

平成11年度厚生科学研究費補助金  
健康科学総合研究事業研究報告書

生活習慣に起因する疾病の、  
生活習慣の改善による一次予防確立のための  
運動・栄養・疲労回復の相互作用に関する統合的研究

主任研究者 西牟田 守

平成11年度厚生科学研究費補助金  
健康科学総合研究事業研究報告書

生活習慣に起因する疾病の、  
生活習慣の改善による一次予防確立のための  
運動・栄養・疲労回復の相互作用に関する統合的研究

主任研究者 西牟田 守

総括研究報告書

生活習慣に起因する疾病の、生活習慣の改善による一次予防確立のための

運動・栄養・疲労回復の相互作用に関する統合的研究

主任研究者 西牟田 守 国立健康・栄養研究所

研究要旨 脂質エネルギー比が35%以上となり、カルシウムの摂取量が所要量を満たさない食事を用い、大学生女子12名を対象に、4日間のストレス負荷を含む、15日間の代謝実験を実施し、尿中ミネラル排泄と基礎代謝を測定した。その結果、尿量は寒冷暴露と暗黒拘束で有意に高値、尿中尿酸は単純計算で高値、尿中ナトリウム、カリウムは寒冷暴露で高値となった。また、カルシウムの摂取量が所要量を上回った前回の実験とは異なり、ストレス負荷によってカルシウムとマグネシウムの尿中排泄量には有意差は見られなかったが、負荷終了後には、両者とも尿中排泄が有意に低下した。また、ストレス負荷後の基礎代謝にも有意差は見られなかった。本実験の結果から、ストレス負荷によるカルシウムとマグネシウムの尿中排泄増大は、ナトリウムの尿中排泄増大とは直接関係しない代謝機構により引き起こされることと、ストレスで失われる可能性のあるカルシウムとマグネシウムはストレス後の食生活などの生活管理により緩和される可能性があることが明らかになった。

A. 目的

生活習慣に起因する疾病の発症、進展の機序は必ずしも明らかではないが、健康に好ましい生活習慣、逆に、健康に好ましくない生活習慣については、おおよその枠組みが捉えられている。本研究では、生活習慣のうち、健康に好ましくない因子（危険因子）を人に負荷し、その生体反応と、回復過程を把握することによって、体内の物質代謝を動的に捉える。具体的には、負荷による必須20元素の体内移行と、体内への吸収、体外への排泄を測定し、過不足の起こる元素を明らかにし、過不足が起きる部位（臓器）を特定する。次に、過不足の起きている部位で、過不足が起きている元素を正常化するための、運動、食事等のメニューを、これまで知られている健康に好ましい生活習慣をもとに開発し、健康指標の改善（疲労回復）を確認する。

これらの研究過程において、過不足の起こる元素、および、部位が特定できるので、過不足のある元素の食事による摂取管理、過不足の起きている部位の

活性化による過不足の解消に関して、具体的に方策を提案することを目的とする。

B. 研究方法

あらかじめ実験の内容を説明し、文書で参加を申し込んだ大学生女子12名を対象に、国立健康・栄養研究所に宿泊させ、一日当たり、エネルギー：1800kcal、脂質エネルギー比35%以上、カルシウムは食事摂取基準を満たさない条件で16日間の代謝実験を実施し、15日間の尿中ミネラル排泄量、基礎代謝などを測定した。出納期間のうち、3日間は、午前と午後に2時間30分または3時間のストレスを負荷した。

なお、本実験は国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を得て実施した。

また、これまでに実施したカルシウムの出納実験の結果（ $n=86$ ）を解析し、カルシウムの出納を正にする因子、カルシウムの吸収を促進する因子の抽出を試みた。

### C. 研究結果

カルシウムの摂取量が少ないときに実施した今回のストレス負荷では、ストレスによるカルシウムとマグネシウムの尿中排泄量は有意な増加を示さなかった。しかし、実験期間を通して、カルシウムとマグネシウムの尿中排泄量は漸増した。

ストレス負荷前後に基礎代謝を測定したが、個人差が多く、有意差は検出されなかった。

蓄積したカルシウムの出納成績(n=86)をもとに、カルシウムの出納と摂取量等との関係を解析したところ、カルシウムの摂取量が8.13~23.58mg/kg/日の範囲(20代男子で500~1500mg/日、20代女子で400~1200mg/日に相当)では、カルシウムの出納と摂取量との間には有意な関係は見出されなかった。カルシウムの出納に最も関連した指標は見かけの吸収率であり、見かけの吸収量との相関は強くなく、見かけの吸収量は尿中排泄量と相関した。

### D. 考察

カルシウムの摂取基準は、平成12年度からは、男女とも600mg/日と策定された。この値は、該当年齢の国民のほぼ全てが骨塩を維持させるための値とされているが、一般的には、カルシウムの摂取量を高めることで骨塩の維持が出来ると期待されている。

本年度の研究結果から、カルシウムの摂取量を低い水準に維持しても、カルシウムの尿中排泄は低下せず、むしろ漸増する場合があることが明らかになった。

また、カルシウムの出納はカルシウムの摂取量に相関するのではなく、測定した指標のうち、見かけの吸収率と最も強く相関した。

このことは、所要量を超えたカルシウムの摂取が骨塩の保持には有効でないことを示唆するものである。したがって、所要量を超えたカルシウムの摂取に加え、見かけの吸収率を高めるような生活管理が骨塩の保持には重要であることが示された。

これまでに、カルシウムの尿中排泄を高める因子として、前年度に報告した食塩摂取不足に加え、ス

トレス、過食、激運動、疲労の蓄積などが知られている。また、尿中カルシウム排泄を低下させる因子として、適度な運動が知られている。

したがって、適度な運動、楽しい食事、十分な睡眠など、生活習慣病の予防に資すると考えられる生活習慣がカルシウムの出納や骨塩の保持にも有効であると考えた。

### E. 結論

カルシウム摂取量の少ない条件では、ストレス負荷によるカルシウム尿中排泄増大は観察されなかった。

カルシウムの出納は、カルシウム摂取量が多くなってもほぼ0であった。

カルシウムの出納と最も相関の強い評価項目は見かけの吸収率であった。

カルシウムの摂取量が高くなっても、見かけの吸収率は低下しなかった。

### F. 研究発表

#### 1. 論文発表

- 1) 西牟田守：微量元素の栄養所要量決定の考え方. 栄養-評価と治療(1999)16(2):27-32
- 2) 西牟田守：第6次改定日本人の栄養所要量(3)マンガン・ヨウ素. 臨床栄養(1999)95(6):699-705

#### 2. 学会発表

- 1) Nishimuta M: The concept of intracellular-, extracellular-, and bone- minerals. 2nd Int'l Congr on Food Factor. (1999.12.13, Kyoto)
- 2) 西牟田守：人体におけるミネラルの見かけの吸収及びその修飾因子と消化管における調節機構. 第76回日本生理学会シンポジウム(1999.3.29, 長崎)
- 3) マグネシウムの出納と生活習慣病危険因子. 日本栄養・食糧学会第38回近畿支部大会および公開シンポジウム. (1999.10.16, 京都)  
(1999.5.27, 別府)
- 4) 西牟田守, 吉武裕, 児玉直子, 淵時雄, 武山英麿, 豊岡史, 浅野ひろみ: 元素栄養学的解析手段に

よるヒト運動時におけるミネラルの体内動態. 第  
53回日本栄養・食糧学会大会 (1999.5.30、東京)  
5) 西牟田守、児玉直子:カルシウムの摂取量と貯  
留量との関係. 第117回日本体力医学会関東地方会  
(1999.12.18、東京)

G. 知的所有権の取得状況

1.特許取得

なし

2.実用新案登録

なし

3.その他

なし

分担研究報告書

生活習慣に起因する疾病の、生活習慣の改善による一次予防確立のための  
運動・栄養・疲労回復の相互作用に関する統合的研究

主任研究者 西牟田 守 国立健康・栄養研究所

研究要旨 脂質エネルギー比が35%以上となり、カルシウムの摂取量が所要量を満たさない食事をうい、大学生女子12名を対象に、4日間のストレス負荷を含む、15日間の代謝実験を実施し、尿中ミネラル排泄と基礎代謝を測定した。その結果、尿量は寒冷暴露と暗黒拘束で有意に高値、尿中尿酸は単純計算で高値、尿中ナトリウム、カリウムは寒冷暴露で高値となった。また、カルシウムの摂取量が所要量を上回った前回の実験とは異なり、ストレス負荷によってカルシウムとマグネシウムの尿中排泄量には有意差は見られなかったが、負荷終了後には、両者とも尿中排泄が有意に低下した。また、ストレス負荷後の基礎代謝にも有意差は見られなかった。本実験の結果から、ストレス負荷によるカルシウムとマグネシウムの尿中排泄増大は、ナトリウムの尿中排泄増大とは直接関係しない代謝機構により引き起こされることと、ストレスで失われる可能性のあるカルシウムとマグネシウムはストレス後の食生活などの生活管理により緩和される可能性があることが明らかになった。また、蓄積した86名のカルシウム出納結果を解析し、カルシウム出納は、カルシウム摂取量を増加させても増加しないこと、見かけの吸収率と最も相関が高いことなどを明らかにした。

A. 目的

生活習慣に起因する疾病の発症、進展の機序は必ずしも明らかではないが、健康に好ましい生活習慣、逆に、健康に好ましくない生活習慣については、おおよその枠組みが捉えられている。本研究では、生活習慣のうち、健康に好ましくない因子（危険因子）を人に負荷し、その生体反応と、回復過程を把握することによって、体内の物質代謝を動的に捉える。具体的には、負荷による必須20元素の体内移行と、体内への吸収、体外への排泄を測定し、過不足の起こる元素を明らかにし、過不足が起きる部位（臓器）を特定する。次に、過不足の起きている部位で、過不足が起きている元素を正常化するための、運動、食事等のメニューを、これまで知られている

健康に好ましい生活習慣をもとに開発し、健康指標の改善（疲労回復）を確認する。

これらの研究過程において、過不足の起こる元素、および、部位が特定できるので、過不足のある元素の食事による摂取管理、過不足の起きている部位の活性化による過不足の解消に関して、具体的に方策を提案することを目的とする。

B. 研究方法

あらかじめ実験の内容を説明し、文書で参加を申し込んだ大学生女子12名を対象に、国立健康・栄養研究所に宿泊させ、一日当たり、エネルギー：1800kcal、脂質エネルギー比35%以上、カルシウムは食事摂取基準を満たさない条件で16日間の

