

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：37109

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26702031

研究課題名(和文) 青壮年期からの運動器症候群予防に寄与する身体活動条件の解明と身体活動促進法の開発

研究課題名(英文) Prescription and promotion of daily physical activity for the prevention of future locomotive syndrome in young and middle-aged adults

研究代表者

熊原 秀晃 (KUMAHARA, Hideaki)

中村学園大学・栄養科学部・准教授

研究者番号：40389367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,800,000円

研究成果の概要(和文)：青壮年期において将来の運動器症候群予防に資する適切な身体活動については身体的体力(体組成を含む)を獲得できる日常身体活動促進法の開発の基盤的研究として、青壮年女性を対象に数種の実験を行い次のような知見を得た。乳酸閾値強度(LT)の有酸素性運動後に骨形成マーカーが高値を示し、骨代謝に好影響を与え得る身体活動条件(運動条件)が考えられた。日常歩数の向上は、中等度強度活動を増加し座位活動を減少させるが、諸体力を高める効果を有さない可能性が考えられた。一方、活動量計を応用した介入方法にて日常生活下でLT活動を積算でき、かつ全身持久力等の向上や疾病リスク関連の血中パラメータを改善することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to explore the prescription and promoting method of daily physical activity (PA), which can ameliorate the quality of PA and physical fitness to reduce the risk of future locomotive syndrome development (such as osteoporosis and sarcopenia) in young and middle-aged adults. Our results indicated that a bone-formation marker increased in compared to the control after treadmill walking at the lactate threshold intensity (LT); this indicated that the intensity would affect bone metabolism in the group of healthy young adult women. Furthermore, increasing the step count decreased sedentary behaviour accompanied by an increase in moderate-vigorous PA. However, measurable effects on fitness were not observed in young adult women. In contrast, an activity monitor-based intervention is suitable for improving the quality of PA (increasing PA at/above LT), cardiorespiratory fitness, and cardiometabolic parameters, which would prevent the future functional limitation development.

研究分野：応用健康科学

キーワード：運動生理学 身体活動 乳酸閾値 運動強度

1. 研究開始当初の背景

40歳未満の青壮年期の健康状態は、中高年齢期の疾病罹患と密接に関連することが分かっている。健康日本21(第二次)は、青壮年期世代への生活習慣の改善に向けた働きかけを重点的に行う必要性を強調しており、身体活動習慣の改善も重要課題の一つである。加齢に伴う骨量減少(骨粗鬆症)やサルコペニアは、生活習慣病や運動器症候群(ロコモティブシンドローム)の主因である。骨粗鬆症は、性差のある疾患であり、特に女性は中年期以前に高骨強度・高骨量を獲得しておくことが予防に重要とされている。青壮年女性を対象とした先行研究において、従来重要とされてきた食習慣や体重、血中カルシウム濃度のみならず、1日の歩数や全身持久力・筋力が高水準であり、肥満でないことが独立した骨形成の促進要因である可能性が示唆されている(Mowry et al. J Am Osteopath Assoc, 2009; Ohta et al. J Bone Miner Metab, 2009; Miyabara et al. J Bone Miner Metab, 2007)。また、青壮年初期でも運動習慣の消滅によって骨量に低下がみられることも報告されている(Nakazono et al. Osteoporos Int, 2013)。したがって、青壮年期において、適正な身体組成(筋量や骨強度を含む)および全身持久力、下肢筋力(いわゆる健康関連体力)を確保するための身体活動習慣の形成が将来の運動器症候群(骨粗鬆症とサルコペニアを含む)ひいてはフレイルの予防に重要と考えられる。しかし、青壮年期を対象に積極的な運動以外の日常生活活動を高めることの有効性に関するエビデンスは十分でない。例えば、青壮年期を対象とした骨代謝に関する研究は限定的であり、どのような質と量の有酸素性の身体活動が骨代謝に影響するかを示した根拠は不足している(Nikander et al. BM Medicine, 2010)。

ところで、血中乳酸閾値強度(LT)の運動は代謝性疾患リスクの改善有効であることは多く報告されている。しかし、当該強度が骨代謝にも好ましい影響を及ぼすかについては明らかでない。また、通常は運動様実施されるLT活動を青壮年者の日々の日常生活下の活動にて積算し得るかどうか、またそれによる健康効果についても未解明な点が多い。

以上のような観点より、青壮年期からの運動器症候群の予防を意図した、適切な身体活動および健康関連体力の獲得を喚起する日常身体活動の条件を明らかにすることで、当該身体活動条件を担保した日常身体活動促進法の開発のための基盤的検討を試みた。具体的には、青壮年女性を対象とし、主に次に示す課題を検証した。

