

脳性麻痺学生の呼吸循環機能に及ぼす水泳 運動の影響 一事例報告一

平木場 浩二, 阿江 通良, 江口 篤寿

Effects of swimming exercise on the respiratory and circulatory functions of a cerebral palsied student.

Kohji Hirakoba, Michiyoshi Ae, and Atsuhisa Eguchi

Abstract

It has been reported that swimming exercise may provide a potential availability for the improvement in physical function of physical handicapped persons. It was therefore attempted in this study to determine the effects of swimming exercise on the respiratory and circulatory functions of a cerebral palsied student. Subject M. O. with spastic cerebral palsy, aged 22 years, participated in a swimming class once a week about five months. Parameters related to respiratory and circulatory functions were measured twice a year, i. e., June and November, 1982. Although there was no change in the circulatory function at rest from June to November, heart rate(HR), stroke volume(SV), and cardiac output(\dot{Q}) at rest of subject M. O. showed similar values to those of normal adults. On the other hand, it was found that vital capacity(VC) and forced vital capacity(FVC) increased approximately 12 and 11% from June to November, respectively. In addition, %vital capacity(expressed a percentage of predicted values based on body size, age, and sex)was improved up to normal values, i. e., from 73.9 to 82.1%. These findings may suggest that an increase in ventilatory work due to swimming exercise will improve the pulmonary function of a cerebral palsied student.

はじめに

中枢性運動障害の起因となる脳性麻痺(cerebral palsy, CP)は肢体不自由起因疾患の大半を占めており⁹⁾¹⁰⁾, 現在の進歩した医療技術をもってしてもその完治は不可能であ

る。

CPのリハビリテーションには, 身体的運動発達を促進する方法として, 早期から開始する理学療法(physical therapy)とさらに理学療法を基礎にした作業療法(occupational

therapy)といった機能訓練がある²⁾。CPによる運動障害の程度は上肢あるいは下肢のみの障害(単麻痺)から両側の上下肢の障害(四肢麻痺)の広範囲にわたっているため、機能訓練においては運動障害の軽症化および運動機能の回復が重要な課題となっている。

CP者は日常ほとんど身体運動を実施しておらず、特に起立および歩行が不可能な場合には運動不足の傾向が顕著となる。運動不足による呼吸・循環機能の低下はよく知られており¹³⁾、CP者の呼吸・循環機能の改善が健康および体力の保持・増進の上で重要となると思われる。

最近、水泳運動による肢体不自由者の運動機能回復の有効性が報告されており^{11) 16)}、起立および歩行が不可能な運動障害を有する者でも水中では浮力により自力での身体移動、さらにある強度の運動負荷を与えることが可能となることが考えられる。したがって、本研究においてもCP学生への運動負荷法として水泳運動を採用した。

本研究では、CP学生の身体機能に及ぼす水泳運動の影響について、呼吸・循環機能の側面から検討した。

研究方法

被検者は筑波大学に在籍する学生1名であり、身体特性は表1に示した。被検者M. O. (O君と略す)は、AACCP(アメリカ脳性マヒ学会)の分類に準じて痙直型脳性麻痺と診断され、部位別の運動障害の程度は四肢麻痺である。したがって、自力による起立および歩行が不可能なため日常は車椅子による活動が大部分を占めており、身体への運動刺激は期待できないと考えられる。

水泳運動は、筑波大学屋内温水プール(水温26~28℃)で行ない、昭和57年4月より週1回(約50~70分間)の頻度で開始し、現在も継続している。

なお、O君は、今回のトリム授業の一貫と

Table 1. Anthropometric data of subject M.O.

	I	II
Age, yr	22	22
Ht, cm	152.3	153.2
Wt, kg	48.6	49.5
BSA, m ²	1.442	1.460
Skinfold thickness		
Triceps, mm	11.0	16.0
Subscapular, mm	12.0	10.0
Abdomen, mm	12.5	17.0
%fat [*]	19.18	21.16

I: first measurement (June, 1982)

II: second measurement (November, 1982)

* Body density was estimated according to the formula of Nagamine and Suzuki; and %fat from Brožek et al.'s formula.

