

# 運動習慣の有無が運動時の生体応答および 主観的強度に及ぼす影響

内 田 英 二  
神 林 勲  
塚 本 来  
木 本 可  
武 田 勝

※<sup>1</sup>  
※<sup>2</sup>  
※<sup>3</sup>  
※<sup>4</sup>  
※<sup>5</sup>

## 1. 緒言

運動・スポーツの実践が身体的な健康に対して有効であることは周知のことであり、最大酸素摂取量や心拍出量の増大といった呼吸循環機能に対する効果や肥満や糖尿病に代表される代謝異常の改善が数多く報告されている。2000年から始まった「21世紀における国民健康づくり運動（通称「健康日本21」）」では「1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している」運動習慣者の増加を目指したがその推移はほぼ横ばいであり、20才代女性では12.4%という低値を示している（厚生労働省、2010）。また過去1年間に運動・スポーツを全く行っていないという割合は28.1%にのぼることが明らかになり、女性に関して20歳代は31.1%に上り、70才代、60才代に次ぐ低い割合となっている（笹川スポーツ財団、2009）。

ウォーキング、ジョギングに代表される有酸素性運動は比較的運動強度が低く、また安全性が高いことから高齢者や運動経験の少ない人に推奨される運動種目である。種目別の運動・スポーツ実施率において最も高い実施率を示したものが散歩（30.8%）であり、ウォーキングは22.4%で第2位であった。散歩やウォーキングといった身体的負担の少ない運動は特に40才代以降での実施率が高い傾向が報告されている（笹川スポーツ財団、2009）。また「健康づくりのための運動指針2006」（2006）では、健康に関連する身体能力として有酸素性（持久性）能力と筋力を挙げ、この能力を高く維持することにより生活習慣病の

発症リスクを低減できるとしている。また Nemoto 他（2007）は中高年者に対するインターバル速歩トレーニングによって血圧が改善し、有酸素性作業能力および膝関節の伸展力、屈曲力が向上したとしている。

これらのことから健康維持を目的とする運動としては生体負担の低い軽負荷運動で十分であるにもかかわらず、青年期女性に関しては残念ながらその実施率が低い現状が明らかとなっている。

青少年期の運動実践の場としては運動部活動が挙げられるが、高校生の運動部活動の入部率は男子で約半数、女子では1/3程度にとどまっている（神奈川県立体育センター、2008）。また文部科学省が実施した平成20年体力・運動能力調査（2009）の結果では高校生の時期にあたる16～17歳頃の身体能力は運動部に所属しているか否かで体力レベルに大きい差が生じていると報告している。これらのことからすでに高校段階で体力低下という深刻な問題がすでに生じている可能性が考えられる。

谷川と末松（2006）は大学生の運動能力は中学、高校期のスポーツ活動経験との相関が高いとしていることから、青少年期に運動部活動という身体活動の機会の有無は体力レベルを二極化していることが推察される。

運動強度を示す指標には、生体反応である呼吸循環機能を示す心拍数（HR）や酸素摂取量（VO<sub>2</sub>）の最大値からその相対的位置を評価する%HRmax、%VO<sub>2</sub>max、また自身の負担感に基づく自覚的運動強度である Borg scale、Rating of Perceived Exertion

※1 大正大学人間学部

※2 北海道教育大学教育学部岩見沢校

※3 東海大学国際文化学部

※4 旭川工業高等専門学校

※5 札幌医科大学保健医療学部

(RPE) などがある。これらの指標は互いに比例的な関係にあることから、RPE など特別な機器を使用しない簡便な方法によって運動強度を推定している。内田ほか(2008)は、運動習慣の有無によって同一のRPE に対するHR の応答が異なり、非運動習慣者は運動習慣者に比べて運動のきつさをより低いHR で自覚的に認識することを報告した。すなわち各個人の体力レベルによっては、RPE からHR など生体反応を一律に予測することが難しく、またそれに伴い運動強度の設定が適切に行われないことも推察される。

そこで本研究は運動習慣の異なる健康な女子大学生を対象に、自転車漕ぎ運動による最大下運動負荷テストを行い、HR および RPE の関係に対して運動習慣がどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 被検者

