

Table 15 Balance of P during the first 4days (pre) and balanceperiod (5th to 12th days)

P(pre: first 4 days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 878 | 345 | 533 | 61 | 627 | -94 |
| b | 878 | 255 | 623 | 71 | 478 | 145 |
| c | 878 | 343 | 535 | 61 | 564 | -30 |
| d | 878 | 111 | 767 | 87 | 646 | 121 |
| e | 878 | 251 | 627 | 71 | 575 | 52 |
| f | 878 | 256 | 622 | 71 | 535 | 87 |
| g | 878 | 294 | 584 | 66 | 697 | -113 |
| h | 878 | 201 | 677 | 77 | 548 | 129 |
| l | 878 | 239 | 638 | 73 | 525 | 113 |
| j | 878 | 154 | 724 | 83 | 552 | 173 |
| k | 878 | 428 | 450 | 51 | 500 | -50 |
| l | 878 | 1092 | -214 | -24 | 452 | -666 |
| mean | 878 | 331 | 547 | 62 | 558 | -11 |
| s.d. | | 255 | 255 | 29 | 71 | 228 |

P(balance period: 8days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 882 | 308 | 574 | 65 | 582 | -9 |
| b | 882 | 348 | 533 | 60 | 486 | 47 |
| c | 882 | 483 | 399 | 45 | 540 | -141 |
| d | 882 | 451 | 431 | 49 | 603 | -172 |
| e | 882 | 270 | 612 | 69 | 614 | -3 |
| f | 882 | 292 | 590 | 67 | 502 | 88 |
| g | 882 | 249 | 633 | 72 | 652 | -19 |
| h | 882 | 221 | 661 | 75 | 590 | 71 |
| l | 882 | 248 | 634 | 72 | 582 | 52 |
| j | 882 | 312 | 570 | 65 | 588 | -18 |
| k | 882 | 497 | 384 | 44 | 567 | -182 |
| l | 882 | 280 | 602 | 68 | 449 | 153 |
| mean | 882 | 330 | 552 | 63 | 563 | -11 |
| s.d. | | 95 | 95 | 11 | 58 | 106 |

Table 16 Balance of Zn during the first 4days (pre) and balanceperiod (5th to 12th days)

Zn(pre: first 4 days)

| (mg/d) | | | | Absorption | | |
|---------|--------|-------|------------|------------|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 6.84 | 7.21 | -0.37 | -5 | 0.43 | -0.80 |
| b | 6.84 | 5.92 | 0.92 | 13 | 0.27 | 0.65 |
| c | 6.84 | 6.43 | 0.40 | 6 | 0.28 | 0.13 |
| d | 6.84 | 3.63 | 3.20 | 47 | 0.33 | 2.87 |
| e | 6.84 | 6.80 | 0.04 | 1 | 0.29 | -0.26 |
| f | 6.84 | 6.20 | 0.64 | 9 | 0.26 | 0.38 |
| g | 6.84 | 6.62 | 0.21 | 3 | 0.23 | -0.01 |
| h | 6.84 | 6.10 | 0.74 | 11 | 0.13 | 0.61 |
| l | 6.84 | 6.51 | 0.33 | 5 | 0.23 | 0.10 |
| j | 6.84 | 5.40 | 1.44 | 21 | 0.11 | 1.32 |
| k | 6.84 | 6.01 | 0.83 | 12 | 0.61 | 0.21 |
| l | 6.84 | 11.81 | -4.97 | -73 | 0.49 | -5.46 |
| mean | 6.84 | 6.56 | 0.28 | 4 | 0.31 | -0.02 |
| s.d. | | 1.88 | 1.88 | 28 | 0.14 | 1.94 |

Zn(balance period: 8days)

| (mg/d) | | | | Absorption | | |
|---------|--------|-------|------------|------------|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 7.09 | 5.59 | 1.50 | 21 | 0.35 | 1.15 |
| b | 7.09 | 5.58 | 1.51 | 21 | 0.17 | 1.34 |
| c | 7.09 | 9.41 | -2.32 | -33 | 0.21 | -2.53 |
| d | 7.09 | 9.68 | -2.59 | -37 | 0.34 | -2.93 |
| e | 7.09 | 6.42 | 0.67 | 10 | 0.30 | 0.37 |
| f | 7.09 | 6.01 | 1.08 | 15 | 0.25 | 0.82 |
| g | 7.09 | 6.83 | 0.26 | 4 | 0.29 | -0.03 |
| h | 7.09 | 5.57 | 1.53 | 22 | 0.15 | 1.38 |
| l | 7.09 | 5.43 | 1.66 | 23 | 0.17 | 1.48 |
| j | 7.09 | 7.48 | -0.39 | -6 | 0.11 | -0.50 |
| k | 7.09 | 6.97 | 0.12 | 2 | 0.65 | -0.53 |
| l | 7.09 | 3.69 | 3.40 | 48 | 0.39 | 3.01 |
| mean | 7.09 | 6.56 | 0.54 | 8 | 0.28 | 0.25 |
| s.d. | | 1.70 | 1.70 | 24 | 0.15 | 1.70 |

Table 17 Balance of Fe during the first 4days (pre) and balanceperiod (5th to 12th days)

Fe(pre: first 4 days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 8.5 | 7.0 | 1.6 | 18 | 0.1 | 1.5 |
| b | 8.5 | 5.6 | 2.9 | 34 | 0.1 | 2.8 |
| c | 8.5 | 5.6 | 3.0 | 35 | 0.1 | 2.9 |
| d | 8.5 | 2.1 | 6.4 | 75 | 0.1 | 6.3 |
| e | 8.5 | 8.1 | 0.4 | 5 | 0.1 | 0.3 |
| f | 8.5 | 6.4 | 2.1 | 25 | 0.1 | 2.0 |
| g | 8.5 | 7.3 | 1.2 | 15 | 0.1 | 1.1 |
| h | 8.5 | 7.3 | 1.3 | 15 | 0.1 | 1.2 |
| I | 8.5 | 5.8 | 2.8 | 33 | 0.1 | 2.7 |
| j | 8.5 | 3.7 | 4.9 | 57 | 0.1 | 4.8 |
| k | 8.5 | 7.2 | 1.3 | 16 | 0.1 | 1.2 |
| l | 8.5 | 8.7 | -0.2 | -2 | 0.1 | -0.3 |
| mean | 8.5 | 6.2 | 2.3 | 27 | 0.1 | 2.2 |
| s.d. | | 1.9 | 1.9 | 22 | | 1.9 |

