

[共同研究：身体障害者の運動処方に関する研究]

身体障害者の運動処方に関する研究（第2報）

長谷川 修一郎*
 高 成 廈*
 今 西 俊 次*
 松 浦 義 昌**
 坪 内 伸 司**
 清 水 教 永**

要約

本報では、自ら車椅子の操作可能な、および不可能な身体障害者に可能な限りの運動刺激を与え、身体障害者個々の疾患レベルに適した運動処方の具体化と限界設定について、行動生理学を中心として検討することを目的とした。

運動処方の基礎となる生理的指標を得るために、安静時および運動負荷時における心拍数と酸素摂取量を測定した。

安静時および運動負荷時の心拍数と酸素摂取量の関係から回帰式を求め、各被検者の1日の推定消費エネルギー量を求めた。運動負荷実験中は、主観的運動強度の記録もとり、他の指標との相関を検討した。

運動負荷実験より得られた心拍数と酸素摂取量の関係では、3名の被検者については高い相関関係が認められたが、他の2名の被検者については、相関関係が認められなかった。

主観的運動強度と運動時間の関係では、全被検者について高い相関関係が認められた。主観的運動強度と心拍数との関係では、5名中2名に高い相関関係が認められたが、他の3名の被検者については、いずれも相関関係は認められなかった。また、主観的運動強度と酸素摂取量の関係についても同様に、相関関係は認められなかった。

心拍数と酸素摂取量との間に相関関係が認められた被検者2名の1日の推定消費エネルギー量は、同年齢の健常者に比べて低い傾向が認められた。

以上のことから、自分で車椅子の操作可能な身体障害者ばかりでなく自分で車椅子操作が不可能な障害者の運動処方に関しても、頻度、負荷及び時間を考慮することによって、ある程度の処方による効果が期待されると考えられる。

はじめに

本研究は、健常者を対象として用いられる運動処方が、身体障害者に適用した場合の有効性

について検証するとともに、身体障害者の健康の維持増進といった観点から、身体障害者個々の疾患レベルに応じた、運動処方の作成を検討することを目的とした。

第一報¹⁾では、身体障害者の日常生活における基本的な生活形態、生活習慣及び活動状態等について調査し、さらに日常生活活動の生理的

*本学

**大阪府立大学



Fig.1 Photography of exercise test by Arm Crank Ergometer.



Fig.2 Photography of exercise test by chair with caster.

負担の客観化について、一日の心拍数の連続記録から検討した。

その結果、身体障害のレベルや程度によって、基本的な日常生活である起床、就寝、摂食、排泄及び入浴等の時間や介助方法が異なっていることが明らかとなった。特に、身体障害者の就寝時間については、平均的に遅い傾向が認められ、就寝時における姿勢保持や褥瘡対策等に時間を費やしている実体が明らかとなった。

一日の心拍数から見た日常生活活動では、障害のレベルや程度によって、心拍数の変動幅やヒストグラム等が異なり、個体差が大きいことが明らかとなった。また、身体障害者の睡眠時の心拍数は、一般的な同年齢の健常者に比べて高い傾向にあることも明らかとなった。ヒストグラムでは、一峰性を示した身体障害者について、車いすによる生活であるとはいえ、日常生活上での積極的な行動への意欲や道具等の工夫によって、心拍数の分布幅を広げ、心身の活動水準の向上が可能となることを示唆した。

本報では、身体障害者に可能な限りの運動刺激を与え、身体障害者個々の疾患レベルに適した運動処方具体化と限界設定について、行動生理学を中心として検討することを目的とした。

方 法

運動処方の基礎となる生理的指標を得るために、以下の実験を行った。

7名の被検者のうち3名は、それぞれが有する障害などにより、運動負荷実験を行うことができなかったが、新たに1名の身体障害者(障害名:骨形成不全, 障害年数:46年, 生活条件:車椅子, 車椅子操作:可能)が協力してくれることになった。

対象者の安静時および運動負荷時における心拍数と酸素摂取量を測定した(図1, 図2)。

身体障害者における運動負荷は、車椅子に座った状態で負荷をかけていくため、一般的に Arm Crank Ergometer や Wheelchair Treadmill が用いられている^{2,3,4)}。

本研究に協力してくれた被検者では、Arm Crank Ergometer を用いた負荷実験が可能な被検者が2名で、その他の被検者では、Arm Crank Ergometer を用いた負荷実験が不可能であったため、手動による車椅子の前後移動や片足を床に着けての前後移動、およびキャスター付きの椅子による移動運動をさせた。

Arm Crank Ergometer による負荷は、過去の先行研究²⁾および被検者の障害特性を考慮したプロトコルを作成し行った。

酸素摂取量は呼吸ガス分析器(ミナト社製)を用いて測定し、心拍数は多用途テレメーター(日本電気三栄社製)を用いて測定した。

各被検者の安静時および運動負荷時の心拍数-酸素摂取量(HR-VO₂)から回帰式を求めた。心拍数-酸素摂取量(HR-VO₂)の回帰式から、

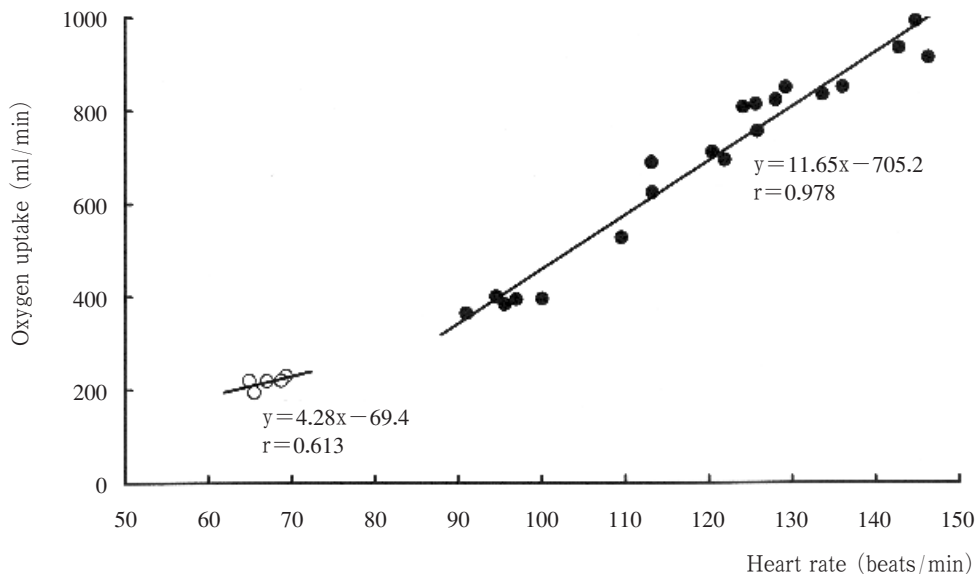


Fig. 3 Relationship between Heart rate and Oxygen uptake in Subj. Y. N.

