九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

高校一流選手の試合中の心拍数からみた水泳の競技特性

村岡, 康博
Institute of Health Science Kyushu University

山内, 美代子
Faculty of Physical Education Fukuoka University

洲, 雅明
Oita Prefectuar College of Arts & Culture

堀田, 昇
Institute of Health Science Kyushu University

https://doi.org/10.15017/588

出版情報：健康科学. 15, pp.51-56, 1993-02-15. Institute of Health Science,Kyushu University
バージョン：
権利関係：

高校一流選手の試合中の心拍数からみた水球の競技特性

村岡康博　山内美代子*　洲雅明**
堀田昇

Exercise Intensity during Water Polo Game in Elite High School Players

Yasuhiro MURAOKA, Miyoko YAMAUCHI*, Masaaki SUGA** and Noboru HOTTA

Summary

To discribe the physiological characteristics of water polo game, we examined the heart rate during a game in elite high school players.

The subjects were 7 regular members of the champion team of the National Meeting and the Interscholastic Athletic Meet 1990.

The mean heart rate during the game of field players and that of goal keeper were 170.1 ± 11.0 and 133.0beats/min, respectively. The difference of the variation of mean heart rate between each quarter time was not significant.

This results suggested that water polo game was hightly anaerobic exercise.

Key words: Water polo, Anaerobic exercise, Exercise intensity.

(Journal of Health Science, 15 : 51-56, 1993)

緒　言

19世紀にイギリスで競技化された水球競技は，ヨーロッパを中心にアメリカ，オーストラリア，アフリカ，アジアなど世界の多くの国々へ普及し，本邦でも大正13年に第1回日本選手権水泳競技大会が開かれるなど，かなりの伝統を誇る競技である[12]。

1992年のバルセロナオリンピックでは，イタリア，スペイン，EUN（独立国家共同体，旧ソ連チーム）そしてアメリカの強豪国がベスト4を形成したが，日本代表水球チームはバルセロナ・オリンピックアジア予選は突破したものの，バルセロナ・オリンピック最終予選で11位となり本戦への出場はならなかった。

本邦の水球競技人口は顕著な増加傾向を示しており，中でも男子高校生チーム数は全国で160を越えるに至っている。また，全国女子水球競技大会や全国ジュニアオリンピック水球競技大会等も開催され，水球競技は今後益々発展するものと考えられる。

しかしながら，水球競技に関する科学的研究資料は極めて少ない[5),7)]。特に，生理学的関点から水球選手の

Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan.
*Facutly of Physical Education, Fukuoka University 19, Fukuoka 814-01, Japan.
**Oita Prefectuar College of Arts & Culture, Oita 870, Japan.

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subjects	Age yr	Stature cm	Body weight kg	%Body fat %	Experience in water polo yr
Y.K.	17.4	179.0	96.7	32.7	2.0
K.H.	17.1	169.8	63.2	12.6	1.5
T.N.	17.9	176.2	63.2	9.7	2.5
D.K.	18.4	173.7	81.8	12.1	2.5
Y.M.	17.7	164.3	63.9	14.7	2.5
T.O.	17.3	188.7	87.7	16.7	1.5
J.H.	18.3	178.7	69.8	11.5	2.5
Mean	17.7	175.8	75.2	15.7	2.1
S.D.		7.7	13.6	7.2	

試合中の運動強度を求め，水球の競技特性を考察した報告等は海外では若干みられるものの[2]，本邦では全くみられていない。水球競技のパフォーマンス向上の面からも是非検討すべき課題だと思われる。

そこで，今回我々は水球競技中の心拍数，および実験室的で測定された換気性閾値 Ventiratory Threshold：VT）を基準に水球競技の生理学的運動強度を明らかにすることを目的とした。

研究方法

被験者は平成2年度の全国高校総合体育大会と国民体育大会の水球競技に優勝した福岡県チームのレギュラー選手7名であった。表1に被験者の年齢，身長，体重，皮下脂肪厚法[8]からの推定による体脂肪率および水球競技の経験年数を示した。なお，被験者と保護者

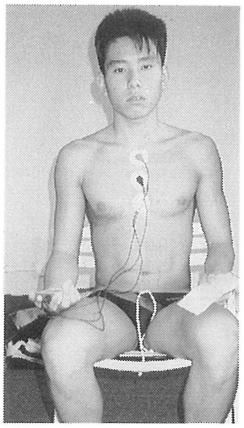

Fig 1. Radio telemeter and water-tolerant electrodes in position on chest.

