集中維持機能 (TAF) に関する研究 (XV)

—TAF の優劣と脊髄前角細胞の興奮準位について—

Studies on the Function of Concentration Maintenance (TAF) (Part 15)

—Inherent Level of the TAF in Relation to the Excitability
Level of the Spinal Motoneurone—

北海道大学医学部衛生学教室

高 桑 栄 松・大 中 吉 人・斎 藤 和 雄
増 川 寿 治・藤 田 茂 房・安 藤 義 宣

Eimatsu Takakuwa, Yoshito Ohnaka, Kazuo Saito
Toshiharu Masukawa, Shigefusa Fujita and Yoshinori Ando

Department of Hygiene and Preventive Medicine, Hokkaido University School of Medicine, Sapporo

Physiological analysis has already been made on the characteristic pattern of the ability of concentration maintenance as to the brain waves, especially the alpha wave. The purpose of this study is to investigate the inherent level of the TAF in relation to H-wave recovery curve which is considered as an indicator of the excitability level of the spinal motoneurone.

Thirty seven examinees, all healthy male medical students, were administered the TAF-test and the recording of H-wave recovery curve from the right lower extremity. According to the values of TAF-L the examinees were classified into two groups, excellent in TAF-L of 0.28 to 1.08 and inferior in TAF-L of 1.29 to 2.00. The recovery rate in H-wave was higher in the excellent group at the time intervals of 70, 80, 90 and 100 msec between the first conditioning shock and the second test shock compared with that of the inferior group.

Eccles et al indicate that the spinal motoneurons consist of two kinds of neurone, tonic and phasic, and the duration of after-hyper-polarization is 130 to 200 msec in the tonic motoneurone and 50 to 110 msec in the phasic one. Granit et al observed that the distribution of the tonic and phasic ventral horn cells in cat extensors is 47% and 53% respectively.

Our experiment revealed that the excellent group showed a significantly higher response to the second shock than that of the inferior group at the time intervals from 70 to 100 msec which are contained in the process of after-hyper-polarization, or the relative refractory period. This fact suggests that the inherent level of the TAF may have a certain relationship with the excitability level of the spinal motoneurone, that is, the distribution of tonic and phasic motoneurons in the spinal ventral horn cells as well as the control from the higher nervous system.

1. は じ め に

集中維持機能 (TAF) が mental stress¹⁾ を客観的に適確に表現し, 肉体的労働に基づく疲労の評価にも有用であることは既に報告されている。一方 TAF は曲線にみられる個人特有のパターンについては脳波特に alpha 波^{2), 4)} との関連において生理学的検討がなされているが,

この実験は集中維持機能の優劣を脊髄レベルで検討する目的で脊髄前角細胞の興奮準位を示すとされているH波回復曲線との関連を追求したものである。

2. 実 験 方 法

被験者は22～26歳の医学部健康男子学生37名で, 測定項目は TAF テストおよびH波回復曲線である。

Fig. 1. H-waves provoked by conditioning and test shocks

H波回復曲線の検査には、まず被験者を検査台上に下肢伸展腹臥位とし、足関節以下は台の端から宙に浮かし自由にした。次いで右下肢膝窩部において脛骨神経を経皮的に電気刺激し、同側腓腹筋に誘発される筋活動電位をブラウン管オシロスコープで観察し乍ら、M波が発現することなくかつH波が最大を示す電位での刺激による誘発筋活動電位、すなわちH波を写真記録した。電気刺激には電子管刺激装置（日本光電製）を使用し、刺激条件は放電持続時間1msec、電圧10～60voltの矩形波電圧で、条件刺激・試験刺激とも同一条件とした（Fig. 1）。刺激頻度はそれらの刺激を一組として3秒に1回で、これを5回測定し、その平均値を求めた。条件刺激と試験刺激の間隔を変数として、50～100msecの間は10msec毎に、また100～900msecの間は100msec毎に測定した。通電には $(1 \times 10) \text{ cm}^2$ の帯状銀板を不関電極として反対側的大腿下部に接着固定し、刺激に際して膝窩部を陰極とした。実験はシールド室内で行ない artifact noise を少なくするよう心掛けた。

3. 実験成績並びに考察

被験者を統計的に TAF-L の優れた群 (0.28～1.08) と劣る群 (1.29～2.00) とに群別し、H波回復曲線との関連

Fig. 2. Recovery in relation to conditioning-test shock interval ($m \pm SE$)

をみると TAF-L の優れた群は劣る群に比べて条件刺激・試験刺激間隔 70, 80, 90, 100msec の各々において H 波回復の度合いが有意に大であることが認められた (Fig. 2)。

従来経験的に述べられてきた TAF-L の優劣の評価は Tab. 1 に示されたとおりで、その母集団はいずれも健康成人男子であるが、本実験における被験者はすべて医学部健康男子学生で、TAF-L は 0.28～2.00 と比較的優れている。土門⁵⁾も医学部男子学生はほぼ同様の範囲に入ることを報告している。

土門は同じ論文において TAF 曲線は注意を集中しているときの大脳皮質の状態を反映し、集中維持能の特徴あるパターンを表現するとし、また集中維持機能の優劣は大脳の活動水準そのものでなく、個人が本来もっている皮質・皮質下等の協応能を含めたいわゆる素質といったようなものに関連すると報告している。

本実験においては Fig. 1 に示されるように、条件・試験刺激間隔 70～100msec において H 波回復の度合いが TAF-L の優れた群において有意に大であった。この成績は第 1 刺激（条件刺激）に反応し、次いで第 2 刺激（試験刺激）にも興奮する細胞群が TAF-L の優れた群において有意に多く存在することを示唆している。

