

運動前後における血漿蛋白の変動

北 均*¹ 木村 瑞生*² 五十嵐 桂一*³ 北川 駿*⁴

A study on Changes of plasma proteins concentration before and after the exercise

Hitoshi KITA, Mizuo KIMURA, Keiichi IGARASHI, and Takashi KITAGAWA

Abstract

The jogging recently becomes popular for health improvement and an increasing number of citizen participates in various types of sports including marathon. Therefore it is important to understand the physical changes against the sport burden to avoid accidents. 43 students in university sport clubs were subject to experiment by loading on 8.5km running. Blood and serum were collected before running as control, 10 min and 6 hrs after running for analysis. Hemoglobin concentration increased slightly 10 min after running, then decreased. Total serum protein increased significantly ($p < 0.01$) 10 min after running and slightly decreased 6 hrs after running. The 24 serum protein components 10 min after running was higher than that before running. Especially, it was prominent in albumin ($p < 0.01$). On the other hand only haptoglobin 10 min after running was lower than that before running. In comparison with concentration between before and 6 hrs after running most protein components tend to decrease, and especially haptoglobin was significantly decreased ($p < 0.01$). From these results we speculate that haptoglobin was a key protein to evaluate the physical condition for sport loading.

はじめに

全身を循環し代謝作用に関与する血漿・血清蛋白は、各種の機能を有する多数の分画よりなり、それぞれ身体の恒常性の変動に対応して鋭敏に反応するといわれている。また、採取が容易な体液成分でもあり、現在は临床上において極めて重要とされている。

血漿蛋白成分については、基礎的および臨床上の研究では多くの報告がなされているが、運動(スポーツ)等における報告は非常に少ない。

最近のジョギングブームにより、一般市民がマラソン等に参加することが多くなり、健康管理が問題にされている。マラソンなど過激なスポーツをすると、体温の上昇や発汗量の亢進による血液の濃縮および心拍数の増加等がみられ、生体に大きな負担がかかり、生体の負担の程度はその運動量の差などが影響するといわれる¹⁻⁵⁾。

今回、我々は8.5 km 走行において、生体負担の影響が予測される血液成分の変動を把握するため、運動が生体にどのような影響を与えているか

*¹ 本学工学部 (体育) 教授

*² 本学工学部 (体育) 講師

*³ 本学芸術学部 (体育) 講師

*⁴ 千葉商科大学 (体育) 教授

1996年9月6日受理

について、血液成分の hemoglobin (Hb), hematocrit (Ht) 値, 総蛋白量および血漿蛋白分画 24 種類を測定し検討した。

材料および実験方法

1. 対象

東京工芸大学, 千葉商科大学の運動部員 38 名 (ラグビー 7 名, テニス 5 名, 野球 7 名, サッカー 4 名, バスケット 10 名, アーチェリー 5 名), 非運動部員 5 名を 8.5 km 走行させ, ラグビー, テニス, 野球部員には, さらに 3 時間の練習を続行させた。これらの負荷条件で, 運動前, 運動直後 (直後 10 分), 運動後 (8.5 km 走行後 6 時間後) に採血し, 同時に尿の採取も行ない対象試料とした。

2. 血漿蛋白分画の定量法および Hemoglobin 量の測定

形成される沈降輪直径と蛋白抗原量の対数濃度間に比例関係がみられる一元免疫拡散法にて, 沈降輪直径を測定, あらかじめ作製しておいた標準曲線より抗原蛋白濃度 (検体抗原量: mg/dl) を prealbumin (Prealb), albumin (Alb), α_1 -acid-glycoprotein (α_1 -Ag), α_1 -antichymotrypin (Ax), α_1 -antitrypsin (AT), prothrombin (PtH), Gc-globulin (Gc), inter α -trypsin (I α I), antithrombin (AtH), ceruloplasmin (Cp), α_2 -HS-glycoprotein (α_2 HS), C₁-inactivator (C₁INA), haptoglobin (Hp), α_2 -macroglobulin (α_2 M), plasminogen (PGM), hemopexin (Hx), C3C-globulin (C3C/A), C₄-globulin (C₄), transferrin (Tf), fibrinogen (Fib), C₃-activator (C₃-Act), immunoglobulin-A (IgA), immunoglobulin-M (IgM), immunoglobulin-G (IgG) の 24 種について算定した。総蛋白量は屈折計 (ATAGO) で測定し, Hb はシアンメトヘモグロビン法にて自動分析機 (HEMOGLOBIN COUNTER HB-100) を用い測定した。測定値の平均値 (mean \pm SD) の統計処理は t-検定により行なった。