にはあらかじめ実験内容を説明し，承諾書を得た。

水球競技中の心拍数の測定は，国体終了2カ月後にレギュラーチーム対準レギュラーチームとの模擬試合中に実施した。その際チーム力の偏りをある程度小さくする目的でゴールキーパーのみ入れ替えた。模擬試合はF大学屋内プールを使用し，公認審判員の進行により午後1時30分から約1時間行われた。その時の室温および水温はそれぞれ28.2°C，および27.0°Cであった。

模擬試合中の心拍数測定は，できるだけ特別なアーチファクトが無くモニターできるように防水型電極（マグネローデ　TE-18H-3；フクダ電子社製）を使用し，図1の様に胸骨上部から一列に接着し防水テープを用いて電極の固定を行い防水型心電テレメーター（ST-

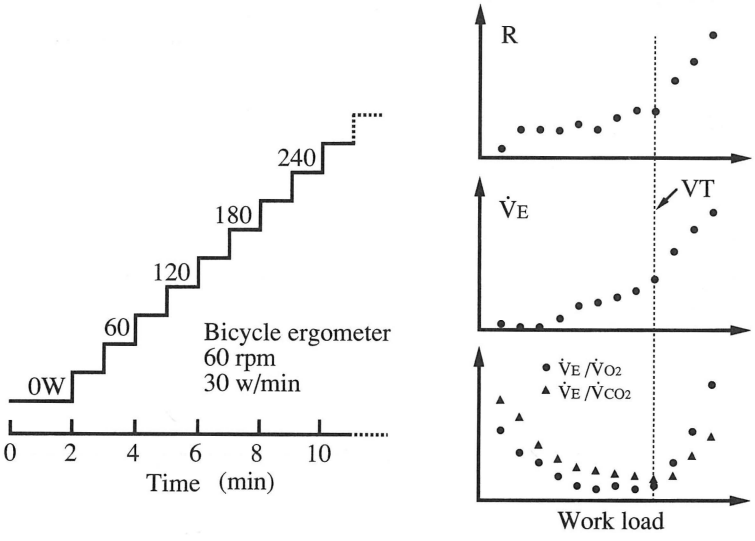

Fig 2. Exhaustion test protocol and judgment of ventilatory threshold.

19；フクダ電子社製）によって無線搬送した。胸部双極導出による心電図は一度ホルター心電計(SM-228；フクダ電子社製）に記録し，後日心電図波形を記録紙に出力し，10秒毎のR棘を数え1分間値に換算して求めた。また，模擬試合中の選手の活動状態を把握するために，水球経験の有る指導者がタイムスタディ法にて行動を記録した。

各被験者は，水球競技における運動強度を推定するための心拍数－酸素摂取量関係を求めるために，あらかじめ漸増運動負荷テストを受けた。測定は自転車エルゴメーター（Bodyguard 990型；OGLAND社製）を使用し，図2[13]に基づき，毎分60回転のペダリング頻度で，2分間の空漕ぎから始め1分間毎に30ワット(W)ずつ漸増させ疲労困憊にいたらしめた。運動負荷テスト中，既知濃度の標準ガスで較正された自動呼気ガス分析器（AE-10；ミナト医科学社製）および患者監視装置（DS-501型；フクダ電子社製）を用いて，連続的に30秒毎の酸素摂取量，二酸化炭素排泄量，毎分換気量，呼吸交換比および心拍数を測定した。また，最大酸素摂取量は酸素摂取量のレベリングオフ，呼吸交換比1.15以上および年齢から推定した最高心拍数に達していることを条件[10]に運動中に得られた最大値を採用した。さらに本測定と同時に，VTの推定も行った。

VTの判定は図2右側に示すように，横軸に作業負荷（watt），縦軸に呼吸交換比（R），換気量（$\dot{V}_E$），換気当量（$\dot{V}E/\dot{V}o_2$，$\dot{V}E/\dot{V}co_2$）をプロットし，呼吸交換比と換気量が非直線的になる点，および換気当量が上方に増加していく変移点とし，その判定には3人の研究者が別々に行った。

得られた結果は，全て平均値±標準偏差であらわした。

研究結果

漸増運動負荷テスト時に得られた呼吸循環系応答の

Table 2. Cardiovascular parameters in maximal bicycling exercise.

