

## ●原 著

## 潜水に起因する高尿酸血症と貧血について

竹内久美\* 毛利元彦\*

4名の被験者を対象とした3度の潜水時の調査と海洋科学技術センター(JAMSTEC)で実施中の空気潜水訓練における2度の訓練で、そこに参加した113名の訓練生を対象に血液検査を実施した。潜水時の調査では、水温の低下や水分摂取で生じる利尿効果が尿中からの尿酸排泄量を促進させ、その結果、潜水後の血中尿酸レベルの増加を抑制または減少させるのに効果的であることが示唆された。

一方訓練時の結果では、経日変化で運動性貧血が出現した。これは多くの場合、潜水法のうちのフィンの使い方が下手な者たちに高頻度で現れた。しかしながら2度目の訓練では、訓練生の75%にこの現象が出現し、この時は訓練中の栄養の枯渇が原因であったと推測された。

キーワード：スクーバ潜水，運動性高尿酸血症，運動性貧血

**Hyperuricemia and anemia induced by diving**

Hisayoshi Takeuchi\* Motohiko Mohri\*

\*Japan Marine Science &amp; Technology Center (JAMSTEC)

To investigate physical stress of diving activity, blood analyses were performed in two different air diving groups. In one group consisting of four male subjects, blood was sampled before and after diving activity through three dives [investigation 1-(1) to (3)]. In another group of total 113 novice divers in two separate SCUBA training courses, blood samples were taken before training (control), before and after diving activity [investigation 2-(1) to (2)]. In investigation 1-(1) to (3), it was found that blood uric acid level was decreased after dives. It was indicated that the decreased blood uric acid level could be the consequence of diuresis which was caused by exposure to low water temperature and increase in water intake during diving activity. In investigation 2, accompanied with the lapse of training days, sports anemia was seen in many divers and in the second training course 75 per cent of participants showed anemia. It was suggested that the sports

anemia could be caused by overwork due to poor efficiency of fin kicking and imbalance of nourishment throughout the training courses.

**Keywords :**

scuba diving  
exercise-induced hyperuricemia  
sports anemia

**はじめに**

各種の運動で、練習経過に伴い貧血（運動性貧血）が出現するという報告が多数なされている<sup>1)~7)</sup>。また運動直後の血液・生化学の変化では、血中尿酸値の増加（運動性高尿酸血症<sup>8)9)</sup>や白血球数の増加<sup>10)11)</sup>並びに各種酵素活性値の上昇<sup>11)~14)</sup>が起こることが報告されている。そこで本研究では、陸上での運動と同様にスクーバ潜水による水中での運動によっても運動性高尿酸血症と運動性貧血が誘起されるか否かについて検討を行った。

\*海洋科学技術センター

表1 調査1-(1)~(3)における潜水前後の血液成分及び血液生化学の変化

調査	RBC ( $\times 10^4/\mu\text{l}$ )		WBC ( $\times 10^2/\mu\text{l}$ )		Hb (mg/dl)		Ht (%)			
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After		
1-(1)n=4	488 $\pm$ 37	519 $\pm$ 39	60 $\pm$ 15	61 $\pm$ 10	15.1 $\pm$ 0.9	16.0 $\pm$ 0.8	45.3 $\pm$ 3.1	48.5 $\pm$ 3.1		
1-(2)n=4	524 $\pm$ 29	536 $\pm$ 26	58 $\pm$ 9	89 $\pm$ 10 <sup>★★</sup>	16.2 $\pm$ 0.5	16.5 $\pm$ 0.4	48.3 $\pm$ 2.5	49.8 $\pm$ 2.1		
1-(3)n=4	513 $\pm$ 36	523 $\pm$ 27	53 $\pm$ 8	66 $\pm$ 4 <sup>★</sup>	15.6 $\pm$ 0.8	16.0 $\pm$ 0.5	46.5 $\pm$ 3.0	48.5 $\pm$ 1.8		
調査	S-GOT (IU/L)		S-GPT (IU/L)		LDH (IU/L)		CPK (IU/L)		UA (mg/dl)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1-(1)n=4	23 $\pm$ 8	18 $\pm$ 6	7 $\pm$ 5	8 $\pm$ 5	120 $\pm$ 14	130 $\pm$ 15	134 $\pm$ 26	161 $\pm$ 31	5.4 $\pm$ 0.4	5.1 $\pm$ 0.4
1-(2)n=4	14 $\pm$ 2	16 $\pm$ 7	9 $\pm$ 3	9 $\pm$ 3	120 $\pm$ 15	138 $\pm$ 13	111 $\pm$ 22	155 $\pm$ 33 <sup>★</sup>	6.1 $\pm$ 0.3	7.1 $\pm$ 1.2
1-(3)n=4	15 $\pm$ 4	18 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3	9 $\pm$ 4	119 $\pm$ 11	136 $\pm$ 8	209 $\pm$ 89	259 $\pm$ 106	7.5 $\pm$ 1.1	6.5 $\pm$ 1.3

All values are mean $\pm$ SD (n=4). Significant difference(★★=P<0.01, ★=P<0.05) compared to before values.

