

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500455

研究課題名（和文）水中運動時の静脈還流量から推測した心拍出量の妥当性に関する研究

研究課題名（英文）Study of validity of stroke volume speculated from cross sectional area of inferior vena cava during in water

研究代表者 小野寺昇（ONODERA SHO）

川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：50160924

研究成果の概要：水中運動時に静脈還流の促進が生じるものと仮説を立て、下大静脈横断面積変化を指標にして検証を行った。下大静脈横断面積を指標とし、Bモード超音波エコー装置を用いて評価した。陸上と水中で比較した。陸上より水中で有意に増加した。一回拍出量増加は大静脈の蓄積量に依存し、かつ閾値が存在することを示唆する。一連の研究成果は、一回拍出量増加が身体に受ける水圧の容積によって決定されることを結論づける。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：静脈還流、下大静脈横断面積、心拍出量、浮力、水圧、一回拍出量、心拍数、水位

1. 研究開始当初の背景

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。浸水時の陰圧呼吸、皮膚血管収縮、胸腔内血流の増加、血液希釈等は著明な反応である。このような変化の要因となる水の物理的特性とは、浮力、水温、粘性、水圧、pH等を指す。すでに水中運動時の運動強度と心拍数、酸素摂取量、呼吸商、直腸温の関わりが国内外で明らかになっている。水深と水温が及ぼす影響についても具体的な資料が国内外で提示されている。プールでの

歩行、水中エルゴメータ運動、水中トレッドミル歩行等、運動処方基礎となる資料についても提示されつつある。ハンドエルゴメータを用いた水中運動時の静脈還流量と心拍出量に関する資料は、これまで提示されていない。ハンドエルゴメータを用いて運動を負荷することによって、陸上と水中において等しい運動強度を負荷することができる実験環境を整えた。これまでに陸上と水中で同一負荷を物理的に負荷した研究はなく、同一運動強度での比較が可能になり、水中での生体の生理学的な反応をよ

り著明に導き出すことができると予測される。導き出された結果は水中での独立因子によるものと考察することができるようになる。

2. 研究の目的

浸水時の静脈への加圧（水圧）は、静脈還流量を促進する。細胞内液の静脈への移入は、血漿量を増加させる。水圧は水位に依存し変化する。水位を変化させた時の下大静脈の横断面積動態は、水位に依存する。静脈還流が促進されれば、静脈血が下大静脈に蓄積されるものと予測できる。下大静脈横断面積は、立位姿勢だけでなく様々な姿勢変化時にも同様の動態が生じるものと仮説を立て、下大静脈横断面積変化を指標にして検証を行った。実験(1)運動強度の違いが下大静脈横断面積と心拍出量に及ぼす影響、実験(2)水位の違いが下大静脈横断面積と心拍出量に及ぼす影響、実験(3)下肢挙上が下大静脈横断面積と心拍出量に及ぼす影響、実験(4)浮力（姿勢）の違いが下大静脈横断面積と心拍出量に及ぼす影響、実験(5)あぐら姿勢が下大静脈横断面積と心拍出量に及ぼす影響。以上5つの実験から仮説を検証した。

3. 研究の方法

実験(1)：被験者は、健康成人男性 6 名とした。被験者の身体特性は、年齢； 23 ± 1 歳、身長； 173 ± 15 cm、体重； 73 ± 5 kg、%fat； $19 \pm 2\%$ 、最大酸素摂取量； 2.44 ± 0.55 liter/min.であった。20・40・60%VO₂max 条件（3条件）を設定した。運動は、ハンドエルゴメータを用いた。心拍数は、水中心電計を用いた。酸素摂取量は、ダグラスバック法を用いた。下大静脈の横断図を、超音波エコー法を用いて記録した。