Fe(balance period: 8days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 8.4 | 7.1 | 1.3 | 15 | 0.1 | 1.2 |
| b | 8.4 | 9.6 | -1.2 | -14 | 0.1 | -1.3 |
| c | 8.4 | 11.5 | -3.1 | -37 | 0.1 | -3.2 |
| d | 8.4 | 11.3 | -2.9 | -34 | 0.1 | -3.0 |
| e | 8.4 | 7.6 | 0.8 | 9 | 0.1 | 0.7 |
| f | 8.4 | 8.9 | -0.5 | -6 | 0.1 | -0.6 |
| g | 8.4 | 7.4 | 1.0 | 12 | 0.1 | 0.9 |
| h | 8.4 | 7.6 | 0.8 | 10 | 0.1 | 0.7 |
| I | 8.4 | 6.8 | 1.6 | 19 | 0.1 | 1.5 |
| j | 8.4 | 9.1 | -0.6 | -8 | 0.1 | -0.7 |
| k | 8.4 | 8.2 | 0.2 | 3 | 0.1 | 0.1 |
| l | 8.4 | 4.9 | 3.5 | 42 | 0.1 | 3.4 |
| mean | 8.4 | 8.3 | 0.1 | 1 | 0.1 | 0.0 |
| s.d. | | 1.9 | 1.9 | 22 | | 1.9 |

Table 18 Balance of Cu during the first 4days (pre) and balanceperiod (5th to 12th days)

Cu(pre: first 4 days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 2.26 | 1.35 | 0.91 | 40 | 0.05 | 0.86 |
| b | 2.26 | 0.95 | 1.31 | 58 | 0.05 | 1.26 |
| c | 2.26 | 0.81 | 1.45 | 64 | 0.05 | 1.40 |
| d | 2.26 | 0.39 | 1.88 | 83 | 0.05 | 1.83 |
| e | 2.26 | 1.26 | 1.00 | 44 | 0.05 | 0.95 |
| f | 2.26 | 0.98 | 1.28 | 57 | 0.05 | 1.23 |
| g | 2.26 | 1.05 | 1.21 | 54 | 0.05 | 1.16 |
| h | 2.26 | 1.33 | 0.93 | 41 | 0.05 | 0.88 |
| l | 2.26 | 1.33 | 0.93 | 41 | 0.05 | 0.88 |
| j | 2.26 | 0.95 | 1.31 | 58 | 0.05 | 1.26 |
| k | 2.26 | 1.10 | 1.16 | 51 | 0.05 | 1.11 |
| l | 2.26 | 1.33 | 0.93 | 41 | 0.05 | 0.88 |
| mean | 2.26 | 1.07 | 1.19 | 53 | 0.05 | 1.14 |
| s.d. | | 0.28 | 0.28 | 13 | | 0.28 |

Cu(balance period: 8days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 2.39 | 1.24 | 1.16 | 48 | 0.05 | 1.11 |
| b | 2.39 | 1.20 | 1.19 | 50 | 0.05 | 1.14 |
| c | 2.39 | 1.79 | 0.61 | 25 | 0.05 | 0.56 |
| d | 2.39 | 1.66 | 0.74 | 31 | 0.05 | 0.69 |
| e | 2.39 | 1.34 | 1.06 | 44 | 0.05 | 1.01 |
| f | 2.39 | 1.24 | 1.16 | 48 | 0.05 | 1.11 |
| g | 2.39 | 1.64 | 0.75 | 31 | 0.05 | 0.70 |
| h | 2.39 | 1.59 | 0.81 | 34 | 0.05 | 0.76 |
| l | 2.39 | 1.17 | 1.22 | 51 | 0.05 | 1.17 |
| j | 2.39 | 1.40 | 1.00 | 42 | 0.05 | 0.95 |
| k | 2.39 | 1.82 | 0.58 | 24 | 0.05 | 0.53 |
| l | 2.39 | 0.78 | 1.61 | 67 | 0.05 | 1.56 |
| mean | 2.39 | 1.41 | 0.99 | 41 | 0.05 | 0.94 |
| s.d. | | 0.30 | 0.30 | 13 | | 0.30 |

Table 19 Balance of Mn during the first 4days (pre) and balanceperiod (5th to 12th c

Mn(pre: first 4 days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 2.36 | 3.44 | -1.08 | -46 | 0.01 | -1.09 |
| b | 2.36 | 2.24 | 0.12 | 5 | 0.01 | 0.11 |
| c | 2.36 | 3.07 | -0.71 | -30 | 0.01 | -0.72 |
| d | 2.36 | 1.59 | 0.77 | 33 | 0.01 | 0.76 |
| e | 2.36 | 2.66 | -0.30 | -13 | 0.01 | -0.31 |
| f | 2.36 | 2.45 | -0.09 | -4 | 0.01 | -0.10 |
| g | 2.36 | 2.64 | -0.28 | -12 | 0.01 | -0.29 |
| h | 2.36 | 2.56 | -0.20 | -9 | 0.01 | -0.21 |
| l | 2.36 | 2.82 | -0.46 | -20 | 0.01 | -0.47 |
| j | 2.36 | 2.35 | 0.01 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| k | 2.36 | 2.98 | -0.62 | -26 | 0.01 | -0.63 |
| l | 2.36 | 4.27 | -1.91 | -81 | 0.01 | -1.92 |
| mean | 2.36 | 2.75 | -0.40 | -17 | 0.01 | -0.41 |
| s.d. | | 0.67 | 0.67 | 28 | | 0.67 |

