

3種類の異なる水温下での低強度長時間水泳時の心拍・血圧応答

堀田, 昇
Institute of Health Science Kyushu University

大柿, 哲朗
Institute of Health Science Kyushu University

金谷, 庄藏
Institute of Health Science Kyushu University

藤島, 和孝
Institute of Health Science Kyushu University

他

<https://doi.org/10.15017/590>

出版情報 : 健康科学. 15, pp.63-68, 1993-02-15. 九州大学健康科学センター
バージョン :
権利関係 :

3種類の異なる水温下での低強度長時間水泳時の心拍・血圧応答

堀田 昇 大柿 哲朗 金谷 庄藏
藤島 和孝 清水 富弘* 正野 知基**

Heart Rate and Blood Pressure Responses to Low Intensity Prolonged Swimming at Three Different Water Temperature

Noboru HOTTA, Tetsuro OGAKI, Shozo KANAYA,
Kazutaka FUJISHIMA, Tomihiro SHIMIZU* and Tomoki SHONO**

Summary

The purpose of the present study was to clarify heart rate and blood pressure in response to low intensity prolonged swimming at three different water temperature. Six male swimmers (age; 19.8 years old, stature; 168.6 ± 1.9cm, weight; 66.75 ± 3.88kg, %Fat; 13.2 ± 3.4%, $\dot{V}O_2$ max; 53.9 ± 2.4ml/kg · min) participated in this study.

Subjects were swum for 2 hours at three different water temperature (23°C, 28°C and 33°C) in a swimming flume by breaststroke. Heart rate during exercise at 28°C were lowest values, while heart rate at 23°C and 33°C were almost same values. Oxygen intake at rest and during exercise were highest level at 23°C condition. Two hours swimming at 23°C induced a great increase in systolic and diastolic blood pressure. Rate pressure product at 23°C condition were higher than other water temperature conditions.

So, it would be suggested that low intensity prolonged swimming should be performed in warm water temperature, not be in cold water temperature.

Key words: Swimming, Water temperature, Heart rate, Blood pressure

(Journal of Health Science, 15 : 63-68, 1993)

緒 言

水泳運動中のエネルギー代謝, 呼吸循環応答および代謝応答には水温, 泳速, および運動時間が影響することはよく知られている^{1),2),3),4),5),7),8)}。

Galbo³⁾は, 60分間の高強度水泳の場合, 高温

(33°C) 条件ではホルモン応答の変化や深部温の上昇が生じてしまうため, 低温条件のほうが好ましいと結論している。一方, Costill²⁾は, 20分間程度の運動時間であれば代謝応答に対して水温 (17.4°C, 26.8°Cおよび33.1°C) の影響は少ないと述べている。

日本古来の遠泳という運動は, 運動強度が著しく低

Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan.

*Faculty of Education, Oita University, Oita 870-11, Japan.

**Beppu Women's Junior College, Beppu 874-01, Japan.

く、反対に運動時間は長い。このような低強度、長時間運動に対する生理・生化学的応答については、これまでほとんど研究されていない。

そこで、本研究では3種類の異なる水温条件下で2時間の平泳ぎ運動を行なわせ、特に心拍、血圧応答から水温の影響を検討した。

研究方法

1) 被験者

被験者は大学水泳部に所属する男子学生6名であった。彼らの年齢、身長、体重、水中体重法での体脂肪

2) 方法

回流水槽（アクアティックジャパン社製：スイムマスター）を用いて、水温23°C、28°Cおよび33°Cの条件下で2時間の平泳ぎを行なった。被験者は、入水前から2時間の運動終了までテレメータ法にて $\dot{V}O_2$ の心電図を連続してモニターし、その出力をホルター心電計に記録した。呼気ガスは、自動呼気ガス分析器（ミナト医科学社製：AE10）を用い、水中安静5分間、運動開始20~30分、50~60分、80~90分および110~120分間の10分間測定を行なった。血圧および採血は入水前の安静時、入水後の安静時および呼気ガス測定終了後

Table 1. Physical Characteristics of Subjects

	Age yr	Stature cm	Weight kg	%Fat* %	$\dot{V}O_2$ max ml/min	(in water) ml/kg · min
MEAN	19.8	168.6	66.75	13.2	3628	53.9
S.D.		1.9	3.88	3.4	228	2.4

* %Fat was estimated by under water weighing method.

