

表1-3 PWC 75% HRmax による全身持久性体力の評価表 (単位は watt)

年齢 (歳)		20 ~ 24	25 ~ 29	30 ~ 34	35 ~ 39	40 ~ 44	45 ~ 49	50 ~ 54	55 ~ 59	60 ~ 64
男性	非常に優れている	215 -	209 -	203 -	197 -	191 -	185 -	179 -	173 -	167 -
	かなり優れている	187 - 214	181 - 208	176 - 202	170 - 196	164 - 190	158 - 184	152 - 178	146 - 172	140 - 166
	優れている	159 - 186	153 - 180	147 - 175	142 - 169	136 - 163	130 - 157	124 - 151	118 - 145	112 - 139
	ふつう	130 - 158	125 - 152	119 - 146	113 - 141	107 - 135	101 - 129	95 - 123	90 - 117	84 - 111
	劣る	102 - 129	96 - 124	91 - 118	85 - 112	79 - 106	73 - 100	67 - 94	61 - 89	55 - 83
	かなり劣る	- 101	- 95	- 90	- 84	- 78	- 72	- 66	- 60	- 54
女性	非常に優れている	138 -	134 -	130 -	125 -	121 -	117 -	113 -	108 -	104 -
	かなり優れている	119 - 137	114 - 133	110 - 129	106 - 124	102 - 120	97 - 116	93 - 112	89 - 107	85 - 103
	優れている	99 - 118	95 - 113	91 - 109	86 - 105	82 - 101	78 - 96	74 - 92	69 - 88	65 - 84
	ふつう	80 - 98	76 - 94	71 - 90	67 - 85	63 - 81	59 - 77	54 - 73	50 - 68	46 - 64
	劣る	60 - 79	56 - 75	52 - 70	48 - 66	43 - 62	39 - 58	35 - 53	31 - 49	26 - 45
	かなり劣る	- 59	- 55	- 51	- 47	- 42	- 38	- 34	- 30	- 25

ることとした。

### ① PWC (PO)<sub>R15</sub> テスト

この方法では、ペダル回転数を1分間に50回転で一定とし、3分ごとに物理的仕事量を150(約24.5 watts)もしくは300 kgm/min(約49.0 watts)ずつ増加させていく。RPEは各ステージの最後に記録され、RPE<sub>15</sub> (“きつい”)が記録された時点をもって運動終了としている。また、この時点の物理的仕事量はPO (power output)<sub>R15</sub>と定義され、全身持久性体力の評価指標に位置づけている。このようなPO<sub>R15</sub>テストは全身持久性体力の個人内および個人間比較をする場合に有効である。図1-6に示すように、数ヵ月間の持久性トレーニングを積んだ者がその前後でPO<sub>R15</sub>を評価すれば、RPE<sub>15</sub>は一定で変わらないにもかかわらず、POは全身持久性体力の向上に伴って増加している。また、個人間比較の場合、PO<sub>R15</sub>を用いれば個人ごとの相対的強度は同等 (PRE<sub>15</sub>)となり、等しい相対的強度に対応する物理的仕事量の大小で全身持久性体力が比較できる。

### ② submaximalGCTによる方法

大藏ら<sup>6)</sup>は、 $\dot{V}O_{2AT}$ や $\dot{V}O_{2max}$ を推定する方法として、物理的仕事量を段階的に上げていく中でPREを記録する方法(図1-7参照)を提案してい

