

脊髄損傷者の全身持久能力に影響を及ぼす要因について

県立長崎
シーボルト大学 村木里志
(共同研究者) 広島大学 山崎昌廣
総合せき損センター 江原喜人

Factors Influencing Physical Work Capacity in Individuals with Spinal Cord Injury

by

Satoshi Muraki

Siebold University of Nagasaki

Masahiro Yamasaki

Hiroshima University

Yoshito Ehara

Spinal Injury Center

ABSTRACT

The purpose of the present study was to determine the main factors that influence physical work capacity (PWC) in individuals with spinal cord injury (ISCI) using multivariate analysis. Thirty-eight male ISCI (C6 - L5) performed a submaximal arm exercise test on an arm cranking ergometer to estimate their oxygen uptake ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) at a heart rate of $150\text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$ (PWC150) as index of PWC. Hayashi's Quantification I was applied to analyze the effects of 6 factors including age, physical activity, smoking, occupation, the level of spinal cord injury (SCI), and period since SCI on PWC150. This analysis revealed high partial correlation coefficients between PWC150 and the level of SCI (0.664) as well as the

physical activity level (0.610) compared to other factors; period since SCI (0.510), age (0.450), smoking (0.318), and occupation (0.191). These results showed that the level of SCI and physical activity were the most important factors in determining PWC in male ISCI.

要 旨

本研究は脊髄損傷（脊損）者の全身持久能力に影響を及ぼす主要な要因を決定することを目的とした。被験者は脊損者男子38名（C6～L5）であった。全身持久能力の指標には、腕エルゴメーターを用いた最大下運動負荷テストによる心拍数150拍/分当たりの酸素摂取量（PWC150： $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ）を用いた。林の数量化I類を用い、年齢、身体活動、喫煙、職業の有無、脊損部位および受傷期間の6つの要因とPWC150との関係について分析した。数量化解析の結果、PWC150への影響の大きさの指標となる偏相関係数は、脊損部位(0.664)、身体活動状況(0.610)、受傷期間(0.510)、年齢(0.450)、喫煙状況(0.318)および職業の有無(0.191)の順に大きかった。また、6つの要因によるPWC150の予測値と観測値との間の重相関係数は0.771と高い値を示した。以上のことから、脊損者の全身持久能力は脊損部位および身体活動に最も強く影響されることが示された。

緒 言

脊髄損傷者（脊損者）は下肢の麻痺のために身体活動量が減少し、その結果、体力が低下しやすい状況にある^{5,6)}。とくに、健康状態と最も関連が高い全身持久能力が低下することは重要な問題である。

一方、脊損者の全身持久能力は健常者と比べ、より多くの要因に影響をうける。なぜなら、脊損者の全身持久能力には健常者でもみられる性別、年齢、身体活動^{1,15)}、喫煙^{3,8)}および職業¹⁰⁾等の要因に加え、脊髄損傷（脊損）部位および受傷

期間など脊損者特有の要因が影響するからである^{2,14,22)}。しかしながら、これらの要因のなかでどの要因が脊損者の全身持久能力に強く影響を及ぼしているかについては明らかになっていない。

そこで、本研究では、男子脊損者の全身持久能力と年齢、身体活動、喫煙、職業の有無、脊損部位および受傷期間との関係を検証するとともに、数量化解析を用い、各要因の影響の強さを明らかにすることを目的とする。

1. 研究方法

1. 1 被験者

22歳から58歳までの成人脊損者男子38名（四肢麻痺（C6～C8）4名、対麻痺（T3～L5）34名）を対象とした。被験者の身体的特性を表1に示した。

表1 被験者の身体的特性 (n=38)

| 項目 | 平均 | 標準偏差 | 範囲 |
|---------|-------|------|-----------|
| 年齢(歳) | 37.1 | 10.1 | 22 - 58 |
| 身長(cm) | 168.1 | 6.3 | 158 - 183 |
| 体重(kg) | 59.2 | 10.4 | 40 - 82 |
| 受傷期間(年) | 12.6 | 9.2 | 1 - 34 |
| 脊髄損傷部位 | | | C6 - L5 |

1. 2 全身持久能力の測定

全身持久能力の指標には心拍数150拍/分当たりの体重当たりの酸素摂取量（PWC150： $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ）を用いた。

被験者は座位安静を30分間実施した後、腕クラッキングエルゴメーター（Monark 881E）を用い、3段階の最大下運動負荷をそれぞれ4から6分間ずつ実施した。運動負荷は原則として、10、30および50watts（回転数毎分50回転）を用いたが、高位脊損者および低体重者は、これより低い運動負荷を用いた。

