

2006年北海道マラソン大会の上位入賞選手の血液性状とマラソンパフォーマンス

井本岳秋¹⁾ 石井好二郎²⁾ 鳥居 俊³⁾

- 1) 静岡県総合健康センター 健康増進課 2) 北海道大学 大学院教育学研究科
3) 早稲田大学 スポーツ科学部

要 旨

平成18年8月27日(日)に行われた「2006北海道マラソン大会」(札幌市)に出場し、上位入賞を果した選手を対象に、レース終了直後に採血を実施し、血液情報と競技成績との関係を検索した。事前にインフォームド・コンセント(説明と同意)が得られた選手は男子18名、女子13名、合計31名だった。男子の平均年齢は 27.8 ± 4.3 歳、女子は 27.8 ± 7.0 歳だった。対象の男子の平均タイムは2時間25分40秒 ± 7 分31秒、女子は2時間46分42秒 ± 8 分45秒だった。血液の変化について基準値を基にレース後の影響を倍率で表したところ、2倍以上に達した項目は男子はGOT, LDH(乳酸脱水素酵素), CPK(クレアチンフォスフォキナーゼ), 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH(抗利尿ホルモン), 亜鉛の8項目、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目で、いずれも骨格筋の損傷、たんぱく質の代謝産物(ごみ)である窒素成分(残余窒素)の増加、炎症や脱水のリスクを想起させる状態が認められた。これに対して、基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪, 血糖, クロール, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度, フェリチンの7項目で、女子は中性脂肪, 血糖, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度の5項目だった。男女に共通していたのは、エネルギー源や酸素輸送系に関わる項目が減少しており、また、カリウムの減少は筋収縮力を減弱させると思われる。

北海道マラソンのレース結果とゴールした直後のヘモグロビン濃度(以下、Hbと略記)は有意な相関関係があると認められた。回帰式からタイムを割り出すと、Hb14.0 g/dLでは2時間52分21秒、15.0 g/dLでは2時間25分00秒、16.0 g/dLでは2時間04分54秒と計算され、男女差はなかった。上位に入賞するよ

うなマラソン選手のゴールした直後のHbが1.0 g/dL違っていれば、結果としてマラソンのタイムは20~30分の差がでると計算される。

以上の結果より、マラソンのパフォーマンスに影響する因子は、外部の環境因子や体内の環境因子など多くあると思われるが、スタート時点か、もしくはレース中のHbの差が、マラソンの戦績を高い確率で支配している可能性があると考えられる。

(1) はじめに

2006年8月中旬ころ、ある男子マラソンランナーから筆者に体調不良のメールが届いた。練習中に調子がでないので遠征先近くの病院で血液検査を受けたところ、「鉄欠乏性貧血」と診断され、フェジン(鉄含有のアンブル)の静脈注射を希望したという。詳細を知りたくて、本人に電話をして話を聞いたところ、「今、道内(北海道)で合宿をしていて月末開催予定の北海道マラソン大会にエントリーしているので、それまでに何とか復調させる対応策はとれないか」というものだった。この時点で、レースまで1週間の猶予しかなく、本人は体調不良によるストレスと葛藤の中で「北海道」をあきらめ、次なる目標を「福岡」に切りかえることになった。後日、本人から送られてきた検査値をみると、白血球数 $31 \times 100 / \mu\text{L}$ (基準値39~98)、赤血球 $405 \text{万} / \mu\text{L}$ (427~570)、Hb 12.1g/dL(13.5~17.6)、ヘマトクリット値40.6%(39.8~51.8)、平均赤血球容積100 fL(82.7~101.6)、総たんぱく質6.5 g/dL(6.5~8.3)、血清鉄 $43 \mu\text{g} / \text{dL}$ (58~188)だった。平均赤血球容積を除くと、確かに彼の検査値は成人男性の基準値下限よりどれも低く、トレーニング中に調子が上がらない背景が理解できる。