Eccles⁶⁾らは脊髄前角細胞の運動ニューロンには緊張性および相性の二種類のニューロンが存在し、緊張性運動ニューロンのスパイク電位に続く後過分極電位(after-

Tab. 1. Classification by TAF-L

	most excellent group	excellent group	fair group	inferior group
empirical range persons	TAF-L < 1.0 7 pers	$1.0 \leq \text{TAF-L} < 1.5$ 19 pers	$1.5 \leq \text{TAF-L} < 3.0$ 11 pers	$3.0 \leq \text{TAF-L}$
range by Domon	0.30—1.08	1.24—2.84		3.25—5.13
range in this study persons	0.28—1.08 19 pers	1.29—2.00 18 pers		

hyperpolarization) の持続時間は 130~200msec で、相性のそれは 50~110msec であると報告している。また Granit⁷⁾ らはネコの腓腹筋-ヒラメ筋を用いた実験で、緊張性運動ニューロンと相性運動ニューロンとの分布はそれぞれ 47%, 53% であると報告している。後過分極現象の進行中は刺激に対する相対的不応期であり、従って細胞の興奮性が低下していることは当然と考えられるが、TAF-L の優れた群は劣る群に比べてこの相対的不応期とされる時間内において、第 2 次刺激に対する反応が有意に大であった。この成績は、H 波回復曲線において第 1 次刺激に反応する運動ニューロンの中で、後過分極継続時間の短いニューロンが第 2 次刺激に反応することを考えると、TAF の優劣に緊張性及び相性のこれら 2 種の運動ニューロンの分布比が関連していることを推測せしめるものである。

一方 H 反射は、高位中枢から抑制促進の拮抗的支配をうけている。すなわち、Fulton, Hives⁸⁾ らは Brodmann 6, 4S 皮質領野は伸展反射に抑制的であると、また Magoun, Lindsley⁹⁾ らは脳幹網様体に抑制・促進の領域があり、この抑制領は皮質、大脳基底核および小脳前葉から抑制的な支配をうけ、錐体外路系として網様体背髄路を経て前角細胞に連絡しており、他方促進系には網様体促進領のほかに、Brodmann 4 領野、小脳前庭核があり、それぞれ網様体背髄路・前庭背髄路が促進的に働いているとしている。他方 Eccles^{10), 11)} らは筋紡錘よりの group 1a 線維は促進的に、臓器官よりの group 1b 線維は抑制的に作用していると報告している。H 反射はこれら中枢および末梢の有機的な関連において成立しているわけであるが、本実験で観察されたように TAF-L の優れた群において H 波回復の反応度が TAF-L の劣った群に比べて大であるということは、これら中枢よりの促進的支配の優位性をうかがわしめるものである。

4. 結 び

H 波回復曲線を見ると集中維持機能の優れた群は劣った群に比べて、条件刺激と試験刺激との間隔 70~100 msec の範囲において回復は有意に大であった。このこと

から集中維持機能の優劣は高位中枢のみならず脊髄レベルでの前角細胞興奮準位とも関連のあることが示唆され、広い意味での皮質・皮質下の協応能の現われとして、それぞれ特徴ある個人固有のパターンを形成することが理解された。

文 献

- 1) 高桑栄松, 池田弘, 他: 集中維持機能 (TAF) に関する研究 (VI) — 変化騒音による TAF の変動 —, 産業医学, 8, 11-14 (1966).
- 2) 高桑栄松, 大中吉人, 他: 集中維持機能 (TAF) に関する研究 (XIV) — 筋疲労における筋電図学的変化との関連 —, 日衛誌, 24, 386-390 (1969).
- 3) 高桑栄松, 土門洋哉, 他: 集中維持機能 (TAF) に関する研究 (IX) — 脳波 (α 波) との関連について —, 日衛誌, 2, 397-402 (1967).
- 4) 高桑栄松, 土門洋哉, 他: 集中維持機能 (TAF) に関する研究 (X) — 大脳皮質活動水準を中心にして —, 日衛誌, 22, 511-515 (1967).
- 5) 土門洋哉: 集中維持機能と大脳皮質活動水準, 北海道医誌, 43 (1. 2. 3.), 1-10 (1968).
- 6) Eccles, J. C., Eccles, R. M. and Lundberg, A.: The action potentials of the alpha motoneurons supplying fast and slow muscles, J. Physiol., 142, 275-291 (1958).
- 7) Granit, R., Henatsch, H. D. and Steg, G.: Tonic and phasic ventral horn cells differentiated by post-tetanic potentiation in cat extensors, Acta. Physiol. Scand., 37, 114-126 (1956).
- 8) 小沢泰郎: 誘発筋電図による Spasticity の研究, 阪大医誌, 11, 207-215 (1959).
- 9) Lindsley, D. B., Schreiner, L. H. and Magoun, H. W.: An electromyographic study of spasticity, J. Neurophysiol., 12, 197-205 (1949).
- 10) Eccles, J. C., Eccles, R. M. and Lundberg, A.: The convergence of monosynaptic excitatory afferent on to many different species of alpha motoneurons, J. Physiol., 137, 22-50 (1957).
- 11) Eccles, J. C., Eccles, R. M. and Lundberg, A.: Synaptic actions on motoneurons caused by impulses in Golgi tendon organ afferents, J. Physiol., 138, 227-252 (1957).

(受付 1969 年 9 月 24 日)