

〈報告〉

遠泳における深部体温低下におよぼす身体組成の影響

鈴木 大地*・石原 智美**・河合 祥雄***・鈴木 勝彦****

Effects of body composition on hypothermia after open water swimming

Daichi SUZUKI*, Tomomi ISHIHARA**, Sachio KAWAI*** and Katsuhiko SUZUKI****

初めに

遠泳では、体温より低く熱伝導率が約25倍も高い海水(水)に長時間浸かるため、深部体温が低下する。遠泳実習で縦断的な調査を行った田中ら¹⁰⁾によれば、2時間の遠泳において海水温24°Cの年には体温低下が平均2°Cであったが、海水温が20°C近くまで下がった年では体温低下が平均2.5°Cであったとされ、水温の低下は体熱および体力を奪い、円滑な水泳動作の妨げとなると考えられる。Pughらの報告⁷⁾でも海水温が低いほど体温低下や疲労感が増大することが指摘されており、皮下脂肪の薄い男性被検者(BMI:22.5)例において、水温20.5°Cの遠泳で41分後に急激な筋肉の衰弱を訴え、直腸温は34.5°C付近まで低下したという。また、体脂肪率が高くBMIが大きい者ほど体温低下度が少ないこともこれまでによく報告されている²⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾。

実習として行う遠泳では溺水を含む事故防止は肝要であるが、例年実習の行われる7月の関東地域の海水温はしばしば20°Cを切り⁴⁾、実習生の体力・泳力を重視した上で、さらに気温・水温の環境の変化への配慮が必要になる。心理面では、大学での遠泳実習において長距離を泳ぐことに不安を感じている傾向が特に女子学生に強いことが報告されている³⁾が、鈴木らの報告⁹⁾では遠泳期間中に栄養補助食品を与えることが生理的・心理的に好影響があり、ストレスや疲労の軽減のために計画的な栄養補給が有効であると考えられている。

体温測定は、屋外環境で多人数を対象としたので、迅速・かつ非侵襲的な測定法として、赤外線照射式鼓膜温度計を使用した。鼓膜は視床下部と共に、頸動脈から枝分かれした動脈の供給を受けており、体温が急速に変化する状況での体温測定において鼓膜温変化は食道温や脳温の変化と類似し、鼓膜温は良好な核心温の指標となるとして、Brinellらが鼓膜温度計の有用性を報告している¹⁾。

本調査は事故の起こりにくい身体組成の確認、効果的な栄養摂取のあり方、遠泳実施を含む水泳訓練・指導に役立つデータを収集する目的で行った。身体組成、摂取栄養量および水泳能力がおよぼす体温への影響を検討したので報告する。

対象と方法

対象は、2008年7月末の4日間にわたる海浜実習

* 順天堂大学スポーツ健康科学部(水泳研究室)
Seminar of Swimming, School of Health and Sports
Science, Juntendo University

** 順天堂大学スポーツ健康科学研究科前期課程大学院
院院生
Graduate School of Health and Sports Science,
Juntendo University

*** 順天堂大学スポーツ健康科学部(スポーツ医学)
Research Laboratory of Sports Medicine, Graduate
School of Health and Sports Science, Juntendo
University

**** 順天堂大学スポーツ健康科学部(スポーツ栄養学)
Seminar of Sports Nutrition, School of Health and
Sports Science, Juntendo University

に参加した101人(男性53名,女性48名)の体育系大学生である。年齢は18~20歳(平均 18.6 ± 0.67 歳)で,体脂肪は男子が4.6~19.6%(平均 11.1 ± 0.44 %),女子では16.6~38.2%(平均 23.8 ± 0.72 %)であった。

対象者には遠泳の1週間前に行われたオリエンテーションにて本調査の意義や測定項目などの説明を行い,同意を得られた96名にその場で栄養調査・体重・体脂肪率測定を行った。当日欠席した5名には後日説明して同意を得た後,遠泳後に体組成測定・栄養調査を行った。

体組成の測定には,タニタ・マルチ周波数体組成計MC-190(インピーダンス法)を用いた。栄養調査には,ジェンダーメディカルリサーチ社のアンケート式栄養調査票を用い,上記オリエンテーション前1週間の食事内容の栄養分析を行った。鼓膜温測定には,赤外線照射式鼓膜温度計(日本シャーウッド社「ジニアス」,測定範囲 $15.6 \sim 43.3^{\circ}\text{C}$,測定時間2秒)を使用した。この赤外線照射式鼓膜温度計は熱源である鼓膜から放射される赤外線量を測定し,最高温度を鼓膜温度として採用するものである。外耳道に挿入するプローブの先端には,プローブの保護と感染防止のために使い捨てのカバーをかぶせて使用した。

