

高所の医学；研究の歴史ならびに自験例

—なぜ無酸素でエヴェレスト登頂に成功したか—

山崎 元、鈴木美貴、大西祥平、大林千代美、勝川史憲、木下訓光、味村 純、
堀井昌子(大和市大和保健所)

1. バックグラウンド

ヒトが激しい環境変化に遭遇した際、どのような現象が身体に起こりまた環境変化に身体がどう対応するか、それら病態生理の解明はスポーツ医学に課せられた一つのテーマである。環境変化の具体的な例として、わが国だけでもスポーツ人口が数十万人といわれるスキューバダイビングにみられる潜水病、あるいは登山による高山病、高温・多湿下における高温症、さらには宇宙における微重力に関する研究、などが挙げられる。

世界各地で起るエピソードが臨床研究の進歩をもたらすことは少なくない。猛暑のサウジアラビアで行われるイスラム教メッカの巡礼は、熱射病の臨床治療の経験の場として大いに役立った。ごく最近の1999年3月にも、メッカの巡礼が猛暑の中で行われテレビの画面一杯に溢れる多数のイスラム教徒の巡礼の様子が放映された。熱射病を起こしやすい環境にあることは画面上からも容易に想像できた。さらには、高山病については、ダライ・ラマの名前が突然のようにクローズアップされた1964年のインドとチベットの国境紛争の裏に、医学的進歩が隠されていた。すなわち、紛争現地へ赴いた多数のインド兵が高所肺水腫を経験し、その統計学的成績が後の研究に大きな影響を与え、生理学的な研究も進歩したのである^{1,2)}。

1953年にイギリスのエヴェレスト登山隊の2人、ニュージーランド人ヒラリーとシェルパのテンジンがエヴェレスト初登頂に成功した快挙は、当時小学生であった筆者の一人山崎にとって忘れることのできない思い出である。酸素マスクを着けた二人が氷ついた急斜面を這うようにして登っ

ていく姿は今でもはっきりと脳裏に焼き付いている。しかし、その登山隊に研究者Pughが随行し緻密な医科学的な研究を行ったことを知ったのは20年も後であった。1870年頃から慶應笹本内科で低酸素時の肺循環の勉強をするようになった時である。そのPughは、後にアマダブラム山脈5,800mの高地にSilver Hutと呼ばれる研究室を設置してすばらしい研究成果³⁻⁵⁾を残した。

2. 研究の歴史(表1)

高所における医科学研究はアメリカでは戦後すぐに本格的に取り組まれ、めざましい速さで進歩した。1946年、つまり終戦直後にアメリカ海軍の援助により行われたプロジェクト“Operation Everest”では、平地に小さな減圧室(10×10×7ft)をつくり徐々に減圧を行い、エヴェレスト山頂(8,848m,気圧240Torr)をシミュレートした235 Torrの環境下で、被験者4人中2人が酸素補助なしでcycle ergometerをこいだ⁶⁾。のちのエヴェレスト初登頂、さらにはエヴェレスト無酸素登頂への大きな動機づけとなった研究であった。その研究の中心的役割を果たしたHouston CSは、40年も経た後の1980年代後半に、再び“Operation Everest II”プロジェクトを展開し、高所シミュレート実験を究めた⁷⁻¹⁰⁾。40年前とは比較にならない大きな減圧室の中に8人の被験者を40日間滞在させて多くのプロトコルを実践した。高度が上がるにつれてまた滞在時間が経つにつれて、低酸素換気応答(低酸素を感受して換気量を増やす反応)が増強することを明らかにした。Swan-Ganzカテーテルを挿入して減圧による低酸素下における心機能を評

価し心機能は平地とほぼ同様に保たれることを明らかにした⁷⁾。高所でのガス交換機能低下は拡散能の障害と換気血流比($\dot{V}_A/\dot{Q}$)の不均衡によって起こり、また肺高血圧の存在を考慮すると肺胞間質の浮腫がその原因であることを示唆した⁹⁾。骨格筋のバイオブシーを行い、高所では激しい運動を行っても乳酸の産生が起こりにくい理由として無酸素性解糖能の低下を証明した¹⁰⁾。低圧下(240Torr)では平地と比較した $\dot{V}_{O2max}$ は著しく低下し(49→15ml/kg/min)、酸素飽和度は46%まで下がるが運動時の分時換気量・呼吸数・残気量には変化無かった。また、その状態から正常気圧に戻っても $\dot{V}_{O2max}$ は上昇がみられないどころかむしろ以前より低い値になることを示した¹¹⁾。それらの成果は数多くの論文に記されている。“Operation Everest II”プロジェクトの総括はHouston CS自身の論文に書かれている⁸⁾。

Reinhold MessnerとPeter Habelerは、1978年5月8日に酸素ボンベ無しでエヴェレストの登頂に成功して、生理学者たちのそれまでの常識を覆した(表1)。生理学者たちの間では、エヴェレスト山頂における気圧はせいぜい250Torr、血中の酸素分圧は35Torrもしくはそれ以下であり、その環境で大気のみにより自力で動くことは不可能であると信じられていた。また前述のHouston CSを中心としたシミュレーション実験は、数多くの指標を得ることは可能であったが酸素運搬能を規定する最も重要な因子となる気圧などの気象現象については当然のことながら推定値を用いており実測値ではなかった。Westを中心とするグループが1981年に行った大プロジェクトAmerican Medical

Research Expedition to Everest(米国エヴェレスト医学登山隊)¹²⁻¹⁴⁾は、エヴェレスト登山隊を6名の登山専門家と6名の科学者兼登山家そして8人の科学者で構成し、登頂に際してベースキャンプ(5,400m)とキャンプII(6,300m)に各種測定機器を運び、しかも頂上における呼気ガスを測定した。その成績¹²⁾が無酸素エヴェレスト登頂が可能であることを生理学的に裏付けたのである。

日本における登山の歴史と研究もすばらしい。1953年の日本山岳会マナスル登山隊の名前は中高年者には馴染み深い。詳細は雑誌「臨床スポーツ医学」の1987年6月号の特集登山の医学(特集編集 中島道郎)と1996年6月号の特集高所登山の医学(同堀井昌子)に詳しく書かれている^{15,16)}。1983年には日本人登山家5人がエヴェレストの無酸素登頂に成功した。20-30歳代の人達である。

3. なぜ酸素無しでエヴェレスト登頂ができたか^{12,17)}

この疑問に関しては、Westらの一つの論文¹²⁾が答えを出している。極めて興味深いものなので詳しく紹介してみたい。図1はICAO(国際民間航空機関)の設定した各高度での気圧とWestらが実測した気圧とを比較したものである。気圧はICAOの値よりも実測値の方が高くエヴェレスト山頂(8,848m)では17Torrも実測値が大であった。図2は、Pughら⁵⁾が1964年に発表した7,440mの高度までの最大酸素摂取量の実測値と気圧との関係である。対数で表した大気圧は最大酸素摂取量と直線関係にあり、その延長線上でエヴェレスト山頂の気圧と思われる250Torrの最大酸素摂取量を推測すると、ほとんど基礎代謝量に近い値の酸素摂取量になってしまう。つまり山頂でじっとしているならば耐えられるが山頂まで自力で登っていくことは不可能であることを意味している。しかしながら、上述の米国エヴェレスト医学登山隊が登頂した際に記録した成績が、酸素ボンベ無くしてエヴェレストに登頂できる答えを出した。

図3にはインドのニューデリーで打ち上げた気象観測気球で得られた高度8,848mの気圧を1年間の変化として示した。ニューデリーはエヴェレス

表1. 登山医学の歴史

1946	USA project「Operation Everest」10×10×7ft 低圧室 240Torrで酸素無しでcycl ergometer
1953	Everest 初登頂GB In 1960, Dr Pugh LGCE「Silvre Hut」at 5800m
1964	インド・チベット国境紛争 Dr Singh
1978	Everest 無酸素登頂 Messner R & Habeler P
1981	American Medical Research Expedition to Everest (米国 Everest 医学登山隊 Dr JB West) 5400, 6300, 8848m
1985	USA project「Operation Everest II」再び Dr Houston CS

トから約1,000km離れているが、緯度はエヴェレスト山頂と同じである。図から冬期と夏期では10Torr以上も差があることがわかる。Westらが登頂した1981年10月24日の実測値を星印★で示してあり、通常よりも高い。気圧は夏期がもっとも高いが、その時期はモンスーンの季節に一致するため、モンスーンの前後が登頂に適した期間である。すなわち、Messnerらが無酸素登頂に成功した5月、あるいは米国医学登山隊が登頂した10月は最適な時期であったことになる。しかも、図4

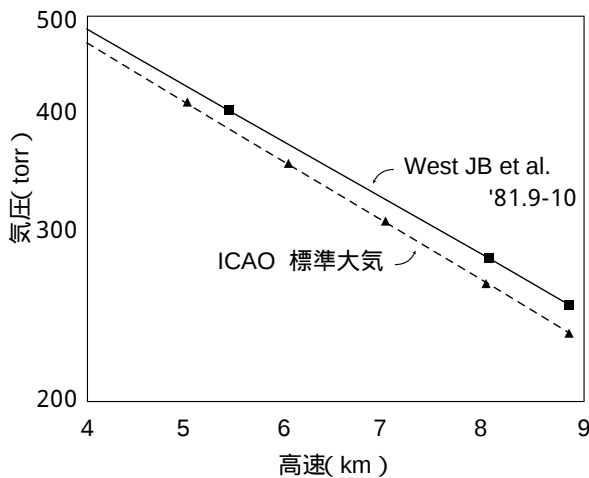


図1 1981年9-10月におけるエベレスト登山での高度と気圧の関係。Westらの実測値は(実線)は国際民間航空機関(ICAO)によるものより各高度における気圧は高い。

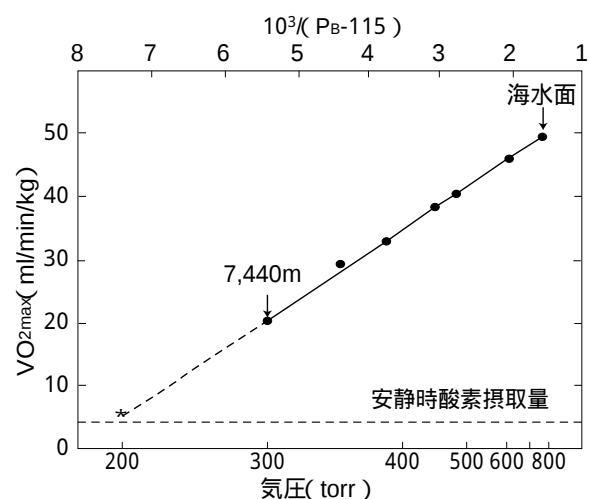


図2 高度馴化した被験者の各気圧レベルにおける最大酸素摂取量。エベレストの高度では最大酸素摂取量が安静時の酸素摂取量に極めて近い値である。

に示すように、夏も冬も緯度によって気圧が異なり緯度が高くなるにしたがって気圧が低くなる。さらには夏と冬の差はエヴェレスト山頂(8,848m)あたりの高度でもっとも顕著である。そのように、いくつかの要素が加わって、図5で示すようにPughら⁹⁾が1964年に実測した7,440mまでの値とは異なって3-4 METsの最大酸素摂取量が期待できるわけである。登頂の季節により気圧が異なり、また気圧は日々変化する。酸素解離曲線のもっとも急峻なところでの酸素分圧を議論しているの

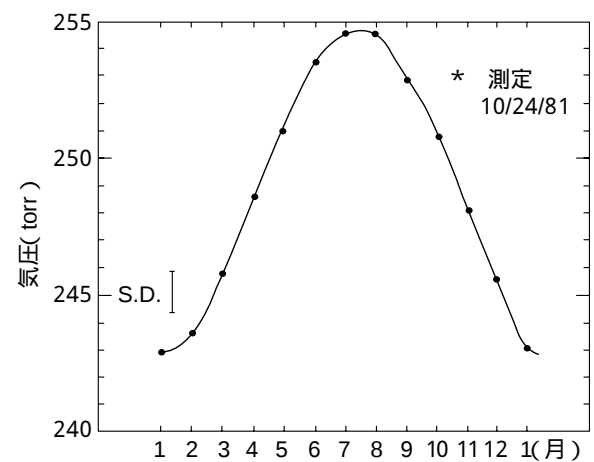


図3 インドのニューデリーから飛ばした気象観測気球によって測定した高度8,848mにおける月別平均気圧。夏期に高く冬期に低い。10月24日に山頂で実測された気圧は、例年よりも高い。

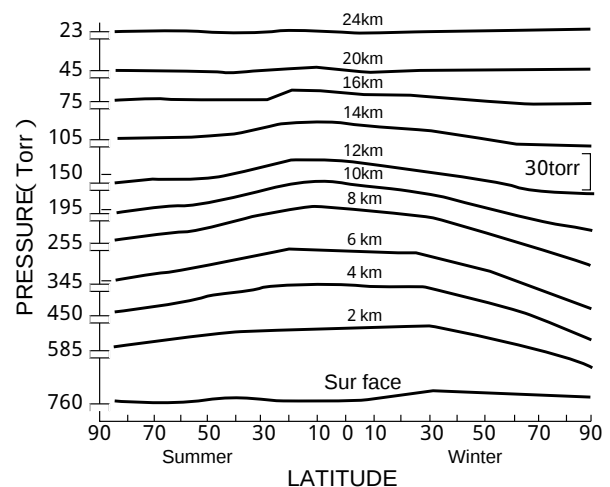


図4 緯度による夏期と冬期の気圧の違い。

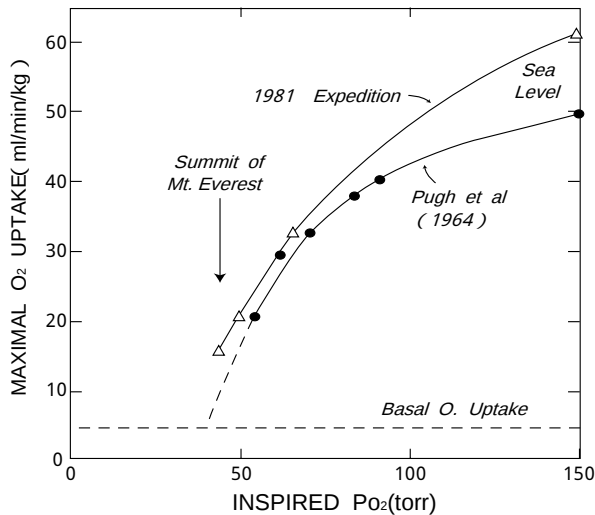


図5 エベレスト山頂における最大酸素摂取量。Pughらの予測値に比較して高い。

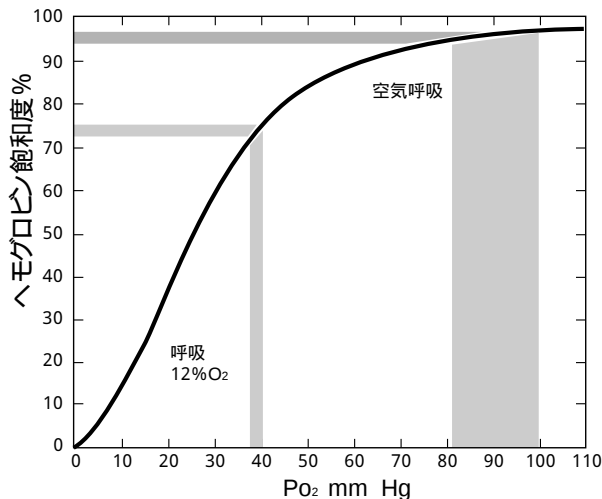


図6 酸素解離曲線

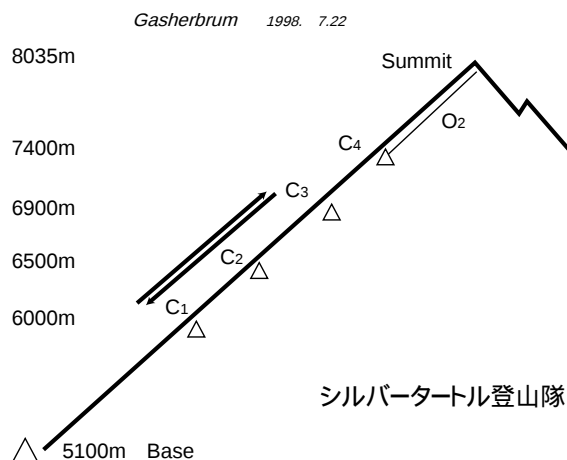


図7 シルバータートル登山隊Gasherbrum II の登山実績。

で、図6に示すように少しの気圧の違いが動脈血酸素分圧つまり酸素含量に影響を及ぼすのである。

当然のことながら、登山者が心身ともにずば抜けた適応力の持ち主であることは必須である。加えて図4からも想像できるように、もしエヴェレストが北緯36度の日本にあったら無酸素登頂は不可能なのであろう。神様は世界最高峰を人間が酸素の助けなしで登れるぎりぎりの緯度につくったと考えることができるのかも知れない。

