

ステップテストの有効性を検証する

森井 秀樹、右近 直子

ステップテストは、最大下運動により最大酸素摂取量を正確に推定する方法として国際的に利用されている。我が国では、20m シャトルランや持久走が実施されている。そこで本研究では、ステップテストの妥当性と信頼性を明らかにし、全身持久力測定としての有効性を検討した。その結果、Queen's College Step Test により推定した最大酸素摂取量と全国平均値に差はなく、ステップテストが全身持久力を評価する上で簡便で、安全性にも優れた方法であることが明らかとなった。

キーワード：踏み台昇降テスト、Queen's College、全身持久力

1. はじめに

全身持久力（心肺持久力）は健康関連体力（Health-Related Physical Fitness）を構成する要素の一つである。その為、体力テストにおいても重要な測定項目と位置づけられている。全身持久力是有酸素能力として最大酸素摂取量（ml/kg/min）の値から評価するのが一般的である。しかしながら、最大酸素摂取量を測定するためには呼気ガス分析が必要であり、運動様式も固定され、さらに被検者自身の最大努力を必要とするため危険性も高く容易に実施することはできない。そこで走・歩行距離や推定最大心拍数から最大酸素摂取量を予測する方法が考案され広く用いられるようになった¹⁾。

わが国では1999年に全面改訂された新体力テストにおいて、全身持久力を評価するテスト項目として持久走（男性：1,500m、女性：1,000m）または20m シャトルランテスト（20SRT）のいずれかを選択することになっている。但し、持久走は指定された距離を各自ができる限り速く走る測定であることから、エアロビック（有酸素）だけではなくアネロビックパワー（無酸素性パワー）も関与するため最大酸素摂取量を換

算式から評価することは不適切である²⁾。その為、20SRT が主に実施されているのが現状である。20SRT は、PACER テストやビープテストとも呼ばれ、最大努力まで走速度（強度）を増加させ、方向転換を含むランニングにより心肺機能を評価するテストである。20m マルチステージシャトルランテストには、各ステージ（レベル）の長さを1分間維持するようスタート時の速度や各ステージ（レベル）の本数を変更するなど、様々な方法が存在する¹⁾。新体力テストの20SRT は、スタート時 8.5 km/h から始まり、1分毎に 0.5km/h ずつ 20m 区間の平均速度が増加する方法である。対象者は、テスト用音声ファイルによって設定された電子音に合わせ、一定のペースで走ることを心掛ける。電子音は、走速度に合わせたテンポで「ドレミファソラシド」の音源を奏で、1オクターブ分の音が鳴り終わるまでに 20m 区間を走り切る必要がある。

スポーツ庁の体力・運動能力調査報告書³⁾によると、女子大学生（19歳）のシャトルランの平均折り返し回数は44.7回（5分33秒）であり、レベル6に該当する。このレベル6の走行速度は、時速11.0kmに相当し、スタート時（レベル

1) より時速 2.5km 速くなる。また持久走に比べ「加速・減速・方向転換」を繰り返す運動様式は、心肺機能への負担を増加させる。その為、低体力者にとって 20SRT は身体への生理的ストレスの強い測定でもある。諸外国では年齢や体力レベルに関わらず、ステップテストが一般的に用いられている。ステップテストは、一定の高さの台を昇り降りする運動を短時間繰り返す測定法である。本研究では、安全性と簡便性を兼ね備えたステップテストの可能性について検討する。

2. ステップテストの変遷

1964 (昭和 39) 年の東京オリンピックの開催を契機に、当時の文部省は競技スポーツの発展とともに、国民の体力増進策の一つとして、まず国民の体力に関する情報収集を実施することにした。そこで「運動能力テスト」と「体力診断テスト」のサンプリングを可能にするため学校教育の場に導入した。特に、体力診断テストは特定の運動能力を計測するために行われた項目であり、ステップテスト (我が国では「踏み台昇降テスト」と呼ぶ) を持久力評価の項目と位置づけた⁴⁾。

踏み台昇降テストは、ハーバード・ステップテスト (Harvard Step Test: HST) をアレンジしたものである。その方法は、高さ 35cm (男性は 40cm) の台を用い、1 分間に 30 回 (120bpm) のテンポで 3 分間の昇降運動を繰り返す。運動終了後、座位で 1 分後、2 分後、3 分後にそれぞれ 30 秒間脈拍を計測し、脈拍数の合計から時間 / 脈拍比を算出するという方法である。そして算出された数値を 5 段階評価する。しかしながら、最大酸素摂取量を推定することはできない。

踏み台昇降テストは、1999 年より実施された新体力テストには測定項目として採用されな

かった。その理由は、脈拍数の測定方法にあった。脈拍は、交代要員が被験者の橈骨動脈 (手首) を触診し測定するため、検者の測定技術に大きく依存する。また、全身持久力の指標とされる最大酸素摂取量との相関は低い ($r=0.6$) ことが報告されている⁵⁾。そこで最大酸素摂取量と高い相関 ($r=0.8-0.9$) を示すステップテストのバリエーションの一つである Queen's College Step Test (QCST)^{1, 6)} の有効性を検証した。