○ Rest, ● Load, — Regression line

各被検者の1日の推定消費エネルギー量を求めた^{5,6)}。運動負荷試験中には、RPE⁷⁾(主観的運動強度: Rating of Perceived Exertion: 資料¹⁾の測定も合わせて行った。

結 果

運動負荷実験を行った被検者5名の心拍数と酸素摂取量の関係を図3から図7に示した。

被検者Y. N.の安静時の平均心拍数は $67.1 \pm 1.7 \text{ beats/min}$ (以下 b./min とする) であり、酸素摂取量では、 $217.6 \pm 12.0 \text{ ml}$ であった。被検者Y. N.の運動負荷は、1人で車椅子の操作が可能なることから、Arm Crank Ergometerを用いた漸増負荷運動を行った。運動中のRPEが9を示し、運動は20分で終了した。20分間の運動から得られた心拍数と酸素摂取量の間には、高い相関関係 ($r=0.978$) が認められた(図3)。

被検者N. F.の安静時の平均心拍数は $85.2 \pm 3.4 \text{ b./min}$ であり、酸素摂取量では、 $255.4 \pm 24.0 \text{ ml}$ であった。被検者N. F.の運動負荷は、被検者Y. N.同様、1人で車椅子の操作が可能なることから、Arm Crank Ergometerを用い

た漸増負荷運動を行った。被検者N. F.の場合、運動中のRPEが8を示したのが10分であり、運動は10分で終了した。10分間の運動から得られた心拍数と酸素摂取量の間には、高い相関関係 ($r=0.945$) が認められた(図4)。

被検者S. O.の安静時の平均心拍数は $73.4 \pm 1.3 \text{ b./min}$ であり、酸素摂取量では、 $212.2 \pm 30.4 \text{ ml}$ であった。被検者S. O.の運動負荷は、手動により車椅子を操作することが不可能であったため、片足を床に着けての車椅子の前後移動を疲労困憊に至るまで行った。その結果、3分30秒で exhaustion に至った。被検者S. O.については、3分30秒の運動負荷から得られた心拍数と酸素摂取量の間には相関関係は、認められなかった(図5)。

被検者S. K.の安静時の平均心拍数は $77.3 \pm 1.2 \text{ b./min}$ であり、酸素摂取量では、 $169.0 \pm 15.7 \text{ ml}$ であった。被検者S. K.における運動負荷は、キャスター付きの椅子による移動運動を疲労困憊に至るまで行った。その結果5分で exhaustion に至った。被検者S. K.については、被検者Y. N.及びN. F.と同様、5分間の移動運動から得られた心拍数と酸素摂取量の

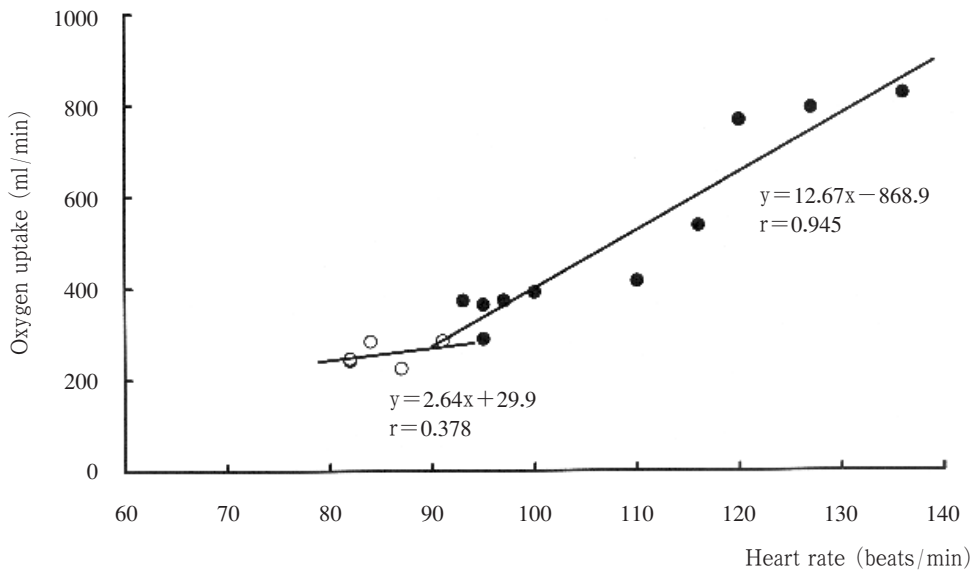


Fig. 4 Relationship between Heart rate and Oxygen uptake in Subj. N. F.

○ Rest, ● Load, — Regression line

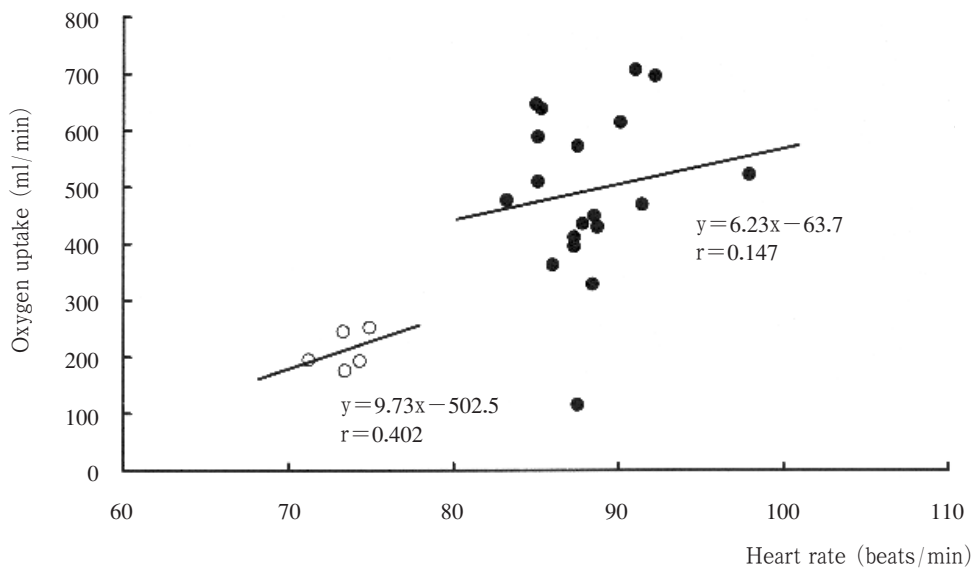


Fig. 5 Relationship between Heart rate and Oxygen uptake in Subj. S. O.

