

図2. ビタミン不含食投与中の血漿中ビタミン濃度の変動
 (A) ビタミンB₁、(B) ビタミンB₂、(C) ビタミンB₆、(D) ビタミンB₁₂、(E) ニコチンアミド、(F) パントテン酸、(G) 葉酸、(H) ビオチン
 値は平均値 ± SEM (n = 5~6). アルファベットの違いは有意差を示す (p < 0.05)

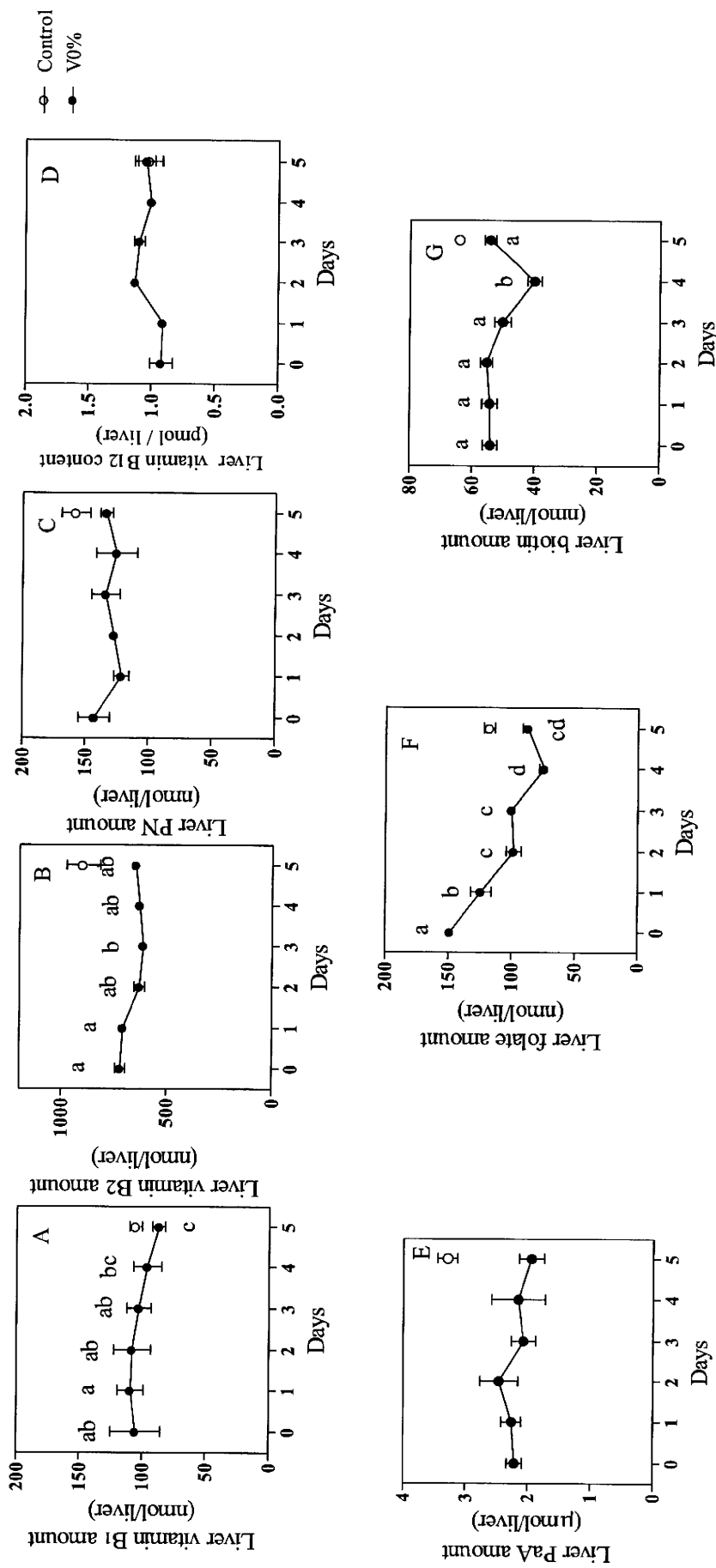


図3. ビタミン不食投与中の肝臓中ビタミン含量の変化
 (A) ビタミンB₁、(B) ビタミンB₂、(C) ビタミンB₆、(D) ビタミンB₁₂、(E) パントテン酸、(F) 葉酸、(G) ビオチン
 値は平均値 ± SEM (n = 5~6). アルファベットの違いは有意差を示す (p < 0.05)