## 方法

### 1. 潜水時の調査(調査1)

21~25歳の健康な男子ダイバー4名を被験者として3度の調査を実施した。1度目の調査〔調査1-(1)〕は水深3~4mの実海面で150分間のスクーバ潜水を行った。この時の気温及び水温はそれぞれ18.0℃と11.3℃であった。2度目及び3度目の調査〔調査1-(2)及び調査1-(3)〕は共に周囲約70m,水深約1.5~3.0mの淡水プールで180分間のスクーバ潜水を行った。この時の室温及び水温は調査1-(2)が18.0℃と20.0℃,調査1-(3)が20.5℃と19.5℃であった。調査1-(3)は調査1-(2)の2日後に実施した。調査1-(1)は海底観察を主とした潜水を,調査1-(2)は水深3mで60分間の自由潜水を行わせた後に,運動負荷を大きくするために,最大限のスピードでプールを20周させ,その後再度自由潜水を行わせた。そして1-(3)は1-(2)とほぼ同じスケジュールで実施し,この時は中程度のスピードでプールの底を15周させた。なお調査1-(3)では,潜水を90分行った時点で,それぞれ2名ずつの被験者に500mlのスポーツ飲料または50%果汁飲料を摂取させた。すべての調査で被験者は厚さ5mmのウェットスーツとフードを着用した。採血は各潜水の開始直前(Before)と終了直

後(After)に,採尿は潜水開始30分前から潜水終了30分後までの間,30分間隔で,船上またはプールサイドで実施した。

### 2. スクーバ潜水訓練時の調査(調査2)

当センターで実施した2度のスクーバ潜水訓練において,訓練生として参加した健康な男子113名を対象に,訓練中それぞれ3回ずつ血液検査を実施した。1度目〔調査2-(1)〕の被験者は53名で年齢は21~36歳,2度目〔調査2-(2)〕の被験者は60名で年齢は21~33歳であった。採血は両訓練時共ほぼ同じ条件下で行い,1回目は訓練開始前の朝食前(11:30-12:00)(Control),2回目は訓練4日前の朝食前(11:30-12:00)(Before),そして3回目は同日の潜水後の夕食前(17:30-18:00)(After)に実施した。なお1度目の調査では,訓練開始後90分を経過した時点で,先の調査1-(3)と同様にすべての被験者にスポーツ飲料または50%果汁飲料を250mlずつ強制的に摂取させた。これに対し2度目の調査では,訓練中の飲料摂取は各自自由に行わせた。但し両者共,この間の他の食物摂取は一切禁じた。また4日目の訓練内容は共にプールでのスノーケリングによる約500~600mの水面泳法や水深3mでの潜水装備品の脱装着訓練などであった。訓練中の室温及びプールの水温は1度目がそれぞれ24.0℃と22.5℃,2度目

が24.0℃と23.0℃で、すべての被験者は厚さ5mmのウェットスーツを着用した。調査1及び調査2で実施した血液検査は自動血球計数装置(トーアCC-130)による赤血球数(RBC),白血球数(WBC),ヘモグロビン量(Hb)の計測,遠心法(クボタKH-120A)によるヘマトクリット値(Ht)の測定及びヘモグラム検査のほか,自動化学分析装置(TBA-380)による血清トランスアミナーゼ(S-GOT, S-GPT),乳酸脱水素酵素(LDH),クレアチンフォスフォキナーゼ(CPK),尿酸(UA)の分析及び電気泳動法によるLDHアイソザイムの測定などを実施した。その他調査1-(1)~(3)では,30分毎の尿量(UV)測定と上記の自動化学分析装置による尿中尿酸(U-UA)の分析を行った。

## 結 果

調査1-(1)~(3)の血液分析の結果を表1に示した。血液成分では,RBC,Hb及びHtがすべての調査でAfterで増加した。これらの増加率は調査1-(1)が6~7%で最も高かった。WBCは調査1-(1)では,潜水後の変化はみられなかったが,激しくしかも運動量が多かった調査1-(2)では,Beforeの $58 \pm 9$  ( $\times 10^2/u1$ )からAfterの $89 \pm 10$  ( $\times 10^2/u1$ )に有意( $P < 0.01$ )に増加した。同様に調査1-(3)でもAfterで有意( $P < 0.05$ )に増加した。その他血液生化学分析の結果では,すべての調査でLDH,CPK活性値が共にAfterで上昇した(表1)。このうち1-(2)のCPK活性値のみが有意( $P < 0.05$ )な上昇を示した。UAは1-(1)のAfterでわずかに減少したが,1-(2)では,Beforeの $6.1 \pm 0.3$  (mg/dl)からAfterの $7.1 \pm 1.2$  (mg/dl)に増加した。これに対し潜水の途中で500mlのスポーツ飲料または50%果汁飲料を摂取させた1-(3)では,Beforeの $7.5 \pm 1.1$  (mg/dl)からAfterの $6.5 \pm 1.3$  (mg/dl)に減少したが,これらはすべて有意な変化ではなかった。