3. QCST の実際

QCST は HST に比べ、ステップ台の高さは低く (41cm)、テンポは遅く (88bpm)、テスト時間は短い (3 分)。さらに、運動後の脈拍数より最大酸素摂取量を推定することができる。そこで本研究では、女子大学生 11 名 (19.6 ± 0.4 歳) を被験者に QCST より推定した最大酸素摂取量と同年代の全国平均値⁷⁾ を比較し、QCST の有効性について検討した。なお、この研究は京都文教短期大学研究倫理委員会の審査・承認を受け実施した (申請番号 2023 - 1)。本研究の被験者には、研究目的、方法、参加は自由意志で拒否による不利益はないこと、及び個人情報の保護について、文章と口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。

被験者は、3 分間のステップ運動後、立位にて 15 秒間脈拍数を測定した。なお、測定上の信頼性と再現性から脈拍測定は、同一検者が橈骨動脈で触診法により計測した。更に、測定値を 1 分間値とし、以下の推定式 (女性用) に代入することで最大酸素摂取量 (ml/kg/分) を算出した。

$$65.81 - [0.1847 \times \text{脈拍数 (拍 / 分)}] \quad 1)$$

被験者の脈拍数は 145.0 ± 6.8 拍 / 分、推定最大酸素摂取量は 39.0 ± 1.3 ml/kg/分であった。算出された最大酸素摂取量を同年齢の全国平均値 36.8 ± 5.0 ml/kg/分と Z 検定により比較した結

表 1. ステップテストの比較 (女子)

	踏み台昇降 (日本)	Harvard	Queen's College	YMCA	Sharkey / Forestry
ステップ台の高さ (cm)	35	51	41	30	33
運号時間 (分)	3	5	3	3	5
反復回数 (回)	30	30	22	24	22.5
テンポ (bpm)	120	120	88	96	90
脈拍数の測定体位	座位	座位	立位	座位	座位
脈拍数の測定法	1・2・3分後の30秒間	1・2・3分後の30秒間	終了後の5秒～20秒間	終了後1分間	終了後15秒～30秒間
評価法	5段階評価	5段階評価	最大酸素摂取量	7段階評価	最大酸素摂取量

果、 $p=0.373$ (両側検定) と有意な差は認められなかった。この結果は、QCST が全身持久力を評価する測定法として有効であることを示すとともに、運動後の脈拍数が推定最大心拍数の約 75% (145/193*) に相当することから運動強度としても十分であることが確認できた。

* 推定最大心拍数 = $207 - (0.7 \times \text{年齢})$

4. ステップテストの妥当性

最大酸素摂取量を実測するには、施設や高価な測定機器を必要とするため、研究者は安全で簡便に実施できる方法を開発してきた⁵⁾。多種多様な測定法の中でもステップテストは、最たる方法であり、ステップ台とストップウォッチがあれば測定可能であることから教育現場や病院等でも活用されている。ステップテストには、幾つかの異なる方法が存在する。表 1 は全身持久力を評価する代表的なステップテストを示す。

我が国で実施されていた踏み台昇降運動は、HST をアレンジした測定法であることから、全身持久力を運動後 3 回の脈拍数によりフィットネス・インデックスを算出し、回復能力の割合を 5 段階で評価するが、最大酸素摂取量を推定することはできない。最大酸素摂取量は、全身持久力を評価する上で最も優れた指標とされている⁵⁾。その為、1999 年より実施された新体力テストにおいて 20SRT の最終評価は推定最大酸素

摂取量である。また、本研究の QCST も含め多くのステップテストが最大酸素摂取量を評価値としている。

本研究で実施した QCST は、YMCA Step Test や Sharkey Step Test に比べ、ステップ台が高いため、反復回数は少なく、テンポも遅い。更に運動時間も 3 分間と短い、有酸素運動として十分な運動強度 (75%HRmax) であることから、全身持久力を評価する上で有効な測定法であると考えられる。

5. ステップテストの問題点

多くのステップテストが、運動後に実測した脈拍数より、最大酸素摂取量を推定することで全身持久力を評価している。その為、脈拍数の測定精度が評価を左右することになる。事実、スポーツテストにおいて実施されていた「踏み台昇降テスト」が新体力テストで不採用となった原因は、正確な脈拍測定の困難さと幅広い年齢層を対象に実施できないことである。本研究の検者は、橈骨動脈より脈拍を正確に触診できるよう訓練されていた。しかしながら、集団を対象とした体力テストでは、被験者間で交互に測定する場合が多く、人的ミスの介入が生じる。この人的ミスを回避するためには、脈拍測定の精度を上げる必要がある。また、「踏み台昇降テスト」は 10 歳から 29 歳を対象としていた為、対

