

回流水槽型水中トレッドミルにおける流速の分布

小野寺昇 宮地元彦 米谷正造 木村一彦

川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(平成4年3月17日受理)

Distribution of the Velocity of a
Flowing Fluid at the Water Treadmill.

Sho ONODERA, Motohiko MIYACHI,
Shozo YONETANI and Kazuhiko KIMURA

Department of Health and Sports Sciences

Faculty of Medical Professions

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-01, Japan

(Accepted Mar. 17, 1992)

Key words : water treadmill, water walking, velocity of a flowing fluid

要 約

本学に導入された回流水槽式水中トレッドミルの流速の分布を検討した。流速は水深30cmと80cmで、各9点で測定された。流速は、水深30cmでは速く、水深80cmでは遅い傾向にあった。底部では極端に遅い点が観察された。水深30cmでは上流が速く、水深80cmでは下流が速かった。水槽の構造上、水深30cmでの左側の流速が遅かった。水深を110cmにしたとき、歩行運動での水流による負荷は、胸部から腰部に大きくかかることが示唆された。また、流速はある幅をもって揺らいでいることから、代謝量の定量には、流速を固定して行うことが誤差を少なくすると考えられた。

緒 言

水は、自由にその姿を変えることが可能であり、水温を調整できることから夏期だけでなく冬期においても運動負荷を与える条件作りに適する。水のもう一つの特性は、浮力を持っていることであり、妊婦水泳や肥満化傾向にある者にとって重力方向の負荷が軽減されるという点

から運動処方に活用される。一方、スポーツ医学的な立場からは、下肢に外傷・障害を受けた後の復帰のためのアスレチックリハビリテーションとしての活用が期待される。

水中運動においてはその負荷量を定量することが難しく、Graigら³⁾は改良した自転車エルゴメーターを水中に入れて測定した。一方、Gleimら¹⁾は静止水の水中トレッドミルを用いて負荷量

を定量した。

今回、本学に導入された水中トレッドミルは、回流水槽型であり流れを負荷として活用できる点が特徴である。水中トレッドミルは、回流水槽の底部にトレッドミルが固定され、水中歩行時の速度・水温・水深さらに流速を自由に变化させることが可能である。これらの要素を組み合わせることにより運動処方への適応が可能である。

ところが、回流水槽における流れの分布が報告された例がない。そこで、運動処方への活用のための基礎的な資料を得る目的で流速の分布を測定した。

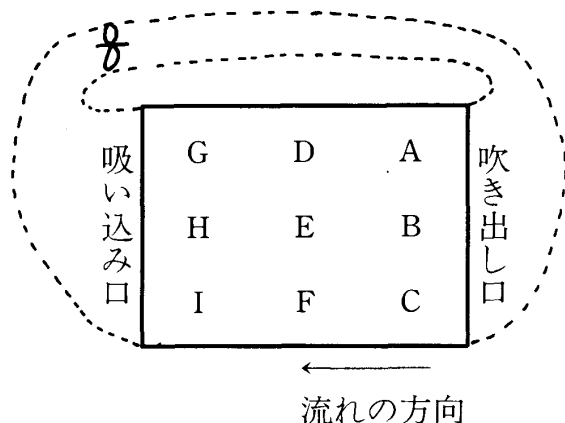


図1 測定点

方 法

水中トレッドミル（ヤマハ発動機、フローミル、MR-1200M）は水槽の大きさが長さ1.7m、幅1.5m、深さ1.2mである。流速は0から5.4km/hまで可変でき、トレッドミルスピードは0から5.6km/hまで無段階に可変できる。その時の水深は110cmであり、水量は約3.5tonである。水温は28℃である。流れの測定は、流速計（ALEC Electronics; ACM-3）を用いて行った。測定点は、水槽の中央、中央線上吹き出し口から30cm後方、中央線上吸い込み口から30cm前方、及び中央線から両側へ30cm離れた同位置及び80cmの水深で9位置（前述の位置から底方向へ50cm移動した同位置）とした。

結果及び考察

図1に測定点を示した。表1に測定した流速を示した。流速がゆらいだため測定値を範囲で表示した。流速の分布を調べることが目的だったので、水中トレッドミル中央の(E)の流速を規準値とした。流れの下流からみて左側、右側と定義した。トレッドミルを回転させることによる流速への影響は見られなかった。

水深30cmでは、上流の中央(B)が最も速く、次に中央(E)、そして下流の中央(H)の順であった。側方では、上流の右側は中央(E)の流速が増加し

表1 水中トレッドミルにおける流速の分布
(水深30cm及び80cm：底部は'で表わした)

