

体を動かしても、必ず負荷として加わる。立位から上下、左右、前後に移動したときの心拍数と酸素摂取量変化をみると、上下、左右、前後の順に増加した⁶⁾。移動方向への体の断面積の大きさの順序にしたがって変化すると考えれば、水の粘性抵抗による影響であることが理解できる。加えて、上下は、浮力の影響が働いたために、エネルギー代謝量はこの3方向の中では最も少ない。水中トレッドミル以外でも、水の粘性抵抗を活用することで、あらゆる方向の動作に負荷をかけることができるので、運動処方手段として大きな可能性を秘めていると考える。

水中座位における膝伸展屈曲運動時のリズムと筋電図との関係についてみると、水中では陸上で行う伸展・屈曲とは筋活動が異なり、膝関節屈曲相で大腿二頭筋（ハムストリング）の筋活動の増加が顕著であり、しかもリズムに依存して積分筋電図が増加した²⁾。このことは、大腿二頭筋を選択的にトレーニングできることを示唆し、運動処方に活用できるものと考えられる。

6. ディープウォーターエクササイズ

浮いている状態で行う運動を、ディープウォーターエクササイズという。プールの床に立脚しないタイプの水中運動である。ウォーターサイクリングという動作（ペダルなしのペダリング動作）の回転数を変化させて、心拍数と酸素摂取量を測定した時、図6のような変化を認めた⁸⁾。ここでも回転数に依存して、エネルギー代謝量が増減することが分かる。つまり、動作の回転数を運動負荷強度設定の指標にすることができることを示している。

7. 水圧と呼吸循環機能

心拍数と血圧は、最も水圧の影響を受けやすい。水中立位（立位で運動はしていない状態、平均年齢22歳、n=7、水位：胸部、65±3拍/分）と陸上立位（71±4拍/分）における心拍数を比較す

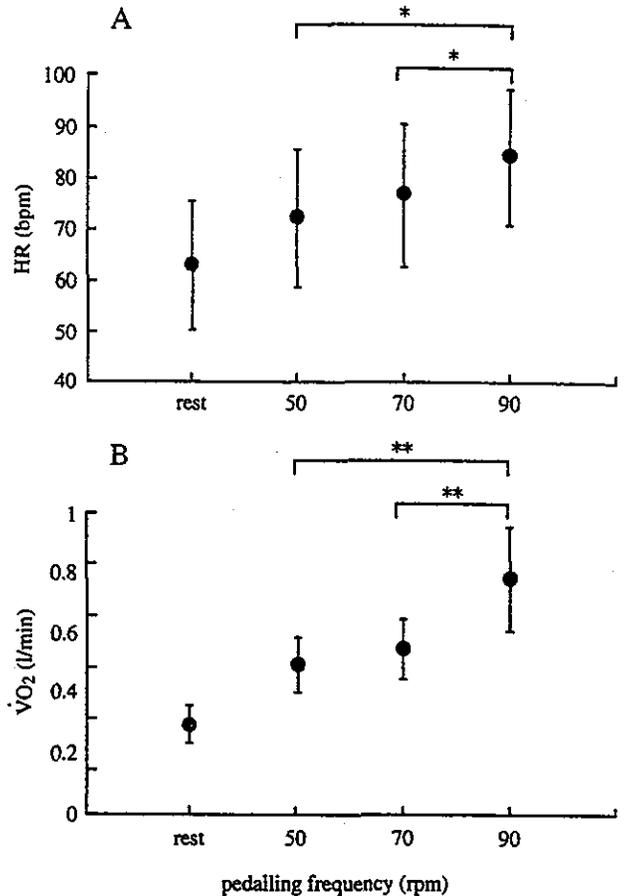


図6 ウォーターサイクリングの動作頻度と心拍数、酸素摂取量の関係

*P<0.05, **P<0.01

A：心拍数，B：酸素摂取量(mean±SD)

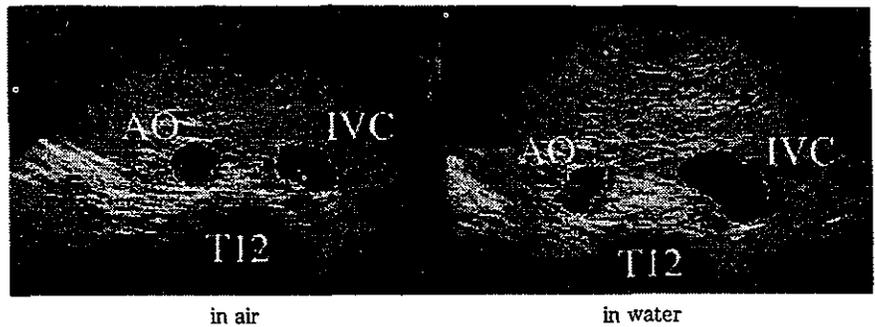


図7 陸上と水中の立位における下大静脈の横断面図

AO：腹大動脈，IVC：下大静脈，T12：第12胸椎

ると、明らかに水中立位の心拍数が少ない⁹⁾。同様に、中高年齢者においても、浸水時には心拍数の有意な減少が認められる⁹⁾。同じ運動強度であれば、陸上よりも水中での運動時の方が心拍数は少ない。有意な変化である。要因として、静脈還流(venous return)の促進が挙げられ、水圧が作用して静脈血を心臓に還りやすくしているものと考え

表2 陸上立位と水中立位で比較した若年者と中高年者の血圧変化

対象	時間(分)	陸上	水中
		収縮期血圧/拡張期血圧(mmHg)	収縮期血圧/拡張期血圧(mmHg)
若年者 (n=9)	0	116±11.4/70±7.4	111±14.0/71±9.4
	5	118±8.2/68±6.3	109±10.2/65±11.1
	10	120±12.6/76±7.8	104±11.4/64±10.5
	15	118±11.8/72±7.2	107±12.0/67±9.0
中高年者 (n=13)	0	123±16.7/83±15.5	134±15.1/76±12.1
	5	121±16.0/82±15.6	133±14.3/78±15.9
	10	128±20.8/83±16.3	144±13.7/78±14.5
	15	125±22.2/85±15.8	135±12.5/76±15.4

(mean±SD)

上立位に比較して水中立位では低くなる。しかしながら、中高年者では水中立位において陸上立位よりも高くなる傾向を示した。若年者とは逆の傾向であった。血圧も同じ運動強度であれば、陸上よりも水中運動時の方が低いことが多い。図8に、同じ運動強度で比較し

えられている。図7は、第12胸椎レベルにおける超音波Bモード横断像である¹⁰⁾。地上での立位よりも、水中での立位における下大静脈の横断面積が明らかに大きい。このことは、浸水による下肢への加圧が、中心循環への血液還流を増加させていることを示唆している。

表2に、陸上立位と水中立位で比較した若年者と中高年者の血圧変化を示した⁹⁾。若年者は、陸

た若年者の血圧の変化を示した^{11,12)}。運動時は収縮期血圧が有意に低い傾向にある。一方、運動後には有意に拡張期血圧が低い。概ね、血圧が正常範囲にある場合、水中でも低めになることが多い。ところが、高齢者や高血圧症を有する対象者の場合、必ずしも低くならないと考えられる。その背景として、加齢や動脈硬化(動脈伸展性の低下)と、それに関連した圧反射感受性の変化が推測されている。

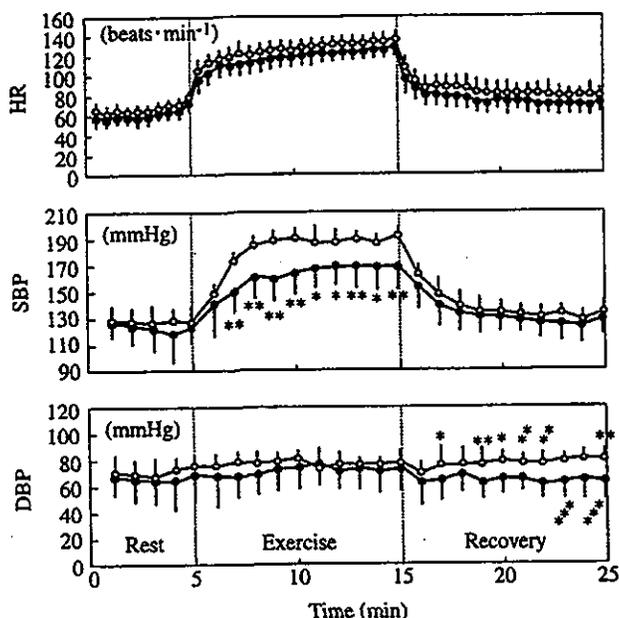


図8 同一運動強化における水中と陸上の心拍数と血圧の比較

○：陸上運動，自転車エルゴメータ
●：水中運動，水中エルゴメータ
HR：心拍数，SBP：収縮期血圧，DBP：拡張期血圧
同一運動強化は，酸素摂取量で設定した。
n=7，(mean±SD)

8. 中高年者の水中運動の実際

本学では、平成8年度から地域住民のための公開セミナーとして、水中運動を年8回開催し、現在も継続している。集団のプロフィールは、年齢：54.3±14.2歳，身長：153.5±5.5 cm，体重：59.1±5.5 kg，体脂肪率：32.5±7.5%であった。アクアエクササイズプログラム(主運動)は約40分。水中に台を置き、水位が胸部になるように調整した温水プールにおいて実施。水温，室温ともに30℃。水中用の胸部双極誘導にて測定した心拍数を1分ごとに読み上げ，アクアエクササイズと同時に8mmビデオテープに記録した。このビデオテープを整理し，動作と心拍数の関連性を検討した¹³⁾。

心拍数は，陸上安静時80±14 bpm，浸水後73±9 bpmであった。浸水後の心拍数は，陸上と比較し有意(P<0.05)に低かった。アクアエクササイズ時の最高心拍数は120 bpm，最低心拍数は60 bpmであった。心拍数が100 bpmを超えた動

