

紀 要



慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

1999

目 次

巻頭言	大西祥平	1
論文		
微重力状態における循環動態	山崎 元ほか	3
体育会への医科学サポート活動について	大西祥平ほか	9
アスリートのメディカルチェックおよびその結果としての 競技参加制限・中止勧告における社会的・法的・倫理的問題	木下訓光ほか	15
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	小熊祐子ほか	25
運動処方での最近の考え方	山本哲史ほか	33
3色の折り紙を使った新しい栄養教育	渡邊隆子ほか	41
報告		
運営委員会議事録		49
平成11年度の活動		52
補助活動報告		56
運営委員名簿		59
出張		60
教職員スタッフ		61

巻 頭 言

スポーツ医学研究センターの年間事業として、大相撲力士の心臓検診と神奈川県国体選手の参加前の検診が大きなものとしてあげられます。前者は平成3年度から、後者は平成5年度から現在まで継続されています。

大相撲力士は全体で多い年で950人、今年は750人を数えます。場所前の新弟子を対象とした年5回の、そして年1度の健診で生活習慣病として異常を認められた力士を対象とした年1回の（2次検査として）、また3年に1度は全力士を対象とした心臓検診を実施しています。3年に1度の検診も今回の実施で3回目を数えました。安静時心電図、超音波心エコー図検査、必要に応じて運動負荷心電図検査（ステップによる）、そして1999年から空気置換法による体脂肪測定を行っています。

国体選手の検診は2種類あり、40歳以上の特別健康診断と40歳未満の一般健康診断とに分け、40歳以上はより詳細な検診項目を入れたものとして、神奈川県体育協会が平成元年から参加選手全員に行っているものです。当センターは40歳以上の参加選手全員に特別健康診断を委託業務として受けております。

スポーツ活動に伴う事故の防止として行っている事業ですが、現在までに心臓疾患による廃業勧告や国体参加中止指示の例が数人ではありますが認められました。スポーツ活動中の突然死リスクの高い疾患であるが故に、責任の重さに痛感し、今後も精力的にそして慎重に行っていきたいと考えています。

スポーツ医学の勉強会として、毎年2回、医学部内のスポーツ医学に携わっている臨床医による慶應スポーツ医学懇話会がありますが、今年の下半期から名称を「慶應スポーツ医学研究会」に変更しました。本研究会での議事録や発表内容などをこの紀要に掲載することに決定しましたので、本紀要の内容の充実を図っていききたい所存です。

大西洋平

微重力状態における循環動態

山崎 元，大西祥平

当センターが発足して1年経過した平成2年に、三菱総合研究所の人間環境研究室長と慶應義塾大学スポーツ医学研究センター所長との間で、業務委託契約がなされた。内容は「宇宙飛行士の健康管理手法の調査」であり、成果を提出することが契約内容に盛り込まれた。この話は、その後NASAで2度の宇宙飛行を行なった宇宙開発事業団向井千秋君の橋渡しによるものである。山崎が微重力microgravity下の循環動態の文献調査を行ない、その結果報告書を平成2年に三菱総研へ提出した。その報告書は資料として宇宙開発事業団に保存されている。しかし、一般の人達の目に触れることはない。よって、ここにその全文を記録として残すこととした。報告書は10年前のものであるが、内容は十分に現在でも通用するものであると信じている。

宇宙飛行士の健康管理手法の調査

宇宙飛行士の健康を管理し職務遂行をより効果的にするためには、宇宙飛行によって起こる心血管系の反応、とくに無(微)重力環境下における循環動態の変化を解明することが重要な課題となっている。宇宙飛行もスペースシャトル時代に入り過去の経験と今後の展開を考えて、ここでは、NASAが挙げた現時点で考えられている循環系の評価手段(下記A:文献1)が、無重力でみられるとされる循環系の反応(下記B-1:文献2)や飛行後の起立耐性の問題(下記B-2:文献2)の解明にいかに関与するかについて調査を行なった。循環系の反応については研究者の間では異なった見解がある。つまり、実際の飛行や地上でのシミュレーション実験において必ず認められる現象ではない。一方、ここに挙げた評価手段の多くは

FMPTによる医学選抜の第2次(医学検査)、第3次(特殊医学検査)に含まれているものである。なお原文中で言葉が不足していると思われる部分は文中に補足し、さらに新しい知見などを加えた調査内容はコメントとして述べた。

A. 評価手段

1. 手段

心電図法: 医療で用いられている長時間心電図記録や運動負荷心電図も含まれる。

動脈圧測定・静脈圧測定: 中心静脈圧(CVP)、末梢静脈圧(PVP)の測定を意味する。前者については従来のvenous stop flow法といった非観血的な方法も開発されている。

心断層エコー法: 飛行中とその前後の心血管系の各種の機能や形態指標を測定するのに用いる

下肢プレチスモグラフィ(体積変動記録法): 下半身肢陰圧法など負荷と併用により静脈系のコンプライアンスの測定に用いる。

バリストカルデイオグラフィ(心弾動記録法): 理論的には微重力環境では心機能評価に精度が期待できるが、方法論的な限界がある。

インピーダンス心電図法: 電磁波による胸腔内血液量測定にすでに用いられている。

末梢血管ドブラー法: 脳血管や局所の血流測定に用いられたことがある。

再呼吸による心拍出量測定法: 観血的なスワンガンツカテーテル法が行なわれるまでの間は非観血的な心拍出量測定の最も精度が高い方法である。ただし座位あるいは立位でのみ可能。

2. 生理的負荷検査

運動負荷テスト: 飛行中の運動を目的としているトレッドミルではbungee cordsで身体の固定を必要とし自転車エルゴメータでも同様に足首

や身体の固定を必要とする。

下半身陰圧テスト(Lower Body Negative Pressure Testing: LBNP): 帰還後に起こる起立性低血圧の評価と対策に現時点で最も期待できる方法であると考えられている。

頸動脈洞圧伸展反射: 帰還時や飛行中の船外行動の対策として用いられる。

3. 飛行前後のルチーンテスト

段階的運動負荷試験: 心血管系の予備能の評価や有酸素能力あるいは負荷による不整脈出現の判定に用いる。

起立テスト: 帰還時の起立能の評価に用いられている。

コメント

断層心エコーについては、超音波ドプラー法の併用が確立され心室への血液流入・流出速度あるいは静脈還流量などの半定量化が可能となり、心機能、循環動態の解明の有力な手段になっている。また、評価手段は非観血的方法が原則であるが、今後NASAライフサイエンスミッション(SLS-1)ではカテーテル法によるCVPの測定も計画され、後述するような飛行に伴う体液シフトやその調節機構の解明に役立つものと期待される。

上記以外に臨床の場で有用性が確立した循環系の比較的新しい非観血的评价手段がいくつかある。RI(Radio-Isotope), CT(Computed Tomography)そしてMRI(Magnetic Resonance Imaging)である。これらは装置の大きさや操作の問題から宇宙船に搭載させることは現時点では不可能である。しかし飛行前後の変化の観察には役立つものである。なかでもMRIは、³¹Pなどの水素以外の核種の分布や化学的状態の情報を得ることによって代謝を画像化できる可能性が期待される。

B-1. 無重力(あるいはそのシミュレーション)

におけるヒトの循環系の反応

- a: 既に知られている機序
- b: 想像される機序
- c: まだわかっていない機序

#1. 血管内液, 間質液の上半身への急激なシフト

- a. 静水学的(重力的)圧較差の消失
- b. 血管のコンプライアンスand/or容量の変化: 心拍出量と血流分布の変化: 慢性の適応下でのホルモン・腎の変化
- c. 下記のものへの急性および慢性的な影響
右房圧, 肺内血液とガスの容量と流量, 左房圧, 心室の形態と圧-容量動態, 横隔膜の形と位置, 内臓と脳の血液量と圧と血流分布, 圧と容量の受容体

#2. 長期滞在でみられる左室容積の減少(エコー上25%減)

- a. hypovolemia
- b. 末梢抵抗, 拡張期血圧および平均血圧の低下と心仕事量の減少
- c. 心筋重量の減少は起こるのか

#3. 最初の24-48時間にみられる利尿とNa利尿

- a. 心房の圧受容体を介するADH分泌抑制(浸水やベッドレスト)
- b. 無重力下のGauer-Henry reflex? 脳脊髄液の圧・神経体液性成分の変化?
- c. 0-Gで本当に起こるのか? 上記の脳脊髄液の変化は生理的に有意なものか? ADHとアルドステロンへの影響は?

#4. 最初の24-48時間で起こる300-500ccのhypovolemia

- a. 利尿と毛細血管を通した下半身からの水分のシフト
- b. 水分の頭部へのシフトが容量または低圧受容体を刺激する, 体動制限, 水分の摂取と排泄のインバランス
- c. 上記受容体とは無関係にhypovolemiaが起こるのか?, 精神的なストレスが神経内分泌系, 例えば交感神経-腎系を介して水分のシフト, 利尿を起こすか?, 右房圧, 肺内血液量, 肺血流量, 左房圧, 心房心室の位置や形や圧容量関係, 心拍出量と交感神経系的作用, 全身血管抵抗などはどうなっているか

#5. Skylab飛行では心拍数, 収縮期血圧, 脈圧が増し, 拡張期圧, 平均血圧が下がった

- a. 上半身の比較的hypovolemiaによって容量

- および低圧受容体が刺激される
- b. 心拍数増加に伴う脈圧の増大は心拍出量の増大と末梢血管抵抗の減少を意味する
 - c. 飛行中あるいはシミュレーション無重力時の心血管系反射の状態は？
- #6. head down tiltでは最初の24時間で左室拡張末期径 (LVEDV), 収縮末期径 (LVESV) は増す, 一回拍出量と心拍出量は変わらない
- a. EDVが増し一回拍出量が変わらないことはESVが大きいことを意味する
 - b. 心収縮性の減少, ただし収縮期圧の上昇は左室後負荷の増加を示唆する
 - c. より正確なデータ
- #7. 2週間のベッドレストでは, 前値と比較して, LVEDVと一回拍出量の減少がある, 心拍出量は不変もしくは減少: この反応はとくに女性に顕著
- a. 頻脈とともに起こるhypovolemiaと動脈圧の減少
 - b. LVEDVの減少は駆出率の増加と頻脈で補正される
 - c. 研究者によって結果が異なる点に関して説明することが必要
- #8. ソ連からの報告では一回拍出量, 心拍出量は増加する, これら所見はhead down tiltでは6-9日目, 飛行2-3週目で最も顕著
- a. 体液の頭部への移動が左室充満圧を増しスターリング効果
 - b. 末梢血管抵抗の減少が心仕事量を減らす
 - c. EDV, ESVを含んで上記1と同様, 心拍出量と圧データを正確に
- #9. ソ連からの報告では飛行中の末梢血管抵抗と動脈圧が減る
- a. 低圧受容体への刺激: 脈圧の上昇が高圧受容体を刺激する
 - b. 血管内圧の変化が起こり圧受容体を刺激する: 末梢交感神経機能を変える, norepinephrine放出を抑える
 - c. 上記8と同じ, 身体各部での血管抵抗はどう変化しているか
- #10. 5度head down tiltでは中心静脈圧が一過性に上がる(平均2.7mmHg), 持続は90min: 最近のソ連の報告では否定的
- a. 体液の頭部への移動: Na利尿と利尿
 - b. 血漿量の減少: 容量血管のストレス弛緩
 - c. 上記1と同じ
- #11. ソ連からの報告では飛行中, 中心静脈圧が持続的に高い, またレオグラフィーで評価すると飛行後3-4ヵ月間は脳血流量が増加している
- a. 血液の頭部への移動, 0-Gでは血管内圧には垂直方向に圧較差はない
 - b. 体動制限, 下肢の廃用萎縮(disuse), muscle pumpの喪失
 - c. 上記1に同じ, 一部の者では脳血流量が徐々に正常化する?, 中心静脈圧は持続的に高いのか?, 血液再分布の様子を明確にすること
- #12. 飛行中のLBNP testは飛行中の安静時に比較して下記の変化を来す
- 増加するもの: 心拍数, 末梢血管抵抗, 動脈平均圧, 拡張期圧, 脈波の波及, 下肢の血液プール(これのみ飛行前と比較して)
- 減少するもの: 収縮期血圧, 脈圧, 一回拍出量, 心拍出量
- a. 血液量の減少にともなう神経を介しての反応, 下肢の間質液の減少, 血管トーンの減少, muscle pumpを含めて静脈還流の減少
 - b. 動脈圧受容体の活動の減少, 血管運動中枢の活動の増加, アドレナリンに対する血管平滑筋の反応低下, 静脈のcapacitance and/or容量の変化, 骨格筋トーンの減少, 地上に比較して下半身への血液量の増加, 下肢の静脈の伸展性の増加
 - c. より正確なデータ: すなわちLBNPの飛行前, 飛行中のデータ, 全身血管の容量, LBNPによって下半身に溜まる血液量, 高圧および低圧受容体の活動状態, また動脈圧上昇時に末梢血管受容体の活動が低下しているという矛盾点をどう説明するか

#13. 飛行中のLBNPで下肢に血液が著明に溜った際、血管コンプライアンスと容量が変化する

- a. なし
- b. 静脈の受動的な伸展、あるいは伸展性の増加、末梢交感神経機能の変化、血管トーンの減少、血管内外圧、静脈コラプス
- c. 無重力の状態は、一過性あるいは持続的な血管コンプライアンスと容量の変化、血管平滑筋の萎縮、血管系の改築を起こすか？、高圧、低圧受容体反射の役割は？、上半身と下半身の血管について別個の情報が必要

#14. hypovolemiaの程度に並行して赤血球の容積が減少する（Skylab3, 4で観察された）

- a. なし
- b. 赤血球の形態変化が起こるのか？、ヘモグロビン濃度が減り腎への酸素運搬能が落ちるとエリスロポイエチンの放出も減少？
- c. 長期の飛行においては可逆的な反応？、赤血球の喪失は0-Gとは関係ない現象？、赤血球の喪失と形態変化の関係は？、基本的なメカニズムは？

#15. 飛行中には肺活量が約10%減少する

- a. なし
- b. 横隔膜が挙上するため？、体液が胸腔内へ移行するため？、船内の圧の直接的な影響？
- c. 肺内の血液量、ガス量、血液量などの分布状態、横隔膜の形態と位置変化といった観察できる変化がどのような意味を持つか？

#16. ベッドレストではnorepinephrineの尿中排泄量が減る、但しすべての実験で確認できた所見ではない

- a. なし
- b. 交感神経系の機能的変化？、norepinephrineの放出または顆粒への取り込み障害？
- c. 制御機構：研究結果がなぜ一致しないか？、精神的なストレスが影響するか？

#17. Skylab飛行中のホルモン

血漿コルチゾール、angiotensin IIは増加もしくは不変血漿ACTH、insulin、aldosterone

は減少尿中ADH、epinephrine、norepinephrineは減少傾向

- a. なし
- b. 脳圧の亢進は脳神経系が調節しているホルモンの産生に影響を与える：血液や間質液の上半身への移行は血行動態に変化を来しその結果水分や電解質
- c. 代謝のホメオスタシスに影響を与える。
- d. 血漿aldosteroneが高いのに尿中へのナトリウム排泄量が増加していることは明らかに矛盾している、head down ベッドレストが0-G実験モデルとして適当か否かを確認する：0-Gの影響とほかの環境因子や作用因子との関連を比較

#18. Skylab飛行中の電解質

血清ナトリウムは減少
尿中ナトリウム排泄量が増加
血清カリウムは増加傾向
尿中カリウムは増加

- a. なし
- b. 心拍出量の増加または内分泌系の変化が腎に作用する
- c. 血清のカリウムが増し、しかも尿中のカルシウム排泄が増す、このようなカリウムの代謝は身体のどこで起こっている？、内分泌変化の知識を広げる

B-2. 飛行後またはシミュレーション後の起立調節障害のメカニズム

#19. 立位やhead up passive tiltで起こる頻脈：時に失神前状態や失神起立性低血圧：飛行後やシミュレーション後にみられるLBNPに対する耐性低下

- a. hypovolemia、一回拍出量の減少
- b. とくに下肢で血管、筋肉のトーンの著明な喪失、心血管制御反射の異常、下肢静脈の伸展性の増加、下肢組織圧の減少、圧受容体の感受性の減少、立位などでの迷走神経緊張と交感神経反射の存続、心仕事能の減少、内因性norepinephrineの放出障害
- c. 心血管機能にあずかる反射機序の崩壊の内

容と程度：これら機能障害の度合いがhypovolemiaの程度より強いのはなぜか？ 0-Gが下記のものにどう影響するか

(1) 圧受容体の感受性，数，分布，(2) 体温調節，(3) 右房圧，(4) 肺内の血液とガスの圧と流れ，(5)左房圧，(6)心房心室の機能的動態

#20. 立位，臥位での最大，亜最大仕事能の著明な低下

- a. 一回拍出量の減少
- b. 酸素摂取量，換気量，最大心拍数，LVEDV，心室充満圧，心拍出量の減少：身体活動の低下：筋力，筋トーン，pumping actionの低下，心容積と仕事能の低下
- c. 心肺機能を調節する反射機構にどの様にどの程度影響を与えるか：圧受容体への影響：心室の動態機能：飛行中あるいはシミュレーション中の運動の影響

#21. ベッドレストでは多くの場合LBNP testで下肢の血液貯留量は増えない，一方，飛行中には著明に増す

- a. なし
- b. 地上のモデルでは，血管や骨格筋のトーンを維持する因子がある，それは多分重力による静水圧較差：時々うつ伏せから仰臥位へと体位を変換することが多分影響している
- c. 上記#1に同じ

#22. 24時間ベッドレスト後には遠心力訓練を行っている者でも2.5G (eyeballs down) に対する耐性が20%減少する，訓練していない者はもっと顕著

- a. なし
- b. hypovolemiaと下肢の間質圧の減少
- c. 上記#2に同じ

コメント:

上述の循環系の様々な反応のうちLVEDV，LVESVなどの左室の形態と機能（#1，2，4，6，7，8，10，12）に関しては，実際の飛行中あるいは地上において，断層心エコー法に熟練した者が経時的に観察を行なうことにより情報を得ること

が出来る。左房圧（#1，3，4，5，6，7，8，9，10，11，12）は静脈還流量（左房流入量）のみならず左室コンプライアンス，左室拡張末期圧にも影響され観血的な手段以外に現在のところ測定方法はない。しかし超音波ドプラー法により左房流入量を推測することは血行動態の変化を知る上で意義は深い。

長期の宇宙滞在中と帰還後後に左室拡張末期容量の減少（#2）が起こることは研究者の間で一致した見解である。体重や循環血液量が回復した後にも持続することからおそらく飛行中のトレーニングに関係しているものと思われる。しかし1日に2時間のエルゴメータまたはアイソメトリックの運動負荷とLBNPを毎日行ない，地球帰還1-2時間前に塩分と水分の補給を行なっても左室拡張末期容量の減少は防げなかったという（文献3）。この現象は飛行中のトレーニングの意義にもかかわる問題である。今日，断層心エコー図による左室容量の測定の精度には疑問がないことから，機序の解明にはNMRを用いた代謝面からのアプローチも必要と思われる。NMRは骨格筋のdisuse atrophy（#11）の評価にも用い得る。

head down tilt後には立位性の調節障害がみられ，あらかじめhead down tiltを保っていてLBNPを行なうと循環系の反応がより強く現れることが知られている。head down tilt時には，インピーダンス心機図法を用いて測定した胸部の水分量が増加しているにもかかわらず一回拍出量は減少することより，胸腔内の水分量の増加は循環血液量の増加を必ずしも意味するものではない（文献4）。飛行早期あるいはシミュレーション時には下半身から上半身への水分シフトのみならず上半身での血管内から外へのシフトも急速に起こり，肺内水分量と血管内水分量の関係は刻々と変化すると思われる。それにより左室の容積も影響を受け（#1，4，5，6，7，8，9，10，11），同様なことがLBNPでみられる下半身への水分移動にも言える（#19，20，21）。このインピーダンス法は下肢プレチスモグラフィと併用することにより，上半身と下半身との間の水分移動を推察するのに用いている。LBNPを飛行中の無重力状態

で行なうと飛行前に比し下腿周囲長は増すことになる(文献1)。

同じhead down tiltの実験(#10)でも,そのプロトコールによって血行動態に差が出来,また時間的变化も異なってくる(文献5)。すなわち多くの場合5度の傾斜角が用いられているが,傾斜角をより強くすればより早い反応が見られるものと思われる。さらには地上において行なうRI法は動脈圧測定と併用することにより飛行前後のおおよその心室圧・容量関係(#1,4,6,7,8,12)を推察することが可能と思われる。

tegitic planning study committee, June 1988 Operational medicine Sanford JP, Huntoon CL, Bennett L, Linder BJ.