率および回流水槽での平泳ぎで求めた最大酸素摂取量を表1に示した。最大酸素摂取量の測定は、初めの流速を0.2m/分、次に0.4m/分それぞれ2分間づつ泳ぎ以後、0.1mづつ漸増させ疲労困憊に至らしめた。このプロトコールおよび疲労困憊時の呼吸循環パラメータについては別のところ⁶⁾に詳細に述べられている。

に行なった。実験手順の概略を図1に示した。

血液は主としてカテコールアミンについて分析を行なった。血圧は立位にて、聴診法で測定を行なった。

測定時の室温および相対湿度は、それぞれ29.7±1.2°Cおよび88.3±3.0%であった。

3) 統計処理

得られた結果は、すべて平均値と標準偏差で表わし

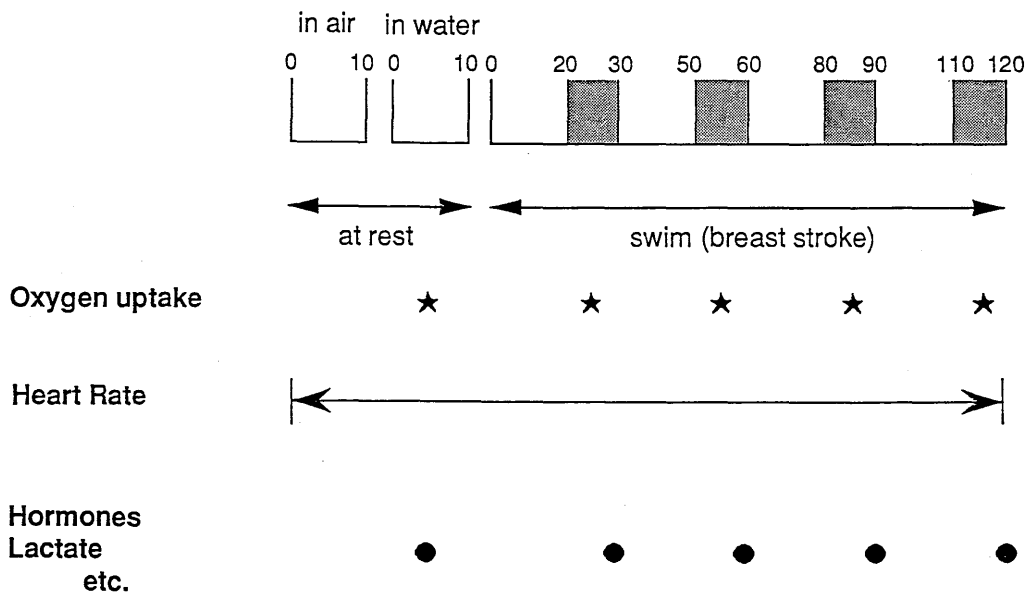


Fig 1. Experimental protocol

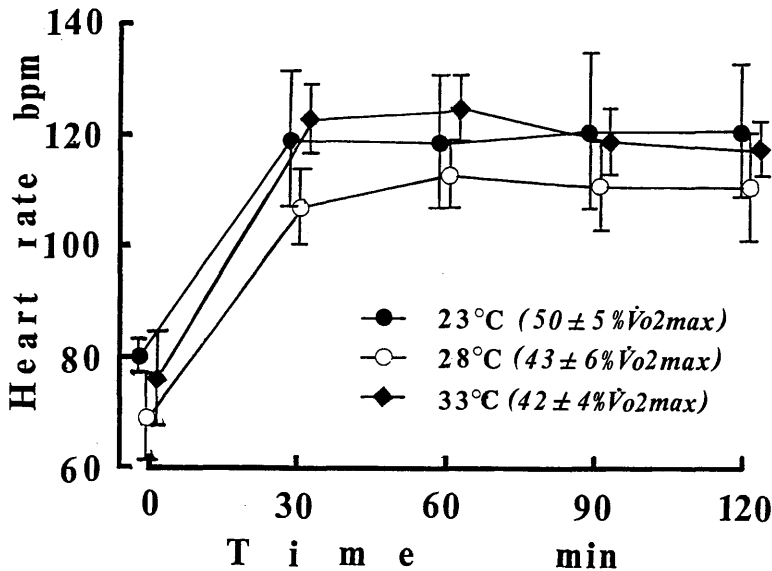


Fig 2. Change of heart rate during swimming at different water temperature

た。平均値の有意差検定は、対応のある Student の t テストを用い、その有意水準は危険率 5%未満 ($p < 0.05$) のものを採用した。

研究結果

1) 心拍数

安静時および 2 時間の運動中の 30 分ごとの心拍数の平均値と標準偏差を図 2 に示した。水中安静時から 28°C の時の心拍数 (69 ± 8 拍/分) は、23°C (80 ± 3 拍/分) および 33°C (76 ± 9 拍/分) に比べ統計的に有意に低かった。

