



慢性心不全における加速度トレーニングの有用性と安全性について : パイロット研究結果より

木田, 圭亮 ; 鈴木, 規雄 ; 足利, 光平 ; 森尾, 裕志 ; 井澤, 和大 ; 渡辺, 敏 ; 鈴木, 健吾 ; 原田, 智雄 ; 明石, 嘉浩

(Citation)

心臓リハビリテーション, 20(2):350-355

(Issue Date)

2015

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

発行元の許可を得て登録しています。

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100496630>



慢性心不全における加速度トレーニングの有用性と安全性について～パイロット研究結果より～

Efficacy and safety of acceleration training in patients with chronic heart failure:
A pilot study

木田圭亮^{*1}, 鈴木規雄^{*1}, 足利光平^{*1}, 森尾裕志^{*2}, 井澤和夫^{*1,*2,*3}, 渡辺 敏^{*2}, 鈴木健吾^{*1}, 原田智雄^{*1}, 明石嘉浩^{*1}

要 旨

【目 的】Power Plate[®] (Performance Health System 社製) の加速度トレーニングは 3 次元の振動により 25～50 回/秒の頻度で全身の筋肉が収縮し、活性化され、効果を上げるトレーニング理論である。本研究では、慢性心不全維持期における加速度トレーニングの有用性と安全性について検討した。

【方 法】慢性心不全維持期の 13 名 (71.3±5.6 歳) に対し、加速度トレーニングを週 1 回、12 週間実施し、トレーニング開始前と 12 週間後で等尺性膝伸展筋力測定、10 m 歩行テスト、心肺運動負荷試験を施行した。

【結 果】等尺性膝伸展筋力は 41±6% から 49±11% (p=0.004) まで有意に改善し、10 m 歩行時間も 6.9±1.4 sec から 5.9±0.8 sec (p=0.04) まで有意に改善したが、最高酸素摂取量は 11.7±3.3 ml/min/kg から 12.4±3.4 ml/min/kg (p=0.15) と改善傾向を認めたが、有意な上昇には至らなかった。振動による誤作動等のデバイスのトラブルは認めなかった。

【結 論】慢性心不全維持期患者に対して加速度トレーニングは下肢筋力、歩行速度の改善に有用であり、また安全に使用できた。

[心臓リハビリテーション (JJCR) 20 (2) : 350-355, 2015]

Key words : 加速度トレーニング, 慢性心不全, 維持期リハビリテーション

はじめに

慢性心不全の運動療法については、日本循環器学会の慢性心不全治療ガイドライン¹⁾において Class I, エビデンスレベル B に推奨され、慢性心不全の治療や予防ばかりではなく、疾病管理プログラムとして、今後重要性が増すと考えられる。慢性心不全患者の運動耐容能を規定する因子は、心機能や心拍出量など中枢性因子と骨格筋や末梢循環などの末梢性因子に分けられる。過去の報告では安静時の心機能と運動耐容能は相関せず、心臓リハビリテーションによる運動療法によって運動耐容能が改善しても、安静時の心機能は必ずしも改善しないことが知られている²⁾。すなわち慢性心不全患者の運動能力には、骨格筋や血流の調節など末梢効果のほうが大きき意義を持っていると考えられる。

我々の過去の研究においても、心疾患患者の運動耐容能は左室収縮能に規定されるのではなく、神経体液性因子やサイトカインの増加や、末梢骨格筋機能や血管内皮機能などの低下が影響していると報告してきた³⁻⁵⁾。さらに心筋梗塞患者において運動耐容能、骨格筋力と骨格筋肉量の関係も筋肉量の大小により相違があることを報告し⁶⁾、運動トレーニングが運動耐容能を改善することに対する末梢骨格筋の影響について検討し、運動耐容能、骨格筋力と骨格筋肉量の関係も筋肉量の大小により相違があることを明らかにした⁷⁾。

一方、Power Plate[®] (Performance Health System 社製) を用いたトレーニング (図 1) は、海外では whole-body vibration training (全身振動トレーニング) もしくは Acceleration Training (加速度トレーニング) として知られ、3