- Tavassoli M: Medical problems of space flight. Am J Med 1986, 81: 850 - 854.
- Greenleaf JE: Energy and thermal regulation during bed rest and spaceflight J Appl Physiol 1989, 67: 507 - 516.

引用文献

- 1) Procedure for investigation and analysis of the effects of space flight on the human cardiovascular system in the space shuttle era. Cardiovascular Laboratory and Flight Group NASA. 1988
- 2) Research opportunities in cardiovascular deconditioning. final report phase I NASA contractor report 3707, contract NASW-3616 July 1983 M. N. Levy and J. M. Talbot
- 3) Bungo MW, Goldwater DJ, Popp RL, Scandler H: Echocardiographic evaluation of space shuttle crewmembers. J Appl Physiol 1987, 62: 278 - 283.
- 4) Tomaselli CM, Kenney RA, Frey MAB, Hoffler GW: Cardiovascular dynamics during the initial period of head down tilt Aviat Space Environ Med 1987, 58: 3 - 8.
- 5) Tomaselli CM; Frey MAB. Kenney RA, Hoffler GW: Effect of a central redistribution of fluid volume on response to lower-body negative pressure. Aviat Space Environ Med 1990, 61: 38 - 42.

参考文献

- Spaceflight deconditioning and physical fitness, conference proceedings 1981
- 1 Loring BR: Cardiovascular adjustments to conditioning and deconditioning
- 2 Hellerstein H: Unique insights into problems of cardiovascular rehabilitation that may relate to spaceflight deconditioning and physical fitness
- Life sciences accomplishments. NASA 1986, 3 - 17. Space physiology and medicine: a research and development program for manned space flight clinical medicine.
- Exploring the living universe, a strategy for space life science report for the NASA life sciences stra-

体育会への医科学サポート活動について

大西祥平，大林千代美，山本哲史，木下訓光，小熊祐子，
勝川史憲，渡邊隆子，山下光雄，山崎 元

はじめに

競技力に關与する因子の一つとして競技者のコンディショニングがある。コンディショニングは抽象的な言葉であるが、コンディショニングの維持、改善には医科学的なサポートが無くてはならないものであるという認識が、ますます高まっているのが現状である。医科学サポートとして、医師、トレーナー、栄養士、運動心理を専門としたカウンセラーといった種々の部門の人と現場とのコミュニケーションを大切にしながら競技力の向上ならびに事故の防止につなげていくことはいうまでもない。

今回、慶應義塾大学内の競技環境を3点について調査した。栄養、医科学サポート状況の調査、そして3つ目は競技選手の健康調査である。栄養については食事調査を、医科学サポート状況についてはアンケート調査を、さらに競技選手の健康調査によるコンディショニング評価を行い、現状把握およびその対策について検討することを目的とした。

対象と方法

1) 食事調査

食事調査については、水泳部およびサッカー部を対象とした。平均的な3日間の毎食のメニューを所定用紙に記入したものと各食事内容を写真で記録したものを、管理栄養士が栄養価計算を行った。水泳部は1999年単年度15人、サッカー部については1997年32人、1998年44人、1999年53人の3

年間の食事調査を行った。さらに夏季の合宿所として使用する山中および館山合宿所の食事の見直しを行い、その食事に関するアンケート調査も行った。

2) 医科学サポート状況

医科学サポート状況については体育会39部を対象としてアンケート調査を行った。調査時期は2000年2月である。アンケート調査内容の抜粋を表1に示す。ケガの選手の数、競技参加の支障の有無、トレーナーの有無、医師の有無、救急時の医師への連携の有無など医学的サポート支援体制がとれているのかいないのかといった点を調査の主眼に置いた。

3) 健康調査

競技選手の健康調査については、内科的および整形外科的問診票を用いて行った。対象者は2000年5月現在、体育会に所属する全選手である。

結果

水泳部およびサッカー部の食事調査結果を表1に示す。

競技選手がより良いパフォーマンスを発揮させるには三つの因子が揃わなければならない。体力、技術、そして精神。さらに体力には有酸素運動能、筋力・筋持久力、体組成、バランス、柔軟性などの要素があり、これら要素を高めることが、大学生活最初の1年の最重要課題となる。しかし、この当然の方策が、現在日本の多くの大学で採られていないのが現状で、世界レベル(ユニバシアー

表1 水泳部およびサッカー部の栄養調査結果

	エネルギー	たんぱく質	脂質	糖質	P%	F%	C%	食塩	カルシウム	鉄	V.A	V.B1	V.B2	V.C	V.D	V.E	食物繊維
	kcal	g	g	g	kcal	kcal	kcal	g	mg	mg	IU	mg	mg	mg	IU	mg	g
18才, 176cm68kg	3750	110.0	114.6	569.7	11.7	27.5	60.8	10	700	12	2000	1.5	2.1	50	100	8	37.5
水泳部男12人	3234	109	102	438	13.5	28.4	58.2	14.3	689.0	13.6	2963.7	1.6	1.9	129.7	161.1	9.4	14.9
水泳部女3人	1875	62	69	245	13.5	32.5	54.1	10.2	371.6	7.7	1840.4	0.9	1.0	117.1	288.4	6.7	8.2
サッカー1997年男32人	2583	86	87	273	13.4	30.2	42.2	11.7	625.0	10.5	3759.0	1.3	1.7	129.0	333.0	9.1	14.4
サッカー1998年男44人	3902	142	137	502	14.6	31.7	53.7	17.0	1022.6	18.5	5525.6	2.4	2.8	227.7	417.7	14.9	22.3
サッカー1999年男53人	3382	129	117	435	15.3	30.6	54.1	15.2	1060.0	16.7	5589.0	1.5	2.9	184.0	353.0	12.0	17.6

ト大会)でみた大学競技スポーツの伸び悩みの大きな原因となっている。さらにもっと根本的な問題が競技選手の大学生活の中にある。それは毎日の食事。ファーストフードなど外食産業が隆盛になるにつれ、日本人の食習慣が大きく変化し、三大栄養素、炭水化物・たんぱく質・脂肪のバランスが崩れ、脂肪摂取率は30%を超えている。脂肪摂取過多は生活習慣病、肥満・高血圧・糖尿病・心臓病発症の引き金であり、競技選手にとっては上記要素を含む体力向上の大きな障害となっている。1997年度のサッカー部に対して行った栄養調査結果をみると、総エネルギー摂取量が2,583キロカロリーと非常に低い値であり、さらに総エネルギー量に占める三大栄養素、たんぱく、脂質、炭水化物、PFCバランスをみると脂質の占める割合が30.2%とバランスの悪い食事であった。この時点で選手全員に栄養指導を行い、翌年度の1998年および1999年度に同様の調査ならびに栄養指導を行った。結果として表1に示すように総エネルギー摂取量は増加したがPFCバランスの改善までは至らなかった。また単年度調査を行った水泳部では総エネルギー摂取量3,232キロカロリー、脂質の占める割合28.4%と比較的良好な値であるが、まだまだ不十分な値であると判断される。その他、ビタミン類の摂取は十分であるが、繊維の摂取量がかなり少ない。

以上の調査結果から毎日の摂取すべき食事内容を改善する方法の一つとして、夏季休暇における合宿での食事について指導管理することがまず必要であると考えられた。そして本塾体育会の合宿所である館山と山中湖の2カ所における食事を管理栄養士と業者との協力のもとに5日間の日替わ

りメニューを作成した。メニューの基本コンセプトは3点である。まず基本食として3,500キロカロリーを提供、脂肪の割合を25%前後にコントロールした食事、そして3点目はバイキング形式である。3,500キロカロリーの食事とはどのようなものであるか、またPFCバランスを考慮した食事内容とはどのようなものかといった選手への日頃の食事の選択に参考となるよう、教育的な見地に立ったメニューを作成した。また基本食からさらに必要であれば自由に取れるようにということでバイキング形式にし選手の自主管理の必要を意識させることを意図した。

大学スポーツ医学研究センターは運動選手の競技力向上と事故の防止、一般人の健康、疾病予防・治療のための運動に関する研究という命題の元に活動している施設である。また運動選手の食事調査および管理栄養士による栄養指導を行っている。栄養調査の結果から、総エネルギー量の不足(目標値の70%)、脂肪摂取率の過剰(目標値の+5%)、そしてたんぱく質の不足(目標値の-20%)が明らかとなっている。父母の元から通っている学生はさておき、一人暮らしをしている学生の食事調査、また多くが不適切な食事内容の改善を目指した講義を繰り返し、良い成果をあげている。

体育会合宿所の食事管理として平成11年度、山中湖・館山合宿所の食事に最新のスポーツ栄養学の知識をとり入れ、新たなる食事メニューを作成した。総エネルギー量の十分な食事、三大栄養素のバランスの調整を目指したものである。また食事提供をバイキング形式とし自分自身に適した食事量の調節を可能とし、教育的な要素を盛り込んだものとしている。週5日の日替わりメニューと

し、その献立メニューの1日を表に示す。総エネルギー量は3,510キロカロリーで炭水化物55%、たんぱく質25%、脂肪20%である。

平成11年度の食事の問題点を改善すべく、平成12年度夏合宿に向け選手ならび監督・コーチの要望を取り入れて、基本には大きな変化はないが、より魅力的な食事メニューに変更するよう栄養士と相談し作成した。合宿所（山中湖、館山）の食事の改変点は以下の如くである。

昨年度からの変更事項

朝食を和食と洋食の2つの様式

トータルカロリーに対する脂肪の割合を25から30%の間に

昼食を米飯中心に

間食は中止、夜食へ変更

バイキング形式は変更無いが係が食盛を行う

食事の成分表を提示する

分岐鎖アミノ酸、プロリンの必要性からの食品の吟味

カロリー量は前回と同様にする。

2) 医科学サポート状況について

チームが決めた専属の医療施設または緊急時に対応してもらえる医療施設の有無、選手のコンディショニング調整に必要なマッサージ、鍼灸などの施設の有無、チームドクターの有無、トレーナーの有無そして定期的にメディカルチェックを行っているかどうかを調査した。

医療施設：アメフト、バスケット（女）

医療施設以外：競走、サッカー、空手

チームドクター：端艇、蹴球、サッカー、バスケット、バレーボール、アメフト

トレーナー：野球、庭球、競走、バスケット、バレー、アメフト

メディカルチェック：剣道、水泳（葉山）、野球、競走、サッカー、スケート、バスケット、アメフト、航空、ゴルフ、合気道

体育会39部中の医科学サポート状況は一部の競

技に限られていることがわかる。より多くの部に十分なサポートが必要であると考えられるが、その必要性について、運動選手の健康調査をさらに行った。

3) 運動選手健康調査

39の体育会各部全員に内科的および整形外科的健康状態に関するアンケート用紙を配付した。35の部、男子575名、女子115名、計690名の解答を得

表3 健康調査アンケート回収数

部	解答数
アメフト	43
ゴルフ	39
スキー	5
スケート・アイスホッケー	1
スケート・フィギュア	4
スケート・ホッケー	37
サッカー	9
ハンドボール	6
バスケットボール	28
バドミントン	12
フェンシング	4
ホッケー	17
ボクシング	4
ヨット	10
レスリング	7
弓術	65
空手	13
剣道	61
拳法	2
硬式野球	51
航空	9
合気道	18
山岳	5
自動車	6
射撃	10
蹴球	58
柔道	22
重量拳	4
準硬式野球	8
小林寺拳法	10
水泳	22
相撲	2
卓球	13
端艇	29
庭球	29
馬術	12
洋弓	15
Total	690

た(表3)。

内科での問診結果

- 1) 現在通院中63/683 (9.2%) , 2) サプリメント使用179/678 (26.4%) , 3) 貧血といわれたこと107/680 (15.7%) , 4) 喘息の既往26/680 (3.8%) , 5) 気絶27/679 (3.9%) , 6) めまい289/680 (42.5%) , 7) 胸痛279/680 (30.7%) , 8) 疲労感262/680 (38.5%) , 9) 血圧が高い77/680 (11.3%) , 10) 心雑音84/681 (12.3%) , 11) 動悸50/680 (7.4%) , 12) 突然死の家族11/678 (1.6%) , 13) 川崎病の既往1/680 (0.1%) , 14) 目の異常122/680 (17.9%) , 15) 湿疹147/680 (21.6%) , 16) 頭部外傷189/680 (27.8%) , 17) 頭部外傷と失神80/680 (11.8%) , 18) てんかん17/680 (2.5%) , 19) マウスガード使用90/680 (13.2%) , 20) 熱中症の既往66/680 (9.7%)

整形外科的問診結果

競技種目と障害部位との関連についてみた。

表4 障害部位別頻度

障害部位	人数	%
頭・顔・目	96	13.9
胸・腹	31	4.5
肩・上腕	126	18.3
肘	70	10.1
手・前腕	166	24
腰	163	23.6
股関節・大腿	59	8.6
膝	122	17.7
下腿・足	193	28

- 1) アメリカンフットボール 胸・腹部を除いて全ての部位で障害頻度は高く, 肩・上腕, 手・前腕, 腰, 下腿・足において35%の選手に障害を認めている。
- 2) ゴルフ 全般的に障害頻度は少ない。
- 3) スキー アルペン・クロカン含めて肩・上腕そして膝の障害頻度が高い。両者とも40%に達する。
- 4) スケート フィギュアは4人と数は少ないが, 下腿, 足関節以下に75%の頻度で障害を認める。その他, 腰, 膝にも半数に障害あり。

- 5) スケート ホッケーは手・前腕に30%, そして頭部に18.9%障害を認める。
- 6) ソッカー 下腿・足に56%, そして理由は不明だが手・前腕にも同様の頻度で認める。
- 7) ハンドボール 67%に腰の障害あり。
- 8) バasketボール 下腿・足57%, 手・前腕43%, 腰21%, 顔14%の順で障害を認める。
- 9) バトミントン 腰に半数の選手障害あり。
- 10) フェンシング 前腕・手に75%, その他腰, 股関節, 膝に半数の選手障害あり。
- 11) グランドホッケー 顔53%と最も多く, 前腕・手, 膝, 下腿・足に20から30%障害あり。
- 12) ボクシング 例数少ないためコメントできず。
- 13) ヨット 半数に腰の障害あり, そして下腿・足に40%障害認める。
- 14) レスリング 腰を含む下肢の障害を半数前後に認めている。
- 15) 弓術 腰30%に次いで肘に23%障害あり。
- 16) 空手 腰および下腿・足に半数近く障害あり。
- 17) 剣道 下腿・足に39%障害あり。
- 18) 拳法 例数少ないためコメントなし。
- 19) 硬式野球 肩・上肢に30%前後障害あり。
- 20) 航空 問題なし。
- 21) 合気道 前腕・手, 下腿・足に22%障害あり。
- 22) 山岳 例数少ないためコメントなし。
- 23) 自転車 特になし。
- 24) 射撃 下腿・足30%障害あり。
- 25) 蹴球 肩・上腕, 下腿・足, 腰そして頭30から35%障害あり。
- 26) 柔道 特になし。
- 27) 重量挙げ 例数少なくコメントなし。
- 28) 準硬式野球 腰から下肢にかけて障害多い。
- 29) 少林寺拳法 特になし。
- 30) 水泳 肩・上腕に27%障害あり。
- 31) 相撲 例数少なくコメントなし。
- 32) 卓球 特になし。
- 33) 端艇 障害少ない。
- 34) 庭球 下腿・足38%障害あり, 腰, 手・前腕に24%障害を認める。
- 35) 馬術 特になし。
- 36) 洋弓 特になし。

以上障害の部位と競技種目との関連について検討したが、これら障害を過去にまた現在有する選手に対し、さらに整形外科的障害の予防を講ずることが必要であり、平成12年4月より、川崎市立井田病院整形外科の協力を得て、重量挙げ、弓術、バドミントンのメディカルチェックおよびその対策についての事業を開始した。さらに、整形外科的サポートとして川崎市立川崎病院整形外科、神奈川県済生会病院整形外科を含めた整形外科的サポート体制を構築した。内科的サポートは本スポーツ医学研究センターにて行うこととした。

