

## V 運動の基礎科学

運動と健康のかかわり

## V 運動の基礎科学 運動と健康のかかわり

### 学習のねらい

身体活動とエネルギー消費、体内におけるエネルギー産生の仕組み、体力、トレーニングといった基礎知識を習得し、次に運動と健康のかかわりを理解する。

#### 1) 身体活動とエネルギー消費

人間は、さまざまな環境で生活をしている。その生活は、食事や睡眠など生命維持のため、労働などの社会的役割を果たすため、スポーツ活動や習い事のような余暇活動のため等の内容から構成されている。身体活動は、生活を行うために必要不可欠な動きであり、近年、身体活動が、健康の維持や疾病の罹患に影響があることが周知されるようになった。

##### (1) 身体活動の定義

身体活動とは、骨格筋の収縮によって安静時よりも多くのエネルギー消費を伴う身体の状態である。身体活動は、生活活動と運動の大きく2つに分類することができる。生活活動とは、日常生活活動における労働や家事等のことで、運動とは、余暇における運動やスポーツ活動等のことである。

生活活動は、個人の生活の内容によって異なり、この身体活動量によってエネルギーの消費量を大きく変動させることができる。エネルギー消費量を増加させる場合は、身体活動量を増加させなければならない、そのためには、個人の生活の内容を考えることが必要となる。

運動とは、身体活動のひとつであり、特に体力(競技に関連する体力と健康に関連する体力を含む)を維持・増進させるために行う計画的・組織的で継続性のあるものである。国民健康・栄養調査(厚生労働省)では、週に2日以上、1回30分以上、1年以上継続して行っている場合を「運動習慣あり」としている。

##### (2) 身体活動強度・運動強度

身体活動の種類ごとに身体活動の強さを指標として示したものが、身体活動強度である。運動の強さについては、運動強度という。これらの強度は、指数として表しているため、身長や体重などの身体的特徴の違う対象者に対しても活用することができる。ここでは、エネルギー代謝率、メッツ、動作強度の身体活動強度について説明する。

##### ①エネルギー代謝率(relative metabolic rate, RMR)

エネルギー代謝率は、さまざまな身体活動やスポーツの身体活動強度を示すものであり、活動に必要としたエネルギー量が基礎代謝量の何倍にあたるかによって活動強度の指標としている。

$$\begin{aligned}\text{RMR} &= (\text{活動時のエネルギー消費量} - \text{安静時のエネルギー消費量}) / \text{基礎代謝量} \\ &= \text{活動代謝量} / \text{基礎代謝量}\end{aligned}$$

エネルギー代謝率は、体格、性別、年齢が考慮されている基礎代謝量を基準としていることから、体格、性別、年齢に関係なく強度を利用することができる。

## ②メッツ

さまざまな身体活動時のエネルギー消費量が、安静時エネルギー消費量の何倍にあたるかを指数化したものをメッツという(表V-1-1~3)。メッツは、アメリカで広く使われてきたが、最近では、わが国でも運動処方の場合に特に利用されることが多くなった。「健康づくりのための運動基準2006」では、身体活動強度をメッツで示している。Metabolite(代謝産物)から名づけられたもので、安静状態を維持するために必要な酸素量(酸素必要量)を性別や体重に関わらず 3.5ml/kg/分を1単位とした。メッツとRMRには以下のような関係が成り立つ。

$$\text{RMR} = 1.2 \times (\text{メッツ} - 1)$$

運動中のエネルギー消費量を算出する場合、体重あたり、1時間あたりで表すと、メッツとほぼ同じ値を示す。ただし、酸素1リットルあたりの熱量数を5kcalとする。

例えば、体重50kgの人が、6メッツの運動強度で30分運動したならば、エネルギー消費量 = 6kcal/kg/時 × 0.5時間 × 50kg = 150kcal となる。

## ③動作強度(Af)

日常の動作の強度が、基礎代謝の何倍にあたるかを1分あたりの指数で示したものを動作指数という。「日本人の食事摂取基準(2005年版)」における身体活動レベルの活動内容を示す際、活用している。

$$\text{エネルギー消費量(kcal)} = \text{基礎代謝量(kcal)} \times \text{動作強度(Af)} \times \text{時間(分)}$$

## ④その他の運動強度

運動強度の表現には、上記以外に最大酸素摂取量、最大心拍数によるものがある。

ある運動を行った時の酸素摂取量が、最大酸素摂取量に対する割合で示したものを運動強度の指標としている。例えば、「最大酸素摂取量の50%強度の運動」という表現をする。この運動強度は、個人の最大酸素摂取量の実測が難しいため簡単に算出することができないことから、運動選手や運動の専門家の間で使用することが多い。

最大心拍数では、運動時の心拍数が最大心拍数の何%に当たるかで表現する方法である。最大心拍数に関しては、推定式(220-年齢、あるいは、200-年齢)があり、簡便に求めることができる。また、運動時の脈拍が分かれば、運動強度を推測することができる。

**表 V-1-1 さまざまな身体活動のメッツ**  
**3 メッツ以上の運動（身体活動量の目標の計算に含むもの）**

メッツ	活動内容	1エクササイズに相当する時間
3.0	自転車エルゴメーター:50ワット、とても軽い活動、ウェイトトレーニング(軽・中等度)、ボーリング、フリスビー、バレーボール	20分
3.5	体操(家で。軽・中等度)、ゴルフ(カートを使って。待ち時間を除く。注2参照)	18分
3.8	やや速歩(平地、やや速めに=94m/分)	16分
4.0	速歩(平地、95~100m/分程度)、水中運動、水中で柔軟体操、卓球、太極拳、アクアビクス、水中体操	15分
4.5	バドミントン、ゴルフ(クラブを自分で運ぶ。待ち時間を除く。)	13分
4.8	バレエ、モダン、ツイスト、ジャズ、タップ	13分
5.0	ソフトボールまたは野球、子どもの遊び(石蹴り、ドッジボール、遊戯具、ビー玉遊びなど)、かなり速歩(平地、速く=107m/分)	12分
5.5	自転車エルゴメーター:100ワット、軽い活動	11分
6.0	ウェイトトレーニング(高強度、パワーリフティング、ボディビル)、美容体操、ジャズダンス、ジョギングと歩行の組み合わせ(ジョギングは10分以下)、バスケットボール、スイミング:ゆっくりしたストローク	10分
6.5	エアロビクス	9分
7.0	ジョギング、サッカー、テニス、水泳:背泳、スケート、スキー	9分
7.5	山を登る:約1~2kgの荷物を背負って	8分
8.0	サイクリング(約20km/時)、ランニング:134m/分、水泳:クロール、ゆっくり(約45m/分)、軽度~中強度	8分
10.0	ランニング:161m/分、柔道、柔術、空手、キックボクシング、テコンドー、ラグビー、水泳:平泳ぎ	6分
11.0	水泳:バタフライ、水泳:クロール、速い(約70m/分)、活発な活動	5分
15.0	ランニング:階段を上がる	4分