作は、サイドステップ・スイング・アップ (119 bpm), バニー・ホップ (105 bpm), ジョガー・ナウト (105 bpm), サイドステップ・ケーブルホイール (105 bpm), ワン・レッグ・ホップ (108 bpm), ボールゲーム等のゲーム [水中バレーボール (119 bpm), 水中ポートボール (103 bpm), ボール運び運動 (121 bpm)] であった。逆に 100 bpm を下回った動作は、ストレッチ (87 bpm), ハーフ・ムーン (92 bpm), サイドステップ (96 bpm) 等であった。

動作の種類と運動強度を整理すると、前後左右への動作を伴う動作、回旋系、ジャンプ系、水中ジョギング、それらを組み合わせた動作の順に高くなった。また、ボールゲーム等のゲーム (水中バレーボール, 水中ポートボール, ボール運び運動等) でも高い値を示した。それに対し、移動を伴わない上下運動、ストレッチ系では比較的低かった。水中運動では、浮力の影響で上下運動時に最も負荷が小さく、前後・左右への移動、回旋系において水の抵抗が大きくなる。そのために心拍数が増加したと考えられた。これは、水の抵抗を受ける体表面積に依存すると考えればよく理解できる。

9. 曲の拍子とエネルギー代謝量

アクアビクスなどでは、音楽に合わせてプログラムを展開していくことがほとんどである。基本

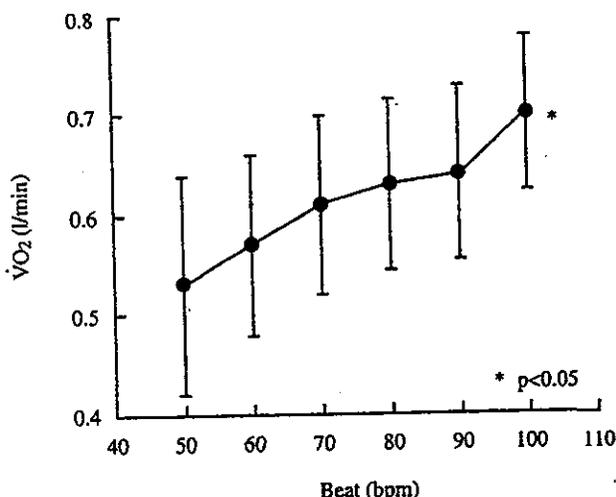


図9 曲の拍子の違いが酸素摂取量に及ぼす影響 (mean±SD)

的な動きは、上下、左右、前後の3つの動きから構成されている。曲の拍子ごとに、上下と左右の動作を同時に行ったときの酸素摂取量変化を図9に示した⁹⁾。曲の拍子が増加するにしたがって、酸素摂取量は増加する。有意な変化であることから、曲の拍子を指標にして運動強度を設定することが可能であると考えられる。テンポの範囲は、LARGO (40-60), LARGHETTO (60-66), ADAGIO (66-76), ANDANTE (76-108), MODERATED (108-120) に相当する。動きのスピードを変化させる手段は、水の抵抗を活用したものであり、現場では曲の拍子に合わせてアクアビクス等を行っていることから、身近な指標として、これまで以上に活用していただきたい。

10. 障害児者のための水中運動

本学において、小学生を対象とした自閉症児のための実践教室を、平成12年1月から開催 (土曜日) している¹⁰⁾。自閉症児のためのリハビリテーションプログラムを作成し、保護者と自閉症児と一緒にプログラムに参加している。保護者に行動記録観察を提示し、保護者の評価と摺り合わせを行いながら、プログラムを進めている。行動記録観察から、プログラムに慣れるにしたがって行動に破綻が少なくなり、同時にプログラムの流れを理解するにしたがって、バランス保持能力の向上が明らかになった。さらに、定期的実施する保護者へのアンケート調査結果から、子どもたちは実践教室をとっても楽しみにしており、実践教室後の日常生活が安定することも明らかになった。土曜日を基準にした曜日感覚を持つようになったことも、保護者から報告された。個々のプログラムの提供と実践の継続が、大きな成果を生むことを示唆するものと考えられた。

平成15年2月から、本学の温水プールにおいて月1回の割合で、身体障害者および知的障害者を対象にした障害者水泳教室を開催している。岡山県障害福祉課が主催し、岡山県水泳連盟と本学が協力し、水泳指導を実施している。岡山県障害福祉課がホームページで日程を公にし、参加者に情報を提供している。現在も開催している。

11. おわりに

水中運動時には、水の物理的特性が生体に利点をもたらす。このことを上手に活用することによって、ごくごく低強度の運動負荷を設定することができる。まさに高齢者や体力が低下した者などに、ふさわしい運動環境をつくり出している。陸上では、重力から解放されることは難しい。水中では、重力の影響をコントロールする科学的な手段を、水の物性に求めることができる。このことが、水中運動の可能性を開拓していく新たな手立てになると強く感じる。

謝 辞

一連の研究は、川崎医療福祉大学健康体育学科宮地元彦先生、宮川健先生、矢野博己先生、同大学院天岡寛さん、白優覧さん、杉哉子さん、小坂多恵子さん、野瀬由佳さん、西村一樹さん、中西洋平さん、小野くみ子さん、川岡臣昭さん、小野寺ゼミ10期生と11期生、吉備国際大学松井健先生、国学院大学原英喜先生、旭川荘末光茂先生のご協力によるものである。心から感謝の意を表す。また、障害者に関する研究は、厚生労働科学研究費補助金（障害保健福祉総合研究事業）「障害者のエンパワメント向上のためのスポーツ活動への参加及び自立基盤づくりの評価に関する支援研究

(H14-障害-015)」によった。

<引用文献>

- 1) 小野寺昇ほか：バイオメカニクス研究, 2: 234, 1998.
- 2) 小野寺昇ら：臨床スポーツ医学, 20: 289-295, 2003.
- 3) 池上晴夫ら：体育学研究, 28: 33-42, 1983.
- 4) Onodera S. et al: Med Sports Sci Basel Karger, 39: 126-130, 1994.
- 5) 小野寺昇ほか：デサントスポーツ科学, 14: 100-104, 1993.
- 6) 星島葉子ら：水泳水中運動科学, 3: 1-6, 2000.
- 7) 小野寺昇ら：宇宙航空環境医学, 29: 67-72, 1992.
- 8) 小野寺昇ら：川崎医療福祉学会誌, 10: 409-411, 2000.
- 9) 小野寺昇：デサントスポーツ科学, 17: 53-61, 1996.
- 10) Onodera S. et al.: J Gravi Physiol, 8: 59-60, 2001.
- 11) Matsui T. et al.: Eds. by Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP, 345-350, 1999.
- 12) 松井健ら：体力科学, 51(3): 265-274, 2002.
- 13) 小野寺昇ら：体力科学, 48: 234, 2002.
- 14) 小野寺昇ら：平成13年度障害児等に対する水中運動を活用したリハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究, 厚生科学研究費補助金（障害保健福祉総合研究事業）総括研究報告書, 2002.

特集●水中運動の効果と臨床への応用

水中運動の臨床応用：
フィットネス，健康の維持・増進

小野寺 昇*，宮地 元彦*

臨床 **スポーツ医学** 第20巻 第3号 別刷

(平成15年3月)

水中運動の臨床応用： フィットネス，健康の維持・増進

小野寺 昇*，宮地 元彦*

はじめに

近年，水中歩行やアクアビクスなどの水中運動が健康づくりの現場で盛んに用いられるようになり，健康増進の手段としての認知度が広がりつつある。第三セクターの健康増進施設が新設されるようになり，温水プールを備えた民間スポーツクラブの増加も重なって，温水プールが全国的な規模で急速に普及したことが身近になった最も大きな要因である。同様に，水中運動をテーマにした科学番組や雑誌などによって科学的な根拠が理解され，動機と結びついて広がりを見せている点も大きな要因である。このような背景を踏まえて，ここでは健康の維持・増進を目的とした水中運動^{1~3)}について，水の物理的特性と生体応答についての新しい知見をまじえて話題を紹介する。

水の物理的特性

水中運動が受け入れられているのは，数多くの利点が存在するからである。水中運動の利点は，水のもつ物理的な性質によるところが大きく，浮力，水圧，水温，水の粘性抵抗などは，すべて水の物理的な特性である^{4~14)}。それぞれがどのような利点に結びつくのかを表-1に示した。

水圧が心拍数と血圧に及ぼす影響

心拍数と血圧は，最も水圧の影響を受けやすい。水中立位(立位で運動はしていない状態，平均年齢22歳，n=7，水位：胸部，65±3拍/分)と陸上立位(71±4拍/分)における心拍数を比較すると明らかに水中立位の心拍数が少ない¹⁵⁾。同様に，中高年者においても浸水時には心拍数の有意な減少が認められる¹⁵⁾。同じ運動強度であれば陸上よりも水中での運動時の方が心拍数は少ない。有意な変化である。要因として静脈還流(venous return)の促進があげられ，水圧が作用して静脈血を心臓に還りやすくしているものと考えられている。図-1は，第12胸椎レベルにおける超音波Bモード横断像である¹⁶⁾。陸上での立位よりも水中での立位における下大静脈の横断面積が明らかに大きい。このことは，浸水による下肢への加圧が，中心循環への血液還流を増加させていることを示唆している。

