

IV. 研究成果の刊行物・別刷

水の物理的特性と水中運動

川崎医療福祉大学大学院教授 小野寺 昇
旭川荘バンビの家 星 島 葉 子

1 はじめに

近年、水中歩行やアクアビクス等の水中運動が、健康増進の手段として盛んに用いられるようになってきた。その背景として、温水プールが身近な地域にも普及し利用しやすくなったことが挙げられる。特に、第3セクターの健康増進施設が各県に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、身近になった大きな要因である。同時に、水中運動をテーマにした科学番組や雑誌等によって、科学的な根拠が紹介され、水中運動に対する理解が広がったことなどが挙げられる。しかしながら、高齢社会における健康志向の高まりが根底にあり、このことか最も大きな要因であると予測される。このような背景を踏まえて、ここでは、水の物理的特性と水中運動に関する最新の知見を紹介する。

2 水の物理的特性

水中歩行やアクアビクスが広く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、水の持つ物理的な性質を用いて説明することができる。浮力（比重）、水圧、水温、水の粘性抵抗などは、水の物理的な特性である¹⁾。水の物理的な特性かどのような生体応答と結び付くのかを、表1にまとめた。

表1 水中と陸上の血圧の比較

| 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 |

中高齢者における立位姿勢での水中と陸上の比較、平均年齢 55±7 歳、n=20（男性2名、女性18名）、水温30℃

3 浮力と負荷体重の減少

水中では、浮力の影響を受けて負荷体重が減少する。浮力は、水深が深くなればなるほど大きく作用する。つまり、負荷体重の減少率は水位に依存し、アルキメデスの原理にしたがう。どれくらいの体重減少となるのか。実際に20歳代で体脂肪率が約20%の女性5人の負荷体重減少を、2つの部位で測定すると、腰部水位で体重の28%減、胸部水位で87%減となった。このことは、自分の負荷体重が、関節への負担とならないようにしたい人たちにとって大きな利点となる。すなわち、肥満化傾向の人たちの運動には、好ましい環境であるといえる。

各水位における負荷体重の減少量を概ね把握できれば、運動処方目的に合った荷重が選択できる。負荷体重減少を予測するために、身体7部位（下腿中央部、膝関節、大腿中央部、大転子、臍（へそ）、剣状突起、鎖骨）の水位で測定した負荷体重変化（n=17、体脂肪率20%±2.3）に基づき、図1を作成した²⁾。図1は、身長と部位の相対値から割り出した相対的な負荷体重変化を示している。例えば、大転子までの長さが身長約45%なら、水中での負荷体重は陸上で測定した負荷体重の約60%になり、40%負荷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負荷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。

小野寺 昇（おのでらしょう）氏の略歴

- 1979年 福島大学卒業
- 1981年 東京学芸大学大学院修了
- 1983年 東京慈恵会医科大学第一生理学助手
- 1991年 川崎医療福祉大学助教授
- 1995年 同大学教授
- 1996年 同大学院教授

