

# 自転車エルゴメーターによる運動負荷の 左示指の血圧及び脈拍に及ぼす影響

三 川 明 美\*

The Effects of Exercise by the Bicycle Ergometer on the Blood Pressure  
and Pulse on the Women's Junior College Students

Akemi MIKAWA

**Key words:** 最高血圧 maximal blood pressure, 最低血圧 minimal blood pressure,  
脈拍 pulse, 運動負荷 exercise, 自転車エルゴメーター ergometer

## 緒 言

心臓の拍動により、毎分循環血中に送り出される血液量と同一時間内における静脈還流量とは、長時間の経過を見ると全く等しい。しかし、短時間では両者は必ずしも等しくなく、毎分拍出量が静脈還流量より多いときは、体循環血量は増加するが、肺血管系の血液量は減少する。正常人の心拍出量を5ℓ/分とすると、これに影響を与える因子は、毎分の心拍数と毎回心拍出量との積で示される。心拍数は毎分70拍が正常人の場合であるが、容易に50~150の間を、日常における生理的反応の結果として動揺する<sup>1),2)</sup>。

運動を行うと安静時に比し、脈拍に著しい変化がみられる。安静時の心拍数は仰臥位・座位・立位により若干異なるが、概ね成人の場合、70前後とされている。心拍数すなわち脈拍は、運動を行った場合だけではなく、緊張や驚き、食事などによっても変化するが、これは大脳皮質からの刺激や、交感神経が緊張することにも関係がある<sup>3),4),5)</sup>。運動を始めると直ちに脈拍数は増大をはじめめるが、これはいわゆる初期の増加であり、心臓の休止期の短縮によるものである<sup>3)</sup>。休止期の短縮は迷走神経緊張低下と交感神経の亢進によるものであるとされ、いわゆる神経性のものであるという<sup>3),4)</sup>。これに続く持続的な脈拍数の増加は、血管運動神経中枢の作用、アドレナリンなどの神経伝達物質によるもの、体温上昇、血液pHの低下、心臓反射などが関与

するといわれており、特に中枢神経とペインブリッジ効果が主であるとされている<sup>3)</sup>。運動による脈拍数の増加は、運動強度や、トレーニングの有無、年齢、性別などにより異なる。

運動負荷の際、著しい血圧変動がみられる。これは第一には心臓の歩調取り部自身にある自家調節であり、第二は頸動脈洞や大動脈壁などの圧受容器を介する調節、第三に心臓血管神経中枢からの影響である<sup>1),6)</sup>。

なお、血圧は心臓収縮期には高く、弛緩期には低くなる。前者を最高血圧(収縮期血圧)、後者を最低血圧(弛緩期血圧)といい、両者の差を脈圧と呼ぶ。

通常血圧の測定は上腕動脈で測定され、成人では最高血圧が120~130mmHg、最低血圧60~80mmHgで、その脈圧は50~60mmHgである。末梢の血管ほどその血圧は低くなる。安静時の血圧も多くの変動により変動する<sup>6)</sup>。

運動を行うと、心臓の1回拍出量は増加するため、収縮力が強くなり、その結果最高血圧の上昇がみられる。末梢においては心臓の拍出量の増加にともない、動脈の血流量は増加するが、末梢血管が拡張するため最低血圧の上昇は余り見られない。この結果両者の差である脈圧が高まることになる<sup>3)</sup>。運動中の血圧の変化については、運動開始後の高血圧状態をほぼ維持し、運動中止後急速に安静値に戻る。また行う運動の種類などによっても血圧は異なる<sup>4)</sup>。

これらのことから実際に運動を行った際の血圧ならびに脈拍の変化について、女子短大生のエルゴメーターを利用した運動負荷を行った。血圧測定には従来上腕

\* 生活科学科

動脈が用いられているが、本実験では左示指橈側動脈および背側指動脈を用い、若干の興味ある成績が得られたので報告する。

### 実 験 方 法

実験期間は1992年5月から1994年2月にかけて行った。被検者は広島文化女子短期大学2年生の三川セミナーの学生22名、ならびに同じく2年生の運動生理学実習・解剖生理学実習の受講生121名で、年齢は19才から20才の学生である。

エルゴメーターはコンビ株式会社製コンビエアロバイク3台で内2台は800型、1台は710型である。運動量については今中を参考にした<sup>7)</sup>。

血圧計は立石電気株式会社製オムロンデジタル自動血圧計HEM-802Fで、左手示指橈側動脈と背側指動脈の血圧を測定するタイプのものであり、測定時は血圧計を心臓の高さに保持させた。血圧と同時に脈拍の測定も行うことができる。