表-1 水中運動の利点と水の物理的特性

水の物理的特性	水中運動の利点
浮力	→ 体重減少
水圧	→ ビーナスリターン(静脈還流)の促進
水温	→ 体温調節
粘性	→ 負荷強度の設定

* 川崎医療福祉大学 健康体育学科

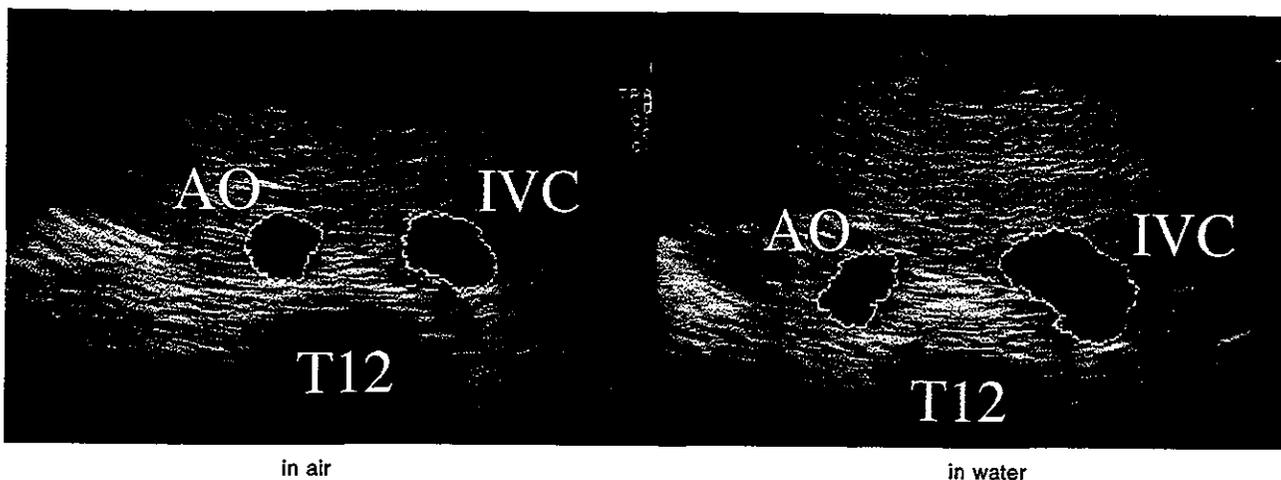


図-1 陸上と水中の立位における下大静脈の横断面
AO：腹大動脈 IVC：下大静脈 T12：第12胸椎。

表-2 陸上立位と水中立位で比較した若年者と中高年者の血圧変化

対象	時間(分)	陸上	水中
		収縮期血圧/拡張期血圧 (mmHg)	収縮期血圧/拡張期血圧 (mmHg)
若年者 (n = 9)	0	116±11.4/70±7.4	111±14.0/71±9.4
	5	118± 8.2/68±6.3	109±10.2/65±11.1
	10	120±12.6/76±7.8	104±11.4/64±10.5
	15	118±11.8/72±7.2	107±12.0/67±9.0
中高年者 (n =13)	0	123±16.7/83±15.5	134±15.1/76±12.1
	5	121±16.0/82±15.6	133±14.3/78±15.9
	10	128±20.8/83±16.3	144±13.7/78±14.5
	15	125±22.2/85±15.8	135±12.5/76±15.4

(mean ± SD)

表-2に陸上立位と水中立位で比較した若年者と中高年者の血圧変化を示した。若年者は、陸上立位に比較して水中立位では低くなる。しかしながら、中高年者では水中立位において陸上立位よりも高くなる傾向を示した。若年者とは逆の傾向であった¹⁵⁾。同じ運動強度であれば陸上よりも水中運動時の方が低いことが多い。図-2に同じ運動強度で比較した若年者の血圧の変化を示した^{17,18)}。運動時は収縮期血圧が有意に低い傾向にある。一方、運動後には有意に拡張期血圧が低い。概ね、血圧が正常範囲にある場合、水中でも低めになることが多い。ところが高齢者や高血圧症を有する対象者の場合、必ずしも低くならないと考えられる。その背景として加齢や動脈硬化(動脈伸展性の低下)とそれに関連した圧反射感受

性の変化が推測されている。

もう1つ血圧に影響を及ぼす因子として水温と室温があげられる。冷たいと感じる水温であったり、寒いと感じる室温だったりすると血圧が高めに変化する。このような対象者および環境の場合、血圧を随時チェックしながら実施することを勧める。

浮力と体重減少

水中では、浮力が作用して体重は減少する。肥満化傾向の人たちの運動には有利な環境である。体重の減少率は水位に依存し、アルキメデスの原理に従う。実際に20歳代で体脂肪率が約20%の女性5人の体重減少を2つの部位で測定すると腰部

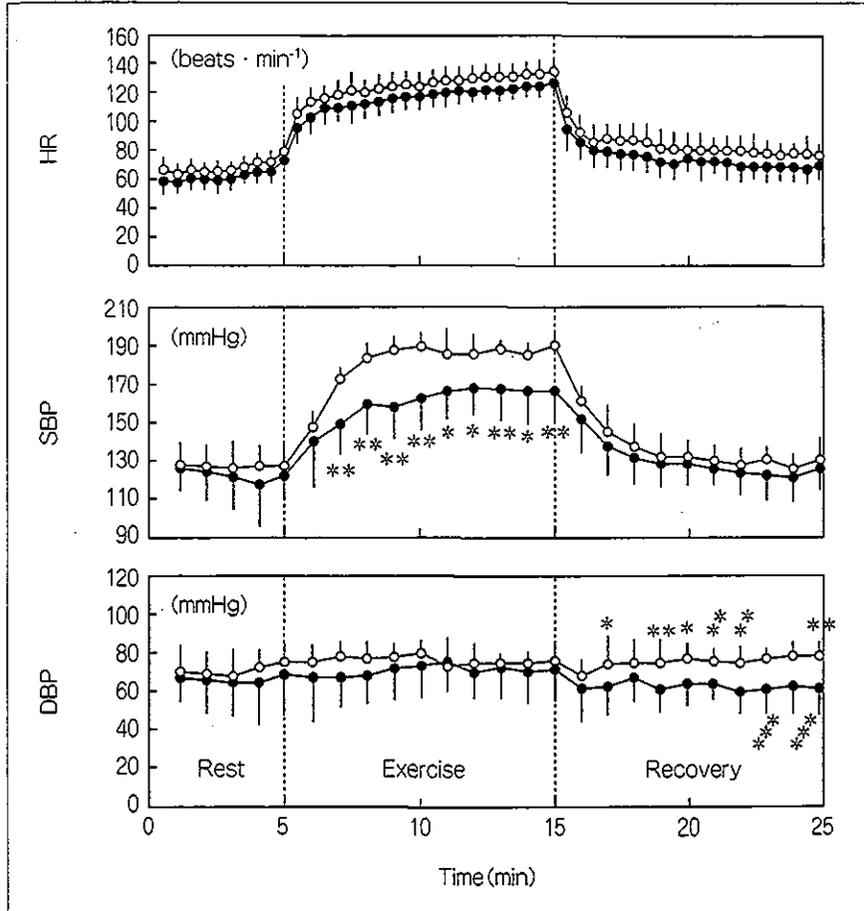


図-2 同一運動強度における水中と陸上の心拍数と血圧の比較
 ○：陸上運動，自転車エルゴメータ ●：水中運動，水中エルゴメータ
 HR：心拍数，SBP：収縮期血圧，DBP：拡張期血圧
 同一運動強度は，酸素摂取量で設定した。
 n=7. (mean ± SD)

水位で体重の28%減，胸部水位で87%減となった。

各水位における体重減少が概ね把握できれば運動処方目的に合った荷重を選択できる。体重減少を予測するために，身体7部位(下肢中央部，膝関節，大腿中央部，大転子，臍(へそ)，剣状突起，鎖骨)の水位で測定した体重変化(n=17，体脂肪率20%±2.3)に基づき図-3を作成した¹⁹⁾。図-3は，身長と部位の相対値から割り出した相対的な体重変化を示している。例えば大転子までの長さが身長の約45%なら水中での体重は陸上で測定した体重の約60%になり，40%体重が減少するものと予測できる。この図から個々の水位における体重減少を予測できるものとする。ただし，体脂肪率が20%より高い場合，グラフは，上方に

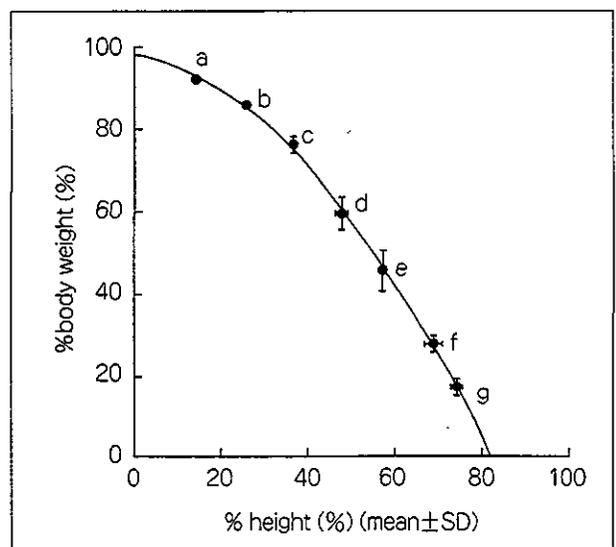


図-3 水位を身長相対値で表した時の水中での体重の相対値
 a：下腿中央，b：膝関節，c：大腿中央，d：腰部(大転子)，e：へそ，f：剣状突起，g：鎖骨。

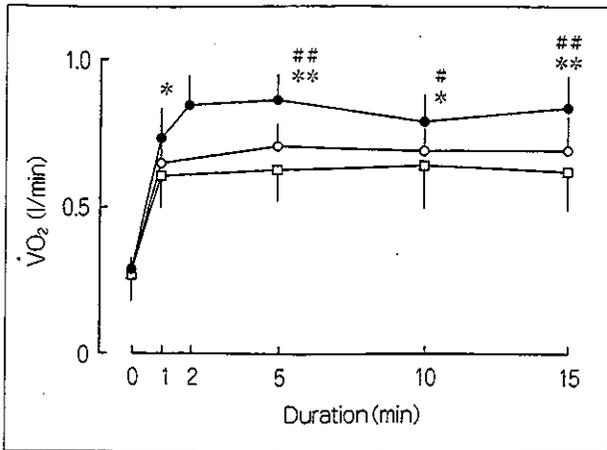


図-4 トレッドミル歩行における酸素摂取量の水中と陸上の比較

●：粘性水(1% CMC水溶液), ○：水道水, □陸上。
 水温と温室30℃, n=6。
 * (p<0.05)と** (p<0.01)は、粘性条件と陸上条件との有意差検定。
 # (p<0.05)と## (p<0.01)は、粘性条件と水道水条件との有意差検定。(mean ± SD)