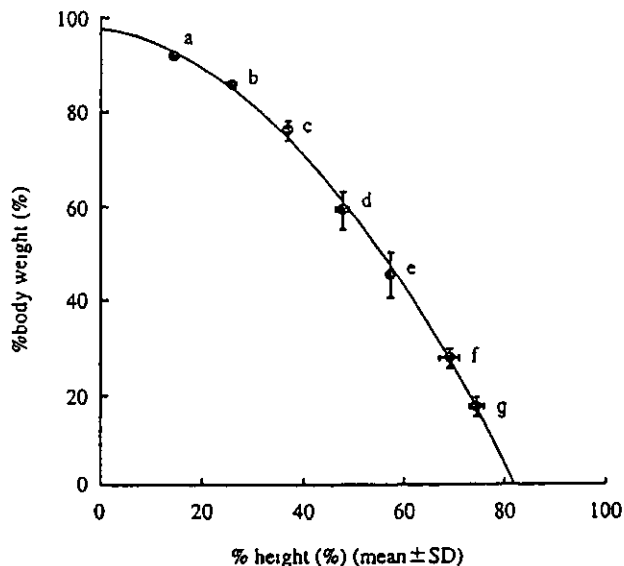


図1 水位を身長相対値で表した時の水中での体重相対値

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

実際に水中で上下運動をしてみる。体重 65 kg, 体脂肪率 32% の男性が, 陸上でつま先立ちしたときの床反力は, およそ 400 kg になる。同じ動作を水中(水位 腰部)で行うと 1/4 に軽減する。このことは, 何らかの理由で(概ねスポーツ外傷・障害によって)筋力等が低下した場合, あるいは, 加齢による筋力低下等に対応した運動処方として, 水中運動の特性が大いに活用され利点となる。

4 水の比重とクロール泳法

多くの人たちは, 海水の方が泳ぎやすいと感じる。これは, 海水の比重が高いために大きな浮力が得られるからである。池上ら³⁾は, 真水でのクロール泳法における浮くための酸素消費量を 0.352 l/min (男), 0.185 l/min (女) と見積もった。女性が少ないのは体脂肪率の影響である。

小野寺ら⁴⁾は, 水の比重そのものを変化させ, クロール泳法におけるエネルギーコストを算出した。硫酸ナトリウムを溶解すると, 粘性を高めることなく選択的に水の比重を変化させることができる。回流水槽(15 t)を用いて, 最大酸素摂取量の 70% の強度で, クロール泳法を実施した時の比重の変化に対応した心拍数と酸素摂取量を, 図

