

運動の血液レオロジーに与える影響：軽い運動は、赤血球変形能を良くするか？：予報

金谷，庄藏
九州大学健康科学センター

江島，準一
九州大学健康科学センター

加治，良一
九州大学健康科学センター

有吉，恭子
九州大学第一内科

他

<https://doi.org/10.15017/539>

出版情報：健康科学. 12, pp.121-124, 1990-03-28. Institute of Health Science, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

運動の血液レオロジーに与える影響

—軽い運動は、赤血球変形能を良くするか?— (予報)

金谷庄藏 江島準一 加治良一*
有吉恭子 金子武夫 星井尚
津田泰夫* 藤野武彦

Effects of Exercise on Haemorheology (Preliminary Report)

—Mild Exercise can Improve Red Cell Filterability—

Shozo KANAYA, Jun-ichi EJIMA, Yoshikazu KAJI*
Kyoko ARIYOSHI, Takeo KANEKO, Hisashi HOSHII
Yasuo TSUDA* and Takehiko FUJINO

Summary

We investigated the effects of exercise on the hemorheological parameters including plasma viscosity, whole blood viscosity and red cell filterability to determine whether the exercise might give the beneficial effects to microcirculation in the human. Subjects consisted of two young men and a woman (mean age=19.7 years old). They performed the graded exercise on the treadmill by the Bruce protocol. During the test, they were monitored ECG and blood pressure. Heart rate (HR), some hemorheological parameters, and the biochemical parameters including serum electrolytes, blood sugar, lactate, and catecholamines were measured at 5 points; ① control (supine position), ② stage 2, ③ stage 5 during exercise, ④ 1-2 min., ⑤ 5min. after exercise. Plasma viscosity, whole blood viscosity and red cell filterability (RCF) were measured by the same methods as our published paper (J. Health Science 10; 103, 1988.)

The results were as follows;

- 1) Plasma viscosity and whole blood viscosity showed the gradual increase during exercise from stage 2 to 5 in all of three.
- 2) RCF showed decrease at stage 2, however the RCF at stage 5 increased markedly in all 3 subjects.
- 3) There was no increase of plasma catecholamine level at stage 2, but marked increase of catecholamine, lactate and heart rate at stage 5.

The results suggest that (1) mild exercise may give beneficial effects to hemorheology, resulting in the improvement of microcirculation. (2) Moderate to heavy exercise transiently worsens hemorheology, so that it must be harmful to the cardiovascular patients.

(Journal of Health Science, Kyushu University. 12: 121-124, 1990)

はじめに

運動時の生理生化学的応答には自律神経調節や内分泌調節が重要な役割を演じており、それらの報告は多くみられる。しかし運動時の酸素供給やエネルギー供給には、末梢循環や微小循環もまた重要な役割を果たしている。しかし血管因子についてはともかくも血液因子、中でも運動に関する血液レオロジーにおよぼす影響とそのメカニズムについてはほとんど知られていない。また、いままでの血液レオロジー的観点から検討した報告でも長期間の運動トレーニング後の慢性効果や、athletes と sedentary との安静時採血での比較といった検討がほとんどである^{2-6,11)}。

最近、我々は、安静時と、運動時やその直後との血液レオロジー学的検討を行い、運動により全血粘度や血漿粘度のみならず赤血球変形能 (RCF) も増悪するということを報告した^{11,10)}。しかし最近、正常人では軽度の運動中には赤血球変形能のみは改善するのを観察したので報告する。また、カテコールアミンなど他の多くのパラメーターも同時に測定し、その血液レオロジー変化の機序を検討した。