Mn(balance period: 8days)

| (mg/d) | Absorption | | | | | |
|---------|------------|-------|------------|-----|-------|---------|
| Sub. | Intake | Feces | Absorption | (%) | Urine | Balance |
| a | 2.35 | 2.44 | -0.09 | -4 | 0.01 | -0.10 |
| b | 2.35 | 2.76 | -0.40 | -17 | 0.01 | -0.41 |
| c | 2.35 | 3.69 | -1.34 | -57 | 0.01 | -1.35 |
| d | 2.35 | 4.04 | -1.69 | -72 | 0.01 | -1.70 |
| e | 2.35 | 2.45 | -0.10 | -4 | 0.01 | -0.11 |
| f | 2.35 | 2.46 | -0.10 | -4 | 0.01 | -0.11 |
| g | 2.35 | 2.46 | -0.11 | -5 | 0.01 | -0.12 |
| h | 2.35 | 2.48 | -0.12 | -5 | 0.01 | -0.13 |
| l | 2.35 | 2.33 | 0.02 | 1 | 0.01 | 0.01 |
| j | 2.35 | 3.12 | -0.77 | -33 | 0.01 | -0.78 |
| k | 2.35 | 3.26 | -0.91 | -39 | 0.01 | -0.92 |
| l | 2.35 | 1.48 | 0.87 | 37 | 0.01 | 0.86 |
| mean | 2.35 | 2.75 | -0.40 | -17 | 0.01 | -0.41 |
| s.d. | | 0.69 | 0.69 | 29 | | 0.69 |

研究報告書

血清中セレン酵素などの測定

協力研究者 平岡 厚 杏林大学 講師

研究要旨： 健康な大学生女子を対象に、個人間（12名）及び日間（17日間に5回採血）の、血清中のセリン含有酵素グルタチオンペロキシダーゼ（GPx）濃度及び銅含有酵素モノアミノキシダーゼ（MAO）活性の値の変異を検討した。被験者の血清 GPx 濃度は、15–20 μ g/ml の狭い範囲に分布し（Mean \pm SD: 17 \pm 1 μ g/ml, n=56）、個人及び採血日の差異による変動は共に極めて小さかった（c.v.: 6%以下）。血清 MAO 活性値（1.0 \pm 0.3 u/l, n=56）は、個人内での採血日によるばらつき（c.v.: 13.3%以下）よりも同一採血日における個人間のばらつき（30.0%以下）の方が大きく、また、2人の被験者が、各々5回中3回及び4回中2回、正常値上限（1.4 u/l）をわずかに超える値となった。血清中の GPx 濃度と MAO 活性の間に相関性は認められなかった。生体物質の酸化還元に関与する両金属酵素の、精神的ストレスによる酸化ストレスとの関連を検討するためには、さらに実験を進める必要があると思われる。

A. 目的

グルタチオンペロキシダーゼ（GPx）は、グルタチオン存在下で過酸化水素や過酸化脂質（LPO）を還元して無害化する反応を触媒する酵素であり、現在までに5種類の分子種が知られているが、それらのいずれもセレノシステインの形でセレンを含有している。ヒト血清の GPx は、主として腎組織に由来し、低密度リポ蛋白の酸化によって生じた LPO を還元することにより動脈硬化を抑制する働きがあるとされている。一方、アミノキシダーゼは、基質（モノアミン、ジアミン及びポリアミン）との親

和性及び補欠分子（フラビン及び銅）の差異により分類されるが、臨床生化学領域でモノアミノキシダーゼ（MAO）と称されるものは、銅を含有し主としてモノアミンを酸化する反応に関与する酵素であり、結合組織や血漿に存在している。血清 MAO は、肝硬変その他（動脈硬化を含む）における組織の繊維化を反映して増加することが知られている。生体の重要な酸化還元反応に関与するこれら両金属酵素は、精神的ストレスによる酸化ストレス傷害の過程に何らかの関与をしていると思われる。本年

度は、それに関する研究における基礎的検討および、食事、特にセレン摂取量との関係を調べるため、健常者血清中の両酵素のレベルの個人間及び日間の変動について検討した。

B. 研究方法

研究班全体で実施した出納実験の血清試料を用いた。被験者 (12 名) 及び採血条件は本報告書に他記してあるとおりである。血清 GPx 濃度は、BIOXYTRCH PGx EIA Kit (和光純薬) により定量した。血清 MAO 活性は、デタミナ MAO (共和メディックス) により測定した。

C. D 研究結果及び考察

表 1 に示されるように、血清 GPx 濃度は、各採血日の検体における個人の測定値の平均値 (\pm SD) は、5 日とも $17 \pm 1 \mu\text{g/ml}$ ($n=10, 11$ or 12) であり、又、同一個人における各採血日の検体の測定値の平均値は $16-19 \pm 0-1 \mu\text{g/ml}$ ($n=2, 4$ or 5) に分布した。したがって c.v. 値はいずれも非常に小さい値 (最大で $6\%=1/16$ and $1/17$) であった (表 1)。一方、血清 MAO 活性値は、表 2 に示されるように、各採血日における平均値が 1.0u/l 又は 1.1u/l ($n=10, 11$ or 12)、c.v. 値は最大で 30.0% ($0.3/1.0$) であった。同一個人間における平均値は 0.8u/l から 1.5u/l に分布し、c.v. 値は最大で 13.3% ($0.2/1.5$) であった (表 2)。全検体の平均は GPx が $17 \pm 1 \mu\text{g/ml}$ (range: $15-20\text{g/ml}$, $n=56$)、MAO が $1.0 \pm 0.3\text{u/l}$ (range: $0.5-1.8 \text{u/l}$, $n=56$) であり、両者に相関関係はなかった。血清 MAO の正常値上限は 1.4u/l とされているが、今回 12 人の被験