この傾向は 2 時間の運動中も同様であり、特に運動開始 60 分目までの心拍数は 28°C の条件の時が他の 2 条件の水温にくらべて統計的に有意に低い値であった。

2) 酸素摂取量

安静時および水泳時の絶対値での酸素摂取量の変化を図 3 に示した。

酸素摂取量は安静時から、23°C の条件が他の高温条件にくらべて統計的に有意ではないが高値を示した。この傾向は運動時間が長くなるにつれてやや大きくなり、2 時間の運動終了直前には 23°C の条件での酸素摂取量は他の 2 条件時のそれと比較して、250~350 ml/分高い値であった。

3) 血圧

安静時および運動中の収縮期および拡張期血圧の変化を図 4 に示した。陸上および水中安静時には 3 水温条件下で統計的な有意な差は認められなかった。しかし、水泳運動中は 33°C の拡張期血圧が 23°C および 28°C にくらべて有意に低い値であった。

さらに、運動終了直前の 120 分目の血圧は 23°C および 28°C の値よりも統計的に有意に低い値であった。

4) 血中カテコールアミン

エピネフリンは各温度条件間で有意な変化は認められなかった。一方、ノルエピネフリンの値を図 5 に示した。28°C および 33°C の条件下では、水中安静から 2 時間の運動終了まで 0.5~0.7 ng/ml とほぼ等しい値であった。

しかし、23°C 条件では水中安静から他の条件よりも高い値を示し、特に運動中は統計的に有意な高値を示した。

考 察

本実験の運動強度は各個人の水泳中の酸素摂取量の実測値から、23°C、28°C および 33°C 条件でそれぞれ、50 ± 5、43 ± 6 および 42 ± 4 % $\dot{V}O_{2max}$ であった。したがって、同一水流での運動にもかかわらず、水温が

