単一神経の記録のための微小ワイヤ電極ドライブ機構†

井 出 英 人*・Ronald M. HARPER**

New Microdrive Mechanism for Extracellular Recording
of Single Neurons Using Fine Wires Electrode

Hideto IDE* and Ronald M. HARPER**

The fine-wire microelectrode technique for recording activity of single neurons has been used more than two decades. We have developed a new microdrive which is more compact and mechanically stable than previous versions, and still requires only hand tools for construction.

Key Words: electrode, single neurons

1. はじめに

神経細胞は、動物の中にあつて情報伝達機能^{2),5)}を担う基本単位である。神経細胞内での情報伝達、処理機能は、電気インパルス・電気ポテンシャル変化の形で行われる。生体情報処理の基本原理の解明には、シナプスでの情報処理の解明が重要となる^{1),2)}。

本研究はマイクロエレクトロニクス技術を用いネコの脳神経に容易に刺入できる電極を試作し、この構造を述べ、慢性実験（自由行動下での実験のこと）から得られた情報解析について述べる。

扁桃体中心核（大脳位における運動知覚領域の一部で呼吸制御も行う）での神経放電と呼吸サイクル⁶⁾との関係を明らかにした。169のニューロンのうち22%が放電することがわかった。

2. 電 極

多数のニューロン活動を電気生理学的に同時に記録する方法はすでにいくつか報告されている^{1),3),4)}。従来は、幾分大きめの微小電極を用いているため単一神経に自由に刺入は難しく、またガラス電極などでは麻酔下では測定可能であったが自由行動下では強度の点

で不可能であった。ここでは多数電極を自由行動下で測定できる電極を開発した。

本研究での試作電極を Fig. 1 に示す。マイクロドライブはBのように外側ガイド管、スクリュー、微小ワイヤ、電極ガイド管よりなっている。電極ガイド管は長さ 36 mm、ステンレス管の外側管 (B-J) は 15 mm である。駆動装置は 0~30 mm 駆動可能。微小電極はおのの絶縁し 25~30 μm （直径）のニクロム線より作った。長さは 100~120 μm である。これを電極ガイドの中を通してネコの脳に刺入する。刺入先端は 1 μm である。

電極 10~15 本束にして入れる。電極ガイドを動かしガイドを出たところで電極が広がるようになってい

Fig. 1 A: cross-sectional drawing of microdrive
B: detail of components. a, machine screw;
b, upper bearing c, outer cylinder; d, lower bearing; e, electrode guide tube;
f, fine wire electrode
C: relationship of implanted electrodes to dental cement, connector and skull

† 第 25 回計測自動制御学会学術講演会で発表 (昭 61・7)

* 青山学院大学理工学部 東京都世田谷区千歳台 6-16-1

** College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University, Setagaya-ku, Tokyo

*** Brain Research Institute, UCLA Los Angeles, California 90024, U.S.A

(Received April 30, 1987)

(Revised July 24, 1987)

る (Fig. 1-C). この開花したように電極が広がり各部のニューロンに刺入できる. 90~100% の確率で各ニューロンからインパルス検出が可能である.

3. データの記録と解析

データの記録および解析システムを Fig. 2 に示す. 活動電位は, 記録部位の近くに設置したプリアンプを介して, 16 チャンネル増幅器により増幅した. 呼吸の検出は横隔膜の肋骨の部分にぬいつけた細い針電極から筋電位 (Electromyogram: EMG) の振幅の実効値 (RMS) として記録した. Fig. 3 に各種測定例を示す. 試作電極から得られた活動電位を Fig. 4 に示す.

血管のカテーテルは大腿の動脈に挿入した. 実験動物は記録を始める前 5~8 日で手術から回復した. 記

Fig. 2 Block diagram of measurement apparatus

Fig. 3 Illustrations of seven states EKG, Electrocardiogram; EEG, Electroencephalogram; EOG, Electrooculogram; B. P, Blood Pressure; Resp, Respiration; ACE, central nucleus of the amygdala

Fig. 4 Tracing of single neuron activity from the nucleus parabrachialis of the pons illustrating a typical recording obtained with the technique

Fig. 5 Indication of raster

録活動中は頭のコネクタにフレキシブルケーブルを取り付け記録室内を自由に動くことができる.

LSI-11/23 により血圧変化, EMG をディジタル化し, 14 チャンネルの FM レコーダに記録した. 横隔膜の EMG の実効値はバンドパスフィルタ (0.1~20 Hz) を通し, 1 秒間に 32 回サンプリングし, ディジタル化した.

ニューロンのスパイク状態をラスタ表示したものが Fig. 5 である. ニューロンのスパイクは電圧-時間弁別器に供給され, この装置からの出力パルスはコンピュータにニューロンの放電発生回数として記録計算される.

4. 結 果

4 匹のネコより 207 個のニューロンを見出し記録した. そのうちの 169 個から Fig. 6 のようなスパイク放電が見い出された.

この実験で記録されたすべての扁桃体中心核細胞において 1~65 spike/s の範囲でインパルス変化が認められた. この平均の放出の割合は AW (waking: 目ざめ) の間は 11.6/s, QS (Quiet Sleep: 軽いねむり) の間は 10.2/s, REM 睡眠の間は 12.0/s であった.

呼吸に関連したニューロンの 43% は, 目ざめている状態 (AW) の間に呼吸サイクルともっとも強い相関を示した. 単一の神経での測定は現在まで多数あるが, 多数電極 (10 個以上) によりネコの慢性実験からの検出は初めての試みである.

Fig. 6 Rate plots of cells in which neuronal discharge was related to the respiratory cycle
AW, Waking; QS, Quiet Sleep; REM, Rapid Eye Movement sleep

今後更に詳細な分析を行いたい。

終りに本研究は昭和60~61年においてカルフォルニア州立大ロサンゼルス校 (UCLA) 脳研究所で行ったものである。UCLA Harper Lab. の研究室員に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 井出, ほか: 生体情報工学, 森北出版 (1986)
- 2) 安井湘三: 細胞生理と計測, 計測と制御, 25-2, 119/124 (1986)
- 3) 井出, 秋村: 淡水魚の神経系の応答, 信学技報, MBE 84-82, 1/8 (1985)
- 4) 井出, ほか: 微小ワイヤを用いた単一神経の記録, 第25回 SICE 学術講演会, JS 46-4, 513/514 (1986)
- 5) 井出英人: 筋電位時系列処理による手指動作の推定, 計測自動制御学会論文集, 20-11, 78/84 (1984)
- 6) H. Ide, et al.: State-Dependent Discharge Interaction of Neurons in Infralimbic Cortex with the Cardiac Cycle, American Heart Associations, May 8, 11/12 (1985)