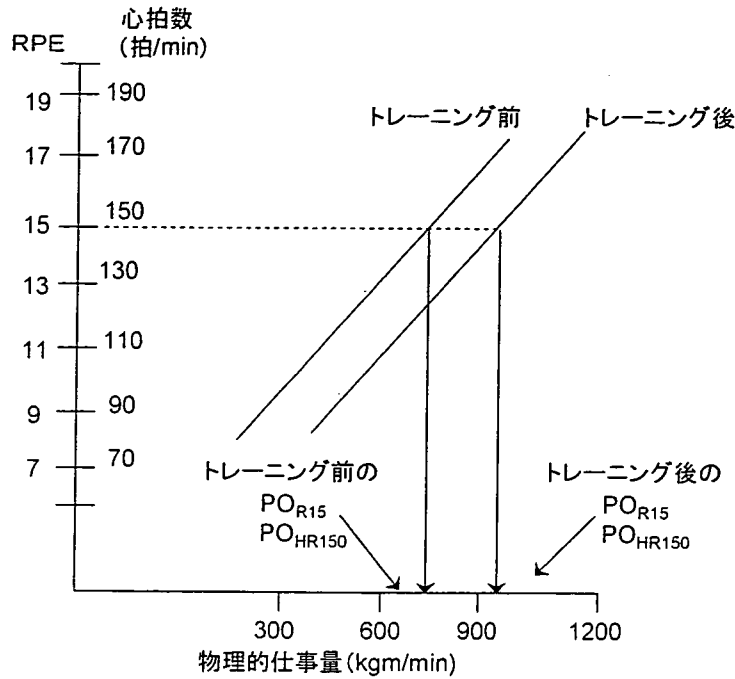


図 1-6 トレーニング前後における  $PO_{R15}$  と  $PO_{HR150}$  の変化  
 $PO_{R15}$  : RPE 15 における物理的仕事量  
 $PO_{HR150}$  : 心拍数 150 拍/min における物理的仕事量

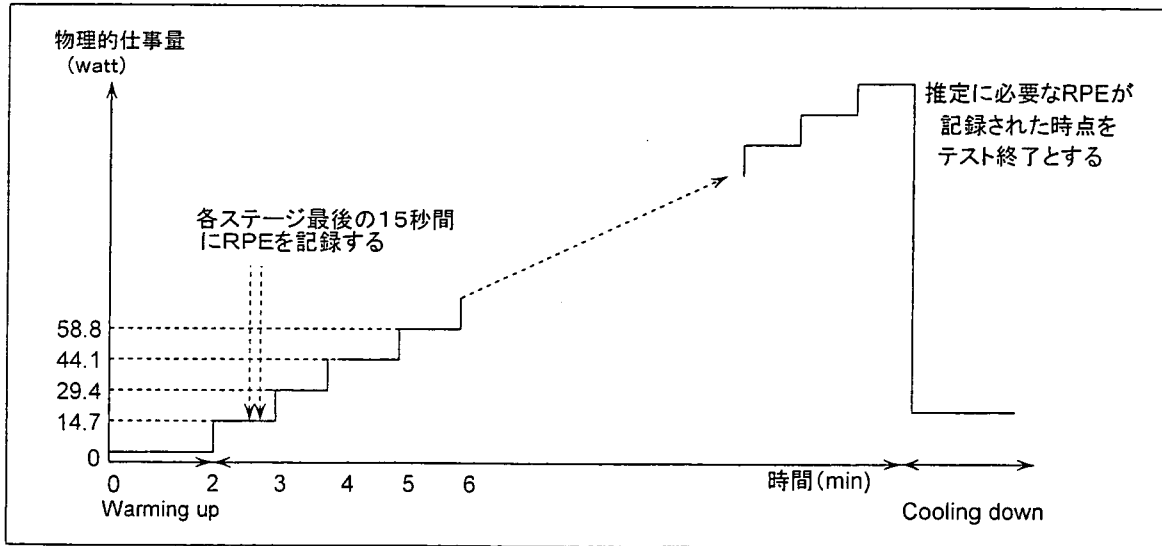


図 1-7 Submaximal GCT のプロトコル

る。全身持久性体力を推定する上で多段階漸増負荷プロトコルを用いた方法は、これまでにほとんど報告がなされていないが、Fitchett (1985) によれば、負荷漸増法と負荷定常法とを比較した場合、負荷漸増法のほうがより高い精度の推定が可能との考えを示している。この方法は実際に測定

