

オープンウォータースイマーの屋外プール練習に
おける鼓膜温と皮膚表面温度の変化について

The change of tympanum and skin surface temperature in the outside
swimming pool practice of open water swimmers.

松本高明*, 青葉貴明***, 内藤祐子**, 奥勝隆***

Takaaki MATSUMOTO *, Takaaki AOBA ***, Yuko NAITO **
and Katsutaka OKU ***

ABSTRACT

Open water swimming (OWS) becomes an official event for the first time with the Beijing Olympic game that will be held in 2008 on August 8~24 and is drawing attention suddenly. However, there are few the injury survey and reports regarding OWS, and we have become necessary to obtain the foundational data. Hypothermia is the obstacle that occurs with an OWS. However, there is little research regarding hypothermia by OWS in Japan. We studied to the 18 open water swimmers (11 male, 7 women). The average age of the swimmers, was 47.9 ± 10.2 (29~64). The swimming experience years were 16.7 ± 12.9 (5~58). The tympanum temperature was measured immediately before and after entrance water by using the uncontact tympanum clinical thermometer as deep body temperature. Body surface temperature was measured by using the temperature sensor of skin thermometer on the shoulder, chest, the thigh of the right and left. Before entrance water, the mean value of tympanum temperature was $36.3 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ($36.5 \sim 36.9^\circ\text{C}$), and after was $35.1 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ($33.2 \sim 35.5^\circ\text{C}$). Relative temperature sense (RTS) fell off from 0.8 ± 1.7 (2~-2) to 0.9 ± 0.2 (0~-5) $^\circ\text{C}$. All the parts of skin surface temperatures were fell off after swimming in the water significantly from 2.3 to 6.3 $^\circ\text{C}$. Especially, the decline of the skin temperature of the chest was remarkable. The thermal insulation of the chest of open water swimmers may be important from this case. The tympanum temperature that reflects the core body temperature (CBT) did not show even the correlations with the body surface temperature of any parts of the skin, although it fell off after swimming. As the body fat rate is high only, skin temperature of the chest in relation to skin temperature and body organization, and also as the basal metabolism is low the decline of skin temperature was observed.

Key words; open water swimming, tympanum temperature, skin surface temperature

* 国士館大学体育学部 (Lab. of Sports medicine, Faculty of Physical education, Kokushikan University)

** 国士館大学体育学部 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

*** 国士館大学大学院スポーツシステム研究科 (Lab. Graduate School of Sports System, Kokushikan University)

はじめに

オープンウォータースイミング (OWS) は、2008年、8月8日～8月24日まで開催される北京オリンピックで初めて、10km競技が正式種目となり、にわかに注目を集めている。しかしながら、オープンウォーターに関する傷害調査や報告は少なく、その基礎資料を得ることが必要になってきている。オープンウォーターで発生する障害に、低体温症があげられる¹⁾。しかしながら、日本におけるOWSによる低体温症に関する研究は少ない^{2) 3)}。OWSでは、20度そこそこの水温で泳ぐ能力が要求される。国際水泳連盟 (FINA) のルールでも、OWSの最低水温は14℃に定められている⁴⁾。低体温下での遊泳は、深部体温の低下を招き低体温症に陥る危険性をはらんでいる。OWSの大会で、競技中に低体温症になり、棄権する選手も散見される^{5) 6)}。そこで、今回われわれは、水温の低いプールで泳ぐことによる深部体温や皮膚表面温度の変化、また温度変化と身体組成との関係についての検討を行った。

対象と方法

OWSの何らかの大会に出場経験のある18名 (男性7名 女性11名) を対象とした。被験者の平均年齢は、47.9±10.2 (29～64) 才、水泳経験年数は、16.7±12.9 (5～58) 年であった。被験者には、研究の趣旨を説明し、その同意を得た。被験者に対し、身長、体重を測定し、BMIを算出した。体脂肪率、基礎代謝量は、オムロン社製HVF-352-Vを用い、インピーダンス法にて測定した。体温は、深部温度として非接触式鼓膜体温計 (ミミッピーTM: テルモ社)⁷⁾ を用いて入水直前と退水直後の鼓膜温を測定した。体表面温度は、AMIテクノ社製の皮膚温度計AM7002の温度センサーを用いて測定し、左右の肩、胸、大腿部を測定部位とした。男性の測定部位は肩、胸、大腿部とも露出しており、女性は胸部が水着で覆われ、肩と大

