

[原著]

Shuttle Run Test は運動処方に応用可能か？

與 座 嘉 康^{1*} 来 海 勝 広² 木 田 夏奈美³

Can the Shuttle Run Test be applied to exercise prescription?

Yoshiyasu YOZA, Katsuhiko KIMACHI, Kanami KIDA

要旨

【目的】 SRT の最高到達レベルから簡易的に運動処方が可能かを検討すること。

【方法】 若年健常男性24名を対象に SRT を実施し、最高到達レベルを測定した。その後、SRT の最高到達レベルより 6 段階下、4 段階下、2 段階下の移動速度にて各 5 分間走行する 3 段階運動負荷試験を、20m コース、円形コース、トレッドミルの 3 つの運動環境を用いて実施し、酸素摂取量を比較検討した。

【結果】 20m コース、円形コース、トレッドミルともに 2 段階下、4 段階下、6 段階下の順に酸素摂取量は有意に高値を示した。また異なる環境条件下では、全ての段階において 20m コースが円形コース、トレッドミルよりも有意に酸素摂取量が高値であった。

【結論】 SRT の最高到達レベルから簡易的に運動処方が可能であることが示唆された。

キーワード： Shuttle Run Test ・ 運動処方 ・ 酸素摂取量

I 諸言

昨今、我が国では生活習慣病の若年化が問題視されており、若いうちから生活習慣病予防のために一定の体力を維持することが重要とされている¹⁻²⁾。特に全身持久性の維持向上は体力維持に重要な要素であり、全身持久力を評価し、各個人に対する適切な運動処方を決定することは重要な事項であると考えられる。全身持久力の評価は、心肺運動負荷試験とフィールドテストに大別される。心肺運動負荷試験は、換気諸量や酸素摂取量などを連続測定し、最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値から、運動処方を決定することができる。その反面、熟練したスタッフや高価な医療機器設備が必要である等の問題があ

るために一般の臨床現場で実施されることは困難である³⁾。一方、フィールドテストは、安価で簡便なために幅広く普及している。中でも、Shuttle Run Test (以下、SRT)⁴⁾ は、文部科学省の新体力テストにおける全身持久力性能の測定法として小学校、中学校、高等学校で実施されている⁵⁾。土居ら⁶⁾ は健常男性を対象に、SRT の結果から持久走トレーニングの運動強度基準となる最大酸素摂取量相当の走速度を推定する方法を検討している。その結果、20m 区間の移動回数 (以下、SR 数) から最大酸素摂取量相当の走速度を換算式 (① SR 数が 125 回未満の場合: 走速度 (m/s) = 2.9471 + 0.0162 × SR 数, ② SR 数が 125 回以上の場合: 走速度 (m/s) = 1.81 + 0.0256 × SR 数) より求められると報告して

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

²介護老人保健施設 清雅苑 総合リハビリテーション部

³天野整形外科皮膚科医院 リハビリテーション科

*責任著者: yoza@kumamoto-hsu.ac.jp

いる。しかしこの方法では煩雑な手順を要する問題があると考えられる。そこで我々はより簡便にSRTの最高到達レベルから運動処方が可能かを検討した。

Ⅱ 方法

対象は若年健常男性24名。年齢は 20.6 ± 0.6 歳（平均 \pm 標準偏差）、身長は 170.9 ± 5.8 cm、体重は 62.8 ± 5.8 kgであった。なお、運動に影響を及ぼす可能性のある呼吸循環器疾患や運動器疾患などの既往がある者は対象から除外した。

本研究は熊本保健科学大学ライフサイエンス倫理委員会の承認（2015-48）を受け、全対象者に本研究の目的、方法、リスクなど十分に説明し、文書にて同意を得て行った。

まず、各対象者にSRTを文部科学省新体力テスト実施要項⁵⁾に準じて実施し、最高到達レベルを測定した。SRTは、約1分毎に速度が増加する多段階漸増運動負荷試験である。平地にて長さ20m間隔で平行に引かれた2本の線の一方に立ち、CDから流れる一定間隔の電子音にあわせて他方の線へ向けて移動する。電子音が次に鳴るまでに20m先の線を越えるか、触れたら、その場で向きを変える。この動作を繰り返す。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増加していく。レベル1の速度は8.0km/hであり、レベル21の速度が18.5km/h、総距離4940mと設定されている（表1）。全対象者には最大努力するように指示し、終了基準は電子音によって設定された速度での走行を維持できなくなった時とした。もし電子音が鳴った時、対象者が線を越えることができなかつた場合、次の20mで遅れを取り戻す機会を与え、遅れを解消することができればテストを継続させた。

