

暑熱曝露後の血清マグネシウム

国立栄養研究所

西牟田 守, 鈴木 一正*

(*現籍: 聖徳栄養短期大学)

Decrease in Serum Magnesium after Heat Exposure in Human

Mamoru NISHIMUTA and Kazumasa SUZUKI*

The National Institute of Nutrition

*Present address: Seitoku Jr. College of Nutrition

Sweat loss and changes in serum content of minerals at heat exposures were detected in six male volunteers. They sat once in the sauna chamber of high temperature, and once in that with infrared heaters for 30 min at separate days, respectively. Blood was sampled before, just after, and one hour after heat exposure. Sweat was also sampled. Sweat loss of minerals and changes in serum mineral contents were determined with atomic absorption spectrophotometry.

It was shown that magnesium (Mg) was the sole mineral whose content in serum was decreased after heat exposure, and that sweat loss of Mg during heat exposure was not so much as was reported elsewhere.

This suggested that heat exposure increased peripheral circulation and some of serum Mg entered into intracellular spaces, as was reported after mild physical exercise.

Key words: Human, Heat Exposure, Sweat Serum, minerals

これまでに成人病危険因子と呼ばれる加齢¹⁾, 過食²⁾やストレス³⁾などはカルシウム (Ca), マグネシウム (Mg) などのミネラル代謝を修飾し, 尿中排泄を増大させる因子であることを報告してきた。また, 逆に, 成人病予防に益すると思われる軽運動によって, 尿中Ca, Mg 排泄レベルや血清 Mg レベルが一過性に低下することも報告した⁴⁾。しかし, 運動時の発汗による Ca と Mg の損失は出納上無視できない場合もあり⁵⁾, 軽運動の成人病予防効果の機序に関しては未だ不明な点が多い。

一方, 入浴は疲労回復に役立つばかりではなく, 軽運動と同様に成人病予防効果があるとされているが, その機序に関しても不明な点が多い。しかし, 両者とも体温上昇, 末梢循環改善という生理効果がある。前報⁴⁾では軽運動後30分間血清 Mg レベルが低下し続ける機序として, 運動後組織内に Mg が流

入すると想定した。

しかし、入浴と Mg 代謝との関係については知られていないので、本報告ではこの点に関して検討した。

方 法

被験者は成人男子 6 名である。かれらは午前 9 時に国立栄養研究所に集合した。次に、無塵人工気候室前室に入り、無機成分を含まない洗剤（サニーセーフ[®]）で頭髮部を除く全体表を洗浄し、純水（Milli Q[®] 水）を用い体表の付着物等を洗い流し、脱イオンしたガーゼで体表の水分を軽く拭き取り、頭髮部をタオルで覆い、感量 10g の体重計で体重を計測し、発汗前体重とした。その後、腕汗採取用のポリエチレン袋を非利手に、ポリエチレン製足袋を両足に装着し、無塵人工室内に設置してある、汚染なく汗を回収できるように改造した二種の暑熱曝露装置（市販遠赤外線サウナ箱、および、市販高温サウナ箱）においてそれぞれ日を変えて一度ずつ計 2 回 30 分間入浴した。

入浴中は流出する汗を脱イオンしたガーゼに浸み込ませ、王水処理したビーカー内に回収した。なお、曝露中に被験者が耐久できないと感じた場合にはトビラを開け冷たい空気を入れたり、箱外に一時的に避難することを許可した。入浴後、座席等に流下した汗も流出した汗と同様に処理し、前室に戻り、腕汗用のポリエチレン袋を外し、足袋を外しビニール製の桶内に起立し、純水約 500ml を用い、体表を洗浄した。腕汗は王水処理したビーカーに 20ml 分注し、余剰の汗がある場合には全身から回収した汗と合わせた。ビーカー内の汗と桶中の汗を含む洗浄液を合わせ回収し、定容後全身汗の試料とした。さらに全体表の水分を拭き取り再び体重を計測し、発汗後体重とした。従って、頭部の汗に関しては考慮せず、発汗前後の体重差を発汗量とした。採血は入浴前、入浴直後、入浴 1 時間後に実施した。

全身汗および腕汗は 0.1 μm ポアサイズのテフロンフィルターを用い濾過し、固形物等を除去した後、また、血清は 0.5N 硝酸を用い除タンパク後、それぞれ終濃度 0.5N の硝酸溶液となるように適宜希釈し、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、Ca、Mg、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe) および銅 (Cu) を原子吸光度計で測定した。なお、汗中の Fe および Cu は無炭法、血清および汗中 Ca は前報の条件³⁾で測定した。

有意差の検定は Student の paired-t 検定によった。

結 果

入浴法の違い（遠赤外線または高温曝露）によって血清および汗中のミネラル濃度に有意差は認められなかったため、6 名 12 回の入浴による各ミネラル指標の変化等として解析し、平均および標準偏差、有意差検定結果をまとめ図 1 および表 1 に示した。