実験(2)：水位は、剣状突起条件と大転子条件とした。陸上条件を対照群とした。40%VO₂max の運動とした。他の条件は、実験(1)と同様とした。

実験(3)：健康な成人男性 6 名を被験者とし、仰臥位姿勢で、受動的に下肢を挙上した際の下大静脈の横断面積および一回拍出量の変化を明らかにした。下肢の挙上角度は、 15° および 30° とした。下大静脈の横断図は、超音波エコー法を用いて記録した。一回拍出量は、超音波ドップラー法を用いて測定した。

実験(4)：被験者は、健康成人男性 7 名（年齢： 21 ± 1 歳、身長： 174 ± 6 cm、体重： 67 ± 7 kg、体脂肪率： $17 \pm 4\%$ ）であった。水温は 30°C 、室温は 25°C であった。仰臥位と伏臥位における下

大静脈横断面積を指標とし、Bモード超音波エコー装置を用いて評価した。陸上と水中で比較した。水中伏臥位時の呼吸は、シュノーケルを用いて確保した。

実験(5)：被験者は、健康成人男性 11 名 (21 ± 1 歳)とした。各被験者の座位姿勢時の下大静脈の横断図を、超音波エコー法を用いて記録した。座位姿勢は椅座位姿勢およびあぐら姿勢の 2 条件とした。各条件の実施順は、無作為に選定した。

4. 研究成果

実験(1)：心拍数は、すべての条件において陸上条件よりも水中条件において有意に低値を示した（図 1）。この傾向は、運動時にも同様であった。下大静脈横断面積は、20%VO₂max と 40%VO₂max において陸上運動時より水中運動時に有意に広い数値を示した（図 2）。60%VO₂max においては運動開始から下大静脈横断面積が減少し、10 分の運動終了時に至り陸上運動時の下大静脈横断面積とほとんど同値になった。