4. 登山者にフィットネスと体組成

当慶應義塾大学スポーツ医学研究センターでは、塾外部から委託される検査や測定が少なからずある。その中で、1997年の10月中旬に珍しい集団を対象とした検査・測定を行った。シルバータートルと称する中高年者を中心とした登山隊のグループである。亀のようにゆっくり登ることを意図して命名した登山隊である。彼らの本隊は翌1998年6月1日に日本を出発し、カラコルム山脈で世界第2の高峰K 2 (8,611m) をはじめとする8,000mの巨峰が並び立つバルトロ氷河に入り、そして世界11番目の高峰であるGasherbrum II (標高8,035m) を南西稜から登頂することを目指す予定になっていた。グループのリーダーから当研究センターに、メデイカルチェックを含めたフィットネスレベルや体組成などの評価の依頼があったわけである。登山隊には比較的若年の人々が含まれていたが、当センターに依頼があった対象13名は中年・高齢者のみであり、もっとも若年で46歳、最高齢者は63歳であった。トレッドミルを用いたフィットネスレベルの評価、水中体重秤量法による体組成の測定、そして断層心エコー検査による心臓の機能・形態の評価を行った。

結論を述べると、1998年7月22日Gasherbrum IIの登頂にメンバーのうち第1アタック隊4人が成功した。登頂の経過を図7に示した。海拔5,100mの高地にベースキャンプをはり、7月16日に6,000mの第一キャンプ(C1)に到達、おおよそ500mづつ登った所にC2、C3をつくって、7,400mのC4

表2 第2キャンプ (6,500m) 以上に到達した6名の各指標

name	(cm) height	(kg) weight	age	career	BMI	%fat	(kg) BM	(kg) LBM	(mmHg) SBP	(mmHg) DBP	HR max	(L/min) VE	(cc/min) VO ₂ max	VO ₂ /kg	(mm) LVDD	(mm) LVDS	(mm) IVS	(mm) PWT	(g) LVM	LVM/m ²
H.A.	163.7	68.5	54	山登り	25.6	21.4	14.6	53.9	123	68	172	113	2127.3	30.9	50	30	10	10	212.7	121.9
K.I.	170.5	79.2	58	グリーンランド北極マッキンレー (6194) チョーオーユー (8153) タウラギリ (8167) エベレスト (8848)	27.2	19.7	15.6	63.6	158	88	150	96	3149.3	39.5	55	30	11	11	287.8	150.6
T.I.	164.6	67.2	60	ライラ (6986) チョーオーユー (8153) タウラギリ (8167) シンパバンマ (8012) エベレスト (8848) エングフラウ (4158) ヤン	24.8	20.6	13.8	53.4	142	80	181	85	2499.0	37.0	55	33	10	10	251.7	144.9
T.H.	161.5	60.1	62	マッキンレー (6194) ケニア山 (5200) アコンカグア (6960)	23.0	19.8	11.9	48.2	142	78	170	110	2785.0	45.6	50	31	11	11	244.2	149.4
M.K.	167.1	62.1	61	グリーンランド フルマラン	22.2	14.9	9.3	52.8	148	85	173	99	2618.0	42.1	49	33	10	10	205.3	120.9
I.T.	181.1	62.4	61	マッターホルン (4471) カザフスタン	19.0	20.7	12.9	49.5	128	75	170	56	2073.3	33.1	49	31	10	10	205.3	113.8

%fat：体脂肪率、FM：体脂肪量、LBM：除体脂肪体重、SBP：収縮期血圧、DBP：拡張期血圧、
VE：最大換気量、VO₂max：最大酸素摂取量、LVDD：左室拡張末期径、LVDS：左室収縮末期径、
IVS：中隔厚、PWT：左室後壁厚、LVM：左室心筋重量

から一挙に登頂を試みたわけである。その間、高地順応のためC1とC3の間を何回か往復した。酸素はC4から登頂を目指すとき初めて使用したが、登頂まで要した時間は5時間であった。

まず、少なくともC2(6,500m)まで登ることができた50歳半ば以上の高齢登山者6人についての各指標を、過去の登山キャリアも含めて、表2に示した。K.I.が今回の登山隊の隊長であり、T.I.がGasherbrum IIの登頂に成功した4人のうちの1人である。隊長であるK.I.は、表に挙げたH.A.がC4で動けなくなったうえに意識がなくなったためC4に留まって、登頂をあきらめた。しかし十分に登頂に成功しえたとは判断できる者である。T.H.はC4まで到達し、C4に留まった隊長に代わって第2アタック隊のリーダーとして山頂まで320mの所まで到達したが悪天候に阻まれてやむなく下山をしている。M.K.はC1からC2へは隊の先頭で登ったが、高度馴化に失敗して視野狭窄など典型的高山病症状を呈したため、C1に戻っている。最後のI.T.はC3で馴化に失敗しベースキャンプへ降りている。過去のキャリアについては、K.I. T.I.の2人がずば抜けていることが表からわかる。

体格、体組成については、K.I.が明かな過体重

であるが体脂肪率は19.4%と低く、徐脂肪体重が多い。重い荷物を背負って山を登るには適した身体形態といえるのかもしれない。年齢を考慮にいと、全体として体脂肪率は低値である。断層心エコーによる左室肥大診断のもっともよい指標といえる左室心筋重量指数(LVmass index)が125 g/m²を越す例が半数に及び運動歴の関与が示唆された。K.I.は血圧がやや高めであり、それを反映してか左室壁厚が11mmとやや厚かった。フィットネスレベルを表す最大酸素摂取量は、H.A.とI.T.がやや低めであるが一方で高い者もいた。優れた登山者と思われるK.I.とT.I.については、他

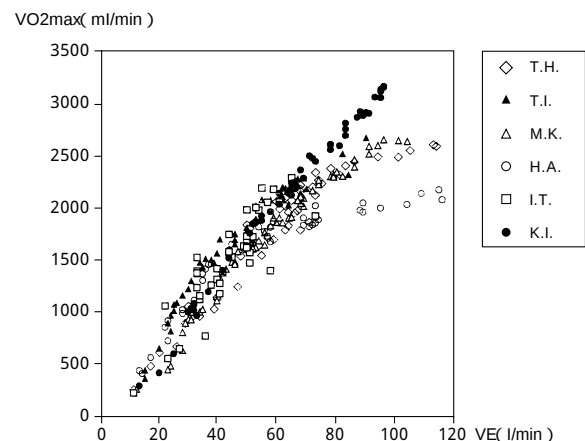


図8 換気量と酸素摂取量の関係。優れた登山家であるK.I.とT.I.を黒で示した。

表3 3群の比較

		(cm)	(kg)				(kg)	(kg)	(mmHg)	(mmHg)		(L/min)	(cc/min)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	
		height	weight	age	BMI	%fat	FM	LBM	SBP	DBP	HRmax	VE	V _{O2} max	V _{O2} kg	LVDD	LVDS	IVS	PWT	LVM	LVM _{nt}
Climber	mean	168.1	66.6	59.3	23.6	19.5	13.0	53.6	140.2	79.0	169.3	93.2	2542.0	38.0	51.3	31.3	10.3	10.3	234.5	133.6
	SD	7.1	7.0	2.9	2.9	2.3	2.2	5.4	12.9	7.2	10.3	20.8	406.7	5.5	2.9	1.4	0.5	0.5	32.9	16.5
Active	mean	165.8	62.4	56.9	22.8	19.4	12.2	50.2	131.5	75.7	173.0	101.1	2735.9	44.0	49.1	30.4	9.9	10.0	204.6	121.9
	SD	3.8	5.9	2.1	2.5	3.0	2.8	4.4	18.9	8.5	10.3	11.8	337.6	6.2	4.2	3.8	1.2	1.0	30.6	15.6
Sedentary	mean	164.8	70.5	56.5	26.7	25.9	18.6	53.3	126.3	77.0	172.8	82.8	2177.4	30.8	48.0	28.8	10.6	10.6	215.4	121.3
	SD	4.5	4.5	2.8	0.6	6.6	4.6	5.8	10.0	7.5	12.5	20.2	241.9	2.0	1.6	2.3	0.9	0.9	16.7	9.4

略に関しては表2を参照

の者と比較して特別に高いわけではなく、マラソンのようなスポーツとは異なり、高地登山には最大酸素摂取量以外の種々の要素が能力を規定するものと考えられた。また、換気応答の指標では、表からもわかるように、エリートといえるK.I.は、最大酸素摂取量の絶対量が高い割に最大換気量が明らかに低かった。運動負荷中の換気量と酸素摂取量の関係を6例で検討してみると、K.I.とT.I.は換気量の割に酸素摂取量が各負荷時に高値を示しており、肺の拡散能が優れていることを示唆された。

エベレストの無酸素初登頂に成功した前述のMessnerとHabelerを含む8,500m以上の高山に無酸素登頂を経験したエリート登山家6人について、スイス内3箇所の別々の施設で最大酸素摂取量、断層心エコー、骨格筋バイオプシー、さらには低酸素に対する換気応答の変化を調べたOelzらの有名な論文がある¹⁸⁾。彼らの年齢は、34歳から50歳(平均40.6歳)であった。6人の最大酸素摂取量は平均58.3ml/min/kgと高く、この値は同年齢のおおよそアマチュアのマラソンランナーのそれに相当する値であった。もっともすばらしいキャリアーの持ち主である測定当時39歳のMessnerは48.8ml/min/kgであり、6人中もっとも低い値であった。しかしながら、低酸素時の運動負荷、つまりP_{IO2}が77Torrで90wのサイクルエルゴメータ負荷時において、Messnerは血中% HbO_2 が92.6%と高値を保った。6人のエリート登山家の平均が同じ環境下で75.4ml/min/kg、一般人で69.3ml/min/kgであったことから、Messnerが低酸素時において抜群に優れた肺拡散能を有していたことになる。

Oelzらの論文¹⁸⁾では、エリート登山者は、安静時の換気量が多く、しかも低酸素や高炭酸ガス環境に対する換気応答が優れていることを考察している。

中高年のエリート登山者を検討した今回の成績では、大気中での運動負荷では、むしろ換気量は少なく、その割に酸素摂取量が高いことが示された。低酸素状態での負荷を我々には行っていないが、拡散能が優れていることが高地登山の順応に必要な因子の一つと考えられた。

表3では、当研究センターにおいて、上記シルバータートル登山隊の測定・検査を行ったほぼ同じ時期に同じ内容の検査を施行した同年齢層のうち、長距離走などの運動習慣があり日常の身体活動量が多い群(active; n=10)ならびに普段の身体活動量が少ない群(sedentary; n=6)を抽出して、今回の登山者達の諸指標と比較した。

年齢は登山者群が他の2群に比してやや高いが、体組成では体脂肪率がactive群とほぼ同じで徐脂肪体重が大きかった。血圧がやや高めであり、体格で補正した心筋重量係数も大きかった。フィットネスのもっとも良い指標である最大酸素摂取量(ml/min/kg)はactive群とsedentary群との中間値であった。

5. まとめ

本論文の冒頭で述べたように、環境変化に身体がどのように対応するか、変化した環境の中で身体内外から関与する因子にはどのようなものがあるのか、について知ることは臨床上意義深いもの

表4 全13例の各指標

name	height	weight	sex	age	BMI	%fat	FM	LBM	SBP	DBP	HRmax	VO2max	VO2/kg	LVDD	LVDS	IVS	PWT	LVM	LVM/m ²
I. T	181.1	62.7	M	61	19.1	20.7	12.9	49.8	128	75	170	2073.3	33.1	49	31	10	10	205.3	113.5
M. M	173.4	76.3	M	56	25.4	22.5	17.2	59.1	102	69	169	2329.5	30.5	50	32	13	10	260.6	136.8
K. F	164.4	64.8	M	63	24.0	21.2	13.7	51.1	136	65	170	2264.8	35.0	49	30	10	10	205.3	120.1
T. I	164.6	76.5	M	60	24.9	20.6	13.9	53.6	142	80	181	2499	37.0	55	33	10	10	251.7	144.6
H. A	163.7	68.8	M	54	25.7	21.4	14.7	54.1	123	68	172	2127.3	30.9	50	30	10	10	212.7	121.7
N. O	163.5	51.7	M	56	19.3	25.1	13.0	38.7	142	81	153	1216.7	23.5	44	32	12	10	196.4	127.0
Y. O	160.4	63.3	M	61	24.6	27.0	17.1	46.2	140	83	169	1891.3	29.9	46	30	10	10	183.8	110.5
K. I	170.5	79.7	M	58	27.4	19.7	15.7	64.0	158	88	150	3149.3	39.5	55	30	11	11	287.8	150.2
J. T	151.5	54.2	F	58	23.6	20.9	11.3	42.9	128	71	176	1835.7	33.9	46	30	8	8	132.6	88.8
T. H	161.5	61.1	M	62	23.4	19.8	12.1	49.0	142	78	170	2785	45.6	50	31	11	11	244.2	148.4
M. K	167.1	62.2	M	61	22.3	14.9	9.3	52.9	148	85	173	2618	42.1	49	33	10	10	205.3	120.8
O. K	160.2	56.1	M	46	21.9	14.1	7.9	48.2	122	68	174	2742	48.9	52	27	11	10	236.1	149.6
K. H	158.1	56.8	M	57	22.7	14.3	8.1	48.7	123	71	181	2672.3	47.0	40	25	10	10	144.1	91.7
mean	164.6	63.5		57.9	23.4	20.2	12.8	50.6	133.4	75.5	169.8	2323.4	36.7	48.8	30.3	10.4	10.0	212.8	124.9
S. D	7.4	8.2		4.5	2.4	3.9	3.1	6.5	14.4	7.4	9.1	505.3	7.6	4.2	2.3	1.2	0.7	44.1	20.7

略に関しては表2を参照

である。一般臨床家には目に触れる機会の少ない内容の論文を紹介し、それに加えてシルバートール登山隊のような特徴ある集団の検査・測定成績を示した。中高年の高地登山者の身体的特性を明らかにした成績はいまだ無い¹⁹⁾。ここに提示した内容は極めて貴重な成績であると信じている。シルバートール登山隊に参加し、ベースキャンプに待機した隊員もいる。その方々の身体特性も含めて表4に検査・測定した全13例についてまとめて示した。のちのための保存をも目的としたからである。

