

[研究報告]

女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m Incremental Shuttle Run Test の妥当性と信頼性について

與 座 嘉 康^{1)*} 吉 村 祥 平²⁾ 渡 辺 凜³⁾
長 友 朱 里⁴⁾ 荷川取 春 佳⁵⁾

Validity and reliability of the 15 m incremental shuttle run test as a method of predicting
peak oxygen uptake in middle-aged women

Yoshiyasu YOZA, Shohei YOSHIMURA, Rin WATANABE,
Akari NAGATOMO, Haruka NIKADORI

和文抄録

[目的] 女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m Incremental Shuttle Run Test (15m ISRT) の妥当性と信頼性を検討することを目的とした。

[方法] 女性中高年者15名を対象に15m ISRT を実施し, 15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量との関係から妥当性を検討し, その後, 15m ISRT の総移動距離から算出された予測最高酸素摂取量と実測最高酸素摂取量との関係から信頼性を検討した。

[結果] 15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量に有意な相関が認められ, 予測最高酸素摂取量と実測最高酸素摂取量との級内相関係数は0.80となり, Bland-Altman 分析では, 固定誤差や比例誤差は認められなかった。

[結論] 女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m Incremental Shuttle Run Test の妥当性と信頼性が示された。

キーワード : 15m Incremental Shuttle Run Test, 中高年, 妥当性, 信頼性

I 緒言

昨今, 厚生労働省などの働きにより中高年者の健康づくりが注目され, 生活習慣病やメタボリック・シンドロームの予防のためには全身持久力を維持することが重要とされている¹⁾。全身持久力とは, できる限り長時間, 一定の強度の身体活動・運動を維持できる能力と定義され, 全身持久力の標準的指標として最高酸素摂取量が用いられている^{1, 2)}。厚生

労働省では, 中高年者の健康のために維持すべき最高酸素摂取量は, 男性が35.0ml/kg/min, 女性が30.0ml/kg/min と提示しており¹⁾, 最高酸素摂取量は健康づくりに重要な指標であると考えられる。

最高酸素摂取量を測定するためには, 呼気ガス分析器を併用した心肺運動負荷試験を実施する必要がある。しかし, 心肺運動負荷試験は正確な検査が可能だが, 高額な機器や設備, 熟練したスタッフなどが必要であり, 実施可能施設が限られてくる。その

所属

¹⁾ 熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

²⁾ 霧が丘つだ病院 リハビリテーション科

³⁾ 杉村病院 リハビリテーション部

⁴⁾ 宮崎大学医学部附属病院 リハビリテーション部

⁵⁾ 株式会社ビザライ 訪問看護ステーションうららか

責任著者 : yoza@kumamoto-hsu.ac.jp

ため、文部科学省の新体力テスト³⁾における全身持久力評価では、20m Shuttle Run Test (以下、20m SRT)⁴⁾が最高酸素摂取量推定法として用いられている。しかし、20m SRTは、Stage 1での酸素摂取量が27.8ml/kg/minであり、中高年者を対象に行うには運動強度が高い問題があった。そこで、運動強度を中高年者に適応させるために20m SRTのコースを15mに修正した15m Incremental Shuttle Run Test (以下、15m ISRT)が考案され、男性中高年者において15m ISRTは、最高酸素摂取量と強い相関関係が認められ、15m ISRTの移動距離から最高酸素摂取量が推定でき、20m SRTよりも運動強度が低いため、中高年者の体力水準に適応し、安全に実施できると報告されている^{5,6)}。しかし、女性中高年者を対象とした15m ISRTの検討はなされていない。そこで本研究では、女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m ISRTの妥当性と信頼性について検討したので報告する。

Ⅱ 方法

対象は、熊本保健科学大学の40～59歳の女性教職員に対して、掲示板でのポスター掲示とチラシ配布にて募集した。本研究は熊本保健科学大学ライフサイエンス倫理審査委員会の承認(17039)を受け、全対象に本研究の目的、方法、リスクなどを十分に説明し、文書にて同意を得た。なお、骨関節疾患などで痛みを有し走行に支障がある者、内科系疾患などにより運動負荷によって生じる呼吸循環器系への過剰な負担が懸念される者は対象から除外した。