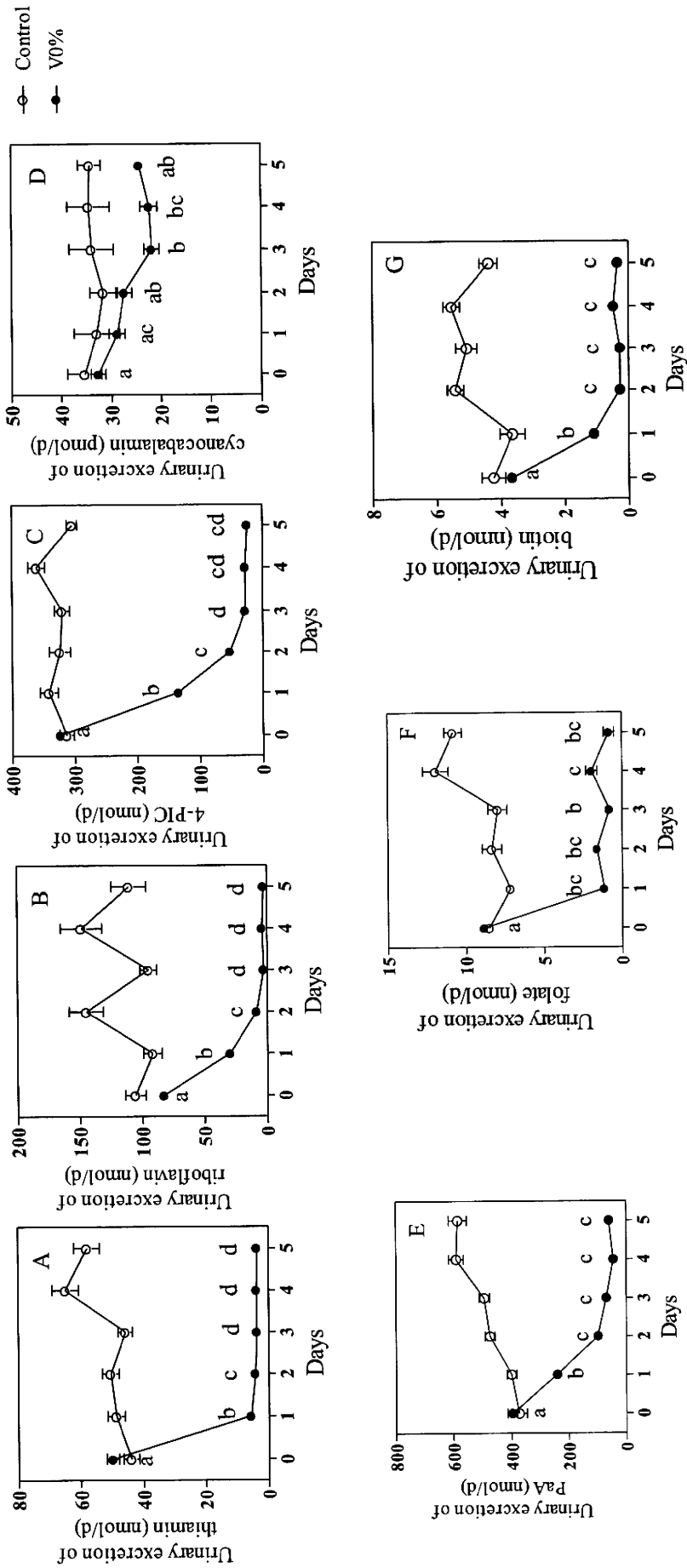


図4. ビタミン不食投与中の尿中ビタミン量の变化
 (A) ビタミンB₁, (B) ビタミンB₂, (C) ビタミンB₆, (D) ビタミンB₁₂, (E) パントテン酸, (F) 葉酸, (G) ビオチン
 値は平均値 ± SEM (n = 5~6). アルファベットの違いは有意差を示す (p < 0.05)

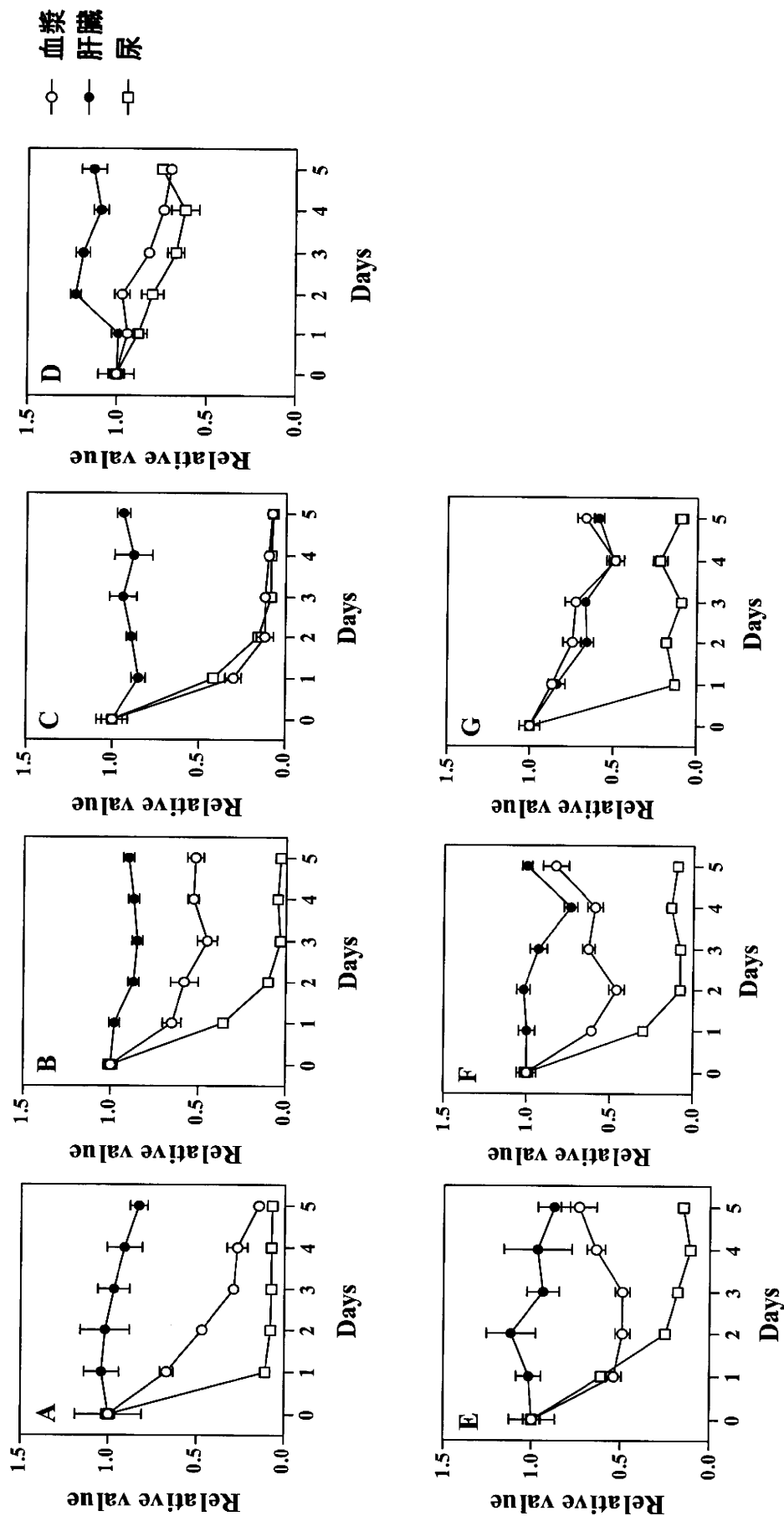


図5. ビタミン不含食投与中の血漿、肝臓および尿中ビタミン量の相対的変動の比較
 (A) ビタミンB₁、(B) ビタミンB₂、(C) ビタミンB₆、(D) ビタミンB₁₂、(E) パントテン酸、(F) ビオチン、(G) 葉酸
 相対値 ± SEM、n = 5~6.