代謝実験を実施し、15日間の尿中ミネラル排泄量、基礎代謝などを測定した。出納期間のうち、3日間は、午前と午後2時間30分または3時間のストレスを負荷した。身体ストレスは、4℃のクールドールームに顔面を露出し、その他の衣装条件は自由とし、午前と午後各2時間半入室することとした（寒冷暴露）。精神ストレスは小学校3年生用の計算ドリルを1頁ずつ答え合わせをし、全問正解となったら次の頁に進む方法で午前と午後各3時間実施した（単純計算）。感情ストレスは、28℃の人口気候室を消灯し、アイマスクをかけ、背もたれのない丸椅子に座り、沈黙する条件で、午後各3時間実施した（暗黒拘束）。本年度はそのうちストレス負荷日の尿中ミネラル排泄量、基礎代謝などについてとりまとめた。

有意差検定は対応のあるt検定によった。

なお、本実験は国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を得て実施した。

また、これまでに実施したカルシウムの出納実験の結果（n=86）を解析し、カルシウムの出納を正にする因子、カルシウムの吸収を促進する因子などの抽出を試みた。

### C. 研究結果

ストレスを負荷した日と、食事条件が同一でストレスを負荷しなかった日の、尿量、クレアチニン、尿酸、ナトリウム、カリウム、クロール、カルシウム、マグネシウム、リンの経時変化をFig. 1~9に示した。

カルシウムの摂取量が少ないときに実施した今回のストレス負荷では、ストレスによるカルシウムとマグネシウムの尿中排泄量は有意な増加を示さなかった。なお、ストレス負荷後の就寝前の分割尿では、ストレス負荷日の方が尿中カルシウムが低下する場合があります、この点は前回の実験結果と一致した。

ストレスの有無に係わらず、被験者全員の尿中カルシウム、マグネシウム排泄の経日変化をFig. 10~11に示した。

実験期間を通して、カルシウムとマグネシウムの尿中排泄量は漸増し、本研究の食事を含めた環境条件では、尿中カルシウム、マグネシウム排泄量が漸増した。

ストレス負荷翌朝を含む早朝に基礎代謝を1日当たり3回測定したが、個人差が多く、有意差は検出されなかった。

表1. に示した蓄積したカルシウムの出納成績（n=86）をもとに、カルシウムの出納と摂取量等との関係を解析した結果をFig.12~14に示した。

カルシウムの摂取量が8.13~23.58mg/kg/日の範囲（20代男子で500~1500mg/日、20代女子で400~1200mg/日に相当）では、カルシウムの出納と摂取量との間には有意な関係は見出されなかった。

また、カルシウムの出納に最も関連した指標は、カルシウム摂取量ではなく、見かけの吸収率であり、見かけの吸収量との相関は強くなく、見かけの吸収量は尿中排泄量と相関した。

なお、カルシウムの摂取量が多くなると、見かけの吸収率が低下するという関係は見出されなかった。

### D. 考察

カルシウムの摂取基準は、平成12年度からは、男女とも600mg/日と策定された。この値は、該当年齢の国民のほぼ全てが骨塩を維持させるための値とされているが、一般的には、カルシウムの摂取量を高めることで骨塩の維持が出来ると期待されている。

本年度の研究結果から、カルシウムの摂取量を低い水準に維持しても、カルシウムの尿中排泄は低下せず、むしろ漸増する場合があることが明らかになった。

また、カルシウムの出納はカルシウムの摂取量に相関するのではなく、測定した指標のうち、見かけの吸収率と最も強く相関した。

このことは、所要量を超えたカルシウムの摂取が骨塩の保持には有効でないことを示唆するもので

ある。したがって、所要量を超えたカルシウムの摂取に加え、見かけの吸収率を高めるような生活管理が骨塩の保持には重要であることが示された。

これまでに、カルシウムの尿中排泄を高める因子として、前年度に報告した食塩摂取不足に加え、ストレス、過食、激運動、疲労の蓄積などが知られている。また、尿中カルシウム排泄を低下させる因子として、適度な運動が知られている。

したがって、適度な運動、楽しい食事、十分な睡眠など、生活習慣病の予防に資すると考えられる生活習慣がカルシウムの出納や骨塩の保持にも有効であると考えた。

#### E. 結論

カルシウム摂取量の少ない条件では、ストレス負荷によるカルシウム尿中排泄増大は観察されなかった。

カルシウムの出納は、カルシウム摂取量が多くなってもほぼ0であった。

カルシウムの出納と最も相関の強い評価項目は見かけの吸収率であった。

カルシウムの摂取量が高くなっても、見かけの吸収率は低下しなかった。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

1) 西牟田守：微量元素の栄養所要量決定の考え方。栄養-評価と治療(1999) 16 (2) : 27-32

2) 西牟田守：第6次改定日本人の栄養所要量 (3) マンガン・ヨウ素。臨床栄養(1999)95(6):699-705

##### 2. 学会発表

1) Nishimuta M : The concept of intracellular-, extracellular-, and bone- minerals. 2nd Int'l Congr on Food Factor. (1999.12.13, Kyoto)

2) 西牟田守：人体におけるミネラルの見かけの吸収及びその修飾因子と消化管における調節機構。第76回日本生理学会シンポジウム (1999.3.29, 長崎)

3) マグネシウムの出納と生活習慣病危険因子。日

本栄養・食糧学会第38回近畿支部大会および公開シンポジウム。(1999.10.16, 京都)

4) 西牟田守、吉武裕、児玉直子、淵時雄、武山英麿、豊岡史、浅野ひろみ：元素栄養学的解析手段によるヒト運動時におけるミネラルの体内動態。第53回日本栄養・食糧学会大会 (1999.5.30, 東京)

5) 西牟田守、児玉直子：カルシウムの摂取量と貯留量との関係。第117回日本体力医学会関東地方会 (1999.12.18, 東京)

#### G. 知的所有権の取得状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

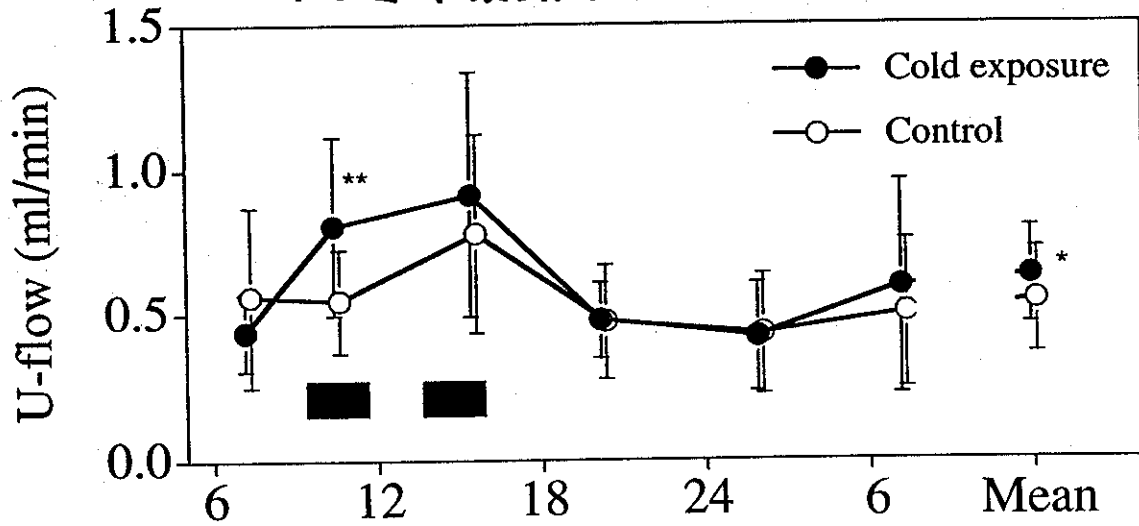
なし



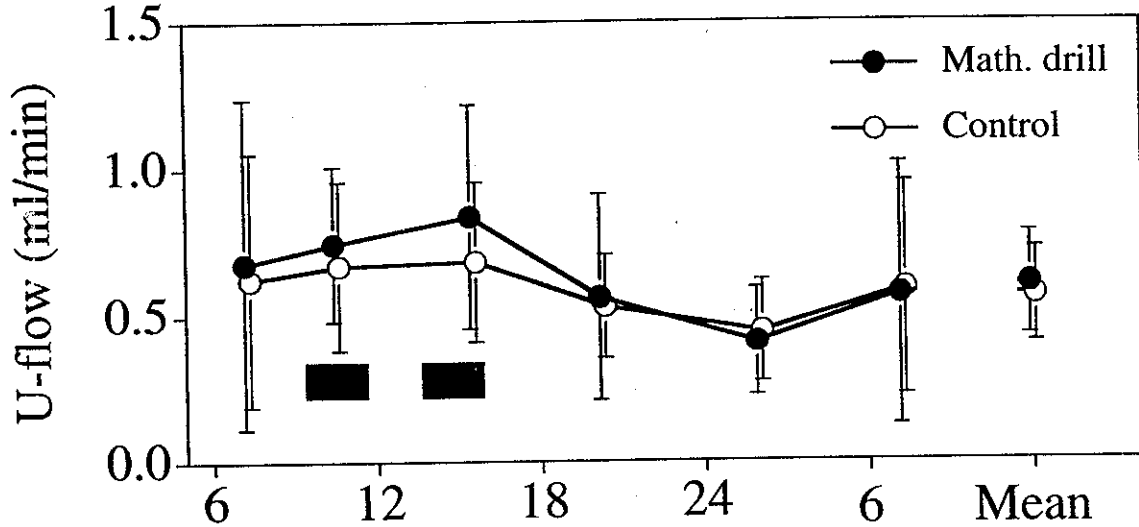
表1. 出納実験の被験者数、出納期間とミネラル摂取量

|       | sex | n  | day | ミネラル摂取量  |          |         |
|-------|-----|----|-----|----------|----------|---------|
|       |     |    |     | Ca(mg/d) | Mg(mg/d) | P(mg/d) |
| 1     | f   | 12 | 8   | 672      | 261      |         |
| 2     | f   | 8  | 12  | 719      | 279      | 1116    |
| 3     | f   | 12 | 10  | 494      | 194      | 886     |
| 4     | f   | 8  | 12  | 629      | 261      | 1259    |
| 5     | m   | 13 | 5   | 1144     | 380      | 2217    |
| 6     | f   | 6  | 10  | 802      | 283      | 1628    |
| 7     | f   | 9  | 8   | 653      | 216      | 1182    |
| 8     | f   | 8  | 8   | 671      | 243      | 1159    |
| 9     | m   | 5  | 10  | 676      | 154      | 1223    |
| 10    | m   | 5  | 10  | 676      | 334      | 1223    |
| Total |     | 86 |     |          |          |         |