座位安静の最後の5分間および各運動負荷の最後の1分間に換気量，酸素摂取量および心拍数を測定した。換気量はダグラスバック法にて採集し，乾式ガスメーターにて計量した。酸素摂取量は酸素および二酸化炭素濃度をガス分析（Respina 1H26，NEC三栄）することにより算出した。心拍数は胸部誘導心電図記録から求めた。

座位安静時および各運動負荷時における体重あたりの酸素摂取量と心拍数との回帰直線から，PWC150を求めた。

2. 統計分析

6つの要因を表2のようにカテゴリー化し，各カテゴリーにおけるPWC150の平均値および標準偏差を算出した。カテゴリー間の有意性を検定するために分散分析を用いた。分散分析の結果，有意差が認められた場合は，Newman-Keuls検定を適用し，どの群間に有意差が存在するのかを検討した。有意水準は5%とした。また，このカテゴリーを用い林の数量化I類²⁰⁾によって各要因とPWC150との関係を分析した。本解析は各要因の

表2 各因子のカテゴリー化

| 因子 | カテゴリー | n |
|--------------------|-------------------|----|
| 年齢 (歳) | 1 35歳未満 | 16 |
| | 2 35歳～45歳 | 12 |
| | 3 45歳以上 | 10 |
| 身体活動 ¹⁾ | 1 1日未満 | 8 |
| | 2 1～2日 | 14 |
| | 3 3日 | 8 |
| | 4 4日以上 | 8 |
| 喫煙 ²⁾ | 1 非喫煙者 | 16 |
| | 2 20本未満 | 7 |
| | 3 20本以上 | 15 |
| 職業の有無 | 1 有職者 | 23 |
| | 2 無職者 | 15 |
| 脊髄損傷部位 | 1 頸髄損傷 (C6～C8) | 4 |
| | 2 胸髄高位損傷 (T3～T6) | 8 |
| | 3 胸髄低位損傷 (T7～T12) | 16 |
| | 4 腰髄損傷 (L1～L5) | 10 |
| 受傷期間 (年) | 1 5年未満 | 14 |
| | 2 5年～20年 | 13 |
| | 3 20年以上 | 11 |

1) 1週間あたりの運動・スポーツ実施日数

2) 1日の平均喫煙数

偏相関係数を算出し，この値が1に近いほどPWC150とより強い関係があることを示す。さらに，本解析は各要因のカテゴリーからPWC150の予測値を算出することができ，観測値と予値との重相関係数を求めた。

3. 研究結果

図1には，各要因におけるカテゴリー間のPWC150の平均値および標準偏差を示した。分散分析の結果，各要因のカテゴリー間に有意性が認められたのは脊損部位のみであり，腰髄損傷者 (L1～L5) は頸髄損傷者 (C6～C8) および胸髄

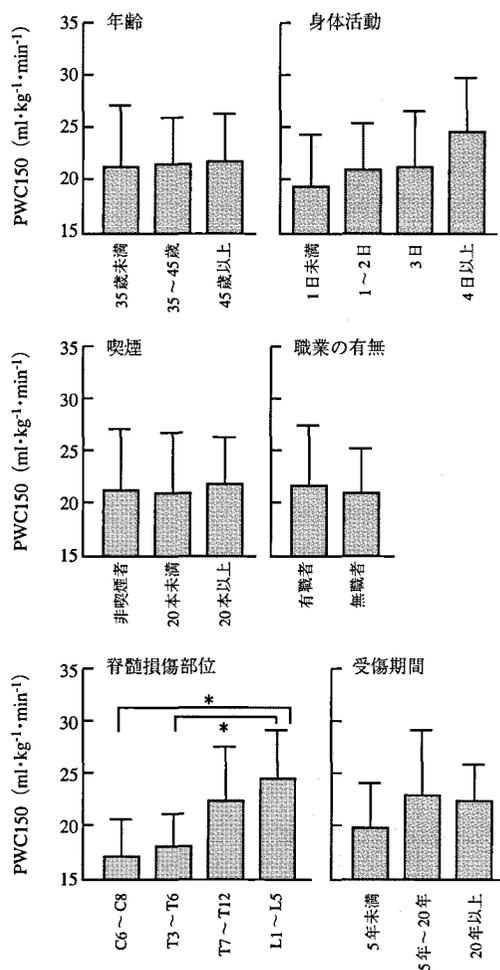


図1 各要因のカテゴリー間の平均値の比較 *P<0.05

高位損傷者 (T3～T6) より高いPWC150を示した。他の要因では有意性は認められなかったが、身体活動では、活動日数が多いほどPWC150が高くなる傾向がみられた。また、受傷期間では、5年未満のものが他に比べて低いPWC150を示している。その他の要因では、カテゴリー間に大きな差はみられなかった。

表3には、各要因のPWC150に対する偏相関係数を示した。最も高い係数を示したのは「脊損部位」で、次いで「身体活動」であった。この2要因は0.6以上の非常に高い偏相関係数を示している。一方、「喫煙」と「職業の有無」では、他の要因に比べ低い偏相関係数がみられた。