一方尿量はどの調査でも,潜水開始後60分~90分で顕著に増加したが,各時間帯でバラツキが大きかった(図1)。1-(1)では,入水前(Before)の尿量は $2.1 \pm 0.2$  (ml/min)であったが,潜水中は漸次増加し,入水後90分(90')に $9.0 \pm 1.6$  (ml/min)とピークに達した( $P < 0.001$ )。その後は徐々に減少し,潜水終了後はおおむね元の値に復した。

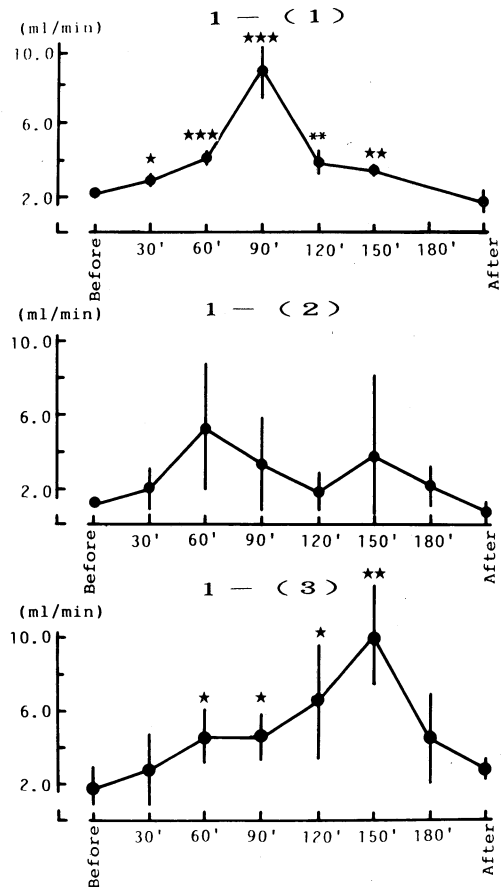


図1 調査1-(1)~(3)における30分毎の尿量変化

All values are mean  $\pm$  SD ( $n=4$ ). Significant difference ( $\star=P < 0.05$ ,  $\star\star=P < 0.01$  and  $\star\star\star=P < 0.001$ ) compared to before values.

この時の潜水中の150分間の総尿量は $706 \pm 68$ mlであった(表2)。なお本潜水では,入水後60分頃よりすべての被験者が強度の“寒さ”を訴えた。1-(2)の調査では,調査中2度のピークが観察されたが,尿量が最も多かったのは負荷後60分で,この時の値は $5.5 \pm 3.5$  ml/minであった(図1)。ここでも極めて大きなバラツキがみられた。また本調査における潜水中の総尿量は $597 \pm 27$  mlであった(表2)。これに対し1-(3)では,潜水中の総尿量が最も多く $1021 \pm 313$  mlとなった(表2)。本調査

表2 調査1-(1)-(3)の各被験者における30分毎及び累積的な尿量変化  
調査1-(1)尿量(ml/30°)

Time	Before	30°	60°	90°	120°	150°	180°	合計 30°~150°
被験者 A	50	74	111	294	126	110	—	715
〃 B	62	90	135	307	131	128	—	791
〃 C	64	72	108	280	120	110	—	690
〃 D	73	85	127	200	85	180	—	627
mean±SD	62±9	80±9	120±13	270±48	116±21	120±11	—	706±68

調査1-(2)尿量(ml/30°)

Time	Before	30°	60°	90°	120°	150°	180°	合計 30°~180°
被験者 A	55	43	44	33	80	270	129	599
〃 B	70	130	114	37	80	158	110	629
〃 C	50	59	220	198	22	27	37	563
〃 D	55	74	270	150	29	25	47	595
mean±SD	58±9	77±38	170±98	105±83	53±32	120±118	81±46	597±27

調査1-(3)尿量(ml/30°)

Time	Before	30°	60°	90°	120°	150°	180°	合計 30°~180°
被験者 A	44	65	92	115	210	360	230	1072
〃 B	98	175	200	170	300	390	200	1435
〃 C	20	32	143	175	225	210	74	859
〃 D	59	89	140	110	82	220	75	716
mean±SD	55±33	90±61	144±44	143±35	204±91	295±93	145±82	1021±313

では、2名の被験者が潜水後120分頃より“寒さ”を訴えた。尿量の増加は潜水開始直後から観察され、飲料摂取（潜水開始後90分）後もさらに増加し続け、潜水後150分にピークに達した（図1）。この時の尿量は $10.2 \pm 2.8$  (ml/min)であった（ $P < 0.01$ ）。その後は速やかに減少したが、潜水終了30分後（After30°）の値は $3.0 \pm 0.8$  (ml/min)と依然、Beforeの約1.5倍の値を維持した。調査1-(1)~(3)の潜水中の尿量（UV）、尿中尿酸（U-UA）排泄量及び潜水前後の血中尿酸（UA）値を図2に示した。図中UV及びU-UAの1は潜水直後から90分まで（前半）の排泄量を、2はそれ以降から潜水終了時まで（後半）の排出量を示し、1+2はこれらの合計を示した。1-(1)のUVは1で

