九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

自転車エルゴメーター運動負荷時及び水泳時における血液生化学動態の比較及びα-ブロッカーの効果

江島，準一
九州大学医学部第一内科

加治，良一
九州大学医学部第一内科

金谷，庄蔵
九州大学健康科学センター

津田，泰夫
九州大学医学部第一内科

他

https://doi.org/10.15017/538

出版情報：健康科学. 12, pp.115-119, 1990-03-28. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

J. Health Sci., 12: 115−119, 1990

自転車エルゴメーター運動負荷時及び水泳時における血液生化学動態の比較及びα-ブロッカーの効果

江島準一* 加治良一* 金谷庄蔵
津田泰夫* 大柿哲朗 藤野武彦*

Biochemical and physiological changes during bicycle ergometer and swimming, and effects of α-blocker on those changes

Junichi EJIMA*, Yoshikazu KAJI*, Shozo KANAYA, Yasuo TSUDA*, Tetsuro OGAKI and Takehiko FUJINO

Summary

We studied the influence of catecholamines on potassium and other parameters before and after exercise. Six healthy subjects were given mild prolonged exercise stress tests by bicycle ergometer and swimming the leg kick of free style without medication, and under the administration of α-blockade (prazosin). The lactate, triglyceride (TG), free fatty acid (FFA), blood sugar (BS), serum potassium, adrenaline (Ad), noradrenaline (NA) were determined before and after exercise tests. Heart rate (HR) was assessed by Holter ECG during the exercise tests.

The results were as follows; 1) HR and lactate increased after exercise tests. However those increases did not show significant difference between bicycle ergometer and swimming tests. Alpha-blockade did not suppress the increase of HR and lactate. 2) The increases of both Ad and NA were higher in swimming than in bicycle ergometer. Alpha-blockade diminished the increase of catecholamine after both exercise tests. 3) Serum potassium rised after bicycle ergometer, but showed no significant change after swimming. 4) Alpha-blockade suppressed the rise of serum potassium.

These results suggest that 1) Marked sympatho-adrenal responses occur after the prolonged strenuous exercise. 2) Alpha-adrenergic stimulation may inhibit Na-K pumps on skeletal muscle, resulting in the higher serum potassium level. 3) Swimming induces the peculiar change of serum potassium compared with other exercises, although the cause is unclear.

(Journal of Health Science, Kyushu University. 12: 115−119, 1990)

緒　　言

中等度以上の運動負荷時には，交感神経系の刺激とそれに伴うカテコラミン分泌が心拍・血圧等心臓血管系の反応のみならず，内分泌系及び代謝状態の適応にも非常に重要な役割を演じている。運動とカテコラミン分泌動態及びその結果として生じる広範な生体反応の意義を知るにはカテコラミンの測定と同時に血行動

Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan.
*1st Dpartment of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyushu University, Fukuoka 812, Japan.

態，内分泌動態，電解質動態等に関する多数のパラメーターを測定する必要がある[1]。

今までに各種の運動による循環動態，血清酵素，血清電解質等の代謝性変化については，交感神経副腎系が重要な調節因子として関与しているとの数多くの報告があるが，同一人に異なった2種の運動による変化を比較したものは少ない[2)3)]。また，トライアスロンにおける報告を見てみると，血清電解質（特にカリウム），カテコラミンの変動は，自転車やランニングと水泳では異なった変動を示しているという報告がある。[4)5)]それらの変化に交感神経α-リセプターがどのように関与しているかを検討するために，今回，我々は健康人に自転車エルゴメーターと水泳による運動負荷を行い，両者の相違を検討すると共にα-ブロッカーを投与し，いろいろなパラメターの変化を観察した。

方　　法

対象は，日常運動をよく行っている健常男子（いわゆる well trained）6名，年齢は20.0±0.6歳である。

これらの対象に，それぞれ，30分間の自転車エルゴメーターと水泳を個人の乳酸性閾値（Lactate Threshold;LT）のレベル付近に保つように行った。その後，各人にプラゾシン1mgを内服投与し，服用後1時間より同様の負荷を行った。

個人の LT レベルは，あらかじめ自転車エルゴメーターを用いて1.5 Kpm から開始し，3分毎に0.5 Kpm ずつ負荷を漸増し，exhaustion に達する階段的運動負荷を行い各負荷毎の血中乳酸濃度，1分毎のガス交換変動諸数により求めた。心拍数はホルター心電計（フクダ電子社製 SM-26）により CM 5誘導にて連続記録した。ガス交換変動諸数及び最大酸素摂取量は MIJNHARD 社製 oxycon-4 を用いた。また，水泳中の心

