

原 著

フィールドテストを用いた脊髄損傷者の有酸素能予測

草 野 修 輔

A Field Test for the Prediction of Aerobic Capacity in Paraplegics and Quadriplegics

Shusuke Kusano (Department of Rehabilitation Medicine, Saitama Medical School, Moroyama, Iruma-gun, Saitama 350-0495, Japan)

The aerobic capacity of paraplegics and quadriplegics was measured during continuous incremental exercises until exhaustion on an arm crank ergometer. Subjects were 19 male patients with cervical spinal cord injury (SCI-C group: mean time since injury, 21.6 months), and 30 male patients with thoracic or lumbar spinal cord injury (SCI-TL group: mean time since injury, 63.3 months). Spinal cord injured subjects also participated in a field test (20 m and 3-minute wheelchair propulsion run test). Twenty meter run time and 3-minute run distance were measured. The relationship between these field tests and the peak oxygen consumption (peak $\dot{V}O_2$) was evaluated. To find the most important predictor variables of peak $\dot{V}O_2$, the correlation coefficients of age, time since injury, grip strength, 20 m run time, and 3-minute run distance against peak $\dot{V}O_2$ were calculated. Step-wise multiple regression analysis showed that the regression of peak $\dot{V}O_2$ plotted against 3-minute run distance yielded the following equation; Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) = $0.0266 \times [3\text{-minute run distance (m)}] + 5.320$ ($R = 0.7247$; $p < 0.05$) in SCI-C group; Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) = $0.0595 \times [3\text{-minute run distance (m)}] - 2.3321$ ($R = 0.8385$; $p < 0.05$) in SCI-TL group. A comparison of actual peak $\dot{V}O_2$ and predicted peak $\dot{V}O_2$ described above was made in another 8 male quadriplegics and 8 male paraplegics. The correlation coefficients between actual peak $\dot{V}O_2$ and predicted peak $\dot{V}O_2$ in quadriplegics and paraplegics were significantly high ($r = 0.7128$ ($p = 0.0472$), $r = 0.9039$ ($p = 0.0021$) respectively).

Keywords: spinal cord injury, aerobic capacity, arm crank ergometer, field test*J Saitama Med School 2001;28: 9-15*

(Received December 9, 2000)

緒 言

急性期の外傷性脊髄損傷者では、受傷によって生ずる麻痺に加えて、骨傷部の固定性を得るための全身的な安静が原因となつて、短期間でも全身持久力の低下が引き起こされやすい¹⁾。また慢性期においても車椅子生活のために活動範囲が限定され、運動不足に陥りやすく、その結果として、同年代の健常者と比較して冠動脈疾患、糖尿病、肥満などの運動習慣に関連した生活習慣病の発症リスクが高まる^{2,3)}。従つて脊髄損傷者のリハビリテーションにおいて、運動療法としての有酸素運動は、急性期での全身持久力低下の予防に対して有効なだけでなく、慢性期においても生活習慣病の予防という面からも重要と考えられる。このような持続的な運動が安全で有効に行われるためには、まず運動負荷テストを施行し、その結果をもとに適切な運動処方を行う必要がある。脊髄損傷者の運動負荷テストの様式としては、これ

までに上肢エルゴメータ負荷法^{1,4,5)}、車椅子トレッドミル負荷法⁶⁻¹⁰⁾、車椅子固定型定量負荷法(いわゆる車椅子エルゴメータ負荷法)^{11,12)}が報告されているが、高価なものも多く、操作も煩雑である。また、全身持久力の指標として最も信頼性のある最大酸素摂取量(peak $\dot{V}O_2$)の測定には呼気ガス分析装置も必要となる。また、これらを用いた運動負荷テストを行うためには多くの人員と煩雑な準備そして一定の検査時間を必要とすることから、日常臨床において、有酸素運動による効果判定や運動処方の変更を簡便にしかも頻回に行うには問題がある。

ところで、運動負荷テストから求められた最大酸素摂取量と、フィールドテストとしての歩行・走行テスト結果との間には良好な関連があることから、全身持久力測定のための簡便法としてフィールドテストの有用性が健常者^{13,14)}だけでなく、呼吸器疾患¹⁵⁾や心臓疾患^{16,17)}などで報告されている。脊髄損傷者を対象にしたフィールドテストとしては12分間走テスト^{18,19)}あるいは5分間走テスト¹⁰⁾が報告されているが、受傷早期の入院患者では5分間走テストですら負荷量が