○ Rest, ● Load, — Regression line

間には、高い相関関係 ($r=0.901$) が認められた (図 6)。

被検者 H. Y. の安静時の平均心拍数は、 72.1 ± 1.7 b./min であり、酸素摂取量は 213.8 ± 8.1

ml であった。被検者 H. Y. における運動負荷は、手動による車椅子の前後移動を疲労困憊に至るまで行った。その結果 5 分間で exhaustion に至った。被検者 H. Y. については、S. O. と

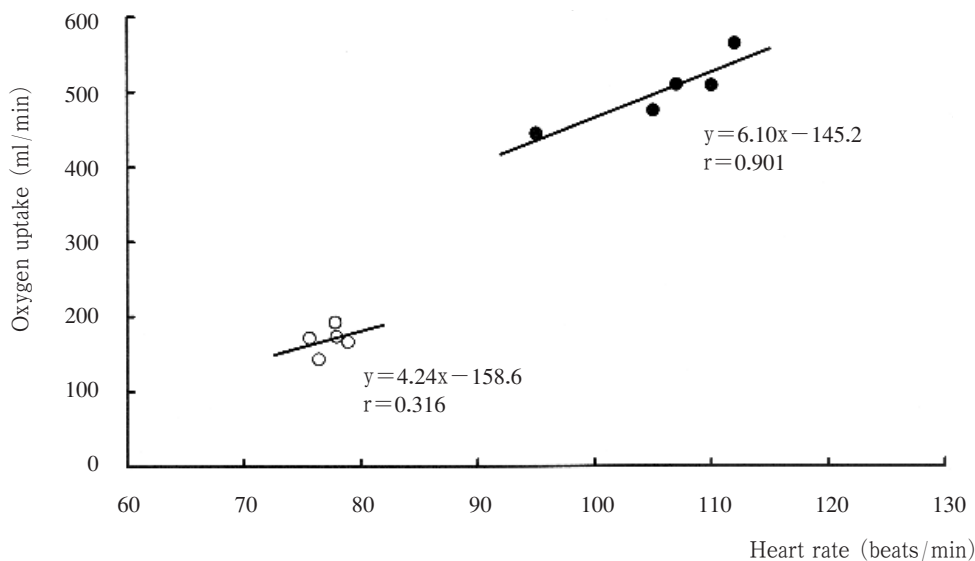


Fig.6 Relationship between Heart rate and Oxygen uptake in Subj. S. K.

○ Rest, ● Load, - Regression line

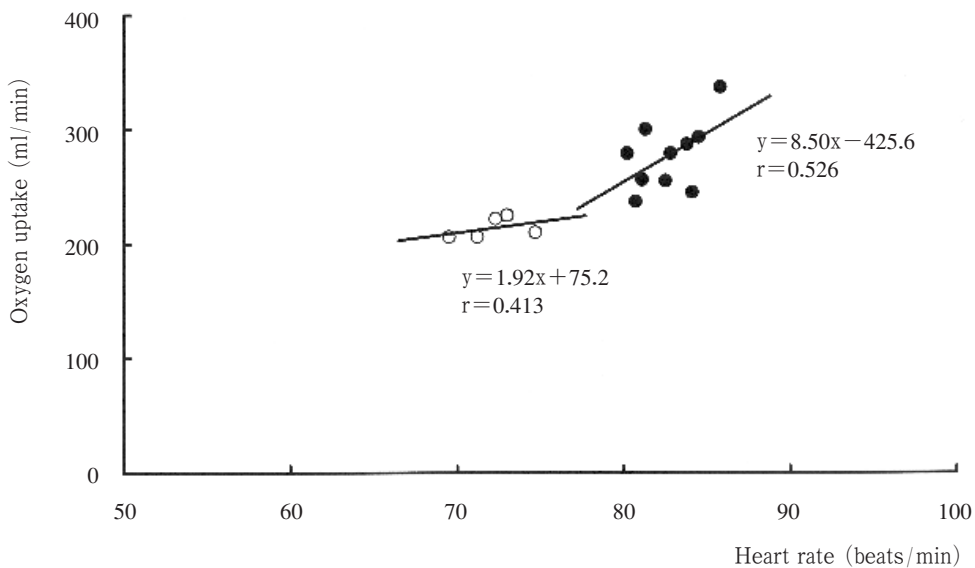


Fig.7 Relationship between Heart rate and Oxygen uptake in Subj. H. Y.

○ Rest, ● Load, - Regression line

同様、5分間の運動負荷から得られた心拍数と酸素摂取量との間に相関関係は認められなかった(図7)。

各被検者の運動負荷実験より得られたRPE

と運動時間、心拍数および酸素摂取量の関係を図8～図22に示した。

被検者Y.N.の運動負荷時におけるRPEは、運動時間の経過にもなって高い値を示し、運

動時間との間に高い相関関係($r=0.986$)が認められた。心拍数との関係においても高い相関関係($r=0.995$)が認められ、酸素摂取量との関係についても同様に、高い相関関係($r=0.992$)が認められた(図8～図10)。

被検者N. F.の運動負荷時におけるRPEは、運動時間の経過にもなって高い値を示し、運動時間との間に高い相関関係($r=0.945$)が認められた。心拍数との関係においても高い相関関係($r=0.991$)が認められ、酸素摂取量との関係についても同様に、高い相関関係($r=0.925$)が認められた(図11～図13)。