Subjects	HR max beats/min	f max n/min	VEmax l/min	VO_2max ml/min	VO_2max ml/kg/min	HR at VT beats/min
Y.K.	182.0	58.0	158.7	4269	44.2	140.9
K.H.	196.6	58.0	127.4	3067	48.7	146.5
T.N.	181.2	72.5	138.0	3845	60.8	132.8
D.K.	178.1	58.0	131.6	3540	43.3	131.0
Y.M.	177.2	82.0	151.9	3812	59.6	138.1
T.O.	176.7	72.0	164.4	4410	49.6	147.2
J.H.	161.0	68.0	149.0	3706	53.1	112.5
Mean	179.0	66.9	145.9	3807	51.3	135.6
S.D.	9.7	9.4	13.9	448	6.9	11.9

VT: ventilatory threshold

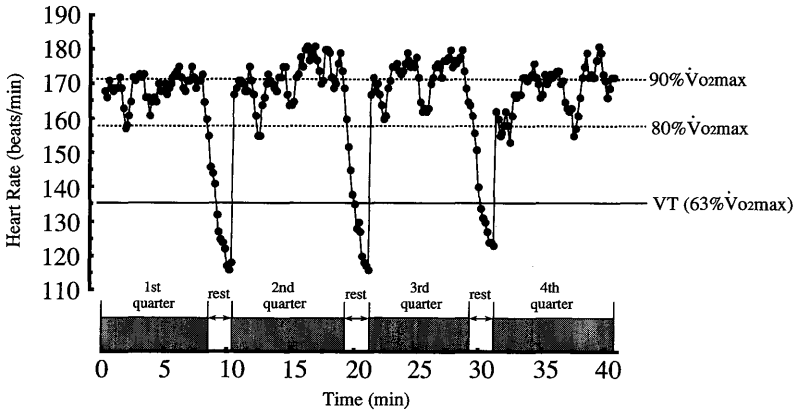

Fig 3. Mean heart rate of field players in water polo game.

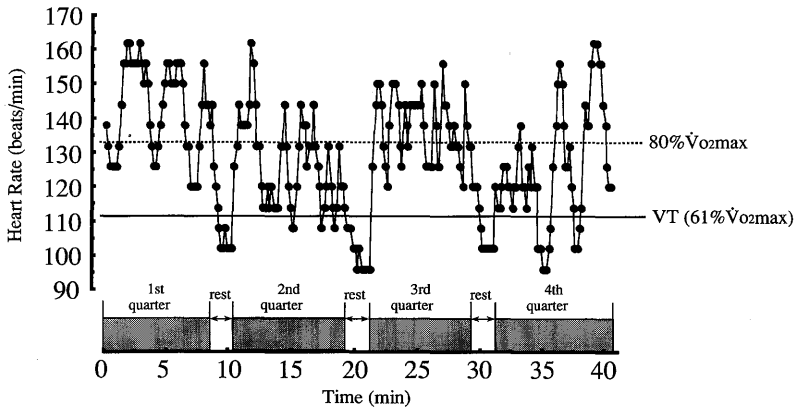

Fig 4. Heart rate of goal keeper in water polo game.

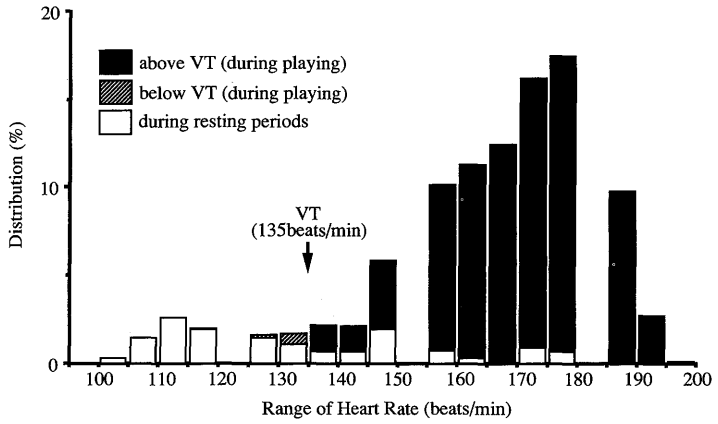

Fig 5. Distribution of heart rate of field playes in water polo game.

