

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：82629

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750372

研究課題名(和文)メタボリックシンドロームへの時間節約型アプローチ：インターバル有酸素運動の活用

研究課題名(英文)A time-efficient strategy to improve metabolic syndrome risk factors: low-volume interval vs. high-volume continuous exercises

研究代表者

松尾 知明 (Matsuo, Tomoaki)

独立行政法人労働安全衛生総合研究所・有害性評価研究グループ・任期付研究員

研究者番号：30582697

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：高め強度インターバル運動(high-intensity interval training: HIIT、13分、180 kcal)がメタボリックシンドロームに及ぼす影響を、中強度持続的運動(moderate-intensity continuous training: MICT、40分、360 kcal)と比較する実験をおこなった。週3回、8週間の運動実践の後、4週間の食事制限による介入をおこなった。HIITの運動時間と量はMICTの半分程であったが、HIITによる全身持久性体力への効果はMICTより大きく、HDLコレステロールへの効果はMICTと同等であった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated how an 8-week, 3 times/week exercise intervention (EXi) incorporating either high-intensity, interval training (HIIT, 13 min, 180 kcal) or moderate-intensity continuous training (MICT, 40 min, 360 kcal) followed by a 4-week low-calorie diet intervention (LCDi, 4 counseling sessions) affects metabolic syndrome risk factors. During the EXi, cardiorespiratory capacity improved more through HIIT ($25.4 \pm 14.6\%$) than through MICT ($14.9 \pm 12.8\%$), whereas improvements in body fat and HDL cholesterol were similar. During the LCDi, some risk factors improved further without any group differences. An intervention strategy consisting of 8 weeks of either HIIT or MICT followed by a 4-week LCDi has a positive effect on metabolic syndrome risk factors.

研究分野：労働衛生分野における体力科学研究

キーワード：運動強度 運動時間 インターバルトレーニング 食事制限 時間効率 メタボリックシンドローム

1. 研究開始当初の背景

肥満やメタボリックシンドローム (metabolic syndrome: MS) は特に働き盛り世代の中年男性に多いとされる一方、MS であっても日常生活に支障はなく元気に働けるため、この層へのアプローチは難しいとされる。習慣的な運動実践が身体に好影響を及ぼすことを分かっているにもかかわらず、現代に生きる多くの人にとって、その実践は難しく、いくら“余暇時間に適度な運動を”と唱えられても、早朝や夜遅く帰宅してからの運動、休日に時間を割いての運動は、多くの忙しい現代人にとって容易ではない。忙しい現代人のための効果的、且つ、効率的なプログラム提案に向けた研究が必要である。

従来、健康増進や疾病の予防・治療が目的の運動療法としては、低～中強度での持続的有酸素性運動 (moderate-intensity continuous training: MICT) が主流とされ、アスリートがおこなうような高強度運動はリスク回避の観点から敬遠されてきた。しかし近年、運動非習慣者や有所見者などの体力低位者が対象の場合でも、高め強度インターバル運動 (high-intensity interval training: HIIT) が適用可能であり、且つ、有効であることを示す研究成果が世界各国から相次いで報告されている。HIIT が MS に及ぼす影響については、その効果が MICT より大きいことが Tjonna et al.¹ により報告されたが、Poelkens et al.² がそれに反論する意見を述べている。HIIT は忙しい現代人の時間節約型運動療法として活用が期待されつつあるが、肥満や MS の改善にも HIIT が MICT より優れているかについては不明である。

MS 改善には運動療法だけでは十分でなく、食事療法 (calorie restriction: CR) が重要な役割を果たす。CR は短期間であってもその効果は大きいとされる³。とは言え、運動実践や食事改善の必要性を日常的に強く意識してこなかった人たちが、2つの異質なプログラム (運動実践と食事改善) を同時におこなうことは、時間的負担だけでなく、精神的負担も強めてしまう可能性がある。運動と CR の介入時期を分けることは、対象者の負担を多少なりとも軽減できるという意味において、有効かもしれない。また、CR の前に運動だけの介入をおこなうことで、運動実践単独の効果を HIIT と MICT で比較できることとなる。これは研究方法論上の利点である。