しての水泳運動に参加する前に、昭和55年度にも水泳運動を経験しており¹⁴⁾、水に対する恐怖心はなく、支障なく水泳運動への導入ができた。

呼吸・循環系の測定項目は、肺活量(VC)、%肺活量(%VC)、努力性肺活量(FVC)、1秒量(FEV_{1.0})、1秒率(FEV_{1.0}%)、心拍数(HR)、一回拍出量(SV)および心拍出量(Q̇)である。測定は、昭和57年6月と11月の2回、安静時にて実施した。なお、日常の身体活動レベルを把握するためにHRを1日中連続して測定した。また、水泳運動時の運動強度を推定するために水泳運動時のHRも測定した。

皮脂厚は、上腕(triceps)、肩甲下(subscapular)、および腹部(abdomen)の3箇所を測定した。身体密度はNagamine and Suzuki¹²⁾の式を用い、%fatはBrozekら¹¹⁾の式を用いて算出した。

肺気量はスパイロメーター(CHEST社製)により測定し、%VCはBaldwin⁵⁾の式からVCの標準値を算出して求めた。

HRはVine社製Heart Rate Memory Systemにより測定した。SVはIFM社製Minnesota Impedance Cardiograph (Model

400)により測定し、kubicekら⁸⁾の方法に準じて求めた。 \dot{Q} はSVにHRを乗じて算出した。

結果

形態的測面には6月と11月の測定値に大きな変化は認められなかった(表1)が、多少体重の増加傾向が認められた(1.85%増)。この体重約2%の増加は%fatの19.18%から21.16%の増加(約2%増)に相応するものであった。しかしながら、O君の身体的発達程度は、同年令の一般成人男子の標準値と比較すると、全体的に低値を示した。

日常活動時のHRは、松葉杖を用いての歩行時に160拍/分まで上昇しているのを除くと、ほとんどのHRが100拍/分以下で変動しており、mean HRは82拍/分の低いレベルにあることが認められた(図1)。

水泳運動時のHRは、日常活動時と比較して、mean HRが112拍/分の高いレベルにあり、peak HRは141拍/分であった。

安静時における肺機能および循環機能に関する6月と11月の測定結果を表2に示した。

Table 2. Pulmonary and cardiac functions at rest in subject M.O.

pulmonary function	I	II
VC,l	2.83	3.17
ZVC*	73.9	82.1
FVC,l	2.86	3.17
FEV _{1.0} ,l	2.54	2.72
FEV _{1.0} %	88.8	85.8
cardiac function		
HR,beats/min	77	75
SV,ml	75.9	74.1
Q,l/min	5.9	5.6

I: first measurement (June,1982)

II: second measurement (November,1982)

SV: impedance method

* Predicted vital capacity was estimated from Baldwin's formula and ZVC was calculated from measured and predicted vital capacity.

VCは6月の2.83 lから11月の3.17 l

まで約12%の増加を示した。またVCの増加に比例して、標準値に対する実測値の割合である%VCも6月の73.9%から11月の82.1%の正常レベルまで改善されたことが認められた。同様に、FVCも2.8 lから3.17 lまで約11%ほど増加し、FEV_{1.0}は2.54 lから2.72 lまで約7%の増加が認められた。FEV_{1.0}%においては6月と11月の測定値には変化が認められなかったが、いずれも80%を上回っており、正常レベルにあることが認められた。

安静時のHR、SVおよび \dot{Q} の測定値は6月と11月においてほぼ同様の値を示した。

考 察

一般に、CP者の形態面においては全体的に発育不良が認められ、これは幼児期からの食習慣による偏食の問題および咀嚼不良(咀嚼能力の低下)による食物摂取量の低下に起因しているといわれている¹⁰⁾。このことは、身体の発育発達の遅滞ばかりでなく体力の低下の一因となるため、CP者にとって栄養処方は運動機能の訓練と同様に重要な意味を持つことが指摘されている⁴⁾。

O君の形態の発達程度においては、同年令の一般成人男子の標準値¹⁵⁾と比較して身長で約15 cm、体重で約10 kgほど低値を示し、発育の遅滞が認められた。しかしながら、体重は6月から11月にかけて約2%ほどの増加傾向を示し、この体重の増加率は%fatの増加(約2%)に相応したものであった。また、%fatの値は一般成人男子の値(平均13%)⁹⁾を上回っていた。この結果は、日常の身体活動量の不足を反映していると思われる。

大学生の日常の身体活動量に関する報告において、特にスポーツに興味がなくクラブに所属していない者では、睡眠を除く日常活動時のHRは100拍/分を越えることがほとんどなく、運動不足の傾向にあることが示唆