遠泳は東京湾の内房に面した館山市北条海岸で行われた。実習班は,プールでの平泳ぎテストにより選抜された一番長い距離を泳ぐことが出来る学生を1班とし,以下を9班までに分け,1~3班をAグループ,4~6班をBグループ,7~9班をCグループとした。1日目・2日目には班ごとの練習(小遠泳)を行い,3日目に約2時間半にわたる大遠泳を全員で行った。また,4日目には班ごとに再度小遠泳の練習を行った。小遠泳後測定では,体温測定を迅速に行う必要性和器材数の制限のため,一度に1~2班に限って班全員の体温測定を行い,これを2日目・4日目の小遠泳の際に繰り返して全員の小遠泳後体温を測定した。小遠泳の時間の範囲は,40~115分であった。水泳能力と体温の関係を検討するためA~Cグループ間で体温の比較を行ったが,測

定対象とした小遠泳の遠泳時間が各班で異なったので,合同で小遠泳を行い遠泳時間が同じであった班の値,および他グループと遠泳時間が近い班の値を各グループの代表として報告に用いた。報告対象とした小遠泳の時間は,Aグループの2班で115分(他1班は28分),Bグループの2班で105分(他1班は93分),Cグループの1班で75分(他2班は40分)であった。

大遠泳では体温測定を迅速に行うために,各班から無作為に抽出した27人(男子19人,女子8人)について調査することとし,鼓膜温を遠泳前と遠泳直後で測定した。大遠泳前の測定は起床後すぐと,大遠泳およそ30分前に実施した。終了後の測定は,海からあがって1~2分以内に浜辺に設置したテントで行われ,頭部の水分をタオルで拭き取り外耳道の水分を綿棒で除いた後,鼓膜温度計で測定した。参加者は競泳水着,メッシュの水泳帽子,ゴーグルのみを着用し泳いだ。

遠泳前後に測定した各項目の値は,グループごとに平均 \pm 標準偏差で表した。遠泳後体温や摂取熱量などの群ごとの比較は,Studentのtテストによって検定した。また,統計処理の有意水準は,危険率を5%未満とした。

なお,本研究は順天堂大学スポーツ健康科学部研究等倫理委員会にて承認されている(順大ス倫第20-12号)。

結 果

実習期間中は終日快晴で気温・水温ともに高く,風もほとんどない穏やかなコンディションの中で行われた。小遠泳時(2日目)と大遠泳(3日目)の,気温,海水温(岸側)はそれぞれ以下のごとくである。2日目(午前8:30): 29°C , 26°C ,2日目(午後2:30): 32°C , 29°C ,3日目(午前10:00): 32°C , 28°C (沖側 26°C)。

小遠泳後の体温測定においては,A・Bグループの遠泳時間はCグループと比べて長く,A・Bグループ間では小遠泳後の体温に有意差は見られなかったが,A・Bグループの小遠泳後体温は共にCグ

表1 各グループの小遠泳時間と終了時体温(鼓膜温)

	Aグループ	Bグループ	Cグループ
n(男女計)	22	22	12
開始-終了時刻	14:30-16:25	14:30-16:15	9:00-10:15
浸水時間(分)	115	105	75
小遠泳後体温平均(°C)	34.0±0.48	33.8±0.44	35.6±0.18
小遠泳後体温範囲(°C)	33.3~35.4	32.8~34.8	34.5~36.4
平均体脂肪率(%)	16.4±1.50	15.6±7.49	20.2±2.26

表2 大遠泳時間と前後の体温(鼓膜温)

	男子(n=19)	女子(n=8)
開始-終了時刻	8:57-11:33(156分)	
起床時体温(°C)	35.2±0.41	35.1±0.39
直前体温(°C)	36.8±1.00	36.1±0.52
大遠泳後平均体温(°C)	35.4±0.53	35.6±0.51
大遠泳後体温範囲(°C)	34.1~36.1	34.8~36.2
体脂肪率平均(%)	12.5±4.02	19.8±3.68

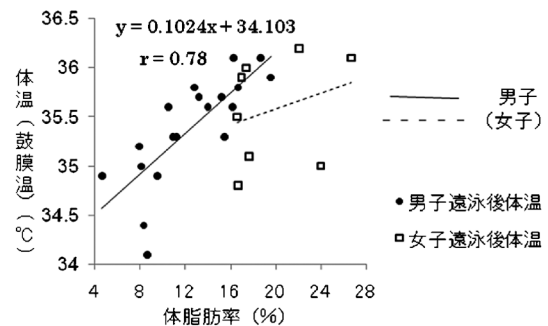


図1 男女別体脂肪率と大遠泳後体温(鼓膜温)の関係

グループに比べて有意に低い値を示した(表1)。体脂肪率は、それぞれのグループ間で有意な差は見られなかった。

3日目の大遠泳は約2時間半に渡り行われ、全員が完泳した。大遠泳後の体温に関しては、直後の測定を行った27人について報告する。

男女間で体温の差異は、起床時には男子がやや高く、直前では男子が優位に高い体温であった(p<0.05)が、直後の体温、および直前と直後の体温変化には男女間に有意な差は見られなかった。大遠泳の測定を行った27人について前後の体温と体脂肪率を表2に示す。