アスリートのメディカルチェックおよび その結果としての競技参加制限・中止勧告における 社会的・法的・倫理的問題

木下訓光，山本哲史，小熊祐子，勝川史憲，大西祥平，山崎 元

近年我が国においても，競技スポーツ選手のメディカルチェックが慣例化しつつあり，その方法論も多岐にわたる。どのような対象（種目，年齢，レベルなど）にどのような方法で（locker room technique, individualized examination, station technique, など¹⁾），何を（検査項目，問診事項など）行うべきかということは，本来経済性や法的・倫理的問題の検討を抜きには語れぬものであり，統計的根拠に裏付けられたものであることが理想である。望ましいスクリーニングテストのあり方については，WHOの勧告²⁾（表）にもあり，メディカルチェックの制度作りを担当する医師はこれらに留意しなければならない。アスリートにおける各種検査法やスクリーニング方法のcost-benefitに関しても多くの検討があり精通している必要もある。このような研究成果によると，若年アスリートにおいては安静12誘導心電図をはじめ多くの検査法の妥当性がいまだ確立していないことがわかる³⁾⁴⁾。しかし検査天国の我が国の場合，問診や身体所見よりも高額な検査を優先しがちな傾向があるのは競技スポーツ選手のメディカルチェックに限られたことではない。したがって若年競技スポーツ選手に運動負荷心電図や心エコー，MRIなどの高額な検査を導入する際，担当医師・機関は少なくとも公的に主張できる医学的根拠をもち，かつ検査にともない発生する料金がいたずらに選手側の負担にならないよう配慮せねばなるまい。スクリーニング法として必ずしも費用とのバランスがとれていない高額な検査の受診を参加の条件づけとし，選手の経済的負担を考慮しない

事態は医の倫理にも反する⁵⁾。

ところで我々の施設ではアスリートのメディカルチェックに心エコーを積極的に導入している。心エコーは，一般に若年アスリートのメディカルチェックにおいて義務的に行うべきではないとされている³⁾。当該集団に心エコーを行う場合その最大の関心は若年アスリート突然死の最たる原因である肥大型心筋症（HCM）の発見にあると思われるが，その有病率あるいは同年齢層における浸透率が，心エコーによるスクリーニングにかかる時間・検査費用・技術・人件費に見合わない⁶⁾，HCMは家族歴を含めた問診や詳細な身体検査やより低価格な心電図検査などによってある程度発見可能である⁷⁾，などが理由である。しかしこれらの懸念に反して，当施設で心エコーを行っている根拠を挙げると，

- (1) 当施設は慶應義塾大学附属の施設であり，対象の多くが義塾所属の生徒・学生である。当施設の使命として，義塾のアスリートを突然死などの不幸から最大限守るということが挙げられるため，より確実に精度の高い検査方法が望ましい。
- (2) 当施設が保健医療施設ではないことを活かし，心エコーの料金を格安に設定，生徒・学生の負担にならないようにしている。検査に関連して発生する費用は大学よりの予算などでまかなっている。
- (3) 現在所属する6名の医師のうち，4名が循環器を専門としており，人的・技術的必要性を充足させるよう配慮している。

などである。また対象者によっては特別な理由で積極的に心エコーを促す場合もある。たとえばバスケットボールやバレーボールにおいては身長の高い選手が集まりやすく、マルファン症候群を持つものが他の競技よりも多いことが予想される⁷⁾。マルファン症候群は高率で心血管系合併症を有し⁸⁾、特にアスリートにおいては大動脈瘤は致命的となる⁹⁾。典型的な容貌を呈するマルファン症候群を検出することは容易であるものの、長身以外の外見的特徴が顕著でない場合もあり¹⁰⁾、残念ながら通常の検診においてそのような非典型例を見逃していることも少なくない印象がある。したがってこの致命的合併症を100%確実に発見しようとするならば心エコーに頼る他ない。なぜ100%かといえ、アスリートにとってHCMはpossibly lethalであるが、大動脈瘤はabsolutely lethalであるからだ。arm spanの測定やslit lamp検査をスクリーニングに導入している報告もあるが¹¹⁾、疾患検出力については不明である。そこで我々としては特にレベルの高いバスケットボールやバレーボールの選手・チームには心エコー検査を積極的に呼びかけるようにしている。ハイレベルであるほど、身長の高い選手が多いことも理由の一つである。ただし当然スポーツ選手に身長の高いものは多く、このようなリスクを潜在的に持つ者はあらゆる競技にわたって存在するはずである。したがって、身長の高い選手は競技にかかわらず同様の関心の的にすべきであろうが、その実態を包括的に調査した報告は乏しい。バスケットボールの競技特性や種目事情、選手のrecruitmentに無意識または意識的に影響を与える「バスケットボールに向けた体型」のイメージなどが、自然とマルファン様体型を集める可能性も無いとは言えない。さらに種目単位・競技団体単位でスクリーニングを行うことは効率の点からも有利であり、また我々の経験からも、メディカルチェックで発見した高身長でかつ大動脈瘤を有する選手がバスケットボールやバレーボールを行っていた事例が多く¹²⁾、不確定ながらこれらの種目選手に心エコーを行う医学的根拠はあると考えている。ただし、あくまで費用の問題を解決した上でのこ

とであることは改めて強調しておきたい。いくら可能性があるからといって、心エコーにともなう高額な医療費のすべてを選手に負担させる根拠は現状では見当たらない。施設が負担するか、あるいは将来、種目別の有病率に関する統計的根拠が確立したら、チームや協会などが費用の一部を負担する制度を考慮してもよいかもしれない。実際我々がメディカルチェックの一端を担っている実業団バスケットボールチームでは、当センターで施行する心エコーの費用は会社が負担しているところもある。

競技団体によるメディカルチェック費用の負担という考えについては当施設が日本相撲協会の委託を受け行っている大相撲力士のメディカルチェックも参考になるかもしれない。現在力士検診の一端として行われている心エコー導入の背景には、過去において現役力士に心臓性突然死が相次いだ経緯がある（詳細は当施設の大林らの報告を参照¹³⁾）。心エコー導入の理論的根拠としては、

- (1) 大相撲は日本の国技であり、力士の死が与える社会的波紋は極めて大きい。また幕内力士等の本場所における試合はすべてテレビを通じて実況放送されているため、土俵上での心事故発生を可能なかぎり避けたい。したがって危険な疾患はあらかじめ確実に把握する必要がある。
- (2) 通常メディカルチェックにおいて重要な役割を担う聴診は、力士のような極端に過体重で胸壁の極めて厚い体格の持ち主において信頼性は低くなると考えられる（自験例であるが、ある横綱では心エコー時最大限プローベを圧着させ胸壁を圧排した状態で、胸骨左縁短軸像において体表面より心室中隔までおおよそ12~3cm、心尖部アプローチで全体像を収めるのに優に20 cm以上の深さを要した）。
- (3) その点心電図は有用であるが、検出できる疾患は限られ、また力士に多い左室肥大（過体重、スポーツ心臓、そして高血圧が関与すると考えられる）の検出・評価には前項と同様の理由からほとんど役に立たない¹⁴⁾。

などの理由があげられる。相撲協会側も上記の概念に理解・賛同し、委託事業としてこれを行うことで、協会側の一部費用負担に一応のコンセンサスを得ている。

もう一つ心エコーなどの高額な検査に共通するのは技術的問題である。このような検査は訓練された経験と技術によって裏打ちされなければ行う意味がなく、それが設備投資に上乘せして検査費用を高くする一因ともなる。アメリカにおいては、一般の身体所見や問診などにおいても担当者の技量に格差があり、メディカルチェックの信頼性に大きなばらつきがあることが指摘されている¹⁵⁾が、これは当然我が国においても起こりうる事態であり、特殊な検査を導入すればそのような問題が発生する可能性はさらに高くもなる。実際、マルファン症候群の家族歴のある選手に心エコー検査を行いながら、大動脈瘤を見落としていたと考えられるケースに遭遇したことがある。

技術の問題だけでなく設備の問題もある。たとえば心エコーについていえば、先述の大相撲力士検診においては彼らのような体格・胸壁でも確実な診断が行えるためには空間分解能の優れた心エコーを用いなければならず、旧式のまたは簡易式の安価な機種による検査では診断上多くの困難に遭遇するため、時間や労力、診断精度に支障が生ずる可能性がある。また運動負荷心電図も同様である。運動負荷心電図を若年アスリートに行うとするならば、川崎病の後遺症や先天性の冠動脈異常、運動誘発性不整脈などの検出が主目的となるが、これらの有病率¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、および症候限界性に負荷をかけた場合における検出率¹⁹⁾²⁰⁾と費用とのバランス関係からは、安易に若年アスリートにスクリーニングとして行うことは慎むべきとも考えられる。しかしそのような集団において統計的に妥当性を評価した検討も現在のところ見当たらない。ちなみに神奈川県では国体出場予定選手にはメディカルチェックで運動負荷心電図を行うよう義務づけているが、選手が直接負担する費用について工夫がなされており、費用の問題に配慮されている。しかし神奈川県の国体選手のメディカルチェックを管轄する神奈川県体育協会スポーツ医

学委員会の副委員長である大西らの報告²¹⁾では、多くの選手の場合、受診先施設の負荷様式がマスターの2段階昇降試験であり、提出された負荷後の心拍数上昇が不十分であったという。マスターの試験は病院などで患者を対象にした場合でも、いくつかの理由から欧米ではほとんど行われていないが、身体能力に優れるアスリートにおいても負荷レベルがあまりに低く上記疾患のスクリーニングには不適である。筆者の経験においても、ある病院で若年アスリートのスクリーニング目的に慣例的に行われていたマスターの2段階昇降試験について相談をうけ、過去の成績を検討のうえ中止を助言したこともある。しかしトレッドミルやサイクルエルゴメーターと記録用の心電図装置一式を備えるためには、場所の確保と高額な設備投資とが必要となる。したがってoffice-based/individualized examinationとして若年アスリートのメディカルチェックを行う場合、これを義務化することは難しい。さらにこのケースのように中規模以上の病院で設備が既に備わっていても、検査に要する時間とマンパワーもマスターの試験より増やさねばならず、一般病院の中でstation techniqueとして実施するにしても困難が伴う。欧米の勧告では運動負荷心電図の義務化の是非については言及すらされていない⁶⁾²²⁾。実際、先の筆者が経験したケースでは、費用その他のことも考慮して結局メディカルチェックではマスターの試験の代わりにトレッドミルなどによる運動負荷心電図は導入しないことになった。一方神奈川県の場合、選手の費用負担の問題には既に対策がとられているため、先述の大西らの調査²¹⁾をふまえて2000年度より運動負荷心電図にはトレッドミルやサイクルエルゴメーターによる負荷を推奨し、設備のある数施設で重点的に検査を行う(station technique)ようにしている。また種目特異性を考慮した案なども検討されており、今後若年アスリートのスクリーニングにおける運動負荷心電図の役割に関する成績が報告されることが期待される。

このようにアスリートのメディカルチェックのシステムは、疾患を未然に検出さえできればよい

というだけで完成するものではない。しかし我が国ではメディカルチェックに関する指針や勧告などを報告する際、せつかく専門の医師が経済性や倫理的問題を十分に検討していても、その過程や根拠が活字となって広く知らしめられる機会があまりないのは残念である。専門の医師にとってはあたりまえの概念であっても、アスリートのメディカルチェックはプライマリケア医療の一つとして実践されており、このような考え方を明文化して示すことは重要であると考え。また状況に応じて選択される方法が変わること、またその方法論についても常に見直しなどをしていく柔軟な姿勢が必要であること、なども確認しておきたい。

さて、盛んにメディカルチェックが行われれば当然競技スポーツ継続を断念または制限しなければならぬ疾患を発見する機会も増える。疾患や病態、重症度ごとに参加許可できるスポーツの種目・レベルについて柱となるガイドライン²³⁾²⁴⁾があるため、判断の助けになるが、アメリカのガイドライン²³⁾にも記されているように、その判断基準はあくまで指針であり、最終的な判断は患者(選手)と主治医との間の信頼関係に基づきケースバイケースで決定されるべきものである。したがってメディカルチェックの結果告知や競技の制限・中止勧告は本来は安直に行うべきものではなく、あくまで医師患者関係のモラルに則ったものでなければならない。そして異常が発見され、それが選手生活を左右するものであれば、とりわけ守秘義務へも配慮が必要となる。さらにもしその選手が社会的知名度のある人間であれば、当たり前のことであるがメディアに対する対策にも注意しなければならない。我が国の学校現場などでは、選手の異常所見についてクラブの顧問や監督に直接報告することが慣例的に行われている。管理者として顧問や監督は当然これら選手の健康状態について十分に把握しておくべきであり、またほとんどの事例でプライバシーの保護が問題になることはないが、万事この調子で行うことには多少注意すべきと考える。学校現場とはかけはなれた極端な例になるが、あるメジャーリーグ野球のチームではチームドクターがスプリングキャンプ中に、

HIVなどの感染症をチェックすることを選手に勧めているが、仮にHIV陽性でも、医師からその結果を監督やコーチ、ゼネラルマネージャーに報告することはないという。習慣にしたがってこのような配慮を欠いた場合、思わぬ落とし穴に遭遇するとも限らない。例えばメディカルチェックで鉄欠乏性貧血を発見したら指導者を交えて告知・指導してしまうことにクレームがつくとは思えないが、肝機能異常を発見して、精査によってB型またはC型の慢性肝炎だったとしたら、いきなり直接指導者に報告することはしないだろう。指導者と情報を共有しながらでなければ体調管理と競技生活を両立させていくことは難しい場合があることを選手や家族に理解してもらったうえで報告することを促すべきかとも思われる。また選手の行っている競技がチームスポーツまたはコンタクトスポーツならどうだろう。場合によっては競技生活を継続するためにチームメートの理解や協力も必要になるかも知れない。このような医師の守秘義務とチームドクターや学校医としての報告義務における法的・倫理的ジレンマについては先に触れたアメリカの勧告²³⁾に詳しい記述があり、またその概要を山崎ら²⁵⁾が日本語でも紹介しているので是非一読されたい。

現在筆者らがコミッションドクターを務める全日本学生キックボクシング連盟では、メディカルチェックで参加選手全員に頭部単純CTを行っている。これは練習・試合において経験する頭部への打撃が致命的外傷をひきおこすとされるいくつかの先天奇形や異常(ただしこれらの状態が本当に致命傷につながる危険が高いかどうかは、専門家の間でも意見が分かれている)を未然に発見し、必要とあらば競技参加の制限・試合参加の中止を勧告するためのものである。かつて頭蓋内のある異常のため競技活動を制限し、試合参加を禁じた大学1年生の選手が存在したが、彼の競技に対する思い入れは強くフルコンタクトのスパリングやマスボクシングなどを避けながらトレーニングを続け、連盟の裏方としての仕事にも積極的に参加していた。当然このような条件下で競技を続けるには指導者へのある程度の情報提供は必須であ

った。また彼の状況は部員達の関心の的にもなるため、さらに彼自身が話すことを厭わなかったせいもあり、彼の試合参加の欠格事由については他大学の選手も含め選手間で広く知られる状態となった。ところが彼が大学4年生の時、卒業を迎えるにあたりどうしても試合をしたいという申し出があった。当初は脳外科医も含め連盟の医師達は原則を曲げることに強く反対したが、大学側・家族を含めて話を進めた結果、最終的には特例として条件付きで試合参加を認める決断をした。条件というのは、リングサイドの脳外科医が試合中、頭部への打撃が少しでも危険の可能性ありと判断した場合、または頭部への攻撃を受けずとも消耗して十分な防御体制がとれないと判断した場合ドクターストップとし、その判断は厳しく行うというものであった。リングサイドにおける判断は公平かつ客観的に行うよう努めていても結局医師の主観に委ねられるため、申し出をした選手にはかなり厳しい条件となったはずである。それでも試合に参加し結果的には何事もなくすべてのラウンドをこなして試合を終えることができたのだが、ドクターストップ・TKOの判断ということ以外にも、この事例はスポーツ選手の競技参加禁止およびその判断に関するいくつかの倫理的問題を考えさせるきっかけとなった。まず根本的には「その異常が本当にキックボクシング中に起きる頭部への攻撃によって致命傷につながる危険があるのか」という問題で、言うまでもなくこれには統計的な証拠はない。連盟の脳外科医らの理論的根拠をもとに、アマチュアスポーツとして参加選手の安全対策に万全を期すという観点で裁定しているわけである。アメリカではこのような問題が社会的関心の的になることがしばしばあり、選手としての才を認められ高額な奨学金を手に入れた大学の花形選手やプロスポーツ選手の場合、競技中止勧告をめぐる判断の決着が法廷にまで持ち出されることがある。たとえば花形高校生バスケットボール選手Nicholas KnappのケースがMaronらによって報告されている²⁶⁾。彼は卒業を控えた時期に行われた試合中に心室細動で倒れ、一命をとりとめたものの肥大型心筋症の存在と心室細動の再

発を指摘され除細動器の埋め込み手術を受けた。すでにNorthwestern 大学からathletic scholarshipの約束を取り付けていた彼は、そのまま同大学へ進学したものの、バスケットボールチームのチームドクターより、競技の継続を禁止された。これを不服としたKnappはRehabilitation Act と呼ばれる法令のセクション504(a)の記載、“no otherwise qualified individual with a disability in the United States ... shall, solely by reason of her or his disability be excluded from the participation ... in any program or activity receiving Federal financial assistance”を根拠に、大学側を提訴した。法解釈や競技中止勧告における法廷の役割、評決の反転などの経緯は同文献を参照していただきたいが、競技参加の中止勧告をする医師の責任と、勧告にまつわる倫理的ジレンマについて深く考える機会を与えてくれるかと思われる。医師は、臨床経験や医学的研究に基づくevidenceについて常にup-to-dateでなければならず、選手や指導者、家族と信頼関係を築いたうえで裁定を下すことが要求される。また判決にも言及されているが、その勧告に対して異論が存在していても、チームドクターが医学的根拠に基づく勧告にしたがって裁定することは妥当である。したがって逆に、個人的なopinion baseの判断となる場合は慎重を期す必要があるといえよう。

全日本学生キックボクシング連盟で起きた事例に関するもうひとつの倫理的ジレンマは、対戦する選手における問題である。このケースの場合対戦者は、先述したような経緯で当該選手がかつて頭蓋内の問題で試合を禁止されていたことを知っていた可能性が大きいのだが、普段より我々医師側が口を酸っぱくして選手の安全管理・事故防止を唱えているため、対戦選手に自らの手で(異常のある)相手選手の致命的事故を招くのではないかという不安を与えかねなかった、ということである。結果として手加減をする、などということがあるならば、格闘技の性質上意味のある試合が成立するか、という疑念が生じた。残念ながらこれについては全く解決する手だてもなく試合を見守ることになった。似たような問題は、NBAの

レイカーズ、アーヴィン・“マジック”・ジョンソン選手がHIV陽性であることを告白した直後に起きた他チームの選手のパニック（試合中に感染する危険に対する）にも見て取れる。またアメリカのプロボクシングでも州によって、HIV陽性選手の試合を禁止していたり、許可していたりするため、ある州で禁止された選手が他州で試合を行う、という事態も発生している。

このようなジレンマは、異常所見の守秘や告知の際に常についてまわり、我が国でも思わぬ波紋を呼ばぬとは限らない。スポーツドクターは常日頃からこのような問題に関心を寄せておく必要があるであろう。