きすぎて完走できない場合もあり、安全性・実用性の面から問題がある。

本研究の目的は、フィールドテストとして採用した車椅子を用いた3分間走テストが、脊髄損傷患者における $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ の予測に適応可能かどうかを検討し、全身持久力を評価するための簡便法としての有用性を検討することである。

対象および方法

1. 対象

対象は、男性の外傷性頸髄損傷者 19 名 (SCI-C 群) および胸腰髄損傷者 30 名 (SCI-TL 群) で、受傷からの経過期間は、SCI-C 群では 3 ~ 87 ケ月 (平均 21.6 ± 22.4 ケ月)、SCI-TL 群では 2 ~ 201 ケ月 (平均 63.3 ± 65.9 ケ月) であった。損傷レベルは、正常機能を持つ最下位髄節でみると SCI-C 群では第 6 頸髄節が 12 名、第 7 頸髄節が 4 名、第 8 頸髄節が 3 名であった。SCI-TL 群では第 4 ~ 12 胸髄節が 14 名、第 1 ~ 3 腰髄節が 16 名であった。被検者の障害程度は、いずれの群も ASIA impairment scale²⁰⁾ で B まで (すなわち損傷レベル以下の運動機能は完全に喪失しているが感覚機能は残存) とした。

被検者には事前に研究の目的、運動負荷の内容、安全性などを説明し同意を得た。

2. 上肢エルゴメータ負荷

(1) 負荷装置 (Fig. 1)

上肢エルゴメータ負荷に際しては、肩甲上腕関節とアームクランクの回転軸の高さが一致し、さらにアームクランクを回転させたときに肘関節がほぼ完全伸展になるように負荷装置の位置を調節した。既存の上肢エルゴメータ負荷装置ではこの点についての細かな調整が困難であるため、今回の研究では車椅子座位姿勢にあわせてアームクランク回転軸の高さを自由に調整できるように開発した装置にロード社製エルゴメータを取り付け、車椅子用上肢エルゴメータ負荷装置として用いた (負荷範囲… 0 ~ 300 ワット; 定負荷制御範囲… 40 ~ 80 rpm)。

(2) 負荷条件

アームクランクの回転数は 1 分間に 60 回転とし、メトロノームの音にあわせこれを維持するように指示した。負荷モードは、負荷量が回転速度にかかわらず一定となる isopower モードを採用し、5 分以上の安静座位の後に最初の 2 分間は 0 ワットの負荷とし、SCI-C 群では次の 3 分目から被検者の体力にあわせて 1 分間に 1 ~ 7 ワットずつ、SCI-TL 群では 7 ~ 25 ワットずつ漸増するランプ負荷を用いた。運動中止基準は、1) アームクランク回転数が 40 回転 / 分以下となってしまうこと、2) 呼吸困難または胸痛などの自覚的症候の出現、3) 不整脈の出現または虚血性変化などの心電図異常の出現、とした。



Fig. 1. The modified arm ergometer for the wheelchair user. The ergometer can be easily adjusted at variable height in relation to the wheelchair seating position of the subject.

(3) 運動負荷中の測定項目

心拍数 (HR) は、日本光電社製医用テレメータ Life Scope 8 を用いて連続的にモニターし、30 秒毎に記録した。酸素摂取量 ($\dot{V}\text{O}_2$) は、ミナト社製 AE-280S を用いて breath-by-breath にて測定した。

3. フィールドテスト

各被検者が日常生活で使用している車椅子を用いて体育館内で車椅子持久走として 3 分間走テストを行い、上肢エルゴメータ負荷から得られた $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ との関係について検討を行った。また全身持久力の構成要素である瞬発的な筋パワーの指標として 20 m 走テストを行った。3 分間走テストでは、スタート位置と 25 m 位置に目印となるピンを立てておき、1 往復 50 m の距離をピンの外側を回って 3 分間連続して走行するように指示した。3 分目に「止まれ」と合図し、その時点までの走行距離 (m) を測定した。20 m 走テストでは、スタートラインから最高スピードが出ているようにするためにスタートラインの 3 m 手前から全力で走行するように指示し、20 m を走行するのに要する時間 (秒) を測定した。