27人の体脂肪率と大遠泳直後体温の関係をみると、体脂肪率が高い者ほど、大遠泳後の体温が高かった。体脂肪率と大遠泳後体温の相関係数は、男子はr=0.78で、女子ではr=0.29だった。男女別の体脂肪率と大遠泳後体温の関係を図1に示す(図1)。

また、BMIと大遠泳後体温についても、男女で高い相関が見られた(男子r=0.63, 女子r=0.66)。個人の体温変化を見た場合でも、体脂肪率の低い者ほど遠泳前よりも体温が下がる傾向が見られた(図

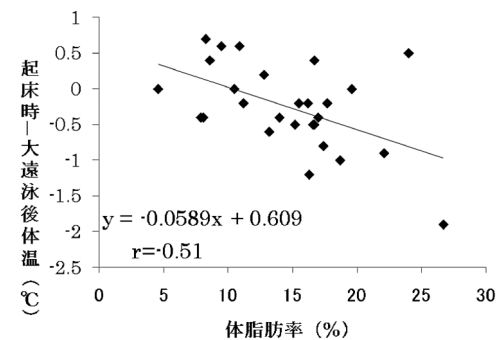


図2 大遠泳前後の体温変化(起床時-大遠泳後)と体脂肪率の関係(男女含む)

2)。

男子について体脂肪率ごとに三群に分けて検討した結果、大遠泳直前の体温は各群において有意な差は見られなかったが、大遠泳直後には体脂肪率が10%以下の者は、15%以下、20%以下の群に比べて有意に低い体温を示していた(図3)。

大遠泳後の測定をした男子のうち、小遠泳が長時間であったA・Bグループ(それぞれ115分、105分)の9名について、小遠泳後の体温(33.8±0.54°C)

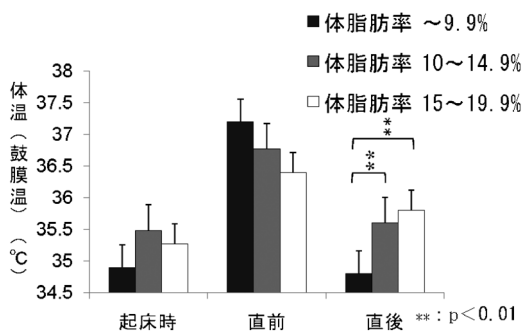


図3 男子の体脂肪率と大遠泳前後の体温(鼓膜温)の関係

と大遠泳後の体温 ($35.4 \pm 0.47^\circ\text{C}$) を比較したところ、小遠泳後の方が有意に低い体温であった。

栄養調査の結果、男子、女子の平均値はそれぞれエネルギー(熱量) 2049 ± 777 kcal, 1517 ± 657 kcal, 蛋白質 65.5 ± 30.3 g, 47.4 ± 20.8 g, 脂質 52.1 ± 22.5 g, 46.2 ± 23.0 g, 炭水化物 319.8 ± 134.4 g, 222.1 ± 100.7 g であった。大遠泳後の体温との関係では、摂取熱量(体重当たり)が多い者ほど遠泳後体温が低くなる傾向が見られた(男子: $r = -0.2$, 女子: $r = -0.4$)。また、体重当たりの蛋白質摂取量が多い者ほど大遠泳後の体温は低い傾向であり(相関係数は男子: $r = -0.2$, 女子: $r = -0.33$)、炭水化物摂取量との間も女子で負の相関が見られ(相関係数は男子: $r = -0.03$, 女子: $r = -0.4$)、脂質摂取量とは顕著な関係が見られなかった。

考 察

以前から報告されているように、今回の調査でも遠泳後の体温と体脂肪率の間に相関が見られた。この傾向は、男子でより顕著であった。しかし、今回は水温が $26\text{--}29^\circ\text{C}$ と高く、全体的に深刻な体温低下は見られなかった。

体格の面から考えると、近年若年女性の体重の低下傾向が報告されており⁵⁾、BMI が遠泳後の体温と比例関係にあると報告されていることから⁶⁾、女子の低体温のリスクが高くなっているのではと考えた。しかし、今回の対象者は普通体重 ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$) の割合が多く(女子92%, 男子89%), 体育