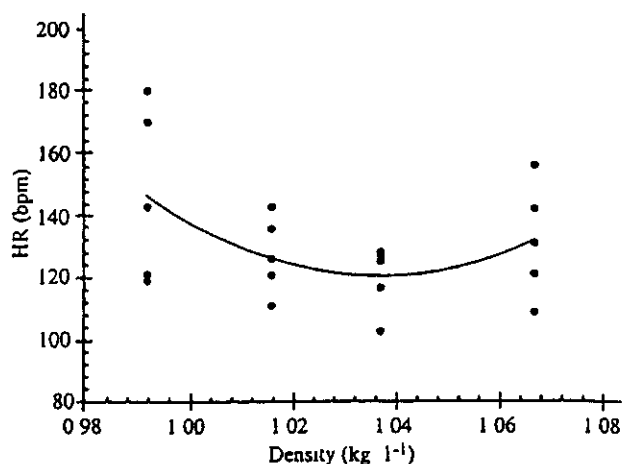


図2 回流水槽におけるクロール泳法時の水の比重の違いが心拍数に及ぼす影響

水温 28°C, 室温 30°C, 水の比重は Na₂SO₄ を用いて変化した。泳速 70% VO₂max, n=6

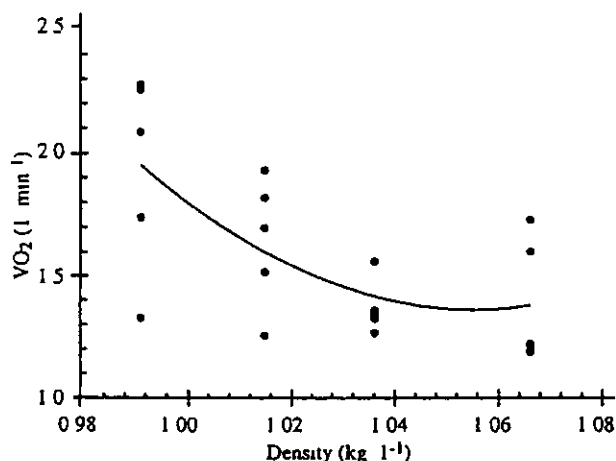


図3 回流水槽におけるクロール泳法時の水の比重の違いが酸素摂取量に及ぼす影響
条件は図1と同じ

2 と図3に示した。比重が 1.04 までは, 心拍数と酸素摂取量は減少した。このことは, 水の比重が高くなると, クロール泳法におけるエネルギー効率が高まったことを示す。ところが, さらに水の比重が高くなると, 心拍数と酸素摂取量は増加に転じた。このことは, 浮力が高まり過ぎて, かえってクロール泳法におけるエネルギー効率が低下したことを示す。これらのことから, 比重 1.04 にエネルギーコストの臨界点が存在すると予測された。さらに真水との比較から, クロール泳法における浮くためのエネルギーコストは, 約 30% であると推測された。

5 水の粘性抵抗とエネルギー代謝量

水中運動時の心拍数、酸素摂取量の測定手段として、プールでの歩行や水中トレッドミル等が用いられてきた⁵⁾。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⁷⁾。粘性はCMC(糊)を用いて高めた。水位は大転子、水温は30℃とした。4km/hで歩いた時、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。こ

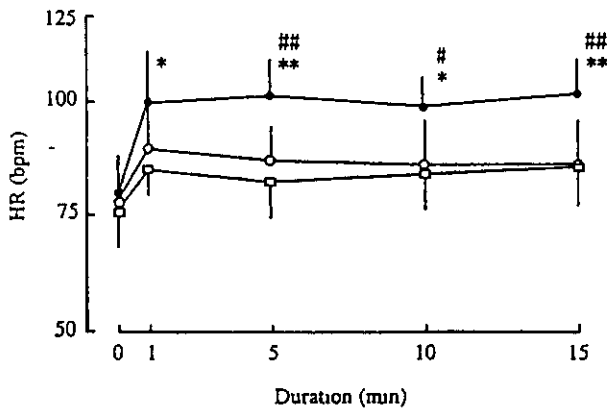


図4-1 トレットミルおよび水中トレットミル歩行時の3条件下における心拍数変化
 ●, 粘性条件, 水中トレットミル歩行(1% CMC水溶液)
 ○, 真水条件, 水中トレットミル歩行
 □, 陸上条件, トレットミル歩行
 水温30℃, 室温30℃, 歩行時間 15分
 * (P<0.05) と ** (P<0.01) は, 粘性条件と陸上条件との有意差検定
 # (P<0.05) と ## (P<0.01) は, 粘性条件と真水条件との有意差検定, n=7

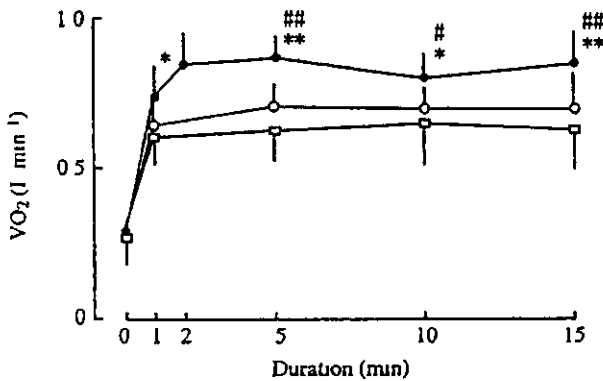


図4-2 トレットミルおよび水中トレットミル歩行時の3条件下における酸素摂取量変化
 ノンガルと条件は図5と同じ

のことは、水の粘性が段階的な運動負荷を運動処方に適用できることを示唆する。図5同様に、粘性を高めた水を用いた水中トレッドミル歩行時の酸素消費量変化を示した。水中トレッドミルの場合、水位を大転子(腰部)にとったとき、歩速4km/hで、およそ陸上での歩行とほぼ同じ酸素摂取量となる。水中トレッドミル歩行時のエネルギー代謝量は、水位を胸部にとったときに最も少なく、腰部、膝関節、大腿部中央の順に多くなっていく。これは、浮力と体重変化の割合によるものである。水位を大腿部中央にとったとき、最も運動強度が高いことが明らかになっている。実際の水中歩行は、温水プールで時速1~2kmの歩速で行われることが多い。酸素摂取量で見積もると、同じスピードの水中トレッドミル歩行時の約3倍と見積もることができる。水中歩行は、ある程度のエネルギー消費を望むことができるか、水中歩行だけで減量することは難しく、むしろ、体重維持のためと考えることが妥当であろう。

