

高齢低体力者を対象とした座位運動プログラムの確立と  
その臨床的意義の検証

京都大学大学院医学研究科臨床病態医科学  
内分泌代謝内科助手

林 達也

京都大学総合人間学部非常勤講師

鴫田 佳津子

京都大学総合人間学部非常勤講師

梅田 陽子

京都大学大学院人間・環境学研究科教授

森谷 敏夫

## 研究 1 高齢者を対象とした座位有酸素運動プログラムの臨床的意義の検討

### はじめに

近年、糖尿病・高血圧症・高脂血症・肥満症などの生活習慣病が増加しており、中高齢者の quality of life を脅かす大きな要因となっている。これらの疾患では心筋梗塞や脳血管障害などの動脈硬化性疾患が高率に発症し、後遺症としての心不全や、不整脈、四肢麻痺、言語障害、血管性痴呆などによって日常生活レベルを大きく制限される。

生活習慣病の予防や病態改善には、日常的に運動習慣をもつことの有用性が明らかにされている。とりわけ有酸素運動（持久運動）を行うことによって効率的に健康増進・疾患予防効果が得られる<sup>1)</sup>。有酸素運動は、呼吸循環持久力を改善するのみならず、抗肥満効果や糖・脂質代謝改善、血圧調節効果、心理的効果(抗うつ・抗不安効果、健康感、自己充実感など)を惹起し心血管系疾患の罹患率を低下させる。さらに大腸癌などの悪性腫瘍の罹患リスクも低下させる<sup>1)</sup>。これらの総合的な健康増進効果から、有酸素運動は、健康日本 21 を含めた多くの健康増進ガイドラインにおいて積極的に行うことが推奨されている。

有酸素運動の代表的種目はウォーキングである。ウォーキングは「いつでも、どこでも、ひとりでも」行うことができ、歩幅やピッチ、腕の振り方を変えることによって運動強度を調節することが容易である。しかしながら、実際には、変形性膝関節症や外傷後遺症などの整形外科的疾患のためウォーキングを十分に行えない患者が多数存在する。また、ウォーキングは基本的に屋外にて行うため、天候や気温によっては運動しづらい難点がある。

一方、チェア・エクササイズは、下肢への負担が少ないため、膝や足に障害のある患者でも行いやすい<sup>2,3)</sup>。また、家庭や職場の椅子をそのまま利用して行えるので、特殊な機器の準備が不要である。さらに、天候にも左右されず、家事や仕事の合間に着替えることなく行える手軽さも大きな利点である。

本研究では、チェア・エクササイズ形式を用いて高齢者やすでに生活習慣病に罹患した患者に適した有酸素運動プログラムを開発するとともに、その臨床的有用性を検討した。

### 研究方法

#### 1. 運動療法プログラム「すわるピクス」の作成

代表研究者らは京都大学医学部付属病院において糖尿病・肥満症などの生活習慣病患者や高齢者を対象とした運動療法教育プログラム「生活習慣病改善のための運動療法教室」を開催している<sup>4)</sup>。この教室に参加している患者に対してチェア・エクササイズ形式の様々な運動を試行し、高齢者の立場から無理なく行えて、かつ膝、足への負荷の少ない種目を選定した。そして最終的に 40 分間の運動プログラム（準備運動 10 分、有酸素運動 20 分、整理運動 10 分）を作成し、このプログラムが「すわってできるエアロピクス」であることから、「すわるピクス」と命名した。また、患者が家庭にて「すわるピクス」を行う手助けのために、プログラムの代表的な運動を撮影したビデオテープ（準備運動 5 分、有酸素運

動 10 分、整理運動 5 分、計 20 分間)を作成した。

「すわるピクス」の作成にあたっては、以下の点に留意した。

運動にあまりなじみのない高齢者、あるいはすでに肥満症、糖尿病などの生活習慣病に罹患している患者が、家庭内で安全に有酸素運動を行うことを第 1 の目標とした。

有酸素運動中の運動強度を「すわるピクス」対象者の平均的な運動能力に適合させた。具体的には、運動中の最大運動強度が 3.5METs (安静時の 3.5 倍の酸素を消費する運動強度)を超えないように設定し、健康増進のための至適運動強度として広く推奨される無酸素性作業閾値 (anaerobic threshold) のレベルを維持できるようにした。

体力的な個人差、運動技能の巧拙を考慮し、主に下肢を動かして上肢を補助的に使用する「小さな動きの運動」と、上肢・下肢ともに積極的に使用する「大きな動きの運動」とを提示した(図 1)。

血圧・心拍の過度の上昇や急激な低下をきたさないよう、運動強度を安静から次第に増強させ、ゆっくりと安静に戻すよう配慮した。また、上肢の連続挙上運動や「いきみ」を誘発する運動など血圧が急峻に上昇しやすい運動を行わないように配慮した<sup>5)</sup>。

運動強度を過度に上げることなく効率よくエネルギー消費を図る目的で、下肢、特に大腿大筋群を積極的に用いる運動パターンを多く取り入れた。また、実際の日常生活動作において使用頻度の高い筋を重点的に動員し、それらの筋の活用を図った(表 1)。



図 1

「すわるピクス」運動中の「大きな動きの運動」(左)と「小さな動きの運動」(右)

表 1 「すわるピクス」運動中の代表的下肢運動パターンと主要活動筋

運動パターン	主要活動筋
「つまさきトントン」運動	前脛骨筋
「かかとトントン」運動	下腿三頭筋
「足踏み」運動	大腿直筋、腸腰筋
「かかとタッチ」運動	外側・内側・中間広筋、前脛骨筋
「脚をひらくとじる」運動	股関節外転筋・内転筋