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of Physical Activities:An update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 2000;32 (Suppl):S498-S516.

注1:同一活動に複数の値が存在する場合、競技ではなく余暇活動時の値とする等頻度が多いと考えられる値を掲載してある。

注2:それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。例えば、カートを使ったゴルフの場合、4時間のうち2時間が待ち時間とすると、3.5 メッツ×2時間＝7メッツ・時となる。

(出典:厚生労働省、健康づくりのための運動指針 2006)

表 V-1-2 さまざまな身体活動のメッツ

3 メッツ以上の生活活動（身体活動量の目標の計算に含むもの）

メッツ	活動内容	1エクササイズに 相当する時間
3.0	普通歩行（平地、67m/分、幼い子ども・犬を連れて、買い物など）釣り（2.5（船で座って）～6.0（溪流フィッシング））、屋内の掃除、家財道具の片付け、大工仕事、梱包、ギター：ロック（立位）、車の荷物の積み下ろし、階段を下りる、子どもの世話（立位）	20分
3.3	歩行（平地、81m/分、通勤時など）、カーペット掃き、フロア掃き	18分
3.5	モップ、掃除機、箱詰め作業、軽い荷物運び、電気関係の仕事：配管工事	17分
3.8	やや速歩（平地、やや速めに＝94m/分）、床磨き、風呂掃除	16分
4.0	速歩（平地、95～100m/分程度）、自転車に乗る：16km/時未満、レジャー、通勤、娯楽、子どもと遊ぶ・動物の世話（徒歩/走る、中強度）、高齢者や障害者の介護、屋根の雪下ろし、ドラム、車椅子を押す、子どもと遊ぶ（歩く/走る、中強度）	15分
4.5	苗木の植栽、庭の草むしり、耕作、農作業：家畜に餌を与える	13分
5.0	子どもと遊ぶ・動物の世話（歩く/走る、活発に）、かなり速歩（平地、速く＝107m/分）	12分
5.5	芝刈り（電動芝刈り機を使って、歩きながら）	11分
6.0	家具、家財道具の移動・運搬、スコップで雪かきをする	10分
8.0	運搬（重い負荷）、農作業：干し草をまとめる、納屋の掃除、鶏の世話、活発な活動、階段を上がる	8分
9.0	荷物を運ぶ：上の階へ運ぶ	7分

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of Physical Activities: An update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 2000;32 (Suppl):S498-S516.

注1：同一活動に複数の値が存在する場合は、競技より余暇活動時の値とするなど、頻度の多いと考えられる値を掲載してある。

注2：それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。

（出典：厚生労働省、健康づくりのための運動指針 2006）

表 V-1-3 さまざまな身体活動のメッツ

## 3 メッツ未満の身体活動（身体活動量の目標の計算に含めないもの）

メッツ	活動内容
1.0	静かに座って(あるいは寝転がって)テレビ・音楽鑑賞、リクライニング、車に乗る
1.2	静かに立つ
1.3	本や新聞等を読む(座位)
1.5	座位での会話、電話、読書、食事、運転、軽いオフィスワーク、編み物・手芸、タイプ、動物の世話(座位、軽度)、入浴(座位)
1.8	立位での会話、電話、読書、手芸
2.0	料理や食材の準備(立位、座位)、洗濯物を洗う、しまう、荷作り(立位)、ギター・クラシックやフォーク(座位)、着替え、会話をしながら食事をする、または食事のみ(立位)、身の回り(歯磨き、手洗い、髭剃りなど)、シャワーを浴びる、タオルで拭く(立位)、ゆっくりした歩行(平地、散歩または家の中、非常に遅い=54m/分未満)
2.3	皿洗い(立位)、アイロンがけ、服・洗濯物の片付け、カジノ、ギャンブル、コピー(立位)、立ち仕事(店員、工場など)
2.5	ストレッチング*、ヨガ*、掃除:軽い(ごみ掃除、整頓、リネンの交換、ごみ捨て)、盛り付け、テーブルセッティング、料理や食材の準備・片付け(歩行)、植物への水やり、子どもと遊ぶ(座位、軽い)、子ども・動物の世話、ピアノ、オルガン、農作業:収穫機の運転、干し草の刈り取り、灌漑の仕事、軽い活動、キャッチボール* (フットボール、野球)、スクーター、オートバイ、子どもを乗せたベビーカーを押すまたは子どもと歩く、ゆっくりした歩行(平地、遅い=54m/分)
2.8	子どもと遊ぶ(立位、軽度)、動物の世話(軽度)

\* 印は運動に、その他の活動は身体活動に該当する。

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of Physical Activities: An update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 2000;32 (Suppl):S498-S516.

