

# 牛乳摂取タイミングの自律神経活動と ストレス軽減に対する影響

神戸女学院大学 人間科学部：高岡 素子  
静岡大学 工学研究科 電気電子工学専攻：沖田 善光

## 要旨

近年、日本人の平均睡眠時間は減少傾向にあり大人社会に影響され、子供たちも夜型傾向が強くなり、子供の睡眠不足が懸念されている。牛乳には睡眠に効果的な因子の存在は示されているが、その作用の詳細についてはまだ明らかにされていない。よって本研究では、牛乳摂取と睡眠誘導に関わる時間との関係を明らかにするために、牛乳摂取後の自律神経活動、脳波および生理的なストレス状態指標である唾液コルチゾール解析を行い、これらを総合してストレスおよび眠気の状態を解析し、牛乳摂取後のストレスおよび眠気の経時的な変化について評価した。

常温および温めた牛乳を摂取、30、60、90 分後の自律神経活動、脳波およびコルチゾール解析によるストレスおよび眠気の主観的評価について調べた。その結果、常温および温めた牛乳とも、生理的指標において摂取 30 分後にストレスが軽減され、眠気が誘導されることが示唆された。以上のことから、安らかな眠りを誘導するための最適な牛乳摂取タイミングは、就寝 30 分前であると考えられた。

## 緒言

近年、日本人の平均睡眠時間は減少傾向にあり<sup>1)</sup>、この 10 年間で睡眠時間は約 1 時間減少し、都心部では 10 時以降に就寝する 3 歳児の数が半数以上にのぼっていることが報告され<sup>2)</sup>、24 時間化した社会的環境の変化が子どもたちの生活にも影響を与えている。1998 年、小学 4 年生から中学 3 年生を対象に行ったアンケート「今の生活にあてはまる事柄」において、睡眠不足の項目を選択した児童は約 6 割であったことが報告されており<sup>2)</sup>、児童では学年が上がるごとに睡眠時間に減少傾向があることが認められて

いる<sup>3)</sup>。近年、夜間での中高生のソーシャルメディアやオンラインゲームに対する過剰な依存の問題が顕在化し、子供における睡眠の質の低下への影響が懸念されている<sup>4)</sup>。

子供の睡眠不足は注意や集中力の低下や学習効率の低下の原因となり、また過度な睡眠不足は健康を損なう危険性があると考えられ、子供のすこやかな成長にとって良質な睡眠週間は大変重要であると考えられる。かつて、子どもは日中に活動し、夕食数時間後に自然に眠気を催し、就寝することが当然のことであったが、最近では寝るべき時間に眠らない、眠くても眠れない子どもが増加し、睡眠に対して問題を抱えている子供は少なくない。

昔から、ホットミルクは睡眠に効果があると言われている。それは、牛乳には安眠・快眠に影響すると考えられる成分が豊富に含まれているためである。牛乳に含まれるトリプトファンは必須アミノ酸の一種で、体内に摂取されると、腸管から吸収され、脳に輸送された後、松果体で鎮静作用のあるセロトニンという神経伝達物質を合成し、さらにセロトニンが代謝されると、メラトニンに分解される。メラトニンは、睡眠ホルモンという別名があるように睡眠を誘導する物質であり、トリプトファンの摂取はこのように睡眠に関わる物質が脳内で合成し、眠気を誘導することが認められている。

また、牛乳カゼインペプトンから単離された $\beta$ -casomorphin は、鎮痛および抗不安作用などオピオイド効果を有していることが報告されている<sup>5)</sup>。さらに、牛乳タンパク質由来の複数の低分子ジペプチドはセロトニン、ドーパミン、GABAなどの神経伝達物質の遊離を促進し、抗不安作用を有することが示され<sup>6)</sup>、牛乳には多様な機能性ペプチドが含まれていることが報告されている。

社団法人全国農協乳業協会によると、牛乳を飲む理由として「ぐっすり寝るために」飲むと挙げている人は全体の5%以下であり、また牛乳を飲むシーンとしても夜寝る前は15%弱であり睡眠のために飲む意識は高くないことが示されている<sup>7)</sup>。

以上のことから、牛乳には睡眠誘導に作用する因子の存在は明らかとなっているが、

その作用の詳細なメカニズムについては不明な点も多く、また牛乳摂取と睡眠誘導に要する時間の関係について調べた研究は少ない。よって本研究では、牛乳摂取後の眠気の生理的指標として、自律神経活動、脳波および生理的なストレス状態指標である唾液コルチゾール解析を行い、これらを総合してストレス軽減および眠気の評価を解析しようと試みた。この結果から、牛乳摂取と睡眠誘導に関わる時間との関係を解析し、睡眠誘導のための最適な牛乳摂取タイミングについて明らかにすることにより、子供たちの睡眠前の精神安定および睡眠の質の向上に貢献したいと考え研究を行った。

## <実験 1 常温牛乳の睡眠誘導に対する影響>

### 1. 材料及び方法

#### 1) 試料

おいしい牛乳(明治乳業)  
奥大山の天然水(SUNTORY)

#### 2) 対象

被験者は女子学生 9 名 (平均 20.8 歳±標準偏差 1.55 歳) で、調査期間は 2013 年 6 月~10 月とした。被験者には事前に実験の主旨および方法を伝え、実験参加の同意が得られた人に対し実験の被験者として協力を要請した。被験者には実験開始 6 時間前からアルコールおよびカフェインを含む飲料の摂取と実験開始 2 時間前から水以外の飲食を禁止することを要請した。

#### 3) 実験方法

実験は被験者 1 人につき、コントロールとして水摂取と牛乳摂取の 2 回の実験を行い、実験と実験の間は 3 日以上の間隔を設けた。また、コルチゾールおよびメラトニンの日内変動を考慮し<sup>8)</sup>、実験は午後 12 時~17 時の間に行った。

実験のタイムスケジュールを図 1 に示した。測定は 3m<sup>3</sup> 程度のシールドルームを実験室として使用し、室温を 24°C±2°C に湿度を 50%±5% に設定した。被験者は実験室に入室後、足を伸ばした状態でソファに座らせて 15 分安静、その間に自記筆アンケート調査を行った。その後、自律神経計(パルスアナライザープラス TAS9/株式会社 YKC)を用い、左人さし指にセンサー取り付け、座位、閉眼状態で心拍を 5 分間測定した。次にエタノールを浸したコットンで額の上部和左耳たぶを十分に消毒し乾燥後、脳波計 (Brain Pro FM-929/フューテックエレクトロニクス株式会社)のセンサーバンドに付属している 2 個の電極を前頭極 (額の上部) に、また基準電極を取るためのクリップを左耳に装着し、座位、閉眼状態で脳波を 15 分間測定した。その後、脱脂綿(サリベット

コットン／株式会社アシスト)を口に含み 1 分間咀嚼させて唾液を採取し、プラスチックチューブに保存した。その後、チューブを遠心分離機(TOMY Low SPEED CENTRIFUGE LC-120／HITACHI)を用いて 10 分間 2000rpm で分離処理し、唾液を回収した。回収した唾液はエッペンドルフチューブ(TC402、日本ジェネティックス株式会社)に移し、解析まで-30℃以下で保存した。後日、唾液を解凍し、Salivary cortisol enzyme immunoassay kit (SALIMETRICS)を用いて、コルチゾール濃度について測定した。

唾液採取後、ガラスコップに入った常温の水または牛乳を 200ml 摂取後、実生活の就寝前の状態に近い状態を設定するために大学の建物内を無言で 15 分間ゆっくり歩かせ、再び実験室に入室し先ほどと同様にソファに座らせ 15 分間安静にさせた。その後、先ほどと同条件で心拍を 5 分間および脳波を 15 分間測定し、再び唾液を採取した。その後、座位のまま安静し、試料摂取後、60、90 分後に同様な測定を繰り返した。摂取 90 分後の測定終了後に再び自記筆アンケート調査を行った。

#### (1) アンケート調査

主観的評価指標としてカロリンスカ眠気尺度 (The Japanese version of the Karolinska Sleepiness Scale: 以下 KSS-J)<sup>9), 10)</sup>と関西学院眠気尺度 (Kwansei-gakuin sleepiness scale: 以下 KSS)<sup>11)</sup>の 2 種類を用いた。KSS-J では、眠気の状態を「非常にハッキリ目覚めている」から「とても眠い(眠気と戦っている)」までの 9 段階の尺度値が与えられ、自分に当てはまる状態を一つ選択する。KSS では、以下の 18 問の質問に対し、5 段階の尺度値が与えられ、自分に当てはまる状態を選択し、合計点を主観的眠気の状態として評価した。質問内容は、「活力がみなぎっている」「気力が充実している」「能率が良い」「足取りが軽い」「視野が広いように感じる」「考えることが苦にならない」「やや機敏である」「体がだるくない」「ゆったりとくつろいでいる」「だるくもないし、

すっきりもしていない」「気がゆるんでいるわけではない」「気が散りやすい」「何となく眠気を感じるが、活動していると忘れる」「頭が冴えていない」「思考が鈍っている」「頭がぼんやりしている」「目がしょぼしょぼしている」「まぶたが重い」で、眠気が強い方が得点が高くなるように配点し、主観的眠気の強さについて評価した。