水は、粘性抵抗を持っているため、どの方向に

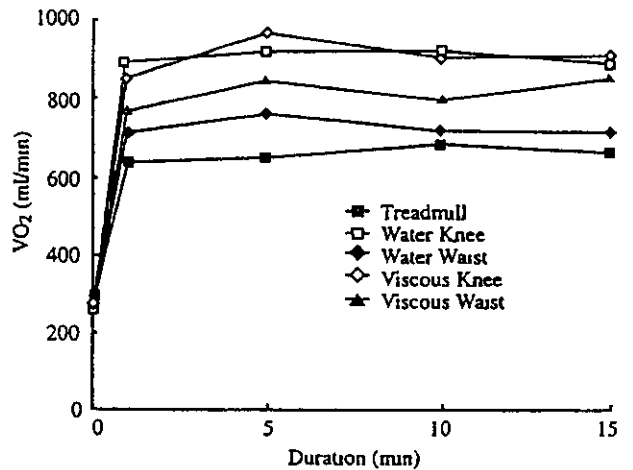


図5 水中トレッドミル歩行における水の粘性と水位が酸素摂取量に及ぼす影響

Treadmill 陸上でのトレットミル歩行
 Water Knee 水位膝関節における真水での水中歩行
 Water Waist 水位腰部における真水での水中歩行
 Viscous Knee 水位膝関節における粘性水での水中歩行
 Viscous Waist 水位腰部における粘性水での水中歩行
 水温 30℃, 室温30℃, 歩速 4km/h
 粘性水 1% CMC水溶液, n=5

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。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⁹⁾。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

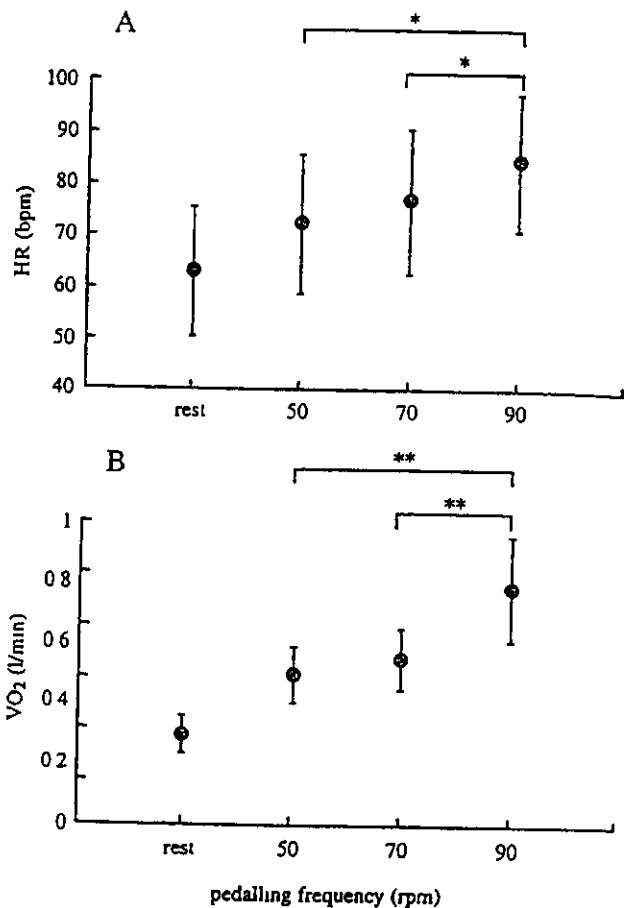


図6 ウォーターサイクリングの動作頻度と心拍数、酸素摂取量の関係

*P<0.05, **P<0.01

A 心拍数, B 酸素摂取量(mean±SD)

