

柔道選手の減量による身体的負担の評価に関する研究

—血液生化学値と POMS による検討—

山本洋祐*・斎藤一雄**・塔尾武夫**・田辺 勝***・片桐朝美****
梅田 孝*****・中路重之*****・菅原和夫*****

(平成 11 年 5 月 17 日受付, 平成 11 年 8 月 9 日受理)

A Study on the Evaluation of Physical Load by Weight Reduction in College Judoists

—By Blood Biochemical Parameters and POMS—

Yosuke YAMAMOTO, Kazuo SAITO, Takeo TOHNO, Masaru TANABE,
Tomomi KATAGIRI, Takashi UMEDA, Shigeyuki NAKAJI
and Kazuo SUGAWARA

We examined the relation between blood biochemical parameters and the profile of mood state (POMS) during weight reduction in 22 college judoists to find the useful indices for evaluating physical stress in blood biochemical parameters.

Results were as follows. Body weight, %fat and lean body mass (LBM) were significantly decreased after weight reduction. The values of BUN, Cr, LDH and Hb were significantly increased, and GOT, IgM, C3, C4, WBC and Hct were decreased after weight reduction. Cr and C4 were positively associated with Vig in POMS, and C3 and C4 were negatively associated with Fat in POMS. Furthermore, positive relation between IgM and Ten in POMS were observed.

These findings suggested that Cr, IgM and complements may be useful indices to evaluate physical stress in judoists.

Key words: College judoists, Weight reduction, Health care

キーワード: 大学柔道選手, 減量, 健康管理

I. 緒 言

スポーツ選手の減量が, 体力の低下をもたらすだけでなく, 健康そのものを阻害する可能性をもつことは多くの研究によって示唆されている^{15, 24, 27)}。特に, 階級制が導入されている柔道選手も例外ではない。柔道選手の減量の現状をみると, 選手や指導者はいまだに主観的な感覚や経験に基づいた方法で減量を実施, 指導していることが多く¹⁸⁾, 必ずしも理想的で適切な減量が実施されているといえない状況にある^{9, 35)}。したがって, これを科学的データに基づき指導していくことは, 健康管理上重要な課題であると考えられる。

スポーツ選手の運動による精神的, 身体的負担の客観的な指標として心理テストや体力, 心拍数の測定, 種々の血液生化学検査等が行われる¹²⁾。心理テストとしては, POMS (Profile of Mood State) が頻用され^{4, 26)}, 血液生化学検査としては, クレアチンキナーゼ²⁾, 免疫グロブリン²⁰⁾が重要視されている。心理状態を示す心理テストは, 心理的状況に加えて各人が持つ性格の所産であり, 主観的とはいえ, 選手の健康および競技ライフの管理の重要な指標である。一方, 身体的負担のみを示す指標では, 模索中にも関わらず, 十分なものは見いだされていない。

* 運動方法 (柔道), ** 運動方法 (相撲), *** 旭化成柔道部, **** 北里大学医学部公衆衛生学, ***** 弘前大学医学部衛生学

そこで、筆者らは、ある血液成分が身体的負担を客観的に表すとすれば、これと心理テスト状況の間に一定の関係が存在するはずであると仮定し¹¹⁾、試合に向けて減量を行った大学柔道選手を対象に、減量前後のPOMSの測定および血液生化学検査を実施し、減量中の両者の関連性を検討した。すなわち、どのような血液生化学値の変化が心理的变化と有意に関連し、身体的疲労の評価に有用であるかを検討した。

II. 方 法

II-1. 調査対象および期間

本調査の対象者は、日本体育大学柔道部に所属する柔道選手22名であった。これらの選手は、すべて平成7年度全国体育系大学学生柔道体重別選手権に向けて減量を行った。なお、試合までの目標減量値は、平均で3.8±2.2 kgであった。

調査は減量による身体的、心理的变化を把握するため、減量前としての試合50日前と、減量後としての試合直前4日前に実施した。対象者は調査期間中、早朝1時間の筋力および走トレーニング、午後2時間の柔道の練習を週6日実施していた。