表 1-4 男性および女性用の最大酸素摂取量，無酸素性代謝閾値の推定式

男性用	$V_{O_2max} \text{ (ml/kg/min)} = 6.57 \times WRPE - legs 15 \div Wt - 0.19 \times Age - 0.36 \times \%body \text{ fat} + 41.29 \text{ (} r = 0.830, \text{ SEE} = 3.66 \text{ ml/kg/min)}$ $V_{O_2AT} \text{ (ml/kg/min)} = 7.35 \times WRPE - legs 14 \div Wt - 0.06 \times Age - 0.23 \times \%body \text{ fat} + 15.62 \text{ (} r = 0.815, \text{ SEE} = 2.77 \text{ ml/kg/min)}$
女性用	$V_{O_2max} \text{ (ml/kg/min)} = 7.30 \times WRPE - legs 15 \div Wt - 0.12 \times Age - 0.46 \times \%body \text{ fat} + 37.32 \text{ (} r = 0.828, \text{ SEE} = 4.16 \text{ ml/kg/min)}$ $V_{O_2AT} \text{ (ml/kg/min)} = 5.03 \times WRPE - legs 14 \div Wt - 0.01 \times Age - 0.16 \times \%body \text{ fat} + 14.15 \text{ (} r = 0.680, \text{ SEE} = 3.06 \text{ ml/kg/min)}$

WRPE-legs 14 (15) : RPE-legs 14 (15) 以上が初めて記録された時点の物理的仕事量 (watt)  
 Wt : 体重 (kg), Age : 年齢 (歳), %body fat : 体脂肪率 (%)

された  $\dot{V}O_{2AT}$  や  $\dot{V}O_{2max}$  がいずれの RPE に対応するステージの物理的仕事量 (単位は watt) と最も強い相関を示すかを検討するものである。つまり、 $\dot{V}O_{2AT}$  や  $\dot{V}O_{2max}$  と強い相関を有する物理的仕事量を重要な説明変数とし、その他に簡便に利用できる身体計測値などを説明変数群に加えて  $\dot{V}O_{2AT}$  および  $\dot{V}O_{2max}$  の推定式を作成している (表 1-4)。

摩擦負荷をかけない状態で 2 分間のウォーミングアップをおこなわせた後、1 分ごとに物理的仕事量を 14.7 watts (0.25 kp × 60 rpm) ずつ増加させてゆく。同時に、各ステージの最後の 15 秒間に対象者に PRE 表の数字を差し示させることで 3 種類の RPE を記録する。ここでいう 3 種類の RPE とは、身体全体の RPE (RPE-overall)、胸部の RPE (RPE-chest)、脚部における RPE (RPE-legs) の 3 種類である。RPE 記録に際して、対象者に与えられる指示内容は次のように統一されている。

「この表は、あなたが運動中に感じ取るからだのきつさを簡単なことばや数字で表現したものです。たとえば、あなたができうる最も楽な運動をおこなった場合、この表では 6 や 7 の“非常に楽である”あたりに相当すると考えてください。またこれから運動を開始して徐々に強度を上げていくと、しだいにあなたの感じるきつさは強くなっていくでしょう。もし、あなたの限界まで運動を継続したとすると、この表では 19 や 20 の“非常にきつい”あたりを示すことになると考えてください。

運動中は1分ごとに3つの簡単な質問をします。1つ目は体全体のきつさ、2つ目は呼吸や胸のきつさ（苦しきさ）、3つ目は大腿部のきつさ（だるさ）についてです。こちらから、「からだ全体はどうですか?」、「呼吸や胸はどうですか?」、「大腿部はどうですか?」と尋ねますので、それぞれについてこの表の中にある最も近い表現を指差すことで教えてください。ただし、あまり深く考えずに、できるだけ直感で正直に答えるようにしてください。」

このような方法で推定される  $\dot{V}O_{2AT}$  と  $\dot{V}O_{2max}$  は、方法論的に簡便で経済的であるにもかかわらず、精度が高いという特長を有する。

## 文 献

- 1) Åstrand P-O, et al: A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 7: 218-221, 1954.
- 2) Siconolfi SF, et al: Assessing  $\dot{V}O_{2max}$  in epidemiological studies: modification of the Åstrand-Ryhming test. *Med Sci Sports Exerc* 14: 335-338, 1982.
- 3) 宮下充正ら：PWC 75% HRmax の全身持久性の評価尺度としての妥当性の検討。 *Jpn J Sports Sci* 3 : 559 - 562, 1984.
- 4) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Williams & Wilkins, 5 th edition, Philadelphia, 72, 1995.
- 5) Robertson RJ, et al: Ratings of perceived exertion (RPE) in cardiac rehabilitation: application and validation. In: Proceedings of the Vth World Congress on Cardiac Rehabilitation. J. P. Broustest (ed.) Intercept Limited, Andover, Hampshire, England, 151-159, 1993.
- 6) 大藏倫博ら：強度を用いた全身持久性体力推定法の総合的検討：最大下多段階漸増負荷サイクリングテストを利用して。 *体力科学* 48 : 111 - 124, 1999.