対象並びに方法

対象は、器質的疾患を有していない若年男女3名である。3名のプロフィールを Table 1 に示す。痛みを与えることなく任意の時点で採血できるように、あらかじめ被検者の前腕静脈に翼状針を留置した。運動負荷は、Treadmill を用い、Bruce のプロトコルに従い全員 stage 1 より stage 5 まで漸増負荷をおこなった。安静時および負荷中も心電図、血圧を同時記録した。安静仰臥位にて心電図、血圧測定、および採血後、運動負荷を行い、軽い運動負荷として予想最大心拍数の 1/2 の時点 (全員運動開始 4~5 分後) で採血し、強い運動負荷としては、stage 5 (全員最大心拍数の 85% 以上) の終了直前に採血した。血液レオロジー検査は、以前報告した通りである^{11,10)}。

Table 1. Profil of Subjects

Subjects	Age (ys)	Sex	Height (cm)	Body Weight (Kg)
A	15	female	157	44
B	17	male	170	65
C	27	male	167	60

結 果

3 人の対象者の結果を示す。

対象 A : まず、Fig. 1 (a) に 17 才、女性 A の安静時仰臥位と Bruce protocol の stage 2 および stage 5 の運動負荷中、そして回復期 1 分、5 分の心拍数 (HR) と血液レオロジーの各パラメーターの変化を示した。また Fig. 1 (b) 下段には、各段階での血中乳酸 (Lact.) と血漿アドレナリン (Ad), ノルアドレナリン (NA) の変化を示した。

軽い運動 (stage 2) 中には、安静時に比較して、心拍数の軽度の増加に一致して赤血球数 (RBC)、全血粘度 (WBC) および血漿粘度 (PV) の軽い増加がみられるのに反して、赤血球変形能 (filterability, RCF) のみは明らかな改善がみられる。ところが強度の運動 (stage 5) になると、他のパラメーター以上に赤血球変形能の著明な悪化がみられる。運動の中止後は、各パラメーターとも時間と共に回復がみられるが、赤血球変形能が特に顕著である。乳酸は、Fig. 1 (b) に示すごとく、stage 2 の負荷では有意な変化なく、stage 5 になると著明な増加を示し、回復期 1 分でもさらに増加を示し、5 分後にやっと低下を始めている。

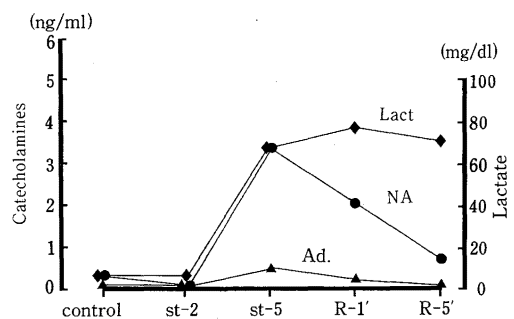
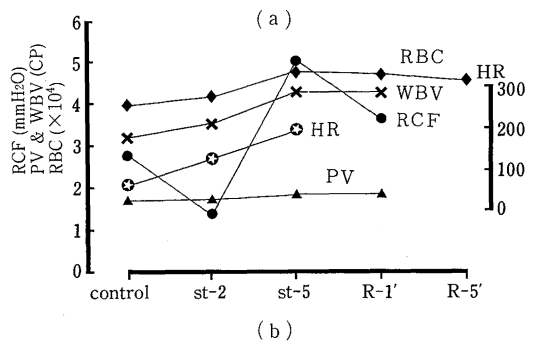


