

## セレン栄養状態はマウスの遊泳能力に影響を及ぼすか？

吉田 宗 弘<sup>1)</sup>, 鈴木 みさ子<sup>1)</sup>, 福永 健 治<sup>2)</sup>,  
石原 健 吾<sup>3,4)</sup>, 大貫 宏一郎<sup>3)</sup>, 伏木 亨<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup> 関西大学工学部生物工学科食品工学研究室\*, (<sup>2)</sup> 関西医科大学公衆衛生学教室\*\*,

<sup>3)</sup> 京都大学大学院農学研究科応用生命科学専攻栄養化学研究室\*\*\*,

<sup>4)</sup> 現在：相山女学園大学生生活科学部食品栄養学科\*\*\*\*)

## Does Selenium Status Influence the Ability of Swimming in Mice?

Munehiro YOSHIDA<sup>1)</sup>, Misako SUZUKI<sup>1)</sup>, Kenji FUKUNAGA<sup>2)</sup>,  
Kengo ISHIHARA<sup>3,4)</sup>, Koichiro ONUKI<sup>3)</sup>, Toru FUSHIKI<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Department of Biotechnology*

*Faculty of Engineering, Kansai University*

<sup>2)</sup> *Department of Public Health, Kansai Medical University*

<sup>3)</sup> *Laboratory of Nutritional Biochemistry, Division of Applied Life Sciences*

*Graduate School of Agriculture, Kyoto University*

<sup>4)</sup> *At present: Department of Food and Nutrition, School of Life Studies*

*Sugiyama Jogakuen University*

Effect of low selenium (Se) status on the ability of swimming was studied in mice. Male weanling ddY mice were fed a basal Se-deficient diet (Se content: <0.01  $\mu\text{g/g}$ ) or the basal diet supplemented with Se at a level of 0.08  $\mu\text{g/g}$  or 0.32  $\mu\text{g/g}$  as sodium selenite for 4 weeks. After then, each dietary group was divided into further 2 groups; control group and swimming group. Mice in the swimming groups were loaded with swimming in a constant stream (7 L/min) of water at 34°C once per day for consecutive 7 days. In the load of swimming, the end point was a moment to sink for 7 seconds and time from the start to the end point was recorded as an ability of swimming. Mice fed the Se-deficient

---

\* 所在地：吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

\*\* 所在地：守口市文園町10-15 (〒570-8506)

\*\*\* 所在地：京都市左京区北白川追分町 (〒606-8502)

\*\*\*\* 所在地：名古屋市千種区星が丘元町17-3 (〒464-8662)

diet showed remarkably low hepatic glutathione peroxidase activities. The load of swimming made a significant increase of plasma lipid peroxide concentration in the Se-deficient group. However, hemoglobin contents were not varied with the selenium status or the load of swimming and the abilities of swimming were not varied with the selenium status; the effect of Se status on the swimming ability was not clear in the present study.

運動は酸素を大量に消費する行為であり、過度に行えば生体にとって一種の酸化ストレスとなる。たとえば、われわれは、大学運動部の夏期合宿後に、血清過酸化脂質（マロンジアルデヒド：MDA）濃度の増加が生じることを観察している<sup>1)</sup>。過酸化脂質の蓄積は、赤血球細胞膜の脆弱化を引き起こし、溶血性の貧血につながると考えられ、運動選手にしばしば観察される運動性貧血の要因の一つと推定される。このような運動起因性の健康障害は、種々の栄養素の摂取状態によって修飾を受けると予想される。

セレンはグルタチオンペルオキシダーゼの構成成分として、過酸化物の処理に関わっている。セレン欠乏下ではグルタチオンペルオキシダーゼ活性が低下しており、セレン欠乏動物に運動負荷を行うと過酸化脂質の蓄積が促進されるとの報告がある<sup>2)</sup>。本研究は、セレン欠乏のような過酸化脂質の蓄積しやすい状態において、運動能力がどのように変化するかを検討する目的で、セレン欠乏マウスの遊泳能力を測定したものである。