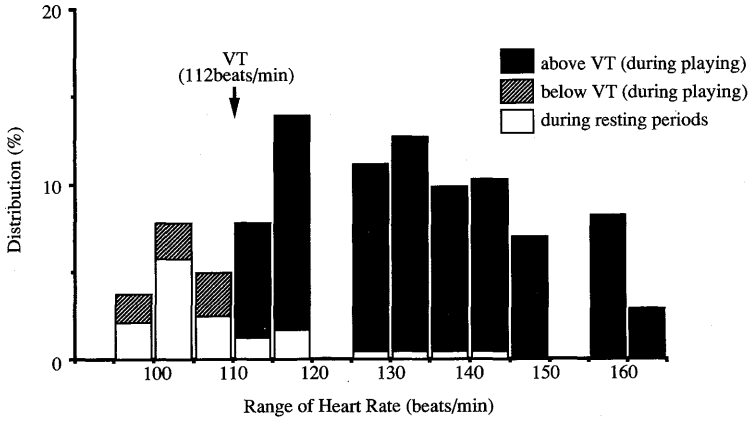

Fig 6. Distribution of heart rate of goal keeper in water polo game.

結果を表2に示した。これらの最大値はロサンゼルスオリンピック日本代表水球選手の値とほぼ一致するものであった[9]。フィールドプレーヤー6名の平均値で示された模擬試合中の心拍数の変動を図3に示した。各クォーター毎それぞれの心拍数の平均に差はなく，4クォーター全体の運動時における平均心拍数は170.1±11.0拍／分であった。3回のクォータータイムにおける最低心拍数の平均は133.8±16.2拍／分と，2分間の休息では完全には回復していない。

図4はレギュラーゴールキーパーの運動中の心拍数変動を示した。ゴールキーパーについても各クオーター毎の心拍数の平均に差はなく4クォーター全体の運動時における平均心拍数は133.0拍／分を示した。この値は，漸増運動負荷テストで求められた心拍数－酸素摂取量の関係から推定すると79%$\dot{V}O_2$maxに相当した。3回のクォータータイムにおける最低心拍数の平均は96拍／分でフィールドプレーヤー同様に完全な回復は示していない。

図5はフィールドプレーヤーにおける心拍数の分布を示した。分布は大きく3つの範囲に分かれ休息を除く運動中では155～195拍／分までの範囲で全体の約91%を占め，中でも170～180拍／分の範囲は高頻度で全体の約38%を占めた。

図6はゴールキーパーにおける心拍数の分布を示した。VTに相当する心拍数を越えた運動時間は全体の93%に達し，その運動時間は32分間であった。VTに相当する心拍数を越えなかった運動時間は7%しかなく，全運動時間中わずか3分間であった。

考　　察

酸素摂取量の測定は，種々のスポーツにおける運動強度を推測するのに最も多く用いられている[3),11)]。最近では陸上運動のみならず，クロール泳や平泳ぎといった水中における運動でも心拍数と酸素摂取量との間に直線関係が成り立つことが報告[1),4)]され，運動中の心拍数を測定することによりエネルギー消費量を推定することができる。

水球競技のように多人数が身体接触を伴いながら行うような運動種目では，酸素摂取量の直接的な測定は技術的に困難である。そこで我々は自転車運動での心拍数と酸素摂取量の関係から水球競技中の心拍数を測定することにより運動強度を推測し，その競技特性を検討した。

今回の測定では，電極の装着や防水型心電テレメーターの固定あるいは受信機に利得の高いアンテナを使用するなど数多くの工夫と予備実験を繰り返した結果，心電図波形は特別なアーチファクト無く良好な状態で測定できた。

水球競技模擬試合中の休息時間を除く競技中のみの心拍数は，1試合を通じて160～180拍／分というかなり高い範囲で推移し，試合開始直後には90%$\dot{V}O_2$maxまで達していた。また，ポジション別の最高心拍数はドライバーとフローターの選手で198拍／分を記録した。この心拍数変動は，Goodwinら[2)]が1966年にカナダで測定した一流水球定期戦出場選手の心拍数変動の結果とほぼ同様であった。

今回の模擬試合における1クォーターあたりの平均攻撃回数は11回で，1人あたりの平均接球回数は6～10回であり，模擬試合中選手は常に休む事なく高強度な運動が持続的に続けられていたことが推察される。

