

# 運動とミネラル

## 激運動による血液中モリブデン量の減少

東京都市大学 近藤雅雄

**要約**：運動は動物にとって生命を維持する上で不可欠な仕事であるが、激しい運動（競技用スポーツ）の場合はそれなりの管理が必要となる。そこで、日常的に激しい運動を行っている男子大学駅伝選手および女子高校バスケットボール選手の体内ミネラルの影響について、とくに汗や代謝によって失われる微量元素の血液中の変動を検討した。その結果、選手群は男女共に日常的に運動をしていない対照群に比してモリブデン(Mo)量の著明な減少を世界に先駆けて見出した。また、男子選手群では対照群に比してマンガン(Mn)、ガリウム(Ga)、スズ(Sn)の有意な減少( $p<0.05$ )とニッケル(Ni)、カドミウム(Cd)の増加傾向を見出した。女子選手群では亜鉛(Zn)が対照群に比して有意に減少( $p<0.05$ )したが、男子では有意差は見られなかった。

以上の結果、激しいスポーツ活動が血液中のミネラル量に与える影響は男女で異なることがわかった。しかし、Moについては男女ともに選手群で著明に減少しており、激運動によってMo量が減少することが明らかとなった。

### I. はじめに

これまでに、スポーツ競技者の鉄(Fe)、亜鉛の欠乏に対する報告<sup>1)</sup>は多いが、それ以外のミネラルについての報告は殆ど無い。われわれは、日常的に激しいスポーツ活動を行っている思春期および青年期男女の血

液中の23元素を測定した結果、男女ともにMoが著明に減少し、さらに、激運動がNi, Zn, Ga, Mn, Snなどの微量元素量にも影響を及ぼすことが初めてわかった。

### II. 材料および方法

1. **対象**：女子は県大会での優勝経験を持つ某県立女子高校バスケット部員20名(バスケット群)と日常運動量の殆ど無い同校の茶道部生徒20名(対照群)を対象とした。

男子は某有名大学箱根駅伝チームに所属する学生40名(駅伝群)と日常運動量の殆ど無い同校健康学科の一般学生5名(対照群)を対象とした。

2. **各種測定方法**：微量元素濃度の測定は硝酸一過酸化水素をマイクロウェーブ・オーブンにて密閉加圧式湿式分解後、ミリQ水にて10mlとし、ICP-MS誘導結合プラズマ質量分析法(セイコーインスツルメント(株))を用いて測定した。

### III. 結果および考察

1. **血液検査結果<sup>2,3)</sup>**(表1, 2)

1) 女子：バスケット群では対照群に比して赤血球数(RBC)、ヘマトクリット値(Ht)、ヘモグロビン量(Hb)、総蛋白(TP)には有意差が見られなかったが、血清鉄(SI)の有意な減少( $p<0.05$ )と総鉄結合能(TIBC)の有意な増加( $p<0.05$ )が認められ、鉄欠乏状態であることがわかった<sup>2)</sup>。

2) 男子：駅伝群では対照群に比してRBC,

Ht, TPの有意な低下を認めた。SI、好塩基斑点赤血球(BSE)には有意差は見られなかったが低下傾向を示した。以上のことから駅伝群では蛋白、鉄およびビタミンB<sub>12</sub>の摂取不良が推測された<sup>3)</sup>。

## 2. 血液中の微量元素

男女共に運動郡で全血液中のFe含有量の減少は約5%であったが、対照群との有意差は認められなかった。しかし、Moの著明な減少を認めた(表3、図1)。女子バスケット群(図A)では血液中のZnも対照群に比して有意に(p<0.01)低値であったが、男子駅伝群では有意差は認められなかった。

表1. Effects of sports training on body weight and hematological data in adolescent girls<sup>1)</sup>.

	Basketball group (N=20)	Control group (N=31)
Body weight (g)	53.8±6.2*	50.3±4.3
Height (cm)	162.8±5.3*	157.9±3.8
RBC × 10 <sup>4</sup> /mm <sup>3</sup> )	462±27	439±29
Hb (g/dl)	13.0±0.9	12.7±1.0
Ht (%)	37.5±2.2	38.4±3.0
TP (g/dl)	7.8±0.4	7.5±0.4
SI (μg/dl)	61.8±30.3*	109.0±36.1
TIBC (μg/dl)	363.5±43.8*	290.9±52.8

Mean values ±SD are given for number of girls in parentheses  
\*: Significantly different from corresponding control group (Student's t-test), P<0.05

表2. Effects of sports training and hematological data in ekiden runners<sup>2)</sup>