## 2. 「すわるビクス」の高齢者用プログラムとしての至適性の検証

生活習慣病の代表的疾患である2型糖尿病患者に「すわるビクス」ビデオにあわせて20分間の運動を行わせ、運動強度（酸素消費量）、血圧、心拍数、自覚症状の変化を追跡し、「すわるビクス」が呼吸循環系に過度の負荷をかけない至適有酸素運動プログラムであるかを検証した。

対象は糖尿病性合併症や心血管系合併症を認めない高齢2型糖尿病患者で、日常的な運動習慣がなく有酸素運動能力が中等度に低下した者とした（女性10名、年齢 $66 \pm 3$ 才、身長 $155 \pm 3$  cm、体重 $59 \pm 11$  kg、Body mass index  $24.3 \pm 4.3$  m/kg<sup>2</sup>、グリコヘモグロビンA1c  $6.1 \pm 1.1$  %、安静時血圧 $137 \pm 23 / 74 \pm 15$  mmHg、平均 $\pm$ 標準偏差）。実際、自転車エルゴメーターを用いたランブ負荷試験において、無酸素性作業閾値 $12.0 \pm 2.2$  ml/kg/min ( $3.4 \pm 0.6$  METs)、最高酸素摂取量 $18.9 \pm 4.4$  ml/kg/min ( $5.4 \pm 1.3$  METs)であり、それぞれ健常者平均の75%、80%と低値を示した。

## 3. 「すわるビクス」の長期効果の検証

日常的な運動習慣をまったくあるいはほとんど持たない中高齢2型糖尿病患者を対象に「すわるビクス」を継続的に行った場合の呼吸循環機能、肥満度、糖脂質代謝指標についての長期的効果を検討した。

対象はウォーキングや自転車などの有酸素運動を行う時間が20分/日以内の中高齢患者23名（男性11名女性12名、年齢 $57 \pm 10$ 才、平均 $\pm$ 標準偏差）とした。これらの患者に対して「すわるビクス」ビデオを貸与し、家庭内で1日1ないし2回運動を行うよう指導した。指標の変化は運動開始後4ヶ月以上の間隔をあけて測定した。

## 研究結果・考察

### 1. 「すわるビクス」運動中の運動強度（酸素消費量）、血圧、心拍数、自覚症状の変化

運動強度（酸素消費量）の推移（図2 - 1）

運動強度は準備運動において徐々に上昇し、有酸素運動においてほぼ定常状態となり、整理運動において徐々に安静時のレベルに復帰した。最大運動強度は、「大きな動きの運動」においても約3.5 METsと無酸素性作業閾値のレベルに一致し、至適運動強度を保っていた。なお、酸素消費量から計算した20分間の総エネルギー消費は、「大きな動きの運動」で0.9 kcal/kg、「小さな動きの運動」で0.8 kcal/kgであった。

血圧の推移（図2 - 2）

運動開始とともに収縮期・拡張期ともにゆっくり上昇したが、有酸素運動中の最高値が「大きな動きの運動」で収縮期平均169 mmHg、拡張期平均95 mmHg、「小さな動きの運動」で収縮期平均164 mmHg、拡張期平均98 mmHgであり、顕著な血圧上昇を認めなかった。両運動ともに運動終了後の収縮期圧の低下を示し、特に「小さな動きの運動」の降圧効果が統計的に有意であった（平均19 mmHg低下、 $P < 0.05$ ）。

### 心拍数の推移 (図2 - 3)

運動開始とともに収縮期・拡張期ともに緩徐に上昇したが、有酸素運動中の最高値でも「大きな動きの運動」で平均 103 拍/分、「小さな動きの運動」で平均 97 拍/分であり、顕著な心拍数上昇を認めなかった。これらの心拍数は対象者の年齢予測最大心拍数 (220 - 年齢 拍/分) のそれぞれ 67%と 63%に相当しており、どちらも米国スポーツ医学会による健康増進のための推奨運動心拍数<sup>1)</sup>を満たしていた。

### 自覚症状

全例において呼吸困難感や関節痛などの苦痛を感じることはなく運動を終了した。運動中の自覚的運動強度について、全例が「日常歩行よりきつく、小走りよりも楽」(「ちょうどよい」「いくぶんきつい」などの表現もあり)と位置づけたことから、酸素消費量で判定した運動強度と同様、自覚的にも無酸素性作業閾値レベルにあるものと考えられた。

以上の結果より、「すわるピクス」が、有酸素運動能力が中等度に低下した高齢 2 型糖尿病患者において、過度の血圧や心拍数上昇なしに至適運動強度での有酸素運動が行えるよう配慮された運動プログラムであることが確認された。