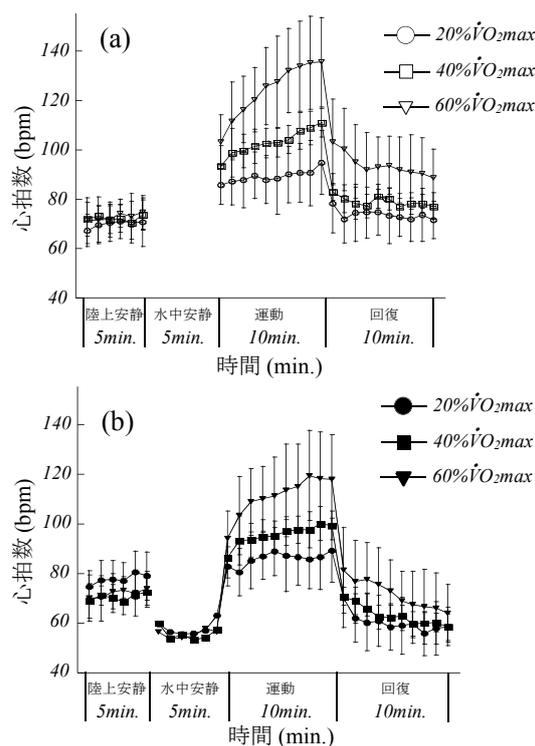


図 1. ハンドエルゴメータ運動時の心拍数の変化

a;陸上条件、b;水中条件

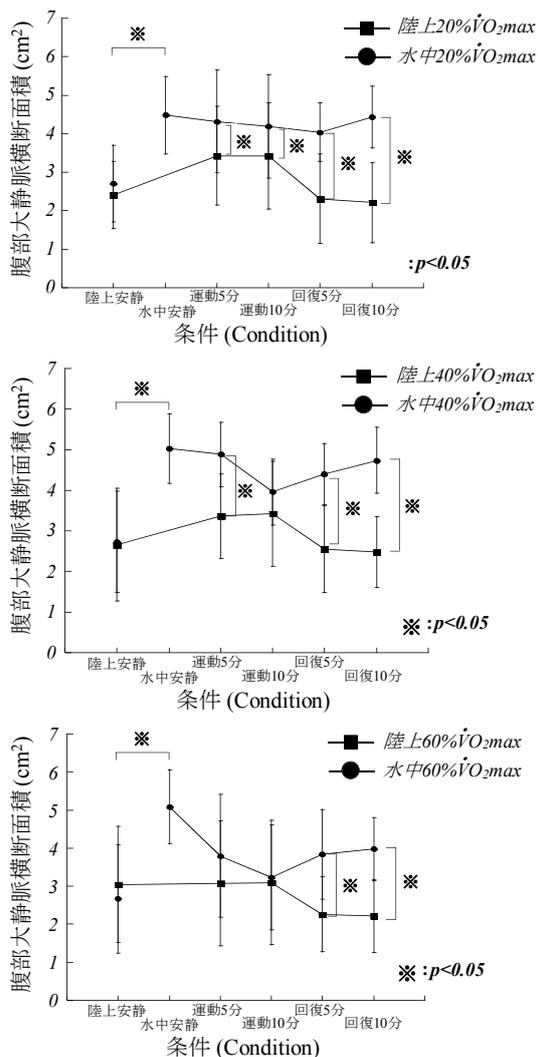


図 2. 運動強度と下大静脈横断面積の関連性
a;20%VO₂max, b;40%VO₂max, c;60%VO₂max

これらの事実から、浸水が静脈還流量の増大と下大静脈への血液の貯留を引き起こし、右心房への血液駆出を調節するものと推察する。水中環境は、静脈血の還流を促進し、一回拍出量の均一かに寄与する可能性を示唆する。実験(2)：水位剣状突起の下大静脈横断面積 ($4.8 \pm 0.85 \text{cm}^2$) は、陸上条件 ($2.8 \pm 1.12 \text{cm}^2$)、水位大転子条件 ($3.1 \pm 1.10 \text{cm}^2$) よりも有意に高値を示した。運動中の下大静脈横断面積は、水位剣状突起条件 ($3.9 \pm 0.82 \text{cm}^2$) において前値より小さくなった。陸上条件 ($3.1 \pm 0.86 \text{cm}^2$) と水位大転子条件 ($3.5 \pm 1.16 \text{cm}^2$) は、大きくなった。運動の継続は、この傾向を

促進させた。実験(3)：下大静脈横断面積は、仰臥位姿勢時 ($2.67 \pm 0.81 \text{cm}^2$) と比較し、 30° 挙上時 ($3.91 \pm 0.79 \text{cm}^2$) に有意に高値を示した(図 3)が、一回拍出量に有意な変化は観察されなかった(図 4)。つまり、静脈還流量の増大が、必ずしも心拍出量の増大に寄与するものではないことを示唆する。

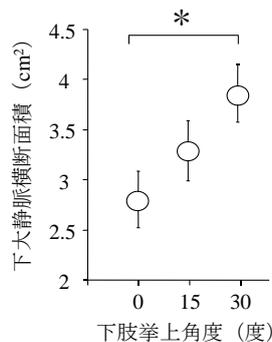


図 3. 受動的下肢挙上時の下大静脈横断面積の変化 (* : p < 0.05)

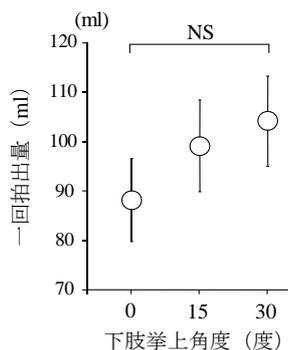


図 4. 受動的下肢挙上時の一回拍出量の変化

実験(4)：下大静脈横断面積は、 $2.19 \pm 0.74 \text{cm}^2$ (陸上仰臥位)、 $3.60 \pm 0.43 \text{cm}^2$ (水中仰臥位)、 $3.20 \pm 0.65 \text{cm}^2$ (陸上伏臥位)、 $4.10 \pm 0.59 \text{cm}^2$ (水中伏臥位)であった(図 5・図 6)。陸上より水中で有意に増加した。仰臥位より伏臥位において有意に増加した。すでに立位水位剣状突起時に一回拍出量増加を認めている。これらのことから一回拍出量増加は大静脈の蓄積量に依存し、かつ閾値が存在することを示唆する。