## 3. 質問紙法

市町村の住民や大きな企業の従業員など、100名以上の人を対象に全身持久性体力を測定したい場合には、直接法はいうまでもなく、トレッドミ

## 1

# メタボリックシンドロームの概念と診断基準

## 1. メタボリックシンドロームの概念

メタボリックシンドロームは、空腹時高血糖（インスリン抵抗性）、高脂血または低HDLコレステロール（リポたんぱく異常）、血圧高値を同時に複数合併する状態を指し、心臓血管系疾患の重大な誘因の一つといわれている。ただし、このような合併状態は、偶然にリスクが集まってできたものではなく、また、個々の症状が代謝異常のみを基盤としているわけでもない。わが国におけるメタボリックシンドロームの考え方の特徴は、最上流にある内臓脂肪の過剰蓄積を共通の発症基盤としているところにある。

もう一つのメタボリックシンドローム概念の特徴として、心臓血管系疾患を早期に予防するために確立された疾病概念であることも見逃すわけにはいかない。つまり、現代社会では、過栄養と運動不足を背景に心臓血管系疾患が増加しており、その予防啓発の視点から策定されたものである。日本肥満学会は2006年に発した「神戸宣言」の中で、メタボリックシンドロームは「現代の代表的生活習慣病」と述べ、その予防の重要性

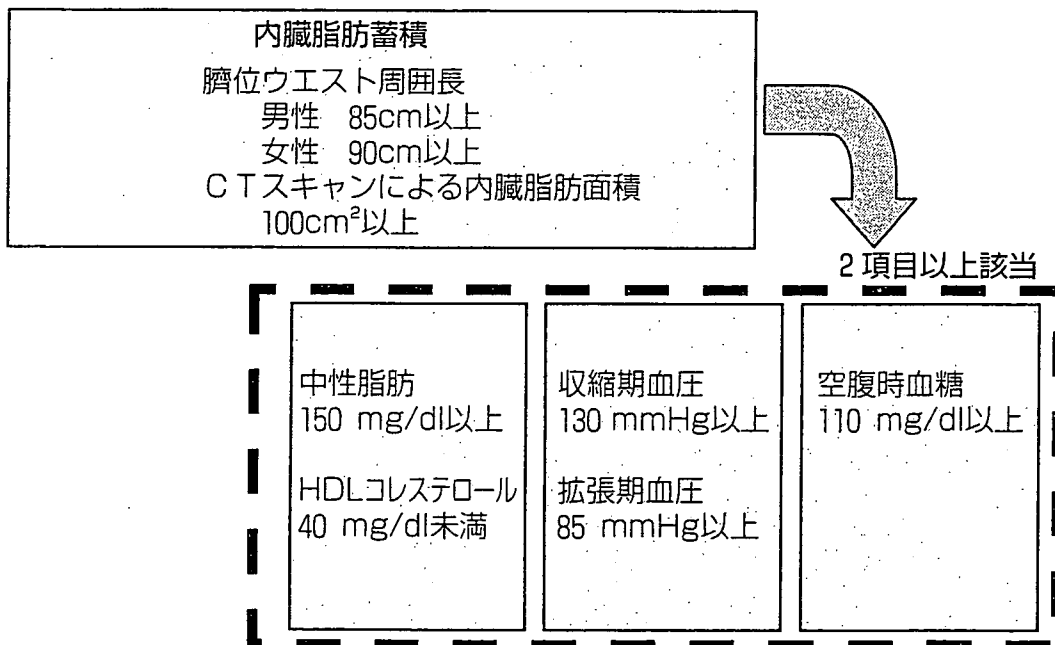
表1-1 神戸宣言 2006（日本肥満学会、一部抜粋）

- 肥満症ならびに腹腔内に脂肪がたまるハイリスク肥満症であるメタボリックシンドロームが世界的に増加している。メタボリックシンドロームは、高血圧、2型糖尿病、高脂血症を併発しやすく動脈硬化を促進し、心疾患や脳卒中の増加の主因になっている。
- わが国でも肥満症やメタボリックシンドロームが増加している。この増加はまぎれもなく過食と運動不足の生活習慣が主因である。
- わが国の子どもたちにおいても、過食と運動不足による小児肥満が同様に増加しており、成人後の肥満症やメタボリックシンドロームの増加が強く懸念される。