注1: 同一活動に複数の値が存在する場合は、競技より余暇活動時の値とするなど、頻度の多いと考えられる値を掲載してある。

注2: それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。

(出典: 厚生労働省、健康づくりのための運動指針 2006)

## (3) エネルギー消費

エネルギー消費は、安静時代謝量(基礎代謝量、睡眠時代謝量)、食事誘発性熱産生、身体活動から構成される。構成要素を理解し、エネルギー消費を考える材料とする。

## ① 基礎代謝量(basal metabolism rate: BMR)

基礎代謝とは、身体的・精神的に安静にしている状態でのエネルギー代謝量であり、生命維持だけに必要なエネルギー(生きるために最低限必要なエネルギー)である。極端な減食による減量を防止するためにも基礎代謝量を把握し、生きているだけでもどのくらいエネルギーが必要であるかの理解を促すべきである。

基礎代謝量は、表 V-2 にあるように年齢別、性別の基礎代謝基準値をもとに概量を算出することができる。例えば、22 歳で体重 50kg の女性の基礎代謝量は、基礎代謝基準値 23.6kcal/kg/日 × 50kg = 1180kcal/日 となる。肥満者の場合には、身長より、標準体重を算出し、標準体重から基礎代謝量を算出しないといけない。

基礎代謝量は、体格、年齢、性別、身体活動レベル、ホルモンなど、さまざまな因子の影響を

受ける(表V-3)。そのため、基礎代謝量の実測値は、年齢、性、身長、体重が同じであっても異なった値を示し、同一人においても測定時の身体の状態によって異なる。例えば、月経周期と体重の変動や筋肉トレーニングによる骨格筋量の増加と基礎代謝量の変化について説明するときにご利用することができる。

**表V-2 基礎代謝基準値**

(kcal/kg/日)

年齢区分	男性	女性
1～2(歳)	61.0	59.7
3～5(歳)	54.8	52.2
6～7(歳)	44.3	41.9
8～9(歳)	40.8	38.3
10～11(歳)	37.4	34.8
12～14(歳)	31.0	29.6
15～17(歳)	27.0	25.3
18～29(歳)	24.0	23.6
30～49(歳)	22.3	21.7
50～69(歳)	21.5	20.7
70 以上(歳)	21.5	20.7

出典：厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準(2005 年度版)

取基準(2005 年度版)

**表V-3 基礎代謝に影響する要因**

1	体表面積	体表面積が広い場合には、体表面からの放熱量がそれに比例して多いため、年齢・性・体重が同じであっても、身長が高くやせている人は基礎代謝が大きい。
2	年齢	体重 1kg あたりの基礎代謝量は、成長などのために体内代謝が活発なため、年齢の若いほうが大きな値を示す。
3	性	男性のほうが、筋肉など代謝が活発な組織の量が多いため、女性よりも基礎代謝が大きい。
4	体格	筋肉質の人は脂肪質の人に比べて基礎代謝は大きい。そのため、筋肉質で生活活動強度の高い人の基礎代謝は若干の補正をすることが必要である。
5	体温	皮膚表面からの放熱量が大きいと、体温が1℃上昇するごとに代謝量は 13%増加するとされることから、体温が高い人は基礎代謝が大きい。
6	ホルモン	甲状腺ホルモン・副腎髄質ホルモンの分泌量の多い人は、体内代謝が活発なため基礎代謝が大きい。
7	季節	基礎代謝は一般に夏に低く冬に高い。特に脂肪の摂取量が少ないほど季節の影響を受けやすいとされている。
8	月経	女性はエストロゲンなど女性ホルモンの分泌量の変化により、体温に影響を及ぼし、基礎代謝量は月経開始 2～3 日前に最高に達し、月経中に最低になる。

## ②安静時代謝量(resting metabolic rate: RMR)

安静時代謝とは、基礎代謝量の測定のように姿勢や食事・室温などの測定条件を規定しないで、仰臥位(仰向けに寝る状態)あるいは、座位で、安静(静かに休息)にしている状態で消費されるエネルギーのことである。通常、安静時代謝量は、基礎代謝量の 10～20%増しとする。

安静時における主な体内臓器・組織のエネルギー消費量を表V-4 に示した。全体のエネルギー消費量から見た場合には、骨格筋のエネルギー消費量がもっとも大きい、単位重量あたりでは、心臓と腎臓におけるエネルギー消費量が最も大きくなる。脂肪組織は、単位重量あたりはエネルギー消費量がとても低く、体脂肪量の体内に占める割合が高いが、全体のエネルギー代謝量は多くはない。また、骨格筋におけるエネルギー消費量は、運動時など、活動量が増えることにより安静時に比べ数倍になる。

安静時代謝量は、体重減少に伴い、減少することとなる。そのため、体重が減少するほど、安静時からのエネルギー消費量が少なくなることを考慮しなくてはならない。簡単に言うと、体重が重いときの方が安静にしている、使うエネルギーが多く、減量が進めば進むほど同じ安静の時間を費やしてもエネルギーの消費が少なくなることを考慮してエネルギー消費を考えなくてはならな

い。

表 V-4 全身およびおもな臓器・組織のエネルギー代謝

臓器・組織	重量 (kg)	エネルギー代謝量		比率 (%)
		(kcal/kg/日)	(kcal/日)	
全身	70.0	24	1700	100
骨格筋	28.0	13	370	22
脂肪組織	15.0	4.5	70	4
肝臓	1.8	200	360	21
脳	1.4	240	340	20
心臓	0.33	440	145	9
腎臓	0.31	440	137	8
その他	23.16	12	277	16

体重 70kg で、体脂肪率が約 20%の男性を想定

(出典:Gallagher,D. et al 1998 の表より作成)

### ③睡眠時代謝量

睡眠代謝は、副交感神経が緊張状態にあり、心拍数が低く、骨格筋が弛緩しており、身体の動きが少ない睡眠をとっている状態のエネルギー代謝である。以前は、基礎代謝レベルよりもやや低いとされてきたが、現在では、基礎代謝と同じであるとされている。

### ④食事誘発性熱産生(diet induced thermogenesis, DIT)

食事誘発性熱産生は、食物を食べることによりエネルギー代謝が亢進することをいい、特異動的作用(specific dynamic action, SDA)ともいう。この作用によって得られた熱は、寒いときには体温の維持に利用されるが、気温が適温の場合には、熱は単に放散される。

この代謝量は、食物中に含まれている糖質、脂質、たんぱく質のエネルギー比率によって異なり、たんぱく質だけを摂取した場合にはエネルギー摂取量の約 30%に達し、糖質のみでは約 6%、脂質のみでは約 4%といわれている。高たんぱく質食は、高糖質食や高脂質食に比べ、食事誘発性熱産生によるエネルギーの消費が高い。