## 実験方法

離乳直後の ddY 雄マウス 44 匹を 3 群に分け、1 群にはトルラ酵母をタンパク質源としたセレン含量 0.01  $\mu\text{g/g}$  未満のセレン欠乏基本飼料<sup>3)</sup>、他の 2 群には基本飼料に 0.08 または 0.32  $\mu\text{g/g}$  のセレンを亜セレン酸ナトリウムとして添加した飼料を与えて飼育した。飼育開始 4 週間後に各群マウスをそれぞれ 2 群に分け、1 群には 7 日間連続して遊泳試験を行い、遊泳能力を測定した。遊泳試験は、松元ら<sup>4)</sup> によって開発された水槽中で行った。すなわち、一定速度の水流 (7L/min)、恒温 (34°C) 条件下において、流れに逆らって遊泳するマウスが、疲労困ぱいして 7 秒間水没するまでの時間を遊泳可能時間として測定した。7 日間の遊泳試験期間終了後の翌日、遊泳群にはすべて 20 分間の遊泳を行わせた後、安静群とともに処理して、肝臓と血液を採取し、種々の測定に供した。なお、個々の生化学的測定の方法については紙面の都合で省略する。

## 結果と考察

実験飼料で 4 週間飼育したマウスの体重は、飼料中セレン濃度によって影響を受けず、遊泳試験開始時で  $34.6 \pm 0.6$  (mean  $\pm$  SEM,  $n=44$ ) g であった。Fig. 1 は、この後の 7 日間の遊泳試験期間の体重の増加をまとめたものである。セレン状態に関係なく、遊泳群において体重増加が少なかった。各マウスの体重増加量と 7 日間の平均遊泳時間との間には、 $Y$  (体重増加量, g) =  $-0.046X$  (平均遊泳時間, min) + 5.14 の負の相関が認められたことから、この差は遊泳負荷により生じたといえる。

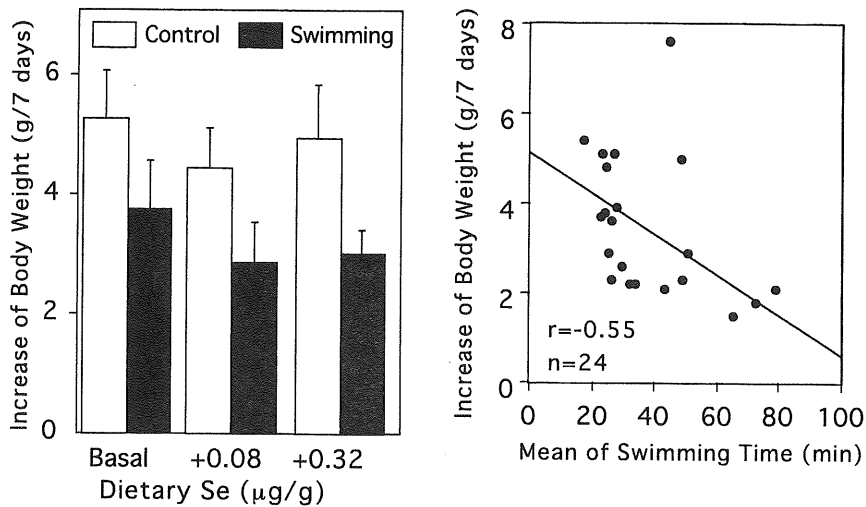


Fig. 1 Effect of swimming on body weight gain.

Table 1に遊泳期間終了後の各群マウスの肝グルタチオンペルオキシダーゼ活性をまとめた。遊泳とは無関係に、グルタチオンペルオキシダーゼ活性はセレン欠乏飼料投与群で顕著に低く、この群のマウスは低セレン栄養状態に陥っていると判断された。

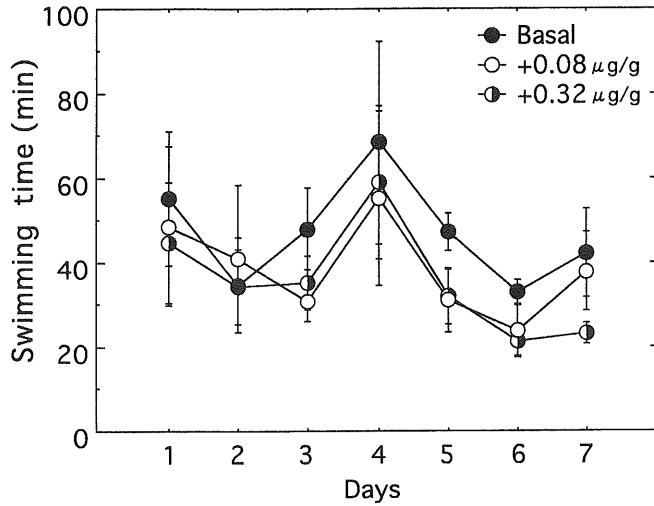
Table 1. Hepatic glutathione peroxidase activity