図 2 - 1

### 運動強度・酸素消費量の推移

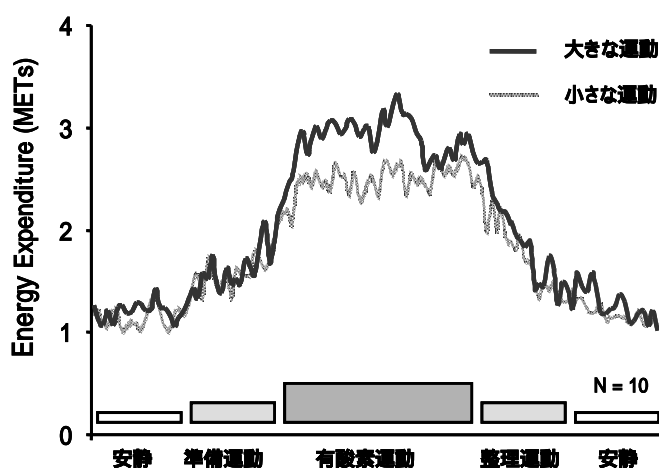


図 2 - 2

### 血圧の推移

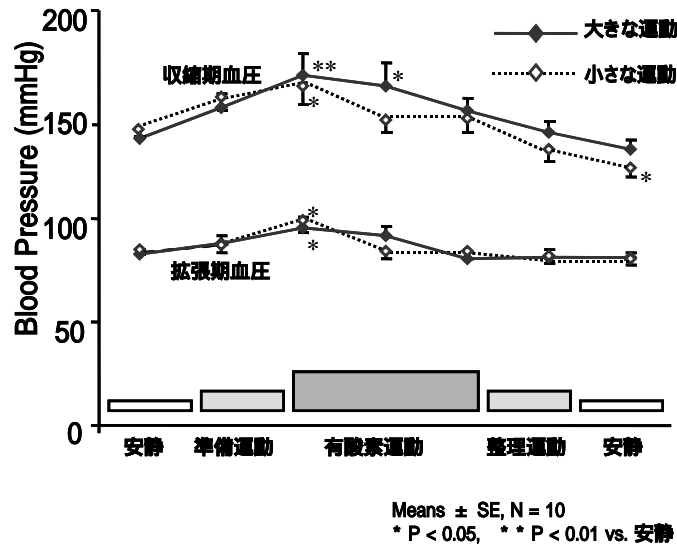
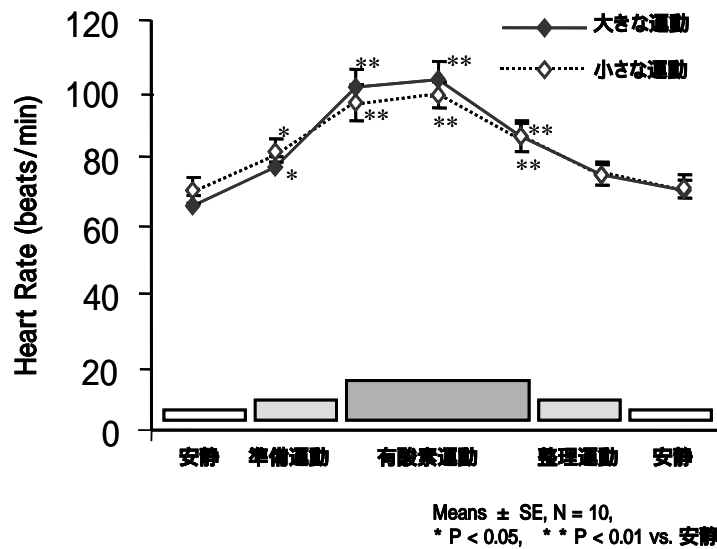


図 2 - 3

### 心拍数の推移



有酸素運動は一般に長時間にわたって続けることが可能なため、運動強度が低くても結果的に総エネルギー消費を多くすることができる。また、筋収縮のエネルギー源として脂肪酸が多く利用されるため、体脂肪減少にも有利と考えられている。しかしながら、20分間に消費するカロリーは「小さな動きの運動」で0.8 cal/kg、「大きな動きの運動」で0.9

cal/kg と顕著なものではない。ビデオに収録した有酸素運動部分は 10 分間と短いため、運動に慣れてきた患者には有酸素運動部分を延長して行うよう推奨すべきと考えられる。

「すわるビクス」の運動強度は、最高で約 3.5 METs と「はや歩き」や「大股歩き」ウォーキングと同レベルの運動強度に達している。つまり、「すわるビクス」は、極端に運動耐容能の低下している場合や、進行した糖尿病性合併症や心血管系合併症を有する患者にも耐えられるような低い強度の運動を提示する運動プログラムではない。医学的に運動制限が必要な患者に対しては、ビデオのままの運動を行うと運動強度が高すぎる場合があると考えられ、その適応には慎重な態度が必要である。

## 2. 「すわるビクス」のトレーニング効果

近年、2 型糖尿病患者において、低下した有酸素運動能力が、既知の危険因子（高血糖や肥満、高血圧、高脂血症、喫煙、高齢など）とは独立した予後規定因子であることが報告され<sup>6)</sup>、有酸素運動能力の維持あるいは向上が臨床的観点から重要されるようになってきた。本研究では、4 ヶ月間のトレーニング後の計測で、有酸素運動能力（最高酸素摂取量・無酸素性作業閾値）の有意の改善が認められている（表 2）。

表 2 すわるビクストレーニングによる有酸素運動指標・代謝関連指標の変化

項目	トレーニング前	トレーニング後	有意差
体重 (kg)	60.4 ± 2.0	60.1 ± 2.0	N.S.
Body Mass Index (m/kg <sup>2</sup> )	23.2 ± 0.7	23.1 ± 0.7	N.S.
最高酸素摂取量 (ml/kg/min)	20.6 ± 0.8	23.1 ± 1.2	P<0.01
無酸素性作業閾値 (ml/kg/min)	13.5 ± 0.6	14.6 ± 0.6	P<0.05
グリコヘモグロビン A1c (%)	6.7 ± 0.3	6.5 ± 0.3	N.S.
安静時血圧 (mmHg)	141 ± 5/74 ± 3	136 ± 6/77 ± 3	N.S.
総コレステロール (mg/dl)	232 ± 6	228 ± 7	N.S.
HDL コレステロール (mg/dl)	39 ± 3	44 ± 3	N.S.
中性脂肪 (mg/dl)	186 ± 12	173 ± 16	N.S.