脈拍と血圧の測定は、1992年度においては運動負荷前と10分間の運動負荷後の測定のみを行ったが、1993年度には運動中ならびに運動終了後についても測定した。すなわち運動負荷前、運動負荷直後、3分後、5分後、7分後、10分後（終了時）、運動終了1分後、3分後、5分後においてである。

運動負荷はエルゴメーターに乗車後、付属のイヤースエンサーを耳に取り付け、体力テストコースを選択し、性別、年齢を入力後10分間の運動を行った。体力テストを選択した場合、負荷強度（ペダルの重さ）が被検者の性別・年齢・体力に応じて3分毎に3段階自動的に上昇する。ペダルをこぐときはピッチ音（50回転/分）に合わせてこぐようにした。

### 実 験 成 績

1) 血圧の変化：短大生143名（延べ261例）について、運動負荷前と運動負荷後の血圧の変化について測定した結果、次の4グループに分類することができた。

- (A) 最高血圧、最低血圧ともに上昇したグループ  
137例（図1）
- (B) 最高血圧は上昇し、最低血圧は下降したグループ  
55例（図2）
- (C) 最高血圧は下降し、最低血圧は上昇したグループ  
8例（図3）
- (D) 最高血圧、最低血圧ともに下降したグループ  
61例（図4）

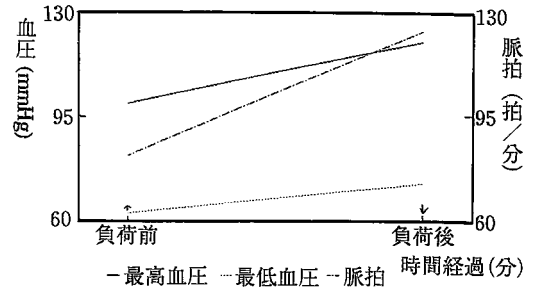


図1 最高血圧・最低血圧ともに上昇したグループの最高血圧・最低血圧・脈拍の平均値の変化

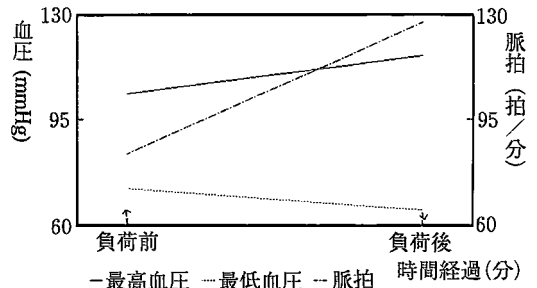


図2 最高血圧が上昇し最低血圧が下降したグループの最高血圧・最低血圧・脈拍の平均値の変化

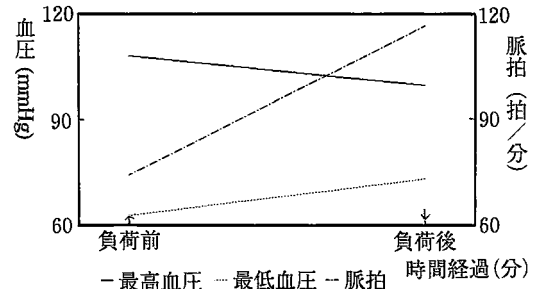


図3 最高血圧が下降し最低血圧が上昇したグループの最高血圧・最低血圧・脈拍の平均値の変化

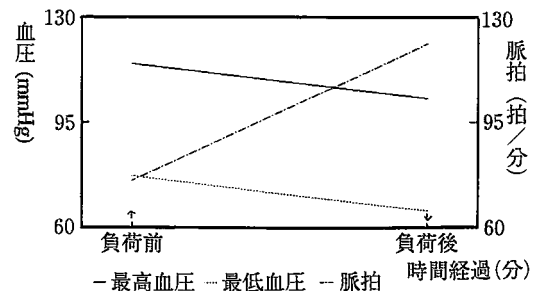


図4 最高血圧・最低血圧ともに下降したグループの最高血圧・最低血圧・脈拍の平均値の変化

セミナー生については、同一の学生が数回（5～13回）にわたり繰り返し実験を行っているが、一つの型に当てはまった結果を示した学生は、6回の実験で全て最高血圧・最低血圧ともに上昇したAグループに属した1名のみで、その他の学生については、実験ごとにそのグループが異なる経過を示した。すなわち最高血圧・最低血圧ともに下降したり、最高血圧・最低血圧ともに上昇したり、最高血圧は上昇し最低血圧は下降した経過をとった。

