

## 運動選手の尿酸動態に関する研究

木村直人\*・伊藤 孝\*

(平成 2 年 10 月 31 日受付, 平成 2 年 12 月 21 日受理)

### A Study on the State of Uric Acid Metabolism in Athletes

Naoto KIMURA and Takashi ITO

Several reports have indicated that level of serum uric acid increased after vigorous exercise. The exercise-induced hyperuricemia was suggested due to accelerated uric acid production (activation in purine nucleotide catabolism) and/or deteriorated renal clearance of uric acid, such as increased lactate and keton body. The present study was undertaken to investigate the uric acid metabolism (production and excretion of uric acid) in athletes during training and non-training (rest) period. As the subjects for this study, 6 weight lifters (W group), 5 alpine skiers (A group) and 4 cross country skiers (C group) aged 19-21 yr were selected respectively.

The results were summarized as follows:

1) The value of serum uric acid in training period increased with each group. The hyperuricemia (above 7.0 mg/dl) was showed 7 subjects in all groups during training period. The rate of increased serum uric acid in training period were +0.5 mg/dl of W group, +0.5~0.9 mg/dl of A group and +0.9~1.5 mg/dl of C group than those of non-training period.

2) The clearance of uric acid and rate of clearance (clearance of uric acid/clearance of creatinin) in all groups during training and non-training period were showed no changes.

3) The pronounced increased in urinary oxypurines (xthantine and hypoxthantine) of a day in three groups occurred during training period.

4) In the state of urinary uric acid excretion of a day during training period. the values of W group were significantly higher than that of non-training period. However, both in C group and A group, the values of urinary uric acid excretion of a day during training and non-training period were not found significantly changed.

5) Between serum uric acid and rate of clearance during training period, the significant correlation ( $r=-0.61$   $p<0.01$ ) was found for all subjects composing the three groups. In addition, the significant correlation ( $r=0.65$   $p<0.01$ ) was found between urinary uric acid and urine volume in a day during training period.

These findings suggested that to prevent of exercise-induced hyper-uricemia, it might be necessary to accelerate of uric acid excretion in the urine. for example performed on light exercise and enough intaked in the water after each training.

#### 1. 目 的

近年、運動選手がプロテインなどの高タンパク質食を過剰に摂取したために痛風を招来したり、大相撲力士やプロ野球選手などに、高尿酸血症が多くみられるとの報告<sup>24,25)</sup>など、運動選手はもとより、一般の運動実施者を含めた、身体運動の及ぼす尿酸代謝についての問題点が指摘されている。

激しい身体運動を行った後、血清尿酸値は一過性に上昇する。また規則的な身体トレーニングの継続は、この尿酸を蓄積させ、長期にわたる恒久的な高尿酸血症を招く危険性があると考えられている。これら尿酸代謝に及ぼす身体運動の影響については多方面からの検討がなされている<sup>7,8,13,14,27)</sup>。

一方、日常、規則的な身体トレーニングを行っている

\* 衛生学公衆衛生学教室

運動選手は、各種目の特性として主体となる運動様式(例えば、筋力トレーニング、有酸素的運動など)が異なることや、強化合宿期、試合期やシーズンオフ(休養期)など、年間を通していても、それぞれ時期や実施されるトレーニング内容は様々である。これらの違いは、運動選手の尿酸代謝に対して、何らかの差異や特徴をもたらすことが予想されるが、これらに関する検討は未だ十分ではない。

以上のことから本研究では、運動選手の健康管理、特に高尿酸血症防止の立場から、運動選手の日常のトレーニング時における尿酸の代謝動態について実態を把握し、運動性高尿酸血症についての基礎資料を得ることを目的とした。

## 2. 方 法

被検者は年齢 19~21 歳の男子ウェイトリフティング選手 6 名 (W 群)、男子アルペンスキー選手 5 名 (A 群) 及び男子クロスカントリースキー選手 4 名 (C 群) の計 15 名である。各群の運動選手は早朝練習も含め週 5~6 日間、1 日 2~3 時間程度それぞれの種目のトレーニングを実施しており、いずれの選手とも 4 年以上の競技経験を有していた。

各被検者群の身体的特徴を表 1 に示した。

調査は、強化合宿期や試合期を除いた規則的なトレーニングを実施している時期 (1988 年 6 月~7 月: Training) と運動を実施していない安静時期 (1988 年 9 月: Rest) に行った。図 1 に調査方法及びその日程について示した。Training 時の調査は 1 日の休養日をさみそれぞれ 2 回、2 週間にわたって行った。すなわち、運動開始 5 日目に 1 日尿、栄養摂取量、トレーニング内容の