4. 筋力測定

胸腰髄損傷者においては、筋力の代表としてスミドレー式握力計で測定した握力を用いた。車椅子座位にて上肢下垂位とし、利き手の握力を 2 回測定し大きい方の値を筋力として採用した。

5. 統計学的検討

測定値はいずれも平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。両群の身体的特徴、運動負荷テスト終了時ならびにフィールドテスト終了時データの比較には対応のない Student t 検定を用いた。Peak $\dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子の分析には、まず Spearman の順位相関係数を用いて $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ と $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ に寄与すると考えられる各種の因子との間の単相関マトリックスを作成した。次に、単相関マトリックス分析で有意であった因子を説明変数として、

両群においてステップワイズ法による重回帰分析を行い、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子を抽出した。統計処理は Statcel™ を用いて計算した。いずれの検定においても 5% 未満を統計学的有意水準とした。

結 果

1. 対象者の身体的特徴 (Table 1)

体重で、SCI-C 群が SCI-TL 群に比較し有意に低値を示したが、年齢と身長は両群間で有意差は認められなかった。

2. 運動負荷テスト終了時データ

(1) Peak $\dot{V}\text{O}_2$

SCI-C 群では $9.7 \pm 2.9 \text{ ml/kg/min}$ 、SCI-TL 群では $23.5 \pm 8.4 \text{ ml/kg/min}$ であり、SCI-C 群の $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は SCI-TL 群に比較し約 1/2 であり有意に低値を示した。

(2) Peak HR

SCI-C 群では $117.0 \pm 15.6 \text{ beats/min}$ 、SCI-TL 群では $170.0 \pm 15.4 \text{ beats/min}$ であり、SCI-C 群では有意に低値を示した。(220-年齢) で算出される年齢別予測最大心拍数を 100% として peak HR がその何 % にあたるかを算出したが、SCI-TL 群では 89.4% であり症候限界として十分な運動負荷がなされたものと考えられた。SCI-C 群では 61.4% であったが、男性頸髄損傷者を対象としたこれまでの研究での peak HR は約 110 ~ 120 beats/min と報告^{21,22)} されており、本研究の SCI-C 群ではこれらとほぼ同様の結果であったことから、SCI-C 群においても症候限界に達していたものと考えられた。

3. フィールドテスト終了時データ

3 分間走では、SCI-C 群で $164.7 \pm 71.4 \text{ m}$ 、SCI-TL 群で $434.6 \pm 121.0 \text{ m}$ であり、SCI-TL 群は有意に長い走行距離を示した。20 m 走では、SCI-C 群で 16.4 ± 7.3 秒、SCI-TL 群で 7.0 ± 1.7 秒であり、SCI-TL 群は有意に早い走行時間を示した。

4. Peak $\dot{V}\text{O}_2$ の予測に寄与すると考えられる因子の検討

(1) Peak $\dot{V}\text{O}_2$ と各種因子との相関マトリックス

1) 頸髄損傷者群

Peak $\dot{V}\text{O}_2$ と年齢、受傷からの経過期間、20 m 走行時間、3 分間走行距離との単相関マトリックスを Table 2 に示す。有意の相関を示したのは、20 m 走行時間と 3 分間走行距離であり、3 分間走行距離との間で最も相関が高かった ($r = 0.7247$)。

2) 胸腰髄損傷者群

Peak $\dot{V}\text{O}_2$ と年齢、受傷からの経過期間、握力、20 m 走行時間、3 分間走行距離との単相関マトリックスを Table 3 に示す。有意の相関を示したのは、受傷からの経過期間、握力、20 m 走行時間および 3 分間走行距離であり、頸髄損傷者群と同様に 3 分間走行距離との間で最も高い相関が得られた ($r = 0.8385$)。