	Ekiden group (N=40)	control group (N=5)
RBC (× 10 <sup>4</sup> /μl)	483.4±34.8*	523±17.9
Hb (g/dl)	14.7±0.9	15.9±0.3
Ht (%)	46.4±3.0**	49.8±1.3
MCV(fl)	96.2±3.3	95.0±2.1
MCH(Pg)	30.1±1.9	30.46±0.5
MCHC(%)	31.6±0.7	32.0±0.3
RDW(%)	13.5±1.3	12.7±0.4
TP(g/dl)	7.18±0.35**	7.84±0.40
SI(μg/dl)	58.2±36.9	76.4±18.9
Reticulocytes(‰)	20.6±9.4	20.5±11.5
B.S.E. (‰)	0.64±0.83	0.26±0.24

Mean values ±SD are given for number of man in parentheses  
\*: Significantly different from corresponding control group (Student's t-test), P<0.05, RDW:red cell districition width

男子駅伝群(図B)では対照群に対して血液中のMn, Ga, Snの各濃度が各々有意に減少を示した(p<0.05)。また、Ni, Cdには有意差は認められなかったが、男女共に運動群で増加傾向を示した。これらの変動の説明は不明である。

これまでにスポーツ活動に伴うZnの減少は広く知られている<sup>4)</sup>が、今回、その影響には性差が認められた。さらにSnは駅伝群で有意に減少したがバスケット群では逆に増加傾向を示した。

以上の結果から、激しいスポーツ活動による生体影響は男女で異なることがわかった。また、Feについては血清鉄(SI)の減少が認められたものの、全血液中では男女ともに約5.2%減少であり、対照群に対して有意な減少は認められなかった。しかし、Moについては男女ともに運動選手で著明に減少しており、運動によるMo欠乏は明らかである。

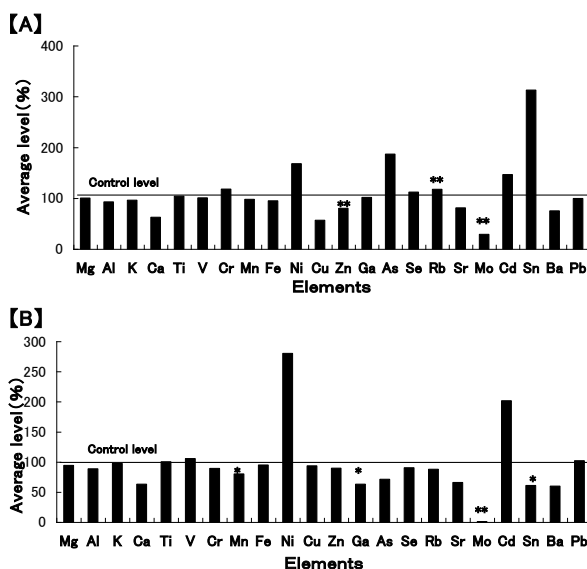


図1. 思春期女子バスケット群[A]と男子駅伝群[B]の血液中元素濃度の変動 対照群の値を100%としてその増減を示した。\* P<0.05, \*\* P<0.01

### 3. モリブデン減少の意義

Moは尿酸代謝や有害化学物質の除去など生体防御に重要な働きをする生命維持に必須な元素で、以下の3つの酵素反応に関わっている。①キサンチンキシダーゼ（キサンチン酸化酵素、脱水酵素）：体内のプリン体（窒素化合物）から尿酸の生成、②アルデヒドオキシダーゼ（アルデヒド酸化酵素）：アルデヒドを酢酸に変える、③サルファイトオキシダーゼ（亜硫酸酸化酵素）：有害な硫酸イオンを酸化して無害な硫酸イオンに変える、など体内の酸化還元酵素などの構成成分である。植物ではアミノ酸の供給源として重要である。臨床生理学的にはグルコースや脂肪の代謝、貧血、虫歯、食道がんの発生予防などに関与していると言われている。さらに、子どもの頃に不足すると成長が遅れることが明らかになっている。したがって、Moの減少は思春期から青年期の若い人にこれら酵素活性や成長等への影響が懸念される。しかし、ヒトの年齢、性、激運動や各種疾病などとMoとの相互関係や代謝・機能への影響や劇運動によるMo濃度減少の意義などについては残念ながら未だに不明である。

Moは銀白色の金属で自然界に比較的多く存在する。食物では燕麦などの穀類、緑豆、菜豆、ささげ、大豆、えんどう、小豆、納豆、枝豆、ごまなどの種実類や甘海苔などに多く含まれている。また、果物にも微量含まれ、とくにバナナ、ドリアン、メロンに多く、日常の食生活で不足することは