なお、本調査は、対象者に調査の目的、内容を詳細に説明した後、参加、協力の承諾を得た上で実施された。

II-2. 測定項目および測定方法

身体組成は、水中体重秤量法により身体密度を測定した後、Brozekらの式¹¹⁾により体脂肪率(以下%fat、 $\%fat = (4.570 / \text{身体密度} - 4.142) \times 100$)を算出し、得られた%fatより除脂肪体重(以下LBM)を求めた。なお、肺の残気量は、最大呼出後に麻酔バッグにつめた純酸素を再呼吸する純酸素希釈法により測定した³⁷⁾。

減量期間中の栄養摂取状況は、日誌形式の自記式栄養調査表を配布し、減量期間中毎日摂取した食品名とその量を具体的に記入させ、4訂食品成分表¹⁷⁾により栄養摂取量等を算出した。なお、減量前後の栄養摂取状況の比較は、それぞれの調査前3日間の平均値を用いた。

採血は、2回の調査とも早朝空腹時に肘正中静脈より行った。採血量は10 mlで、うち2 mlは採血後直ちにヘパリン加試験管に分注し血球分析を行い、残りは採血後約30分間室温にて保存した後、3,000回転/秒で15分間遠心分離し、血清を採取し測定まで-20°Cで冷凍保存した。血液生化学検査は、全血では脱水状況を把握するためのヘモグロビン(以下Hb)、ヘマトクリット値(以下Hct)、免疫機能を把握するための白血球数(以下WBC)を測定した。また、血清から腎機能を把握するための尿素窒素(uric nitrogen, 以下BUN)、クレアチン

ン(creatinine, 以下Cr)、尿酸(uric acid, 以下UA)、肝機能および筋組織の損傷状況等に反映するGOT(glutamate oxaloacetic transaminase)、GPT(glutamate pyruvic transaminase)、LDH(lactate dehydrogenase)、クレアチンキナーゼ(creatinine kinase, 以下CK)、免疫機能を把握するための免疫グロブリン(IgG, IgA, IgM)、補体(C3, C4)、を測定した。なお、WBC, Hct, HbはCoulter社製自動血球計数装置Coulter Micro Diff IIを用い測定した。GOT, GPT, LDH, CKは、Ultraviolet(以下UV)法、UAはUricase-酵素法、BUNはUrease-UV法、CrはJaffe法、免疫グロブリン、補体はTIA(turbidimetric immunoassay)法で測定した。

本調査では、対象者の心理的疲労状況を緊張-不安(Tension-Anxiety, 以下Ten)、抑うつ-落込み(Depression-Dejection, 以下Dep)、怒り-敵意(Anger-Hostility, 以下Ang)、活気(Vigor, Vig以下)、疲労(Fatigue, 以下Fat)、情緒混乱(Confusion, 以下Con)の6つ尺度から評価するためにPOMSを用いた¹⁶⁾。また、これを用い心理的状态を総合的に判定するためTMD(Total Mood Disturbance, $TMD = Ten + Dep + Ang + Fat + Con + 100 - Vig$)の式により求めた⁶⁾。

II-3. 解析方法

血液生化学検査とPOMSの結果は、すべて平均値(標準偏差)で示した。これらの項目に関する減量前後の変化は、paired *t*-testにより有意性を検討した。一方、減量前後の血液生化学値の変動とPOMSの得点の変化の関連は、Spearmanの順位相関により検討した。なお、危険率は5%未満をもって有意とした。

III. 結 果

III-1. 減量前後の身体計測値の変化

減量前後の身体計測値と総エネルギー摂取量の変化をTable 1に示した。体重、%fat, LBM, 総エネルギー摂取量は、減量後いずれも有意に減少(すべて $p < 0.01$)していた。

III-2. 減量前後の血液生化学値の変化

減量前後の血液生化学値の変化をTable 2に示した。腎機能ではBUN, Crが有意に上昇($p < 0.05, p < 0.01$)していた。筋の活動や損傷状況に反映するGOTは有意に減少($p < 0.05$)し、LDHは有意に増加($p < 0.01$)していた。免疫機能に関する項目ではIgM, C3, C4, WBCがいずれも有意に低下($p < 0.05, p < 0.01, p < 0.05, p < 0.01$)していた。Hbは有意に上昇($p < 0.01$)していたが、脱水の指標となるHctは有意に低下($p < 0.05$)していた。

