暑熱環境下における至適速度でのジョギングが尿酸動態に及ぼす影響

木村直人, 伊藤孝

日本体育大学 衛生学公衆衛生学教室

Effect of Optimum Jogging in a Hot Environment on Uric Acid Metabolism

Naoto KIMURA and Takashi ITO

Department of Preventive Medicine and Public Health Nippon Sport Science University, Tokyo

Abstract **Objectives:** The purpose of this study was to estimate the effect of optimum jogging in a hot environment on uric acid metabolism.

Methods: Six male subjects performed jogging at each optimum speed. The distance of jogging was 8000 m (400 m track×20 laps). Each jogging was performed twice, once in the summer season (Sept.) and once in the winter season (March). Blood samples were collected before and at 0, 1, 2, 3, 5 and 24 h after each jogging. Urine was also collected before (after 60 min at rest) and from the onset of jogging until 24 h after.

Results: The wet bulb globe temperature (W.B.G.T.) during jogging ranged from 24.9 to 27.8°C in the summer and from 5.9 to 11.4°C in the winter. There was no difference in the duration of each jogging between summer and winter. However, the heart rate (H.R.) during jogging in the summer was higher than that in the winter. Serum uric acid at each rest ranged from, on average, 6.2 to 6.4 (mg/dl). After jogging in the summer, serum uric acid rose significantly ($p<0.05$) and the increase was maintained until 5 h after. Exercise-induced hyperuricemia (above 7.5 mg/dl of serum uric acid) was shown in 3 out of all the subjects. In contrast, serum uric acid in the winter showed no significant change throughout protocol. There was no difference in the change in clearance of uric acid during each protocol between summer and winter. Urinary uric acid excretion at 24 h after, between summer and winter, showed similar levels. The rate of urinary oxypurine excretion (xanthine+hypoxanthine) in summer was higher than that in winter at 1 h and 2 h.

Conclusions: These results suggest that not only jogging but also a hot environment affects uric acid metabolism, especially the increase of purine nucleotide degradation.

Key words: uric acid metabolism (尿酸代謝), hot environment (高温環境), optimum jogging (至適速度でのジョギング), purine nucleotide degradation (プリン・ヌクレオチド分解)

緒 言

今日、身体活動や運動が及ぼす健康の保持・増進に対する効果が知られるようになり、日常的に身体運動を実施する人が数多く見られるようになった。特に、特別の施設を必要とせず、手軽に行うことができるジョギングは老若男女を問わず四季を通じて幅広く実施されている。しかしながら、ジョギングといっても、各個人の強

度(速度)は様々であり、さらに外的要因(季節差による環境条件等)の違いによっても生体に加わる負担も大きく異なることが予想される。

一方、身体運動後に血清尿酸値は一過性に上昇することが知られており、この現象は運動性高尿酸現象と呼ばれている。特に、激しい運動では翌日になっても運動前の安静時まで回復しない高尿酸状態の持続化・恒久化が、高尿酸血症や痛風などの疾病や、さらには急性の関節炎や腎障害など多彩な疾患を高率に合併する危険性もある(1, 2)。著者ら(3, 4)は競技力の向上を図るための強化合宿後や長期間の試合期間後において、運動選手の血清尿酸値が上昇し、正常とされる上限値(7.5 mg/dl)を上回っていたことを報告した。しかしながら、健康の保持・増進を目的とした各個人の至適レベルでのジョギン

受付 2003 年 8 月 1 日, 受理 2003 年 11 月 28 日

Reprint requests to: Naoto KIMURA

Department of Preventive Medicine and Public Health Nippon Sport Science University, 7-1-1 Fukasawa, Setagaya, Tokyo 158-8508, Japan
TEL & FAX: +81(3)5706-0970