本研究では、自発的な意志による参加協力を求め、その属性は運動実践の乏しい典型例と考えられる運動嫌いを自認し、現在運動習慣を有さない者(no habit ; NH 群) とその対照群として週 2 回程度の運動を定期的実施している者(habitual exercise ;HE 群) とした。その結果、NH 群、HE 群いずれも各 9 名、計 18 名が参加意志を示した。すべての協力予定者に対して研究目的を口頭で説明し、また研究の意義、方法、人権擁護への配慮などを記した同意書を提示し、同意の得られた被検者より同意書への署名を得ることとした。また同意の撤回は可能であることを併せて伝えた。

その結果、すべての協力予定者が同意書に署名し、被検者として参加した(NH 群; 平均  $20.2 \pm 0.97$  才、HE 群; 平均  $20.1 \pm 1.05$  才)。

### 2) 形態計測

運動負荷テスト開始前に被検者の形態計測を行った。体組成計(タニタ社製、BC-621)を用いて体重、体脂肪率、筋量、基礎代謝量等の項目について測定し、得られた測定値を用いて Body mass index (BMI)、fat free mass (FFM) を算出した。

### 3) 運動負荷テスト

運動負荷テストは被検者の身体的状況を考慮した最大下運動で行なうこととし、測定は室温  $23 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $40 \sim 50\%$  に調整された室内環境下で実施した。

運動負荷は漸増負荷(ステップ式)による自転車漕ぎ運動とし、電磁抵抗式自転車エルゴメーター(コンビ社製エアロバイク 75XL)を用いて実施した。なお、自転車エルゴメーターの使用について、使用した経験のない被検者に対して本実験の前に練習する機会を設定した。

被検者は自転車で座位安静状態を 3 分保った後、運動を開始した。負荷は 2 分毎に 20W 漸増し、ペダリングの回転数は 50rpm とした(Fig. 1)。運動中、簡易式心拍計(Polar 社製、S610i)を用いて心拍数(HR)を測定し、心拍変化をモニターにより観察した。HR の測定は運動開始 3 分前から終了までとした。また RPE については運動開始後毎分 30 秒に確認した。運動終了は被検者が RPE の 15 (「きつい」に相当) を表明した時点としたが、被検者がそれより前に終了の意志を示すか、自転車の回転数が 40rpm を継続的に下回った場合は直ちに終了することとした。

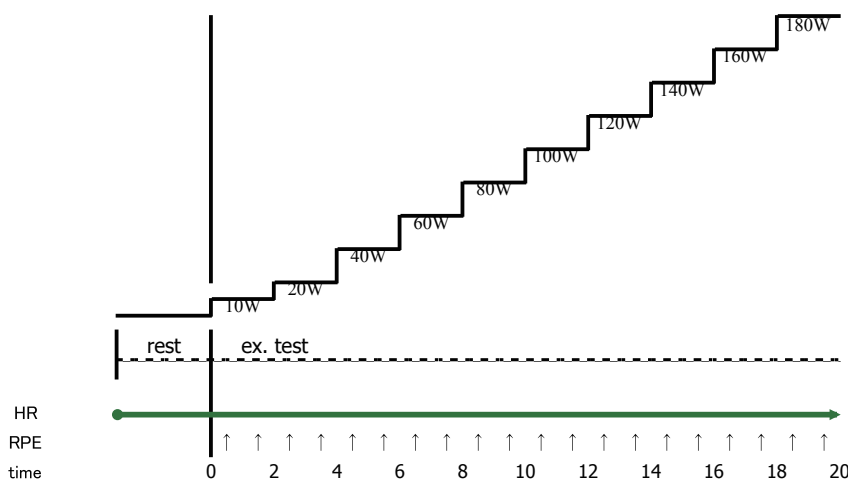


Fig.1. Protocol of the exercise test in this study.