Table 1. Physical characteristics of subjects in each group

	Weight lifter (n=6)	Alpine (n=5)	Cross country (n=4)
Age (years)	19.5 ± 0.6	19.2 ± 1.1	19.2 ± 0.6
Height (cm)	167.0 ± 7.9	168.0 ± 2.7	167.5 ± 3.7
Weight (kg)	68.3 ± 12.6	68.4 ± 6.9	60.2 ± 5.2
%fat (%)	12.1 ± 1.8	12.8 ± 2.4	10.3 ± 0.2
L. B. M. (kg)	60.0 ± 10.5	59.5 ± 4.9	54.2 ± 5.0
B. S. A. (cm <sup>2</sup> )	1.72 ± 0.2	1.73 ± 0.1	1.63 ± 0.1

%fat, LBM; Brožek, J *et al.* (1963), Nagamine, S *et al.* (1974)

B. S. A. ; Body Surface Area

調査を行い、6 日目の早朝に採血、時間尿の採取をした (Tr 1, 2)。また、1 日の休養日をおいた後の早朝時にも採血、採尿を実施した (Rest 1)。

Rest における調査は、少なくとも 2 日間以上運動を停止させた後の 3 日間を選び、Training 時と同様の調査を行った。

採血は 12 時間以上の絶食をさせた後、空腹時安静状態にて、肘関節正中皮静脈より血液 5 ml を、同時に完全排尿後の安静 60 分間の尿も採取した。1 日尿は、調査当日の起床時に排尿させた後の第 2 尿より翌朝起床時までの尿を蓄尿ビンに採取した。なお、アルコール摂取は血清尿酸値を上昇させること<sup>19)</sup>から、採血・採尿の 2 日前より禁酒とした。栄養摂取調査は自己記入法にて所定の用紙にすべての摂取食物の種類、量及び調理方法について詳細に記入させ、同時にその日に実施したトレーニング内容についても記録させた。

測定項目は、血清・尿中尿酸 (uricase・peroxidase

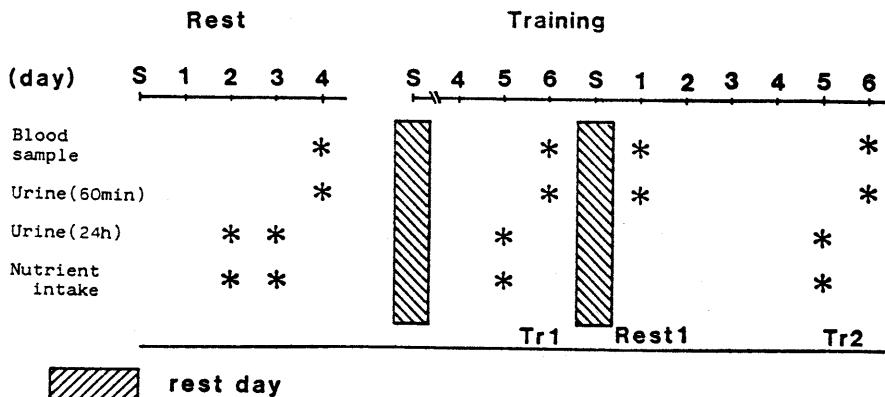


Fig. 1 Experimental procedure and schedule

Table 2. Training program of each group during training (Tr 1, 2) period

Weight lifter (n=6)	; weight training snatch high clean jerk squat (half, full)	60~80% max * (3~5 reps) * (3~8 sets)
Alpine skier (n=5)	; swimming (breast, free * 800~1200 m) 4~6 km running circuit training (sprint, repetition, sit up, back extention, bench press, bicycle ergmeter)	
Cross country skier (n=4)	; 10~15 km running (60~80 min) combination running (interval, repetition) weight training (sit up, back extention)	

法), 血清・尿中クレアチニン (Cr: jaffe 法), 尿中オキソプリン (xanthin oxidase-peroxidase 法) である。尿酸及びクレアチニンクリアランス (CUA, CCr), クリアランス比 (CUA/CCr) は中村ら<sup>21,22)</sup>の計算式を用いて求めた。

また, BM test 6-III (ペーリンガーマンハイム社製) を用いて1日尿, 60 分間の安静尿の pH, タンパク質, ブドウ糖, ケトン体, ウロビリノーゲン, 潜血などの定性試験も実施した。栄養摂取量 (摂取カロリー, タンパク質量, 摂水量) は四訂食品成分表<sup>15)</sup>, 市販食品成分表<sup>16)</sup>を用いて算出した。

