

症例報告

糖尿病患者一症例における 有酸素運動と漸増的抵抗運動の併用効果について

松嶋美正

つくば国際大学医療保健学部理学療法学科

【要 旨】糖尿病患者における臨床場面での運動処方の詳細な経過報告は少ない。糖尿病患者一症例に対して、経時的に評価し運動処方を施行したので、その方法、効果について報告する。

症例は、2型糖尿病を有する68歳、女性、身長159cm、体重76kgである。運動处方は6か月間、有酸素運動を30分と上下肢の漸増的抵抗運動、運動強度はBorg Scale原法13「ややきつい」で行った。効果判定は、生化学的検査(空腹時血糖、HbA1c、AST、ALT)において運動処方前後の値を比較検討した。

運動処方経過において、抵抗運動の負荷量は上下肢ともに3ヶ月後までは増加した。生化学的検査の値は、運動処方前後で有意な差は認められなかったが、HbA1cのみ平均値、変動係数ともに低下傾向にあった。したがって、漸増的抵抗運動により、筋肉量が増加し、血糖コントロールに改善傾向がみられたと推察される。

(医療保健学研究 第3号：95-102頁／2012年2月14日採択)

キーワード：糖尿病，運動処方，運動強度，インスリン抵抗性，HbA1c

序 論

世界的にも糖尿病患者の数は急増しており、現在では3億人に達し、2030年までには5億人になると推計されている(国際糖尿病連合，2011)。本邦においても患者数は年々増加しており、糖尿病の予備軍は約2,210万人と推定されている。その糖尿病の治療指針としては、薬物療法、食事療法、運動療法の3本柱であり、運

動療法を担う理学療法分野においても、糖尿病に対する関心は強い(野村，2011)。理学療法士が行う運動療法の実際の運動処方としては、有酸素運動と抵抗運動を併用するものが多い。推奨されている運動処方を以下に示す(Snowling and Hopkins, 2006；Church et al, 2010；坂本，2011)。

〈有酸素運動〉

頻度：3～7日/週

強度：Borg Scale 原法の6～20点のスケールにおいて12～16点。最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)40～80%。

時間：20～60分/日

連絡責任者：松嶋美正

〒300-0051 茨城県土浦市真鍋6-8-33

つくば国際大学医療保健学部理学療法学科

TEL: 029-883-6622

FAX: 029-826-6776

Email: y-matsushima@tius-hs.jp

＜抵抗運動＞

頻度：2～3日/週

強度：60～80%1-RMの強度で1セットにつき8～12回、2～3セット。（注；1-RM；Repetition Maximum, 1回反復可能な負荷量）

時間：1回のセッション中にすべての大筋群を使用した8～10の多関節運動（例えば、ベンチプレス、レッグプレス、体幹の屈曲・伸展など）

臨床現場の理学療法士は、これらの基準を参考にして運動処方を行っていくのだが、実際に運動を継続すれば患者の身体機能、筋力などは変化する。先行研究として抵抗運動の負荷量を調節しながら運動処方した例は、6ヶ月間介入で、最初の2週間は中等度(50-60%1-RM)の負荷から開始し、最終的(6ヶ月後)には75-85%1-RMの運動強度に達した。運動強度の変更においては1-RMのテストを3ヶ月毎に行ったとされている(Dunstan et al, 2002)。しかし、Dunstan et al(2002)の運動強度の変更、評価は3ヶ月毎であり患者の身体機能を綿密に把握しているとはいえない。このように糖尿病の運動処方の過程において、患者の詳細な身体機能の変化を考慮し、漸増的抵抗運動を実施した報告は少ない。本来、運動処方とはガイドラインに従い個別的な条件を柔軟に取り入れるべきものである。