平成 22 年度厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）

日本人の食事摂取基準の改定と活用に資する総合的研究

主任研究者 徳留 信寛 国立健康・栄養研究所 理事長

II. 研究分担者の報告書

7. ビタミン B₁ 欠乏ラットの尿, 血液, 肝臓中の B 群ビタミン含量

研究分担者	柴田 克己	滋賀県立大学	教授
研究協力者	福渡 努	滋賀県立大学	准教授

研究要旨

ビタミン B₁ 欠乏ラットの尿中、血液中、肝臓中の 8 種類の B 群ビタミン含量を、ビタミン B₁ 欠乏ラットの飼料摂食量とそろえた pair-fed 対照ラットと比較した。尿中、血液中、肝臓中のビタミン B₁ 含量はビタミン B₁ 欠乏ラットの方が、pair-fed 対照ラットよりも顕著に低い値を示した。他の B 群ビタミンに関しては、尿中、血液中および肝臓中の B 群ビタミン含量には、差異は認められなかった。したがって、ビタミン B₁ 欠乏は他のビタミン濃度には影響をおよぼさないことが明らかとなった。

A. 目的

ある栄養素を欠いた食事を食べ続けた場合、どれほどの期間で欠乏の症状が顕在化してくるのか大変興味がある。日本では、明治時代から第二次世界大戦終了後までは脚気が流行し、結核と並んで、国民病として恐れられていた。結核は結核菌という病原菌によって発症することが明らかにされた。一方、脚気は、現在ではビタミン B₁ 欠乏により起こる病気であることが明らかにされている。人ではビタミン B₁ 欠乏は、ビタミン B₁ 欠食を2週間程度食べ続けると発症するという報告がある¹⁾。幼若ラットではビタミン B₁ 欠乏は、ビタミン B₁ 欠食を10日間程度食べ続けると発症する^{2, 3)}。成熟マウスでは、ビタミン B₁ 欠食を17日間程度食べ続けると発症する⁴⁾。ビタミン B₁ の栄養素の代謝上の主要な役割はピルビン酸脱水素酵素、 α -オキソグルタル酸脱水素酵素、分岐鎖 α -ケト酸脱水素酵素、トランスケトラーゼの補酵素としての作用である。これらの酵素が関与する代謝系には他の B 群ビタミンであるナイアシン、パントテン酸、ビタミン B₂ が関与している。エネルギー代謝全体で考えれば、8種類の B 群ビタミンは、協同して多量栄養素の代謝を円滑に行うために機能している。ビタミン B₁ の主要な機能は解糖系と TCA 回路をつなぐピルビン酸脱水素酵素反応である。ビタミン B₁ は一般的に糖質の代謝が盛んな時に、要求量が高まるとされている。ビタミン B₁ 欠乏により、解糖系が抑制されれば、代替機構として、アミノ酸代謝や脂肪酸代謝が亢進されるものと考えられる。そのような時にはビタミン B₆ やパントテン酸、ナイアシンの要求量が高めるものと予想される。このように、多量栄養素の代謝には B 群ビタミン濃度バ

ランスが相互に影響をおよぼしあっているものと考えられる。そこで、ビタミン B₁ を含まない飼料をラットに投与した時に、他の B 群ビタミンの体内含量がどのような値となるのかを調べたので報告する。

B. 方法

1. 動物の飼育方法

3週齢の Wistar 系雄ラットを日本クレア株式会社より購入した。離乳したてのラットを使用したのはビタミン B₁ 欠乏症が成熟ラットよりも現れやすいからである^{2,4)}。本実験では糖質源としてショ糖を用いた。糖質源として α -コーンスターチとショ糖を 2:1 に混合した糖質がラットの飼料として使用されることが多いが⁶⁾、この糖質組成のビタミン B₁ 欠食投与では、マウスの実験ではあるが、ビタミン B₁ 不含食投与による飼料摂取量の低下と体重増加量の遅延に10日間ほどを要したことが報告されている³⁾。本実験のように糖質源をすべてショ糖にした飼料の方が、インスリン分泌を促進させ、その結果糖代謝を促進させ、それがビタミン B₁ の消費量を増加させ、早期にビタミン B₁ 欠乏が現れることを期待し、糖質源をすべてショ糖とした。ラットを購入後、直ちにラット用代謝ケージ (CL-0353、日本クレア (株) 製) に1匹ずつ入れ、各群の平均体重が等しくなるように、三群に分けた。ビタミン B₁ 含有食 (表 1)、いわゆる通常食を自由に摂取させた群を「対照群」、ビタミン B₁ 不含食 (表 1) を与えた群を「ビタミン B₁ 欠乏群」、ビタミン B₁ 欠乏群と飼料摂取量をそろえたビタミン B₁ 含有食群を「pair-fed 対照群」とした。飼育期間は15日間である。飼育最終日の24時間尿を採取した後、断頭により賭殺し、頸動脈より血

液を集めた。そして、肝臓など種々の臓器を摘出した。血液は EDTA 入り試験管に採集した。全血あるいは全血を遠心分離 (1,700 ×g、30 分、室温) することによって得られた血漿を分析に供した。肝臓は分析するまで -80°C で保存した。なお、本実験は滋賀県立大学動物実験委員会の承認を受け、「実験動物の飼育及び保管等に関する基準」(昭和 55 年 3 月総理府告示第 6 号、一部改正平成 14 年 5 月 28 日) を遵守して行われた。

2. ビタミンの測定方法

尿中、血液中および肝臓中の B 群ビタミンの抽出方法並びに B 群ビタミンの測定方法は、文献 5 に記載したとおりである。

肝臓は B 群ビタミンの貯蔵量として、血液は体内の循環量として、尿中の排泄量は余剰量を示す指標として測定した。

3. 統計処理

値は平均値 ± SEM で示した。3 群間の比較は、一元配置の分散分析を行った後、各群の比較を Tukey-Kramer 多重検定試験により行い (InStat ver 2, GraphPad Software 社, San Diego, CA, USA)、 $p < 0.05$ を有意差があったとした。

C. 結果

1. 体重、飼料摂取量、飲水量、並びに組織重量

ビタミン B₁ 欠乏群とその pair-fed 対照群ならびに対照群の体重、飼料摂取量および飲水量の変動を図 1 に示した。対照群に対して、ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群の変化はともに Day 5 あたりからみられた。pair-fed 対照群はビタミン B₁ 欠乏群と飼料摂取量をそろえたので、体重の変動には差異は認められなかった。しかし、飲水量は自由にさせた

ので、ビタミン B₁ 欠乏群の方が pair-fed 対照群よりも低い値を示した。

表 2 に実験最終日 (3 週齢ラットを 15 日間飼育) の各群の体重と種々の組織重量を示した。ビタミン B₁ 欠乏群および pair-fed 対照群は、脳重量以外のいずれの値も対照群より顕著に低い値を示した。

しかしながら、ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群との間には、いずれの値にも差異は認められなかった。

2. 8 種類の B 群ビタミン含量

図 2 に対照群、pair-fed 対照群、ビタミン B₁ 欠乏群の尿中、血液中および肝臓中の B 群ビタミン含量を示した。

2-1. ビタミン B₁ 含量

2-1-1. pair-fed 対照群と対照群との比較

1 日当たりの尿中排泄量は、pair-fed 対照群の方が対照群よりも顕著に低い値を示した。これらの差異は飼料摂取量の差異 (図 1、表 2) に起因するものである。