2. 研究の目的

(1) 異なる身体活動条件による一過性の有酸素性運動が血中骨代謝マーカーに及ぼす影響を検討した。

(2) 青壮年者の身体活動促進の有効な目標指標を探究するための基礎的検討として、現行の代表的な目標指標である歩数に焦点をあて、国際的な身体活動ガイドランで推奨されている中等度強度活動および血中乳酸閾値強度活動時間との関連性を横断的に検証した。

(3) 日常身体活動の促進が如何に身体活動の質と量(歩数、各強度の活動時間、座位活動時間等)ひいては将来の運動器症候群や疾病予防に資する健康関連体力等に影響するかを明らかにする為に、日常歩数に対する介入効果の視点より検討した。

(4) 上記(3)について、任意の運動強度の日常身体活動に対する介入効果の視点より検討した。

3. 研究の方法

(1) 運動習慣がなく、かつ1年以内に骨折や妊娠出産経験がなく、骨代謝に影響する服薬や疾病治療中でない青壮年女性12名(30±9歳)を対象とした。トレッドミルを用いた運動実験および運動を行わないコントロール(安静)実験を3日間以上の間隔を空けて無作為化クロスオーバー試験にて実施した。運動実験は事前の多段階漸増運動負荷試験の結果に基づき、LTに相当する強度(先行研究に基づき血中乳酸濃度2.0mmol/Lを基準とした)で60分間の運動、およびLTの50%強度で前述のLT実験と同等のエネルギー消費量となる時間の運動を試験した。いずれの試験も開始前(ベースライン)および運動後に肘静脈より採血を行った。骨吸収マーカー(NTX, TRACP-5b)や骨形成マーカー(BAP, PINP)等の血液生化学分析を行った。運動中は随時、呼気ガスと心拍数を計測し運動強度の確認を行った。

(2) 20~29歳の健常成人女性70名(BMI:20.3±1.7kg/m²)を対象とした。妥当性が証明された加速度計を腰部に7日間に亘り装着してもらい、日常生活下の身体活動を評価した。4秒毎に記録された身体活動データに基づき、低強度(LPA)、中等度強度(MVPA)、座位(SA)、LT以上の平均活動時間(≥LTPA)および歩数を評価した。個々人のLTは、事前に踏み台昇降を用いた最大下間欠式多段階漸増負荷試験(Ayabe et al. IJSHS, 2003; 2004)により評価した。

(3) 21~37歳の健常青壮年女性を対象とし、歩数介入群(16名; BMI:20.1±2.4kg/m²)と対照群(14名; BMI:20.5±2.0kg/m²)による8週間のランダム化比較試験を実施した。介入群は、歩数計を用いて介入前の平均日常歩数プラス21000歩/週(平均3000歩/日に相当)を目標に歩数を増やすよう教示された。

一方、対照群は数値表示画面をブラインドされた歩数計を装着した上で身体活動習慣を変容させないよう教示された。全身持久力は踏み台昇降を用いた最大下間欠式多段階漸増負荷試験で測定された LT (Ayabe et al. IJSHS, 2003; 2004) にて、下肢筋力は 30 秒椅子立上りテスト (中谷ら. 体育学研究, 2002; 臨床スポーツ医学, 2003) にて介入前後に評価した。身体活動は、腰部装着の加速度計にて 4 秒毎に記録された身体活動データに基づき、低強度 (LPA)、中等度強度 (MVPA)、座位 (SA)、LT 以上の平均活動時間 (\geq LTPA) および歩数を評価した。加えて、各強度の活動時間が日中の歩数計装着時間に占める割合を算出した (%LPA, %MVPA, %SA, \geq LTPA)。

(4) 青壮年女性 22 名を対象とし、日常身体活動介入群と対照群による 12 週間のランダム化比較試験を実施した。介入群 (11 名; 33 \pm 7 歳, BMI: 20.6 \pm 2.6 kg/m²) は、日常生活下にて任意の強度以上の活動時間を表示できる身体活動量計を用いて血中乳酸閾値強度以上の活動時間を積算することを目標とされた (目標時間は年齢ごとに 160-180 分/週で設定)。一方、対照群 (11 名; 32 \pm 9 歳, BMI: 21.3 \pm 2.6 kg/m²) は歩数が表示される活動量計を装着するが身体活動習慣を変容させないよう教示された。健康関連体力および身体活動の評価は、上記実験 (2) と同様に行った。加えて、介入前後に上腕肘静脈より採血を行った。