腿部は露出していた。温度センサーは、直接皮膚にてテーピングテープで密着するように貼付し、入水前の水上安静時、退水直後の水上安静時に測定を行った。水着は各自自由なものを着用したが、保温の効果を持っているものは除外した。また、自覚的溫度感覚 (RTS) を入水前、入水後に聴取した。(表1)²⁾ 当日の屋外プールの水温は22℃、気温は20.5℃であった。入水前後の差の検定はt検定を用い、相関の検定は、相関係数を算出して検定した。

結果

被験者の、身長、体重、BMI、体脂肪率を表2に示す。入水前、退水後の鼓膜温の平均値は36.3±0.4℃ (36.5～36.9℃) から35.1±0.9℃ (33.2～35.5℃) に、温度差は1.2±0.9℃ (0～3.2℃) 有意 (p<0.001) に減少した。RTSは、入水前0.8±1.7 (2～-2) から-0.9±2.0 (0～-5) に有意 (p<0.001) に低下した。皮膚表面温度は表3に示すように、全ての部位で、2.3から6.3℃有意に退水後に低下した。

部位では、胸部の低下が最も大きく、大腿、肩の

表1 主観的溫度感覚 (RTS)

気温感覚		水温感覚
ひどく暑い	+5	ひどく熱い
暑い	+4	熱い
少し暑い	+3	少し熱い
暖かい	+2	暖かい
少し暖かい	+1	少し暖かい
感じない	0	感じない
少し涼しい	-1	少し冷える
涼しい	-2	冷える
少し寒い	-3	少し凍える
寒い	-4	凍える
ひどく寒い	-5	ひどく凍える

順で低下を示した。

性差では、身長、体重では差を認めたが、BMIでは差がなく、基礎代謝、体脂肪率では、男性の基礎代謝が有意に高く、女性は有意に体脂肪率が高かった。(表2)皮膚温に関しては、両肩の退水後、両胸の退水後、入水前と退水後の温度差、左胸の入水前に有意差を認めた。3つの部位では、胸の皮膚温の低下が最も大きかった(表4)。鼓膜温、RTSは、性差を認めなかった(表5)。

皮膚温の変化と体組成の関係では、胸の皮膚温

だけは、体脂肪率が高いほど、また、基礎代謝が低いほど有意に皮膚温の低下がみられた。しかしながら、肩、大腿部では、体組成、基礎代謝と皮膚温の変化との相関は示さず、皮膚温の部位別の関係は、肩と胸の皮膚温は関連性があるが、大腿部は他の部位と関連性はなかった。

考 察

一般に、深部温度の低下により、低体温症にな

表2 被験者の、身長、体重、BMI、基礎代謝、体脂肪率

性別	体組成				
	体重(kg)	身長(cm)	BMI(kg/m ²)	基礎代謝(kcal)	体脂肪率(%)
1男	68.0	168.0	23.5	1486	24.8
2男	67.4	170.0	23.3	1517	19.8
3男	62.0	170.0	21.5	1423	20.6
4男	60.0	165.0	22.0	1410	11.3
5男	75.2	171.0	25.7	1559	19.7
6男	65.0	166.0	23.6	1432	21.4
7男	58.8	170.0	20.3	1390	11.7
8男	78.8	185.0	23.6	1677	20.5
9女	62.0	166.0	22.5	1279	29.1
10女	63.8	171.5	21.7	1397	25.3
11女	54.0	160.0	21.1	1143	28.0
12女	46.6	153.5	19.8	1069	24.3
13女	43.4	148.0	19.8	980	29.8
14女	51.4	159.0	20.3	1146	23.2
15女	48.4	152.0	20.9	1052	25.8
16女	62.4	164.0	23.2	1237	30.6
17女	55.0	159.0	21.8	1161	26.5
18女	60.6	149.5	27.1	1148	33.5
男性平均	66.9	170.6	22.9	1486.8	18.7
女性平均	54.8	158.3	21.8	1161.2	27.6
全体平均	60.2	163.8	22.3	1305.9	23.7
性差P	p<0.01	p<0.01	N. S.	p<0.001	p<0.001

表3 皮膚表面温度の変化

	入水前	退水後	温度変化	p
右肩	33.0±0.8	30.1±1.5	-2.3±1.3	p<0.001
左肩	32.4±0.8	29.8±1.4	-2.7±1.6	p<0.001
右胸	33.3±0.9	27.4±1.4	-5.9±1.7	p<0.001
左胸	33.1±1.1	26.9±1.7	-6.3±2.3	p<0.001
右大腿	31.9±0.7	26.4±1.5	-5.5±1.6	p<0.001
左大腿	31.7±0.8	26.2±1.5	-5.6±1.6	p<0.001