肝臓中のビタミン B₁ 濃度においては、pair-fed 対照群の方が対照群よりも低い値を示したが、血液中の濃度は両群間に差異は認められなかった。

2-1-2. ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群との比較

予測されたように、尿中、肝臓中、血液中の各ビタミン B₁ 含量はビタミン B₁ 欠乏群の方が pair-fed 対照群よりも顕著に低い値を示した。

2-2. 他の 7 つの B 群ビタミン含量

2-2-1. pair-fed 対照群と対照群との比較

いずれのビタミンにおいても、pair-fed 対照群の 1 日当たりの尿中排泄量は対照群よりも低い値を示した。これらの差異は飼料摂取量の差異 (図 1、表 2) に起因するものである。

肝臓中含量の比較では、ビタミン B₁₂ 含量が pair-fed 対照群において高い値を示したが、他の 6 種類の B 群ビタミン含量においては、差異は認められなかった。

血液中含量の比較では、ビタミン B₂、ビタミン B₆、ビタミン B₁₂、葉酸、ビオチン含量が、pair-fed 対照群の方が対照群よりも低い値を示した。

2-2-2. ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群との比較

1 日当たりの尿中排泄量、肝臓中の値、血液中の値において、いずれのビタミンにおいても、両群に差異は認められなかった。

D. 考察

ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群間のビタミン B₁ 濃度の比較において、ビタミン B₁ 欠乏群の値が顕著に低い値を示したのは予測したとおりであった。このように体内のビタミン B₁ 濃度が低下している状態時において、他の B 群ビタミン濃度がどのような影響を受けるのかを調べるのが、今回の実験の主目的であったが、この目的の結果はきわめてシンプルであり、ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群間の尿中、肝臓中、血液中の各 B 群ビタミン濃度には差異が認められなかったことから、ビタミン B₁ 欠乏は体内の他の B 群ビタミン濃度には全く影響を及ぼさないと考えられた。

B 群ビタミンはアミノ酸、グルコースなど、あるいは脂肪酸などの生合成と異化代謝系に、補酵素として、協同して機能をはたしているため、ビタミン B₁ 欠乏は他の B 群ビタミン濃度に何らかの影響をおよぼすものと考えていたが、そのようなことをみいだすことはできなかった。

ラットのビタミン B₁ の必要量は体重 1kg 当たり 36.5 µg という報告がある⁷⁾。本実験における pair-fed 対照群ラットの実験最終日のビタミン B₁ 摂取量は 17.4 µg (飼料 100 g 中のチアミン含量は 0.47 mg。最終日の平均飼料摂取量は 3.7 g から計算) で、その時の平均体重は約 65 g であったので、体重 1 kg 当たりのビタミン B₁ 摂取量は 270 µg であった。つまり、pair-fed 対照群のラットは十分量のビタミン B₁ を摂取していた。対照群のラットの実験最終日のビタミン B₁ 摂取量は、体重 1 kg 当たりで 600 µg であった。摂取している飼料中のビタミン B₁ 濃度が同じでも、ビタミン B₁ の貯蔵組織である肝臓において、pair-fed 対照群の方が対照群よりも低い値を示したのは、体重当たりのビタミン B₁ 摂取量が、対照群の約 1/2 であったことに起因している可能性が示唆された。

臓器重量は、pair-fed 対照群とビタミン B₁ 欠乏群との間に差異は認められなかった。ヒトを含む多くの動物をビタミン B₁ 欠乏にすると心臓を肥大させることが知られているが⁶⁾、今回のラットを用いたこの実験では、ビタミン B₁ 欠乏が心臓の肥大をもたらすことはなかった。また、他の臓器重量にも影響をおよぼすことはなかった。

本実験条件で、pair-fed 対照群と対照群との間の根本的な違いは、飼料摂取量の差異である (図 1-B)。ビタミン B₁ 含有食をビタミン B₁ 欠乏群の飼料摂取量と等量となるように制限して食べさせたラットが pair-fed 対照群、ビタミン B₁ 含有食を自由に食べさせたラットが対照群である。pair-fed 対照群の方が対照群よりも体重増加量が低かったのは (図 1-A)、飼料摂取量が少なかった (図 1-B) ためであると考えられる。

ビタミン B₁ 欠乏群の飼料摂取量は飼育 5 日まではビタミン B₁ 含有食投与の対照群と差異は認められなかったが、飼育 6 日より顕著な差異が認められはじめた (図 1-B)。それに伴い、両群の体重増加量にも飼育 6 日目から差異が認められはじめた (図 1-A)。すなわち、幼若ラットにビタミン B₁ 不含食を 6 日間ほど投与するとビタミン B₁ 欠乏の影響が、食欲低下となって現れはじめたものと考えられた。この食欲低下の程度は体内に残存しているビタミン B₁ 量によって規定されているかもしれない。すなわち、体内の利用可能なビタミン B₁ 量が代謝できる量の炭水化物量の摂取量を規定しているという機構である。そのように考えると、ビタミン B₁ 欠乏ラットに低炭水化物高脂肪食あるいは低炭水化物高タンパク質食の投与は食欲を増すかもしれない。今後、確認してみたい。

飲水量も、ビタミン B₁ 欠乏による食欲低下が認められた飼育 6 日から、ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群において観察された (図 1-C)。飲水量において特徴的なことは、ビタミン B₁ 欠乏群の飲水量が pair-fed 対照群よりも低かったことである。水溶性ビタミンであるビタミン B₁ を尿中に排泄される量を低下させるための防御機構の結果の一つとして考えたが、尿中に排泄されたビタミン量をみると (図 2 の尿中排泄量)、排泄量の低下が認められたのはビタミン B₁ のみであった。したがって、ビタミン B₁ 欠乏群の飲水量の低下は水溶性ビタミン排泄量を低下させるための防御機構の結果ではないと思われた。また、飲水量とビタミン B₁ 以外の B 群ビタミンの尿中への排泄量とは関係のないことも示唆された。しかし、なぜ、ビタミン B₁ 欠乏群の飲水量が pair-fed 対照群よ

