

水中歩行負荷心電図の試み

金谷, 庄藏

堀田, 昇

大柿, 哲朗

藤島, 和孝

他

<https://doi.org/10.15017/591>

出版情報 : 健康科学. 15, pp.69-74, 1993-02-15. 九州大学健康科学センター
バージョン : published
権利関係 :



水中歩行負荷心電図の試み

金谷庄藏 堀田 鼻 大柿哲朗
藤島和孝 正野知基* 清水富弘**
萩原博嗣*** 藤野武彦

New Exercise ECG by Treadmill Walking in Water, Using the Flow Water Training System.

Shozo KANAYA, Noboru HOTTA, Tetsuro OGAKI,
Kazutaka FUJISHIMA, Tomoki SHOUNO*, Tomihiro SHIMIZU**,
Hirotugu HAGIWARA*** and Takehiko FUJINO

Summary

Walking in water is not only useful therapeutic modality, but also good exercise for fitness enhancement, especially appropriate for the patients with obesity and/or orthopedic diseases, because the human body is more buoyant in water to decrease the compressive joint forces.

Although the elder patients with orthopedic diseases or obese human may have ischemic heart disease, they could not be recorded stress ECG during walking or running in water with standard 12 leads electrocardiogram (ECG), because they do always move in the pool during walking or jogging in the water. We developed a new type of flow water treadmill exercise ECG system, which consists of treadmill in the bottom of small walking pool and water flow generating system. Using this system, we examined the energy expenditure, heart rate, blood pressure, and exercise ECG were measured from 6 healthy men and 8 elder patients with orthopedic diseases. Water temperature was $34 \pm 0.2^\circ\text{C}$, and depth was 110 cm. We could take good enough ECG tracing with waterproof electrode in all subjects. Especially, appropriate stress ECG recordings were obtained, even from some patients who could not walk by themselves on land in the air. Oxygen consumption of the elder patients with orthopedic diseases was from 2.53 to 2.95 Mets during 40 m/min walking, and mean 5.82 Mets from normal adult men during 60 m/min walking in the flowmill.

This system is very useful and unique exercise stress ECG system to check the silent is-

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

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

**Oita University, Oita 870-11, Japan.

***Sasebo KyosaiKai Hospital, Sasebo 857, Japan.

chemia and exercise induced arrhythmia. After checking Flowmill stress ECG, patients with coronary heart disease or coronary risk factor, e.g. obesity, may be able to enjoy walking, jogging and aerobic dance in water to get better quality of life.

Key words: Flowmill, Stress ECG, Exercise ECG, Walking in water

(J. Health Science, 15, 69-74, 1993)

緒 言

最近、呼吸器疾患のみならず心疾患患者にも水泳療法を取り入れるところが見られるようになってきた⁷⁾。しかしながら、水泳は呼吸が制限されること、およびそのエネルギー消費量は各個人の経験・技量により大きく左右されることから、低体力者の運動処方として適当ではない。それに比し水中歩行は、呼吸も制限されず、また浮力による重力の免荷のため、整形外科的な障害を有する患者および陸上では膝に過大な負担がかかる肥満を合併する患者にも適している⁸⁾。したがって、肥満や糖尿病および整形外科的な疾患を合併する成人病（特に虚血性心疾患）のリハビリに有用である。しかしながら、水中歩行中の循環器系や呼吸器能の変化に関する基礎的検討はまだ十分ではなく、また水中運動処方を与える前に水中運動中の12誘導負荷心電図を記録検討した報告は皆無である。その主な原因は、水中が定位置でできなかったことに起因する。我々は、最近日本で開発された flow water training system “フローミル”を用いて水中歩行負荷12誘導心電図の記録を試み、陸上トレッドミルに劣らない負荷量の定量化および負荷心電図記録ができたので報告する。

方 法

(1) 対 象

- 実験1：予備実験として成人男性15名（42-59才，平均49.3才）
 実験2：整形外科入院中の中高年男性6名と女性2名の計8名（52-81才，平均69.9才）
 実験3：水中歩行中も12誘導負荷心電図を記録した正常成人男性6名（32-52才，平均44.2才）

(2) 装置ならびに方法

水中歩行には、萩原⁹⁾が開発したトレッドミルと流水回路を有する治療用プール“Flow Water Training System: フローミル”を用いた。(Fig.1) 水位は、110 cm, 水温は、 $34 \pm 0.2^\circ\text{C}$ であった。酸素摂取量は、ミナト医科学社製呼吸ガス分析器エアロモニターA E-10により、30秒毎に連続的に測定した。血圧は、マンシ