結 果

1. 運動前後における Hb 量

各運動部員および非運動部員の Hb 量は表 1 の如くで, 運動前と運動直後, 運動後の Hb 量を比較すると運動直後において若干の変化がみられ, テニス部のみが減少を示した。運動後になるとすべての部員に減少がみられた。これを運動 (走行) 後, 練習を続行した部員を運動部 I 群 (ラグビー, テニス, 野球) とし, また運動 (走行) 後, 休養した部員を運動部 II 群 (サッカー, バスケット, アーチェリー) に区別した成績では, 運動部 I 群は運動前 14.8 \pm 0.99 g/dl, 運動直後 14.8 \pm 0.98 g/dl, 運動後 14.1 \pm 1.08 g/dl であった。運動部 II 群は運動前 15.3 \pm 0.78 g/dl, 運動直後 15.5 \pm 0.69 g/dl, 運動後 15.1 \pm 0.61 g/dl である。運動部 I 群は運動前と運動直後の値はほぼ同様であったが, 運動後に下降し, 明らかに差 ($p < 0.05$) がみられた。運動部 II 群は運動直後は上昇傾向, 運動後は下降傾向を示したが, 運動前との間に差は認められなかった。運動部 I 群の運動後の Hb の低下の差は, 運動後, さらに各部員がそれぞれ練習を続行したため, 所謂運動量 (負荷) の差にもとづくものと考えられる。

この成績を明確にするために, 運動前を 100% とし, その後の増減を各群ごとに検討すると, 運

表 1. 運動負荷前後の Hb 量の変動

	運動前	運動直後	運動後
ラグビー n=7	14.7 \pm 1.13	14.8 \pm 0.88	13.8 \pm 0.82
テニス n=5	14.4 \pm 0.77	14.3 \pm 0.94	13.4 \pm 1.05
野球 n=7	15.2 \pm 0.95	15.3 \pm 0.99	14.9 \pm 0.88
サッカー n=4	15.2 \pm 0.85	15.4 \pm 0.79	15.0 \pm 0.70
バスケットボール n=10	15.4 \pm 0.87	15.5 \pm 0.72	15.2 \pm 0.73
アーチェリー n=5	15.2 \pm 0.66	15.4 \pm 0.51	15.0 \pm 0.55
非運動部 n=5	15.6 \pm 0.35	15.7 \pm 0.53	15.1 \pm 0.58
Total n=43	15.1 \pm 0.89	15.2 \pm 0.87	14.7 \pm 0.98

動部 I 群の運動直後は $100.2 \pm 3.25\%$ 、運動後は $95.4 \pm 4.04\%$ 、運動部 II 群は運動直後 $101.2 \pm 3.53\%$ 、運動後 $98.9 \pm 3.33\%$ 、非運動部群は運動直後 $101.3 \pm 2.58\%$ 、運動後 $96.7 \pm 3.25\%$ で、全合計では運動直後 $104.7 \pm 4.03\%$ 、運動後 97.4 ± 2.31 であり、この 100 分率では、より顕著な差異がみられた。運動直後に全群とも上昇傾向がみられるが、発汗による血液濃縮等を考慮すると、Hb 量はおそらく減少しているものと考えられる。運動後は、何れの群においても減少が認められ、I 群の運動前 ($p < 0.001$) および I 群 ($p < 0.001$)、II 群 ($p < 0.05$)、非運動部 ($p < 0.05$) の運動直後との間に差が認められ、全合計 ($n=43$) では運動前、運動直後にも有意差 ($p < 0.01$) が認められた。また、運動後の運動部 I 群と運動部 II 群との間に有意差 ($p < 0.01$) が認められ、いわゆる運動量 (負荷) が増加すると Hb 量は、明らかに減少することが認められた。

2. 運動前後における Ht 値

各運動部員および非運動部員の Ht 値は表 2 の如くで、運動前と運動直後、運動後の Ht 値を比較すると運動直後においては若干の変化がみられ、テニス部のみが低下を示した。運動後になるとすべての部員に低下を認め、ラグビー部のみ有意