### ⑤活動代謝量

仕事、通学や通勤のための歩行、家事、身支度、スポーツなど日常生活におけるさまざまな身体活動によって亢進するエネルギー代謝を活動代謝という。活動代謝量を知ることは、個人のエネルギー必要量と各種栄養素の摂取量を決定する上で重要なことである。また、労働やスポーツにおける強度の判定を行うことができる。

## 2) 体内におけるエネルギー代謝とエネルギー獲得機構

生物は、食物を食べ、体内で食物を消化し、吸収して、エネルギー源となる栄養素である糖質、脂質、たんぱく質からエネルギーを産生し、そのエネルギーを利用し、生命活動を行っている。生体で行われるエネルギーの獲得とその変化をエネルギー代謝という。また、必要なエネルギー量



は、身体の大きさや活動量などにより異なる。食物によって摂取されるエネルギー量をエネルギー摂取量、生命維持のためのエネルギー量と活動などにより消費されるエネルギー量の総和をエネルギー消費量という。

エネルギーの単位は、ジュール(J)で表されるが、栄養学ではキロカロリー(kcal)が使用されている。1kcalは、4.184kJである。

#### (1) エネルギー代謝とは

エネルギー代謝は、糖質、脂質、たんぱく質から体内のエネルギーである ATP(アデノシン三リン酸)を産生する過程である。エネルギー代謝は、解糖系、TCA 回路(クエン酸回路ともいう)、電子伝達系の 3 つの過程からなる(図 V-1)。

解糖系は、糖質(グルコース)がピルビン酸、あるいは、乳酸にまで代謝(分解)される過程である。酸素を利用しないことから嫌氣的解糖系とも呼ばれる。解糖系では、グルコース1分子を分解して得られる ATP は 2 分子である。ピルビン酸は、酸素が存在する状況下で、アセチル CoA を経て TCA 回路に入る。酸素が不足した状況下では、ピルビン酸は、乳酸に分解される。筋肉は、運動強度が高くなると酸素が不足し、乳酸を産生しやすいが、心臓など酸素が豊富な臓器では乳酸の発生が抑制されている。

TCA回路は、アセチルCoAがオキザロ酢酸と結合し、クエン酸がつくられ代謝されて、再びオキザロ酢酸がつくられる過程であり、クエン酸からオキザロ酢酸への代謝が繰り返されるので回路という。この反応の過程によって、解糖系で産生されたピルビン酸は、CO<sub>2</sub>に分解され、糖質を構成している炭素(C)と酸素(O)は消滅する。その際、酸素が必要となるため、有酸素的代謝過程といわれ、直接、ATPが 2 分子得られる。また、解糖系とTCA回路において放出された水素は、NADHとFADH<sub>2</sub>によって、電子伝達系へと運ばれる。

電子伝達系は、水素の酸化が段階的に起こり、酸素まで伝達され、酸素と結合し、代謝水となる。この過程において、筋肉ではグルコース1分子で32分子のATPが生じる。エネルギー代謝過程で最も ATP を産生する過程は、電子伝達系であるが、電子伝達系で利用される水素は、解糖系と TCA 回路で放出されるので、この 3 つの過程からエネルギー代謝は構成される。

エネルギー代謝過程では、ビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、パントテン酸、ナイアシンをはじめとする水溶性ビタミンが補酵素として必要となるため、エネルギーの消費が多い場合には、これらのビタミンも多く摂取しなければならない。

#### (2) 呼吸比(呼吸商)respiratory quotient (RQ)

呼吸比は、体内で栄養素が燃焼したときに消費した酸素量に対する発生した二酸化炭素量の体積比をいう。呼吸比は、燃焼するエネルギー源となる栄養素により一定した値となり、糖質だけが燃焼したときには 1.0 であり、脂肪だけが燃焼したときには 0.707 である。われわれの呼気中の消費された酸素量と排出された二酸化炭素量から、呼吸比を求めることにより、糖質と脂質の燃焼比を知ることができる(表 V-5)。また、呼吸比に対し、酸素1リットルあたりの発生熱量が求められていることから、呼吸比と酸素消費量がわかれば、発生したエネルギー量が算出することができる。

軽い運動時には、糖質と脂質は同じ程度利用されるが、激しい運動では、糖質が中心となる

(図V-2)。糖質が100%燃焼したときのRQ1.0は、高強度の運動を続け、疲労困憊になるまで追い込んだとき(最大の酸素摂取の状態となったとき)に見られる。生体内のエネルギー代謝では、脂質の利用が高くなる有酸素的代謝過程においても糖質が消費され、脂質だけをエネルギー源として代謝することができないため、脂質が100%燃焼した場合でもRQは0.707にならない。