このような状況のなかで、競技生活を続けている長

距離・マラソン選手は少なくないと思われる。日々の体調を整えながら強化を図り、かつ決められた日程でうまく走れるようにすることの大切さや困難さが伺われる。

一方、競技生活全体からみると、以下に述べるようなことも重要ではないかと筆者は考えている。まず、血液検査による健康管理のことを考えると、貯蔵鉄であるフェリチンの検査をしていないので、体内鉄量の過不足がまったく把握されない状態で鉄剤（フェジンアンプル）を大量に静注していること。次にはこのような不調に至る前の血液検査がいつごろ行われていて、この間の走行距離や体調管理の面が十分理解されていたかどうかという点である。結果的に、彼の場合、最終検査は2006年4月に行われていたのであるが、今回の不調に至るまでの走行距離を割り出すと、約2500kmを走っていると計算され、正しい生体情報を得ることができず健康管理面への配慮が十分とはいえなかったケースである。

本研究では、2006年北海道マラソンにおいて、過去の戦績から上位に入賞すると予想される招待選手を中心にゴール直後に採血を実施し、その検査データから競技力向上やコンディショニングの評価に結びつくような項目の有効利用について検討したので報告する。

(2) 方法

(ア) インフォームド・コンセント

選手への趣旨説明は2006年8月26日（土）に行われた。彼らは、この日、大会本部にて「コール」を兼ねてゼッケンを受け取ることになっているので、科学委員会の方で本研究のインフォームド・コンセント（趣旨説明と同意）を口頭と文書でおこなった。その結果、男子18名、女子13名、合計31名の選手の方々から同年8月27日（日）のレース直後に、以下に示したような条件で研究協力をしていただくための同意が得られた。

(イ) 採血時期・方法と検査項目、集計

事前に承諾を得ている選手はフルマラソンを完走した後、直ちにゴールラインから約20m前方に仮設診療所を設けているので、そこまで係りが徒歩で誘導して、椅子座位の姿勢で看護師によって中部皮下静脈から採血を行った。血液の検査項目は表2に示すとおりで、定量分析は「㈱エスアールエル北海道」に依頼した。統計事項は男・女の平均値±標準偏差ならびに最大値、最小値で、それぞれあらわさ

れた。また、血液の正常値は一般に基準範囲であらわされるので、本研究では最大値と最小値の中間値を基にレース後の変化を倍率であらわした。

(ウ) 暑熱環境の測定について

レース中の暑熱環境の把握のために、暑熱指標計（京都電子工業WBGT-101）を用いて、中之島公園でWBGT、Ta（気温）、RH（相対湿度）、Tg（黒球温度）を、それぞれ測定した。

(エ) 過去のデータとの併合、検討について

2006年の被検者は合計31名であるが、男・女別に分けるとデータ数が少なくなり法則性を見いだすのは困難である。本報告では必要に応じて2004年、2005年度の同じデータ1）を用いて解析をすすめた。

(3) 結果

(ア) 被検者の年齢、戦績

男子18名、女子13名の年齢、順位ならび記録は表1に示すとおりである。男子の平均年齢は27.8±4.3歳、女子は27.8±7.0歳だった。研究協力の得られている男子選手の最高タイムは2時間17分50秒（1位）、女子は2時間32分52秒（1位）だった。これに対して、最も記録の悪かった選手は男子2時間45分38秒（59位）、女子3時間4分59秒（23位）だった。男子18名の平均タイムは2時間25分40秒±7分31秒、女子13名は2時間46分42秒±8分45秒だった。

(イ) 血液検査データ

①血液検査の統計事項は表2（男子）、表3（女子）に示すとおりである。本研究の各選手は安静の検査値がないので、基準範囲を基にレース後の影響を倍率であらわした。その結果、倍率が最も高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン（ADH）だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT、LDH、CPK、遊離脂肪酸、クレアチニン、白血球、ADH、亜鉛の8項目で、女子はLDH、CPK、遊離脂肪酸、フェリチン、ADHの5項目であった。これに対して、レース後に基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪、血糖、クロール、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度、フェリチンの7項目で、女子は中性脂肪、血糖、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度の5項目だった。