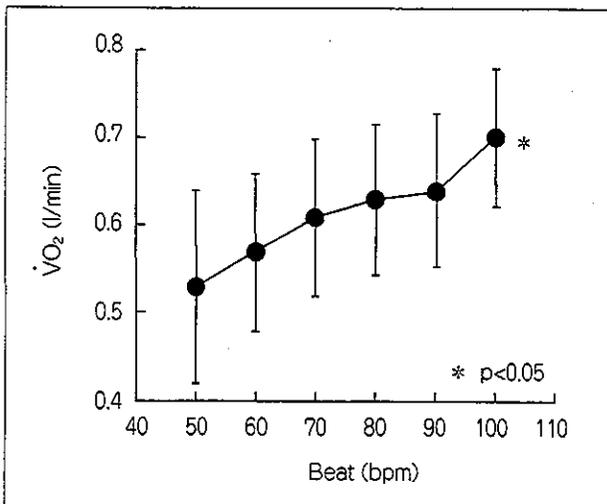


図-5 曲の拍子の違いが酸素摂取量に及ぼす影響 (mean ± SD)

移動し、逆に20%よりも低い場合は下方に移動することを付記する。

水温と心拍数、酸素摂取量および直腸温変化

健康増進施設の温水プール水温は30~32℃の範囲であり、同時に室内の気温も合わせ管理されていれば、ほとんどの場合寒いと感じることはない。温水プールの水温は、体温よりも低いため、

水中での運動強度が軽度であれば体温は熱として水に奪われていく。これは、水が熱を伝えやすく、しかも大きな容量をもっていることに起因する。

水温22℃と30℃において45分間のトレッドミル歩行(水位：大転子)を行ったとき心拍数は、どちらの水温でも上昇したが、22℃の方が増加が著しく、酸素摂取量においても同様の傾向であった。一方、直腸温は30℃では上昇したが、22℃では下降した⁹⁾。これらの変化は、水温変化に対応して体が熱をつくって体温の低下を防ぐように体温調節機能を働かせたためであると考えられる。

水の粘性抵抗と心拍数および酸素摂取量変化

水は、粘性抵抗をもっているため、どの方向に体を動かしても必ず負荷として加わる。立位から上下、左右、前後に移動したときの心拍数と酸素摂取量変化をみると、上下、左右、前後の順に増加した²⁰⁾。移動方向への体の断面積の大きさの順序に従って変化すると考えれば水の粘性抵抗による影響であることが理解できる。加えて、上下は、浮力の影響が働くためにエネルギー代謝量は、この3方向の中では最も少ない。

図-4に意図的に水の粘性抵抗を高めた水中におけるトレッドミル歩行時の心拍数と酸素摂取量変化を示した⁸⁾。水位は大転子、水温は30℃とした。4 km/hで歩いたとき、陸上、水道水、粘性水の順に心拍数と酸素摂取量は増加した。水中トレッドミル以外でも水の粘性抵抗を活用することであらゆる方向の動作に負荷をかけることができるので、運動処方手段として大きな可能性を秘めていると考える。

アクアビクスなどの基本的な動きは、上下、左右、前後の3つの動きから構成されている。曲の拍子ごとに上下と左右の作動を同時に行ったときの酸素摂取量変化を図-5に示した²⁰⁾。曲の拍子が増加するに従って酸素摂取量は増加することがわかる。有意な変化であることから、曲の拍子を指標にして運動強度を設定することが可能であると考える。動きのスピードを変化させる手段は、

水の抵抗を活用したものであり、現場では曲の拍子に合わせてアクアビクスなどを行っていることから身近な指標としてこれまで以上に活用していただきたい。

浮いている状態で行う運動をディープウォーターエクササイズという。プールの床に立脚しないタイプの水中運動である。ウォーターサイクリングという動作(ペダルなしのペダリング動作)の回転数を変化させて心拍数と酸素摂取量を測定した時、図-6のような変化を認めた²¹⁾。ここでも回転数に依存してエネルギー代謝量が増減することがわかる。つまり、動作の回転数を運動負荷強度設定の指標にすることができることを示している。

水中座位における膝伸展屈曲運動時のリズムと筋電図との関係についてみると、水中では陸上で行う伸展・屈曲とは筋活動が異なり、膝関節屈曲相で大腿二頭筋(ハムストリング)の筋活動の増加が顕著であり、しかもリズムに依存して積分筋電図が増加した²²⁾。このことは、大腿二頭筋を選択的にトレーニングできることを示唆し、運動処方に活用できるものと考えられる。

水中におけるリラクゼーション

水中でのリラクゼーションは、通常仰臥位で行われることが多い。図-7に仰臥位フローティング時のHFおよびLF/HFの変化を示した²³⁾。HFおよびLF/HFは、心臓自律神経系活動の指標とされている。図-7の変化は、水中でのリラクゼーション時には心臓自律神経系調節がさらに副交感神経優位となることを示している。水中でのリラクゼーション時において心房性ナトリウム利尿ペプチドが増加し²⁴⁾、このことが血圧の抑制、腎臓での塩(えん)などの排泄促進にも作用するものと考えられ、腎臓の負担が減少することを示すものである。水中では、リラクゼーション効果をさらに高める可能性が高い。

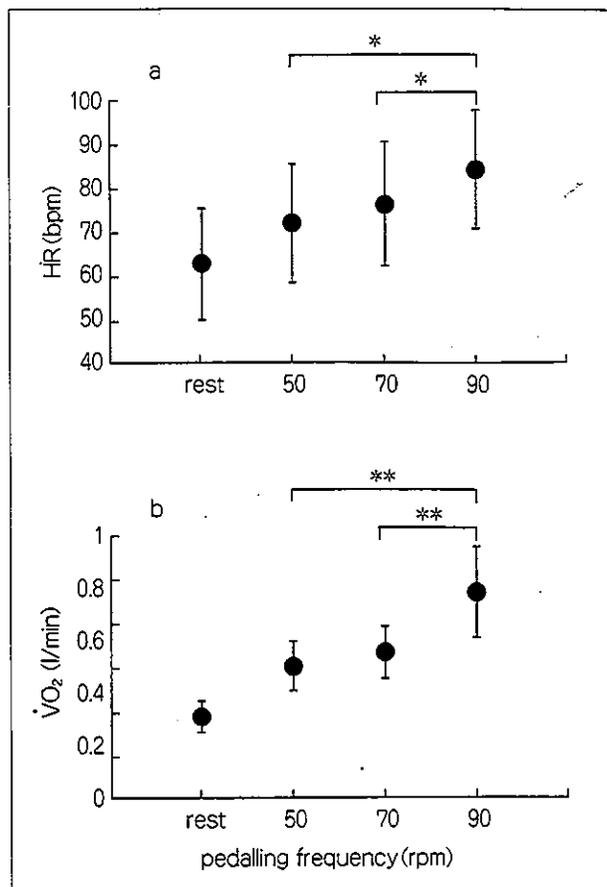


図-6 ウォーターサイクリングの動作頻度と心拍数、酸素摂取量の関係 * p < 0.05, ** p < 0.01
a : 心拍数 b : 酸素摂取量 (mean ± SD)

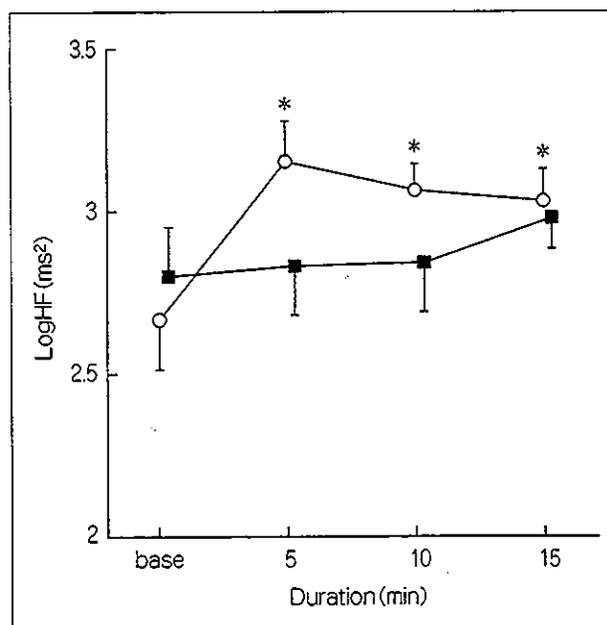


図-7 仰臥位フローティングにおける心臓副交感神経活動の変化
HF成分を心臓副交感神経活動の指標として用いた。室温、水温ともに30℃とした。○：水中、■：陸上
平均値±標準誤差, n=10. (mean ± SD)



図-8

中高年者の健康増進のための水中運動の実践

本学の温水プールにおいて平成8年から年8回、地域住民のための公開セミナーとして水中運動教室(図-8)を開催している。本年度までに(7年間に)延べ人数で1,120名が参加している。ほとんどが女性である。毎年異なる目的のプログラムを紹介している。今年度は主運動としてアクアグロブとダイナバンドを用いたプログラムを紹介した。運動前後での心拍数や血圧測定のほか、運動中のRPE(主観的運動強度)や心拍数モニターを実施し、プログラムの目的と運動強度との関連、あるいはプログラムの対象年齢などの理解を深めている。同時に、年度ごとに8回のプログラムの内容、体重、% Fat、前値・浸水時・運動終了時の心拍数と血圧に関するデータを集計し、冊子にして郵送している。個人に関するものは個人用データとして公開セミナー終了後に郵送し、データのフィードバックを行っている²⁵⁾。受講者は、公開セミナー友の会を組織し、水中運動にかかわらず広く健康にかかわる情報交換を行い、親睦を深めている。

自閉症児のためのエンパワメント向上のための水中運動の実践

平成12年1月から自閉症児のための水中運動教室を年に22~24回開催(各月の第2, 4土曜日)し、これまでに延べ人数で660名の児童生徒が参

加し、同数の保護者と1,188名のスタッフ(本学の大学院生と学部学生)が指導にあたった。現在も継続中である。エンパワメントとは、児童生徒に備わっている本来の能力を自然な形で発揮できるようにサポートすることである。実践教室においては、水の物性を活用したバランス能や姿勢感覚の発達課題改善を念頭においた課題学習(水中平均台など)をサーキットとして実践している。また、音楽に合わせたリズム体操を行い、模倣にかかわる課題学習としている。プログラムの項目ごとに達成度を点数化し、成果の評価としている。継続して参加している児童生徒の評価点が有意に向上することが明らかになっている。詳しい内容については文献26~30を参照していただきたい。