被検者S. O.の運動負荷時におけるRPEは、運動時間の経過にもなって高い値を示し、運動時間との間に高い相関関係($r=0.968$)が認められた。被検者S. O.については、心拍数および酸素摂取量との間に相関関係は認められなかった(図14～図16)。運動終了後の被検者S. O.は、ひどく疲れた様相を示した。

被検者S. K.の運動負荷時におけるRPEは、運動時間の経過にもなって高い値を示し、運動時間との間に高い相関関係($r=0.945$)が認められた。被検者S. K.についても、心拍数および酸素摂取量との間に相関関係は認められなかった(図17～図19)。運動終了後、被検者S. K.は、腹部筋肉の局所的な疲労によりしばらく動けない状態を示した。

被検者H. Y.の運動負荷時におけるRPEは、運動時間の経過にもなって高い値を示し、運動時間との間に高い相関関係($r=0.972$)が認められた。被検者H. Y.についても、心拍数および酸素摂取量との間に相関関係は認められなかった(図20～図22)。運動終了後の被検者H. Y.は、上腕部疲労による腕の痙攣が認められた。

運動負荷実験から得られた心拍数と酸素摂取量の間に高い相関関係が認められた被検者3名について、1日の推定消費エネルギー量を算出した。被検者3名の1日の推定消費エネルギー量は、被検者Y. N.で1814 Kcal、被検者N. F.で1509 Kcal、被検者S. K.では、2370 Kcalであった。

考 察

運動負荷実験より得られた心拍数と酸素摂取量の関係では、3名の被検者については高い相関関係が認められたが、他の2名の被検者については、相関関係が認められなかった。

身体障害者を対象とした運動負荷実験では、心拍数と酸素摂取量の間に相関関係が認められないという報告がある⁸⁾。その報告によると身体障害者を対象として運動負荷実験を行う場合、障害者の疾患に関する様々な生理学的指標を考慮に入れて行わなければならないと指摘している。また、一般的に障害者は、健常者に比べて呼吸器系の換気応答や血液循環のメカニズムが異なることを指摘している。従って、障害者を対象とした運動負荷実験では、心拍数と酸素摂取量の関係が成立しないこともあり得る生体反応の一つであると考えられる。

主観的運動強度(RPE)と運動時間との関係では、すべての被検者について高い相関関係が認められた。すなわち、運動時間が長くなれば、主観的運動強度も高くなるという一般的な法則性^{7,9)}を支持する結果となった。

心拍数との関係では、5名中2名に高い相関関係が認められたが、他の3名の被検者については、いずれも相関関係は認められなかった。また、酸素摂取量との関係についても、心拍数との関係と同様であった。

一般的に、心拍数と主観的運動強度との間には高い相関関係が認められ、酸素摂取量との関係においてもその関係は認められている^{7,9)}。

相関関係の認められなかった3名については、運動時間が3分から5分と極めて短いということも原因として考えられるが、生理的指標と心理的指標との間には、異なった要素が存在することも考えられる。つまり障害者の身体への負担度は、心理的指標がよりの確に示し得るものと考えられる。

1日の推定消費エネルギー量は、被検者Y. N.で1814 Kcal、被検者N. F.で1509 Kcal、被検者S. K.では、2370 Kcalであった。被検者N. F.の1509 Kcalは、同年齢の男子に比べて

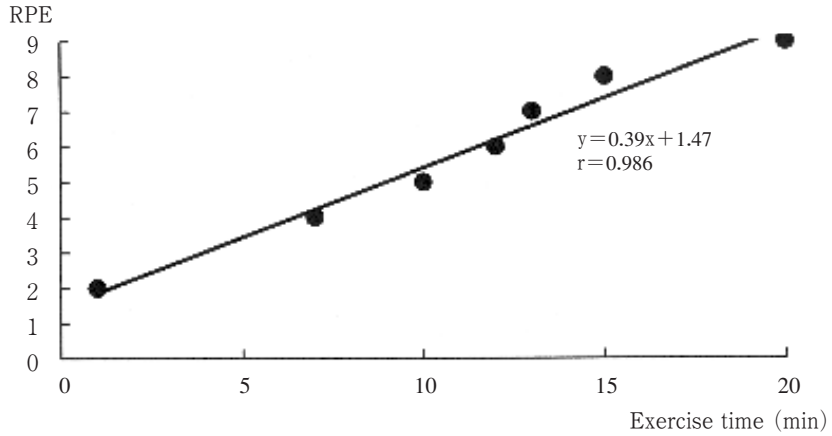


Fig.8 Relationship between work time and RPE in Subj. Y. N.

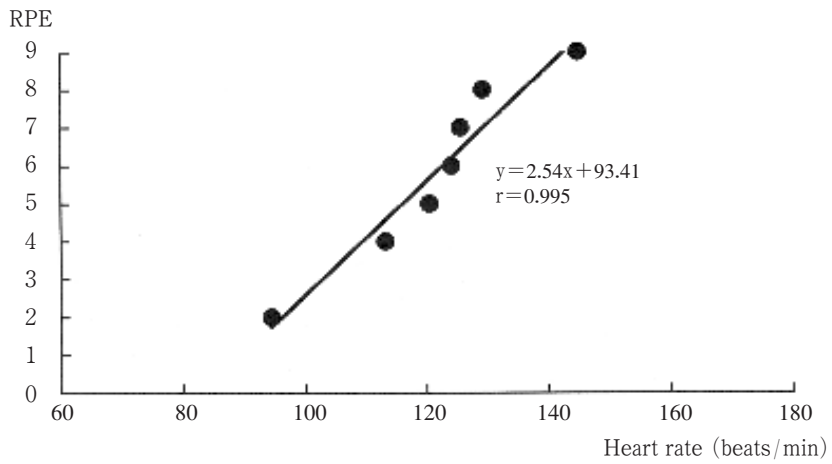


Fig.9 Relationship between Heart rate and RPE in Subj. Y. N.