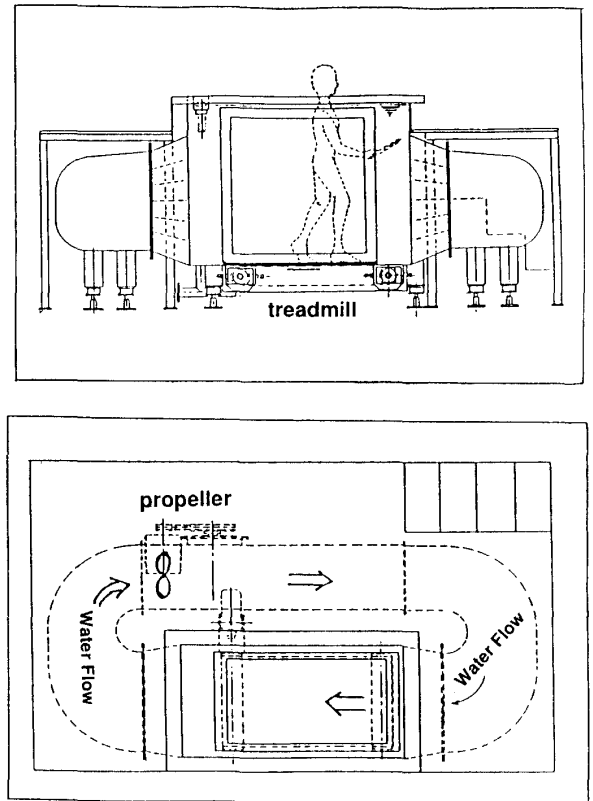


Fig 1. The schema of “Flow Water Training System”. Upper panel shows lateral view. Lower panel shows over view.

ェット法により非観血的に測定した。心拍数は、実験1はCM5誘導のテレメーター心電図より、実験2および3はFig.2のように、通常のトレッドミル運動負荷12誘導心電図と同様に電極を付け、さらに上から防水用ドレープテープを貼り日本光電社製Cardiofax Vにより1分毎に記録した。

運動プロトコルは、下記のごとく施行した。

- 実験1：水中安静時を記録後、10分間の一段階負荷とし、同一被検者をトレッドミルと水流を同じ速度にて30, 40, 50, 60m/minと各ステージ間に約2時間の休息をはさみ4回施行した。
 実験2：Fig.3のプロトコルに示すように①陸上仰臥位安静時記録後、②入水後水中立位安静

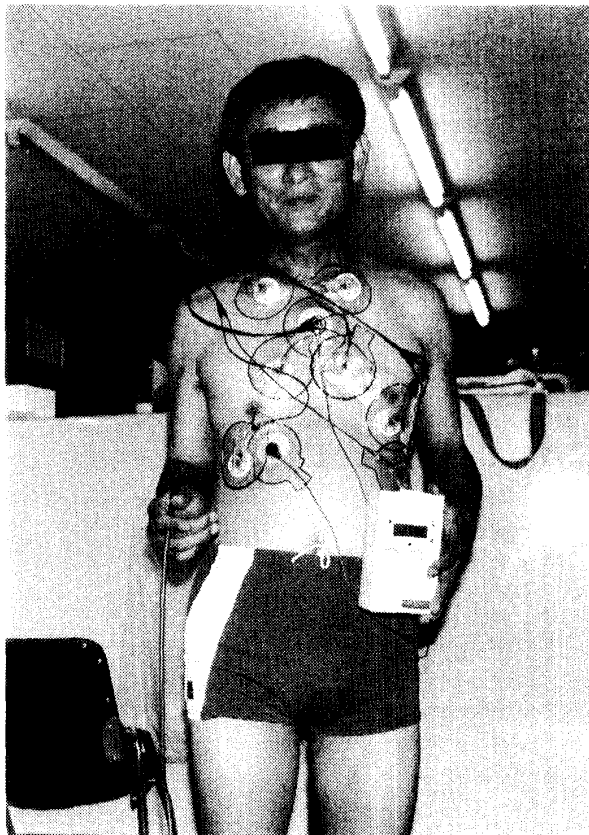


Fig 2. A healthy man who are attached ECG electrodes and thermisters.