4°C寒冷暴露午前午後各2時間半



単純計算午前午後各3時間



暗黒拘束午前午後各3時間

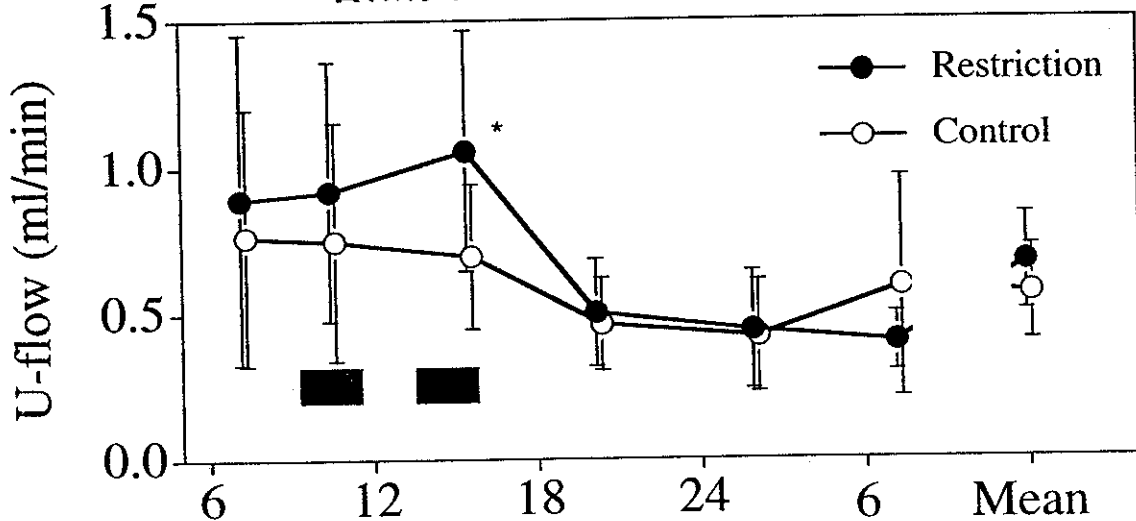


Fig.1 尿量の経時変化と平均尿量

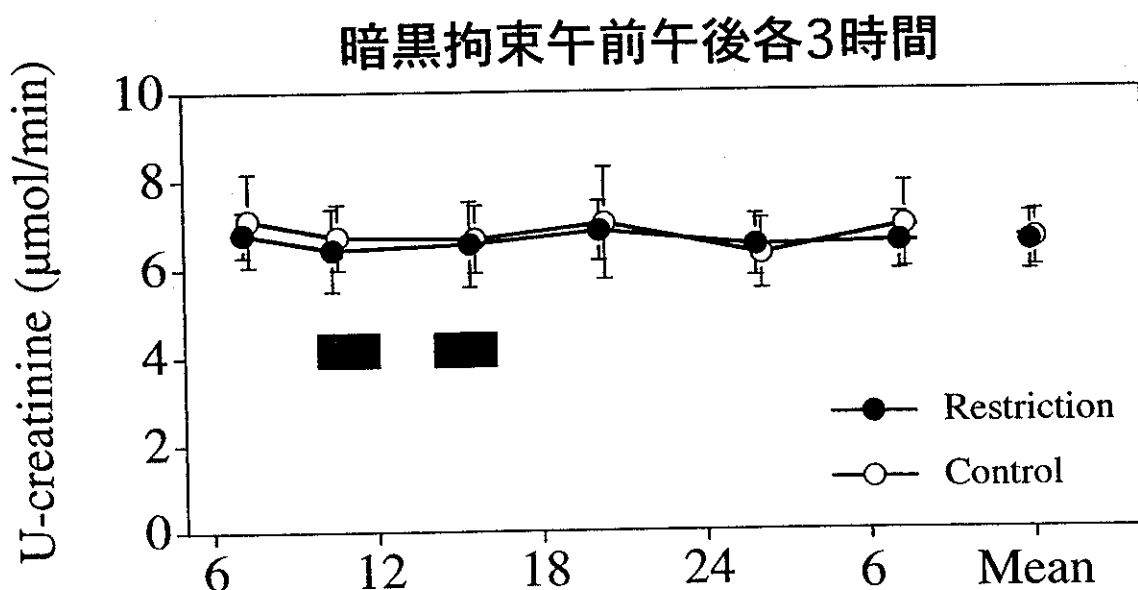
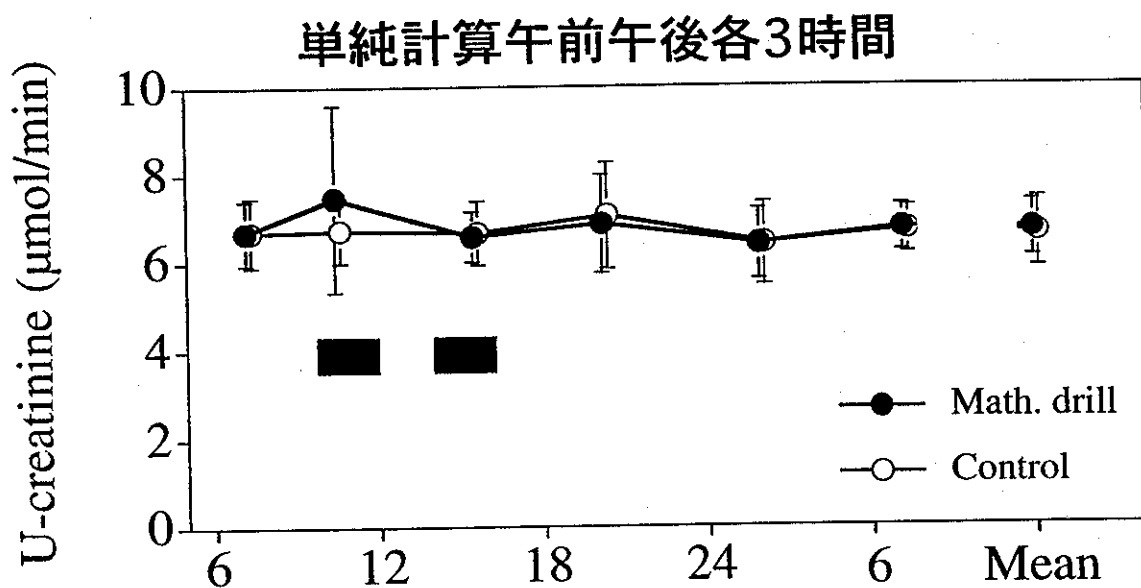
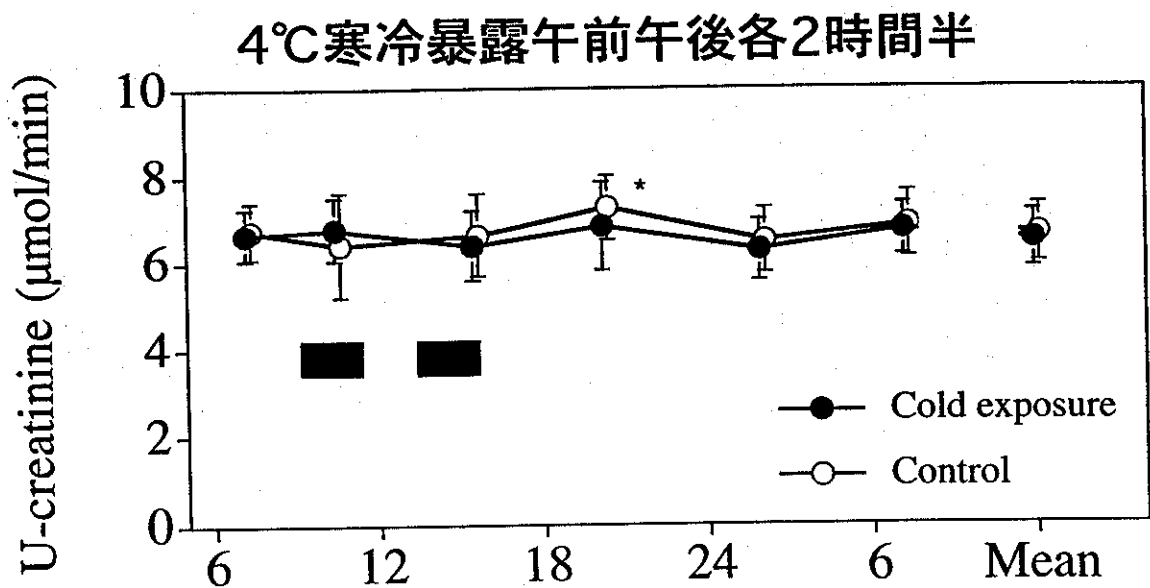