②血清総たんぱく質とHbの相関関係は、図1に示すとおりである。このデータは、2004年8月29日

表1 被験者

性別	通し番号	選手	年齢 (歳)	入賞順位	タイム		
					(時間)	(分)	(秒)
男子	1	A	30	1	2	17	50
男子	2	B	24	2	2	17	52
男子	3	C	27	3	2	18	15
男子	4	D	24	4	2	20	13
男子	5	E	25	5	2	21	16
男子	6	F	29	6	2	22	16
男子	7	G	29	7	2	23	1
男子	8	H	31	9	2	23	43
男子	9	I	23	10	2	23	51
男子	10	J	30	11	2	24	33
男子	11	K	22	12	2	24	52
男子	12	L	24	14	2	25	9
男子	13	M	33	15	2	26	35
男子	14	N	27	17	2	28	18
男子	15	O	30	18	2	29	0
男子	16	P	22	19	2	29	11
男子	17	Q	38	43	2	42	23
男子	18	R	32	59	2	45	38
平均値			27.8		2	25	40
標準偏差			±4.3			±7	31
女子	1	A	25	1	2	32	52
女子	2	B	26	2	2	38	52
女子	3	C	22	3	2	39	14
女子	4	D	40	4	2	42	22
女子	5	E	19	5	2	43	0
女子	6	F	36	6	2	43	40
女子	7	G	23	7	2	43	54
女子	8	H	19	8	2	43	59
女子	9	I	31	10	2	48	46
女子	10	J	22	12	2	53	49
女子	11	K	34	14	2	55	13
女子	12	L	36	15	2	56	26
女子	13	M	29	23	3	4	59
平均値			27.8		2	46	42
標準偏差			±7.0			±8	45

(日)1, 2005年8月28日(日)1と2006年8月27日(日)に, それぞれ開催された「北海道マラソン大会」で研究協力が得られた選手の情報をまとめたもので, 研究方法, 採血条件はまったく同じである. 両者の間には $y = 0.299x + 3.617$ の回帰式で示される有意($p < 0.001$)の相関関係($r = 0.635$)が認められた. この回帰式から血清総たんぱく質1.0g/dLあたりHb濃度は, なんと3.34 g/dL変化すると計算された.

③TIBC (総鉄結合能) とZnの相関は, 図2に示すとおりである. TIBCは血清鉄とUIBC (不飽和鉄結合能) を合計した値である. 診断基準の正常範囲は, UIBCは男子104-259 $\mu\text{g/dL}$, 女子108-325 $\mu\text{g/dL}$ である. 血清鉄は男子54-200 $\mu\text{g/dL}$, 女子48-154 $\mu\text{g/dL}$ である. またTIBCは男子253-365 $\mu\text{g/dL}$, 女子246-410 $\mu\text{g/dL}$ である. 亜鉛は, 男女共通に65-110 $\mu\text{g/dL}$ である.

TIBCとZnの分布は, $y = 0.124x + 38.319$ であらわされ, 相関係数は $r = 0.407$ で有意($p < 0.001$)だった.

(ウ)過去3年間の血液データとマラソンの戦績について

ランニングスピードとHb濃度の関係は図3に示すとおりである. 3年間で男子協力者は延べ53名にな

り, 戦績から計算されるランニングスピードは男子 4.860 ± 0.310 m/sec, 女子38名は 4.347 ± 0.221 m/secだった. またHbは男子 15.34 ± 0.99 g/dL, 女子 13.84 ± 1.08 g/dLだった. 男・女のデータを合成してランニングスピードとHb濃度との分布状況から, 両者の間には $y = 1.29x + 8.74$ の回帰式であらわされる有意($p < 0.001$)の相関関係($r = 0.414$)が認められた. この結果, ゴールした直後のHb濃度1.0g/dL当たりの差によってランニングスピードは0.78 m/secの差となると計算された. つまり, この回帰式から計算される予想タイムは, 性差に関係なくHb濃度が13.0 g/dLのとき3時間33分06秒, 14.0 g/dLのとき2時間52分21秒, 15.0 g/dLのとき2時間25分00秒, 16.0 g/dLのとき2時間04分54秒と計算された.

(エ)本大会の暑熱環境について

レース中の暑熱環境を測定した結果は, 表4に示すとおりである. マラソンのスタート時刻は12時10分である. レースの間中, 快晴で気温は 30°C を超えており, 湿度は30%辺りを推移し, WBGTは25を超えていた.