まとめ

水の物理的特性は、運動処方に活用できる多くの利点をもっている。水中運動は水の利点を上手に取り入れることで子どもから高齢者に至る人たち、あるいは障害者の人たちの健康の保持・増進に相応しい運動の手段とすることができる。陸上では重力から解放されることは難しいが、水中では無重力に近い状態にすることも可能であり、水中運動は、近未来のストレス社会における健康の保持・増進に新たな可能性を開拓する手段として多くの成果をもたらすであろう。

謝辞

一連の研究は、川崎医療福祉大学健康体育学科宮川健先生、矢野博己先生、星島葉子先生、西村正広先生、朱容仁先生、国立循環器病センター山元健太先生、川崎医療福祉大学大学院山口英峰さん、高橋康輝さん、天岡寛さん、白優覧さん、杉哉子さん、石本恭子さん、小坂多恵子さん、野瀬由佳さん、小野寺ゼミ7~11期生の皆さん、吉備国際大学松井健先生、国学院大学原英喜先生、旭川荘末光茂先生、中島洋子先生、土岐淑子先生、松本裕子先生の御協力によるものである。心から感謝の意を表する。

また、障害者に関する研究は、厚生労働科学研究費(障害保健福祉総合研究事業)「障害者のエンパワメント向上のためのスポーツ活動への参加および自立基盤づくりの評価に関する支援研究」(H14-障害-015)によった。

文 献

- 1) 小野寺昇：高血圧のための水中運動療法の開発. 試験研究論叢 11：33-39, 1996.
- 2) 小野寺昇：海水を用いた腰痛予防対策の運動処方に係わる基礎的研究. ソルトサイエンス研究報告集：271-283, 1997.
- 3) 小野寺昇ら：水の粘性と水中運動. 水泳水中運動科学 1：36-39, 1998.
- 4) Craig, A. B. et al. : Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Med. Sci. Sports* 1：124-130, 1969.
- 5) Gleim, G. W. et al. : Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking at different depth and temperatures. *Am. J. Sports Med.* 17：248-252, 1989.
- 6) Holmer, I. et al. : Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperature. *J. Appl. Physiol.* 37：702-705, 1974.
- 7) 堀田 昇ら：新しい水中運動装置(flowmill)を用いた運動療法. 体力研究 88：11-17, 1995.
- 8) 小野寺昇ら：水の粘性抵抗が水中トレッドミル歩行中の心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響. 宇宙航空環境医学 29：67-72, 1992.
- 9) 小野寺昇ら：水の粘性抵抗と水温が水中トレッドミル歩行中の酸素摂取量及び直腸温に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌 3：167-174, 1993.
- 10) 小野寺昇ら：水中トレッドミルを用いた水中歩行運動時の粘性抵抗と水位の変化がエネルギー代謝量へ与える影響. デサントスポーツ科学 14：100-104, 1993.
- 11) Onodera, S. et al. : Effect of differences in buoyancy of water on oxygen uptake and heart rate during swimming. *Med. Sports Sci. Basel Karger* 39：126-130, 1994.
- 12) 小野寺昇ら：水の物理的特性と水中運動. バイオメカニクス研究 2：33-38, 1998.
- 13) Onodera, S. et al. : Effect of buoyancy and body density on energy cost during swimming. *Biomechanics and Medicine in swimming VIII*. Eds. by Keskinen, K. L. et al., 355-358, 1999.
- 14) 小野寺昇ら：異なる水の比重が passive drag に及ぼす影響. 水泳水中運動科学 2：11-15, 1999.
- 15) 小野寺昇：血圧から見た高齢者の水中運動プログラムの安全性と妥当性. デサントスポーツ科学 17：53-61, 1996.
- 16) Onodera, S. et al. : Effects of water depth on abdominal aorta and inferior vena cava during standing in water. *J. Gravi. Physiol.* 8：59-60, 2001.
- 17) Matsui, T. et al. : Cardiovascular responses during moderate water exercise and following recovery. *Biomechanics and Medicine in swimming VIII*. Eds. by Keskinen, K. L. et al., 345-350, 1999.
- 18) 松井 健ら：陸上定常負荷運動後の水中浸漬が全身循環の回復過程に及ぼす影響. 体力科学 51(3)：265-274, 2002.
- 19) 小野寺昇ら：浸水水位から予測した体重減少. 日本運動生理学会抄録：65, 2002.
- 20) 星島葉子ら：水中運動における曲の拍子が心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響. 水泳水中運動科学 3：1-6, 2000.
- 21) 小野寺昇ら：ディープウォーターエクササイズにおける心拍数と酸素摂取量変化. 川崎医療福祉学会誌 10：409-411, 2000.
- 22) 小野寺昇ら：水中浸水時の膝関節伸展屈曲運動における酸素摂取量及び筋電図変化. 第50回日本体力医学会中国四国抄録：18-19, 2002.
- 23) 西村正広ら：仰臥位フローティングが心拍数、血圧および心臓自律神経系活動に及ぼすリラクゼーション効果. 宇宙航空環境医学 37(3)：49-56, 2000.
- 24) Viti, A. et al. : Hormonal changes after supine posture, immersion, and swimming. *Int. J. Sports Med.* 10：402-405, 1989.
- 25) 小野寺昇ら：健康増進のための水中運動を活用した行動変容プロセス. 日本体育学会抄録：105, 2001.
- 26) 小野寺昇：水中運動と健康増進. 体育の科学 50：510-516, 2000.
- 27) 小野寺昇ら：自閉症児のための水中運動を活用したりハビリテーション・プログラムの実践と評価. 水泳水中運動科学 4：21-24, 2001.
- 28) 小野寺昇ら：平成11年度障害児等に対する水中運動を活用したりハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究. 厚生科学研究費補助金(障害保健福祉総合研究事業)総括研究報告書, 2000.
- 29) 小野寺昇ら：平成12年度障害児等に対する水中運動を活用したりハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究. 厚生科学研究費補助金(障害保健福祉総合研究事業)総括研究報告書, 2001.
- 30) 小野寺昇ら：平成13年度障害児等に対する水中運動を活用したりハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究. 厚生科学研究費補助金(障害保健福祉総合研究事業)総括研究報告書, 2002.

自閉症児のための水中運動を活用した リハビリテーション・プログラムの実践と評価

小野寺 昇 (Sho Onodera)	川崎医療福祉大学健康体育学科
星島 葉子 (Yoko Hosijima)	川崎医療福祉大学健康体育学科
宮地 元彦 (Motohiko Miyachi)	川崎医療福祉大学健康体育学科
西村 正広 (Masahiro Nishimura)	川崎医療福祉大学健康体育学科
山元 健太 (Kenta Yamamoto)	同大学院 健康科学専攻
朱 容仁 (Yong In Joo)	同大学院 健康科学専攻
山口 英峰 (Hidetaka Yamaguchi)	同大学院 健康科学専攻
高橋 康輝 (Koki Takahashi)	同大学院 健康科学専攻
天岡 寛 (Hirosi Amaoka)	同大学院 健康科学専攻
白 優寛 (Woo Ram Baik)	同大学院 健康科学専攻
石本 恭子 (Yasuko Ishimoto)	同大学院 健康体育学専攻
杉 哉子 (Kanakano Sugi)	同大学院 医療福祉学専攻

〔要旨〕

自閉症児のための水中運動を活用したリハビリテーション・プログラムを開発、実践し障害の改善に寄与することを目的とした。同時に実践に対する評価を行い開発したプログラムの成果について検討を加えた。自閉症児は、姿勢バランスがとりにくいとされる。水の物理的特性である浮力を活用し、平衡感覚能の改善を促すプログラムの開発を主眼に置いた。同時に実践の評価を行い自閉症児に対する水中運動の効果を明らかにした。16名の児童を対象とした。毎月第2、4土曜日に本学温水プールにおいて実践した。平成12年1月から開始し、平成13年6月現在まで参加者の延べ人数は297名であった。1年を4期に分け、それぞれに目標を設定した。実践中の児童を観察し、課題項目に従って評価した。今回は、平成12年4月から平成13年3月までの1年間（延べ人数192人）について評価をまとめた。評価点は第1期に比較して、第2期、第3期、第4期において有意に向上した。評価表の分析から不安、模倣、統制、対人、技能の全てにおいて改善が認められた。特に模倣、対人、技能に関しては、著しい改善を認めた。水中運動は、自閉症児の発達障害改善の有効な手段のひとつと考えられた。

◆キーワード：自閉症、水中運動、バランス

I. 緒言

自閉症圏の障害を持つ子どもたちは、一万人あたり約10名と推定される⁶⁾。障害児・者の水泳療育、水泳指導等に関しては、自閉症、知的障害児・者^{18,19)}、身体障害児・者^{4,7,16,17)}、重度心身障害児・者¹⁵⁾等、多数の実践研究が報告されている。

自閉症児は、姿勢バランスがとりにくいとされる⁹⁾。水中では、浮力の助けを得られることからバランス課題改善に有効な環境であると考えられる。今回実践したリハビリテーション・プログラムには、バランス課題を多数とり入れた。また、音楽に合わせた連続動作をリズム体操としてプログラム化し、模倣の習得をめざした。同時に、浮力水着着用時の水泳技能向上をすでに確認して

いるので対象児童一人一人の比重に合わせた浮力水着を導入し、水泳技能の習得の補助とした^{14,20)}。

これまで実践における統計的な改善の具体的な評価についてはほとんど明らかになっていない。今回、1年間の実践現場での一人一人の行動を詳しく記録することができたので経時的な変化を評価することにより、水中運動実践の自閉症児に対する効果を明らかにした。

II. 方法

自閉症圏の障害をもつ児童16名（年齢7.9歳±1.8、身長127.8cm±10.3、体重28.9kg±12.4）を対象とした。平成12年1月22日から実践研究を開始した。毎月2回、第2、4土曜日の午前10時から正午まで、およそ2時間のリハ