りも低い値となったのか不明である。

肝臓中および血液中のビタミン濃度は、pair-fed 対照群と対照群との間では飼料中の B 群ビタミン濃度があつたため、差異は認められないのではと考えていたが、肝臓では、pair-fed 対照群のビタミン B₁ 濃度が対照群よりも低く (図 2-A)、一方において pair-fed 対照群のビタミン B₁₂ 濃度は対照群よりも高い値 (図 2-D) を示した。他の B 群ビタミンであるビタミン B₂ (図 2-B)、ビタミン B₆ (図 2-C)、ニコチンアミド (図 2-E)、パントテン酸 (図 2-F)、葉酸 (図 2-G)、およびビオチン (図 2-H) 濃度には差異は認められなかった。血液ではビタミン B₂ (図 2-B)、ビタミン B₆ (図 2-C)、ビタミン B₁₂ (図 2-D)、葉酸 (図 2-G)、およびビオチン (図 2-H) に差異が認められ、一方において、ビタミン B₁ (図 2-A)、ニコチンアミド (図 2-E)、パントテン酸 (図 2-F) には差異は認められなかった。両群において、与えた飼料の栄養素濃度は全く同じであつたが、pair-fed 対照群の飼料摂取量は意図的に減じられたので (図 1-B)。それに伴い、飲水量が低下し (図 1-C)、体重増加量の遅延が見られた (図 1-A)。飼料摂取量は、実験最終日の飼料摂取量で、pair-fed 対照群は対照群の約 1/4 であつた。その時の体重は pair-fed 対照群が 100 g 程度、対照群が 150 g 程度であつたので、体重比は約 2/3 であつた。血液中の多くのビタミン濃度が pair-fed 対照群の方が対照群よりも低い濃度となつた一因は、体重比に対して、飼料摂取量比が低かつたせいかも知れない。さらに、飲水量の差異も肝臓と血液中のビタミン濃度の差異の一因となっている可能性も否定できないと思われた。

ビタミン B₁ 不含食を投与すると、報告さ

れているように⁹⁾、尿中へのビタミン B₁ 排泄量は、体外への排泄量を抑えて体内保持量を維持するために、ほとんど 0 にまで低下していた (図 2-A)。他の B 群ビタミンの尿中排泄量には、ビタミン B₁ 欠乏群と pair-fed 対照群との間に差異は認められなかった。pair-fed 対照群と対照群との間の差異の主要な要因は、飼料摂取量の差異、すなわちビタミン摂取量の差異に起因するものであると考えられた^{10, 11)}。

ビタミン B₁ 濃度の変化に特徴がみられた (図 2-A)。肝臓中の濃度では、pair-fed 対照群の値が対照群よりも低い値を示したにもかかわらず、血液中の濃度には差異が見られなかった。飼料摂取量が制限状態にある時には、非肝臓組織においてビタミン B₁ 要求量が高くなり、その結果、貯蔵組織である肝臓からのビタミン B₁ の放出が高まり、血液中の濃度が、飼料を十分に摂取している対照群と同じになったものと考えられた。

ビタミン B₁₂ 濃度にも興味ある現象がみられた (図 2-D)。Pair-fed 対照群とビタミン B₁ 欠乏群の方が、対照群よりも高い値を示した。この現象は、pair-fed 対照群とビタミン B₁ 欠乏群間では差異が認められなかったことから、この両群の飼料摂取量が対照群よりも低かったことによる現象と思われた。なぜ、飼料摂取量が制限される (pair-fed 対照群の場合) と、あるいは食欲が減退すると (ビタミン B₁ 欠乏群)、肝臓がビタミン B₁₂ の貯蔵量を高めるのかは不明である。

まとめとして、ビタミン B₁ 不含食投与がラットの尿中、肝臓中、血液中の B 群ビタミン含量におよぼす影響を、pair-fed 対照群との比較においてまとめた表を表 3 として示した。

E. 結論

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 発表論文

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用案登録

なし

3. その他

なし

I. 引用文献

1. 西尾雅七, 藤原元典, 喜多村正次, 中田重安. 実験的 B₁ 欠乏時の諸症状と B₁ 必要量. *ビタミン* (1948) **1**, 256-257.
2. 柴田克己, 村田希久. チアミン欠乏ラット及びニコチンアミド大量負荷チアミン欠乏ラットのトリプトファン-NAD 代謝. *ビタミン* (1985) **59**, 555-563.
3. Shibata K, Murata K. Effects of an intraperitoneally injection of a large amount of nicotinamide on NAD and thiamine in livers of thiamine-deficient mice. *Agric Biol Chem* (1985) **49**, 3333-3334.
4. Shibata K, Kondo T, Yonezima M. Conversion ratio of tryptophan to niacin in rats fed a vitamin B₁-free diet. *J Nutr Sci*

- Vitaminol* (1997) **43**, 479-483.
5. Fukuwatari T, Wada H, Shibata K.
Age-related alterations of B-group vitamin contents in urine, blood and liver from rats. *J Nutr Sci Vitaminol* (2008) **54**, 357-362.
 6. Gerald FC, Jr., "Chapter 10 Thiamin" *The Vitamin*, Third Edition, Academic Press, 2007, 265-280.
 7. Reeves RG Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* (1998) **127**, 838S-841S.
 8. Hegsted DM, McPhee GS. The thiamine requirement of the adult rat and the influence on it of a low environmental temperature. *J Nutr* (1950) **10**, 127-136.
 9. Fukuwatari T, Yoshida E, Takahashi K. Shibata K. Effect of fasting on the urinary excretion of water-soluble vitamins in humans and rats. *J Nutr Sci Vitaminol* (2010) **56**, 19-26.
 10. Tsuji T, Fukuwatari T, Sasaki S, Shibata K. Urinary excretion of vitamin B₁, B₂, B₆, niacin, pantothenic acid, folate, and vitamin C correlates with dietary intakes of free-living elderly, female Japanese. *Nutr Res* (2010) **30**, 171-178.
 11. Tsuji T, Fukuwatari T, Sasaki S, Shibata K. Twenty-four-hour urinary water-soluble vitamins correlate to vitamin intakes in free-living Japanese university students. *Eur J Clin Nutr* (2010) **64**, 800-807.

表 1. 飼料組成

	ビタミン B ₁ 含有食	ビタミン B ₁ 不含食
	(通常食)	
	(%)	(%)
ビタミン欠ミルクカゼイン	20.0	20.0
L-メチオニン	0.2	0.2
ショ糖	70.3	70.3
コーン油	5.0	5.0
ミネラル混合 (AIN-93-G-MX)	3.5	3.5
ビタミン混合 (25%重酒石酸コリン含有 AIN-93-VX)	1.0	0
ビタミン混合(ビタミン B ₁ 欠) (25%重酒石酸コリン含有 AIN-93-VX)	0	1.0