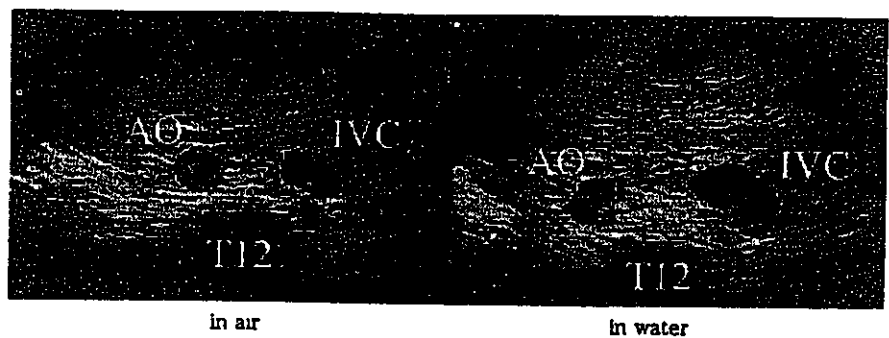


図7 陸上と水中の立位における下大静脈の横断面図

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)

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

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

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。

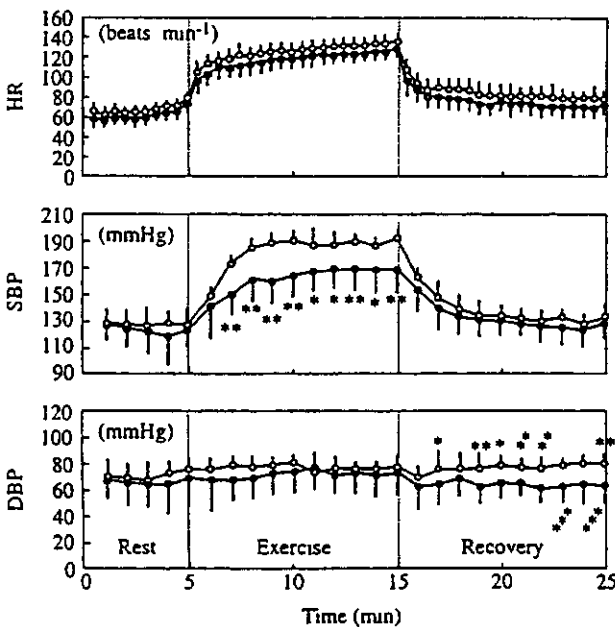


図8 同一運動強化における水中と陸上の心拍数と血圧の比較

- 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±5.5cm、体重 59.1±5.5kg、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±14bpm、浸水後73±9bpm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120bpm、最低心拍数は60bpmであった。心拍数が100bpm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・ケービルホイール (105 bpm), ワン・レグ・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

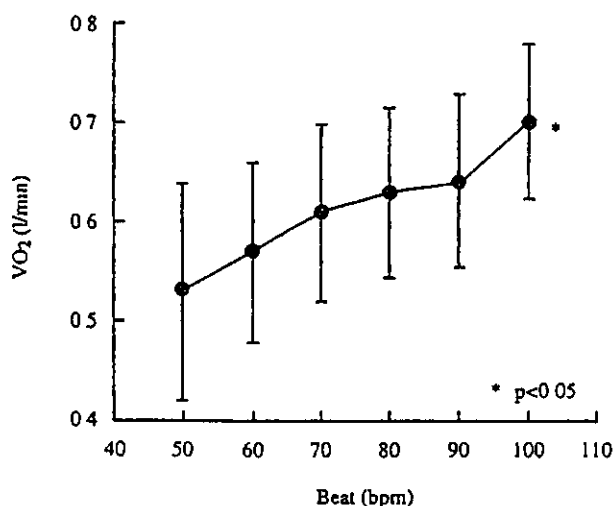


図9 曲の拍子の違いが酸素摂取量に及ぼす影響 (mean±SD)