15m ISRTは15mの直線コースを往復する走行試験である。文部科学省の新体力テスト³⁾における20m SRTの方法に準じて実施した。20m SRTのCDを再生し、電子音にてスタートさせ、次の電子音が鳴るまでに先の線に達し、その場で向きを変えさせた。早く線に達した場合は次の電子音が鳴るまでその場で待機させ、これを繰り返し行った。電子音の間隔は約1分ごとに短くなり、それに伴い移動速度も速くなる。Stage 1の速度は6.0km/hでありStage 21の速度が13.9km/h、総移動距離3705mと設定されている(表1)。15m ISRTの終了および中止基準は2回続けて電子音までに線を触れることが出来なくなった場合、息切れや下肢疲労などの自覚症状で対象者自身が走行をやめた場合、もしくはふ

表1 15m Incremental Shuttle Run Test
の Protokol

Stage	速度 (km/h)	総移動距離 (m)
1	6.0	105
2	6.8	225
3	7.1	345
4	7.5	480
5	7.9	615
6	8.2	765
7	8.6	915
8	9.0	1080
9	9.4	1245
10	9.8	1410
11	10.1	1590
12	10.5	1770
13	10.9	1965
14	11.3	2160
15	11.6	2355
16	12.0	2565
17	12.4	2775
18	12.7	3000
19	13.1	3225
20	13.5	3465
21	13.9	3705

らつきなど検者が危険と判断した場合とした。対象者には可能な限り、電子音のスピードについていくように指示し、もし走り続けることができなくなった場合は、自発的に退くことも指導した。15m ISRT実施前のウォーミングアップでは、下肢関節などの柔軟運動を十分に行い、15m ISRT終了後は、ゆっくりとした歩行運動によるクーリングダウンを行った。なお、代謝への外部因子を最小限にするために、15m ISRT実施前日および当日の激しい運動、実施前2時間の水以外の飲食を制限した。

15m ISRTの移動距離は、達成したシャトル数に15mを積算することで算出した。15m ISRT中の呼吸循環応答を携帯型呼気ガス分析器(METAMAX 3B:ドイツコールテックス社製)と付属する心拍数計(POLAR ELECTRO CE 0537 N 2965:POLAR社製)を用いてBreath by Breath法にて酸素摂取量、心拍数、呼吸商を測定した。最高酸素

摂取量、最高心拍数、最高呼吸商は7呼吸移動平均値の最大値とした。また、15m ISRT 終了後に Borg scale における自覚的運動強度（息切れ感と下肢疲労感）を測定した。

15m ISRT の妥当性の検討として、15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量との関係を Pearson の相関分析を用いて検討した。信頼性の検討は、15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量との関係に一次回帰直線を適応して最高酸素摂取量の予測式を作成し、算出された予測最高酸素摂取量と携帯型呼気ガス装置で実測された最高酸素摂取量との関係を級内相関係数（Intraclass Correlation Coefficient：以下、ICC）と Bland-Altman 分析を用いて検討した。有意水準は5%未満とし、統計解析は、IBM SPSS Statics（Version20）を使用した。

Ⅲ 結果

対象は女性中高年者15名となり、年齢は 49.1 ± 5.1 歳（平均 \pm 標準偏差）、身長は 159.7 ± 6.1 cm、体重は 56.4 ± 6.5 kg であった。15m ISRT の結果を表2に示す。すべての対象が2回続けて電子音までに線を触れることが出来なくなり15m ISRT が終

表2 15m Incremental Shuttle Run Test の結果

総移動距離 (m)	722.0 \pm 309.0
最高酸素摂取量 (ml/kg/min)	36.8 \pm 6.8
最高心拍数 (bpm)	176.3 \pm 12.3
最高呼吸商	1.1 \pm 0.1
終了時息切れ感 (Borg)	17 (15 - 20)
終了時下肢疲労感 (Borg)	17 (13 - 20)

平均値 \pm 標準偏差, 中央値 (最小 - 最大)

了した。最高呼吸商は1.0以上であり、予測最大心拍数（220-年齢）に対する最高心拍数の割合は、 $103.2 \pm 7.0\%$ （94.2~116.0%）であった。15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量との関係を図1に示す。15m ISRT における総移動距離が長いほど最高酸素摂取量も高くなり有意な相関（ $r = 0.80$, $p < 0.001$ ）が認められた。15m ISRT の総移動距離から求める最高酸素摂取量の予測式は、予測最高酸素摂取量 = $24.096 + 0.018 \times$ 15m ISRT の総移動距離 (m) となった。予測最高酸素摂取量と実測最高酸素摂取量との ICC は0.80（ $p < 0.001$ ）となり、Bland-Altman 分析では、固定誤差や比例誤差は認められなかった（表3、図2）。