次に、SRTの最高到達レベルより6段階下げたレベル（以下、6段階下）、4段階下げたレベル（以下、4段階下）、2段階下げたレベル（以下、2段階下）の移動速度にて各5分間、計15分間走行する3段階運動負荷試験を、20mコース、円形コース、トレッドミルの3つの運動環境を用いて異なる日の同一時間帯に無作為順にて行った。

20mコースはSRTと同様のコースを用いて、CDから流れるシグナル音にあわせて走行した。円形コースは、方向転換を避けるため円形の60mコース

表1 SRTのプロトコル

レベル	速度 (km/h)	距離 (m)	累積距離 (m)	累積時間 (分秒)
1	8.0	140	140	1:03
2	9.0	160	300	2:07
3	9.5	160	460	3:08
4	10.0	180	640	4:12
5	10.5	180	820	5:14
6	11.0	200	1020	6:20
7	11.5	200	1220	7:22
8	12.0	220	1440	8:28
9	12.5	220	1660	9:31
10	13.0	220	1880	10:32
11	13.5	240	2120	11:36
12	14.0	240	2360	12:38
13	14.5	260	2620	13:43
14	15.0	260	2880	14:45
15	15.5	260	3140	15:46
16	16.0	280	3420	16:49
17	16.5	280	3700	17:50
18	17.0	300	4000	18:54
19	17.5	300	4300	19:56
20	18.0	320	4620	21:00
21	18.5	320	4940	22:03

SRT : Shuttle Run Test.

に20m間隔ごとにコーンを設定し、CDから流れるシグナル音にあわせてコーンを通過するよう走行した。トレッドミルはSAKAI社のNordic Track9600 in cline Trainerを用い傾斜角度0%にて走行した。SRTおよび3段階運動負荷試験は、動きやすい服装、運動靴着用にて行い、全ての試験は2週間以内に終了した。また、試験前の激しい運動や2時間前からの飲食など代謝量に及ぼす影響を可能な限り制限した。

測定項目は、呼吸循環応答として酸素摂取量、心拍数を携帯型呼気ガス装置（METAMAX3B：ドイツ・コールテックス社製）と付属する心拍計（POLAR ELECTRO CE 0537 N 2965：POLAR社製）を用いてBreath by Breath法にて測定した。SRTでは、試験終了直前30秒間の平均を最高酸素摂取量および最高心拍数とした。3段階運動負荷試験では、試験開始前30秒間の平均をベースライン値とし、各段階における終了前30秒間の平均を各段階での酸素摂取量、各段階の酸素摂取量をSRTでの最高酸素摂取量で除して、百分率とした値を運動強度とした。また血圧を電子血圧計（エー・アンド・デイ デジタル血圧計UA-772）にて、自覚的運動強度をBorg Scaleにて息切れ感および下肢疲労感

を各試験前後に測定した。

統計処理は、呼吸循環応答を反復測定分散分析および Bonferroni 法にて、自覚的運動強度を Friedman の検定を用いて検討した。なお統計ソフトは IBM SPSS Statistics (Version20) を用い、有意水準は 5%未満とした。

Ⅲ 結果

SRT の結果を表 2 に示す。SRT の最高到達レベルは、レベル 7 が 3 名、レベル 8 が 2 名、レベル 9 が 7 名、レベル 10 が 7 名、レベル 11 が 5 名であった。SRT における最高心拍数および自覚的運動強度は非常に高い値を示した。

3 段階運動負荷試験前のベースライン値において、運動環境間で有意差が認められた項目はなかった (表 3)。図 1 に 3 段階運動負荷試験における酸素摂取量を示す。20m コース、円形コース、トレッドミルともに 2 段階下、4 段階下、6 段階下の順に酸素摂取量は有意に高値を示した (図 1-A)。また、異なる運動環境間では全ての段階において、20m コースの酸素摂取量が円形コース、トレッドミルと比較して有意に高値であった (図 1-B)。

表 2 SRT の結果

SRT 最高到達レベル	10 (7-11)
SRT 到達距離 (m)	1619.6 ± 267.1
最高酸素摂取量 (ml/kg/min)	57.1 ± 5.9
最高心拍数 (bpm)	193.6 ± 8.5
終了時息切れ感 (Borg)	17 (12-19)
終了時下肢疲労感 (Borg)	17 (15-19)

平均 ± 標準偏差, 中央値 (最大-最小)。

SRT : Shuttle Run Test, Borg : Borg Scale.