なお、本研究の全てのプロトコルは、中村学園大学倫理審査委員会の承認を受けたものであり、被験者の募集にあたっては、書面ならびに口頭にて研究内容を説明すると共に、書面にてインフォームドコンセントを得た。

4. 研究成果

(1) 一部の骨形成マーカーにおいて運動前後で有意な交互作用 (運動条件 \times 時間) が認められ、LT の運動条件で運動後にコントロールに比して有意に高値を示した。一方、50%LT で同エネルギー消費量となる運動時間の運動条件では、このような影響は認められなかった。また、骨吸収マーカーにおいては有意な交互作用は認められなかった。

(2) 歩数と MVPA の間に有意な相関関係が確認された ($r=0.81$, $p<0.05$)。しかし、当該回帰式の standard error of estimate は約 1600 歩であった。加えて、対象者個々人の 7 日間のデータを用いて従属変数を歩数、独立変数を MVPA とする回帰式を算出し、個人毎に MVPA30 分を充足する歩数を推定したところ、1 日に占める LPA あるいは MVPA の割合が個人差の規定因子の一つと考えられた。また、日常生活下の LT 活動は、本対象者のような定期的な運動習慣のない若年成人女性にお

いては極めて短時間であることが明らかとなった。さらに、LT 活動時間は歩数や MVPA と関連しないことが示唆され、日常身体活動促進の際には目的に応じた目標指標を設定する必要性が考えられた。

(3) 歩数、LPA、MVPA および \geq LTPA に有意な交互作用が認められ、介入群において介入中の各活動時間は介入前に比して有意に増加することが認められた。ただし、歩数計装着時間に交互作用の傾向が認められた為、各強度時間が歩数計装着時間に占める割合にて検討した結果、介入群の %MVPA と \geq LTPA において介入による有意な増加、%SA において有意な低下が認められた (図 1)。また、身体活動パターンを詳細に分析した結果、1 回あたりの活動が 32 秒以上、1 分以上、3 分以上、および 5 分以上持続する MVPA の頻度が介入により有意に増加し身体活動パターンの変容も考えられた。一方、全身持久力と下肢筋力はいずれも有意な交互作用を認めなかった (図 2)。しかし、介入群において介入による \geq LTPA の変化と全身持久力の変化量の間に有意な正の相関関係が認められた (図 3: $r=0.542$, $p<0.05$)。青壮年女性における歩数の増加を目標とした身体活動支援は、中等度活動の増加もしくは座位活動の減少といった身体活動の促進効果が期待できるものの、血中乳酸閾値強度以上の活動時間の十分な延伸ひいては全身持久力や下肢筋力を向上させる効果を有さないことが示唆された。すなわち、歩数のみでなく強度を加味した日常身体活動の質を変容させることが運動器症候群の予防とも密接に関連する諸体力に影響を及ぼし、血中乳酸閾値強度がその至適運動強度である可能性が考えられた。

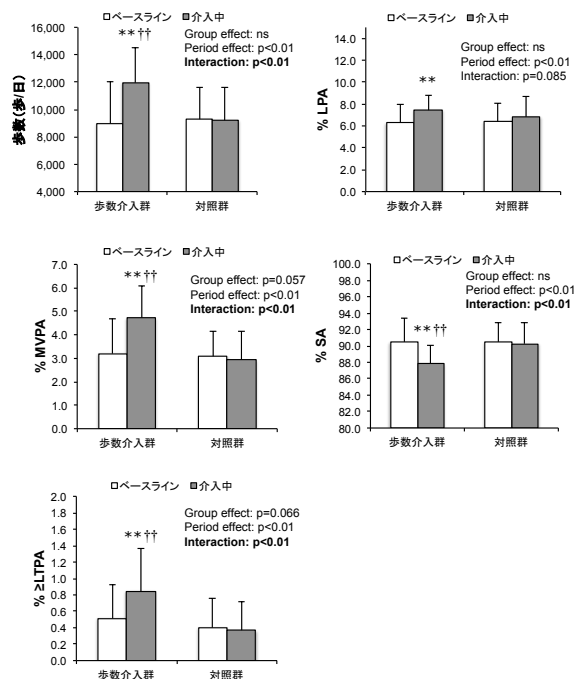


図1. 歩数介入が総装着時間に占めるSA, LPA, MVPA, \geq LTの割合に及ぼす影響平均 \pm SD. ** $p<0.01$, $p<0.05$; グループ内における介入前後比較. †† $p<0.01$, † $p<0.05$; 同測定期におけるグループ間比較.

