

# 音刺激によるラットの学習と神経組織中の ビタミンB<sub>1</sub>との関係

寺沢 充夫, 鈴木 竜夫, 塚田 信  
菅原 明子, 中原 俊隆, 糸川 嘉則

〈玉川大学工学部紀要 第36号 (2001年) 別冊〉

# 音刺激によるラットの学習と神経組織中の ビタミン B<sub>1</sub> との関係

The Relationship between a Sound Stimulation Learning Performance and Vitamin B<sub>1</sub>  
in the Nervous Tissue of Rats

寺沢 充夫 鈴木 竜夫\*, 塚田 信\*\*,  
菅原 明子\*\*\*, 中原 俊隆\*\*\*\*, 糸川 嘉則\*\*\*\*\*

Mitsuo Terasawa, Tatsuo Suzuki\*, Nobu Tsukada\*\*, Akiko Sugawara\*\*\*  
Toshitaka Nakahara\*\*\*\*, Yoshinori Itokawa\*\*\*\*\*

- \* 玉川大学工学部 電子工学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1  
\*\* 北里大学保健衛生専門学院, 949-7241 新潟県南魚沼郡大和町黒土新田 500  
\*\*\* 菅原研究所, 140-0001 東京都品川区北品川 3-6-9 アントウビル 10F  
\*\*\*\* 京都大学大学院社会医学系公衆衛生学, 606-8315 京都市左京区吉田近衛町  
\*\*\*\*\* 福井県立大学, 910-1195 福井県吉田郡松岡町兼定島 4-1-1  
\*Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Tamagawa University, 6-1-1  
Tamagawa Machida-shi, Tokyo 194-8610  
\*\* Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences, 500 Nitta kurotuchi,  
Yamato-cho Minami Uonumagun, Niigata 949-7241  
\*\*\* Sugawara Institute of Food Ecology, 3-6-9 Kitashinagawa Sinagawa-ku, Tokyo 140-0001  
\*\*\*\* Medical School of Kyoto University, Konoecho Yoshida Sakyo-ku, Kyoto 606-8315  
\*\*\*\*\* Fukui Prefecture University, 4-1-1 Kenjojima Matuokacho Yoshida-gun, Fukui 910-1195

## Abstract

We have been investigating the relationship between thiamine and the ability of rats to learn to press a lever. The purpose of this study is to examine how vitamin B<sub>1</sub> in the nervous tissue of rats is affected by sound stimulation when the rats are involved in learning to press a lever. The vitamin B<sub>1</sub> concentration contained in the brain stems of the rats who learned to press the lever to get feed only while a sound was rung was significantly greater than in those rats who just pressed the lever.

**Keyword:** sound stimulation, rat, vitamin B<sub>1</sub>, learning, pressing a lever

### 1. はじめに

ビタミン B<sub>1</sub> (チアミン) は糖代謝に関与している酵素の補酵素として働くばかりでなく、神経機能に関与し、神経系の活動電位の発現

に重要な役割を演じていると考えられている。そこで、ラットを用いてレバー押し学習と脳内のチアミン濃度や光刺激を用いた学習実験と脳内のチアミン濃度との関連性を調べて

きた。

ラットがレバーを押すとペレット状の餌を獲得できる群は単にペレット状の餌を食べる群と比べると小脳に含まれるチアミンの量が有意に増加していることがわかった。

今回はレバー押し学習実験で、レバーを押すと餌を獲得して食べる群と音刺激を用いたレバー押し学習実験との群とに分けて実験を行い、音刺激が神経組織に含まれるチアミン濃度にどのように影響を与えるかを調べることを目的としている。