## 2) 統計処理

実験 1 および 2 において、エクセル統計 (株式会社社会情報サービス) : 対応ある 2 群の差の検定(t 検定)の統計処理を行い、有意水準は 1 または 5%とした。

## 2. 結果および考察

### 1) アンケート調査の結果

KSS-J の結果を図 2 に、KSS の結果を図 3 に示した。両アンケートにおいて牛乳および水摂取群とも、実験前と比較し実験後に眠気が減少した。次に、KSS-J の摂取前の値の上位 4 名を眠気が強い人(n=4)、5 位以下を眠気が弱い人(n=5)と定義して、実験前の眠気強度を基準に 2 群に分けて解析した結果、実験前に眠気が弱い人が牛乳を摂取した場合、実験後には眠気が強くなるのに対し、水を摂取した場合は実験前後で差はみられなかった(図 4-A)。それに対し、実験前に眠気が強い人が牛乳を摂取した場合、実験後には眠気が減少する傾向が見られ、水摂取の場合も同様な結果を示した(図 4-B)。

KSS の値についても KSS-J と同様に定義し、実験前の眠気強度を基準に 2 群に分けて解析した結果、実験前に眠気が弱い人が牛乳を摂取した場合、実験後に眠気がわずかに増加したのに対し、水を摂取した場合は眠気がわずかに減少する傾向が見られた(図 5-A)。実験前に眠気が強い人が牛乳を摂取した場合、実験後に眠気は減少し、水を摂取した場合も同様の結果を示した(図 5-B)。

以上のことから、KSS-J および KSS の全被験者の結果においては、牛乳および水摂

取とも、実験後には眠気が減少する傾向が見られたが、実験前に眠気が強い群を(A)と実験前に眠気が弱い群を(B)の 2 群に分けて解析した結果、両アンケートとも眠気が弱かった人は牛乳摂取により眠気が強まる傾向が見られ、眠気が弱い人において常温の牛乳摂取は眠気誘導に効果があることが示唆された。

## 2) 自律神経解析の結果

本実験ではパルスアナライザーTAS9 を用いて心拍を測定し、心拍変動解析から自律神経活動について評価した。心拍変動は簡便に自律神経を評価する手段として有用性が高く評価されている。よって、心拍変動(R-R 間隔)を時間と周波数で分析し、交感神経活動を LF/HF 比、副交感神経活動を HF 成分として表した。心拍数は活動時や緊張時に値が高くなり、安静時などリラックスしている状態では値が低くなる傾向があることが報告されており<sup>12)</sup>、心拍数も生理的指標として用いた。

本実験では、実験参加の同意を得られた 9 名を被験者とした。しかしながら、摂取前の交感神経活動値が 3 以上の被験者は、実験に対する動揺や緊張が高く、正しい結果が得られないと判断し、該当する被験者を結果より省いた。従って、被験者 9 名のうち 3 名の結果をデータより除外し、6 名の結果について示した。

摂取前の交感神経、副交感神経および心拍数の値をコントロールとし 1 と定め、時間における変化率を求めた。交感神経においては、水摂取群では、摂取 30 分後に上昇した後、90 分後まで大きな変化が見られなかったのに対し、常温の牛乳摂取群では、摂取 30 分後には大きな変化は見られず、60 分後に上昇し、90 分後まで変化なく推移した(図 6)。常温の牛乳摂取群と水摂取群を比較したところ、摂取後 30 分後には、常温の牛乳摂取群が水摂取群よりも値が低く、交感神経活動が低下していることが示されたが、牛乳摂取群は摂取後 60、90 分と徐々に上昇し、水摂取群よりも高い値で推移し、時間の経過とともに交感神経活動が亢進したことが示された。しかしながら、両群間におい

て有意な差は見られなかった。次に副交感神経の結果を図 7 に示した。水、牛乳摂取群とも大きな変化は見られずに推移したが、摂取 60 分後は水摂取群が牛乳摂取群よりもわずかに高い値を示し、牛乳摂取群で副交感神経の活動がやや低い傾向を示したが、両群間において有意な差は見られなかった。心拍数においては、水、牛乳摂取群とも時間の経過に伴い値が上昇傾向にあり、群間に大きな違いは見られず、有意な差は見られなかった(図 8)。

一般に、交感神経活動が亢進、副交感神経活動が低下傾向である場合、緊張・覚醒状態であるのに対し、交感神経活動が低下、副交感神経活動が亢進傾向である場合は安心、リラックスし、睡眠が誘導されている状態であると考えられている。今回の結果から、常温の牛乳を摂取した場合、摂取後 30 分後に交感神経活動が水摂取よりも低く、緊張の程度は低かったが、60 分後には交感神経活動が亢進し、緊張が高まる傾向を示した。一方、心拍数に関しては、両群とも時間の経過に伴い上昇する傾向が見られ、時間の経過に伴い緊張が高まったと考えられた。一般的に密閉された部屋で拘束された場合、時間経過に伴い緊張やストレスが高まっていくことが予想された。牛乳摂取 30 分後の交感神経活動が抑えられたのは、牛乳摂取によるリラクゼーション誘導効果であることが示唆された。

### 3) 脳波解析の結果

脳波計で記録される電気活動は、大脳の神経細胞が発する電位の総和であり、総合的な「脳の状態」を判定する客観的の指標となっている。よって、覚醒と睡眠の状態を脳波によって区別することができると考えられている。また、一般に  $\alpha$  波は脳が休息し、心身がリラックスした状態で出現し、 $\beta$  波は脳が活動または緊張状態で発現すると言われている。従って、 $\alpha$  波の減衰および  $\beta$  波の増加は脳内神経活動の高まりに対応すると考えられている。また、ヒトの睡眠は身体が眠っているが脳は目覚めている状態のレム

睡眠と身体も脳も眠っている状態であるノンレム睡眠の二つに分けられる。深いノンレム睡眠時の脳波は振幅が高く、周波数の少ない成分が多くなるのに対し、レム睡眠時ではθ波と呼ばれる約7Hzの周波数の単一の波が表れる<sup>2)</sup>。本実験ではβ波(13~22Hz)、total α波(6~12.5Hz)、θ波(3~5Hz)の分布率を測定し、分散緊張(β波の分布率)、リラックス(total α波の分布率/total α波の分布率+β波の分布率)、眠気(θ波の分布率)<sup>13)</sup>について解析した。

脳波測定は実験の同意を得られた9名について測定した。しかし、脳波測定15分間において、眼球移動によって発生すると思われる20Hz以上のノイズの合計時間が7分以上存在した被験者3名を結果より除いた。さらに摂取前のθ値が最も低かった被験者1名は、実験に対する動揺や緊張があり、正確な結果を得られないと判断し、結果より除いたため、最終的に5名の被験者の結果を示した。また、結果は摂取前の値をコントロールとして1とし、各時間における変化率で表した。

常温牛乳摂取群と水摂取群の分散緊張(β波)の結果を図9に示した。常温の牛乳摂取群は実験を通して大きな変動が見られなかったのに対し、水摂取群は30、60分後に徐々に上昇し、90分後には下降した。摂取30、60分後において牛乳摂取群は水摂取群と比較し分散緊張(β波)が低く、緊張の程度が低いと考えられた。しかしながら、両群間において有意な差は見られなかった。

次にリラックス(α波)についての結果を図10に示した。常温の牛乳摂取群では30分後に上昇したのち、60分後に急激に低下し、90分後には再び上昇したのに対し、水摂取群では30、60分後は大きな変化を示さず、90分後に上昇した。常温の牛乳群と水摂取群を比較すると、摂取後30分後において、牛乳摂取群のリラックス(α波)値が高く、リラクゼーションが誘導されていることが示唆されたが、60、90分後には逆転し、水摂取群の方が高い値を示したが、有意な差は見られなかった。

次に眠気(θ波)の結果を図11に示した。水摂取群は実験期間を通して減少していく傾

向が見られたのに対し、常温の牛乳摂取群では、摂取後 30 分に値が上昇し、その後 60 分後には急激に低下した後 90 分後には再び上昇した。常温の牛乳群と水摂取群を比較すると、牛乳摂取群では摂取 30 分後の値が水摂取群より高く、眠気が誘導されていることが示唆されたが、有意な差は見られなかった。

以上の脳波の結果をまとめると、常温の牛乳摂取 30 分後にリラクゼーションおよび眠気が誘導されたが、60 分後にはリラックス状態の程度が低下し、90 分後に再びリラックスする傾向が示された。牛乳摂取 30 分後の  $\alpha$  波および  $\theta$  波の増加は、牛乳の作用によるものと考えられた。しかし、60 分後の急激な状態の変化は、30 分後に眠気を感じたが、実験中で眠れず、また次の測定があることでストレスを感じたためであると考えられた。