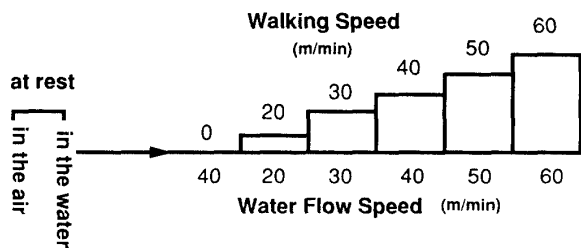


Fig 3. Exercise Protocol.

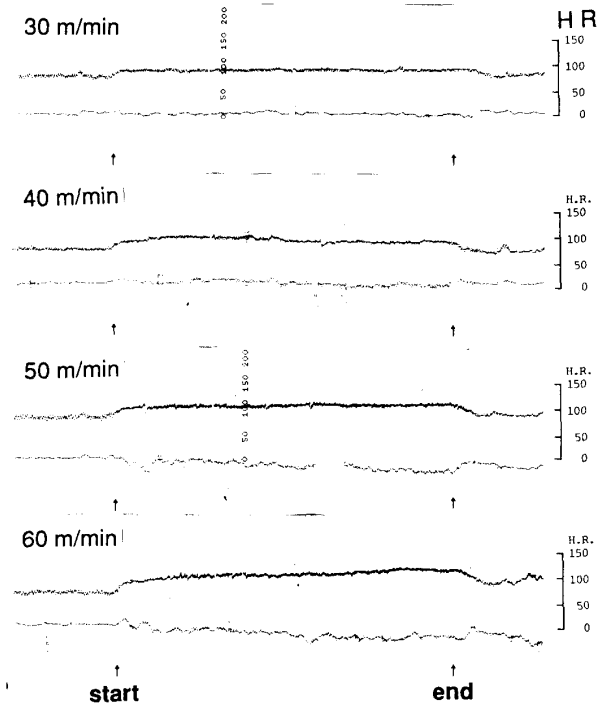


Fig 4. Examples of heart rate trend and ST trend during walking in the Flowmill "flow water training system".

記録, ③水流40m/minのみで歩行なし, ④歩行および水流20m/min, ⑤30m/min ⑥40m/min と各段階 5分毎の漸増負荷にて施行した。
 実験3: Fig. 3のプロトコルのうち①水中安静時記録後, 水流40m/minのみと歩行・水流20m/minをスキップして, ベルト速度および水流 ③30m/min ④40m/min ⑤50m/min ⑥60m/min と各段階 6分毎の漸増負荷にて施行した。

結 果

(1) 実験1: Fig.4にM. Y.氏が速度 ①30 m/

Table 1.: Mean values of heart rate(HR), blood pressure(BP), ventilatory volume(\dot{V}_E), breathing rate(RR), oxygen consumption(\dot{V}_{O_2}), metabolic equivalent(Mets), oxygen pulse(O_2 pulse), from patients with orthopedic diseases.

Speed m/min	HR BPM	BP mmHg	\dot{V}_E L/min	RR	\dot{V}_{O_2} ml/min	Mets	O_2 pulse ml/beat
at rest	79.6	156/85	8.88	15.6	218	1.22	2.84
only water flow	78.9	146/83	8.75	16.0	221	1.22	2.88
20 m/min	85.0	150/83	11.60	19.0	308	1.72	3.72
30 m/min	88.1	158/84	12.43	21.0	357	2.21	4.14
40 m/min	98.5	170/87	14.80	21.0	473	2.53	5.07

min. ②40 m/min, ③ 50m/min, ④60 m/min の速度で10分間水中歩行した時の心拍トレンドを示す。水中歩行速度 30, 40, 50 m/min での心拍ならびに酸素摂取量は、約5分で定常状態になっていた。また 60m/min でも約6分でほぼ定常状態となっていた。16名中15名は、60m/min でも10分間の歩行を完遂することが出来たが、1名のみ 60m/min を5分間も施行できず心拍も160拍を越えた。15名の各速度での酸素消費量 (Mets 表示) の平均は、それぞれ① 2.32 ± 0.28 , ② 3.28 ± 0.40 , ③ 4.51 ± 0.72 , ④ 6.46 ± 1.24 Mets であった。

(2) 実験2: 実験1にて各段階の水中運動負荷に対する身体反応は5分でほぼ定常状態になることがわかったので低体力者にたいしては、上記のプロトコルのごとく弱い負荷から始め、各段階5分毎の漸増負荷

とした。Table 1. に各段階のパラメーターをしめすが、40m/min まで到達できたのは8名中5名であった。しかし、20, 30m/min の軽い負荷なら陸上では、全く歩行できない障害者や超高齢者でも歩行でき2-3 Mets 程度の運動負荷心電図が記録できた。