^{*1} 聖マリアンナ医科大学循環器内科, ^{*2} 聖マリアンナ医科大学病院リハビリテーション部, ^{*3} 神戸大学大学院保健学研究科



図 1 Power Plate®

次元の高速振動が筋肉を刺激することにより，筋力および筋肉量を効率的に向上させる⁸⁾。しかしながら，慢性心不全患者では，ペースメーカーやCRT-Dなどのデバイスを植え込んでいることも多く，加速度トレーニングによる振動での誤作動が危惧されるため，これまで慢性心不全患者を対象とした研究報告はない。

そこで本研究では，現状の慢性心不全の運動療法に Power Plate®を用いた加速度トレーニングを 12 週間取り入れることで，骨格筋力が増強し，歩行速度や運動耐容能が改善するという仮説を立てた。また，慢性心不全患者における加速度トレーニングの安全性を明らかにすることも目的とした。

対象および方法

1. 対象

心不全入院歴があり，当科外来通院している慢性心不全維持期患者のうち同意が得られた 13 名を対象とした。転倒などの安全面を配慮し，除外基準として脳神経疾患や整形外科疾患で独歩不可能な症例とした。

2. 倫理的配慮

聖マリアンナ医科大学倫理委員会の承認を経て実施した（承認番号第 2523 号）。本研究の参加に際してのインフォームドコンセントについては口頭と文書にて十分に説明し，同意を得た。

3. 方法

a) 心不全関連項目

心臓超音波検査は，GE ヘルスケア・ジャパン社製超音波診断装置 Vivid E9 を用いて左室駆出率（LVEF）の計測を

行った。また，心不全マーカーとして脳性ナトリウム利尿ペプチド（BNP）を測定した。

b) 加速度トレーニング

Power Plate®を用いた加速度トレーニングを週 1 回の頻度で，12 週間実施した。加速度トレーニング強度としては，30 Hz，低振幅（5 mm），30 秒/回で，ハムストリングストレッチ，カーフ，スクワット，ワイズスタンススクワット，ランジ，カーフレイズをそれぞれ 3 回ずつ行った（図 2）。また，息止めによるバルサルバ効果を避けるために，トレーニング中は息止めをしないように指導した。以下の下肢筋力，歩行速度，運動耐容能の各項目について加速度トレーニング開始前と 12 週間後で測定した。

c) 下肢筋力

アニマ社製ハンドヘルドダイナモメーター（ミュータス F-1®）を使用して等尺性膝伸展筋力を測定し，左右の最大値の平均（kgf）を体重（kg）で除した値（kgf/kg）を算出し，％表示とした。

d) 歩行速度

助走路を設けた直線において，ストップウォッチを用い，10 m 歩行時間を測定した。

e) 心肺運動負荷テスト

自転車エルゴメーター（Corival-WLP400；ロード社製）による呼気ガス分析（Minato AE-310S，ミナト医科学社製）を用い，心電図，血圧モニター管理の下，ランプ負荷法により症候限界域まで施行し，最高酸素摂取量を測定した。

f) 安全性

運動前，運動中，運動後に血圧，心拍数を測定し，心電図モニター管理下でトレーニングを行い，ICD 誤作動，心不全増悪による再入院，脳血管イベントなどを調査した。

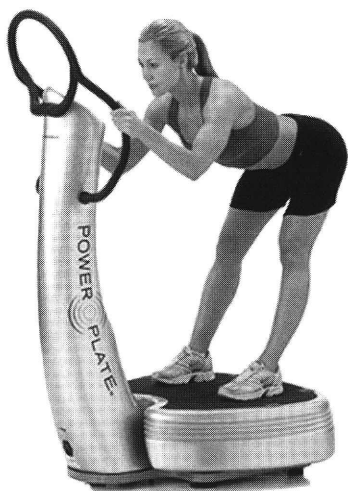
4. 統計解析

連続値は，平均値±標準偏差（Mean±SD）で表記した。2 群間の比較は，対応のある t 検定にて行った。解析には JMP 10（SAS Institute Japan, Inc, Tokyo, Japan）を使用し，統計学的有意判定の基準は 5％未満とした。