#### 4) コルチゾール解析の結果

本実験では 9 名の被験者全員にコルチゾール値の測定を行い、結果は摂取前の値をコントロールとして 1 とし、各時間における変化率で表した。常温の牛乳摂取群では、摂取 30 後は大きな変化は見られず、60、90 分にかけてやや上昇した。それに対し、水摂取群では、30 分後に上昇したのち、60、90 分後は緩やかに下降した (図 12)。常温の牛乳群と水摂取群を比較すると、摂取 30 分後は、牛乳摂取群が水摂取群よりも低かったが、90 分後には逆転し、牛乳摂取群で高くなった。しかしながら、有意な差は見られなかった。

視床下部でストレスが認知されると下垂体に命令を出し、下垂体はダメージを回復させるため副腎にストレス軽減ホルモン分泌の指示を出す。これが「コルチゾール」であり、心理的・身体的ストレスの指標として用いられている<sup>14)</sup>。今回の結果より、牛乳摂取 30 分後のコルチゾール値が水摂取群より低いことから、摂取 30 分後は水摂取群と比較し牛乳摂取群ではストレス状態が低く、その後ストレス状態が高くなる傾向が見られた。

コルチゾールは食事や強度の高いエクササイズにおいて増加することが報告されており<sup>15)</sup>、この上昇はストレスによるものではなく、牛乳摂取とその後の消化活動によりコルチゾール生成代謝が活発になったためであると思われる。

## <実験 2 温めた牛乳の眠り誘導に対する影響>

### 1. 材料及び方法

#### 1) 試料

おいしい牛乳(明治乳業)

奥大山の天然水(SUNTORY)

今回は牛乳を約 45°Cに温めて摂取させたが、水は常温のまま摂取させた。

#### 2) 対象

被験者は実験 1 に参加していない女子学生 9 名(平均 21.7 歳±標準偏差 0.82)とし、調査期間は 2013 年 6 月~10 月に行った。被験者には事前に実験の主旨および方法を伝え、同意が得られた人を被験者として協力していただいた。また、実験 6 時間前からアルコール及びカフェインを含む飲料の摂取および実験 2 時間前から水以外の飲食を控えるよう伝えた。

#### 3) 実験方法

実験手順については実験 1 と同様に行った。

### 2. 結果および考察

#### 1) アンケートの結果

KSS-J アンケートの結果を図 13 に、KSS アンケートの結果を図 14 に示した。両ア

ンケートにおいて、温めた牛乳および水摂取とも、実験後に眠気が強くなっていることが認められた。

次に、試料摂取前の KSS-J アンケートの値において、実験 1 と同様に定義し、実験前の眠気の強度で 2 群に分けて解析した結果、実験前に眠気が弱い人が温めた牛乳を摂取した場合、実験後に眠気が強くなり、水を摂取した場合も同様な傾向が認められたが、牛乳を摂取した場合でより顕著であった(図 15-A)。実験前に眠気が強い人が温めた牛乳を摂取した場合、実験後には眠気が減少したが、水を摂取した場合はわずかに眠気が増加した(図 15-B)。

KSS アンケートの値も KSS-J と同様に定義し、実験前の眠気強度を基準に 2 群に分けた結果、実験前に眠気が弱い人が牛乳を摂取すると実験後に眠気が増加し、水を摂取した場合も同様な結果を示した(図 16-A)。実験前に眠気が強い人が牛乳を摂取すると実験後には眠気が減少したのに対し、水を摂取した場合は眠気がわずかに増加した(図 16-B)。

以上のことから、両アンケート結果において、温めた牛乳を摂取すると主観的な眠気が増加することが認められた。また、実験前に眠気が弱い場合は温めた牛乳摂取後に著しく眠気が増加したことから、眠気が弱い人において温めた牛乳の摂取は主観的な眠気誘導により効果が高いことが示唆された。

## 2) 自律神経の結果

本実験では、実験の参加の同意を得られた 9 名を被験者とした。しかしながら、摂取前交感神経の値が 3 以上の被験者は、実験に対する動揺や緊張が高く、正しい結果が得られないと判断し、該当する被験者を結果から除去した。よって、温めた牛乳を飲んだ 9 名のうち 1 名の結果を除外し、8 名の結果を示した。

摂取前の値を 1 とし、それぞれの時間での変化率を求めた。交感神経においては、温

めた牛乳群は 30 分後には変化が見られず、その後徐々に増加したのに対し、水摂取群は、30、60 分後と徐々に増加し、90 分にかけて維持された(図 17)。牛乳摂取と水摂取群を比較すると、30 分後は温めた牛乳摂取群が水摂取群よりも低い値を示したが、摂取後 90 分後には逆転した。しかしながら、両群において有意な差は見られなかった。

以上のことから、摂取 30 分後は温めた牛乳摂取で交感神経活動は低く、緊張程度が低いが、その後は交感神経活動が亢進し、緊張していったことが示唆された

次に、副交感神経においては、牛乳摂取群では、摂取 30 分後は変化なく、その後 90 分後にかけて、徐々に低下する傾向を示した。それに対し水摂取群では時間の経過に伴いやや減少する傾向を示した(図 18)。温めた牛乳摂取群と水摂取群を比較すると、摂取 30 分後は、温めた牛乳摂取群が水摂取群よりも高い値を示したが、摂取後 90 分後には逆転した。以上のことから、温めた牛乳摂取群では、摂取 30 分後の副交感神経の活動が水摂取群より高く、リラックス状態が誘導されていることが示唆された。しかしながら、有意な差は見られなかった。心拍数では、水摂取群は時間の経過に伴い、心拍数が上昇する傾向にあるが、牛乳摂取群では、30 分後にわずかに上昇し、60 分後には摂取前の値に戻った後、90 分後に急激に増加した。しかしながら両群間において有意な差は見られなかった(図 19)。

以上の結果から、温めた牛乳は摂取群では、摂取 30 分後に交感神経活動は低下し、副交感神経活動は維持され、水摂取と比較し緊張が抑制されている傾向が認められ、また心拍数においても上昇が抑制された。一般的に実験で拘束されていると緊張やストレスが増加する傾向があると考えられるが、温めた牛乳を摂取は摂取 30 分後の緊張やストレス状態を抑制する効果があると考えられた。

### 3) 脳波の結果

脳波測定は実験の同意が得られた 9 名について測定した。しかし、15 分間の測定中に眼球移動によって発生すると思われる 20Hz 以上のノイズの合計が 7 分間以上存在した被験者 2 名、および摂取前のコントロールの  $\theta$  値が最も低かった被験者 1 名は、実験に対する動揺や緊張が高く、正しい測定がおこなわれていなかった考え、結果より除去した。よって、最終的に 6 名の結果を元に解析を行った。摂取前の値を 1 とし、それぞれの時間での変化率を求めた。

温めた牛乳摂取群と水摂取群の分散緊張( $\beta$  波)の結果を図 20 に示した。温めた牛乳摂取群は摂取後から下降する傾向が見られたのに対し、水摂取群では 90 分後にかけて上昇する傾向が見られた。温めた牛乳群と水摂取群を比較すると、測定時間を通して、温めた牛乳摂取群が水摂取群よりも低い値で推移し、90 分後に温めた水摂取群と比較し牛乳摂取群は有意に低い値を示し、緊張が低下していることが示された。

次に、温めた牛乳摂取群と水摂取群のリラックス( $\alpha$  波)の結果を図 21 に示した。温めた牛乳摂取群は時間とともに値が上昇し、水摂取群と比較して、高い値で推移した。次に、温めた牛乳摂取群と水摂取群の眠気( $\theta$  波)の結果を図 22 に示した。水摂取群で大きな変化を示さなかったのに対し、温めた牛乳摂取群は摂取後 30 分に値が上昇し、その後 90 分後に向かって徐々に下降した。以上の結果から、温めた牛乳摂取 30 分後からリラクゼーションおよび睡眠が誘導されるが、その後 90 分後に眠気が減少する傾向が見られた。温かい牛乳を摂取は、摂取 30 分後からリラクセスや眠気を誘導する作用があると考えられた。KSS による主観的な眠気評価と  $\alpha$  波および  $\theta$  波による生理学的眠気の評価は正の相関を示すことが報告されている<sup>10)</sup>。今回の結果においても、摂取 90 分後の主観的な眠気の評価と 90 分後の  $\alpha$  波には相関が見られたが、 $\theta$  波とは見られなかった。

#### 4) コルチゾールの結果

摂取前の値をコントロールとして1とし、各時間における変化率で表した。温めた牛乳摂取群では、摂取30分後は変化なく、60分後にやや上昇したのち、90分後に下降した。それに対し、水摂取群では30分後にわずかに増加した後、大きな変化は見られなかった。温めた牛乳群と水摂取群を比較すると、30分後は温めた牛乳摂取群で低く、60分後に温めた牛乳摂取群が水摂取群よりも高い値を示したが、90分後には再び牛乳摂取群が低い値を示したが有意な差は見られなかった(図 23)。この結果より、牛乳摂取30分後のコルチゾール値が水摂取群より低かったことから、牛乳が実験中のストレスを抑制したことが示唆された。温めた牛乳摂取群の摂取60分後のコルチゾールの増加は、牛乳の消化・摂取によって上昇したと考えられた。