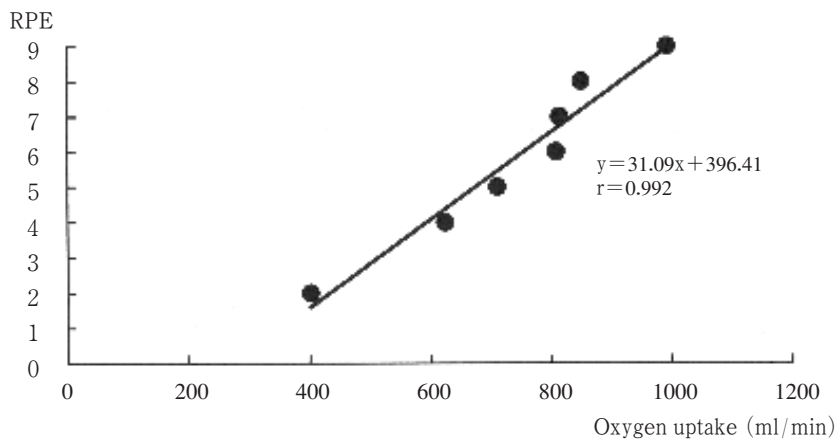


Fig.10 Relationship between Oxygen uptake and RPE in Subj. Y. N.

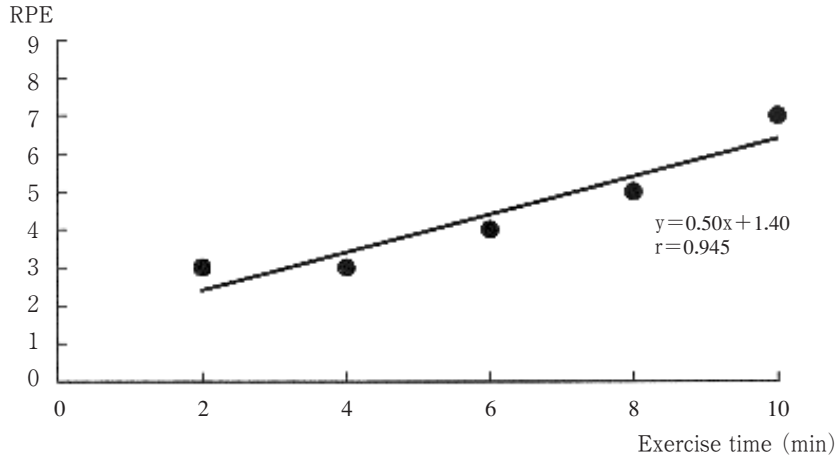


Fig.11 Relationship between work time and RPE in Subj. N. F.

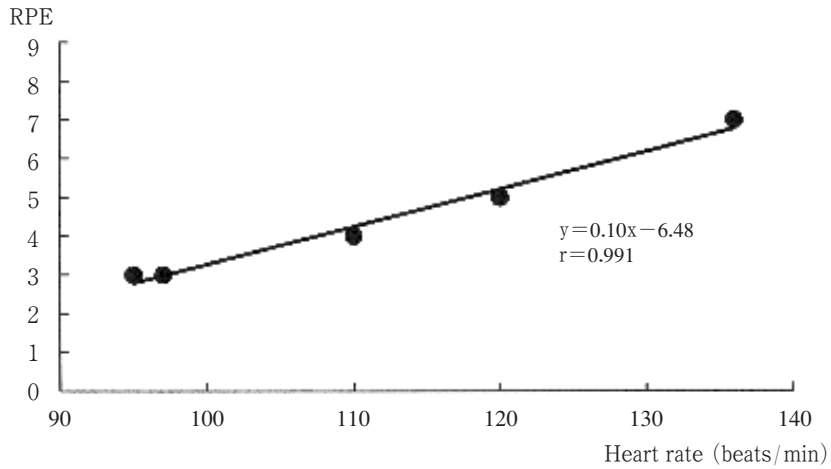


Fig.12 Relationship between Heart rate and RPE in Subj. N. F.

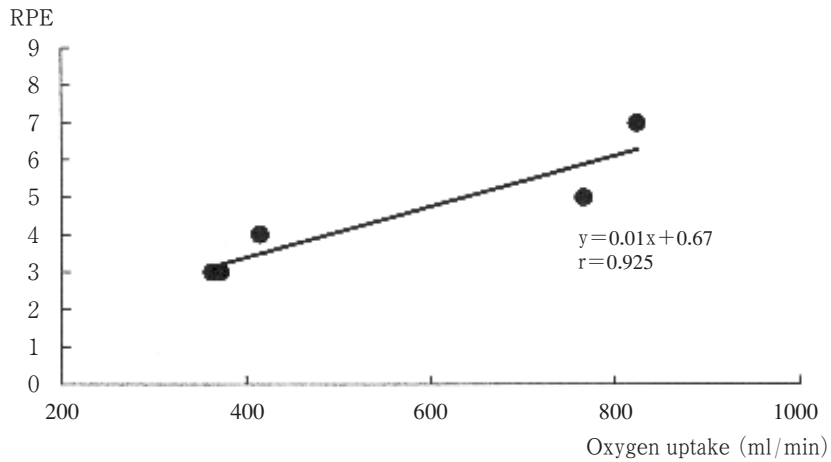


Fig.13 Relationship between Oxygen uptake and RPE in Subj. N. F.

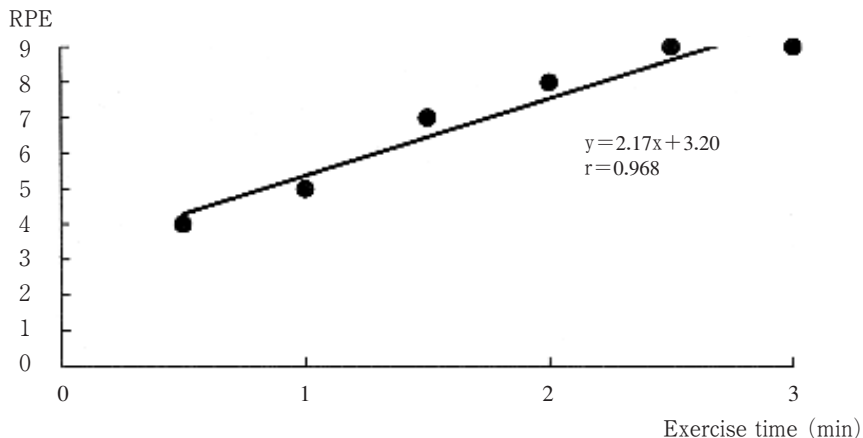


Fig. 14 Relationship between work time and RPE in Subj. S. O.