(2) 重回帰分析を用いた Peak $\dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子の抽出

1) 頸髄損傷者群

Peak $\dot{V}\text{O}_2$ と各種因子との単相関分析で有意の相関を示した項目である、20 m 走行時間および 3 分間走行距離を用いて、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子をステップワイズ重回帰分析を用いて検討した。その結果、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は 3 分間走行距離のみの一次回帰式、 $\text{Peak } \dot{V}\text{O}_2 = 0.0266 \times [3 \text{ 分間走行距離 (m)}] + 5.320$ ($R = 0.7247$; $p < 0.05$) で表され (Fig. 2)、その変動の 52.5% が 3 分間走行距離により説明された。

2) 胸腰髄損傷者群

Peak $\dot{V}\text{O}_2$ と各種因子との単相関分析で有意の相関を示した項目である、受傷からの経過期間、握力、20 m 走行時間、3 分間走行距離を用いて、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子をステップワイズ重回帰分析を用いて検討した。その結果、胸腰髄損傷者群でも $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は 3 分間走行距離のみの一次回帰式、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2 = 0.0595 \times [3 \text{ 分間走行距離 (m)}] - 2.332$ ($R = 0.8385$; $p < 0.05$) で表され (Fig. 3)、その変動の 70.3% が 3 分間走行距離により説明された。

5. Peak $\dot{V}\text{O}_2$ 予測式の他症例への適用についての検討

Peak $\dot{V}\text{O}_2$ に寄与する因子として、SCI-C 群および SCI-TL 群のいずれにおいても 3 分間走行距離のみが抽出され、上記の $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ 予測式が得られた。この予測式が他の症例においても適用可能か否かを検討する目的で、新たに別の男性外傷性頸髄損傷者 8 名 (平均年齢 25.5 ± 12.5 歳) および胸腰髄損傷者 8 名 (平均年齢 24.0 ± 5.4 歳) を対象として、フィールドテストとして 3 分間走テストを施行し、得られた走行距離を前述の $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ 予測式に代入して各対象者ごとに予測 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ を算出した。さらに上肢エルゴメータ負荷にて $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ を実測し、予測 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ と実測 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ との相関関係を検討したが、頸髄損傷者で $r = 0.7128$ ($p = 0.0472$)、胸腰髄損傷者で $r = 0.9039$ ($p = 0.0021$) であり、いずれにおいても有意の相関を示した。

考 察

1. 上肢エルゴメータ負荷で得られた $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ の妥当性

本研究で対象とした被検者とほぼ同年齢の男性頸髄損傷者を対象とした Van Loan ら²¹⁾ や Hopman ら²³⁾ の研究によれば、 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は約 8 ~ 12 ml/kg/min と報告されており、本研究における SCI-C 群 ($9.7 \pm 2.9 \text{ ml/kg/min}$) と同程度の値を示した。一方、男性胸腰髄損傷者を対象とした Lin ら⁵⁾ の報告によれば $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は約 25 ml/kg/min であり、本研究における SCI-TL 群 ($23.5 \pm 8.4 \text{ ml/kg/min}$) とほぼ同程度の値であった。

このことから、本研究の対象例では頸髄損傷者群、胸腰髄損傷者群のいずれにおいても今回の上肢エルゴメータ負荷にて得られた終了時の酸素摂取量は、症候限界性の最大値と見なすことができ、以下の検討に

Table 1. Characteristics of subjects with cervical cord injury (SCI-C group) and subjects with thoracic or lumbar cord injury (SCI-TL group)

Group	n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
SCI-C	19	25.9 ± 8.9	172.4 ± 5.5	56.7 ± 9.6
SCI-TL	30	30.0 ± 9.1	173.8 ± 5.3	63.3 ± 8.0 a
P-value		0.1268	0.3701	0.0146

Values are expressed as means ± SD

a : p < 0.05 when compared to SCI-C group

Table 2. Spearman rank - order correlation matrix within personal and performance variables in SCI-C group

