

## ウシガエル下腿への機械的刺激と坐骨神経集合性活動電位

Action Potential of Sciatic Nerve Induced by Mechanical Stimulation on the Leg of Frogs

9630102 池田寛子 Hiroko IKEDA

## 1. 目的

体表に機械的刺激を加えると、その刺激部位を支配する体性求心性神経が興奮する。しかし一般に、体表への機械刺激においてはその圧は皮膚からその下の筋肉にまで及び、その刺激が皮膚の受容器により受容されたのか、それとも筋の受容器により受容されたのかは必ずしも明らかでない。

本研究は刷子 brush, 毫針 filiform needle, 鉗子 forceps を用いてそれぞれ触刺激, 針刺激, 侵害刺激を、ウシガエルの (1) 皮膚, (2) 皮膚を通して筋まで, (3) 皮膚を剥がして筋のみ, に行ない、これに誘発されて生ずる求心性神経の活動電位を記録し、各部位の受容器の性質および役割を検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料

雌雄のウシガエルを断頭後、脳脊髄穿刺を行ない、坐骨神経を周囲組織から分離してその大腿部中極端で切断した。これを記録電極にのせ、神経が乾かないようにパラフィンオイルで覆った。実験は  $T=25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $p=50\%$  の恒温条件下で行なった。

## 2.2 刺激

刷子 ( $S=3.5 \times 1.3\text{cm}^2$ ), 毫針 ( $r=170\mu\text{m}$ ), 鉗子 ( $S=1.0 \times 0.3\text{cm}^2$ ) を用いてそれぞれ下腿後側皮膚及び腓腹筋に 30 秒間、それぞれ触刺激, 針刺激, 侵害刺激を与えた。

## (1) 触刺激 (刷子)

## (1) 静刺激 (touching)

## (2) 動刺激

① 垂直周期接触 (tapping)  $A=4\text{cm}$ ,  $f=3\text{Hz}$ ② 水平周期接触 (brushing)  $A=4\text{cm}$ ,  $f=1\text{Hz}$ 

## (2) 針刺激 (毫針)

## (1) 静刺激 (留針)

## (2) 動刺激 (行針)

① 垂直周期行針 (提插)  $A=2\text{mm}$ ,  $f=1\text{Hz}$ ② 水平周期行針 (捻転)  $A=\pi$ ,  $f=1\text{Hz}$ 

## (3) 侵害刺激 (鉗子)

(1) 静刺激 (pinching)  $A=3\text{kgw}$ 

## (2) 動刺激: なし

## 2.3 観察と記録

上記の下腿部体性感覚刺激によって誘発される坐骨神経繊維束の集合活動電位 mass discharge を Pt-Ir 電極 ( $l=1.5\text{cm}$ ,  $r=0.1\text{mm}$ ,  $d=3\text{mm}$ ) を用いて取り出し、これを前置増幅器 (S-0476, Nihon Kohden, Tokyo) で増幅してオシロスコープ (5103N,

Tektronix, U.S.A.) およびスピーカー (MR-U4SF, Sanyo, Osaka) で視覚的・聴覚的に同時観察した。またオシロスコープの波形をレコーダー (WS-682G, Nihon Kohden, Tokyo) で記録した (Fig. 1)。