表4 皮膚温の性差

	皮膚温					
	右肩			左肩		
	入水前	退水後	差	入水前	退水後	差
男性	33.0±0.8	31.2±0.8	1.3±1.3	32.5±0.8	30.5±0.5	2.0±1.1
女性	33.0±0.7	29.3±1.5	3.2±2.6	32.4±0.8	29.2±1.7	3.3±1.7
差	N.S.	p<0.01	N.S.	N.S.	p<0.05	N.S.
	右胸			左胸		
	入水前	退水後	差	入水前	退水後	差
男性	33.0±1.0	28.4±1.0	4.6±1.4	32.5±1.0	28.4±1.2	4.2±1.6
女性	33.5±0.7	26.6±1.0	6.9±1.0	33.7±0.7	25.8±1.0	7.9±1.1
差	N.S.	p<0.01	p<0.001	p<0.01	p<0.001	p<0.001
	右大腿			左大腿		
	入水前	退水後	差	入水前	退水後	差
男性	32.2±0.7	26.6±0.8	5.5±1.4	31.8±1.0	26.5±1.2	5.3±1.6
女性	31.7±0.6	26.3±1.9	5.5±1.8	31.7±0.6	25.9±1.6	5.8±1.6
差	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

表5 鼓膜温と、RTSの性差

	鼓膜温			RTS	
	入水前	退水後	温度差	入水前	退水後
男性	36.3±0.4	35.2±0.9	1.1±1.1	1±1.2	-0.4±2.0
女性	36.3±0.3	35.1±0.9	1.2±0.8	0.6±2.0	-1.4±1.8
差	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

表5 皮膚表面温度の低下と体脂肪率、基礎代謝、BMI、鼓膜温との間の相関係数と相関

	右肩	左肩	右胸	左胸	右大腿	左大腿
体脂肪率	-0.522	-0.452	-0.653	-0.686	0.111	0.005
基礎代謝	0.256	0.184	0.533	0.617	-0.103	0.048
BMI	0.093	-0.054	0.0811	0.132	-0.089	0.092
鼓膜温	0.402	0.19	0.0498	-0.21	-0.202	-0.311
			p<0.01, r=0.606	p<0.05, r=0.482		

り、その深部温度は32から35℃といわれている¹¹⁾。また、疲労、風による温度低下により、さらに低体温症になることが指摘されている^{9) 10)}。今回の屋外プールの練習は、水温が低かったため、時間にして40分程度の入水時間で、安全の観点から、寒いと感じたら速やかに退水するように指示をだしていた。しかしながら、退水後の鼓膜温は、35℃を下回ったものが18名中6名であり、低体温症に至るまでの深部体温の低下が認められた。しかしながら、オープンウォーターでは、長い場合には6時間程度泳ぐ。10kmの距離であると、2時間程度は水中にいることになる。そのため、入水により有意に鼓膜温が低下していることから、実際には、2時間以上の連続した泳ぎによっては、かなりの頻度で低体温症の危険に陥ることも考えられ、水中の滞在時間と深部体温との関係を更に

経時的に研究する必要がある。この対象は、市民スポーツ愛好家であり、トップアスリートではない。しかしながら、オープンウォーターの競技人口が増えていることから、低体温症に対する一般愛好家への注意を喚起したり、トップアスリートの深部体温の変化を調べる必要があろう。

皮膚の表面温度は、すべての部位で有意に低下を示し、RTSでも、低下を示した。競泳においては、26.0±1.0℃の水温で競技がおこなわれる。また、通常の温水プールの水温は30℃前後であり、中高年齢者の水中運動による皮膚表面温度の低下は肩、胸大腿では、約0.3℃、2.2℃、0.6℃の報告¹¹⁾があり、この温度よりも、水温の低いプールではやはり肩、胸、大腿では、左右の平均値で約2.5℃、6.1℃、5.6℃の体表面温度の低下が認められる。オープンウォーターでの対策としてやはり、皮膚表面温度の低下予防は必須であり、体表面温度の低下と深部体温の低下を予防するウオームスイムスーツの開発が求められる。また、男女とも、胸部の体表面温度の低下が著しくかつ、女性の胸部の体温の低下が有意に低く認められることから、部位別に、また性別の保温に優れた水着の開発が行われると、低体温の防止に役立つのではないと思われる。産熱は筋の活動によってもたらされる¹²⁾。今回の測定でも、基礎代謝が高い者ほど体表面温度の変化の抑制が見られる。逆に、体脂肪率が高いほど、皮膚表面温度の低下が認められる。これは、長時間の低体温の状態は、体脂肪率を低くして、筋量を増加させることで改善できる可能性を示唆していると考えられた。