全量の約2/3にあたる $471 \pm 50$ mlの排泄があった。U-UAもUVとほぼ同様の排泄パターンを示し、前半に多くの排泄が行われた。その結果UAはAfterでわずかに減少した（表1、図2）。1-(2)のUV及びU-UAは1と2でほとんど差はみられず、1+2のUVは1-(1)に比べ潜水時間が30分長かったにも拘わらずそれよりも少なかった。またU-UAの180分間の総排泄量は $158 \pm 38$ mgで、1-(1)の約2倍になったが、UAは1-(1)とは逆にAfterでわずかに増加した（表1、図2）。これに対し1-(3)のUVは飲料摂取に伴い顕著に増加し、1+2の値は $1021 \pm 313$ mlと、3回の調査で最高値を示した。同様にU-UAの180分間の総排泄量も $168 \pm 31$ mgと、最高値を示し、UAは

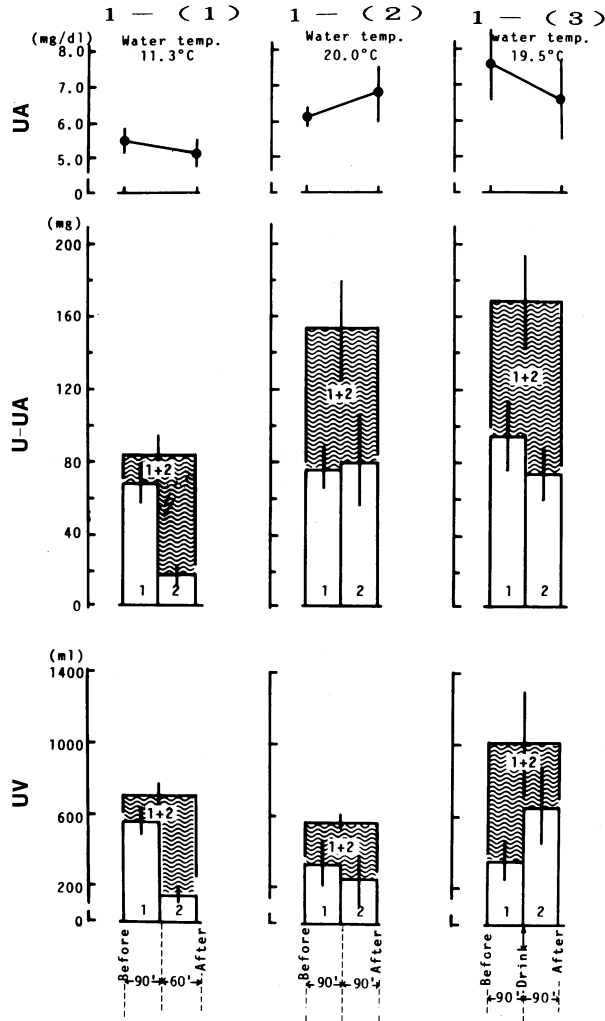


図2 調査1-(1)~(3)における潜水中の尿排泄量 (UV), 尿中尿酸排泄量 (U-UA) 及び潜水前後の血中尿酸 (UA) の変化  
All values are mean  $\pm$ SD(n=4).

Beforeの7.5 $\pm$ 1.1mg/dl から Afterで6.5 $\pm$ 1.3 mg/dlに減少した (表1, 図2)。

一方スクーバ潜水訓練時の調査2-(1)における血液成分のControlとBeforeの比較(3日間の経日変化)では, RBC,Hb及びHtが共にBeforeでわずかに増加した。しかしWBCはほとんど変化しなかった(図3)。BeforeとAfterの比較(潜水前後の変化)では, AfterでWBCのみが増加(P<0.001)した。その他の血液成分には特に変

化はみられなかった。血液生化学の結果を表3に示した。調査2-(1)のControlとBeforeの比較では, S-GPT活性値がBeforeでわずかに下降したが, 逆にLDHとCPK活性値は上昇した。BeforeとAfterの比較では, AfterでLDHとCPKの活性値が上昇し, UAが増加した(表3)。このうち有意な変化を示したのはLDH(P<0.01)とCPK(P<0.05)であった。その他の項目では, 有意な変化はみられなかった。また本調査では, 訓練4