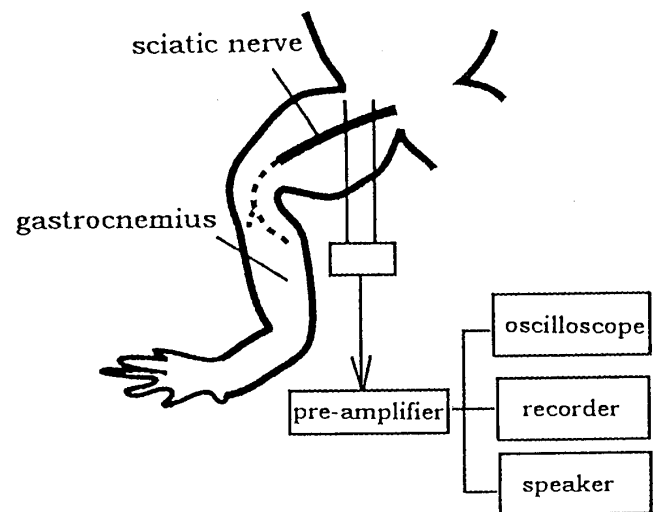


Fig. 1 The schematic diagram of the experimental apparatus

## 3. 結果と考察

## 3.1 刺激の種類とその応答

触刺激 (刷子): 静刺激 (touching) では刺激開始時と終了時のみに大きな振幅の活動電位が見られた

(Fig. 2a1). 動刺激では、垂直周期接触 (tapping), 水平周期接触 (brushing) いずれも接触周期に同期した応答が得られた (Fig. 2a2, 2a3).

針刺激 (毫針): 毫針刺では、進針・退針時のみ応答が見られ、留針中には応答がなかった (Fig. 2b1). 提插 (Fig. 2b2) または捻転 (Fig. 2b3) の行針を行うとその周期に対応した応答が得られた。

侵害刺激 (鉗子): 刺激の開始時と終了時に大きな振幅の活動電位の応答が見られたが、触刺激の場合と異なり、持続刺激の間にも小さな振幅ではあるが、放電があった (Fig 2c).

この様に触刺激と針刺激の場合は、刺激強度に変化があるときにのみ反応が見られた。これはこれらの刺激に関する受容器の順応がきわめて速いことを示している。これに対し、侵害刺激の場合、刺激開始と終了時にみられた大きな振幅の放電は、触刺激の時と同じく速い順応を示すが、定常侵害刺激の間見られた小さ

な振幅の放電は、刺激中ずっと持続した。すなわち完全順応は見られなかった。

針刺激は一般には侵害刺激と思われるにもかかわらず、その順応が触刺激と同様極めて速い。これは針刺激の特徴と言えよう。

### 3. 2 刺激の対象とその応答

針刺激は、皮膚上から皮膚と筋とを針刺した場合と、皮膚を剥がして皮膚を介さずに直接筋肉のみを針刺した場合、皮膚のみに針刺した場合の3種類を試みた。

皮膚と筋の針刺 (Fig. 2b1-1, 2b2-1, 2b3-1), 筋のみへの針刺 (Fig. 2b1-2, 2b2-2, 2b3-2), 皮膚のみへの針刺 (Fig. 2b3-3) のいずれの刺激も体性求心性神経を興奮させた。その中で皮膚と筋を同時に針刺したときの応答がもっとも大きかった。

侵害刺激は皮膚の上から筋を鉗子で強圧したとき、その刺激を継続している間中約  $41\mu\text{V}$  の放電があり、刺激後も5秒以上放電が続いた (Fig. 2c1)。これに対し、皮膚のみを挟んで同じ圧で強圧刺激しても小さな振幅の活動電位しか得られず、刺激後は放電がすぐなくなった。(Fig. 2c2)。

侵害刺激によって興奮する神経はⅢ群 ( $A\delta$ ) およびⅣ群 (C) 繊維であることが知られている。 $A\delta$  繊維は速い痛みを、C 繊維は遅い痛みを伝導する。皮膚と筋を侵害刺激したときは、刺激後も放電が5秒以上続き、皮膚のみを刺激したときは刺激後すぐに放電が止まったことから、速い痛みの侵害受容器は皮膚に、遅い痛みの侵害受容器は筋に主に分布するものと考えられる。また、皮膚を通しての侵害刺激開始、終了時にのみ見られる大きな放電は、触圧刺激によって興奮するⅡ群 ( $A\beta$ ) 繊維によるものであろう。

本研究では、集合活動電位を記録したため、刺激に応じる神経繊維の数が増加するにつれ、活動電位の振幅が大きくなる。そのため、刺激に対する応答の大きさは皮膚を介して筋を刺激したときが最も大きくなった。

#### 【謝辞】

本研究を御指導賜りました大学院佐藤昭夫教授ならびに御助力頂きました東京都老人総合研究所自律神経部門の方々、ならびに感覚生理学研究室の方々に心から感謝いたします。

#### 【参考文献】

1. R. F. シュミット 「スタンダード人体生理学」 シュプリンガー・フェアラーク東京 1994
2. B. オークレー, R. シェーファー 「実験神経生物学」 東海大学出版 1984
3. 日本生理学会 「新・生理学実習書」 南江堂 1996
4. R. F. シュミット 「感覚生理学」 金芳堂 1994
5. R. Eckert and D. Randall, "Animal Physiology", W.H. Freeman and Company, 1983

