

电生理实验讲义

說 明

电生理訓練班是中央卫生部委托我院主办，中国科学院、中国人民解放军后字 243 部队、上海第一医学院、上海中医学院等单位协办的。其中动物实验部分，邀請各单位有关同志担任，得到各单位党政组织和讲课同志的大力支持，特此感谢。

这本讲义大部分是根据讲课同志讲解和示教的内容，发动训练班教师及学员进行整理而成，部分请原讲者审阅过。一部分是由讲课同志或有关单位书面提供的。其内容以学员实际操作的为主，适当增加些有关内容。为了充分反映各单位的经验，个别地方是有重复的。由于整理者较多，因此在篇幅上、文体上很不相同，请读者谅解。我们编辑水平很差，时间又很短，故有错误之处，请读者指正。

讲课同志和提供资料的单位是：

中国科学院生理研究所：

1. 银-氯化银-极化电极 (赵世英)
2. 钢针微电极 (赵世英)
3. 同心电极 (赵世英)
4. 内脏神经干纤维束的分离及其单位电活动的记录 (江振裕)
5. 埋藏电极 (沈克飞)
6. 家兔立体定向图谱
7. 等渗溶液配方及标本槽

中国科学院药物研究所：

大白鼠立体定向图谱 (鄒崗)

中国人民解放军后字 243 部队

1. 中枢立体定向实验 (朱鹤年、卢振东)
2. 金属同心电极的制备 (卢振东、蒋勤)

上海中医学院：

1. 记录离体神经动作电位的基本方法与刺激伪迹问题 (曾兆麟)
2. 豚鼠鼓阶内引导耳蜗微音电位与听神经总合电位的简便方法 (曾兆麟等)

上海第一医学院：

1. 家兔外周神经干 (减压神经、内脏神经) 动作电位的引导方法 (姚泰)
2. 家兔大脑皮层体感觉区诱发电位的引导方法 (张镜如)

上海第二医学院:

1. 神經傳導速度的測定(張鴻德)
2. 終板电位(張鴻德)
3. 蟾蜍交感神經放电記錄(生理教研組)
4. 貓(兔)內脏神經电活动的記錄(葯理教研組)
5. 大白鼠腹腔交感神經干的电位引导法(病理生理教研組)
6. 不銹鋼絲的焊接(陈希賢)
7. 三角粘固粉与自凝牙托粉的使用(陈希賢)
8. 用玻璃微电极記錄細胞內靜息电位与动作电位(潘家普、卓瑞鵬、秦家楠)
9. 拉制及灌注玻璃微电极的基本方法(卓瑞鵬、潘家普、秦家楠)
10. 电生理仪器的正确使用(金正均)
11. 利用簡單的摄影装置进行示波管摄影的方法(苏祖良)

目 录

一、记录离体神经动作电位的基本方法与刺激伪迹问题	1
二、神经传导速度测定	6
三、终板电位	8
附一、等透压溶液配方	
附二、标本槽	
四、银-氯化银-极化电极	13
五、钢针微电极	17
六、同心电极	20
七、家兔外周神经干(减压神经、内脏神经)动作电位的引导方法	23
附一、蟾蜍交感神经放电记录	
附二、猫(兔)内脏神经电活动的记录	
附三、大白鼠腹腔交感神经干的电位引导法	
附四、内脏神经干纤维细束的分离及其单位电活动的记录	
八、家兔大脑皮层体感觉区诱发电位的引导方法	40
九、中枢立体定向实验	43
附：金属同心电极的制备	
十、埋藏电极	51
附一、不锈钢丝的焊接	
附二、三角粘固粉与自凝牙托粉的使用	
十一、豚鼠鼓阶内引导耳蜗微音电位与听神经总合电位的简便方法	59
十二、用玻璃微电极记录细胞内静息电位与动作电位	62
十三、拉制及灌注玻璃微电极的基本方法	73
十四、电生理仪器的正确使用	82
十五、利用简单的摄影装置进行示波管摄影的方法	93
十六、大白鼠立体定向图谱	99
十七、家兔立体定向图谱	113