表 2. ビタミン B₁ 不含食の投与が種々の臓器重量におよぼす影響。

	対照群	Pair-fed 対照群	VB ₁ 欠乏群
実験開始時の体重 (g)	36.9 ± 0.6	36.8 ± 0.7	36.7 ± 0.9
実験最終日の体重 (g)	126.9 ± 2.5 ^a	64.5 ± 0.5 ^b	61.4 ± 2.5 ^b
体重増加量 (g/15 日間)	90.0 ± 1.9 ^a	27.7 ± 0.6 ^b	24.7 ± 1.9 ^b
採尿日の飼料摂取量 (g/日)	16.2 ± 0.4 ^a	3.7 ± 0.2 ^b	3.6 ± 0.1 ^b
肝臓 (g)	6.43 ± 0.13 ^a	2.09 ± 0.05 ^b	2.31 ± 0.11 ^b
腎臓 (g)	1.22 ± 0.02 ^a	0.69 ± 0.01 ^b	0.73 ± 0.02 ^b
心臓 (g)	0.62 ± 0.02 ^a	0.29 ± 0.01 ^b	0.30 ± 0.01 ^b
脾臓 (g)	0.63 ± 0.02 ^a	0.15 ± 0.00 ^b	0.16 ± 0.01 ^b
精巣 (g)	1.11 ± 0.02 ^a	0.87 ± 0.02 ^b	0.72 ± 0.07 ^b
脳 (g)	1.22 ± 0.02	1.13 ± 0.00	1.11 ± 0.02
肺 (g)	0.86 ± 0.02 ^a	0.59 ± 0.03 ^b	0.56 ± 0.03 ^b

3 週齢の Wistar 系雄ラットを日本クレア株式会社より購入した。購入後、直ちにラット用代謝ケージ (CL-0353, 日本クレア (株) 製) に 1 匹ずつ入れ、各群の平均体重が等しくなるように、三群に分けた。ビタミン B₁ 含有食 (表 1)、いわゆる通常食を自由に摂取させた群を「対照群」、ビタミン B₁ 不含食 (表 1) を与えた群を「VB₁ 欠乏群」、VB₁ 欠乏群と飼料摂取量を同じとしたビタミン B₁ 含有食群を「pair-fed 対照群」とした。飼育期間は 15 日間である。

飼育最終日の 24 時間尿を採取した後、断頭により賭殺し、肝臓など種々の臓器を摘出し、重量を測定した。

値は平均値 ± SEM (n = 5) で示した。3 群間の比較は、一元配置の分散分析を行った後、各群の比較を Tukey-Kramer 多重検定試験により行い、 $p < 0.05$ を有意差があるとした。

表3. ビタミンB₁欠食投与が雄ラットの尿中, 血液中, 肝臓中のB群ビタミン含量におよぼす影響—pair-fed 対照群との比較—

	尿	肝臓	血液
ビタミンB ₁	↓ ¹	↓	↓
ビタミンB ₂	→ ²	→	→
ビタミンB ₆	→	→	→
ビタミンB ₁₂	→	→	→
ナイアシン	→	→	→
パントテン酸	→	→	→
葉酸	→	→	→
ビオチン	→	→	→