(3) 実験3: 健常成人男性において、上記のプロトコルにて水中歩行負荷心電図を記録した。健常者6名では、全員 stage-4 (60m/min) まで合計24分の漸増負荷を完遂でき、また良好な負荷心電図が記録できた。Fig. 5 に、47才男性の水中安静時(上段)と stage-4 (60 m/min) 負荷直後の心電図を示す。Table 2. に、6名の各段階における、心拍数、血圧、Mets の平均値を示す。

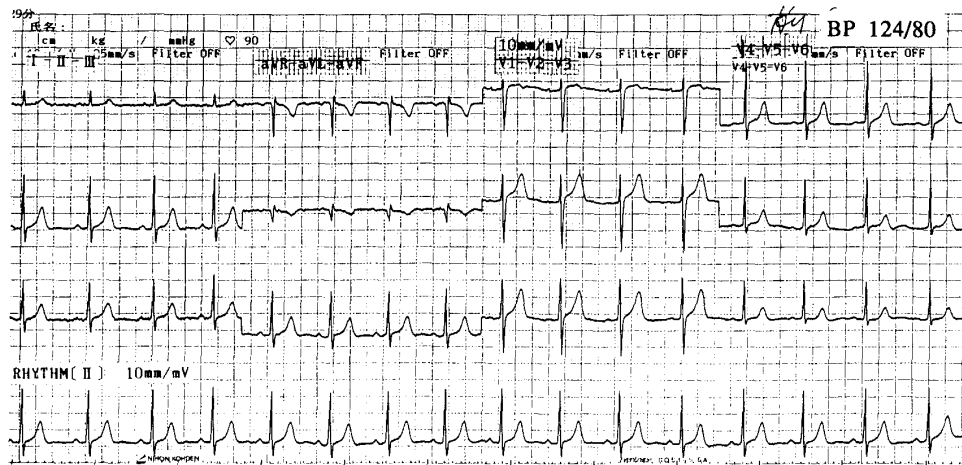


Fig 5. ECG at rest in the water.

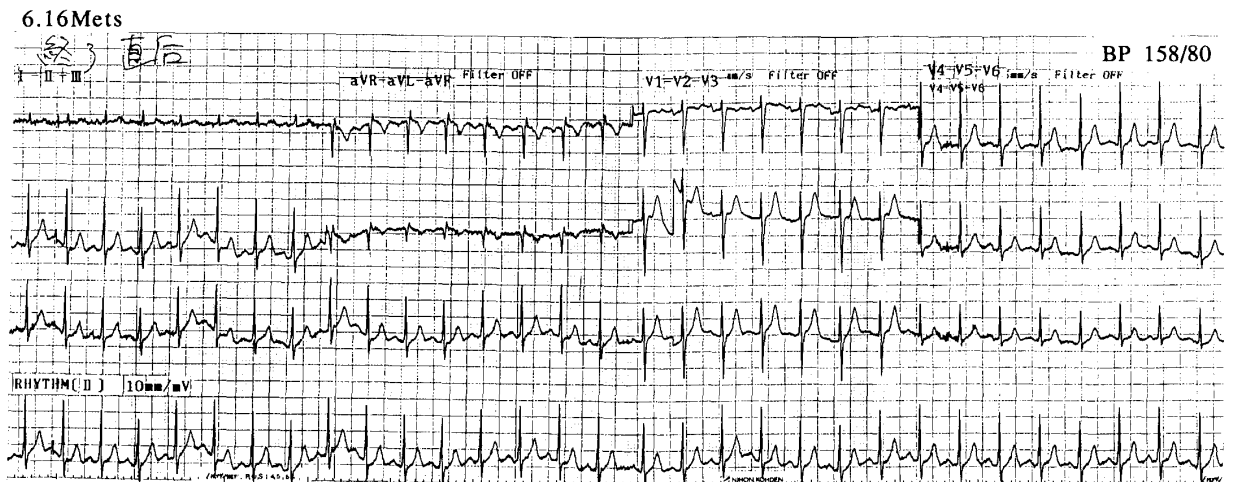


Fig 6. ECG during 60 m/min walking in the water.

Table 2. Mean values of same parameters as Table 1. from 6 normal men.