記錄离体神經动作电位的基本方法与刺激伪跡問題

一、实验目的与要求

蛙或蟾蜍离体神經干动作电位記錄方法是电生理学中基本技术之一。本实验的目的在于熟习离体神經动作电位的記錄方法，并了解刺激伪跡产生的原因。

要求每个实验小组作出典型的动作电位，并分析不同的引导方法对刺激伪跡的影响，以便熟悉消除伪跡的基本方法。

二、实验仪器、器材及药品

仪器：

示波器：规格要求：灵敏度 $1\text{mv.} / 1\text{cm.}$ ，可单触发，并能与刺激器同步。低频选择， $T.C. = 0.1 - 0.01$ 秒，高频选择， 15KC. 。前级放大器的訊号栅，通过 $0.1 - 0.05 \text{uf}$ 电容器与神經标本联接。

刺激器：规格要求：刺激强度可調在 $0.1\text{V.} - 150\text{V.}$ 的范围。方波波寬 $0.1 - 0.2 \text{ms.}$ 。第一延迟有粗細調节。有触发輸出，有单次手动触发装置，并有連續和单一方波輸出。刺激器无輸出时，阴极輸出器上无直流电位，在这种条件下可以不用刺激隔离器。

刺激隔离变压器：最好用 $1:1$ 低週变压器，此时刺激强度并不衰減。亦可用輸出变压器代，即用它的初級二个綫圈（圈数比亦为 $1:1$ ），或者把它的初級两个綫圈串联作为一側，把次級 $0 - 8\Omega$ 綫圈作为另一側。但此时刺激强度大大衰減，衰減比为 $28:1$ 。

校准訊号器。

器材：

神經盒：安放神經于刺激电极与記錄电极上，使能施加刺激和記錄动作电位的装置（如图 1），根据实验的要求不同，可自行設計制造。一般常用的有蜡質、塑料、金属神經盒数种。塑料神經盒系用

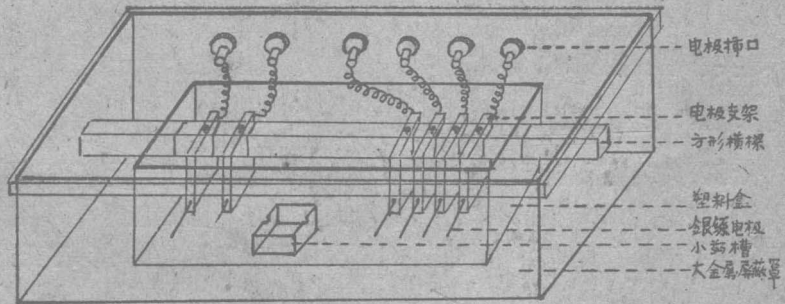


图 1 神經盒全套装置

氯仿将聚氯乙稀板胶合制成。盒之中部按装一有刻度的方形橫樑。刺激电极与記錄电极按装在方形橫樑上。刺激电极与記錄电极之間的距离，以及各个記錄电极之間的距离，均能适应实验的需要任意調节。大金属屏蔽盒可用大号鋁制飯盒或用注射針消毒盒代替之。其具体规格要求如图 1—4。