表 2. 運動負荷前後の Ht 値の変動

	運動前	運動直後	運動後
ラグビー n=7	45.3 ± 2.88	45.4 ± 2.14	$41.9 \pm 2.31^*$
テニス n=5	46.2 ± 2.24	45.3 ± 2.06	43.9 ± 2.95
野球 n=7	47.2 ± 2.99	47.3 ± 3.13	46.1 ± 2.82
サッカー n=4	48.0 ± 3.53	48.2 ± 3.62	47.7 ± 3.14
バスケットボール n=10	48.9 ± 2.07	49.0 ± 1.96	47.9 ± 1.83
アーチェリー n=5	47.2 ± 2.65	47.4 ± 1.35	46.5 ± 1.65
非運動部 n=5	48.1 ± 0.89	48.6 ± 1.21	46.9 ± 1.32
Total n=43	47.3 ± 2.63	47.4 ± 2.57	$45.8 \pm 3.02^*$

* : $p < 0.05$ unit : %

差 ($p < 0.05$) が認められ、全合計 ($n=43$) においても差 ($p < 0.05$) が認められた。これを運動部 I 群 (ラグビー, テニス, 野球), 運動部 II 群 (サッカー, バスケット, アーチェリー) に区別した成績では、運動部 I 群は運動前 $46.2 \pm 2.74\%$ 、運動直後 $46.0 \pm 2.53\%$ 、運動後 $44.0 \pm 3.31\%$ 、運動部 II 群は運動前 $48.2 \pm 2.50\%$ 、運動直後 $48.4 \pm 2.23\%$ 、運動後 $47.5 \pm 2.06\%$ 、非運動部群は運動前 $48.1 \pm 0.90\%$ 、運動直後 $48.6 \pm 1.21\%$ 、運動後 $46.9 \pm 1.32\%$ であった。運動部 I 群は、運動直後に低下傾向で運動後 ($p < 0.05$) になると運動前との間に明らかに差を認めた。運動 II 群および非運動部は運動直後にわずかに上昇し、運動後は低下を示したが、何れも差は認められなかった。全合計 ($n=43$) においては運動前と運動後に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

この成績を明確にするために、運動前を 100% とし、その後の増減を各群ごとに検討すると、運動部 I 群の運動直後は $99.4 \pm 2.64\%$ 、運動後は $95.1 \pm 3.37\%$ 、運動部 II 群は運動直後 101.0 ± 1.83 、運動後 $97.5 \pm 1.73\%$ 、非運動部は運動直後 $101.0 \pm 1.83\%$ 、運動後 $97.5 \pm 1.73\%$ で、全合計 ($n=43$) では運動直後 $100.0 \pm 2.54\%$ 、運動後 $96.8 \pm 3.35\%$ である。運動前 (100%) と比較すると、運動直後は運動 I 群のみが低値の傾向を示し、運動部 II 群、非運動部は高値の傾向を示した。運動後は何れの群も低値を示し、運動前との間に運動部 I 群 ($p < 0.001$)、運動部 II 群 ($p < 0.05$)、非運動部 ($p < 0.05$) に有意差が認められ、全合計 ($n=43$) でも運動後に有意差 ($p < 0.001$) が認められた。

また、運動後の運動部 I 群と運動部 II 群との間に有意差 ($p < 0.01$) が認められ、運動部 I 群が運動後に特に低値を示すのは運動後に各運動部員がそれぞれ練習を続行したためであり、運動量 (負荷) が増大すると Ht 値は減少することが認められた。Ht 値は運動量によって大きく左右され、Hb 値と良く一致した成績であった。

3. 運動前後における血漿蛋白分画

血漿蛋白分画 24 種の運動前、運動直後、運動後

表3. 運動負荷前後の血漿蛋白分画量の變動

	運動前	運動直後	運動後
Prealb	33.6±4.7	35.5±5.4	32.9±5.4
Alb.	4727±288	4907±240**	4606±291
α_1 Ag	74.1±21.4	76.2±21.1	73.7±21.5
Ax	45.3±6.7	47.3±7.0	45.0±7.9
AT	211±16	217±17	207±24
Pth	9.48±0.65	9.54±0.64	9.11±0.70**
Gc	27.9±3.9	28.7±3.7	27.5±3.1
α_1 I	56.3±5.1	56.7±5.5	54.9±4.8
Ath III	28.0±1.1	28.3±1.0	27.8±1.0
Cp	25.5±2.0	25.8±1.9	25.0±2.1
α_2 HS	76.1±12.3	79.2±13.9	74.1±11.8
C ₁ INA	32.1±3.2	32.5±3.5	31.3±3.0
Hp	117±62.4	103±57.4	78±49.2**
α_2 M	277±40	285±40	275±39
PMG	11.8±0.7	11.8±0.7	11.6±0.8
Hx	80.6±12.4	84.9±10.1	78.8±10.9
C ₃ C/A	64.3±9.2	64.3±8.7	62.2±7.8
C ₄	28.9±8.0	29.4±8.0	29.1±8.3
Tf	298±37	307±37	294±41
Fib	315±43	323±58	321±37
C ₃ act	34.3±7.0	34.4±7.5	33.2±7.4
IgA	260±74	269±72	248±73
IgM	187±47	194±38	187±38
IgG	1332±149	1342±139	1310±135
TP	7300±460	7600±450**	7100±480

