

複合運動後回復期における血圧の推移

桑村 由美^{*}, 志内 哲也, 野村 千景, 幸田 貴美子^{**}, 小原 繁

Change in blood pressure in recovery phase after combined (static & dynamic) exercise

Yumi KUWAMURA, Tetsuya SHIUCHI, Chikage NOMURA,
Kimiko KOHDA, Shigeru OBARA,

Abstract

It is well known that systolic blood pressure (SBP) elevate but diastolic blood pressure (DBP) do not elevate during dynamic exercise and in static isometric exercise DBP show respectable elevation. However, changes in SBP and DBP in recovery phase after exercise is unclear. In this study we measured SBP and DBP by auscultatory recording method during recovery phase for 10 minutes. Resting blood pressure was determined immediately before exercise. The exercise was a dynamic (pedalling at 50% Heart rate reserve) and static (10% and 20% of Maximal Voluntary Contraction: MVC) combined exercise for five minutes. Blood pressure was measured for last 45 seconds during the exercise. In recovery phase blood pressure was measured every two minutes until 10 minutes after exercise. There were significant correlations between resting and exercise SBP and DBP, respectively. And also there were significant negative correlations between increase from resting SBP to exercise SBP and resting SBP and between increase from resting DBP to exercise DBP and resting DBP. There, however, were no relationship between %HRreserve as a exercise intensity and resting SBP and DBP, respectively. These results indicate that a person who is in higher blood pressure reach higher blood pressure in exercise, however in recovery phase after exercise blood pressure become lower than resting blood pressure as a effect of exercise.

key words : systolic pressure, diastolic pressure, dynamic, static

徳島大学 総合科学部 行動科学 運動処方論研究室

* 徳島大学医療技術短期大学部 看護学科

** 健康科学研究所

I. はじめに

近年健康づくりへの関心が高まり、フィットネスクラブ等へ運動のために通う人々が多くなってきた。そして中でも手軽に計測できる装置（例えば、インピーダンス法による体脂肪率測定器や自動血圧計）が備えられているために肥満や高血圧への関心は高いようである。中高年になると生理的に老化現象として安静時血圧は増加してくるのでフィットネスクラブでも血圧を測る姿がよく見られる。また最近、軽運動を長時間、継続的に行うことにより軽症高血圧者の安静時血圧が低下することが認められるようになり¹⁾、これから軽症高血圧者の運動への参加は増加してくると予想される。ここで注意が必要なことは安静時血圧値は計測時の様々な条件によって異なってくるということである。安静時血圧値は環境温度、姿勢、体温などの影響で変動する。そして運動時には収縮期血圧が200mmHgを超える²⁾ことも珍しくないが、その回復期の血圧変動は定かでない。フィットネスクラブでも運動を終えた後、血圧を測定し自分の安静時血圧値の参考にしているようであるがその値がどのような意味を持つのか理解をしていないと日常の血圧管理に悪い影響を与えかねないことも予想される。予測される可能性として過剰回復が考えられる。もしそうであれば運動後の血圧値は一時的な現象であるという認識を持ち血圧低下のための運動に根気よく取り組む必要がある。本研究では運動後に収縮期および拡張期血圧がどのような変動パターンを示すのか調べることを目的とした。

II. 実験方法

1. 被検者

被検者は男子大学生6名、29歳女性1名および48歳男性1名の計8名である。いずれの被検者も日頃運動を習慣的に行っている。被検者には事前に実験目的と内容を詳しく説明し、同意を得た。

2. 運動負荷法

運動として電気制動式サイクルエルゴメーターによるペダリング運動を実施した。負荷は動的運動としてHeart Rate Reserveの50%強度を目標としてセットし、また静的運動として上腕屈曲の最大筋力の10%と20%のプレートを支持させるようにして負荷をかけた。よって被検者は2回の負荷運動をおこない、その運動を終了した後10分間の回復期に2分間隔で血圧測定を行った。運動時間は5分間である。

