

## 第3章 検討課題の設定と研究方法

### 第1節 検討課題の設定

第1章、第2節「目的」において明記したように、本博士論文の目的は、RPEを利用した簡便な全身持久性体力推定法を開発することであった。方法論の開発にあたっては、独自に作成された運動プロトコールの提案が最も重要と言えることから、まず検討課題1を若年男性を対象としたパイロットスタディ的研究に位置づけ、提案されたプロトコールの妥当性を検討することとした。そして検討課題2では、若年男性を対象として開発された推定法が一般成人にも適用可能か否かを検討する。検討課題3～6では、本論文で提案された推定法の再現性（信頼性）、交差妥当性、縦断的データに基づく有効性などを検討することで、運動処方現場で実用性の高い簡便な全身持久性体力推定法の理論的基盤を確立しようとするものである。

各検討課題の具体的な実施内容を以下にまとめた。

#### 検討課題1 若年男性を対象とした最大下多段階漸増負荷サイクリングテストの提案 —若年男性用推定式の作成—

本検討課題の目的は、若年男性を対象として自転車エルゴメータ運動中にRPEを利用する方法、すなわち最大下多段階漸増負荷サイクリングテスト（submaximal graded cycling test:  $GCT_{submax}$ ）を提案し、本テストが全身持久性体力の評価テストとして妥当であるか否かを検討することである。さらに、運動中の負荷量（仕事率）や身体計測値などを説明変数とすることで $\dot{V}O_{2AT}$ および $\dot{V}O_{2max}$ の推定式を作成する。

## 検討課題2 最大下多段階漸増負荷サイクリングテストの成人への適用 — 成人男性および成人女性用推定式の作成 —

全身持久性体力の評価は、現時点における健康度や生活習慣病の危険性を把握することができるだけでなく、将来においてさまざまな疾病への罹患を防ぐための強い動機づけにもなるといわれている。すなわち、体力の低下が顕著となる中年期以降の者において、全身持久性体力を評価することは極めて重要といえる。そこで本検討課題では、前課題のように被検者が20歳台の若年男性の場合だけでなく、20歳から64歳までの健常な成人男性および女性にも  $GCT_{submax}$  に基づく全身持久性体力推定式の一般化が可能かどうかを検討することとした。

## 検討課題3 最大下多段階漸増負荷サイクリングテストの再現性の検討

$GCT_{submax}$  で得られたデータを推定式に代入して推定値を算出する場合、テストそのものの信頼性が問題とされるであろう。特に、本博士論文で提案した方法は、RPEというヒトの自覚に強く依存する主観的変数を利用していることから、これを一般化するためには、HRや $\dot{V}O_2$ といった客観的測定値を用いる場合以上に慎重な検討が必要となろう。そこで検討課題3では、ある一定の期間を空けて $GCT_{submax}$  を2度おこない、本法の再現性を検討することにした。

## 検討課題4 最大下多段階漸増負荷サイクリングテスト実施時の運動強度からみた最適な推定式の選定

これまでの検討課題では  $GCT_{submax}$  を実施するにあたってどの程度の運動強度が必要とされるかについての具体的な検討はなされていなかった。本テストに必要とされる運動強度を明らかにすることは、テスト中の安全性を確保する上で重要な検討課題といえよう。そこで検討課題4では、運動強度の検討に基づき、検討課題2において作成されたいくつかの推定式の中から安全性（低強度）

と妥当性（推定精度）の両条件を兼ね備える最適な推定式を男女別に選定することを目的とする。

#### 検討課題5 成人男性および成人女性用推定式の交差妥当性の検討

検討課題2で  $GCT_{\text{submax}}$  に基づく成人男性および女性用の推定式を作成し、検討課題3においては  $GCT_{\text{submax}}$  の再現性の高さを検討する。また、検討課題4では、運動強度の面から最適な推定式の選定をおこなう予定である。しかし、本テストの妥当性をより詳細に検討するためには、上述の検討以外に、テストの交差妥当性をみなけなければならないであろう。そこで、本章では成人男性および成人女性を対象として、 $GCT_{\text{submax}}$  の交差妥当性の検討をおこなうこととする。