表 3 3 段階運動負荷試験前のベースライン値

	20m コース	円形コース	トレッドミル	有意確率
収縮期血圧 (mmHg)	122.6 ± 10.3	122.3 ± 10.6	124.0 ± 12.0	p=0.67
拡張期血圧 (mmHg)	77.5 ± 8.7	76.5 ± 9.8	75.8 ± 10.1	p=0.74
心拍数 (bpm)	69.3 ± 14.4	70.7 ± 9.7	69.6 ± 12.6	p=0.83
息切れ感 (Borg)	10 (8-12)	9 (8-11)	9 (8-11)	p=0.09
下肢疲労感 (Borg)	11 (8-14)	10 (8-13)	10 (8-15)	p=0.09
酸素摂取量 (ml/kg/min)	5.9 ± 1.6	5.5 ± 1.4	5.7 ± 1.0	p=0.55

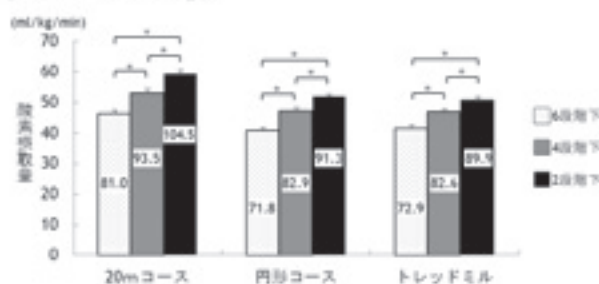
平均 ± 標準偏差, 中央値 (最小-最大)。Borg : Borg Scale.

Ⅳ 考察

本研究により、SRT の最高到達レベルの 6 段階下、4 段階下、2 段階下の設定速度で運動した場合、約 70~100% の運動強度になることが示唆された。

SRT における最高心拍数は予測最大心拍数 (220 - 年齢) に近く、自覚的運動強度も高い値となっていたことにより SRT は対象者の最大努力が得られたと考える。また、各 3 段階運動負荷試験前のベースライン値において統計学的有意差はみられなかった。このことより、3 段階運動負荷試験前の安静時呼吸循環応答に大きな差はなく、異なる運動環境条件下での比較検討における生物学的呼吸循環応答のランダム誤差は最小限に抑えられたと考えられる。

(A) レベルでの比較



(B) 環境での比較

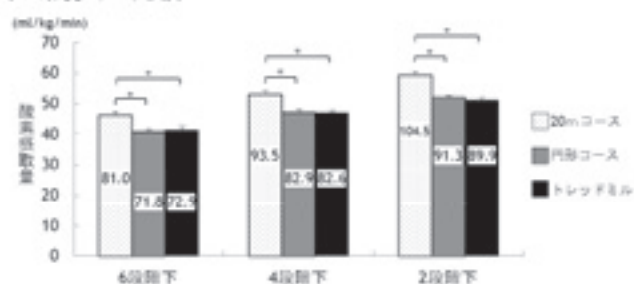


図 1 3 段階運動負荷試験における酸素摂取量と運動強度 運動強度 (%) はグラフ中の値で示す。* p<0.05.

全ての運動環境条件下において、段階を上げるとともに酸素摂取量が有意に高値を示した。段階が上がるほど移動速度は速くなり、運動負荷も高くなる。そのため段階が上がるほど酸素摂取量も高い値を示したと考えられる。また、20m コースの2段階下においてはSRTの最高到達レベルよりも低い負荷設定で行ったにもかかわらず、酸素摂取量はSRT時の最高酸素摂取量と同程度の結果となった。田平ら⁷⁾は、高強度定常負荷試験は、漸増負荷試験に比べ、運動強度(仕事率)は低いが、内的な運動強度(酸素摂取量)は同程度であると報告している。20m コースの2段階下においては、無酸素性作業閾値よりも高い運動負荷が掛かり、乳酸⁸⁾や呼吸筋の酸素消費量の増加⁹⁾、体温上昇¹⁰⁾、速筋線維の動員¹¹⁾、乳酸アシドーシスによる酸素解離曲線の右方偏位¹²⁾などの要因で酸素摂取量が上昇したことで、SRT時の最高酸素摂取量と同程度の結果となったと考えられた。

異なる環境条件下では全ての段階で20m コースは、円形コース、トレッドミルよりも有意に高い酸素摂取量を示した。20m コースではコースの往復による加速、減速、方向転換、加速という運動特性があるために、実際に求められる走行速度は設定速度よりも早くなる。そのため、円形コース、トレッドミルよりも多くのエネルギーが必要になり負荷が大きくなったと考えられる¹³⁻¹⁴⁾。