日目の訓練の途中で強制的な飲料摂取を行わせたが、その結果 After の UA がやや増加傾向を示したものの、特に大きな変化はみられなかった(表 3, 図 4)。同様に飲料の相違による変化もみられなかった(図 5)。ついで調査 2-(2)の Control と Before の比較では、RBC, Ht 及び Hb が共に Before で有意( $P < 0.005$ ,  $P < 0.001$ )に減少し、被験者の 75% に運動性貧血が現れた(図 3)。そして調査日の翌日(5 日目)に実施した訓練期間中の食事に関するアンケート調査では、95% の者が量や質に対する不満を訴えた。その主だった内容は食事量の不足や炭水化物を主としたメニューに対し、蛋白質及び脂質の摂取不足に対する不満であった。それ故多くの者は連日、間食(パンやインスタントラーメンなど)により、当面の満腹感を得ていた。WBC は Before と After の比較で、After で有意( $P < 0.001$ )に増加した(図 3, 図 6)。これはヘモグラムの結果から、好中球の分葉核球(seg)が著増し( $P < 0.001$ )、相対的にリンパ球(lymph)が著減( $P < 0.001$ )したことも明らかとなった(図 6)。またに表 3 に示した血液生化学の Control と Before の比較では UA が Before で有意( $P < 0.05$ )な増加を示したほかは、他の項目に特に変化はみられなかった。Before と After の比較では、After で LDH が有意( $P < 0.001$ )に上昇し、UA もわずかに増加した。LDH の上昇はアイソザイムの結果より、LDH 4 と LDH 5 の上昇であることが判明した(図 7)。その他の項目には有意な変化はみられなかった。

## 考 察

事前調査でみられた潜水後の RBC, Hb, Ht の増加は潜水中の利尿や呼気からの不感蒸泄の増加によって一時的な脱水を起こしたことが示唆された。特に調査 1-(1)の場合、他の 2 回に比べて水温や気温が低い状態で行われたので、寒冷利尿<sup>15)</sup>が促進され、その影響が強くなったと思われる。中山ら<sup>16)</sup>は寒冷暴露時に認められる寒冷利尿の性状について、それはほぼ等張尿であることが多く、Na や Cl 等の排泄増加を伴うと述べている。従って潜水の途中で飲料摂取を行わなかった 1-(1)と 1-(2)の調査では、すべての被験者が潜水後に一時的な脱水症状を起こしていたことが示唆された。また運動強度が高まると WBC や UA が増加し、同時

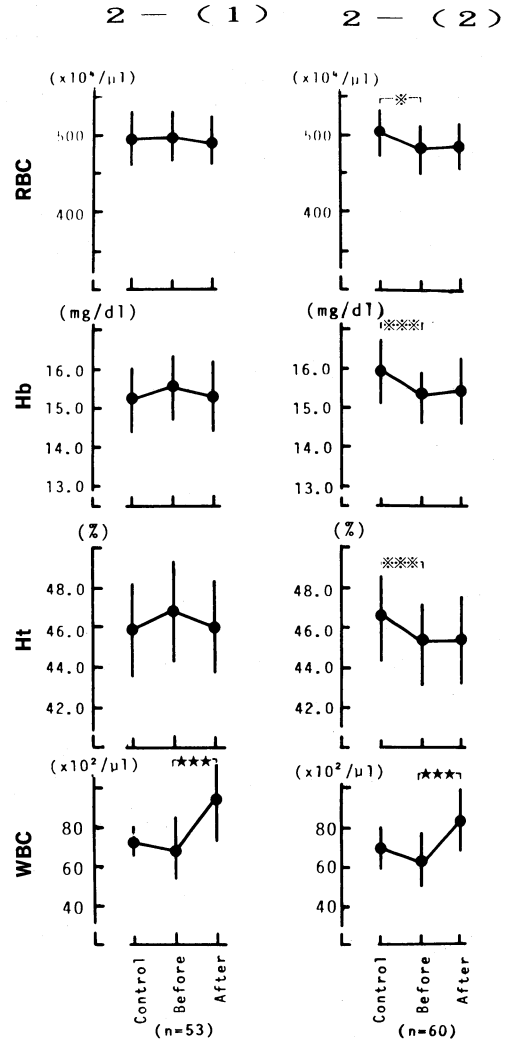


図 3 調査 2-(1)及び(2)の血液成分の経日及び潜水前後の変化

All values are mean  $\pm$  SD ( $n=53$  and  $60$ ). Significant difference (\* =  $P < 0.05$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ ) compared to control values. Significant difference (★★★ =  $P < 0.001$ ) compared to before values.

に S-GOT, LDH, CPK などの酵素活性値が高まることが報告されている<sup>11)~14)</sup>。調査 1 でもほぼ同様な結果が得られた(表 1)。これらの変化の多くは筋運動に由来するが、潜水では、フィンキックによる下肢の骨格筋の負荷強度と極めて関連深いことが示唆された。このうち特に問題となるのは

表3 調査2-(1)及び(2)の血液生化学の経日及び潜水前後の変化

調査	S-GOT (IU/L)			S-GPT (IU/U)			LDH (IU/L)		
	Control	Before	After	Control	Before	After	Cnontrol	Before	After
2-(1)n=53	18±6	19±5	19±6	15±25	12±7	10±7	136±23	140±20	157±25 ★★
2-(2)n=60	20±6	22±6	24±7	17±12	17±11	17±11	128±21	144±24	183±24 ★★★
調査	CPK (IU/L)			UA (mg/dl)					
	Control	Before	After	Control	Before	After			
2-(1)n=53	136±57	191±127	268±177 ★	5.8±1.4	5.7±1.2	6.0±1.2			
2-(2)n=60	121±44	185±152	288±195	5.3±1.4	5.9±1.4 ※	6.2±1.5			

All values are mean±SD (n=53 and 60). Significant difference (※=P<0.05) compared to control values. Significant difference (★=P<0.05, ★★=P<0.01 and ★★★=P<0.001) compared to before values.