2) 血圧変化の時間的経過：血圧の変化を時間経過を追って測定したものの109例についてみたところ、最高血圧は負荷直後に最高値を示したものの4例（4%）（図5）、3分後に最高値を示したものの2例（2%）（図6）、5分で最高値を示したものの16例（15%）（図7）、7分で最高値を示したものの62例（57%）（図8）あり、運動終了時の10分にはすでに最高血圧は低下する例が多かった。運動終了時の10分に最高値を示したものは26例（24%）（図9）に過ぎなかった。

最低血圧の変化についても、負荷直後に上昇を示したものの8例（7%）、3分で最高値を示したものの7例（6%）、5分で最高値を示したものの21例（19%）、7分で最高値を示したものの54例（50%）、10分で最高値を示したものの19例（17%）であった。5分、7分で最高値を示したものは10分では、すでに最低血圧は低下していた。

一方に運動負荷直後最低血圧の低下を示すものがあった（図10）。最低血圧の時間的経過は図10に示すようである。

3) 脈拍：脈拍については、負荷前と負荷後の比較においては249例中4例が低下を示したが、残りの245例は増加しており、その増加率は198%の範囲で、平均の値は負荷前79/分、負荷後123/分、上昇率51%であった。

4) 脈拍変化の時間的経過：脈拍の変化を時間経過とともにみたものについては、多くの場合時間経過とともに上昇を続け、5分で最高値を示したものの7例（6%）（図11）、7分で最高値を示したものの62例（57%）（図12）、運動開始の10分後で最高値を示したものの40例（37%）であった。5分、7分に最高値を示した例については運動終了時にはすでに脈拍は低下していた。

