

マラソン選手の30km 走行前後における 血球計測値の変化

岡田徳弘^{*1}, 近藤民章^{*1}, 畠田 隆^{*1}, 倉掛重精^{*2},
菅原和夫^{*3}, 中路重之^{*3}, 梅田 孝^{*3}

*1 シスメックス株式会社：神戸市西区高塚台4-4-4 (〒651-2271)

*2 大分医科大学人間生物学

*3 弘前大学医学部衛生学教室

SUMMARY

マラソン選手41名の30km練習走行前後の血球計測を行った。走行前と比べ走行後の平均値は白血球数, 血小板数, 赤血球数の順にその増加率は大きかった。発汗等による血漿濃縮量の補正をヘマトクリット値を用いるBeaumontらの式で行うと, 赤血球数は走行前と比べ平均値で約3%, 選手によっては16%減少する結果を得た。しかし, 赤血球恒数や赤血球サイズ分布変化を示すRDWの変化は小さかった。また, マラソン選手の血小板数と赤血球数は一般の健常者に比べ低値を示す傾向になり, 今後他の運動種目の選手を含め調査と原因の解明が必要である。

Key Words

スポーツ マラソン 血球計測値の変化 血小板数

はじめに

スポーツ医学における臨床検査は, 運動することの可否の判定や, 運動負荷が生体に与える影響の理解などを目的として広く実施され, 特に競技スポーツにおいてはコンディションの調整や競技参加の可否の重要な指標として利用されている。

マラソン競技においても酸素摂取量などを運動強度の設定に用い, 自転車エルゴメータやトレッドミルを利用した室内研究や, マラソン競技の場における研究が実施され, 完走群と非完走群の血液成分の比較検討などが行われている。

今回, 毎日新聞社主催による, 別府大分毎日マラソン・若手選手強化合宿での30km走で計測した血球計測値について, その結果と若干の知見を報告する。

対象及び方法

1. 調査対象と環境条件

別府大分毎日マラソンの若手強化合宿に参加した41名(年齢18~30才;男子)を対象に, 同意を得て30km走行の前後に採血し, 生化学などの検査項目と同時に血球計測を行った。強化合宿は大分県九重町飯田高原マラソン練習コース(海拔約1,000m)で8日間実施された。期間中は毎日60~80分のジョギングとクロスカントリーコース12km走行, 28km走行, そして周回コースにおいて30km走, 40km走が行われた。

計測を行った30km走は, 合宿3日目の午後3時30分から1周5kmのコースを先導車により18分/周のスピードにコントロールされ, 6周している。このため, 41名中20名はほぼ同タイムの1時間46分台で完

走り、1時間47分から1時間58分内に17名が完走、4名は20kmまたは25kmで棄権している。当日の天候はくもり、気温24℃、湿度75%で給水は最初は10km、その後は5kmごとに準備された。

2. 血球計測

走行前の採血は昼食1時間30分後からスタートまでの間に前肘静脈よりEDTA-2K加採血管で2mL採血した。走行後はただちに走行前と同様の方法で採血した。血球計測装置はシスメックス社(神戸)のModel KX-21を用い、採血から約30分後に計測した。なお、装置の正確度は精度管理物質(エイトチェック-C:シスメックス社)の表示値通りに装置を較正する方法で保証されている¹⁾。

運動負荷に伴う血液濃縮の影響を除くため、ヘマトクリット値を用いたBeaumont²⁾らの式により血漿量の変化%(以下% PV)を算定し補正を行った。

結 果

1. 平均値の変化

41名の選手の平均値の変化は表1に示す通り白血球数、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血小板数のいずれも走行後は走行前より有意に増加していた。その変化率は白血球数が最も高く、平均80%の増加となっていた。白血球の構成成分を見るとリンパ球(装置の計測表示はSmall Cell Ratio)顆粒球+単球(Middle・Large Cell Ratio)とも増加しているが、その変化率は顆粒球+単球の方が大きかった。