以上の結果から、常温の牛乳および温めた牛乳とも摂取30分後にリラクゼーションおよび睡眠が誘導されることが示唆された。これは牛乳に含まれるトリプトファンが吸収され、脳でセロトニンおよびメラトニン合成を経て眠気を誘導するまでに、あるいは牛乳タンパク質由来の機能性ペプチドが腸壁から吸収されて血液循環系の中に入り、受容体と結合し脳内で抗不安作用が働くまでに、約30分程度の時間を有したためであると考えられた。

常温の牛乳摂取において摂取30分後に生理的評価において眠気が増強し、60分後にストレスが増し、眠気が減少する傾向が見られたのは、30分後に主観的、生理的に眠気を感じながら、実験継続のため眠ることができなかつたためにストレスを感じたことが、心拍数や脳波に影響したためであると考えられた。この傾向は温めた牛乳でも見られたが、温めた牛乳の場合は60分後には大きな変化はなく、90分後にかけて徐々に変化していく傾向が見られ、温めた牛乳によるストレスの抑制効果が持続する可能性が示唆された。

摂取 90 分後の主観的な眠気の評価は温めた牛乳摂取においてのみ高くなった。一般に睡眠が誘導される場合、深部体温温度が低下し、手などの末端部分の温度が高くなることが報告されている<sup>16)</sup>。温めた牛乳を摂取すると一時的に深部温度が高くなり、その後徐々に低下し、眠気が強くなったと考えられた。

今回の実験では、主観的指標と生理的な眠気の指標として用いた自律神経活動、脳波およびコルチゾールの関係については、常温の牛乳摂取でほぼ同様な傾向を示し相関が見られたが、温めた牛乳に関しては、主観的な指標と心拍数と $\theta$ 波には相関が見られなかった。より詳細な解析を行うため、摂取 30、60 分後にも主観的な眠気について調べること、温かい水摂取後の自律神経などの生理的变化についても調べることを今後の課題であると思われる。

以上のことから、牛乳の温度に関わらず、睡眠誘導に要する時間は牛乳摂取から 30 分後であると考えられた。よって、就寝 30 分前に牛乳を摂取することが安らかな眠りの誘導に効果的であることが示唆された。

## 文献

- (1) NHK 放送文化研究所 (2011) : 2010 年 国民生活時間調査報告書, 47.
- (2) 日本学術会議、精神医学・生理学・呼吸学・環境保健学・行動科学研連 (2003) : 睡眠学—眠りの科学・医歯薬学・社会学, 東京.
- (3) 東京都教育委員会 (2009) : 児童・生徒の健康に関するアンケート調査, 14.
- (4) 服部伸一 (2013) : 日本の子どもの睡眠の現状と派生する諸問題—乳幼児から中学生まで—小児科臨床, 66 (10), 1993-1998.
- (5) Brantl V, Teschemacher H, Henschen A and Lottspeich F (1979) : Novel opioid peptides derived from casein (beta-casomorphins). I. Isolation from bovine casein peptone. Hoppe Seylers Z Physiol Chem, 360 (9), 1211-1216.

- (6) 大日向耕作, 大学院生, 金川典正, 鈴木千尋 (2009) : 牛乳タンパク質由来の精神的ストレス緩和ペプチドに関する神経生理学的研究 牛乳栄養学術研究会委託研究報告書, 135-149.
- (7) 社団法人全国農協乳業協会 (2010) : 牛乳・乳製品の新規需要開拓のための調査・分析・試行, <http://www.nopla.or.jp/joho/09researchreport.pdf>.
- (8) 戸田雅裕, 森本兼ひさ (2004) : ライフスタイルと包括的健康度の唾液情報論的評価 (第 1 報)—唾液中ストレスマーカーへの間食摂取の影響—産業衛生学雑誌, 46, 1, 38.
- (9) Åkerstedt T, Gillberg M (1990) : Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci* **52**, 29–37.
- (10) Kaida K, Takahashi M, Akerstedt T, Nakata A, Otsuka Y, Haratani T, Fukasawa K. (2006): Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clin Neurophysiol.* 117(7):1574-81.
- (11) 石原金由, 齊籐敬, 宮田洋 (1982) : 眠けの尺度とその実験的検討心理学研究 **52**, 362-365.
- (12) 南谷 晴之, 林 佐千男, 永田 隆信 (2008) : ストレス・疲労にともなう心拍変動 : ニューラルネットによる自律神経活動の評価, **48**(12), 1011-1024.
- (13) 石原金由 (1994) : 文献の自覚(主観的)評価法, 「睡眠学ハンドブック」, p546.
- (14) 秋元世志枝, 宮岡佳子, 加茂登志子 (2009) : 月経前症候群、月経前不快気分障害の女性の臨床的特徴とストレス・コーピングについて、跡見学園女子大学文学部紀要 **43**, 45-60.
- (15) Fukuda S, Morimoto K. (2001) : Lifestyle, stress and cortisol response: review1-Mental Stress-. *Environ. Health Prev. Med.* **6**: 9-14.
- (16) Krauchi K, Cajochen C, Pache M, Flammer J, Wirz-Justice (2006) : A.

Thermoregulatory effects of melatonin in relation to sleepiness. *Chronobiol Int.* ,  
23(2), 475-84.

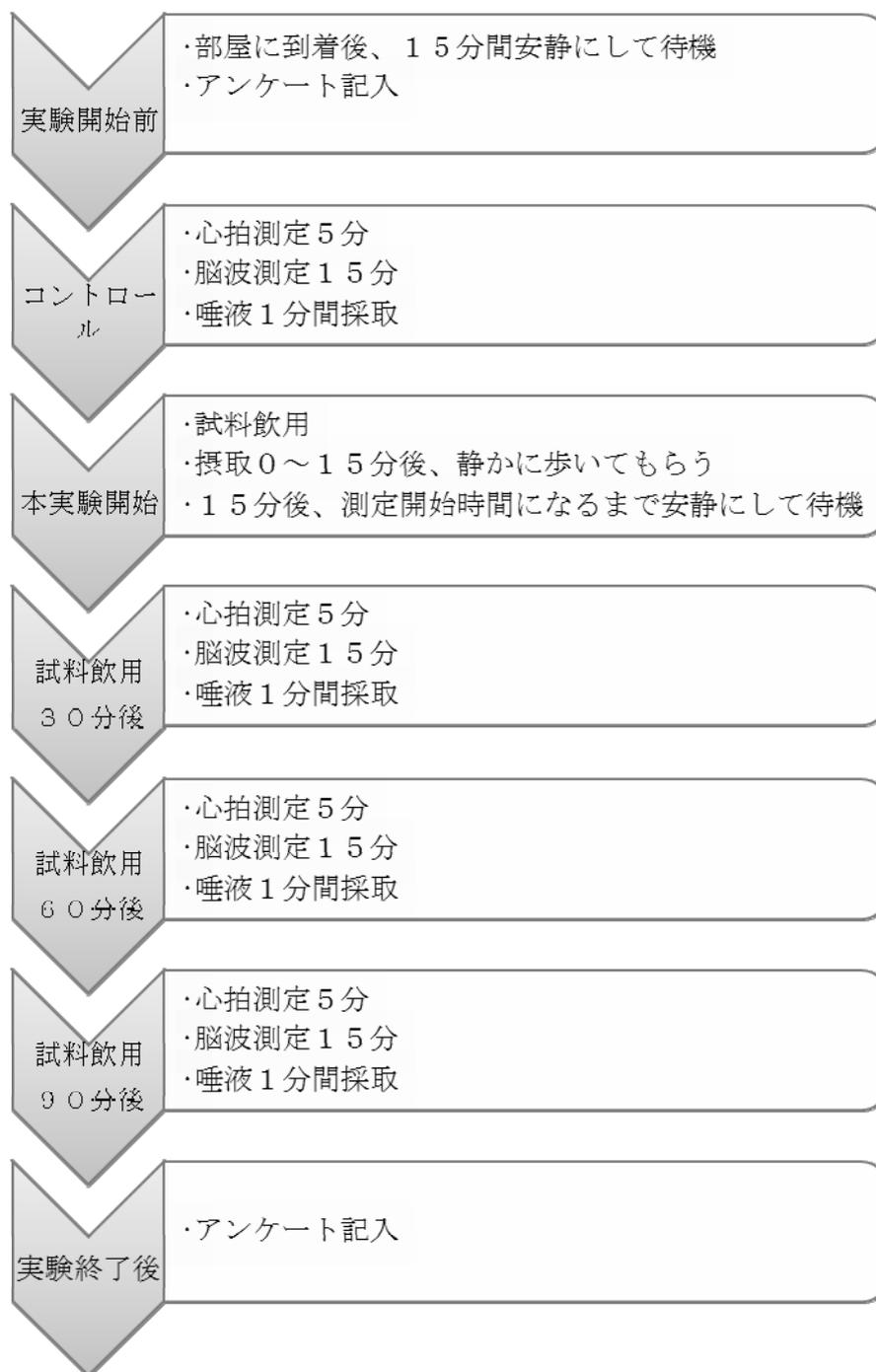


図 1.実験のスケジュール

(点)