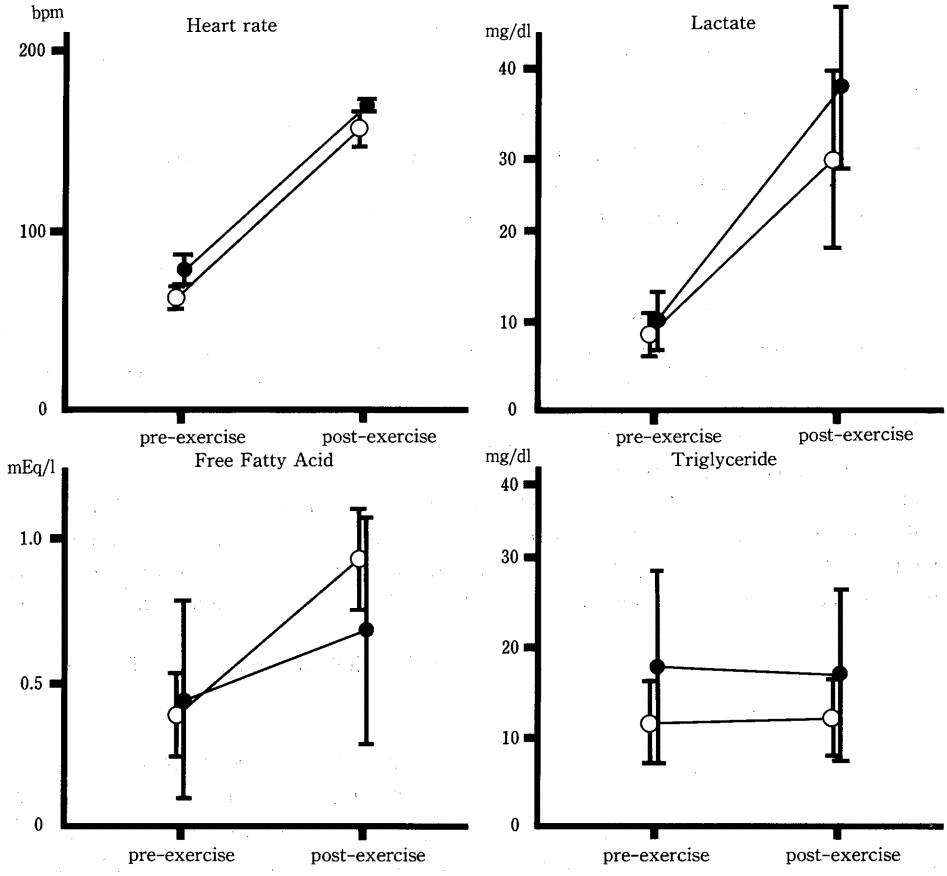

Fig. 1　Changes in heart rate, lactate, free fatty acid and triglyceride are indicated by open circle during bicycle ergometer and by closed circle during swimming.