ビリテーションプログラムを展開した。図1にリハビリテーションプログラムの一例を示した。小学校の学期移行に沿って、1年を4期（第1期：4～6月、第2期：8月、第3期：10月～12月、第4期：1月～3月）にわけた。第1期は、環境への適応、第2期は、課題学習の導入、第3期は、課題学習の習得、第4期は、プログラムのまとめをそれぞれの目標とした¹⁴⁾。

川崎医療福祉大学 水泳・水中運動教室	
*出席のシールを貼ってもらう。「おはよう!」の挨拶の確認。	
着 替 え：1人で出来る子供は1人で、男子更衣室スタッフが付く	
10:15	アンパンマンのビデオを時間まで見てもらう。(剣道場)
10:30	プールに誘導
10:40	集 合：ビート板の上に乗る。
開 始 演 習：大きな声で「お願ひします。」	
出席をとる。(リーダーが名前を呼んで手を挙げます。)	
準 備 体 操：① 手を上げて背伸びをする。3回	
② シャがみみ両手で床をトントンと叩く	
③ ジャンプ 2～3回	
④ 足を伸ばして 閉脚 10回	
⑤ 足を伸ばして 開脚 右 左 中 各10回	
⑥ ○・×をつくる。指折りをして数を数える。	
⑦ 手・足ぶらぶら 頭の前・後 交互	
10:50	水かけ：足・ひざ・お顔・肩・頭とかける。
自由遊び：自由に水と遊ばす。(子供たちだけ)	
課題学習：平均台、玉入れなど水中でのレクリエーションを行う	
*目標物を確認させて行う。バランス感覚を身につける。	
11:00	個別活動：先生にタッチをして帰る。
*歩いてお母さんにタッチする。(友達と手をつないで一列に)	
手遊び：アンパンマン×1回 げんこつ山×1回 お弁当箱×1-2回	
トイレ休憩：浮く水着を着る	
11:15	肩かけK：お母さんと一緒にキック(MCMC交互にやる)
ビート板：浮く(一方向) ※両足を伸ばす。	
キック(一方向・交互) ※交互にキックが出来る。	
お母さんの所まで一人でキック	
*ビート板の上で手を伸ばす。	
ブクブク：呼吸の練習・ブクブクパー(もぐりっこも含む)・耳つけ	
背 浮 き：上を向いて背浮きをする。(ビート板を利用して良い)	
*背面キック：背泳ぎのキック。※交互にキックが出来る	
水中運動：音楽に合わせて、踊る。(指導者の模倣をする)	
整理体操：3回伸びをする。	
あいさつ：ありがとうございました。さようなら。	
11:40	終 了：お母さんと一緒に着替え

図1 第2期におけるリハビリテーションプログラムの一例

年間を通して水温は、30～31℃、室温28～30℃であった。主指導は、1名とし、1年を通して担当した。参加児童の延べ人数は、192人であった。同数の保護者が温水プールに入りプログラムに参加した。補助指導員の延べ人数は、276人であった。補助指導員のうち4～6名がプールサイドで図2に示した評価項目に従って3段階の評価を行った。評価の合計を求め、第1期から第4期の平均値を算出した。各平均値を用いてノパラメトリックの分散分析を行い、各期の評価点を比較した。有意水準を5%未満とした。

氏名	月	日
1. [不安・積極性]	水かけ	
	水かけ体、顔にかかると感じる	
	積極的にプログラムに参加する	_____
2. [模倣]	体操	
	注視 指示されたモデルを見る	
	粗大運動 ジャンプ 柔軟性	
	微細運動 交互 指折り	
	正中線交差 ○ × 交互に	
	バランス	_____
3. [対人]	指導者・親・友人・集団	
	自由遊び 一人遊び	
	指導者と 友人・集団で	_____
4. [指示理解]	指示・場面理解	
	指導者の指示で動く	
	親の指示で動く	_____
5. [技能①]	課題学習	
	課題理解・指示への反応	
	平均台	
	フープくぐり	
	ボールをゴールに投げる 1つずつ	_____
6. [技能②]	懸掛けキック	
	指示に合わせる	
	リズムカルに動かす	
	持続性 力強さ	_____
7. [技能③]	ビート板 浮き・キック	
	両手 両足を伸ばしてビート板を持ち 浮く	
	体を水平に保つ	
	交互に リズミカルにキック	
	持続性	_____
	ゴールまで1人で行く	
8. [技能④]	ロングビーチ 浮き・キック	
	両手 両足を伸ばしてビート板を持ち 浮く	
	体を水平に保つ	
	交互に リズミカルにキック	
	持続性	_____
	集団での活動	
9. [技能⑤]	ブクブクパー	
	水面を吹く 水中で空気を出す	
	顔付け 耳付け	
	もぐり	_____
10. [技能⑥]	背浮き・背面キック	
	背浮きの姿勢を補助付きでできる	
	背浮きの姿勢を補助なしでできる	
	背面キックが補助付きでできる	
	背面キックが補助なしでできる	_____
11. [水中ダンス]		
	モデルを見て動きにつなげる	
	楽しんでできている	
	音楽に合わせて体を動かす	
	不完全だが自分のできるパートのみする	_____

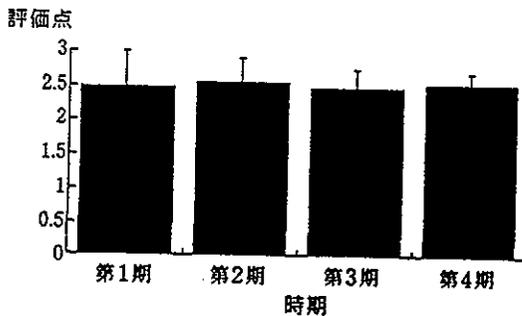
図2 リハビリテーションプログラムの評価表

本研究の参加者については、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿って研究の目的、方法、期待される成果、不利益がないこと、危険性を十分排除した環境とすること、そして救急体制について十分な説明を行い、研究参加の同意を得た。

Ⅲ. 結果と考察

図3に第1期から第4期までの評価点の平均値と標準偏差を示した。第1期の平均値は2.5±0.7点、第2期は

2.6±0.6点、第3期は2.5±0.6点、第4期は2.5±0.6点であった。第1期と第2、3、4期の間に有意な差が認められなかった。



第1期：4～6月、第2期：8月、第3期：10～12月、第4期：1～3月

図3 各期の評価点の変化

第1期においては、環境への適応を目標としてリハビリテーションプログラムの流れを対象児童が理解することとした。流れを理解させるために個々の課題の始めと終わりを対象児童に確認させた¹⁴⁾。これらのことが第2期以降の評価点向上に影響したものと考えられた。

第2期においては、具体的な課題学習を導入した。水中平均台、水中カゴ入れ、音楽に合わせたリズム体操等を課題学習とした。水中平均台は平衡能の改善、水中カゴ入れは空間認知の改善、リズム体操は模倣の習得をねらいとした。一方、背泳ぎ、背面キック等の課題については、補助用具として開発した浮力水着の着用¹¹⁾によって水泳技能の改善をねらいとした。特に、レクリエーション的な要素を取り入れたことにより対象児童が活発に課題に取り組めたと考えられる。同時に浮力水着の導入により浮くことの安心感が水泳技能習得に大きく貢献したと考えられた。また、リズム体操は模倣が得意な対象児童にとって課題習得に効果的であったと考えられた。

第3期は、課題学習の習得にねらいをおいた。第2期終了から第3期開始まで1ヶ月半の空白があったにもかかわらず、第3期の評価点は、第2期と差がなかった。第2期に集中で行った課題導入の効果が継続していたとも考えられた。特に、水中平均台や水中カゴ入れ等のレクリエーション的な要素を加えたことが課題習得をより効果的にしたと考えられた。同時に、音響の補助は、リズム体操の模倣の習得に楽しみを加え、課題学習の動機づけに効果的であったと考えられた⁵⁾。水中でのリズム体操は、陸上では困難な姿勢を維持させ、平衡能の改善

と模倣の習得を促進させたと考えられる。

第4期は、年間プログラムのまとめを目標とした。水への適応を評価するために陸上と水中での心拍数を求め、比較した。陸上の心拍数は98±11拍/分、水中立位の心拍数は82±16拍/分であった。1%水準で有意な減少であった。水中では、一回拍出量が増大するので心拍数が減少する。このことも含めて水中での生体反応については、すでにいくつもの先行研究が報告している事実であるが^{1,2,3,5,8,10,11,12,13,20)}、対象児童においても同様の傾向が確認されたのは初めてである。このことは、第1期から第3期までのリハビリテーションプログラムの継続により、対象児童が環境に適応したことを示唆すると考えられる。

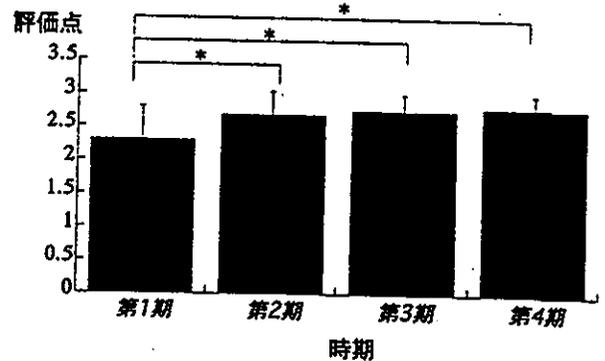


図4 各期の評価点の変化

今後、個々の改善経過を検討することとするが、すべての日程に参加した対象児童が1人存在し、その評価について興味ある結果が得られた(図4)。対象の第1期の評価点は2.3±0.5点、第2期は2.68±0.4点、第3期は2.75±0.3点、そして第4期は2.8±0.2点であった。分散分析は有意な変化であることを示した。このことは、継続して参加することが効果を一層高めることを示唆するものである。

IV. まとめ

1. 自閉症児16名に対して1年間、水の物理的特性を活用したリハビリテーションプログラムを実践し、その効果について評価し、検討を加えた。
2. 1年を4期に分類し、それぞれに目標を設定した。不安、模倣、統制、対人、課題学習、水泳技能について評価した。