#### 4) 統計処理

結果は平均値±標準偏差 (M ± SD) で記述した。群間の相違については対応のない t 検定を用いた。また RPE と HR の関係については二元配置分散分析を行い、交互作用の有無を確認した。有意性が認められた場合は、対応のない t 検定で下位検定を行った。有意水準は危険率 5% 未満とした。

なお本研究は、研究倫理を審査する大正大学学術研究助成金運営委員会の承認を得て実施した。

### 3. 結果

#### ・被検者の身体的特徴

被検者の形態計測の結果は Table 1 に示した。HE 群が体重で約 4.5kg、体脂肪率で約 5.2%および BMI

で約 2.0 ポイント低値を示し、体脂肪率は 1%水準で、体重および BMI はそれぞれ 5%水準で有意差を認めた。しかし FFM については有意差を認めなかったことから体重の差は体脂肪量の差によるものと考えられた。

#### ・運動負荷テスト中の心拍数変動について

運動負荷テストについては、漸増負荷方式による自転車漕ぎ運動とし、RPE と HR を測定した。

RPE が 13 (「ややきつい」レベル; RPE @ 13) ポイントおよび 15 ポイント (「きつい」レベル; RPE @ 15) に達した時点の 2 つの時点について、その時点に至るまでの運動時間および HR について 2 群の比較検討を行った。その結果は、Fig. 2 に示した。

Table 1. Physical characteristics of subjects. (mean ± SD)

		NH (n =9)		HE (n =9)		significance level
Body height	(m)	1.588	± 0.05	1.592	± 0.05	ns
Body weight	(kg)	57.1	± 4.66	52.5	± 3.67	p < 0.05
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	22.7	± 1.82	20.7	± 1.23	p < 0.05
%fat	(%)	31.6	± 3.59	26.4	± 3.6	p < 0.01
FFM	(kg)	38.9	± 2.52	38.6	± 2.64	ns

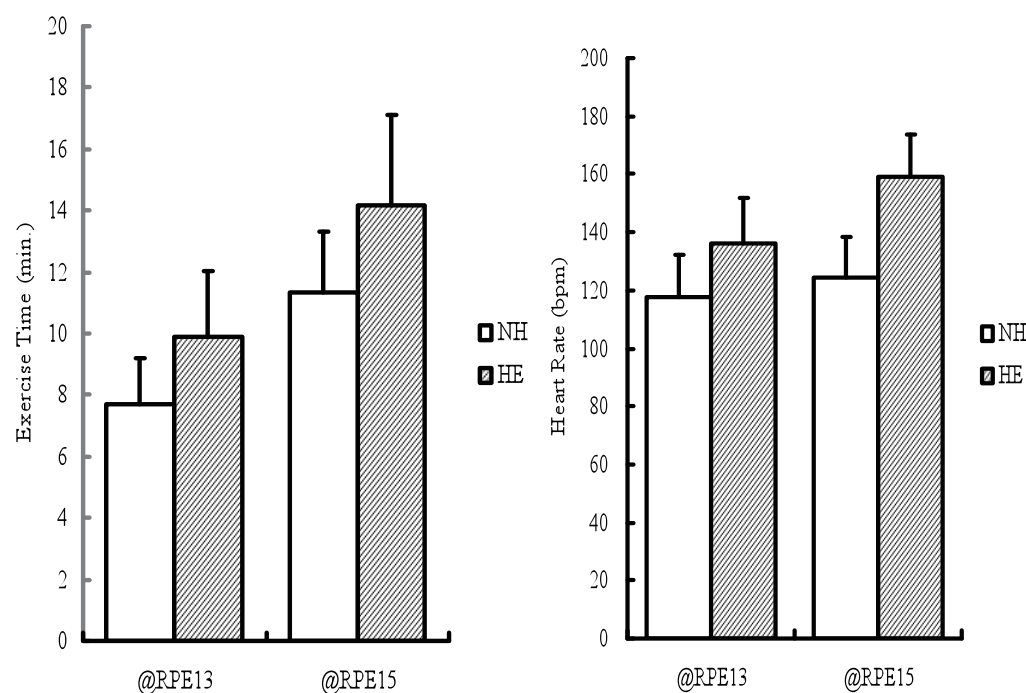


Fig. 2 Exercise time and heart rate at RPE13 and RPE15 in each group.