3. 測定項目及び方法

心電図は胸部双極誘導で記録した。血圧は運動前に1回測定しそれを安静時血圧とした。5分間の運動の最後の45秒間に運動時血圧の測定を行った。回復期の血圧は1分50秒、3分50秒、5分50秒、7分50秒、9分50秒から計測を開始しその時の値をそれぞれ2分、4分、6分、8分、10分の値とした。尚、聴診法による運動時の血圧測定にはいろいろと測定精度の問題が指摘されている³⁾ので本研究では心電図、カフ圧、コロトコフ音(K音)そして水銀柱の高さを10mmHg毎に記録紙に記録してから判定する聴診記録法⁴⁾を用いて測定精度を高めるよう配慮した。全被検者に対してカフを左上腕に装着し、その圧を圧トランスデューサー(PS-2KB、共和)によって記録した。K音を記録するために心音マイクロフォン(MA-250、フクダ電子)を左肘窩部の上腕動脈の上部に固定し、心音計により増幅して記録した。水銀柱の高さを目測で読み10mmHg単位で手動によりマイクロスイッチをオン、オフさせて電気的シグナルを発生させ記録した。これらのカフ圧、K音、10mmHg毎の水銀柱の高さを示すシグナル、そして心電図の4つの信号は、電磁オシログラフ(ピジグラフ、NEC三栄)に記録した。収縮期血圧(SBP)はK音が最初に現れた時点であるが、K音の第一音が現れた後、次の1~2拍動の部分でK音が消失する(聴診間隙)こともあるが、その場合でもK音の第一音が現れた時のカフ圧をSBPとした。拡張期血圧(DBP)の判定は運動時と回復期とでは異なる。運動時のDBPはK音が急激に小さくなる時点のカフ

圧とした。そして安静時と回復期のDBPは従来どおりK音の消失する直前の最後のK音におけるカフ圧とした。

III. 結 果

被検者8名について1名を除いてそれぞれ2回ずつ測定したので計15回の測定値の平均と標準偏差（括弧内に示した）は以下のようになった。安静時のHRは73.9（9.81）拍/分，SBPは114.9（10.45）mmHg，DBPは77.1（9.81）mmHgであった。運動負荷として動的運動の負荷として50% Heart Rate Reserve を基準とし，それに10% MVCと20% MVCの静的負荷を加えたので最終的に運動強度は平均（標準偏差）で56.8（5.96）%で，その範囲は50.1%から66.2%であった。5分間の運動終了直前のHR，SBPそしてDBPの平均（標準偏差）はそれぞれ141.8（9.75）拍/分，190.9（18.27）mmHg，85.7（11.26）mmHgであった。

被検者8名の計15回の測定についてまとめたものを図1に示した。図1AにはHRの安静時からの増減を示している。15試行の平均値（標準偏差）で示すと，HRは運動により安静値より68（11.5）拍/分増加している。回復2分目では6.5拍/分の増加となり，かなり回復しているが，1例のみ安静値より10拍ほど減少しているのを除いて全体的傾向として安静値より5拍/分ほど高い値で安定している。SBPについては図1Bに示したが，運動により76（14.5）mmHgの増加を示している。回復2分目では16（7.6）mmHgの増加状態で6分目以降はほぼ回復状態にある。しかし回復の水準には個人差が見られる。図1Cに示したDBPは運動により11（12.6）mmHg増加しているが，回復期の変動は回復2分目の値がマイナス8（14.2）mmHgと急減する傾向を示すが，4分目以降は若干上昇し，ほぼ安静値に近い値を示し10分目まで安定した値を示している。回復期DBPにもSBP同様に個人差が見られる。安静時血圧と運動時血圧の相関を調べてみるとSBPとDBP共に有意な正の