文 献

- 1) Singh I. High altitude pulmonary edema. Lancet 1965;1:229-234,1965.
- 2) Singh I. Acute mountain sickness. N Eng J Med 1969;280:175-218.
- 3) Pugh LGCE, Ward MP. Some effects of high altitude on man. Lancet 1956;2:1115-1121.
- 4) Pugh LGCE. Physiological and medical aspects of Himalayan Scientific and Medical Expedition 1960-61. 1962;Br Med J 2:612-617.
- 5) Pugh LGCE, Grill MB, Lahiri S, Milledge JS, Ward MP, West JB. Muscular exercise at great exercise. J Appl Physiol 1964;19:431-440.
- 6) Houston CS, Riley RL. Respiratory and circulatory changes during acclimatization to high altitude. Am J Physiol 1947;140:565-588.
- 7) Reeves JT, Groves BM, Sutton JR, Wagner PD, Cymerman A, Malconian MK, Rock PB, Young PM, Houston CS. Operation Everest II: preservation of cardiac function at extreme altitude. J Appl Physiol 1987;63:531-539.
- 8) Houston CS, Sutton JR, Cymerman A, Reeves JT. Operation Everest II: Man at extreme altitude. J Appl Physiol 1987;63:877-882.
- 9) Wagner PD, Sutton JR, Reeves JT, Cymerman A, Groves BM, Malconian MK. Operation Everest II: pulmonary gas exchange during a simulated ascent of Mt Everest. J Appl Physiol 1987;63:2348-2359.
- 10) Green HJ, Sutton J, Young P, Cymerman A, Houston CS. Operation Everest II: Muscle energetics during maximal exhaustive exercise. J Appl Physiol 1989;66:142-150.
- 11) Cymerman A, Reeves JT, Sutton JR, Rock PB, Groves BM, Malconian MK, Young PM, Wagner PD, Houston CS. Operation Everest II: Maximal oxygen uptake at extreme altitude. J Appl Physiol 1989;66:2446-2453.
- 12) West JB, Rahiri S, Maret KH, Peters RM, Pizzo CJ. Barometric pressure at extreme altitudes on Mount Everest: physiological significance. J Appl Physiol 1983;54:1188-1194.
- 13) West JB, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, Peters RM, Pizzo CJ, Winslow RM. Pulmonary gas exchange on the summit of Mount Everest. J Appl Physiol 1983;55:678-687.
- 14) West JB, Boyer SJ, Graver DJ, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, Peters RM, Pizzo CJ, Samaja M, Sarnquist FH, Schoene RB, Winslow RM. Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest. J Appl Physiol 1983;55:688-698.
- 15) 特集「登山の医学 臨床スポーツ医学」1987;4:609-677.
- 16) 特集「高所登山の医学」臨床スポーツ医学 1996;13:601-670.
- 17) Peacock AJ. Oxygen at high altitude. BMJ 1998;317:1063-

1066.

- 18) Oelz O, Howald H, Prampero PE, Hoppeler H, Claassen H, Jenni R, Buhlmann A, Ferratti G, Bruckner J-C, Veicsteinas A, Gussoni M, Cerretelli. Physiological profile of world-class high-altitude climbers. *J Appl Physiol* 1986;60:1734-1742.
- 19) Menard D. The aging athletes. In: *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Harries M, Williams C, Stanish WD, Micheli LJ (Eds). Oxford: Oxford University Press, 1994, pp. 598-620.

国民体育大会剣道ジュニア強化選手のメディカルチェック

大西祥平、味村 純、木下訓光、勝川史憲、山崎 元

1. はじめに

神奈川県は本県の国体出場選手のメディカルチェックを1988年から開始した。参加選手全員へのメディカルチェックを施行できるよう組織を編成し、1998年神奈川県国体に向けてメディカルチェック事業を進めてきた。これに平行して、各競技団体は競技力向上の施策として選抜したジュニアを強化指定選手として選別し強化事業を行った。剣道連盟においても少年少女に対し同様の事業計画を立て、特に慶應義塾大学スポーツ医学研究センターの協力の元に事業を遂行した。今回はこの強化事業における慶應義塾大学スポーツ医学研究センターの取り組み内容について詳述し、今後の強化事業に参考となるべき資料として整理することを目的とした。

国民体育大会は高校生を中心とした少年少女、大学生・社会人の成年男子、成年女子、さらに成年の一部、二部と、三つの年代に分けて競技を行っている。このうち少年少女については高校の最終学年において競技のピークパフォーマンスを得るべく日々練習を重ねている。競技力向上を目指すべく、中学生ジュニアの年代から計画的に強化を行う必要がある。成長期・思春期であるため健全なる成長ということをも十分に考慮し、心肺持久力、筋力・筋持久力アップには科学的根拠に基づいた指導が不可欠である。また体力面だけでなく栄養面さらに心理面など総合的に選手の育成を行うことが当然の事ながら望ましいわけである。しかし、現時点での強化指導においてはかならずしもそうでないのが問題である。

神奈川県高等学校剣道連盟強化事業部医科学サ

ポート部門の依頼により平成十年神奈川県国体に向けて中学生剣道選手少年少女の強化育成を1996年、慶應義塾大学スポーツ医学研究センターに要請された。

2. 対象と方法

ジュニア強化指定選手として、総人数32名、男子15名、女子17名が選ばれた。メディカルチェックとして、従来から神奈川県体育協会スポーツ医学委員会で行っている内容の項目によった。すなわち、内科・整形外科系問診、診察、安静時心電図、運動負荷心電図、検尿、末梢血検査、血清鉄、肝機能(GPT)、肺機能検査、超音波断層心エコー図検査を行った。さらに身体能力の評価の一つである有酸素運動能として最大酸素摂取量、体幹筋力として背筋力、さらに体組成として体脂肪率を測定した。

運動負荷検査はトレッドミルによる段階的に負荷量を増し、症候限界にて終了とした。12誘導心電図を同時記録した。さらに運動時において最大酸素摂取量をセンサーメディックス社製MMC呼吸ガス分析装置を用い測定した。背筋力はMedx社製ランバーエクステンションマシンにより、骨盤の回転を抑制した状態での最大前屈位から最大伸展位までの角度72度を7分割し、各角度ごとの等尺性背筋力を測定し評価した。体脂肪率は水中体重秤量法により測定した。肺内残気量は推定値を用いた。

メディカルチェックの第1回目1996年8月には上記すべての検査を行い、その後1996年11月、1997年3月、1997年8月、1997年11月、1998年5月

の5回については内科診察、最大酸素摂取量を求める運動負荷テスト、末梢血検査、血清鉄を含めた血液生化学検査、背筋力測定、および体脂肪率測定を行った。さらにメンタルサポートとして心理テスト、およびその結果に基づいた個人面接および全員に対してのメンタルトレーニングの指導を行った。

3. 検査結果のフィードバック

メディカルチェック後の検査結果のフィードバックを行い改善に必要な情報を提供し次回の検査結果により、改善の有無を確認した。

4. 結 果

受診者数

第1回目19名(女9名)、第2回目26名(女13名)、第3回目25名(女13名)、第4回目30名(女17名)、第5回目20名(女10名)、第6回目14名(女7名)、総32名(女17名)であった。各回の検査のこのうち第6回目を受診した14名について各検査データの継続的変化について検討を行った。

第1回目(1996年8月)

検尿にて蛋白4+を認めた選手に対して医療機関を受診させた。遊走腎との診断にて競技に支障なしと判断する。末梢血検査でヘモグロビン値が10.7g/dl、MCVが79と明らかな鉄欠乏性貧血例に加えて、ヘモグロビン値が12g/dlを切る選手2名を認めた。鉄欠乏性貧血例の血清鉄は79と必ずしも低値ではなかったが、鉄剤の服用を指示した。受診者全員肝機能には異常なかった。最大酸素摂取量は男子 3514.5 ± 343.5 ml/min、 57.8 ± 2.5 ml/kg、女子 2336.3 ± 254.7 ml/min、 45.2 ± 4.5 ml/kgであった。体脂肪率は男子 $12.7 \pm 4.9\%$ 、女子 $20.9 \pm 4.5\%$ であった。

第2回目(1996年11月)

第1回目で尿蛋白陽性例は尿蛋白2+であった。第1回目で鉄欠乏性貧血を認めた選手は鉄剤の摂取が不十分で改善はみられなかった。さらに女子選手2名が鉄欠乏性貧血であった。このうち1例

は第1回目でヘモグロビン量が12g/dl以下と貧血傾向であり、さらに増悪したものであった。この2例に対しても積極的には鉄剤服用を指示した。最大酸素摂取量は男子 3592.2 ± 496.7 ml/min、 54.4 ± 6.4 ml/kg/min、女子 2239.5 ± 435.4 ml/min、 42.1 ± 7.7 ml/kg/minであった。対象者は第1回目と異なるが明らかな差はなかった。体脂肪率は男子 $13.3 \pm 3.9\%$ 、女子 $21.0 \pm 5.7\%$ であった。

第3回目(1997年3月)

男子2名に尿蛋白陽性を認めた。女子の尿潜血陽性例は生理との関連を有した。第2回目で鉄欠乏性貧血を呈した女子選手の内1名はさらに増悪しヘモグロビン値が8.6g/dlと強い鉄欠乏性貧血となった。2名は正常域近くに改善した。最大酸素摂取量は男子 3788.2 ± 319.3 ml/min、 55.7 ± 2.3 ml/kg/min、女子 2469.5 ± 278.6 ml/min、 43.9 ± 6.0 ml/kg/minであった。体脂肪率は男子 $14.0 \pm 4.2\%$ 、女子 $22.2 \pm 5.3\%$ であった。

第4回目(1997年8月)

男子女子1名づつに尿蛋白2+を認めた。尿沈査には異常所見を認めなかった。女子1名に軽度鉄欠乏性貧血を新たに認めた。前回貧血であった例は改善した。最大酸素摂取量は男子 3908.6 ± 355.2 ml/min、 58.5 ± 3.8 ml/kg/min、女子 2479.2 ± 204.3 ml/min、 44.4 ± 4.8 ml/kg/minであった。体脂肪率は男子 $13.5 \pm 3.7\%$ 、女子 $22.8 \pm 4.8\%$ であった。

第5回目(1997年11月)

尿検査異常なし。軽度貧血女子1例に認めた。最大酸素摂取量は男子 3958.2 ± 255.3 ml/min、 57.9 ± 3.9 ml/kg/min、女子 2580.4 ± 212.4 ml/min、 47.2 ± 5.2 ml/kg/minであった。体脂肪率は男子 $12.9 \pm 3.6\%$ 、女子 $20.1 \pm 4.7\%$ であった。

第6回目(1995年5月)

貧血が改善した女子選手1名が再び鉄欠乏性貧血となった。ヘモグロビン量は10.9g/dl、血清鉄10であった。最大酸素摂取量は男子 3878.3 ± 444.1 ml/min、 55.0 ± 2.4 ml/kg/min、女子 2615.6 ± 444.1 ml/min、 48.4 ± 2.4 ml/kg/minであった。体脂肪率は男子 $14.3 \pm 1.4\%$ 、女子 $18.3 \pm 1.4\%$ であった。

継続変化

最終の第6回目のメディカルチェックを受けた14名の選手の継続変化について検討を行った。体格の変化についてみると(図1)。

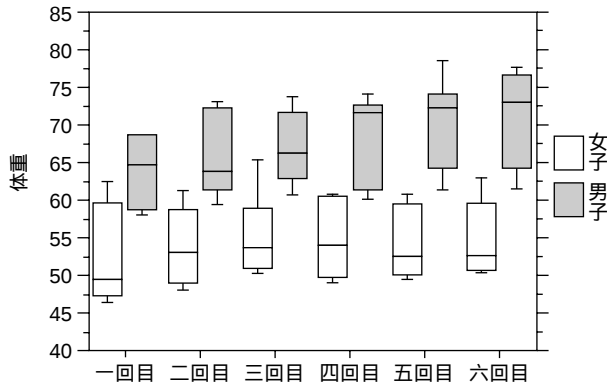


図1 男女別体重継続変化

体重では、男子において徐々に増加し、初回の $63.9 \pm 5.1\text{kg}$ に比べ6回目では $70.3 \pm 7.0\text{kg}$ と 6.4kg 有意に増加した。女子では $53.1 \pm 7.1\text{kg}$ から $55.0 \pm 5.4\text{kg}$ と有意に増加した。体脂肪率の変化をみると(図2)。

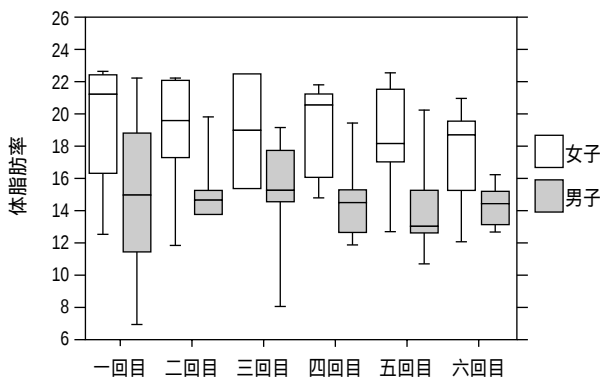


図2 男女別体脂肪率継続変化

男子は $14.9 \pm 5.7\%$ から $14.2 \pm 1.4\%$ と変化なく、女子においても $18.4 \pm 4.4\%$ から $17.4 \pm 3.4\%$ と有意な変化はみられなかった。徐脂肪体重でみると男子では $54.3 \pm 5.0\text{kg}$ から $57.8 \pm 4.5\text{kg}$ へ 4.5kg 、女子では $42.1 \pm 5.0\text{kg}$ から $43.3 \pm 3.8\text{kg}$ へ 1.2kg 増加した。

血液検査において血色素量(女子選手)の継続変化をみてみると(図3)。

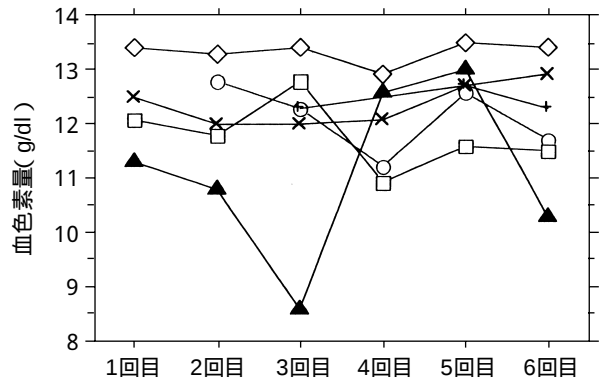


図3 女子選手の血色素量の継続変化

黒三角で示す女子選手の血色素量の変化の度合いは非常に大きいことがわかる。また4回目の検査は8月であるが全体的に血色素量が低い傾向を示している。夏の合宿での負担が影響していると想像される。練習量、食事の摂取量、そして発汗量などが関与しているものと考えられる。さらに血色素量が大きく変化した女子選手3名において、血色素量と最大酸素摂取量との関連について検討を行った。

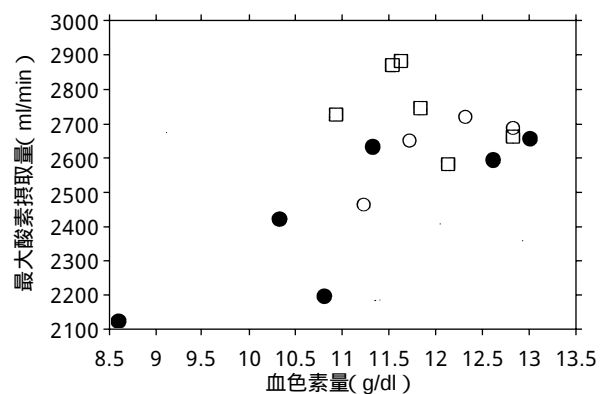


図4 貧血の度合いと有酸素運動能

図4の黒●で示す女子選手は貧血になることにより最大酸素摂取量は非常に低下している。貧血の改善にともない運動能力が回復してくることが明らかである。さらに3例についてみると血色素量が 11g/dl までは運動能力に大きな影響を及ぼすことはないと判断される。よっていたずらにこの血色素量のレベルを有する選手に対して危機意識を持たせることは問題であり、食事の指導をすることで十分である。しかし長期にわたる練習や試合