#### 検討課題6 縦断的データに基づく推定式の有効性の検討

検討課題1～5の検討は横断的なものであり、体重減少や身体組成（体脂肪率）の変化といった縦断的観点は考慮されていなかった。そこで検討課題6では、 $GCT_{\text{submax}}$  に基づく推定式によって算出された肥満者の推定  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  は、減量プログラムの実施に伴う実測値の  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  の変動を鋭敏に反映するとの仮説を検証する。本検討課題の成果は、運動処方現場において肥満女性を減量させる際に、有益な情報となることが期待される。

以上に示した各検討課題を解決していくことで、本博士論文の目的を達成することが可能と考えられる。

## 第2節 研究方法

### 1. 被検者

本博士論文の被検者は、18歳から64歳までの健常男性226名および20歳から64歳までの健常女性249名であった。各検討課題ごとの性、年齢、被検者数および肥瘦度に基づく被検者の分類は表3.1に示した。本論文における「肥満傾向者」および「肥満者」の判定基準は、生体電気抵抗法による体脂肪率で、それぞれ、25%以上30%未満、30%以上と定義した。また、「健常者」の定義は非常に困難と言われているが、専門医による病歴調査、身体所見、安静時および運動時心電図、心エコー図、胸部X線写真、血液検査を受け、「異常なし」と診断された者とした。なお、「肥満者」であってもその大部分は「健常者」であることから、検討課題5を除くすべての被検者（健常者）には、約20%の肥満または肥満傾向者が含まれていた。ただし、検討課題5では、肥満者と非肥満者とを明確に区別した。この場合の非肥満者とは、男性は体脂肪率25%未満かつ体格指数（BMI）24.2以下であり、女性は体脂肪率30%未満かつ体格指数（BMI）24.2以下と定義した。すべての被検者に対して研究の目的および測定内容を説明し、研究参加の同意を得た。

表3.1 本博士論文の被検者

| 検討課題 | 性 | 年齢        | 被検者数 | 被検者の分類     |
|------|---|-----------|------|------------|
| 1    | 男 | 21.5±1.6  | 51   | 健常な若年者     |
| 2, 4 | 男 | 41.1±13.5 | 83   | 健常者        |
|      | 女 | 41.5±13.5 | 86   | 健常者        |
| 3    | 男 | 40.5±10.4 | 33   | 健常者        |
|      | 女 | 41.6±12.5 | 37   | 健常者        |
| 5    | 男 | 39.6±10.9 | 59   | 非肥満者       |
|      | 女 | 41.9±12.0 | 54   | 非肥満者       |
|      | 女 | 44.1±7.4  | 31   | 肥満者        |
| 6    | 女 | 49.0±7.0  | 44   | 肥満および肥満傾向者 |

## 2. 測定項目と測定方法

### (1) 身長および体重

ウエダ製作所の自動身長体重計 (U-wall) を用いて、身長は0.1 cm、体重は0.1 kgの桁まで記録した。なお、身長の計測では、被検者は頭を耳眼水平位とし、中央に印された足形の上に静かに直立させた。膝を伸ばし踵から臀部、背部をかるく身長計の柱に接触させ、床面から頭頂までの最大垂直距離を計測した。

### (2) 体脂肪率

体脂肪率の測定はNakadomo et al. (1990) およびTanaka et al. (1992) の方法に従い生体電気抵抗法を用いることとし、Sekisui製の体脂肪率計 (Bioimpemeter SS-103) を使用した。なお、Bioimpemeter SS-103は、出力電流を800  $\mu$ A、50 kHzに規定した4電極法による体脂肪率計であり、測定体位は簡易ベッド上で仰臥位にて腋窩および大腿部を開いた姿勢とした。電極は利き側の手足甲部をアルコール綿にて十分に清拭し、電極用ゲルを塗布した後に装着した。検出電極の装着部位は、尺骨茎状突起と橈骨茎状突起間の中央部および脛骨内果と腓骨外果間の中央部とし、電流電極は検出電極より指先側に3 cm離して装着した。

### (3) 最大酸素摂取量および無酸素性代謝閾値

$\dot{V}O_{2max}$  は、Monark製の自転車エルゴメータ (818E) を用いて被検者を疲労困憊に至らしめる中で直接測定した。テスト開始から2分までの摩擦負荷はウォーミングアップとして0 kpに設定し、その後、1分ごとに物理的強度を14.7 watts (ペダルの回転数は60 rpmで一定) ずつ高める多段階漸増負荷法を採用した。フクダ産業製の代謝測定装置 (IS-6000) を用いてmixing chamber法により15秒間隔で換気量 ( $\dot{V}E$ )、呼吸交換比 (RER)、酸素摂取量 (oxygen uptake:  $\dot{V}O_2$ )、二酸化炭素排泄量 ( $\dot{V}CO_2$ ) を測定し、コンピュータに接続したモニタ上にリ