結果

1. 患者背景

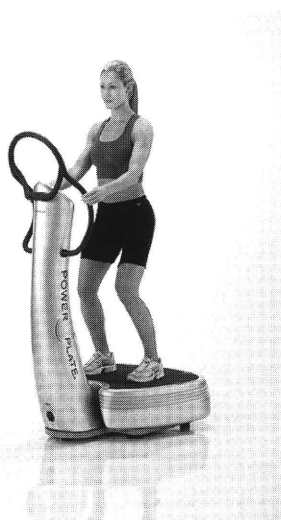
患者背景を表 1 に示す。13 名のうち 9 名（69％）が女性で，年齢 71.3 ± 5.6 歳，BMI 22.2 ± 2.6 kg/m²であった。心不全の原疾患は，虚血性心筋症 6 名，非虚血性心筋症 7 名で，LVEF は $38 \pm 16\%$ であった。NYHA 心機能分類では，NYHA I 1 名（8％），NYHA II 7 名（54％），NYHA III 5 名（38％）で，BNP 351 ± 220 pg/mL であった。デバイスは ICD が 1 名，CRT-D が 4 名，心臓術後は冠動脈バイパス術 2 名，大動脈弁置換術 1 名であった。内服薬は全ての症例に β 遮断薬，ACE 阻害薬もしくは ARB が処方され，抗アルドステ



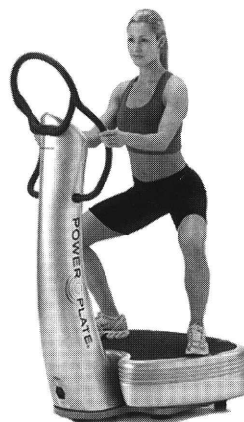
ハムストリングストレッチ



カーフ



スクワット



ワイズスタンススクワット



ランジ



カーフレイズ

図2 加速度トレーニングのフォーム

表 1 患者背景

年齢 (歳)	71.3±5.6
性別 (男/女)	4/9
BMI (kg/m ²)	22.2±2.6
NYHA (I/II/III)	1/7/5
LVEF (%)	38±16
BNP (pg/ml)	351±220
Cr (mg/dl)	1.34±0.76
デバイス (ICD/CRT-D)	1/4
心臓術後 (CABG/AVR)	2/1
糖尿病 n (%)	7 (54)
高血圧 n (%)	5 (38)
脂質異常症 n (%)	9 (69)
慢性腎臓病 n (%)	10 (77)
β 遮断薬 n (%)	13 (100)
ACE 阻害薬もしくは ARB n (%)	13 (100)
MRA n (%)	11 (85)
ループ利尿薬 n (%)	11 (85)

Mean±SD

BMI, body mass index; NYHA, New York Heart Association; LVEF, left ventricular ejection fraction; BNP, brain natriuretic peptide; ACE, angiotensin converting enzyme; ARB, angiotensin receptor blocker; MRA, mineralcorticoid receptor antagonist

ロン薬とループ利尿薬は 85% の症例に処方されていた。また、直近の心不全入院の退院から加速度トレーニングエントリーまでの期間は中央値で 12 (3~55) ヶ月であった。

2. 加速度トレーニングの効果について

12 週間のトレーニングにおいて、下肢筋力は $41 \pm 6\%$ から $49 \pm 11\%$ まで有意に改善 ($p=0.004$) し、10m 歩行時間も 6.9 ± 1.4 sec から 5.9 ± 0.8 sec まで有意に改善した ($p=0.04$)。また、最高酸素摂取量は 11.7 ± 3.3 ml/min/kg から 12.4 ± 3.4 ml/min/kg と改善傾向を認めたが、有意な上昇には至らなかった ($p=0.15$) (図 3)。

3. 加速度トレーニングの安全性について

12 週間のトレーニングプログラムにおいてトレーニング中の血圧、心拍数の過度な変動はなく、心電図モニターにおいても虚血性変化や重症不整脈は認めず、振動による誤作動等のデバイスのトラブルは認めなかった。また、心不全増悪による再入院もしくは脳血管イベントはなかった。