を喚起している（表1-1）。同時に、メタボリックシンドロームの予防と改善には、食生活の改善と運動（身体活動）量の増加を図り、まずは3 kgの減量、3 cmのウエスト周囲長の短縮を実現する「サンサン」運動を提案している。一方、著者ら筑波大学チームは8 kg、8 cm、8歳（活力年齢）の「8・8・8」運動を展開している。

## 2. メタボリックシンドロームの診断基準

2005年、日本内科学会を中心として、わが国におけるメタボリックシンドロームの診断基準がはじめて設定された<sup>1)</sup>（図1-1）。本診断基準では、内臓脂肪の過剰蓄積が必須項目に組み込まれている。これは、内臓脂肪の蓄積量（CTスキャンによるへそレベルの面積）と空腹時血糖、中性脂肪、高比重リポたんぱく（HDL）コレステロール、安静時血圧とが有意に関連するとの研究結果に基づく。また、心臓血管系疾患の予防を喚起・啓発するためには、多くの一般人が簡便に用いることができ、なおかつ疫学調査にも容易に利用可能な方法（項目）が必要である。そこで、内臓脂肪の蓄積を評価するCT法の代替指標として、「へそレベルの腹部周囲長」が採用されている。CT断面画像から計測されたへそレベルの内臓脂肪面



1項目該当の場合、メタボリックシンドローム予備軍という。

図1-1 メタボリックシンドロームの診断基準

積 100 cm<sup>2</sup>が内臓脂肪過剰蓄積の基準値であることから、この値に相当するへそレベルの腹部周囲長を統計処理により疫学的に求めたところ、男性で 85 cm、女性で 90 cmが基準値として採用された。内臓脂肪の過剰蓄積に加え、高脂血（高トリグリセリド血症と低 HDL コレステロール血症、またはそのいずれか）、血圧高値、空腹時高血糖の 3 項目のうち 2 項目以上あればメタボリックシンドロームと診断される。なお、内臓脂肪の過剰蓄積に加え上記 3 項目のうち 1 項目ある状態をメタボリックシンドローム予備軍と表現する場合もある。

### 3. メタボリックシンドロームと内臓脂肪蓄積との関係 (図 1-2)

先にも述べたが、メタボリックシンドロームと内臓脂肪の蓄積は非常に密接な関係にあることが知られており、両者の病態生理学的関係図を図 1-2 のように模式的に示した。