赤血球数と関連するヘモグロビン量とヘマトクリットの変化は赤血球とほぼ同等であり、これらの項目値から算出される赤血球恒数(MCV, MCH, MCHC)の平均値は、MCV, MCHCで有意(P < 0.001)、MCHは有意差なしとなったが、その変化は少なかった。また、赤血球のサイズヒストグラムから算出される赤血球分布幅(RDW = Red Cell Distribution Width)も約1.5%低値となり、赤血球の破碎や溶血による赤血球サイズ分布の変化が少なかったことを示している。

血小板数も走行後は平均値において20%程度増加しており、赤血球数の増加率6.9%より大きい。血小板の平均容積(MPV = Mean Platelet Volume)の変化は、

走行後の平均値が統計的には有意に大きくなっているが、その変化は0.3fLと小さかった。

血液水分の喪失により血漿が濃縮され、見かけ上の血液成分の変化はヘマトクリット値を用いてBeaumontらの次式から血漿量のパーセント変化率を算出し、補正した。

$$\% \text{ PV} = \frac{100}{100 - \text{Hctpre}} \times \frac{100(\text{Hctpre} - \text{Hctpost})}{\text{Hctpost}}$$

Hctpre = 運動前のヘマトクリット値

Hctpost = 運動後のヘマトクリット値

表中の「補正後」の値は% PVを用いて補正した後の値を示している。補正後も白血球数は有意に増加しているが、赤血球系は走行前より減少している。

表2は、% PVの高い選手と低い選手各5名の赤血球数の変化を示したもので、濃縮率の高い選手の場合は補正後の赤血球数が走行前より38~28万/μL減少したことになる。

2. 変化率の分布

走行前後の血球計測値は血漿濃縮の有無も含め走行による変化は個体差が著しい。図1は% PV補正なしの場合の変化率の分布を41名の選手についてグラフにしたものである。

白血球数においては走行前5,300/μLが走行後16,100/μLと200%以上増加する例や、走行前4,700/μL、走行後5,200/μLと10%前後の増加を示す例も認められる。変化率の分布は平均値の変化と同様に白血球数が最も大きく、血小板数、赤血球の順にバラツキは小さくなっている。

図2はヘマトクリット値から算出した% PV値の分布を示すもので、平均値は-9.1%となるが最高19.9%の血漿減量、最高5%の血漿増量となり、個人差が大きいことが判る。

3. マラソン選手の血小板数

走行前に採血した41名の血球数の平均値は白血球数5,810 ± 1,010/μL、赤血球数463 ± 30万/μL、血小板数19.2 ± 3.3万/μLとなり、日常検査の場で利用している健常者男子の基準値(正常値)と比べて赤血

表 1. 30km 走行前後の血球計測値の変化

計測項目	単位	走行前	走行後	変化率(%)	補正後	変化率(%)
白血球数	$\times 10^2 / \mu\text{L}$	58.1 \pm 10.1	104.8 \pm 33.1	+ 80	93.3 \pm 31.3	+ 60
リンパ球数	$\times 10^2 / \mu\text{L}$	17.9 \pm 3.1	25.2 \pm 6.8	+ 41	22.6 \pm 5.8	+ 26
顆粒球・単球数	$\times 10^2 / \mu\text{L}$	40.1 \pm 9.9	79.9 \pm 30.1	+ 99	71.9 \pm 26.4	+ 79
赤血球数	$\times 10^4 / \mu\text{L}$	463 \pm 30	495 \pm 32	+ 6.9	448 \pm 37	- 3.2
ヘモグロビン量	g / dL	14.5 \pm 0.9	15.5 \pm 0.9	+ 6.9	14.0 \pm 1.1	- 3.4
ヘマトクリット値	%	43.5 \pm 2.6	45.8 \pm 2.6	+ 5.3	41.4 \pm 3.4	- 4.8
平均赤血球容積(MCV)	fL	93.7 \pm 2.7	92.6 \pm 2.8	- 1.2	-	-
平均赤血球色素量(MCH)	pg	31.3 \pm 1.0	31.3 \pm 1.0 ^{NS}	0	-	-
平均赤血球色素濃度(MCHC)	%	33.5 \pm 0.7	33.7 \pm 0.7	+ 0.6	-	-
赤血球分布幅(RDW)	fL	45.7 \pm 2.6	45.0 \pm 2.8	- 1.5	-	-
血小板数	$\times 10^4 / \mu\text{L}$	19.2 \pm 3.3	22.9 \pm 3.9	+ 19	20.8 \pm 3.8	+ 8.3
平均血小板容積(MPV)	fL	10.2 \pm 0.9	10.5 \pm 0.9	+ 2.9	-	-