E-mail: kimura@nittai.ac.jp

グが生体に及ぼす影響、特に血清尿酸値に及ぼす影響についてはあまり知られていない。ジョギングは年間を通して実施されているため、例えば夏季と冬季といった温熱条件の違いによっても生体に及ぼす影響は異なる。特に夏季における暑熱環境下でのジョギングは、著しい体温の上昇や発汗の増大をもたらすため、活動筋も含めた生体への負担は冬季に比べてより高くなる(5)。その結果、筋原性由来による血清尿酸値の上昇に加えて、脱水などに伴う腎機能の低下から生じる尿中への尿酸排泄の抑制が高尿酸化の持続をもたらすと思われる。したがって、様々な季節、特に生体への負担が高まる暑熱環境下における至適速度でのジョギングが尿酸動態に及ぼす影響を明らかにすることは、各個人の適正なトレーニング処方や健康管理の観点からも大変意義のあることである。

本研究では、健康管理の観点から、夏季及び冬季における各個人の至適速度でのジョギングが、血中(血清)尿酸及び尿中への尿酸排泄と言った尿酸動態に如何なる影響を及ぼすかについて検討することを目的とした。

方 法

① 対象

対象は年齢22～29歳の健常男子6名(身長 174.3 ± 7.2 cm, 体重 64.6 ± 3.9 kg)である。被検者には、検査の実施前に実験の目的及び方法について詳細に説明し同意を得た。各被験者は、過去において様々な運動(陸上競技、スキーなど)を行っていたものの、実験時においては、少なくとも1年以上の定期的な運動習慣をもたない者である。

② 運動プロトコール

ジョギングは400 mトラック(東京都内)を使用し、20周(計8000 m)を各個人の最も走りやすかつ最後

まで走りきれる速度(至適速度)にて、それぞれ夏季(9月)及び冬季(3月前半)の雨天時を除く日を選び、数回に分けて(夏季:2回, 冬季3回)実施した。ジョギングの開始時間はいずれも午前9時である。なお、ジョギング中の服装は、夏季が短パンとTシャツ、冬季では長袖のトレーニングウェアにてそれぞれ実施した。被検者6名のうち3名を選び心拍数の測定を行った。ジョギング中の心拍数はHRモニター(ポーラ社製)を用い、1分毎に記録した。さらにジョギング前後にそれぞれ体重を精密体重計(LDS-150H(± 10 g), 島津社製)を用いて測定した。ジョギング中の乾球温、湿球温及び黒球温は、400 mトラックのコース上に設置されたWBGT計(WBGT-101, 京都電子社製)を用いて1分毎に記録し、これらの値からWBGT温度を算出した(5)。

③ 採血及び採尿

図1に採血及び採尿の手順について示した。いずれの実験も、当日被検者には、食事・水分等の摂取はさせず、できるだけ安静を保たせ来室させた。その後直ちに排尿させ、60分間の座位安静の後に、採尿及び採血を行った(Rest)。そして完全排尿をさせた後、それぞれのジョギングを行った。ジョギング後の採血は、直後から1(1h), 2(2h), 3(3h), 5(5h)時間後及び翌朝の空腹安静時(Rest2)とし、それぞれ肘正中皮静脈より10 mlを採取した。採尿はジョギング直後から5時間後までの1時間ごとと翌朝の安静60分間を検尿カップにて、また、5時間後以降から翌朝の安静60分間の尿を除いた24時間後までの尿は、畜尿器(住友ベークライト社製)を用いてそれぞれ採取した。ジョギング直後から各時間毎及び畜尿器に採取した尿の総量をもって24時間尿とした。また、ジョギングなどの運動を2日間以上実施しなかった後の24時間尿(C)も併せて採取した。

Fig. 1 The experimental protocol.