Fig.2 クレアチニン排泄量の経時変化と平均

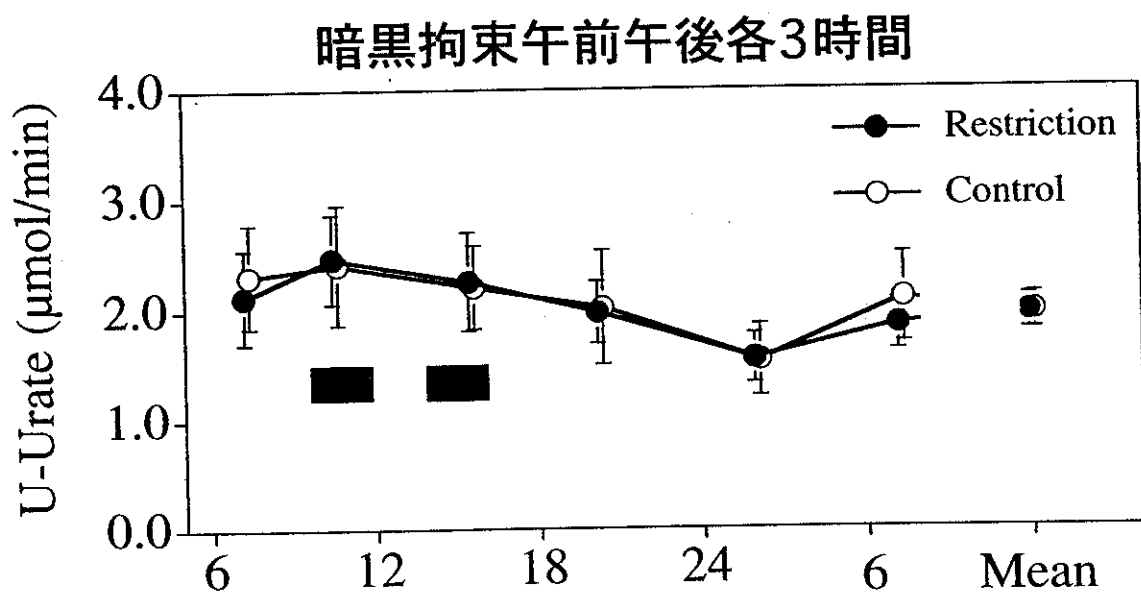
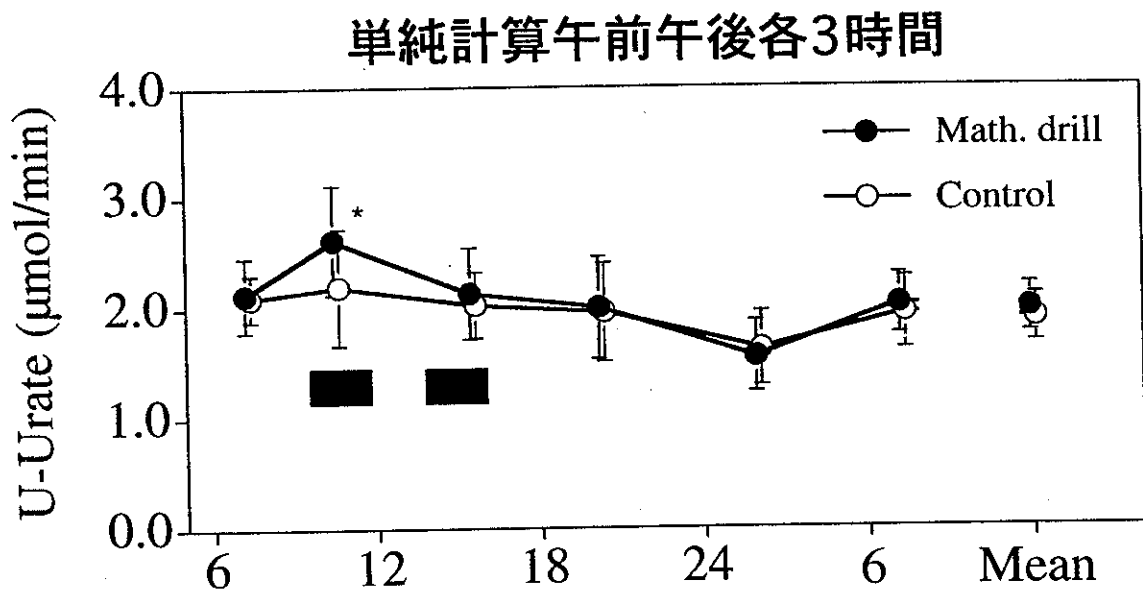
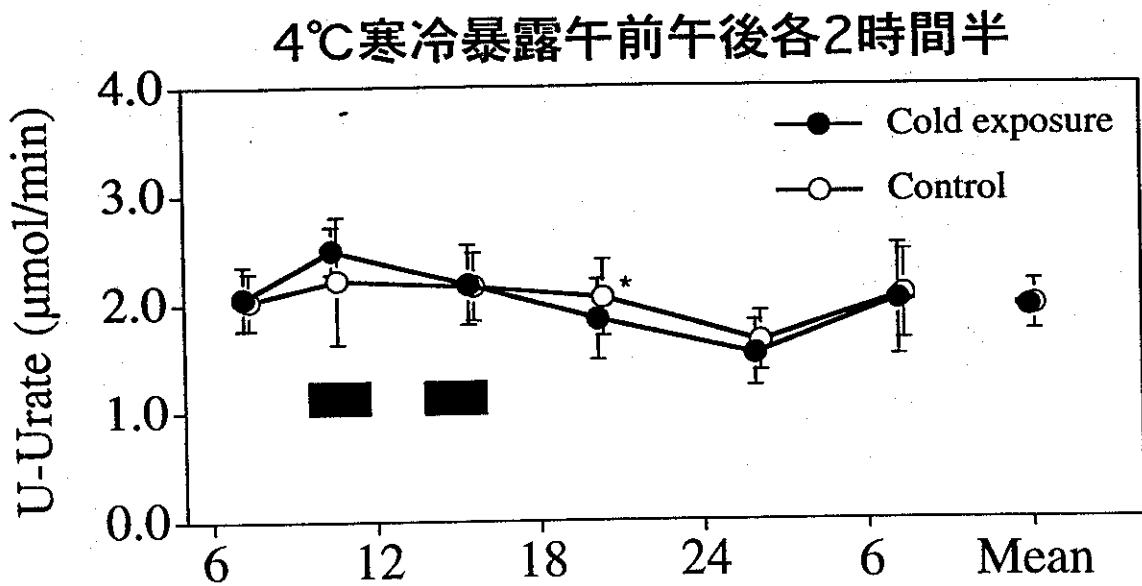