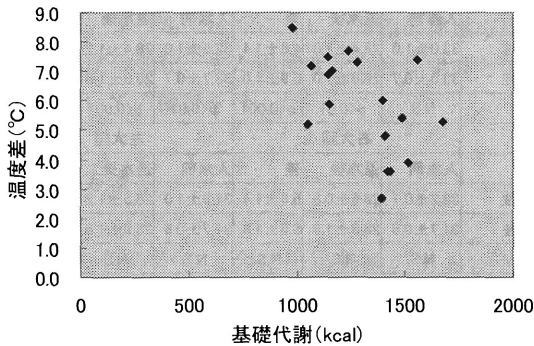


図1 基礎代謝と右胸の皮膚温度の差の関係

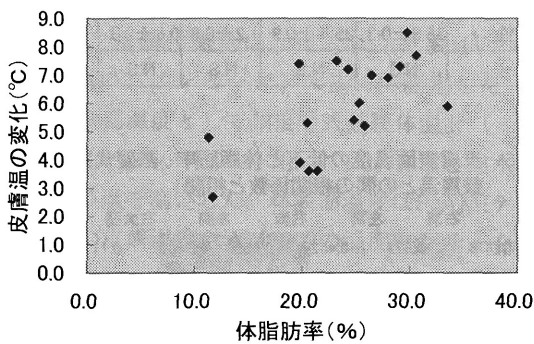


図2 皮膚温の低下と体脂肪率との関係

結 論

体表面の皮膚温度は、泳ぐ後のほうが、肩、胸、大腿のどの部位も低下した。とくに、その部位の中では、胸の皮膚温度の低下が著しかった。このことから、オープンウォータースイマーの胸の保温が大切である可能性が示唆される。深部体温を反映する鼓膜温度は、泳いだ後に低下したが、皮

膚のどの部位の表面温度との相関も示さなかった。皮膚温と体組成の関係では、胸の皮膚温だけは、体脂肪率が高いほど、また、基礎代謝が低いほど皮膚温の低下がみられた。皮膚温の部位別の関係は、肩と胸の皮膚温は関連性があるが、大腿部は他の部位と関連性はなかった。

この研究は、国士舘大学体育研究所の助成金によって行われた。また、研究に際して、海人クラブ（主宰 大貫映子氏）の会員さんの協力によって行われた。海人クラブの会員の方々に深謝いたします。また、測定に協力していただいた、国士舘大学体育学部松本研究室のゼミ生の皆様に深謝いたします。

引用・参考文献

- 1) Butcher JD, Gambrell RC :Hypothermia, Medical Problems in Athletes. Malden Massachusetts, Blackwell Science, 285-292, 1997.
- 2) 甲斐美和子：水中での体温変化, Jpn. J. SPORTS SCI., 7, 505-509, 1998.
- 3) 朴 晟鎮, 日高一郎, 武藤芳照：人体に及ぼす水温の影響, 体育の科学, 46 (7), 534-539, 1996.
- 4) FINA Handbook 1998-2000 149-160.
- 5) David F. Gerrord: Open Water Swimming ,Particular Medocal problems, Clinical sports medicine, aquatic sports injuries and rehabilitation. 337-347, 1999.
- 6) David F. Gerrord: Open Water Swimming, Particular Medocal problems, Clinical sports medicine, aquatic sports injuries and rehabilitation. 342, 1999.
- 7) 川村 惇夫, 松川 隆, 尾崎 真, 熊澤 光生：市販されている非接触式鼓膜体温計の開心術における検討、Can J Anaesth 1996; 43:1224-8.
- 8) Kellet jj: Medical consideration in aquatic sports. Medicine and Science Sports and Exercise. 576-589, 1995.
- 9) Gagge AP, Stolwijk JAJ and Hardy JD: Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures, Environ. Res., 1, 1967.
- 10) W R Keatinge, M Khartchenko, N Lando, et.al.: Hypothermia during sports swimming in water below 11°C, Br. J. Sports Med 35 352-353, 2001.
- 11) 松本高明：保温用水着の効果、水と健康医学研究会誌、8、11-15、2005.
- 12) 谷口 興一：寒冷による障害、内科学、朝倉書店、69-71、1992.