運動時間について、RPE @ 13 では HE 群が  $9.9 \pm 2.1$  分、NH 群が  $7.7 \pm 1.5$  分、RPE @ 15 では HE 群が  $14.2 \pm 3.0$  分、NH 群が  $11.3 \pm 2.0$  分という値であり、いずれも HE 群が有意な延伸を示した（いずれも  $p < 0.05$ ）。

HR については RPE @ 15 では HE 群が  $159.2 \pm 14.4$  拍 / 分、NH 群が  $136.1 \pm 15.5$  拍 / 分と HE 群が 20 拍以上高い値を示し、2 群間に有意差を認めた（ $p < 0.05$ ）しかし、RPE @ 13 では 2 群間に有意差は認めなかった。

被検者の年齢、安静および最大心拍数から推定する心拍予備能（%Heart rate reserve; %HRR）の結果については Fig. 3 に示した。

RPE @ 13 の時点において、%HRR は HE 群が約 10 ポイント高値を示し、統計的にも有意であった（ $p < 0.05$ ）。RPE @ の時点についても HE 群が 20 ポイント以上高値を示し、統計的にも有意であった（ $p < 0.001$ ）。

2 群の運動開始時から RPE @ 15 までの RPE と HR の関係については Fig.4 および Fig.5 に示した。本研究の心拍数変化では負荷強度の増加に伴い 2 群の差が大きくなる傾向が観察された。そこで 2 群の心拍数－RPE 関係に違いがあるのかを確認するために二元配置分散分析および直線回帰を施した。

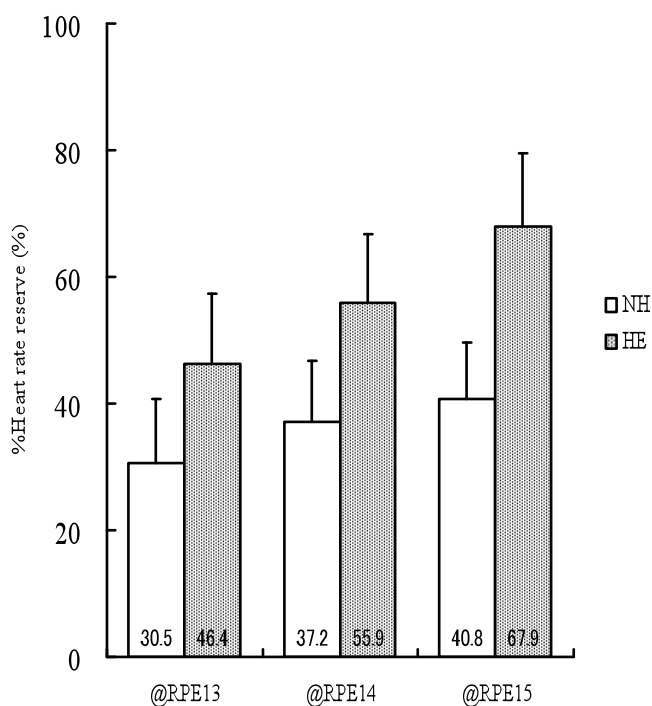


Fig. 3 The %heart rate reserve at RPE13, 14 and 15 in each group.

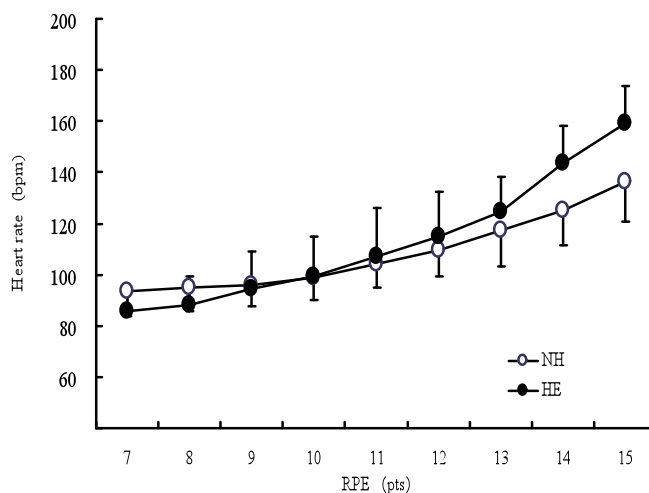


Fig. 4 The changes of heart rates to the same RPE point in each group. \*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$