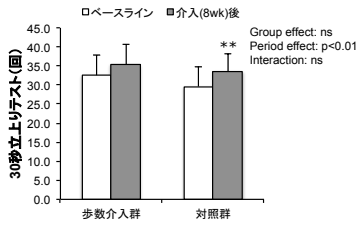


図2. 歩数介入が全身持久力(LT)および下肢筋力(30秒椅子立上りに及ぼす影響
平均±SD. **p<0.01, p<0.05; グループ内における介入前後比較.
LTは、対象者1名が採血拒否の為、15名で解析した.

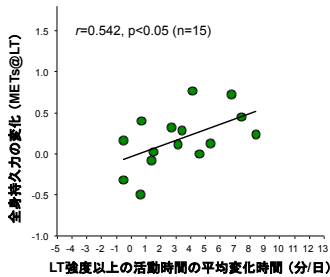


図3. 介入群における \geq LTPA変化とLT変化の関連性
LTは、対象者1名が採血拒否の為、15名で解析した.

(4) 介入群の目標 \geq LT 時間のコンプライアンスは高かった (99.0 \pm 20.8%の目標時間を充足). \geq LTPA および中等度活動時間に有意な交互作用 (群 \times 期間) が認められ, 介入群で有意に増加した (表1). 全身持久力を反映する漸増運動負荷試験時に評価された LT 強度も同様に介入群のみで有意に増加した (表2, 図4). また, 心血管疾患等に関連するパラメータの一部にもポジティブな影響が認められた (図4). 本結果より, 任意の強度を表示できる活動量計を用いることで日常生活下にて \geq LTを積算できると考えられた. また, そのような身体活動の変容は, 将来の運動器症候群の予防に繋がる身体的体力を向上させ得ると示唆された. 本介入法は, 青壮年期において将来に亘る運動器症候群予防に寄与する身体活動条件を担保した実践的日常生活活動促進法の開発に応用できると考えられた.

表1. 身体活動介入による日常生活活動指標の変化.

	対照群 (n=11)		介入群 (n=11)		Group effect	Period effect	Interaction
	0w (baseline)	12w	0w (baseline)	12w			
\geq LTPA (分/日)	3.6 \pm 2.3	4.1 \pm 2.3	5.4 \pm 3.8	24.3 \pm 5.3***††	p<0.001	p<0.001	p<0.001
[(分/週)	25.1 \pm 15.8	28.5 \pm 15.8	37.7 \pm 26.3	170.3 \pm 37.3			
MVPA (分/日)	30.4 \pm 20.5	25.1 \pm 13.8	28.6 \pm 17.3	41.9 \pm 10.4***††	0.259	0.069	p<0.001
LPA (分/日)	65.6 \pm 21.8	53.1 \pm 13.4*	70.9 \pm 15.6	58.9 \pm 14.9**	0.398	0.001	0.939
歩数 (歩/日)	9380 \pm 2994	7741 \pm 1466*	9495 \pm 2435	10919 \pm 1865***††	0.075	0.793	0.001

平均±SD
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1; グループ内における介入前後比較 (Paired t-test).
††p<0.01, †p<0.05, †p<0.1; 両測定期におけるグループ間比較.

表2. 身体活動介入が全身持久力(LT)および体格に及ぼす影響.

	対照群 (n=11)		介入群 (n=11)		Group effect	Period effect	Interaction
	0w (baseline)	12w	0w (baseline)	12w			
LT (METs)	5.3 \pm 0.7	5.2 \pm 0.7	5.0 \pm 0.9	5.8 \pm 0.9***†	0.597	0.006	0.001
体重 (kg)	52.4 \pm 5.7	53.4 \pm 5.9*	52.9 \pm 7.7	53.2 \pm 6.9	0.154	0.017	0.962
BMI (kg/m ²)	21.3 \pm 2.6	21.7 \pm 2.8*	20.6 \pm 2.6	20.7 \pm 2.3	0.430	0.016	0.134
ウエスト周囲径 (cm)	74.1 \pm 5.5	75.2 \pm 7.3	75.1 \pm 7.2	73.8 \pm 6.7	0.948	0.917	0.320

平均±SD
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1; グループ内における介入前後比較 (Paired t-test).
††p<0.01, †p<0.05, †p<0.1; 両測定期におけるグループ間比較.