Speed m/min	HR BPM	BP mmHg	V _E L/min	RR	$\dot{V}O_2$ ml/min	Mets	O ₂ pulse ml/beat
at rest	74.8	126/78					
30m/min	83.9	132/79	16.29	25.0	525	2.25	6.36
40m/min	91.6	133/77	20.41	25.3	684	2.95	7.57
50m/min	105.6	142/82	28.13	29.7	931	4.15	9.37
60m/min	122.6	152/80	39.58	33.3	1342	5.82	11.14

考 案

水中での運動は浮力による重力の免荷と水抵抗による筋力回復や体力増進の目的で、最近リハビリテーションの分野^{5),6),7),8)}のみならず、肥満や膝関節症・腰痛者の健康増進にも応用されるようになってきたが、プールに於ける運動という性質上、被検者の定位置での身体反応や心電図記録が十分なされていない。特に、心電図に関しては、テレメーター心電図記録による報告しか見あたらない^{1),2),3),4),5),7)}。しかし今回、萩原らが新しく開発した Flow Water Training System 中にて歩行させると、良好な12誘導心電図が記録できた。したがって、長期臥床を余儀なくされた deconditioning の患者、自転車こげないため自転車エルゴ負荷心電図が記録できない人や整形外科的疾患を有する陸上歩行が不可能な患者でも歩行負荷心電図が記録でき、リハビリ前や水中運動前の心疾患のチェックに有用である。

ところで、水中歩行の身体負担度であるが、当然のことながら、水深や水温が大きく影響すると思われる^{2),3),4),5),8)}。我々も、若年男性2名において34°Cと38°Cにおいて検討したが、やはり38°Cのほうが34°Cに比し2.5%-20%酸素摂取量が大きくなるという結果を得ている。今後、被検者を増し温度や水位の影響を検討する必要がある。しかし、今回の結果から、水深110cm、水温34°Cに限って言及すれば、40m/min の速度で一応の退院の目安と考えられる2.53-2.95Mets という結果が得られた。また60m/min の速度でレクリエーション的スポーツの許可基準と考えられる約6Mets という結果が得られた。これらの結果から、このプロトコルは、退院の目安や運動処方を使用できると考えられる。

結 語

新たに開発された水中歩行システム（フローミル）を用いて、水中歩行負荷心電図の有用性を検討した。

その結果、以下のことが明かとなった。

(1) 12誘導負荷心電図が、陸上のトレッドミルや自転車エルゴ負荷心電図に劣らず良好な記録ができた。

(2) 浮力による重力の免荷のために陸上では殆ど歩行できない整形外科手術後や低体力老人でも容易に歩行できるため他の運動負荷心電図が施行できない障害者においても応用できる。

(3) 正常成人においても、6Mets 位の身体負担度であると結果が得られたので、肥満や糖尿病の治療などに、膝関節や腰部に過重な負荷を与えず持続的運動のシステムとして応用できる。

我々は、運動処方を与えるまえに水中歩行負荷12誘導心電図の記録を試み、陸上トレッドミルに劣らない負荷量の定量化および負荷心電図記録ができたので報告する。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine: Guideline for Exercise Testing and Prescription. 4th edition, Lea & Febiger (Philadelphia, London; 1991)
- 2) Bishop, P. A., Frazier, S., Smith, J., and Jacobs, D.: Physiologic responses to treadmill and water running., *Physician Sportsmed.*, 17, 87-94, 1989
- 3) 大道 等, 岩崎輝雄, 宮下充正: 水中エルゴメーターの試作, *体育の科学*, 33(6), 477-482, 1983
- 4) Fernhall, B., Manfredi, T. G., and Congdon, K.: Prescribing water-based exercise from treadmill and arm ergometry in cardiac patients., *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24(1), 139-143, 1992
- 5) Gleim, G. W., and Nicholas, J. A.: Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and

- temperatures. *American J Sports Medicine*, 17(2), 248-252, 1989.
- 6) 萩原博嗣, 川上勝利, 豊村勝義, 松元 薫, 小倉理一, 谷口 大, 西本正彦: 新しいプール治療装置 “Flow Water Training System” の開発及びその使用経験. *整形外科と災害外科*, 38, 1819-1822, 1990.
- 7) 浜崎 博: スポーツ・リハビリテーション: 水泳・水中体操. 神原啓文, 川初清典編著, *心臓病のスポーツ・リハビリテーション*, 杏林書院 (1989)
- 8) 宮下充正: 水中ランニング, 水中ウォーキング, *体育の科学*, 41, 576-577, 1991
- 9) 野村武男: *アクアフィットネス*. 善本社, 1987.