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¹⁴⁾。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。このことから、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) 他上晴夫ら 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 Gravit Physiol, 8 59-60, 2001
- 11) Matsui T et al Eds by Keskinen KL, Komu 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

短 報

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 Tramer 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も足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 医療技術学専攻 健康科学専攻 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学専攻 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

の頸椎後縦靱帯骨化症、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0 kg、下肢もI-Pr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

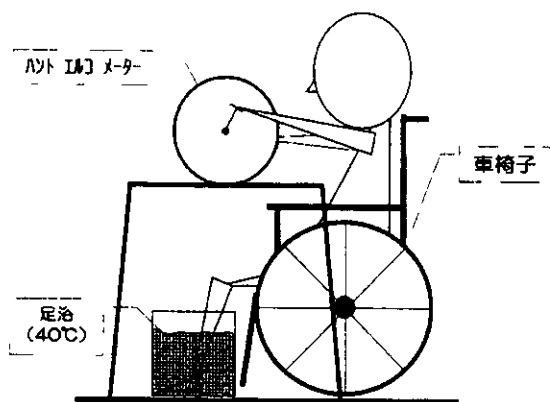


図1 ハンドエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践の模式図（車椅子に座ったままの状態で行うことができる）

(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

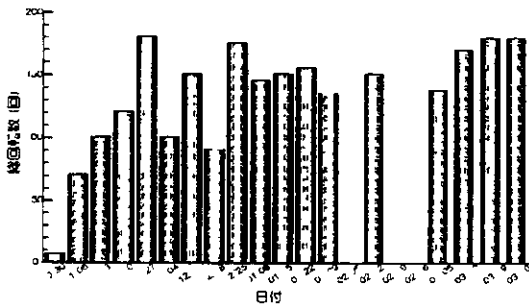


図2 ハントエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践における総回転数の推移

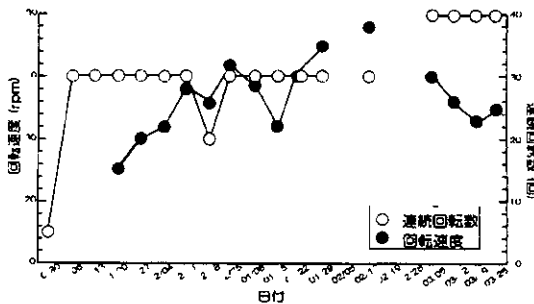


図3 ハントエルゴメーターを用いた運動処方プログラムの実践における連続回転数及びその時の回転速度の推移

表2 ハント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¹⁴⁾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か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か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、インスリン皮下注か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による

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 abdominals 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)

**Effect of an Ergotherapy Program Using
the Arm Cranking Ergometer for Wheelchair-dependent Patient**

Hiroshi AMAOKA, Yasuko ISHIMOTO Sho ONODERA and Shigeru SUEMITSU

(Accepted Jun 5, 2003)

Key words TYPE II DIABETES, ARM CRANK, IMMERSION

Abstract

The purpose of this case study was to study the effects of an ergo therapy program using the arm cranking ergometer for wheelchair dependent patients with Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament (OPLL) and type 2 diabetes. This program has been in effect since Oct 30, 2002. The subject was a 41 year old female who had morbidity type 2 diabetes and was a wheelchair-dependent patient with OPLL. The subject was instructed to perform training of the upper arm using the tube everyday (morning, 20counts, afternoon, 20counts). The subject was instructed on how to use the arm cranking ergometer (Monark Rehab Trainer 881E, MONARK co.) weekly by the research staff. Arm cranking ergometer exercise was performed in the state of foot-bath. The subject and institution gave informed consent before participating. Plasma glucose decreased after the ergo therapy was implemented. During performance the insulin unit decreased from 30 to 16 units per day. The rotational speed and total rotational frequency of the arm cranking ergometer improved. It is important to note that the subject was looking forward to the weekly ergo therapy program. This suggests an ergo therapy program improvement in QOL for the subject. The program continues to this day.