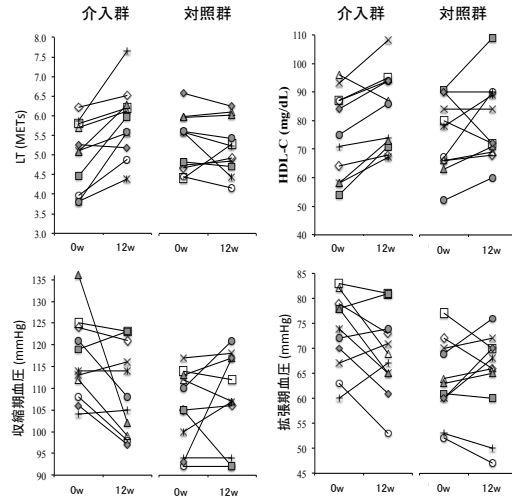


図4. 身体活動介入による全身持久力(LT), HDLコレステロール値, 血圧値の個人内変動

以上の結果より, 青壮年期からの運動器症候群の予防に必要な諸体力の獲得を担保する身体活動条件が示唆された. 加えて, そのような日常生活活動の質の向上を支援する身体活動促進法の案が考えられた.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 熊原秀晃、好ましい身体適応を喚起する日常生活活動条件の探求-生活習慣病予防の視座から-, 日本生理人類学会誌、査読有、20巻、2015、209-213
https://doi.org/10.20718/jjpa.20.4_209

[学会発表] (計13件)

- ① Kumahara H, Ayabe M, Effect of activity monitor-based intervention aiming to increase habitual physical activity above lactate threshold on the quality of daily activity and cardiorespiratory fitness in young adult Japanese females: a randomized controlled trial, 1st Asia-Pacific CardioMetabolic Syndrome Congress, 2018年
- ② Kumahara H, Ayabe M, Pattern changes in activity and sedentary behaviour

during a pedometer intervention: a physical activity bout analysis using accelerometry, 5th International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement, 2017 年

- ③ Kumahara H, Ayabe M, Effects of pedometer-based intervention on sedentary behaviour, cardiorespiratory fitness and mental health in young adult females: a randomised controlled trial, The 6th International Congress on Physical Activity and Public Health, 2016 年
- ④ 熊原秀晃、綾部誠也、歩数および運動強度に基づく身体活動介入が活動の質とパターンに及ぼす急性影響、第 71 回日本体力医学会大会、2016 年
- ⑤ Kumahara H, Ayabe M, Akagi H, Doi M, Yokoo S, Kikugawa E, Influence of increased physical activity on appetite and mood state in young adult women using various physical activity indicators, 21th annual Congress of the European College of Sport Science, 2016 年
- ⑥ 熊原秀晃、綾部誠也、歩数計を主体とした身体活動支援が青壮年女性の体力に及ぼす効果、第 70 回日本体力医学会大会、2015 年
- ⑦ Kumahara H, Ayabe M, Effects of a physical activity intervention aiming to increase step count on the quality of daily physical activity and physical fitness in young adult women, 2015 International Conference on Diet and Activity Methods (ICDAM9)、2015 年
- ⑧ Kumahara H, Ayabe M, Is steps per day an adequate alternative indicator for achieving a target level of moderate-to- vigorous physical activity in young adult women?, 20th annual Congress of the European College of Sport Science, 2015 年
- ⑨ 熊原秀晃、好ましい身体適応を喚起する身体活動条件の探究、日本生理人類学会第 72 回大会シンポジウム II 「代謝機能からみた全 身的協働と適応能」、2015 年
- ⑩ 熊原秀晃、綾部誠也、歩数計を主体とした身体活動支援が青壮年女性のメンタルヘル스에及ぼす影響、第 16 回日本健康支援学会年次学術大会、2015 年
- ⑪ 熊原秀晃、綾部誠也、歩数の増加が青壮年女性の座位活動および中等度活動に及ぼす影響、第 69 回日本体力医学会大会、2014 年
- ⑫ Kumahara H, Ayabe M, Does increasing the daily step count improve the quantity

and quality of physical activity for meeting physical activity guidelines in young adult women?, 5th Conference of HEPA Europe (European network for the promotion of health-enhancing physical activity)、2014 年

- ⑬ Kumahara H, Ayabe M, Effects of increasing the daily step count on physical inactivity and mental health in young adult females, 19th annual Congress of the European College of Sport Science, 2014 年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊原 秀晃 (KUMAHARA, Hideaki)
中村学園大学・栄養科学部・准教授
研究者番号：40389367