(4) 考 察

(ア)鉄代謝とミネラルバランス

毎年, (財)日本陸上競技連盟は北海道マラソン大会の上位入賞選手を対象に血液学的な検討を行い, 本誌に掲載・報告している1). その流れの中で, 2006年度の上位入賞選手ではフェリチン血症にともなう鉄過剰摂取の傾向のある選手は減っているように思われる. 3年間の戦績と血液性状をみると, Hb濃度の高い順に戦績もよい傾向が認められた. Hb濃度や赤血球の低下から, 鉄分を補う方がよいと考えるのが一般的であるが, 最も大切なことは各ミネラル同士の比率を崩さないように不足したミネラルを摂取することがポイントである. この状態を維持するためには正しい食事法か, もしくはマルチミネラルの適正な摂取を推奨したい. 通常, ランナーが走られなくなってから血液検査を受けると, 慣習として鉄分の過不足をあらわす血清鉄 (酸素輸送鉄) やフェリチン (貯蔵鉄) とならんでHb濃度が検査対象になっているケースが多い. しかし, 長距離・マラソン選手で競技歴が長く, 低体重, 低栄養, 月経不順, 疲労骨折を起こすような過度の練習の中で, 「鉄欠乏性貧血」を発症すると, 亜鉛, 銅, マンガン, モリブデン, セレン, マグネシウム, クロム, ビタミンB12, 葉酸などに代表されるミネラル

表2 男子血液一覧

項目	(単位)	基準値			統計事項				基準値中間からの倍率		
		下限	上限	中間	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値の倍率	最大値	最小値
総たんぱく質	(g/dL)	6.7	8.3	7.5	8.23	0.50	9.6	7.2	1.10	1.28	0.96
GOT	(IU/L)	10	40	25	51.1	16.4	83	24	2.04	3.32	0.96
GPT	(IU/L)	5	40	23	38.5	11.4	66	19	1.71	2.93	0.84
乳酸脱水素酵素	(IU/L)	115	245	180	410.8	60.3	541	308	2.28	3.01	1.71
CPK	(IU/L)	57	192	125	490.7	246.9	1187	198	3.94	9.53	1.59
総コレステロール	(mg/dL)	150	219	185	229.4	33.6	289	163	1.24	1.57	0.88
中性脂肪	(mg/dL)	50	149	100	56.9	19.6	100	30	0.57	1.01	0.30
遊離脂肪酸	(mEq/L)	0.14	0.85	0.495	1.56	0.52	2.5	0.6	3.15	5.05	1.21
糖	(mg/dL)	70	109	89.5	59.3	14.5	85	32	0.66	0.95	0.36
尿酸	(mg/dL)	3.7	7.0	5.4	6.6	0.9	8.2	4.9	1.23	1.53	0.92
尿素窒素	(mg/dL)	6.0	20.0	13	22.9	3.9	31.4	16.3	1.76	2.42	1.25
クレアチニン	(mg/dL)	0.16	1.04	0.60	1.26	0.15	1.6	1	2.10	2.67	1.67
ナトリウム	(mEq/L)	136	147	142	147.3	4.35	152	134	1.04	1.07	0.95
クロール	(mEq/L)	98	109	104	98.4	24.4	109	1.7	0.95	1.05	0.02
カリウム	(mEq/L)	3.6	5.0	4.3	3.9	0.3	4.5	3.3	0.91	1.05	0.77
カルシウム	(mg/dL)	8.7	10.1	9.4	9.8	0.5	10.7	8.9	1.04	1.14	0.95
無機リン	(mg/dL)	2.4	4.3	3.4	3.83	0.93	5.2	2	1.14	1.55	0.60
鉄	(μ g/dL)	54	200	127	180.6	30.4	264	122	1.42	2.08	0.96
白血球	(μ l)	3900	9800	6850	14527.8	2938.5	19400	9300	2.12	2.83	1.36
赤血球	(*104/ μ l)	427	570	498.5	495.8	33.9	543	434	0.99	1.09	0.87
ヘモグロビン	(g/dL)	13.5	17.6	15.6	15.6	0.9	17.2	14	1.00	1.11	0.90
ヘマトクリット	(%)	39.8	51.8	45.8	48.8	2.9	52.3	41.5	1.07	1.14	0.91
血小板	(*104/ μ l)	13.1	36.2	24.7	25.4	5.4	34.9	15.7	1.03	1.42	0.64
平均赤血球容積		82.7	101.6	92.2	98.6	4.5	109.7	91.8	1.07	1.19	1.00
平均赤血球色素量		28.0	34.6	31.3	31.6	1.4	35.1	29.8	1.01	1.12	0.95
平均赤血球色素濃度		31.6	36.6	34.1	32.1	0.9	34	31	0.94	1.00	0.91
浸透圧	(mOsm/kg \cdot H ₂ O)	276	292	284	300.7	8.5	310	274	1.06	1.09	0.96
フェリチン	(ng/mL)	27	320	174	117.2	65.6	300.8	26.3	0.68	1.73	0.15
抗利尿ホルモン	(pg/mL)	0.3	3.5	1.9	19.6	14.0	64.3	2.8	10.32	33.84	1.47
亜鉛	(μ g/dL)	65	110	88	93.3	13.9	126	72	1.07	1.44	0.82
トランスフェリン	(mg/dL)	190	300	245	294.1	37.7	371	207	1.20	1.51	0.84
不飽和鉄結合能	(μ g/dL)	104	259	182	219.3	37.5	302	156	1.21	1.66	0.86