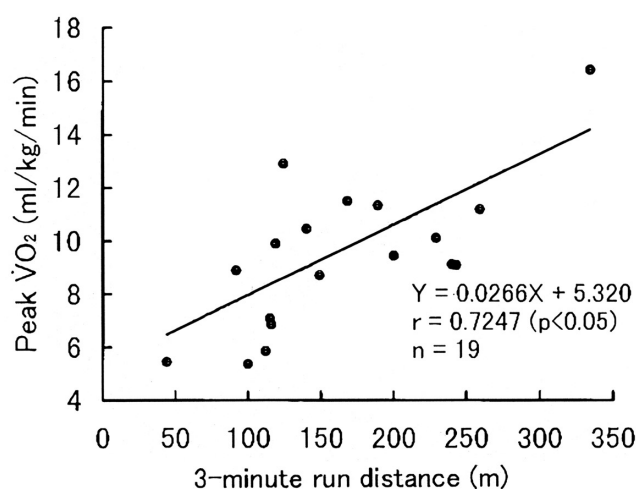
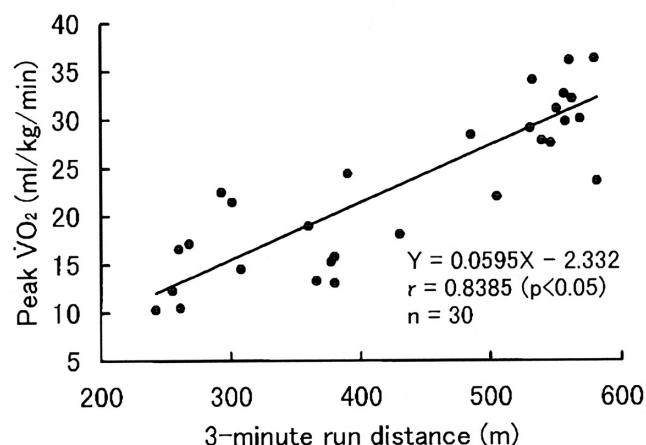
	Age	Time since injury	20m run time	3-minute run distance	Peak $\dot{V}O_2$
Age	1				
Time since injury	0.0195	1			
20m run time	-0.2316	0.201	1		
3-minute run distance	0.2404	-0.0303	-0.8132 *	1	
Peak $\dot{V}O_2$	0.3429	-0.1946	-0.6391 *	0.7247 *	1

* : p < 0.05

Table 3. Spearman rank - order correlation matrix within personal and performance variables in SCI-TL group

	Age	Time since injury	Grip strength	20m run time	3-minute run distance	Peak $\dot{V}O_2$
Age	1					
Time since injury	-0.0739	1				
Grip strength	-0.3202	0.4950 *	1			
20m run time	0.3431	-0.6248 *	-0.6826 *	1		
3 - minute run distance	-0.3091	0.7320 *	0.7114 *	-0.9106 *	1	
Peak $\dot{V}O_2$	-0.0710	0.5800 *	0.5406 *	-0.7347 *	0.8385 *	1

* : p < 0.05

**Fig. 2.** Relationship between peak oxygen consumption (peak $\dot{V}O_2$) and 3-minute run distance in SCI-C group.**Fig. 3.** Relationship between peak oxygen consumption (peak $\dot{V}O_2$) and 3-minute run distance in SCI-TL group.

peak $\dot{V}O_2$ として十分使用できるものと考えられた。

2. Peak $\dot{V}O_2$ とフィールドテストとの関係

Peak $\dot{V}O_2$ を予測する際に単一の要因よりも複数の要因で分析した方が予測性は向上するとされている²⁴⁾。最大酸素摂取量に関与する一般的な因子としては、遺伝、加齢（年齢）、性差、運動負荷試験の方

法などがあげられている²⁵⁾。脊髓損傷者では、これらの因子に加えて、損傷レベル、障害程度（麻痺の重症度）、受傷からの経過期間なども最大酸素摂取量に影響する因子と考えられている²⁶⁾。これらの影響因子の中で性差については、本研究ではすべて対象を男性に限定し、障害程度では ASIA impairment scale²⁰⁾

による B まで（すなわち損傷レベル以下の運動機能は完全に喪失しているが感覚機能は残存）とし、運動機能としては完全麻痺を対象としている。損傷レベルについては、SCI-C 群と SCI-TL 群に分けて検討している。従って、性差、障害程度、損傷レベルについては今回の検討から除外出来る。