各項目の値は, すべて mean±S.D. で示した。測定値の有意差検定には student t-test を用い 5% 以下を有意水準とした。

### 3. 結 果

表2は Training 時に行われた各群の主なトレーニング内容について示した。各群のトレーニングは warming up や cooling down を含め, 1日 2~3 時間程度であった。W 群は 4~5 種目 (snatch, high clean, jerk, squat (half, full)) を自己の最大挙上量の 60~80% の負荷にて1種目 3~5 回を, それぞれ 3~8 セット繰り返し筋力トレーニングが主体であった。A群では 800~1200 m 程度の水泳運動 (breast, free) や running, また 100 m 程度の sprint や腹筋, 背筋, bench press など 6~8 種目を組み合わせた circuit training を実施していた。C群では, 10~15 km の running, interval, repetition 走や補強運動 (腹筋, 背筋) などであった。

図2は, Rest 及び Training 時における安静状態での血清尿酸の変動を各群ごとに示した。3群とも Rest

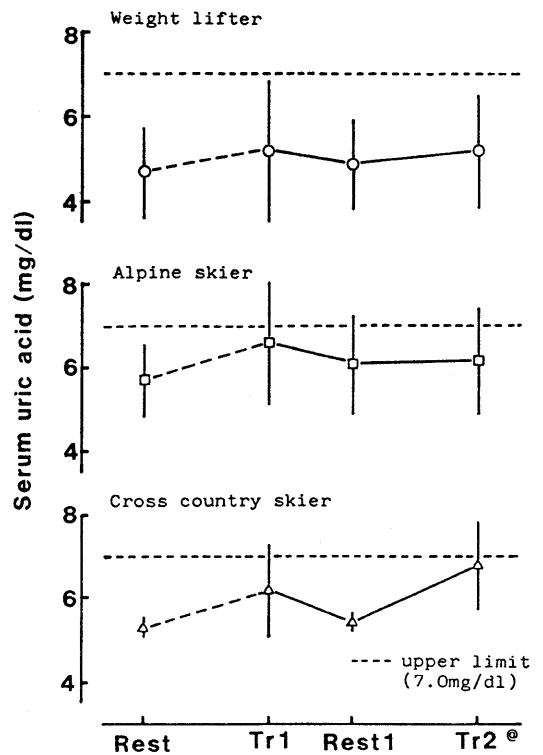


Fig. 2 Changes of serum uric acid in each group during research period.

@ ; Alpine skier (n=4)

に比べ Training 時において, 血清尿酸値は上昇し, 全体として平均 0.5~1.5 mg/dl の増加がみられた。各群別にみると, C 群 (0.9~1.5 mg/dl) が高く, ついで A 群 (0.5~0.9 mg/dl), W 群 (0.5 mg/dl) の順であり, 各

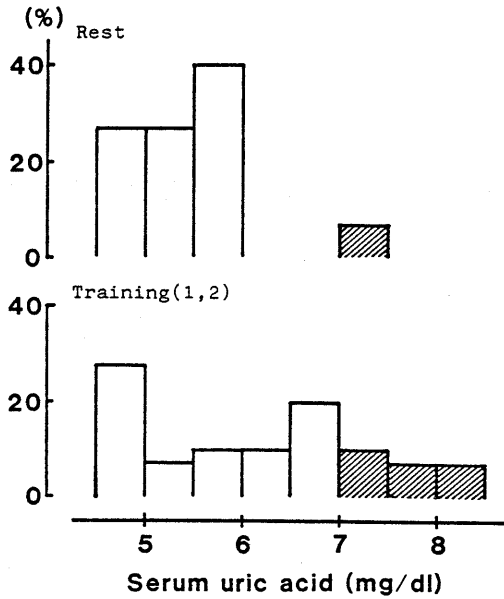


Fig. 3 Distribution of serum uric acid during Rest and Training (Tr 1, 2) period.   
 ▨ above upper limit (7.0 mg/dl)

群にそれぞれに正常値を越える者 (7.0 mg/dl 以上) が認められた。また、一日の休養をはさんだ Rest 1 での血清尿酸値は、3 群とも低下傾向を示した。

図 3 は、Rest 及び Training 時における被検者全体の血清尿酸値の分布を示した。Rest での血清尿酸値は、主に 4.5~6.0 mg/dl の範囲であったのに対して、Training 時では 4.5~8.5 mg/dl の範囲に広がった。Training 時における各個人の変動を見ると、Tr 1 は 15 名中 8 名 (W 群 3 名、A 群 3 名、C 群 2 名)、Tr 2 では 9 名 (W 群 4 名、A 群 2 名、C 群 3 名) にそれぞれ 0.9~2.2 mg/dl、0.4~2.6 mg/dl の血清尿酸値の増加が見られた。特に正常値を越えたもの (7.0 mg/dl 以上) は、7 名 (Tr 1: 3 名、Tr 2: 4 名) であり、全体の 24% を占めた。