表3 女子血液一覧

項目	(単位)	基準値			統計事項				基準値中間からの倍率		
		下限	上限	中間	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値の倍率	最大値	最小値
総たんぱく質	(g/dL)	6.7	8.3	7.5	7.79	0.64	9.3	7.1	1.04	1.24	0.95
GOT	(IU/L)	10	40	25	49.5	20.4	110	30	1.98	4.4	1.2
GPT	(IU/L)	5	40	22.5	38.6	16.9	78	22	1.72	3.47	0.98
乳酸脱水素酵素	(IU/L)	115	245	180	366.5	80.4	506	247	2.04	2.81	1.37
CPK	(IU/L)	32	180	106	401.8	207.6	932	207	3.79	8.79	1.95
総コレステロール	(mg/dL)	150	219	184.5	239.5	36.5	324	202	1.3	1.76	1.09
中性脂肪	(mg/dL)	50	149	99.5	72.3	27.4	113	33	0.73	1.14	0.33
遊離脂肪酸	(mEq/L)	0.14	0.85	0.495	1.08	0.52	2.2	0.3	2.18	4.44	0.61
糖	(mg/dL)	70	109	89.5	80.7	27	124	38	0.9	1.39	0.42
尿酸	(mg/dL)	2.5	7.0	4.75	5.9	0.9	7.6	4.5	1.24	1.6	0.95
尿素窒素	(mg/dL)	6	20.0	13	23.2	5.7	37.7	14.5	1.78	2.9	1.12
クレアチニン	(mg/dL)	0.47	0.79	0.63	1.13	0.24	1.6	0.8	1.79	2.54	1.27
ナトリウム	(mEq/L)	136	147	141.5	146.5	5.5	154	139	1.04	1.09	0.98
クロール	(mEq/L)	98	109	103.5	105.7	4.8	112	99	1.02	1.08	0.96
カリウム	(mEq/L)	3.6	5.0	4.3	4.2	0.4	4.8	3.6	0.98	1.12	0.84
カルシウム	(mg/dL)	8.7	10.1	9.4	9.6	0.6	11.2	8.7	1.02	1.19	0.93
無機リン	(mg/dL)	2.4	4.3	3.35	4.13	0.8	5.8	3	1.23	1.73	0.9
鉄	(μ g/dL)	48	154	101	112.6	38.6	187	65	1.11	1.85	0.64
白血球	(μ l)	3500	9100	6300	12238.5	2968	20100	8800	1.94	3.19	1.4
赤血球	(*104/ μ l)	376	500	438	435.1	30.5	492	387	0.99	1.12	0.88
ヘモグロビン	(g/dL)	11.3	15.2	13.25	13.7	0.8	14.7	12	1.03	1.11	0.91
ヘマトクリット	(%)	33.4	44.9	39.15	43.8	2.5	46.5	38.4	1.12	1.19	0.98
血小板	(*104/ μ l)	13	36.9	24.95	27.3	5.7	38.2	17.6	1.09	1.53	0.71
平均赤血球容積		79	100	89.5	100.9	4	106.6	93.9	1.13	1.19	1.05
平均赤血球色素量		26.3	34.3	30.3	31.5	0.9	33.2	29.5	1.04	1.1	0.97
平均赤血球色素濃度		30.7	36.6	33.65	31.3	0.7	32.6	30.4	0.93	0.97	0.9
浸透圧	(mOsm/kg \cdot H ₂ O)	292	292	292	301.3	10.8	318	285	1.03	1.09	0.98
フェリチン	(ng/mL)	3.4	89	46.2	274.5	492.1	1430.4	16.1	5.94	30.96	0.35
抗利尿ホルモン	(pg/mL)	0.3	3.5	1.9	43.5	46.1	158	4.3	22.89	83.16	2.26
亜鉛	(μ g/dL)	65	110	87.5	82.8	16.2	127	67	0.95	1.45	0.77
トランスフェリン	(mg/dL)	200	340	270	310.5	51.9	399	245	1.15	1.48	0.91
不飽和鉄結合能	(μ g/dL)	159	307	233	305.2	74.4	435	204	1.31	1.87	0.88