者 2 人が、各々 5 回採血のうち 3 回及び 4 回採血のうち 2 回、それをわずかにこえる値 (最大 1.8u/l) を示した。両酵素が精神的ストレスによる酸化ストレス障害とどのように関わっているのかを検討するために、ストレス負荷された被験者から採血した検体の測定等、更に実験を進める必要がある。

E. 結論

測定した酵素は個人内変動が少なく、本実験の食事条件では大きな変動を示さず、セレン酵素であるグルタチオンペルオキシターゼの食事性セレンによる影響は観察されなかった。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 論文

- 1) Hiraoka A, Seiki K, Oda H, Eguchi N, Urade Y, Itaru Tominaga & Hori K: Charge microheterogeneity of β -trace protein (lipocalin-type prosta glandin D synthase) in the cerebrospinal fluid of patients with neurological disorders, *Electrophoresis*, 22, 3433-3437 (2001).
- 2) Hiraoka A, Homareda H & Koshiba K: Effects of plant polyphenols on the auto-oxidation of L-ascorbic acid with Cu^{++} , *Bimed Res Trace Elements*, 12, 251-252 (2001)

2. 学会発表.

- 1) 平岡厚、菅田晴夫、小柴共一：L-アスコルビン酸の Cu^{++} による自

- 動酸化に対する植物ポリフェノールの抑止効果の検討、第12回日本微量元素学会(2001.7.13、東京)。
- 2) Hiraoka A, Tominaga I & Hori K:
One-step capillary isoelectrofocusing of proteins in cerebrospinal fluid and serum of patients with neurological disorders, HPLC Kyoto 2001 (2001.9.11-14, Kyoto, Japan)
- 3) 平岡厚、富永格、堀宏治:ワン・ステップ式キャピラリー等電点電気泳動による神経疾患の患者脳脊髄液及び血清中の蛋白質の分析、第21回日本分析化学会キャピラリー電気泳動シンポジウム(2001.12.13, 神戸)
- 4) 平岡厚、加藤庸介、堀井春奈、清木興介、織田浩司、江口直美、裏出良博、富永格、堀宏治:神経疾患の患者脳脊髄液及び血清中のビリルビン及びその酸化生成物バイオピリンの定量、第12回生物試料分析科学会(2002.2.23、横浜)
- H. 知的財産の出願・登録状況 なし

表1. 血清中グルタチオンペロキシダーゼ濃度($\mu\text{g/ml}$)の個人間及び日間変動

| 被験者 ID | 実験日 | | | | | 測定数 | 平均 | 標準 偏差 | 変動 係数 (%) |
|-------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----------|-----------------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | | | | |
| A | 20 | 19 | 19 | 19 | 20 | 5 | 19 | 1 | 5 |
| B | 18 | 17 | 17 | 18 | 18 | 5 | 18 | 1 | 6 |
| C | - | - | - | 19 | 18 | 2 | 19 | 1 | 5 |
| D | 17 | 17 | 16 | 17 | 16 | 5 | 17 | 1 | 6 |
| E | 18 | 18 | 17 | 18 | 17 | 5 | 18 | 1 | 6 |
| F | 16 | 17 | 17 | 16 | 17 | 5 | 17 | 1 | 5 |
| G | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| H | 15 | 16 | 16 | 17 | 16 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| I | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| J | 18 | 18 | - | 17 | 17 | 4 | 18 | 1 | 6 |
| K | 17 | 17 | 17 | 18 | 17 | 5 | 17 | 0 | 6 |
| L | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 5 | 16 | 1 | 6 |
| 平均 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | | |
| 標準偏差 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 変動係数 (%) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | |

表 2. 血清MAO活性値 (u/l) の個人間及び日間変動

| 被験者 ID | 実験日 | | | | | 測定数 | 平均 | 標準 偏差 | 変動 係数 (%) |
|-------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----------|-----------------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | | | | |
| A | 20 | 19 | 19 | 19 | 20 | 5 | 19 | 1 | 5 |
| B | 18 | 17 | 17 | 18 | 18 | 5 | 18 | 1 | 6 |
| C | - | - | - | 19 | 18 | 2 | 19 | 1 | 5 |
| D | 17 | 17 | 16 | 17 | 16 | 5 | 17 | 1 | 6 |
| E | 18 | 18 | 17 | 18 | 17 | 5 | 18 | 1 | 6 |
| F | 16 | 17 | 17 | 16 | 17 | 5 | 17 | 1 | 5 |
| G | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| H | 15 | 16 | 16 | 17 | 16 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| I | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 5 | 16 | 1 | 5 |
| J | 18 | 18 | - | 17 | 17 | 4 | 18 | 1 | 6 |
| K | 17 | 17 | 17 | 18 | 17 | 5 | 17 | 0 | 6 |
| L | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 5 | 16 | 1 | 6 |
| 平均 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | | |
| 標準偏差 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 変動係数 (%) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | |

日本人成人女性の日常食摂取時のカルシウム出納

分担研究者 上西 一弘 女子栄養大学 講師

研究要旨

日本人成人女性7名を被験者とし、日常食摂取時のカルシウム出納試験を行い、みかけのカルシウム吸収率等を算出した。被験者は健康な成人女性7名（24～40歳）であり、1週間の食事調査とカルシウム出納試験を行った。試験期間は通常と変わらない生活を送ってもらい、この期間の食事記録と摂取した食物全てについて同量をサンプルとして提出してもらった。なお、その食事記録から五訂日本食品標準成分表及び商品名の栄養表示を用いて、エネルギー・栄養素量を算出した。また、試験期間中の尿、便についても全て採取してもらった。尿及び湿式灰化後の食物・便について原子吸光法にてカルシウムを測定し、カルシウム出納を算出した。食事記録から算出した平均のエネルギー摂取量は、 $1824 \pm 127 \text{kcal}$ （平均±標準偏差、平均は1人7日間の平均値の7名の平均）、タンパク質 $68 \pm 7 \text{g}$ 、カルシウム $611 \pm 177 \text{mg}$ であり、平均値で見ると所要量を充足していた。カルシウム摂取量の実測値は $630 \pm 147 \text{mg}$ であり、みかけの吸収率は $24 \pm 11\%$ であった。

A. 目的

平成12年国民栄養調査の結果では、エネルギーおよび各栄養素摂取量は第6次改定日本人の栄養所要量をほぼ満たしており、過剰摂取が心配されるものさえある。しかし、カルシウムについては、昭和21年の253mgから徐々に上昇し、平成12年では575mgまで摂取量は増加しているが、まだ唯一所要量には達していない栄養素である。また、欧米と比較しても日本はカルシウム摂取量が少ない。これは、欧米の食事に比べ、伝統的な和食にはカルシウムを多く含む乳製品が少ないことがあげられる。特に、10～30代の女性については、他の年代の女性や、男性と比較して、カルシウム摂取量が低い傾向にある。

カルシウム摂取不足が続き、さらに閉経後女性ホルモン分泌の低下によりカルシウム出

納が負となることは、骨量の減少をまねき骨粗鬆症を発症させる要因となる。現在のダイエットブームや食生活の乱れ、高齢者の増加によって、今後さらに骨粗鬆症の発生率が高くなる可能性がある。

このことから、骨粗鬆症の予防には、普段からカルシウムをより多く摂取することが重要になってくる。しかし、カルシウムは他の栄養素に比べ吸収率が低く、摂取量とともに、吸収率についても考える必要がある。

第6次改定日本人の栄養所要量では、カルシウム所要量は要因加算法により策定されており、それぞれにみかけの吸収率を定めているが、成人女性の場合は30%の数値が用いられている。しかしこの数値は日本人成人女性を対象として算出されたものではない。そこで本研究では、日本人成人女性7名を対象と

し、日常食摂取時のカルシウム出納について検討した。

B. 研究方法

1 被験者（倫理面への配慮）

被験者は健康な日本人成人女性(24～40歳)であり、調査について十分な説明を行い、積極的な同意を得たもの7名である。

なお、本試験は香川栄養学園医学倫理委員会の承認を得て行った。

2 調査方法

調査期間は7日間とし、試験期間中、被験者には通常と変わらない生活をおくってもらい食物は自由摂取とした。その際、摂取した食物全てについて同量を分析用サンプルとして提出してもらい、同時にこの試験期間中の食事記録をとることを依頼した。食事記録には食物摂取日、朝食・昼食・夕食・間食の区別、料理名、材料、材料重量の記録を依頼した。

なお、その食事記録から、五訂日本食品標準成分表及び商品名の栄養表示を用いて、エネルギー及び栄養素量を算出した。また、試験期間中の尿、便についても全て採取した。

3 サンプル採取方法

① 食物

食物は被験者が採取したものと同量をサンプルとして採取してもらった。飲料は一部をアシストチューブに採取してもらった。この際、お茶類・コーヒーなど食事毎に濃度が変化するものはその都度サンプリングしてもらった。

② 尿

尿は第1日目の第2尿より採取し、翌朝の第1尿までを1日分として蓄尿し、同様に8日目の第1尿まで7日間採尿してもらった。

③ 便

便は第1日目から全て採取した。被験者には予め重量を測定したボールに直接排便して

もらい、その重量の記録をとることも依頼した。なお、便の区切りのためのマーカーとしてはカルミンを用いた。

4 サンプル処理方法

① 食事と便

食事はフリーザーバックにいれ、凍結乾燥を行った。便は採取したボールのまま乾燥機で110℃、48時間乾燥させた。食事、便ともに乾燥後に重量を測定し、粉砕した。粉砕したサンプル約0.2gを量り、硝酸にて湿式灰化した。灰化後の食事と便は蒸留水で50mlに希釈し測定用サンプルとした。

② 飲料・尿

飲料は、カルシウム含量を測定するまで凍結乾燥した。集めた尿は、1日分の量を測定した。

5 カルシウムの測定

食物、便、尿、のサンプルはそれぞれ1%塩酸で希釈後、干渉除去剤として塩化ストロンチウムを用いて原子吸光法(日立180-80型)によりカルシウムを測定した。

なお、測定には全て超高純度のものを使用した。

C. 研究結果

1 被験者特性

被験者は7名で、平均で見ると年齢は34.6±6.5歳、身長155.7±4.2cm、体重51.0±5.2kg、BMI21.0±1.8であった。

2 個人別エネルギー・タンパク質・カルシウム摂取量

個人別に7日間の平均エネルギー・タンパク質・カルシウム摂取量の計算値を表1に示す。なお、計算は五訂日本食品標準成分表の値を用いた。7名の平均エネルギー摂取量は1824±127kcal、平均タンパク質摂取量は68±7g、平均カルシウム摂取量は611±17mg

であった。成人女性のカルシウム所要量 600mg を7日間平均して、充たしていたのは3名であった。

3 カルシウム出納

カルシウムの出納を表2に示す。カルシウム摂取量の実測値は $630 \pm 147\text{mg}$ 、便中カルシウム排泄量は $486 \pm 167\text{mg}$ 、尿中カルシウム排泄量は $121 \pm 32\text{mg}$ 、蓄積量は $22 \pm 57\text{mg}$ であった。みかけのカルシウム吸収率は $24 \pm 11\%$ で、第6次改定日本人の栄養所要量で用いられている 30%より低い値となった。

D. 考察

7名の被験者の平均エネルギー・たんぱく質・カルシウム摂取量は所要量を充たしていた。また、平成12年国民栄養調査結果の栄養素摂取量と比較すると、エネルギー、たんぱく質においては、同水準であった。