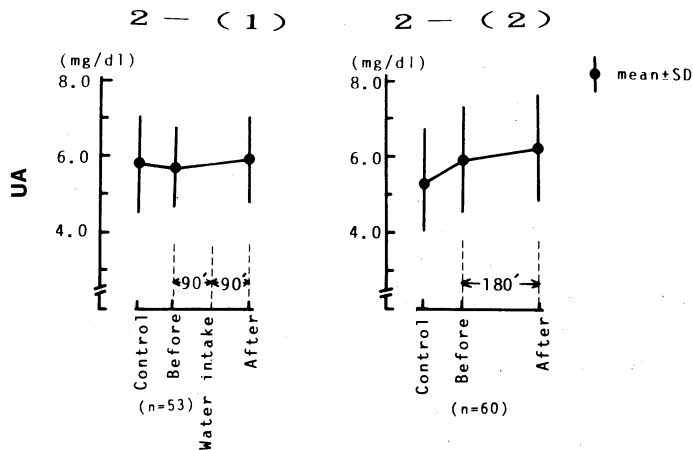


図4 潜水の途中で飲料摂取をさせた場合〔2-(1)〕とさせない場合〔2-(2)〕での潜水後のUAの変化  
All values are mean ±SD (n=53 and 60)

運動後に痛風の原因物質であるUAが増加することである。この現象は運動性高尿酸血症とよばれ<sup>8)9)</sup>、その発現機序については次の要因が考えられている。すなわち激運動により、細胞の崩壊が亢進し、それに伴う核酸塩基の遊離増加が尿酸の合成を促進することや腎血流量の減少が尿酸排

泄量を減少させる<sup>8)9)</sup>という要因である。伊藤は<sup>9)</sup>運動性高尿酸血症は一過性であるが回復が非常に遅く、累積すると恒久的な高尿酸血症を引き起こすことを示唆している。それ故運動性高尿酸血症をその都度解消し、累積加算されないような手段を構ずる必要があることを強調している。そ

## 2 - ( 1 )

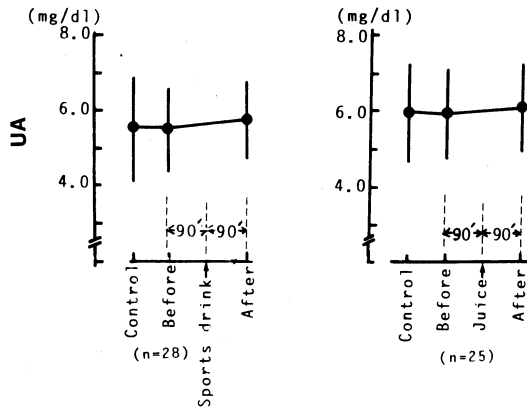


図5 潜水の途中で250mlのスポーツ飲料又は50%果汁飲料 (juice) を摂取させた場合の潜水後のUAの変化

All values are mean  $\pm$ SD (n=28 and 25)

して彼らは運動後にスポーツ飲料や5%の重曹水を摂取させることが運動性高尿酸血症象を解消させるのに有効であることを報告している。そこで上記の報告を参考に、調査1-(3)では、潜水開始後90分に、それぞれ2名ずつの被験者に2種類の異なった飲料500mlを摂取させ、そうでない他の2回の場合との潜水後のUAの変化を比較した。その結果、寒冷ストレスで尿量が増加した調査1-(1)と飲料摂取をさせ、尿量を増加させた1-(3)の場合、共に潜水後のUAの減少を認めた(図2)。これは調査1-(1)では、1-(2)に比べて運動量が少なかったため、体内での尿酸産生も少なく、しかも尿量の増加に伴い、尿酸の体外への排泄が促進されたためと思われる。同様に調査1-(3)では、運動負荷に伴い尿酸産生が促進されたものの、飲料摂取による尿量の増加がU-UAの排泄を促進された結果であると推測される。これに対し1-(2)では、逆に潜水後のUAが増加した。それは本潜水時の運動量が他の2回に比べて多かったため、体内での尿酸産生が多く、しかも潜水時間が30分長かったにも拘わらず尿量が少なかったために、産生された尿酸を十分に排泄することができなかったためと推測される。以上のことから、潜水(運動)後のUAレベルを減少させるには潜水中に