平均 ± 標準誤差

運動習慣を持ち有酸素運動能力を維持することが心血管死や総死亡低下と関連することは、肥満者<sup>7)</sup>や高血圧症患者<sup>8)</sup>、一般健常人<sup>9)</sup>においても明らかにされている。したがって「すわるビクス」による有酸素運動能力の改善は、糖尿病患者に限定されず重要な臨床的意義を有するものと考えられる。

血糖・血圧・血清脂質については、改善傾向が認められたものの、統計上有意には至らなかった（表 2）。体重にも有意の減少を認めなかった（表 2）。しかしながら、有酸素運動によってこれらのトレーニング効果が得られることはすでに確立されたものであること

から<sup>1)</sup>、「すわるピクス」を行う頻度を保つことや有酸素運動部分の運動時間を増やすことによって、明確な臨床効果が得られることが期待される。

実際、23名の被験者のうち、トレーニング開始月の平均運動実施回数は、平均3.4回/週であったが、4ヶ月後には1.8回/週にまで減少していた( $P<0.05$ )。定期的に行わなくなった理由の大半が「飽きてきたから」「怠けてしまった」といった心理的理由であった。しかし、15名の患者で、「すわるピクス」の開始を契機として、「歩く」「自転車に乗る」「階段を上る」などの有酸素運動を日常から心がけるようになっていた。「すわるピクス」の運動回数が経時的に減少したことを考慮すると、4ヶ月間で得られた有酸素運動能力の向上は、「すわるピクス」と他の有酸素運動の効果が加算された総合的な効果と考えられた。このことは、運動プログラムの開発だけでなく、運動が習慣的に行えるようになるための手段開発の重要性を強く示唆するものであり、「すわるピクス」においても今後の検討が必要とされるところである。

## 結語

チェア・エクササイズは今回の研究で対象とした有酸素運動のみならず、筋力を増強するためのレジスタンストレーニング、ストレッチ、リラクゼーションなどさまざまな運動に応用することが可能である。また、チェア・エクササイズは身体の状態にあわせて運動強度や運動部位を調整することも容易である。このようにチェア・エクササイズは高齢者が家庭内で手軽に行える運動の方法として有用な運動種目であり今後の発展が期待される。

## 参考文献

1. アメリカスポーツ医学会編 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳：運動処方の方針（原著第6版），南江堂，2001.
2. 中野雅子ら：膝痛患者のための椅子上でできる有酸素運動の試み．看護学雑誌 65：1080-1083，2001.
3. 鴫田佳津子ら：膝の痛みを伴わない運動療法は？．糖尿病 1：100-102，2002.
4. 林 達也ら：大学病院での取り組み．治療 84：123 - 127，2002.
5. 林 達也：血圧と運動 座位での運動における留意点．Sports Medicine 15：22 - 24，2003.
6. Wei M, et al: Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. Ann Intern Med, 132: 605-611, 2000.
7. Wei M, et al: Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. JAMA, 282: 1547-1553, 1999.
8. Blair SN et al: Physical fitness and all-cause mortality in hypertensive men. Ann Med, 23:307-312, 1991.



9. U.S. Department of Health and Human Services: The effects of physical activity on health and disease. In Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Eds. Washington D.C., U. S. Govt Printing Office, 1996.

## 研究2 高齢者を対象とした座位レジスタンストレーニングプログラムの臨床的意義の検討

### はじめに

運動療法は食事療法と並んで2型糖尿病の基本治療としての役割が確立されている。運動のなかでも、とりわけ有酸素運動（持久運動）は、血糖降下作用のみならず、抗肥満作用、降圧作用、血清脂質プロファイル改善、呼吸循環機能（心肺機能）改善などの臨床効果を有し、心血管系疾患リスクや総死亡を減少させることから<sup>1)</sup>、患者の体力や合併症の程度を十分に考慮しつつも、積極的に行うことが推奨される。

レジスタンストレーニングは、筋に抵抗を加えながら、それに逆らって筋肉を収縮させる運動であり、基本的に筋力や筋持久力、骨・関節やその支持組織を強化することを目的としている<sup>1、2)</sup>。近年、レジスタンストレーニングによるさまざまな健康増進効果（加齢による筋力や筋量減少の軽減、自立した生活の維持、骨密度減少の軽減、転倒の予防など）が明らかにされるとともに<sup>1、2)</sup>、2型糖尿病患者においてHbA1c<sup>3、4)</sup>や自己血糖測定結果<sup>5)</sup>、インスリン感受性<sup>6)</sup>の改善が報告されるようになったことから、糖尿病患者の運動療法として積極的に取り入れて行くべき運動プログラムと思われる。しかしながら、患者の中には、加齢や長年の運動不足、あるいは糖尿病自体による代謝障害によって筋力や筋持久力が低下している場合があり、このような患者が安全かつ効果的にレジスタンストレーニングが行えるプログラムの作成が必要である。

本研究では、レジスタンストレーニングを行った経験のない中高齢2型糖尿病患者を対象として、チェア・エクササイズ形式を用いて家庭内で容易に行えるレジスタンストレーニングプログラムを作成するとともに、その臨床的意義について検討した。

### 対象と方法

#### 1. レジスタンストレーニングプログラムの作成

われわれは京都大学医学部付属病院において、肥満症、2型糖尿病患者などの生活習慣病患者を対象に「生活習慣病改善のための運動療法教室」を開催している<sup>7)</sup>。この教室の参加者に対して、チェア・エクササイズ形式を用いたさまざまなレジスタンストレーニングを試行し、高齢者・低体力者であってもおおむね施行可能な主要筋レジスタンストレーニン

グを6種類選定した。このうち3種類の運動では補助用具として市販の運動用ラバーチューブ(Theraband社 Theratube 赤 (medium))を1.5mの長さに切ったものを輪にして使用した。

6種類の運動プログラムとその主要活動筋、ならびに運動時の注意点を以下に示す。

1 . Leg extension (大腿四頭筋)(図1 - A)

椅子に深く座り、背中を背もたれに密着させ、膝伸展時の骨盤前傾、腰椎前弯による腰痛予防のため腹筋に力を入れながら、左右の膝関節を交互にあるいは片側を続けて伸展する。伸展時は弾みをつけず、下ろす時もゆっくり行い、大腿四頭筋の短縮性・伸張性筋収縮を意識する。膝関節の伸展時に息を吐く。