最高血圧の上昇率別の人数をヒストグラムに表すと図13のようになった。

5) 血圧の変化について、脈拍の上昇率と最高血圧、最低血圧のそれぞれの上昇率について相関を追求した

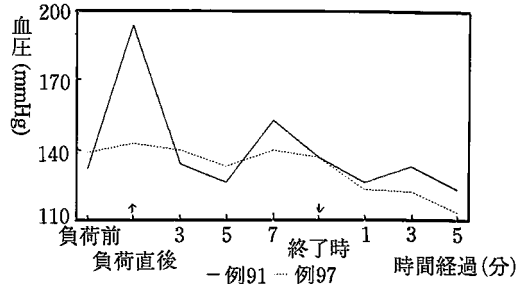


図5 負荷直後に最高血圧が最高値を示した例

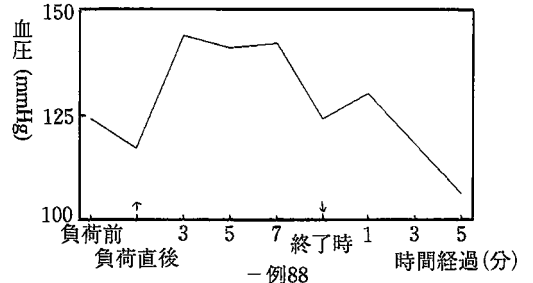


図6 3分後に最高血圧が最高値を示した例

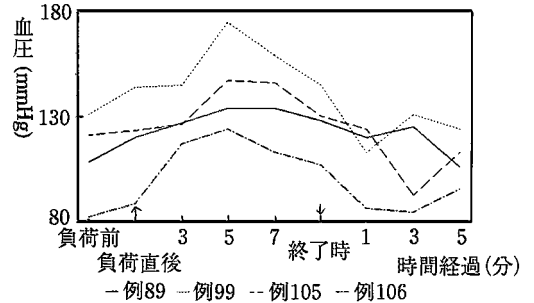


図7 5分後に最高血圧が最高値を示した例

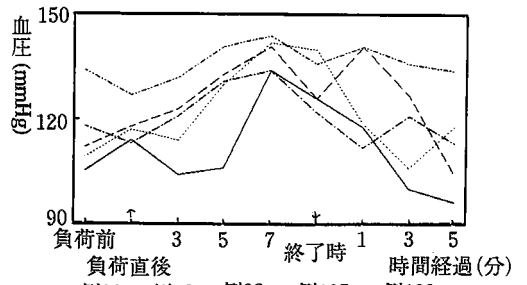


図8 7分後に最高血圧が最高値を示した例

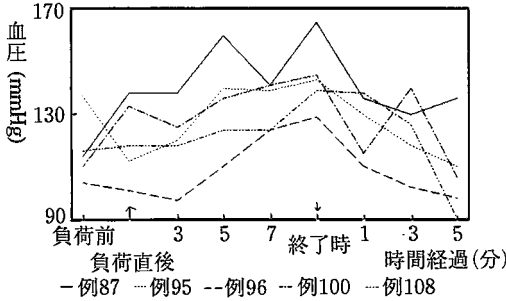


図9 終了時に最高血圧が最高値を示した例

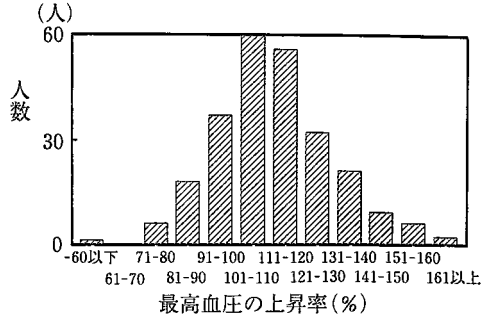


図13 最高血圧の上昇率別の人数

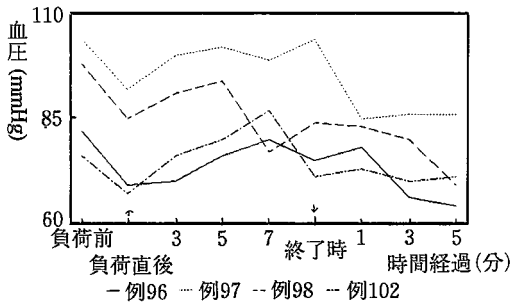


図10 負荷直後に最高血圧が低下を示した例

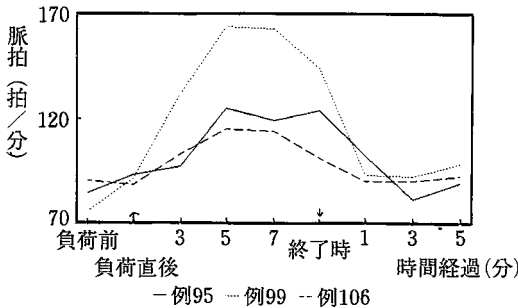


図11 5分後に脈拍が最高を示した例

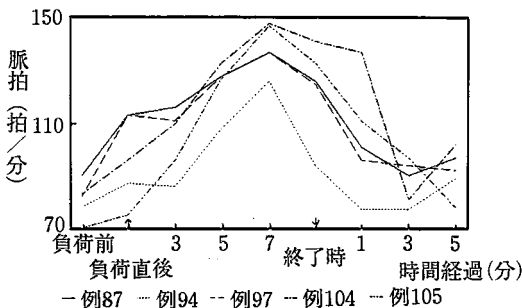


図12 7分後に脈拍が最高を示した例

が、相関を認めることはできなかった。

### 考 察

脈拍は運動を行った時だけでなく、精神的な緊張やおしゃべり、驚き、食事などでも容易に変化する。このため今回の実験の中でも運動をまだ行っていないにもかかわらず、すでに脈拍が一般的な安静時よりも高い例がみられている。実験前に被検者は30分位にわたって安静に務めることが重要である。しかし、運動開始によって、いずれの場合も脈拍数は増加している。

また、トレーニングによって運動負荷時に脈拍数の増加は少ないといわれているが<sup>8),9)</sup>、今回の実験の場合、数回の実験を重ねたセミナー生においては、1週間に1度の10分間の運動でもあり、トレーニングの効果は現れていないと考える方がよいと思われる。

血圧は一般的に運動により最高血圧の増加はみられるが最低血圧の上昇はほとんど見られず、脈圧が高まるとされている<sup>3)</sup>。今回の場合運動負荷前と運動負荷後だけを見ていったとき、必ずしもこの定説には当てはまらず、実験成績でも述べたような4つのグループに分けることができた。すなわち最高血圧が低下する例が69例あった。小野<sup>10)</sup>によれば長時間の運動負荷で最高血圧の低下を見た例が報告されているが、これはこの時期呼吸の乱れを生じていてもはや正常な状態ではなかった。本実験では、被検者は実験終了まで全く正常で異常な状態は認められなかった。また最高血圧が低下し、最低血圧が上昇した例のように、必ずしも脈圧が高まる例ばかりでもなかった。このことについては、従来報告例は全て上腕動脈で測定されたもので、本実験は血圧を食指橈側動脈の末梢で測定したことに関係があるのかどうか、今後両方法について比較検討してみたい。

