入後に体重、骨格筋量の増加は確認できなかったが、膝の屈曲筋力の増加と糖代謝能の改善が確認された。しかしながら、コントロール群においても、糖代謝能の改善が確認された。

「痩せ」は糖尿病発症のリスクであることが報告されており、我々の先行研究においても、閉経後女性の痩せにおいて、特に耐糖能異常をきたす者が多く存在し、インスリン分泌能の低下（7）とともに、骨格筋量の減少、骨格筋細胞内脂質量の増加がそのリスク因子である可能性を示している（4）。骨格筋は人体の中でブドウ糖を貯蔵する最大の臓器（8）であるため、痩せた女性で骨格筋量が少ない人では、食後十分な量のブドウ糖を筋肉に取り込めず高血糖を生じやすいと考えられる（9）（10）。また、骨格筋への脂肪蓄積は骨格筋の質の低下（インスリン抵抗性）を引き起こし、ブドウ糖を筋肉に上手く取り込めず高血糖となる可能性が考えられる。そのため、正しい食事を摂ることに加えて、主に筋肉の「量」を増やす「レジスタンス運動」、 「質」を高める「有酸素運動」への取り組みが重要であると指摘されているが、現在までに、痩せた女性を対象とした介入試験は行われていなかった。本研究が、痩せた女性を対象とした介入試験が初めてである。

本研究では、12週間にわたり、食事量の増加とレジスタンストレーニングを実施することにより、骨格筋量の増加と、糖代謝の改善ができるかを検討した。しかしながら、食事運動介入群では、体重や骨格筋量の増加は確認されなかったが、膝の屈曲筋量の改善は確認された。先行研究によると、骨格筋量を増加させるには、タンパク質摂取量（5）、筋力トレーニングが重要であることが明らかとなっている（6）。そのため、本研究では、約100-300kcalの高蛋白質食（タンパク質7.5~10g）の補助食を1日2回摂取し、自重でのレジスタンストレーニングを12週間にわたり実施した。本被験者が体重当たり1.6gのたんぱく質を摂取するには平均で68.8gのたんぱく質の摂取が必要であった。本研究の食事運動介入群の介入前の平均摂取たんぱく質量は68.1±34.2gであったが、個人差も大きかった。そのため、人によって摂取する補助食によっては、負荷量が十分でなかった可能性がある。また、自重によるレジスタンストレーニングにおいても、4週ごとに実施回数や負荷を増やすように指示をしていたが、骨格筋量を効率良く増加させるには、さらに、自重以上の負荷がかかるようなレジスタンストレーニングが必要であった可能性が考えられた。今回の研究により、これらの問題点が明らかとなり、今後のプロトコルの作成の

時の参考になると考えられた。

また、食事運動介入群だけでなく、コントロール群においても、糖負荷 2 時間後の血糖値の改善が確認された。本研究の被験者は、スクリーニング検査において、初めて耐糖能異常を指摘された被験者が多く、食事運動介入群、コントロール群ともに、無意識の生活習慣等の改善がされた可能性も考えられた。このコントロール群と比較した場合において、介入群では有意な糖代謝の改善が認められていないだけでなく、むしろ統計学的には劣っており、その点から考えると、今回の介入は効果としては弱かった可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究は、痩せた女性を対象とし、食運摂取量の増加とレジスタンストレーニングの実施によって骨格筋量の増加と、耐糖能の改善を検討した初めての介入試験である。12 週間の食事運動介入により、骨格筋力の増加は確認できたものの、骨格筋量の増加は確認できなかった。たんぱく質の摂取量や運動負荷量に関して、今回よりも増量、増加が必要である可能性が考えられ、今後の研究課題となった。また、現在、腸内細菌、血中アミノ酸バランスの解析をおこなっており、データが揃い次第、食事運動介入前後での比較を検討する予定である。

6. 参考文献

- (1) Tatsumi Y, Ohno Y, Morimoto A, Nishigaki Y, Maejima F, Mizuno S, Watanabe S. U-shaped relationship between body mass index and incidence of diabetes. *Diabetol Int.* 2012;3(2):92-98.
- (2) Sairenchi T, Iso H, Irie F, Fukasawa N, Ota H, Muto T. Underweight as a predictor of diabetes in older adults: a large cohort study. *Diabetes Care.* 2008;31(3):583-584.
- (3) Heianza Y, Arase Y, Kodama S, Hsieh SD, Tsuji H, Saito K, Shimano H, Hara S, Sone H. Effect of postmenopausal status and age at menopause on type 2 diabetes and prediabetes in Japanese individuals: Toranomon Hospital Health Management Center Study 17 (TOPICS 17). *Diabetes Care.* 2013;36(12):4007-4014.
- (4) Someya Y, Tamura Y, Suzuki R, Kaga H, Kadowaki S, Sugimoto D, Kakehi S, Funayama T, Furukawa Y, Takeno K, Sato J, Kanazawa A, Kawamori R, Watada H. Characteristics of Glucose Metabolism in Underweight Japanese Women. *Journal of the Endocrine Society.* 2018(2):279-289
- (5) Schoenfeld BJ, Aragon AA. How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018 Feb 27;15:10.
- (6) Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS. Ultrasound assessment of hamstring muscle size using posterior thigh muscle thickness. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016 May;36(3):206-10.
- (7) Chang AM1, Halter JB. Aging and insulin secretion. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2003 Jan;284(1):E7-12.
- (8) Zurlo F, Larson K, Bogardus C, Ravussin E. Skeletal muscle metabolism is a major determinant of resting energy expenditure. *J Clin Invest* 1990; 86: 1423-7.

- (9) Srikanthan P, Karlamangla AS. Relative muscle mass is inversely associated with insulin resistance and prediabetes. Findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011; 96: 2898-903.
- (10) Kalyani RR, Metter EJ, Ramachandran R, et al. Glucose and insulin measurements from the oral glucose tolerance test and relationship to muscle mass. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2012; 67: 74-81