④ 測定項目

採取した血液は血中アンモニア (NH₃)、血中乳酸及び尿酸の分析に供した。血中乳酸の測定は、採血後の血液 0.5ml に氷冷してある 0.6N 過塩素酸 1ml を加えて除タンパクを行い、遠心分離後その上清を検体とし、酵素法 (ペーリンガー・マンハイム社製) にて比色定量を行った。血中 NH₃ の測定は、全血 20 μl を専用の毛細管に採取し試験紙上に分注した。その後、アミチェックメーター AA-4120 (京都第一科学社製) にて定量を行った。血清尿酸の測定は室温に 15 ～ 20 分間放置した血液を、3000 rpm で 10 分間の遠心分離を行い血清を得た。そして血清及び尿中尿酸を uricase peroxidase 法 (協和メディクス社製) で、また尿中 oxypurines (hypoxanthine+xanthine) は xanthine oxidase peroxidase 法 (協和メディクス社製) にて分光光度計 (UV-160, 島津社製) を用いて分析を行った。得られた値から、単位時間あたりの尿中への尿酸排泄の効率を示す尿酸クリアランス (CUA) を中村ら (6, 7) の方法を用い、以下の式にて算出した。

尿酸クリアランス (CUA) =
$$\frac{(\text{尿中尿酸濃度}) \times (60 \text{ 分間尿量})}{(\text{血中尿酸濃度}) \times 60}$$
$$\times \frac{1.48}{(\text{体表面積})}$$

正常値 9.4 (6.2 ～ 12.6) ml/min

⑤ 食事及び飲水について

各実験の 2 日前より、被検者にはプリン体含有の少ない食物を摂取するように指示した。実験当日の食事については、1 回目の採血・採尿後に各自規定食を摂取させ、その後はジョギング終了 5 時間以降に食事 (昼食 (午後 3 ～ 4 時) 及び夕食 (午後 7 ～ 8 時)) を摂取させた。なお、ジョギング終了 5 時間までの飲水は、ミネラルウォーター (Ca; 0.0024%, Na; 0.0081%, Mg; 0.0005%, K; 0.00003% pH7.1) あるいはお茶 (ウーロン茶) とし、それ以降は自由とした。一方、アルコール摂取は血清尿酸値を上昇させる (8, 9) ため、各実験の前日及び終了するまで禁止とした。

⑥ 統計処理

各項目の値は、全て平均値 ± 標準誤差 (mean ± S.E.) で示した。夏季及び冬季における各パラメーターの変動は共分散分析 (ANOVA) を用いて検定を行った。そして、有意差が得られた場合、Rest とジョギング後の値及び夏季と冬季間との比較はそれぞれ Student t-test を用い、いずれも 5% 水準をもって有意とした。

結 果

表 1 に夏季及び冬季における温熱条件、ジョギング時間、ジョギング前後の体重及びジョギング後の飲水状況についてそれぞれ示した。夏季の乾球温は 29 ～ 29.6°C、

Table 1 The parameters of environmental condition, duration, body weight and water intake in each protocol

	Summer (Sept.)	Winter (Mar.)
Temp. (°C)	29.0~29.6	7.0~15.0
W.B.G.T. (°C)	24.9~27.8	5.9~11.4
Jogging period (min)	45.0±1.8	44.7±1.6
△body weight (kg)	-1.30±0.01*	-0.66±0.09
Water Intake (ml)		
~5h	710±45.8	428.0±44.5
~24h	1864.0±198.8	1222.0±198.4

* p<0.05: Significant difference between summer and winter.
W.B.G.T.: Wet Bulb Globe Temperature.

湿度 46 ～ 69%, また冬季では乾球温は 7.0 ～ 15.0°C、湿度 48 ～ 71% であった。WBGT ではそれぞれ 24.9 ～ 27.8°C (夏季) 及び 5.9 ～ 11.4°C (冬季) の範囲であった。ジョギング時間は両時期において違いは見られなかった。ジョギング前後における体重の変化では、冬季 (-0.7kg) に比べて夏季 (-1.3kg) に著しい減少 (p<0.05) が認められた。また、ジョギング後の飲水状況においても、冬季に比べて夏季の方が多い飲水量を示していた。