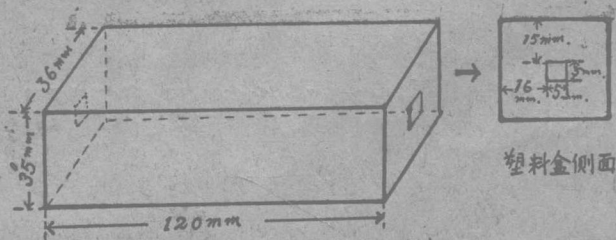


图2 神經盒內之塑料盒

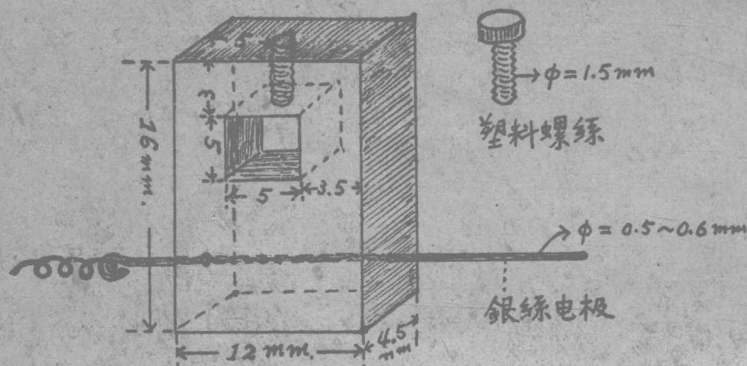


图3 电极支架

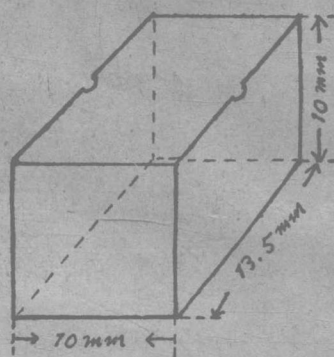


图4 小药槽

其他器材：国产游絲鑷子×1，眼科鑷子×1，普通剪刀×1，虹膜剪刀×1，探針×1，蛙固定釘×4，玻璃分針×2，乳头吸管×2，玻片×2，蛙板×2，玻璃燒杯(100 ml)×3，搪瓷杯×1，搪瓷方盘×1，濾紙条×2，普通棉綫若干，棉球若干，話筒插头連接話筒插头導綫×1，三蕊插头連接三个香蕉插導綫×1，魚夹連接香蕉插導綫×1，魚夹連接魚夹導綫×1，話筒插头連接二个魚夹導綫×1，三蔽插头連接微分开关導綫×1，三蕊插头連接話筒插头導綫×1。

藥 品：

任氏液；配方：氯化鈉 6.5克 氯化鈣 0.12克 磷酸二氫鈉 0.01克
 氯化鉀 0.14克 重碳酸鈉 0.2克 加蒸餾水到 1000 ml.

三、实验动物及标本的制备

实验动物：蛙或蟾蜍。

为使实验得出典型结果，实验动物的健康是很重要的条件。蛙或蟾蜍饲养不好，往往皮肤上发生溃疡或产生全身脱水现象。为了保证动物健康，每周喂两到三次新鲜肉类。一般利用实验动物肉（如兔），将肉剪成小块，填入口内。夏季为了防止脱水，将动物放在铁丝笼中，切勿拥挤在一起，每日用自来水冲洗1—2次，同时喂以鲜肉。如此可喂养1—2个月，以保持动物的健康状态良好。

标本制备：蛙或蟾蜍坐骨神经、腓神经、胫神经标本的制作过程与生理学中的制备坐骨神经腓肠肌标本的方法大致相同，可参考有关生理学实验教科书。但必须注意；①要用剪刀剪断皮下结缔组织来分离皮肤，禁止撕皮；②分离神经时，切勿用玻璃分针拉断其周围结缔组织，必须用眼科剪刀剪开神经周围的结缔组织膜及神经小分枝，以免伤及神经。

标本制作过程简介如下:

(1) 取蛙或蟾蜍(以下统称蛙)一只,用探针自枕大孔破坏脑及脊髓。将蛙背位置于蛙板上,自下腹部耻骨上缘剪开皮肤及肌壁,分离内脏,推向上方,然后将头部、上肢、腹上部以及全部内脏剪去,仅保留下腹部以下的脊柱及下肢。以浸有任氏液的棉花盖于神经之上将蛙腹位固定于蛙板上,下面垫以清洁玻片。用剪刀剪开皮下结缔组织,分离皮肤直到踝关节为止,将皮肤及脚趾一併剪掉。