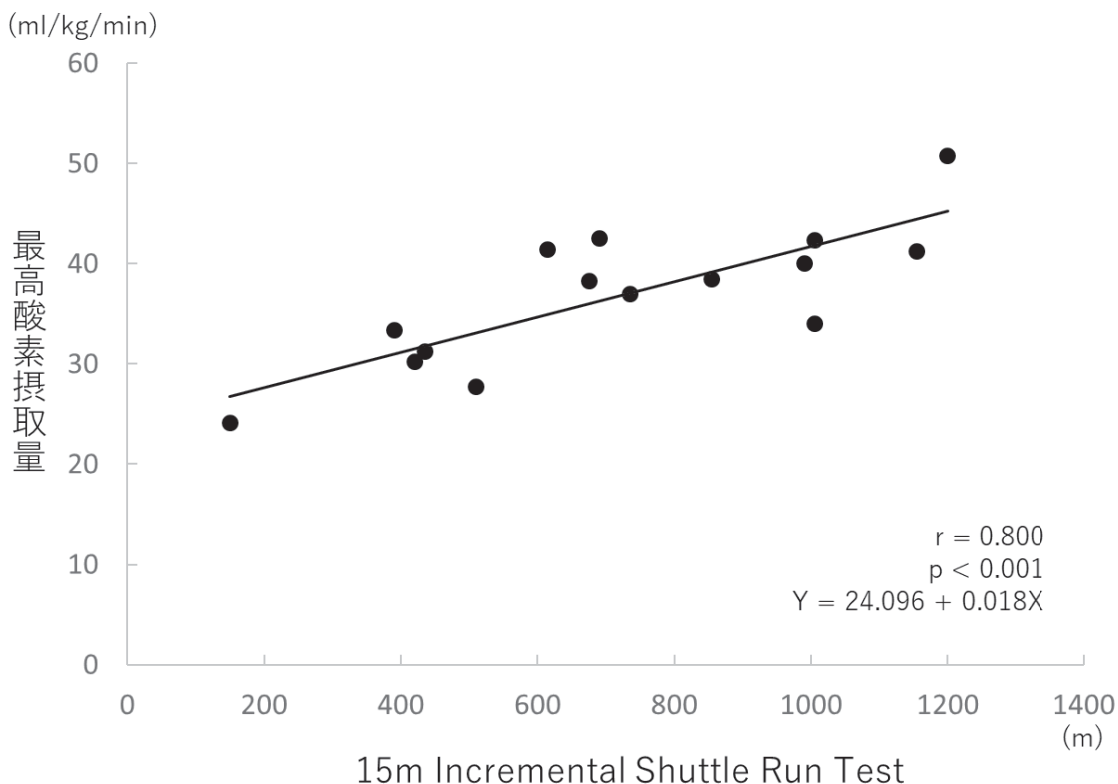


図1 15m Incremental Shuttle Run Test における移動距離と最高酸素摂取量との関係

表3 予測最高酸素摂取量と実測最高酸素摂取量における級内相関係数とBland-Altman 分析

級内相関係数	Bland-Altman 分析			
	固定誤差		比例誤差	
	95%信頼区間	有無	回帰直線の傾き	有無
0.80	-2.53 ~ 2.00	なし	0.23 p=0.24	なし