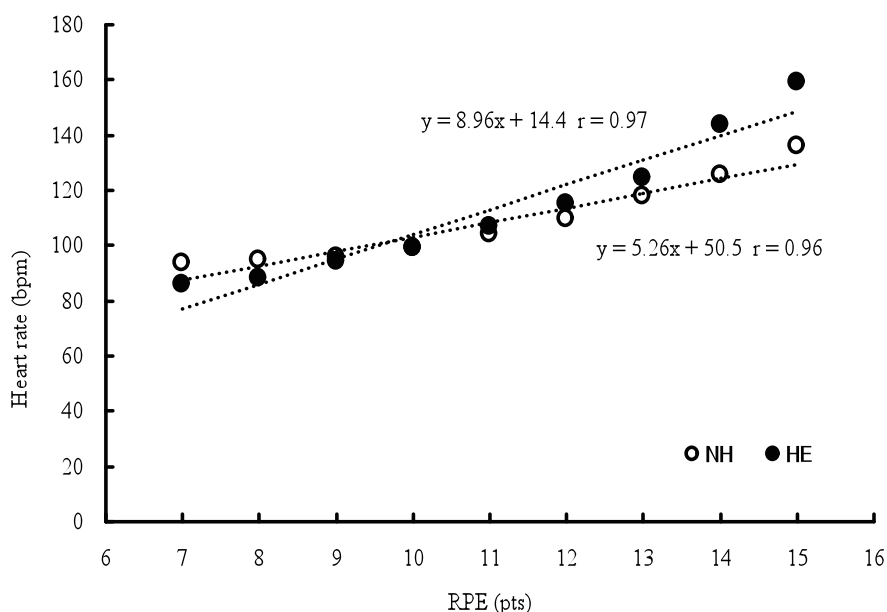


Fig. 5 Linear regressions of the relationship between heart rate and RPE in each group.

分散分析の結果、2 群間には危険率 5%水準での交互作用があることを確認した。さらに RPE のどの時点から 2 群の差に有意性が生じるのかを明らかにするため下位検定として t 検定を行った結果、RPE @ 14 ( $p < 0.05$ ) と RPE @ 15 ( $p < 0.01$ ) で有意差が認められた。直線回帰については 2 群いずれも直線性において高い相関係数 (NH 群;  $r = 0.97$ 、HE 群;  $r = 0.96$ ) が得られた。また回帰直線の傾きは HE 群の方が大きいことが明らかとなった (Fig.5)。

#### 4. 考察

本研究では、運動習慣の有無による RPE と HR の関係について、自転車漕ぎ運動を用いた漸増負荷による最大下運動負荷テストを行った。

その結果、形態面において HE 群が体重、体脂肪率および BMI で有意に低値を示し、身体的に好ましい状況であることが確認された。体脂肪率に関して NH 群では平均値で 30% 超という結果であったが、日本肥満学会の判定基準では軽度肥満に分類される状況であった (日本肥満学会、2001)。和田は運動や食事など 6 つの要因から設定した健康習慣の影響に関する中高年に対する疫学調査で、健康習慣を実行している人ほど BMI、体脂肪率などで低値を示したとしているが、内田ほか (2008、2009) は女子大学生を対象とした研究で運動習慣の有無による形態面には差がなかったとし、本研究の HE 群とほぼ同様の値であったと報告している。

本研究で非運動習慣群とした NH 群は、これまで運動・スポーツ活動の経験がほとんど持っておらず、また現在も運動の実施に否定的な「運動嫌い」という属性である。このことが影響した可能性が考えられるが、日常生活での身体活動量に関しては詳細を把握していないため、今後この点を併せた検討の必要性が示唆された。

RPE と HR の関係については、RPE が同じであっても生体応答である HR は HE 群が有意に高値を示し、また運動負荷の増加に伴って両者の変化パターンの相違に有意性が認められた。