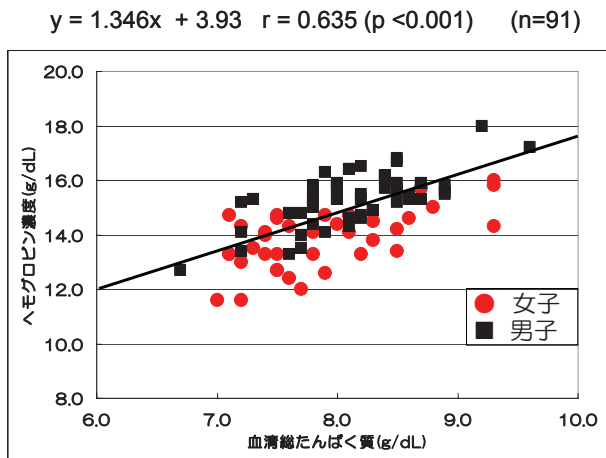


図1 マラソンゴール直後の血清総たんぱく質とヘモグロビン濃度の関係(データは、04, 05, 06年)

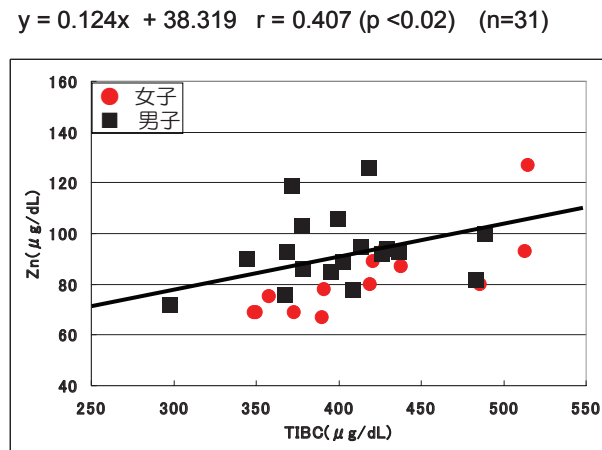


図2 マラソンゴール直後の血清TIBC(総鉄結合能)と亜鉛濃度の関係(データは、2006年のみ)

バランスに変化が及んでいると考えるのが自然である。長距離・マラソンランナーに多い貧血の症例としては、亜鉛欠乏性貧血²⁾の報告があり、処方せんは鉄剤100mgに対して亜鉛40mgの比率を保ちながら内服し²⁾、理想の食事療法が推奨される。ところが、症状にもよるが、これらの処方箋でさえも投与を開始してから3か月くらいは、投与効果の兆しが血中濃度で検証できないことがある。これは、おそらく組織へのミネラル供給が優先していて、未だ血中濃度を反映する状態にないと筆者は考えている。筆者の経験では、一度、亜鉛欠乏性貧血を発症すると、3~6か月程度、亜鉛と鉄の内服を続けなければ貧血ならびにミネラルの問題は解決しないケースがあった。

(イ)レース後に基準値より高くなる項目

血液性状について基準値を基にレース後の影響を倍率で表した。最も倍率が高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン(ADH)だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT, LDH, CPK, 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH, 亜鉛の8項目で、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目であった。いずれも、骨格筋の損傷, 残余窒素の増加, 炎症や脱水のリスクを想起させる項目だった。女子でフェリチン濃度が高い理由は、貧血対策のために鉄剤の摂取が日常化していることの裏づけであり、本大会のレースによる影響は少ないと考えている。