したがって、今回、糖尿病患者一症例に対して、運動強度の調整を詳細に行いながら運動処方を約6ヶ月間施行したので、その方法と効果について報告する。

対象と方法

症例

介入期間は2006年4月8日から9月19日の約6ヶ月間であった。症例は、千葉県内の介護老

人保健施設の通所リハビリテーションを週2回利用する2型糖尿病を有する68歳、女性であった。身長159cm、体重75kg、BMIは30.0kg/m²、体幹周径はウエスト101cm、ヒップ102cmであった。運動以外の糖尿病の治療としては、食事療法が1400 kcal/日に制限されており、薬物療法はインスリン注射を朝、昼、夕と20単位ずつ継続中であった。運動習慣としては、当施設デイケア(2回/週)、他施設デイサービス(1回/週)のみであった。

運動処方

本症例に対して、午前中に有酸素運動、午後に抵抗運動の運動処方を実施した。有酸素運動においては座位姿勢で行うエルゴメーター(キャットアイ社製 EC-3500)を30分間実施し、エルゴメーター実施中に光学耳タブ脈拍センサーにて運動時の最大心拍数を測定した。抵抗運動において、上肢はセラバンド(Hygenic 社製)を使用した。一般的にセラバンドの伸縮強度は、色別に8段階とされており、黄褐色、黄色、赤色、緑色、青色、黒色、銀色、金色の順に強度が増加する。今回使用したセラバンドは黄色と赤色である。運動の種類は、等張性運動(肩関節屈伸運動、肘関節屈曲運動)とした。下肢は重錘による等尺性運動(股関節屈曲・伸展、外転運動、膝関節伸展運動)を5秒間の静止状態を10回施行した。また、上下肢ともに漸増的に負荷量を調整した。

有酸素運動、抵抗運動ともに運動強度の決定、変更に関しては、運動終了後に自覚的運動強度(RPE)のBorg Scale 原法6～20を聴取し、13「ややきつい」を基準として行い、11「やや楽」となった場合は、運動の負荷量を増加した。

また有酸素運動においては、客観的な運動強度(% $\dot{V}O_2$ max)を運動時心拍数、安静時心拍数、予測最大心拍数を用いてKarvonenの式より算出した。

— Karvonen の式—

$$\% \dot{V}O_2 \max = (\text{運動時心拍数} - \text{安静時心拍数}) / (\text{予測最大心拍数} - \text{安静時心拍数}) \times 100$$

効果判定は、季節的な影響を考慮し、入手可能であった生化学的検査において比較的同時期の2005年6月23日から9月8日までの4回（運動処方前）と2006年5月9日から8月22日までの4回（運動処方後）で比較検討した。統計解析においては、運動処方の前後で空腹時血糖、HbA1c、AST、ALT について変動係数(CV)を比較し、また、これらに差の検定を適用した。これらの検定に先立って、データが正規分布に従うかをシャピロ・ウィルク検定で確認した。すべての検定における有意水準は $p=0.05$ とし、統計解析のために SPSS12.0J を用いた。

倫理的配慮、説明と同意については、対象者に調査に対する目的と方法について口頭および書面にて詳細な説明を行い、書面にて承諾を得たのちに調査、介入を開始した。また、論文掲

載にあたり、つくば国際大学倫理委員会の承認を受けた。

結 果

介入期間中の運動療法実施回数41回（平均1.6回／週）であった。運動処方後の体重は、76kg（運動処方前より+1kg）、ウエスト102cm（+1cm）、ヒップ104cm（+2cm）であった。運動処方中のBorg Scale原法の平均は有酸素運動が 12.5 ± 1.0 、抵抗運動は 12.6 ± 0.5 であった（表1）。

有酸素運動の経過は、運動時心拍数は平均 108.3 ± 6.4 bpm、安静時は平均 87.1 ± 5.2 bpm、予測最大心拍数は $220 - \text{年齢}$ より152bpm とすると、Karvonen の式より $\% \dot{V}O_2 \max$ の平均は $32.6 \pm 8.3\%$ であった。 $\% \dot{V}O_2 \max$ の著明なピークは3回あり、そのうちの2回がBorg Scale 原法において16、17と「かなりきつい」に相当した（図1）。

表1. 各種運動強度、および心拍数

	mean (SD)
Borg Scale 原法	
レジスタンス運動	12.6 (0.5)
有酸素運動	12.5 (1.0)
$\% \dot{V}O_2 \max$	38.6 (9.9)
運動時心拍数 (bpm)	108.3 (6.4)
安静時心拍数 (bpm)	87.1 (5.2)