** : p<0.01 unit : mg/dl

を比較した成績は表3の如くで、全般に運動直後に上昇、運動後は減少傾向が認められた。

総蛋白量においては運動前 7.3±0.46 g/dl, 運動直後 7.6±0.45 g/dl, 運動後 7.1±0.48 g/dl で運動直後に上昇したが、運動後に低値を示し、運動前と運動直後の間には有意差 (p<0.01) が認められた。

また、24種の各血漿蛋白分画の運動前と運動直後の変動を比較すると Prealb, Alb, α_1 Ag, Ax, At, Pth, Gc, α_2 HS, α_2 M, Hx, Tf, Fib, IgA, IgM, IgG は、運動直後に上昇する傾向があり、Hpのみ低値を示し、Albに有意差 (p<0.01) が認められた。運動直後における総蛋白量の上昇は、特に Albの上昇に起因し、多くの蛋白分画の上昇傾向は、運動(走行)による発汗作用で血液が濃縮したことによると考える。

運動前と運動後を比較すると Prealb, Alb, At, Pth, α_1 I, α_2 HS, Hp, C₃c/A, Fib, IgA, IgGの各分画に減少傾向がみられ、Pth(p<0.01), Hp

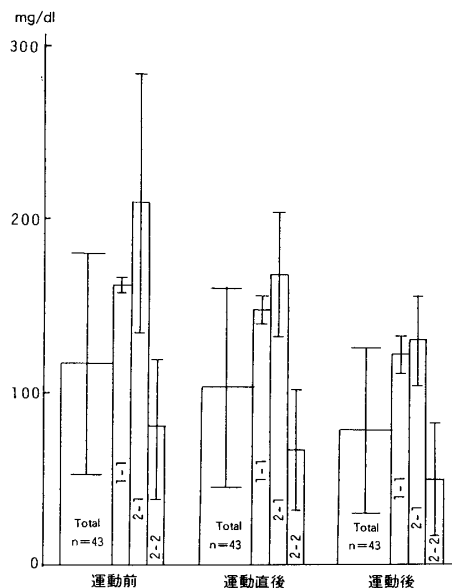


図1. 型別における運動負荷前後のHp量の變動

(p<0.01) に有意に減少が認められ、特に Hpの著明な減少が認められた。

4. 運動前後におけるHp量の變動

HpはHp型によって、その正常値に差異が認められるため、Hp量の成績を図1の如く型別にみると、Hp 1-1型 (n=3)は運動前 161±4.6 mg/dl, 運動直後 148±8.0 mg/dl, 運動後 122±10.3 mg/dl, Hp 2-1型 (n=13)は運動前 208±84.3 mg/dl, 運動直後 168±30.6 mg/dl, 運動後 130±26.8 mg/dl, Hp 2-2型 (n=27)は運動前 79±39.2 mg/dl, 運動直後 67±34.6 mg/dl, 運動後 49±33.2 mg/dlであり、各型とも運動直後、運動後と直線的にHp量は減少し、Hp 1-1型 (p<0.01), Hp 2-1型 (p<0.01), Hp 2-2型 (p<0.01)は運動前と運動後、Hp 1-1型 (p<0.05), Hp 2-1型 (p<0.01)は運動直後と運動後との間に有意差が認められた。

また、各運動部員、非運動部員のHp量は表4の如く、運動直後より減少が始まり、運動後は急激にHp量が減少する傾向が認められた。特に、ラグビー、テニス、野球部員の運動後のHp量の低下は運動負荷の増大が関与するものと思われる。

これを運動部I群(ラグビー、テニス、野球)と運動部II群(サッカー、バスケット、アーチェリー)に区別した成績(図2)は、運動部I群 (n=

表 4. 運動負荷前後の Hp 値の変動

	運動前	運動直後	運動後
ラグビー n=7	91±62.6	80±57.7	54±57.0
テニス n=5	108±65.4	96±63.0	64±57.1
野球 n=7	109±62.7	96±68.2	72±50.0
サッカー n=4	136±44.9	123±36.2	100±34.2
バスケットボール n=10	118±61.4	107±57.7	87±47.0
アーチェリー n=5	87±51.9	81±50.6	63±34.9
非運動部 n=5	185±59.5	150±52.8	113±43.5
Total n=43	117±62.5	103±57.4	78±49.3**

