

高齢者の慢性腰痛およびロコモティブシンドロームに対する 革新的な運動器具を用いた運動療法の開発

金沢大学附属病院 整形外科

助教 加藤 仁志

(共同研究者)

金沢大学附属病院 准教授 村上 英樹

金沢大学附属病院 大学院生 高橋 直樹

はじめに

腰痛を有する患者数は極めて多く、社会的活動度を制限する代表的な愁訴である。平成25年国民生活基礎調査における日本人の有訴者率では男性で1位(9.2%)、女性で肩こりに次ぐ2位(11.8%)であり、運動器慢性疼痛に関する大規模調査においても、腰痛が最も頻度が高い慢性疼痛であることが明らかになっている¹⁾。また、新国民病であるロコモティブシンドローム(ロコモ)は、骨や関節、筋肉などの働きが衰えることで寝たきりや要介護になる危険性がある状態を指し、主な原因の1つが慢性腰痛である²⁾。

運動療法は慢性腰痛に対する有効性が立証されている数少ない治療法の1つであり、わが国の腰痛診療ガイドラインにおいてもGrade Aで推奨されている。しかし、治療アドヒアランスは低く臨床で十分に活用されているとは言い難い。特に高齢者においては、痛みや脊柱変形、筋力低下などにより継続して実施できないことが多い。そこで我々は慢性腰痛の患者、特に高齢者に適した『体幹筋力の測定とトレーニングを両立させた運動器具』を開発した(図1:日本シグマックス株式会社製、試験機器)。本研究の目的は、この運動器具を用いて目的とする体幹筋の筋力測定やトレーニングが可能であることを検証することである。



図1. 我々が開発した運動器具

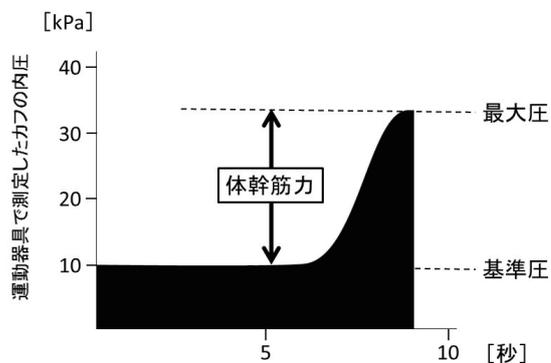


図2. 体幹筋力測定時の圧力モニター

結果

1. 運動器具の使用方法

この器具は、血圧計に類似したベルト状膨隆体（カフ）とカフに空気を送り込むポンプを内蔵し圧力を感知・制御する本体部からなる（図1）。筋力測定およびトレーニングに際しては、まずカフを腹部に装着・固定する。本体部の操作ボタンにより、カフに空気を入れて膨張させ、腹部に適度な圧迫がかかる状態にする。

筋力測定において、被験者は最も腹部に力を込め易い圧力を任意で設定する。この時のカフ内の圧を『基準圧』とする。スタートボタンを押した3秒後より、被験者は締めているカフに抵抗するように腹部に力を入れ込むことで、カフ内の圧は数秒のうちにピークに達する。ピーク時のカフ内の圧を『最大圧』とする。本体部は最大圧を感知した後、自動的にカフ内の空気を排出して圧を減少させる機能を有している。この運動器具を用いて測定された体幹筋力は、『体幹筋力 (kPa)』=『最大圧』-『基準圧』で本体部のモニターに表示される（図2）。トレーニングでは、カフを膨張させ腹部に適度な圧迫がかかった状態で断続的に腹部に力を入れ込むことで筋力トレーニングが可能となる。トレーニング中の筋力（カフ内の圧力）の数値や経時変化は本体部のモニターで確認できる。このトレーニングは、痛みのある腰部を動かすことなく坐位や立位で実施でき、腰痛患者でも可能である。

2. 研究1（筋力測定の妥当性評価）

腰痛のない成人男性30名（平均31歳：24～42歳）を対象に、身長、体重、Body Mass Index、腹部周囲径を計測し、握力と背筋力を筋力計で測定、腹筋力として30秒間のシットアップ回数を測定した。さらに、この運動器具を用いた体幹筋力を測定した。体幹筋力と他の測定された項目との相関をPearsonの相関係数で検討した。尚、有意水準は0.05未満とした。

この運動器具を用いた体幹筋力と身体的パラメーターおよび他の筋力との相関を表1に示す。測定した体幹筋力は平均 17.8 ± 4.0 kPaであり、シットアップの回数で評価した腹筋力と有意な正の相関を示した（ $r=0.47$, $p<0.05$ ：表1）。一方、その他の項目との有意な相関は認めなかった。