Fig.3 尿酸排泄量の経時変化と平均

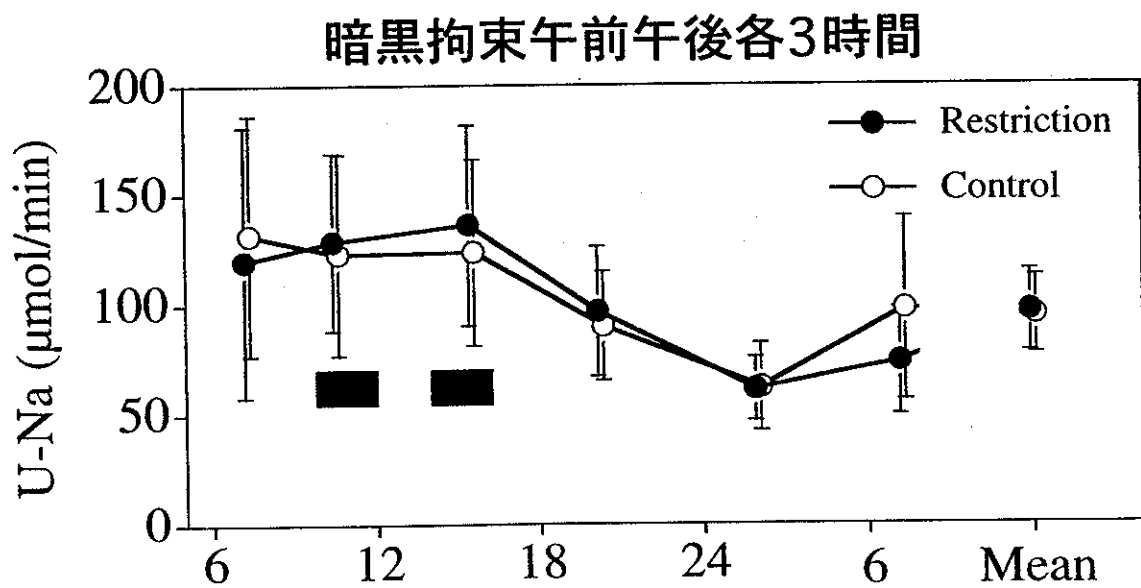
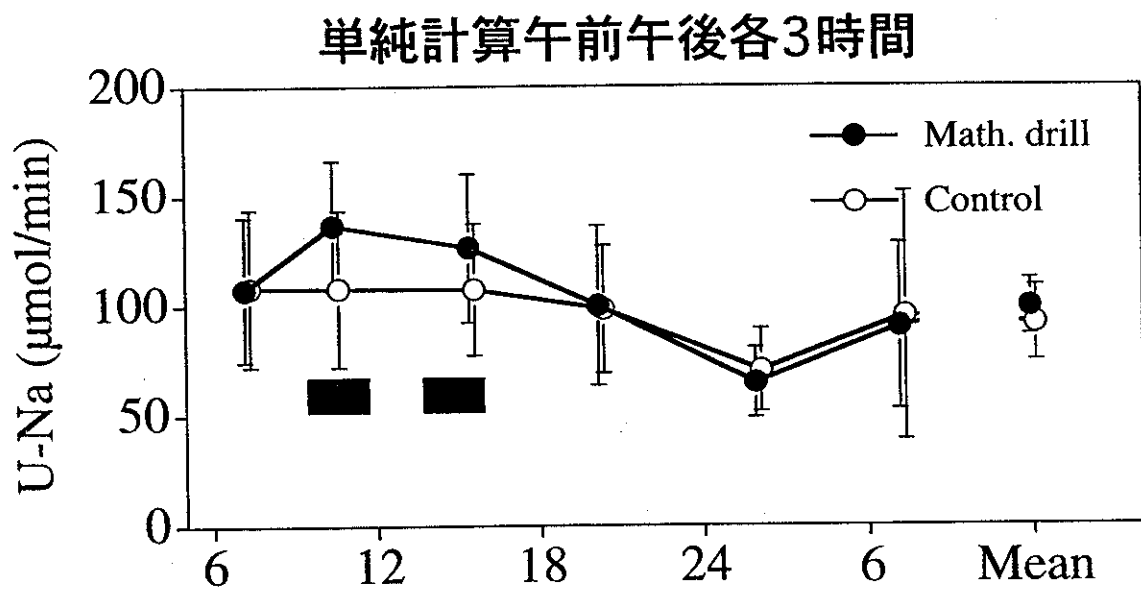
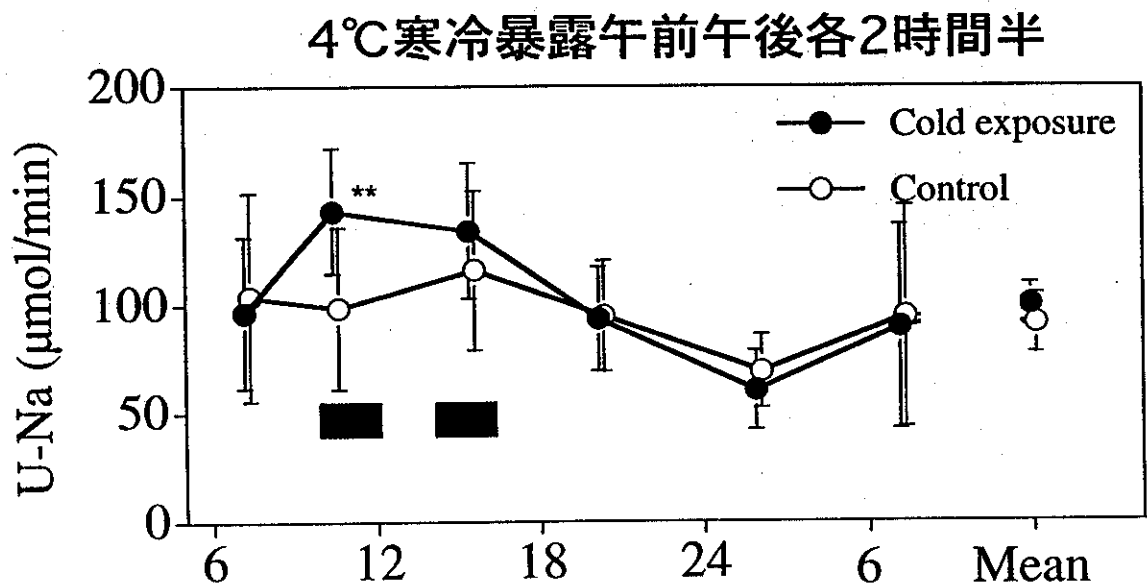
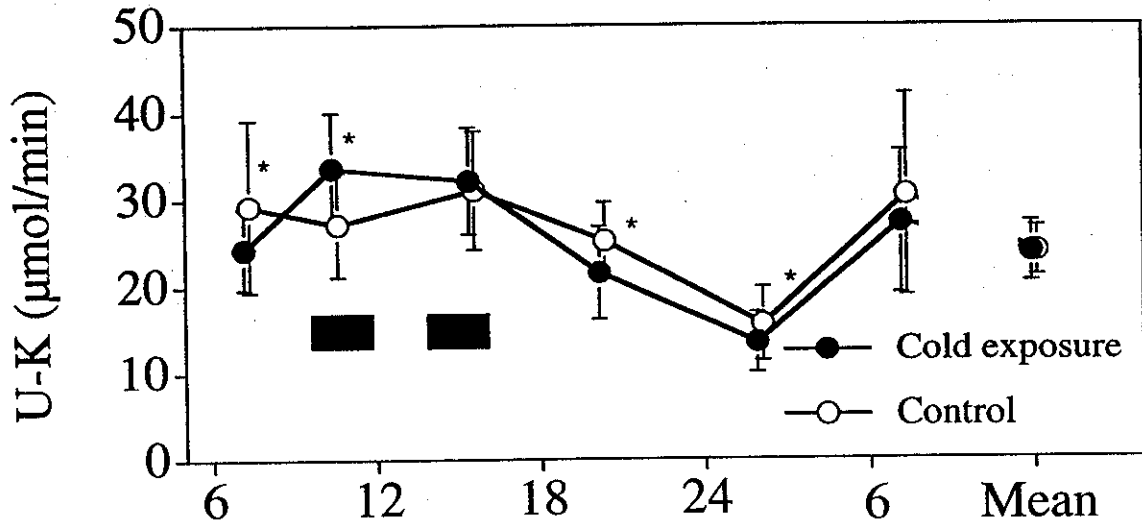
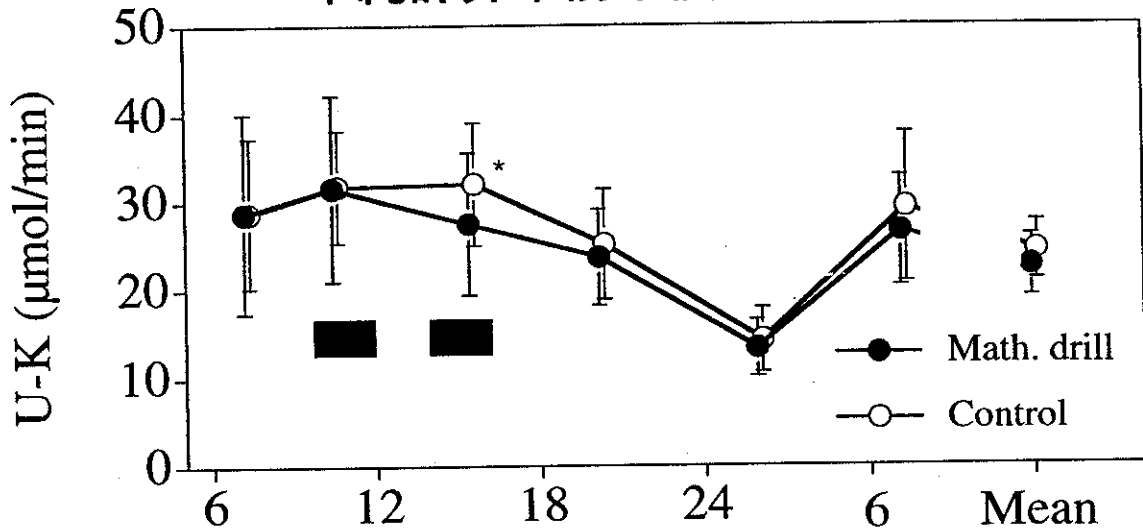