2 . Calf raise (下腿三頭筋)(図1 - B)

椅子に浅く座り、両手をそれぞれの膝に置き、上体の体重を適度に加える。足指の付け根に均等に力をかけ、ふくらはぎを締めながら、かかとをまっすぐに挙上する。かかとを上げる時は弾みをつけず、下ろす時もゆっくりとし、短縮性・伸張性筋収縮を意識する。かかとの挙上時に息を吐く。

3 . Chest press (大胸筋・上腕三頭筋)(図1 - C)

背中を背もたれに密着させ、腹筋に力を入れた状態で、背中に回したゴムチューブの輪の部分に手を入れて握る(強く握りすぎず、手首を折り曲げない)。胸部の筋収縮を意識しながら、両手の拳を前に押し出すようにして腕を伸ばす。弾みをつけないように肘を伸ばし、戻すときもゆっくり行い、短縮性・伸張性筋収縮を意識する。動作の間、肩をあげない(僧帽筋上部線維を緊張させない)ように気を付ける。腕を前に出すときに息を吐く。

4 . Rowing (僧帽筋中部・菱形筋)(図1 - D)

片足の土踏まずから甲の部分にチューブをゆるめに一巻きして固定させ、両手でチューブを掴んで肘を後ろに引く。背中で肩甲骨を閉めるように、また、弾みをつけずにわきを締めながら引き、ゆっくり戻し、短縮性・伸張性筋収縮を意識する。肩に力が入らない(肩をすくめない・僧帽筋上部線維を緊張させない)よう、また、引いたとき腰がそらないようにしながら行う。息を吐くのは、引くときでも戻すときでもどちらでもよい。

5 . Hip abduction (股関節外転筋)(図1 - E)

チューブを2~3重の輪にして両大腿をとり巻くようにはめる。はめる位置は両膝に近い位置とし、両膝を閉じた状態でチューブがちょうど張るくらいに調節する。きついと腿に食い込んで痛いので注意する。軸足に両手を添えて動かないようにし、もう一方の脚を股関節から弾みをつけずにゆっくり開き、急に力を抜かないように閉じ、大腿から臀部の筋の短縮性・伸張性筋収縮を意識する。膝が内側へ捻れないように注意する。脚を開くときに息を吐く。姿勢が崩れないように注意する。

6 . Abdominal curl (腹直筋・腹横筋)(図1 - F)

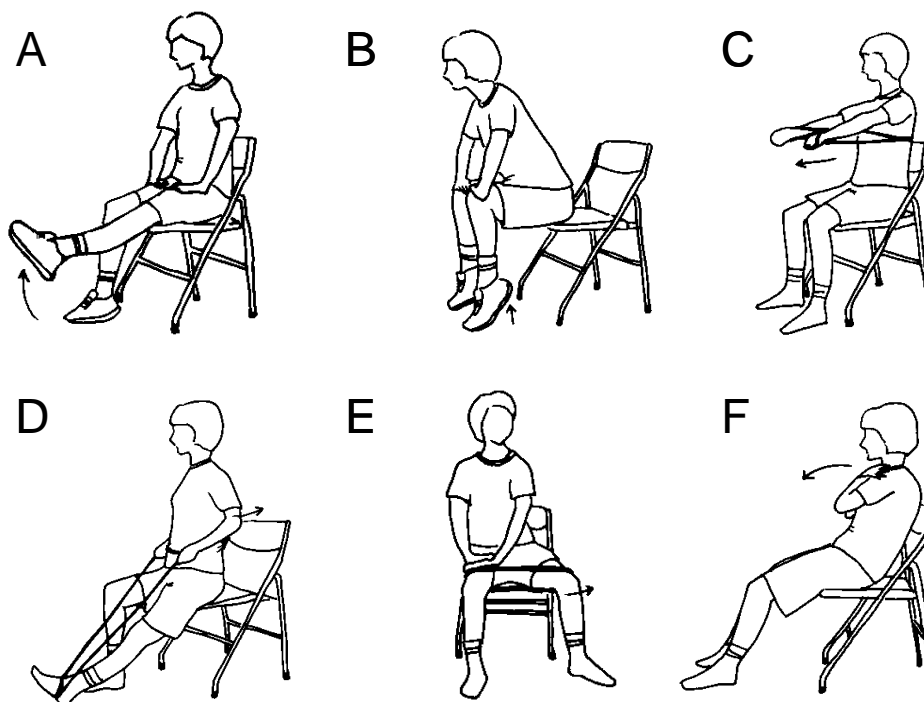
椅子に浅く腰掛け両手を交差するようにして胸に当てる。骨盤を後傾させ、腹筋を収縮

させた状態で、背もたれの方へ倒れてゆく。背もたれに触れる寸前で、腹筋を締めた状態で、今度は逆の動作順により、身体が垂直になる程度まで起きあがる。起きるときに息を吐く。

実際のトレーニングプログラムとしては、最初にウォーミングアップとして四肢を中心としたダイナミックストレッチと軽い全身運動を約5分間行い、引き続いて6種類のレジスタンストレーニングを110拍/分の音楽にあわせて行った。各運動ともに、1回の往復動作を8拍（遅い動作）ないしは4拍（速い動作）で行うようにし、その往復動作を連続して8~16回繰り返して1セットとした。セット終了後、軽くダイナミックストレッチングを行って筋疲労を軽減するよう努めた。遅い動作・速い動作の選択や繰り返しの回数、行うセット数（1~2セット）は運動能力に合わせて適宜調節した。

負荷の強さは自覚症状にて調節し、各セット終了時に疲労困憊に至らず、ある程度余裕が残る程度（自覚的運動強度で「ややきつい」程度）とした。また、息を吐きながら筋を収縮させる技術を習得させ、いきみ（バルサルバ効果）による血圧や心拍数の過度の上昇を防止するよう努めた。クールダウンではストレッチングと呼吸法によってリラクゼーションを促し筋を十分に伸展させた。

