

高齢者の最大下運動負荷試験における 主観的疲労と生理学的負荷の個体差

Individual differences between subjective fatigue and physiological load
during sub-maximal exercise tests in the elderly

齊 藤 陽 子 (人間科学部スポーツ学科准教授)

Yoko SAITO (Faculty of Human Sciences, Department of Sport Science, Associate professor)

垣 花 渉 (石川県立看護大学看護学部准教授)

Wataru KAKIHANA (Ishikawa Prefectural Nursing Univesiry, Faculty of Nursing, Associate professor)

〈要旨〉

本研究は高齢者を対象とし、同一の主観的疲労をエンドポイントにした運動負荷試験における生理学的負荷の個体差を検証し、さらに持久力との関連を明らかにすることを目的とした。70歳以上の高齢者19名を対象に、漸増負荷自転車運動をBorgスケールの17に達するまで行わせた。運動中に得られた最高心拍数の年齢推定最大心拍数に対する比(% Predicted HRmax)を生理学的負荷の指標と定め、それと運動持続時間、換気性作業閾値、二重積屈曲点との関連をピアソンの積率相関係数を用いて検討した。その結果、% Predicted HRmaxは、運動中の心拍数を反映する形でばらつきが大きくなり(58.3~108.5%)、また二重積屈曲点との間に正の相関が認められた($r=0.58$, $p=0.03$)。70代高齢者を対象として実施する、同一の主観的疲労をエンドポイントとした運動負荷試験においては、心拍数で評価した生体内負荷はばらつきが大きくなること、そしてその一部は持久力で説明される可能性があることが示唆された。

〈キーワード〉

主観的疲労, 生理学的負荷, 高齢者

1 緒言

疲労は老年期における代表的な不定愁訴の1つであり、身体活動の制限因子の1つである⁽¹⁾。また個人の主観に依存する性質があるが、必ずしも原因となる医学的な所見を伴うわけではないことや、そのようなケースは高齢者に多く認められることが報告されている⁽²⁾。先行研究において、臨床所見なく疲労を生じる高齢者は、そうでない者と比較して、運動時のパフォーマンスやそのエネルギーコストが同一にもかかわらず、主観的疲労を知覚しやすいことが報告されている⁽³⁾。

主観的疲労は運動負荷試験を含めた運動処方を行う際において重要な指標の1つであり、実際の生理学的負荷に対して過大に疲労を知覚することは、運動負荷設定を困難にする。高齢者の運動現場において、主観的疲労と生体内負荷の実態を明らかにすることは臨床上の意義があると考えられる。

本研究は70歳以上の地域在住高齢者を対象とし、同一の主観的疲労に至るまで運動を継続させ、その際の生理学的負荷に個体差がどの程度生じるかを明らかにするとともに、対象の持久力が及ぼす影響について検討することを目的とした。

2 方法

2-1 対象

対象は地域のウォーキングクラブに所属している70歳以上の高齢者29名であった。

対象は全員これまでに運動負荷試験の経験を有していなかった。また29名中、高血圧を含む心疾患の既往がある者が6名、呼吸器疾患の既往のある者が2名含まれていた。

本研究は金沢星稜大学倫理審査委員会の承認を経て実施した。

2-2 運動

対象に一過性の漸増負荷自転車ペダリング運動（エアロバイク75XLⅢ，コナミ株式会社，東京）を実施した。20Wで4分間のウォーミングアップを行ったのち，本運動を開始した。運動負荷は20Wから10W/分のランプ負荷で漸増し，回転数は60回転/分とした。運動中1分おきにBorgスケールによる主観的疲労度を口頭で尋ね，17（かなりきつい）に達するまで実施した。運動中は口頭による叱咤激励を行い，>10回転/分の回転数低下で運動を中止した。

2-3 測定項目

運動中は，呼吸代謝測定装置（VO2000, Med Graphic, St. Paul, MN, USA）にて酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ），二酸化炭素排泄量（ $\dot{V}CO_2$ ）をモニターした。呼吸ガスは3呼吸ごとに得られる測定値を30秒間隔の平均値に換算した。また自動血圧計（Tango+, Sun Tech Medical, Inc., Morrisville, NC, USA）により収縮期血圧と心拍数（Heart rate, HR）を約20秒間隔で連続的に測定した。これらをもとに以下の項目を算出した。

最高酸素摂取量

運動中に得られた $\dot{V}O_2$ の最高値を最高酸素摂取量（ $\dot{V}O_{2peak}$ ）とし，体重で除して示した。

換気性作業閾値

V-slope法⁽⁴⁾にて換気性作業閾値（Ventiratory threshold, VT）を求め，体重で除して示した。

二重積屈曲点

Tanaka et al.⁽⁵⁾の方法に基づき，収縮期血圧と心拍数との積から心筋酸素需要量の指標である二重積（Double product, DP）を算出した。さらにその屈曲点（Double product break point, DPBP）を求め，体重で除して示した。