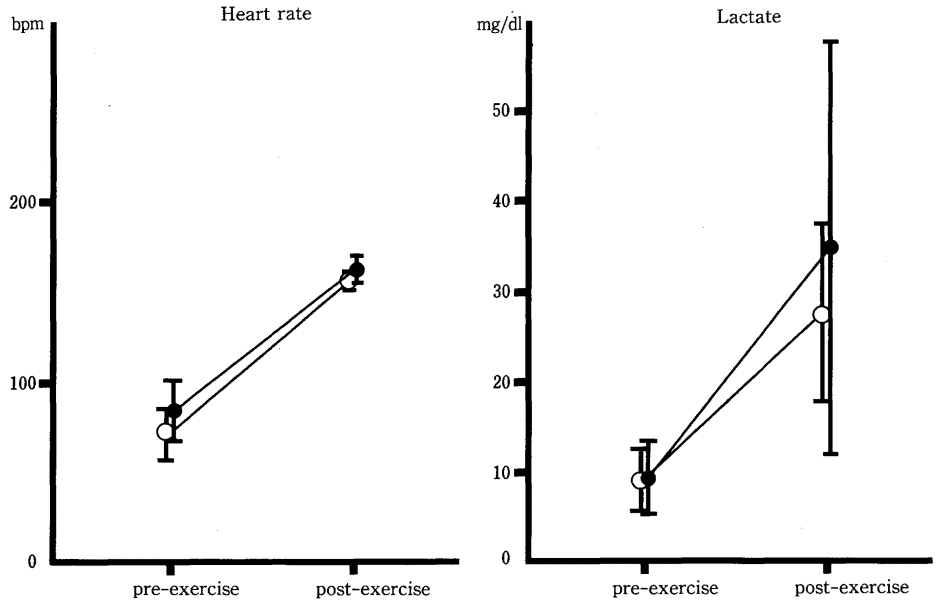

Fig. 2 Changes in heart rate and lactate under the administration of alpha-blocker are indicated by open circle during bicycle ergometer and by closed circle during swimming.

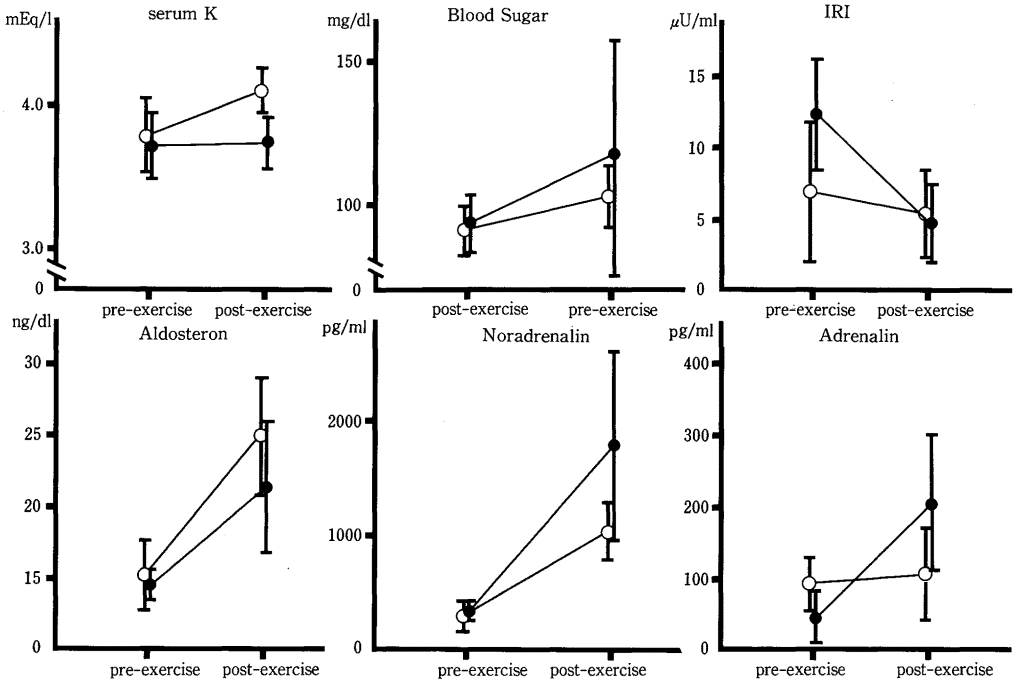

Fig. 3 Changes in serum potassium, blood sugar, IRI, plasma aldosteron and plasma catecholamine are indicated by open circle during bycycle ergometer and by closed circle during swimming.

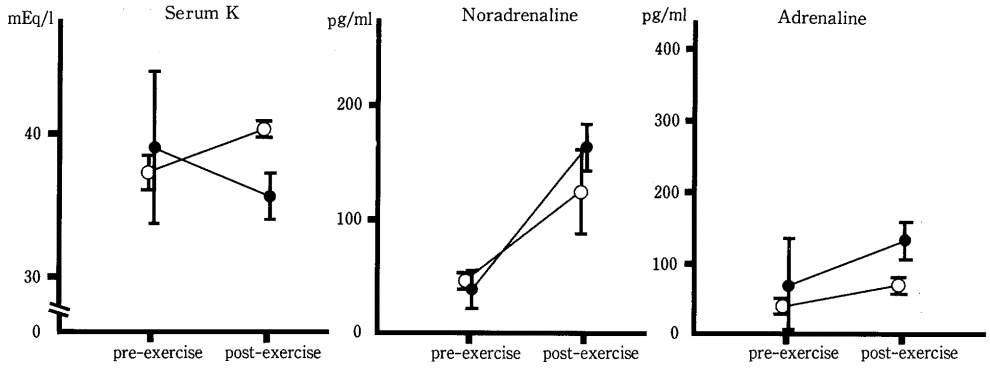

Fig. 4　Changes in serum potassium and plasma catecholamine under the administration of alpha-blocker are indicated by open circle during bicycle ergometer and by closed circle during swimming.