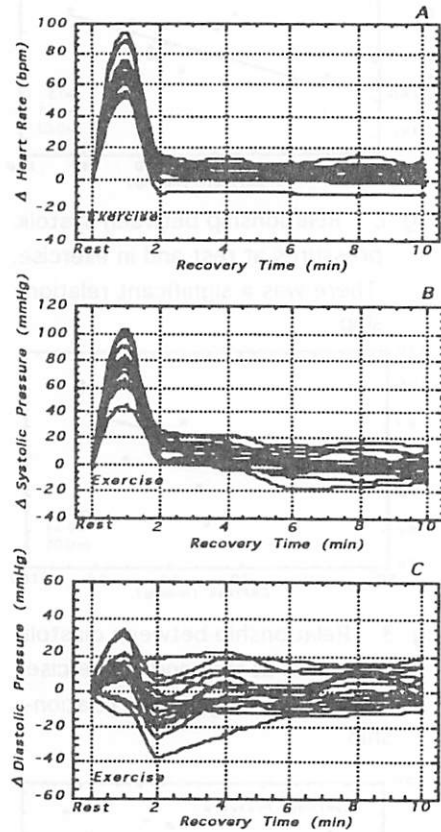


Fig. 1 Changes in increase or decrease of heart rate, systolic blood pressure, and diastolic blood pressure from resting value in exercise and 10 min-recovery phase.

相関が見られた。それを図2と図3に示した。これには運動強度も関係している可能性があるので，運動強度（%HRreserve）とSBPおよびDBPとの関係を調べた。その結果は図4に示したとおり有意な相関は見られなかった。回復期のHR，SBPおよびDBPについてほぼ安定した状態を示す6，8，10分目の値の平均値を求めた。そしてその平均値と安静値との差と安静値との関係を調べた。HR（図5）には有意な相関は認められなかったが，SBP（図6）については5%水準（ $r=0.58$ ）で，DBP（図7）については1%水準（ $r=0.66$ ）で共に有意な負の相関が認められた。

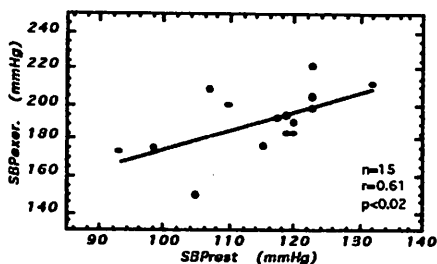


Fig. 2 Relationship between systolic pressures at rest and in exercise. There was a significant relationship.

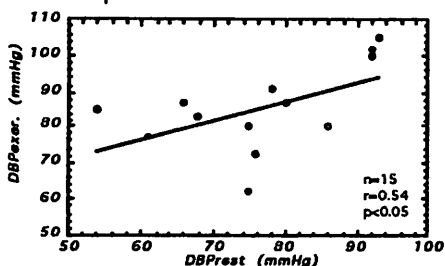


Fig. 3 Relationship between diastolic pressures at rest and in exercise. There was a significant relationship.

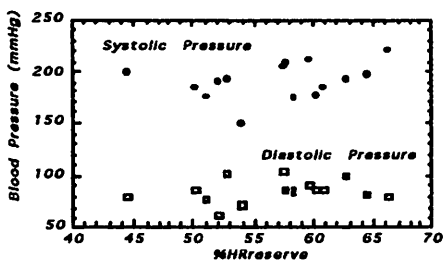


Fig. 4 Relationship between %HR reserve and systolic and diastolic pressures in exercise. There were no significant relationship.

IV. 考 察

本実験での主要な知見は運動後回復6分から10分にかけての回復期SBPとDBPは安静時の値と有意な負の相関が見られたということである。この結果の意味するところは本研究で用いたHRreserveの55%前後の強

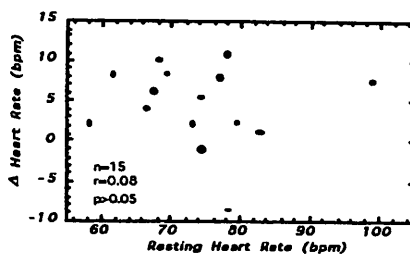


Fig. 5 Relationship between resting heart rate and increase of heart rate in recovery from resting value. There was no significant relationship.