図1 レジスタンストレーニングプログラム：(A) Leg extension, (B) Calf raise, (C) Chest press, (D) Rowing, (E) Hip abduction, (F) Abdominal curl



## 2. レジスタンストレーニングプログラムの実践

この運動プログラムを、それまでレジスタンストレーニングを行った経験のない18名の中高齢2型糖尿病患者(食事療法のみ11名、経口血糖降下剤内服者7名)(年齢 $62 \pm 3$ 歳、BMI  $24.2 \pm 3.2$ 、HbA1c  $6.4 \pm 1.2$  %、血圧  $143 \pm 14/82 \pm 10$  mmHg、平均 $\pm$ 標準偏差)に指導し、週3ないし4回(1日おきに)家庭内でトレーニングを行うよう推奨した。上記の運動プログラムを収録したビデオテープ(ウォームアップからクールダウンまで約30分間、消費エネルギー $0.9\text{--}1.0$  kcal/kg)を貸与して患者が運動を行う参考とした。対象患者は運動禁忌となる糖尿病性合併症を認めず、また、トレッドミルあるいは自転車エルゴメーターによる運動負荷試験にて心電図異常のない者とした。高血圧を合併する患者のうち、降圧剤服用者は5名認めたが、安静時血圧が収縮期160mmHgかつ拡張期90mmHg未満にコントロールされている者とした。対象患者はトレーニング開始の2ヶ月前までに管理栄養士による個別栄養指導をすませており、トレーニング期間中の食事については、トレーニング前の食事習慣や食事量を継続するよう説明した。

運動を指導した18名中、4ヶ月のフォローアップ期間にわたって週3回以上のトレーニングを行った患者(自己申告による)は12名(食事療法のみ8名、経口血糖降下剤内服者4名)であった。この12名に関してトレーニング期間の前後で、筋力・筋持久力、体重、血圧、糖脂質代謝指標(以上 $n=10$ )、アンケート法による自覚症状・日常生活レベルの変化( $n=12$ )につき比較した。筋力(1回収縮時の最大筋力)についてはKincom筋力測定器を用いて膝関節の屈曲時と伸展時の筋力測定を行った( $n=10$ )。筋持久力については、筋力トレーニングマシンを用いてleg curl反復試験とchest press反復試験を行った( $n=9$ )。トレーニング前に反復可能回数がおおよそ10-20回となるように負荷を設定し、トレーニング後に同じ負荷での反復可能回数を測定した。

## 結果

### 1. 筋力・筋持久力の変化

Kincomにて測定した膝関節伸展・屈曲の最大筋力については、30度/秒、60度/秒、120度/秒いずれの等角速度運動においても有意の筋力向上を認め( $n=10$ ,  $P<0.05$ )、120度/秒の収縮においては、伸展総出力30%、屈曲総出力44%、伸展最大筋力18%、屈曲最大筋力26%の向上を認めた(図2)。筋持久力については、leg curl反復回数がトレーニング前後で80%増加し、t検定上も有意であった(トレーニング前 $16 \pm 2$ 回、後 $28 \pm 4$ 回、 $P<0.05$ ) (図3)。Chest press試験については、平均値では反復回数の31%増加を認めたが、統計上有意には至らなかった(トレーニング前 $16 \pm 3$ 回、後 $21 \pm 3$ 回、NS)(図3)。

アンケート調査では、12名中、「脚(下肢)の力がついたように思う」と答えた患者10名、「腕(上肢)の力がついたように思う」と答えた患者7名であった。また、9名で日常生活における動作・活動レベルの向上(「以前より買い物袋が軽く持てるように思う」「階段上昇時に足が楽」「歩くときに足先が地面に引っかかりにくい」「海外旅行に行く自信が

できた」「以前より肩や足を軽く動かせる」など)を自覚した。

## 2. 体重、血圧、糖脂質代謝指標の変化

運動トレーニングの前後で、体重、Body mass index、収縮期血圧、拡張期血圧、空腹時血糖、HbA1c、総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪に有意の変化を認めなかった(表1)。なお、フォローアップ期間中、薬剤の変更はされず、トレーニングに伴う体調の不良、腰痛や関節痛の悪化、突発的な事故や転倒、外傷は認めなかった。