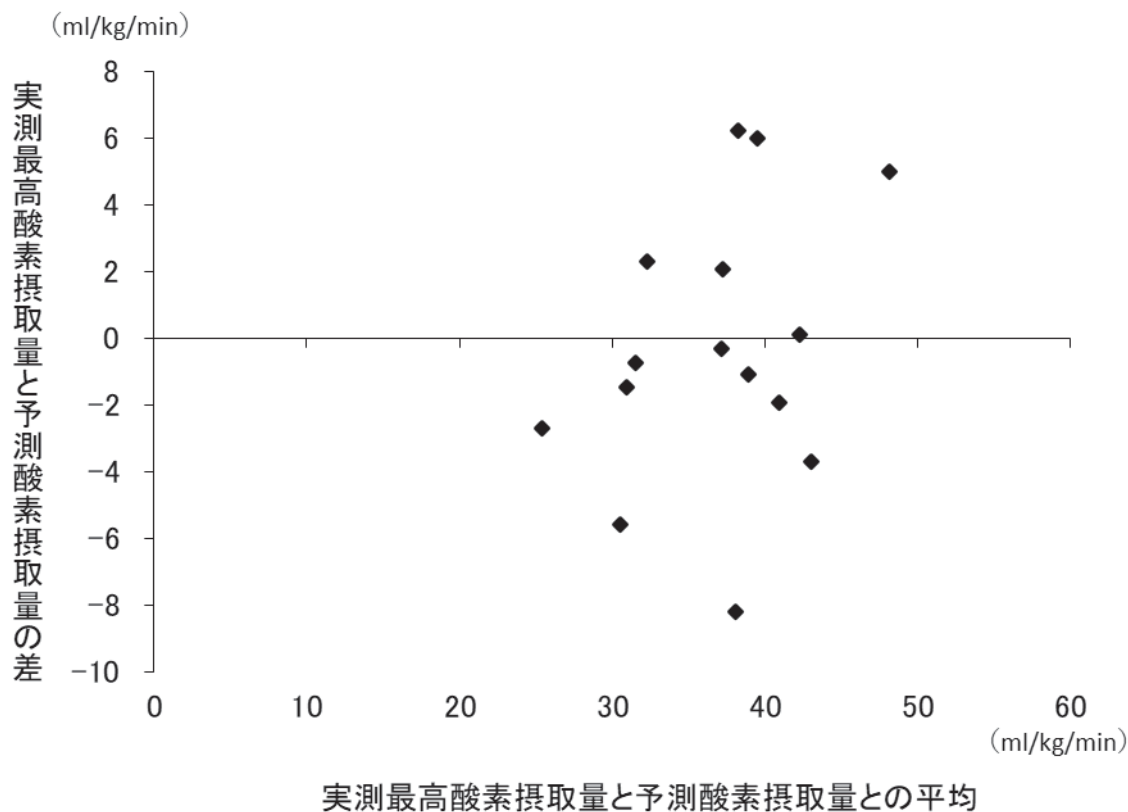


図2 実測最高酸素摂取量と予測酸素摂取量の Bland-Altman plot

Ⅳ 考察

本研究により、女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m ISRT の妥当性と信頼性が示された。

全身持久力の評価は、対象者の最大努力を評価する必要がある。15m ISRT の測定結果において、すべての対象者において最高呼吸商が1.0を超えており、予測最大心拍数に対する最高心拍数の割合も90%を超えていた。このことから、一般的な最大努力指標⁷⁾を満たしており、15m ISRT は最大努力下で行われたことが示された。一方、予測最大心拍数を超えている対象者もいたことから、より安全に15m

ISRT を実施するためには、実施前に走り続けることができなくなった場合は、自発的に退くことの指導や、実施後のクーリングダウンなどの重要性も改めて示された。

15m ISRT の妥当性の検討として、15m ISRT の総移動距離と最高酸素摂取量との関係から同時的妥当性を検討した。同時的妥当性とは、既に妥当性が確認されている他の尺度を妥当性の外的基準とし、それとの相関関係の強弱によって評価される⁸⁾。今回は、最高酸素摂取量を外的基準とした。その結果、15m ISRT における総移動距離が長いほど、最高酸素摂取量も高くなり、有意な相関が認められた。有蘭らは曲線的に総歩行距離が増加する漸増シャトル

ウォーキングテストは、曲線的増加を示す酸素摂取量と高い直線性を示すと報告している⁹⁾。15m ISRTにおいても、総移動距離は曲線的に増加するため、曲線的増加を示す酸素摂取量と高い直線性を示したと考えられた。文部科学省の新体力テストにて最高酸素摂取量推定法として用いられている20m SRTの最高酸素摂取量との相関関係は $r = 0.84$ と報告されている⁴⁾。今回の15m ISRTと最高酸素摂取量との相関関係は $r = 0.80$ であり、20m SRTと同等の相関関係が認められ、女性中高年者における15m ISRTの全身持久力テストとしての妥当性が示された。

信頼性の検討においてICCは0.80であった。ICCは一般的に0.7以上あれば良好とされていることから¹⁰⁾、本研究で得られたICCは良好であることが示された。しかし、ICCは2つの測定値間の相関の強さを係数で表す相対信頼性であるため、測定間に含まれる誤差を検出、弁別することができない。そこで、絶対信頼性であるBland-Altman分析を用いて、系統誤差の固定誤差と比例誤差を検討した。固定誤差とは、測定値の大小にかかわらず、特定方向に生じる誤差である。統計学的には2つの測定値の差の平均の95%信頼区間が0を含まない場合、測定値が一定方向に分布しているとして、固定誤差が存在すると判断される。対して比例誤差は、測定値に比例して大きくなる誤差のことである。統計学的には、Bland-Altman plotの回帰の検定で有意とされた場合、比例誤差が存在すると判断される。今回、Bland-Altman分析にて予測最高酸素摂取量と実測最高酸素摂取量を比較検討した結果、固定誤差および比例誤差ともに認められなかったことから、女性中高年者における最高酸素摂取量推定法として15m ISRTの信頼性が示された。