内臓脂肪から放出された遊離脂肪酸は門脈を通過して肝臓に流入する。内臓脂肪が過剰に蓄積していれば、大量の遊離脂肪酸が肝臓に直接流入する

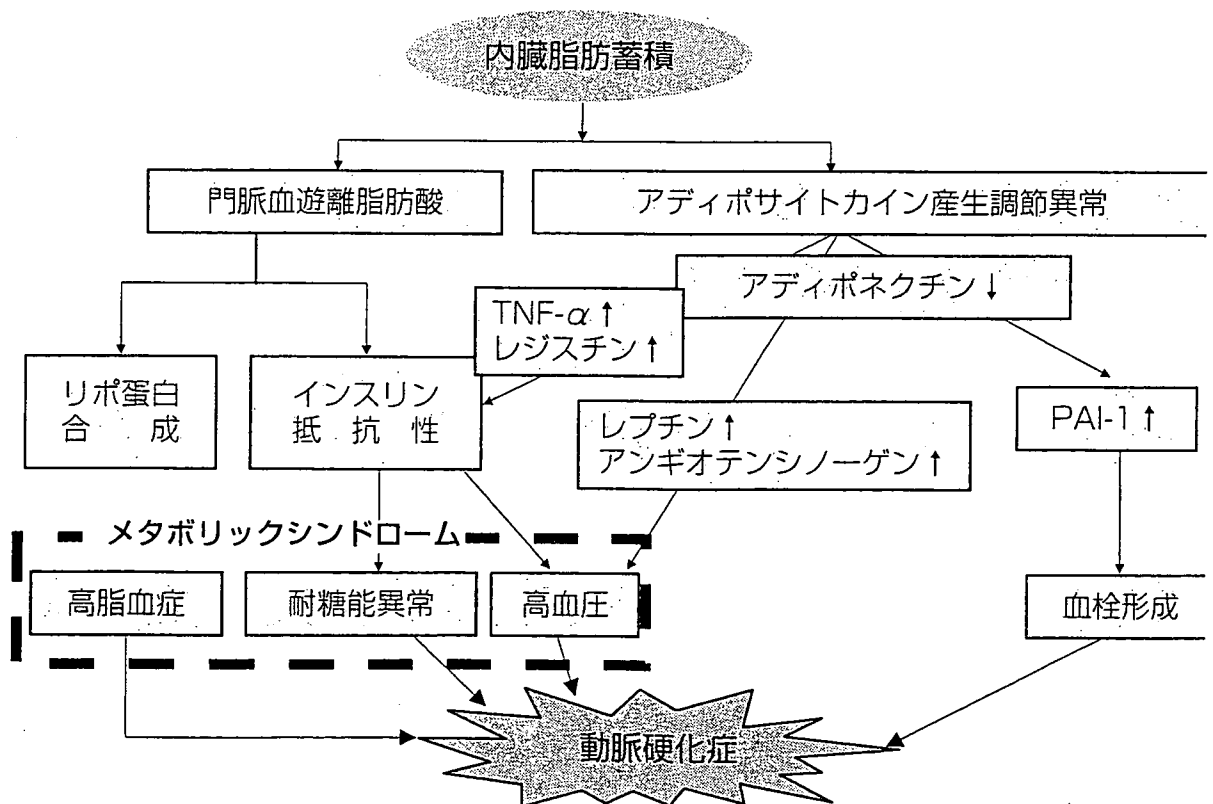


図 1-2 メタボリックシンドロームと内臓脂肪蓄積の病態生理学的関係図

ことになり、脂肪合成が促進されるだけでなく、インスリン抵抗性（感受性の低下）も誘発される。このような状態の慢性化が、高脂血や耐糖能異常、血圧上昇に関与するとの研究が多数報告されている。また、脂肪細胞は生理活性物質（アディポサイトカイン）を分泌する組織としても知られている。内臓脂肪が過剰に蓄積する人では、アディポサイトカインの産生調節異常（主に過剰分泌）がしばしば観察される。インスリン抵抗性に関わる TNF- $\alpha$  やレジスチン、血圧上昇と関連の深いレプチンやアンギオテンシノーゲン、血栓形成促進因子の PAI-1 などがアディポサイトカインの代表例である。一方、アディポネクチンは抗動脈硬化作用をもつ脂肪組織の分泌たんぱくとして、近年注目されている<sup>2,3)</sup>。内臓脂肪が過剰に蓄積すると脂肪組織におけるアディポネクチンの分泌不全（低アディポネクチン血症）が生じ、インスリン抵抗性や耐糖能異常、血圧上昇を引き起こすだけでなく、直接動脈硬化に影響する可能性が指摘されている。

メタボリックシンドロームと内臓脂肪蓄積に関する病態生理学的視点からは、次のようなことがいえるであろう。

- 内臓脂肪の過剰蓄積がメタボリックシンドローム発症の上流に位置している。
- TNF- $\alpha$  やアンギオテンシノーゲン、PAI-1 などの産生異常やアディポネクチン分泌不全はメタボリックシンドロームの発症に強く関与しており、直接的にも間接的にも動脈硬化の強力な因子として作用している。

## 文 献

- 1) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会：メタボリックシンドロームの定義と診断基準。日本内科学会誌 94：794-809, 2005.
- 2) Ouchi, et al: Novel modulator for endothelial adhesion molecules: adipocyte-derived plasma protein adiponectin. Circulation 100：2473-2476, 1999.
- 3) Maeda, et al: Diet-induced insulin resistance in mice lacking adiponectin/ACRP 30. Nat Med 8：731-737, 2002.