象者（特に、児童生徒）の発育がスポーツテストを開始した 1964（昭和 39）年と比較して、身長が大きく伸びステップ台の高さが相対的に低くなったことで全身持久力を評価するのに十分な負荷（運動強度）に達しなかったことも原因とされている。確かにステップテストの強度は、ステップ台の高さと繰り返される昇降運動のテンポによって決定される。表 1 に示す通り、ステップ台の高さとテンポの組み合わせは様々であるが、国際的に実施されているステップテストにおいてステップ台の高さが問題となった報告はない。踏み台昇降テストは HST をアレンジしたテストであるが、オリジナルの HST で用いられているステップ台の高さは、性別を問わず 51cm である。なぜ女性 35cm、男性 40cm を踏み台昇降テストに用いたのか疑問である。また運動後 3 回（1'00"~1'30", 2'00"~2'30", 3'00"~3'30"）測定した脈拍数の合計を 2 倍し、その値で運動時間の 180（秒）を除し、最後に 100 を乗ずることで時間／脈拍比を算出した。踏み台昇降テストは脈拍数の回復から全身持久力を評価することが目的であるが、単純に脈拍数の合計値を使う点にも問題があると思われる。

1999（平成 11）年を目処にスポーツテストが全面改訂された理由の一つに、我が国の高齢化社会が進行する中、60 歳以上の高齢者も参加できる安全性の高いテストの導入があった。その為、新体力テストの対象年齢は 6 歳から 79 歳と幅広く、20mSRT については 6 歳から 64 歳で実施できるテスト項目として採用された。また 20mSRT は、漸増負荷法によりステージ毎（全 21 ステージ）に速度が増加するため、呼吸循環機能への適応と安全性を考慮したテストでもある。一般的にステップテストは、固定負荷（同一テンポ）であるが、対象者の呼吸循環系の適応を考慮し漸増負荷法を採用するステップテス

トも存在する。Nagle ら⁸⁾ は反復回数 30 回（120bpm）で 1 分毎にステップ台を 2cm ずつ高く（最高 50cm）し、テンポに置いていけなくなるまで繰り返す Balk Step Test を考案した。また、Sykes ら⁹⁾ は年齢により高さの異なるステップ台を用い、2 分毎にテンポを速くし、RPE（Rating of Perceived Exertion：自覚的運動強度）14 で終了する Chester Step Test を考案した。いずれのテストも運動直後の脈拍数より最大酸素摂取量を算出することが可能である。

6. まとめ

ステップテストは、最大酸素摂取量を推定する上で有効な測定法である。但し、運動終了後の正確な脈拍数の測定が評価を左右することは明白である。近年、脈拍数（心拍数）を簡便に、なお且つ正確に測定することが可能である機器（光学式心拍センサーなど）の開発により脈拍数の測定は容易になった。また、触診法においても訓練することで正確な脈拍を測定することは可能である。脈拍数の測定は、運動時のみならず日常生活においても身体のコンディションを把握する上で大切な健康指標にもなる。

踏み台昇降テストには、正確な脈拍数測定以外にもステップ台の高さや回復能力の算出法などに問題があることから、新体力テストの項目に採用されなかった。しかし、踏み台昇降テストのオリジナルである HST 他、国際的に実施されているステップテストは、全身持久力を評価する方法として妥当性と信頼性があり、対象者の年齢に関わらず活用されているのが現状である。20mSRT や持久走よりも安全性に優れ短時間で測定できることから活用を再検討する必要があると思われる。さらに、5 分以上の運動時間を要するが、呼吸循環機能の適応と安全面から漸増負荷法を用いたステップテスト（Balk Step

Test、Chester Step Test) の有効性についても検証が必要である。

引用文献

- 1) 渡部一郎監訳 (2019)、心肺機能、スポーツパフォーマンスのアセスメント、pp.206-246、(有) ナップ
- 2) JISS 監修 (2020)、エネルギー産生能力、フィットネスチェックハンドブック、pp.116-140、大修館書店
- 3) スポーツ庁 (2022)、令和 3 年度体力・運動能力調査報告書、
https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421920_00005.htm (2022 年 10 月)
- 4) 宮下充正 (1997)、全身持久力の測定評価のためのステップテストの開発、体力を考える、pp.104-126、杏林書院
- 5) 山地啓司 (2001)、改訂最大酸素摂取量の科学、杏林書院
- 6) McArdle, W.D. et al. (1972), Reliability and inter-relationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. Med. Sci. Sports 4: 182-186.
- 7) 首都大学東京体力標準値研究会編 (2007)、新・日本人の体力標準値Ⅱ、不昧堂出版
- 8) Nagle, F.J., Balke, B. and Naughton, J.P. (1965), Graded step tests for assessing work capacity. J. Appl. Physiol. 20: 745-748.
- 9) Sykes, K. and Roberts, A. (2004), The Chester step test-a simple yet effective tool for the prediction of aerobic capacity. Physiotherapy 90: 183-188.