NSは有意差なし, 他は P < 0.001。変化率は走行前を基準とした時の増減%。

補正後の値は血漿量の変化(% PV)をヘマトクリット値の変化から算定するBeaumontの式で算定し補正した値を示している。

表 2. 血漿量変化率(% PV)と赤血球数の変化

選手No	走行前 ($\times 10^4 / \mu\text{L}$)	走行後 ($\times 10^4 / \mu\text{L}$)	変化率 (%)	% PV (%)	補正後 (%)	走行前と補正後の差 ($\times 10^4 / \mu\text{L}$)
1	453	518	+ 14	- 19.9	415	- 38
2	427	487	+ 14	- 19.8	390	- 37
3	475	539	+ 13	- 18.9	437	- 38
4	479	540	+ 13	- 17.6	444	- 35
5	422	474	+ 12	- 16.8	394	- 28
6	496	489	- 1	+ 5.0	513	+ 17
7	475	474	0	+ 1.6	482	+ 7
8	424	424	0	+ 1.2	429	+ 5
9	437	445	+ 2	- 0.8	441	+ 4
10	440	447	+ 2	- 1.6	440	0

1 ~ 5は% PVの大きい選手, 6 ~ 10は% PVの小さい選手。

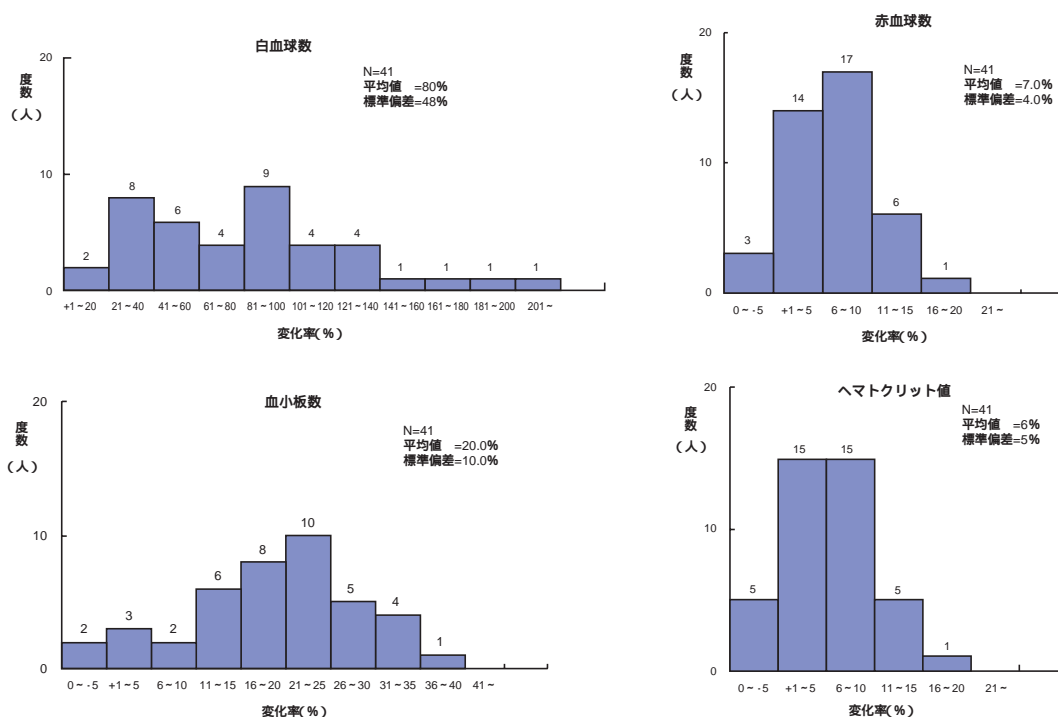


図 1. 30km 走行前後の変化率分布