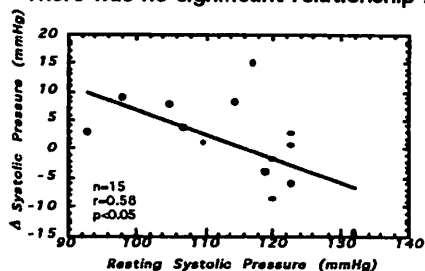


Fig. 6 Relationship between resting systolic pressure and increase of systolic pressure in recovery from resting value. There was a significant negative relationship.

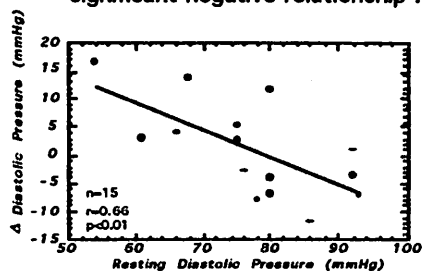


Fig. 7 Relationship between resting diastolic pressure and increase of diastolic pressure in recovery from resting value. There was a significant negative relationship.

度でのペダリングと10%または20%MVCの静的運動との複合運動をすることにより自律神経系の緊張の度合いに変化が起き、その回復期に血圧が至適な状態に戻っていくということであると考えられる。本研究で用いた

50%から66%運動強度の範囲では交感神経の緊張が高まることが報告されている^{5, 6, 7)}。安静時のHRと血圧の高値が交感神経系の増強の影響だったのか、あるいはHRと血圧の低値が副交感神経系の増強の影響だったのかこれを証明するものは無いが、運動前の安静時血圧の高かった者は回復期により大きく減少する傾向を示したことから安静時に交感神経系の緊張がやや高い状態にあった者が運動後その緊張がとれ血圧低下という現象を引き起こしたのかもしれない。また安静時のSBP, DBPと運動時のSBP, DBPにそれぞれ有意な正の相関が見られた。これには運動強度の影響も関連していることが予想されるので運動強度(%HR reserve)と運動時SBP, DBPとの関係を調べたが、有意な相関は見られなかった。これらのことから安静時血圧の高い人は運動負荷により血圧上昇を起こしやすい傾向にあるということが示唆された。そしてそのような場合、運動前の高い安静値から運動刺激の影響として運動後の回復期に過剰回復を起こしたという結果であろう。今回の運動負荷はペダリングというダイナミックな運動と重量物支持というスタティックな運動の複合運動であった。スタティックな運動では血圧上昇が起こりやすいという報告^{5, 8)}もあるのでスタティックな運動の影響が強く現れたためかもしれない。しかし、安静時の血圧の状態が運動時の血圧値に関連するという事は中高年者で血圧の高い人では運動による過剰な血圧上昇を注意する必要があると言える。

本実験では安静時血圧を異なる日に測定しているのでそれを比較してみると、SBPもDBPも10mmHg前後の差がある。最大でSBPは12mmHg, DBPは14mmHgの測定日による差が見られる。血圧が自律神経の血管運動神経の影響を強く受けることから、このような血圧のゆれを日常の血圧管理の中で承知しておく必要があろう。清永ら⁹⁾の軽症高血圧患者に対する運動トレーニング実験での報告にもあるように、安静値を決定するのに2週間の観察期間をおいていることから安静値の決定の難しさがうかがわれる。血圧の研究を行うときには安静値の採用に対