細胞内よりは、血漿中の濃度が高い Na と Ca、および Cu の血清レベルは入浴直後有意に上昇したが、入浴後 1 時間の値は入浴前の値との有意差が消失した。細胞内濃度が血漿濃度より高い Mg の場合には、前三者と異なり入浴後 1 時間の値が入浴前、入浴直後のいずれの値より有意に低値となった。

入浴中の発汗による Mg の損失は多くはなかった。

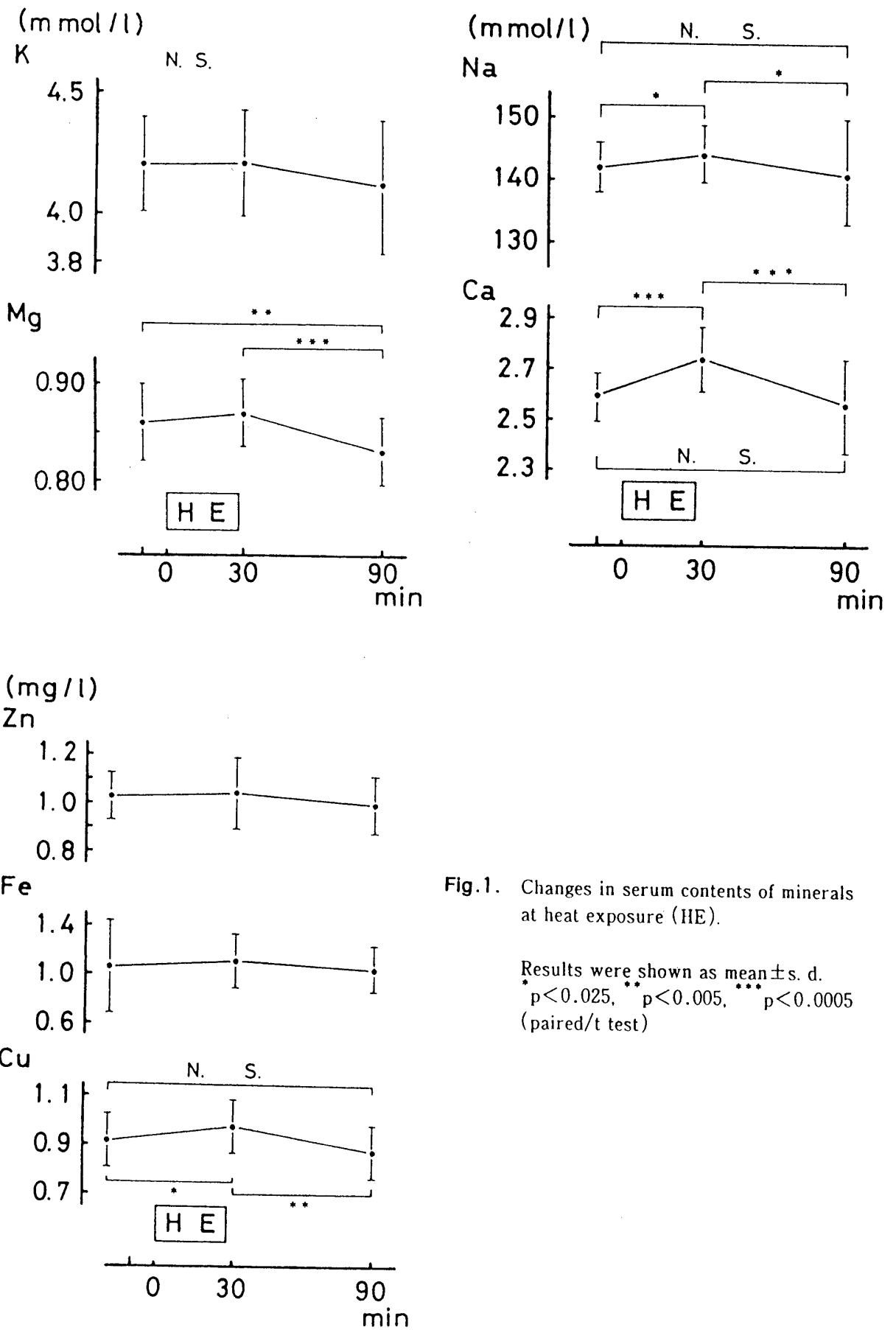


Fig.1. Changes in serum contents of minerals at heat exposure (HE).

Results were shown as mean \pm s. d.
 * $p < 0.025$, ** $p < 0.005$, *** $p < 0.0005$
 (paired/t test)

Table 1 Sweat loss of water and minerals (sauna)

element	sweat excretion/30min			arm sweat content/l		
water	390	±110	g			
Na	230	± 80	mg	600	±400	mg/l
K	44	± 11	mg	200	± 30	mg/l
Ca	2.8	± 1.0	mg	17	± 6	mg/l
Mg	0.33±	0.08	mg	1.8	± 0.6	mg/l
Zn	0.11±	0.06	mg	0.90	± 0.71	mg/l
Fe	24	± 6	µg	72	± 25	µg/l
Cu	12	± 3	µg	47	± 21	µg/l

(mean±s.d.)

考 察

軽運動の場合と同様に、入浴の場合にも血清 Mg 濃度は負荷終了直後に低値を示すのではなく、終了後しばらくは低下し続けることが判明した。しかも、低下した Mg のレベルは正常範囲の下限に近い値であり、Mg の体内動態や血清レベルの恒常性維持機構解明の手がかりとして、暑熱曝露後の血清 Mg 低下は重要な因子を含有するものと示唆される。

運動や入浴以外にも生理的に体温を上昇させる作用として、食後に一過性に代謝が亢進し体温が上昇する、いわゆる特異動的作用 (SDA)⁶⁾ が知られているが、この作用の生理学的位置づけは未だ確定していない。軽運動や入浴と同様に SDA により末梢循環が改善されれば食事によって吸収された栄養素を末梢の細胞に輸送しやすくなり、合目的な作用であると示唆される。すなわち、SAD の機序の一部として、摂食後カテコールアミンの分泌が亢進し、褐色脂肪組織 (BAT) による熱産生が高まると、BAT から還流する高温静脈血が直接、または、海綿静脈等などにおける動静脈間の熱交換により動脈血を介して脳視床下部を局所的に加熱し、上昇した視床下部温を視床下部に存在する温熱受容器が感知し、放熱反応でもある末梢血管拡張作用を中枢性にひきおこし、栄養素等を末梢の細胞に輸送しやすくなるという栄養面での役割も考えることができるからである。

実際に、われわれが先に報告したバターと鶏卵の多量摂取実験²⁾でも、SDA によって摂取後代謝が亢進したと考えられるが、摂取 2 時間後の血清 Mg レベルを 1 日目と 8 日目で比較すると、8 日目の値が有意に低値となっている。この場合、骨から Ca と Mg が動員されること以上に SDA の伴う末梢循環の改善により末梢の細胞が Mg を摂り込んだ結果とも解釈できる。しかし、この理論の正当性を証明するためには今後の検証が必要であろう。

Mg は全身の組織に分布し、その細胞内濃度は血清に比較して高いが、体温上昇を生理的にひきおこすと考えられる。三条件によって、いずれの場合も血清 Mg レベルが低下した⁷⁾。また、冬眠動物に覚醒刺激を与えることによっても、血清 Mg レベルが低下することも知られている⁷⁾。

以上のように体温上昇と Mg の代謝動態とは密接に関連すると考えられるが、この仮説は、全身のす

すべての生理機能を有機的に結合させて解釈すれば理解し得るものである。

なお、本実験による Mg の汗中損失は前報⁵⁾に比較すると少ない。前報の汗中 Na 濃度が低いことと摂取食塩レベルが低目であったことから、前報の条件では Na 不足状態が生じ、破骨細胞の貪食⁶⁾により Na の貯蔵庫である骨から Na が動員される際に同時に Ca と Mg も溶出したために、汗中の Ca と Mg の濃度が上昇したものと推測した。

ま と め

成人男子 6 名を対象に暑熱曝露実験を行ない以下の結論を得た。

1. 暑熱曝露にひき続き血清 Mg レベルは低下した。
2. 暑熱曝露時の汗中 Mg 損失は多くはなかった。

また、他の生理的体温上昇因子もすべて血清 Mg レベルを低下させることから、血清 Mg レベルの低下現象を栄養生理学的に考察した。

文 献

- 1) Nishimuta M, Ono K, Kodama N, Hattori M, Tominaga I, Hiraoka A, and Miura I : Age related increase in serum ultrafiltrable Ca & Mg in human, Proc. 5th Int'l Magnesium Symp, in press (1988)
- 2) 西牟田守, 辻悦子, 児玉直子, 小野桂子, 小林修平 : バターおよび鶏卵の経口負荷による血中および尿中ミネラルレベルの変動——新しい尿中マグネシウム排泄亢進因子——, マグネシウム, 5 : 53~60 (1986)
- 3) 西牟田守, 児玉直子, 小野桂子, 松本好史, 寺となみ, 山田英明, 小林修平 : ストレスによる尿中マグネシウム排泄の増大, マグネシウム, 7, 123~132 (1988)
- 4) 西牟田守, 山田哲雄, 小林修平, 鈴木一正 : 運動・栄養とマグネシウム代謝, マグネシウム, 2, 49~56 (1983)
- 5) 西牟田守, 児玉直子, 小野桂子, 小林修平, 鈴木一正 : 運動時の汗中マグネシウム, マグネシウム, 4, 13~21 (1985)
- 6) 鈴木慎次郎, 長嶺晋吉 : カロリーの問題, 第一出版, 東京 : pp 29~33 (1954).
- 7) Aikawa JK : Magnesium : Its biological Significance, CRC Press, Florida (1981)
- 8) 久米川正好, 栗原徳善, 須田年生 : 破骨細胞の起源について, 第 5 回関東地区カルシウム骨代謝研究会抄録集 p 8 (1988)