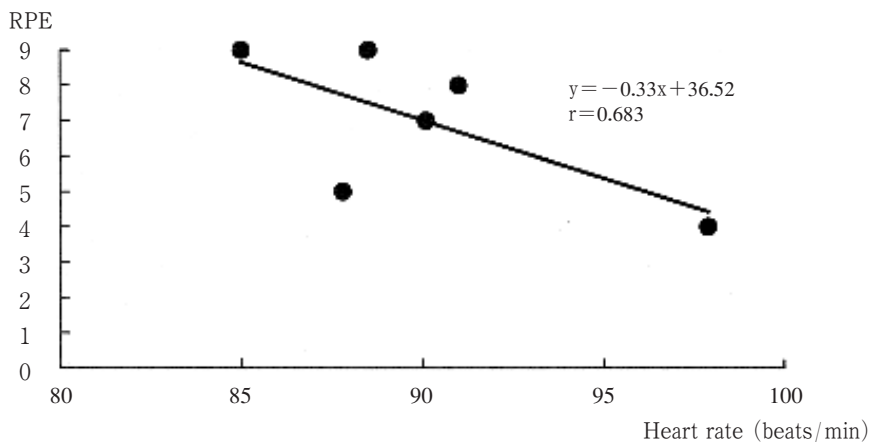


Fig. 15 Relationship between Heart rate and RPE in Subj. S. O.

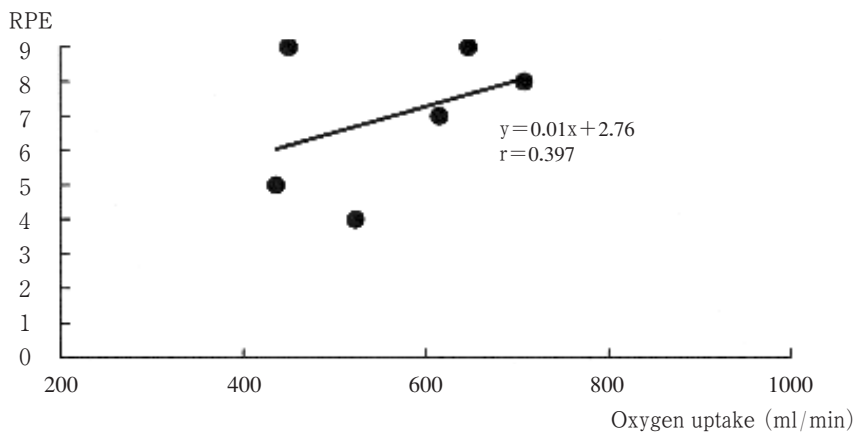


Fig. 16 Relationship between Oxygen uptake and RPE in Subj. S. O.

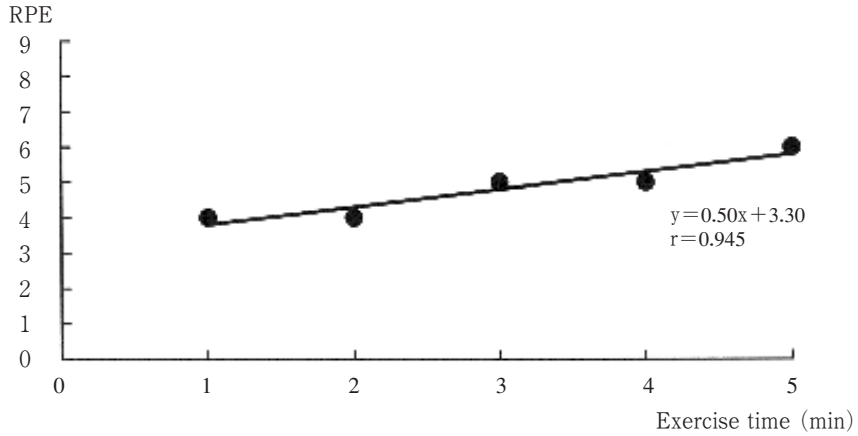


Fig. 17 Relationship between work time and RPE in Subj. S. K.

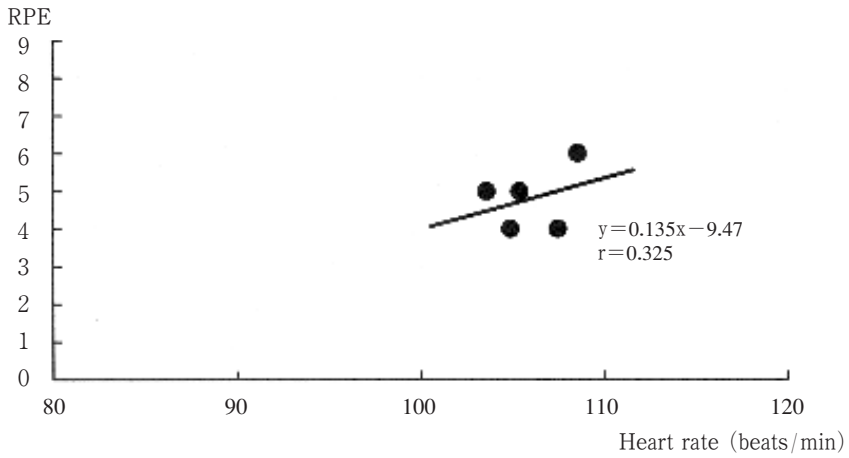


Fig. 18 Relationship between Heart rate and RPE in Subj. S. K.

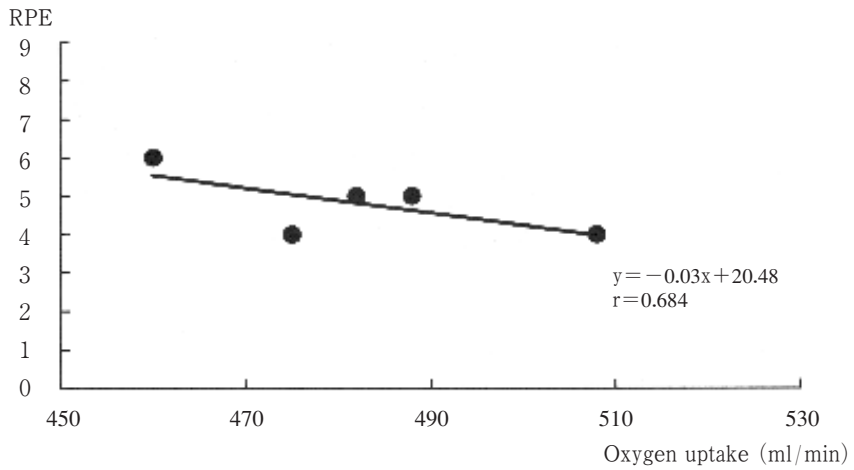


Fig. 19 Relationship between Oxygen uptake and RPE in Subj. S. K.