Table 1. Characteristics of study subjects and changes anthropometric parameters during weight reduction ($n=22$)

Variables	Pre	Post
Age (years)	20.1 ^a (0.9) ^b	—
Height (cm)	172.7 (7.0)	—
Weight (kg)	79.7 (11.8)	75.8 (11.7)↓↓
%Fat (%)	11.9 (4.6)	10.1 (3.9)↓↓
LBM (kg)	69.8 (8.0)	67.8 (8.6)↓↓
Total energy intake (kcal)	1,780 (557)	922 (336)↓↓

^a: mean values, ^b: standard deviation

Pre: before weight reduction, Post: after weight reduction

↑, ↓: $p < 0.01$, Significantly from the value before weight reduction according to paired t -test.

Table 2. Changes in blood biochemical parameters during weight reduction ($n=22$)

Variables	Pre	Post
BUN (mg/dl)	16.3 ^a (2.4) ^b	18.0 (2.9)↑
Creatinin (mg/dl)	1.0 (0.1)	1.1 (0.1)↑↑
GOT (U/l)	25.3 (11.7)	24.5 (5.1)
GPT (U/l)	16.1 (7.3)	12.0 (5.0)↓
LDH (U/l)	122 (26)	170 (31)↑↑
CK (U/l)	304 (630)	407 (190)
IgG (mg/dl)	1,266 (174)	1,271 (190)
IgA (mg/dl)	233 (95)	226 (92)
IgM (mg/dl)	121 (33)	110 (35)↓
C3 (mg/dl)	110 (17)	94 (13)↓↓
C4 (mg/dl)	28.5 (6.8)	24.5 (6.3)↓
WBC (cells/mm ³)	7,536 (1,457)	6,419 (1,246)↓↓
Hb (g/dl)	16.6 (1.3)	18.0 (1.4)↑↑
Ht (%)	47.9 (2.3)	44.6 (5.8)↓

^a: mean values, ^b: standard deviation

Pre: before weight reduction, Post: after weight reduction

↑, ↓: $p < 0.05$, ↑↑, ↓↓: $p < 0.01$, Significantly from the value before weight reduction according to paired t -test.

III-2. 減量前後の POMS の変化

POMS では、いずれの項目においても有意な変化はみられなかった。

III-3. 減量中の POMS と血液生化学値の変化の関連

減量中の POMS と血液生化学値の変化の相関係数を Table 4 に示した。Cr の変化は、Vig の変化と正の相関 ($p < 0.05$) を示した。IgM と Ten の間に有意な正の相関

Table 3. Changes in POMS during weight reduction ($n=22$)

Variables	Pre	Post
Tension (Ten)	10.0 ^a (5.0) ^b	10.3 (4.9)
Depression (Dep)	9.4 (8.7)	7.3 (7.6)
Anger (Ang)	7.6 (6.4)	7.1 (5.5)
Vigor (Vig)	10.6 (6.1)	11.0 (5.6)
Fatigue (Fat)	5.4 (4.1)	6.9 (4.4)
Confusion (Con)	7.6 (3.3)	7.9 (4.3)
TMD	129.3 (23.7)	128.6 (23.3)

^a: mean values, ^b: standard deviation

POMS: profile of mood state, TMD: total mood disturbance, TMD was calculated by the following formula, $TMD = (Ten + Dep + Ang + Fat + Con + 100 - Vig)$.

Pre: before weight reduction, Post: after weight reduction

↑, ↓: $p < 0.05$, ↑↑, ↓↓: $p < 0.01$, Significantly from the value before weight reduction according to paired t -test.