Fig. 1

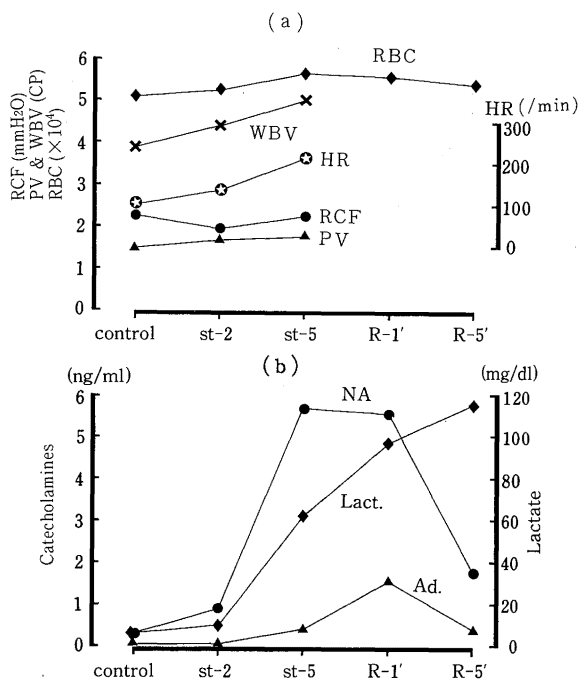


Fig. 2

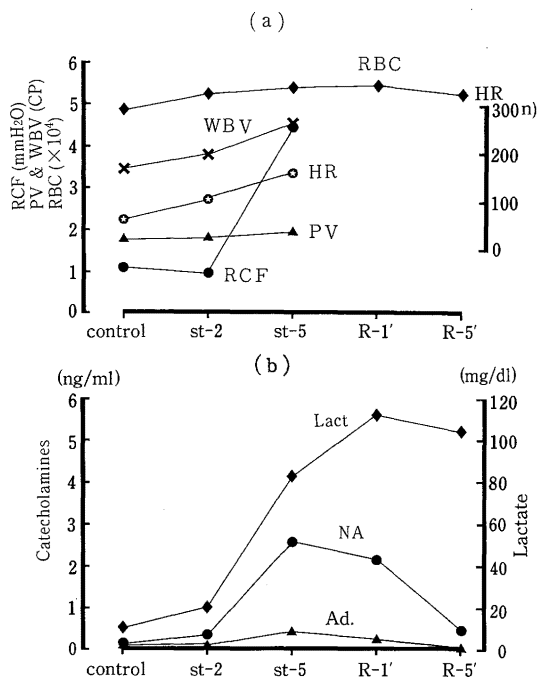


Fig. 3

一方、血漿ノルアドレナリンは、stage 2では運動前よりもむしろわずかに低下し、stage 5では、著明な増加がみられた。アドレナリンは、stage 2までは、痕跡程度で stage 5 になって、やっと増加がみられた。

対象B：17才、男性。Fig. 2(a) および Fig. 2(b) に示すごとく、負荷の程度も、対象の心拍数の反応、および赤血球、全血粘度、血漿粘度も上記の対象Aとほぼ同じであるが、軽度の負荷 (stage 2) では、赤血球変形能は改善はしているものの、対象Aほど顕著ではない。カテコールアミンや乳酸は、stage 2 で既にわずかな増加がみられる。submaximal (stage 5) の運動時および回復期の反応は、対象Aと同様であった。

対象C：27才、男性。Fig. 3(a) および Fig. 3(b) に示すごとく、負荷の程度は上記2名と同じであるが、本対象Cは、AやBと違い、sedentary のため、心拍数や乳酸、カテコールアミンの反応からも、強負荷 (stage 5) がほぼ最大運動負荷と思われる。赤血球数、全血粘度、血漿粘度の反応は前2対象者と同じであった。しかし、赤血球変形能は、他の被験者同様 stage 2 では軽度改善しているものの、最大運動負荷 (stage 5) でそれほど悪化しておらず control とほぼ同じであった。軽負荷 (stage 2) での乳酸やカテ

コールアミンの反応は、対象Bと同じく軽度であった。

考 案

運動時の酸素供給やエネルギー源の供給などには、循環動態やその中枢性調節および内分泌調節が重要な役割を果たしているが、末梢循環や微小循環もまた重要な役割を果たしていることは、理論上良く知られている。

しかし、末梢循環や微小循環に関する報告は、従来いくつかの報告がみられる。しかし運動の急性効果として、血漿粘度や全血粘度が悪化するという報告はいくつか見られるが、RCF の変化と、その変化がどのようなメカニズムによってもたらされるかの報告は、一部我々が予報にて論じている以外に見られない。