(ウ)レース後に基準値より低くなる項目

レース後に基準値より減少した項目は、男女共通

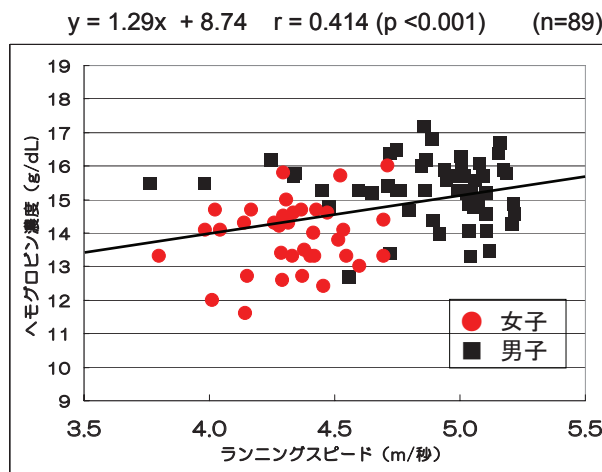


図3 マラソンの平均スピードとゴール直後のヘモグロビン濃度の関係(データは、04, 05, 06年)

して中性脂肪, 血糖値, カリウム, 赤血球であった。中性脂肪, 血糖の減少はいずれもエネルギー源として消費された結果と考えられる。ウルトラマラソンではHb濃度がレース中に下がり貧血を起こすことが知られている³⁾。また、血中カリウムの低下は、心筋や骨格筋の収縮力を減弱させ、不整脈を誘発する原因となり由々しき事態である。亜鉛は男子で増加し、女子では下がっていた。これは男子の場合、LDHやCPKなど心筋や骨格筋の損傷に由来しているためと考えられ、壊れた細胞内の亜鉛が遊離してきた結果ではないかと考えている。またミネラルの保有量は体格に正比例しているの、小柄でやせの多い女子マラソンランナーでは亜鉛不足が潜在的に起こる可能性があり、栄養面でとくにミネラル摂取に注意を払うべきと思われる。

(エ)Hb濃度からマラソン戦績を予測し評価できる

マラソンランナーの身体能力で重要な要素は、呼吸・循環器系が発達していることであり、それらを支える血液性状は酸素輸送系が中心である。2006年度に協力していただいた選手は、男子18名、女子13名、合計31名だった。しかし、統計上の信頼性や普遍的な法則性を見出すには十分な人数とはいえない。そこで、2004年度と2005年度に同じ条件で得られているデータ1)と併合することにより、症例を増やし高い精度の解析を試みた。その結果、今回の測定項目の中では単純ではあるが、肺で酸素を取り込み筋肉に酸素を運搬する役割を担っているHb濃度がマラソンの戦績と密接な関係にあることが明らかにされた(図3)。マラソンの記録を左右する因子は、気温や湿度、天候、風向きや風速、走路条件などの自然環境と血液性状4, 5)や健康状態など体内環境、あるいは競技適正(とくにランニングの効率)や体格、モチベーション(意欲)、性差、年齢、競技歴などがあると思われる。しかし、これらの諸因子はあくまでリスクに過ぎず、これまでパフォーマンスを正確に予測し、評価できるような指標とはならなかった。しかし、本研究では、Hb濃度がマラソンの戦績を支えている傾向が示された。

以前、筆者らは女子のオリンピック日本代表の長距離・マラソン選手の最大酸素摂取量をトレッドミル走により12分間で疲労困憊まで追い込んで測定したことがある。その結果、体重当たり最大酸素摂取量は78mL/kg/minを記録し、安静時のHb濃度が13.6 g/dLのところ、オールアウト直後は15.5 g/dLまで上昇していた経験がある。クレアチニン濃度は前後で変化せず血液濃縮などの影響は極めて少なく、それでも運動後は約1.9 g/dLの上昇を認めたのである。これらの経験を踏まえて、今回の成果を推察すると、ほとんどの選手の安静時のHb濃度はゴール後の値より約2.0 g/dL程度差し引いた値と考えられる。また本研究の解析結果は、実験的な負荷条件とは違って実践的な結果である。WBGTや気温も高く、抗利尿ホルモン、浸透圧、クレアチニンも上昇