($p < 0.05$) がみられた。C3 の変化は、Fat, TMD の変化と負に相関 (ともに $p < 0.05$) し、C4 は Vig と正 ($p < 0.05$)、Fat と負に相関 ($p < 0.05$) した。

VI. 考 察

スポーツ選手の減量は、筋肉量を減らすことなく脂肪の減少により体重を減らすのが理想であるといわれる³²⁾。すなわち、これは減量による減少が、選手の筋力を減少させ、競技力をも低下させる可能性が高いことを意味する^{15, 24, 27)}。この点について本調査結果をみると、対象者の LBM は減量後有意に減少し、理想的な減量が行われていたとは言い難かった。また特に、総エネルギー摂取の有意な減少と後述する血液生化学検査値の変化の結果から、運動、減食、水分制限による過酷な減量を強いられていたと考えられた。

食事制限、水分制限、発汗の組み合わせによる減量が、腎機能を低下させることはすでに報告されている²⁵⁾。本調査でも、減量後 BUN, Cr が有意に上昇し、腎機能が明らかに低下する傾向を示していた。また、この結果はタンパク質の摂取不足による体組織タンパクの崩壊を示唆するものでもあったと考えられた²⁹⁾。

減量後の LDH の有意な上昇は、運動による筋損傷および筋疲労の蓄積^{2, 7, 23)}を示唆していた。

スポーツ選手の減量中の免疫能を検討した研究は見当たらず、また、運動と免疫能の関連は、いまだに一致した見解は得られているとはいえない。白血球は、急性の

Table 4. Correlation between changes in scores of POMS and changes in blood biochemical parameters during weight reduction ($n=22$)

	Tension	Depression	Anger	Vigor	Fatigue	Confusion	TMD
BUN	0.214	0.022	-0.021	-0.040	0.206	0.273	0.122
Creatinine	0.213	0.312	0.229	0.395*	0.140	0.367	0.242
GOT	-0.078	-0.058	0.058	-0.311	0.050	-0.059	0.041
GPT	0.218	0.087	0.167	-0.141	0.256	0.104	0.225
LDH	0.291	0.131	0.321	-0.053	0.343	0.216	0.297
CK	-0.147	-0.169	-0.060	-0.387	0.064	-0.021	-0.020
IgG	0.218	0.076	0.089	0.140	0.009	-0.001	0.083
IgA	0.180	0.162	0.112	0.292	-0.028	-0.040	0.069
IgM	0.424*	0.148	0.056	0.314	-0.046	0.185	0.048
C3	-0.102	-0.301	-0.329	0.319	-0.481*	-0.074	-0.409*
C4	-0.034	-0.210	-0.216	0.446*	-0.397*	0.096	-0.299
WBC	0.254	0.042	-0.083	0.384	0.158	0.158	0.223
Hb	-0.091	-0.041	-0.220	0.233	-0.052	-0.154	-0.202
Hct	-0.086	0.013	-0.066	-0.204	-0.003	0.153	0.011

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

運動負荷で上昇することはすでに知られている¹⁹⁾。免疫グロブリンは運動により変化しない²¹⁾、あるいは低下するという報告¹⁴⁾がみられる。同様に補体についても変化しない³⁶⁾、低下²¹⁾する、上昇する³⁾という報告がなされている。一方、栄養摂取制限とこれらの項目との関連をみると、栄養摂取制限により免疫グロブリンや補体が低下するという報告がみられる¹⁰⁾。さらに、脱水を伴うような運動が、補体を低下させるという報告もある³⁰⁾。本調査の対象者が、減量を運動、栄養摂取制限、脱水により行っていることはすでに述べた。しかし、これらの項目の変化にいずれの減量方法が影響したかは、本調査では残念ながら断定することはできなかった。とはいえ、本調査で WBC, IgM, C3, C4 の低下したことは、減量による生体の免疫能の低下を示すものと考えられ、試合前の健康管理の観点からは不利な状況と考えられた。