** : p<0.01 unit : mg/dl

19) で運動前 102±60.4 mg/dl, 運動直後 90±60.0 mg/dl, 運動後 63±52.0 mg/dl, 運動部 II 群 (n=19) は運動前 113±56.0 mg/dl, 運動直後 103±51.8 mg/dl, 運動後 83±41.9 mg/dl, 非運動部 (n=5) は運動前 185±59.2 mg/dl, 運動直後 150±52.8 mg/dl, 運動後 113±43.5 mg/dl である。何れも運動直後, 運動後と著しい減少を示し, この成績を運動前を 100% としその増減を検討すると, 運動部 I 群の運動直後 84.8±12.81%, 運動後 53.8±21.26%, 運動部 II 群は運動直後 90.6±6.63%, 運動後 74.5±9.65%, 非運動部は運動直後 80.1±4.62%, 運動後 61.4±7.40% で, 全合計 (n=43) では運動直後 86.8±10.24%, 運動後 63.4±17.71% である。

運動前 (100%) と比較すると, 運動直後は各群とも低下し, 特に非運動部群が顕著に低下し, 何れの群にも有意差 (p<0.001) が認められた。また, 運動直後の各群間においては, 運動部 II 群と非運動部群に有意差 (p<0.01) が認められた。

運動後は 3 群とも直線的に低下 (低値) し, 特に練習を続行した運動部 I 群が顕著に低下した。運動前と運動後との間には, 何れの群においても有意差 (p<0.001) が認められ, 運動直後と運動後は運動部 I 群 (p<0.001), 運動部 II 群 (p<0.001), 非運動部群 (p<0.01) に有意差が認めら

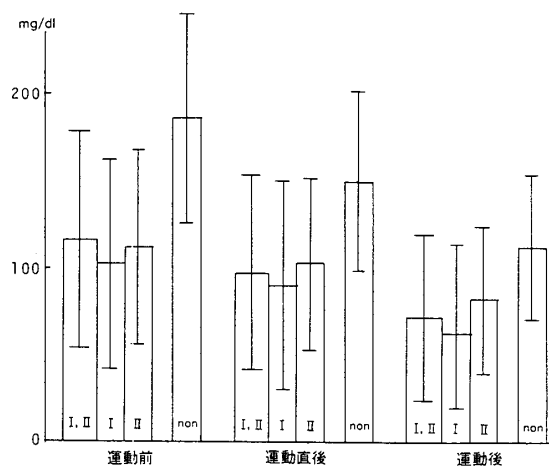


図 2. 運動部群および非運動部群の Hp 量の変動

れた。また運動後の各群間においては運動部 II 群と運動部 I 群 (0.01), 非運動部群 (0.05) に有意差が認められ, 運動部 I 群と非運動部群はやや近似した数値を示した。

この運動直後, 運動後の直線的な低下は運動負荷の増大が Hp 量の低下をまねき, Hp 量の増減は運動習慣の有無に大きく影響されるものと考えられる。

考 察

血液は血球成分と血漿蛋白とからなり, その血漿蛋白は生体におよぼす反応を反映して量的, 質的に変化する。血漿蛋白は種類が多く, その分析は生体反応におよぼす情報を提供し, 重要な情報源になる。

血漿蛋白の機能は体液の浸透圧維持, 物質の結合と輸送, 酵素, 酵素阻害体, 補体, 凝固因子, 抗体等があり, その成分機能分担がある。運動負荷においては, 血漿蛋白 24 種類中 A1b, Pth, Hp に有意な変動を認め, 総蛋白量からみると A1b の量的変動が大きい。A1b は体液浸透圧維持, 物質の結合と輸送の主役を演じている⁶⁾。血漿蛋白の多くは肝臓で生成され, その生成は一義的に食事摂取の影響を最も強く受け, 一定の血中濃度を維持する方向に調節されている。A1b の生成はアミノ酸供給に支配され, 短期間の絶食で抑制を受け, その産生量が低下し, 食事再開により A1b 生成率が速やかに上昇し, 正常時以上になるといわれている⁷⁾。また, 気温が高いと A1b の産生が低下し,