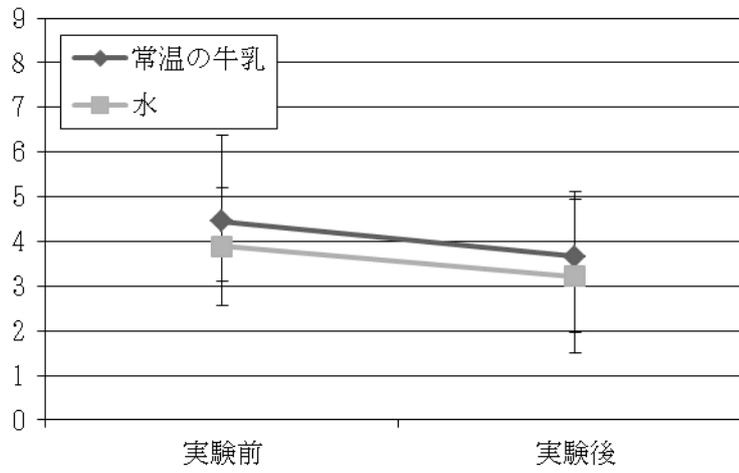


図2. カロリンスカ眠気尺度  
(The Japanese version of the Karolinska Sleepiness Scale ;KSS-J)の結果 (n=9)

(点)

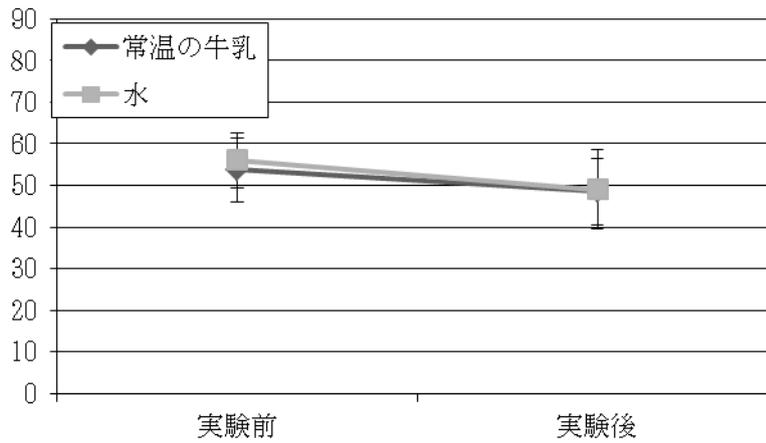


図3. 関西学院眠気尺度  
(Kwansei-gakuin sleepiness scale;KSS)の結果 (n=9)

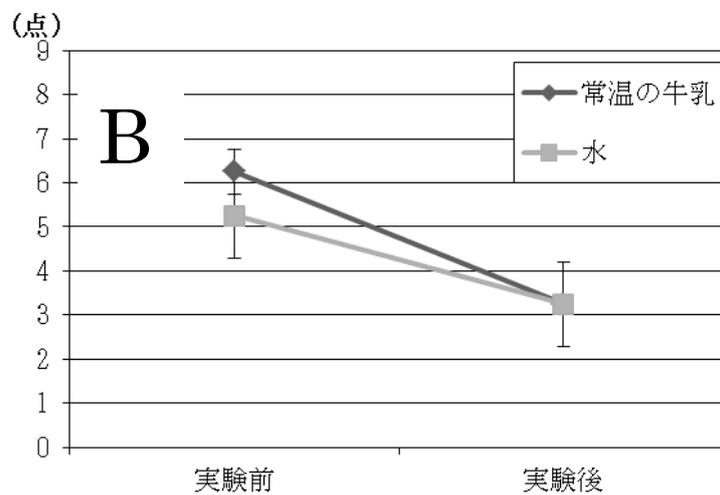
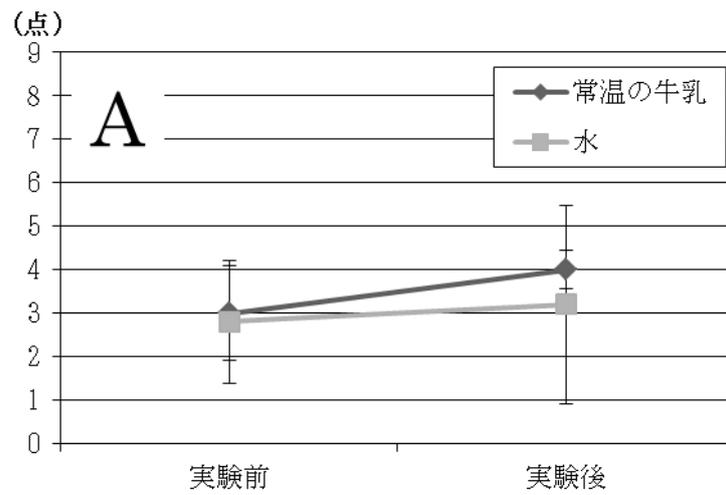


図4. 実験前の眠気強度により2群に分けたカロリンスカ眠気尺度

(The Japanese version of the Karolinska Sleepiness Scale;KSS-J)の結果

A;実験前の眠気が弱い人(n=4), B;実験前の眠気が強い(n=5)

摂取前のKSS-Jのアンケートの値の上位4名を眠気が弱い人、5位以下を眠気が強い人と定義し2群に分けた。

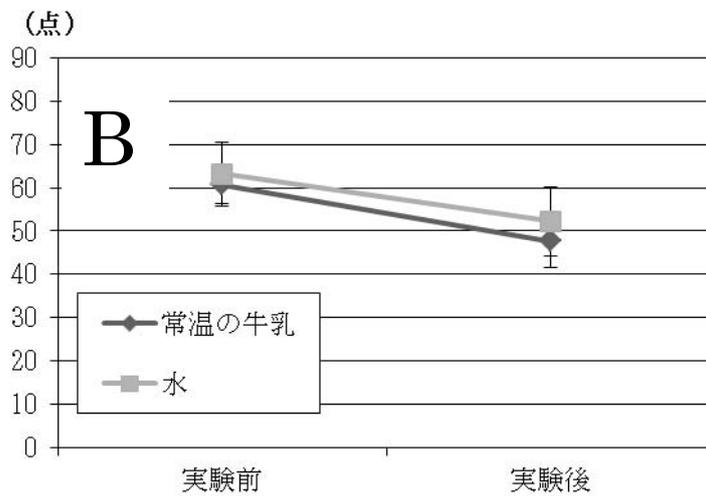
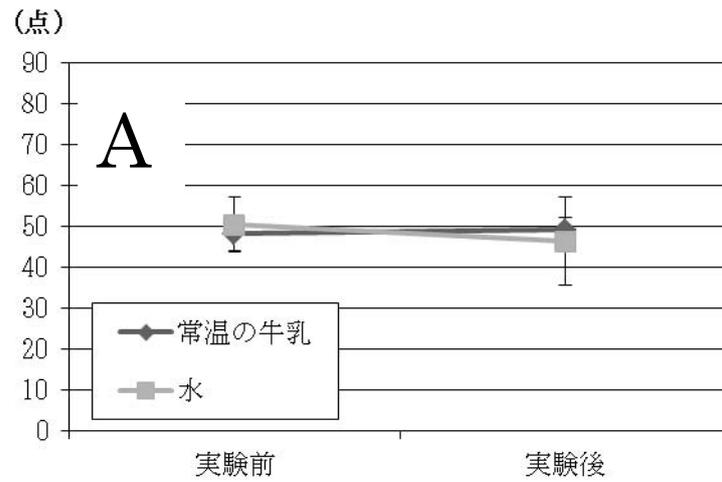


図 5. 実験前の眠気強度により 2 群に分けた関西学院眠気尺度 (Kwansei-gakuin sleepiness scale; KSS) の結果

A; 実験前の眠気が弱い人 (n=4), B; 実験前の眠気が強い人 (n=5)

摂取前の KSS のアンケート値において上位 4 名を眠気が弱い人、5 位以下を眠気が強い人と定義し 2 群に分けた。

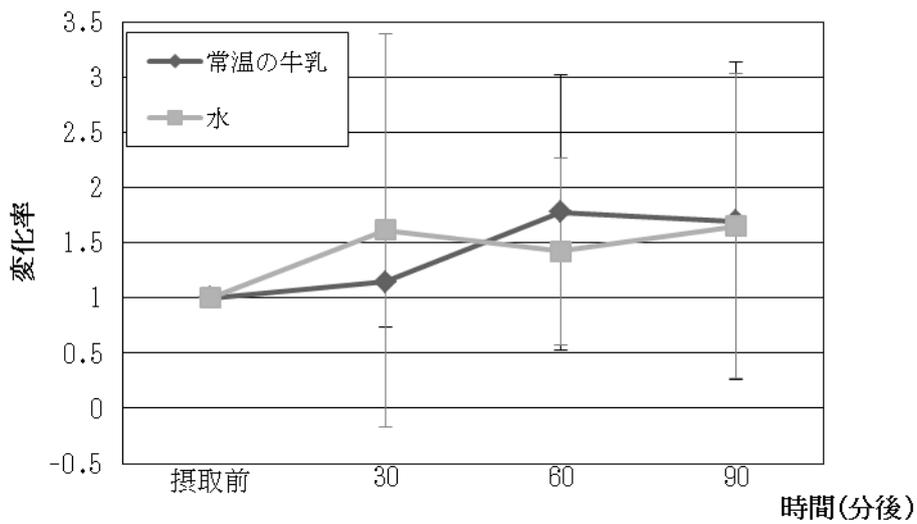


図6. 常温の牛乳および水摂取後の交感神経の経時的変化 (n=6)