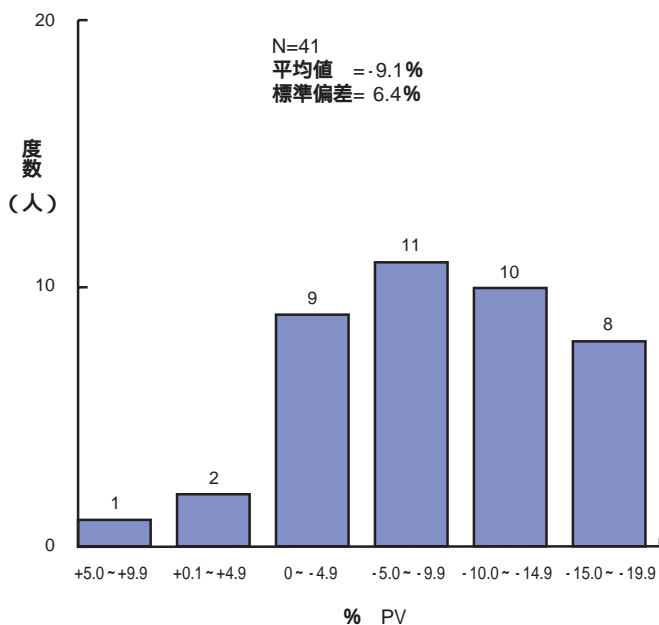


図 2. ヘマクリットより算出した血漿量変化%

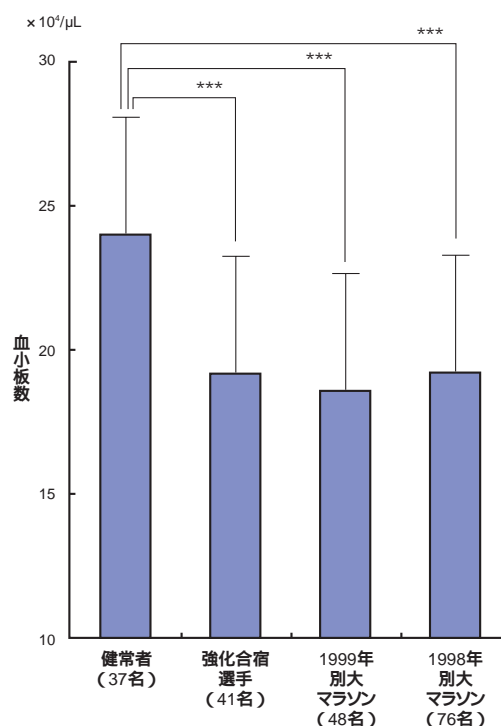


図 3. 健常者, マラソン選手の血小板数 (***P<0.001)

球数と血小板数が低かった。

対象として最近計測したオフィス勤務者の健常男子の平均値は、白血球数 $5,870 \pm 1,320 / \mu L$ 、赤血球数 501.1 ± 32.4 万 / μL 、血小板数 23.0 ± 3.6 万 / μL であった。白血球数については有量差は認められないが、赤血球数は約 7.5%、血小板数は約 17% マラソン選手の平均値の方が低い。

図 3 は倉掛ら^{3,4)}の研究で得られた 1999 年 (第 48 回)、1998 年 (第 47 回) の別府大分毎日マラソンにおけるマラソン選手 (完走者) の走行前の血小板数の平均値を加えて比較したものである。1999 年は 18.8 ± 4.56 万 / μL 、1998 年は 19.3 ± 3.74 万 / μL となっており、今回のマラソン選手の血小板数と同等で、一般健常者に比べ 18 ~ 16% 低い値となっている。

考 察

運動前後での血球数の変化は、赤血球や血小板に比べ白血球が最も大きいことが知られている。また、短時間の激しい運動では主としてリンパ球が増加し、長時間の運動では好中球や単球の増加が著明となることも種々の運動負荷実験により確認されている^{5,6)}。