Fig.4 尿中ナトリウム排泄量の経時変化と平均

4°C寒冷暴露午前午後各2時間半



単純計算午前午後各3時間



暗黒拘束午前午後各3時間

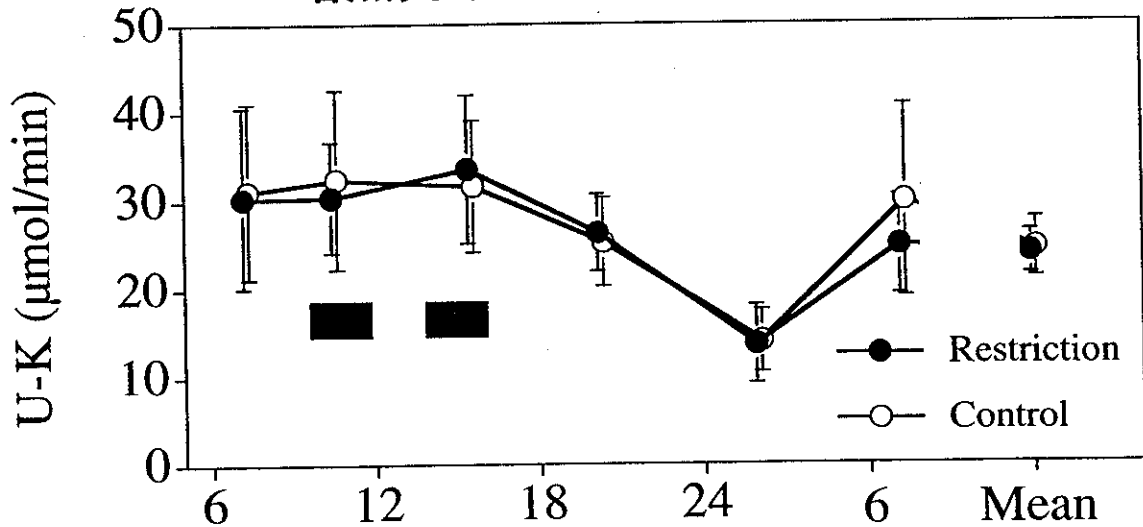


Fig.5 尿中カリウム排泄量の経時変化と平均

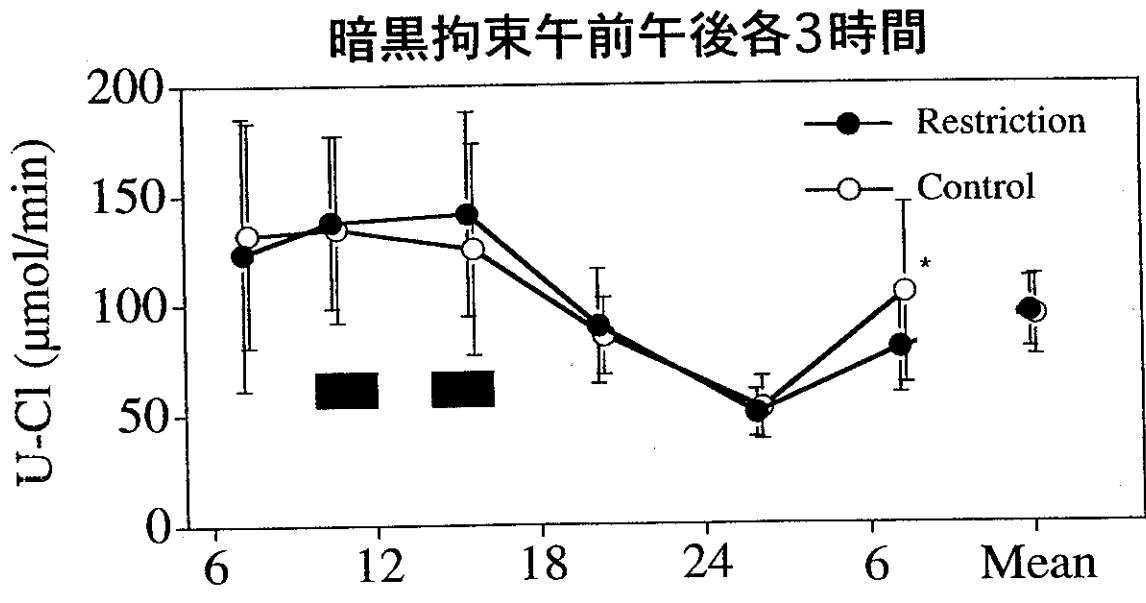
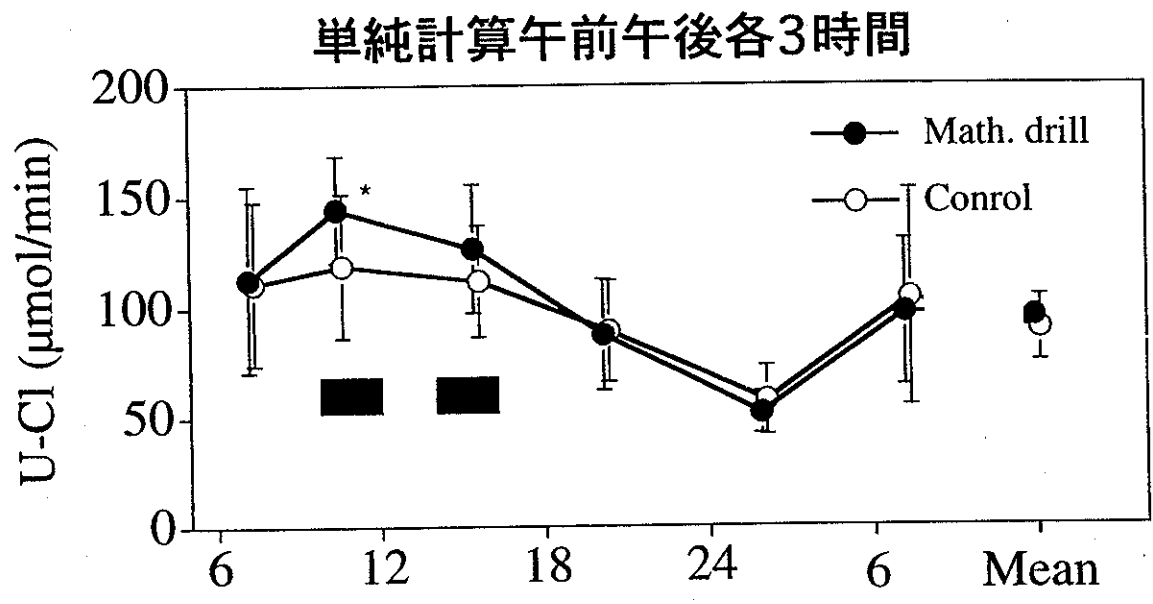
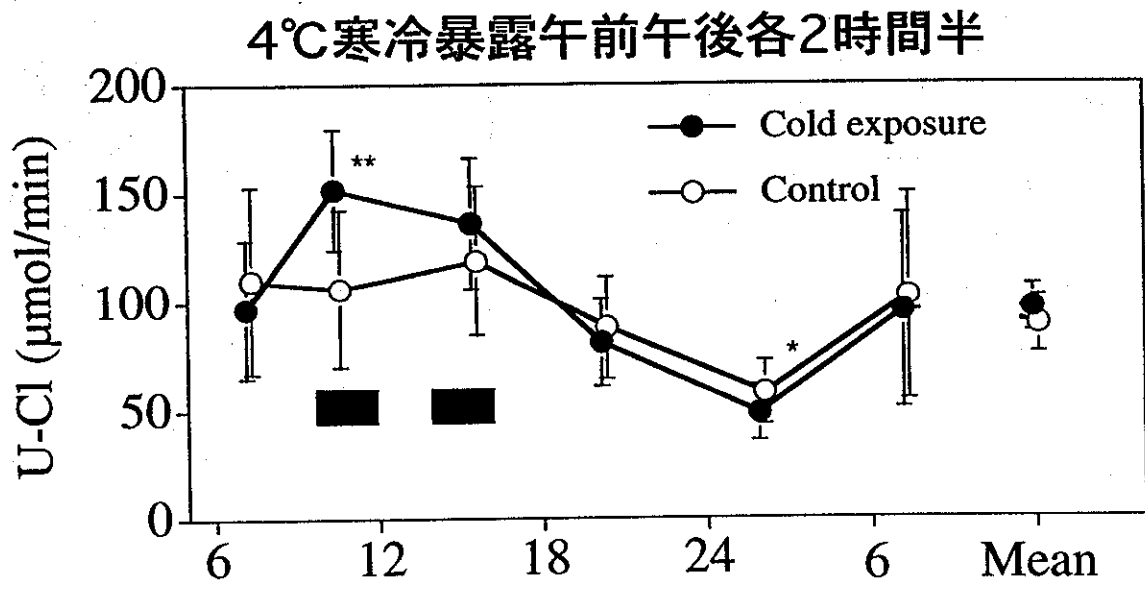


Fig.6 尿クロール排泄量の経時変化と平均

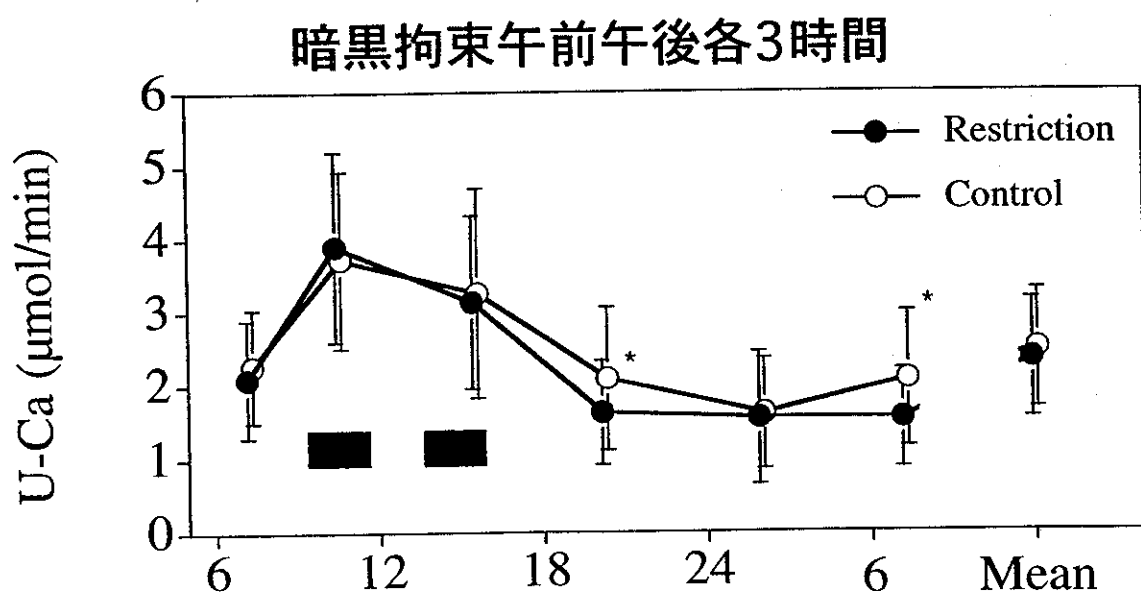
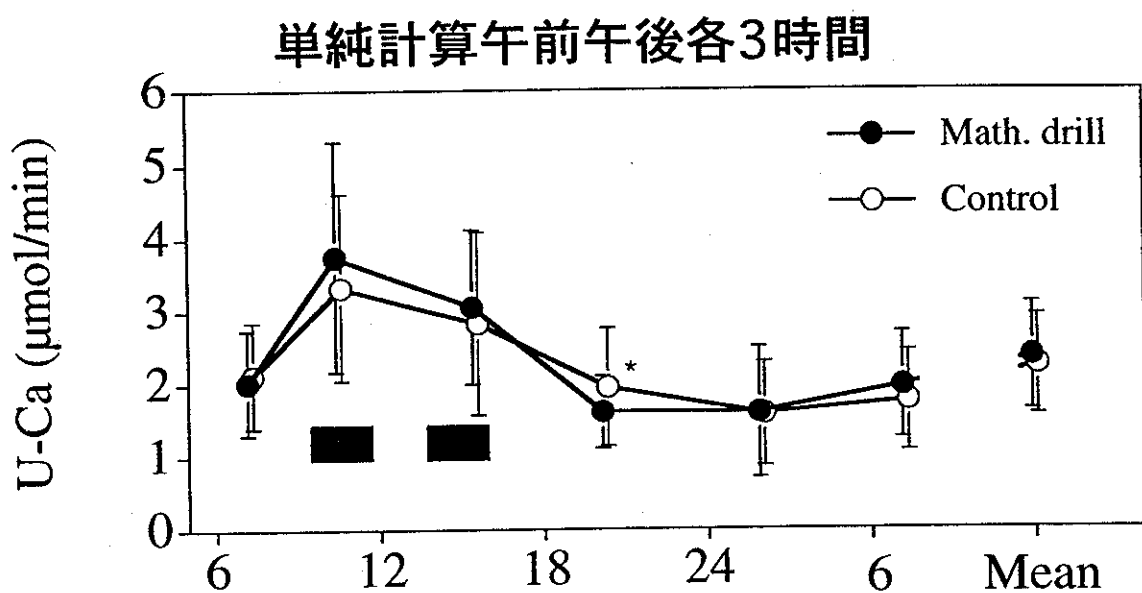
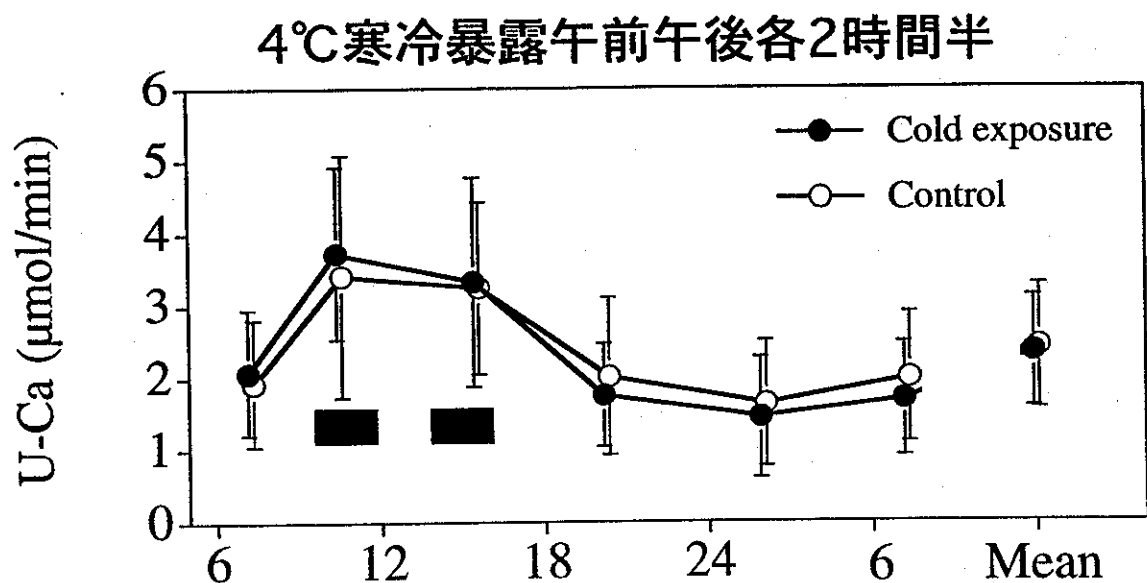
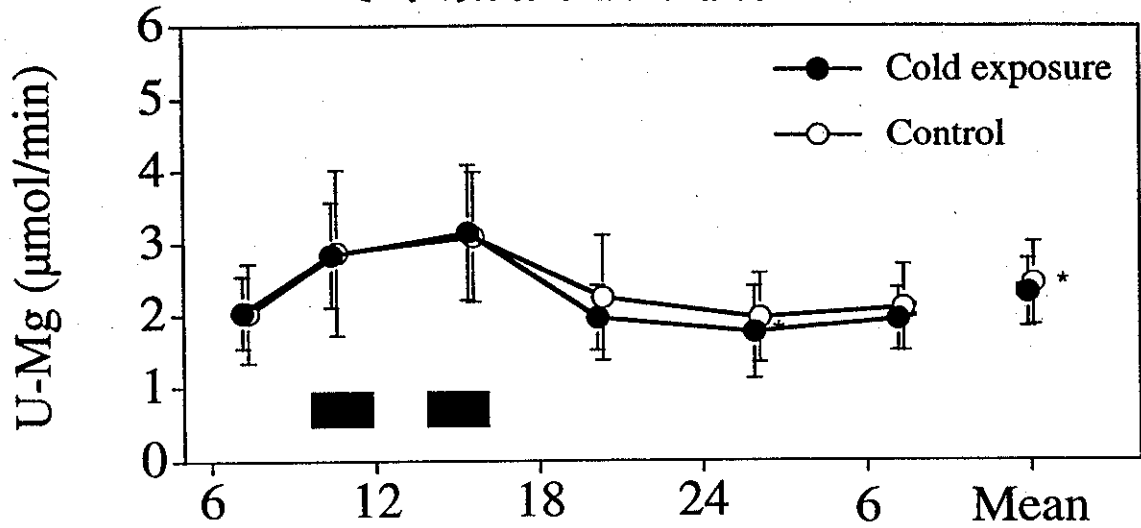