## 2. 実験方法

ラットがレバーを押すと餌を獲得できる A グループと音刺激がある時にラットがレバーを押すと餌を獲得できる B グループとに分けた。

### 2.1 実験の手順

- (1) ラットの健康状態を知るために、実験開始前に全てのラットの体重を測定する。
- (2) ラットがレバーを押すと餌を獲得できるグループと音が鳴っている時にレバーを押すと餌を獲得できる両グループとも実験は 30 日間続けた。
- (3) ラットの学習能力を調べるために、ラットを学習用実験箱に投入してから、ラットがレバーを押す毎に粒状の餌(ペレット)を獲得し、20 個のペレットを食べ終わる時間を測定する。これを 1 回の実験とし、1 日 1 回行った。
- (4) 1 日の学習実験終了後、ラットの体重が一定になるように、粉末の普通食を 15 g 与える。一日に与える餌の量とそれに含まれるチアミンの摂取量は同じにした。実験が完了した後直ちに、血液、脳(小脳、脳幹、大脳)、肝臓に含まれているチアミンの量

を測定した。

### 2.2 実験装置

#### (1) ラットの学習実験装置

ラットの学習実験には、透明の亚克力製の箱(250mm×250mm×300mm)を用いた。実験装置のシステムを図 1 に示す。箱の中にはスピーカを設置し、音刺激を 20 秒間隔でつけたり、消したりを繰り返す。

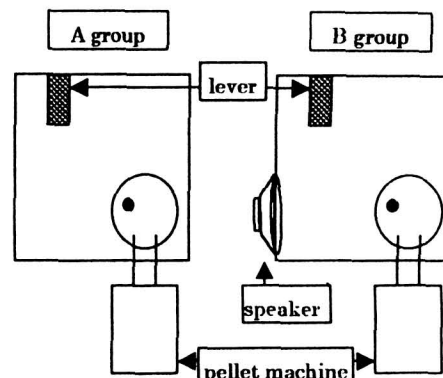


図 1 実験システム

#### (2) 学習実験のタイムチャート

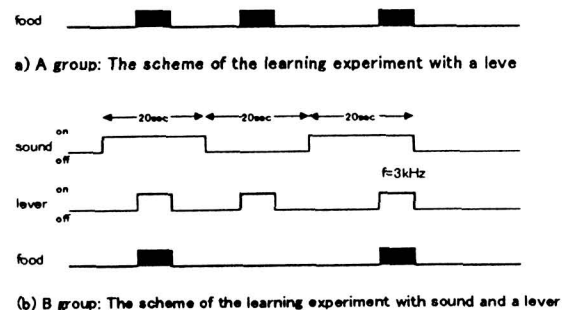


図 2 レバー押しと餌のタイムチャート

#### (3) 音刺激の波形

実験に使用した音刺激はその周波数は 3 kHz で図 3 のように 1 秒ごとに 1 回発生する単一の音である。

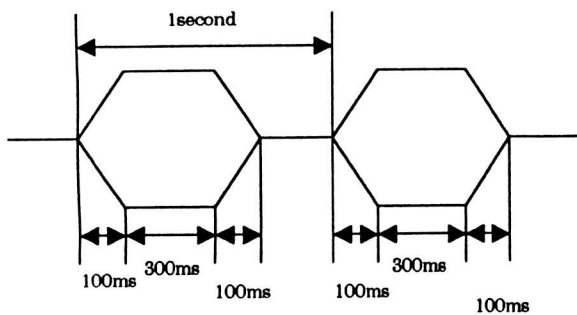


図3 音刺激のパルス波形

### 2.3 実験動物と学習実験

実験には7週令の雄のラットを10匹使用し、Aグループ5匹とBグループ5匹に分けた。た、図2で示すように2種類の学習実験を行った。

図2(a)ではラットがレバーを押す毎に餌の供給器から餌が取り出され、餌を獲得することが出来る。

図2(b)では音刺激があるうちに、ラットがレバーを押せば餌の供給機から餌箱に餌が取り出され、音刺激がない時にレバーを押しても、餌が出てこないことを学習する。(レバー押し学習)