A	B	C	D	E	F	G	H	I
4~12	16	8~10	10	6~8	10~14	8~12	14~16	8~24
4~12	30~32	8~14	10~16	20~28	14~22	14~16	22~30	12~18
4~12	46~50	16~24	10~18	40~46	20~30	22~24	38~40	20~24
4~12	60~62	30~40	18~20	54~56	28~36	28~34	44~52	28~32
~14	74~82	30~42	20~28	66~74	42~54	30~34	58~64	30~42
~14	86~90	42~44	28~30	70~80	40~52	38~40	68~74	~44
A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'	H'	I'
10~12	~4	2~6	10	6~8	4~6	~10	4~6	~4
8~16	~4	~4	18	14~20	4~6	18~22	10~12	~4
10~20	~6	~4	26~28	18~21	4~6	28~30	10~14	2~8
10~20	~10	~8	34~38	24~30	4~6	34~36	10~16	~8
~30	~10	~8	40~50	30~34	4~6	46~52	12~22	0
30	~10	~8	54	32~38	4~6	52	10~14	0

(cm/sec)

た場合でもほとんど変化がなかった。同様に右側の中央(D)と下流(G)ではほとんど同じか下流(G)が速い傾向にあった。また、左側では、上流(C)から下流(I)までほとんど同じであった。しかしながら、右側の流れよりは速かった。これらの傾向は、この機器の回流水槽の構造上によるところが大きいと考えられる。水の流れは、吸い込み口からドーナツ状に設定された水路を通過して(図1に点線で示した)吹き出し口に至る。そのため、右側の流速は、極端に落ちるものと考えられた⁵⁾。

水深80cmでは、上流中央(B')と上流右側(C')ではほとんど流速は変わらないが揺らぎは大きかった。左側中央(D')及び左側下流(G')の流速は速いが、左側上流(A')は遅い傾向にあった。このことは、左側中央(D')の下方にこの水槽に入るための固定された階段があるためと考えられる⁵⁾。右側では上流(C')から下流(I')までほとんど増速せず、下流(I')では流れがほとんどない状態も観察された。

水深30cmと80cmでは、同じ位置でありながら流速は異なる傾向にあった。おおむね、表面に近い水深での流速は速く、底部に近いほど遅い傾向にあった。さらに同位置でありながら水深が深くなることによって流速が逆転し、速くなる測定点があった。その測定点は(A')(D')(G')の3点であった。これは左側の底部である。また、水深が深くなることによって流速が遅くなった測定点は(B')(C')(E')(F')(H')(I')であった。特に遅くなったのは、(B')(C')(F')(H')そして(I')であった。このことは特に底部では右側の流速が遅いことを示している。

水中トレッドミルでの歩行運動では、(E)の位置に立ち歩行する。身長170cmの時腰部の水深がほぼ水深30cmに相当する。このことは、水の量を110cmの高さで保持した時、胸部から腰部で水流負荷となり得ることを示唆している。一方、底部では、下肢の歩行運動に与える負荷は、表面の水流の半分以下となり、(E)のポイントからずれると下肢にかかる負荷が静止水と同様となる可能性がある。GlennとBradley(1990)²⁾は、水深の変化による代謝応答について検討し浅い水深の時の歩行運動時に酸素摂取量及び心拍数が多くなることを示した。これは、浮力の減少によって重力方向にかかる負荷が増大したためと考えられた。これらは、静止水中での運動であるが、流速を負荷した場合、水深が浅いことが必ずしも大きな負荷とならない可能性が考えられる。

流速は、水深の変化によって、そして上流下流によって、その速度が異なる。そして、ある幅を持ってゆらいでいることから定量的な代謝量の測定では、漸増法よりも速度を一定とする条件が望ましいと考えられた。同様の傾向は、回流水槽(スイムミル)でも観察されている⁴⁾ことから負荷漸増法による代謝量や最大値の測定には、このことが考慮されなければならない。

ま と め

1. 本学に導入された回流水槽型水中トレッドミルの流速の分布を検討した。
2. 水深30cmでは、上流が速い。
3. 水深80cmでは、水深30cmより極端に遅い。
4. 水流はある幅をもってゆらいた。

文 献

- 1) Gleim, G. W., and Nicholas, J. A., (1989) Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am. J. Sports Med.*, **17**, 248—252.
- 2) Glenn, P. T., and Bradley, S. S., (1990) Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **23**, 238—241.
- 3) Graig, A. B., and Dvorak, M., (1969) Comparison of exercise in air and water of different temperatures. *Med. Sci. Sports.*, **1**, 124—130.
- 4) 小野寺昇, 宮地元彦, 米谷正造, 木村一彦, (1991) 回流水槽における流速の分布. *川崎医療福祉学会誌*, **1**, 177—181.
- 5) 谷 一郎, (1988) 流れ学. 岩波全書. pp 39—43.