3. 評価点は、継続参加者が第1期に比較して、第2期、第3期、第4期において有意に向上した。
4. 第2期に課題学習として、リハビリテーション的要素、浮力水着、リズム体操等を導入し、プログラムの目標を具体化した。
5. 一連の実践によって自閉症児の不安、模倣、対人、運動能等の改善効果を認めた。
6. 水中運動は、自閉症児の発達課題改善に有効であることが示唆された。
7. リハビリテーションプログラムは、継続して実践することで大きな効果が期待できると考えられた。

本研究は、厚生科学研究補助金（障害保健福祉総合研究事業）「障害児等に対する水中運動を活用したリハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究」によって行われた。

【参考文献】

- 1) Coshill DL, Cahill PJ and Eddy D (1967) Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperature, *J Appl Physiol*, 22 : 628-632.
- 2) Craig AB and Jr, vorak MD (1968) Thermal regulation of man exercising during water immersion, *J Appl Physiol*, 25 : 28-35.
- 3) Eunei Yu et al (1994) Cardiorespiratory responses to walking in water, *Med Sport Basel Kager*, 39 : 35-41. 6) 星野仁彦 (1996) 幼児自閉症の臨床, 新典医学出版社:東京.
- 4) 橋詰努、河村洋 (1987) 下肢切断者と水泳, 総合リハビリテーション, 923-929.
- 5) Hoshijima Y. et al. (1999) Effects of music rhythm on heart rate and oxygen uptake during squat exercises in water and on land, *Biomechanics and Medicine in swimming 4*. Eds. by Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP : 337-339.
- 6) 星野仁彦 (1996) 幼児自閉症の臨床, 新典医学出版社:東京.
- 7) 北村昭子 (1974) 四肢麻痺者のスポーツ訓練-水泳(背泳), 総合リハビリテーション, 8 : 42-46.
- 8) Matsui T. et al. (1999) Cardiovascular responses during moderate water exercise and following recovery, *Biomechanics and Medicine in swimming 4*. Eds. by Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP : 345-350.
- 9) 中島洋子ほか (2000) 自閉症児の運動発達と水泳療育, 障害児等に対する水中運動を活用したリハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究報告書, 44-53.
- 10) Nishimura M. et al. (1999) Effect of relaxation in salt water on

- heart rate, blood pressure and oxygen uptake, *Biomechanics and Medicine in swimming 4*. Eds. by Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP : 351-354.
- 11) 丹羽健市 (1992) 浸水安静時における体温調節反応の日周変動, 体力科学, 41 : 255-260.
- 12) 小野寺昇ほか (1992) 水の粘性抵抗が水中トレッドミル歩行中の心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響, *宇宙航空環境医学*, 29 : 67-72.
- 13) 小野寺昇ほか (2000) 水中運動と健康増進, *体育の科学*, 50 : 510-516
- 14) 小野寺昇ほか (2000) 自閉症児の運動発達と水泳療育, 障害児等に対する水中運動を活用したリハビリテーション・プログラムの開発及び評価に関する実践的研究総括報告書, 1-37.
- 15) 酒井洋、玉城珠美 (1995) 障害児水泳教室の取り組み, *沖縄の小児保健*, 22 : 37-42.
- 16) 佐藤利幸 (1993) プール訓練の試み, *療育*, 34 : 53.
- 17) 飛松好子 (1996) 障害者のスポーツ実践の効果と注意-脳性麻痺者の水泳, *Japanese Journal of Sports Science*, 89-92.
- 18) 藤堂博之、末光茂 (1993) 自閉症児の水泳指導, *川崎医療福祉学会誌* : 135-142.
- 19) 藤堂博之、末光茂 (1993) 自閉症児の水泳指導, *川崎医療福祉学会誌* : 73-79.
- 20) Yamamoto K, et al (1999) Effects of a floating swimsuit on oxygen uptake and heart rate during swimming, *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, Gummerus printing : 375-379.

ハンドエルゴメーターを用いた 施設入所型車椅子使用者に対する運動処方プログラムの実践

天岡 寛^{*1} 石本恭子^{*2} 小野寺 昇^{*3} 末光 茂^{*4}

要 約

施設入所型車椅子使用者に対する運動処方の実践効果を検討することを目的とした。対象は、頸椎後縦靭帯骨化症にて施設入所中の車椅子使用者で、2型糖尿病を罹患している41歳の女性1名であった。運動処方プログラムはハンドエルゴメーター(Monark Rehab Trainer 881E, MONARK 社製)を用い、平成14年11月から毎週水曜日、車椅子に座った状態のまま水温を40℃に維持した足浴状態で行った。また同時に対象者の筋力向上を目的として、日常生活内にチューブを用いた筋力トレーニングを1日2回(朝・晩)の頻度で日常生活の一部として取り入れた。その結果、ハンドエルゴメーター駆動運動時の総回転数が増加し、連続回転数及びその時の回転速度も向上した。空腹時血糖値の低下、インスリン皮下注が30単位から16単位に減少した。毎週水曜日を心待ちにしていることなど今回の運動処方が日常生活に張りを持たせただけでなく、精神面においても効果的であったことが示唆された。

はじめに

Hoffman DM¹⁵⁾は、施設に入所している車椅子使用者の多くは、日常活動量(Activity of daily living; ADL)が低く、心臓血管系を良好な状態に維持することが難しいことを指摘している。このことは、生活習慣病罹患率を高める要因となり、生活の質(Quality of life; QOL)を低下させると考えられる。これらことから、車椅子使用者の日常活動量を増加させるための運動処方が必要であると考えられる。

生活習慣病の中でも合併症を引き起こすリスクファクターの一つである肥満を伴う糖尿病患者は、2010年には1,000万人に達するとされている¹⁷⁾。我が国の糖尿病患者の95%は、生活習慣の影響を受けて発症する2型糖尿病(NIDDM)である¹⁵⁾。NIDDMの治療の目標は、厳格な血糖コントロールによる慢性合併症の予防であり、薬物・食事・運動の各療法がある。中でもNIDDMにおいて、運動療法が効果的であるとされ、その効果には、全身持久力を向上させるだけでなく、血糖のコントロール、インスリン抵抗性の改善、肥満の解消が含まれている¹⁰⁾。

近年、健康増進や予防医学の面から水中運動が注目されている^{9,17)}。ヒトは水中において水の物理的特性の影響を受け、陸上とは異なる生体反応を示す

ことが明らかになっている^{4,5,7,10,13)}。水の物理的特性は、健康を支える柱の一つである休養にも効果をもたらすことが明らかになっている^{14,16)}。入浴もその手段の一つであり、部分浴として代表的なものに足浴がある。足浴により上肢の血流が増加することが報告されている¹⁸⁾。

車椅子使用者においても水中運動は可能であるが、施設入所型車椅子使用者においては、疾病の状態等により浸水することが困難である場合が多い。ハンドエルゴメーター駆動動作は車椅子に座った状態のままで行うことができる。また、ハンドグリップを握ることが困難な場合においてもハンドグリップに固定することによって運動実施が可能であると考えられる。これは、施設入所型車椅子利用者において日常活動量を増加させる手段の一つであると考えられる。

そこで、我々は、車椅子に座ったままの状態です浴することで上肢の血流を増加させ、かつハンドエルゴメーター運動ができる環境を整え、施設入所型車椅子使用者に対する運動処方を実践し、その効果について検討した。

研究 方法

(1) 対象者

対象は、〇県 T市の身体障害者療護施設に入所中

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻
*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 *4 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 医療福祉学科
(連絡先) 天岡 寛 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学大学院

の頸椎後縦靭帯骨化症、頸随損傷による両下肢麻痺、手掌、手指麻痺および糖尿病を罹患している41歳の女性1名であった。

(2) 対象者の運動機能

対象者の運動機能は、両上肢手関節から末梢までの筋力レベルはZレベル、両手指の関節は進展位拘縮状態のため握力は0kg、下肢もT-Preレベルの不全頸椎損傷であった。車椅子駆動レベルは自立レベルであった。

(3) 運動処方プログラム実践前の状況

2型糖尿病は、平成9年に集団検診にて指摘された。インスリンを皮下注(朝・ノボリンR24 μ 、夕・ノボリンR12 μ)していた、食事は制限され、1,300kcal/日であった。高血糖であることを考慮して、日常活動量増加を目的として車椅子でゴルフボールを10個運ぶ(片道約20mを10往復)ことを日課としていた。

(4) 運動処方プログラムの実践

運動処方プログラムは、ハンドエルゴメーター(Monark Rehab Trainer 881E, MONARK社製)を用い、平成14年11月から毎週水曜日の午後、およそ30分間の運動を展開した。また同時に対象者の筋力向上を目的として、日常生活内にチューブを用いた筋力トレーニングを1日2回(朝・晩)の頻度で日常生活の一部として取り入れた。ハンドエルゴメーター運動は、車椅子に座った状態のままで行い、水温を40℃に維持した足浴状態で行った。運動前後の脈拍をPULSE GRAPH(SEIKO社製)を用いて記録した。血圧は手首自動測定血圧計(松下電工社製)を用いて測定した。ハンドエルゴメーターを用いた運動処方の様子を図1に示した。

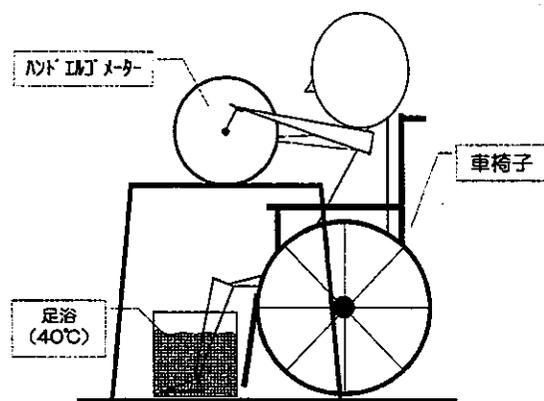


図1 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践の模式図(車椅子に座ったままの状態で行うことができる)

(5) インフォームドコンセント

本研究の対象者および施設については、ヘルシン

キ宣言の趣旨に沿って研究の目的、方法、期待される成果、不利益がないこと、危険性を十分排除した環境とすることなど十分な説明を行い、参加の同意を得た。また、運動処方を行う上で施設と提携している医師との連携を保ち、施設常勤の看護師から対象者の状況等を把握した。