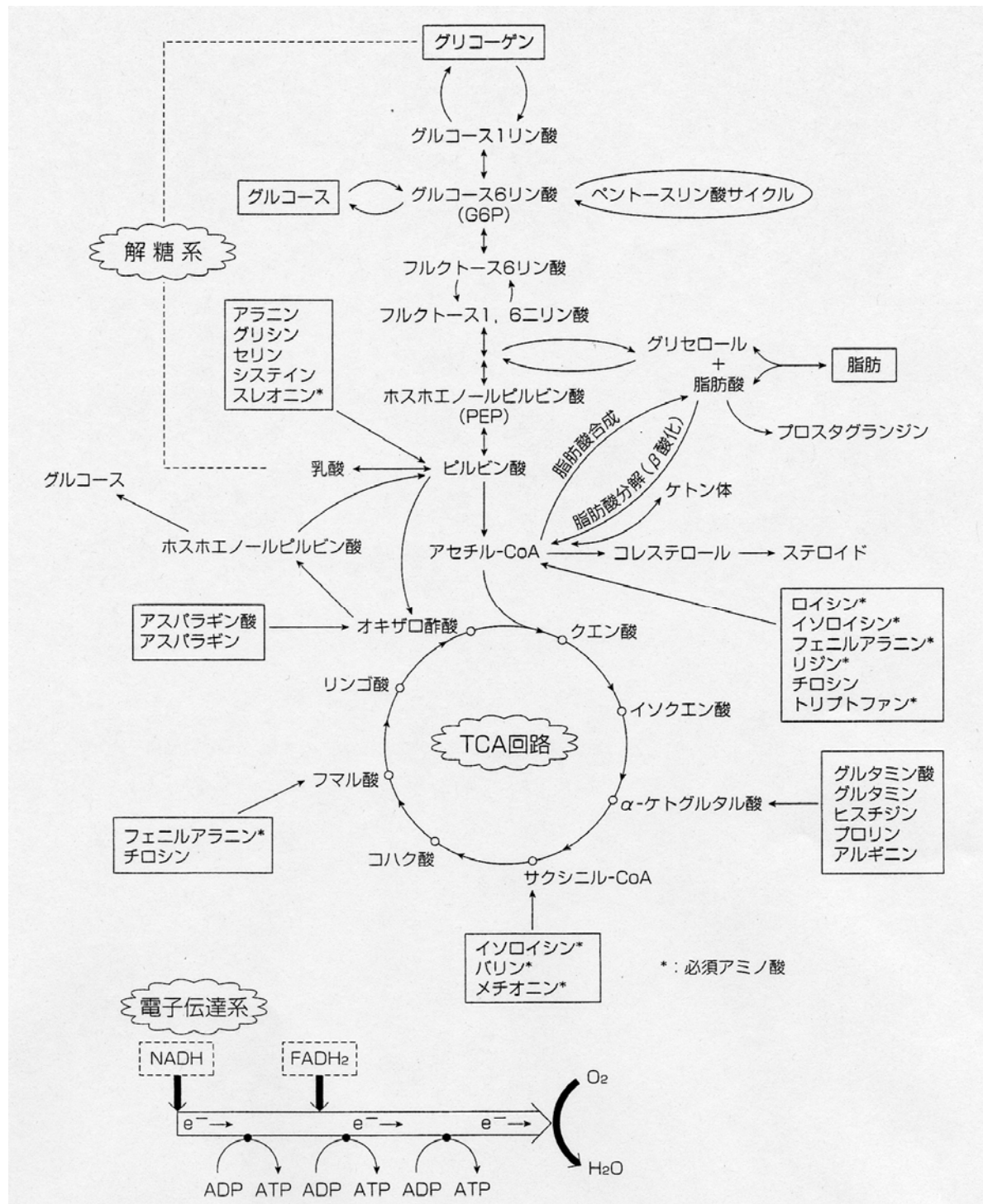


表 V-5 糖質・脂質混合酸化燃焼における非たんぱく質呼吸比、及び発生熱量

NPRO	分割割合		酸素1L 当たり の 発熱量 (kcal)	NPRO	分割割合		酸素1L当たりの 発熱量 (kcal)
	糖質(%)	脂質(%)			糖質(%)	脂質(%)	
0.707	0	100.0	4.686	0.86	54.1	45.9	4.875
0.71	0.10	98.9	4.690	0.87	57.5	42.5	4.887
0.72	4.76	95.2	4.702	0.88	60.8	39.2	4.899
0.73	8.40	91.6	4.714	0.89	64.2	35.8	4.911
0.74	12.0	88.0	4.727	0.90	67.5	32.5	4.924
0.75	15.6	84.4	4.739	0.91	70.8	29.2	4.936
0.76	19.2	80.8	4.751	0.92	74.1	25.9	4.948
0.77	22.8	77.2	4.764	0.93	77.4	22.6	4.961
0.78	26.3	73.7	4.776	0.94	80.7	19.3	4.973
0.79	29.9	70.1	4.788	0.95	84.0	16.0	4.985
0.80	33.4	66.6	4.801	0.96	87.2	12.8	4.998
0.81	36.9	63.1	4.813	0.97	90.4	9.58	5.010
0.82	40.3	59.7	4.825	0.98	93.6	6.37	5.022
0.83	43.8	56.2	4.838	0.99	96.8	3.18	5.035
0.84	47.2	52.8	4.850	1.00	100.0	0	5.047
0.85	50.7	49.3	4.862				

(出典: Lusk G、Aminal calorimetry. Analysis of the oxidation of mixtures of carbohydrate and fat. A correction. より作成)

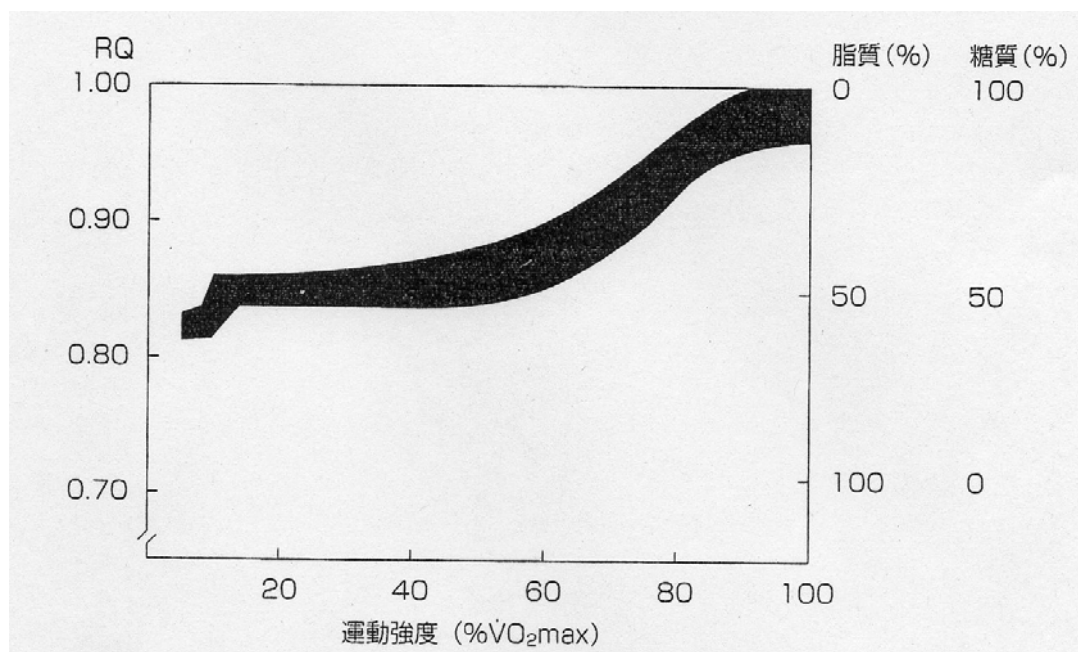


図 V-2 呼吸比から求めたエネルギー源としての糖質・脂質の寄与率と運動との関係

(出典: Astrand P、Rodahl K 著、朝比奈一男監訳、浅野克己訳: 運動生理学)