図 2 には被検者 3 名におけるジョギング中の心拍数の変化を 5 分毎に示した。両季節ともジョギングの開始と共に心拍数は上昇を示した。しかしながら、その程度は異なっており、冬季 (平均 146 ～ 167 拍 / 分) に比べ夏季 (平均 152 ～ 183 拍 / 分) の心拍数がジョギング中を通して有意に高い値 (p<0.05) を維持していた。

図 3 に血中乳酸及び NH₃ の変化についてそれぞれ示した。両季節ともジョギング終了直後に有意な上昇 (p<0.05) を示していた。しかしながら、両季節においてその程度は異なり、血中乳酸及び NH₃ とも冬季に比べて夏季において高値を示しており、NH₃ においては夏季及び冬季間において有意差 (p<0.05) が認められた。しかしながら、両項目とも 1h 以降は低下を示し、2h 後には安静時の値

Fig. 2 Changes in average heart rate (H.R.) during optimum jogging in the summer and winter.
* p<0.05: significant difference between summer and winter.

Fig. 3 Changes in blood lactate and ammonia (NH₃) during each protocol.

* $p < 0.05$: significant difference between summer and winter.

$p < 0.05$: significant difference from each rest.

Fig. 4 Change in serum uric acid during each protocol.

* $p < 0.05$: significant difference between summer and winter.

$p < 0.05$: significant difference from each rest.

に回復していた。

図 4 に両季節における血清尿酸値の変化を示した。安静時の値は平均 6.2 ~ 6.4 mg/dl であった。ジョギング後において、夏季の血清尿酸値は上昇し、 7.5 ± 0.5 mg/dl と最高値を示していた。特に正常域の上限である 7.5 mg/dl を上回った者が 6 名中 3 名認められた。さらにそれ以降は僅かな減少傾向がみられるものの、5h 後まで有意な高

Fig. 5 Change in clearance of uric acid (CUA) during each protocol.

$p < 0.05$: significant difference from each rest.

値 ($p < 0.05$) を示し、翌日の安静時 (Rest2) においても平均 6.8 ± 0.3 mg/dl と、負荷前値までの回復に至らなかった。一方、冬季では、負荷後に僅かな上昇は見られたものの、その後低下し翌日 (Rest2) では負荷前と同程度の値を示していた。

図 5 には両季節における尿酸クリアランス (CUA) の変動を示した。いずれの季節とも安静時に比べジョギング直後に有意な低下 ($p < 0.05$) を示していた。特に負荷直後及び 1h 後の夏季の低下の程度は冬季に比べて著明であった。その後は上昇し、特に夏季の 2h 後では安静時レベルを上回って高値となり、3h 以後はいずれの時期とも安静時レベルに回復していた。しかしながら、両季節間において統計的な違いは認められなかった。

図 6 にはジョギング直後からの 24 時間の尿中尿酸排泄量を示した。24 時間の尿中尿酸排泄量は両季節において違いは認められなかった (夏季: 654.8 ± 43.1 mg/day, 冬季: 674.8 ± 70.6 mg/day)。また、これらの値は両季節での運動を実施していない 1 日 (C) のそれらとも同程度

Fig. 6 Change in urinary uric acid (mg/day) during each protocol (jogging and control).

であった。

図 7 に夏季及び冬季の単位時間当たりの尿中 oxypurines 排泄量 ($\mu\text{g}/\text{min}$) の変化を示した。ジョギング直後において低下を示したものの、両季節とも 1h 後には上昇し最高値となった ($p < 0.05$)。特に、夏季における尿中 oxypurines 排泄量は冬季のそれに比べて高い傾向を示していた。その後、尿中 oxypurines 排泄量は減少を示し、3h 後には安静時レベルに回復 (低下) していた。一方、24 時間の尿中 oxypurines 排泄量として見ると、冬季 ($20.3 \pm 1.7 \text{ mg}/24\text{h}$) に比べ夏季 ($23.7 \pm 3.0 \text{ mg}/24\text{h}$) において高い傾向を示していた。