さて異常所見の告知の問題にもどるが、選手本人の意見を確認すると、医師から見て軽度の異常所見でも黙っていて欲しいと言われることは決して少なくない。最終的に指導者や管理責任者に報告するとしても、選手の感情に配慮するか否かで良好な信頼関係を左右するとも限らない。したがって1. 選手本人, 2. 家族, 3. 管理責任者（コーチ, 監督, 担任, 顧問など）の三者にそれぞれ気配りをする必要がある。些細な異常については三者の立場や報告順についての境界線はあいまいなことが多いが、選手生活や社会生活を左右しかねない結果については、常にこれら三者の立場に留意し、インフォームドコンセントの上に最終的には選手の異常について三者ともが平等で正確な情報を得られるよう努力している。選手にとって彼らの競技レベルが高いほど競技中止の勧告の与える衝撃は大きく、したがって重大な異常に関しては癌の告知と同じような心構えで臨むべきであろう。かつてHIVの専門家が、患者へのHIVの告知は外来などで短時間かつ簡単に行うべきものではなく、癌の告知と同じ体勢で臨むべきだと述べていた。患者の精神的衝撃への配慮もさることながら、安直な告知が患者の医療機関からの逃避を促し、患者自身を救えないばかりか自暴自棄になった患者によるHIVの蔓延にもつながりかねないからだという。顛末は異なるとしても同じような考え方がアスリートへの競技中止勧告についてもできるかと思う。選手自身も後年その引退劇を

心静かに振り返ることもできるかもしれないが、深刻な異常の存在と競技断念という二重に過酷な運命は選手によっては死刑宣告と同様に映るかもしれない。先述のHIVの告知のように、選手は場合によって競技の制限や中止を勧告した医師や医療機関との接触を絶ち、多少なりとも競技継続を許可してくれる医師を探し求めるということをする（doctor ‘shopping’）。そして先にも触れたが、ある程度evidenceの集約された勧告が存在し、そこではっきりと競技継続の危険性と中止の勧告が謳われている疾患を持っているにもかかわらず、競技継続が許可される場合もある。先のNicholas Knappも結局その後、他大学で一時競技を行ったといういきさつがある。また逆もしかりで、なんら競技を制限したり中止したりする必要がないと勧告している異常を有する選手に過度の制限を加えてしまい、この選手が医療機関を変えることで勧告に基づいた適正な判断を得ることもある。このような誤解は専門家の中で意見が割れるような判断の微妙な疾患・異常について起こるのでなく、大多数の医師が競技継続を致命的行為と考えるような疾患や、逆に多くの専門家が問題ないと考えられるような異常についても発生しているのが現実である。

医師が自分の患者に癌を発見しこれを本人へ直接告知するのは緊張感の伴う行為である。競技の中止勧告の場合にも選手のメンタルケアに十分な配慮が必要なはずだ。どのようなレベルの選手でも事態に当たっては慎重かつ時間をかける必要がある。プロの選手でないからといって精神的衝撃が少なく済むというわけではない。受け止め方は個人の資質に大きく左右される。癌患者では、事実の否認、怒り、取引を請う、などの情緒的過程を経て受容的境地へ達するという。競技中止を宣告する際、何にも増して重要なのは発見された異常・病気について、専門用語を避け、病態や原因・予後などについて十分説明することと、選手が抱くいかなる些細な質問にもていねいに答えていく姿勢である。すなわち通常病院で手術や治療、検査の際に行っている『説明』のプロセスとまったく同じことをすればよい。したがって外来の3

分診療の枠の中で行えるものではないとも思う。かつて他院で肥大型心筋症と診断されて競技参加を制限されたバスケットボールの公式審判員が、活動を制限すること自体にはやぶさかではないが、前医では「なぜか」の説明があまりにも乏しかったため納得できないと相談を受けたことがある。選手の病気について正確な情報を提供し、これを理解してもらうことによって、選手に惹起される不安感を最小限に留めなければならない。その理解の上で初めて、なぜその疾患を有することと競技の中止が関係するのかという話になる。その際、医学的な根拠を提示して説明することは必須だが、医学的根拠の指し示すところはあくまで競技継続によって高くなることが予想される生命への危険性のみであり、その根拠自体や医師の個人的な哲学が競技中止を決定するものではないということも確認しておきたい。医師は医の倫理に基づき、人々の健康の維持・増進につとめねばならず、その人類愛の見地から見解を述べるだけである。競技継続・中止の最終的判定は、本人の意思と指導者・監督機関などの方針によってなされる。したがって本人が競技継続を希望し、これを大学やチームなどの監督機関および親族が認めてしまうと危険を抱えたまま競技を続けることになる。選手の個人的な人生観に加え、様々な事情が選手やそれを取り巻く人々にこのような選択肢を選ばせてしまうのだろう。医師の裁量権の領域外にある問題であるが、それが少なくとも常に、医師による正しい情報提供と、医学的根拠に基づいた危険性の理解の上での選択であり、誤った情報や歪んだ医師・患者関係によって影響された結果でないことを望むばかりである。したがって、選手の理解を促し、困難な選択をするうえで精神的な支えを与える意味でも、家族などには当然情報提供を行い理解を得ることは重要である。また家族へ話をする際は、本人の同意や理解を得たうえで行うのが望ましいと考える。ただしその医師がチームや学校などと契約を交わしたチームドクターや学校医なのか、全くチームなどに法的に拘束されない独立した立場の医師なのかによって、あるいは未成年者か否かによって情報提供のあり方は異なる

ものと考えたほうがよさそうである（詳しい議論は文献23, 25を参照）。さて家族の中には感情的に競技継続へ執着・期待するものもあるし、その逆もある。しかし医師はおのが主観に溺れることなく、正確な事実や情報の提供と適切なアドバイスを行うよう努めねばならない。また選手の心の支えになるのは必ずしも家族とは限らない。苦労を共にしたチームメートかも知れないし、監督やコーチ、先輩かもしれない。本人の了承を得ながら、少しずつ選手の選択に助言や力を添えることのできる人の輪を広げていくことも必要になるかもしれない。チームドクターの法的責任や社会的立場が必ずしも明確でない我が国では、個人の医師がチームと選手の橋渡しなど最後まで面倒を見なければならないこともある。したがって最終的には監督責任者・機関の方針を確認し、選手側と選手のとった選択について協議できるように話を進めていかねばならない。高度に医学的な問題であるため、通常は主治医（またはチームドクター。同一人物であることもあるし別人であることもある）の意見が責任機関の方針決定を左右するであろう。したがって医師には該当する事案について深い医学的知識と経験が要求され、その勧告には倫理的責任に加えて一定の社会的責任も伴うのではないかと思っている。

先にも触れたが、選手の最終的な選択は必ずしも医学的に望ましいものではない可能性があることは残念ながら認めねばならない。しかしそれは決して医師が説明や決定の過程に腐心することを厭うがために招いた結果であってはならないと思う。

以上スポーツドクターにとっては実に身近であえて正面から取り上げて論ずるに足りぬようなテーマとは思われたが、このような内容が活字になる機会は少ないと考え、あえて取り上げて論ずることとした。

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine. Symposium. Medical problems in the athlete. {Memorandum} Indianapolis, IN. 47th annual meeting of American College of Sports Medicine, June 3, 2000.
- 2) Whitby LG. Screening for disease: definitions and criteria. *Lancet*. 1974, 2: 819 - 822.
- 3) Cheitlin MD, Alpert JS, Armstrong WF, et al. ACC/AHA guidelines for the clinical application of echocardiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Clinical Application of Echocardiography). *Circulation* 1997, 95: 1686 - 1744.
- 4) Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation* 2000, 102: 278 - 284.
- 5) 日本医師会. 医の倫理綱領. 日本医師会雑誌. 2000, 124 (suppl) .
- 6) Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Council on Clinical Cardiology) and the Congenital Cardiac Defects Committee (Council on Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation* 1996, 94: 850 - 856.
- 7) Cantwell JD. Preparticipation physical evaluation: getting to the heart of the matter. *Med Sci Sports Exerc* 1998, 30 (suppl): S341 - 344.
- 8) Marsalese DL, Moodie DS, Vacante M, et al. Marfan's syndrome: natural history and long-term follow-up of cardiovascular involvement. *J Am Coll Cardiol* 1989, 14: 422 - 428.
- 9) Maron BJ, Roberts WC, McAllister HA, et al. Sudden death in young athletes. *Circulation* 1980, 62: 218 - 229.
- 10) De Paepe A, Devereux RB, Dietz HC, et al. Revised diagnostic criteria for the Marfan syndrome. *Am J Med Genet* 1996, 62: 417 - 426.
- 11) Otis CL, Child JS, Perloff JK, et al. Protocol for screening athletes for Marfan syndrome: report of four-years 'experience [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1993, 25 (suppl): S180.
- 12) Kinoshita N, Mimura J, Obayashi C, et al. Aortic root dilatation in young competitive athletes: echocardiographic screening of 1,929 athletes between 15 and 34 years of age. *Am Heart J*. 2000, 139: 723 - 728.
- 13) 大林千代美, 八木 紫, 齊藤尚美, 他. 大相撲力士心臓検診の概要 平成2年度から6年間に渡る検診システムの報告 . 1995年度慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要. 1996, 57 - 60.
- 14) Kinoshita N, Obayashi C, Yamada K, et al. The limitation of electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy in trainees of grand sumo wrestling [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1998, 30 (suppl): S26.
- 15) Glover DW, Maron BJ. Profile of preparticipation cardiovascular screening for high school athletes. *JAMA* 1998, 279: 1817 - 1819.
- 16) 厚生省研究班. 第12回川崎病全国調査成績. 小児科. 1994, 35: 61 - 73.
- 17) Angelini P. Normal and anomalous coronary arteries: definition and classification. *Am Heart J*. 1992, 117: 418 - 434.
- 18) Pelliccia A, Spataro A, Maron BJ. Prospective echocardiographic screening for coronary artery anomalies in 1,360 elite competitive athletes. *Am J Cardiol*. 1993, 72: 978 - 979.
- 19) 寺口正之, 矢沢健司, 吉林宗夫, 他. 冠動脈に高度狭窄性病変を有する川崎病既往児の心筋虚血. *Prog Med*. 1988, 8: 69 - 75.
- 20) Kaku B, Shimizu M, Yoshio H, et al. Clinical features and prognosis of Japanese patients with anomalous origin of coronary artery. *Jpn Circ J*. 1996, 60: 731 - 741.
- 21) 大西祥平, 吉岡利忠, 河野卓也, 他. 過去10年間における神奈川県国体参加選手のメデイカルチェックにより得られた知見について (抄録). 日本臨床スポーツ医学会誌. 1999, 7: S76.
- 22) American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. 2000. Lippicott Williams & Wilkins. Baltimore.
- 23) Mitchell JH, Maron BJ, Raven PB, et al. American College of Sports Medicine. American College of Cardiology. 26th Bethesda conference: recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. *Med Sci Sports Exerc*. 1994, 26 (Suppl): S261 - 267.
- 24) 日本臨床スポーツ医学会学術委員会内科部会勧告. スポーツ参加のための診断基準. 日本臨床スポーツ医学会誌. 1999, 7: S112 - 132.
- 25) 山崎 元, 大西祥平, 勝川史憲, 他. 心疾患が検出された競技アスリートの運動継続の可否判断 "26th Bethesda conference" の解説 . 日本医事新報. 1996, 3766: 23 - 27.
- 26) Maron BJ, Mitten MJ, Quandt EF, et al. Competitive athletes with cardiovascular disease - the case of Nicholas Knapp. *N Engl J Med* 1998, 339: 1632 - 1635.

表 スクリーニング検査の基準²⁾

-
- (1) 患者のQOL改善に役立つ。
 - (2) 異常が発見された場合に有効な治療手段がある。
 - (3) 無症状期に異常を検出できる。
 - (4) 発症後に治療するよりも無症状期に治療したほうが優れた結果が得られる。
 - (5) 実用的な検査法がある。
 - (6) 異常の発生頻度からみてスクリーニング検査の費用負担を正当化できる。
-

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か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のカロリー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言いがた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⁾⁵⁾。

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・電気的モニター a) 脈拍 b) 姿勢計 (stabilometers) c) Horizontal Time Monitors d) 歩数計 e) 歩行評価 f) 電気的動作センサー g) 加速度計
7. 食事調査

機械的・電気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

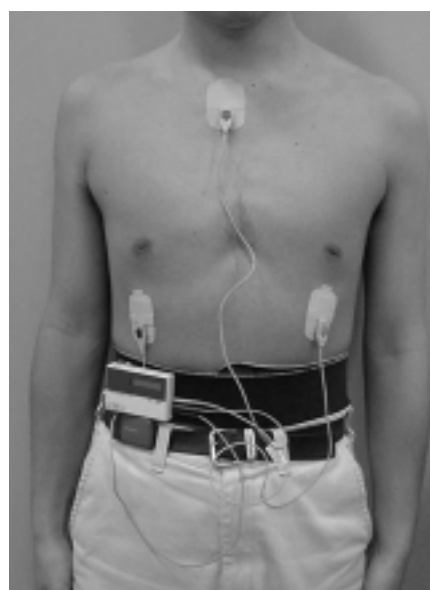
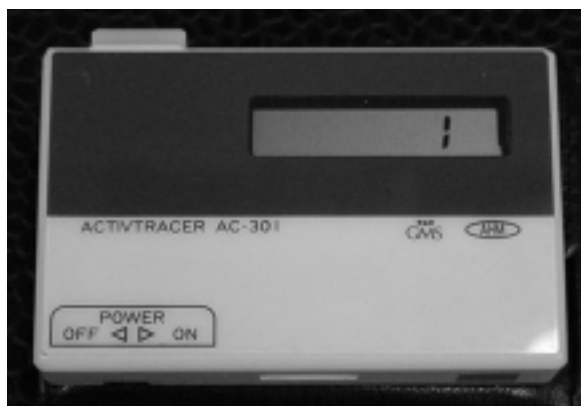


図1 Activtracerの外観と、装着図

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ー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名の健常成人(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名の健常者で検討した。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。

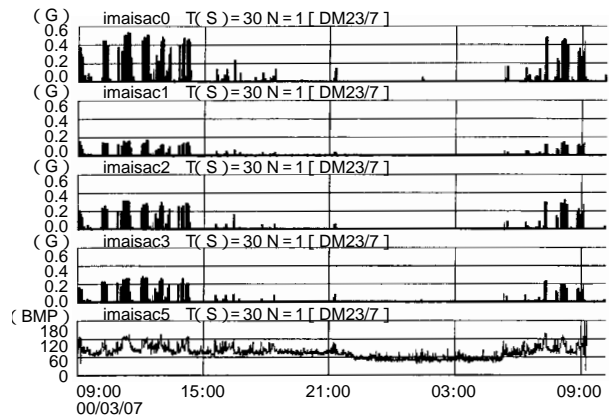


図2 24時間記録時の加速度(上から合成加速度, 左右, 上下, 前後方向)と脈拍(最下段)

(3) トレッドミル漸増運動負荷時(速度アップ)

対象は国体のメディカルチェックのため最大運動負荷試験を施行した健常男性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($\dot{V}O_2/kg$)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 $\dot{V}O_2/kg$ を各々従属変数とすると,

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

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

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 $\dot{V}O_2/kg$ 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 $\dot{V}O_2/kg$ が高値となり, 下り(階段・坂とも)では $\dot{V}O_2/kg$ 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, $\dot{V}O_2/kg$, $\dot{V}O_2$, 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 $\dot{V}O_2/kg$ を各々従属変数とすると,

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

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

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る。

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のみを主眼

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。

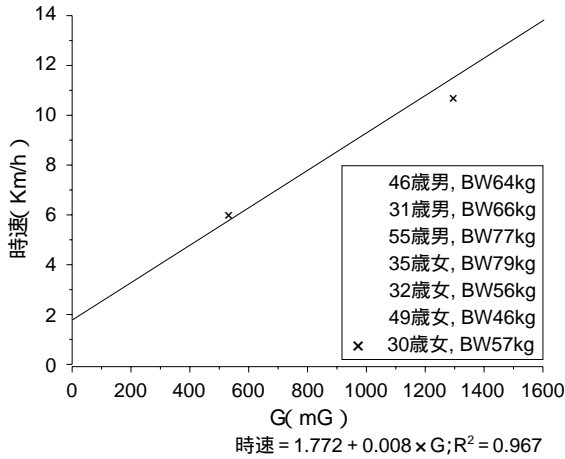


図3 平地歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

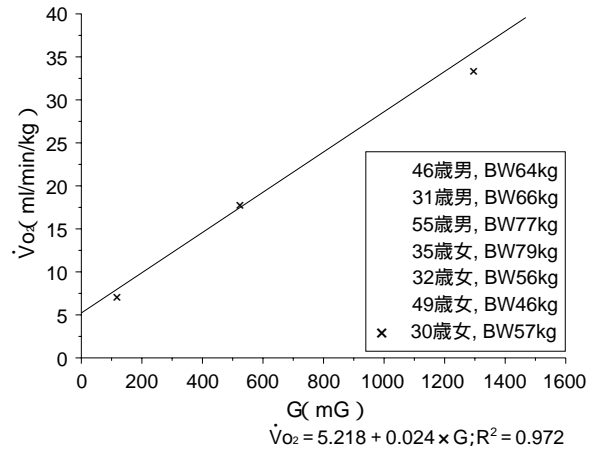


図4 平地歩行～走行時の加速度と酸素摂取量との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
 $\dot{V}O_2$ ：間接カロリーメトリー（ダグラスバック法）で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

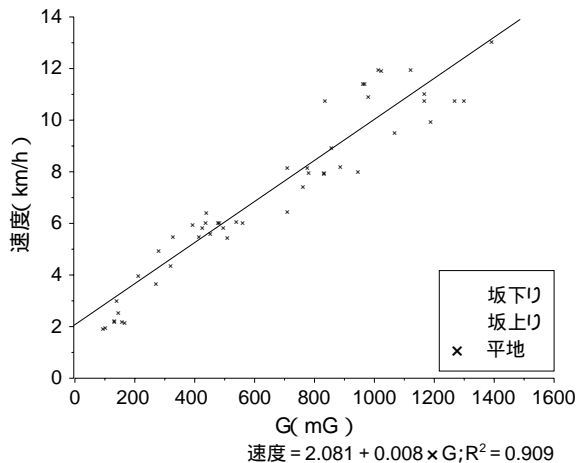


図5 上り坂・下り坂・平地での歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

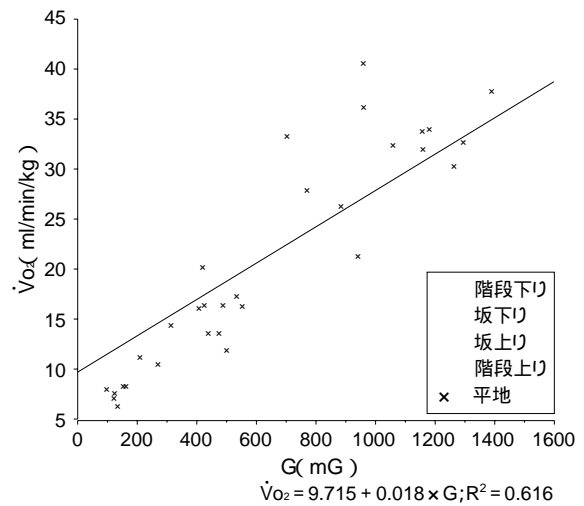


図6 上り坂・下り坂・階段・平地での歩行～走行時の加速度と酸素摂取量との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
 $\dot{V}O_2$ ：間接カロリーメトリー（ダグラスバック法）で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