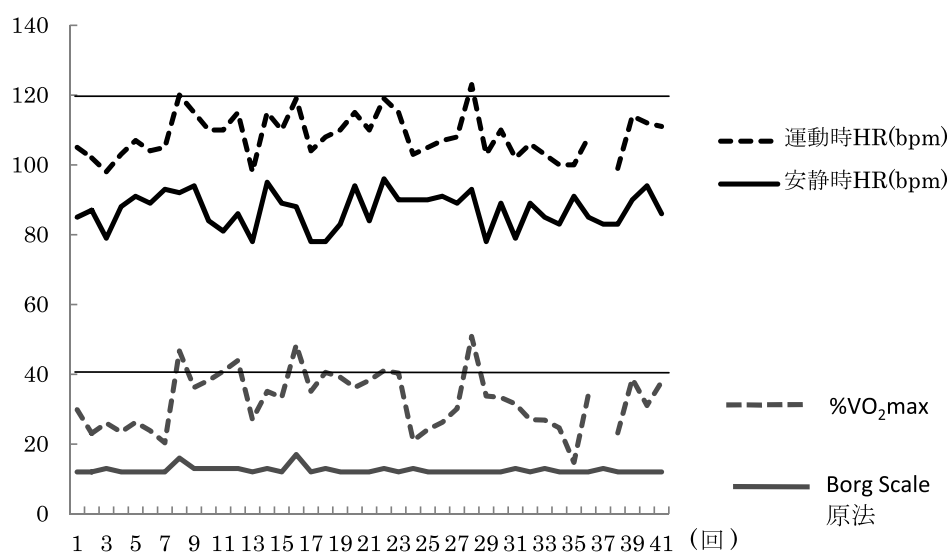


図1. 運動時・安静時心拍数と運動強度の経時的変化

抵抗運動の経過は、上肢の各運動の初回開始時、セラバンドの黄色で各5回、約1ヶ月後、黄色で各10回、約3ヶ月後、赤色で各10回であった(表2)。下肢の各運動の初回開始時は、重

錘1.0kg、各10回、約2ヶ月後、股関節屈曲・膝伸展は1.5kg、約4ヶ月後、股関節伸展は1.5kgと負荷量を増加した。股関節外転、膝関節伸展は1.0kgから変化は認められなかった。

表2. 漸増的抵抗運動の経過

上肢(セラバンド)					
		4月8日	5月23日	6月27日	9月19日
肩・肘関節屈曲		黄色 5 回	黄色 10 回	赤色 10 回	
肩関節伸展					
下肢(重錘)					
		4月8日	6月10日	8月15日	9月19日
股関節	屈曲	1.0kg	1.5kg		
	伸展	1.0kg		1.5kg	
	外転	1.0kg			
膝関節	伸展	1.0kg			

生化学的検査の値は、運動処方前、空腹時血糖値平均 138.5 ± 9.6 mg/dL、変動係数(CV)は6.9%、ヘモグロビン A1c(HbA1c)平均 $7.5 \pm 0.5\%$ 、CVは6.1%、AST 平均 43.5 ± 10.0 IU/l、CV 22.9%、ALT 平均 44.8 ± 6.5 IU/l、CV 14.4%であった。運動処方後、空腹時血糖値平均 156.3 ± 13.0 、CV 8.3%、HbA1c 平均 $7.4 \pm 0.3\%$ 、CV 4.3%、AST 平均 47.3 ± 6.9 IU/l、

CV14.6%、ALT平均 49.0 ± 5.6 IU/l、CV11.4%であった(図2, 3, 4)。シャピロ・ウィルク検定により、運動処方前後の生化学検査値は正規分布に従わなかったため、Wilcoxonの検定を適用した結果、これらの生化学検査値に有意差は認められなかった。しかし、HbA1cのみ平均値、CVともに低下傾向を示した(表3)。