### (3) エネルギー獲得機構

運動時の骨格筋では次の 4 つの過程からエネルギーが供給される。4 つの過程は、無酸素系と有酸素系の 2 種類に大きく分類することができる(表 V-6)。

表 V-6 の 1 の過程は、骨格筋に存在するクレアチンリン酸(CP)を分解して得られるエネルギーを用いる方法である。しかし、CP は骨格筋にわずかしかな存在しないため、激しい運動をおこなった場合は数秒しか持続できない。表 V-6 の 2 の過程は骨格筋に存在するグリコーゲンを解糖系によりピルビン酸や乳酸にまで分解する過程で生じる ATP を利用する方法である。骨格筋の収縮に用いられる直接のエネルギー源は ATP であるが、筋細胞内の ATP はごくわずかであり、これを再合成しなければ筋収縮は維持することができない。表 V-6 の 1 や 2 の過程では酸素を必要としないため無酸素系である。このうち、2 の過程では乳酸が生成されるため乳酸性、1 の過程は非乳酸性のエネルギー供給機構である。さらに、持続的な運動になると、表 V-6 の 4 の過程によるエネルギー供給機構の比率が高くなり、酸素を用いグリコーゲンや脂肪からも多くの ATP が生じる。表 V-6 の 3 の過程は、2 と 4 の過程の両方を持ち合わせる。

**表 V-6 運動時間とエネルギー獲得機構からみたスポーツ種目とパワーの種類**

段階	運動時間	エネルギー獲得機構	スポーツの種類(例)	パワーの種類
1	30 秒間以下	非乳酸性機構 (ATP-CP 系)	砲丸投げ、100m走、盗塁、ゴルフ、テニス、 アメリカンフットボールのボックスのランニングプレー	ハイ・パワー
2	30 秒～ 1 分 30 秒間	非乳酸性機構 ＋乳酸性機構	200m走、400m走、スピードスケート (500、1000m)、100m競泳	ミドル・ パワー
3	1 分 30 秒間～ 3 分間	非乳酸性機構 ＋有酸素性機構	800m走、体操競技、ボクシング(1 ラウンド) レスリング(1ピリオド)	
4	3 分間以上	有酸素性機構	1500m 競泳、スピードスケート(10000m)、 クロスカントリースキー、マラソン、ジョギング	ロー・パワー

(出典：長谷川裕、戸苅晴彦、尾縣貢：財)日本体育協会公認スポーツ指導者養成テキスト共通Ⅰ)

## 3) 体力

### (1) 体力とは

体力の概念については、いくつかの考え方があるが、図 V-3 に示すように身体的要素と精神的要素に分けて考えることができる<sup>1)</sup>。身体的要素と精神的要素のそれぞれに行動体力と防衛体力が存在する。

身体的要素の行動体力は、形態や機能などの身体活動を伴う行動を起こす能力、その活動を持続やコントロールする能力である。一般的に体力というところの部分を指すことが多い。例えば、体格がよいなどの形態的な部分、ジャンプ力や持久力があるなどの機能的な部分である。また、身体的要素の防衛体力は、身体の基本的な生命維持のために必要な器官や組織の構造的な能力と体温調節や免疫などの機能的な能力をいう。精神的要素の行動体力は、意志、判断、意欲などを指し、防衛体力は、精神的ストレスに対する抵抗力を意味する。

運動は、体力を向上させる手段となる。また、過度な運動が健康を害することもあるが、適度な運動の習慣化により、ストレスに対する抵抗力を増し、ストレス自体を減少させる効果がある。また、冠動脈疾患、高血圧、糖尿病、骨粗鬆症などの罹患率の減少の効果もある。

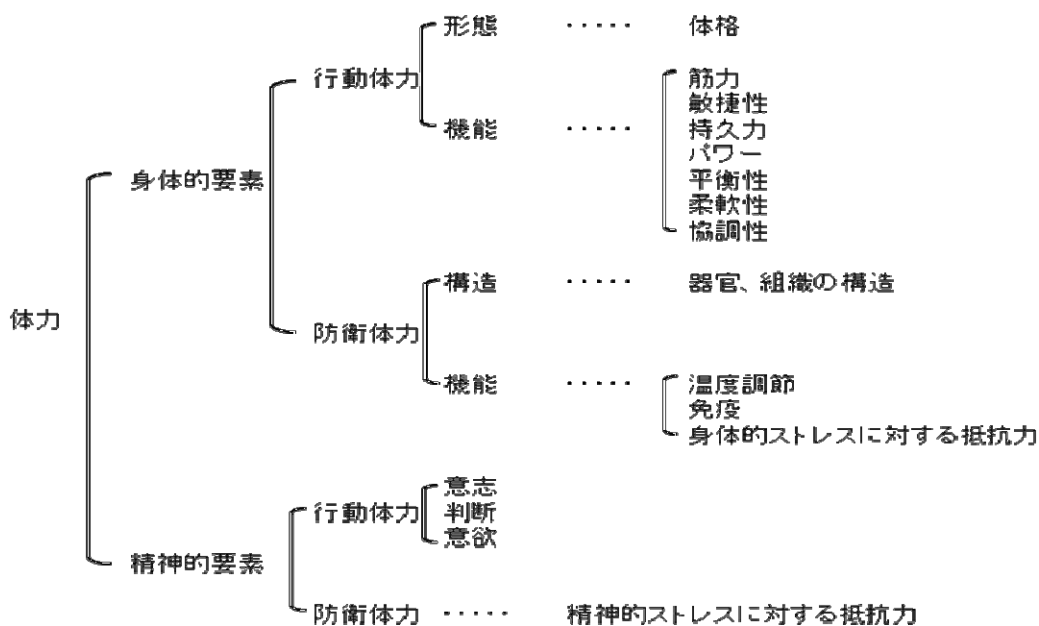


図 V-3 体力の分類(出典:石井直方、トレーニング用語辞典)