ラットが20粒のペレットを食べ終わるまでの時間と体重を測定し記録した。

### 2.4 餌

ラットのレバー押し学習実験で使った餌は直径3mmの球形で、約0.05gのペレットである。二つのグループとも1日に食べたペレットの数は同じにした。ペレットの餌では足りない分を粉末の餌で補った。ラットの体重は一定になるように、ラットに与える1日の餌の量をペレットの個数に加え、さらに粉末の餌15gづつを均等に与えた。

### 2.5 組織および血液に含まれるチアミンの定量

実験終了後直ちに、血液1ml中および肝臓1g中に含まれているチアミンを定量した。チアミンの定量にはチオクロ蛍光法による定量法を用いた。

図5に組織中に含まれるビタミンB<sub>1</sub>の定量法を示し、図6には血液1ml中に含まれるビタミンB<sub>1</sub>の定量法を示した。

分光蛍光光度計の励起波長 $\lambda=375\text{nm}$ 、放射波長 $\lambda=430\text{nm}$ を用いた。

### 2.6 有意差の検定

二つのグループとの間で、血液中に含まれるチアミンの量と過酸化反応の違いによる有意差の検定にはt検定法を用いて調べた。

## 3. 実験結果

### 3.1 ラットの体重と実験日数

ラットの体重と実験日数との関係を図4に示す。ラットの体重はレバー押し学習をしたAグループ5匹の平均体重、音刺激がある時にレバー押し学習をしたBグループ5匹の平均体重を表わしている。ラットに与える餌の量を調整して、各グループ間でラットの体重の平均が約150gを維持することができた。