水分制限を含む減量が脱水をもたらすことは、多くの研究によって明らかにされている²⁴⁾。本調査の結果でも減量後 Hb の有意な上昇が観察され、脱水の傾向が示された。しかし、脱水の最も鋭敏な指標となる Hct はむしろ有意に低下していた。食事制限、特にタンパク質の摂取制限が赤血球の鉄結合能の低下による貧血をもたらす報告²⁸⁾や、赤血球の血中循環の減少をもたらすという報告⁸⁾はある。また、運動が赤血球の損傷³⁴⁾や赤血球膜の脆弱性の亢進をもたらす³¹⁾、スポーツ性貧血の原因となることも示されている。残念ながら、これら先行研究の結果と Hb と Hct の変動が乖離した本調査結果を検討しても、これをうまく説明することはできない。しかしながら、一つの可能性として本調査結果は、運動、脱水

または栄養学的消耗が赤血球の形態に何らかの変化を生じさせ、Hct 測定時に一部溶血をもたらした可能性があると考えられた。また、脱水が示唆されるような調査では、観察する血清項目は通常脱水を考慮した補正がなされる。しかし、Hct の結果から推測されるように本調査の対象者は脱水の影響だけでなく、栄養摂取制限の影響も受けており、血清成分量そのものにも影響している可能性が考えられたため、あえて脱水補正は行わなかった。

Horswill らは、食事制限を必須とする減量は、選手に精神的ストレスを与え、情緒不安や倦怠感の増大、気力の低下をもたらすことはすでに述べた⁵⁾。また、競技選手の POMS を調査した研究は、運動の実施が身体的疲労をもたらす、精神的コンディションをも悪化させることを報告し、その指標として有効であることを示唆している²⁶⁾。本結果をみると、各 POMS 尺度および TMD に有意な変化はみられなかった。しかし、有意ではないものの精神的疲労の状況を最も鋭敏に示す Fat の得点の変化は大きく、対象者が減量により精神的な疲労を感じる傾向にあったと推察された。

小田切らは POMS と運動の関連を調査し、激しい運動の実施が血中ストレス関連ホルモンの分泌を低下させ、自律神経系などの生体におけるホメオスタシス機構を乱し、POMS による感情プロフィールにネガティブに影響する可能性を示唆している²²⁾。また、益子らは大学ラグビー選手で血液生化学値と主観的疲労度との間に有意な相関がみられたと報告している¹³⁾。本調査の単相関表をみると、そのすべてが有意なものではなかった

が, Cr, IgM, C3, C4 がそれぞれ POMS の各尺度と有意な相関を示していた。特に Cr は, すべての POMS 尺度と正の相関を示し, C3, C4 は Dep, Ang, Fat, TMD と負, Vig と正に相関していた。すなわち, Cr の上昇は, 運動, 減食による減量が身体内部で腎機能の低下や筋組織の崩壊および筋組織タンパクの異化をもたらした結果と考えられた。また, IgM, C3, C4 の変動は運動や減食による体タンパク質の減少, 筋組織破壊による炎症反応への消費に起因するものと考えられる。すなわち, 本結果はこのような身体的負担の状況が, 精神的な感覚に有意に影響し, これら血液生化学検査項目と POMS の各尺度の間に有意な相関を示したものと考えられた。しかし, これらの項目と POMS の各尺度との相関は, 決して高くなく, 今後より詳細な検討が必要である。

以上より, Cr, IgM, C3, C4 の変化が, 身体的疲労の指標になりうる可能性が示唆された。

V. ま と め

我々は, 大学柔道選手の減量中の POMS と血液生化学値の変動を調査し, 両者の関連性をみることで, 身体的疲労の評価に有用な血液生化学値を検討した。結果は以下のものであった。

1. 体重, %fat, LBM, 総エネルギー摂取量は, 減量後いずれも有意に減少した。
2. 血液生化学値では BUN, Cr, LDH, Hb が減量後有意に上昇し, GOT, IgM, C3, C4, WBC, Hct が有意に減少していた。
3. 減量中の POMS と血液生化学値の変化の関連では, Cr と Vig の間, IgM と Ten の間に正の相関がみられた。また C3 は, Fat, TMD と負に, C4 は Vig と正, Fat と負に相関する傾向を示した。