図 4 は、調査期間中の、各群の尿酸クリアランス (CUA) 及び、クリアランス比 (CUA/CCr) の変動について示した。3 群の CUA 及び CUA/CCr の平均値は、調査全体を通じて、著しい変動はみられなかったものの、Training 時において、各群ごとに正常域を下回る者 (CUA: 6.1 ml/min 以下) がみられた。

図 5、6 は Rest 及び Training 時 (Tr 1, 2) における 1 日の尿中オキソプリン排泄量、尿中尿酸排泄量を各

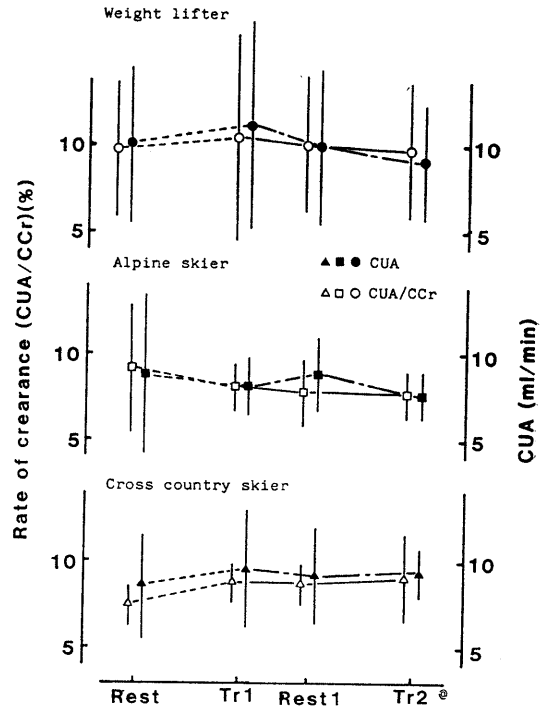


Fig. 4 Changes of uric acid clearance (CUA) and rate of clearance (CUA/CCr) during research period.   
 @ ; Alpine skier (n=4)

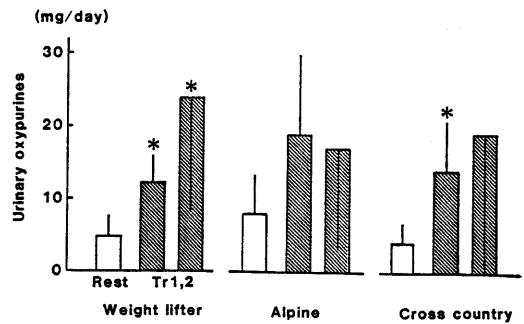


Fig. 5 Urinary oxypurines excretion of a day in each group during Rest and Training (Tr 1, 2).   
 \* $p < 0.05$  ; significant difference from each Rest

群ごとに示した。尿中オキソプリン排泄量は 3 群とも Rest に比べて Training (Tr 1, 2) 時に著しく個人差はみられるものの、いずれも増加を示し、特に W 群、C 群においては有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。また、尿

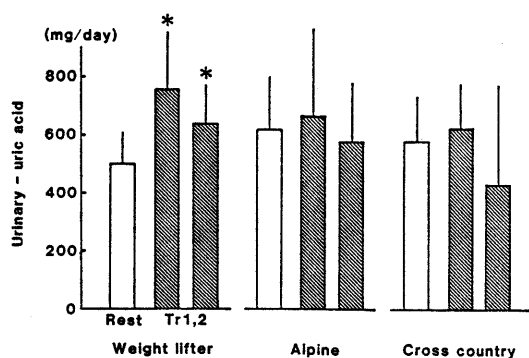


Fig. 6 Urinary uric acid excretion of a day in each group during Rest and Training (Tr 1, 2).

\* $p < 0.05$ ; significant difference from each Rest

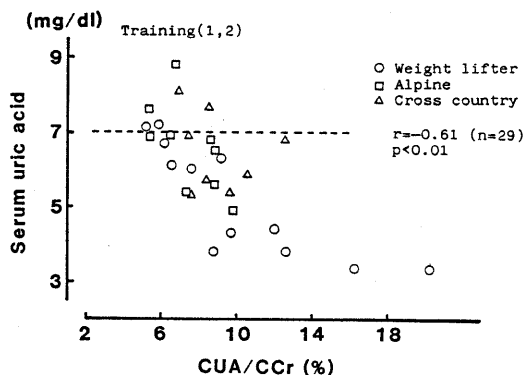


Fig. 7 Relationship between serum uric acid and CUA/CCr during Training (Tr 1, 2) period.

The dotted line (----) was upper limit (7.0 mg/dl) of normal range.