に耐えうるためのコンディションを考えるとこれ以上の血色素量がより望ましいのは云うまでもない。

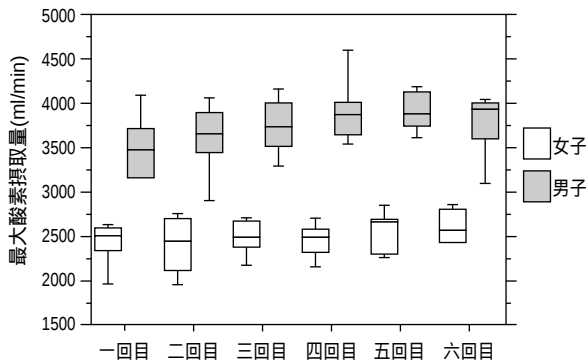


図5 男女別有酸素運動能の継続変化

有酸素運動能の指標である最大酸素摂取量は(図5)、男子において向上がみられたが、女子はとくに変化がみられなかった。男子は基礎体力トレーニングを行った結果が現れているが、女子は剣道を中心としたトレーニングであったため、有酸素レベルの向上は期待できなかったことを証明している。

腰痛症はスポーツ選手に高頻度でみられる疾患であり、腰痛により競技に支障来すことは少なくない。今回は剣道という競技の特殊性を考慮し、背筋力を測定し、腰痛予防を目的としての背筋力強化を重視した。メディカルチェックにおいて腰部背筋力を測定し、その結果に基づいて通常の練習の中での背筋力強化の重要性とその方法について説明を行った。最大前屈位0度から最大伸展位72度までの12度毎の等尺性背筋力を図6、7に、そして6回の背筋力の推移を示した。6回メディカルチェックを行った男子7名および女子7名それぞれの各角度毎の背筋力の推移を図に示した。男女ともに背筋力は増加した(男子6回目を除いて)。

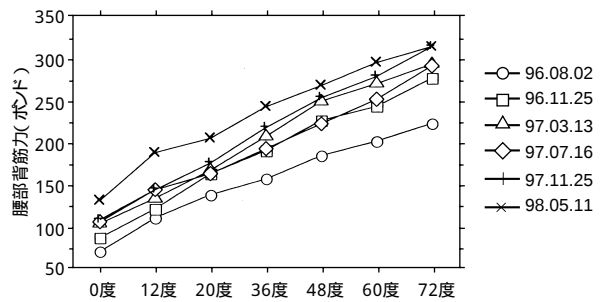


図6 腰部背筋力の継続変化(男子)

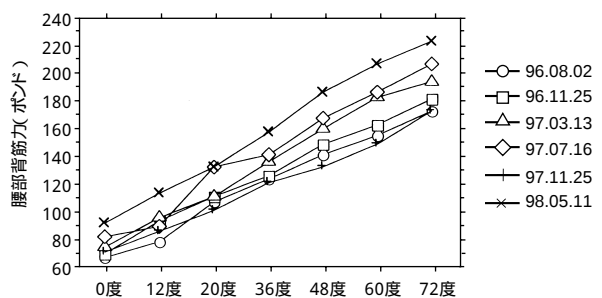


図7 腰部背筋力の継続変化(女子)

次の例は(図8)脊椎分離症による腰痛があり、十分なトレーニングが実行できなかった選手であった。しかし6回目の計測以降も背筋力トレーニングの指導を行った結果、腰痛は軽減し競技に支障の無いレベルまで到達していた。

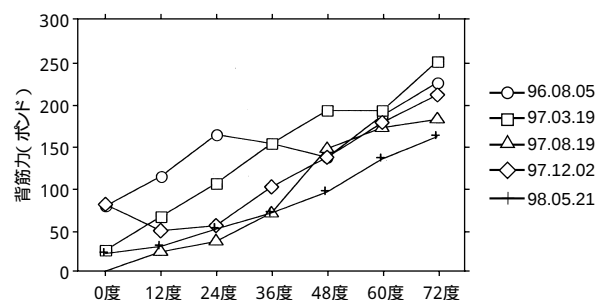


図8 腰部背筋力の継続変化(女子)

5. 考 察

国体出場を目指してジュニアの時代から強化育成を行った選手に定期的なメディカルチェックを行った。通常のメディカルチェックの項目だけでなく、競技に大きく関与する有酸素運動を示す最大酸素摂取量および体組成の指標である体脂肪率を測定項目に加えた。これらのデータをもとに検

査後に選手全員を集めて、またメディカルチェック当初は保護者をも含めて、結果説明を行った。保護者をも含めて説明した理由は選手の健康管理には保護者の協力がもっとも大切な要因の一つと判断したからである。すなわち内科的、整形外科的障害の早期発見および早期報告が可能となり、またコンディショニング作りに必要な栄養管理を施し得るからである。1年に3回の頻度でのメディカルチェックにより選手のコンディショニングの変化を追うことが望ましいかは継続的なデータが示しているが、その中でも特に検査項目として重要なのは検尿と末梢血検査であった。蛋白尿や尿潜血は運動量や運動強度の関連がある場合が少なくない。また末梢血検査での赤血球数や血色素量そしてヘマトクリット値がどのような貧血状態であるかが判断され、またその対処としてどのようにすべきであるか、治療の対象となるものなのか、またいわゆるスポーツ貧血によるものかの鑑別が可能となる。軽度の貧血状態であると診断されるスポーツ貧血は必ずしも貧血の治療の対象となるものではなく、より高い運動能力が発揮できるように合目的反応であることを選手に理解させた。血色素量と最大酸素摂取量との関係をみた図において、女子選手の場合においてであるが血色素量が11g/dlそこその時点の方がやや有酸素運動能が高い傾向にあることがその傍証と考える。通常のメディカルチェックに加えて、今回は最大酸素摂取量、体脂肪率そして背筋力の測定を行った。剣道という競技の特殊性を考慮すると有酸素運動能の指標である最大酸素摂取量の測定の意義については意見のあるところである。しかし、剣道という競技に留まらず競技選手のトータルパフォーマンスを向上させること、そのことが長期にわたっての競技生活を続けていくうえでの重要な条件であり、バランスのとれた体力評価上、指導上、重要であると考え。しかし、剣道に関連したトレーニング、技術的なトレーニングが練習時間の大半を占めていることが特に女子において顕著であり、その結果が背筋力および有酸素運動能の変化に現れている。

スポーツ選手の整形外科的障害の一つとして、腰

痛症は極めて頻度が高く競技選手生活を通して80%前後にみられる。腰痛症の予防、また治療に腰部背筋のコンディショニングは大切である。第二の腰椎としての背筋の強化メニューは必要不可欠である。背筋のトレーニングは臀筋やハムストリング筋などの影響を除き、脊柱起立筋だけに行うことが望ましいが、よりの確な指導ができていいる所は多くない。今回の剣道選手においてもその点をとくに重点をおいて説明し、日ごろのトレーニングに加えていけるよう指導してきた。国体の試合において腰痛症により競技に支障きたす選手はなく、指導の効果はあったものとする。ウエイトトレーニングは高校生の年代からも必要不可欠である。

国体の競技を観戦した印象として、女子が特に他県と比べ体力的に劣っていたことが競技成績にも大きく影響していた。今回の剣道のメディカルチェックにおいて、高校生だけでなく大学生の競技に対する姿勢のなかで勝利を目指すことは当然であるが、技術的なトレーニングに拘泥しすぎるところがあり、より多くの練習時間を基礎体力トレーニングに割き、トータルパフォーマンスを向上させることが必要不可欠であるとの印象を持った。また選手を育てる環境として選手とコーチ、監督そしてトレーナー、医者このチームが有機的に結びついたときに初めてその効果がはっきできるのではないだろうか。今、神奈川県体育協会において競技力向上委員会を中心にしてトータルで選手の育成していく試みが実りつつある。

スポーツ選手の減量—米国アマチュアレスリングにおける事例

木下訓光, 味村 純, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎 元

運動選手が減量を行う目的および減量の根拠は以下のごとくに整理される(1)。

1. 目的

- 1) aesthetic (gymnastics, figure skating, diving, cheer leading, dance, aerobics, body building, etc)
- 2) weight bearing (crew, ski jump, jockey, etc)
- 3) weight class (wrestling, boxing, etc)

2. 根 拠

- 1) make or complete the team
- 2) obtain physical advantage: power, strength, leverage
- 3) prompted by scoring system (ex. falls & knockout)

優秀な運動選手の多くは、コンディショニングの一貫として、引き締まった肉体を作り上げるため、激しい鍛練と計画的な食事管理を日常的に行い、自らの体重に厳しく注意を払っているものである。しかし、上記に挙げた種目の中でも特に、過酷な減量を常習としている集団が存在する。そしてどちらかといえば古典的な、そして誤った情報に基づき、時として自らの生理的限界を弄ぶかのごとく減量を行うケースも稀ではない。それはもはや「減量」というより「脱水」や「衰弱」といったほうがよい場合にも遭遇する。

1997年、たった5週間の間にアメリカの大学生レスリング選手3人が、過酷な減量に伴う脱水と

高体温にて続けざまに死亡し、多くのメディアがこれを取り上げ報道した。その詳細は1998年2月のMMWR(2)に詳しい。

本論文は、上記報告の各症例を紹介し、これを教訓として我が国の多くの運動選手や指導者達に対してあらためて警鐘を鳴らすことと、またこの悲劇をうけて、NCAAが再発予防のため、レスリングのルール改正を行ったので、これも合わせて紹介し、現場における指導・実践の参考とされることを目的とする。

3. 症 例

1 ノースキャロライナの19歳男子。

(11月8日に迫ったレスリングのトーナメント大会の195ポンド級に出場するため、11月6日から7日にかけて約12時間で15ポンドの減量を行ったケース。)

彼の体重は、シーズン前の8月27日の時点で233ポンドで、その後の10週間に23ポンドの減量をした。11月6日午後3時から11時30分までの間、コットン製のウォームスーツの下にさらにサウナスーツを着込み、飲食を断った状態で激しく運動して発汗することでまず9ポンド減量した。2時間休憩した後、11月7日午前1時45分に同様のトレーニングを再開したが、午前2時45分、運動を中止、極度の疲労感にみまわれ、ほとんど会話のできない状態に陥った。1時間後心停止。蘇生は失敗に終わった。剖検は死因を特定するものではなかった。

2 ウィスコンシンの22歳男子。

(11月22日のレスリングのトーナメント大会153ポンド級に出場するため、11月21日に約4時間で4ポンドの減量を行ったケース。)

9月6日におけるシーズン前の体重は178ポンドで、その後の10週間で21ポンド、このうちの8ポンドは11月17日から20日の間に落としたものである。11月21日午前5時30分、症例1と同様の減量トレーニングを開始した。1時間後息切れを感じたがトレーニングは続行、午前8時30分までに3.5ポンド落とした。30分休憩し、約8オンス(約200cc)の水分補給をした後、トレーニングを再開した。午前9時30分、体調がすぐれないことを理由にトレーニングを中止、衣服を脱がされ、冷やされたが、心停止をきたす。蘇生は失敗。血清ミオグロビンは5000ng/mL、死亡時の直腸温は42℃であった。剖検による死因は高体温であった。

#3 ミシガンの21歳の男子。

(12月10日のレスリングのトーナメント大会153ポンド級に出場するため、12月9日約3時間で6ポンドの減量を行ったケース。)

9月4日(シーズン前)の体重は180ポンド、続く13週間で21ポンド減量、このうちの11ポンドは12月6日から8日の間に落としている。12月9日午後3時30分から5時までに2.3ポンド落とし、体重は156.7ポンドになっていた。レスリングの練習を行った後、症例1と同様の減量トレーニングを開始、続く75分でさらに2ポンド減量した。15分休んだ後トレーニングを再開。1時間後、体重を確認するため練習を中止したが、この際疲労感を訴えた。数分後、足取りがあやしくなり、意識レベルが低下、呼吸困難に陥った。水を飲ませようとしたが、できず、心停止となった。蘇生は失敗。尿中ミオグロビンは4280ng/mLで、剖検による死因は横紋筋融解症であった。

各症例の医学的な考察は避けるが、「こんなバカなことを今だにしている者がいるのか」とか「昨今の日本では考えられないことだ」と思う人があるかも知れない。しかし個人的に知っている

だけでも、似たような事例は何例もある。死亡したものはないが、しかし多くは単に運が良いだけなのかも知れない。勝利を求めるアスリートの気持ちは時として大変切ないものでもあり、そのためならいくらでも自虐的になれるものである。ステロイドホルモンの使用もまた別の良い例かもしれない。アスリートの(間違っているかも知れないが)切ない気持ちに基づく一見ばかばかしい行為を、単に理性や知性を伴わない愚かしい行動と揶揄するだけでは、少なくともスポーツドクターや指導者達の責務を全うしているとは言えない。我々にできることは何か。正しい知識の普及、ルール作り、メディカルチェックなどなど。NCAAは先だっての3人の死亡事故をうけ、極めて速やかにレスリングのルール改正を行った(極度の減量がレスラーの間で普通に行われていることはこれまで周知の事実であったが、実は減量によるレスラーの死亡事故が報告されたのは今回が初めてなのである(3))。

すでにNCAAでは過激な減量(下剤、催吐薬、利尿剤、極端な飲食制限、嘔吐、サウナやラバースーツの使用など)や人為的な水分投与(つまり計量終了後、試合までの間、水分などを点滴静注する)をルール上禁止しているが(4)、これに加え、下記のごとく条項を追加している。

- 1) トレーニングは26℃以下の部屋で行うこと。
- 2) 各階級のリミットを一律7ポンドづつ上げる。
- 3) シーズン始めに(具体的には10月の第1週)、ドクターまたはトレーナーによる計量が行われ、体脂肪、尿比重もあわせて測定。十分Hydrateされた状態で最低限5%の体脂肪が維持されていることが要求される。この計測結果に基づき各人のminimum wrestling weightと出場階級が指示される。選手には、登録階級をより軽いクラスにするチャンスが、シーズン中1度だけ(具体的には12月の第1週)与えられる。
- 4) すべてのコーチは年1回、ファーストエイドおよび心肺蘇生の講習を受け、資格を更新する。
- 5) 計量は試合の1時間または2時間前(トーナ

メントの場合)に行う。

1) 2)は大変積極的なルール規定であり十分評価されると思う。3)については現在異論を唱える者もあり、また体脂肪測定は皮脂厚測定によるため精度が問題にされるかも知れない。しかしコストパフォーマンスなどを考えれば、極めて理にかなった選択であり、また学問的信頼性よりも、このような行為の実践自体が大きな教育効果を持つことは我々の経験からも実証済みである(5)。4)については、レスリングがこのような規定を設けた最初のNCAAスポーツであるということを付記しておく。5)については、にわかに理解しがたいという方のために少し解説する。1度でも階級制のスポーツをやったことがあり、実際に減量の経験のある者、あるいはこれを指導した経験のある者ならわかると思うが、要はコーチや選手にとって"the more time, the better"なのである。つまり計量後試合までの時間があればあるほど、減量で衰弱した体を回復させる時間があることになるわけで、逆にそれだけ発汗などによる極端な減量を行うチャンスを選手に与えることになるわけである。すでにアメリカの高校では試合1時間前の計量が行われているが、大学の場合は数年前まで試合開始5時間前に計量が行われていた。ところがどういうわけか数年前からは、24時間前に計量を行うようになった。これはある意味で大変危険なことである。またそもそも24時間で極度な減量で疲弊した体の回復ができるわけがない。精力的に水分補給をしても電解質や水分のホメオスタシスが回復するのに24時間から48時間(6)、筋グリコゲンなどが十分回復するには72時間(7)かかるといわれる。十分な回復時間があるという錯覚に基づく極端な減量をさせてしまう可能性や、また十分回復していない体で競技に参加すること事態の危険性を考えると、今回のルール改正は妥当と言える。ただしNCAAもこのルール改正が選手の健康管理上効力を発揮するかどうか、引き続き調査を続行していくことを表明しており、今後の展開・動向に注意したい。また今回の事例のような事態の可能性は決してレスリングのみに特

定されているわけではない。その他、一般的に減量が行われているスポーツすべてにあてはまることである。このことは是非冊に銘じておかねばならない。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine Symposium. Dietary practices and weight control issues for athletes. {Memorandum} Seattle, WA. 46th annual meeting of American College of Sports Medicine, June 4, 1999.
- 2) Center for Disease Control and Prevention. Hyperthermia and dehydration-related deaths associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers -- North Carolina, Wisconsin, and Michigan, November-December 1997. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 1998;47(6):105-8.
- 3) Mueller FO, Cantu RC. National Center for Catastrophic Sports Injury Research: fourteenth annual report -- Fall 1982-Spring 1996. Chapel Hill, North Carolina: National Center for Catastrophic Sports Injury Research, 1996.
- 4) National Collegiate Athletic Association. NCAA sports medicine handbook. 9th ed. Overland Park, Kansas: National Collegiate Athletic Association, 1997.
- 5) 木下訓光, 勝川史憲, 種村孝, 青木信彦, 石田浩之, 辻秀一, 大西洋平, 山崎元. 大学学生キックボクシングにおける選手管理システム; スポーツドクターの役割. 臨床スポーツ医学. 1997;14:1045-9.
- 6) Costill DL, Sparks KE. Rapid fluid replacement following thermal dehydration. J Appl Physiol. 1973;34:299-303.
- 7) Coyle EF, Coyle E. Carbohydrates that speed recovery from training. Physician Sportsmed. 1993;21:111-23.