考 察

運動の実施に伴い一過性に血清尿酸値が上昇する運動性高尿酸現象が、健康の保持・増進を目的とした各個人の至適レベルでのジョギングにおいても見られ、特に夏季において著明であった。

運動性高尿酸現象の発生機序については、尿酸の過剰産生 (筋原性機序) と腎からの排泄低下 (腎性機序) のいずれか、またはその両者の混合とに起因するとされている (1, 2, 10)。筋における尿酸の過剰産生 (筋原性機序) に関して、Sutton, J.R. ら (10) は運動中に筋の purine nucleotide 分解の高まることがその原因の一つであると述べている。運動中、筋収縮に必要とされるエネルギー消費が著しく増大した場合、ATP/ADP 比やアデニル酸エネルギーチャージ ($\text{ATP} + 0.5\text{ADP}/\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP}$) 等が低下を示す。筋においては、このエネルギー代謝の効率を保持する観点から、 NH_3 の産生を伴って AMP の脱アミノ化が生じ細胞膜の通過しにくい IMP として保持される。そして、運動後に再び合成され、adenine nucleotide pool へ返還されるものの、その一部は細胞膜の通過しやすい inosine や hypoxanthine まで分解し血中へと放出される。さらに肝臓において xanthine oxidase の働きにより尿酸への

合成が高まり、高尿酸現象が発現する (1, 10)。本研究において、AMP の脱アミノ化に伴って生じる NH_3 の産生は夏季において有意に高く ($p < 0.05$)、さらには尿酸生成の先駆物質である尿中 oxypurines の排泄動態 (1h 及び 2h の排泄率) も、冬季に比べ夏季において高い傾向を示していた。本研究ではアロプリノール等の尿酸生成抑制剤を投与していないため、尿中 oxypurines を最終代謝産物とし、尿酸生成量の指標として定量的な評価をすることはできないものの、これらの結果から、中程度の強度と思われる至適速度でのジョギングであっても、夏季においては AMP の脱アミノ化に伴う purine nucleotide の分解は亢進していたことになる。先行研究において purine nucleotide の分解には負荷強度の上昇 ($60\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 以上) や過度な運動量 (疲労困憊に至るまでの $2/3$ 以上の運動量) によって亢進することが知られている (11, 12)。しかしながら、本研究の結果から、強度や運動量といった運動条件のみならず外部環境 (暑熱環境) もまた purine nucleotide 分解に関与することが示唆された。

暑熱環境下における運動は、骨格筋における熱の産生と外部からの暑熱環境が加わる。その時、体内における産熱量が放熱量を上回るため、体温は著しく上昇する。そして、その継続は運動能力の低下につながり、結果として、熱中症を発症する原因と考えられている (5, 13)。スポーツ活動時における熱中症発生について検討した先行研究を見ると、運動種目では野球が最も多く、またランニング時での発生が多いことも報告されている (14)。一方、学校管理下における体育・スポーツ活動時の事例として、夏季における死亡事例では、約 48% がランニング実施中に発生していた (15)。また、ランニングなどの屋外種目のみならず剣道、フェンシングと言った屋内種目の事例も報告されており、全身を覆うユニフォームが運動中の熱放散を阻害することが要因とされている (16, 17)。

本研究において、夏季におけるジョギング中の環境温度 (WBGT) は、 $24.9 \sim 27.8^\circ\text{C}$ であり、熱中症予防のガイドラインでは、「警戒 (積極的に休息)」の区分にあった (5)。また、着衣条件も短パン・T シャツ等の薄着であった。暑熱環境下におけるジョギングが筋内における purine nucleotide の分解を亢進するメカニズムは明らかでないが、夏季のジョギング中に見られる漸増的な心拍数の上昇や体重の約 2% 程度の脱水から、先に示した皮膚血流量の増大に伴う循環血液量の低下 (18, 19) や、さらに脱水に伴う血液粘性の増大などが生じたため、夏季におけるジョギング中の血液の循環効率低下は低下していたと予想される。そのため、暑熱環境下においては、筋への血流に伴う酸素運搬能に制限が生じたかもしれない。この酸素運搬能の制限はジョギング中における筋での有酸素的なエネルギー供給やその効率等を制限し、代償的に解糖系などの無酸素的なエネルギー供給を亢進させる。本研究においてもジョギング後における乳酸上昇の程度は、冬季に比べ夏季において高い傾向にあった。血中の

Fig. 7 Change in urinary oxypurines (xanthine + hypoxanthine) during each protocol.
$p < 0.05$: significant difference from each rest.