気温が低いと A1b の産生が増加するといわれているが⁸⁾、これらの機序は不明である。運動等により血液浸透圧が大きく変化するといわれ、血液の浸透圧が上昇すると A1b 産生が低下し、浸透圧が下降すると A1b 産生は上昇するといわれている⁹⁾。また、運動すると乳酸の上昇もしくは pH の低下により浸透圧が下降するといわれている¹⁰⁾。運動直後は A1b の上昇がみられたが、これはおそらく乳酸の上昇、pH の低下により浸透圧が低下し、それが主因で A1b の上昇が考えられるが、発汗作用と血管拡張により血漿が移行したための濃縮等も考えられる。

血漿蛋白の産生は血中濃度に支配される場合が多いと考えられ、濃度が高くなると産生が低下し、濃度が低下すると産生が増加する。運動等においてもこのような現象が働き、所謂フィードバック機構が働いているものと考えられる。生体を構成する物質がすべてそうであるように、血漿蛋白は常に動的平衡状態にあると思われる。産生された血漿蛋白は、そのまま体内にとどまるのではなく、常に遅かれ早かれ移行および異化される。今回の運動負荷（走行）においても最終的には産生量と異化量は等しくなり、この両者のバランスのもとに体内の血漿蛋白量（血漿量）が決まってくると思われる。また、血漿は血管内外の compartment 相互間を一定の移動速度で出入りしており、多くの蛋白移行率はなお不明である¹¹⁾。例えば A1b の 1 日間に血管内外の 30% が血管外へ移行し、血管外の A1b の 20% が血管内へ移行するといわれる。一方その血中濃度は生成のみならず、分解、異化、血管内外プールへの移行と漏出、細胞外液の増加による希釈などの種々の因子により修飾される^{12~13)}。特に、A1b の場合、血漿蛋白の 60% 位を占め、これに匹敵する血管外 A1b プールを背後に控えており、これが A1b の増減評価指標としての鋭敏度 (sensitivity) と鑑別力 (discrimination power) を欠く大きな要因をなしている¹³⁾。

これらより、所謂運動（走行）等における血漿蛋白は、血管内外の compartment 相互間より体内での消費、異化、細胞外への移行または漏出が複雑にからんで、それぞれの血漿蛋白成分の血中

濃度が規定されると思われる。Hb について、川原¹⁴⁾は、運動中に血中濃度 Hb や Ht 値が一時的に上昇するが、運動後しばらくすると元に戻ると述べ、これは血漿が運動筋へ一時的に移動して、血液濃縮がおこるためと言っている。長時間の運動では発汗による脱水の影響も考えられ、未鍛練者が持久力トレーニングを開始すると比較的短時間内に血中濃度の低下がみられるが、これは血漿量が増加して血液が希釈されたため、みせかけの貧血とされている。また、トレーニングの適応過程では初期に血漿量が増加するため、一時的に Hb 濃度は低下するが、トレーニングを継続していると徐々に赤血球も増加し、Hb 濃度もトレーニング前の値に近づくものと考えられている。Convertino ら¹⁵⁾は、未鍛練者に自転車エルゴメーターを用いて、1 日 2 時間 65% VO₂max のトレーニングを 8 日間行なったところ、全血液量は増加したが、血中 Hb 濃度は 14.7 g/dl から 13.6 g/dl と減少したと報告している。全血液容積や総 Hb 量には変化なく、血漿量が増加したため希釈によるみせかけの貧血としている。

貧血について、一般臨床では余り問題にならない貧血でも、スポーツ選手では軽度の貧血の有無が大きな問題になることがあるといわれる。軽度の貧血は血液希釈によるみせかけの貧血があり、貧血の診断基準では逆に真の軽い貧血が見逃されてしまう例がでてくる¹⁴⁾。我々の成績でも血中 Hb 濃度と Ht 値は運動直後に上昇傾向、運動後になると低下傾向を認めた。これもみせかけの貧血とも考えられるが、これが赤血球破壊による溶血であるか否かについては、Hp との関係を探ることが非常に大切であり、臨床での溶血性の疾患は、Hp 量はその診断の基準になっていることから分かる^{16~17)}。運動負荷による Hp の変動は、運動直後、運動後と直線的に顕著な減少がみられた。溶血 (Hb) と関連性のある血漿蛋白 Hp の低下は、貧血の生理的あるいは機械的現象であるといわれている。軽度の溶血によっても血漿中に出現した Hb は Hp と結合するが、Hp の結合能力、尿細管の再吸収力を越えた場合に尿中に Hb が排泄されるという。赤血球崩壊により血漿へ放出さ