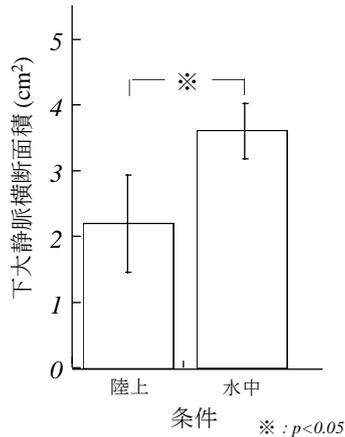


図5. 陸上および水中仰臥位姿勢時の下大静脈横断面積の変化 (※: p<0.05)

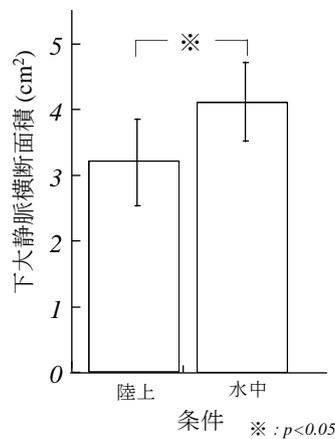


図6. 陸上および水中伏臥位姿勢時の下大静脈横断面積の変化 (※: p<0.05)

実験(5): あぐら姿勢時の下大静脈横断面積 (5.05±1.10cm²)は、椅座位姿勢時(4.03±1.14 cm²)よりも有意に高値を示した(図7). あぐら姿勢によって筋ポンプ作用が動員された可能性が低いことから、大静脈横断面積の増大は、体幹の屈曲等により、静脈の上下方向への伸展が緩和したこと起因するものと考えられた。

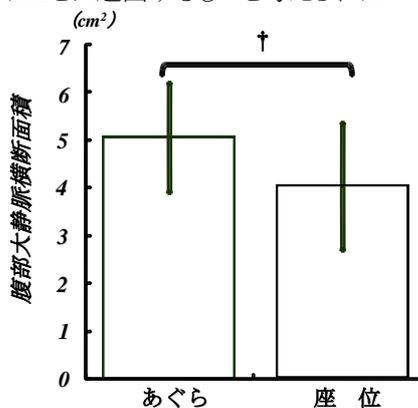


図7 下大静脈横断面積のあぐらと座位の比較

一連の研究成果は、一回拍出量増加が身体に受ける水圧の容積によって決定されること、下大静脈横断面積の増大と一回拍出量の増加が必ずしも一致しないこと、浸水および運動が一回拍出量を増加させること、以上3つの知見を結論づける。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 小野寺昇, 身体活動・運動と生活習慣病—運動生理学と最新の予防・治療— 身体活動と環境—水中、高温、高所環境など, 日本臨床, 第67巻103-107頁, 2009年発行, 査読有り
- ② 小野寺昇, 医療技術分野における運動生理学の役割, 川崎医療福祉学会誌, 第18巻, 55-63頁, 2008年発行, 査読有り
- ③ Sho Onodera, Kazuki Nishimura, Kumiko Ono, Kazutoshi Seki, Daisuke Nishioka, Takeshi Okamoto, Eri Oyanagi, Natsuki Senoh, Hiroshi Kawano, Futoshi Ogita and Hubrecht Martin Toussint, CHANGES IN CROSS SECTIONAL AREA OF INFERIOR VENA CAVA DURING ARM CRANKING EXERCISES IN WATER, Portuguese journal of sport sciences, vol.6, supl.2, pp161-163, 2006.6, 査読有り

[学会発表] (計 13件)