表 3. 血液中の元素濃度

	Male		Female	
	Ekiden group (n=10)	Controls (n=5)	Basketball group (n=5~10)	Controls (n=5~10)
Li	0.125 ± 0.028	0.129 ± 0.026	0.167 ± 0.027	0.139 ± 0.009
Mg	46.091 ± 3.679	48.879 ± 2.766	40.143 ± 3.003	39.974 ± 4.600
Al	0.292 ± 0.102	0.330 ± 0.082	0.310 ± 0.126	0.335 ± 0.054
K	1384.018 ± 78.641	1421.295 ± 55.989	1264.448 ± 51.294	1314.429 ± 70.474
Ca	26.043 ± 9.314	41.263 ± 15.318	31.836 ± 12.977	50.858 ± 18.527
Ti	0.962 ± 0.272	0.961 ± 0.141	1.041 ± 0.195	0.999 ± 0.165
V	0.149 ± 0.015	0.141 ± 0.009	0.140 ± 0.007	0.139 ± 0.005
Cr	0.281 ± 0.053	0.315 ± 0.016	0.346 ± 0.113	0.293 ± 0.048
Mn	0.078 ± 0.014 *	0.097 ± 0.013	0.279 ± 0.017	0.285 ± 0.014
Fe	400.693 ± 38.250	422.603 ± 11.976	336.352 ± 25.252	355.141 ± 31.896
Ni	0.165 ± 0.313	0.059 ± 0.018	0.094 ± 0.069	0.056 ± 0.022
Cu	0.472 ± 0.233	0.506 ± 0.262	0.512 ± 0.225	0.900 ± 1.061
Zn	6.839 ± 1.064	7.637 ± 1.210	5.813 ± 0.481 **	7.267 ± 0.604
Ga	0.020 ± 0.004 *	0.031 ± 0.008	0.032 ± 0.019	0.032 ± 0.010
As	0.016 ± 0.003	0.022 ± 0.007	0.025 ± 0.011	0.013 ± 0.006
Se	0.195 ± 0.014	0.216 ± 0.022	0.221 ± 0.018	0.197 ± 0.016
Rb	2.206 ± 0.178	2.509 ± 0.412	2.404 ± 0.112 **	2.044 ± 0.067
Sr	0.056 ± 0.025	0.085 ± 0.039	0.065 ± 0.013	0.080 ± 0.022
Mo	0.0002(ND-0.002) <sup>a</sup>	0.047 ± 0.015	0.009(ND-0.039) <sup>a</sup>	0.077 ± 0.064
Cd	0.075 ± 0.074	0.037 ± 0.025	0.116 ± 0.055	0.079 ± 0.055
Sn	0.820 ± 0.260 *	1.346 ± 0.305	3.074 ± 2.742	0.983 ± 0.554
Ba	0.039 ± 0.027	0.065 ± 0.043	0.046 ± 0.010	0.061 ± 0.011
Pb	1.025 ± 0.919	1.003 ± 0.318	1.630 ± 0.914	1.636 ± 0.667

All values are expressed in ppm; the data are mean ±SD, except for the ones marked with "a". "a", median (range), \*p<0.05, \*\*p<0.01 as compared with the controls.

ない。しかし、激しいスポーツ活動が血液中のMo量を減少させることから、日常的に劇運動を行っている人またはスポーツトレーナーなどはミネラルバランスを考慮した食生活に心がける必要がある。

### 文 献

- 1) Nishiyama S: Zinc administration improves sport anemia with hemolysis. *Biomed Res Trace Element* 113: 120-125, 2002.
- 2) 近藤雅雄ほか：思春期女子のスポーツ活動における血色素合成異常とその発症機序に関する研究。 *体力研究* 72: 93-100, 1989.
- 3) 近藤雅雄ほか：箱根駅伝ランナーのポルフィリン代謝変動。 *Porphyrins* 9: 12-18, 2000.
- 4) Kondo M et al: Element concentrations in urine of patients suffering from chronic arsenic poisoning. *Tohoku J Exp Med* 193: 229-235, 2001.

(出典：本論文はKondo M et al: Decrease in Blood Molybdenum (Mo) Concentration as a Result of Competitive Sports Activities. *Biomedical Research on Trace Elements*, Vol.14, No4, 316-318, 2003,に掲載されたものを日本語に翻訳し、最近の新たな知見を追加して、新たな論文として記載した。)