以上のことから, Cr, IgM, 補体が, 身体的疲労の指標として有効となる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and Keys, A.: Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumption, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **100**, 113-140 (1963).
- 2) Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P. and White, J. S.: Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric and concentric exercise, *Int. J. Sports Med.*, **7**, 152-155 (1986).
- 3) Dufaux, B., Order, U. and Liesen, H.: Complement activation after prolonged exercise, *Clinica. Chimica. Acta*, **179**, 45-50 (1989).
- 4) Flynn, M. G., Pizza, F. X., Boone, J. B. Jr., Andres, F. F., Michaud, T. A. and Rodrigues-Zayas, J. R.: Indices of training stress during competitive running and swimming season, *Int. J. Sports Med.*, **15**, 21-26 (1994).
- 5) Horswill, C. A., Hickner, R. C., Scott, J. R., Costill, D. L. and Gould, D.: Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**(4), 470-476 (1990).
- 6) 星川淳人, 鳥居 俊, 小林康一: 女子マラソン選手における心理的コンディションと競技成績, *臨床スポーツ医学*, **11**(6), 1-5 (1996).
- 7) 加来正俊: マラソン・長距離選手における非外傷性筋肉障害と肝臓障害の鑑別診断—血液生化学的データより—, *臨床スポーツ医学*, **11**(6), 15-21 (1994).
- 8) Katunguka-Rwakishaya, E., McKechnie, D., Parkins, J. J., Murray, M. and Holmes, P. H.: The influence of dietary protein on live body-weight, degree of anaemia and erythropoietic responses of Scottish blackface sheep infected experimentally with *Trypanosoma congolense*, *Research in Veterinary Science*, **63**(3), 273-277 (1997).
- 9) 木村勝範, 山本洋祐, 塔尾武夫, 片桐朝美, 梅田孝, 戸塚 学, 斎藤一雄, 菅原和夫: 大学男子柔道選手の減量期間における食生活および血液性状・身体特性の変動, *体力・栄養・免疫学雑誌*, **6**(1), 32-46 (1996).
- 10) Killey, D. S., Daudu, P. A., Branch, L. B., Johnson, H. L., Taylor, P. C. and Mackey, B.: Energy restriction decreases number of circulating natural killer cells and serum levels of immunoglobulins in overweight women, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **48**(1), 9-18 (1994).
- 11) 熊江 隆, 荒川はつ子, 鈴川一宏, 石崎香里, 内山巖雄: 大学駅伝選手における血清酵素活性と主観的疲労度に関する研究, *体力科学*, **46**(2), 189-200 (1997).
- 12) 黒田善雄, 井川幸雄, 高澤晴夫, 市川宣恭, 中嶋寛之, 村山正博: スポーツ医学検査測定マニュアル, *臨床スポーツ医学*第7巻増刊号, 文光堂, 東京 (1990).
- 13) 益子俊志, 梅田 孝, 広瀬かほる, 櫻井 裕, 田中博幸, 菅原和夫, 中路重之, 吉澤信行: 大学ラグビー選手の試合期の主観的疲労度と血液生化学値の関連について, *防医大進学課程紀要*, **21**, 93-102 (1998).
- 14) MacKinnon, L. T. and Jenkins, D. G.: Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training, *Med. Sci. Sports Med.*, **25**(6), 678-683 (1993).
- 15) McMurray, R. G., Proctor, C. R. and Wilson, W. L.: Effect of caloric deficit and dietary manipu-