心拍同時記録3次元加速度計を用いた活動強度と身体活動量の評価

—1) 基礎的検討

小熊祐子, 山本哲史, 木下訓光, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎 元

はじめに

身体活動量低下と摂取エネルギー（特に脂肪）の増加に伴う肥満は深刻な社会問題である。米国では特に深刻であり、肥満者減少プロモーションが10年以上前から国をあげて行われてきた。1990年には、運動に関する指針として、アメリカスポーツ医学会より、トレーニングによるフィットネスの向上を根拠に、「週3から5日、中等度から強度の強さで、20から60分の有酸素運動を行う」という勧告¹⁾が出され、これに基づき指導がすすめられた。しかし、フィットネスレベルが低く、身体活動量の少ない米国民には、達成できたものがほとんどなかった。その後の検討で、疾患リスクの減少のためには、身体活動量を増やし消費エネルギーを増大させることも重要であることがわかり、「ほぼ毎日中等度の身体活動を、断続的でもいいので合計で30分以上行うこと」という形で勧告が1995年にだされた²⁾。1990年の勧告の運動は、多くの場合、疾患リスクは軽減するのだが、実際リスクをかかえているフィットネスレベルの低い対象では長期に継続して実行することが困難であり、かつ、このような運動でなくても、身体活動量を増やしトータルとして消費エネルギーを増大させれば、リスクの減少は可能であることが実証されたため、より現実的な勧告として追加されたわけである。

日本でも、食生活の欧米化、身体活動量の低下とともに肥満者は増加傾向にある。国民栄養調査の結果をみると³⁾摂取エネルギーは昭和50年以降

はむしろ減少傾向であり、身体活動量の低下がより深刻であることが伺える。実際同調査によると、運動習慣（運動を週2回、1回30分以上、1年以上継続している人）の割合は男性25.5%、女性24.4%と約1/4にすぎず、1日の平均歩数は男性8071歩、女性7392歩であった。日本においても身体活動量アップの啓蒙は必須であり、今後益々重要となることは間違いない。

しかしながら、身体活動の健康（ないし疾患の予防・治療）への効果として、必要十分な量と強度を見極めるのは困難である。上記の米国の肥満度の高い人を対象とした勧告がそのまま日本人にあてはまるかも疑問である。これらを明らかにしていくためには、各種集団での、きめ細かい運動強度およびトータルの活動量の検討が必要である。また、個々人においても、現状評価や介入効果を確認めモチベーションを高めるためにも定量的検討が望まれる。

身体活動量の測定、評価には数多くの方法が試みられてきた。表1に身体活動量評価法の古典的分類ともいえる、Laporteの分類を示した。1のカロリメトリーにより実際の消費エネルギーを測定する方法は、正確ではあるが、代謝チェンバーに入るなど、日常生活を反映しない形となり、短期的な実験以外では非現実的である。2の職業分類や3の調査は客観的とはいえないが大人数で行うことができるため、疫学的な身体活動量の調査では主流となる。客観的に身体活動量やその変化をみることのできる満足いく調査法がないため、客観性を重視し心肺フィットネスの指標を身体活動量の指標として用いることもある⁴⁾。

実際身体活動量の評価がしっかりとした研究ほどフィットネスと身体活動量の相関はよい⁶⁾。二重標識水法 (doubly labeled water) は、日常生活での身体活動量を1-2週間というタームでみる事が可能であり、精度も高く、身体活動量の評価のゴールドスタンダードとなっている。しかしながら、コストが大変高く、特に日本では使用困難である。また、トータルの活動量評価は可能であるが個々の身体活動の強度をみることは不可能である⁷⁾。

表1 身体活動量の評価法の分類 (Laporte)

1. カロリメトリー
a) 直接法
b) 間接法
2. 職業分類
3. 調査 (survey)
a) 間接カロリメトリー
b) 作業別日誌
c) 思い出し法によるアンケート
d) 定量記録 (quantitative history)
4. 生理学的指標
a) 心肺フィットネス
b) 二重標識水法 (doubly labeled water)
5. 行動観察
6. 機械的・電氣的モニター
a) 脈拍
b) 姿勢計 (stabilometers)
c) Horizontal Time Monitors
d) 歩数計
e) 歩行評価
f) 電氣的動作センサー
g) 加速度計
7. 食事調査

機械的・電氣的モニターの中でも加速度計は、比較的安価であり、日常生活動作に制限を加えることなく、身体活動の量および強度を評価できるため、開発がすすんでいる⁸⁾。今回我々は、日本で開発された心拍同時記録3次元加速度計Activtracer AC300 (GMS社、東京) について、各種運動時の精度を検討したので報告する。

方法

心拍同時記録3次元加速度計 (Activtracer AC300, GMS社、東京) は77×51×15mm、約87gと小型で軽量であり、ポケットベルなどと同様、ベルトでウエスト位に固定し、日常生活が可能で

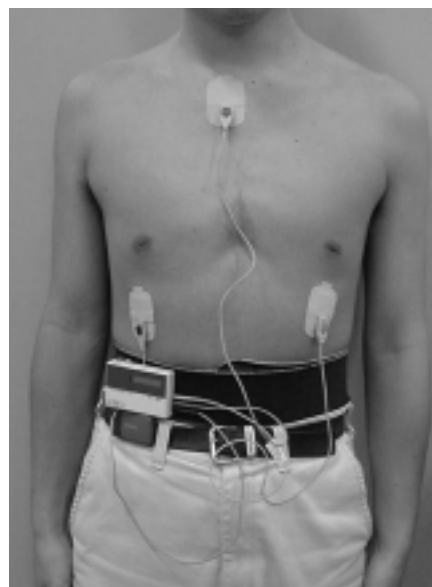
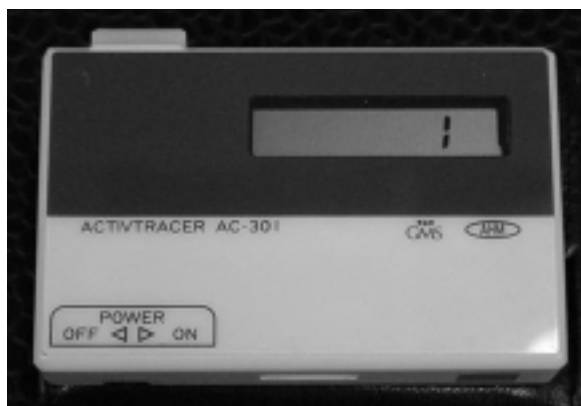


図1 Activtracerの外観と、装着図

ある（図1）。圧電効果を利用した加速度センサー（ピエゾ発音体7BB-20-6）が上下、左右、前後3方向に内蔵されており、運動によってその方向に生ずる応力を受け、素子が歪むことによって電圧が発生する機構になっている。その出力電圧は歩行などの運動によって生ずる加速度に比例して増加する。そのため、体動によって生ずる0.01秒毎の加速度の形で出力可能である。分解能は0.002G、測定範囲は0-4.0Gである。設定測定時間（1-300秒）の平均値の形で本体にメモリー（1チャンネルで20160×1、4チャンネルで5040×4）し、測定終了後パーソナルコンピュータに接続し指定のソフトでダウンロードし解析が可能となる。例えば24時間装着したときの出力結果を図2に示した。

以下の検討では、いずれもActivtracerはウエストの高さで腹部中央にベルトで固定し、前胸部に心拍モニター用電極を3カ所貼付（図1）した。重力加速度は（x, y, z方向およびその合成）を0.05秒毎に測定し、30秒の平均値を本体に記憶するように設定し、定常運動期間の各加速度の平均値を各々Gx, Gy, Gz, G ($= [Gx^2 + Gy^2 + Gz^2]^{1/2}$) とし、以降の検討に用いた。

a. Validity

定常運動時にかかる体動の加速度と酸素摂取量、脈拍との関係を検討する。

(1) 平地歩行～走行（2-12km/h）

対象は6名の健康成人（平均年齢41 [30-56] 歳、BMI 23.6 [19.5-29.2] kg/m²）。1周400mのグランドトラックを利用し、一定のペースで歩行～走行し、各々定常状態で呼気ガスをダグラスバッグに採集した。採集した呼気ガスについて、換気量は双胴ドラム型レスピロメーターで計量、酸素・二酸化炭素濃度は質量分析計（Westron, 東京）を用いて計測し、酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）を算出した。

(2) 階段・坂道

傾斜のある、階段や坂道を一定の速度で昇降したときの、酸素摂取量、脈拍とGの関連を4名の健康者で検討した。階段は計177段、140秒で上

昇・下降した。坂道は傾斜約1.5度であり、速度を約4km/hから12km/hまで変えてそれぞれ上昇・下降した。(1)と同様定常状態でダグラスバッグに呼気ガスを採集し、酸素摂取量を算出した。

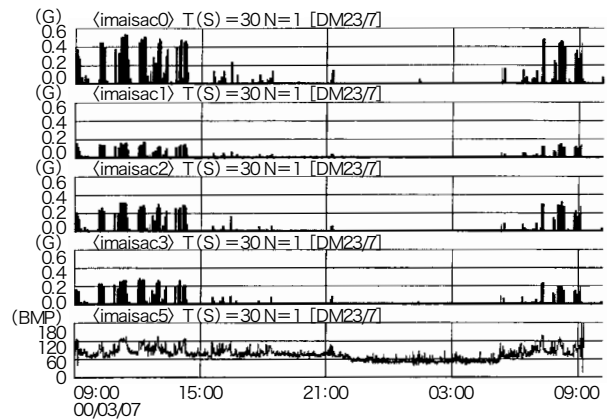


図2 24時間記録時の加速度（上から合成加速度、左右、上下、前後方向）と脈拍（最下段）

(3) トレッドミル漸増運動負荷時 （速度アップ）

対象は国体のメデイカルチェックのため最大運動負荷試験を施行した健康男性23名（平均46 [40-58] 歳、BMI 25.5 [19.8-21.1] kg/m²）。トレッドミル運動負荷試験は、角度が一定の1.5%であり、スピードが2分ごとに漸増するプロトコルで施行した。運動負荷試験中呼気ガスはbreath by breath法で採集し、酸素・二酸化炭素濃度は質量分析計（Westron, 東京）を用いて計測し、酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）を算出した。検討にはオールアウトする前のステージまでの値を用い、各ステージの後半1分間を定常運動期間として平均値を算出し以降の検討に用いた。

b. Reliability

2つの加速度計で同様に測定可能か

Activtracer 2個をウエスト位に装着（やや右側と、左側）し、24時間の身体活動を記録し両者の測定間の信頼性を検討した。

結果

a. Validity

(1) 平地歩行～走行 (2-12km/h)

各方向の加速度および合成加速度(G_x , G_y , G_z および G) と歩行～走行速度, 酸素摂取量, 脈拍とは, いずれも相関係数0.88～0.99と良好な相関を示した (表2)。中でも合成加速度 G と運動速度および体重当たりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/\text{kg}$) の相関が最も強かった。合成加速度 G を独立変数, 運動速度および $\dot{V}O_2/\text{kg}$ を各々従属変数とすると,

$$\text{速度} = 0.008 \times G + 1.77 \quad (R^2 = 0.967)$$

$$\dot{V}O_2/\text{kg} = 0.024 \times G + 5.218 \quad (R^2 = 0.972)$$

と回帰された (図3, 4)。

(2) 階段・坂道

検討(1)より, 加速度のなかでは G が最も運動強度の指標を反映していることがわかったので, 以降の検討では原則として G のみを使用した。

G と速度の関係は上り坂・下り坂でも平地とほとんど変化なかった (図5)。 G と $\dot{V}O_2/\text{kg}$ の関係は, 平地とは大きく異なり, 上り (特に階段) では G に比し $\dot{V}O_2/\text{kg}$ が高値となり, 下り (階段・坂とも) では $\dot{V}O_2/\text{kg}$ は低値となった (図6)。個人のばらつきも大きかった。

(3) トレッドミル漸増運動負荷時

(速度アップ)

各ステージのデータ数と運動強度の指標を表3に示した。

個人の各ステージの値を使用し (トータルで $n=149$), G と運動強度の指標との関係を検討した。速度, $\dot{V}O_2/\text{kg}$, $\dot{V}O_2$, 脈拍と G との相関係数は順に0.90, 0.93, 0.89, 0.89 (いずれも $p<0.0001$) と高い相関を示した。検討(1)と同様 G を独立変数, 運動速度および $\dot{V}O_2/\text{kg}$ を各々従属変数とすると,

$$\text{速度} = 0.008 \times G \quad (R^2 = 0.938)$$

$$\dot{V}O_2/\text{kg} = 0.021 \times G + 7.133 \quad (R^2 = 0.861)$$

と回帰された (図7, 8)。

表2 加速度と運動強度指標との相関係数(検討1)

	G_x	G_y	G_z	G
速度	0.92	0.97	0.96	0.99
体重当たりの酸素摂取量	0.92	0.97	0.96	0.99
酸素摂取量	0.88	0.89	0.87	0.92
脈拍	0.96	0.93	0.95	0.96