Correspondence to Hiroshi AMAOKA Doctoral Program in Health Science, Graduate School of Medical
Professions, Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol 13, No 1, 2003 145-149)

V. 資料

平成14年度 水中運動教室 受付表

| 対象者 | 第1期 | | | | | | | 第2期 | | | | | | | 第3期 | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|--|
| | 5月11日 | 5月18日 | 5月25日 | 6月8日 | 6月15日 | 6月29日 | 7月6日 | 10月5日 | 11月2日 | 11月9日 | 11月16日 | 11月30日 | 12月7日 | 2月1日 | 2月8日 | 2月15日 | 2月22日 | 3月1日 | 3月8日 | 3月15日 | |
| A | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| B | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| C | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| D | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| E | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| F | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| G | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 見学 | | | | | | | | | | | | | | |
| H | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| I | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| J | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| K | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| L | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| M | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| N | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| O | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| P | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| R | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| S | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| T | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| U | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| V | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 13 | 13 | 14 | 14 | 12 | 11 | 13 | 6 | 10 | 8 | 10 | 6 | 11 | 8 | 11 | 8 | 5 | 10 | 9 | 9 | |

平成15年度 水中運動教室 受付表

| 対象者 | 第1期 | | | | | 第2期 | | | | | 第3期 | | | | |
|-----|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--------|-------|--------|-------|----|
| | 4月26日 | 5月24日 | 6月7日 | 6月28日 | 7月5日 | 7月26日 | 8月9日 | 8月30日 | 9月6日 | 9月13日 | 10月11日 | 11月8日 | 11月22日 | 12月6日 | |
| A | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| C | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| F | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| G | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| H | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| I | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | | | | | | |
| T | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| U | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| V | | | | | | | | | | | | | | | |
| a | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| b | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| c | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| d | | | | | | | | | | | | | | | |
| e | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| f | | | | | | | | | | | | | | | |
| g | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | ○ | |
| h | | | | | | | | | | | | | | | |
| i | | | | | | | | | | | | | | | |
| j | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 12 | 16 | 17 | 13 | 21 | 13 | 10 | 9 | 11 |

2002年5月11日

川崎医療福祉大学

水泳水中運動プログラム

10 15 剣道場（ビデオを見る）

10 25 更衣

10 35 プールサイトに移動

集 合 ヒート板の上に座る

開始挨拶 大きな声で「お願いします。」

出席をとる

HR のチェノク

準備体操 ①手を上げて背伸び

②しゃかんで両手で床を交互に叩く

③前屈 閉脚・開脚（右・左・中）足の裏

④指折り、手をフラフラする

⑤○・×をつくる

⑥首のストレッチ（前・後ろ・回す）

⑦正中交線（肩・膝）

⑧片足立ち

～プールをみんなて1周歩く～

プールサイトにヒート板をひいて座る

10 50 水かけ 体を洗う

自由遊び 親から入水（※飛び込まない） **HR** のチェノク

自由に水と親しむ

課題学習 滑り台・フラフープ 平均台・輪拾い（1つ） トンネル 玉入れ
（水中レクリエーション）

個別活動 ①歩いて先生にタッチ

②歩いて親にタッチ 帰りはシャンプしなから

～トイレ休憩・浮く水着を着用～

レ ク 手遊び（お弁当箱）

汽車ポノポ（前の人の肩を持つ）

輪になって回る

呼吸練習 フクフクパー、耳つけ、もくりっこ

～トイレ休憩～

11 35 キノク ①腰掛けキノク

②ロングヒート板キノク

③ヒート板キノク

水中体操 音楽に合わせてダンス

HR チェノク

～出水～

整理体操 3回伸び

終了挨拶 ありがとうございます。さようなら。

2002年5月18日

川崎医療福祉大学 水泳水中運動プログラム

10 15 剣道場 (ビデオを見る)