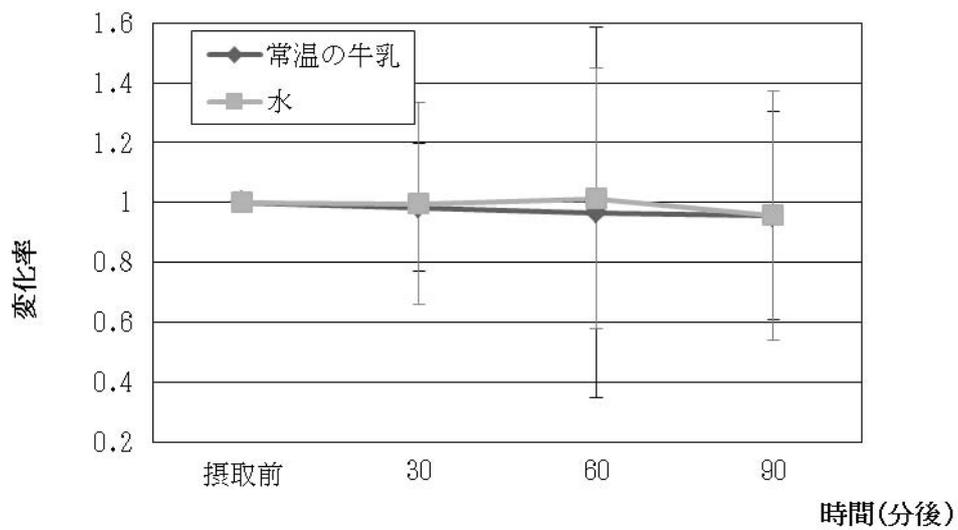


図7. 常温の牛乳および水摂取後の副交感神経の経時的変化 (n=6)

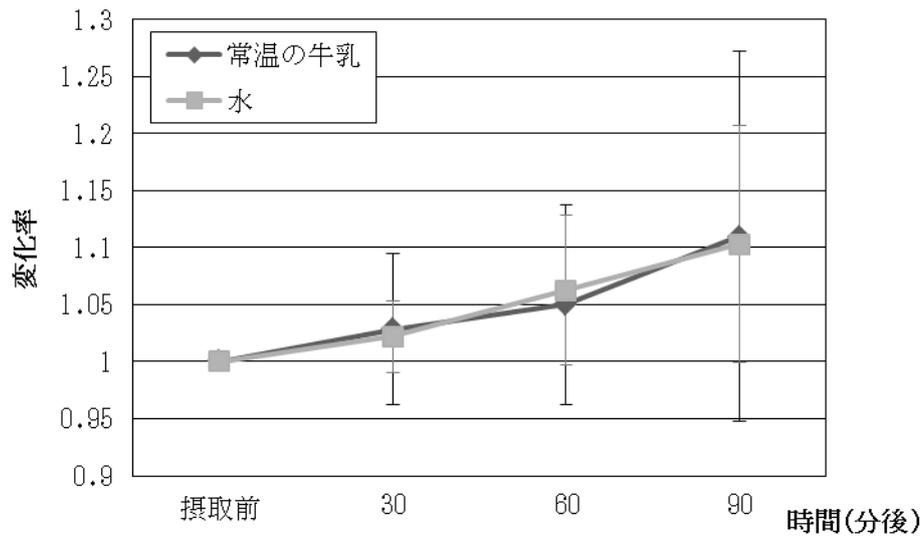


図8. 常温の牛乳および水摂取後の心拍数の経時的変化 (n=6)

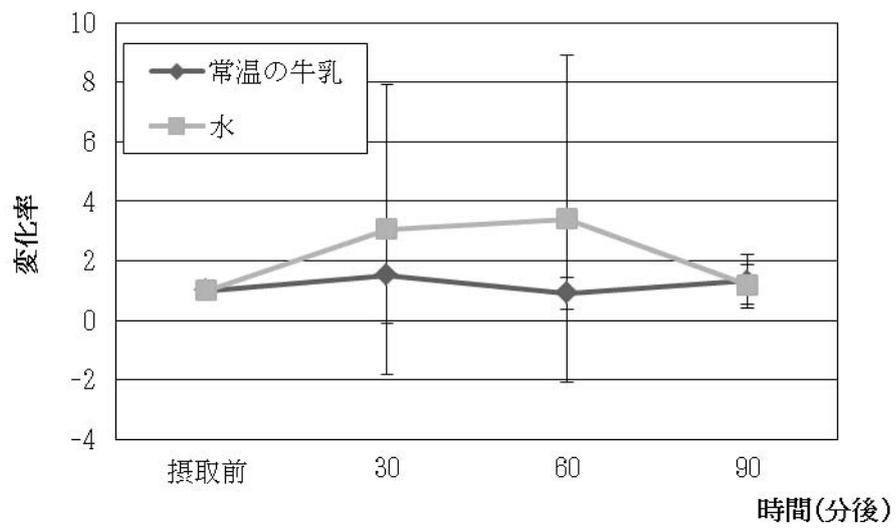


図9. 常温の牛乳および水摂取後の分散緊張 ( $\beta$ 波)の経時的変化 (n=6)

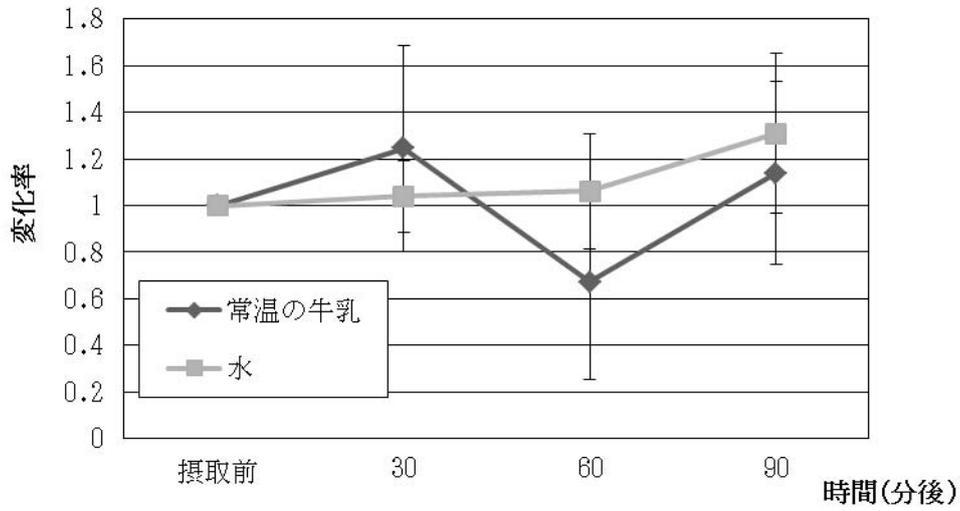


図10. 常温の牛乳および水摂取後のリラックス( $\alpha$ 波)の経時的変化 (n=6)

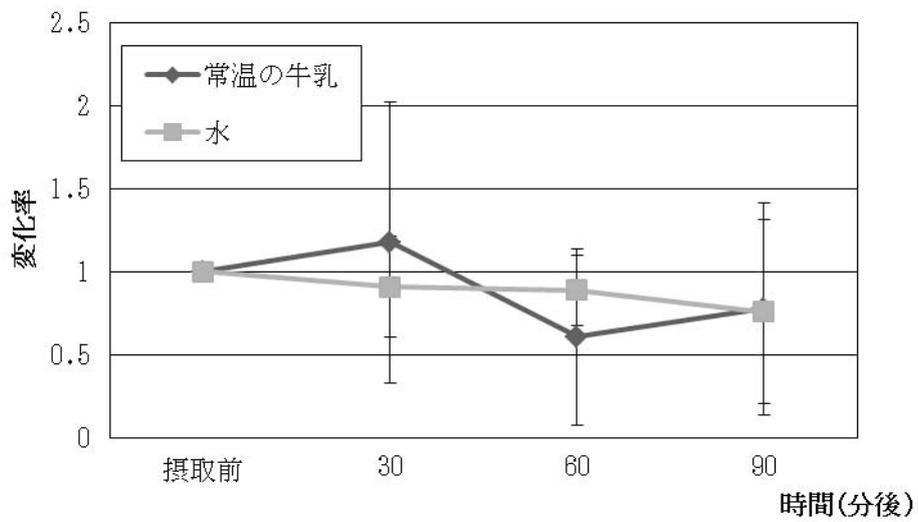


図11. 常温の牛乳および水摂取後の眠気( $\theta$ 波)の経時的変化 (n=6)