中尿酸排泄量を見ると、W群では、Restに比べて、有意な増加 ( $p < 0.05$ ) が Tr 1, 2 において見られた。しかしながら、Training 時におけるA群、C群のそれは、同程度ないし減少する傾向を示していた。調査期間中の1日の尿量は、W群、A群に著しい差異はみられず同程度であったものの、C群では逆に減少傾向を示した。

Training 時 (Tr 1, 2) における血清尿酸値と CUA/CCr、一日の尿中尿酸排泄量と尿量との関係を示したものが、それぞれ図 7, 8 である。なお、各群のトレーニング内容が異なるために、この両者の関係を同一のものとして扱えないことから、相関係数の有意性の検定は Z 変換による相関係数の平均値を用いて行った。血清尿酸

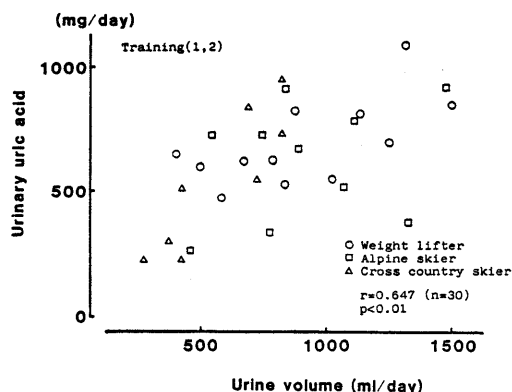


Fig. 8 Relationship between urinary uric acid and urine volume during Training (Tr 1, 2) period.

値と CUA/CCr との間には有意な負の相関関係 ( $r = -0.61$ ,  $p < 0.01$ ) が見られ、早朝安静時の血清尿酸値が高いものほど、CUA/CCr は低値であった。また、一日の尿中尿酸排泄量と尿量との間には、有意な正の相関関係 ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.01$ ) が認められ、1日の尿量の増大に伴い、尿中への尿酸排泄量も増加を示した。

一方、調査期間中の尿の定性試験では、Training 時の一日尿、60 分間の安静尿とも各測定項目において著明な陽性反応はみられなかった。pH は 5~7 の範囲であった。また、調査期間中の栄養摂取量、すなわち摂取カロリー量、タンパク質量は、体重 1 kg 当たり W 群で 48.3~52.3 kcal, 1.6~1.8 g, A 群は 36.1~43.9 kcal, 1.0~1.4 g, C 群では、39.9~53.8 kcal, 1.1~1.8 g の範囲にあり、摂水量も含めて、3 群とも Rest 及び Training (Tr 1, 2) の間に著しい差は認められず、同程度の量を摂取していた。

#### 4. 考 察

栄養摂取量 (摂取カロリー、タンパク質量) が血清尿酸値に影響を与えることが報告<sup>1,26)</sup> されており、高タンパク質、特に高プリン体食の過剰な摂取は、高尿酸血症や痛風などの疾病を発生し易くすることが知られている。本研究の体重当りの摂取カロリー量、タンパク質量は、W 群が高い傾向にあったものの、各群とも Rest 時と Training 時との間に顕著な違いはみられず、また、これらの値は、日本人の栄養所要量<sup>17)</sup> (生活活動強度“重い”)と同程度であった。

このことから、調査中の栄養摂取は、各群とも過剰に

タンパク質を摂取していたとは、言い難く、さらに Rest 時及び Training 時とも血清尿酸値に及ぼす栄養摂取量の影響はほぼ同一であったと推測される。

Training 時 (Tr 1, 2) において、伊藤ら<sup>14)</sup>が示すところの運動性高尿酸現象 (血清尿酸の上昇) がいずれの群にも見られた。各個人の変動では、Tr 1, 2 を合わせて 17 名 (59%) に血清尿酸値の増加が認められ、特に正常値を越えるもの (7.0 mg/dl 以上) が 7 名であった。また、休養日後の Rest 1 では、逆に低下を示し、正常範囲内であったことから、血清尿酸値の上昇には、運動実施の有無が関与していることが示唆された。

運動と関連した尿酸産生の機序については、adenine nucleotido が分解し、adenine monophosphate (AMP) の脱アミノ化 (AMP → IMP + NH<sub>3</sub>) が生じ、inosine monophosphate (IMP) を形成する。その後 AMP deaminase により IMP → sAMP → AMP と再合成されるが、IMP の産生量が多い場合は IMP → inosine → oxy-purines (hypoxanthine, xantine) と代謝され、最終的には xanthine oxydase 活性により肝において尿酸が産生される<sup>4,10,11,28)</sup>。

一般に、正常男子における尿酸プールは平均 1200 mg (870~1650 mg) 程度<sup>26)</sup>とされており、生体内における恒常性の保持から産生と排泄とのバランスによって、一定に保たれている。尿酸の排泄は、その大半が尿中であり、一部が腎外処理 (腸管排泄) されている。