考 察

1. 心不全と下肢筋力トレーニングについて

今までの慢性心不全のレジスタンストレーニングは、日本循環器学会の心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン⁹⁾においても、低強度レジスタンストレーニングが推奨されている。一般的なトレーニングは、ニュートンの法則 (力=質量×加速度) のうち、質量つまりウェイトマシンやフリーウェイトなどのような質量を用いてか

かる力をコントロールしてきた。しかしながら、慢性心不全患者に対しての高強度負荷は心臓への負担が大きい、低強度から中等度負荷の反復トレーニングが望ましい。そのため、近年では加圧トレーニングや神経筋電気刺激などさまざまな新たな筋力トレーニング法が注目されている^{10,11)}。いずれの方法においても心不全患者において安全かつ有効にトレーニングでき、今後さらなる普及が望まれる。本研究においても加速度トレーニングの安全性と有効性を確認でき、心不全に対する心臓リハビリテーションの新たなトレーニングツールになり得ると考えられた。

2. 心不全における加速度トレーニングの役割

Power Plate[®]の加速度トレーニングは、振動により、身体全体が毎秒 25 から 50 回の頻度で筋肉が収縮し、さらに、Power Plate[®]は 3 方向 (上下 (Y): 左右 (X): 前後 (Z)) に振動するため、収縮が複数の方向に立体的に作用することになる (図 1)。Power Plate[®]では質量 (つまり自分の体重) を保ったまま、ニュートンの法則を応用し、加速度によってトレーニング効果を上げる。よって、慢性心不全の運動療法に Power Plate[®]を用いた加速度トレーニングを取り入れることで、今まで以上により効率的かつ安全に骨格筋力が増強し、運動耐容能が改善すると期待されている。今回はあくまでも心不全を対象にした初めての臨床試験でパイロット研究であり、安全性と有効性を示すことが出来た。歩行速度に寄与する因子として、下肢筋力とバランス能力が報告されており¹²⁾、本研究において加速度トレーニングは下肢筋力とバランス能力を改善することで、歩行速度の改善に効果があると示唆された。

本研究の限界

本研究は少人数での週 1 回のトレーニングの検討であり、今後はコントロール群との 2 群に割り付けしての介入試験が必要である。さらに、トレーニングのメニューについても更なる検討が必要と思われた。また、加速度トレーニングは高齢者心不全、特に虚弱高齢者により効果があると予想されるが、本研究ではフレイルに必要な筋肉量や握力の測定をしておらず、今後の課題と考えられた。アウトカムの評価として ADL の向上に伴い、QOL が向上しているので、今後は QOL のスコアにも注目したい。

結 論

加速度トレーニングは、慢性心不全維持期患者に対して下肢筋力、歩行速度の改善に有用であり、安全に使用できた。今後、Power Plate[®]を用いた加速度トレーニングが循環器疾患患者の新たなトレーニングとして可能性があると考えられた。