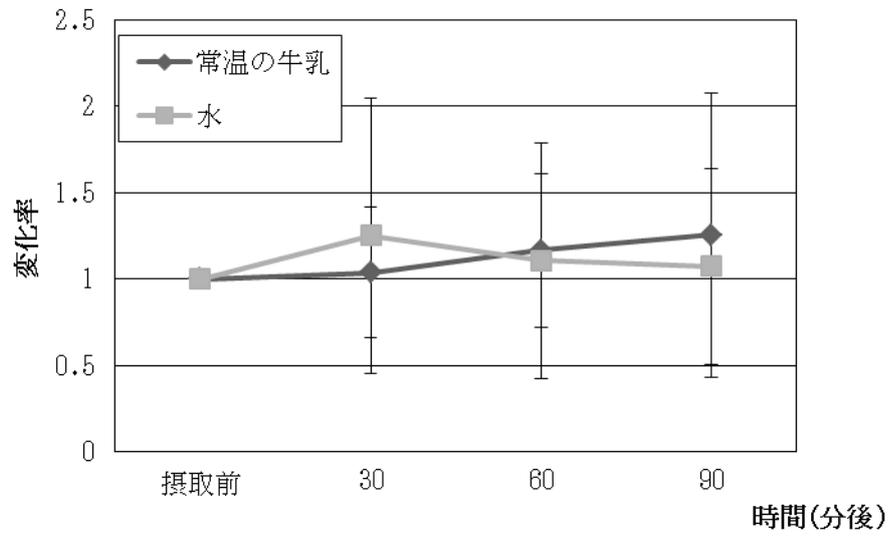


図12. 常温の牛乳および水摂取後のコルチゾールの経時変化 (n=9)

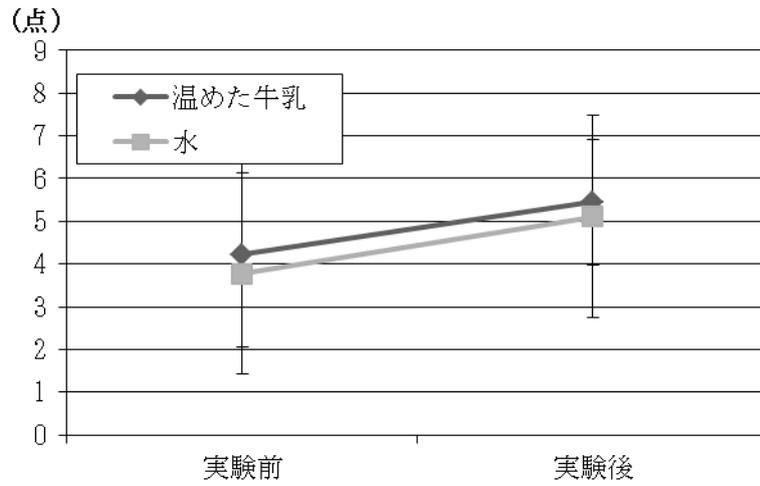


図13. カロリンスカ眠気尺度  
(The Japanese version of the Karolinska  
Sleepiness Scale;KSS-J)の結果(n=9)

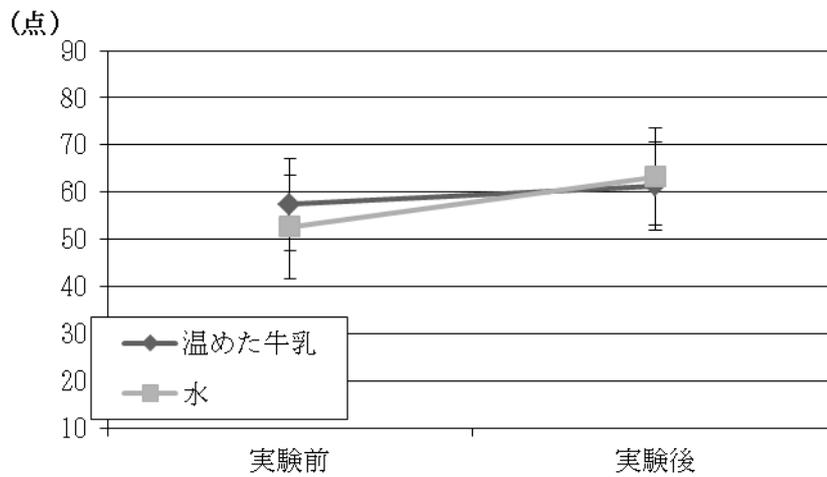


図14. 関西学院眠気尺度  
(Kwansei-gakuin sleepiness scale;KSS)  
の結果(n=9)

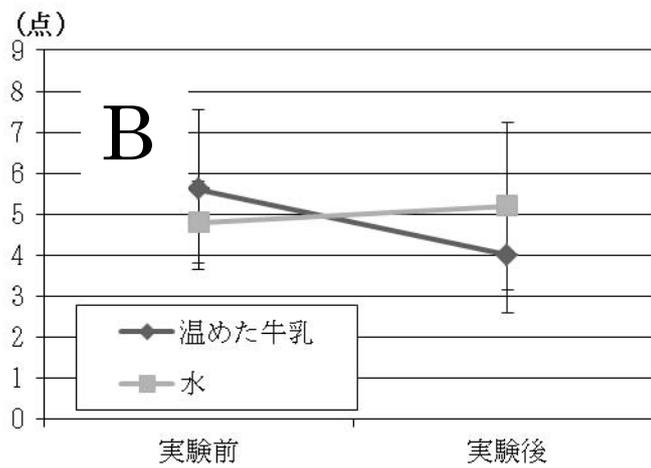
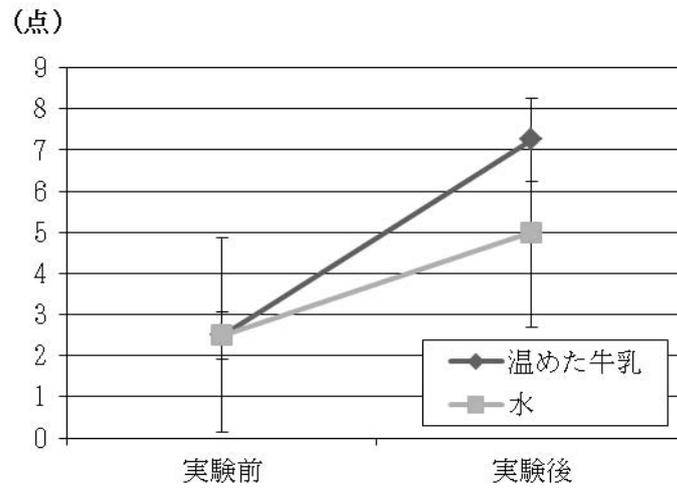


図 15. 実験前における眠気強度により 2 群に分けたカロリンスカ眠気尺度 (The Japanese version of the Karolinska Sleepiness Scale;KSS-J) の結果

A; 実験前の眠気が弱い人 (n=4), B; 実験前の眠気が強い (n=5)

摂取前の KSS-J のアンケートの値の上位 4 名を眠気が弱い人、5 位以下を眠気が強い人と定義し 2 群に分けた。

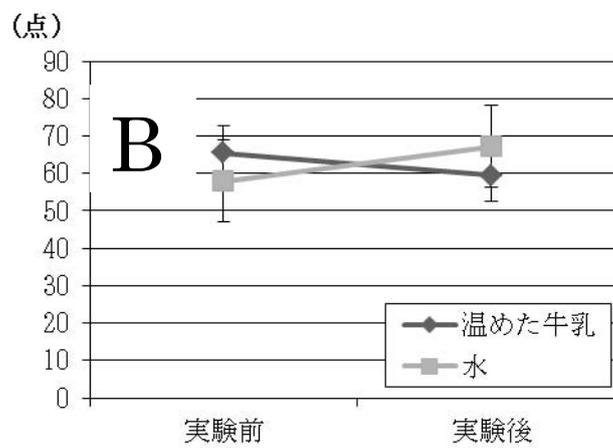
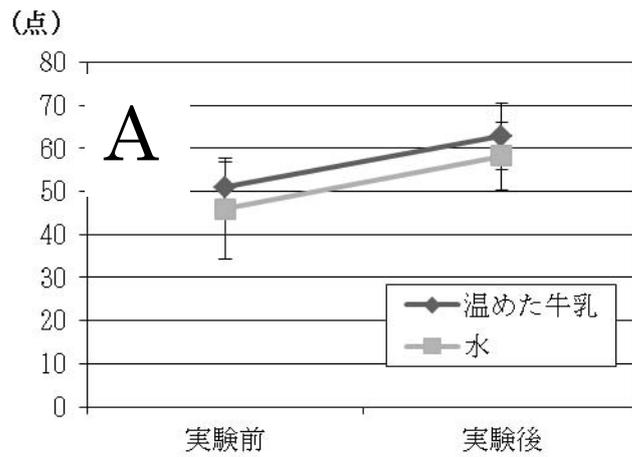