乳酸レベルが著しく上昇を開始する無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold; AT) を上回る運動の実施は、血中 oxypurines や血清尿酸値を上昇させることが知られている (12)。本研究では、各個人の AT レベルの測定を行っていないものの、上述した結果と先行研究から、夏季における至適速度でのジョギングの場合、ジョギングとしての強度は中程度であったとしても、夏季においては暑熱環境の影響も生体に大きく加わるため、例えば AT レベルを上回るような強度に至ったと思われる。そして、このことが夏季におけるジョギング中の purine nucleotide の分解 (NH₃ の上昇) をより亢進させた理由の一つであろう。したがって、運動 (ジョギング) は直接筋内における purine nucleotide の分解に関与するものの、暑熱環境はそれらの分解の亢進を間接的に促進すると推察した。

一方、腎からの排泄低下 (腎性機序) に関しては、運動後に見られる乳酸の蓄積や腎血流量の低下などにより腎からの尿酸排泄を抑制することが知られている (20, 21)。本研究において、夏季及び冬季における乳酸値はジョギング直後において上昇を示した。また CUA においてはジョギング直後に最も低値となった。これらの結果から、両季節とも乳酸の上昇に伴う代謝性アシドーシスや腎血流量の低下による影響が一時的に高まったものと思われる。しかしながら、その後は逆に上昇し 2h には安静時レベルに回復していた。また、実験全体を通して CUA や 24 時間の尿中尿酸排泄量には、夏季及び冬季間に統計的な差異は見られなかった。一方、本実験ではジョギング直後から 5h 後までの水分摂取を、尿酸排泄に影響が少ないミネラルウォーターあるいはお茶 (ウーロン茶) であった。著者ら (22) は、その後の実験において運動後の尿酸排泄に関与する水分摂取の質及び量について検討した。その結果、尿中への尿酸排泄を促すためには摂取する水分の量よりも質、特にナトリウムやカリウムなどの電解質の重要性について報告している。本研究で用いた 5h 後までの水分補給では、ナトリウムやカリウム等の電解質がほとんど含まれていないため、夏季の飲水量は冬季の約 1.5 倍であったにもかかわらず、尿中への効果的な尿酸排泄が得られないと思われる。そして、このことが両時期の尿酸排泄に差異をもたらさなかった理由の一つであろう。また、24 時間の尿中尿酸排泄量はいずれの季節とも運動を実施していない時と同程度のレベルであった。これらの結果は、腎からの尿酸排泄に対して中程度レベルのジョギングや暑熱環境が著しく影響 (尿酸排泄の制限) を及ぼさないことを示唆している。本研究の結果から、至適速度でのジョギングにより腎性機序の一時的な低下がそれぞれ見られるものの、その後の尿中への尿酸排泄の制限が長時間にわたって見られなかったことから、尿酸排泄の制限が夏季における高尿酸現象を生じさせた要因とは考えがたい。