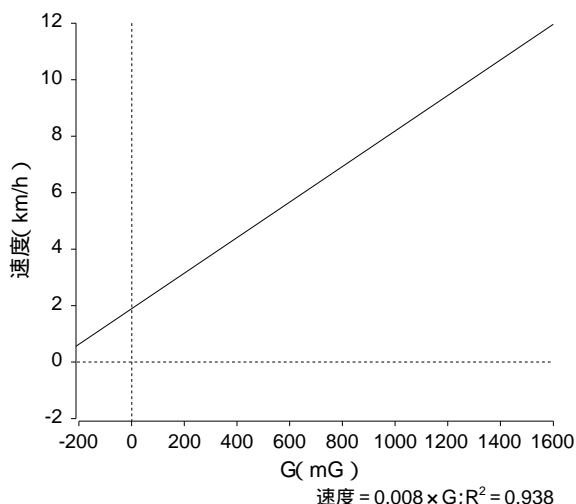


図7 トレッドミル歩行～走行時の速度と体動の加速度との関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値

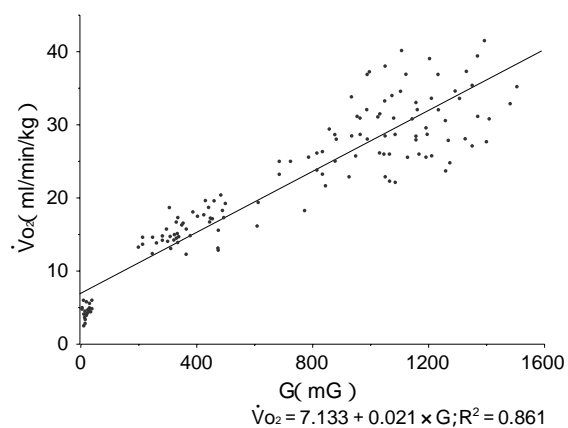


図8 トレッドミル歩行～走行時の加速度と酸素摂取量の関係
G：体動の前後，左右，上下方向の加速度のベクトル合成値の平均値
V̇O₂：間接カロリーメトリー（breath by breath法）で測定した体重当たりの分時酸素摂取量

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
V̇O₂ (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
V̇O₂：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。
V̇O₂/kg = 0.243 × G (mG) + 7.964 (R² = 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 (R² = 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 ~ 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.

運動処方の最近の考え方

山本哲史，山崎 元

運動処方とは

習慣的な運動には，心血管疾患や高血圧，糖尿病，高脂血症など様々な慢性疾患に治療及び予防効果があり，また，肥満，インスリン抵抗性の改善効果も確認されている。一方，運動には心筋虚血発作や不整脈，骨格筋損傷などのリスクを伴う。こういった運動の健康に対する利点とリスクを考え合わせたうえで，運動の種類，強度，持続時間，頻度，進め方を決めることを運動処方という。つまり，運動処方作成の主眼は，運動の効果を最大限に発揮し，リスクを最小限に抑えることにある。

運動処方は個々の目的，行動特性，嗜好，また，健康状態や疾患リスクによってその内容が異なってくる。従って，運動処方を行う際には必ずメディカルチェックを行い，健康状態及び疾患リスクを把握し，整形外科疾患などの有無を含めて運動の可否を判断する。加えて，運動負荷試験の要否，負荷試験を含めた運動時の監視の要否等について判定しなくてはならない。運動負荷試験は全ての人に必要わけではなく，年齢や性別，リスクファクターの有無により施行に関する一応の基準が定められている。負荷試験自体は安全性の確認以外に運動処方作成という点でも有用な検査である。すなわち，冠動脈疾患のスクリーニングとしての心電図変化だけでなく，運動による心拍数や血圧，自覚症状の変化，運動耐容能を客観的に評価することができ，個々に最も適した運動処方を作成することができる。特に処方が難しいとされる運動強度の決定に大きな助けとなる。また，運動の目的も個人個人により様々であり，日頃の座業的な生活習慣を改善し健康の増進を目指す場合と，有患者がそのリスクの軽減を図る場合とでは処方

内容も異なってくる。実際，疾患リスクの減少に必要な運動量は，体力の維持増進に必要な運動量よりもかなり少なくても良いことが明らかになっている¹⁾。さらに，長期のコンプライアンスを得るためには個々の行動様式や嗜好に合った運動を処方し，飽きを生じさせないことが大切である。運動処方にとって重要なのは，個々の対象に合った実践・継続が可能な形で処方することであり，また，安全かつ効果的に運動を行うために必要な知識の教育も同時に行うべきである。

運動処方

具体的な処方として，米国スポーツ医学会（American College of Sports Medicine: ACSM）などから指針が示されており，導入時にはこれら基本原則に従ったものが望ましい。しかし，これらの指針は全ての人に応用できるわけではない。運動に対する生理的・感覚的反応や，意欲，運動への適応の速度・程度には各個人間で差があり，運動の効果や障害の現れ方も異なる。また全く構造の異なった運動プログラムによっても同等の効果を上げることができる。つまり，処方に対する反応や適応の状況に応じて，処方内容を修正する必要がある。1990年の時点のACSMの指針²⁾では，健常成人の健康や体力増強には中等度～強度の有酸素運動を1日20～50分間，週に3～5日行うとされていた。しかし，身体活動量が少なく体力レベルの低い人にとっては実行，継続が困難であった。また，前述のごとく疾患リスクの減少に必要な運動量は体力の維持増進に必要な運動量より少なくても効果が期待でき，指針自体³⁾も徐々に変化しつつある（表1）。つまり，生活習慣病の治療や予防のための運動の重要性を意識した処方へと指針

表1 2つの運動指針³⁾

	ACSM (1990) ²⁾	米国疾病対策センター(CDC) / ACSM (1995) ¹⁴⁾ 米国立保健研究所 (1996) ¹⁵⁾
パラダイム	トレーニングによるフィットネスの向上	身体活動量の増加による健康への効果
目的	身体機能の改善	疾患リスクの減少
頻度	週3~5日	ほぼ毎日
運動強度	中等度~強度	中等度
持続時間	持続的20~50分	断続的(8~10分)合計30分以上
運動の種類	有酸素運動	仕事/仕事以外の日常の身体活動 or (系統だった)運動

表2 心肺適応能を高める身体活動の分類⁴⁾

グループ1: 強度を一定に維持することが容易であり, エネルギー消費量の差が個人間で比較的少ない身体活動。初期のりハビリテーションプログラムのように運動の強度をより正確にコントロールする際に望ましい。 例: ウォーキング, サイクリング, 特にトレッドミルと自転車エルゴメーター
グループ2: エネルギー消費量が運動技術に大きく依存するが, 各個人に対して一定強度を設定することが可能な身体活動。運動コンディショニングプログラムの初期には有用かもしれないが, 各個人の運動技術レベルを考慮しなくてはならない。 例: スウィミング, クロスカントリースキー
グループ3: 運動技術, 運動強度ともに大きなばらつきが生じる身体活動。運動にヴァリエーションや相互作用をもたすには非常に有用であるが, ハイリスク群や, フィットネス低下群, また症状を有している際などには注意しなくてはならない。また競技的要素も考慮し, 最小限にするべきである。 例: ラケットスポーツ, バスケットボール

が変わってきており, 中等度の強度でも毎日の生活の中に運動を取り込むような内容になってきている。加えて, これまでの運動処方では主に心肺適応能 (cardiorespiratory fitness) を高める有酸素運動であったが, 近年では筋力や筋持久力を高めるレジスタンス運動, 筋骨格系の柔軟性を高めるストレッチ運動の併用による効果も認識されるようになってきた。

a. 心肺適応能を高める運動

基本的に運動は有酸素運動と無酸素運動に分けられるが, 最も効率良く心肺適応能を高めることができる運動は有酸素運動である。有酸素運動はウォーキングやジョギング, スウィミングのような大筋群を使う持続的, 律動的な運動であり, 心血管疾患, 糖尿病, 高血圧, 肥満などの慢性疾患の治療・予防効果が数多く証明されている。また, 強度の調節が比較的容易であり, かなり低い強度からの処方が可能である。特別な技術を要しないため運動経験のない人でも取り組みやすく, 安全

に行うことができる。有酸素運動に属する運動の種類は様々であるが, 1995年のACSM指針⁴⁾では, 強度の保ちやすさ, 技術に依存する程度, 競技性を基に表2のように分類されている。運動習慣のない人への処方導入時には強度を一定に維持することが容易であり, エネルギー消費量に個人差が少ない, ウォーキングやサイクリングなどのグループ1群の運動から処方し徐々に進めていく。

(1) 運動強度と持続時間

生活習慣病のうち, 肥満や糖尿病などの治療・予防においては消費エネルギー量, 特にトータル量が重視されており, 運動が持続的でなく間欠的なものであっても一回の持続が最低10分あればそれを繰り返すことで有効にカロリーを消費できる。運動強度を強くすればエネルギー消費量は増えるが, 一方で心血管系のリスクが上昇し, 整形外科的障害も増す。また, 弱い強度の時よりも運動に対する意欲も薄れてきがちである。強度の不足は持続時間である程度補うこともできるが, 働き盛

りの中年者では実践面で困難なことが多い。多くの成人は日頃座業的であり、リスクファクターをいくつか併せ持った者も少なくない。一般には中等度の強度で、ある程度持続の長い運動が推奨されている。

運動強度の指標とされるものには幾つかある⁵⁾(表3参照)が心拍数を指標にするのが最も一般的である。最大心拍予備能(=最大心拍数-安静時心拍数)を用いたKarvonenの式がよく使われる。最大心拍予備能の%強度(%maximum heart rate reserve; %HRR)は最大酸素摂取予備能(最大酸素摂取量-安静時酸素摂取量)の%強度(%maximum oxygen uptake reserve; % $\dot{V}O_2R$)とほぼ等しく、%HRRの値がそのまま% $\dot{V}O_2R$ を表すと考えてよい。また単なる最大心拍数の%強度(%maximal heart rate; %HRmax)では% $\dot{V}O_2R$ との間に約15%の差があり、%HRRに比べると特に低い強度で正確には運動強度を反映していない(表3)。

Karvonenの式

$$\text{処方心拍数} = (\text{最大心拍数} - \text{安静時心拍数}) \times \text{安静時心拍数}$$

で記されているが%HRRに当たり、これを決めることで運動強度が決定される。一般にフィッ

トネスの改善には40/50~85%の範囲が推奨されている(これは%HRmaxの55/65~90%に相当する)。最大心拍数は年齢とともに低下し、個人差も大きい。最大運動負荷試験にて求めるのが望ましいが、不可能な場合には年齢予想最大心拍数(220-年齢)を代用する。また、有患者などで心拍数の上限が設定されている場合にはその値を用いる。

同一心拍数で行うことのできる運動量は運動持久力の向上に伴い増加する。例えば一定の心拍数を保ったまま単位時間内に歩行できる距離は運動持久力の向上と共に延長する。従って心拍数を指標にした場合はトレーニング効果を評価することもでき、また運動持久力の向上に伴う運動強度の補正の必要もない。しかし、年齢予想最大心拍は個人によっては不正確なことがあり、特に遮断薬などの心拍数に影響を与える薬剤を内服中の場合は注意が必要である。また心拍数を指標にする場合には運動中に心拍数を測定することを習慣づける必要がある。しかし、実際には運動中に心拍数を測定するのは困難なことも少なくない。

心拍数による運動処方が難しい場合は、Borgの自覚的運動強度⁶⁾(rating of perceived exertion; RPE, 表4)を指標にする。RPEは運動によ

表3 身体活動強度の分類⁵⁾(60分間続けた場合)

強度	持久性運動							レジスタンス運動
	相対的強度		健康成人(年齢)の絶対強度(METs)				相対的強度*	
	$\dot{V}O_2R$ (%)	HRR(%)	最大心拍RPE**	若年(20-39歳)	中年(40-64歳)	老年(65-79歳)	高齢(80歳~)	MVC(%)
極軽度	<20	<35	<10	<2.4	<2.4	<1.6	<1.0	<30
軽度	20-39	35-54	10-11	2.4-4.7	2.0-3.9	1.6-3.1	1.1-1.9	30-49
中等度	40-59	55-69	12-13	4.8-7.1	4.0-5.9	3.2-4.7	2.0-2.9	50-69
強度	60-84	70-89	14-16	7.2-10.1	6.0-8.4	4.8-6.7	3.0-4.25	70-84
極強度	85	90	17-19	10.2	8.5	6.8	4.25	85
最大***	100	100	20	12.0	10.0	8.0	5.0	100

* 50-60歳以下で8-12回、50-60歳またはそれ以上で10-15回の繰り返しの場合。

** Borg rating of Perceived Exertion 6-20 scale (6)

***最大値は健康成人の最大運動負荷時に得られた値の平均値である。絶対強度(METs)は男性の平均値であり、女性の平均値は男性の値よりも1-2METs低い。

$\dot{V}O_2R$ =maximum oxygen uptake reserve; 最大酸素摂取予備能, HRR=maximum heart rate reserve; 最大心拍予備能, MVC=maximal voluntary contraction; 最大筋力

注) 本表は文献(16)から引用されたものであるが極軽度~中等度の範囲で修正が加えられている。例えば原文では極軽度の運動はHRRの25%未満, 最大心拍の30%未満, RPEの9未満となっている。

表4 BorgのRPEスケール (Original Scale)

6	
7	非常に楽である (Very, very light)
8	
9	かなり楽である (Very light)
10	
11	楽である (Fairly light)
12	
13	ややきつい (Somewhat hard)
14	
15	きつい (Hard)
16	
17	かなりきつい (Very hard)
18	
19	非常にきつい (Very, very hard)
20	

る血中乳酸値や心拍数，肺換気量，酸素摂取量の変化と非常に良く相関する。一般に運動強度の指標とする際にはRPEは心拍数とともに用いられるが，心拍数との関係が明らかな場合は単独で用いてよい。フィットネスの改善に必要なRPEはBorg指数の12～16とされているが，初期の処方では11～13程度が望ましい（この範囲は一般人の嫌気性代謝閾値とほぼ一致していると言われている）。同じRPEであっても日常の運動中の心拍数は検査室での心拍数よりも高くなるため，初期の処方ではやや低めにRPEの範囲を設定するほうがよい。当然のことながら有疾患などで厳密な心拍数モニタリングが必要な場合にはRPEを指標とするのは望ましくない。

様々な身体活動によるエネルギー消費量が定量化されており，これらを運動強度の指標に用いる方法もある。Ainsworthらは500以上にも及ぶ身体活動のMET (metabolic equivalent) 値の概要をリスト化している⁷⁾。METsによる処方ではMETsに体重をかけることで時間当たりの消費エネルギー量の概算ができる。確かにこれらの値は合理的ではあるが，健康で比較的高い運動耐容能を持つ人に適した値であり，有疾患など運動耐容能の低い人には適さず，また高齢者などにおける妥当性を高めていく必要もある。また同じMETs強度の運動であっても気温や湿度，風速，高度など外的要因の変化によって実際のエネルギー消費量や心拍数など生体の反応も異なってくる

ためばらつきを生じる。METsによる処方は心拍数による場合よりも細かい強度の設定が難しい。

(2) 運動頻度

週3回までは運動頻度を増やすと最大酸素摂取量はより改善するが，週3回を越えてくると頻度増加による効果は小さくなりプラトーとなる。週5回を越えるとその追加効果はほとんどなく最小限となり，逆に障害のリスクが上昇する。乳酸閾値や代謝適応能 (metabolic fitness) に関してはその改善に最も適した運動頻度は明らかになっていない。また運動頻度は運動強度や持続時間とも相互に関係しており，1日の消費エネルギー量や1週間の目標消費エネルギー量を考慮に入れたうえで生活様式にあった疲労の残らない程度の頻度を設定する。身体活動量を増すことによる疾病の治療・予防には，古典的な週3回といったものよりも，毎日の生活の中で身体活動量を増やす工夫が強調されるようになった。

b. 筋力及び筋持久力を高める運動

日常生活に最も密接に関わっている基礎体力は筋力と筋持久力である。有酸素運動は心肺機能のフィットネスの改善には有効であるが，筋力，特に上体の筋力や筋持久力にはほとんど影響を与えない。また不十分な筋力は有酸素運動を行う際の障害の原因にもなる。こういった筋力や筋持久力を向上させるのはレジスタンス運動である。有酸素運動に適切なレジスタンス運動を組み合わせることで運動効果の拡大が期待できる。レジスタンス運動には骨量や結合組織の強度を増加する効果もあり，中高年の成人，特に骨のミネラル濃度が著しく低下する更年期後の女性に有益である⁸⁾⁹⁾。血圧，耐糖能，血清脂質，体脂肪分布を含めた体組成にも有利に働く¹⁰⁾¹¹⁾。レジスタンス運動により除脂肪体重の増加が期待できる。有酸素運動とレジスタンス運動の効果の違いを表5¹²⁾に示す。また一方では過度のレジスタンス運動は障害や事故のリスクを上げるため，高齢者や運動経験の少ない者，心血管疾患のリスクの高い者などには慎重な処方が必要であり，十分な指導のもと，監視

下において行うべきである。

レジスタンス運動の効果は実際に負荷がかかっている範囲の筋群にしか現れない。従って、数種類の運動を組み合わせ主要な筋群のすべてに負荷をかけるサーキットトレーニングが推奨されており、より効果を高めるには関節の可動域を広く使って行うのが望ましい。また包括的で均整のとれたプログラムであることが重要である。レジスタンス運動の運動強度や運動量を規定する要素は負荷重量、1セットの回数、セット数、運動間のインターバルなどである。筋力の増強には数回しか繰り返すことができないほどの重量を用いて行うのが有用であるが、筋持久力には軽い重量で何度も繰り返すほうがよい。筋力と筋持久力を共に鍛えるには1セットに8~12回繰り返せる程度の負荷重量で週2~3回行うのが最も推奨されている。また、1セットの運動で多セットと同等の効果が得られとも言われている。フィットネスと健康の維持に必要なレジスタンス運動は最低限のもので良いようである。表6¹³⁾に近年の主な指針を示す。