しかし、カルシウムについては、被験者の平均カルシウム摂取量が 611mg に対して、平成12年度国民栄養調査結果のカルシウム摂取量は 504mg と大きく差が見られ、被験者には普段からカルシウム摂取量が多いという特性が見られた。個人別に見ると、カルシウムの所要量を充たしていたのは3名であった。

尿中カルシウム排泄量については、摂取量による差があまりみられなかった。しかし、カルシウム摂取量と尿中カルシウム排泄量の間には正の相関がみられた。

カルシウム出納について検討すると、カルシウム吸収率は、食事からのカルシウム摂取量に依存して変動し、摂取量が少ない場合には上昇、多い場合には低下する傾向がみられた。しかし、カルシウム吸収率にはばらつきがあり、個人差が大きいと考えられる。

尿中カルシウム排泄量とみかけの吸収率については、カルシウムの吸収率が高いものほど尿中に排泄されるカルシウム量が多くなる

傾向がみられる。

30歳以上の成人女性のカルシウム蓄積量は 0mg であると考えられているため出納試験での蓄積量の値は経皮損失量に相当するものと考えられる。実際今回得られた数値は、第6次改定日本人の栄養所要量で用いられている経皮損失量と一致した。

E. 結論

成人女性7名を対象に日常食摂取時のカルシウム出納を検討した。

1. カルシウム摂取量は実測値で $630 \pm 147\text{mg}$ であった。
2. この際のカルシウムのみかけの吸収率は $24 \pm 11\%$ であった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表1 エネルギー・たんぱく質・カルシウム摂取量（計算値）

| | エネルギー (kcal) | たんぱく質 (g) | カルシウム (mg) |
|------|-----------------|--------------|---------------|
| 平均値 | 1824 | 67.6 | 611 |
| 標準偏差 | 127 | 6.8 | 177 |
| 変動係数 | 7.0 | 10.1 | 29.0 |

表2 カルシウム出納

| | (n=7) | | | | |
|------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|
| | 摂取量 (mg/day) | 便 (mg/day) | 尿 (mg/day) | 蓄積量 (mg/day) | みかけの吸収率 (%) |
| 平均 | 630 | 486 | 121 | 22 | 24 |
| 標準偏差 | 147 | 167 | 32 | 57 | 11 |

厚生科学研究費補助金（21世紀型医療開拓推進研究事業）
分担研究報告書

安静仰臥時における青年男子のミネラル(灰分、Na、K、Ca、P、Mg、Fe、Zn、S、Cl)
およびタンパク質等出納実験

分担研究者 江指 隆年（聖徳大学 教授）

1.研究概要 本研究は、当該研究者がこれまでに国立健康・栄養研究所において培ってきた人体試験のノウハウを、新規に開設された聖徳大学人文学部生活文化学科、管理栄養士専攻および栄養士専攻を担当する関係教職員に技術移転し、著しく立ち後れているわが国における人体栄養試験体制の拡充強化、発展に貢献しようとすると同時に、本研究により、いわゆる、「寝たきり」の状態にある人々のミネラル、たんぱく質などの出納を調べ、寝たきり状態にある人々あるいは運動不足状態にある人々のミネラル必要量に関する基礎的データを得ようとするものである。

A.研究目的

安静仰臥条件の青年男子を対象とした栄養素の出納実験を実施し、ミネラルの必要量に関する基礎的データを得ることを目的とした。

B.研究方法

(1) 人体試験の研究方法の概要は以下のようである。

①被験者青年男子4名(表1)を宿泊施設に宿泊させ、通常的生活状態の下で4日間、規定食を摂取させた。その後8日間安静仰臥状態のまま連続ベッドレスト(以下、単にベッドレストという)させ、被験者の栄養所要量を満たす4日間毎のサイクルメニューに基づく食事(規定食)を全量摂取させた。飲料水はイオン交換水のみとし自由摂取させ、飲水量を重量法により記録した。また、個人毎の食欲の多少に対しては、米飯量を増減させて調節することを原則とした。ただし、糖質からの摂取エネルギー%が15%以下にならぬよう配慮した。

②尿および糞はベッドレスト前(プレ)4日間、および、ベッドレスト中の4日間を1期とする2期間の全量を採取した。尿はベッドレストのまま採尿し、排便は一日15分以内とした。糞はカルミンをマーカーとして各期分を分別採取し、凍結乾燥、粉砕し、20メッシュに篩い分けして全量を試料とした。

③栄養素量の実測用試料として、毎日の食事に陰膳を設け、これらを凍結乾燥、粉砕し、全量を40メッシュに篩い分けて調製試料とした。

また、別に米飯、緑茶浸出液、その他の食事成分を個別に分析し、これらの摂取量の多少によって生じる摂取栄養素量の差異を計算によって求められるよう配慮した。

(2) 栄養成分の化学分析

①栄養成分の化学分析は、日本食品標準成分表分析法、米国分析化学者協会公定法(AOAC法)および当方で日常的に実施し

ている方法によって行った。

②分析の精度管理には米国国立科学技術研究所(NIST,USA)の標準物質である、牛肝臓粉末、牡蠣可食部粉末、標準食事粉末などを用いた。

(3) 栄養素の吸収率および出納値の計算方法

①各栄養素の吸収率は、各期毎に各被験者が摂取した各栄養素量の全量を被験者毎に実測値にもとづいて算出し(摂取量、Iと表現する)、また、糞中に排泄された各栄養素量の全量を被験者毎に実測値にもとづいて算出し(糞中排泄量、Fと表現する)、 $(I - F / I) \times 100$ として求め、これらの数値から平均値および標準偏差値を算出した。

②各栄養素の出納率は、各期毎に各被験者の摂取量(I)、糞中排泄量(F)および尿中に排泄された各栄養素の全量を被験者毎に実測値に基づいて算出し(尿中排泄量、Uと表現する)、 $\{(I - (F + U)) / I\} \times 100$ として求め、これらの数値から平均値および標準偏差値として算出した。