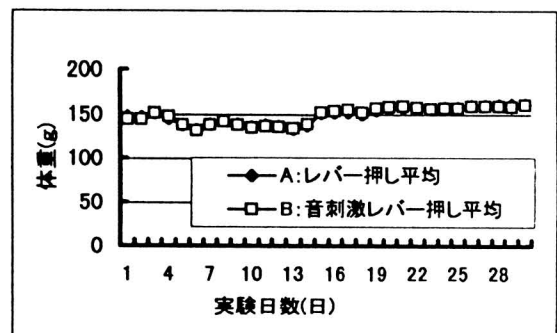


図4 ラットの体重と実験日数

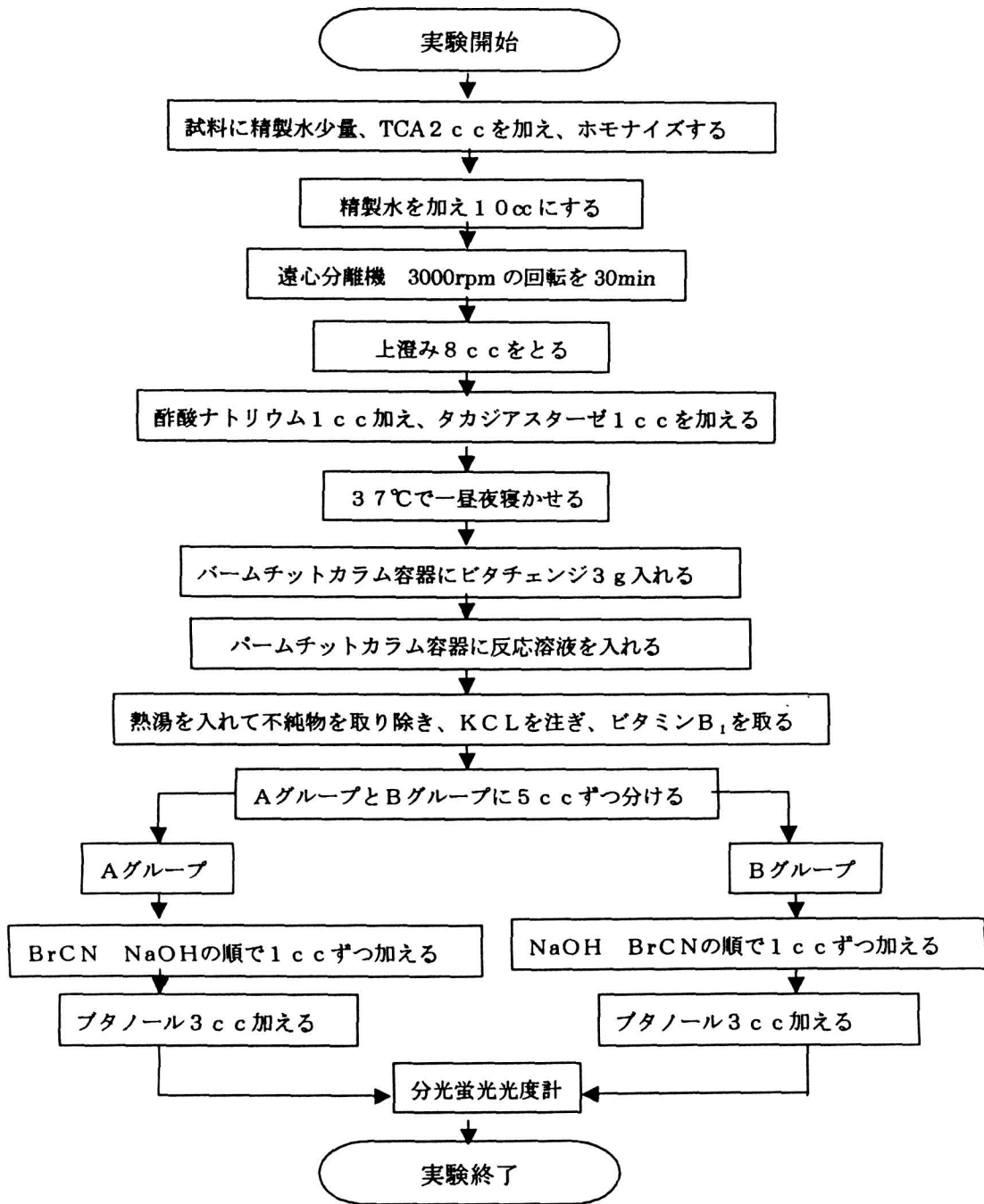


図 5. 組織に含まれるビタミン B<sub>1</sub> の定量法

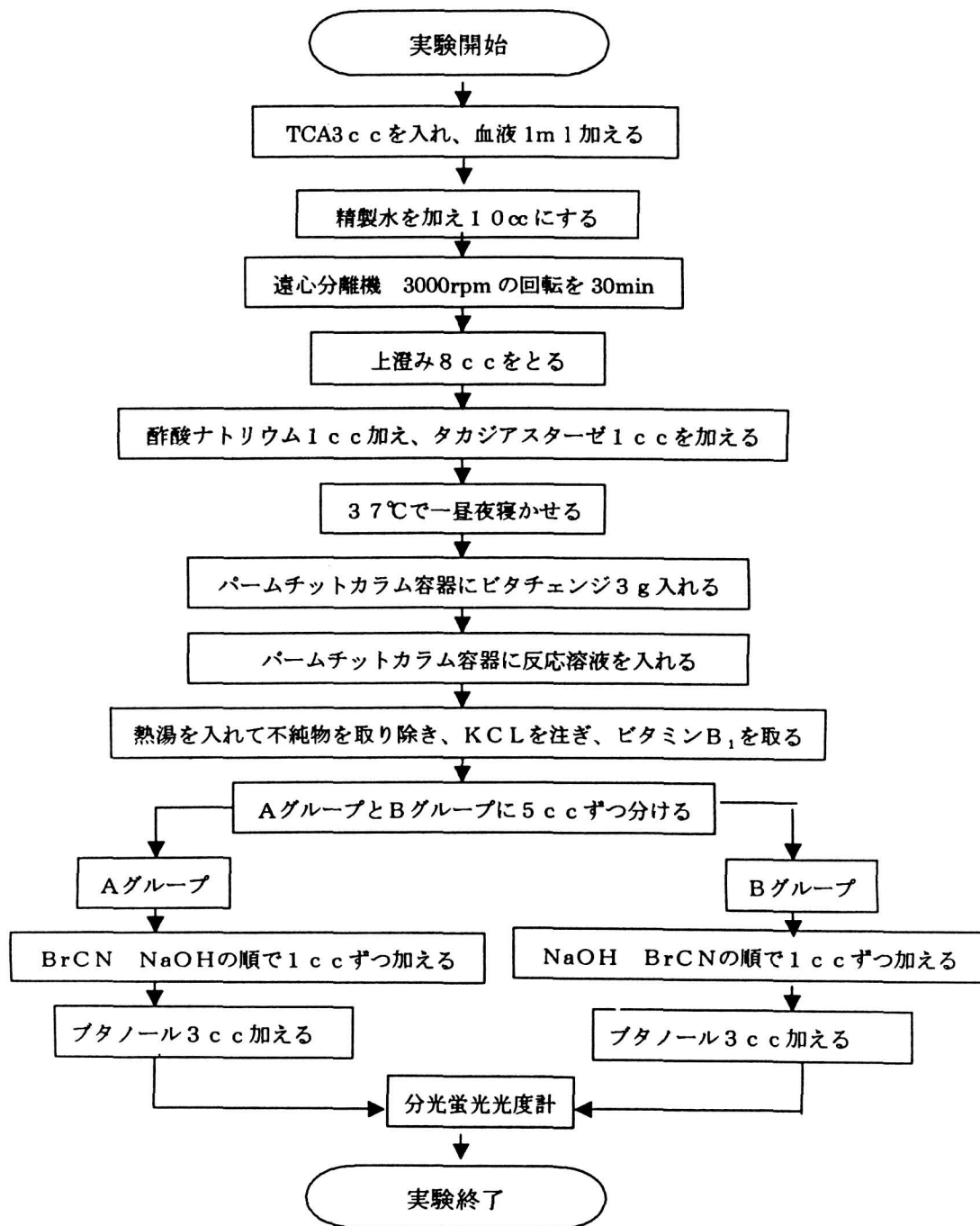


図6. 血液 1ml 中に含まれるビタミン B<sub>1</sub> の定量法

### 3.2 ラットの学習実験

図7にラットの学習実験の結果をしめす。ラットが20粒のペレットを獲得して食べ終わった時間と実験日数の関係を図7に示す。ラットがレバーを押すごとに餌を獲得できるグループと音刺激が20秒間隔で鳴ったり鳴らなかったりを繰り返す中で、ラットは音が鳴っている間にレバーを押す毎に1個のペレットを獲得することができるグループが餌を食べ終わる5匹ずつについての平均時間を示している。実験日数が増すにつれ20粒の餌を食べ終わる時間は速くなっている。