UVを増加させてU-UAの排泄を促進させることが重要であると思えた。なおUVを増加させる手段としては寒冷ストレスによる利尿も有効であると思えるが、積極的に飲料摂取を行う方が尿酸排泄を促進するだけでなく、利尿によって生じる脱水症状を緩和するのに有効である。その際、潜水を行う直前に300ml程度のスポーツ飲料を摂取すれば、上記の効果だけでなく、潜水中に生じる渇感を防止するのに極めて効果的であることも判明した。

一方潜水訓練時の調査におけるControlとBeforeの比較からは3日間の経日変化が、またBeforeとAfterの比較では、当日の訓練の影響を知ることができた。調査2-(1)の経日変化では、一部の被験者に貧血が出現したものの、特に顕著な変化はみられなかった。しかし調査2-(2)では、全体の75%の者に貧血が出現した。この貧血はその起こる時期や原因などの特徴から判断し、陸上における各種運動競技などで継続的な激運動を行った場合にしばしば観察される運動性貧血<sup>11-7)</sup>であると推測された。この貧血は運動強度や運動期間中のカロリー摂取量と極めて関係深いことが知られている。Siraki<sup>3)</sup>は運動性貧血と蛋白摂取量との関連に着目し、高蛋白、標準蛋白及び低蛋白



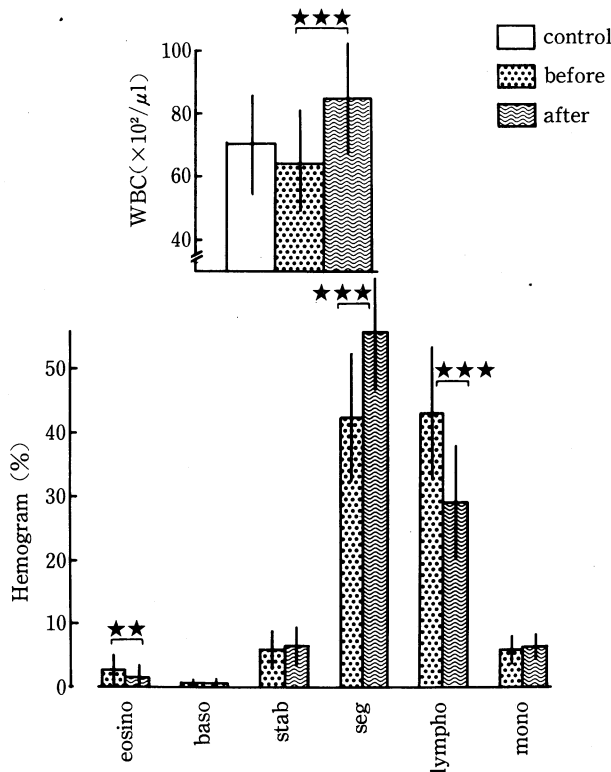


図6 調査2-②におけるWBCの経日及び潜水前後の変化と潜水前後のヘモグラムの変化

All values are mean  $\pm$ SD (n=60). Significant difference (★★=P<0.01 and ★★★=P<0.001) compared to before values.

摂取群の被験者に対し、各自の基礎代謝率の8倍に設定した自転車エルゴメーターによる負荷を毎日2時間ずつ継続して行わせた。その結果経時変化において、低蛋白摂取群が他の2群に比べ、赤血球数の減少や赤血球の浸透圧脆弱性が増加したことを報告している。これは運動性貧血の発現機序に蛋白摂取量が深く関与していることを示唆しており、浸透圧脆弱性の増加が血管内での溶血を促進するためであると考えられている。また運動性貧血の発現機序に関するその他の要因については、運動時に分泌されるアドレナリンが脾臓を収縮し、そこから溶血物質が放出されるという化学的要因<sup>2)</sup>のほか、運動による血流速度の増大や筋収縮に伴う機械的刺激の増大などで血球が破壊す

るという物理的要因<sup>1)</sup>などがあると考えられている。今回対象とした訓練以外でも、毎回常に数名の訓練生にこのような運動性貧血が観察されたが、彼らにはほぼ共通した特徴があった。それはこの現象が潜水法のうち特にフィン(足ヒレ)の使い方が下手な者たちに高頻度で出現したことであった。すなわちフィンキックにより、より多くの負荷がかかった者にとっては上記の3つの要因がすべて関与していたと思われる。しかしながら被験者の75%もの者に運動性貧血が確認された2度目の調査結果からは、その発現機序に訓練中の栄養の枯渇が大きく関与していたと推測された。前記した如く運動性貧血が運動時の栄養不足、特に動物性蛋白の摂取不足によって引き起こされる