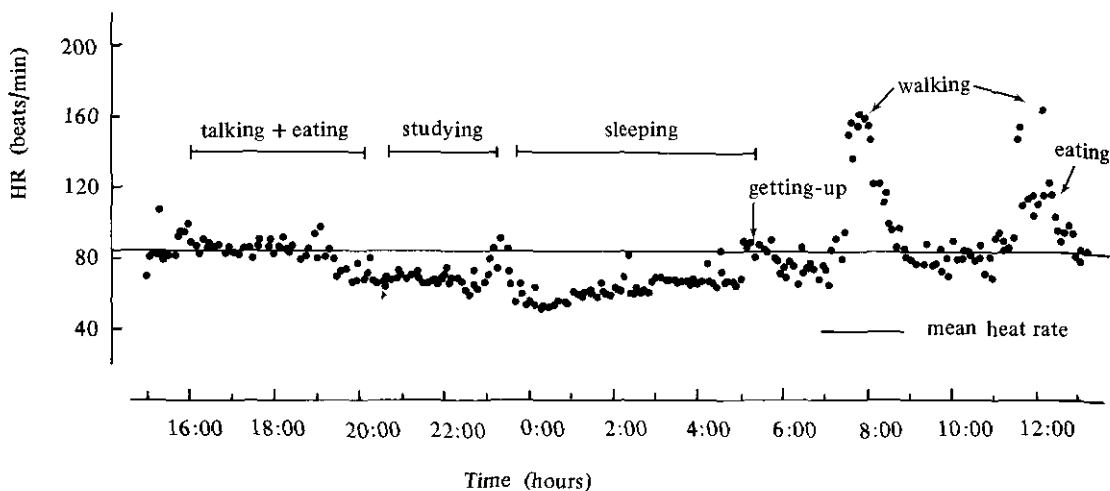


Fig. 1. Heart rate response to habitual activity. The solid line represents mean heart rate.

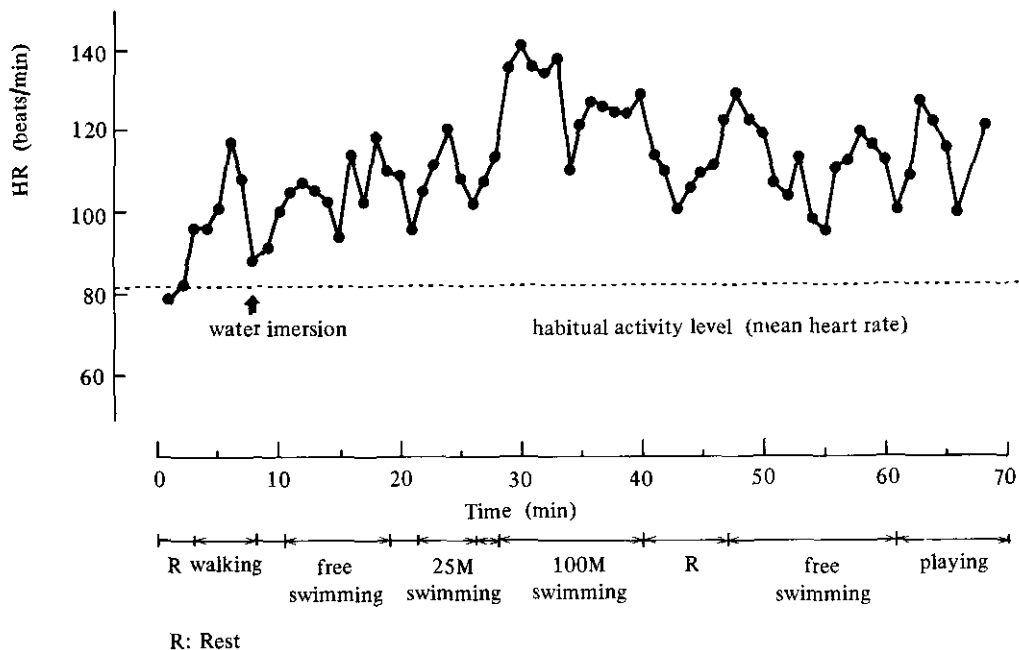


Fig. 2. Changes in heart rate during swimming exercise. The broken line represents mean heart rate during habitual activity.

されている¹⁷⁾。同様に、O君の場合も自力による起立および歩行が不可能なため、日常活動は車椅子(電動式)で行っており、HRは、松葉杖による歩行を除いて、80拍/分前後で変動している。したがって、日常活動からの呼吸・循環機能を改善するための身体への運動刺激は期待できず、運動機能の回復ばかりでなく健康、体力の維持・増進のためにも適切な運動処方が必要であると思われる。

『障害者および運動遅滞者の運動機構とトレーナビリティに関する公開研究発表会』において肢体不自由児の呼吸機能が水泳のperformanceの向上とともに改善されたことが報告されており¹¹⁾、水泳運動の有効性が指摘されている。本研究でもO君への運動処方の1つの試みとして水泳運動を採用した。