図2 レジスタンストレーニング後の下肢最大筋力の改善

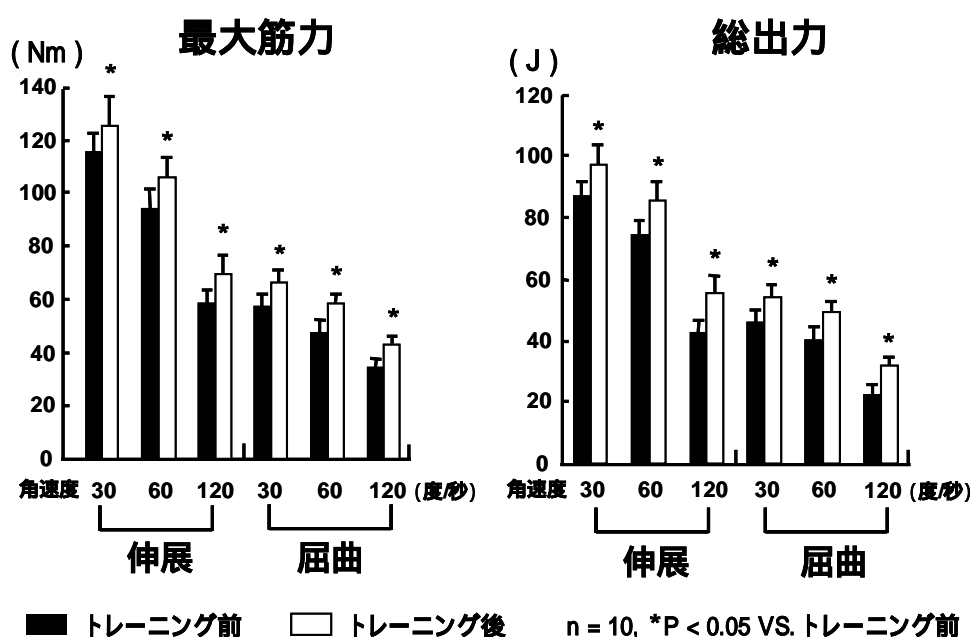


図3 レジスタンストレーニング後の筋持久力の改善

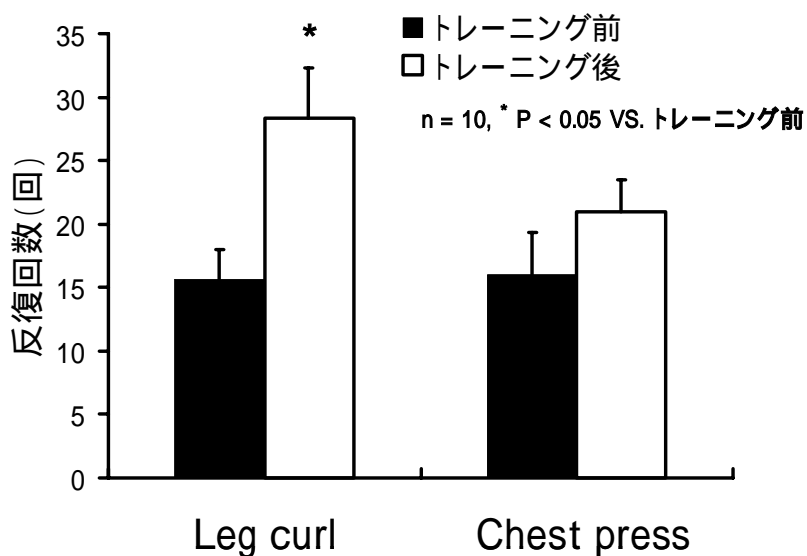


表1 レジスタンストレーニング前後の体重・血圧・糖脂質代謝

		トレーニング前	トレーニング後	t-検定
体重	(kg)	58.4 ± 2.7	59.0 ± 2.9	N.S.
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	24.4 ± 1.0	24.6 ± 1.1	N.S.
収縮期圧	(mmHg)	134 ± 4	131 ± 4	N.S.
拡張期圧	(mmHg)	77 ± 3	78 ± 2	N.S.
空腹時血糖	(mg/dl)	120 ± 9	118 ± 8	N.S.
HbA1c	(%)	6.4 ± 0.3	6.4 ± 0.3	N.S.
総コレステロール	(mg/dl)	215 ± 9	209 ± 10	N.S.
HDLコレステロール	(mg/dl)	59 ± 3	60 ± 4	N.S.
中性脂肪	(mg/dl)	146 ± 22	134 ± 19	N.S.

## 考察

チェア・エクササイズは、イスに座った状態で行う運動であるため、運動中の体位の安定が得られやすい。また、下肢への力学的負荷が少ないため、膝や足に障害のある患者でも行えることが多い。家庭や職場の椅子をそのまま利用して行えるので、特殊な機器の準備が不要である。さらに、天候にも左右されず、家事や仕事の合間に着替えることなしに行える手軽さも大きな利点である。われわれはこれまでに、生活習慣病の予防と改善を目的としたチェア・エクササイズ形式の有酸素運動プログラムを作成した<sup>8、9、10</sup>。本研究は、この研究の流れに沿って、中高齢者、生活習慣病患者を対象としてチェア・エクササイズ形式のレジスタンストレーニングプログラムを開発する一環として行った。

今回の研究では、筋力強化の目標を、「一般的な日常生活に必要な動作を、他人の助けを借りないで行うための筋力・筋持久力の維持」とし、トレーニングについては患者が家庭内などの非監視下で行うことを前提とした。この観点から、プログラムの作成にあたっては以下の点に留意した。(1)四肢と体幹部の主要筋群のトレーニングを中心に行った。(2)運動種目数を少なくするとともに、それぞれの動作をできるだけ単純化して、運動方法とその注意点を理解しやすいようにした。(3)比較的軽い負荷を用いて血圧上昇や関節への負担を軽減するとともに、トレーニング効果をあげるため反復回数を多くした。

運動種目のうち、自重負荷では行いにくい種目については、ラバーチューブを補助用具として用いた。ラバーチューブは自重やダンベルと異なり重力の方向と無関係に負荷をかけることができるので、イスに座ったまま無理のかからない姿勢でのトレーニングが可能

である。その初動負荷が小さく最初から大きな筋力を必要としないため関節への負担も小さい。また、ラバーチューブの種類や長さを変える、2重に巻く、あるいは引っぱる長さを変えるなどの操作によって負荷の調節が行いやすい。このように、ラバーチューブは筋力の低下した中高齢者のレジスタンストレーニングに適した補助用具と考えられる。

一般にレジスタンストレーニングは血圧の上昇をきたしやすいため、糖尿病性合併症や心血管系合併症の発病あるいは増悪には十分な注意が必要である。今回の研究では、血圧がコントロールされた患者のみを対象とするとともに、それぞれの患者に対して、いきみによるバルサルバ効果を生じないように十分に指導を行った。プログラム実施最中の血圧測定については、その正確な測定が困難であるため行わなかったが、ウォームアップ開始前とクールダウン終了後の血圧には収縮期、拡張期ともに有意差は認めず(前  $144 \pm 4/80 \pm 3$ 、後  $139 \pm 5/78 \pm 3$  mmHg、 $n=15$ 、平均 $\pm$ 標準誤差)、トレーニング終了後に血圧が前値にまで復帰していることを確認した。