運動性の高尿酸現象は、運動時骨格筋中の ATP/ADP 系のエネルギー産生の増大により、このプリン代謝 (adenine nucleotido degradation) が亢進し、尿酸の過剰産生が生じることや、運動による腎血流量の減少、乳酸、ケトン体など腎遠位尿細管での尿酸分泌の阻害から、腎の尿酸排泄機能を低下させることが報告されている<sup>2,6,9,22,29)</sup>。

小笠原ら<sup>27)</sup>は、運動による血清尿酸値の回復が遅れる原因として、尿中への排泄低下が一つの要因ではあるが二義的なものであるとし、運動後その前駆物質であるオキプリン<sup>1)</sup>の持続的な生成が主であると述べている。

そこで Tr 1, 2 でみられた血清尿酸の変動を尿酸の産生と排泄の両面からみると、一日の尿中オキプリン排泄量は個人差がみられるものの各群とも増加を示した。この結果は、小笠原らの報告<sup>27)</sup>と一致しており、運動によりプリン代謝は亢進し尿酸の過剰産生が生じていたと思われる。一方、腎からの尿酸除去率を示す CUA や CUA/CCr は、Training 時、個人間の変動が大きいものの、平均値としてみる限りは、Rest と同程度であっ

た。しかしながら、Training 時の CUA/CCr と血清尿酸値との間に有意な負の相関関係が認められ、早朝安静時の CUA/CCr の低いものほど、血清尿酸値は高い傾向にあった。これは、乳酸やケトン体などによって運動直後からの尿酸排泄機能が低下し、その後何らかの理由により翌朝まで抑制されたためと考える。また、1日の尿中尿酸排泄量は、Rest 時に比べて W 群では増加を見たものの、A群、C群では同程度か逆に減少傾向にあった。

以上のことから、Training 時における血清尿酸値の上昇には、尿中オキプリン排泄量の増大に示される尿酸の過剰産生があげられる。一方尿中尿酸排泄量には著明な増大がみられず、特に血清尿酸値が正常値を越えたもの (7.0 mg/dl 以上) ほど CUA/CCr は低く、さらに尿中尿酸排泄量も低値であったことから、尿酸排泄の抑制すなわち、増大した生成量に見合った尿中への排泄がなされず、結果として生体内に蓄積し、高尿酸状態を引き起こしたものと考えられる。

3群のトレーニング特性から尿酸の代謝動態を見ると、有酸素的トレーニングを主体とするC群の血清尿酸値の上昇が最も著しく、次いで、有酸素的及び無酸素的運動や、筋力トレーニングなどを組み合わせていたA群で、筋力トレーニングを中心としたW群は、最も少なかった。一方、1日の尿中尿酸排泄量は、血清尿酸値の増加が少なかったW群ではTraining中、有意な増大がみられたものの、他の2群では、Restと同程度か、あるいはC群においては低下傾向にあった。

腎からの尿酸の排泄については、「4-component system」と呼ばれる機序が有力視されている<sup>6,18)</sup>。Levinsonら<sup>18)</sup>は、この尿酸の排泄について、①糸球体での濾過、②近位尿細管での再吸収、③遠位尿細管での分泌、④分泌後、再吸収され最終的には糸球体で濾過された5~10%が尿中へ排泄されると報告している。一般に、生体内における尿酸プールは産生と排泄とのバランスにより一定に保たれており、過剰に産生された尿酸に対して、腎からの排泄も促進することが予想される。しかしC群に尿酸排泄の増大はみられず、逆に低下傾向を示した。この理由の一つとして、Training時における尿量の減少があげられる。

運動によって過剰産生された尿酸に対して、恒常性を保持する働きから、生体は相対的に尿中への排泄濃度 (mg/100 ml) を高めようとするのが考えられる。本研究でも、尿中尿酸濃度はRestに比べて、平均10~55%の上昇を示した。しかしながら、この濃度の上昇にも、

腎機能における生理的限度（上限）があるものと思われる。そこで、より多量の尿酸を排泄するためには、尿量の増大を促す必要性がある。しかしながら、本研究におけるC群では、逆に減少を示したため、結果として1日の排泄量が抑制されたと考えられる。

以上のことから、W群では、尿酸生成は亢進したもののその排泄量も増大したため3群中最も血清尿酸の上昇が少なく、逆に、C群においては、尿酸生成の亢進と尿量減少に伴う排泄低下の双方が血清尿酸値を上昇させていると推察した。

また、C群にみられる尿量減少は、実質の運動時間の違いによる発汗量の差異が考えられる。

本調査を実施した時期は、6月から7月前半の夏季であり、W群は、空調設備の整ったウェイトトレーニング場であったのに対し、C群では屋外のグラウンドにてそれぞれトレーニングを行っていた。運動によって水分や塩分の損失が増加すると、尿量を減少させることにより生体の水分量を一定に保持しようとする働きがあり、安静時30~60 ml/hの尿量は、発汗が著しい時では、5~10 ml/hに減量することが知られている<sup>12,30)</sup>。