全身持久力を簡便に評価可能であるフィールドテストとしての歩行・走行テストに関しては、Cooper¹³⁾による 12 分間走テストと最大酸素摂取量との関係についての研究以降、臨床的にも呼吸器疾患¹⁵⁾や心臓疾患^{16,17)}などで歩行・走行テストと全身持久力との関連についての報告がなされている。脊髄損傷者に関しては、Rhodes ら¹⁸⁾、Franklin ら¹⁹⁾による 12 分間車椅子走テストと最大酸素摂取量との関係、草野ら¹⁰⁾による 5 分間車椅子走テストと最大酸素摂取量との関係についての研究があり、いずれの報告でも車椅子持久走テストと最大酸素摂取量との間には有意の相関があり、全身持久力の簡便な評価法として車椅子持久走テストは脊髄損傷者においても有用であるとされている。しかし、12 分間走テストや 5 分間走テストは受傷早期の患者にとっては負荷量が大きすぎて完走できない場合もある。受傷早期の患者でも安全に施行が可能であり、より短時間で目的を達することができるように今回は車椅子持久走テストとしての走行時間を 3 分間とした。また頸髄損傷者および胸腰髄損傷者を対象に、Jannsen ら⁹⁾は車椅子エルゴメータを用いて 30 秒間全力で車椅子を駆動し続けるスプリントテストを行い、弱いながら peak $\dot{V}O_2$ との関連があることを報告している。草野ら¹⁰⁾も、胸腰髄損傷者を対象に 60 m 車椅子走テストを施行し、走行時間と peak $\dot{V}O_2$ との間に有意の相関関係を認めている。そこで今回、全身持久力の構成要素の一つである瞬発的な筋パワーの指標として、20 m を全力で走行させる 20 m 走テストを採用した。

次に、一般的影響因子として年齢を、脊髄損傷者における影響因子として受傷からの経過期間を採用した。筋力について、原²⁷⁾は脳卒中患者の peak $\dot{V}O_2$ に関与する因子について重回帰分析法を用いて検討し、握力が有意の説明因子として抽出されたと報告しており、SCI-TL 群では握力も説明因子に加えた。

Peak $\dot{V}O_2$ に寄与すると考えられる説明因子として採用した年齢、受傷からの経過期間、握力を、さらにフィールドテストとしての 20 m 走行時間、3 分間走行距離と peak $\dot{V}O_2$ との相関関係について検討したが、SCI-C 群では有意であった説明因子として 20 m 走行時間と 3 分間走行距離が抽出された。SCI-TL 群では、受傷からの経過期間、握力、20 m 走行時間、3 分間走行距離が抽出された。これらの説明因子を用い、さらにステップワイズ重回帰分析を用いて検討したが、peak $\dot{V}O_2$ は両群とも 3 分間走行距離のみの一次回帰

式で表され、3 分間走が最もよい peak $\dot{V}O_2$ の予測因子であることが明らかとなった。

この予測式の妥当性を検討する目的で、別の頸髄損傷者 8 名および胸腰髄損傷者 8 名を対象として予測 peak $\dot{V}O_2$ と実測 peak $\dot{V}O_2$ との相関関係を検討したが、頸髄損傷者群、胸腰髄損傷者群のいずれにおいても有意の相関を示し ($r = 0.7128, 0.9039$)、本研究から得られた peak $\dot{V}O_2$ 予測式の臨床的有用性が示された。

3. Peak $\dot{V}O_2$ 予測式の臨床的活用

本研究から得られた peak $\dot{V}O_2$ を予測する一次回帰式を用いて、3 分間走テストの結果をもとに対象者の peak $\dot{V}O_2$ の推定が可能となると同時に、入院患者を社会生活での身体活動レベルに分類することも可能となる。