表3 各要因の偏相関係数

| 順位 | 要因 | 偏相関係数 |
|----|--------|-------|
| 1 | 脊髄損傷部位 | 0.664 |
| 2 | 身体活動 | 0.610 |
| 3 | 受傷期間 | 0.510 |
| 4 | 年齢 | 0.450 |
| 5 | 喫煙 | 0.318 |
| 6 | 職業の有無 | 0.191 |

図2には、各被験者のPWC150の観測値と、林の数量化からの予測値との関係を示した。両者間の重相関係数は0.771であり、高い相関が認められた。

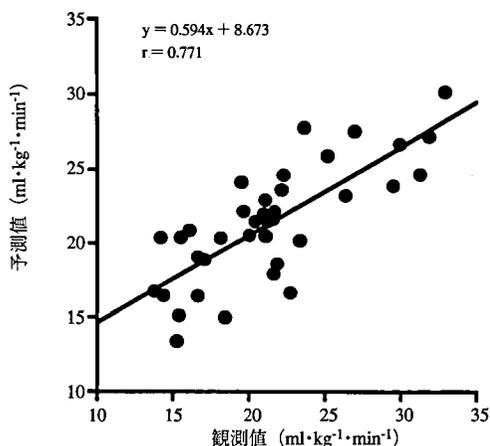


図2 PWC150の観測値と数量化解析による予測値との関係

4. 考 察

脊損者の全身持久能力には様々な要因が影響していることが予想されるが、本研究では代表的な要因として、性別以外の6つの要因を分析対象とした。当然、これらの要因以外にも脊損者の全身持久能力に影響を及ぼしている要因はある。しかしながら、6つの要因によるPWC150の説明能力は重相関係数が示すように非常に高く、最も高い偏相関係数を示した「脊損部位」よりもより強く全身持久能力に影響を及ぼす要因は存在しないと考えられる。

脊損者の全身持久能力に最も強く影響を及ぼす要因は「脊損部位」であり、脊損部位が高位になるほど全身持久能力が低下した。全身持久能力は、四肢麻痺者は対麻痺者に比べ、また対麻痺脊損者間でも脊損部位が高いほど低下することが先行研究によって報告されている^{7,12,24)}。本研究も同様、これを支持する結果が得られた。脊損部位が高位になると、当然麻痺部の範囲も大きくなる。すなわち、血液再配分機能に関わる交感神経系血管運動や筋ポンプ作用の機能が損失している範囲も大きくなり、活動筋である上肢への血液供給が不十分になることが考えられる^{11,23)}。本研究結果は、このような麻痺部での機能低下が全身持久能力に大きく影響することを支持した。

「身体活動」では、カテゴリー間に有意性は認められなかったが、活動日数が多いほどPWC150が高くなる傾向がみられた。加えて、偏相関係数も脊損部位と同じ0.6以上と非常に高くなった。このことは、身体活動が全身持久能力に強く影響することを示している。下肢が麻痺している脊損者は残存部位である上肢の運動によって健康ならびに体力の維持・増進を図る。多くの先行研究が、上肢運動での全身持久能力を含む体力の向上を報告している^{13,16,18)}。反面、その上肢運動の全身持久能力向上の効果は小さくなるという報告もある

4, 19, 21)。なぜなら、上肢運動は下肢運動と違い用いられる筋量が少なく、呼吸循環系持久力を向上させるほどの代謝に到達し難いことからである⁹⁾。しかしながら、本研究結果では身体活動と全身持久能力との関係は非常に高く、定期的な上肢運動には全身持久能力を維持および向上させる効果が十分にあることが支持された。

関心深いことに、「受傷期間」は比較的高い偏相関係数を示した。さらに、カテゴリー間の平均値の比較では、受傷期間が5年以上の脊損者は、5年未満の脊損者よりPWC150が高くなる傾向がみられた。本研究の対象者は1名を除く全員が車椅子生活であり、受傷前に比べ上肢を用いる機会が増えたことが予想される。それゆえ、5年以上の脊損者で全身持久能力が高くなったのは、長年の上肢に頼る生活によって、上肢の運動に対する呼吸循環適応が充進したためであると考えられる。

一方、「喫煙」および「職業の有無」では低い偏相関係数がみられた。先行研究では¹⁷⁾、職業が脊損者の有酸素作業能力や筋持久力等の体力に関係があることを報告しているが、本研究では、そのような結果は認められなかった。しかしながら、これらの要因は、全身持久能力以外の他の健康要素と密接に関係することが予想される。脊損者においては、これら二つの要因と健康との関係はほとんど明らかにされてなく、今後検討していく必要がある。