して十分注意する必要がある。

運動時のSBPは運動強度の増加と共に上昇し、心拍数が平均175拍/分でピークに達し以後減少傾向を示し、それは3次式で帰帰できると報告されている²⁾。一方DBPはダイナミックな運動では安静値とほぼ同じであると報告されている¹⁰⁾。本研究での運動時5分目のDBPは15例の平均で約10mmHgの上昇であった。この時の平均心拍数は142拍/分であった。同じ血圧測定法を用いて研究を行った幸田の報告¹¹⁾でも仕事量が30, 60, 90, 120ワットのペダリング運動では運動時DBPは10名の平均でそれぞれ80 (2.60), 83 (3.28), 85 (4.49), 90 (6.75) mmHgと負荷と共に増加傾向を示している。本研究結果は負荷強度の低い場合にはDBPは運動により上昇することはないが、ある強度以上になるとDBPは上昇する可能性を示唆している。その強度がどの程度かは不明であるが、スタティックな運動での研究で筋交感神経の活動の上昇は筋内のpHの低下、すなわち乳酸産生の増加によると考えられている^{12, 13)}。ことから、乳酸閾値とDBPの上昇ポイントは関連するかもしれない。この点については今後検討する必要がある。

本研究での結果をまとめると、静的(10%と20%MVC)および動的運動(55%HR reserve前後)の複合運動(%HR reserveで示すと53-66%)を5分間行った時の運動終了直前のSBPとDBPは運動前のそれぞれの安静値と正の相関を示したことから安静値の高い人では運動による血圧上昇が大きくなり易いことを示した。また運動終了直前のSBPとDBPは回復6分以降10分目までのそれぞれの平均値と有意な負の相関を示したことから、運動時血圧を高くしている原因にも依ると考えられるが、運動により回復期に過剰回復をおこし、血圧を降下させる作用が見られることがわかった。

文 献

- 1) 進藤 宗洋, 田中宏暁, 田中 守, 山内美代子(1989) 高血圧の運動療法, 体育の科学, 39:105-110.

- 2) 小原 繁, 林 美代子, 荒木 秀夫 (1997) ペダリング運動における収縮期血圧の応答, 体力科学, 46 : 93-100
- 3) Griffin, S. E., R. A. Robergs, and V. H. Heyward (1997) Blood pressure measurement during exercise: a review. Med. Sci. Sports Exerc., 29 : 149-159
- 4) Obara, S., H. Yamaguchi, E. Bando, and H. Miyamoto (1987) An auscultatory recording method for blood pressure measurement during exercise. Jpn. J. Physiol., 37, 757-760.
- 5) 斉藤 満 (1997) 運動時の筋交感神経反応, 体育学研究, 42 : 59-70
- 6) Saito, M., A. Tsukanaka, D. Yanagihara, and T. Mano (1993) Muscle sympathetic nerve responses to graded leg cycling. J. Appl. Physiol. 75 : 663-667
- 7) Saito, M. and T. Mano (1991) Exercise mode affects muscle sympathetic nerve responsiveness. Jap. J. Physiol. 41 : 143-151
- 8) Watanabe, H., S. Iwase, and T. Mano (1995) Responses of muscle sympathetic nerve activity to static biceps brachii contraction in humans. Jap. J. Physiol. 45 : 123-135
- 9) Kiyonaga A., Arakawa K., Tanaka H., Shindo M. (1985) Blood pressure and hormonal responses to aerobic exercise. Hypertension, 7, 125-131.
- 10) Astrand, P-O. and Rodahl, K. (1986) Textbook of Work Physiology. 3rd. ed. McGraw-Hill, New York, 191-194.
- 11) 幸田貴美子 (1997) 運動時拡張期血圧の変動, 平成8年度徳島大学総合科学部人間行動研究コース卒業研究論文
- 12) Kjaer M. and N. H. Secher (1992) Neural influence on cardiovascular and endocrine responses to static exercise in humans. Sports Medicine 13 : 303-319
- 13) Fallentin, N. and K. Jorgensen (1992) Blood pressure response to low level static contractions. Eur. J. Appl. Physiol. 64 : 455-459

(1997年9月19日受付, 1997年9月30日受理)