電図は水泳心電図記録セット（フグダ電子社製 WP-6010）を用い，テレメーター心電図監視装置（フクダ電子社製ダイナスコープ1040）からホルター心電計に記録した。

血液生化学的検査は，前腕静脈より運動開始前安静時及び運動終了直後に行った。また，プラゾシンを投与された者は，プラゾシン投与前安静時及び内服後の運動負荷終了直後に行った。血漿や血清は，直ちに冷凍遠心分離後凍結した。

結　　果

1．対象者の身体特性：平均の $\dot{V}o_2$ max は52.0±4.7 ml/kg/min と，同年代の平均的日本人と比較して大きかった[6]。

2．運動前後の心拍数及び血清乳酸値の変化：Fig 1, 2 に結果を示す。心拍数及び乳酸値は α-ブロッカーの有無に関わらず，自転車エルゴメーター，水泳共に有意差は認めなかった。

3．血液生化学的検査：Fig 3, 4 に示す。

1）脂質：遊離脂肪酸は，自転車エルゴメーター，水泳共に運動後増加したが，自転車エルゴメーターの方がより著明であった。中性脂肪は，両方の運動負荷後でほとんど変化がなかった。

2）血糖及びインスリン：血糖は，自転車エルゴメーター，水泳共に軽度増加した。インスリンは，両者共に低下したが，その程度は水泳の方が強かった。

3）血清カリウム：自転車エルゴメーターにて運動後増加したが，水泳ではほとんど不変であった。α-ブロッカーを服用すると自転車エルゴメーターでは運動後の増加が軽度になっている傾向にあり，水泳では逆に運動後低下した。

4）血中カテコラミン及びアルドステロンの変化：アルドステロン，ノルアドレナリン，アドレナリンは，自転車エルゴメーター運動負荷後及び水泳後共に上昇していたが，ノルアドレナリン，アドレナリンは水泳の方がより高かった。α-ブロッカーを使用すると，アドレナリンはその増加が軽度となった。

考　　察

1．対象者の身体的特徴：対象者の平均 $\dot{V}o_2$ max は，52.0 ml/min/kg と同年代の日本人の平均値[5]に比し高い値を示している。日常運動を継続している者は，同程度の運動負荷に対するホルモン分泌動態や代謝動態に未鍛錬者と差があることが知られており[9]，今回の結果を解釈する上で対象者の身体的特徴を把握することは重要であると考えられる。

2．運動負荷強度について：心拍数は運動強度と正相関すると考えられるが，自転車エルゴメーターと水泳間で運動前後の心拍数はほとんど変わりなかった。また乳酸値の変動も自転車エルゴメーターと水泳間で有意差なく，運動負荷強度はほぼ同じであると考えられた[8]。

3．血糖及び脂質等の変動：今回の被検者は，$\dot{V}o_2$ max の高い群であったため，血糖は運動終了時には軽度であるが上昇していた。このことは，鍛錬者が未鍛錬者に比して，肝臓や筋肉中に貯蔵されているグリコーゲン量が多いと言う報告に一致する[2,9]。

また，脂質の変動も従来の報告と一致していた[1,10]。

4．血清カリウム及び血中カテコラミンについて：血清カリウムは，加治ら[4]や Goodman ら[11]の報告と同

様に，特徴的な変化を示しており水泳直後は前値と変わらず，自転車エルゴメーター後は前と比較し増加していた。運動負荷におけるカリウム変動はカテコラミンが重要な鍵となっており，交感神経系を介したNa-Kポンプの抑制が関与し，交感神経のα-受容体刺激が高カリウム血症を，β-受容体刺激が低カリウム血症を来すという報告がある[12),13)]。運動中は増大した血中ノルアドレナリンがα-受容体を興奮させてNa-Kポンプを抑制し，そのためK^+が上昇し，運動中止後はβ-受容体の刺激によりK^+が下がるものと考えられる[1)]。また，運動中の高カリウム血症の機序として，Akaike[14),15)]の動物実験でのα受容体刺激が骨格筋のNa-Kポンプを抑制するという報告が適用し得る。