2. 研究の目的

本研究では、HIIT を用いた介入プログラム (8 週間の HIIT の後に 4 週間の CR をおこなうプログラム) が、MS 該当者の健康状態にどのような影響を及ぼすかを、自転車運動の伝統的なプロトコルである MICT を用いたプログラム (8 週間の MICT の後に 4 週間の CR をおこなうプログラム) と比較する。

3. 研究の方法

対象者

地域住民を対象とした公募をおこない、応募者の中から被験者としての条件 (40～59 歳の男性、運動習慣なし、本邦の MS 基準 (予備群も含む) に該当) を満たし、且つ、医師によるメディカルチェックをパスした 26 名を本研究の対象者とした。本研究は、労働安全衛生総合研究所研究倫理審査委員会の承認 (H2516) を得ておこなったものである。実験開始前に、全対象者が研究内容に同意したうえで同意書に署名した。また、本研究の内容は、UMIN 臨床試験登録システムに登録している (UMIN11352)。

研究手法

図 1 に示す流れで測定と介入をおこなった。HIIT、MICT それぞれの詳細は表 1 に示した通りである。8 週間 (週 3 回) の運動介入の後、測定を挿んで速やかに 4 週間の CR (食事指導) による介入 (講話と実習による 90 分のセッションを週 1 回、計 4 回、CR の目安は -400 kcal/day 程) をおこなった。運動介入や CR の詳細は先行研究⁴⁻⁷ を参照されたい。

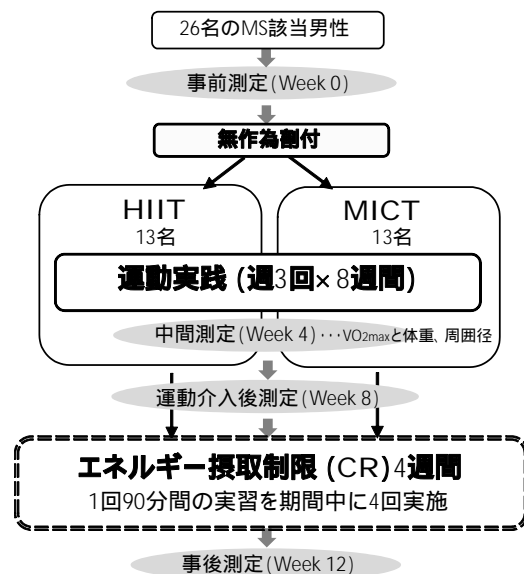


図1. 測定と介入の流れ

表 1. HIIT と MICT のプロトコル

	Protocol	Total time
HIIT	2 min (30 W, 60 rpm, warm-up)	18 min
	3 min (85% VO _{2peak} , 70 ~ 80 rpm)	
	2 min (50% VO _{2peak} , 60 rpm)	
	3 min (85% VO _{2peak} , 70 ~ 80 rpm)	
	2 min (50% VO _{2peak} , 60 rpm)	
	3 min (80% VO _{2peak} , 70 ~ 80 rpm)	
	3 min (30 W, 40 ~ 60 rpm, cool-down)	
MICT	2 min (30 W, 60 rpm, warm-up)	45 min
	40 min (60 ~ 65% VO _{2peak} , 60 rpm)	
	3 min (30 W, 40 ~ 60 rpm, cool-down)	

測定項目

身長・体重、腹囲・臀囲・大腿囲、体脂肪量 (DXA 法) 血圧、血液検査 (総蛋白、アルブミン、総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪、リン脂質、リポ蛋白、遊離脂肪酸、尿酸、尿素窒素、クレアチニン、血清鉄、血糖、HbA1c、白血球、赤血球、色素量、ヘマトクリット、血小板数、インスリン、AST、ALT、 γ -GTP) 最高酸素摂取量 (peak oxygen consumption: VO_{2peak}) 食事摂取量 (食事記録と写真)