アルタイムで表示した。また、フクダ電子製のテレメトリ方式の患者監視装置 (Dinascopé 501) により心電図とHRを記録するとともに、換気およびガス交換の面から安全性の確保に十分留意した。 $\dot{V}O_{2max}$  は、1)  $\dot{V}O_2$  のレベルオフ、2)  $RER \geq 1.05$ 、3) 予測最高心拍数 ( $220 - \text{暦年齢}$ ) の95%以上、の3つの判定基準のうち2つ以上を満たす値が表示された時点とした (田中, 1990)。また、1分ごとに正中肘皮静脈より約1 mlずつ血液を採取し、YSI 製乳酸分析器 (1500L) により血中乳酸濃度を分析した。乳酸閾値 (lactate threshold: LT) の酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2LT}$ ) は運動中の血中乳酸濃度が安静水準 (またはウォームアップの水準) から急激に立ち上がる時点に相当する  $\dot{V}O_2$  であり、log-log transformation 法 (Beaver et al., 1985) によって決定した。なお、本論文ではATおよび  $\dot{V}O_{2AT}$  に表記を統一した。

(4) 最大下多段階漸増負荷サイクリングテスト ( $GCT_{submax}$ ) と3種類の自覚的運動強度の記録

本論文で提案された  $GCT_{submax}$  は、代謝測定装置による呼気ガス分析や採血はおこなわず、また、運動様式としては自転車運動を採用した。自転車運動を採用した理由としては、(1) 運動強度の設定が厳密におこなえること、(2) 簡便法を必要とする多くの施設ではトレッドミルなどに比べて自転車の方が準備しやすいこと、(3) 重心移動が少なく、初めて実施する被検者にも安心感を与えやすいこと、などが挙げられる。さらに、これまでの簡便法にはみられない負荷漸増運動を採用したのは、RPEが漸増運動中に測定された種々の生理学的パラメータとの相関関係が強く、必ずしも一定負荷の運動中のパラメータとは相関しないことに基づく。これに関しては、Fitchett (1985) が全身持久性体力を推定する上で、負荷漸増運動を利用することの有効性について言及している。

テストに先だって、被検者に対し実施方法について上記の内容の諸注意を与

えた。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った後、1分ごとにWを14.7 watts ずつ増加させていく。同時に、各Wステージの最後の15秒間に被検者にBrogの15段階尺度RPE表（Borg, 1973）の数字をさし示させることで身体全体のRPE（overall rating of perceived exertion: RPE-overall）、胸部のRPE（rating of perceived exertion at chest: RPE-chest）、脚部のRPE（ratings of perceived exertion at legs: RPE-legs）の3種類を記録した。RPEの記録に先立って、運動負荷テスト実施前に同一検者が同一内容の説明をおこなった。具体的な内容は次に示したとおりである。

（RPE-overallの尋ね方）“この質問は、運動中の身体全体で感じる‘きつさ’がどれくらいであるかを調べるものです。ですから、体の細部にこだわらず、あくまで身体全体で感じとるきつさを直感で答えて下さい。どれくらい楽と感じるか、またどれくらいきつく感じるかを、この表に書かれた表現で最も近いものを指でさし示して下さい。”

（RPE-chestの尋ね方）“この質問は、運動中の胸部とくに肺における‘苦しさ’や‘きつさ’がどれくらいであるかを調べるものです。ですから、できるだけ胸や肺に意識を集中してください。どれくらい楽と感じるか、またどれくらい苦しく感じるかを、この表に書かれた表現で最も近いものを指でさし示して下さい。深く考えず、なるべく直感で答えて下さい。”

（RPE-legsの尋ね方）“この質問は、運動中の脚部における‘だるさ’や‘きつさ’がどれくらいであるかを調べるものです。ですから、できるだけ脚部、特に大腿部に意識を集中してください。どれくらい楽と感じるか、またどれくらいきつく感じるかを、この表に書かれた表現で最も近いものを指でさし示して下さい。深く考えず、なるべく直感で答えて下さい。”

なお、運動の終了は3種類のRPEすべてで15以上が記録された時点とした。