結果及び考察

運動処方プログラムの実践経過を表1に示した。対象者は、入院(2月19日、26日)、積雪(2月5日)等の理由により実践不可能であった日を除いて欠席することは無かった。

表1 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践経過

平成14年	平成15年
10月30日	1月8日
	15日
11月6日	22日
13日	29日
20日	
27日	2月5日
	12日
12月4日	19日
11日	26日
18日	
25日	3月5日
	12日
	19日
	26日

今回用いたハンドエルゴメーターは50回転/分で運動強度を設定するものであったが、対象者の症状、筋力を考慮して負荷設定を0Wとし、対象者が回せる回転数を負荷とした。足浴は、対象者が糖尿病を罹患していることから、足浴できる状況でないときには足浴無しにすることや、その日の対象者の体調により負荷を設定し、対象者に無理な負担がかからないように注意した(12月18日; 風邪のため、1月8日; 左腕痛のため)。

運動処方開始当初は5回転させることが精一杯であり、補助を付けて回転させていたが、数回の実践により補助の必要がなくなった。同時に総回転数が増加した(図2)。このことは、筋力向上を目的としたチューブトレーニングがゴルフボール運びと同様に日課として定着した効果であると考えられた。このことを踏まえて、12月4日から実践プログラムに「最大限のスピードで10回転」を取り入れ、無酸素的な運動負荷も加えた。

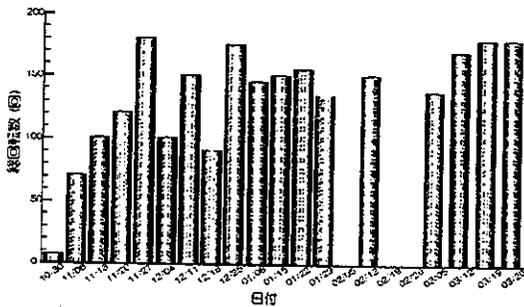


図2 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践における総回転数の推移

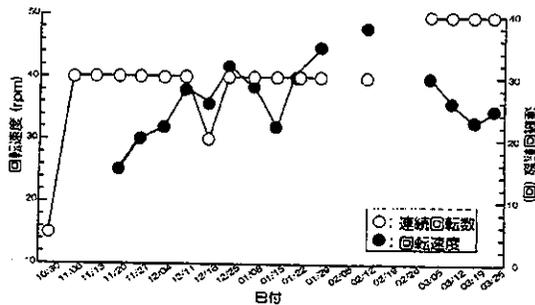


図3 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践における連続回転数及びその時の回転速度の推移

表2 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践における脈拍数の推移の一例

運動処方プログラム時のハンドエルゴメーター回転総数(回)	脈拍数(回/分)	
	運動開始前	運動終了後
20	62	89
30	61	84
15	70	80
20	70	79
15	70	84
30	61	84
20	60	80

総回転数の増加と共に連続回転数及びその時の回転速度も向上した(図3)。表2に運動処方プログラム時のハンドエルゴメーター運動回転数と脈拍の変化の一例を示した。運動後脈拍は上昇したが、運動終了後には安静時まで速やかに回復した。車椅子使用者において上肢エルゴメーターを用いたトレーニングにより全身持久力が向上したと報告^{1,11)}され

ている。本研究においてもハンドエルゴメーターを用いた1週間に1日の継続的な有酸素運動の実践が全身持久力の向上や心臓血管系に効果を及ぼしたものと考えられた。

運動処方の実践により空腹時血糖値の低下(運動処方前; 239mg/dl, 運動処方実施(平成15年1月22日); 107mg/dl), インスリン皮下注が30単位(運動処方プログラム実践前)から16単位(3月26日現在)に減少し, 2型糖尿病改善に効果的であったと考えられた。

現在, 車椅子マラソンや車椅子バスケットボール等様々な車椅子スポーツ競技が行われている^{3,12)}, しかしながら, 施設入所型車椅子使用者においては, 車椅子動作は, 上肢だけでなく体幹部を含むダイナミックな動きとなるため, 障害の程度によっては持続して行うことが困難であると考えられる。さらに, 車椅子走行が安全で快適に行えるような道路(歩道)が整備されていないこと, また, 大型トレッドミルや車椅子エルゴメーターを導入することが困難であることなどの問題から, 車椅子を用いた運動実践の機会を日常生活の中で確保することが困難であると考えられる。

一方, 今回用いたハンドエルゴメーター駆動運動^{1,2,14,15,16)}は, 肩関節を中心とした動きであり, 単純な回転作業を繰り返す運動であるため動作が安定している。また, 負荷設定が容易であることや, 車椅子に座ったままの状態のできる。これらのことは, 施設入所型車椅子使用者においても運動実践の機会を日常生活の中で確保することができると考えられる。

足浴には, 上肢の血流を増加させ, 皮膚温を上昇させること^{8,18)}や免疫機能の向上¹³⁾などの効果がある。また, 片下肢麻痺患者に対し, 麻痺側下腿を温水につけることで非麻痺側の下肢筋力を増加させた²⁵⁾報告もある。今回の運動処方プログラムにおいては, 終了後に手指先が温くなることや足浴部がほのかに赤くなる等の上肢および下肢血流増加が認められた。また, 対象者からの聞き取り調査から, 足浴をする方が良いことが挙げられた。これらのことから, 今回の運動処方プログラムにおいても足浴による効果は十分に得られていた可能性が示唆された。

日常生活における対象者や施設関係者の聞き取り調査では, 両上肢の挙上げが頭の後ろまで出来るようになったことや, 車椅子上での姿勢が良くなり姿勢変化や身体を支えることも自分で出来るようになったこと等があげられた。対象者は肩凝りの解消を認めた。また, 運動処方プログラム実施日は, よ

く眠れること等があげられた。対象者が、実践日である毎週水曜日を心待ちにしていることなど、今回の運動処方の実践が日常動作能の向上だけでなく精神面においても効果的であったことが示唆された。

ま と め

糖尿病を罹患している施設入所型車椅子使用者に対する運動処方を、足浴を利用し車椅子に座った状態で運動を実施することができる環境を整え実践した。以下の結果を得た。

1. ハンドエルゴメーター駆動運動時の総回転数が増加した。
2. 連続回転数及びその時の回転速度が向上した。
3. 空腹時血糖値の低下、インスリン皮下注が30単位から16単位に減少した。
4. 日常生活において日常動作能の向上が示唆された。

本研究は、平成14年度厚生労働科学研究費補助金障害保健福祉総合研究事業課題番号 H14-障害 015によった。

文 献

- 1) 東章弘, 川上英樹, 前澤勝之: 車椅子を使用している進行性筋ジストロフィー患者に対する肥満の解消を目的とした運動指導の一例: 腕エルゴメーター作業による有酸素性トレーニングの実践. 体育学研究, 45, 739-745, 2000.
- 2) 石澤渉, 高田治実, 脇元章博, 石垣栄司, 寺村誠治, 高木康臣: 脊髄損傷患者に対する上肢エルゴメーターの影響. JRリハビリテーション医療学会誌, 24, 55-57, 1998.
- 3) 大久保衛: 代表的車椅子スポーツの現況と今後の医学的課題 車椅子マラソンのスポーツ外傷・障害 日本車椅子マラソン大阪大会の調査から. 日本臨床スポーツ医学会誌, 9(2), 206-209, 2001.
- 4) 小野寺昇, 小野順子, 遠山敬久, 松寄裕美, 天岡寛, 早田剛, 吉岡哲, 山口英峰, 小海節美: ディープウォーターエクササイズにおける心拍数と酸素摂取量の変化. 川崎医療福祉学会誌, 10(2), 409-411, 2000.
- 5) 小野寺昇: 水中運動と健康増進. 体育の科学, 50(7), 510-516, 2000.
- 6) Onodera S, Miyachi M, Nishimura M, Yamamoto K, Yamaguchi H, Takahashi K, Joo Yong-In, Amaoka H, Yoshioka A, Matsui T and Hara H: Effects of water depth on abdominails aorta and inferior vena cava during standing in water. *J. Gravitational Physiology*, 8(1), 59-61, 2001.
- 7) 小野寺昇: 水中運動の臨床応用: フィットネス 健康の維持・増進. 臨床スポーツ医学, 20(3), 289-295, 2003.
- 8) 川平和美, 横山知子, 衛藤誠二, 田中信行: 脳卒中片麻痺下肢の等速性運動に対する冷水ならびに温水(人工炭酸泉)足浴の影響. 日本温泉気候物理医学会雑誌, 61(2), 67-73.
- 9) 佐藤祐造: 運動療法. 最新医学, 54, 88-94, 1999.
- 10) 佐藤祐造, 渡辺俊彦, 山之内国男, 梶田美和子: 運動, スポーツと生活習慣病. 臨床スポーツ医学, 16, 633-638, 1996.
- 11) 篠原孝明, 鈴木伸治: 肢体不自由児における無酸素性作業閾値(AT)を指標とした運動療法の検討. 日本小児整形外科学会雑誌, 10(1), 47-49, 2001.
- 12) 飛松好子: 代表的車椅子スポーツの現況と今後の医学的課題 障害者スポーツにおけるクラス分け. 日本臨床スポーツ医学会誌, 9(2), 185-190, 2001.
- 13) 豊田久美子(京都大学 医技短大), 荒川千登世, 稲本俊: 足浴が精神神経免疫系に及ぼす影響. 総合看護, 32(3), 3-14, 1997.
- 14) Hutzler Y: Physical performance of elite wheelchair basketball players in armcranking ergometry and in selected wheeling tasks. *Paraplegia*, 31, 255-261, 1993.
- 15) Hoffman DM: Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Medicine*, 3, 312-330, 1986.
- 16) Martel G, Noreau L, Jobin J: Physiological responses to Maximal Exercise on arm cranking and wheelchair ergometer with paraplegics. *Paraplegia*, 29, 447-456, 1991.
- 17) 山地啓司: 水泳・水中運動の酸素摂取量. 水泳水中運動科学, 1, 45-55, 1998.
- 18) Rowell LB: The cutaneous circulation. *Physiology and Biophysics*, 2, 185, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1974.

(平成15年6月5日受理)