4ヶ月間のトレーニングにおいて、筋力・筋持久力の向上が得られるとともに、12名中9名で自覚的な日常生活性の向上が認められた。特に下肢については、膝関節伸展・屈曲時の最大筋力、leg curl 試験における反復回数とともに顕著な向上を呈した。一方、chest press 反復試験で有意差が得られなかったことや、下肢に比べると上肢の筋力増加を自覚した者が少なかったことから、上肢に関しては運動負荷や反復回数をさらに増やしてトレーニングを行うなどプログラムを改良する余地があることが示唆された。

本研究では4ヶ月のトレーニング前後で体重や糖脂質代謝指標に有意の変化を認めなかった。この理由として、トレーニングによって糖脂質代謝・エネルギー代謝が亢進したにかかわらず摂取エネルギーの増加によってその効果が打ち消された可能性や、本研究で用いたトレーニング法が体重や糖脂質代謝指標に明確な変化が生じるほどの代謝亢進効果を持たなかった可能性が考えられる。この点で興味深いことは、4-6ヶ月のレジスタンストレーニングによってHbA1cの有意な低下を認めたCastanedaら<sup>3)</sup>あるいはDunstanら<sup>4)</sup>の先行研究では、いずれも監視下でトレーニングマシンを用いた~80%RMの高強度トレーニング(high-intensity progressive resistance training)を行っていたことである。一方、本研究と同様に中等強度の負荷(~50%RM)を用いたトレーニングでは、自己血糖測定結果<sup>5)</sup>やインスリン感受性<sup>6)</sup>の改善は認められたもののHbA1cの改善には至らなかった。これらの研究でトレーニングに伴う摂取エネルギーの変化を認めていないことから、本研究においても、運動の効果が摂取エネルギーの増加によって相殺された可能性よりは、代謝亢進効果が小さいため4ヶ月間のトレーニングでは体重や糖脂質代謝指標に有意の変化が現れなかった可能性のほうが高いものと思われる。このことを明確にするためには、本研究においてもトレーニングに伴う食事内容の変化を客観的に評価するスタディデザインが必要である。なお、今回の研究は、患者が家庭内という非監視下でトレーニングを行うことを前提としたものであり、心血管系への負荷や整形外科的なリスクの高い高強度トレーニングは採用しなかった。一般に糖代謝の改善や降圧効果、脂質代謝改善、抗肥満効果は有

酸素運動によって効率的に獲得できることから<sup>1)</sup>、無理なく行えるレベルのレジスタンストレーニングとともに有酸素運動を合わせて行うことによって、総合的な「健康増進効果」を目指すことが現実的に有用な選択肢と考えられる。

## 結語

中高齢2型糖尿病患者を対象としてチェア・エクササイズ形式による体幹・四肢主要筋群のレジスタンストレーニングを行い、筋力増強とともに日常活動レベルの向上を認めた。体重、血圧、糖脂質代謝指標には有意の変化を認めなかったことから、有酸素運動プログラムと併用することでより効果的な運動療法となることが示唆された。

## 引用文献

- 1 . アメリカスポーツ医学会編 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳：運動処方指針（原著第6版），南江堂，2001.
- 2 . Winett RA, et al: Potential health-related benefits of resistance training. *Prev Med* 33: 503-513, 2001.
- 3 . Castaneda C, et al: A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25: 2335-2341, 2002.
- 4 . Dunstan DW, et al: High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25: 1729-1736, 2002.
- 5 . Dunstan DW, et al: Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Res Clin Pract* 40: 53-61, 1998.
- 6 . Ishii T, et al: Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. *Diabetes Care* 21:1353-1355, 1998.
- 7 . 林 達也ら： 大学病院での取り組み - 京都大学医学部内分泌・代謝内科. *治療* 84: 123-127, 2002.
- 8 . 林 達也： 生活習慣病改善のためのチェア・エクササイズ「すわるピクス」. *肥満研究* 9: 84-85, 2003.
- 9 . 林 達也： 生活習慣病改善のための「すわるピクス」. *日本医事新報* 4083: 133, 2002.
- 10 . 中野雅子ら： 膝痛患者のための椅子上でできる有酸素運動の試み. *看護学雑誌* 65: 1080-1083, 2001.



## 要約

チェア・エクササイズは、膝や足への力学的負荷が少ないこと、運動中の体位の安定が得られやすいこと、家庭の椅子を利用して容易に行うことが可能なこと、個人の体力に合わせて運動強度や運動部位を調節できることなどから、高齢者や生活習慣病患者に適した運動手段である。本研究では、チェア・エクササイズを用いて、高齢者や生活習慣病患者が家庭内非監視下で実施する有酸素運動プログラムとレジスタンストレーニングプログラムを作成しその臨床的意義を検討した。プログラムの作成にあたっては、運動強度を高齢者、生活習慣病患者の平均的な運動能力に適合させるとともに、循環系や筋骨格系への過度の負荷とならないよう配慮した。低体力の中高齢2型糖尿病患者における検討で、両プログラムはともに安全に実施が可能であり、有酸素運動プログラムによって有酸素運動能の有意の改善を、レジスタンストレーニングによって筋力・筋持久力の有意の改善を認めた。

## 謝辞

本研究の遂行に貴重な援助をいただきましたユニバーサル財団に深謝いたします。また、研究の総括をいただきました京都大学大学院医学研究科 臨床病態医科学・内分泌代謝内科 中尾一和教授、研究協力者として尽力いただいた同中野雅子医師、京都大学大学院人間・環境学研究科 浜田 拓氏、京都市健康増進センター 葉山圭子氏、松森賢司氏に感謝いたします。最後に被験者としてご協力していただいた多数の方々にこの場を借りて心よりお礼申し上げます。