③結果は各期それぞれの間の差異をt検定により比較した。

(倫理面への配慮)

本研究は人を対象とした栄養学的研究であるため、「ヒトを対象とした生物医学的研究に携わる医師のための勧告、いわゆる、ヘルシンキ宣言(1964年、1989年修正)」の精神に則り実施し、被験者に対しては事前に、本研究の目的、内容および実験の途中において本人の自由意志で被験者を中止する権利を保証し、何ら不利益を蒙らない旨を十分説明した。なお、20歳未満の被験者については父母の同意を得た。

C, D. 研究結果および考察

栄養素摂取量およびその出納に関する人

体試験結果は表2～表3に示した。以下にその要点を述べる。表中異なるアルファベットを付けた期間には少なくとも5%の危険率で統計的有意差のあることを示している。また、文章中で高い傾向、または低い傾向などと記述している場合は、危険率が10～50%で統計的有意差のあることを意味する。

(1) 栄養素摂取量(実測値)

①表2に示したように、栄養素摂取量はベッドレスト期間中の食欲の減少、食品嗜好の変化などの個人差を反映して、栄養素の種類毎に、減少または増加、あるいは一定などさまざまな結果であった。

②ベッドレスト期間中に摂取量が減少した栄養素は、エネルギー、タンパク質、脂質、灰分、リンなどであった。

③タンパク質摂取量はベッドレストI期がプレ期より低値であったが、II期では個人差が大きくなったため各期との差が認められなかった。

④ベッドレスト期間中に摂取量に変化の少なかった栄養成分は硫黄であった。

(2) 栄養素の出納(実測値、表3)

①タンパク質の出納

ア. タンパク質保留量はベッドレストI期にベッドレスト前より上昇したが、ベッドレストII期にはベッドレスト前と差を認めなかった。また、個人差が大きく、タンパク質出納が負を示す者もいた。

②灰分の出納

ア. 灰分保留量は負の出納を示す者が見られ、II期が最低値を示し、プレ>IIであった。

イ. 灰分にはナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、硫酸根(SO₄)などが含まれている。これらのミネラル類のどの成分の出納がマイナス値を示したた

めに、Ⅱ期が低値となったのかを今後検討しなければならない。

③ミネラル類の出納

カルシウム：ベッドレスト前にカルシウム出納が平均値で負を示した。カルシウム給与量は栄養所要量を満たしていたが、人体試験というストレスおよび個人差が影響していた可能性がある。ベッドレストⅠ期およびⅡ期におけるカルシウム出納は平均値で正を示した。

しかし、標準偏差から明らかなように、個人差が大きく、カルシウム出納が負を示す者も見られた。また、Ⅱ期におけるカルシウムの平均出納値がⅠ期の10倍以上を示した。この結果は、ベッドレストへの適応があることを示唆している。

マグネシウムの出納に関してもカルシウムと同様の結果であった。

リン、ナトリウムおよび塩素の出納はベッドレストの影響を受けないようであった。カリウム出納はベッドレスト期間の延長と共に、負の方向に進む傾向が見られた。

硫黄の出納もベッドレスト前とベッドレスト中で有意差が認められなかった。しかし、標準偏差から明らかなように個人差が大きく、タンパク質出納との相関が示唆された。

E. 結論

1) 健常人のベッドレストによる人体試験が可能であることが確認できた。しかし、各種栄養素の出納に個人差が大きいため、出納値を評価するための何らかの方策が必要であると考えられた。

2) 本実験のような短期間のベッドレスト（ベッドレスト8日間）において、栄養素の種類によって出納が変化するものと、変化が極めて少ないものがあることが明らかとなった。

出納が変化しやすい栄養素については、安静仰臥時（入院時）、運動不足者などへの、特別な献立作成または栄養指導が必要なが示唆され、今後の研究の重要性が示された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 被験者属性

| 男性 | | | |
|-------|------|-------|------|
| 被験者記号 | 年齢 | 身長 | 体重 |
| F | 19歳 | 175cm | 66kg |
| G | 22 | 172 | 79 |
| H | 19 | 164 | 63 |
| I | 18 | 170 | 66 |
| 平均 | 19.5 | 170.3 | 68.5 |

表2 栄養素摂取量

／日

| | ベッドレスト前 プレ (4日間) | ベッドレスト I期 (4日間) | ベッドレスト II期(4日間) |
|------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| エネルギー Kcal | a 2370±80 | ab 2285±125 | b 2034±260 |
| タンパク質 g | ac 80.9±1.2 | b 77.4±1.8 | bc 76.8±4.0 |
| 脂質 g | ac 58.2±0.2 | a 58.2±0.3 | bc 56.4±0.6 |
| 灰分 g | a 15.3±0.1 | b 16.2±0.1 | c 13.4±0.3 |
| カルシウム mg | a 901±2 | b 849±2 | c 1036±5 |
| マグネシウムmg | a 240±6 | a 243±2 | b 255±4 |
| リン mg | ac 1300±7 | b 1236±21 | bc 1271±43 |
| ナトリウム mg | a 3712±16 | b 3741±5 | c 4045±8 |
| カリウム mg | a 2988±1 | b 2608±12 | c 2691±23 |
| 塩素 mg | a 5357±3 | b 5285±24 | c 5492±9 |
| 硫黄 mg | a 964±12 | a 950±18 | a 926±41 |

平均値±標準偏差

異なるアルファベット文字間では有意差があることを示す (p<0.05)