生理学的負荷

運動中得られた心拍数の最高値を最高心拍数（HRpeak）とした。そして最大心拍数の年齢推定値（Predicted HRmax）を以下の式により求めた⁽⁶⁾。

$$\text{Predicted HRmax} = 207 - \text{年齢} \times 0.9$$

また本研究においては，実測した最高心拍数の年齢推定値に対する比（% Predicted HRmax）を生理学的負荷の指標と定めた。また運動パフォーマンスの指標として運動持続時間（Exercise time）を求めた。

2-4 統計処理

値は平均値±標準偏差（Standard deviation, SD）で示

した。統計処理はSPSS ver.25（IBM Co., Armonk, NY, USA）で行い，二指標の関連についてはピアソンの積率相関係数を求めた。統計的有意水準は5%とした。

3 結果

3-1 解析対象の抽出

被験者29名中，10名は運動中止時にBorgスケール17に達しなかった（13が1名，15が3名，16が5名，20が1名）ため，以後の解析は，上記10名を除いた19名（男性6名，女性13名）を対象として行った。

3-2 身体的特性および運動負荷試験結果

対象の身体的特性をTable1に示す。

Table 1. Subjects characteristics

Age, years	73.7 ± 2.2
Height, cm	153.8 ± 8.2
Body weight, kg	56.9 ± 12.0
Predicted HRmax, bpm	156 ± 2

Data are shown as means ± SD.

運動中の心拍数変化における個別データをFig.1に示す。心拍数増加の傾きについてはいずれの対象もほぼ同様である傾向が観察された。

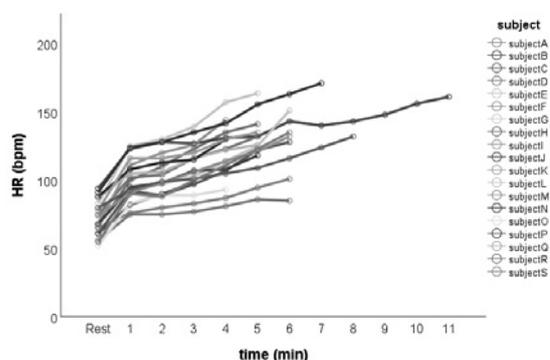


Fig.1. Individual time course of HR during exercise

運動負荷試験から得られた運動時パラメータをTable 2に示す。解析上の理由（変曲点検出不良）により，VT解析においては2名，DPBP解析においては5名のデータについて除外した。

心拍数は，HRpeakのばらつきが大きく（91～171bpm），したがって% Predicted HRmaxについてもばらつきの大い結果（58.3～108.5%）となった。

Table 2. Exercise parameters

Exercise time, min	6.1 ± 1.9
HRpeak, bpm	133 ± 23
% Predicted HRmax, %	85.0 ± 14.5
$\dot{V}O_2$ peak, mL/min/kg	18.5 ± 3.8
VT, mL/min/kg	11.5 ± 2.1
DPBP, W/kg	0.87 ± 0.21

Data are shown as means ± SD.

3-3 持久力パラメータと生理学的負荷の関連

Fig. 2-4.に Table2のうち持久力を反映する指標（持久力パラメータ）と% Predicted HRmaxとの関連を示した。% Predicted HRmax とDPBPとの間に中程度の正の相関が認められた ($r=0.58$, $p=0.03$) が、運動持続時間、VTとの間には関連が認められなかった。