## 2) 身体的要素の行動体力の機能的要素

機能的要素には、筋力、敏捷性、持久力、スピード、瞬発力、平衡性、柔軟性、協調性がある。これらの要素は測定が可能であることから、体力評価としての項目に用いられることが多い。

この中の要素で関係性を持つものがある。重い物を持ち上げたり移動したりする能力である筋力とスピードの関係は、重いものであればあるほど運ぶスピードは遅くなり、軽いものであればスピードを速くすることができる。すなわち、最大筋力と最大スピードは、両立することはない(図 V-4-1)。また、筋力と持久力の関係では、あるものを持ち上げるときに、重いものであればあるほど、持ちあげられる回数が少なくなるが、軽いものであれば、何回も持ち上げることができ、運動の持続時間が長くなる(図 V-4-2)。さらに、スピードと持久力の関係は、スピードが速くなれば持続時間が短くなる(図 V-4-3)。

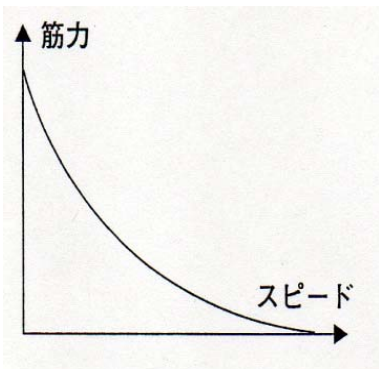


図 V-4-1 筋力とスピードの関係

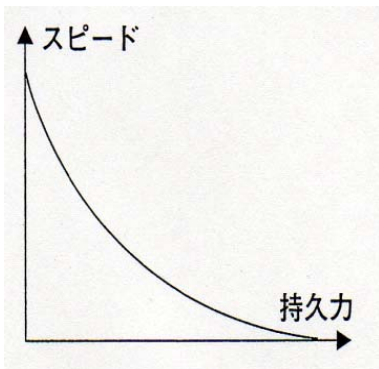


図 V-4-2 スピードと持久力の関係

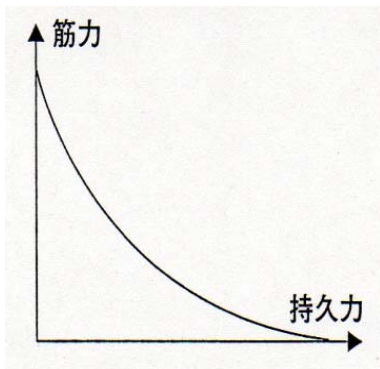


図 V-4-3 筋力と持久力の関係

(出典:長谷川裕、戸茆晴彦、尾縣貢、財)日本体育協会公認スポーツ指導者養成テキスト共通Ⅰ)

#### 4)トレーニングとは

体力を高めるためにトレーニングを行う。トレーニングの基礎的な知識についてまとめる。

##### (1)トレーニングの原理

トレーニングの原理には、オーバーロード、特異性、可逆性、適時性がある。オーバーロードの原理の上に特異性、可逆性、適時性の3つの性質を考えてトレーニングを行うことにより、効果が得られる。

オーバーロードとは、すでに持っている能力よりも高い負荷(過負荷)をかけることによってトレーニング効果を得ることである。

トレーニングによる生理学的適応には、トレーニングの種類によって特異性が認められる。例えば、重い負荷のウェイトトレーニングを行うことにより、筋力を高めることができるが、心肺機能の向上は期待できない。ランニングなどのトレーニングは、筋力の向上ではなく、筋持久力の向上となる。

可逆性は、トレーニングによって得られた効果が、トレーニングをやめることによって、また、元に戻ってしまうことである。

適時性とは、トレーニング効果がいつも同じに得られるものではないことである。例えば、20歳代と50歳代のように年代によってトレーニング効果が同じように得ることができなかったり、発育発達期では、同じ年齢でも、発達のスパート期が異なるため、体力要素が発達する時期にトレーニングを行い効率よく効果をあげることである。

##### (2)トレーニングの原則

トレーニングの原則は、全面性、意識性、漸進性、個別性、反復性の5つからなる。これら5つの原則を考慮し、バランスよく行うことが必要とされる。

全面性は、体力の様々な要素を偏ることなく高めるとともに、競技の場合には、種目に必要な専門的な体力もバランスよく向上させることである。さらに、トレーニングは、一つの種目に偏った身体をつくるのではなく、多方面からの身体づくりが必要である。

意識性は、トレーニングを自分の意思によって行い、トレーニングの目的や期待できる身体の変化を理解した上で実施することである。

漸進性は、ある一定の負荷でトレーニングを続けても、その効果がある一定の水準に達すると、それ以上の効果が得られにくくなり、体力の向上に伴って、トレーニングの負荷も漸進的に増加させる必要があることである。

個別性は、個人の性別、年齢、体力、スポーツ歴などや体力の個人差を把握した上でトレーニングを計画し、実施しなくてはならないことである。

反復性は、トレーニングの効果を上げるために繰り返し、反復してトレーニングを行うことである。

##### (3)トレーニングの組み立て方

トレーニングは、個人の体力レベル、目的などにより、種類、強度、量(時間や回数など)、頻度(毎日や、週2日など)を設定しなくてはならない。これらの組み合わせにより、トレーニング効果に大きな違いが出る。