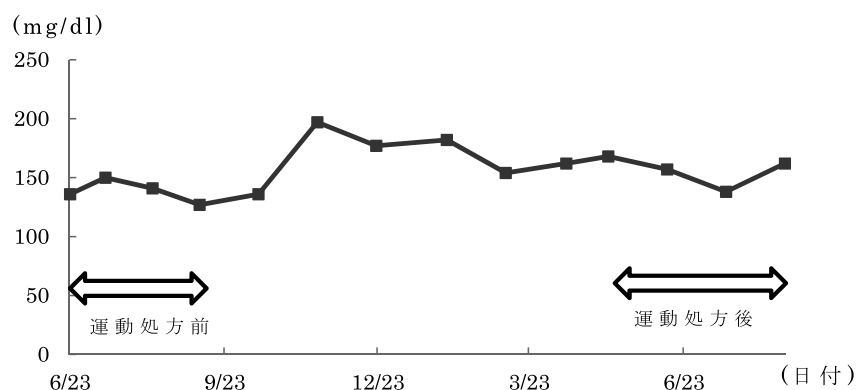


図2. 空腹時血糖の経時的変化

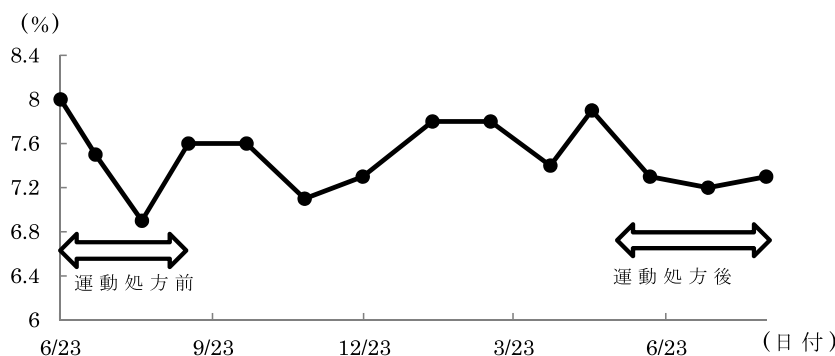


図3. HbA1cの経時的変化

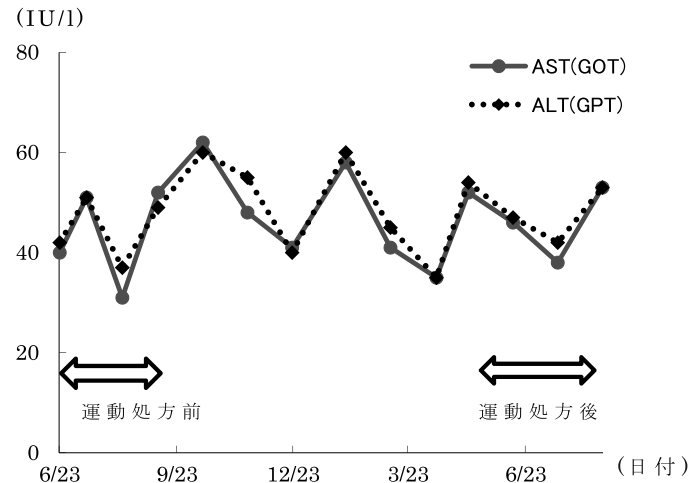


図4. AST, ALTの経時的変化

表3. 運動処方前後の生化学的検査値

	運動処方前		運動処方後		p 値 ^{注2)}
	mean (SD)	CV ^{注1)} (%)	mean (SD)	CV (%)	
空腹時血糖 (mg/dl)	138.5 (9.6)	6.9	156.3 (13.0)	8.3	0.14
HbA1c (%)	7.5 (0.5)	6.1	7.4 (0.3)	4.3	0.71
AST (GOT) (IU/l) ^{注3)}	43.5 (10.0)	22.9	47.3 (6.9)	14.6	0.27
ALT (GPT) (IU/l) ^{注4)}	44.8 (6.5)	14.4	49.0 (5.6)	11.2	0.19