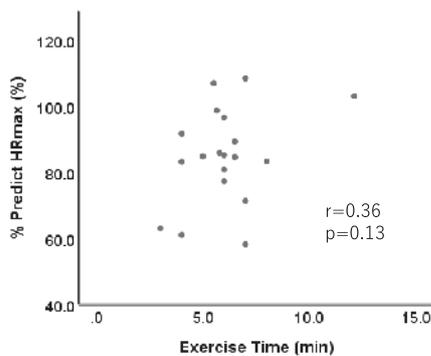


Fig.2. The relationship between Exercise time and % Predicted HRmax

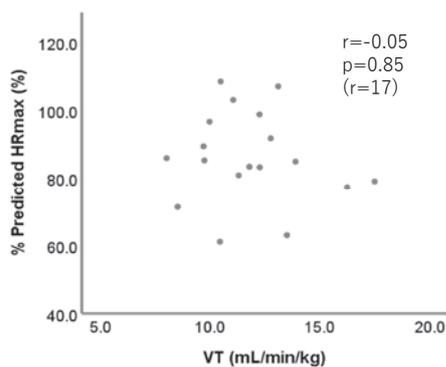


Fig.3. The relationship between VT and % Predicted HRmax

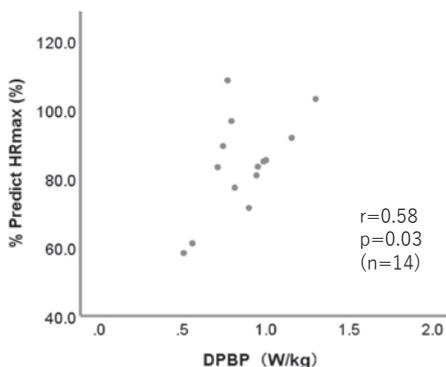


Fig.4. The relationship between DPBP and % Predicted HRmax

4 考察

本研究では高齢者を対象とした運動負荷試験において、同一の主観的疲労への到達をエンドポイントと定めた場合における生理学的負荷の個体差を検証した。その結果、生理学的な負荷は対象間でばらつきが大きかった。さらに持久力との関連を検討したところ、DPBPのみ生理学的負荷と正の相関が認められた。

生理学的負荷のばらつきが大きい結果となったことは、運動中の心拍数におけるばらつきに起因する。Borgスケールの17は「かなりきつい」に相当するが、そのような状況であっても心拍数が100にも満たない者が3名もいた。今回の対象に β 遮断薬の服薬者はおらず、運動中における心拍数増加の傾きも対象間で大きな差がない傾向であったため。負荷に対し心拍数が充分上昇しなかったと考えられる対象については、実際は運動をさらに持続できたところを中断しているような状況であったと考えられる。

運動時の生理学的負荷のばらつきは、対象の持久力を反映している可能性が考えられたため、持久力パラメータとの関連を検討したところ、DPBPのみ有意な相関が認められた。主観的疲労に持久力が影響を及ぼさないことを報告した検討した先行研究⁽³⁾における持久力の指標は主に呼気パラメータ ($\dot{V}O_2$ peak) であった。本研究においては運動を途中で中断したと考えられる対象がいたため、 $\dot{V}O_2$ peakを持久力の指標として用いることはできなかったが、同じく呼気から測定したVTとは関連を認めなかった。しかし、一方で循環器から測定した指標 (DPBP) については有意な関連を認めた。DPBPは心拍数をもとに算出しているため、類似の指標であるVTと比較すると今回の生理学的負荷指標に対して関連性が強くなった可能性があり、真に持久力が影響を及ぼすかどうかについて解釈は慎重に行う必要がある。今後例数を増やしより詳細な検証をする必要がある。

その他のメカニズムとしては、疲労知覚の閾値の影響が考えられる。対象は全員70代であったが、運動中に心拍数の十分な上昇が確認できなかった対象においては運動時の疲労知覚の閾値が低下しており、生理学的負荷を過大評価してしまう傾向にあったのではないかと考えられ、知覚機能の測定を含めたさらなる検証が必要であると考えられた。

臨床の運動負荷試験では主観的疲労度を運動中止基準に定めるケースも多いが、対象特性によっては主観的疲労度が基準として不十分となりうる可能性が示唆された。その理由の一部は持久力の違いでは説明できる可能性があるものの、メカニズムについてはさらなる検証が必要であると考えられた。

本研究の結果より、70代高齢者を対象として実施する、

同一の主観的疲労をエンドポイントとした運動負荷試験においては、心拍数で評価した生体内負荷はばらつきが大きくなること、そしてその一部は持久力で説明される可能性があることが示唆された。

参考文献

- (1) Simonsick, E. M., Guralnik, J. M., Fried, L. P. Who walks? Factors associated with walking behavior in disabled older women with and without self-reported walking difficulty. *J Am Geriatr Soc.*, 47(6) : 672-80, 1999. doi: 10.1111/j.1532-5415.1999.tb01588.x.
- (2) Janse, A., Wiborg, J. F., Bleijenberg, G., Tummers, M., Knoop, H. The efficacy of guided self-instruction for patients with idiopathic chronic fatigue: A randomized controlled trial. *J Consult Clin Psychol.*, 84(5) : 377-88, 2016. doi: 10.1037/ccp0000085.
- (3) Valiani, V., Corbett, D. B., Knaggs, J. D., Manini, T. M. Metabolic Rate and perceived exertion of walking in older adults with idiopathic chronic fatigue. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 71 (11) : 1444-1450, 2016. doi: 10.1093/gerona/glw108.
- (4) Beaver, W. L., Wasserman, K., Whipp, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* (1985) ., 60(6) : 2020-7, 1986. doi: 10.1152/jappl.1986.60.6.2020.
- (5) Tanaka, H., Kiyonaga, A., Terao, Y., Ide, K., Yamauchi, M., Tanaka, M., Shindo, M., Double product response is accelerated above the blood lactate threshold. *Med Sci Sports Exerc.*, 29(4) : 503-8, 1997.
- (6) Tanaka, H., Monahan, K. D., Seals, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.*, 37(1) : 153-6, 2001. doi: 10.1016/s0735-1097 (00) 01054-8.