以上の結果から、各個人において至適速度でのジョギングであっても、環境条件の違いにより purine nucleotide

分解の程度や高尿酸現象の発現の有無も異なっていた。特に、暑熱環境下においては、運動による影響のみならず、暑熱条件も相乗的に purine nucleotide 分解の亢進を促すため、高尿酸現象をより発症し易くするものと思われる。暑熱条件下における運動の実施により purine nucleotide 分解の亢進やさらには高尿酸現象が発生する事は避けがたいと思われる。それに対して、それに見合っただけの尿酸排泄が運動後に得られれば、高尿酸状態の持続を防止することが可能となる。さらに、暑熱環境下においては発汗による体水分の損失も大きくなるため、体液のバランスの早い回復を計る観点からも、運動後の水分補給を考慮することが必要となる。したがって、暑熱環境下でのスポーツ場面では、各個人の健康管理、すなわち高尿酸状態の改善と暑熱障害の予防、すなわち脱水からの体液バランスをより早く回復させる観点から、ジョギング後の水分や塩分 (ナトリウムなど) などの電解質の補給のみならず、併せて 3～5% の糖分を摂ることや、ある程度冷やす (5～15°C) ことなどが、より効果的な手段と思われる (5)。さらに、運動後、ストレッチングなどの軽運動の実施なども尿酸排泄に有効であると報告されていることから (23)、筋疲労の回復の観点からも、ジョギング後のケアの実施がこれらの障害予防を計るうえで重要であることが示唆された。

要 約

本研究では、健康管理の観点から、夏季及び冬季における各個人の至適速度でのジョギングが尿酸動態に如何なる影響を及ぼすかについて、血中 (血清尿酸) 及び尿中への尿酸排泄動態を明らかにすることを目的とした。

主な結果は以下の通りである。

- 1) 血中乳酸及び NH₃ は両季節ともジョギング終了直後に有意な上昇 ($p < 0.05$) を示しており、特に夏季の上昇が冬季の値に比べて高く、血中 NH₃ においては有意差 ($p < 0.05$) が認められた。
- 2) ジョギング後において、夏季の血清尿酸値は上昇し、直後 $7.5 \pm 0.5 \text{ mg/dl}$ と最高値となった。特に正常域 (7.5 mg/dl 以上) を上回るものが 6 名中 3 名認められた。さらに、それ以降は減少傾向がみられるものの 5h 後まで有意な高値 ($p < 0.05$) を示し、翌日の安静時 (Rest2) においてもジョギング前値までの回復には至らなかった。一方、冬季の血清尿酸値では、ジョギング後に僅かな変動 (上昇) は見られたものの、翌日には低下しジョギング前と同程度の値を示していた。
- 3) 両季節における尿酸クリアランス (CUA) は、いずれもジョギング直後及び 1h 後に有意な低下 ($p < 0.05$) を示していた。しかしながら、その後は上昇し、3h 後には安静時レベルに回復していた。両季節間においてその変化に統計的な違いは認められなかった。また、24 時間の尿中尿酸排泄量は両季節間において

違いが見られず、またこの値は両季節での運動を実施していない1日の尿酸排泄量と同レベルであった。

- 4) 尿中 oxypurines 排泄量 ($\mu\text{g}/\text{min}$) では、ジョギング1h及び2h後において夏季の排泄量が冬季のそれを上回っていたものの、3h後には安静時レベルに回復(低下)していた。

以上の結果から、健康の保持・増進を目的とした至適速度でのジョギングでも、季節(環境温度等)の違いによってその変動は異なっていた。特に暑熱環境下におけるジョギングの実施は、著しく血清尿酸値を上昇させる。この要因として、血中 NH_3 や尿中 oxypurines 排泄量の増大などに見られる骨格筋における尿酸産生の亢進(purine nucleotide 分解)が原因と思われる。したがって、運動のみならず暑熱環境も尿酸産生を相乗的に亢進させる要因であることが示唆された。