注1) CV: 変動係数

注2) p値: 運動処方前後における Wilcoxon の検定

注3) 基準値: 8~40IU/l

注4) 基準値: 5~45IU/l

考 察

糖尿病は完治させることはできないが、コントロールすることができる疾患である。個々の病態に応じて食事療法・運動療法・薬物療法を組み合わせ生涯を通して治療を継続していくことが大切である。その治療の中で血糖のコントロールは重要なポイントであり、それには各器官におけるインスリン抵抗性が重要となる。インスリン抵抗性をきたす主な標的器官としては、肝臓・筋・脂肪組織があげられる。これらの組織によりブドウ糖の取り込みを是正することが血糖コントロールにつながる。糖尿病患者における運動療法で期待される効果としては、食後高血糖の抑制(短期的効果)とインスリン抵抗性の改善(長期的効果)がある。また、食後高血糖の時点で動脈硬化が進行しはじめることが多いため、予防的な観点からも食後の運動は非常に

重要である(弘世と河盛, 2008)。

本症例の場合、効果判定として月1回の生化学的検査を用いたため、運動療法の長期的効果と長期間(約2ヶ月)の平均血糖コントロール状況を推定するための指標となる HbA1c に着目した。そして約半年間、運動を処方し生化学的検査から空腹時血糖、HbA1c、肝機能数値は運動処方前後で比較したが有意な差は認められなかった。

これは、まず有酸素運動の運動強度が不十分であったと推察される。上述したように推奨されている運動強度は、中等度の運動、Borg Scale 原法の13、あるいは40~80% $\dot{V}O_2$ max、頻度は週3回以上である。また、一般的に中等度の運動とは、運動中の心拍数が、その個人の安静時の心拍数から最大心拍数に至るまでの55~69%程度であるものを指し、自覚的には「ややきつい」と感じる程度であるとされている(日

本糖尿病学会，2004）。

本症例の場合、実際の運動強度の決め方、1-RM や $\dot{V}O_2\text{max}$ を適用し、いわゆる中等度の運動を行うと、運動習慣もないため症例にとっては自覚的に強度な運動となり、運動の継続に支障をきたすと判断した。したがって、自覚的運動強度である Borg Scale 原法の13「ややきつい」を基準に運動強度の決定、変更をおこなった。先行研究などの自覚的な運動強度の基準は、満たしている。しかし、本症例の自覚的な運動強度は、有酸素運動において40% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上の十分な客観的運動強度が得られなかったと考えられる。また、実際に客観的な% $\dot{V}O_2\text{max}$ において中等度の運動を期待するとKarvonenの式より運動時心拍数120bpm前後を目標とする必要がある。しかし、運動時心拍数が増加すると、本症例の Borg Scale 原法も増加するため、運動の継続が困難になると推察された。またKarvonenの式より% $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定しているため、安静時心拍数が高くても% $\dot{V}O_2\text{max}$ は低く見積もられる。本症例の場合、特に心疾患などに既往はなかったが安静時心拍数が高かったため、有酸素運動において十分な運動強度が得られなかったため、運動の効果として血糖のコントロールまでは及ばなかったと考えられる。

次に漸増的抵抗運動についても、有酸素運動と同様、運動強度の決定は Borg Scale 原法によって行った。前述したような運動強度を採用すると1-RMの60～80%である。例えば、10kgの重錘を装着し1回反復運動が可能な場合、6kg以上の重錘でトレーニングすることとなる。しかし、本症例の場合、運動習慣もなかったため負担に感じない程度の負荷量から開始した。低負荷から開始したが、最終的には股関節外転、膝関節伸展の運動以外、負荷量が増加している。したがって、筋力は向上したと推察される。8週間以上の運動療法を行った研究のメタアナリシスでは、平均して運動強度が中等度の運動を1回約50分間、週に3～4回、18週間行った場合、有意な体重減少は認められないにもかかわらず、

HbA1cは有意に改善(−0.66%)したと報告されている(Boulé et al, 2001)。また、運動の長期実施は、減量の程度に関わらずインスリン抵抗性を改善させる(佐藤, 2004)。本症例においても体重の減少や有酸素運動の客観的な運動強度は十分ではなかった。しかし、漸増的抵抗運動の経過から股関節外転筋群以外の負荷量は増加し(表2)、ヒップ周径も増加したことから、筋肉量も増加したと考えられる。これにより筋におけるインスリン抵抗性が改善し、糖の取り込みが増加したことがHbA1cの低下と安定につながったと推察される。

