

## 自転車ペダリング運動における漸増負荷時の血圧変動について

### An increase in load during a bicycle exercise leads to changes in blood pressure

上村 孝司, 久保田 未来, 竹川 智樹, 小野 浩二, 牧 亮, 渡辺 剛

Takashi KAMIMURA, Miki KUBOTA, Tomoki TAKEKAWA, Koji ONO  
Akira MAKI and Tuyoshi WATANABE

#### Abstract

In this study, we observed the changes in blood pressure during a bicycle exercise, involving a progressive increase in load. The participants of this study included two female college students whose blood pressure, oxygen intake, and heart rate during the bicycle exercise were measured. An increase in load led to linear increases in oxygen intake and heart rate. However, a small increase in load did not increase blood pressure. In addition, total peripheral resistance decreased with an increase in load. These results suggest that blood pressure has a threshold beyond which it increases with an increase in load; however, heart rate and oxygen intake seem to have no such threshold and increase in proportion with load during the bicycle exercise.

*Key words; bicycle exercise, blood pressure, oxygen intake*

#### 1. はじめに

最大酸素摂取量 ( $VO_2\max$ ) は全身持久力の指標とされており、取り込まれた酸素の多くは、運動中の筋によって消費されると考えられる。筋酸素摂取量<sup>2)</sup> は、筋への酸素の供給と筋での酸素の取り込み等によって決定される。筋への酸素供給の重要な因子となるのが血流量である。筋の局所的なトレーニングが、筋への血流量を増加させる

という報告がある<sup>3) 5) 8)</sup>。

持久的運動を持続すると、代謝産物の蓄積や筋内の $PO_2$ の低下が起こり<sup>1)</sup>、代謝受容器反射によって血管の収縮性因子が高くなり<sup>7)</sup>、その結果血圧の上昇が起こるとされている。また、局所的な運動において、運動負荷の上昇に伴い血圧が急上昇するポイントがあることが示唆されている<sup>4) 6)</sup>。これを筋持久力の指標として用いることが提案されている<sup>4)</sup>。

自転車エルゴメータによる漸増負荷は $VO_2\max$ の測定などに用いられ、自転車ペダリングを行う事から、下肢の筋群への血流量増加及びそれに伴い血圧上昇も起こると考えられる。しかしながら、漸増負荷であることから、先行研究のような血圧急上昇のポイントが出現するかどうかは不明である。そこで本研究では、自転車エルゴメータでの漸増負荷による血圧変動について調べた。

## 2. 方法

### 2-1. 被験者

被験者は健常な女子2名（年齢 $20.5 \pm 0$ 歳、身長 $160.1 \pm 1.27$ cm、体重 $62.9 \pm 8.8$ kg）とした。被験者には測定前に実験の目的、方法、実験に伴う危険性等の説明を行い参加の同意を得た。

### 2-2. 自転車ペダリングによる漸増負荷

自転車エルゴメータを用いて、自転車ペダリングによる漸増負荷を行った。運動負荷設定は、2分間のエルゴメータ上での安静後、20Wでのウォーミングアップを3分間行わせ、その後1分間に6W漸増するランプ負荷とした。ペダリング回転数は60rpmを維持するよう指示した。

### 2-3. 呼気ガス及び心拍数の測定

呼気ガスはAE-300S（ミナト医科学社製）によって測定し、Breath-by-Breath法を用いてAT for Windows（ミナト医科学社製）で分析した。心拍数はハートレートモニタOEC-6501（日本光電社製）を用い、呼気ガス分析装置に出力させ、呼気ガスと同時に記録を行った。

### 2-4. 血圧測定

血圧測定は連続指血圧測定装置（Finometer、Photol社）を用いた。被験者の右手第三指に測定装置が自転車ペダリングに支障がないよう装着した。

### 2-5. 分析項目

呼気ガス及び血圧測定によって得られたデータから、酸素摂取量（ $VO_2$ ）、心拍数（HR）、収縮期血圧（SYS）、拡張期血圧（DIA）、平均血圧（MAP）、心拍出量（CO）、一回拍出量（SV）、血管抵抗（TPR）を分析した。

## 3. 結果及び考察

被験者Aにおける自転車ペダリング時の負荷値、心拍数、酸素摂取量、平均血圧の変移を図1

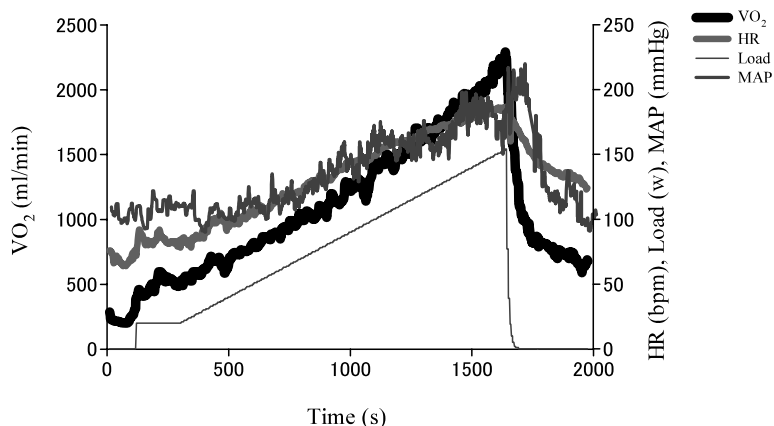


図1 被験者Aにおける平均血圧，心拍数，酸素摂取量，及び負荷の時系列データ

に示した。心拍数、酸素摂取量は負荷の漸増に応じて増加するのに対し、平均血圧は、運動開始からある程度の時間まで一定の値を示し、その後増加する傾向であった。

図2に負荷 (LOAD) に対する血圧 (BP)、図3に心拍出量、一回拍出量、体血管抵抗を示した。被験者2名の血圧変動は、負荷60Wあたりまで増加せず、その後徐々に増加する傾向を示した。血圧は心拍出量と体血管抵抗から求められ、心拍出量は一回拍出量と心拍数から求められる。つまり血圧は式1のように算出することができる。

$$BP = SV \times TPR \times HR \dots 1$$

このことから、心拍数は負荷の漸増に応じて増加しているのに対し (図1)、血圧が増加しない

のは、運動開始後に体血管抵抗の減少が起きているため (図3) であると推察された。

先行研究<sup>6)</sup>によると、筋の持久的なトレーニングにより血圧変移の負荷が高くなることを報告している。また、持久的トレーニングによって活動筋への血流量の増加以外にも血圧の上昇開始負荷も増加させる要因があることを示唆している。今回、負荷強度ごとの血圧測定ではなく、漸増負荷による全身持久力の測定においても血圧の変移点が観察された。その要因として、心拍出量の増加と体血管抵抗の減少によるものと推察された。つまり、血圧変移点の表れる要因としては、心拍出量と体血管抵抗が関与しているのではないかと考えられた。

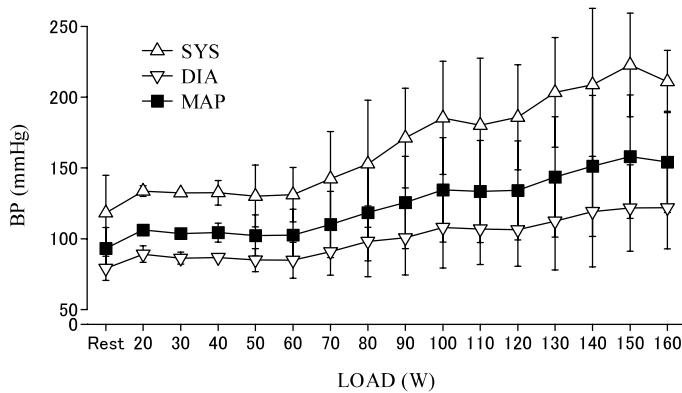


図2 負荷と血圧の関係

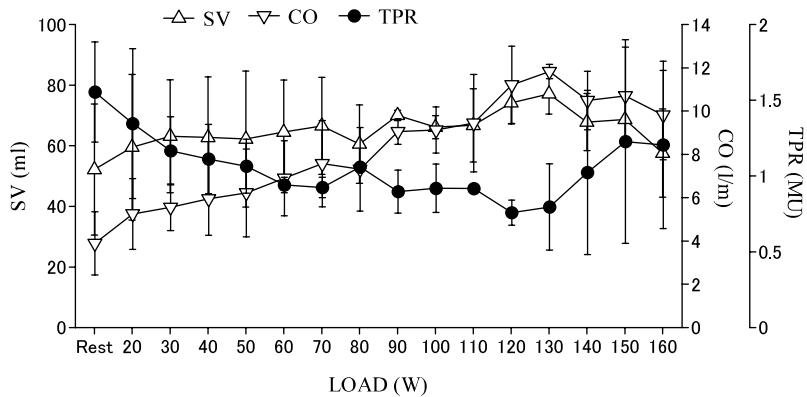


図3 負荷と一回拍出量、心拍出量、体血管抵抗の関係

今回の測定により、血圧変移点までは血圧上昇が見られないことから、中高齢者の運動に対する負荷強度の設定や、局所的及び全身の持久的トレーニングの効果を示す指標として、血圧変移点を用いることが有用ではないかと考えられた。

#### 4. ま と め

本研究では、自転車エルゴメータでの漸増負荷による血圧変動について調べた。その結果、静的な漸増負荷での先行研究と同様に、自転車エルゴメータを用いた漸増負荷においても、血圧の変動点がある可能性が示唆された。これは心拍出量の増加と体血管抵抗の減少が起こったためと考えられた。

#### 引用・参考文献

- 1) 本間幸子, 他: 疲労閾値以下のトレーニングが循環・代謝機能に及ぼす効果. デサントスポーツ科学, 16: 242-251, 1995
- 2) 猪狩道夫, 他: 筋の酸素摂取量と作業能力. 体育の科学, 18: 188-194, 1968
- 3) Kagaya A, et al: Training effects on muscular endurance with respect to blood flow in males and females of different ages. Res J Phys Educ, 14: 129-136, 1970
- 4) Kagaya A, et al: Forearm work capacity in association with age and daily physical activity in elderly women. INACTIVE, HEALTH and AGING Proceedings of the 4th Symposium on Inactivity, pp 61-66, 2001
- 5) 北村潔和: 前腕の筋持久力トレーニングが作業中及び回復期血流量に及ぼす影響. 体力科学, 35: 127-133, 1986
- 6) 大森美美子, 他: 筋の持久的トレーニングが最高血流量と血圧変移点負荷に与える影響. 体育の科学, 53: 627-632, 2003
- 7) Saito M, et al: Responses in muscle sympathetic nerve activity to sustained handgrip of different tensions in humans. Eur J Appl Physiol, 55: 493-498, 1986
- 8) Sinoway L, et al: A 30-day forearm work protocol increases maximal forearm blood flow. J Appl Physiol, 62: 1063-1067, 1987