加速度

G_x : 左右方向

G_y : 上下方向

G_z : 前後方向

G : G_x , G_y , G_z の合成値

いずれも $P<0.000$

b. reliability

2つの加速度計で測定した G (G_1 , G_2) は $r=0.996$ ($n=2884$) と高い相関を示し,

$$G_2 = 0.938 \times G_1 + 0.905 \quad (R^2 = 0.992)$$

と傾き ≈ 1 , y 切片 ≈ 0 であった。

考案

心拍同時記録3次元加速度計 (activtracer) を用いて, 各種定常運動時の精度について検討した。

平地での歩行～走行時 G と速度および, 酸素摂取量は直線回帰された。歩行といった比較的慣れた一定の動作にさいしては, G は運動強度をよく反映すると考えられた。また, 前後, 左右, 上下方向のみで加速度を評価した場合より, 合成加速度で評価した方が相関はよかった。文献的には, Boutenらは歩行時には前後方向の加速度と, 身体活動によるエネルギー消費は $r=0.96$ と相関が高いが, 活動量の少ない動作中では $r=0.76$ となり, 3次元の合成加速度との相関の方が $r=0.82$ と高く⁹⁾, 日常生活や不規則な動作などでは, 3次元加速度計の方が有利と思われる。

検討(1)では歩行～走行にかけて, 直線回帰されたが, 検討(2)では歩行から走行に移行するところで, 直線というよりは折れ線となった。また, G と速度の関係は個人のばらつきが大きかった。個々人で G と運動強度との関係をみると, 回帰直線は $R^2=0.95\sim 0.98$ 前後と高く直線回帰された。トレッドミル上では歩行時に特に加速度に比し酸素摂取量が高い傾向, 走行時はかなり個人差がみ

られ、走りの上手い下手、トレッドミルに慣れているかどうかなどが影響すると思われた。

データには示さなかったが、トレッドミル上で、速度を一定とし、傾斜をあげたときはほとんどGは変化せず、これまでの検討結果と合致する結果であり¹⁰⁾、また、(2)の検討とも合致する結果だった。Gに傾斜の変化が反映されないのは問題ではあるが、日常生活での身体活動を見ることを主眼

に考えると、速度の変化が精度高く反映されることの方が重要であろう。

坂道や階段になると、平地以上にGと $\dot{V}O_2$ の関係には、ばらつきが大きくなる。しかしながら、上りと下りを平均すると、概して平地相当となり、日常生活では上りがあれば下りがあるのが普通であるので、大きなlimitationにはならないと考えた。

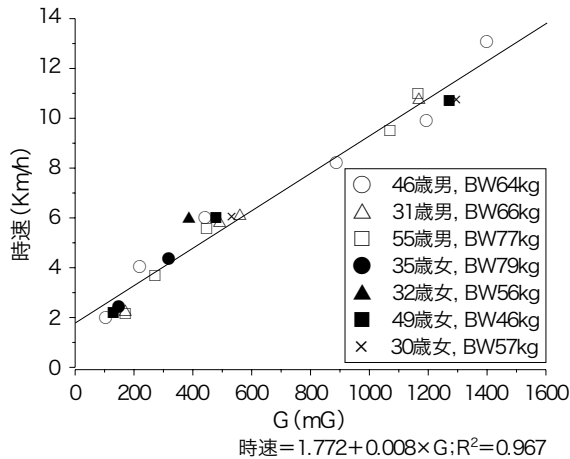


図3 平地歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後、左右、上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

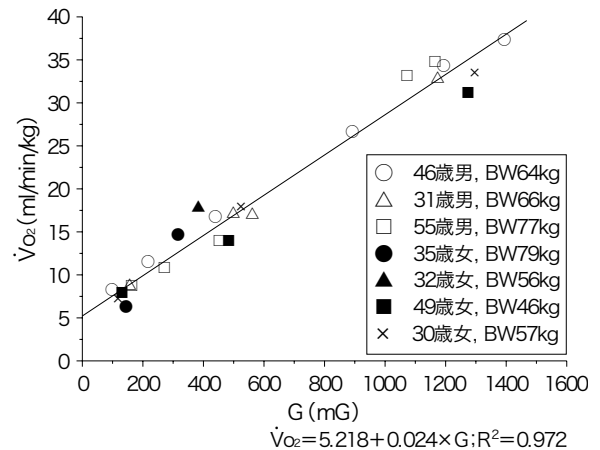


図4 平地歩行～走行時の加速度と酸素摂取量との関係
G：体動の前後、左右、上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
 $\dot{V}O_2$ ：間接カロリーメトリー（ダグラスバック法）で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

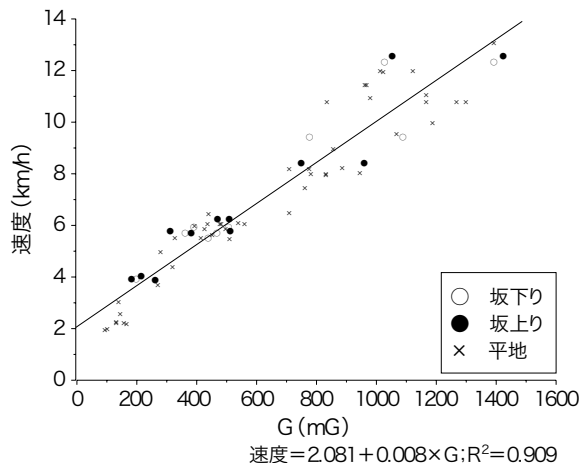


図5 上り坂・下り坂・平地での歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後、左右、上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

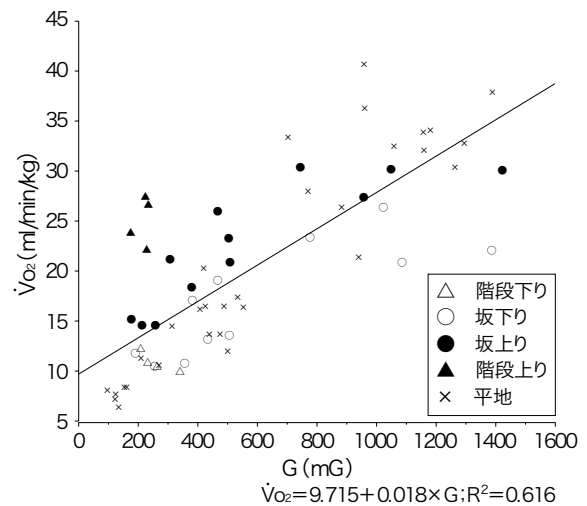


図6 上り坂・下り坂・階段・平地での歩行～走行時の加速度と酸素摂取量との関係
G：体動の前後、左右、上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
 $\dot{V}O_2$ ：間接カロリーメトリー（ダグラスバック法）で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

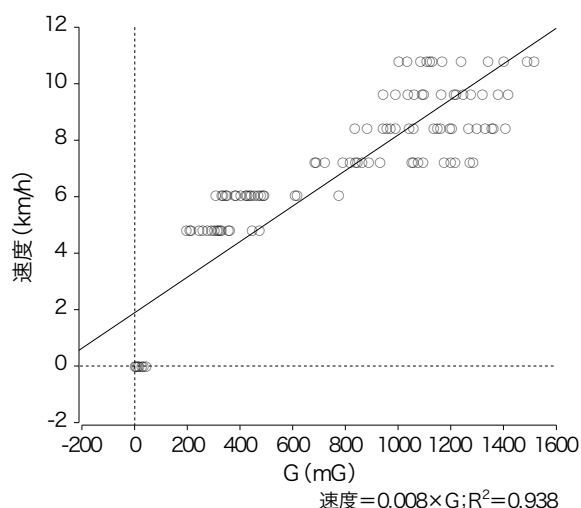


図7 トレッドミル歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

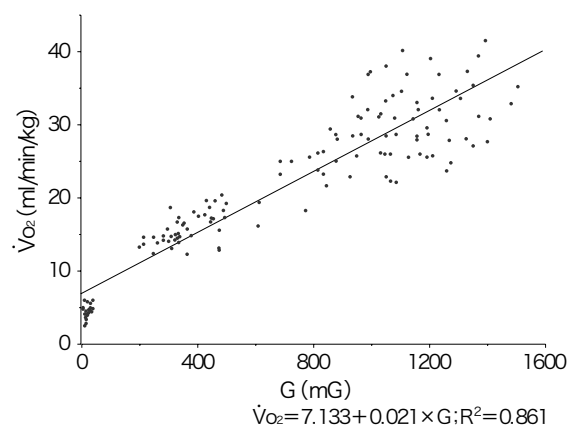


図8 トレッドミル歩行～走行時の加速度と酸素摂取量の関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
 $\dot{V}O_2$ ：間接カロリーメトリー (breath by breath 法)で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

表3 各ステージのデータ数と運動強度の指標の平均値

stage	0	1	2	3	4	5	6	7
speed (m/min)	0	80	100	120	140	160	180	200
n	23	23	23	23	22	19	12	4
$\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	4.7±0.9	14.3±1.1	17.8±1.4	25.0±2.1	28.7±2.2	32.8±3.1	36.2±2.8	40.2±1.9
脈拍 (bpm)	72±9	96±10	109±11	136±15	150±15	161±12	174±11	173±5
G (mG)	15±11	312±76	448±106	965±189	1119±172	1186±160	1222±171	1221±157

各ステージは2分

オールアウトする前のステージまでのデータを使用

$\dot{V}O_2$ ：体重当たりの分時酸素摂取量

G：体動の合成加速度

ただし、今回データとしては示さなかったが、自転車こぎでは、ウエスト位につけた場合Gは運動強度に比し10分の1程度にしか上昇しなかった。
 $\dot{V}O_2/\text{kg} = 0.243 \times G (\text{mG}) + 7.964 (R^2 = 0.802)$
(自転車エルゴメーターでの運動負荷試験のデータ) 行動記録や脈拍を参考に、結果を検討する必要がある。

Reliabilityについては、同時装着の2つの加速度計間では $r=0.996$ と非常に相関が強く、両者の散布図は、傾き ≈ 1 , y切片 ≈ 0 の直線 ($R^2=0.992$) に近似できた。これは、これまでに検討された加速度計でのデータで $r=0.7\sim 0.9$ 前後であること⁸⁾ を考えると、遜色のない結果である。ベルトが弛

んだりといった装着方法さえ間違わなければ器械間での誤差は問題ないと思われる。

以上まとめると、Gは平地での定常歩行～走行については非常に精度高く運動強度を反映した。検査室を越えた日常生活での身体活動を測定するという意味では、加速度計は非常に便利であり、使用法が簡単であり、生活制限も少なく(耐水性はないので、水泳、入浴などはだめである)、現実的に使用可能なツールの中では精度高く、身体活動量を反映すると考えられた。特に、臨床の場合では、数値だけでなく、図2に示したようなグラフを提示することにより、行動のパターンや運動

強度を客観的にみることができ、患者教育・動機づけといった意味でも大変有意義である。行動記録のみでは実際には運動していない時間も含めて運動の記録になることが多く、強度は客観性に乏しいなど、制限が多々あり、加速度計はこれらの欠点を補うことが可能である。ただし逆に、自動車運転中に必要以上にGがかかること、ウエスト装着では自転車走行中などはGが低値であるなど制限はいくつかあり、行動記録や脈拍も参考にする必要がある。

今後、定常運動だけでなく、日常生活などある程度長い期間の身体活動を行った際の他の評価法との比較検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine. The recommended quality and quantity of exercise for developing and maintaining healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990, 22: 265-274.
- 2) Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health; a recommendation from the Centers for Diseases Control and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, 273: 402-407.
- 3) 国民栄養の現状. 平成10年国民栄養調査結果 健康・栄養情報研究会編 東京: 第一出版, 2000.
- 4) Blair SN, Khol H, W, III, Paffenbarger R, S, Jr., Clark D, G, Cooper K, H, Gibbons L, W. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989, 262: 2395-2401.
- 5) Oguma Y, Ishida H, Katsukawa F, Kinoshita N, Onishi S, Yamazaki H. A new treadmill protocol for the elderly to evaluate their physical fitness and to do prescription exercise. *J Jap Soc Clinical Sports Medicine* 2000, 8: 252-259.
- 6) Paffenbarger R, S. Jr., Blair S, N., Lee I-M, Hyde R, T. Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1992, 25: 60-70.
- 7) Henry RR, Genuth S. Forum One: Current recommendations about intensification of metabolic control in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Ann Intern Med* 1996, 124: 175-177.
- 8) Montoye H, J., Kemper H, C. G., Saris W, H. M., Washburn R, A. Movement assessment devices. In: Fowler M. E., Basic M. eds. *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign: Human kinetics 1996, 72-96.
- 9) Bouten CV, Westerterp KR, Verduin M, Janssen JD. Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1994, 26: 1516-1523.
- 10) Fehling PC, Smith DL, Warner SE, Dalsky GP. Comparison of accelerometers with oxygen consumption in older adults during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc* 1999, 31: 171-175.

健康の維持・増進に関する啓蒙活動の効用の評価

大林千代美、木下訓光、勝川史憲、大西祥平、山崎 元

1. はじめに

近年の、健康や環境問題に対する関心の高まりは、65歳以上の人口が14.5%に達している我が国において、自分の健康は自分で守り管理する、という意識の高さによることにほかならない。日常において、我々は、テレビや雑誌、インターネットなどのメディアを通して、様々な情報を簡単に得ることができる。特に健康問題については、公共の催しや、大学の公開講座などでも頻繁に取り上げられているため、一般の人が講演会に参加する機会も多いと思われる。当施設も啓蒙活動のひとつとして、肥満や糖尿病などの、いわゆる生活習慣病の治療と予防、また、安全で効果を期待できる運動処方などの作成の教示などについて、講演を行い、参加者の知識を深める一助に努めている。しかし、当日限りの講演会では、演者から参加者への一方的なプレゼンテーションで終始する危険性が高く、その成果も不鮮明なものとなりがちである。そこで今回、講演会の参加者にアンケート調査を行い、啓蒙活動の効用の評価を試みた。

2. 対象と方法

某大手企業(N社)の依頼で、平成9年度の一年間、北海道から九州までの全国23個所で「健康の維持・増進—スポーツ医学の最新知識—」というテーマで講演会を開催した。対象者は、N社の顧客で経済的に比較的余裕のある集団の、50歳代後半から60歳代を中心とする中高年者計1038人であり、約6割が女性であった。

講師は、講演経験豊富な当施設の専任医師で、

循環器または肥満内分泌代謝を専門とし、日本体育協会公認ドクター・日本医師会認定健康スポーツ医の資格を有する4名である。講演会は、平日の午後2時間(途中10分間の休憩時間と終了後の質疑応答を含む)行った。一回につき30～100名前後の参加者に対し、ほぼ共通のスライドを50枚前後使用した。レジュメ等の資料は配付せず行った。

概要は“超高齢化社会を迎えた現在、健康に老いていくためには、生活の質の向上と、自己管理が重要である”ということを基本に、3部で構成した。主な項目を記す。

第1部：いわゆる生活習慣病の治療と、予防に対する食事や運動などのライフスタイルの修正とQOLの向上について

- 1) 高齢化社会の現状—支えられる人から支える立場へ
- 2) 動脈硬化の危険因子—遺伝・肥満・動かない・過食・A型行動様式
- 3) インスリン抵抗性症候群(シンドロームX)とは何か
- 4) 日常身体活動量の今昔—40年前より生活が便利になり身体活動量は減少した
- 5) 五つのS<Salt・Sugar・Snack・Smoking・Sitting>を追放しよう

第2部：運動療法の意義と医学的根拠

- 1) 英国2階建てバスの運転手と車掌の罹患率・死亡率調査
運転手より車掌の方が長寿で虚血性心疾患の罹患率が低い。サンフランシスコの港湾労働者とホワイトカラーの調査でも港湾労働者に軍配が上がった。つまり身体を動かしている

人の方が、動かない人よりも虚血性心疾患にかかりにくい傾向があった。

2) 身体活動量と体力

運動している人が体力があるのか、体力があるから動けるのか

3) 運動習慣と罹患率・死亡率の縦断的調査

米国のクーパークリニック(日本でいう人間ドック+徹底した教育・実践施設)の受診者の追跡調査で、体力のある人は癌に罹りにくい傾向があった。また、運動は一部の癌について予防効果が期待できるという北欧の報告がある。つまり、便秘の解消による大腸癌の予防、免疫力向上による前立腺癌・乳癌の予防、などである。