トレーニングを行う際は、ウォーミングアップやウォームダウン(クーリングダウン)を行い、けがの

防止やより効果的なトレーニングとなるよう努めなくてはならない。特に、ストレッチングを十分に行うことが必要である。

## 5) 運動と健康の関係

身体活動量の低下とそれに伴う体力の低下が、生活習慣病や骨粗鬆症などの誘因になることが知られている。運動によっておこる生体反応として、呼吸循環器系、内分泌系、免疫系の反応が挙げられ、適度に刺激を行うことによって、体力の向上を導き、健康の維持増進に役立つ。また、健康寿命の延長の効果もある。しかし、高いレベルのトレーニングを行う運動選手は、必ずしも健康とはいえず、過度の運動が健康を害することがある。

運動は、筋細胞へのグルコースの取り込みを促進させ、血糖値を低下させるのでインスリン抵抗性の改善に効果的である。また、低強度の運動は、脂肪組織の中性脂肪が分解され、血中に遊離脂肪酸として放出される。この遊離脂肪酸の大部分が、エネルギー源として利用されるため、血中の中性脂肪の改善には有効とされる。血圧との関連については、軽度から中等度の定期的な運動が、高血圧の予防と改善に効果的であることが分かっている。

運動量の低下により、エネルギー消費量の低下から体脂肪が蓄積することによる肥満、心肺機能の低下、筋肉の萎縮、行動体力および防衛体力の低下、糖質などの代謝機能の低下、骨量の減少などがあげられる。運動習慣を獲得し、定期的に適度な運動をすることにより、これらの悪影響から身体を守ることとなる。

極端な例かもしれないが、宇宙空間のように無重力となった時やベッドの上でのみ生活するような場合には、身体は変化を始める。生理的変化としては、立つことができず、寝たまゝの状態を続けていることによっておこる起立耐性低下が起こる。通常の圧環境下では、体液や血液は下半身に多く分布し、血行動態のバランスを保っている。しかし、宇宙空間や寝たまゝの状態では、無重力(あるいは微小重力)となり、下方に血液が引っ張られなくなることで血液の分布が上方に傾く、また、下肢に流れる体液が減少することで下肢の容量が減少し、脚が細くなる。また、体液が上半身に多く分布することで、通常よりも体液が増加したと身体は認識し、尿排泄が増加し、体液量は減少し、循環血液量も減少する。さらに、重力に抗して身体を移動させたり、重い物を持たなければ、骨格筋への負担が減少し、筋肉萎縮が起こる。また、骨への負荷重量も低くなり、カルシウムなどのミネラルが骨から失われることにより骨量の低下が起こる。つまり、身体活動は、身体にとって重要な意味もつものなのである。

表 V-7 は、運動習慣のある中年ランナー(運動量により3グループにした)と運動習慣のない一般の人の血中脂質とリポタンパク質濃度を比較したところ、総コレステロールと LDL-コレステロールに有意な差は認められなかったが、HDL-コレステロールが、運動習慣のないやや太りぎみの一般の人よりも運動習慣のあるランナーややせぎみの一般の人のほうが有意に高かった。一方、トリグリセライド(中性脂肪)について同様の比較をすると、有意に低かった。また、運動量の違いによる差は認められなかった。この結果より、血清脂質のみを比較しても運動習慣の重要性が理解できると思う。

健康を維持するためには、疾病の予防を考えなくてはならない。運動と疾病の予防について、多くの研究が行われているが、研究の多くが、運動だけをコントロールするのではなく、生活習慣や食生活についてもコントロールすることによって、高い効果が得られることを報告している。

わが国では、2006 年に厚生労働省が「健康づくりのための運動基準 2006」と「健康づくりのための運動指針エクササイズガイド 2006」を策定し、生活習慣病のリスクを下げ、健康の維持・増進を進めている。運動指導を行う際には、個人の身体活動量や体力のアセスメントを行い、その結果より、無理なくできる種類、頻度、強度を用いた運動を進めなくてはならない。運動量が多ければ、さらに強度が高ければ、効果が高いという考えは、健康を害すだけでなく、生命を脅かす可能性があることを忘れてはならない。

表 V-7 中年一般男性とランナーの血中脂質・リポたんぱくプロフィール

	人数	BMI kg/m <sup>2</sup>	トレーニング 距離 km/週	VO <sub>2</sub> max ml/kg/ 分	コレステロール			LDL-cholesterol/ HDL-cholesterol 比	トリグリセリド
					総 (mg/dl)	LDL- (mg/dl)	HDL- (mg/dl)		
一般人									
やや太りぎみ	12	24.5	-	39	205±23	133±27	46±8	3.04±1.03	131±37
やせぎみ	12	20.5	-	44	196±33	119±22	63±13†	1.95±0.58†	69±22†
ランナー									
I G	12	22	30	56	203±24	111±18	76±15†‡	1.52±0.37†‡	79±26†
II G	22	21	60	58	200±25	110±24	76±13†‡	1.51±0.46†‡	70±17†
III G	14	20	100	62	206±30	114±27	77±11† §	1.49±0.36†‡	75±33†

平均±SD、LDL-(HDL):低比重(高比重)リポ蛋白

†p<0.01 対やや太りぎみな一般男性、‡p<0.05、§p<0.01 対やせぎみな一般男性。

(出典:樋口満、成人病・生活習慣病の予防のための身体活動の有用性と限界)

#### 【引用・参考文献】

- 1) 石井直方:トレーニング用語辞典、森永スポーツ&フィットネスリサーチセンター、2001.
- 2) 長谷川裕、戸苅晴彦、尾縣 貢(財)日本体育協会公認スポーツ指導者養成テキスト共通 I、2007.
- 3) 樋口満:成人病・生活習慣病の予防のための身体活動の有用性と限界、臨床成人病、2001.
- 4) 厚生労働省:健康づくりのための運動指針 2006、2006.
- 5) 第一出版編集部編:厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準(2005 年版)、第一出版、2005.
- 6) Lusk G: Amino acid calorimetry. Analysis of the oxidation of mixtures of carbohydrate and fat. A correction, J Biol Chem、59、41-42、1924.
- 7) Astrand P、Rodahl K 著 朝比奈一男監訳 浅野克己訳:運動生理学、343-370、大修館書店、1982.