井上と品川<sup>1)</sup>は、運動中の最大血圧の変動は自転車エルゴメーターなどによる身体運動が自由な動的運動では、(1)運動開始後2分までに急激に増加し(40・mmHg程度)、(2)5～7分で最高値に達し、一時低下する時期があるがその後ほぼ最高値を維持する、(3)運動中止約2分間で急速に安静値まで下がり、さらに安静時より5～10mmHgほど低くなり、その後再び安静値に戻る。そしてこの最高値の一時的低下については、運動による体温上昇のため、皮膚血管が拡張して血管抵抗が減少するためであろうと述べている。今回の実験でも最高血圧が最高値に達したものが最も多かったのは、運動を始めてから7分の62例(57%)であり、5分で最高値に達したものを含めると78例(72%)であった。直後に上昇したものは4%にすぎない。

#### 結 語

短大生143名についてエルゴメーターによる運動負荷を行い、左示指橈側動脈および背側指動脈血圧の変化と脈拍変化を追求した。オムロンデジタル自動血圧計を用いての血圧・脈拍測定については、従来その成績を見ない。

1) 全例の57%において7分以内に血圧は最高値を示した。最高・最低血圧との関係についてはA)最高・最低血圧ともに上昇したグループ、B)最高血圧は上昇し最低血圧は下降したグループ、C)最高血圧は下降し最低血圧は上昇したグループ、D)最高・最低血圧ともに下降したグループを区分できた。これは従来、上腕動脈の血圧測定された報告と大いに異なるところである。

2) 運動負荷における脈拍変化については、いずれも著しい上昇を示したが、運動開始後7分以内に最高値を示したのは57%で、運動終了時すなわち10分後に最

値に達したものの37%であった。

#### 謝 辞

本論文をご指導頂いた、本学名誉教授銭場武彦先生に深く感謝致します。また本実験に参加し協力を惜しまなかった広島文化女子短期大学三川セミナーの学生ならびに、運動生理学実習・解剖生理学実習受講生に謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 医学のあゆみ編, 生体の制御機能・心機能調節・血圧に対する生体制御機構, 医歯薬出版1970, 104-110・117-123
- 2) 門田・内菌・伊藤・富田, 新生理学下巻, 植物的機能編, 循環, 医学書院1982, 229-368
- 3) 猪飼道夫, 身体運動の生理学, 杏林書院1989, 128-136
- 4) 中野昭一, 図説・運動の仕組みと応用, 医歯薬出版1989, 49-59.
- 5) 石川・松井, スポーツ医学, 杏林書院1989, 58-73.
- 6) 鈴木・星, 新生理学講義I, 循環, 南山堂1981, 63-220
- 7) 今中鏡子, 女子短期大学生の有酸素性作業能について, 広島文化女子短期大学紀要, 1990, 23; 39-45.
- 8) 菊地邦雄, 健康・体力づくり, 共立出版1990, 69-73
- 9) 青木・前嶋・吉田, 日常生活に生かす運動処方, 杏林書院1989, 76-81
- 10) 小野三嗣, 運動の生理科学, 朝倉書店1988, 114-118
- 11) 井上・品川, 運動生理学序説, 南江堂1966, 1

### Summary

The effects of exercise on the blood pressure and pulse were investigated among 143 students of The Hiroshima Bunka Women's Junior College.

The bicycle ergometers of Kombi Aerobic No.710 & 800 were employed. The Omron electric digital manometer HEM 802F was used for the measurement of blood pressure and pulse of the left for finger.

They were measured on 0, 3, 5, 7 and 10 minutes in each after the start of exercise.

The following results were obtained.

- 1) The changes of blood pressure of the 57% among the all members of subjects reached to the maximal level within 7 minutes after the start of exercise. Four types were observed on the relationships between the maximal and the minimal blood pressure.
  - a) The increase of the maximal blood pressure was followed by the increase of the minimal blood pressure.
  - b) The increase of the maximal blood pressure was followed by the decrease of the minimal blood pressure.
  - c) The maximal blood pressure decreased, but the minimal blood pressure increased.
  - d) Both the maximal and minimal blood pressure decreased.
- 2) On the variation of the pulse, 57% of the subjects reached to the maximal level within 7 minutes after the start of exercise, and 37% of the subjects reached to the maximum within 10 minutes.