していて、身体への負担度を病状としてとらえることはできないが、高熱と脱水の中で生理的には極限状態にある選手も存在したと思われる。

以上の結果より、本研究における競技成績とランニング後のHb濃度の有意な相関関係を考えると、安静時もしくはレース期間中のHb濃度の差が、マラソンにおける戦績の違いを高い確率で支配しているものと考えている。

(5) まとめ

2006年8月27日(日)に行われた北海道マラソン大会(札幌市)の上位入賞予定の選手を対象に、事前に研究の趣旨説明と同意(インフォームド・コンセント)に基づいて、本レースでゴールした直後に採血を行い、血液性状とマラソンパフォーマンスとの関係を検索した。

(ア)研究協力の得られたランナーは、男子18名、女子13名、合計31名だった。男子の平均年齢は27.8±4.3歳、女子は27.8±7.0歳だった。

(イ)研究協力の得られたランナーのうち、男子の最高タイムは2時間17分50秒(1位)、また女子は2時間32分52秒(1位)だった。これに対して、最も記録の悪かった選手は、男子2時間45分38秒(59位)、女子3時間4分59秒(23位)だった。男子の平均タイムは2時間25分40秒±7分31秒、女子は2時間46分42秒±8分45秒だった。

(ウ)血液性状からレースの影響を基準値の倍率で表した。最も倍率が高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン(ADH)だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT, LDH, CPK, 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH, 亜鉛の8項目で、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目であった。いずれも、骨格筋の損傷, 残余窒素の増加, 炎症, 脱水などのリスクを思わせた。これに対して、基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪, 糖, クロール, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度, フェリチンの7項目

表4 気象条件

観察時刻 (時:分)	WBGT	Ta(気温) (°C)	RH(相対湿度) (%)	Tg(黒球温度) (°C)
12:00	25.4	29.3	46.8	33.8
12:30	25.4	30.3	36.8	38.2
13:00	25.7	30.8	36.4	39.1
13:30	25.0	30.5	35.6	36.2
14:00	24.3	30.0	37.8	34.2
16:00	23.6	28.9	35.9	35.3

で、女子は中性脂肪、血糖、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度の5項目だった。エネルギー源の減少、ならびに筋収縮に不利な電解質の減少や酸素輸送の減少を思わせた。

(エ)レース後のHb濃度は戦績と有意な相関関係が認められた。回帰式からタイムを割り出すと、Hb14.0 g/dLでは2時間52分21秒、Hb15.0 g/dLでは2時間25分00秒、16.0 g/dLでは2時間04分54秒と計算された。本研究のランナーの競技力の中ではゴール直後のHb1.0 g/dLの差によって、マラソンのタイムは約20～30分の差が出ると計算された。

(オ)また、血清総たんぱく質1.0 g/dLあたりHb濃度は、なんと3.0 g/dL変化すると計算され、選手の食生活の重要性と適正な運動量（走行距離）の両立が重要であると考えられる。

(カ)今回の検査データはフルマラソンを全力で完走した直後の値であり、通常の血液検査をする際の条件（早朝、空腹、安静）とはまったく異なっている。もし、読者の方々が参考値として、このデータを引用されるような場合は、必ず実験条件を明記して下さい。

(6) 参考文献

1. 井本岳秋, 石井好二郎, 鳥居 俊: マラソン選手の貧血対策から鉄中毒になる健康管理上の問題. 陸上競技研究紀要. 2(2): 114-117. 2006
2. 西山宗六, 井本岳秋: オーバートレーニングと貧血 - 亜鉛欠乏による溶血と骨髄機能 -. 臨床スポーツ医学, 23(8): 895-900, 2006
3. 駒井説夫: マラソンおよびウルトラマラソンが血液成分に及ぼす影響. 高知大教育紀要, 57: 9, 1999
4. Buchman A L, Keen C, Comisso J, et al: The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. J Am Coll Nutr, 17(2): 124-127. 1998
5. Laihg I A et al: Biochemical observations on a non-elite marathon runner. J Clin Chem Biochem, 22(8): 535-537. 1984