これまで文献的に報告されている身体活動レベル別の peak $\dot{V}O_2$ の値を、今回得られた peak $\dot{V}O_2$ を予測する一次回帰式に代入し、3 分間走行距離を求め、3 分間走行距離と社会生活での身体活動レベルとの関係を検討した。頸髄損傷者においては、社会復帰している場合でも活動性が低い人では peak $\dot{V}O_2$ が約 7.5 ~ 9 ml/kg/min と報告²³⁾されており、この値を一次回帰式に代入すると、3 分間走行距離は 82 ~ 138 m となる。一方、社会復帰しスポーツ活動にも参加している活動性の高い人では peak $\dot{V}O_2$ が約 12 ~ 15 ml/kg/min と報告^{18,23)}されており、この値を一次回帰式に代入すると 251 ~ 364 m となる。胸腰髄損傷者においては、社会復帰していても活動性の低い人では peak $\dot{V}O_2$ が約 15 ~ 21 ml/kg/min と報告^{1,5)}されており、この値を一次回帰式に代入すると 3 分間走行距離は 291 ~ 392 m となる。一方、社会復帰しスポーツ活動にも参加している活動性の高い人では peak $\dot{V}O_2$ が約 25 ~ 30 ml/kg/min と報告^{9,18,28)}されており、この値を一次回帰式に代入すると 459 ~ 543 m となる。

この結果から、3 分間走行距離として、頸髄損傷者では 140 m 以下、胸腰髄損傷者では 390 m 以下であれば社会生活での身体活動レベルが低い群に分類される。これに対して、3 分間走行距離が頸髄損傷者で 250 m 以上、胸腰髄損傷者で 460 m 以上であれば、社会生活での身体活動レベルが高い群に分類することが出来る。

このようにフィールドテストとしての 3 分間走テストは、全身持久力の簡便な指標となると同時に、社会生活での身体活動レベルの指標ともなり、入院患者が社会生活への復帰を目標とする際に必要とされる全身持久力を再獲得するためのより具体的な運動処方にも応用可能と考えられる。

要 約

受傷から平均 21.6 ヶ月経過した男性の外傷性頸髄損傷者 19 名 (SCI-C 群) と受傷から平均 63.3 ヶ月経

過した男性の外傷性胸腰髄損傷者 30 名 (SCI-TL 群) を対象に, 上肢エルゴメータ負荷装置を用い全身持久力の指標として採用した最大酸素摂取量 ($\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$) を測定した. さらにフィールドテストとして車椅子での走行テスト (20 m 走および 3 分間走) を施行し, $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ との関係を検討し, フィールドテストの結果が $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ の予測に適用可能かどうかを検討した.

車椅子走行テストの他に, $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ の予測に関与すると考えられる因子である年齢, 受傷からの経過期間, 握力, 20 m 走行時間, 3 分間走行距離と $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ との関係をステップワイズ重回帰分析により検討した. 頸髄損傷者群, 胸腰髄損傷者群のいずれにおいても $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ は 3 分間走行距離のみの一次回帰式: 頸髄損傷者群では, $\text{Peak } \dot{V}\text{O}_2 = 0.0266 \times [3 \text{ 分間走行距離 (m)}] + 5.320$ ($R = 0.7247$; $p < 0.05$); 胸腰髄損傷者群では, $\text{Peak } \dot{V}\text{O}_2 = 0.0595 \times [3 \text{ 分間走行距離 (m)}] - 2.3321$ ($R = 0.8385$; $p < 0.05$): で表されることが明らかとなった.

次に別の男性外傷性頸髄損傷者 8 名および胸腰髄損傷者 8 名を対象として 3 分間走テストを施行し, 走行距離から上記一次回帰式により各被検者の予測 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ を算出した. さらに上肢エルゴメータ負荷にて実測 $\text{peak } \dot{V}\text{O}_2$ を測定し, 両者の適合度を検討したが, 両群ともに有意の相関関係 ($r = 0.7128$ ($p = 0.0472$), $r = 0.9039$ ($p = 0.0021$)) を示し, 上記予測式の有用性が示された.

謝 辞

本稿を終えるにあたり, 御指導・御校閲を賜った間嶋 満先生 (埼玉医科大学, リハビリテーション科教授) に深甚なる謝意を表します.