表5 健康、フィットネス指標に対する有酸素運動とレジスタンストレーニングの効果の比較¹²⁾

指標	有酸素運動	レジスタンス運動
骨塩量	↑↑	↑↑
体組成		
体脂肪率	↓↓	↓
除脂肪体重	↔	↑↑
筋強度	↑↔	↑↑↑
糖代謝		
糖負荷時インスリン分泌	↓↓	↓
インスリン基礎分泌値	↓	↓
インスリン感受性	↑↑	↑
血清脂質		
HDL	↑↑	↑↔
LDL	↓	↓↔
安静時心拍数	↓↓	↔
一回心拍出量(安静, 最大)	↑↑	↔
安静時血圧		
収縮期	↓	↔
拡張期	↓	↔
最大酸素摂取量	↑↑↑	↔
最大下, 最大持久時間	↑↑↑	↑↔
基礎代謝	↑	↑

↑; 上昇, ↓; 低下, ↔; 変化なし,
 ↑ or ↓; 軽度の効果, ↑↑ or ↓↓; 中等度の効果,
 ↑↑↑ or ↓↓↓; 高度の効果
 HDL; high-density lipoprotein cholesterol,
 LDL; low-density lipoprotein cholesterol

表6 レジスタンストレーニングに関する様々な指針¹³⁾

	1セット回数, セット数	部位 / 方法	頻度
健康で座業的な成人			
2000 ACSM Guidelines ¹⁷⁾	8~15回; 1セット	8~10種類*	最低週2日
1998 ACSM Position Stand ⁵⁾	50~60歳 > ; 8~12回; 1セット	8~10種類	週2~3日
	50~60歳 ; 10~15回; 1セット		
1995 CDC/ACSM Statement ¹⁴⁾	特に提示なし		
1996 Surgeon General's Report ¹⁶⁾	8~12回; 1~2セット	8~10種類	最低週2日
高齢者			
Pollockら ¹⁸⁾	10~15回; 1セット	8~10種類	最低週2日
心疾患患者			
1995 AHA Exercise Standards ¹⁹⁾	10~15回; 1セット	8~10種類	週2~3日
1999 AACVPR Guidelines ²⁰⁾	12~15回; 1セット	8~10種類	週2~3日

ACSM; American College of Sports Medicine, AHA; American Heart Association, CDC; Centers for Disease Control and Prevention, AACVPR; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation

*大筋群1つにつき最低1種類の運動。例えば、チェストプレス、ショルダープレス、トライセプスエクステンション、バイセプスカーン、ブルダウン(アッパーバック)、ローワーバックエクステンション、アブドミナルカーン/クランチ、クアドリセプスエクステンション、レッグカーン(ハムストリングス)、カーフレイズなど。

c. 筋骨格系の柔軟性を高める運動

ストレッチ運動もまた包括的な運動プログラムの中に組み込むべき重要な要素である。筋骨格系が至適に機能するためには全ての関節の可動域が保たれていることが必要である。関節の可動域を制限する最も重要な因子は腱の柔軟性の低下であるが、しばしば加齢により腱の基質的な柔軟性は失われ、その動きも悪くなる。また退行性の関節症や骨棘の形成など加齢による骨格系の変化も加わり更に関節の可動性を悪くする。こういった柔軟性の低下は日常生活や運動を行ううえで明らかに障害となる。ストレッチ運動は関節の可動域や機能の向上に非常に有用であり、筋肉の有効な働きを助ける。また、筋骨格系の障害の防止にも役立つ。

主なストレッチ運動のタイプは静的ストレッチ法、爆発的ストレッチ法、固有受容性神経筋促進法(proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF)の3種であるが、理想的なタイプや継続時間については今もなお議論の対象となっている。PNFとは決められた一連の動きの中で他動的にストレッチを行い、同時に主動筋と拮抗筋の収縮と弛緩を等尺性に繰り返す方法である。爆発的ストレッチは弾みのある動きの中で腱を急激に伸ばし、弛緩する動作を繰り返す方法である。そして、静的ストレッチはゆっくりと腱を伸ばしその状態を一定時間保ち、その後元に戻す方法である。PNFが他のストレッチよりも柔軟性の改善においては優れていることは多くの検討で示されている。しかし、この方法は複雑であり経験のある療法士やトレーナーの介助が必要であり、またある程度の筋肉痛も生じる。爆発的なストレッチでもそれにより生じた力が大きすぎた場合には筋肉痛が生じ、更には障害の危険性も伴う。静的ストレッチは障害のリスクは低く、介助も不要で、また短時間で確実な効果が得られる。ゆっくりとした動作により進展負荷は増すが、腱にかかる張力は小さくなる。1998年のACSMの指針⁵⁾では以下のようなプログラムを運動計画の一貫に取り入れる事が推奨されているが、一般には静的ストレッチ

が勧められる。

- ・動的、静的ストレッチ、またはPNF変法を用いて全身の大筋/腱群のストレッチを行う。
- ・静的ストレッチでは軽度の違和感を感じる位置まで伸展を行い、その姿勢を10~30秒間保持する。
- ・PNFでは10~30秒の他動的ストレッチの前に6秒間の収縮運動を加える。
- ・1筋群あたり少なくとも4回行い、週に最低2,3回は行う。

処方の進行方法

導入期の処方個人は個人の運動能力を考慮した最低限度に近いものであるが、運動耐容能の向上や運動への適応にとれないその処方をより高いレベルに進めていく必要がある。その進行速度は個人の運動能力や健康状態、日常の身体活動状況、年齢、運動の嗜好、目標によって異なる。日頃座業的で運動能力の低い者や、高齢者は運動への適応に時間を要し、プログラムのレベルを上げるまでに時間がかかる。有疾患者では一回に増やせる強度も健康人に比べるとかなり少なく、リスクの高い場合には処方の変更時には負荷試験を含めたメディカルチェックが必要なこともある。運動能力の改善とともに徐々に処方を進行させたとしても、処方のレベルがある程度にまで達すると運動の効果はプラトーになり、逆に障害のリスクが上昇し、運動に対するコンプライアンスも悪くなり始める。この時期からは長期的に続けることのできる処方が必要となる。獲得した身体活動を落とすことなく、飽きの生じない個人の嗜好や目的にあった内容を設定する。何よりもドロップアウトさせないことが大切である。

- 1) Oshida Y, Yamanouchi K, Hayamizu S, et al. Long-term mild jogging increases insulin action despite no influence on body mass index or VO_2 max. *J Appl Physiol* 1989, 66: 2206 - 2210.
- 2) American College of Sports Medicine position stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990, 22: 265 - 274.
- 3) 小熊祐子, 山崎 元. メディカルチェックのあり方. *臨床スポーツ医学* 1999, 16 : 653 - 658.
- 4) American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 5th ed. Baltimore Md: Williams & Wilkins; 1995.
- 5) American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998, 30: 975 - 991.
- 6) Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982, 14: 377 - 381.
- 7) Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993, 25: 71 - 80.
- 8) Ryan AS, Treuth MS, Hunter GR, et al. Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1998, 62: 295 - 299.
- 9) Dornemann TM, McMurray RG, Renner JB, et al. Effects of high-intensity resistance exercise on bone mineral density and muscle strength of 40 - 50-year-old women. *J Sports Med Phys Fitness* 1997, 37: 246 - 251.
- 10) Hurley BF, Hagberg JM, Goldberg AP, et al. Resistive training can reduce coronary risk factors without altering VO_2 max or percent body fat. *Med Sci Sports Exerc* 1988, 20: 150 - 154.
- 11) Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, et al. Assessing body composition before and after resistance or endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1997, 29: 705 - 712.
- 12) Pollock ML, R. VK. Resistance training for health. In: *The President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*; 1996 December.
- 13) Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, et al. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation* 2000, 101: 828 - 833.
- 14) Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Jama* 1995, 273: 402 - 407.
- 15) Physical activity and cardiovascular health. NIH Consensus Development Panel on Physical Activity and Cardiovascular Health. *Jama* 1996, 276: 241 - 246.
- 16) Surveys DoHaH. Physical Activity and Health. A Report of Surgeon General. Atlanta G.A.: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; 1996.
- 17) American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Baltimore, Md: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
- 18) Pollock ML, Graves JE, Swart DL, et al. Exercise training and prescription for the elderly. *South Med J* 1994, 87: S88 - 95.
- 19) Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, et al. Exercise standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Writing Group [see comments]. *Circulation* 1995, 91: 580 - 615.
- 20) American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs. 3rd ed. ed. Champaign, Ill: Human Kinetics; 1999.

3色の折り紙を使った新しい栄養教育

渡邊隆子，山下光雄，小熊祐子，辻岡三南子，
木下訓光，勝川史憲，大西祥平，山崎 元

はじめに

健康の維持・増進ならびに疾病の予防・治療を図るには、適正エネルギー量の摂取が重要となる。また、その際には、エネルギーを構成するたんぱく質、脂質、炭水化物の総エネルギーに占める割合（PFCバランス）やミネラル・ビタミンの摂り方にも留意することが必要である。

現在の食生活では、エネルギー摂取量はほぼ適正量となっているにもかかわらず、炭水化物エネルギー比が減少傾向にあるのに対し、脂質エネルギー比は増加傾向にある¹⁾。これが生活習慣病の増加に結びつき、それはまたスポーツの分野などでも問題となっている。炭水化物エネルギー比の減少は、穀類エネルギー比、特に、米類からの摂取の減少が原因となっており、主食として、毎食適正量摂取することが重要となる。また、脂質の摂取を食品群別にみると、穀類や油脂類からの摂取が減少傾向にある中で、たんぱく質性食品からの摂取量は増加しており、特に肉・魚・卵・牛乳など動物性の食品から摂取する脂質の過剰が顕著であり¹⁾、脂質の質・量に留意した食事摂取が望まれる。そこで、摂取エネルギー量だけでなく、PFCバランスに留意したわかりやすい栄養食事指導の必要性が増している。

一方、近年では、健康、特に栄養に対する関心が高く、テレビ、雑誌などマスメディアをはじめ、食に関する情報源は豊富である。しかしその多くは、栄養素およびそれを含む食品について取り上げており、食品のエネルギーとは何か、また、たんぱく質、脂質、炭水化物とエネルギーとの関係など、栄養を考える上では欠かすことのできない

根本的な項目が置き去りにされている現状にある。

そこで我々は、栄養学の原則の一つである「エネルギー量は三大栄養素（たんぱく質、脂質、炭水化物）それぞれのエネルギーの総和」に基づき、3色の折り紙を使った、新しい栄養食事指導方法を考えた。

本報では、その方法を紹介し、併せて実践した際の理解度を報告する。

指導方法とその意義

a 食品の重量およびエネルギーと各栄養素の関係についての理解を図る。

(1) 食品重量は5成分の総和であることを理解させる。

食品重量は、三大栄養素と灰分、水分の重量の総和と等しい。これを式に表すと以下の通りである。

「食品重量(g)=たんぱく質(g)+脂質(g)+炭水化物(g)+灰分(g)+水分(g)」

(2) 食品のエネルギー量は3成分の総和であることを理解させる。

エネルギーは、三大栄養素それぞれのエネルギーの総和と等しい。これを式で表すと、以下の通りである。

「エネルギー(kcal)=たんぱく質(kcal)+脂質(kcal)+炭水化物(kcal)」

通常、各食品の三大栄養素の表示は、重量(g)の表示となっており、エネルギーと三大栄養素との関係がわかりにくくなっている。PFCバランスを考慮した栄養管理の実現には、この関係の理解を高めることは必須である。そこで、三大栄養素

を重量ではなくエネルギーで考えることにより、エネルギーと三大栄養素の関係について理解させる。

三大栄養素のエネルギーは、各三大栄養素の重量にエネルギー換算係数を乗ずることで求められる。換算係数には、アットウォーターの換算係数や利用エネルギー測定調査に基づく換算係数、FAOの提唱する換算係数などがあり、それは食品によって異なる²⁾。ここではこれらの点を踏まえ、わかりやすく指導する。

(3) ミネラル・ビタミンの重要性

ミネラル・ビタミンは、カルシウムや鉄など各種栄養素としての働きは勿論のこと、三大栄養素を無駄なく利用し、代謝を促進するためには欠くことのできない栄養素である。また、微量栄養素であるがゆえに過不足しやすいことから、ここでは、各種ミネラル・ビタミンの重要性について指導する。

b 教材として3色(黄色・赤色・緑色)の折り紙

紙を使用し、ダイエットデザインハウスを作成することで食品の質と量の理解を図る。

1日の摂取エネルギーのうち半分は主食で、残りの半分は副食(おかず)で摂るようにすること、また、副食の内訳は半分を主菜で、残りの半分を副菜で摂るようにすることを指導する(図1)。これを基本にダイエットデザインハウスを作成する。

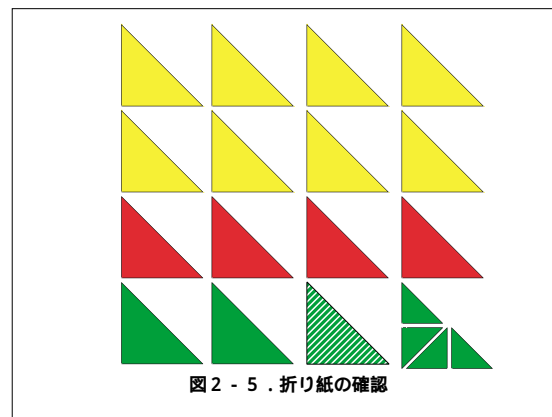
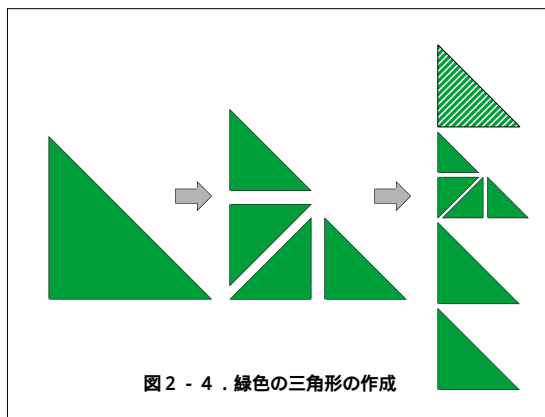
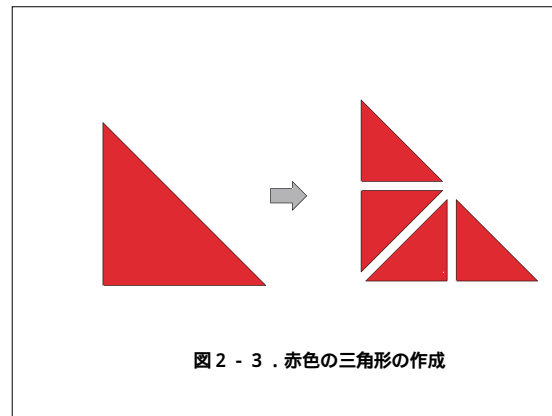
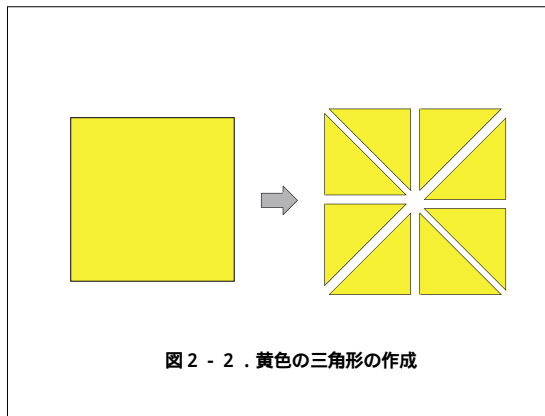
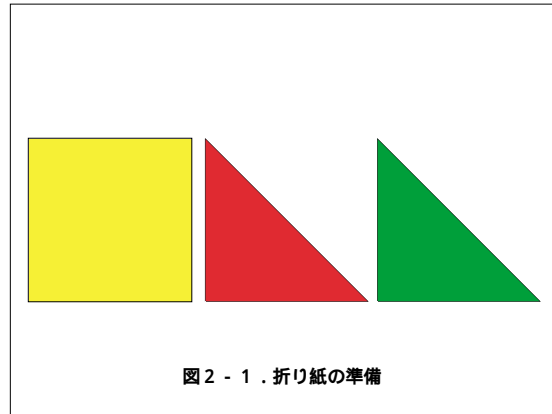
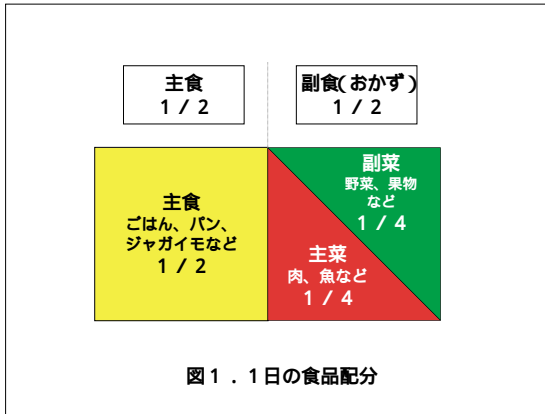
ダイエットデザインハウスの作成方法を以下に示す。

- (1) 黄色い折り紙1枚とその半分の大きさ(三角形)の赤色、緑色の折り紙各1枚を用意する(図2-1)。
- (2) 黄色の折り紙を8等分して、三角形を8枚作成する(図2-2)。
- (3) 赤色の折り紙を4等分して、三角形を4枚作成する(図2-3)。
- (4) 緑色の折り紙を4等分して、三角形を4枚作成する。そのうちの2枚を使い、1枚は斜線を引き、もう1枚はさらに4等分して小さい三角形を4枚作成する(図2-4)。
- (5) 折り紙の色彩と大きさ、枚数の確認する。

その際、色彩が同じなら栄養成分の特徴は類似していること、大きさが同じならば、エネルギーは同じであることを説明する。エネルギーは大きい三角形で1枚100kcalと考へ、小さい三角形では、大きさが大きい三角形の1/4であることから1枚25kcalと考へる。出来上がった三角形は、大きい三角形15枚、小さい三角形4枚で、これをエネルギーに換算すると1600kcalとなることを確認する(図2-5)。

ここまでを整理すると、(1)から(4)では、ハサミあるいはカッターを使い、ハウスとなる三角形の折り紙を作成する。(5)では、色彩と紙の大きさを利用することで、食品に含まれる栄養成分の特徴と各食品のエネルギー量について理解してもらう。