今回の対象者 41 名の平均値で見ると、白血球数は

走行前に比べ走行後の補正前値において 80%、% PV 補正後では 60% の増加となった。

倉掛らの大分県毎日マラソンの成績では、補正前で 197% 増、補正後で 184% 増 (1998 年度; 完走者) となっており、今回の増加率はこれらの成績よりも低い。このことは今回のマラソンがフルマラソン競技ではなく、走行スピードも抑制された 30km 走であることから、走行中の運動強度がフルマラソン競技時よりも低いことによるものと思われる。

増加した白血球の構成は顆粒球 + 単球は全選手で増加しており、リンパ球においては増加した選手が 30 名、変化なしまたは減少傾向にあった選手が 11 名となり、その変化率にも個体差が認められる。

赤血球数の増加率は補正前で 6.9% と白血球数に比べ低い。そして % PV の補正を行った後の平均値において - 3.2% となり、走行前より赤血球数が減少する結果となった。選手個人の変化を見ると、走行前に比べ走行後は 20 ~ 40 万 / μL 減少した選手が認められる。一方、走行前後で変化なしまたは数パーセント増加した選手は 9 名あり個人差が大きい。

走行後の赤血球数の減少は運動による血管内溶血が原因の一つとして考えられている⁷⁾。

後藤⁸⁾らは素足で室内の平坦な床上を 1 時間、約

8.5kmのランニングを行った後、尿血検査、血液生化学検査、血液塗抹標本観察を実施している。その結果によると血管内溶血が生じ、直後に尿潜血反応が5名中3名陽性となり、血清遊離ヘモグロビンは5名中4名が上昇した。そして、5名中4名は破碎赤血球が確認されたと報告している。

今回、補正後の赤血球減少値が大きい5名の選手の尿潜血反応を調べると、5名中2名が陽性となっているが、3名の尿潜血反応は陰性となった。一方、赤血球数の変化しない選手の中にも走行後の尿潜血反応が陽性となるものもあった。

赤血球減少例のいずれにおいても、赤血球恒数や赤血球サイズ分布の変化を把握できる赤血球分布幅(RDW)の変化は極めて小さい。このことから、赤血球数の10%以上におよぶ血管からの喪失が血管内溶血とすることについては、新しい計測技術による破碎赤血球の定量計測⁹⁾や血清遊離ヘモグロビンの計測も含めて再度検討したい。

また、発汗等による血漿量の損失から生ずる血液濃縮はBeaumontらの式で求め補正しているが、% PVの算出式はヘマトクリット値の正確度によって決まる。

伊藤¹⁰⁾らは100%強度運動負荷前後の検査値を運動終了3分後、15分後、30分後と経時的に計測している。そのヘマトクリット値の変化を見ると、31名の平均値において運動前42.1%、3分後47.5%、15分後43.8%、30分後43.4%となっている。すなわち、運動終了後分単位で血中水分量が回復しヘマトクリット値が運動前の値に回復していく。今回の計測においては走行後可能な限り短時間内に採血が行われたが、選手間では10~20分の差が生じ、特に完走できなかった選手の採血時間は走行後から30分以上の時間が経過している。

マラソン競技の場における走行直後の採血時間の管理は選手の疲労や意識、血管の収縮などのため極めて困難であり、選手の理解と協力が必要である。

血小板数については、その変化率は白血球数より小さく赤血球数より大きい。運動による血小板の増加はリンパ球の増加の機序と同様に、アドレナリンの分泌による脾臓からの遊出が起こるとの報告¹¹⁾もあるが、血小板に関する運動生理学の研究は他の血球に比

べて少なく血小板機能も含めた検討が必要である。

病院勤務職員などの一般健常者の血小板基準値の報告も比較的少なく、塚田¹²⁾は男子254名の平均値は26.5万/ μ L(17.8~38)と報告してしている。また、岡部¹³⁾らの検討では男子336例の平均値が23.17万(15.3~34.7)となっており、今回の健常者の成績と一致している。倉掛らの調査によると、マラソン選手は一日平均16km、一週間平均105kmの距離を走破しており、このことが血小板数が低値になっている原因と推測されるが、その機序は不明である。