以上より、SRTの最高到達レベルから段階を下げることで、20m コースが約80~100%、円形コースおよびトレッドミルが70~90%の範囲で簡易的に任意の運動強度にて、運動処方が可能であることが示唆された。生活習慣病改善と健康増進のための運動療法において、運動強度は最高酸素摂取量の40~80%の範囲で運動強度を設定するのが一般的である¹⁵⁾。そのことから、運動環境は20m コースよりも円形コースもしくはトレッドミルが適していると考えられた。従って、「70%負荷での運動処方の場合は、SRTの最高到達レベルから6段階下の速度でトレッドミル走行もしくは円形コース(平地走行)を行う」などSRTが運動処方に応用可能であることが示された。

本研究には若干の制限がある。本研究は若年健常男性を対象としており、6段階下までの検討である。今後は女性や中高年者なども含め、6段階より下のレベルにおいても検討が必要と考える。

V 結語

SRTの最高到達レベルから6段階下、4段階下、2段階下の範囲で移動速度を設定することで、70~100%の高負荷運動が処方できることが示唆された。また環境条件によって呼吸循環応答に違いがあり、運動負荷量が異なることに注意が必要である。

【利益相反】

本研究に開示すべき利益相反はない。

【引用文献】

- 1) 厚生労働省：健康増進計画・健康増進事業について。 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo2/siryoku/03101401/002/009.pdf (閲覧日2018.9.19)
- 2) 厚生労働省：生活習慣病予防。 http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/kenkou/seikatsu/seikatusyuukan.html (閲覧日2018.9.19)
- 3) 山地啓司：運動生理 全身持久力 過去・現在・未来。JJ Sports Sci, 13巻, 69-75, 1997.
- 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) 文部科学省：新体力テスト実施要項。 http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (閲覧日2018.9.19)
- 6) 土居聖也, 松村勲, 東畑陽介：持久走のトレーニング処方ができる20m シャトルランテストの活用法—シャトル数から $\dot{V}O_2$ max 相当の走速度を簡易に推定する方法の検討—。スポーツパフォーマンス研究, 4 : 192-203, 2012.
- 7) 田平一行, 原田鉄也, 山本純志郎, 他：漸増負荷試験と高強度定常負荷試験の運動生理学的特徴—酸素摂取量の視点から—。日呼ケアリハ学誌24 : 252-257, 2014.
- 8) Whipp BJ, Wasserman K : Effect of anaerobiosis on the kinetics of O₂ uptake during exercise. Fed Proc, 45: 2942-2947, 1986.
- 9) Hagberg JM, Mullin JP, Nagle FJ : Oxygen consumption during constant-load exercise. J

- Appl Physiol, 45: 381-384, 1978.
- 10) Poole DC, Schaffarzik W, Knight DR, et al : Contribution of exercising legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans. J Appl Physiol, 71: 1245-1260, 1991.
 - 11) Poole DC, Barstow TJ, Gaesser GA, et al : $\dot{V}O_2$ slow component: physiological and functional significance. Med Sci Sports Exerc, 26: 1354-1358, 1994.
 - 12) Stringer W, Wasserman K, Casaburi R, et al : Lactic acidosis as a facilitator of oxyhemoglobin dissociation during exercise. J Appl Physiol, 76: 1462-1467, 1994.
 - 13) 吉田雄大, 高橋信二, 板谷厚 : 20m シャトルランテストにおける酸素摂取量に対するターン技能の影響. 第61回日本体育学会大会予稿集, 204, 2010.
 - 14) 財津菜穂子, 須賀洋一郎, 三川浩太郎 : 運動負荷試験における健常人の平均酸素摂取量の検討 ~ shuttle walking test (SWT) とトレッドミル歩行テストを比較して ~. 長崎大学卒業研究論文集, 35-40, 2010.
 - 15) 解良武士 : 健康増進のための運動療法. 石川朗 (総編集), 理学療法テキスト 運動療法学, 中山書店, pp163-174, 2014.
- (平成30年12月19日受理)

Can the Shuttle Run Test be applied to exercise prescription?

Yoshiyasu YOZA, Katsuhiko KIMACHI, Kanami KIDA

Abstract

[Objective] To investigate if the maximum performance level in the Shuttle Run Test (SRT) can be used as a simple index to estimate exercise prescription load.

[Method] We performed an SRT on 24 healthy young men and measured their maximum performance. Next, a three-level exercise loading test was performed at moving speeds at 2 levels, 4 levels, and 6 levels, below their levels at maximum speed on a SRT for 5 min each using three exercise testing modalities: a 20-m course, a circular track course, and treadmill. Their oxygen consumption in the three environments were compared.

[Result] As expected, oxygen consumption was significantly higher in the order of 2 levels below, 4 levels below, and 6 levels below for all three environments. Under different environmental conditions, oxygen consumption was higher in the 20-m course than in the circular course and treadmill at all intensities.

[Conclusions] Our results suggest that simple exercise prescription is based on the maximum performance level on an SRT.