ただ、in vitro の実験としては、catecholamine や prostaglandine が、赤血球変形能を変化させることやそのメカニズムについての報告は散見される^{4),8)}。しかしそれは、LT レベル以上の強度での運動中の血液レオロジーの悪化を説明するが、今回報告のように軽度の運動では、むしろそれを改善するのを説明するものではなく、今後の更なる検討を要する。

いずれにしろ、今回の予報から、軽度の運動は、

RCF を改善し、血中乳酸やカテコラミンが有意に増加してくる中等度以上の運動は、血液レオロジーの各パラメーター、なかんずく RCF を悪化させるということがわかった。この事は、非健康人でも軽い運動なら安全に運動を行うことができ、健康人では、むしろ RCF が少し悪化するぐらいの方が、運動ストレスとなり、健康増進の上からは望ましいということが示唆される。

Reference

- 1) 有吉恭子, 藤野武彦, 加治良一, 牧角和宏, 金谷庄藏, 太田誠一: 血液レオロジーの微小循環における意義—赤血球変形能の運動生理学への応用—。健康科学, **10**: 103-108, 1988.
- 2) Ernst, E., Weihmary, T., Schmid, M., Baumann, M. and Matra, A.: Cardiovascular Risk Factors and Hemorheology Physical Fitness, Stress and Obesity. *Atherosclerosis*, **59**: 263-269, 1986.
- 3) 福田利夫, 山本和利, 檜垣 進, 関谷貞三郎, 森田義雄, 中村 仁: 運動負荷時の血小板機能とヘモレオロジー。日本バイオレオロジー学会論文集, 1981.
- 4) Allen, J. E. and Rasmussen, H.: Human Red Blood Cells: Prostaglandin E₂, Epinephrine and Isoproterenol Alter Deformability. *Science*, **174**: 512-514, 1971.
- 5) 桐ヶ谷肇, 宮原康弘, 丹羽明博, 谷口興一, 竹内重五郎, 藤原秀臣, 飯泉智弘, 杉本圭市: 運動負荷試験における全血粘度。日本バイオレオロジー学会論文集, 1981.
- 6) Letcher, R. L., Pickering, T. G., Chien, S. and Laragh, J. H.: Effects of Exercise on Plasma Viscosity in Athlete and Sedentary Normal Subjects. *Clin. Cardiol.*, **4**: 172-179, 1981.
- 7) Lowe, G. D. O. and Barbenel, J. C.: Plasma and Blood Viscosity. *CLINICAL BLOOD RHEOLOGY* (Vol. 1), pp. 21-32, 1988. ed by Gordon D. O. Lowe, MD, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida
- 8) Rasmussen, H., Lake, W., and Allen, J. E.: The Effect of Catecholamines and Prostaglandins upon Human and Rat Erythrocytes. *Biochimica et Biophysica Acta.*, **411**: 63-73, 1975.
- 9) Small, M., Tweddle, A. C., Burns, P., Rankin, A. C. and Lowe, G. D. O.: The Effects of Maximal Exercise on Blood Rheology in Normal Males with and without Betaadrenoceptor Antagonists. *Clin. Hemorheology*, **5**: 281-289, 1985.
- 10) 山口恭子, 加治良一, 金谷庄藏, 藤野武彦, 磯貝行秀, 横瀬琢男: 中等度運動負荷の赤血球変形能におよぼす影響。日本バイオレオロジー学会論文集, 1987.
- 11) Yokose, T., Kutiba, K., Akiyama, M., Maeda, T., Ikemoto, S., and Isogai, Y.: Effects of Exercise on Hemorheology in Athletes and Sedentary Normal Subjects. *Microcirculation Annual 1987*, pp. 7 - 8 ed by M. Tsuchiya et al NIHON-IGAKUKANN, Tokyo, Japan.