系大学生という特性上、運動習慣が高く適度な筋肉量を維持していることで、健康的な ($\text{BMI} = 22$ に近い) 体重の者が多かったと考えられ、遠泳においては非体育系学生より体温低下度は比較的小さかったことが考えられた。

小遠泳において、Cグループに比べてA・Bグループの方が小遠泳後の体温が低かったが、体温低下に影響を及ぼす要因である体脂肪率はそれぞれのグループ間では有意な差は見られなかったため、A・Bグループの方が遠泳時間が長かったことによるものと考えられた。2時間にわたる遠泳の際に水泳能力の高い者の方がより遠泳後の体温が高かったという報告¹⁰⁾があることから、水泳能力が体温低下に影響する可能性が考えられたが、今回は遠泳時間が同一でなかったために明確な傾向の分析に至らなかった。

また、大遠泳では、小遠泳よりも浸水時間が長かったにも関わらず遠泳後の体温は高い傾向が見られた。この理由として、小遠泳では海への体慣らしという意味合いもあり移動速度が遅く、大遠泳に比べて運動強度が低かったため結果的に体熱産生量が少なかった可能性が考えられ、練習中の参加者に対する注意深い観察の必要性が改めて示唆された。

今回の体温測定では赤外線照射検知式鼓膜温計を用いたが、オープンウォータースイムレースの後に舌下温度と鼓膜温度の測定をした調査²⁾によればレース後の鼓膜温は口腔温より平均 2.7°C 低かったという報告もあり、外耳道が海水に触れることでより低い値が検出された可能性が考えられた。今後より正確な深部温調査のためには深部温と鼓膜温の差異の検討を行う必要があるが、迅速で非侵襲的な測定が出来る赤外線照射検知式鼓膜温計の持つ潜在的有用性は高いと考えられる。

遠泳前の食事調査の結果では、摂取栄養量が多い者ほど遠泳後体温が低くなる傾向が特に女子で顕著に見られたが、これは、体脂肪率と摂取熱量(体重当たり)が反比例の関係であったこと(男子: $r = -0.1$, 女子: $r = -0.5$)が影響したと考えられ、食習慣や摂取栄養量と遠泳後体温との関連は見られ

なかった。

謝 辞

今回調査にあたり、快く御協力下さりました団長の菅波盛雄先生、教員やコーチの皆様に厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) Brinnet, H. and Cabanac, M. (1989) Tympanic temperature is a core temperature in humans. *Journal of Thermal Biology* 14, 47-53.
- 2) Holmer, I. and Bergh, U. (1974) Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. *J Appl Physiol* 37, 702-705.
- 3) 池畑亜由美, 長谷川望, 鈴木大地, 中島宜行(2003) 海浜実習における不安要因に関する研究. 順天堂大学スポーツ健康科学研究, 7, 62-67.
- 4) 神奈川県水産技術センター(2005)海況図データベース 東京湾口海況図, ホームページ(2005年7月15日) Available from: <http://www.agri.pref.kanagawa.jp/suisoken/kaikyozu/TokyoWanko.asp?tn=01&y=2005&m=7&d=15&disp=>
- 5) 厚生労働省(2007)平成17年 国民健康・栄養調査結果の概要. ホームページ Available from: <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2007/05/h0516-3.html>
- 6) Nuckton, T. J., Claman, D. M., Goldreich, D., Wendt, F. C. and Nuckton, J. G. (2000) Hypothermia and after drop following open water swimming: The Alcatraz/San Francisco swim study. *Am J Emerg Med* 18, 703-707.
- 7) Pugh, L. G. C. and Edholm, O. G. (1955) The Physiology of Channel Swimmers. *Lancet* 269 (6893), 761-768.
- 8) Rogers, I.R., Brannigan, D. Montgomery, A., Khangure, N., Williams, A. and Jacobs, I. (2007) Tympanic thermometry is unsuitable as a screening tool for hypothermia after open water swimming. *Wilderness Environ Med* 18, 218-221.
- 9) 鈴木省三, 宮城 進, 高橋弘彦, 藤井久雄, 佐藤 佑 (1998) 栄養補助食品が泳力の劣る海浜実習生に及ぼす生理・心理的影響. 日本体育学会大会号 49, 574
- 10) 田中英登, 斎藤敏能, 佐野 裕, 田村 誠, 落合 優, 蝶間林利男ら(2000) 遠泳実習における遠泳時体温変動. 横浜国立大学教育人間科学部紀要 3, 117-123.

(平成21年2月6日 受付)
(平成21年2月25日 受理)