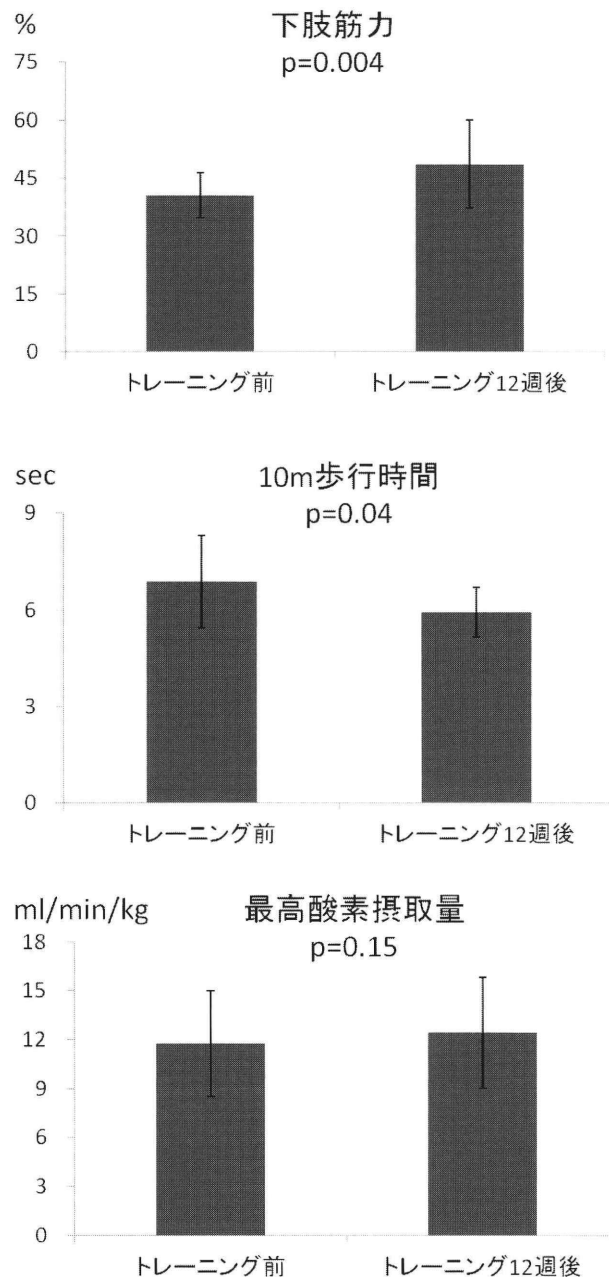


図3 加速度トレーニング前後での下肢筋力、10m歩行時間、最高酸素摂取量の変化

謝 辞

本研究は日本心臓リハビリテーション学会より平成25年度研究助成金の交付を受けた。また、本研究にご尽力いただきました、当院の理学療法士（心臓リハビリテーション）をはじめとした心不全チームの皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 松崎益徳：慢性心不全治療ガイドライン（2010年改訂版）
http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2010_matsuzaki_h.pdf.
- 2) Haykowsky MJ, Liang Y, Pechter D, et al: A meta-analysis

- of the effect of exercise training on left ventricular remodeling in heart failure patients: the benefit depends on the type of training performed. J Am Coll Cardiol 49: 2329-2336, 2007
- 3) Akashi YJ, Koike A, Osada N, et al: Short-term physical training improves vasodilatory capacity in cardiac patients. Jpn Heart J 43: 13-24, 2002
- 4) Suzuki K, Omiya K, Yamada S, et al: Relations between strength and endurance of leg skeletal muscle and cardio-pulmonary exercise testing parameters in patients with chronic heart failure. J Cardiol 43: 59-68, 2004
- 5) Itoh K, Osada N, Inoue K, et al: Relationship between exercise intolerance and levels of neurohormonal factors and

- proinflammatory cytokines in patients with stable chronic heart failure. *Int Heart J* 46: 1049-1059, 2005
- 6) Kida K, Osada N, Akashi YJ, et al: Functional capacity, skeletal muscle strength, and skeletal muscle volume in patients with myocardial infarction. *Int Heart J* 47: 727-738, 2006
- 7) Kida K, Osada N, Akashi YJ, et al: The exercise training effects of skeletal muscle strength and muscle volume to improve functional capacity in patients with myocardial infarction. *Int J Cardiol* 129: 180-186, 2008
- 8) Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, et al: Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 62(6): 630-635, 2007
- 9) 野原隆司：心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン（2007年改訂版）
http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2007_nohara_h.pdf
- 10) 中島敏明：加速トレーニングと心臓リハビリテーション（まとめ）. *心臓リハビリテーション* 18(1): 58-60, 2013
- 11) Karavidas A, Arapi SM, Pyrgakis V, et al: Functional electrical stimulation of lower limbs in patients with chronic heart failure. *Heart Fail Rev* 15(6): 563-579, 2010
- 12) 森尾裕志, 井澤和夫, 渡辺 敏, 他：心疾患患者における運動耐容能に関わる運動機能指標の相互関係について. *心臓リハビリテーション* 13(2): 299-303, 2008

（受付日平成 26 年 12 月 1 日／受理日平成 27 年 2 月 3 日）