文 献

- Ellenberg E, MacRitchie M, Franklin B, Johnson S, Wrisley D. Aerobic capacity in early paraplegia: Impactions for rehabilitation. *Paraplegia* 1989;27:261-8.
- Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Medicine* 1986;3:312-30.
- Shepherd RJ. Sports medicine and the wheelchair athlete. *Sports Med* 1988;4:226-47.
- 植木章三, 田中幸夫. 脊髄損傷者の有酸素作業能力に関する研究 (第 1 報) - 腕エルゴメータによる漸増負荷条件の検討 -. 国リハ研紀 1999;11:37-44.
- Lin KW, Lai JS, Kao MJ, Lien IN. Anaerobic threshold and maximal oxygen consumption during arm cranking exercise in paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:515-20.
- Gass GC, Camp EM. Effects of prolonged exercise in highly trained traumatic paraplegic men. *J Appl Physiol* 1987;63:1846-52.
- Okuma H, Ogata H, Hatada K. Transition of physical fitness in wheelchair marathon competitors over several years. *Paraplegia* 1989;27:237-43.
- McConnell TJ, Horvat MA, Beutel-Horvat TA, Golding LA. Arm crank versus wheelchair treadmill ergometry to evaluate the performance of paraplegics. *Paraplegia* 1989;27:307-13.
- Janssen TWJ, Oers CAJM, Veeger HEJ, Hollander AP, Woude LHV, Rozendal RH. Relationship between physical strain during standardised ADL tasks and physical capacity in men with spinal cord injuries. *Paraplegia* 1994;32:844-59.
- 草野修輔, 初山泰弘, 二瓶隆一, 木村哲彦, 鷹野昭士, 飛松好子, 他. 車椅子トレッドミルを用いた脊損者の体力評価-フィールドでの車椅子走行体力テストとの関連性について-. 臨床スポーツ医学 (別冊) 1987;4:107-9.
- Coutts KD, Stogryn JL. Aerobic and anaerobic power of Canadian wheelchair track athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:62-5.
- Burkett LN, Chisum J, Stone W, Fernhall B. Exercise capacity of untrained spinal cord injured individuals and the relationship of peak oxygen uptake to level of injury. *Paraplegia* 1990;28:512-21.
- Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *JAMA* 1968;203:201-4.
- Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, et al. Estimation of $\dot{V}\text{O}_2$ max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exer* 1987;19:253-9.
- Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J* 1994;7:2016-20.
- Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, Dec GW, DiSalvo TG. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest* 1996;110:325-32.
- Zugck C, Kruger C, Durr S, Gerber SH, Haunstetter A, Hornig K, et al. Is the 6-minute walk test a reliable substitute for peak oxygen uptake in patients with dilated cardiomyopathy? *Eur Heart J* 2000;21:540-9.
- Rhodes EC, McKenzie DC, Coutts KD, Rogers AR. A field test for the prediction of aerobic capacity in male paraplegics and quadriplegics. *Can J Appl Spt Sci* 1981;6:182-6.
- Franklin BA, Swantek KI, Graiss SL, Johnstone KS.

- Field test estimation of maximal consumption in wheelchair users. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71:574-8.
- 20) Maynard FM Jr, Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF Jr, Donovan WH, Ducker TB, et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord* 1997;35:266-74.
- 21) Van Loan MD, McCluer S, Loftin JM, Boileau RA. Comparison of physiological responses to maximal arm exercise among able-bodied, paraplegics and quadriplegics. *Paraplegia* 1987;25:397-405.
- 22) Bhambhani YN, Holland LJ, Eriksson P, Steadward RD. Physiological responses during wheelchair racing in quadriplegics and paraplegics. *Paraplegia* 1994;34:253-260.
- 23) Hopman MT, Dallmeijer AJ, Snoek G, van der Woude LH. The effect of training on cardiovascular responses to arm exercise in individuals with tetraplegia. *Eur J Appl Physiol* 1996;74:172-9.
- 24) Hermiston RT, Faulkner JA. Prediction of maximal oxygen uptake by a stepwise regression technique. *J Appl Physiol* 1971;30:833-37.
- 25) 芳賀脩光. 有酸素運動のトレーニングリテリ. 東京. 真興交易医書出版部, 1990.
- 26) 田島文博, 緒方 甫. 脊髄損傷者における運動適応能. *リハ医学* 1994;31:424-30.
- 27) 原 行弘. 脳卒中患者の上肢運動負荷-片側上肢エルゴメーターを用いた体力評価および体力と握力との関係-. *リハ医学* 1996;33:24-32.
- 28) Eriksson P, Lofstrom L, Ekblom B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. *Scand J Rehabil Med* 1988;20:141-7.