- ① 小野寺昇, 仰臥位浸水が一回拍出量に及ぼす影響, 第54回日本宇宙航空環境医学会, 東京慈恵医科大学, 2008年11月
- ② 小野寺昇, アクアフィットネスと健康づくり—アクアフィットネスに関する最新知見, 第63回日本体力医学会, 別府ビーコンプラザ, 2008年9月
- ③ Sho Onodera, Changes in blood pressure in middle-aged and older, Adults during exercise in water, 7th World Congress on Aging and, Physical Activity. 2008.7
- ④ 小野寺昇, 水中自転車漕ぎ時の心拍数と酸素摂取量変化, 第61回日本体力医学会中国・四国地方会, 徳島大学, 2008年6月8日
- ⑤ 小野寺昇, 関和俊, 吉岡哲, 高原皓全, 平尾匡祥, 小宮山真世, 西村一樹, 白優寛, 水中自転車漕ぎ時の心拍数と酸素摂取量変化, 第61回日本体力医学会大会中国・四国地方会, 徳島大学, 2008年6月8日
- ⑥ 吉岡哲, 関和俊, 西村一樹, 小野寺昇, 仰臥位姿勢における下肢挙上一回拍出量に及ぼす影響, 第60回日本体力医学会大会中国・四国地方会および第27回運動生理・バイオメカニクス中四国セミナー, 鳥取大学,

2007年11月

⑦小野寺昇, 西村一樹, 小野くみ子, 関和俊, 白優寛, 仰臥位浸水が一回拍出量に及ぼす影響, 第57回日本宇宙航空環境医学大会, 愛知医科大学, 2007年11月

⑧Onodera Sho, Baik Wooram, Seki Kazutoshi, Kishimura Kazuki, Okamoto Takeshi, Nose Yuka, Takahashi Kouki, Yamaguchi Hidetaka, Effects of stroke volume during supine position in water. 10th Asian Federation of Sports Medicine, Buda Gaya, Thailand, 2007.10

⑨ Onodera Sho, Nishimura Kazuki, Seki Kazutoshi, Ishida Yasuo, Takahara Terumasa, Kremenik J. Michael, Takahashi Koki, Hara Hideki, Ogita Futoshi, Toussaint Hubrecht Martin, INCREASES IN VENOUS RETURN DURING THE PRONE POSITION IN WATER. 12th annual Congress of European College of Sport Science, Jyväskylä, Finland, 2007.7

⑩小野くみ子, 西村一樹, 関和俊, 石田恭生, 高原皓全, 小宮山真世, 平尾匡祥, 小野寺昇, 飲水が水中トレッドミル歩行時の生体に及ぼす影響, 第59回日本体力医学会大会中国・四国地方会, 倉敷国際学术交流センター, 2007年6月

⑪小野くみ子, 西村一樹, 関和俊, 小柳えり, 石田恭生, 高原皓全, 小野寺昇, 中高年における水中歩行時の運動強度に対する前方体表面積の影響, 第58回日本体力医学会大会中国・四国地方会, 第26回運動生理バイオメカニクス中四国セミナー, 愛媛県生活文化センター, 2006年11月

⑫小野寺昇, 西村一樹, 小野くみ子, 関和俊, 小柳えり, 石田恭生, 高原皓全, 中高年者を対象とした水中運動教室の実践 -10年間の歩み-, 第58回日本体力医学会大会中国・四国地方会, 第26回運動生理バイオメカニクス中四国セミナー, 愛媛県生活文化センター, 2006年11月

⑬小野寺昇, 西村一樹, 小野くみ子, 関和俊, 白優寛, 水泳姿勢は静脈還流を増大させる, 第52回日本宇宙航空環境医学大会, 米子市福祉センター, 2006年11月

[図書] (計 2 件)

①小野寺昇, アクアフィットネス・アクアダンスインストラクター教本(分担), 大修館書店, 40-61頁, 2008年発行

②小野寺昇, 特定検診・保健指導に役立つ健康運動指導マニュアル(分担), 文光堂, 82-88頁, 2008年発行

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野寺昇 (ONODERA SHO)

川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授
研究者番号: 50160924

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし