

スイミングプールでの冷えが腎機能に及ぼす影響

——水中安静浸漬が腎機能に及ぼす影響——

春日井 淳夫・山中 理恵*・清野 哲也**
檜 垣 靖 樹**・田崎 洋 佑・伊藤 朗

Effect of the chill brought about by swimming pool immersion on renal function

——Effect of rest water immersion——

Atsuo KASUGAI, Rie YAMANAKA, Tetsuya SEINO,
Yasuki HIGAKI, Yosuke TASAKI and Akira ITO

To investigate the effect of the chill of rest water immersion on renal function in swimming pool (27~28°C), we examined rectal temperature(Tr), ADH secretion, clearance of creatinine (CCr), clearance of uric acid (CUA) and so on, in five swimming trained men (T) and five swimming untrained men (UT) before, during and after water immersion.

We observed that decrease of Tr, ADH secretion and CCr, and increase of CUA and urine volume per a minute (UV), was occurred on both groups by rest water immersion in swimming pool.

These results suggest that diuresis is caused, and renal function is reduced by rest water immersion. But there are few training effects for the chill and effects of chill on renal function is almost same on both groups in swimming pool (27~28°C).

Key words: swimming pool, rest water immersion, diuresis, clearance of creatinine (CCr), rectal temperature

I. 緒 言

これまで運動と腎機能についての研究は数多く報告されている²⁾⁴⁾¹²⁾¹³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁰⁾²⁶⁾が、一般的に激しい運動は腎機能を低下させるといわれている。この腎機能の低下は、アンモニアやカリウムなどの体外排泄を低下させたり、慢性の腎疾患を誘発させることもあり、慎重に対処する必要がある。

陸上での身体運動後の尿量の変化については、減尿が起こることが知られているが¹⁶⁾、糸球体濾

過量(以下 GFR)、腎血流量、クレアチニンクリアランスなどの腎機能の指標については、運動後減少することが報告されている²⁾¹²⁾²⁶⁾。また、一過性の激運動後には利尿状態が出現することが報告されている⁴⁾¹³⁾²⁰⁾。

一方水中の身体運動では、運動後に利尿状態が現れ、尿中クレアチニン排泄量、尿中尿酸値が増加することが報告されている¹⁸⁾が、水による冷えの影響についてはまでは言及されていない。

現在、学校体育で行われている水泳の授業のほとんどが屋外プールで、しかもその開始時期が6月と早く、水による冷えが問題とされている。ま

* 山口県立防府養護学校

** 筑波大学大学院体育研究科

た健康の維持・増進のためにスイミングスクールへ通う人も多く、泳げる泳げないを問わず、水に浸かる機会が増えてきている。しかし、通常学校やスイミングスクール等で用いられている水温³⁾(26~28°C)に限定しての冷えの影響や腎機能の変化は明確にされておらず、検討する必要があると思われる。

スイミングプールでの冷えが腎機能に及ぼす影響を観察するには、①泳げない人を想定した安静の水浸漬による冷えの影響、及び②泳げる人を想定した泳いでいる状態での冷えの影響を検討する必要がある。

そこで本研究は、第一段階として、泳げない人を想定した安静の水浸漬による冷えが腎機能に及ぼす影響を、毎日プールでの練習による冷えを経験していると思われる水泳選手とそうでない一般人とを比較し、水温27~28°Cのスイミングプールにおいて腎機能は冷えのみによる影響を受けるかについて、また冷えに対するトレーニング効果が存在するかについても検討した。

II. 方 法

A. 被検者

被検者は、本研究の主旨に賛同し、承諾してく

Table 1 Physical characteristics of subjects

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	%Fat (%)	*R.I.	**S.C. (years)
T Group	Y.U.	21	176.5	69.0	9.74	125.5
	Y.K.	19	175.7	67.2	10.43	123.9
	Y.T.	20	172.8	76.0	10.89	147.3
	Y.I.	21	177.4	66.4	11.81	118.9
	K.H.	20	177.0	69.0	12.27	124.4
	Mean	20.2	175.9	69.5	11.03	128.0
S.D.	0.8	1.8	3.8	1.02	11.1	3.2
UT Group	Y.S.	21	174.0	59.0	11.35	112.0
	N.Y.	22	179.1	68.0	13.89	118.4
	M.H.	22	173.0	64.5	13.19	124.6
	S.A.	22	167.6	49.5	8.61	105.1
	Y.H.	22	159.5	54.0	10.89	133.1
	Mean	21.8	170.6	59.0	11.58	118.6
S.D.	0.5	7.4	7.5	2.08	10.9	

*R.I.; Rohrer's Index

**S.C.; Swimming Career

T Group is the members of men's swimming club, and UT Group is general student who is not swimming.

れた男子競泳部員 5 名 (以下 T 群) 及び日頃水泳を行っていない一般男子学生 5 名 (以下 UT 群) の計 10 名とした。各被検者の年齢・身体特性・競技歴については表-1 に示した。

B. 実験内容

1) 実験手順

実験は、10月から11月にかけて屋内プールで行った。屋内プールの水温は、27~28°C、室温、湿度は、それぞれ29~31°C、87~90%であった。

実験のプロトコルを図-1 に示した。まず最初に、被検者にプールサイドで30分間の座位安静を保持させた。完全排尿後、水(37°C)300mlを飲ませ、さらに30分間座位安静を保持させた。その後プールに入り、首まで浸漬して30分間水中での安静を保持させた。その際、水浸漬時間が30分と長い場合、プール内のフロアに座らせて行った。退水後は水分を完全に拭き取り、再び150分間プールサイドで座位安静を保たせた。

2) 採血及び採尿

採血は、水浸漬前、退水直後、退水後60分と120分の計4回、肘正中皮静脈から約10ml採取した。

採尿は、水浸漬前、退水直後、退水後30分、90分、150分の計5回行った。

3) 測定項目及び測定方法

① $\dot{V}O_2$, 心拍数, 直腸温

$\dot{V}O_2$ はダグラスバックを用いて、プールサイドでの安静時20分間、水浸漬中30分間、退水後40~60分・100~120分に採気を行い、サンプルをAICガス分析器で分析し算出した。

心拍数は胸部誘導法で導出し、プールサイドでの安静15分後から退水後、安静値に戻るまで1分毎に記録し、10分毎の平均値を算出した。

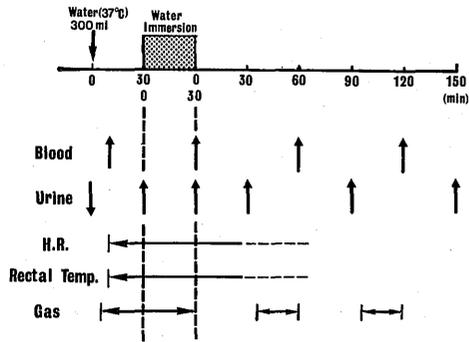


Fig. 1 The protocol of experiment.

直腸温は、実験開始前にサーミスターを直腸内に挿入して、実験を通して1分毎に記録し、10分毎の平均値を算出した。

② 血液及び尿中成分

本実験における血液・尿成分の測定項目及び測定方法(カッコ内)は以下の通りである。

血清・尿中尿酸(uricase-peroxidase法), 血清・尿中クレアチニン(Folin-Wu法), 血中抗利尿ホルモン(RIA-PEG法), 尿比重(屈折法)。

また, クレアチニン及び尿酸のクリアランスは, それぞれ(A), (B)の式から算出した。

$$(A) \quad CCr = \{(UV \times UCr) \div (SCr \times BSA)\} \times 1.48$$

$$(B) \quad CUA = \{(UV \times UUA) \div (SUA \times BSA)\} \times 1.48$$

CCr: クレアチニンクリアランス, UV: 1分間の尿量, UCr: 尿中クレアチニン濃度, CUA: 尿酸クリアランス, SCr: 血清クレアチニン濃度,

UUA: 尿中尿酸濃度, SUA: 血清尿酸濃度, BSA: 体表面積

C. 統計処理

各項目の値は, すべて平均値と標準偏差(mean±S.D.)で示し, 水浸漬前後の各測定値は Paired t test で検定し, T群とUT群の比較は Unpaired t test で検定を行った。全ての検定に際し, 有意水準は5%以下とした。

III. 結 果

A. クレアチニンクリアランス値(以下CCr)

CCrの変化を図-2に示した。水浸漬前は, T群は97.39±5.87ml/min, UT群は88.10±8.06ml/minであった。水浸漬中は両群とも水浸漬前より有意ではないが減少傾向を示した。しかし退水後30~90分においては, T群は62.72±6.41ml/min, UT群は55.35±7.11ml/minとそれぞれ最低値を示し, 水浸漬前に比して両群とも有意(それぞれ

Table 2 Changes in clearance of creatinine (CCr), clearance of uric acid (CUA), urine volume per a minute (UV), ADH and urine gravity (UG).

	CCr(ml/min)			CUA(ml/min)		
	T Group (n=5)	UT Group (n=5)	All Sub. (n=10)	T Group (n=5)	UT Group (n=5)	All Sub. (n=10)
Before water immersion	97.4±5.9	88.1±8.1	92.5±4.9	8.5±2.2	7.4±1.2	7.9±1.2
During water immersion	91.3±10.6	80.2±15.5	85.7±9.0	9.4±2.9	10.7±1.6	10.0±1.6
After water immersion						
(0~30min)	62.9±9.5	55.4±7.1	58.1±6.6*	10.5±2.7	8.8±1.5	9.7±1.5
(30~90min)	62.7±6.4**	55.4±7.1*	59.0±4.7*	9.2±1.8	8.2±1.0	8.7±0.9
(90~150min)	70.3±5.6**	59.0±4.3***	64.7±3.8*	9.4±1.3	7.4±0.2	8.4±0.7
	UV(ml/min)			UG		
	T Group (n=5)	UT Group (n=5)	All Sub. (n=10)	T Group (n=5)	UT Group (n=5)	All Sub. (n=10)
Before water immersion	0.9±0.3	0.8±0.1	0.9±0.1	1.03	1.03	1.03
During water immersion	2.4±1.4	3.5±1.6	3.0±1.0*	1.03	1.02*	1.02
After water immersion						
(0~30min)	2.2±0.8	3.1±1.1	2.6±0.7*	1.02	1.01*	1.01*
(30~90min)	1.3±0.4	1.6±0.3	1.4±0.2*	1.03	1.02*	1.02*
(90~150min)	1.0±0.1	1.1±0.2	1.0±0.1	1.03	1.02	1.02
	ADH(pg/ml)					
	T Group (n=5)	UT Group (n=5)	All Sub. (n=10)			
Before water immersion	1.33±0.46	1.73±0.23	1.55±0.22			
During water immersion	0.83±0.19	1.35±0.62	1.13±0.35			

Values are the mean ± S.D.

*; Significant difference from before water immersion value.

*p<0.05 **p<0.02 ***p<0.01

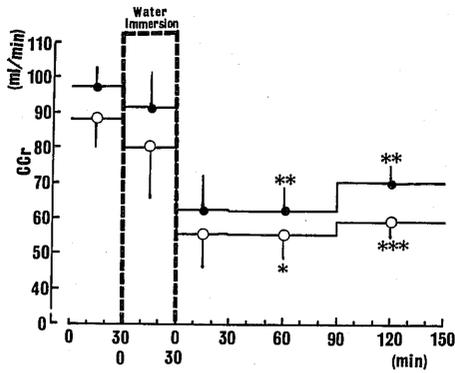


Fig. 2 Changes in renal clearance of creatinine (CCr) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean \pm S.D.
* ; Significant difference from rest value.
* p <0.05, ** p <0.02, *** p <0.01

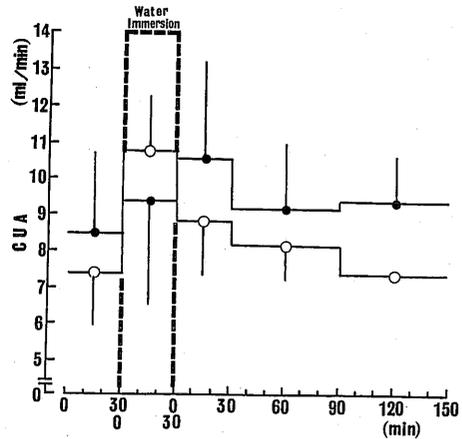


Fig. 3 Changes in clearance of uric acid (CUA) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean \pm S.D.

p <0.02, p <0.05) に低下した。退水後90~150分では、T群は 70.30 ± 5.63 ml/min, UT群は 59.04 ± 4.31 ml/minを示し、最低値からの回復傾向が見られたが、依然水浸漬前に比し両群とも有意(それぞれ p <0.02, p <0.01)な低値が認められた。

全体では、水浸漬前の 92.5 ± 4.9 ml/minに比し、水浸漬中で有意ではないが減少傾向(85.7 ± 9.0 ml/min)を、また退水後0~30分(58.1 ± 6.6 ml/min), 30~90分(59.0 ± 4.7 ml/min), 90~150分(64.7 ± 3.8 ml/min)ではそれぞれ有意(p <0.05)な低値を示した(表-2)。

B. 尿酸クリアランス値(以下CUA)

CUAの変化を図-3に示した。T群では水浸漬前 8.47 ± 2.20 ml/minから退水後0~30分 10.51 ± 2.7 ml/minに有意ではないが上昇傾向を示した。UT群においても水浸漬前 7.35 ± 1.40 ml/minから水浸漬中 10.72 ± 1.56 ml/minにピーク値を示したが、両群とも有意性は認められなかった。

全体では、水浸漬前 7.9 ± 1.2 ml/minに比し、水浸漬中(10.0 ± 1.6 ml/min), 退水後0~30分(9.7 ± 1.5 ml/min), 30~90分(8.7 ± 0.9 ml/min), 90~150分(8.4 ± 0.7 ml/min)と有意ではないが上昇傾向を示した(表-2)。

C. 分時尿量(以下UV)

UVの変化を図-4に示した。水浸漬前は、T群が 0.89 ± 0.27 ml/min, UT群が 0.84 ± 0.12 ml/minであった。水浸漬中において、T群が 2.42 ± 1.43 ml/min, UT群が 3.47 ± 1.56 ml/minと有意で

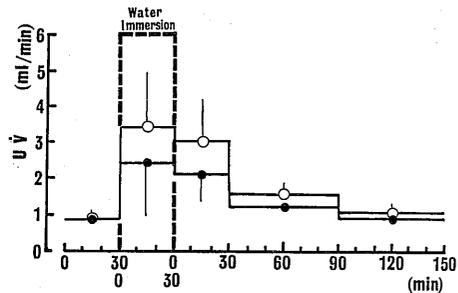


Fig. 4 Changes in urinary volume per a minute (UV) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean \pm S.D.

はないが増加傾向を示した。その後は徐々に減少し、退水後90~150分にはほぼ水浸漬前値に回復した。

全体では、水浸漬前 0.9 ± 0.1 ml/minから水浸漬中 3.0 ± 1.0 ml/minに有意(p <0.05)に上昇し、退水後30~90分まで有意(p <0.05)に高値を示したが、退水後90~150分にはほぼ水浸漬前値に回復した(表-2)。

D. 直腸温(以下 $T_{(r)}$)

$T_{(r)}$ の変化を10分毎の平均値で表し図-5に示した。水浸漬前は、T群が $36.45 \pm 0.98^{\circ}\text{C}$, UT群が $36.72 \pm 0.50^{\circ}\text{C}$ であった。両群とも水浸漬中から徐々に低下し、T群では水浸漬中21~30分において、 $36.22 \pm 0.35^{\circ}\text{C}$ と水浸漬前に比し有意(p <0.05)に低下した。退水後21~30分においてT群が

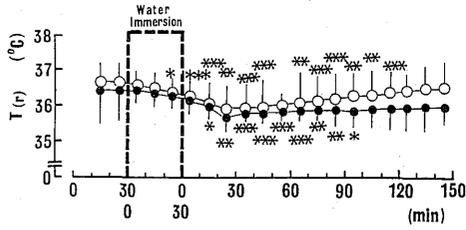


Fig. 5 Changes in rectal temperature (T(r)) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean ± S.D.
 *; Significant difference from rest value.
 *p<0.05, **p<0.02, ***p<0.01

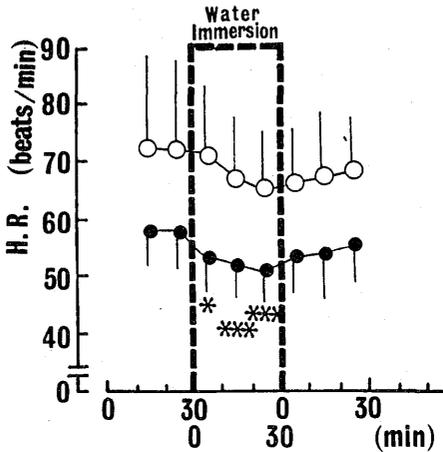


Fig. 6 Changes in heart rate (H.R.) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean ± S.D.
 *; Significant difference from rest value.
 *p<0.05, **p<0.01

35.65±0.52°C, UT 群が35.92±0.84°Cの最低値を示し、水浸漬前に比し両群ともに有意 (p<0.02) な低下が認められた。退水後31分以降は両群とも回復傾向がみられたが、T 群では退水後100分 (35.79±0.48°C), UT 群では退水後120分 (36.31±0.63°C) まで、水浸漬前に比し有意 (それぞれ p<0.05, p<0.01) な差が認められた。

E. 心拍数 (以下 HR)

HR の変化を10分毎の平均値で表し、図-6 に示した。水浸漬前は、T 群が58.3±6.2beats/min, UT 群が72.3±15.9beats/min であった。HR は、水中浸漬後両群とも低下しはじめ、水中浸漬 21~30分において T 群が51.5±6.1beats/min (p

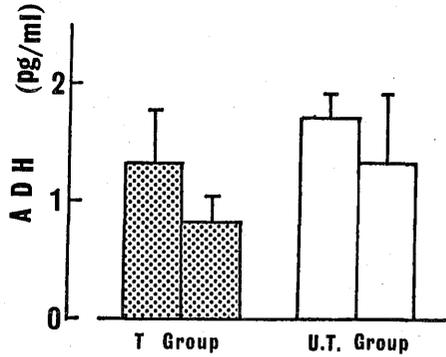


Fig. 7 Changes in ADH between before and after water immersion. Column with shadow shows T Group (the left column is before water immersion and the right column is after water immersion) and the other shows UT Group. Values are the mean ± S.D..

<0.01), UT 群が65.3±10.9beats/min と最低値を示した。退水後は両群とも回復傾向を示し、退水後91~150分までには全員水浸漬前値に回復した。

F. 血中抗利尿ホルモン値 (以下 ADH)

ADH の変化を図-7 に示した。水浸漬前は、T 群が1.33±0.46pg/ml, UT 群が1.73±0.21pg/ml であった。ADH は、退水直後において T 群が0.83±0.19pg/ml, UT 群が1.35±0.62pg/ml であり、両群とも減少傾向を示したが有意性は認められなかった。

全体では、水浸漬前1.55±0.22pg/ml に比し、退水直後で0.03±0.35pg/ml と減少傾向を示したが有意性は認められなかった (表-2)。

G. ガス代謝

VO₂, 呼吸商 (以下 RQ), エネルギー消費量の変化を表-3 に示した。

VO₂ は、水浸漬前は両群ともに4.02±0.21ml/kg/min であった。水浸漬中において、T 群は4.32±0.48ml/kg/min, UT 群は4.95±0.68ml/kg/min と有意ではないが増加する傾向を示した。全体では、水浸漬前4.02±0.14ml/kg/min に比し、水浸漬中において4.58±0.37ml/kg/min と増加傾向を示したが、有意性は認められなかった。また退水後は有意ではないが減少傾向を示した。

RQ は、水浸漬前において T 群が0.82±0.06, UT 群が0.86±0.04 であった。水浸漬中において

Table 3 Changes in $\dot{V}O_2$, R.Q., and energy consumption.

		$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	R.Q.	*E.C. (Cal/min)
T.G. (n=5)	Before water immersion	4.02±0.21	0.82±0.06	1.39±0.10
	During water immersion	4.32±0.48	0.87±0.07	1.47±0.11
	After water immersion (40~60min)	3.72±0.10	0.80±0.05*	1.30±0.84
	After water immersion (100~120min)	3.95±0.29	0.82±0.06	1.36±0.60
UT.G. (n=5)	Before water immersion	4.02±0.21	0.86±0.04	1.26±0.45
	During water immersion	4.95±0.68	0.92±0.06	1.60±0.21
	After water immersion (40~60min)	3.91±0.17	0.81±0.01	1.24±0.12
	After water immersion (100~120min)	3.84±0.14	0.81±0.05	1.21±0.62
All Sub. (n=10)	Before water immersion	4.02±0.14	0.84±0.05	1.32±0.31
	During water immersion	4.58±0.37	0.90±0.07**	1.54±0.11
	After water immersion (40~60min)	3.81±0.10	0.80±0.03***	1.27±0.70
	After water immersion (100~120min)	3.89±0.15	0.82±0.05	1.28±0.48

Values are the mean ± S.D.. *E.C.; Energy consumption
 *; Significant difference from before water immersion value.
 *p<0.05 **p<0.02 ***p<0.01

は、T群が 0.87 ± 0.07 、UT群が 0.92 ± 0.06 と増加傾向を示した。退水後は両群とも低下したが、T群において退水後40~60分に、 0.80 ± 0.05 水浸漬前に比し有意(p<0.05)に低下した。全体では、水浸漬前 0.84 ± 0.05 に比し、水浸漬中で 0.90 ± 0.07 と有意(p<0.02)に増加したが、退水後40~60分では 0.80 ± 0.03 と有意(p<0.01)に低下した。

エネルギー消費量は、水浸漬前にT群が 1.39 ± 0.10 Cal/min、UT群が 1.26 ± 0.45 Cal/minであった。水浸漬中はT群が 1.47 ± 0.11 Cal/min、UT群が 1.60 ± 0.21 Cal/minと有意ではないが増加傾向を示し、退水後100~120分では両群とも水浸漬前値に回復した。全体では、水浸漬前 1.32 ± 0.31 Cal/minに比し水浸漬中で増加傾向(1.54 ± 0.11 Cal/min)、退水後で低下傾向(それぞれ 1.27 ± 0.70 Cal/min、 1.28 ± 0.48 Cal/min)を示したが、有意性は認められなかった。

H. 尿比重 (以下UG)

UGの変化を図-8に示した。水浸漬前は、両群とも1.03であった。T群は退水後0~30分に1.02に低下し、退水後31~90分には水浸漬前値に回復した。UT群は水浸漬中で1.02、退水後0~30分で

1.01と有意(それぞれp<0.05)に低下し、退水後91~150分でも1.02と水浸漬前値に回復しなかった。

全体では、水浸漬前1.03に比し、退水後0~30分、30~90分で、それぞれ1.01、1.02と有意(p<0.05)に減少した。

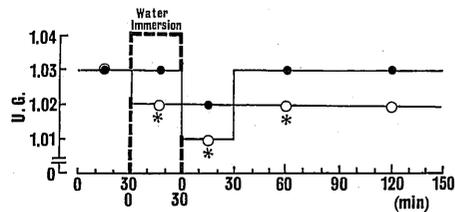


Fig. 8 Changes in urine gravity (U.G.) at T Group (●-●) and UT Group (○-○). Values are the mean ± S.D.. *; Significant difference from rest value. *p<0.05

IV. 考 察

A. 冷えに対する影響について

本研究での水中浸漬は、スイミングプールの水

温27~28°Cで実施したが、被検者にふるえは生じなかった。しかし直腸温は両群全体の平均で0.8°C低下していた。VO₂及びエネルギー消費量は、有意ではないが増加する傾向が認められ、またRQは、全体で0.84から0.90へと有意に上昇し、糖質代謝の亢進が示唆された。体熱バランスが崩壊すると、体内での産熱が亢進することから¹¹⁾¹⁴⁾²⁴⁾、これらの現象が起こったものと考えられる。また、直腸温の低下にも関わらずふるえが生じなかったのは、今回の実験で用いた27~28°Cの水温では、古賀ら⁷⁾のごとく最大皮膚血管収縮を誘発するまでにはいたらなかったためと思われる。

B. 腎機能について

Greenleaf et al.⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾は、水中浸漬を行うと利尿が起きると報告している。この利尿のメカニズムは、中心(胸部)の血液量・血圧の上昇によって活性化されるとしている。つまり、静脈還流の増加が心房の伸展受容器を刺激し、それによってレニン・アンギオテンシンII・アルドステロン系(RAA系)及びADHの分泌が抑制されると考えられている。しかし、この仮説は未だに明らかにされていない。これに関してGauer et al.⁹⁾の仮説では、長時間安静状態で水中に浸漬すると、心臓への静脈還流が増加するのに伴い、頭部への血流再配分が起こり、それが刺激となって、ADH分泌が抑制され利尿が起こるとしている。一方、Atrial Natriuretic Factor (ANF)の調節により、レニンやアルドステロンの分泌が抑制されナトリウム性の利尿が起こる¹⁾⁵⁾²¹⁾としているものもある。

本研究においてはT群・UT群ともに、水中浸漬によって利尿現象が認められた。これは、心拍数が低下したことから、水中浸漬により末梢の血液循環量が減少し、さらに胸部の血液量・血圧が上昇したことが考えられる。さらに、Greenleafの仮説に従えば、これらの要因が心容積を増加させ、心房伸展受容器が反応し利尿を促進させていることが考えられる。

本研究において、30分間の水浸漬でCCrは両群とも有意に低下し、GFR等の腎機能が低下していることが観察された。CCrの低下から、腎糸球体で濾過される原尿は減少していることが推察される。しかしGFRが低下したのにも関わらず尿量が増加したのは、ADHの低下が関与して尿細管での水分の再吸収が抑制され、UGの低下にみら

れるように希釈尿が生成されたものと考えられる。

本実験で観察されたGFRの低下は、直腸温の低下にみられる核心温の低下が糖質の代謝高進による産熱を生じさせ、中心への血流量が増加²²⁾することに伴う腎臓への血流量の減少が起こったため、招来されたものと考えられる。つまりGFRの低下は、体温調節機構が働くとともに水浸漬による中心血流量の増加に起因¹⁹⁾²²⁾しているものと考えられる。

腎での尿酸の排泄は、①糸球体での濾過、②近位尿細管での分泌前の再吸収、③遠位尿細管での分泌、④分泌後の再吸収という“4 component system”によってなされているといわれている。後藤ら⁷⁾は、運動が糸球体での尿酸の濾過と遠位尿細管での分泌を減少させると報告している。本研究でみられたCUAの増加は、GFRが減少し、糸球体での濾過量は減少したものの、ADHの減少によって水の再吸収が抑制されて相対的に尿量が増加し、さらに尿pHの上昇などにより尿中尿酸排泄量が上昇²³⁾した可能性が考えられる。

C. 水泳選手と一般人との比較

本研究においてHRは、両群ともに水浸漬により低下したが、T群においては水浸漬中有意に低下した。このようなHRの低下は、水圧により血液が胸腔内に押し上げられ、中心血流量の増加に伴う心拍出量の増加に起因する²⁵⁾ものと考えられる。

水中安静浸漬によって、T群、UT群ともに直腸温の低下、利尿現象、CCrの低下、ADHの分泌低下、CUAの上昇などが観察された。これらのことから水中安静浸漬によって利尿現象が生じ、腎機能はむしろ低下することが示唆された。また27~28°Cの水温では、冷えのトレーニング効果はほとんど認められず、T群、UT群においては、冷えが腎機能へ及ぼす影響も同程度で、差がみられないことが示唆された。高島ら²⁴⁾によれば、陸上ではあるが5°Cという冷環境下において、運動群は非運動群に比し耐寒性が優れていることを報告しており、冷えに対するトレーニング効果をより明確にするには、更に低水温で行ったり、水浸漬時間を変化させ、詳細に検討する必要があると思われる。

V. 総 括

スイミングプールでの水中浸漬時の冷えが腎機

能に及ぼす影響について、水泳選手（男子競泳部員5名；T群）と一般人（一般男子学生5名；UT群）を対象に、水浸漬前30分間の陸上安静保持、30分間の水中安静浸漬（水温27~28°C）及び退水後150分間の陸上安静保持について検討を行った。

結果は以下の通りである。

(1) CCr は、水浸漬中に両群とも水浸漬前より減少したものの有意な差は認められなかった。しかし退水後31~90分に両群ともそれぞれ最低値を示し、水浸漬前に比し有意に低下した。その後最低値からの回復傾向が認められたが、水浸漬前に比し依然有意に低下していた。

全体では、水浸漬前に比し、水浸漬中で有意ではないが減少傾向を、また退水後0~30分、30~90分、90~150分ではそれぞれ有意な低値を示した。

(2) CUA は、T群では退水後0~30分に、UT群では水浸漬中にそれぞれピーク値を示したが、水浸漬前に比し有意な差は認められなかった。

全体では、水浸漬前に比し、水浸漬中、退水後0~30分、30~90分、90~150分と有意ではないが上昇傾向を示した。

(3) UV は、両群とも増加傾向を示し利尿現象が認められた。また両群とも水浸漬中にピーク値に達したがその後徐々に減少し、退水後91~150分には水浸漬前値に回復した。

全体では、水浸漬前 0.9 ± 0.1 ml/min から水浸漬中 3.0 ± 1.0 ml/min に有意に上昇し、退水後30~90分まで有意に高値を示したが、退水後90~150分にはほぼ水浸漬前値に回復した。

(4) $T_{(r)}$ は、両群とも水浸漬中から徐々に低下した。また退水後21~30分において両群とも最低値を示し、水浸漬前に比し有意な低下が認められた。しかし $T_{(r)}$ の低下によるふるえは全被検者に認められなかった。

(5) ADH は、両群及び全体で退水直後に低下する傾向が認められたが、有意ではなかった。

(6) $\dot{V}O_2$, RQ, エネルギー消費量は、両群及び全体で水浸漬前に比し水浸漬中に増加傾向を示し、糖代謝高進による熱産生が起きていることが推察された。

以上の結果から、水中安静浸漬によって利尿現象が生じ、腎機能はむしろ低下することが示唆された。また、27~28°Cのスイミングプールでは、冷えのトレーニング効果はほとんど認められず、

T群、UT群においては、冷えが腎機能へ及ぼす影響も同程度で、差がみられないことが示唆された。

VI. 参考文献

- 1) Anderson, J.V., Millar, N.D., O'hare, J.P., Mackenzie, J.C., Corral, R.I.M., and Bloom, S. R.: Atrial natriuretic peptide: physiological release associated with natruiresis during water immersion in man. *Clin. Sci.*, 71, 319-322, 1986.
- 2) Barclay, J.A., Cooke, W.T., Kenney, R.A., and Nutt, M.E.: The effects of water diuresis and exercise on the volume and composition of the urine. *Am. J. Physiol.*, 148, 327-337, 1947.
- 3) Crang, A.B. Jr.: Temperature Regulation and Immersion. *Inter National Series on Sport Sciences Vol. 14, Biomechanics and Medicine in Swimming*, Human Kinetics Publisheres, Inc., 263-273, 1983.
- 4) 藤岡博: 運動に伴う尿成分の変動. *三重医学*, 4, 567-575, 1960.
- 5) Galbo, H., Houston, M.E., Christensen, N.J., Holst, J.J., Nielsen, B., Nygaard, E., and Suzuki, J.: The effect of water temperature on the hormonal response to prolonged swimming. *Acta Physiol. Scand.*, 105, 326-337, 1979.
- 6) Gauer, O.H., Henry, J.P.: Neurohormonal control of plasma volume. In: Guyton, A.C., Cowley, A.W. (eds) *Cardiovascular Physiol.* II, vol. 9. Univ. Park, Baltimore, M.D., 145-190, 1976.
- 7) 後藤浩史, 伊藤朗, 三上俊夫: 腎の尿酸排泄に与える運動の影響. *日本生理誌*, 51, 208-220, 1989.
- 8) Greenleaf, J.E., Shvartz, E., Kravik, S., and Keil, L.C.: Fluid shifts and endocrine responses during chair rest and water immersion in man. *J. Appl. Physiol.*, 48, 79-88, 1980.
- 9) Greenleaf, J.E.: Physiology of fluid and electrolyte responses during inactivity: water immersion and bed rest. *Med. Sci. sports and exercise*, 16, 20-25, 1984.
- 10) Greenleaf, J.E.: Physiological responses to prolonged bed rest and fluid immersion in humans. *J. Appl. Physiol.*, 57, 619-633, 1984.
- 11) 本郷利憲, 広重力, 豊田順一, 熊田衛: 体温とその調節. *標準生理学*, 772-774, 1978.
- 12) 井川幸雄: 身体運動と腎臓および消化器のはたらき. *新体育*, 47, 662-665, 1977.
- 13) 井本岳秋, 澤田芳男, 小郷克敏: 走運動による運動性高利尿現象と尿中クレアチニン排泄量とその

- 関係. 医学と生物学, 101, 121-125, 1980.
- 14) 甲斐美和子: 水中での体温変化. *Jpn. J. Sports Sci.* 7, 505-509, 1988.
 - 15) 川井浩: 身体運動と尿—尿量と尿蛋白—. 体育の科学, 27, 55-61, 1972.
 - 16) Klisiiecki, A., Pckford, M., Rothschild, P., and Verney, E.B.: The absorption and excretion of water by the mammal. *Proc. Roy. Soc. London*, B112, 521-545, 1933.
 - 17) 古賀俊策, 対島清造: 水中における体温調節. 秋田大学教育学部研究紀要 教育科学, 31, 141-151, 1981.
 - 18) 小郷克敏, 金守新一, 池田一徳, 川崎順一郎: 効果的な水泳訓練に関する研究—腎機能変動からみた生理負担について—. 熊大教育紀要, 自然科学, 30, 57-60, 1981.
 - 19) 黒川隆志: 水中運動の循環反応. 体育の科学, 34(7), 510-517, 1984.
 - 20) 村上長雄: 尿系疲労判定指標の本態に関する研究. 体力科学, 6, 123-151, 1958.
 - 21) Skipka, W., Boning, D., Deck, K.A., Kulpmann, W.R., and Meurer, K.A.: Reduced aldosterone and sodium excretion in endurance-trained athletes before and during immersion. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 42, 255-261, 1979.
 - 22) Sheldahl, L.M., Tristain, F.E., Clifford, P.S., Kalbfleisch, J.H., Smits, G., and Hughes, C.V.: Effect of head-out water immersion on response to exercise training. *J. Appl. Physiol.*, 60, 1878-1881, 1986.
 - 23) 清水徹, 松繁洋, 西川美年子, 柏木政哉, 寺内知樹: 尿酸の溶解性と高尿酸血症における尿 pH の調節について (第3報) —尿中における尿酸溶解度の検討—. 尿酸, 11(1), 7-11, 1987.
 - 24) 高島慎助, 佐藤尚武, 沢井敬子: 短時間の全身寒冷暴露による循環および体温の変化 (運動群と非運動群の比較). 体力科学, 32, 87-96, 1983.
 - 25) 内野欽司, 増田允, 中家優幸, 佐藤誠治: ヒトの水中浸漬における順応現象. *Jpn. J. Aerospace Med. Pay.*, 14, 1-9, 1976.
 - 26) White, H.L. and Rolf, D.: Effects of exercise and of some other influences on the renal circulation in man. *Am. J. Physiol.*, 152, 505-516, 1948.