肝機能の状態を表すASTやALTには運動の効果が現れていない(表3, 図4)。しかし、HbA1cでは平均値、CVともに運動処方後に値が低下していることから、漸増的抵抗運動により、筋の活動レベルが上がり骨格筋による糖の取り込みが是正し、血糖コントロールに改善傾向がみられたと考えられる。

最後に、今回の調査においては糖尿病に対する運動療法の効果を客観的に検討するため、血液検査結果のみに着目した。血液検査結果から良好な結果は得られなかったが、副次的効果として本症例から「歩くのが楽になった」という感想を聴取した。これにより日常の活動量が増加すれば、血糖コントロール改善の一助になると考える。

研究の限界と課題

今回、生化学的検査に総コレステロール、中性脂肪などに欠損値があったため、運動処方前後における脂肪組織の影響を考慮できなかった。また、通所介護サービスが本症例の身体機能の向上や介護保険制度上の問題により、サービスの提供が困難となった。これにより長期的なフォローが困難になったため、運動処方の効果検証が不十分となった。今後は、長期的な運動処方による血糖コントロールの改善を検証していく必要がある。

謝 辞

本研究の実施にあたり、調査にご協力いただきました利用者様、施設の各スタッフの皆様に深謝いたします。

参考文献

国際糖尿病連合ホームページ。

<http://www.idf.org/media-events/press-releases/2011/diabetes-atlas-5th-edition>
（閲覧日：2011年11月14日）

佐藤祐造（2004）糖尿病運動療法についての基礎知識。佐藤祐造．糖尿病運動療法指導の手びき．第2版．南江堂，東京．pp.2-48.

坂本静男（2011）他の臨床疾患患者の運動処方．鈴木政登，今泉和彦．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，東京．pp.240-244.

日本糖尿病学会（2004）運動療法．科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン．第2版．南江堂，東京．pp.29-33.

野村卓生（2011）糖尿病治療における理学療法の進歩．理学療法ジャーナル．45:635-640.

弘世貴久，河盛隆造（2008）糖質代謝異常．土

井 賢．病気がみえる vol. 3 糖尿病・代謝・内分泌．第2版．メディックメディア，東京．pp.2-31.

Boulé NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ (2001) Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials, JAMA 286: 1218-27.

Church TS, Blair SN, Cocroham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, Mikus CR, Myers V, Nauta M, Rodarte RQ, Sparks L, Thompson A, Earnest CP (2010) Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. JAMA 304: 2253-62.

Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, Zimmet P (2002) High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. Diabetes Care 25: 1729-36.

Snowling NJ, Hopkins WG. (2006) Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. Diabetes Care 29: 2518-27.

Report

Effects of aerobic and progressive resistance training in patients with type 2 diabetes: a case report

Yoshimasa Matsushima

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science,
Tsukuba International University

Abstract

Detailed progress reports of prescribed exercise in patients with diabetes in clinical practice are rare in the literature. This study longitudinally investigated the effects of glycemic control on the exercise prescription in a single case of diabetes.

A 68-year-old woman with type 2 diabetes weighed 76 kg. Her height was 159 cm. About twice a week for 6 months, she performed aerobic exercise for 30 min in addition to progressive resistance training. The exercise intensity rating of perceived exertion was set to Borg Scale 13, “somewhat hard”. Biochemical analysis values (fasting glucose, HbA1c, AST, ALT) before and after the prescribed exercise therapy evaluation were compared. The amount of resistance exercise load increased incrementally up to three months. No significant differences were found in biochemical values measured before and after the prescribed exercise. However, both the mean and the coefficient of variation of HbA1c levels tended to decrease.

Results of this single case study suggest that progressive resistance training increased muscle mass, thereby showing a trend toward improvement in glycemic control. (Med Health Sci Res TIU 3: 95-102/ Accepted 14 February 2012)

Key words: Type 2 diabetes, Exercise prescription, Exercise intensity, Insulin resistance, HbA1c