本研究ではトレーニング中の発汗量や、前後の体重の変化をとらえていないが、上述した報告<sup>12,30)</sup>とトレーニングの実施状況を併せて推察すると、運動実施時のC群の発汗量はW群に比べて大であったことが予想される。また、水分の平衡からC群の尿量は抑制され、その結果尿酸排泄量も減少したと思われる。

運動選手の尿酸代謝に及ぼす要因は、運動種目<sup>14)</sup>、運動強度と量(時間)<sup>2,7,9,13,27)</sup>、選手の体力レベルや栄養摂取量<sup>1,13,20)</sup>と様々であり、これが総合的に関与しているものと思われる。しかも連日激しい身体トレーニングを繰り返し行っている運動選手にとっては、運動後の尿酸値の上昇は避けがたい。本研究ではTraining時において1日の尿量と尿中尿酸排泄量との間に正の相関関係が認められ、尿量の多いものほど尿酸の排泄も増加する傾向にあった。これからして運動選手の高尿酸血症の防止を図るためには、運動後の水分摂取を十分行い<sup>5)</sup>、その生成に見合った尿酸の排泄を促すことが必要であろう。

## 5. 要 約

本研究は、運動選手の健康管理、特に高尿酸血症防止の立場から、日常のトレーニング時(Training)と運動を停止させた安静時(Rest)における運動選手の尿酸の代謝動態と運動性高尿酸血症について検討を加えた。被検者は年齢19~21歳の男子ウェイトリフティング選手

6名(W群)、男子アルペンスキー選手5名(A群)及び男子クロスカントリースキー選手4名(C群)である。結果は以下の通りである。

1) Training時における3群の血清尿酸値は、Restに比べ平均0.5~1.5 mg/dlの上昇を示した。各群別では、C群(0.9~1.5 mg/dl)が一番高く、次いで、A群(0.5~0.9 mg/dl)、W群(0.5 mg/dl)の順であった。

2) Training中、正常値を越えたもの(7.0 mg/dl以上)が7名認められ、全体の24%を占めた。

3) 各群のCUA、CUA/CCrの平均値は、全体を通じて、著しい変動は認められなかったものの、Training時において正常域を下回るものがみられた。

4) 1日の尿中オキシプリン排泄量は、Training時において、3群いずれも著明な増加が認められた。尿中尿酸排泄量では、Restに比べTraining時において、W群で増大を見たものの、A群、C群では、同程度の値であった。

5) Training時における血清尿酸値とCUA/CCrとの間に有意な負の相関関係( $r=-0.61$ ,  $p<0.01$ )がみられた。また、1日の尿中尿酸排泄量と尿量との間にも有意な正の相関関係( $r=0.65$ ,  $p<0.01$ )が認められた。なお、相関係数の検定は、3群の平均値(Z変換)を用いた。

以上の結果より、Training時において血清尿酸値は上昇し、正常値を越えるもの(7.0 mg/dl以上)が認められた。この原因は、尿酸生成の亢進やその生成に見合うだけの排泄が行われなかったためと考える。そこで、高尿酸血症の防止をはかる上からも運動後の水分摂取を十分行い、腎からの排泄を促すことが必要であると思われる。

この論文の要旨は、第41回日本体育学会(岡山)で発表した。

稿を終えるにあたり、被検者としてご協力をいただいた日本体育大学各運動部諸君にお礼申し上げます。また、調査遂行に当たり、ご協力をいただいた坂本裕美子技師、広田公一教授に深謝致します。

## 文 献

- 1) 赤岡家雄：高尿酸血症と痛風—全身性疾患としての管理・治療法—, *Medical Practice*, 5 (3) 文光堂, 東京 (1988).
- 2) Broberg. S. and Sahlin. K: Adenine nucleotide degradation in human skeletal muscle during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.*,