- (6) 黄色の折り紙は主食をあらわしており、主に炭水化物源となる食品のグループである。図2-6の通り、それぞれの紙に食品名と100kcalの目安量を記入させる。その際、芋類もこのグループに分類されること、また、ここではいろいろな食品を記入するが、8枚の三角形をすべてご飯で摂ると考えると1/2杯×8枚となり、茶碗4杯分のご飯に相当することを説明する。
- (7) 赤色の折り紙は主菜をあらわしており、主にたんぱく質源となる食品のグループである。図2-7の通り、それぞれの紙に食品名と100kcalの目安量を記入させる。
- (8) 緑色の折り紙は副菜をあらわす。それぞれの紙に食品名と大きい三角形に100kcal、小さい三角形には25kcalの目安量を図2-8の通り記入させる。その際、緑色のグループはエネルギー源となると同時に、主にミネラル・ビタミン源となることを説明する。しかし、油については、栄養成分の特徴が他とは異なり脂質源となること、少量でもエネルギーが高くなることから、斜線を書いて区別していることを説明する。牛乳については、カルシウム・ビタミンなどが豊富であるためこのグループに位置するが、



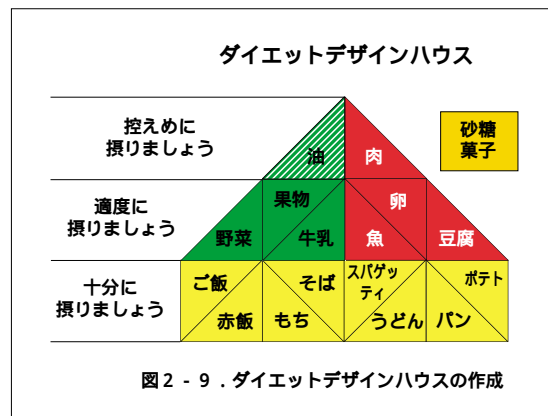
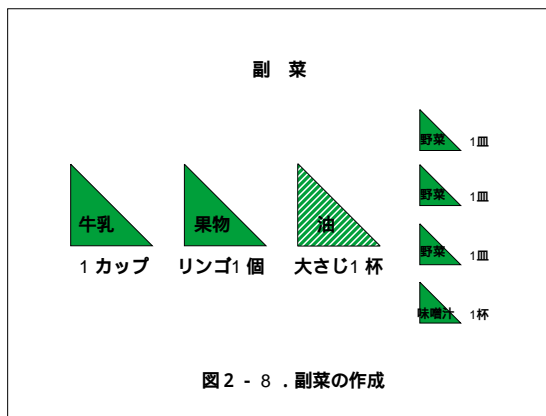
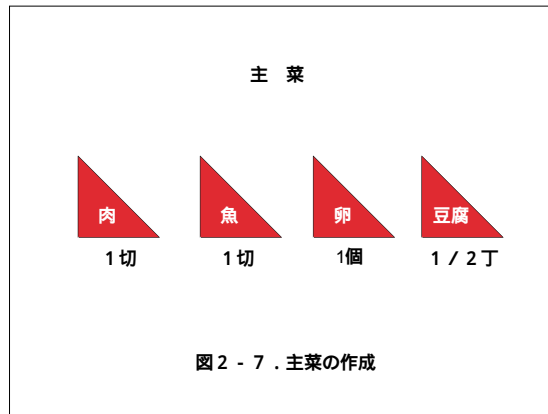
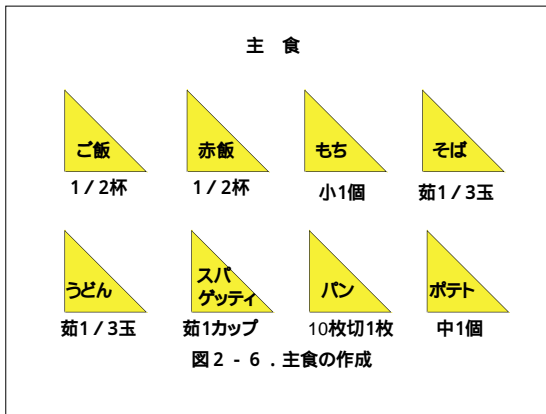


図2 ダイエットデザインハウス作成の流れ

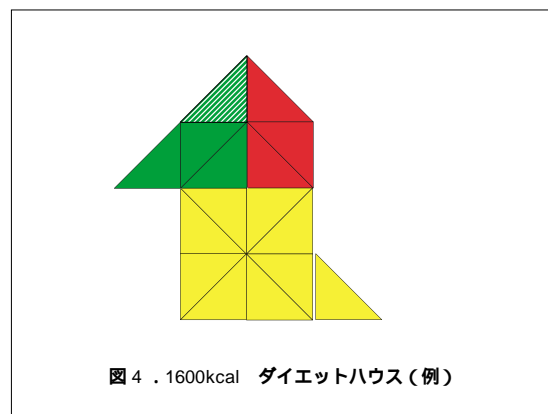
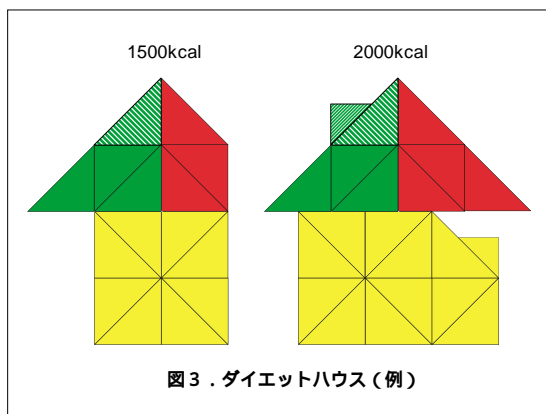


表1 ダイエットデザインハウス（基本形）の食品構成

色	食品名	枚数	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (kcal)	脂質 (kcal)	炭水化物 (kcal)
黄色	ごはん	大 4	400	28	12	360
	食パン	大 2	200	26	26	148
	うどん	大 1	100	11	5	84
	ジャガイモ	大 1	100	7	2	91
赤色	肉類平均	大 1	100	47	50	3
	魚類平均	大 1	100	59	37	4
	鶏卵	大 1	100	33	65	2
	豆腐	大 1	100	37	59	4
緑色	油類	大 1	100	0	100	0
	牛乳	大 1	100	20	50	30
	野菜類	小 4	100	19	6	75
	果実類	大 1	100	4	5	91
合計				291	417	892
割合(%)				18.3%	26.1%	55.6%

たんぱく質・脂質ともに多く含まれる食品であるため摂取する際には十分注意するよう指導する。また、小さい三角形は、原則的に、朝・昼・夕に野菜1皿ずつと味噌汁1杯という内訳になることを説明する。

(6)から(8)では、それぞれの折り紙ごとに主として含まれる栄養素を確認し、代表とされる食品および100kcalあるいは25kcalに相当する目安量を記入させることにより、食品の特徴と各食品の摂取可能な量について理解させる。

(9) 三角形を組み立てて、ダイエットデザインハウスを作成させる(図2-9)。その際、3区分に分け、上段の油・肉は控えめに摂りたい食品であること、中段の野菜・果物・牛乳・魚・卵・豆腐は適度に摂りたい食品、下段の黄色のグループは、十分に摂りたい食品であることを説明する。また、砂糖、お菓子ではハウスは作成できないので摂り方には注意をし、控えめに摂るよう指導する。

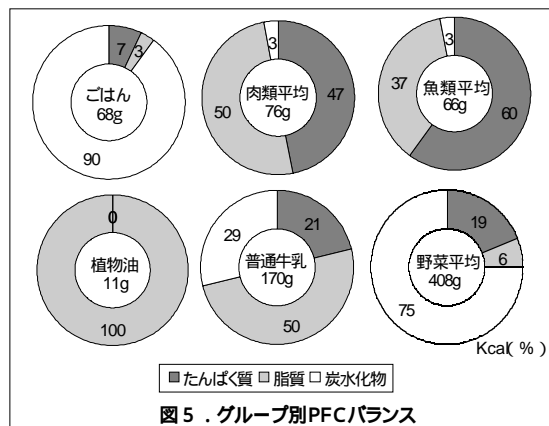
以上が食事の基本的な考え方であり、基本となる1600kcalのダイエットデザインハウスの作成方法である。基本となるハウスの食品構成を表1に示す。このハウスでは、たんぱく質が多めに設定されているため、対象者の年齢、性別、生活活動強度、疾病の有無等により、エネルギーとともにPFCバランスの比率を考慮し、各人に適したハウスを作成する必要がある。エネルギーを増減し

たハウス例を図3に示す。この場合のPFCバランスは、1500kcalのハウスで16.6：24.3：59.1、2000kcalのハウスでは16.2：23.1：60.7となる。また、基本となるハウスと同じ1600kcalでPFCバランスが16.2：23.1：60.7のハウス例を図4に示す。このようにエネルギーやPFCバランスを変えるには、折り紙の枚数を変更する。さらに、バランスを調整するには、食品の選択をする際に、各食品の三大栄養素のエネルギー量（PFCバランス）を考える必要がある。

c 円グラフを用い、食品の三大栄養素を割合でみることにより、食品の選び方について理解を図る。

前述のとおり、エネルギーは三大栄養素のエネルギーの総和である。適正な食事を考える上では、エネルギーだけでなくPFCバランスを考えることが必要である。そこで、ここでは、三大栄養素を重量(g)ではなく、エネルギー(kcal)で考え、理解を高める。各グループの食品の100kcalに相当する重量と三大栄養素のエネルギー量を円グラフであらわすと図5のようになる。円グラフはカラーを用い、たんぱく質を濃いグレー、脂質を薄いグレー、炭水化物を白で表現した。数値は、100kcal中の各三大栄養素エネルギー量(kcal)としてみると同時にバランス(%)としてみることができ。

グラフを確認すると、黄色のグループであるご



飯では炭水化物が多く、赤色の肉、魚では、たんぱく質と脂質でほとんど構成されていることなどが容易に理解できる。ハウス作成の際、斜線で区別した植物油では脂質が100%を占めていること、牛乳についても前述のとおり、緑のグループに属しはするが、たんぱく質・脂質が多い食品であることが理解できる。また、100kcalに相当する重量では、植物油で11gとなっており、他の食品重量に比べて少量であることがわかる。

また、同じグループであっても各食品によって100kcalに相当する重量（PFCバランス）は異なり、選択する食品によってPFCバランスを調整することができる。いいかえれば、食事の良し悪しは、食品の取舍選択による。例えば、炭水化物が多いグループに位置するクロワッサンでも、炭水化物エネルギーに比し、脂質エネルギーが多くを占めている。また、重量をみてもご飯に比べて100kcal当りの重量は少なく、エネルギーが高い食品であるといえる（図6-1）。

食品の選択方法を指導する際には、摂取してはいけない食品をつくるのではなく、その食品を選択する際の摂取量、他の食品との組み合わせなどを指導することが実践につなげる上でも重要である。さらに必要に応じ、その他の栄養素、食塩についても指導する。

以上のように、三大栄養素をエネルギー量で考えることにより、食品の特徴、PFCバランスが理解しやすくなり、自ら食事をデザインすることが可能となる。

各食品群別に主な食品の100kcal当りの重量とPFCバランスを図6-1～6に示す。

対象および理解度の判定方法

対象は、スポーツ選手292名ならびに慶應義塾大学病院スポーツクリニックの生活習慣病患者584名あわせて876名である。

対象者の理解度については、指導後に実施するアンケート調査（自己記入方式）により評価した。

結果および考察

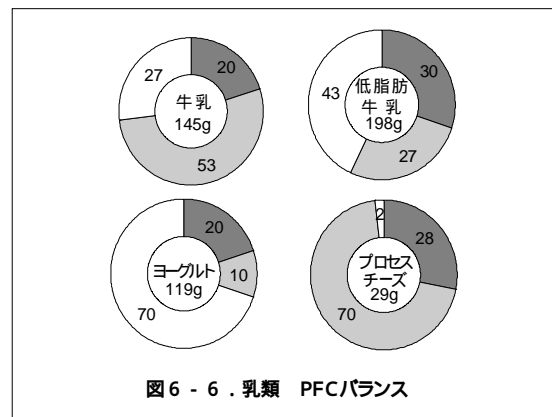
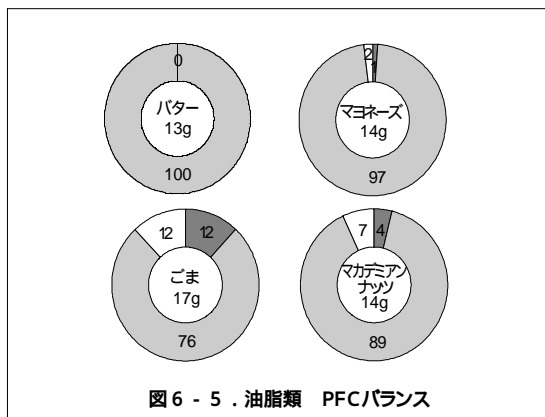
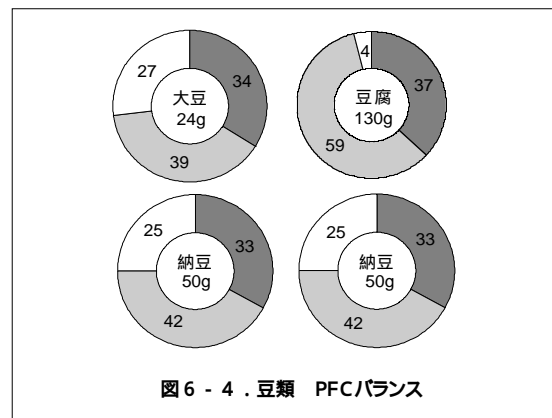
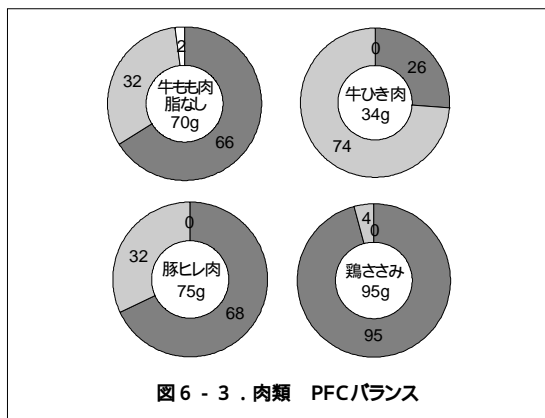
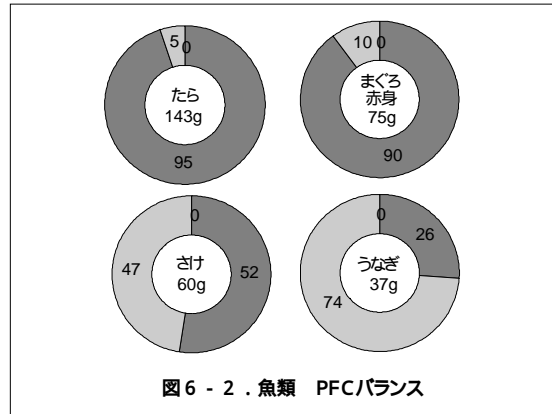
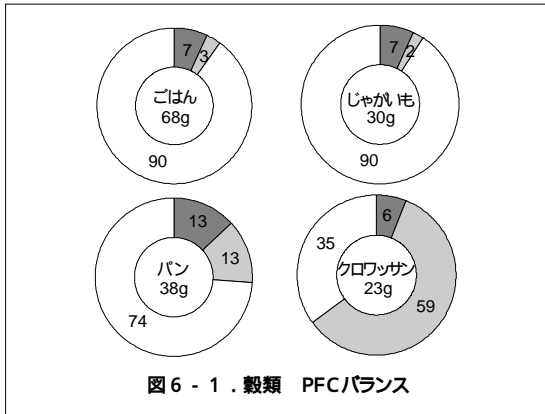
栄養食事指導後のアンケート調査結果は以下の通りである。

指導は理解しやすかったかとの質問では、873名（99.7%）の対象者が理解しやすいと答えた。指導内容についても、以下のような好意的な意見が多かった。

- ・色を使っての説明だったので、親しみやすかった。
- ・エネルギーだけでなく、栄養素の割合なども一緒に学ぶことができた。
- ・脂肪の割合には驚いた。また、自分が脂肪の多い食品を好んで食べていることに気づいた。
- ・折り紙を使っての実践だったので緊張したが、楽しく、印象に残った。

また、対象者のうち、220名が他の施設での栄養食事指導の経験があったが、それと比べて理解しやすかったかとの質問には214名（97.3%）の対象者が理解しやすいと答えた。

現在、実施されている栄養食事指導の多くは、栄養士側の一方的ともいえる指導が多く、対象者とともに考え、作り上げていく指導方法は少ない。本法は、折り紙を使って、食品や食事に含まれる栄養素とエネルギーを考えながら、自分の食事をハウスにたとえ、作り上げていく。自らの食事をデザインしていくことで「指導される」から「参加する」という、指導を受ける側の意識改革につながったと考える。また、折り紙の色彩や大きさ、3色に区分された円グラフを使用することで、視覚的にも楽しみながら食品について考えることができたと思われる。



しかし、実践が可能かとの質問には、実践できると答えた対象者は582名(66.4%)、実践できないと答えた対象者は294名(33.6%)であった。

実践できない理由としては以下のような意見があげられた。

- ・精神的な面からできそうにない。
- ・食品の種類を選択はできると思うが、量が難しい。
- ・大きさなど理解できるように、写真や目安量のわかるものと一緒に示して欲しい。また、献立についても同様で1メニューがどのくらいの量の食品を使っているのか明示して欲しい。
- ・自分でエネルギーやバランスを考えるのは難しいので、できれば献立表が欲しい。
- ・家庭で自分だけ別メニューでというわけにはいかないの、そういった場合の改善策が欲しい。

興味を持って参加できた、理解できたといっても、実際に実践につなげることは難しく、各人が進んで食事改善に取り組めるよう、対象者の生活環境、食環境に見合ったより実践的な指導・媒体作りが求められる。今後の取り組みとしては、ダイエットデザインハウスに添った献立例やその応用の方法、現在の食生活では欠くことのできない外食などの上手な利用法などの充実があげられる。

反対に実践できそうな理由として挙げられた意見には、「内容がわかりやすかったため、やる気がおきた」や「作業しながら(折り紙)の指導だったので、自然と頭に残っているのでやってみようと思う」といったものがあり、食生活を見直す、改善しようとする動機付けという点ではかなり有効であると考えられる。

結 語

折り紙を使った栄養教育は、食品に含まれる栄養素とそのエネルギー量について誰もが簡単に理解できる方法であり、一般の人に対する生活習慣病予防の食事やスポーツ選手の食事から様々な治療食まで幅広く応用できる栄養教材であると考えられる。また、対象者が、異なる年齢、性別、生活活