本研究では NH 群のように運動経験が著しく少ない被検者を用いたため、より安全性の高い方法で実験を行った。このことから RPE と HR の関係についてはあくまでも RPE15、すなわち「きつい」と自覚するレベルまでに限定される。ただし、特に HE 群に代表されるいわゆる運動初心者が実施すると考えられる運動強度の上限は本研究で設定した範囲内であることが推察できる。

本研究ではいずれの群でも両者に比例的な関係があることが確認されたが、より高い負荷強度で運動した場合、本研究の結果から運動習慣の有無によって RPE - HR 関係の相違がさらに著しくなることは十分に予測できる。

運動量は運動強度と運動時間の積で表わされる。運動を行う場合は対象者の身体的状況を考慮し、安全性をした内容にする必要があるが、一般人に対しては運動強度を上げることよりも運動時間を多くすることで必要な運動量を確保すべきであろう。具体的には身体



的負担の少ない比較的軽い強度での運動（速歩やゆっくりしたジョギングなど）が望ましいと考えられる。このように運動強度を簡便に設定する方法である RPE と生体からの応答から規定する運動強度は比例するとされている。アメリカスポーツ医学会（2006）は %HRR を用いた運動強度の分類において、軽い強度が 20 ～ 39 % HRR、中等度運動が 40 ～ 59 % HRR、激しい強度は 60 % HRR 以上をしている。

今回の結果では NH 群は RPE@15（「きつい」）が約 40 % HRR であり、HE 群の約 68 % HRR と比較して有意な低値を示している。HE 群の結果はこの分類の基準に概ね合致しており、運動習慣者には有用であると考えられる。NH 群が自覚する「きつい」レベルは「軽い」と「中等度」の境界レベルであることを意味し、運動習慣者と大きく異なる。このことから対象者の運動経験、実施状況によっては同一 RPE での生体応答は一致しないことが明らかとなった（Fig.5）。

対象者に運動を行わせる場合、特に一般的な基準では対応できない可能性を考慮して、その能力に応じたプログラムを適用する必要性が示唆された。

なお、本研究は平成 21 年度大正大学学術研究助成金（共同研究）の交付を得て実施された。

## 参考文献一覧

- アメリカスポーツ医学会（2006）運動処方指針原書第 7 版 運動負荷試験と運動プログラム、日本体力医学会体力科学編集委員会（監訳）、南江堂、pp.2-18.
- 運動所要量・運動指針の策定検討会（2006）健康づくりのための運動指針 2006
- Nemoto K, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H（2007）Effects of High-Intensity Interval Walking Training on Physical Fitness and Blood Pressure in Middle-Aged and Older People. Mayo Clin Proc 82(7):803-811.
- 日本肥満学会編集委員会編（2001）肥満・肥満症の指導マニュアル（第 2 版）、医歯薬出版、Pp.190.
- 六 笹川スポーツ財団（2009）スポーツライフ・データ 2008 —スポーツライフに関する調査報告書—、pp.22-28.
- 鈴木秀人・山本理人・杉山哲司（2009）体育は何をめざすのか？—その目標について考える—、小学校の体育授業づくり入門、pp.17 — 70、学文社、東京。

内田英二、神林勲、武田秀勝（2008）運動習慣を有さない女子大学生に対する運動介入が生活行動に及ぼす影響、大正大学研究紀要 93：150-158.

内田英二・永田瑞穂・神林勲・武田秀勝（2009）運動習慣の有無が青年期女子学生の運動能力および生活行動に及ぼす影響、大正大学研究紀要 94：1-8.

谷川聡・末松大喜（2006）一般大学生の体力・運動能力テストと運動経験および運動頻度に関する一考察、大学体育研究 28：43-53.

厚生労働省健康局（2010）平成 21 年度国民健康・栄養調査報告.

神奈川県立体育センター（2008）学校体育に関する生徒の意識調査～高校生の意識～、平成 19 年度県立体育センター研究報告書、P145.

文部科学省スポーツ・青少年局（2009）平成 20 年体力・運動能力調査報告書.