本研究には若干の制限がある。今回、類似するフィールドテストの呼吸循環応答を検討している先行研究の対象者数が12名⁹⁾と11名¹¹⁾であったことを参考にし、15名の対象にて検討を行ったが、対象者数は十分とはいえない。また、対象者の運動習慣の有無が15m ISRTの結果に影響を及ぼす可能性が考えられるが、その検討までに至らなかった。加えて、15m ISRT中の呼吸循環応答を検討するために、携帯型呼気ガス分析装置を装着して15m ISRTを実施したため、呼気ガス採取マスクによる死腔負荷の影響も避けられなかった。今後は、15m ISRTの実用

化に向けて、対象者数を増やし、運動習慣が15m ISRTの結果に与える影響の検討、心肺運動負荷試験との関係からの最高酸素摂取量予測式の検討、および再現性についての検討も必要と思われる。

V 結論

女性中高年者における最高酸素摂取量推定法としての15m ISRTの妥当性と信頼性が示された。

本研究における利益相反は存在しない。

VI 引用文献

- 1) 厚生労働省：健康づくりのための身体活動基準2013」及び「健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）」について. 2013, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html> (2022年8月17日検索).
- 2) The American Thoracic Society and American College of Chest Physicians: ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 167: 211-277, 2003.
- 3) 文部科学省:新体力テスト実施要項(20~64歳). 2000, http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/05030101/003.pdf (2022年8月17日検索)
- 4) Leger LA, Lambert J: A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_2$ max. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 49: 1-12, 1982.
- 5) 池之野有香, 松山友香, 三川浩太郎, 他: 20m Shuttle Run Testのプロトコルを用いた15m Shuttle Run Testによる全身持久力の試み. 理学療法科学, 29: 491-495, 2014.
- 6) 與座嘉康, 長谷雄信弘, 久保勝海, 他: 男性中高年者における15m Incremental Shuttle Run Testの妥当性と信頼性. 理学療法科学, 35: 107-111, 2020.
- 7) 山地啓司. $\dot{V}O_2$ maxの測定－直接法－. 改訂最大酸素摂取量の科学, 杏林書院, pp3-42, 2001.
- 8) 小谷野亘, 長田久雄. 現象をとらえる－変数とその測定－. 実証研究の手引き. 株式会社 ワー

ルドプランニング, pp23-44, 1992.

- 9) 有菌信一, 高橋哲也, 熊丸めぐみ, 他: 漸増シャトルウォーキングテストにおける酸素摂取量の直線的増加に関する研究—最高酸素摂取量は総歩行距離から予測可能か?—. 理学療法学, 30: 181-185, 2003.
- 10) 桑原洋一, 斎藤俊弘, 稲垣義明: 検者内及び検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討な
ぜ統計学的有意が得られないのか. 呼吸と循環, 41: 945-951, 1993.
- 11) Takahashi S, Chiba T, Matsubara S, et al: Expired gas kinetics during 20 m shuttle running test. Human Performance Measurement, 4: 9-16, 2007.

(令和4年11月26日受理)

Validity and reliability of the 15 m incremental shuttle run test as a method of predicting peak oxygen uptake in middle-aged women

Yoshiyasu YOZA, Shohei YOSHIMURA, Rin WATANABE,
Akari NAGATOMO, Haruka NIKADORI

Abstract

[Objective] This study aimed to determine the validity and reliability of the 15 m incremental shuttle run test (15 m ISRT) for predicting peak oxygen uptake ($\dot{V}O_2$ peak) in middle-aged women.

[Methods] The 15 m ISRT was performed by 15 middle-aged women. The association between the total distance covered during the test and $\dot{V}O_2$ peak was investigated in this study to determine the validity. Subsequently, we evaluated the reliability of the test by analyzing the relationship between the measured $\dot{V}O_2$ peak and the predicted $\dot{V}O_2$ peak, which was calculated according to the total distance covered during the 15 m ISRT.

[Result] Regarding the 15 m ISRT, a significant correlation was observed between the total distance covered and $\dot{V}O_2$ peak. The intra-class correlation coefficient between the predicted and measured $\dot{V}O_2$ peak values was found to be 0.80. Moreover, Bland-Altman analysis revealed no fixed or proportional bias.

[Conclusion] In conclusion, this study demonstrated the validity and reliability of the 15 m ISRT for the prediction of $\dot{V}O_2$ peak in middle-aged women.