表3 栄養素出納

| | /日 | | |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | ベッドレスト前 プレ (4日間) | ベッドレスト I期 (4日間) | ベッドレスト II期(4日間) |
| タンパク質 g | ac 7.7 ± 3.7 | b 17.8 ± 3.7 | c 0 ± 10.2 |
| 灰分 g | a -1.4 ± 0.5 | b 0.6 ± 1.3 | b -3.8 ± 0.6 |
| カルシウム mg | a -31 ± 115 | ab 30 ± 78 | b 396 ± 302 |
| マグネシウム mg | a -25 ± 24 | a 14 ± 30 | a 59 ± 77 |
| リン mg | a 110 ± 126 | a 190 ± 86 | a 182 ± 247 |
| ナトリウム mg | a 362 ± 563 | a 362 ± 443 | a 741 ± 345 |
| カリウム mg | a 605 ± 229 | a 598 ± 220 | b 102 ± 334 |
| 塩素 mg | a -0.7 ± 7.3 | a 4.2 ± 18.1 | a 15.5 ± 13.5 |
| 硫黄 mg | a 36 ± 51 | a 154 ± 104 | a -6 ± 134 |

平均値 ± 標準偏差

異なるアルファベット文字間では有意差があることを示す (p < 0.05)

表4 栄養素出納個別データ

| | | | ベッドレスト前 プレ (4日間) | ベッドレスト前 I期 (4日間) | ベッドレスト前 II期 (4日間) |
|--------|----|---|---------------------|---------------------|----------------------|
| タンパク質 | g | F | 12.6 | 20.4 | 10.3 |
| | | G | 7.2 | 15.7 | -5.9 |
| | | H | 3.5 | 13.7 | -11.2 |
| | | I | 7.6 | 21.5 | 6.9 |
| 灰分 | g | F | -0.7 | -0.9 | -4.0 |
| | | G | -1.8 | 0.2 | -3.9 |
| | | H | -1.2 | 2.0 | -4.4 |
| | | I | -1.8 | 1.2 | -3.0 |
| カルシウム | mg | F | -59 | -79 | 371 |
| | | G | -181 | 34 | 133 |
| | | H | 77 | 101 | 255 |
| | | I | 39 | 64 | 825 |
| マグネシウム | mg | F | -19 | 18 | 69 |
| | | G | -43 | -23 | 8 |
| | | H | -43 | 9 | -4 |
| | | I | 7 | 50 | 164 |
| リン | mg | F | 110 | 217 | 300 |
| | | G | -10 | 165 | -49 |
| | | H | 55 | 88 | 4 |
| | | I | 284 | 292 | 473 |
| ナトリウム | mg | F | 1112 | 55 | 1103 |
| | | G | 349 | 331 | 292 |
| | | H | 234 | 999 | 686 |
| | | I | -248 | 65 | 883 |
| カリウム | mg | F | 374 | 756 | 509 |
| | | G | 571 | 607 | -214 |
| | | H | 554 | 284 | 237 |
| | | I | 923 | 746 | -124 |
| 塩素 | mg | F | 335 | -280 | 1788 |
| | | G | -237 | 824 | 32 |
| | | H | 253 | 2015 | 1021 |
| | | I | -488 | 456 | 564 |
| 硫黄 | mg | F | 75 | 190 | 76 |
| | | G | -8 | 84 | -88 |
| | | H | -8 | 58 | -149 |
| | | I | 85 | 284 | 136 |

協力研究報告書

日本人の無機質摂取量に関する基礎的研究

主任研究者 西牟田 守 国立健康・栄養研究所 室長

研究協力者 渡邊 令子 県立新潟女子短期大学生生活科学科 助教授

研究要旨 自由に日常生活を営んでいる高齢者の栄養素等摂取量、特に無機質摂取量を把握することを目的に、地方都市在住の高齢者（73～74歳：昭和2年生）57名（男31名、女26名）を対象に連続3日間の食物摂取量調査を実施し、五訂日本食品標準成分表を用いて計算し、検討した。その結果、第六次改定日本人の栄養所要量と比較すると男女とも平均摂取量ではすべての栄養素で充足されており、たんぱく質摂取量は男性 $1.8 \pm 0.4\text{g/kg}$ 、女性 $1.5 \pm 0.4\text{g/kg}$ で平均必要量(EAR)の約2倍値であった。カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、亜鉛、銅と、多くのビタミン摂取量は、エネルギー摂取量とよりもたんぱく質摂取量と強い正相関を示した。さらに、灰分から食塩相当量を減じた値は、カリウム、マグネシウム、リン、鉄、銅の摂取量と特に強い正相関を示し、またカリウム摂取量はマグネシウム、リン、鉄摂取量とも強く相関することが確認できた。

A. 目的

日常生活における健康の維持・増進を目的に、ライフステージ、ライフスタイル、および個人の栄養状態の特性を考慮し、摂取すべき栄養素量を設定して、それを具体的な食事として計画してゆく過程で、また、対象者が病的状態であればその状況に応じて適切な栄養補給量を決めてゆく過程等で、その基準となるのは各栄養素の必要量(EAR)、そして栄養所要量(RDA、またはAI)である。一方、栄養素等摂取量の推定には、一般的に食物摂取量調査が重要な手段であり、その際に活用されるのが食品中の栄養素含有量を収載した食品成分表である。そこで、本研究では自立した日常生活を送っている高齢者の栄養素等摂取量を、食事秤量調査を実施して五訂日本食品標準成分表（以下、五訂成分表と略す）を用いて実態把握する。それより、生体（ヒト）の必須微量元素のうち特に五訂成分表に収載されている無機質9項目、すなわちナト

リウム（食塩）、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、亜鉛、銅、およびマンガンと他の栄養素との関連について検討し、特に高齢者の健康の維持管理における日常の食事における無機質摂取水準を把握することを目的とする。

B. 研究方法

1. 対象者：新潟市内在住の2001年6月の高齢者コホート調査の対象者（73～74歳：昭和2年生）435名のうち、食物摂取量調査への協力を確認できた人たちへ文書で依頼し、調査への参加を確認できた57名（男31名、女26名）を本食物摂取量調査対象者とした。身長、体重の計測値、BMI(kg/m^2)、および生活活動強度（指数）は、6月の調査時の数値である。なお、生活活動強度は、自記式による日常生活習慣調査から、第六