4) 過去の運動歴と罹患率・死亡率の追跡調査(ハーバード大学卒業生)

若い時には運動していたという“過去の栄光”は通用しない

5) 運動の直接効果

6) 運動習慣と最大酸素摂取量(体力の指標)の関係

運動習慣と体力は必ずしも比例しない。しかし、大切なのは体力をつけることではなく、身体を動かすことである。

7) エネルギー消費の分類—基礎代謝とは何か

8) 身体活動量と疾病予防効果の関係

量と効果は正比例する。

ただし、運動による消費エネルギーが2100~2800kcal/weekで頭打ちとなる。

9) 適正体重を保つ

BMI(body mass index: 体重kg÷身長m²)で22を標準とし、標準範囲は20~25

BMIと最大酸素摂取量の関係—BMIが高くてても普段動いている人は体力がある

10) BMIと体脂肪率

肥満と過体重は異なる—BMIが同じでも体脂肪率にはばらつきがある

肥満とは、体重が多いことではなく、体脂肪が過剰についた状態である。

11) 肥満のタイプ—洋梨型とリンゴ型

12) CTスキャンでみる肥満のタイプ—内臓脂肪

型と皮下脂肪型

第3部: 運動処方作成と具体的な実践方法

1) 一人ひとりの生活習慣に則した運動処方の必要性

2) スポーツ中の事故防止—メディカルチェックの必要性

3) 運動強度のめやす—最大心拍数(220-年齢)の50~70%程度

4) 運動の種類—まずウォーキングからはじめよう

5) 運動中の脈の測り方

6) Borg 指数

7) 運動処方の見直し—体力の上昇にともない定期的に運動強度の見直しをする

8) 加齢と性別でみる体脂肪率の変化

9) CTスキャンでみる内臓脂肪量の変化(運動習慣前と継続後)

10) 減量で食事療法と運動を併用する意義
食事制限のみによる減量は、体脂肪だけでなく、筋肉などの除脂肪体重の減少が大きい。そのため、体重が減っても体脂肪率の減少はあまり期待できない。しかし、運動を併用すると、除脂肪体重が維持または僅かの減少に押さえられるため、体重の減少は少なくても体脂肪率の減少が期待できる。また、リバウンドもしにくい。

11) 減量の目標値は「体重」ではなく「体脂肪率」を参考にする
体重の多い人は筋肉量も多い(相撲力士は除脂肪体重だけでも100kg以上)

12) アメリカスポーツ医学における運動指針の変化
「トレーニングで体力を向上しよう」から「身体活動量の増加による健康への効果を期待する」となり、より日常生活の中に取り入れやすい考え方に変化してきている。

たとえば、「運動は、20~60分持続して行わないとフィットネス向上の効果はない」から「断続的に8~10分程度の運動を、一日合計で30分以上行えば、健康への効果は期待できる」などである。

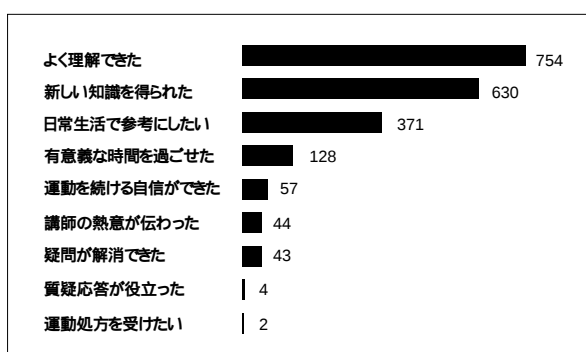
上記以外にも、暑い季節には熱中症の予防の話を追加した。また、当日、腰痛のある人が多い場

合は、腰痛の予防と、トレーニングについての話を加えたりもした。その他、オリンピック選手のドーピングの現状など、最新トピックスを交えたり、というようにそれぞれの講演会によって、当然ながら多少の内容の変更はあった。はじめに述べたように、情報（講演内容）を受け取る側の理解度の評価と、送る側の内容と技術評価を行う事を目的として、アンケート調査を行った。調査は、誘導のない意見・感想を得るために「講演会の感想」について、自由に記入してもらう方式とした。当日、講演前に配付し、終了後、未記入分も全て回収した。

3. まとめ

回収したアンケートは講演参加者全員の1038枚であった。まず、テーマについてであるが、N社の事前の顧客調査で要望の高かったものを選択し、企画したため概ね好評であった。90%が「興味深かった」とコメントし、9%が無回答、「興味が持てなかった」は1%の10人であった。興味が持てなかった理由としては後にも述べるが「興味はなかったが付添で来た」「話題に目新しさがなかった」などであった。

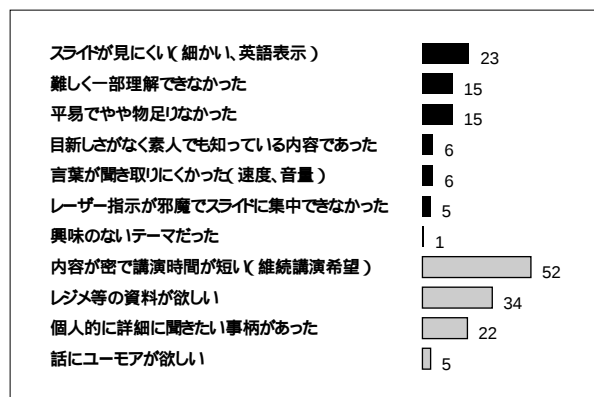
表1 好意的意見（重複回答：人）



次に、内容についての感想では、約96%が好意的意見であった（表1）。しかし、わずか数%度ではあるが不満や批判的意見があった（表2）。その他にも要望などの意見があった（表2）。

それぞれについて、ニュアンスの近いもので集計した主な意見を下記に示す。いずれも重複回答

表2 不満・批判的意見／要望（重複回答：人）



である。

1) 好意的意見

- ・専門的なこともスライドで具体的なデータを示しながら、平易な言葉で説明されたのでよく理解できた、言葉が歯切れよく聞き取りやすかった（754人）
- ・最新の知識を得ることができた（630人）
- ・有意義な時間を過ごせた（128人）
- ・今日からでも日常に取り入れたい（371人）
- ・質疑応答がありがたかった（4人）
- ・今までの疑問が解消できた（43人）
- ・現在運動をしているが、これからも続ける自信ができた（57人）
- ・運動処方を受けたと思う（2人）
- ・講師の熱意が伝わった、好感が持てた（44人）

2) 不満や批判的意見

演者側の技術に対して

- ・スライドの文字が細かい、英語表示が解りにくい（23人）
- ・レーザーポインターの指示が邪魔でスライドに集中できなかった、スライドの交換指示やマイクの反響が耳障りだった（5人）
- ・話す速度が速く、言葉が聞き取りにくかった（6人）
- ・講演内容について・やや物足りない内容であった（15人）
- ・話題に目新しさがなく素人でも知っている内容だった（6人）
- ・難しく理解できない部分があった（15人）

3) 要望

- ・講演時間が短い、もっと聞きたかった、継続講演を希望する(52人)
- ・内容が多く記録困難であったためレジュメが配布されればよかった、家族にも説明したいので資料が欲しい(34人)
- ・個人的にもっと詳細に聞きたいことがあった(22人)
- ・話にユーモアが欲しかった(5人)

記名式としたため、一回限りの講演であっても、演者への不満や批判的意見は書きにくいものである。貴重な意見として真摯に検討すべきである。

講演内容に関しては、常識的な部分から、海外のスポーツ医学会で議論されるようなデータまで、広範囲に多岐に渡ったため、同じ講演の参加者でも意見に差があった。個人の知識レベルに左右されるため、9割以上の参加者が理解でき、参考になった、と答えた内容であれば、適当であったと評価できる。

また、要望として、「個人的に詳細に聞きたい事柄があった」とあるが、逆に「質疑応答が、個人の健康相談になってしまうのはいかがなものかと思う。参加者の姿勢について聞きたい」という意見もあった。今回のように、健康問題をテーマに講演を行うと、参加者からの質問が、個人的な健康相談になりやすく、演者側も戸惑う事が多いのも事実である。

講演などの啓蒙活動の評価は、自己評価のみならず、参加者のたとえば笑いや居眠りなどの反応、質問内容(講演内容を理解したうえでのものであったか)、アンケート調査や傍聴スタッフの感想などから得ることができる。当然のことであるが、何事においても、反省・評価を加え、次に活かすよう配慮しなければ、効果的な進展は期待できない。今回のアンケート調査で、参加者より指摘された、善処すべきいくつかの点について引き続き検討を重ねてゆきたい。

機会あるごとに啓蒙活動の効果を探り、反省材料を整理して、内容や方法を改善していこうする姿勢が大切であり、定期的なアンケート調査等に取り組むことの重要性を示唆した結果となった。

一回限りの講演では、個々の生活習慣の変化は

目に見えて解るものではなく、その時点では不鮮明な成果となり時として虚しさを感じることもある。しかし、結果にもあるように、参加者が講演会で得るものがあつたと感じ、なにかひとつでも心に残る話や指導ができれば、時間をかけて本人が変わっていくと信じている。

大学体育会系スポーツ選手の貧血

鈴木美貴、大林千代美、常川尚美、八木 紫、味村 純、
木下訓光、勝川史憲、大西祥平、山崎 元

1. はじめに

スポーツ選手が安全に競技を行い、かつパフォーマンスを維持するためには定期的なメディカルチェックを受けることが望ましい。メディカルチェック項目中、末梢血および血液生化学検査で異常値を示すことが少なくなく、特に貧血に関しては運動耐容能との関連からも重要である。

当センターは1989年の設立当初より、競技における事故の防止、および、競技力の向上を目的として、本大学および高等学校の体育会系スポーツ選手、外部実業団スポーツ選手、神奈川県国体選手(40歳以上)等を対象に、心電図や血液検査などのメディカルチェック、運動耐容能の指標である最大酸素摂取量測定、体脂肪測定、筋力測定等を行っている。なかでも、末梢血および血液生化学検査については、主として大学体育会を対象に、定期的に春秋の年2回実施し、その人数は1990年から1998年現在までの9年間で延約3400名である。今回、特に大学体育会系スポーツ選手の貧血の実態について検討を行った。

2. 検査の目的・意義

貧血 (anemia) とは単位容積血液中の赤血球数 (RBC) またはヘモグロビン (Hb) 濃度が減少した状態をいい、RBC、Hb およびヘマトクリット (Ht) の検査によってスクリーニングがなされる。Hb 濃度が一定量以下 (WHO では $\leq 12.0\text{g/dl}$ 、日本臨床検査技師会では $\leq 11.3\text{g/dl}$) になると「貧血」とされ、食事の改善や鉄剤投与が検討される。軽度の貧血状態では、貧血全般に共通の易疲労性や体動時の動悸、皮膚粘膜の蒼白などの症状や徴候は稀であり、「何となく調

子が悪い、風邪気味」と、貧血とは関連づけて考えない訴えがきっかけで見つかることがある。特に貧血が緩徐に進行した場合は自覚症状に乏しく、気がつかないうちに高度の貧血状態に陥っているスポーツ選手も珍しくない。河野¹⁾はソウル・カルガリー・オリンピック強化指定選手478名(男子358、女子120名)中、Hb濃度が 13g/dl 以下の男子は7.5%、 12g/dl 以下の女子は22.5%であったと報告している。同年代の一般成人男子および女子の貧血の頻度と比較すると明らかに高い。高い強度のトレーニングを持続的に行うことにより、鉄欠乏性貧血の出現頻度は高くなる。いわゆる「スポーツ性貧血」である。その発生機序については、筋内での鉄需要の増加、発汗や女性の月経による鉄の喪失、機械的な衝撃による赤血球破壊(溶血性貧血)、鉄摂取不足、などが挙げられる。

血液性状が運動耐容能に及ぼす影響として、最大酸素摂取量はHb濃度が 13g/dl 以下になると顕著に低下するという報告がある²⁾。また一方で高すぎるHb濃度は血液の粘性抵抗を増加し、血流量の低下をもたらすため、高い運動耐容能を発揮するには適切なHb値があるという報告もある³⁾。我々は、貧血治療前後の運動耐容能の変化について報告した⁴⁾。すなわち、鉄欠乏性貧血および潜在性鉄欠乏性貧血を認めた大学体育会系スポーツ選手9名(男子3名、女子6名)に対して約3ヶ月間鉄剤の経口投与(平均 100mg)を行い、治療後のHb濃度が治療前に比して 2g/dl 以上の改善を認めた6名(Hb: $9.89 \pm 1.4 \rightarrow 12.85 \pm 1.3$)と非改善例3名(Hb: $11.8 \pm 0.1 \rightarrow 12.2 \pm 1.0$)の2群に分け、トレッドミル多段階運動負荷試験でオールアウトによる最大酸素摂取量と運動持続時間を鉄剤投与前後で比較し、ともに貧血改善例において有意な増加と延長を認めた。

貧血が運動耐容能に及ぼす影響は明らかである。定期的に血液検査を行い、選手の健康管理を行う事は、パフォーマンスを維持するためにも重要である。さらに、我々メディカルチェックを行う側にとっては、選手自身に食生活を含めた自己管理を徹底させるための一手段でもあり、健康状態の把握とともに教育的意義も大きい。

3. 対象・方法

当センターでは、末梢血・血液生化学検査を、春秋の年2回定期的に実施しており、対象は主として慶應義塾大学体育会39団体に所属している大学生である(平成10年11月現在の大学体育会部員の総数は、男子1109名、女子256名の計1365名)。実施日より1～2週間前の、マネージャー会議で検査申込用紙を配付し、検査の申し込みのあった団体の希望者のみ実施しており、強制はしていない。実施人数は1990年5月～1998年3月の9年間で、延人数で男子2934名、女子464名の合計3398名で、年齢分布は18～26歳(19.9 ± 1.3)である。採血は当日のトレーニング前早朝に行い、末梢血の項目は白血球(WBC)数、赤血球(RBC)数、ヘモグロビン(Hb)濃度、ヘマトクリット(Ht)で、血液生化学の項目はGOT、GPT、CK、LDHである。末梢血でHb濃度が低値であった者に対しては、再検査および血清鉄と血清フェリチンの追加検査を行い、方針を検討している。同じく血液生化学検査で異常値を示した者に対しては、経過観察や医療機関の紹介等を行っている。

4. 結 果

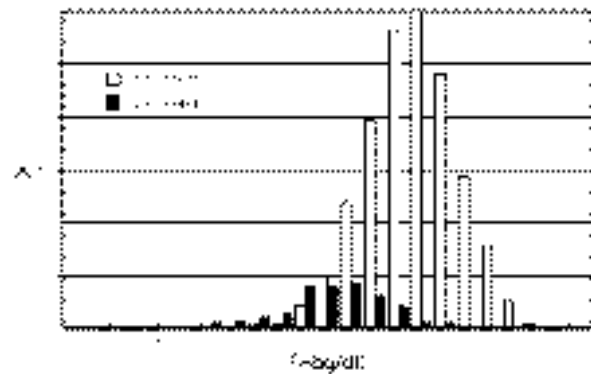
1) 貧血の頻度

男子および女子での末梢血各項目の値を示す(表1)。一般的にHb濃度の正常範囲は男子で13～16g/dl、女子で12～15g/dlである。Hb濃度、MCV、MCHCの分布をみると(図1,2,3)、男子Hb:13.0g/dl未満、女子12.0g/dl未満は、それぞれ112名(3.8%)、72名(15.5%)であり、そのうち小球性低色素性を示すMCV:80dl以下・MCHC:31%以下に該当するものは、男子9名(0.3%)、女子24名(5.2%)であった。Hb濃度