O君の水泳運動時のHRは、日常活動のレベル以上で変動しており、110拍/分以上のHRが57%を占め、peak HRは141拍/分であり、少なくとも日常活動以上の運動強度が負荷されたものと推察される。しかし、O君の水泳運動時に認められたHRレベルおよび週1回という頻度を考慮すると、O君の呼吸・循環機能にとって有効な運動刺激が負荷されたか疑問である。矢部ら¹⁶⁾によれば、痙直型CP児の水泳運動時のpeak HRは、運動プログラムにより多少異なるが、140~150拍/分にあり、このHRレベルはCP児にとって作業強度の強い運動に相当するとされている。O君の場合も矢部らの報告と同様のHRレベルを示していること、さらに一般人における全身持久性のトレーニング効果が期待できるHRレベルの下限は140~150拍/分¹⁷⁾ということから推察すると、O君の水泳運動時の運動強度は呼吸・循環機能の改善に対してある程度有効な運動刺激としてなりえることが示唆される。

呼吸機能の1つの評価法である肺容量の測定値は、年齢および形態に左右されるので、絶対値よりも相対値、すなわち%VCおよび

FEV_{1.0%}が重要な指標となる。%VCおよびFEV_{1.0%}の正常限界値はそれぞれ80%、70%である⁵⁾。O君の%VCは、6月の測定値が73.9%と正常値以下であったが、11月では82.1%と正常レベルまで回復した。同様に、他の測定項目においても11月の測定値には増加が認められた。この結果は、呼吸機能が改善される傾向にあること、さらに水泳運動による呼吸運動の増大が呼吸機能にとって有効な刺激となったことを示唆している。

O君は自力による起立、歩行が不可能なために、循環機能を評価する運動負荷テストを実施できず、今回は安静時の測定にとどめた。安静時のHR、SVおよび \dot{Q} の値は一般成人で認められる値⁷⁾とほぼ同値を示し、正常範囲内にあった。

O君が水泳運動を始めてからまだ期間は短かく、また頻度も週1回と少ないために、身体機能の大巾な改善は認められなかったが、呼吸機能が改善される傾向にあること、およびO君が手助けを借りずに自力で水上に浮きそして泳げるようになったことは、水泳運動がO君にとっては適切な運動であったこと、さらに有効な運動刺激となったことを示唆している。CPの機能訓練は『刺激は頻回に、長くそして強く』の原則⁸⁾に従って、O君に適した運動プログラムの作成および運動強度の設定とともに水泳運動を長期間継続していくことが身体機能回復にとってより一層効果的な運動刺激となると考えられる。

引用文献

- 1) Brozek, J., F. Grande, J. T. Andersen, and A. Keys, Densitometric analysis of body composition: Review of some quantitative assumption. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110: 113-140. 1963.
- 2) 五味重春, 脳性麻痺児のリハビリテーション, 小児科診療, 40: 869-874, 1977.
- 3) 五味重春, 運動障害, 内山喜久雄・上出弘之・

- 高野清純編, 脳・身体障害の治療と教育, 岩崎学術出版社, P 123-159, 1981.
- 4) 平井基江・染谷愛子 脳性麻痺と栄養, 小児科診療, 40 : 855-862, 1977.
 - 5) 伊藤寛志・片桐銅夫, 臨床検査の術技, 医学書院, P 16-40, 1972.
 - 6) 磯田教二, 脳障害児の新しい考え方と治療法, 小児科, 17 : 349-356, 1976.
 - 7) 猪飼道夫, 人体生理学, 大修館書店, P 209, 1972.
 - 8) Kubicek, W. G., R. P. Patterson and D. A. Witsoe, Impedance cardiography as a non-invasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system. Ann. N. Y. Acad. Sci., 79 : 488-497, 1970.
 - 9) 北川薫, 身体組成, 体育科教育研究会編, 体育学実験・演習概説, 大修館書店, P 42-47, 1979.
 - 10) 小村欣司, 障害児の保健概論, 慶応通信, P 139-175, 1981.
 - 11) 神田英治, 障害者および運動遅滞者の運動機
構とトレーナビリティーに関する公開研究
発表会報告, 体育の科学, 32 : 458-462, 1982.
 - 12) Nagamine, S., and S. Suzuki, Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol., 36 : 8-15, 1964.
 - 13) Saltin, B., B. Blomqvist, J. H. Mitchell, R.L. Johnson, K. Wildenthal, and C. B. Chapman, Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training, circulation, 38(Suppl 17) : 19-69, 1968.
 - 14) 佐藤靖・江口篤寿・大木昭一郎・功力靖雄・熊谷秋三, 脳性麻痺学生の水泳, 大学体育研究, 4 : 87-99, 1982.
 - 15) 東京都立大学身体適性学研究室編, 日本人の体力標準値第3版, 不味堂出版, 1980.
 - 16) 矢部京之助・林曼菟・林春生・廖幼芽・載知權, 心拍数変動からみた障害児水泳の運動強度について, 体育の科学, 30 : 683-687, 1981.
 - 17) 山地啓司, 心拍数の科学, 大修館書店, P 129-161, 1981.