4 . 研究成果

参加率は両群共に高く (95%以上) 全参加者が全てのプログラムを完遂した。運動トレーニングによる HIIT と MICT の VO_{2peak} 増加率は、それぞれ 25.4 ± 14.6% と 14.9 ± 12.8% であり、HIIT 群が MICT 群より有意に大きかった (図 2)。10%以上 VO_{2peak} を増加させた者は HIIT 群で 13 名 (100%)、MICT 群で 7 名 (54%) であった。一方、運動介入中は HIIT 群の VO_{2peak} 増加が著しかったのに対し、CR 介入中 (脱運動トレーニング期間中) は逆に HIIT 群の VO_{2peak} 低下が著しかった (図 2)。HIIT の運動量の少なさが影響した可能性が考えられる。

運動トレーニングにより両群とも HDL コレステロールが有意に改善した (群間差なし) (図 3) が、HbA1c の有意な改善は MICT 群のみに見られた (図 4)。血圧、総コレステロール、中性脂肪、インスリン、HOMA-1R は両群とも運動トレーニングでは改善しなかったが、食事制限により有意に改善した。

この実験で興味深かったのは、血圧・血液

検査数値の改善に HIIT 群と MICT 群の間に有意差はなかったものの、全介入を終えた段階では、全体的に HIIT 群の効果量が大きい傾向が窺えた点である。HIIT の循環機能、血管内皮機能、脂肪細胞等への効果が CR により誘発された可能性が考えられるが、本研究では、それを裏付けるデータは得られていない。

この実験結果で、もう一点、興味深かったのは、体脂肪量の減少 (図 5) に関するデータである。肥満や MS の運動療法については、「運動を日常生活に取り入れても計算通り減量しないのはなぜか」についてもよく議論されている。「運動を日常生活に取り入れたことで生活活動量が減少し、結果的に総エネルギー消費量が増加しないため」、「運動すると食事摂取量が増加するため」、「運動トレーニングが体液量を増加させるため」など諸説あるが、個人差はあるものの、運動は体重減少そのものには大きく貢献しない場合が多いことについては、多くの研究者が指摘している。本研究でも、HIIT の 1 セッションあたりのエネルギー消費量は MICT の半分程度であったにも関わらず、8 週間の運動介入による体重減少量は、HIIT 群で -0.8 kg、MICT 群で -0.9 kg であり、有意差はなかった。1 セッションあたりの運動量 (エネルギー消費量) に多少の大小があつたとしても、週 2~3 回の運動を 8 週間程実践したくらいでは、体重減少量に大きな差は生じないようである。そうであるならば、VO_{2peak} や血液検査数値の改善に MICT と同等の効果があり、その上、所要時間を短縮できる HIIT を、MS 該当者に適用する利点はあるのかもしれない。

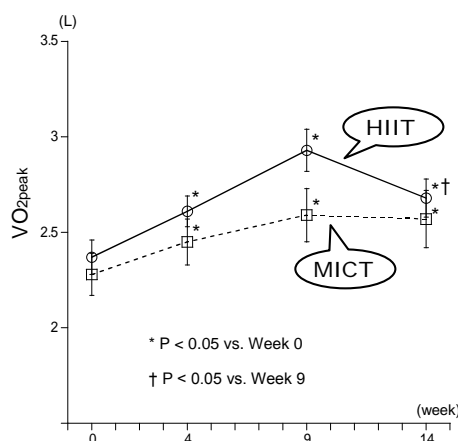


図 2 VO_{2peak} の経時変化

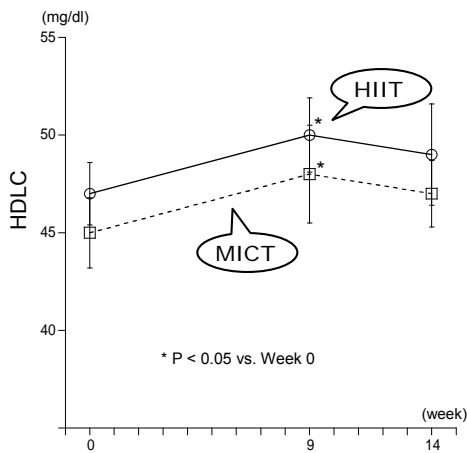


図3 HLD コレステロールの経時変化

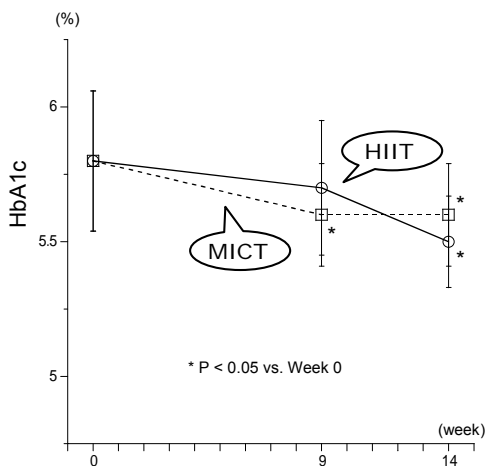


図4 HbA1cの経時変化

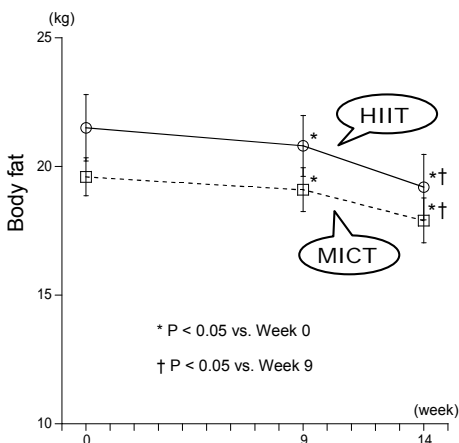


図5 体脂肪量の経時変化

結論

忙しい現代人にとって時間効率を考慮しない介入方法は例え効果があっても実用的でないが、MSを時間効率良く改善させる手段として、HIITと短期CRを組み合わせたアプローチは有効かつ実用的かもしれない。

<引用文献>

1. Tjonna AE et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118:346-54.
2. Poelkens F et al. Letter by Poelkens et al regarding article, "Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study". *Circulation*. 2009;119:e225; author reply e226.
3. Wing RR et al. Caloric restriction per se is a significant factor in improvements in glycemic control and insulin sensitivity during weight loss in obese NIDDM patients. *Diabetes care*. 1994;17:30-6.
4. Matsuo T et al. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO_{2max} and cardiac mass. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46:42-50.
5. Matsuo T et al. Low volume, high intensity, aerobic interval exercise for sedentary adults: VO_{2max} , cardiac mass, and heart rate recovery. *European journal of applied physiology*. 2014;114:1963-72.
6. Matsuo T et al. An exercise protocol designed to control energy expenditure for long-term space missions. *Aviat Space Environ Med*. 2012;83:783-9.
7. 松尾 知明 他. 自治体と大学が共同で取り組んだ減量教室事業の成果: Sodegaura Weight Management Study. *日本公衆衛生雑誌* 57:390-402, 2010.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Matsuo T, So R, Shimojo N, Tanaka K. Effect of aerobic exercise training followed by a low-calorie diet on metabolic syndrome risk factors in men. *Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases*, (査読有り) (掲載決定)
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.009>

〔学会発表〕(計4件)

1. 松尾 知明, 忙しい労働者に向けた新たなメタボリックシンドローム対策: 高強度インターバル有酸素性運動と食事制限を組み合わせたプログラムの効果, 第88回日本産業衛生学会, 2015.5.14, グランフロント大阪(大阪)
2. 松尾 知明, 労働衛生分野における体力科学研究~JNIOOSHの取り組み~, 第88回日本産業衛生学会, 2015.5.15, グランフロント大阪(大阪)
3. 松尾 知明, 生活習慣介入・体力低位者に向けた“高強度”運動の有用の可能性, 第35回日本肥満学会, 2014.10.25, シーガイアコンベンションセンター(宮崎)
4. 松尾 知明, メタボリックシンドローム対策: 忙しい労働者へのアプローチ, 第10回日本メディカルフィットネスフォーラム, 2015.6.20, 筑波大学(つくば)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松尾 知明 (Matsuo Tomoaki)
独立行政法人労働安全衛生総合研究所, 有害性評価研究グループ, 任期付研究員
研究者番号: 30582697