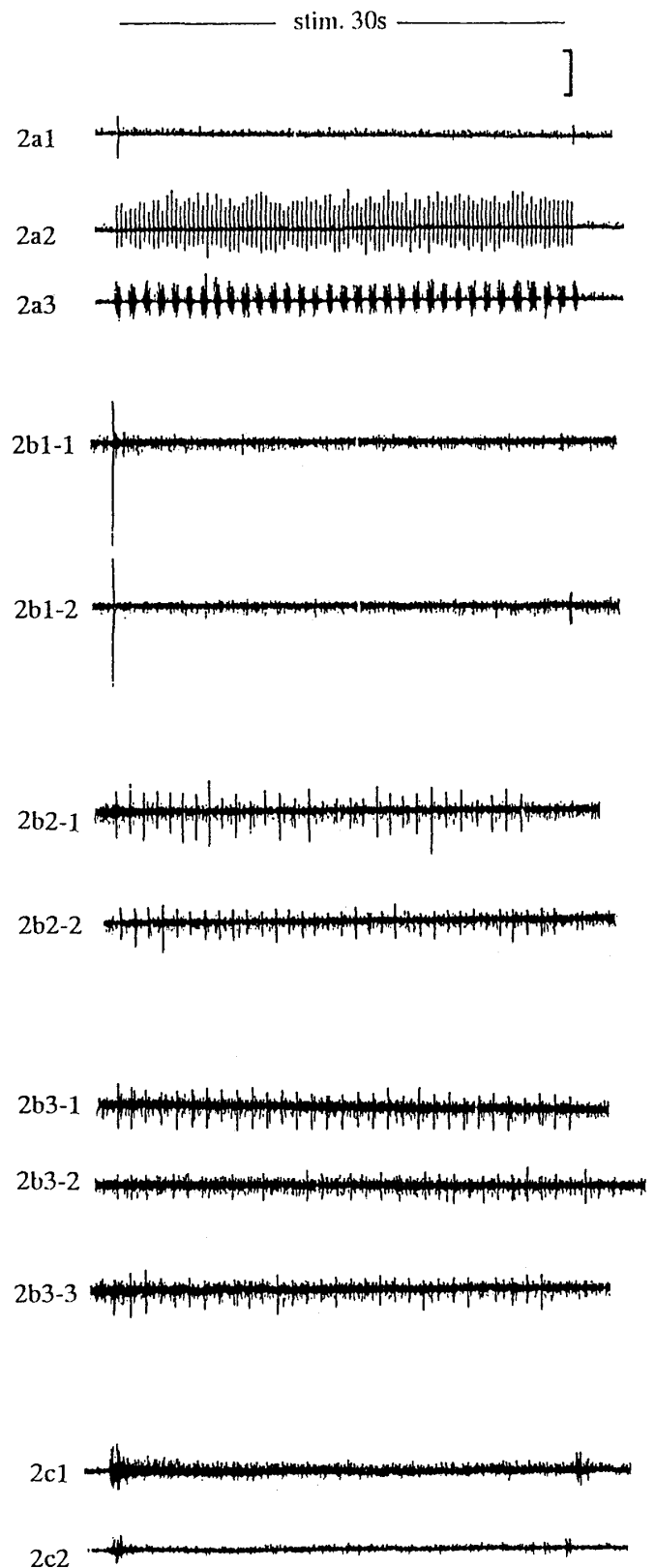


Fig. 2. Typical responses of sciatic nerve to mechanical stimulation for 30 seconds. (a) brush: 1. touching, 2. tapping, 3. brushing, (b) filiform needle: 1. needle holding, 2. vertical oscillation, 3. twist oscillation; 1-1, 2-1, 3-1. inserting through skin into muscle; 1-2, 2-2, 3-2. inserting in muscle directly; 3-3. inserting in skin, (c) forceps: 1. pinching muscle with skin, 2. pinching skin.