¹ pair-fed 対照群よりも低い値を示した。

² pair-fed 対照群と差異は認められなかった。

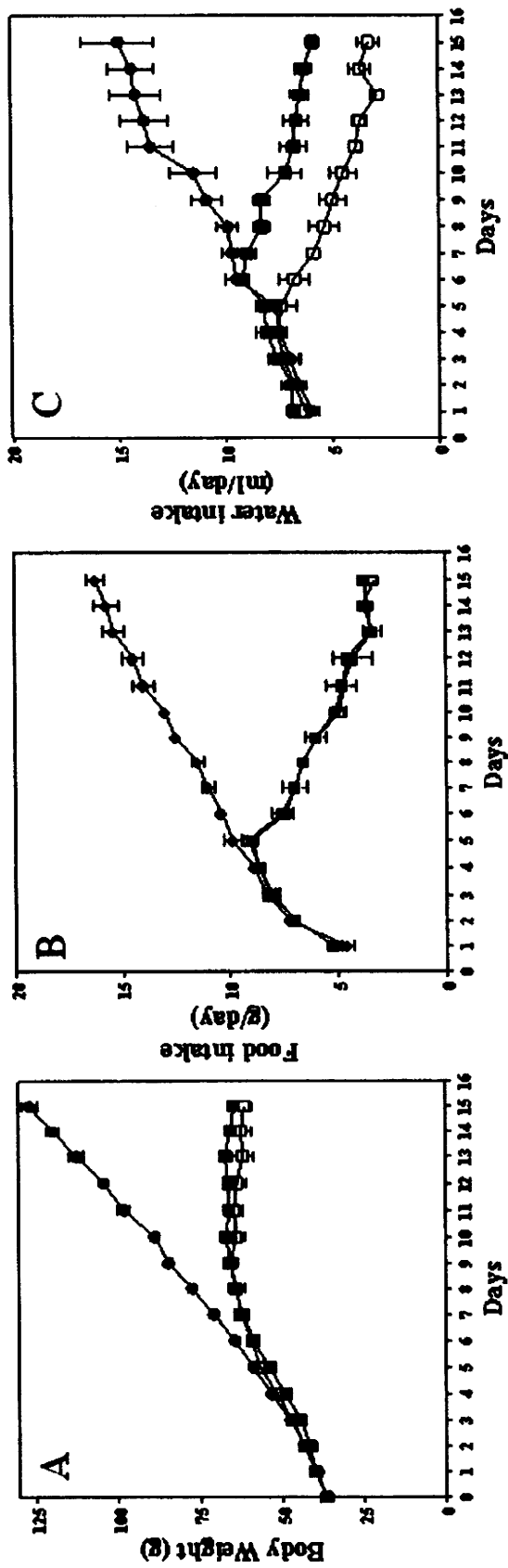
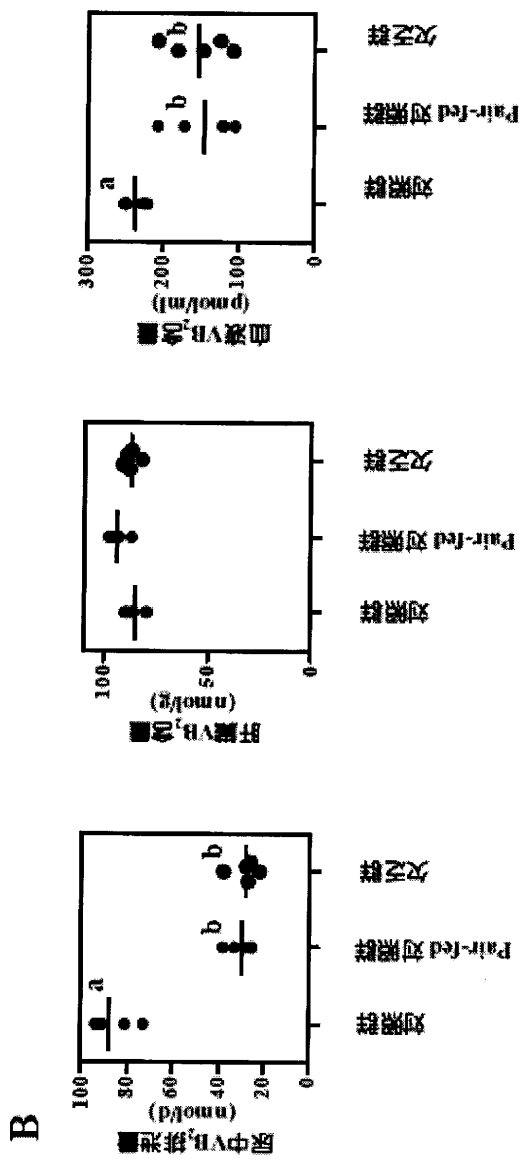
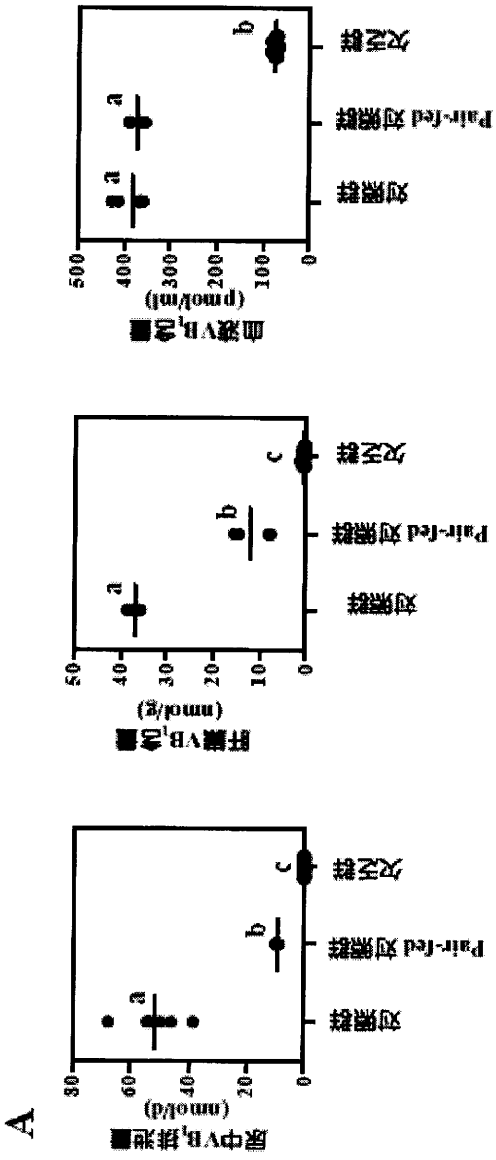
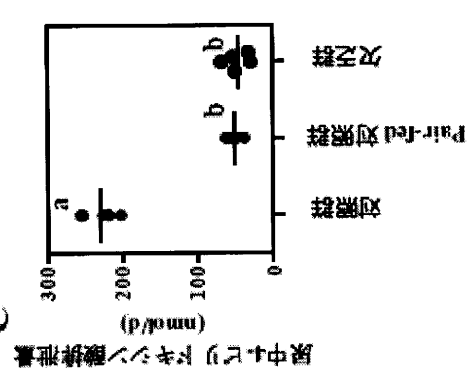
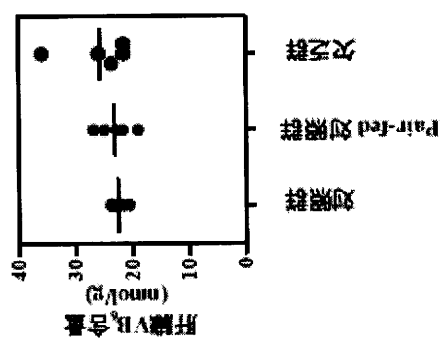
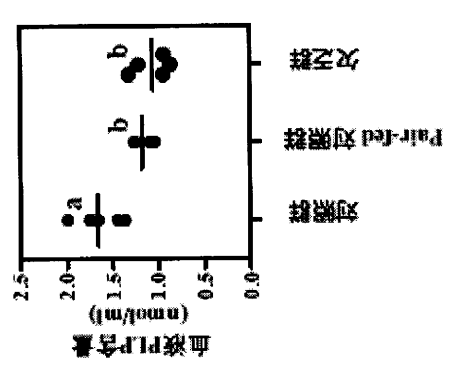
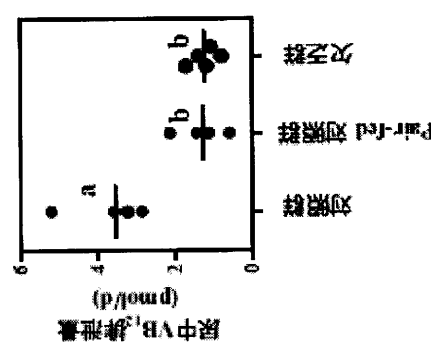
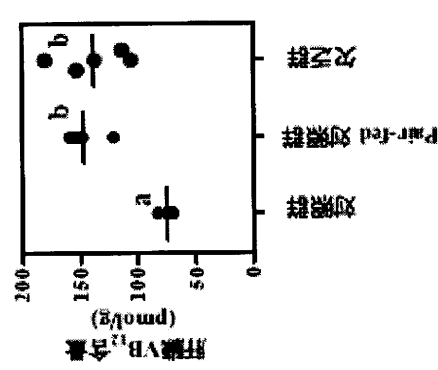
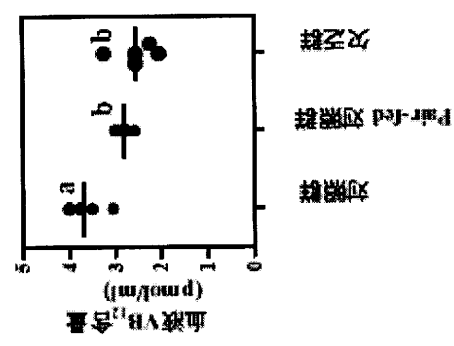
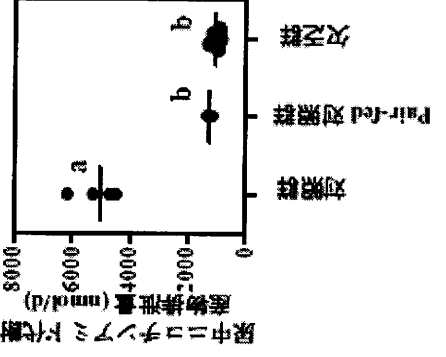
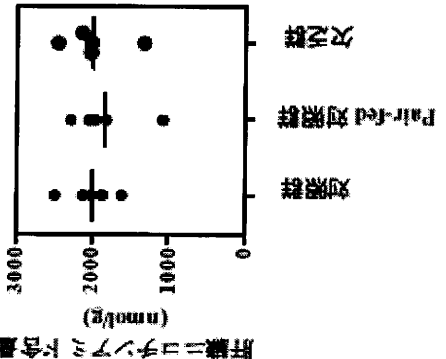
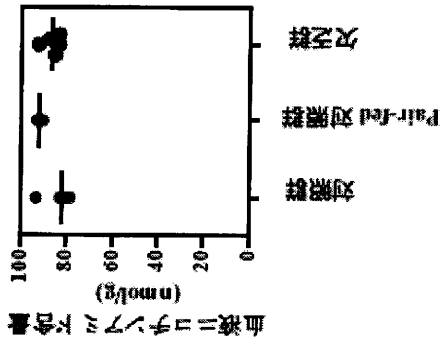
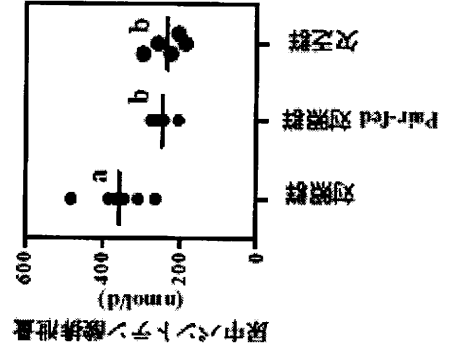
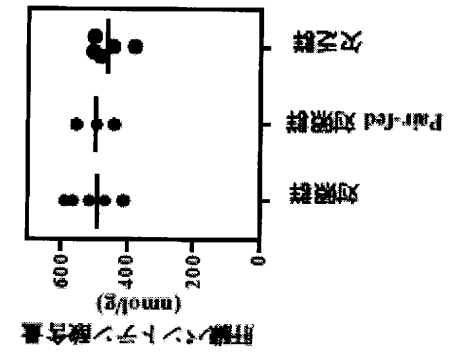
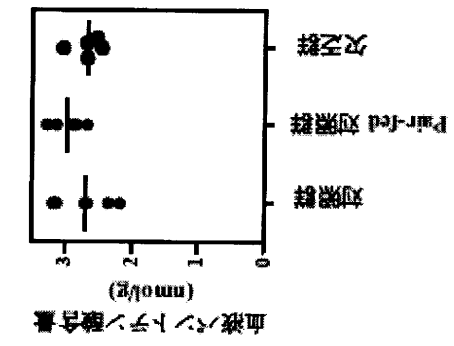