れた遊離型 Hb の大部分は、多種の血漿蛋白成分と結合性を有し、Hp との結合性はとりわけ強力です。特異的に安定した複合体を形成する。すなわち、Hp 分子の β 鎖を Hb 分子の α 鎖とが 1:1 のモル比で結合して少なくとも分子量 155,000 以上の Hp-Hb complex を形成して循環血漿から迅速に代謝され、血中における半減期は 3 日から 0.5 日に短縮されるといわれる¹⁶⁻¹⁸⁾。この Hp-Hb complex は腎糸球体性で濾過されず、細網内皮系組織の細胞へ採り込まれる。その結果、遊離型 Hb 量は生理的な腎の閾値内に調節することになり、Hb 鉄の尿中への過度の漏出を防止し、かつまた腎障害を予防する。Hb 分子が分解して生じる鉄、ヘム (hem)、グロビン (globin) はおのおの Tf, Hx, Hp が結合して輸送するところから Tf, Hx, Hp は血漿 Hb 代謝の 3 本柱となる¹⁸⁾。

Hp 値は遊離 Hb 量の濃度により左右される。血漿 Hp がすべて飽和されるに十分量の Hb 量を静脈内投与すると Hp 値は 6~12 時間内に 0 になり、一度 Hp が Hp-Hb complex を形成して異化されると血漿 Hp 値が正常レベルに回復するまで 5~7 日間を必要とする¹⁶⁻¹⁷⁾。

田中ら¹⁹⁾は、約 50 km 歩行時の Hp 濃度および血漿 Hp 結合能 (Hp-Hb) の変化について報告している。平地の歩行では Hb 濃度および Hp-Hb の濃度の変化は少なく、同じ距離で起伏のある山登りの場合には Hb 濃度の減少、Hp-Hb が低下し、したがって運動時に赤血球の破壊が促進するといわれる。Daviason²⁰⁾ は、足底部への衝撃を調べ、衝撃によりおこる赤血球減少が、著しく現われる被検者があることを述べ、これらの被検者では足の血管走行が衝撃の影響を受けやすいため衝撃により赤血球の破壊が亢進する結果でだあるとしている。また、赤血球数が多い場合、赤血球が大きい場合には毛細管を通過するときの機械的摩擦が大きく、赤血球が破壊されやすいといわれている²¹⁾。

今回著者らは、運動部 I 群には 8.5 km を全速力で走行させた後、各部ごとに練習を 3 時間続行させ、また運動部 II 群と非運動部群は 8.5 km 走行のみとし、運動前、運動直後、運動後 (6 時間後)

の Hp 量を測定した。Hb 尿は認めず、蛋白尿は 43 例中 13 例に陽性 (+) であった。全群に運動直後、運動後と直線的な Hp 値の減少が認められ、非運動部群は運動直後に運動部群より Hp 量の軽度減少がみられ、運動後もさらに減少が続いた。それに比し運動部 I 群は顕著な減少を示した。非運動部群は運動部 II 群と同じ条件下にありながら運動直後 ($p < 0.01$)、運動後 ($P < 0.05$) を運動部 II 群と比較すると明らかに差が認められた。運動部 II 群の運動負荷の Hp 量の減少率が非運動部群より小さいのは、毎日のトレーニングによるものと考えられる。

以前同じ条件下で myoglobin (Mb) について報告した²⁾。運動前より運動直後、運動後と直線的に Mb の上昇を認めた。運動部群は運動直後において上昇し、運動後は運動直後より下降傾向にあり、非運動部群は運動直後に運動部群より急激な Mb の上昇が認められ、運動後も上昇した。非運動部群は運動部群と同じ条件下にありながら運動後に、この両群の間にまったく違った Mb 値が得られた。運動部群の運動負荷の Mb 量の増加率が非運動部より小さい。所謂運動負荷により Mb 量は上昇し、Hp 量は下降する。Mb と Hp の量的関係は逆の値を示し、Mb 上昇は運動負荷による筋肉疲労が原因であると思われる。Hp の減少は、赤血球の破壊による溶血 (Hb) が原因で、赤血球脆弱による溶血、脾機能亢進による溶血、体外循環等の機械的原因等が考えられ、溶血の程度に平行して顕著に血中 Hp 量が減少したものだらう。血中 Hp の減少は運動負荷、特に走行における貧血との関係で非常に大切な因子となり、Hp 量の増減のチェックは運動負荷、トレーニングの効果の指標として有用である。

ま と め

運動負荷 (8.5 km 走行) 前後の生体負担とされる血液成分の変動について測定した。Hb 量、Ht 値および 24 種類の血漿蛋白分画の変動の成績は、以下の如くである。