低いほど生体に対する運動強度は高かったことになる。同様に心拍数も28°C条件の時がいずれの運動時間のところでも23°C条件にくらべて低い値であった。

23°C条件時の酸素摂取量が、他の条件にくらべていずれの運動時にも高いことは低温から由来する“震え”の影響により、水泳運動のエネルギーに加え、震えの

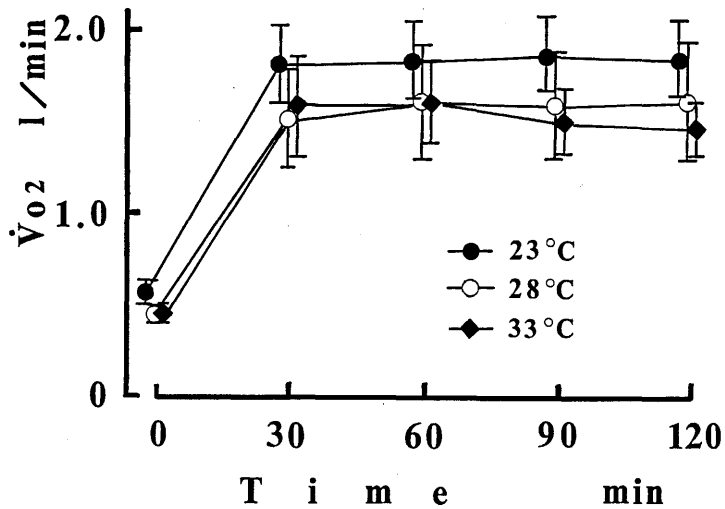


Fig 3. Oxygen intake during swimming at different water temperature

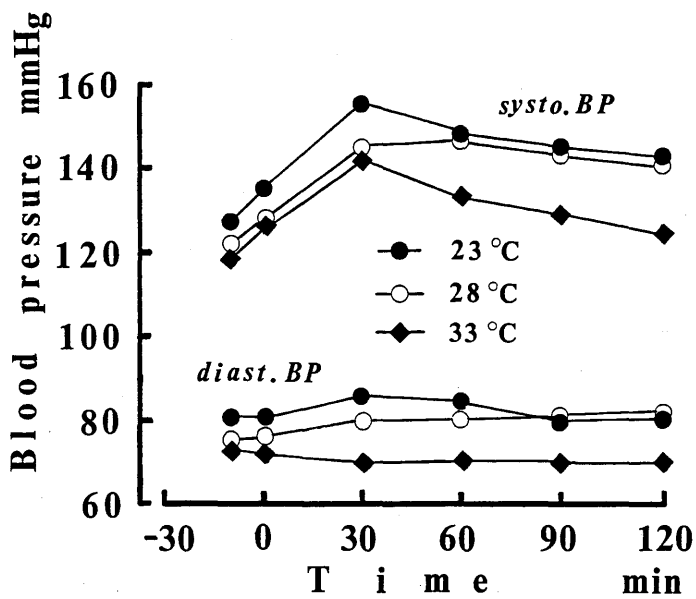


Fig 4. Changes of blood pressure during prolonged swimming

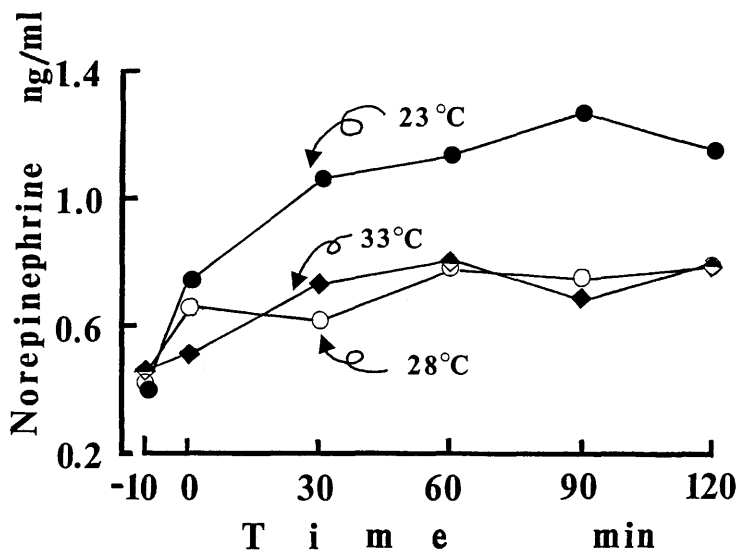


Fig 5. Changes of norepinephrine during prolonged swimming

エネルギーが加わったために高い値になったものと思われる。

一方、水泳時の血圧は収縮期および拡張期とも33°C条件がもっとも低い値であった。反対に、23°C条件では安静時および運動時とも他の2条件にくらべて高い値であった。運動時の血圧は、姿勢、環境温度、年齢、運動形態あるいは体力レベルにより影響を受けることが知られている³⁾。

本実験条件での33°C条件下は水泳時の水温としては“高温条件”に分類される。高温条件下では皮膚の末梢血管が体温放熱のために拡張される。一般に運動時の動脈血圧は、血流と末梢抵抗の積として表わされる。体温放熱のために末梢血管の拡張は、この末梢抵抗を低下させる原因となり、運動中の収縮期および拡張期血圧の低下になったものと思われる。

反対に、23°C条件では低温のため保熱のために末梢血管が収縮したと考えられる。この推測は運動中の血中ノルエピネフリンの動態によって裏付けられた。すなわち、血中ノルエピネフリンレベルは運動開始時から終了時まで23°C条件時が他の28°Cおよび33°C条件にくらべて有意に高い値であった。このことは23°Cの水温が生体に対して寒冷ストレスとして作用し、交感神経活動を介して血圧を上昇させたものと思われる。

心拍数と収縮期血圧との積である、Rate Pressure Product は、一般に心筋の酸素消費量を表わしていると

いわれている。3条件下の Rate Pressure Product の値を図6に示した。この値は安静時から運動中いずれの場合においても23°C条件が他の2条件にくらべて高い値を示した。したがって、低温下での水泳は心筋の酸素消費量を増加させることを示している。28°Cおよび33°Cでの Rate Pressure Product は安静から運動終了までの2時間全体を比較するとほぼ等しい値であった。

Galbo ら⁴⁾は、長時間水泳では33°Cのような高温条件は深部体温の上昇などの面から好ましくないと述べている。しかし、彼らの実験条件は運動強度が68% $\dot{V}O_2$ max, 60分間と本研究よりもかなり高いものであった。彼らの深部体温の上昇はこの運動強度が高いためである。