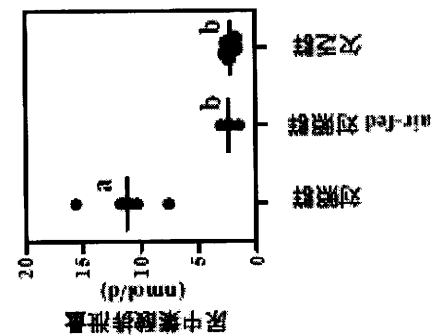
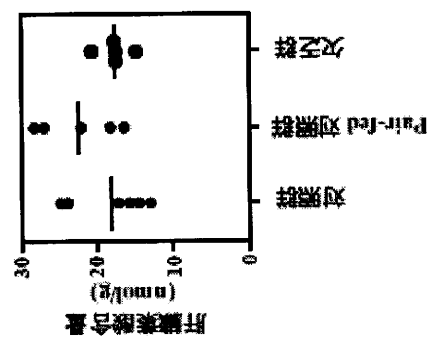
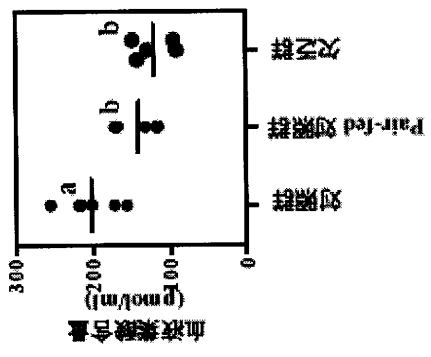
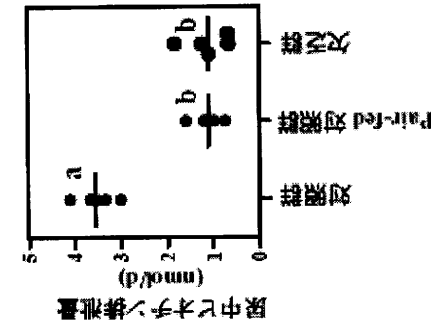
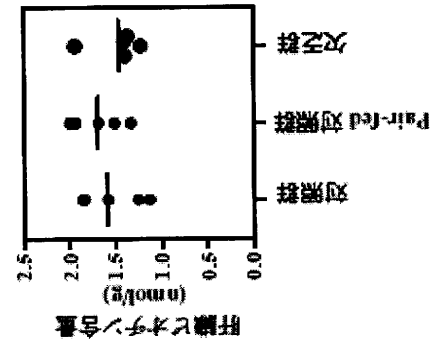
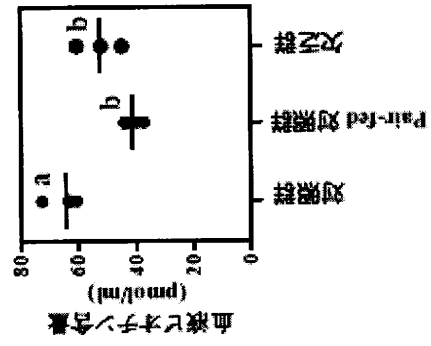
図1. ビタミンB₁不含食投与が雄ラットの体重増加量 (A)、飼料摂取量 (B) および飲水量におよぼす影響
 ●、対照群；■、pair-fed 対照群；□、V.B₁欠乏群。
 値は平均値 ± SEM(n = 5)で示した。







Ⅰ



G

H

図2. ビタミンB₁不含食投与が雄ラットの尿中、肝臓中、血液中のB群ビタミン含量におよぼす影響

A、ビタミンB₁; B、ビタミンB₂; C、ビタミンB₆; D、ビタミンB₁₂; E、ニコチンアミド; F、パントテン酸; G、葉酸; H、ビオチン。

3群間の比較は、一元配置の分散分析を行った後、各群の比較をTukey-Kramer多重検定試験により行い、 $p < 0.05$ を有意差があるとした。異なるアルファベットは有意差が認められたことを示す。