Dietary selenium	Activity (unit/g protein)	
	Control	Swimming
Basal	48 ± 5 (n=7)	42 ± 7 (n=7)
± 0.08 µg/g	764 ± 33 (n=7)	789 ± 80 (n=7)
± 0.32 µg/g	1381 ± 107 (n=8)	1478 ± 108 (n=8)

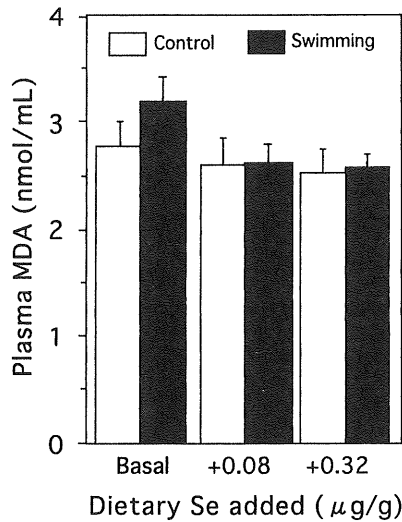
Values are mean ± SEM. A unit of glutathione peroxidase is expressed as nmol NADPH oxidized per minute.

Fig. 2に7日間の遊泳試験での遊泳時間を測定日ごとにまとめた。測定日ごとに大きな変動が認められたが、セレン栄養状態の差はいずれの測定日でも確認できなかった。また7回の測定の最大値と平均値を各飼料群間で比較しても、セレン栄養状態の影響は明らかでなく、少なくとも今回の実験条件下では、セレン栄養状態はマウスの遊泳能力に影響を与えていないと判断された。

Fig. 3に各群マウスの血清MDA濃度をまとめた。遊泳を行わなかったマウスでも、セレン欠乏飼料を投与したものは、セレン添加飼料投与群に比較して血清MDA濃度がやや高くなる傾向を示した。遊泳を行った場合、セレン添加飼料投与群では血清MDA濃度に変化を認めなかったが、セレン欠乏飼料投与群では明らかに高い血清MDA濃度を観察した。遊泳にともなう酸素消費量の増大が酸化ストレスとなり、グルタチオンペルオキシダーゼ活性の低下しているセレン欠乏飼料投与群において血清MDA濃度が上昇したと思われる。



**Fig.2** Swimming time of mice in each day.  
Points and vertical bars are means and SEM, respectively.



**Fig.3** Effect of swimming on plasma malondialdehyde concentration in mice fed selenium-deficient or -adequate diets.  
Vertical bars indicate SEM.

われわれはヒトを対象にした研究において、激しい運動は血清MDA濃度の上昇とともにヘモグロビン濃度の低下を招くことを観察している<sup>1)</sup>。しかし今回の実験において、各群マウスのヘモグロビン濃度を測定したが（データは示さず）、遊泳の明確な影響は観察できなかった。ヘモグロビン濃度と運動能力には密接な関連のあることが指摘されており、遊泳の繰り返しによってヘモグロビン濃度が低下すれば遊

泳能力も低下するものと思われる。今回の実験では、血清MDAが上昇してもヘモグロビン濃度にまでは影響が及んでいなかったために、セレン欠乏群の遊泳能力が維持されたと考えられる。われわれは今回と同様の遊泳負荷装置を用いて、低タンパク質飼料を投与したマウスで運動起因性のヘモグロビン濃度低下が生じることを認めている<sup>5)</sup>。今回のマウスの飼料タンパク質が15%レベルであることから、ここで用いた装置により遊泳によってヘモグロビン濃度の低下を起こすには、飼料タンパク質レベルを考慮する必要があると思われる。セレン状態の遊泳能力に及ぼす影響についても、低タンパク質条件下で検討すべきであろう。

## 文 献

- 1) 福永健治, 吉田宗弘, 小野聡子, 中園直樹 (1997) 微量栄養素研究 14 : 161
- 2) Brady, P.S., L.J. Brady and D.E. Ullrey (1979) J. Nutr. 109 : 1103
- 3) Yoshida, M., K. Fukunaga, H. Tsuchita and K. Yasumoto (1999) J. Nutr. Sci. Vitaminol. 45 : 119
- 4) Matsumoto, K., K. Ishihara, K. Tanaka, K. Inoue and T. Fushiki (1996) J. Appl. Physiol. 81 : 1843
- 5) 福永健治, 吉田宗弘, 石原健吾, 斉藤真人, 伏木 亨 (1997) 第51回日本栄養・食糧学会大会講演集, p.19