以上のことから、男子脊損者の全身持久能力には、「脊損部位」および「身体活動」が他の要因に比べより強く影響していることが明らかになった。

文 献

1) American College of Sports Medicine Position Stand ; The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and

muscular fitness, and flexibility in healthy adults, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 975-991 (1998)

- 2) Burkett, L. N., Chisum, J., Stone, W., and Fernhall, B. ; Exercise capacity of untrained spinal cord injured individuals and the relationship of peak oxygen uptake to level of injury, *Paraplegia*, 28, 512-521 (1990)
- 3) Conway, T. L., and Cronan, T. A. ; Smoking, exercise, and physical fitness, *Prev. Med.*, 21, 723-734 (1992)
- 4) Clausen, J. P., Klausen, K., Rasmussen, B., and Trap-Jensen, J. T. ; Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs, *Am. J. Physiol.*, 225, 675-682 (1973)
- 5) Davis, G. M. ; Exercise capacity of individuals with paraplegia, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 423-432 (1993)
- 6) Davis, G. M., Kofsky, P. R., Kelsey, J. C., and Shepherd, R. J. ; Cardiorespiratory fitness and muscular strength of wheelchair users, *Can. Med. Assoc. J.*, 125, 1317-1323 (1981)
- 7) Figoni, S. F. ; Exercise responses and quadriplegia, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 433-441 (1993)
- 8) Fukuba, Y., Takamoto, N., Kushima, K., Ohtaki, M., Kihara, H., Tanaka, T., Une, S., and Munaka, M. ; Cigarette smoking and physical fitness, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 12, 195-212 (1993)
- 9) Glaser, R. M. ; Exercise and locomotion for the spinal cord injured, *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 13, 263-303 (1985)
- 10) Grayson, J. P. ; Health, physical activity level, and employment status in Canada, *Int. J. Health Serv.*, 23, 743-761 (1993)
- 11) Hopman, M. T. E. ; Circulatory responses during arm exercise in individuals with paraplegia, *Int. J. Sports Med.*, 15, 126-131 (1994)
- 12) Irizawa, M., Yamasaki, M., Muraki, S., Komura, T., Seki, K., and Kikuchi, K. ; Relationship between heart rate and oxygen uptake during submaximal arm cranking in paraplegics and quadriplegics, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 13, 275-280 (1994)
- 13) Magel, J. R., McArdle, W. D., Toner, M., and Delio, D. J. ; Metabolic and cardiovascular adjustment to arm training, *J. Appl. Physiol.*, 45, 75-79 (1978)
- 14) Muraki, S. ; Cardiovascular response during exercise in individuals with spinal cord injury, *Dissertation (Hiroshima Univ.)* (1997)
- 15) 村木里志, 網分憲明, 田原靖昭, 山崎昌廣, 菊地邦雄 ; 車椅子運動が体力に及ぼす影響について, 財

- 団法人中村裕記念身体障害者福祉財団平成9年度
助成研究報告書, 1-6 (1998)
- 16) Nilsson, S., Staff, P. H., and Pruett, E. D. R. ; Physical work capacity and the effect of training on subjects with long-standing paraplegia, *Scand. J. Rehabil. Med.*, 7, 51-56 (1975)
 - 17) Noreau, L., and Shephard, R. J. ; Return to work after spinal cord injury: the potential contribution of physical fitness, *Paraplegia*, 30, 563-572 (1992)
 - 18) Pollock, M. L., Miller, H. S., Linnerud, A. C., Laughridge, E., Coleman, E., and Alexander, E. ; Arm pedaling as an endurance training regimen for the disabled, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 55, 418-424 (1974)
 - 19) Sawka, M. N. ; Physiology of upper body exercise, *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 14, 176-211 (1986)
 - 20) 田中豊, 垂水共之, 脇本和昌編 ; パソコン統計解析ハンドブックⅡ 多変量解析編, 共立出版 (1984)
 - 21) Toner, M. M., Sawka, M. N., Levine, L., and Pandolf, K. B. ; Cardiorespiratory responses to exercise distributed between the upper and lower body, *J. Appl. Physiol.*, 54, 1403-1407 (1983)
 - 22) Yamasaki, M., Komura, T., Tahara, Y., Muraki, S., Tsunawake, N., Ehara, Y., and Fujiie, K. ; Relationship between physical characteristics and physiological responses during maximal arm cranking in paraplegics, *Spinal Cord*, 36, 579-583 (1998)
 - 23) 山崎昌廣, 村木里志 ; 車椅子常用脊髄損傷者の運動時循環応答, *J. J. Sports Sci.*, 15, 101-106 (1996)
 - 24) Van-Loan, M. D., McCluer, S., Loftin, J. M., and Boileau, R. A. ; Comparison of physiological responses to maximal arm exercise among able-bodied, paraplegics and quadriplegics, *Paraplegia*, 25, 397-405 (1987)