われわれが用いた遠泳のような40~50% $\dot{V}O_2$ max 程度の低強度長時間水泳の場合には、酸素摂取量、血圧および Rate Pressure Product から判断して、少なくとも23°Cのような低温より28°C以上の水温が生体に対しては好ましい水温であると結論した。

要 約

1. 男子大学水泳選手に対して、回流水槽を用いた2時間の平泳ぎ運動を水温23°C、28°Cおよび33°Cの条件下で行なわせた。
2. 運動中の心拍数は28°C条件下で低く、他の2条件

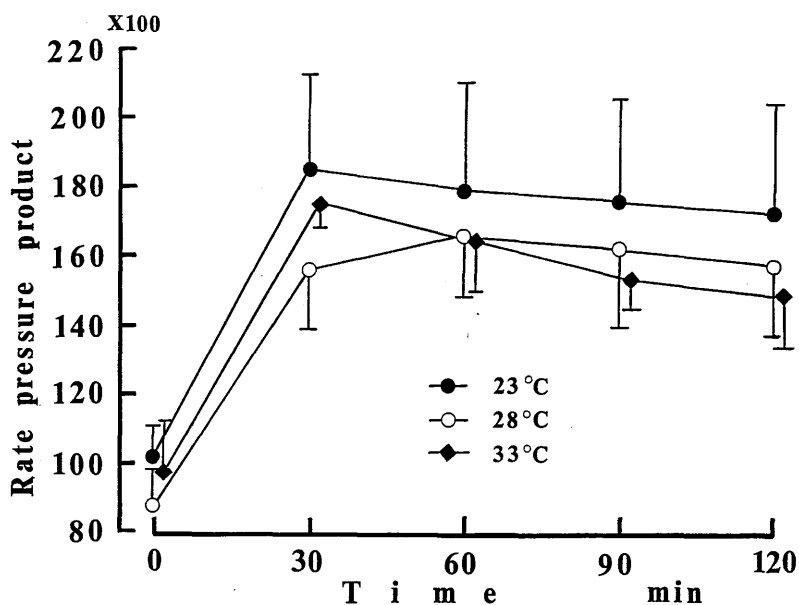


Fig 6. Rate pressure product during low intensity prolonged swimming

下ではほぼ同じであった。

3. 酸素摂取量は、水中安静から2時間の運動中すべて23°C条件が高い値を示した。
4. 心筋の酸素消費量を示す Rate Pressure Product の値は、23°C条件がもっとも高い値を示した。
5. 本研究のように低強度(40~50% $\dot{V}O_{2max}$)、長時間(2時間)の水泳運動では心拍、血圧応答から見て、少なくとも28°C以上の水温で行なうのが好ましいと結論された。

本実験を実施するにあたり、ジャパンアクアテック社の西元正彦氏および小宗隆喜氏に多大なご協力をいただき、ここに慎んで感謝の意を表したいと思います。

文 献

- 1) Costill, D.L.: Energy requirement during exercise in the water. *J.Sports Med.* 11: 87-92, 1971.
- 2) Costill, D.L., P.J. Cahill, and Eddy, D.: Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperature. *J.Appl.Physiol.* 22: 628-632, 1967.
- 3) 藤森聞一, 伊藤真次, 永井寅男, 宮崎英策, 望月政司: 生理学. 南山堂; 東京, 1975.
- 4) Galbo, H., M.E. Houston, N.J. Christensen, J.J. Holst B. Nielsen, E. Nygaard, and J. Suzuki: The effect of water temperature on the hormonal response to prolonged swimming. *Acta physiol. scand.*, 105: 326-337, 1979.
- 5) Holmer, I.: Oxygen uptake during swimming in man. *J. Appl. Physiol.* 33: 502-509, 1972.
- 6) 堀田 昇, 大柿哲朗, 金谷庄藏, 藤島和孝, 清水富弘, 正野知基: 回流水槽を用いた平泳ぎ中の心拍数-酸素摂取量関係. 投稿中.
- 7) McArdle, W.D., J.R. Magel, G.R. Lesmes, and G.S. Pechar: Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 °C. *J. Appl. Physiol.*, 40: 85-90, 1976.
- 8) Nielsen, B.: Metabolic reactions to cold during swimming at different speeds. *Arch. Sci. Physiol.*, 27: A207-A211, 1973.
- 9) Nielsen, B., and C.T.M. Davies: Temperature regulation during exercise in water and air. *Acta physiol. scand.*, 98: 500-508, 1976.