文 献

- (1) 橋詰直孝, 松本貴之. 高尿酸血症・低尿酸血症—痛風の治療新ガイドライン— 運動の影響 日本臨床 2003; 61(増刊号1): 138-142.
- (2) 藤森 新. 高尿酸血症・低尿酸血症—痛風の治療新ガイドライン— 高尿酸血症の定義と病因別分類 日本臨床 2003; 61(増刊号1): 161-165.
- (3) 伊藤 孝, 木村直人, 松井徳美, 西川眞八. 大学女子フェンシング選手の合宿における血中乳酸, 血清尿酸並びに尿中17-OHCSの動態に関する研究 日本体育大学紀要 1987; 16(2): 137-144.
- (4) 木村直人, 伊藤 孝. 運動選手の尿酸動態に関する研究 日本体育大学紀要 1991; 20(2): 123-128.
- (5) 川原 貴, 森本武利編. スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック 日本体育協会編 (1994)
- (6) 中村 徹, 田中経雄. 尿酸動態検索法としての尿酸クリアランス試験 日本臨床 1991; 49(5): 15-24.
- (7) 中村 徹, 田中経雄. 尿酸の排泄 臨床検査 1993; 37: 247-251.
- (8) Lieber CS, Jones DP, Losowsky MS, Davidson C. Interrelation of uric acid and ethanol metabolism in man. J Clin Invest 1962; 41(10): 1863-1870.
- (9) 山本徹也. 高尿酸血症・低尿酸血症—痛風の治療新ガイドライン— アルコールの影響 日本臨床 2003; 61(増刊号1): 143-147.
- (10) Sutton JR. Purine metabolism during strenuous muscular exercise in man Metabolism 1980; 29: 254-260.
- (11) 木村直人, 深澤 健, 高西俊正, 津田博子, 伊藤 孝. 重量負荷時における尿酸動態に関する研究—高強度負荷における実施回数の相違について— 体力・栄養・免疫学雑誌 1999; 9(1): 21-29.
- (12) Yamanaka H, Kawagoe Y, Taniguchi A, Kaneko N, Kimata S, Hosoda S, Kamatani N, Kashiwazaki S. Accelerated purine nucleotide degradation by anaerobic but not by aerobic ergometer muscle exercise. Metabolism 1992; 41: 364-369.
- (13) 平田耕造, 井上芳光, 近藤徳彦. 体温—運動時の体温調節システムとそれを修飾する要因— 東京 有限会社ナップ 2002.
- (14) 中井誠一, 寄本明, 森本武利. 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係 体力科学 1992; 41: 540-547.
- (15) 星 秋夫, 稲葉 裕. 学校での運動時における外因性死亡の発生状況 体力科学 2002; 51: 85-92.
- (16) 中井誠一. アメリカンフットボールの暑さ対策 臨床スポーツ医学 1997; 14(7): 763-768.
- (17) 新矢博美, 芳田哲也, 高橋英一, 常岡秀行, 中井誠一. 高温下運動時の体温調節反応に及ぼすフェンシングユニフォームの影響—現場調査及び実験室的検討— 体力科学 2003; 52: 75-88.
- (18) Brengelmann GL, Johnson JM, Hermansen L, Rowell LB. Altered control of skin blood flow during exercise at high internal temperature. J Appl Physiol 1977; 43(5): 790-794.
- (19) Nose H, Takamata A, Mack GW, Oda Y, Kawabata T, Hashimoto S, Hirose M, Chihara E, Morimoto T. Right arterial pressure and forearm blood flow during prolonged exercise in a hot environment. Pflugers Arch 1994; 426: 177-182.
- (20) Nichols, J. Influence of muscular exercise on uric acid excretion in man J. Appl. Physiol. 1950; 3: 501-507.
- (21) 細谷龍男, 田部 晃, 岡部英明, 佐治正勝. 尿酸排泄低下の機序 高尿酸血症と痛風 1993; 1: 27-32.
- (22) 高西敏正, 木村直人, 伊藤 孝, 諸富嘉男, 井谷 徹. 高強度・長時間運動による摂取水分の量及び組成の違いが尿酸代謝に及ぼす影響 日本衛生学雑誌 1998; 53(2): 463-469.
- (23) 曲 剛健, 伊藤 朗. 尿酸代謝(高尿酸血症, 痛風) 各論 (1) 臨床スポーツ医学 1995; 12: 894-897.