10 25 更衣

10 35 プールサイトに移動

集 合 ヒート板の上に座る

開始挨拶 大きな声で「お願いします。」

HR のチェック

準備体操 ①手を上げて背伸び

②しゃかんで両手で床を交互に叩く

③前屈 閉脚・開脚 (右・左・中)

④指折り

⑤○・×

⑥首のストレッチ (前・後ろ・回す)

⑦正中交線 (肩・膝)

⑧片足立ち

10 45 水かけ 体を洗う

自由遊び 親から入水 HR のチェック

自由に水と親しむ

課題学習 滑り台・フラフープ・平均台・輪拾い (1つ)・トンネル・王入れ
(水中レクリエーション)

個別活動 ①歩いて先生にタッチ

②歩いて親にタッチ

レク 手遊び (お弁当箱)

輪になって回る

呼吸練習 フクフクパー、耳つけ、もくりっこ

～トイレ休憩～

11 35 キック ①腰掛けキック

②ロングヒート板キック

③ヒート板キック

背浮き 背浮き

水中体操 音楽に合わせてダンス

HR チェック

～出水～

12 00 整理体操 3回伸び

終了挨拶 ありがとうございました。さようなら。

2002年5月25日

川崎医療福祉大学 水泳水中運動プログラム

10 15 剣道場（ビデオを見る）

10 25 更衣

10 35 プールサイトに移動

集 合 ヒート板の上に座る

開始挨拶 大きな声で「お願いします。」

HR のチェノク

準備体操 ①手を上げて背伸び

②しゃかんで両手で床を交互に叩く

③前屈 閉脚・開脚（右・左・中）

④指折り

⑤○ ×

⑥首のストレッチ（前・後ろ・回す）

⑦正中交線（肩・膝）

⑧片足立ち

10 45 水かけ 体を洗う

自由遊び 親から入水 HR のチェノク

課題学習 滑り台・フラフープ・平均台・輪拾い（1つ）・トンネル・玉入れ

個別活動 ①歩いて先生にタッチ

②歩いて親にタッチ

レク 輪になって回る

汽車ポノポ

呼吸練習 フクフクパー、耳つけ、もくりっこ

～トイレ休憩～

11 35 キノク ①腰掛けキノク

②ロングヒート板キノク

③ヒート板キノク

水中体操 音楽に合わせてダンス

HR チェノク

～出水～

12 00 整理体操 3回伸び

終了挨拶 ありがとうございました。さようなら。

2002年6月8日

川崎医療福祉大学 水泳水中運動プログラム

10 15 剣道場 (ビデオを見る)

10 25 更衣

10 35 プールサイトに移動

集 合 ヒート板の上に座る

開始挨拶 大きな声で「お願いします。」

HR のチェック

準備体操 ①手を上げて背伸び

②しゃかんで両手で床を交互に叩く

③前屈 閉脚・開脚 (右 左・中) 足の裏

④指折り

⑤○ ×

⑥首のストレッチ (前・後ろ・回す)

⑦正中交線 (肩・膝)

⑧片足立ち

10 45 水かけ 体を洗う

自由遊び 親から入水 HR のチェック

課題学習 滑り台・フラフープ・平均台・輪拾い (1つ)・トンネル・玉入れ

個別活動 ①歩いて先生にタッチ

②歩いて親にタッチ

レク 輪になって回る

汽車ポノポ

呼吸練習 ブクブクパー、耳つけ、もくりっこ

～トイレ休憩～

11 35 キック ①腰掛けキック

②ロンクヒート板キック

③ヒート板キック

背浮き 背浮き

水中体操 音楽に合わせてダンス

HR チェック

～出水～

12 00 整理体操 3回伸び

終了挨拶 ありがとうございます。さようなら。