まとめ

1. 30km練習走行後の血球計測の平均値は走行前に比べ増加したが、その増加率は白血球、血小板、赤血球の順に大きかった。
2. 発汗等による走行後の血漿量の変化%を求め計測値を補正した後の値においては、赤血球数の平均値が走行前より減少しているが赤血球恒数の変化は小さかった。
3. マラソン選手の血小板数の平均値は病院勤務者らの一般健常者と比較して18%程度低値を示すが、その原因は不明である。
4. マラソン前後における検査値の変化は個人ごとの差異が大きく、選手ごとの運動負荷前後の検査値を把握し、それらの再現性、練習量、加齢、体調等との関連を研究する必要がある。

最後に、本研究にご協力いただいた参加選手、毎日新聞社の各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 岡田徳弘：血球分析装置における標準化。臨床検査44(8): 827~834, 2000.
- 2) Beaumont W, Greenleaf JE, Juhos L: Disproportional changes in hematocrit, plasma volume, and proteins during exercise and bed rest. J App Physiol 33(1): 55~61, 1972.
- 3) 倉掛重精, 他：第47回別府大分毎日マラソン大会における選手を対象とした医学的調査報告：1998.
- 4) 倉掛重精, 他：第48回別府大分毎日マラソン大会におけ

-
- る選手を対象とした医学的調査報告：1999.
- 5) 鈴木政登, 他：負荷漸増運動時白血球上昇機序. 体育科学19：163～171, 1991.
- 6) 鈴木克彦, 他：異なる持久性運動条件における血中白血球の数的・構成的変動パターンの比較. 日衛誌50：631～636, 1995.
- 7) Davidson RJL：Exertional haemoglobinuria：A report on three case with studies on the haemolytic mechanism. J Clin Path 17：536～540, 1964.
- 8) 後藤英二, 他：健常者の運動における血管内溶血について. 大阪教育大学紀要第 部門43：167～176, 1995.
- 9) Jiang M, 他：自動網赤血球測定装置を用いた破碎赤血球測定の試み. Int J Hematol 71：192, 2000.
- 10) 伊藤朗, 井川幸雄：運動の諸測定値におよぼす影響. 臨床病理22(臨時号)：82～101, 1974.
- 11) Maupin B：Blood platelets in man and animals Vol. 1, Pergamon Press, Oxford, pp.173～229, 1969.
- 12) 塚田理康：血小板数. 総合臨床27(増刊号)：197～202, 1978.
- 13) 岡部陽子, 佐藤尚武, 三宅一徳：自動血球計測値に関する検討. 順天堂医学42：349～356, 1996.

Changes in Hematological Parameters of Marathon Runners after 30 km Run

Tokuhiro OKADA^{*1}, Tamiaki KONDO^{*1}, Takashi HATAKEDA^{*1}, Shigeyasu KURAKAKE^{*2}, Kazuo SUGAWARA^{*3}, Shigeyuki NAKAJI^{*3}, and Takashi UMEDA^{*3}

* 1 Sysmex Corporation, 4-4-4 Takatsukadai Nishi-ku, Kobe 651-2271.

SUMMARY

The blood cell counts was determined in 41 marathon runners before and after 30km exercise run. After run, the increase in the mean values from the values before run was larger in the order of the white blood cell count, platelet count and red blood cell count. When correction was made for the degree of plasma concentration caused by perspiration, etc. using the equation by Beaumont et al., in which the hematocrit level was employed, the red blood cell counts decreased by about 3% on average, or by 16% in some runners from the values before run. However, the erythrocyte indices and RDW, which represents distribution of red blood cell sizes, changed only slightly. Furthermore, platelet counts and red blood cell counts in marathon runners tended to be lower than those in ordinary healthy people. Further researches, including those on athletes in other sports are required to elucidate the cause of these differences in future.

Key Words

Sport, Marathon, Changes in Measured Blood Cell Counts, Platelet Count