表 1. 運動器具で測定した体幹筋力と他のパラメータの相関

	平均値 ± 標準偏差	体幹筋力との相関	
		R value	P value
体幹筋力 (kPa)	17.8 ± 4.0	—	—
年齢 (yr)	30.7 ± 3.8	-0.180	0.340
身長 (cm)	173.6 ± 4.7	0.186	0.324
体重 (kg)	68.1 ± 6.9	-0.060	0.752
Body-mass index (kg/cm ³)	22.5 ± 2.1	-0.190	0.314
腹部周囲径 (cm)	84.4 ± 6.1	-0.262	0.163
握力 (kg)	46.5 ± 5.2	0.185	0.325
背筋力 (kg)	111.0 ± 16.7	0.196	0.299
シットアップ回数(/30秒)	24.5 ± 3.7	0.465	0.011

3. 研究2 (トレーニングによる筋活動評価)

研究1の被験者30名中の6名を対象に、この運動器具を用いた体幹筋トレーニングによる筋活動の評価をポジトロン断層撮影法 (positron emission tomography : PET) を用いて行った。PETは[18F]fluorodeoxyglucose (FDG) の代謝過程を画像化する核医学検査法である。FDGはグルコースのOH基を放射性同位元素である18Fに置換した構造をもち、臨床では、がんの局所診断や脳血流量の計測などに利用されることが多いが、FDG-PETによって測定された糖代謝は、筋活動量を測定する指標として信頼性が確認されており、骨格筋活動の観察に用いられている^{3,4)}。PET-CTの撮影に際して、すべての被験者に対し検査6時間前から絶食を指示し、検査前日から日常生活動作以外の運動は禁止した。撮影はDiscovery PET/CT 690 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) を用い、撮影時間は約40分であった⁴⁾。

まず、6名の被験者はコントロールとして安静後にPETを撮影した (安静時PET)。その後、この運動器具を用いた体幹筋トレーニングをプレコンディショニングとして1日20分、週2回、5週間、合計10回実施した。トレーニング後に行ったPET撮影 (運動負荷PET) では、測定当日に10分間トレーニングを行った後にトレーサーを経静脈的に投与し、再び10分間トレーニングを行った後にPET-CT撮影を行った。トレーサーとしてブドウ糖の誘導体を放射性同位元素のフッ素18で標識したフルオロデオキシグルコース ([18F] FDG 37MBq) を用いた。

関心領域 (regions of interest; ROI) は、単純CT画像上で同定可能な筋の中から、横隔膜、腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、多裂筋、大腰筋、大臀筋、中臀筋、肛門括約筋に設定した。各筋が同定しやすいように決定したスライスでそれぞれの骨格筋を同定し、左右それぞれ骨格筋横断面積全体をROIに設定した。各ROIにおける糖代謝は、半定量的指標として筋間糖代謝の比較に用いることができる標準化集積値 (standardized uptake value ; SUV) を用いて評価した⁵⁾。各ROIにおけるSUVの平均値を使用し、コントロールPETと運動負荷PET間の2群間で骨格筋の糖代謝を比較検討した。統計学的検討にはWilcoxonの符号付順位検定を用い、有意水準は0.05未満とした。

表 2. SUV 平均値 (n=6)

筋肉	コントロール	運動負荷	P value
横隔膜	0.86 ± 0.13	1.50 ± 0.98	0.028
腹直筋	0.51 ± 0.12	1.91 ± 1.65	0.028
外腹斜筋	0.44 ± 0.08	0.88 ± 0.51	0.028
内腹斜筋	0.57 ± 0.08	1.08 ± 0.83	0.028
腹横筋	0.60 ± 0.11	0.77 ± 0.27	0.028
多裂筋	0.81 ± 0.11	0.81 ± 0.17	0.917
大腰筋	0.78 ± 0.06	0.86 ± 0.13	0.173
大臀筋	0.57 ± 0.05	0.59 ± 0.05	0.600
中臀筋	0.66 ± 0.05	0.70 ± 0.04	0.116
肛門括約筋	0.78 ± 0.12	1.01 ± 0.27	0.046

運動負荷後PETでは、コントロールPETと比較して、横隔膜、腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、肛門括約筋で有意にSUV平均値が高かった。一方、多裂筋や大腰筋、殿筋には平均SUVの増加は認めなかった（表2，図3，4）。対象者6名の体幹筋力は、5週間、10回の体幹筋トレーニングの前後で、平均 19.5 ± 3.9 kPaから 26.5 ± 5.3 kPaに増加した。



図 3. コントロール PET



図 4. 運動負荷 PET

考 察

慢性腰痛に対する運動療法は、痛みや身体機能を改善させたことを示す報告も多く⁶⁻⁸⁾、保存療法の1つとして強く推奨される治療法である。すべての運動療法において、治療効果を得るために最も重要なことは、『治療計画を遵守し継続できるか（治療アドヒアランス）』である⁹⁾。運動療法のアドヒアランスを低下させる原因として、高齢者など脊柱変形や強い痛み、体力の低下がある患者は運動を継続できないことや、運動療法は薬物療法やブロック注射などと異なり、効果が現れるまで時間がかかることなどが挙げられる。