1) 運動負荷後の Hb 量の変動は、運動直後に平衡または軽度の上昇傾向が見られるが、運動後は若

干低下する。運動直後は、発汗による血液濃縮等と Hb 量の関係を考慮した場合、むしろ Hb 量は減少するものと考えられる。

2) Ht 値の変動は、運動直後に上昇傾向がみられるが、運動後は若干低下した。運動前と運動後に差 ($p < 0.05$) が認められ、Hb 量と良く相関する成績であった。

3) 血漿蛋白分画 24 種類の運動前、運動直後および運動後の変動は、Hp 以外の血漿蛋白は全般的に運動直後に上昇傾向を示し、特に A1b に有意差 ($p < 0.01$) が認められ、総蛋白量にも明らかに上昇 ($p < 0.01$) が認められた。運動後は全般的に低下傾向がみられ、ptH, Hp は有意 ($p < 0.01$) に低下し、特に Hp は運動直後、運動後と直線的な低下を示した。

4) 運動前、運動直後および運動後の Hp 量は、各群とも運動直後より低下を示し、特に非運動部群が著しく低下を示した。運動後はさらに低下し、運動部 I 群が著しかった。非運動部群は運動部 I 群に近似した値を示し、Hp 量の低下は運動の過剰負荷と、運動習慣の有無に大きく影響されるものと考えられた。

文献

- 1) Maxwell, J. H. and Bloor, C. M. : Effects of conditioning on exertional rhabdomyolysis and serum creatine kinase after severe exercise. *Enzyme*, 26 : 177-181, 1981.
- 2) 北 均, 北川 駿, 管田圭次 : 運動前後における Myoglobin の変動. 東京工芸大学紀要, 7 : 5-15, 1984.
- 3) 中路重之, 他 : オーバートレーニングの評価におけるクレアチンキナーゼの有用性に関する検討. 弘前医学, 44 : 290-298, 1992.
- 4) 太田誠耕, 他 : 100 km マラソン時の血液生化学値の変動. 体力・栄養免疫学雑誌, 5 : 25-30, 1995.
- 5) 木村瑞生, 北 均, 五十嵐圭一 : ウルトラマラソン(100 km) 走行中の心拍数の変動. 東京工芸大学紀要, 18 : 95-98, 1995.
- 6) Putnam, F. W. (editor) : Serum Albumin "The Plasma Protein" 1. pp, 133-172, Academic Press, 1975.
- 7) Hoffenberg, R. et al. : Albumin and gammaglobulin tracer studies in protein depletion states. *J. Clin. Invest.*, 45 : 143-152, 1966.
- 8) Oratz, M. et al. : Albumin and fibrinogen metabolism in heat and cold stressed rabbits, *Amer. J. Physiol.*, 213 : 1341-1349, 1967.
- 9) Rothschild, A. (editor) : Plasma Protein Metabolism, pp. 199-205, Academic Press, 1970.
- 10) 伊藤 朗, 吉見浩二, 春日井淳夫. 物理的衝撃, 温度, 乳酸が赤血球膜浸透圧脆弱性に及ぼす影響. 臨床スポーツ医学, 6 : 509-514, 1989.
- 11) 飯尾 篤 : 放射性ヨード標識人血清 IgG および Albumin の代謝に関する研究. 日本血液学会雑誌, 35 : 181-192, 1972.
- 12) 河合 忠 : 炎症マーカーと急性期蛋白質. 医学のあゆみ, 152 : 73-75, 1990
- 13) 池田義和 : 血漿蛋白からみた栄養状態の把握. 医学のあゆみ, 120 : 324-330, 1982.
- 14) 川原 貴 : スポーツ選手の貧血の問題と対策. 臨床スポーツ医学, 6 : 295-498, 1989.
- 15) Convertino, U. A. et al. : Exercise training induced hypervolemia : role of plasma albumin, renin, and vasopressin. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 48 : 665-669, 1980.
- 16) 大城 孟 : ハプトグロビン. 臨床検査, 26 : 764-776, 1982.
- 17) 大城 孟 : ハプトグロビン. pp 78-201, 永井書店, 東京, 1987.
- 18) 寺野由剛 : ハプトグロビン. 日本臨床, 38 : 1037-1050, 1980
- 19) 田中信雄, 堀 清記 : 運動による貧血に関する研究とその動向. 臨床スポーツ医学, 6 : 473-482, 1989
- 20) Davidson, R. J. L. : March or exertional hemoglobinuria. *Semin. Hematol.*, 6 : 150-160, 1969.
- 21) 山口敏男 : 運動鍛練時の赤血球の抵抗性について. 体力科学, 7 : 242-251, 1958.