本結果を陸上で行われる他競技の種目[6)]と比較すると心拍数の変動範囲および平均心拍数は，バスケットボール競技やハンドボール競技より水球競技の方がかなり上回り，サッカー競技とほぼ同様な値を示した。しかし，サッカー競技は心拍数の変動範囲が広く，運動中にある程度休息がとられることが推察されるが，水球競技フィールドプレーヤーでは心拍数変動範囲はかなり狭く，被験者間の差も小さく，さらに全運動時間のほとんどがVT以上の心拍数を示している。以上の結果から，水球競技は有気的なエネルギー供給に加えて無気的なエネルギー代謝過程の割合が高い競技であると考えられる。

しかしながら，今回の測定では心拍数以外の生理学的なパラメーターは測定しておらず，試合中の血中乳酸値や筋グリコーゲンレベル等の測定を行っていれば，さらに水球競技の運動強度が明確に把握できた可能性がある。

今後は，上述の要件を満たした上で，一流大学生水球選手や日本代表水球選手の試合中の心拍数を測定し，水球競技の競技特性をさらに明かにして行きたい。

ま　と　め

1．高校一流水球選手の心拍数から水球の競技特性を知るため，平成2年度の全国高校総合体育大会と国民体育大会の水球競技に優勝した福岡県チームのレギュラー選手7名を対象に水球模擬試合中の心拍数を調べた。

2．模擬試合中のフィールドプレーヤー6名の平均心拍数の変動は，各クォーター毎での差はなく，4クォーター全体の運動時における平均心拍数は170.1±

11.0拍／分であった。相対的運動強度は85%$\dot{V}_{O_2}$maxに相当し，全運動時間の34分がＶＴレベル以上の運動強度であった。

3．ゴールキーパーの模擬試合中の心拍数変動もフィールドプレーヤー同様，各クオーター毎の心拍数の平均に差はなく4クオーター全体の運動時における平均心拍数は133拍／分であった。相対的運動強度は79%$\dot{V}_{O_2}$maxに相当し，全運動時間の32分がＶＴレベル以上の運動強度であった。

4．以上の結果から，水球競技は極めて無気的なエネルギー代謝過程の割合が高い競技であることが示唆された。

謝　辞：

本研究の遂行に当たっては，高校一流水球選手の測定の機会を与えて下さった福岡県立福岡工業高等学校の水泳部水球監督重枝武司先生，コーチ長濱哲也先生，服部英弘先生および選手の皆様に深甚の謝意を表わします。

また，模擬試合中の心拍数測定に御協力いただいた日本体育大学水球部の方々にも心から感謝いたします。

引用文献

1) 朝比奈一男，浅野勝巳，草野勝彦，砂本秀義：作業強度の生理的基準について．体力科学，20:190-194，1971.
2) Goodwin，A.B. and Cumming，G.R.：Radio telemetry of the electrocardiogram，fitness tests，and oxygen uptake of water-polo players.Canada.Med.Ass.J.，27:402-406，1966.
3) 堀田昇，大柿哲朗，金谷庄蔵，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）
4) 猪飼道夫，山地啓司：心拍数からみた運動強度－運動処方の研究資料として－．体育の科学，21:589-593，1971.
5) 伊坂忠夫，柳　等，当麻成人，酒井達郎：「水球競技のトレーニング科学」．トレーニング科学研究会(編)，種目別競技力向上とトレーニング，朝倉書店，78-87，1991.
6) 泉一郎，大迫正文，福井修，堀田昇，鈴木修也，中村千秋：種々の球技種目における試合中の心拍数変動，順天堂大学学生研究報告集，12：31-47，1977.
7) 村岡康博，　堀田昇：高校一流水球選手の形態・体力，健康科学．13：139-142，1991.
8) 長嶺晋吉：肥満の判定方法．クリニカ，2：550-555，1975.
9) 日本体育協会：オリンピック強化指定選手制度(昭和62-63年度）報告書，67-77，1989.
10) 大柿哲朗：$\dot{V}_{O_2}$maxの判定基準(criteria)．体育の科学，27：360-364，1977.
11) 大迫正文，青木純一郎：水中負荷牽引(tetherd swimming)法による心拍数－酸素摂取量関係．東京体育学研究，8:141-148，1981.
12) 高橋伍朗，清原伸彦：「水球」．浅見俊雄，宮下充正，渡辺融（編），現代体育・スポーツ大系第１２巻－競泳・飛込・水球・シンクロナイズドスイミング・日本泳法－，講談社，122-133，1984.
13) Wasserman，K.，Whipp，B.J.，Koyal，S.N. and Beaver，W.L.:Anarobic threshold and respiratory gas exchange during exercise.J. Appl.Physiol.，35:236-243，1973.