- lation on aerobic and anaerobic exercise, *Int. J. Sports Med.*, **12**, 167-172 (1991).
- 16) McNair, D. M., Losr, M. and Droppleman, L. F.: Profile of mood states manual, San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service (1971).
 - 17) Ministry of Health and Welfare, A Report of National Nutrition Survey in 1994 (in Japanese), Dai-ichi Press, Tokyo (1996).
 - 18) 三浦照幸, 倉掛重精, 山本洋祐, 菅原和夫, 戸塚学, 梅田 孝: 日米における柔道選手の減量の実態とその意識に関する調査, *体力・栄養・免疫学雑誌*, **8**(1), 94-100 (1998).
 - 19) Nielsen, H. B., Secher, N. H., Kappel, M. and Pedersen, B. K.: Lymphocyte, NK, LAK cell response to maximal exercise, *Int. J. Sports Med.*, **17**(1), 60-65 (1996).
 - 20) Nieman, D. C. and Nehlsen-Cannarella, S. L.: The effects of acute and chronic exercise on immunoglobulins, *Sports Med.*, **11**(3), 183-201 (1991).
 - 21) Nieman, D. C., Tan, S. A., Lee, W. and Berk, L. S.: Complement and immunoglobulin levels in athlete and sedentary controls, *Int. J. Sports Med.*, **10**, 124-128 (1989).
 - 22) 小田切優子, 岩根久夫, 下光輝一, 勝村俊仁, 大谷由美子, 坂本 歩, 藤波襄二: 長時間持久運動後の疲労困憊状態と血中ストレス関連ホルモンについて, *臨床スポーツ医学*, **12**(2), 213-216 (1995).
 - 23) Ohkuwa, T. and Miyamura, M.: Plasma LDH and CK activities after 400 m sprinting by well-trained sprint runners, *Sports Med. Physical Fit.*, **26**(4), 362-368 (1986).
 - 24) Oppliger, R. A., Case, H. S., Horswill, G. L. and Shelter, A. C.: American College of Sports Medicine Position Stand, Weight loss in wrestlers, *Med. Sci. Sports Exer.*, **28**(2), ix-xii (1996).
 - 25) Radigan, L. R. and Robinson, S.: Effect of environmental heart stress and exercise on renal blood flow and filtration ratio, *J. Appl. Physiol.*, **2**, 185-191 (1949).
 - 26) Raglin, J. S., Morgan, W. P. and O'Connor, P. J.: Changes in mood states during training in female and male college swimmers, *Int. J. Sports Med.*, **12**(6), 585-589 (1991).
 - 27) Roemmich, J. N. and Sinning, W. E.: Weight loss and wrestling training: effects on nutrition, body composition, and strength, *J. Appl. Physiol.*, **82**(6), 1751-1759 (1997).
 - 28) Rooth, G. and Carlstrom, S.: Therapeutic fasting, *Acta Med. Scand.*, **187**(6), 455-463 (1970).
 - 29) Runcie, J. and Thomson, T. J.: Prolonged starvation—a dangerous procedure?, *Br. Med. J.*, **3**(720), 432-435 (1970).
 - 30) Sawka, M. N., Young, A. J., Dennis, R. C., Gonzalez, R. R., Pandolf, K. B. and Valeri, C. R.: Human intravascular immunoglobulin responses to exercise-heat and hypohydration, *Aviation Space. Environ. Med.*, **60**(7), 634-638 (1989).
 - 31) Sagawa, S. and Shiraki, K.: Role of lipids in stabilizing red cells in rats, *J. Nutr. Vitaminol.*, **24**(1), 57-65 (1978).
 - 32) Smith, N. J. and Stanitski, C. L.: *Sports medicine: A practical guide*. Philadelphia; W. B. Saunders Company (1986).
 - 33) Speechly, D. P., Taylor, S. R. and Rogers, G. G.: Differences in ultra-endurance exercise in performance-matched male and female runners, *Med. Sci. Sports Exer.*, **28**(3), 359-365 (1996).
 - 34) Streeton, J. A.: Traumatic haemoglobinuria caused by karate exercises, *Lancet*, **2**(7508), 191-192 (1967).
 - 35) 田辺 勝, 山本洋祐, 斎藤一雄, 片桐朝美, 梅田孝, 菅原和夫: 男子大学柔道選手の減量に関する研究, *体力・栄養・免疫学雑誌*, **7**(1), 35-45 (1997).
 - 36) Thomsen, B. S., Rodgaard, A., Tvede, N., Hansen, F. R., Steensberg, J., Halkjaer-Kristensen, J. and Pedersen, B. K.: Levels of complement receptor type one (CR1, CD35) on erythrocytes, circulating immune complexes and complement C3 split products C3d and C3c are not changed by short-term physical exercise or training, *Int. J. Sports Med.*, **13**(2), 172-251 (1992).
 - 37) Wilmore, J. H.: A simplified method for determining residual lung volume, *J. Appl. Physiol.*, **27**, 96-100 (1969).