- 67 (1) p. 116-122 (1989).
- 3) Brožek. J. F., Grande, J. T., Anderson. A and keys. A: Densitometric analysis of body composition. Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **110**, p. 113-140 (1963).
  - 4) Goodman. M. N. and Lowenstein. J. M.: The purine nucleotide cycle.: Studies of ammonia production by skeletal muscle in situ and in perfused preparations. *J. Biol. Chem.*, **252** (14) p. 5054-5060 (1977).
  - 5) 後藤浩史, 三上俊夫, 丹 信介, 栗林 徹, 佐藤貴樹, 丸山剛生, 鈴木正俊, 伊藤 朗: 激運動後の尿酸代謝に及ぼすスポーツ飲料の影響。日本体育学会第 34 回大会号, p. 322 (1983).
  - 6) 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**, p. 208-220 (1989).
  - 7) Green. H. J and I. G. Fraser: Differential effects of exercise intensity on serum uric acid concentration. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **20** (1) p. 55-59 (1988).
  - 8) 秦野伸二, 小笠原正志, 伊藤 朗: 運動性高尿酸現象の発生機序。日本生理誌, **49**, p. 151-159 (1987).
  - 9) Hadano. S., Sakai, S. and Ogasawara, M.: Effects of exercise intensity on purine catabolism. *体力科学*, **37**, p. 225-233 (1988).
  - 10) Hara. N., Mineo. I., Kono. N., Yamada. Y., Kawachi. M., Kiyokawa. H., Yamasaki. T., Wang. Y. L., Nakajima. O., Kuwajima. M. and Tarui. S.: Inosine and adenosine formation in ischemic and non-ischemic contracting muscles of rats: Difference between fast and slow muscles. *Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol.*, **60** (3) p. 309-321 (1988).
  - 11) Hellsten. Y., Ahlborg. G., Jensen-Urstad. M. and Siodin. B.: Indication of in vivo xanthine oxidase activity in human skeletal muscle during exercise. *Acta. Physiol. Scand.*, **134**, p. 159-160 (1988).
  - 12) 井川幸雄: 運動と水・電解質代謝, *臨床栄養*, **65** (5) p. 515-517 (1984).
  - 13) 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) p. 38-47 (1984).
  - 14) 伊藤 朗, 古賀由香, 秦野伸二, 三上俊夫, 村上秀明, 後藤浩史, 丹 信介: 運動性高尿酸現象に関する研究 (4)——各種スポーツマンの尿酸代謝——, *尿酸*, **10** (2) p. 65-74 (1986).
  - 15) 科学技術庁資源調査会: 四訂食品成分表, 女子栄養大出版部, 東京 (1989).
  - 16) 香川芳子: 市販食品成分表, 女子栄養大出版部, 東京 (1986).
  - 17) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 第 4 字改訂, 日本人の栄養所要量。第一出版, 東京 (1989).
  - 18) Levinson. D. J. and Sorensen. L. B: Renal handling of uric acid in normal and gouty subjects: evidence for a 4-component system. *Annals of the Rheumatic Diseases*. **39** p. 173-179 (1980).
  - 19) Lieber. C. S., Jones. D. P. Losowsky. M.S. and Davidson. C. S.: Interrelation of uric acid and ethanol metabolism in man. *J. Clin. Invest.*, **41** (10) p. 1863-1870 (1962).
  - 20) Nagamine. S. and Suzuki. S.: Anthropometry and body composition of japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, p. 8-15 (1974).
  - 21) 中村 徹, 内田三千彦, 内野治人, 樋口富彦: 痛風・高尿酸血症の尿酸クリアランス法による検討, *尿酸*, **2** (1) p. 125-130 (1978).
  - 22) 中村 徹: 尿酸クリアランステスト, *日本臨床*, **37**, p. 1768 (1979).
  - 23) Nichols. I., Miller. A. T. and Hiatt. E. P.: Influence of muscular exercise on uric acid excretion in man. *J. Appl. Physiol.*, **3**, p. 501-507 (1951).
  - 24) 西田秀太郎, 林 盈六, 竹内二士夫, 赤岡家雄: 力士における脂質代謝とプリン代謝の関連に関する研究, *尿酸*, **3** (2) p. 224-225 (1979).
  - 25) 西岡久寿樹, 広瀬和彦, 大井淑雄, 御坐清允, 中山年正, 北村元住: 筋運動に伴うプリンヌクレオチド代謝動態の研究——第 1 報——スポーツ選手における痛風, 高尿酸血症の頻度について, *尿酸*, **1** (2) p. 107-113 (1977).
  - 26) 織田敏次: 内科セミナー MET4—痛風—, 永井書店, 東京 (1979).
  - 27) 小笠原正志, 秦野伸二, 春日井淳夫, 伊藤 朗, 井川幸雄: 運動強度の差が ammonia および oxypurines 動態に及ぼす影響, *体力科学*, **37**, p. 85-92 (1988).
  - 28) Sahlin. K., Palmkog. G. and Hultman. E: Adenine nucleotide and IMP contents of the quadriceps muscle in man after exercise. *Pflugers Archiv*, **374**, p. 193-198 (1978).
  - 29) Steel. T. H.: Evidence for altered renal urate reabsorption during changes in volume of the extracellular. *J. Lab. Clin. Med.*, **74**, p. 288-299 (1969).
  - 30) 鈴木政登: 運動と腎機能, *臨床栄養*, **65** (5) p. 479-482 (1984).