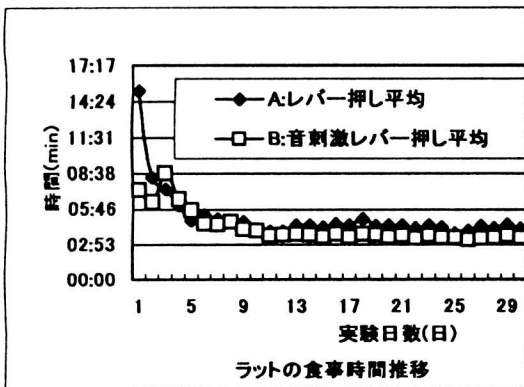


図7 ラットの学習実験

### 3.3 レバー押し学習における生体組織に含まれるチアミンの濃度

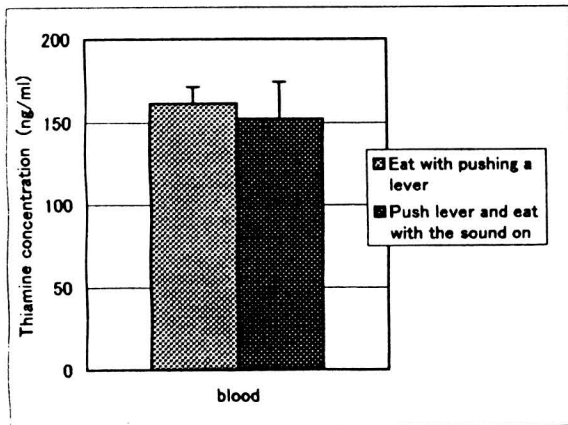


図8 血液1ml中に含まれるチアミンの量

ラットの血液1ml中に含まれるチアミンの量の平均値と脳幹、小脳、大脳、肝臓1g中に含まれるチアミンの量の平均値との関係を図8、図9に示した。

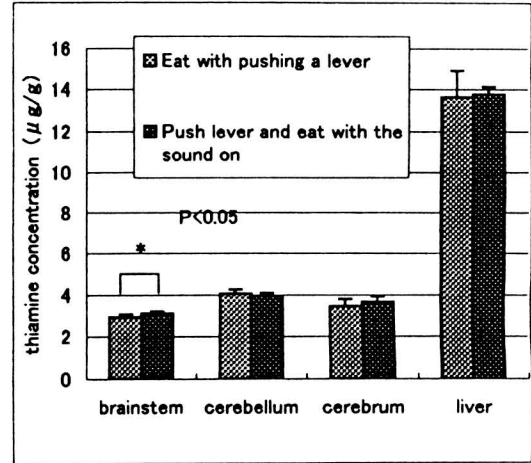


図9 ラットの神経組織中に含まれるチアミンの量

図9から音刺激のあるうちにレバーを押して餌を獲得できたラットの脳幹に含まれるチアミン量の平均値はレバーを押して餌を獲得したラットのチアミン量の平均値よりも有意に高かった。

### 4. 考察

音刺激のあるうちにレバーを押して餌を獲得したラットの脳幹に含まれているビタミンB<sub>1</sub>濃度はレバーを押して餌を獲得したラットよりも有意(P < 0.05)に高かった。

音の情報による神経系が脳幹部の下丘に集まっていることから聴覚刺激にこれらの部分が活性化したものと推測される。

したがって、音の学習と脳幹部におけるB<sub>1</sub>濃度との関連性が示唆された。

さらに、学習実験で実験日数が経過するにつ

れ餌の獲得時間は速くなり学習効果があがっている。音刺激があるうちにレバーを押して餌を獲得しているグループは単にレバーを押して餌を獲得するグループより学習時間が速くなっている。これは音刺激がなくなってしまうとレバーを押しても餌を獲得出来なくなってしまうという緊張感があり、よいリズム感が出来たものと思われる。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「情報表現の自己組織と学習ニューロチップ」(JSPS-RFTF961001104)の援助を受けた。