動強度など様々な特徴をもつ多人数であっても、それらを考慮しながらの指導が可能であり、個人、集団を問わず指導を行うことができる。

一方で、対象者が栄養食事指導を通じ、食事の重要性を認識し、食生活を改善するには、アンケート調査により指摘された事項の改善が望まれる。善処すべき点については、引き続き検討を重ね、より良い指導方法・内容を確認していきたいと考える。

なお、本報の要旨は第4回静岡健康・長寿学術フォーラムにて発表した。

文献

- 1) 厚生省保健医療局地域保健・健康増進課生活習慣病対策室監修：国民栄養の現状平成9年国民栄養調査結果，1999
- 2) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品標準成分表，1982, 13～20

平成11年度大学スポーツ医学研究センター運営委員会議事録

平成12年1月27日（木）17:00～18:00

於：三田旧図書館・小会議室

出席者：山崎 元，大西 祥平，猿田 享男，北島 正樹，高嶺 隆二，鉄野 善資，福田 欣治

欠席者：清水 雅彦，池井 優，斎藤 郁夫

1 報告事項

1) 人 事

平成11年4月1日付

嘱託所員（助手）（期間延長） 味村 純（平成11年9月末日迄）

兼担所員（重任） 小谷津孝明

（重任） 湯本 典子

（以上 平成11年4月1日～平成13年3月31日迄）

研究員（期間延長） 高木 聡子

（以上 平成11年4月1日～平成12年3月末日迄）

5月31日退職

職員（検査技師） 鈴木 美貴

6月1日付

大学助手（新任） 小熊 祐子

7月1日付

看護学部（仮称）開設準備室長（兼任）

山崎 元

研究員（新任） 渡邊 隆子

（平成11年7月1日～平成12年6月30日迄）

10月1日付

嘱託所員（新任） 山本 哲史

（平成11年10月1日～平成12年9月30日迄）

所長（重任） 山崎 元

副所長（重任） 大西 祥平

（以上 平成11年10月1日～平成13年9月30日迄）

1月25日付

看護医療学部開設準備室長（兼任） 山崎 元

[運営委員の交代]

退任 稲田 拓（平成6年10月1日～平成11年3月31日迄）

" 飯田 裕康（平成5年10月1日～平成11年9月30日迄）

就任 鉄野 善資（平成11年4月1日から）

" 清水 雅彦（平成11年10月1日から）

(所長より , 上記の報告がなされた。)

2) 活 動

塾内

- ・ 体育会学生 (大学・高校) を対象とした検査・測定
- ・ 他学部 (理工学部・文学部) との共同業務・研究
- ・ 大学病院業務ならびに連携業務
- ・ 学生の運動療法・食事療法
- ・ 教職員のメデカルチェックと運動処方 の作成
- ・ 体育会学生を対象とした講習会・説明会
- ・ 一貫教育校の児童・生徒にスポーツに関する医学教育

塾外

- ・ 国民体育大会神奈川県代表選手のメデカルチェック
- ・ 大相撲力士の心臓検診
- ・ JOC加盟団体の測定・検診
- ・ 神奈川県高校生突然死防止の調査・検診

取り扱い検査件数 (上半期)

総取り扱い件数 3307件

(内訳)

塾内部 2019件

大学体育会部員 1191件

教職員他 828件

塾外部 1288件

業務委託 681件

その他 607件

塾外部検査の内訳

国民体育大会神奈川県代表選手のメディカルチェック

検診者数 114名 (40歳以上43名・一般50名・ジュニア21名)(6月30日～9月20日)

大相撲力士の心臓検診者数 139名 (新弟子 116名)

神奈川県高校生突然死防止の検診者数 42名

JOC加盟団体等の測定 202件

(所長より , 上記の報告がなされた。)

2 協議事項

1) 人事 (平成12年度計画資料)

昇格人事 (大学助教授)	大 西 祥 平 (平成12年4月1日付)
兼担所員 (重任)	辻 岡 三 南 子
”	和 井 内 由 充 子
”	石 田 浩 之
兼任所員 (重任)	若 野 紘 一
”	山 下 光 雄

- (以上 平成12年4月1日～平成14年3月31日迄)
- 研究員(期間延長) 高木 聡子(労働省認定ヘルスケアトレーナー)
(平成12年4月1日～平成13年3月31日迄)
- 研究員(期間延長) 渡邊 隆子(千葉県立衛生短期大学 栄養学科助手)
(平成12年7月1日～平成13年6月30日迄)

所長より、上記計画資料に基づき説明がなされた。大西祥平君の昇格人事に際しては履歴書・業績目録の紹介がなされた。又、兼担所員の小谷津孝明君は、来る3月末日以て退官されるが兼任所員として引き続き留任して頂く旨の話がなされ、全て承認された。

- 2) その他
情報交換が行われた。

平成11年度の活動

1 人事

平成11年4月1日付

嘱託所員(助手)(期間延長) 味村 純(平成11年9月末日迄)

兼担所員(重任) 小谷津孝明

〃 (重任) 湯本 典子

(以上 平成11年4月1日～平成13年3月31日迄)

研究員(期間延長) 高木 聡子

(以上 平成11年4月1日～平成12年3月末日迄)

5月31日退職

職員(検査技師) 鈴木 美貴

6月1日付

大学助手(新任) 小熊 祐子

7月1日付

看護学部(仮称)開設準備室長(兼任)

山崎 元

研究員(新任) 渡邊 隆子

(平成11年7月1日～平成12年6月30日迄)

10月1日付

嘱託所員(新任) 山本 哲史

(平成11年10月1日～平成12年9月30日迄)

所長(重任) 山崎 元

副所長(重任) 大西 祥平

(以上 平成11年10月1日～平成13年9月30日迄)

1月25日付

看護医療学部開設準備室長(兼任) 山崎 元

[運営委員の交代]

退任 稲田 拓(平成6年10月1日～平成11年3月31日迄)

〃 飯田 裕康(平成5年10月1日～平成11年9月30日迄)

就任 鉄野 善資(平成11年4月1日から)

2 主たる事業

・ 塾内のみを対象

- 臨床：体育会学生を対象とした検査・測定。
 肥満学生の運動療法・食事療法。
 教職員のメデカルチェックと運動処方作成。
 有疾病者の診断・検査。
 病院における業務（外来診療等）
 医学部との連携業務。
 心理学に基づく競技力向上。
- 教育：授業（信濃町，矢上，日吉）
 体育会学生等を対象とした講習会・説明会。
 諸学校の児童・生徒にスポーツに関する医学教育。
- 研究：理工学部・総合政策学部との「認知」に関する研究。
 文学部（心理学）との共同研究。
 成人病（肥満，糖尿病，高血圧，高脂血症）の運動療法。
 運動中の筋パワー発生と筋電図の関係。
 運動ならびに作業疲労に関する研究。

・ 塾内と塾外を対象

- 臨床：アスリートの最大酸素摂取量測定，乳酸測定，筋パワー測定。
 アスリートの血液検査。
 アスリートの減量に関する指導と研究。
 アスリートの心臓形態・機能評価。
 アスリートの内科的，整形外科的治療，心理学的指導。
 アスリート，有疾患者の骨塩量測定と骨粗鬆症の予防。
 有成人病者，運動選手への栄養指導。

・ 塾外のみを対象

- 臨床：国民体育大会神奈川県代表選手のメデカルチェック（40才以上）
 大相撲力士全員の心臓検診。
 JOC加盟団体等の測定・検診。
 神奈川県高校生突然死防止の調査と検診。
- 教育：「健康セミナー」の講演。

2-1 体育会学生を対象とした測定検査・栄養調査・教育

スポーツによる事故の防止，競技力向上を目指した体力測定検査・栄養調査および教育を行った。

検査項目

- (1) 心電図
- (2) 超音波断層心エコー図検査
- (3) 最大酸素摂取量測定と乳酸測定

- (4) 筋力測定（上下肢および体幹）
- (5) 血液検査（抹消血および生化学）
- (6) 体脂肪測定（水中体重秤量法）
- (7) 栄養食事指導
- (8) 心理相談

検査延件数 2251件

（大学体育会1633件，体育会以外のサークル198件，高等学校体育会420件）

2-2 教職員を対象としたメディカルチェックと運動処方作成

平成5年度より慶應義塾健康保健組合と提携し，教職員の健康の維持・増進を図ることを目的としスタートさせたものである。

検査項目

- (1) 安静時心電図
- (2) 運動負荷心電図検査
- (3) 超音波断層心エコー図検査
- (4) 最大酸素摂取量測定
- (5) 体脂肪測定（水中体重秤量法）
- (6) 血液検査
- (7) 栄養相談

教職員を対象に運動処方を作成し運動を指導した。一部の教職員は当センター内の運動療法室を利用して定期的に運動を行った。

また，研究員・高木聡子先生の指導のもとで定期的に運動教室を開催している。

2-3 学生の心臓検診

定期健康診断で心電図異常を認めた学生に対して心臓二次検診として超音波断層心エコー図検査，運動負荷心電図，を学生に行った。

2-4 肥満学生の運動および栄養指導

定期健康診断で肥満度30%以上の肥満学生に対し，運動処方および栄養管理士による栄養相談を行った。運動の実践については当センター内の運動療法室を利用し，定期的に体脂肪を測定し運動効果をチェックし，個々の学生に対し指導を行った。

2-5 塾内部（諸学校）への教育

大学体育会を中心に諸学校の児童・生徒も含めてスポーツに関する医学教育を行った。

2-6 神奈川県体育協会との業務委託

平成5年度から，継続事業として国民体育大会神奈川県代表特別健康診断（40歳以上）と，本年度より国民体育大会神奈川県代表選手一般健康診断（40歳未満）

ジュニア選手の体力測定が新たに加わり6月28日～9月20日に亘り行われた。特別健康診断の競技種目は，銃剣道，射撃，ソフトテニス，硬式テニス，フェッシング，ゴルフ，洋弓，ボーリング，弓道，剣道，軟式野球，馬術等で，総勢43名の検診を行った。一般健康診断の競技種目はスキー，ラグビー，ホッケー，ハンドボール，水球，バトミントン，剣道等で総勢54名の検診を行った。検査項目は，検尿，血液検査，肺機能検査，最大酸素摂取量測定，運動負荷心電図検査，体脂肪測定，超音波断層心エコー図検査である。また，ジュニア選手の体力測定検診者は21名であった。

2-7 相撲力士の検診

平成2年より継続事業として相撲力士の検診を行っている。検診項目として，心電図検査，運動負

荷心電図，超音波断層エコー検査で1043件行った。

2-8 横浜市の高校生を対象とした突然死防止のための研究

平成5年度より横浜市地域研究の一環として，横浜市の高校生を対象に運動に伴う事故の予防活動を行っている。現在まで若年者の突然死の原因となる疾病は検出されていないが，養護教諭の問題意識を高める効果を得られ，引き続き数校の希望校に対してアンケート調査を継続することにした。また，本年度は本塾の女子高等学校・志木高等学校・湘南藤沢高等部もアンケート調査を実施した。

2-9 その他の活動

- (1) 平成8年度から日本興業銀行と契約を交し「シニアセミナー」の講演を5回行った。
- (2) 業務契約以外にもJOC加盟団体トップアスリートのメディカルチェックを多数行った。(平成11年度検査件数参照)

3 その他

3-1 機械機器の購入

平成11年度に下記の機械機器を購入し，施設の充実をはかった。

- ・NEC液晶プロジェクター
- ・アップル パソコン Power Mac G350
- ・アップル パソコン Power Mac G300 3台
- ・アップル パソコン Power Mac G3 333/14 2台

備 考)

[研究助成]

慶應義塾学事振興資金(大西祥平)

テーマ，「心拍変動における情報エントロピーの定量評価の有用性について」

慶應義塾学事振興資金(勝川史憲)

テーマ，「栄養士を対象とした食事，身体活動/運動量調査：肥満，加齢との関係」

慶應義塾学事振興資金(木下訓光)

テーマ，「成長期における体組成および心形態の正常発達に及ぼす運動の影響」

慶應義塾学事振興資金(八木 紫)

テーマ，「慢性腰痛症と腰部背筋力との関連についての疫学的調査」

学術フロンティア維持事業「北里大学医学部」(山崎 元)

テーマ，「健康・長寿と環境医科学」

補助活動報告

平成11年度検査件数（栄養指導含む）(1999.4.1～2000.3.31)

	検査項目等	塾内部件数	塾外部件数	合計件数
1)	最大酸素摂取量	104	117	221
2)	心電図検査（安静時）	31	162	193
3)	心電図検査（トレッドミル負荷）	15	114	129
4)	末梢血一般検査	413	157	570
5)	生化学検査	158	138	296
6)	超音波断層心エコー検査	82	743	825
7)	筋力測定検査（KIN-KOM）	0	9	9
8)	腰痛治療（Medx）	1426	73	1499
9)	栄養食事指導料	54	0	54
10)	水中体重法体脂肪測定	394	664	1058
11)	基礎代謝測定	12	19	31
12)	健康診断	143	0	143
	合計	2832	2196	5028

平成11年度検査件数の内訳（1999.4.1～2000.3.31）

1 塾内部

1) 大学体育会

部 名	最大酸素 摂取量	心 電 図 (安静時)	心電図 (負荷)	末 梢 血 一般検査	生化学 検 査	超音波 断 層	KIN- COM	Medx	栄養食事 指 導 料	水中体重法 脂肪測定	基礎代謝 測 定	健康診断	合計件数
小計	63	27	2	411	150	35	0	571	53	179	0	142	1633

2) その他の塾内

部 名	最大酸素 摂取量	心 電 図 (安静時)	心電図 (負荷)	末 梢 血 一般検査	生化学 検 査	超音波 断 層	KIN- COM	Medx	栄養食事 指 導 料	水中体重法 脂肪測定	基礎代謝 測 定	健康診断	合計件数
1) 体育会以外のサークル	17	1	1	0	1	17	0	142	0	18	0	1	198
2) 高等学校の体育会	1	0	1	0	0	0	0	281	0	137	0	0	420
3) その他	23	3	11	2	7	30	0	432	1	60	12	0	581
小計	41	4	13	2	8	47	0	855	1	215	12	1	1199
塾内部計	104	31	15	413	158	82	0	1426	54	394	12	143	2832

2 塾外部

1) 業務委託

部 名	最大酸素 摂取量	心 電 図 (安静時)	心電図 (負荷)	末 梢 血 一般検査	生化学 検 査	超音波 断 層	KIN- COM	Medx	栄養食事 指 導 料	水中体重法 脂肪測定	基礎代謝 測 定	健康診断	合計件数
1) 相撲協会	0	0	0	0	0	591	0	0	0	452	0	0	1043
2) 県体協	45	52	52	52	51	48	0	0	0	43	0	0	343
4) その他	0	0	0	15	15	35	4	41	0	0	14	0	124
小計	45	52	52	67	66	674	4	41	0	495	14	0	1510

2) その他の塾内

部 名	最大酸素 摂取量	心 電 図 (安静時)	心電図 (負荷)	末 梢 血 一般検査	生化学 検 査	超音波 断 層	KIN- COM	Medx	栄養食事 指 導 料	水中体重法 脂 肪 測 定	基礎代謝 測 定	健康診断	合計件数
その他	72	110	62	90	72	69	5	32	0	169	5	0	686
小計	72	110	62	90	72	69	5	32	0	169	5	0	686
塾外部計	117	162	114	157	138	743	9	73	0	664	19	0	2196
合計	221	193	129	570	296	825	9	1499	54	1058	31	143	5028

大学スポーツ医学研究センター運営委員

(平成12年2月1日現在)

1. 所長	山崎 元
2. 副所長	大西 祥平
3. 医学部長	猿田 享男
4. 経済学部長	清水 雅彦
5. 大学病院長	北島 正樹
6. 体育会理事	池井 優
7. 体育研究所長	高嶺 隆二
8. 保健管理センター所長	斎藤 郁夫
9. 志木高等学校長	鉄野 善資
10. スポーツ医学研究センター事務長	福田 欣治

その他 所長が必要と認めたもの若干名

出張(平成11年4月~平成12年3月)

氏名	行き先	目的	期間
味村 純	東京	第96回日本内科学会	3.30~4.1
大西 祥平	横浜	第42回日本糖尿病学会年次学術集会	5.13~15
勝川 史憲	"	"	"
山崎 元	アメリカ・イギリス	アメリカスポーツ医学年次集会他	6.1~6.10
大西 祥平	アメリカ	アメリカスポーツ医学年次集会	6.1~6.6
木下 訓光	"	"	6.1~6.7
小熊 祐子	"	" (発表)	6.1~6.7
味村 純	"	"	6.1~6.8
勝川 史憲	イタリア	第9回ヨーロッパ肥満学会(発表)	6.2~6.12
勝川 史憲	東京	第20回日本臨床栄養協会総会	7.31~8.1
木下 訓光	横浜	第47回心臓病学会学術集会	9.13~15
味村 純	"	"	"
大西 祥平	熊本	第54回日本体力医学会大会	9.29~30
大林 千代美	"	"	9.29~10.1
常川 尚美	"	"	"
八木 紫	"	"	"
大西 祥平	アメリカ	クーパークリニックカンファレンス 身体活動量の測定について	10.14~18
小熊 祐子	"	"	"
勝川 史憲	東京	第20回日本肥満学会	10.14~15
木下 訓光	熊本	第54回国民体育大会秋季大会 神奈川県選手団本部役員として同行	10.23~29
大西 祥平	福岡	第21回健康増進学会	10.29
大林 千代美	"	"	10.29~11.1
八木 紫	"	" (発表)	"
山崎 元	東京	第10回臨床スポーツ医学会	11.6~7
大西 祥平	"	"	"
勝川 史憲	"	"	"
木下 訓光	"	"	"
小熊 祐子	"	"	"
山本 哲史	"	"	"
大林 千代美	"	"	"
八木 紫	"	"	"
大西 祥平	広島	第52回日本自律神経学会総会 (発表)	11.3~11.5
小熊 祐子	"	"	"
木下 訓光	"	国際シンポジウム 肥大型心筋症の最新報告1999	12.1~3
山本 哲史	"	"	"

教職員スタッフ（平成12年3月31日現在）

所長	山 崎 元
副所長	大 西 祥 平
医師	勝 川 史 憲
”	木 下 訓 光
”	小 熊 祐 子
”（囑託）	山 本 哲 史
兼担所員	小谷津 孝 明
”	湯 本 典 子
”	辻 岡 三南子
”	和井内 由充子
”	石 田 浩 之
”	小 熊 祐 子
兼任所員	若 野 紘 一
”	山 下 光 雄
研究員	高 木 聡 子
”	渡 邊 隆 子
事務長	福 田 欣 治
保健婦	大 林 千代美
臨床検査技師	常 川 尚 美
健康運動指導士	八 木 紫

紀 要 (1999年)

平成13年1月発行〔非売品〕

発行〔〒223-0061〕横浜市港北区日吉4-1-1

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

電話045-563-1111(代)

印刷製本 港北出版印刷