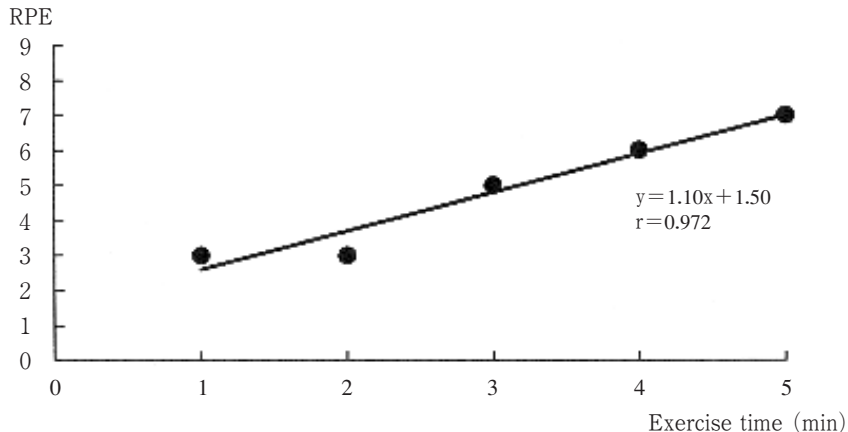


Fig. 20 Relationship between work time and RPE in Subj. H. Y.

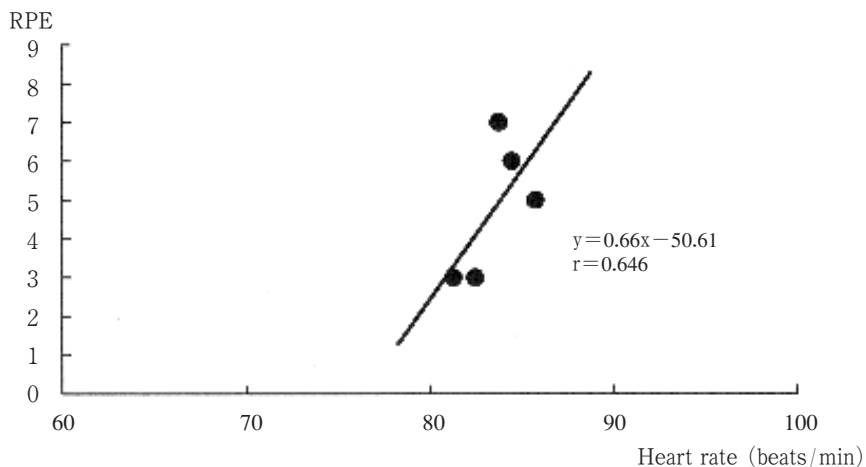


Fig. 21 Relationship between Heart rate and RPE in Subj. H. Y.

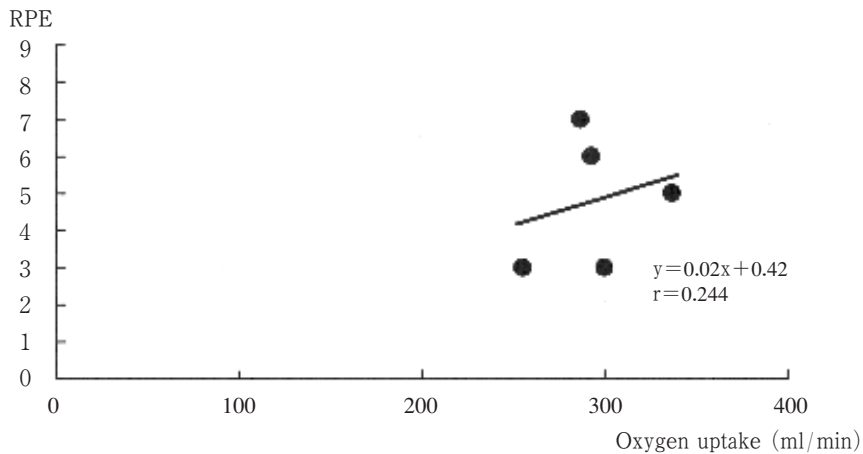


Fig. 22 Relationship between Oxygen uptake and RPE in Subj. H. Y.

資料1

R P E (主観的運動強度)	
10	非常にきつい
9	
8	
7	かなりきつい
6	
5	きつい
4	
3	ふつう
2	楽である
1	かなり楽である
0.5	非常に楽である
0	何も感じない

極めて低い値であるが、被検者 Y. N. の 1814 Kcal は、一般成人女性の消費エネルギー量¹⁰⁾ とほぼ同値である。また、被検者 S. K. の 2370 Kcal は、一般成人男子の値¹⁰⁾ をやや下回る程度の値である。障害者は、一般に動きが少なく、それ故消費エネルギーが低いと認識されている。しかし、障害者は、障害のレベルや程度及び特性などによる個体差が大きいため、これらの消費エネルギー量の値は、必ずしも低い水準であるとは断定できないと思われる。

自分で車椅子の操作可能な身体障害者の運動処方は、健常者で用いられている頻度、負荷及び時間的要素を改良することによって、ある程度適応できると思われる。また、自分で車椅子操作が不可能な障害者の運動処方は、実施する時間的要素と負荷方法を考慮することである程度の処方効果が期待されると考えられる。

以上のことから、身体障害者に対する積極的な運動は、生活習慣病予防や健康の維持増進に効果的な一つ的手段として有益であると考えられる。

引用・参考文献

- 1) 桃山学院大学総合研究所紀要 第29巻第2号
- 2) 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」日本バイオメカニクス学会編集、『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 15, No. 2, pp. 101-105, 1996.
- 3) 武藤芳照・矢部京之助「障害者のスポーツ医・科学」日本バイオメカニクス学会編集、『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 15, No. 2, pp. 63-65, 1996.
- 4) 田島文博・緒方甫・大川裕行「障害者の運動生理学の意義」日本バイオメカニクス学会編集、『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 15, No. 2, pp. 107-109, 1996.
- 5) 伊藤寛志『図解 臨床生理検査の実技』157頁, 1972.
- 6) 南谷和利他「特集・有疾患者のための運動」日本体育学会編集、『体育の科学』Vol. 40, No. 3, pp. 170-207, 1990.
- 7) McLean, K., et al., *Exercise prescription for sitting and supine exercise in subjects with quadriplegia*, Med. Sci. Sports Exerc., 27 pp. 15-21, 1995.
- 8) Borg, G., *Physical performance and perceived exertion*, Lund, Gleerups. 1996.