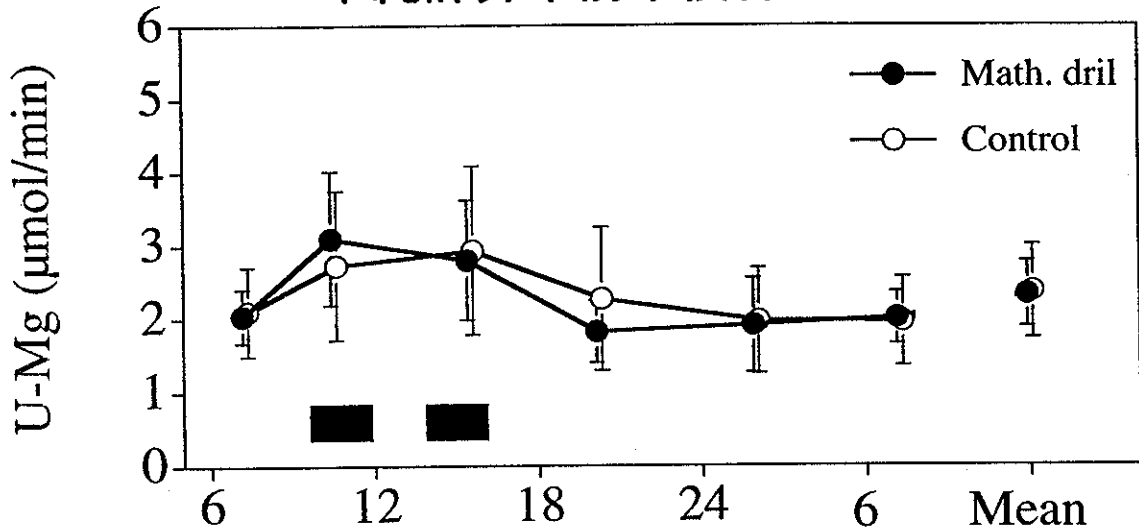
Fig.7 尿中カルシウム排泄量の経時変化と平均



4°C寒冷暴露午前午後各2時間半



単純計算午前午後各3時間



暗黒拘束午前午後各3時間

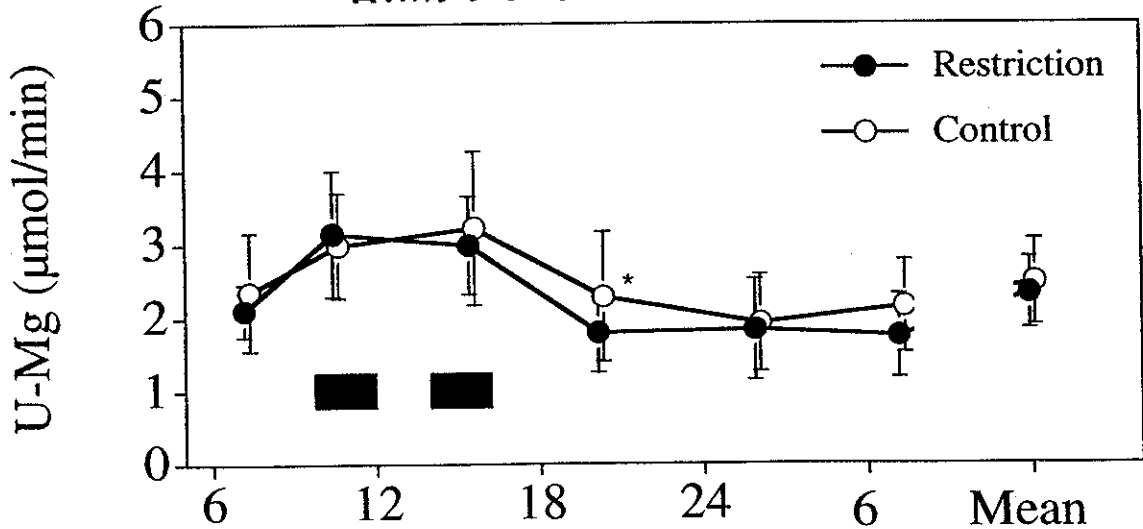


Fig.8 尿中マグネシウム排泄量の経時変化と平均

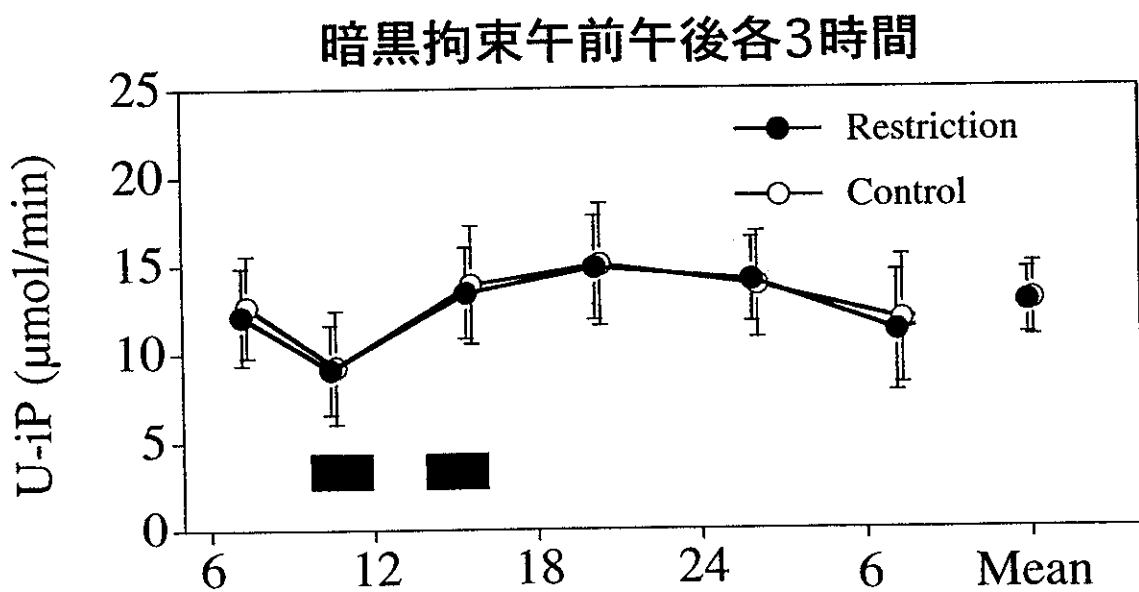
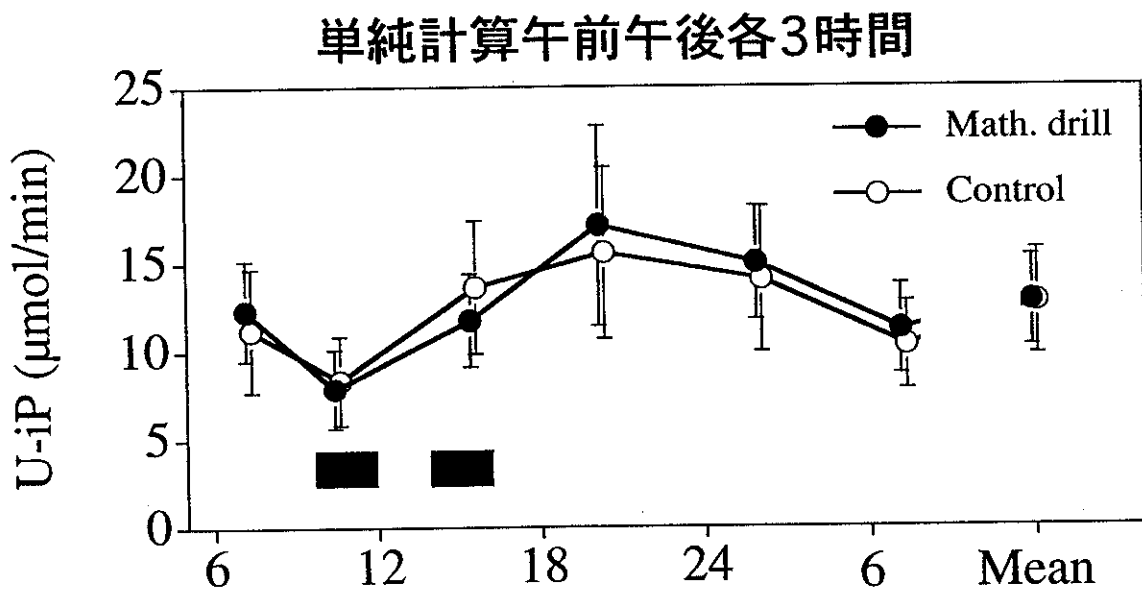
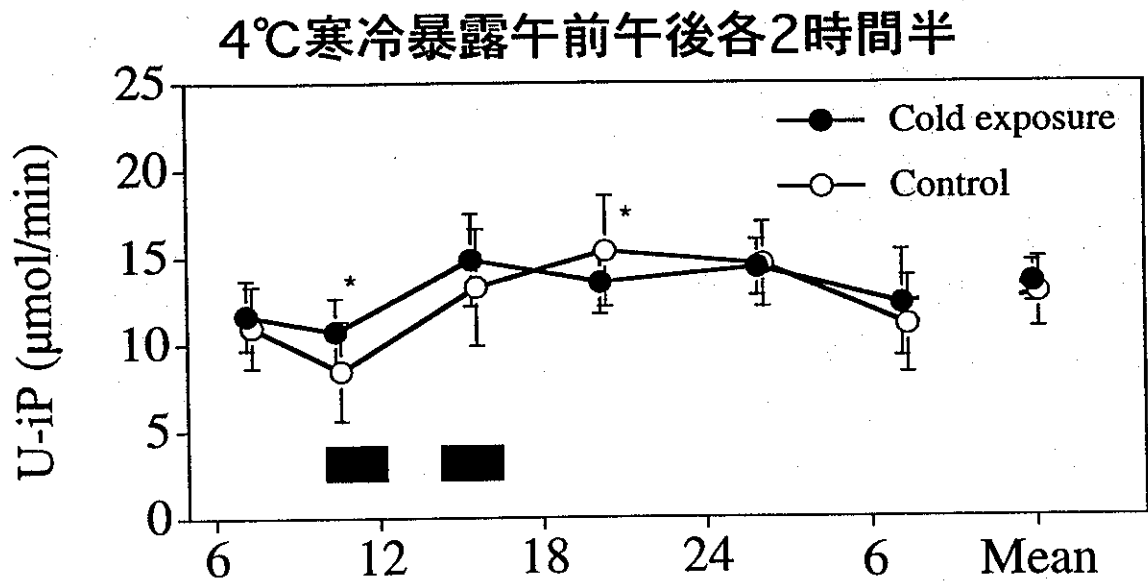