## 参考文献

- 1) 寺沢充夫, 塚田信, 菅原明子, 木村美恵子, 糸川嘉則: ラットのレバー押し学習能力とビタミンB<sub>1</sub>との関係, 玉川大学工学部紀要, 第32号, 105-112, 1997.
- 2) 寺沢充夫, 塚田信, 菅原明子, 木村美恵子, 糸川嘉則: ラットのレバー押し学習能力とビタミンB<sub>1</sub>との関係, 医用電子と生体工学, 35巻特別号, p432, 1997.
- 3) M. Terasawa, N. Tsukada, A. Sugawara, M. Kimura, Y. Itokawa: The Relationship Between Learning a Switch off Task and Thiamine Deprivation in Rats, Journal of the International Federation for Medical and Biomedical Engineering, Vol. 35, Supplement Part 1, P29 1997.
- 4) 寺沢充夫, 八尋悟史, 山田知治, 吉田潤, 米山忠暉, 塚田信, 木村美恵子, 糸川嘉則: ラットのレバー押し学習と神経組織中ビタミンB<sub>1</sub>との関係, ビタミン Vol. 71 No. 4, P178, 1997.
- 5) M. Terasawa, T. Yoneyama, M. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship between the Learning of Rats and Thiamine Concentration in the Nervous Tissues of Rats, Proceedings Ninth International Conference on Biomedical Engineering, National University of Singapore, P730, 1997.
- 6) 寺沢充夫, 米山忠暉, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: ラットのレバー押し学習能力と神経組織中のチアミンとの関係, 玉川大学工学部紀要, 第33号, 95-100, 1998.
- 7) 寺沢充夫, 下山和哉, 堤壮宏, 米山忠暉, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: 光の点滅中におけるビタミンB<sub>1</sub>との関係, ビタミン Vol.72, No.4, 1998.
- 8) M. Terasawa, T. Yoneyama, N. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship between the Ability to Learn and Thiamine Concentration in the Nervous Tissues of Rats, 20th Annual International Conference of the IEEE /EMBS, 20, Part4/6, 2084-2087, 1998.
- 9) 寺沢充夫: 報酬性の学習と神経組織中のビタミンB<sub>1</sub>濃度, 日本健康心理学会第11回講, 演論文集 p128-129, 1998.
- 10) 寺沢充夫, 米山忠暉, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: 報酬性の学習と神経組織中のビタミンB<sub>1</sub>濃度, 玉川大学工学部紀要, 第34号, 29-33, 1999.
- 11) 寺沢充夫, 米山忠暉, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: イオン照射による脳脂質の過酸化とビタミンB<sub>1</sub>との関係, ビタミン Vol.73, No. 4, p139, 1999.
- 12) 寺沢充夫, 糸川嘉則: ビタミンB<sub>1</sub>と学習能力, ビタミン Vol.73, No. 7, p421, 1999.
- 13) M. Terasawa, T. Yoneyama, N. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship between the Learning by Reward and Vitamin B<sub>1</sub> in the Nervous Tissues of Rats,

- SCI'99 The 3rd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and ISA99, The 5th International Conference on Information Systems analysis and Synthesis 1999, Proceedings, Vol.8, P237-240, 1999.
- 14) M. Terasawa, Yoneyama, N. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship Between Hyperoxidation of Brain Lipid and Thiamine by Ion Irradiation, The 4th Asia-Pacific Conference on Medical & Biological Engineering, Proceedings, Ps-034, P314, 1999.
- 15) M. Terasawa, T. Nakahara, N. Tsukada, A. Sugawara, Y. Itokawa: The Relationship between thiamine Deficiency and Performance of a Learning Task in Rats. Metabolic Brain Disease vol. 14, No. 3, 137-148, Plenum Publishing Corporation, 1999.
- 16) 寺沢充夫, 米山忠暉, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: イオン環境における脳脂質の過酸化とビタミンB<sub>1</sub>との関係, 玉川大学工学部紀要, 第35号, 61-66, 2000.
- 17) 寺沢充夫, 米山忠暉, 鈴木竜行, 塚田信, 中原俊隆, 糸川嘉則: ラットのレバー押し学習における音刺激と神経組織中に含まれるビタミンB<sub>1</sub>との関係, ビタミン Vol.74, No.4, p220, 2000.
- 18) M. Terasawa, T. Yoneyama, N. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship Between Hyperoxidation of Brain Lipid and Thiamine by Ion Circumstances, SCI'2000 The 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and ISA2000, The 6th International Conference on Information Systems analysis and Synthesis 2000, Proceedings, Vol.10, P385-388, 2000.
- 19) M. Terasawa, T. Yoneyama, M. Tsukada, T. Nakahara, Y. Itokawa: The Relationship between a Sound Stimulation Learning Performance and Vitamin B1 in the Nervous Tissue of Rats, Proceedings Tenth International Conference on Biomedical Engineering, National University of Singapore, P103-104, 2000.

---

2001年2月13日原稿受付

Received, February 13, 2001年2月4日