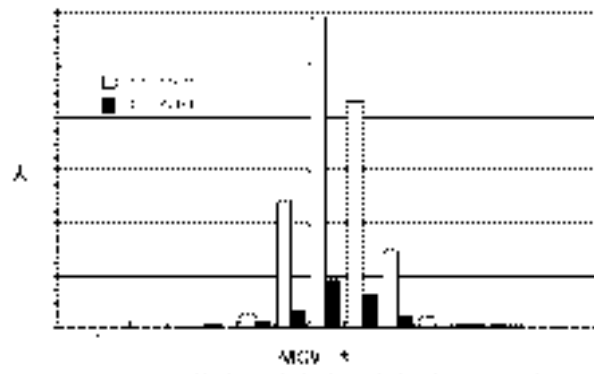
表1 末梢血検査結果(N=3397)

項 目	男子(n=2933)	女子(n=464)	基準値	単位
白血球(WBC)	5,900 ± 1,600	5,900 ± 1,400	3,300 ~ 9,000	/μl
赤血球(RBC)	485.4 ± 37.1	437.2 ± 34.9	M430 ~ 570 F380 ~ 500	× 10 ⁴ /μl
ヘモグロビン(Hb)	14.6 ± 1.0	12.9 ± 1.2	M13.5 ~ 17.5 F11.5 ~ 15.0	g/dl
ヘマトクリット(Ht)	43.5 ± 3.4	39.0 ± 3.8	M39.7 ~ 52.4 F34.8 ~ 45.0	%
平均赤血球容積(MCV)	89.7 ± 4.9	89.3 ± 6.3	85 ~ 102	fl
平均赤血球色素量(MCH)	30.2 ± 1.7	29.7 ± 2.4	28.0 ~ 34.0	pg
平均赤血球色素濃度(MCHC)	33.7 ± 2.0	33.2 ± 2.1	30.2 ~ 35.1	%

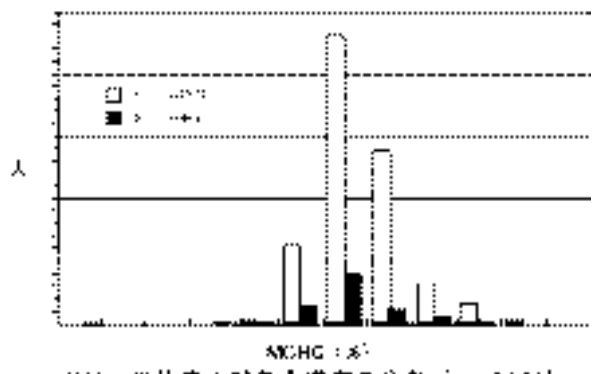
(基準値は三菱化学ピーシーエルによる)



※1 ヘモグロビン濃度の分布 (N=3397)



※2 平均赤血球容積の分布 (N=3397)



※3 平均赤血球色素濃度の分布 (N=3397)

について体育会競技別にみると(表2)、男子では、バドミントン(6/34;17.6%)、剣道(8/91;8.8%)に、Hb:13.0g/dl未満の者が高頻度で認められた。同じ

表2 団体別末梢血検査一覧

体育会(*独立団体)	検査回数(/18回)	合計	男子	男子Hb < 13	%	女子	女子Hb < 12	%
1 柔道	1	18	18	0	0.0	-	-	-
2 剣道	9	143	91	8	8.8	52	12	23.1
3 弓術	4	9	4	0	0.0	5	2	40.0
4 端艇	12	320	292	3	1.0	28	4	14.3
(カヌー)	3	29	29	0	0.0	-	-	-
5 水泳(水球部門)	1	24	24	0	0.0	-	-	-
(葉山部門)	6	84	75	2	2.7	9	1	11.1
6 蹴球	4	32	32	1	3.1	-	-	-
7 庭球	3	87	44	0	0.0	43	6	14.0
8 器械体操	5	32	23	1	4.3	9	1	11.1
9 競走	51(定期外含)	1021	1009	51	5.1	12	4	33.3
10 馬術	3	14	7	0	0.0	7	4	57.1
11 ホッケー	6	70	43	0	0.0	27	2	7.4
12 山岳	1	4	4	0	0.0	-	-	-
13 ソッカー	8	300	300	14	4.7	-	-	-
14 スケート(スピード)	2	5	5	0	0.0	-	-	-
(フィギュア)	8	57	6	0	0.0	51	5	9.8
(ホッケー)	3	26	26	0	0.0	-	-	-
15 バスケットボール	8	118	99	4	4.0	19	0	0.0
16 スキー	11	162	127	8	6.3	35	2	5.7
17 空手	2	7	7	0	0.0	-	-	-
18 卓球	6	37	27	1	3.7	10	1	10.0
19 バレーボール	4	21	5	0	0.0	16	7	43.8
20 レスリング	2	21	21	0	0.0	-	-	-
21 ボクシング	1	16	16	1	6.3	-	-	-
22 アメリカンフットボール	1	2	2	1	50.0	-	-	-
23 ハンドボール	2	25	25	1	4.0	-	-	-
24 フェンシング	1	6	2	0	0.0	4	1	25.0
25 ソフトテニス	3	37	34	0	0.0	3	0	0.0
26 バドミントン	6	44	34	6	17.6	10	6	60.0
27 重量挙げ	2	14	14	0	0.0	-	-	-
28 ゴルフ	11	157	98	1	1.0	59	7	11.9
29 合気道	9	160	136	6	4.4	24	4	16.7
30 洋弓	1	2	1	0	0.0	1	0	0.0
31 少林寺拳法	8	178	147	0	0.0	31	3	9.7
自転車競技部*	6	52	52	2	3.8	-	-	-
ラクロス*	1	27	26	0	0.0	1	0	0.0
トライアスロン*	3	16	13	1	7.7	3	0	0.0
ワンダーフォーゲル*	1	20	15	0	0.0	5	0	0.0
合 計	219	3397	2933	112	3.8	464	72	15.5

く女子では、バドミントン(6/10;60.0%)、馬術(4/7;57.1%)、バレーボール(7/16;43.8%)、競走長距離(4/12;33.3%)、剣道(12/52;23.1%)に、12.0g/dl未満の者の頻度が高かった。

9年間の末梢血検査受検者数とHb濃度低値の者の割合を比較すると(図4)、総数は初年度からの4年間で450～500名前後で、以後減少傾向にある。Hb濃度低値の者の割合については増加および減少の傾

向は認められなかった。

血液検査結果を個人に返却する際、Hb濃度が低値の者で、医師が必要と判断したものに対し、再度末梢血および血清鉄、貯蔵鉄の指標となる血清フェリチンの検査を行っている。その結果、Hb濃度が基準値下限で、フェリチンのみが低下した貯蔵鉄欠乏状態の者、血清鉄、フェリチンともに低下した潜在性鉄欠乏状態の者に対しては、下記の「2」具体的な指導内容」に示す説明と指導を行っている。ただし、自覚症状の顕著な者など、ケースに応じて鉄剤の経口投与も検討している。また、当然のことながら、現在血液性状に問題がない者にも、スポーツ選手として必要な知識である。

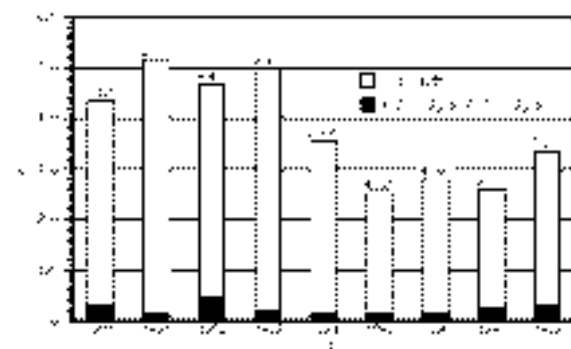


図4. 年度別末梢血検査受検者数とHb濃度低値者の割合

さらに、Hb濃度が男子12.0g/dl未満、女子11.5g/dl未満の者で、血清鉄および血清フェリチンが低下した者に対しては、2)の指導に加え、鉄剤の経口投与と経過観察を行い、鉄欠乏性貧血の改善をはかっている。

貧血の改善が、競技パフォーマンスに短期間のうちに反映したと思われる一例を示す(図5)。体育会競走部は定期的に月1回の末梢血検査を行っており、大会直前の検査で鉄欠乏性貧血を指摘された。鉄剤の経口投与を開始し、血液性状が改善した状態で臨んだ大会において、自己ベストタイムを記録することができた。血液状態と自己の体調とを常に比較する健康管理姿勢の重要性を示唆する症例である。[当センターにおけるHb濃度、血清鉄、血清フェリチンの判定基準]

(1) 食事指導(ケースに応じて鉄剤の経口投与)

男子： $12.0 \leq \text{Hb} < 13.0 \text{g/dl}$

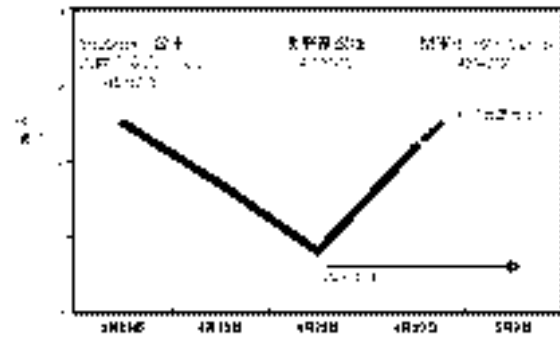


図5. 症例：K.S. (19歳、男子)

血清鉄 $\leq 60 \mu\text{g/dl}$

フェリチン $\leq 20 \text{ng/ml}$

女子： $11.5 \leq \text{Hb} < 12.0 \text{g/dl}$

血清鉄 $\leq 50 \mu\text{g/dl}$

フェリチン $\leq 20 \text{ng/ml}$

(2) 食事指導および鉄剤の経口投与

男子： $\text{Hb} < 12.0 \text{g/dl}$

血清鉄 $\leq 60 \mu\text{g/dl}$

フェリチン $\leq 20 \text{ng/ml}$

女子： $\text{Hb} < 11.5 \text{g/dl}$

血清鉄 $\leq 50 \mu\text{g/dl}$

フェリチン $\leq 20 \text{ng/ml}$

2) 具体的な指導内容

[貧血と鉄の関係]

・貧血とは、血液の中の赤血球の数や、赤血球のなかの酸素を運ぶヘモグロビンが減少した状態をさす。鉄は、蛋白質と結びついて、赤血球中のヘモグロビン(血色素)を作る役割を担うため、鉄が不足すると鉄欠乏性貧血となる。貧血状態では十分な酸素が筋肉に運ばれないため運動耐容能が低下し、パフォーマンスが維持できなくなる。

[スポーツ選手の貧血の主な原因]

- ・自炊生活における栄養状態の管理不足
- ・体重管理のための食事摂取量の減少
- ・運動時の足底部への強い衝撃による溶血
- ・発汗における鉄喪失

特に、夏季は合宿などによる練習量の増加や発汗量の増加、これに加え疲労による食欲不振によってHb濃度が低下し、貧血を呈するものが増加する

・その他、疾病や女性の場合月経による鉄欠乏状態
[予防]

・食事からの鉄摂取量を多くする

大学体育会系スポーツ選手の1日に必要な鉄分は12mg以上である

肉や魚に多い「ヘム鉄」は吸収率が20～30%、植物性食品に多い「非ヘム鉄」は5%程度で、ブタレバーであれば100g、ほうれん草であれば1束と、相当努力を要する1品で鉄を大量に含む食品はほとんどなく、吸収が悪いのが鉄不足の一因であるビタミンC、蛋白質、亜鉛（魚介類に多く含まれる）と共に摂ると吸収率が上がる市販の鉄剤（サプリメント）も簡便で有効である

・貧血は自覚症状に乏しいため、定期的に検査を受けることが必要である

5. 考 察

スポーツ選手の貧血は、鉄欠乏性貧血などの改善を要する貧血と、トレーニングに適応して見かけ上貧血を呈しているものがある³⁹⁾。持続的な高度のトレーニングに反応して、循環血液量を増やして血液の粘度を下げ、末梢循環の効率を上げるために血漿量の増加が起こった結果、総Hb量は変化しないが、RBC数、Hb濃度、Htが低下した血液状態となる例があり、持久競技選手に比較的にみられる。したがって、スポーツ選手のHb濃度の評価は、身体トレーニングによる血漿量増加の影響なのか、鉄・蛋白の摂取不足によるものか、溶血性貧血が関与しているのかを判断するために、血清鉄や血清フェリチンを含めた末梢血の検査に加え、トレーニングメニューや食事内容などを含めて、総合的に評価する必要がある。

19歳男性の普通生活者の必要エネルギーは1日2600kcalであり、鉄の所要量は12mgであるが、吸収されるのはこのうち10%である。運動強度が増すにつれて鉄の必要量も増加するが、一般に食事の鉄量は1000kcal中6mg程度とされ、安易な食事内容では必要量を満足せない。当センターの9年間の体育会系スポーツ選手のHb濃度について検討した結果、男子Hb:13.0g/dl未満、女子12.0g/dl未満は、それぞれ112名(3.8%)、72名(15.5%)であった。この頻度は平

成9年度の国民栄養調査時の血液検査報告による、20～29歳男子0.8%(n=248)、同じく女子13.6%(n=442)よりは高い傾向にある。Hb濃度が基準値内(男子:13～16g/dl、女子:12～15g/dl)であっても、血清フェリチン値が50ng/ml以下のスポーツ選手の頻度は、当施設の例⁴⁾で、大学体育会部員417名(男子330名、女子87名)中、男子9.1%、女子50.6%と高頻度にみられた。こうした鉄欠乏性貧血予備群を多く含むスポーツ選手に対しては、定期的な血液検査による貧血の有無の確認、食事内容の確認と改善が大切である。

貧血の改善例で、最大酸素摂取量と運動持続時間の治療前後を比較し、有意な増加と延長を認めた治療例を紹介したが、Hb濃度は、スポーツ選手のコンディショニングを考えた場合、単に貧血であるか、ないかの指標としてではなく、コンディションの状態を表す指標の一つである。貧血の発生機序の理解や、食生活の改善に加え、自分の体調や競技記録と血液性状を照らし合わせるといった意識改革も重要である。

6. おわりに

ここ数年、当施設で行っている末梢血・生化学検査を受ける体育会部員数は当初に比べて減少停滞している。これは体育会に所属する学生数が漸次減少傾向にあることに加え、特定の医療機関や医師の元で定期的にメディカルチェックを受けている部が増えてきていることなどが要因としてあげられる。しかし、末梢血検査受検者数に占めるHb濃度低値の者の割合は、期待するほど減少していないため、我々メディカルチェックを行う側が、選手自身に食生活を含めた自己管理を徹底させるために、果たすべき役割は大きい。今後は、血液検査に加え、食事に関する意識調査や、食事内容の確認・改善など体育会本部と連携し、より積極的に関わっていく方針である。

文 献

- 1) 河野一郎：女子スポーツ選手の貧血の状況臨床スポーツ医学,6:489-492,1989
- 2) 西山宗六、他：女子スポーツ選手の鉄欠乏性貧血と亜鉛欠乏性貧血の鑑別臨床スポーツ医学,13:921-923,1996
- 3) 白井克佳、他：スポーツ選手におけるコンディションからみた貧血とパフォーマンス.臨床スポーツ医学,12:1345-1347,1998
- 4) 鈴木義浩、他：大学体育会系運動選手の血液検査.臨床スポーツ医学,8:899-904,1991
- 5) 小堀悦孝：スポーツ現場における検査の見方3.赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット.臨床スポーツ医学,7:762-767,1998