この運動器具を用いた体幹筋トレーニングは、以下に示す独自の利点により高いアドヒアランスで実施でき、治療効果を上げる可能性がある。まずは、坐位や立位で痛い腰を動かさず、無理なく運動ができることである。これにより痛みが強い患者や体力がない患者でも継続して実施可能となる。さらに他の運動療法にはない最大の利点は、体幹筋力を測定しながら運動を行うことで早期から運動の効果を評価できることである。これが運動の継続意欲につながり、治療アドヒアランスが向上することでより効果的な運動となる。ダイエットの継続や成功には、体重計を用いた体重のモニタリングにより早期から効果を実感することが重要であり、降圧薬の効果を評価し治療アドヒアランスを上げるためには、血圧計を用いた血圧測定が重要である。この運動器具における体幹筋力測定も同様の効果が期待できる。本研究では、この運動器具を用いた体幹筋トレーニングにより、横隔膜、腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、肛門括約筋に強い筋活動を認めた。一方、体幹伸筋である多裂筋には有意な筋活動の亢進は認めなかった。この結果は、運動器具で測定した体幹筋力がシットアップの回数で評価した腹筋力と相関する一方、背筋力とは相関しなかったことに関連している。つま

り、この運動器具で測定およびトレーニングできる筋群は、体幹屈筋である腹直筋や腹斜筋を含み、さらに腹横筋や横隔膜、骨盤底筋といった腹部体幹筋群であることが示された。これらの筋群は、コアと呼ばれる腹腔を取り囲むMuscular Boxを形成し、腹圧の調節や安定化に寄与して体幹を支持する機能を持つ¹⁰⁾。

近年、体幹安定化運動 (lumbar stabilizationやcore stabilization) と呼ばれる運動アプローチが注目されている。基本運動の代表的なものとして「ドローイン (Draw-in)」と「ブレーシング (Bracing)」がある。ドローインは¹⁰⁾、Hodgesらのグループが提唱した腹横筋を選択的に活動されることが目的の運動であり、ブレーシングは¹¹⁾、McGillらのグループが提唱した運動で、腹横筋だけでなく、外腹斜筋、内腹斜筋などを含めた腹部体幹筋群全体を収縮させて体幹の安定化をはかる運動である。この運動器具を用いた運動は、ブレーシングと同様な運動アプローチを体幹ベルトからの圧迫ストレス下で行う筋力強化訓練、体幹安定化運動といえる。研究2の結果からもブレーシングで収縮させる筋群に有意な筋活動の上昇を認めている。このように腹腔を取り囲む筋群を強化することで体幹支持性が向上し、腰痛や体幹機能を改善させる可能性が高い。独歩可能な高齢者を対象に検討した我々の研究において、腰痛患者は非腰痛患者と比較して、この運動器具で測定した体幹筋力が低下していた。さらに、体幹筋力の低下は転びやすさ (開眼片脚立位時間の短縮) が相関していた。つまり、この運動器具を用いた体幹筋力の測定およびトレーニングは、慢性腰痛だけでなくロコモに対する機能評価および有効な運動療法になる可能性がある。

要 約

我々が開発した慢性腰痛患者を対象とする体幹筋力測定とトレーニングを両立させた運動器具の機能を検証した。この運動器具で測定した体幹筋力は腹筋力と有意な正の相関を示した。PETを用いたトレーニングによる筋活動の評価では、表層筋である腹直筋や腹斜筋だけでなく、深層筋である横隔膜や腹横筋、骨盤底筋にも強い筋活動が生じていた。

文 献

1. Nakamura M, et al: Prevalence and characteristics of chronic musculoskeletal pain in Japan. J Orthop Sci. 16: 424-432, 2011.
2. Nakamura K : The concept and treatment of locomotive syndrome: its acceptance and spread in Japan. J Orthop Sci. 16: 489-491.
3. Pappas GP, et al : Imaging of skeletal muscle function using (18) FDG PET : force production, activation, and metabolism. J Appl Physiol. 90: 329-337, 2001.
4. Nakase J, et al. Whole body muscle activity during the FIFA 11+ program evaluated by positron emission tomography. PLOS ONE. 8: e73898, 2013.

5. Sadato N, et al. Non-invasive estimation of the net influx constant using the standardized uptake value for quantification of FDG uptake of tumors. *Eur J Nucl Med.* 25: 559-564, 1998.
6. Standaert CJ, et al. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar stabilization exercises. *Spine J.* 8: 114-120, 2008.
7. Mayer J, et al. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar extensor strengthening exercises. *Spine J.* 8: 96-113, 2008.
8. Patti A, et al. Effects of Pilates exercise programs in people with chronic low back pain: a systematic review. *Medicine (Baltimore)* . 94: e383, 2015.
9. Mannion AF, et al. Spinal segmental stabilization exercises for chronic low back pain: programme adherence and its influence on clinical outcome. *Eur Spine J.* 18: 1881-1891, 2009.
10. Richardson CA, et al. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Man Ther.* 1: 2-10, 1995.
11. Kavcic N, et al. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine.* 29: 1254-1265, 2004.