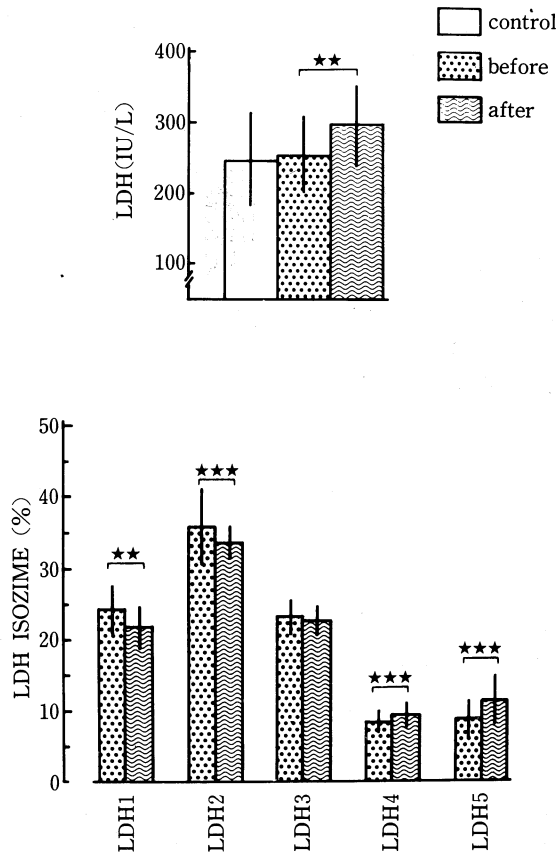


図7 調査2一(2)におけるLDHの経日及び潜水前後の変化と潜水前後のLDHアイソザイムの変化  
All values are mean  $\pm$ SD (n=60) Significant difference (★★=P<0.01 ★★★=P<0.001) compared to before values.

という報告が多数ある<sup>3)-7)</sup>。従って、連日の激しい訓練で体力の消耗が大きかったにも拘らず、アンケート調査の結果からも明らかなように摂取カロリー、特に動物性蛋白不足していたと推測された。またこれを契機に食事を増加し、かつ栄養バランスを考慮した食事に改善したところ、その後の訓練で運動性貧血の出現率がおおむね元のレベルに復したことから推察できる。その他調査2-(2)のBeforeのUAが有意(P<0.05)に増加した原因については明らかではないが、訓練中に尿酸の体内蓄積があったことを示している。以上のことから、運動性高尿酸血症現象や運動性貧血など生体

にとって不利な現象を最小限に食い止めるには、効率よい潜水法をより早くマスターすることや潜水時の水分補給及び栄養補給を十分に行うことが極めて重要であるとの知見を得た。

#### 【参考文献】

- 1) Broun G.O.: Blood destruction during in the course of a single day of exercise. J. exp. Med., 36: 481-500, 1922
- 2) Shiraki K.: The role of splenectomy on sports anemia (in Japanese), J. Physiol. Soc. Jap., 30: 1-13, 1968
- 3) Shiraki K., Yamada T. and Yoshimura H.:

- Relation of protein nutrition to the reduction of red blood cells induced by physical training, *Jap. J. Physiol.*, 27:413-421, 1977
- 4) Yamada T., Shiraki K. and Yoshimura H.: Studies on the mechanism causing the sports anemia (in Japanese). Annual Report of Japanese Malnutrition Panel Sponsored by Japan-US Cooperative Medical Science Program, 73-79pp, National Institute of Nutrition, Tokyo, 1976
  - 5) Yoshimura H.: Studies on anemia during physical training (in Japanese), *Jap. J. Phys. Fitness*, 8:167-168, 1959
  - 6) Yoshimura H., Inoue T., Yamada Y. and Shiraki K.: Anemia during hard physical training (sports anemia) and its causal mechanism with special reference to protein nutrition, *Wld. Rev. Nutr. Diet.*, 35:1-86pp, Basel, 1980
  - 7) 山岡誠一, 吉岡利治, 木村みさか: 運動と栄養, 東京, 杏林書院, 106-157, 1987
  - 8) 伊藤朗, 三上俊夫, 丹信介, 後藤浩史, 栗林徹: 運動性高尿酸血現象に及ぼすスポーツ飲料の影響, No.V スポーツ活動に即効的効果を期待する食品に関する研究, 昭和57年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 29-42, 1982
  - 9) 伊藤朗, 三上俊夫, 丹信介, 後藤浩史, 井川幸雄: 各種運動時の血清尿酸値の動態, *尿酸*, 8(1):38-45, 1984
  - 10) 高島規郎, 東照正, 渡辺学, 磯本昭夫, 中馬一郎, 鶴田宏次: 運動時白血球数の変動; ホルモンとの関係, *日本体育学会第37回大会大会号B*, 675, 1986
  - 11) 小野三嗣: 運動の生理学, 東京, 朝倉書店, 119-130, 1978
  - 12) 井川幸雄: 検査データからみた運動の功罪, 第20回日本医学会総会誌, 2:1901-1905, 1979
  - 13) 五味邦英, 鶴澤龍一, 安井辰夫: クレアチンキナーゼ, *臨床病理*, 特55:88-100, 1983
  - 14) 松田雅之, 中村毅志夫, 近藤明彦: 長時間運動とLDH, CPK 血清アイソザイム, *日本体育学会第34回大会大会号*, 287, 1983
  - 15) 黒島晨汎: 環境生理学, 東京, 理工学社, 54-59, 1981
  - 16) 中山昭雄: 温熱生理学, 東京, 理工学社, 188-198, 1981