Fig.9 尿中無機リン排泄量の経時変化と平均

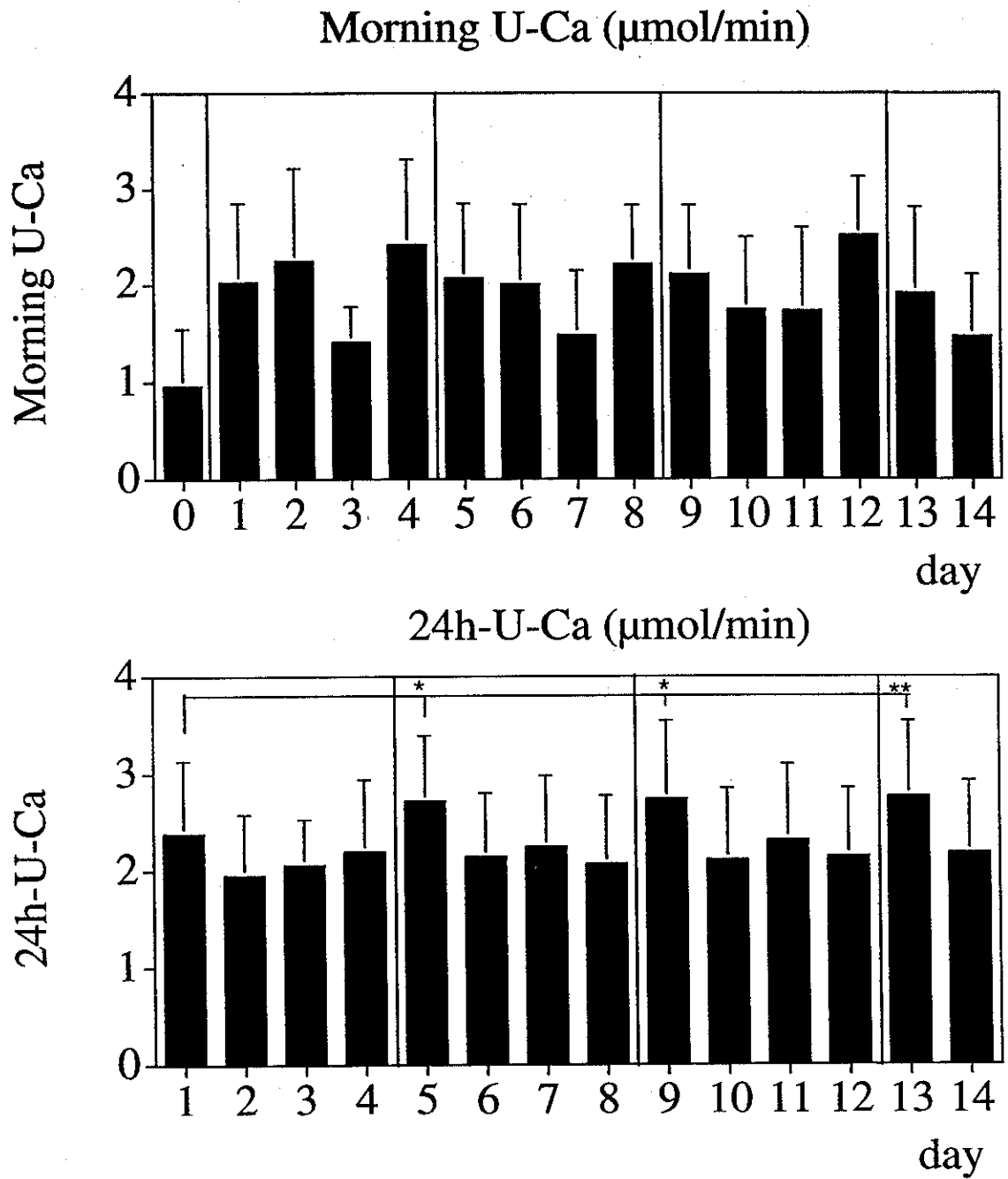


Fig. 10 早朝尿（上段）と24時間尿（下段）における尿中Caの経日変化。

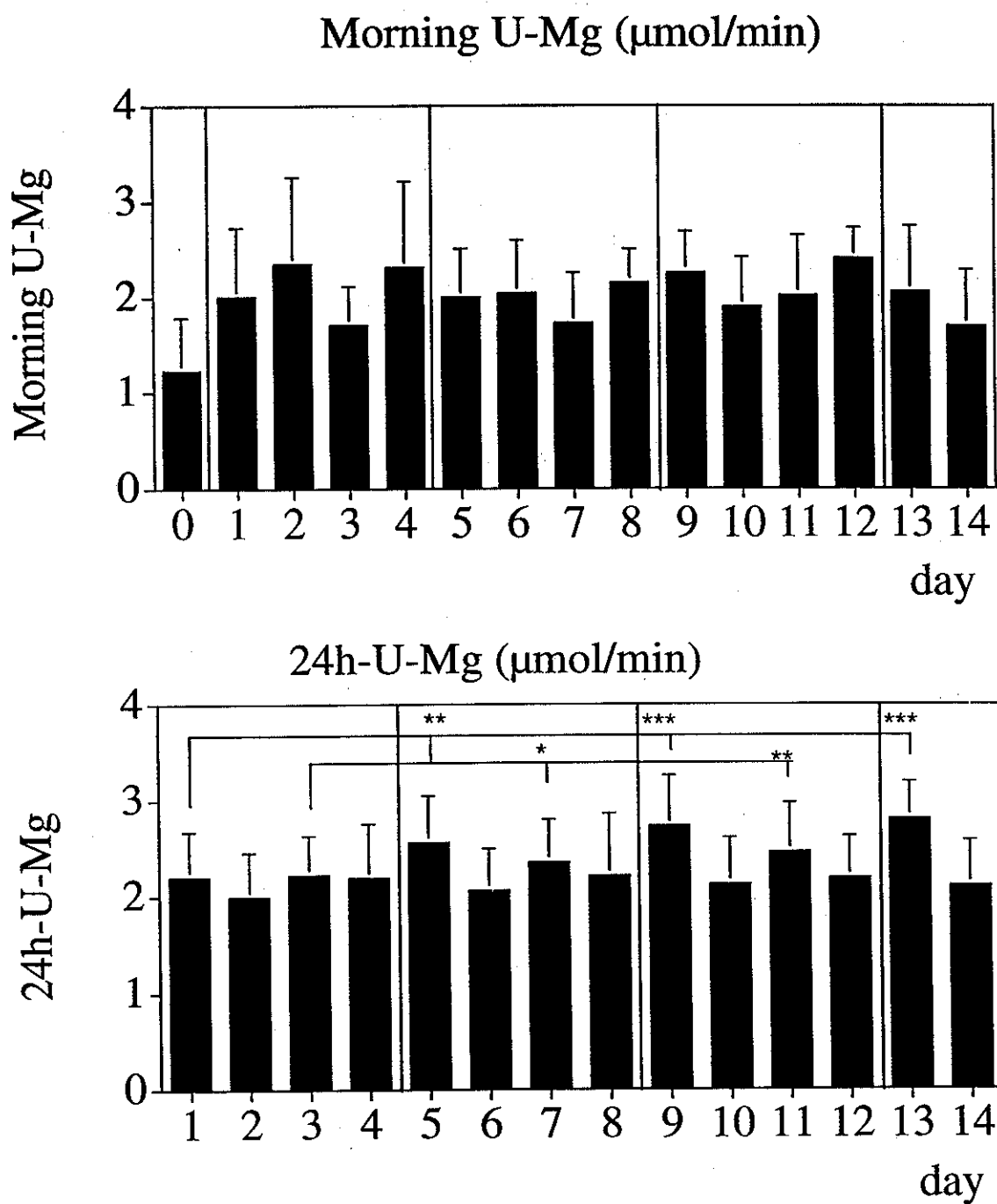


Fig. 11 早朝尿（上段）と24時間尿（下段）における尿中Mgの経日変化。