今回の結果も，α-ブロッカーを使用すると，血清カリウムは軽度ではあるが自転車エルゴメーター運動負荷では増加が抑制されており，水泳でも未使用群では変化しなかった血清カリウムが，α-ブロッカー投与後には低下しており，それらの報告を支持している。

それでは何故，自転車エルゴメーター運動負荷ではカリウムが増加するのに，水泳ではα-受容体刺激である血中ノルアドレナリンが高値にもかかわらずカリウムは変化しないのであろうか。実際，ヘマトクリットは大きな影響を与えていると思われるが，今までの報告をみてもヘマトクリットとカリウムは必ずしも平行には動いていない。また，発汗の程度の差も関連しているように思われる[16),17)]。しかし，明らかにこの疑問を解明するような報告は今のところ見あたらず，今後の検討課題である。

文　献

1) 金谷庄蔵，藤野武彦，小宮秀一，小室史恵，鈴木伸，緒方道彦，宅島　章，増田卓二，吉永　浩，満園良一，干綿俊機，安永　誠，町田弘幸：段階的運動負荷中及び回復期における血中カテコールアミン，血清カリウム，脂質及び血糖の動態，健康科学，**7**：51-59，1985.
2) Galbo. H.: Hormonal and metabolic adaptation to exercise. Thieme Stratton Inc., New York, 1983, pp.64-86.
3) Taunton, J. E., Mackenzie, D. C., Clement, DB and Cook, G. J.: Physiological and metabolic changes associated with the ultramarathon exercise. Exercise Physiology. vol. 2 AMS press Inc., New York, 1986, pp. 46-61.
4) 加治良一，藤野武彦，山口恭子，金谷庄蔵，大柿哲朗，小室史恵，熊谷秋三：ミニトライアスロン時の血液生化学動態，健康科学，**9**：125-131，1987.
5) Nieksen, B., Sjogaard, G. and Petersen, F. B.: Cardiovascular, hormonal and body fluid changes during prolonged exercise. Eur. J. Appl. Physiol., **53**: 63-70, 1984.
6) 大柿哲朗：九州地区住民の最大酸素摂取量及び運動負荷不適者，中止者の出現率．健康科学，**10**：23-32，1988.
7) Johnson, R. H., Watter, J. L., Krebs, H. A. and Williamson, D. H.: Metabolic fuels during and after severe exercise in athletes and non-athletes. Lancet. **2**: 452-455, 1969.
8) Ellestad, M. H.: Stress testing. F. A. DAVIS COMPANY Philadelphia, 1986. pp. 14-15.
9) 跡見順子：運動と糖代謝に関係するホルモン．Jap. J. Sports Sci., **3**：426-435，1984.
10) 井川幸雄：運動負荷と病態情報変動要因の解析．臨牀病理．臨時増刊特集38号．
11) Goodman, C., Rorers, G. G., Vermaak, H. and Goodman, M. R.: Biochemical responses during recovery from maximal and submaximal swimming exercise. Eur. J. Appl. Physiol., **54**: 436-441, 1985.
12) 金谷庄蔵，藤野武彦，小宮秀一，大柿哲朗，小室史恵，加治良一，山口恭子，熊谷秋三：定量的漸増運動負荷中及び回復期における血中カテコールアミン，血清カリウム，脂質及び血糖の動態（2報）健康科学，**8**：35-41，1986.
13) Wlliams, M. E., Gervino, E. V., Rosa, R. T., Landberg, L., Young, J. B., Silva, P. and Epstein, F. H.: Catecholamine moduration of rapid potassium shifts during exercise. N. Eng. J. Med., **312**: 823-827, 1985.
14) Akaike, N.: CNS effects on muscle Na/K levels in hypokalemia. Brain Research. **178**: 175-178, 1979.
15) Akaike, N.: Sodium pump in skeletal muscle: Central nervous system induced suppression by α-adrenoreceptors. Science. **213**: 1252-1254, 1981.
16) Coplan, N. L., Gleim, G. W. and Nicholas, J. A.: Exercise related changes in serum catecholamines and potassium: Effect of sustained exercise above and below lactate threshold. Am. Heart J. **117**: 1070-1075, 1989.
17) Rose, L. I., Carroll, D. R., Lowe, S. L., Peterson, E. W. and Cooper, K. H.: Serum electrolyte changes after marathon running. Journal of Appl. Phisiol. **29**: 449-451, 1970.