図 16. 実験前における眠気の強度により 2 群に分けた関西学院眠気尺度 (Kwansei-gakuin sleepiness scale;KSS)の結果

A;実験前の眠気が弱い人 (n=4), B;実験前の眠気が強い人 (n=5)

摂取前の KSS のアンケート値において上位 4 名を眠気が弱い人、5 位以下を眠気が強い人と定義し 2 群に分けた。

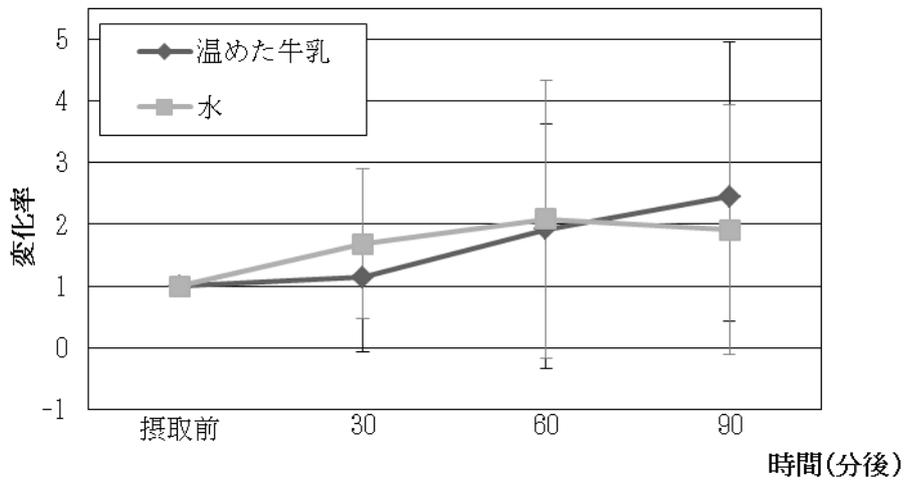


図17. 温めた牛乳および水を摂取後の交感神経の経時的変化 (n=8)

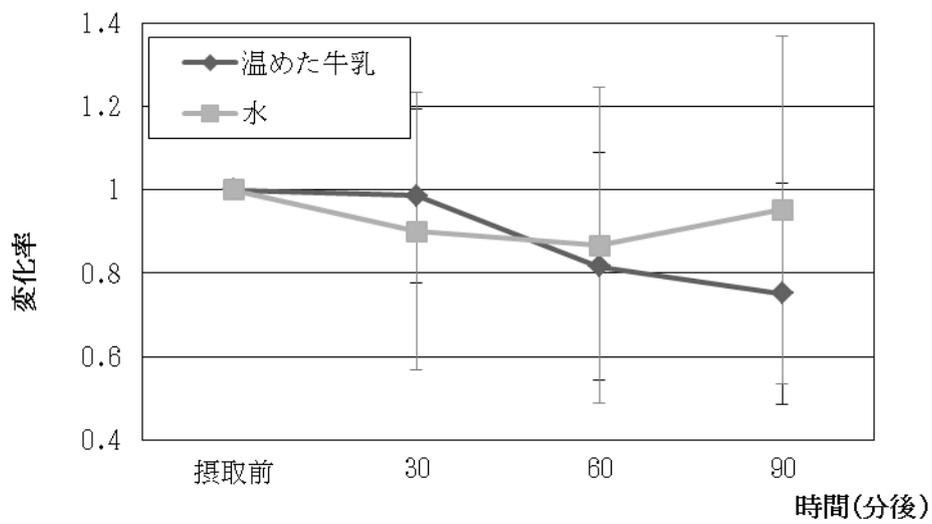


図18. 温めた牛乳および水摂取後の副交感神経の経時的変化 (n=6)

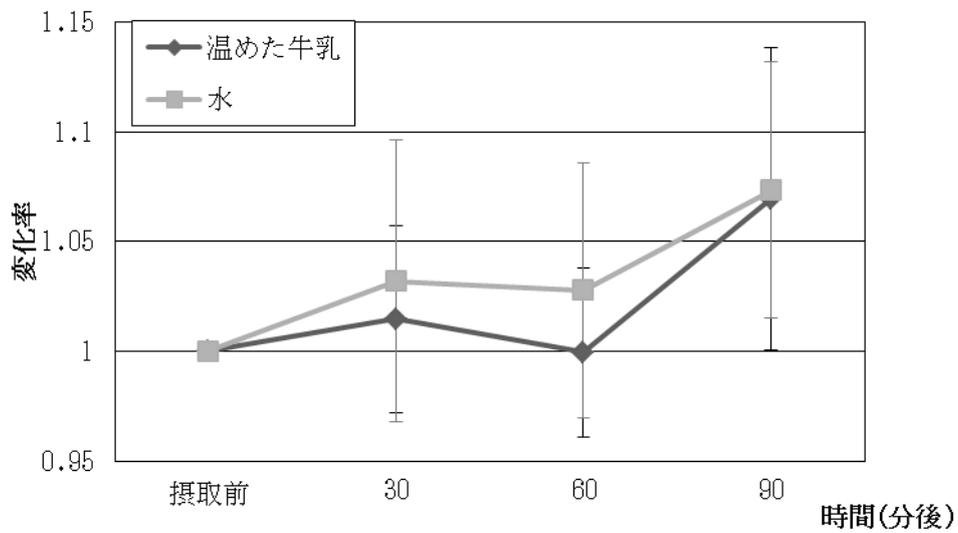


図19. 温めた牛乳および水摂取後の心拍数の経時的変化 (n=8)

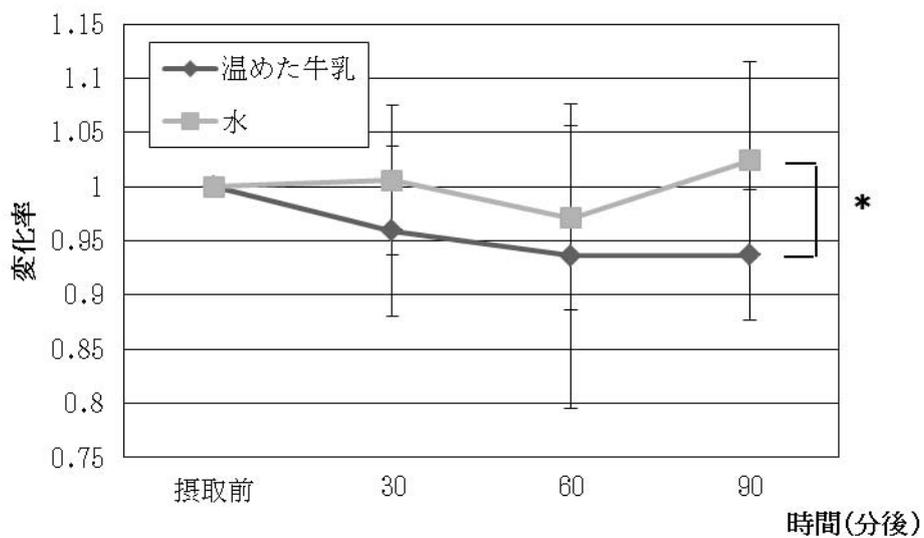


図20. 温めた牛乳および水を摂取後の分散緊張( $\beta$ 波)の経時的変化 (n=6) \* ; p=0.05

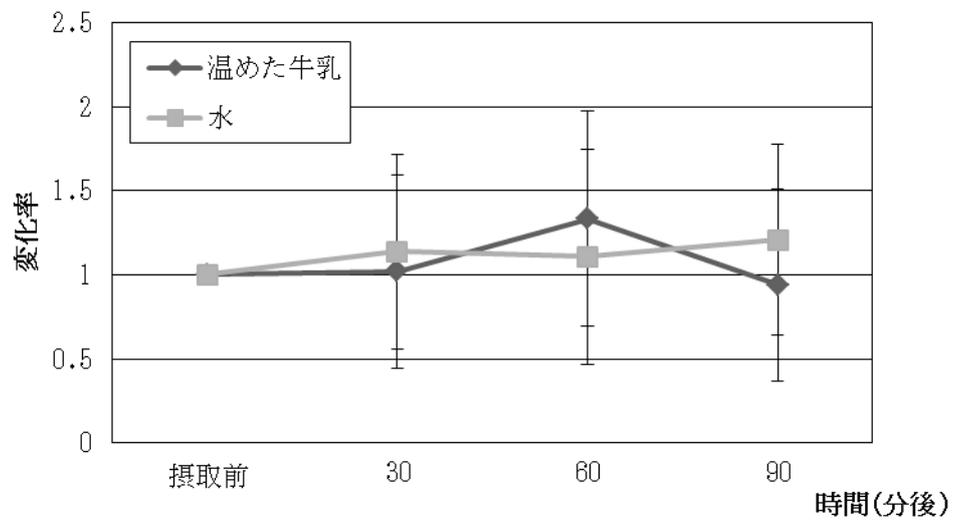


図23. 温めた牛乳および水を摂取後のコルチゾールの経時的変化 (n=9)