- 9) 山地啓司『運動処方のための心拍数の科学』大修館書店, 306頁, 1980.
- 10) 沼尻幸吉『働く人のエネルギー消費』労働科学研究所, 337頁, 1972.
- 11) 土屋弘吉他『日常生活活動(動作)－評価と訓練の実際－』336頁, 1978.
- 12) Karlman Wasserman 他, 谷口興一他訳『運動負荷テストとその評価法』351頁, 1989.
- 13) 南谷和利他「特集・リハビリテーション－運動療法を中心に－」日本体育学会編集, 『体育の科学』Vol. 39, No. 2, pp.90-130, 1989年.
- 14) 佐藤豊「車椅子のスポーツ」日本バイオメカニクス学会編集, 『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 3, No. 5, pp. 380-392, 1984.
- 15) 国立箱根病院, 車椅子研究会「車椅子のアラカルト」日本バイオメカニクス学会編集, 『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 3, No. 5, pp. 370-379, 1984.
- 16) 村上慶郎・町田富美子他「身障害者のロコモーション」日本バイオメカニクス学会編集, 『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 3, No. 5, pp. 337-368, 1984.
- 17) 高橋寛・指宿立「障害者スポーツの発展とその効果」日本バイオメカニクス学会編集, 『Japanese Journal of SPORTS SCIENCES』Vol. 15, No. 2, pp. 111-117, 1996.
- 18) 井上修二「肥満と肥満症－肥満症の考え方とその成因－」文光堂, 『臨床スポーツ医学』Vol. 11, No. 3, pp. 257-263, 1994.
- 19) 二瓶隆一「運動機能障害者のフィットネスとスポーツ」文光堂, 『臨床スポーツ医学』Vol. 12, No. 11, pp. 1221-1225, 1995.
- 20) 田島文博・緒方甫「車椅子マラソンの効果－脊髄損傷のフィットネス効果を中心として－」『臨床スポーツ医学』文光堂, Vol. 12, No. 11, pp. 1227-1231, 1995.
- 21) 松岡優, 「総説：障害者スポーツの現状と実態」『臨床スポーツ医学』文光堂, Vol. 16, No. 4, pp. 381-384, 1999.
- 22) 多田羅勝義「筋ジストロフィーとスポーツ」『臨床スポーツ医学』文光堂, Vol. 16, No. 4, pp. 385-390, 1999.
- 23) 佐藤忠弘「薬物投与下の運動処方 有酸素運動を中心に」『日経スポーツメディスン 95』日経B P社, pp. 31-36, 1994.
- 24) 内山郁子「今日から始める外来での運動療法 4施設のケースに学ぶ実践のコツ」『日経スポーツメディスン 97』日経B P社, pp. 12-21, 1996.
- 25) 岡田邦夫「わかりやすい運動処方・手順と注意点 可能な運動の見極めがポイント」『日経スポーツメディスン 97』日経B P社, pp. 23-31, 1996.
- 26) 上田敏『リハビリテーション 新しい生き方を創る医学』講談社, 238頁, 1996.
- 27) 砂原茂一『リハビリテーション』岩波新書, 223頁, 1980.
- 28) 上田敏『リハビリテーションを考える－障害者の全人間的復権－』青木書店, 316頁, 1983.
- 29) 藤本武他『日本の生活時間』労働科学研究所, 330頁, 1965.
- 30) 厚生省保健医療局 地域保険・健康増進栄養課生活習慣病対策室監修『国民栄養の現状 平成9年国民栄養調査結果』145頁, 1999.
- 31) 健康・栄養情報研究会編集『日本人の栄養所要量 食事摂取基準』273頁, 1999.
- 32) 加賀谷熙彦『運動処方－その生理学的基礎－』杏林書院, 265頁, 1953.
- 33) 石川雄一 内正子「適性体重を考える」『からだの科学』日本評論社, pp. 69-73, 1999.

Studies on Exercise Prescription for Physically Handicapped Persons (The Second Report)

Shuichiro HASEGAWA*

Sungha KO*

Shunji IMANISHI*

Yoshimasa MATSUURA**

Shinji TSUBOUCHI**

Norinaga SHIMIZU**

The aim of this research was to burden exercise stimulations on the physically handicapped persons with abilities of handling wheel chairs and those with disabilities of handling them as hard as possible, and to discuss about the materialization and setting limit of the exercise prescription adapted for individuals depending on the disease levels of physically handicapped persons mainly with respect to the behavioral physiology.

In order to obtain the physiological indices which are the bases of the exercise prescription, we measured the heart rate (HR) and the oxygen uptake volume (VO_2) on rest and at load time. The regression formulae between the HR and the VO_2 at the rest and at load time were calculated, and the presumptive energy consumption per day of each subject was estimated from the regression formula. In addition, at load time, the rating perceived exertion (RPE) was recorded and its correlation with other indices were calculated.

For the correlation of the HR and the VO_2 , three subjects had high correlations while other two subjects did not.

For the correlation of the load time and the RPE, all subjects had high correlations.

For the correlation of the HR and the RPE, two subjects had high correlations while other three subjects did not.

For the correlation of the VO_2 and the RPE, all subjects did not show any correlation.

The two subjects who gave high correlations for HR and VO_2 , showed lower tendency of presumptive energy consumption compared with the general persons of the same ages.

Our results indicate that by considering the frequency, load intensity, and load time of exercise stimulations for individuals with abilities of handling wheel chairs and those with disabilities of handling them, our exercise prescriptions are expected to give them reasonable effects.

*St. Andrew's University

**Osaka Prefecture University