用任氏液冲洗剥皮后的下肢标本。同时将玻片,蛙板,剪刀,镊子等用自来水清洗,后再用任氏液擦洗,以免有皮肤分泌物遗留其上,污染神经而影响神经的机能活动性。

(2) 将下肢标本背位放于已清洗过的蛙板(或另换一块蛙板)上,用玻璃分针轻轻钩起坐骨神经腹腔段,剪断周围的结缔组织及神经小分支,以任氏液浸湿的棉线在神经离开脊柱处结扎剪断。以所用结扎线的不同颜色或留线的长短,标记不同动物或不同侧的神经标本。

(3) 将下肢标本翻成腹位,沿大腿的半膜肌与股二头肌之间,分离坐骨神经下段,直至膝关节,同样注意,不可撕断神经周围的结缔组织,必须用剪刀剪断之。

(4) 在腓肠肌两侧沟内,分别分离出胫神经及腓神经,分离方法同前。但此段神经较细,且当神经绕过膝关系时,上面复有肌腱、肌膜等,在分离时较易损伤或剪断神经,应特别小心。一般腓神经近于肌肉表面,较易分离,而胫神经上面复盖组织较多,应更加注意。

胫神经及腓神经游离到距离神经与腓神经分枝处 1.5—1.8 厘米处剪断。至此神经标本分离完毕。如果神经周围遗留有多余的结缔组织及血管等,用游丝镊子轻轻撕去。然后浸在 10—15°C 的任氏液中 30 分钟,俟其兴奋性稳定后开始实验。

四、实验方法

1. 将神经盒及其所有电极用浸有任氏液的棉球拭擦。

2. 按图 5 方框图将示波器、刺激器、隔离变压器及神经盒等连接好,并检查各部分是否接通和好用。

3. 将已制备之神经标本,用镊子挟其结扎线,从任氏液中取出,先放在滤纸条上将过多的任氏液吸掉。再把神经标本放在电极上,准备实验。

4. 将一条滤纸以水湿润后,贴在神经盒的盖上,以保持一定的湿度,防止神经标本干燥。

5. 前级放大器由输入讯号栅通过 0.1—0.05 μf 电容器与神经标本连接。整步选择在示波器的外 \ominus 处,因为刺激器的触发讯号为负的。扫描速度为 0.5—1.0 厘米/毫秒。适当地调节刺激器的第一延迟,使动作电位波,正好出现在萤光屏的当中位置。

脉冲的波宽,波幅的调节;将波宽旋钮旋在最小 0.05 毫秒处,波幅旋钮旋在 100 处,衰减旋钮旋在 0.01 处,然后按动微分开关,给与单刺激,观察动作电位的大小,如波图太小再调节波幅旋钮,使之有一适当的动作电位波图。

6. 调节适宜后,按下述不同引导方法进行观察;

1) 单边输入引导法;按图 6 中之 1,2,3,4,5,图示的不同引导方法进行观察实验:

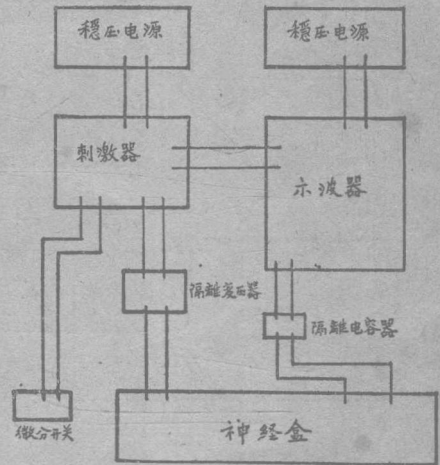


图 5 实验装置方框图

- 2) 双边输入引导法; 按图6中之6,7,8,9,10 图示的不同引导方法进行观察实验;
 3) 不用隔离变压器的双边输入引导法; 按图6中之12,13,14, 不同引导方法进行观察实验。

7. 各种不同引导方法要求作出典型波形, 波幅不小于5mv. 并记下时标。

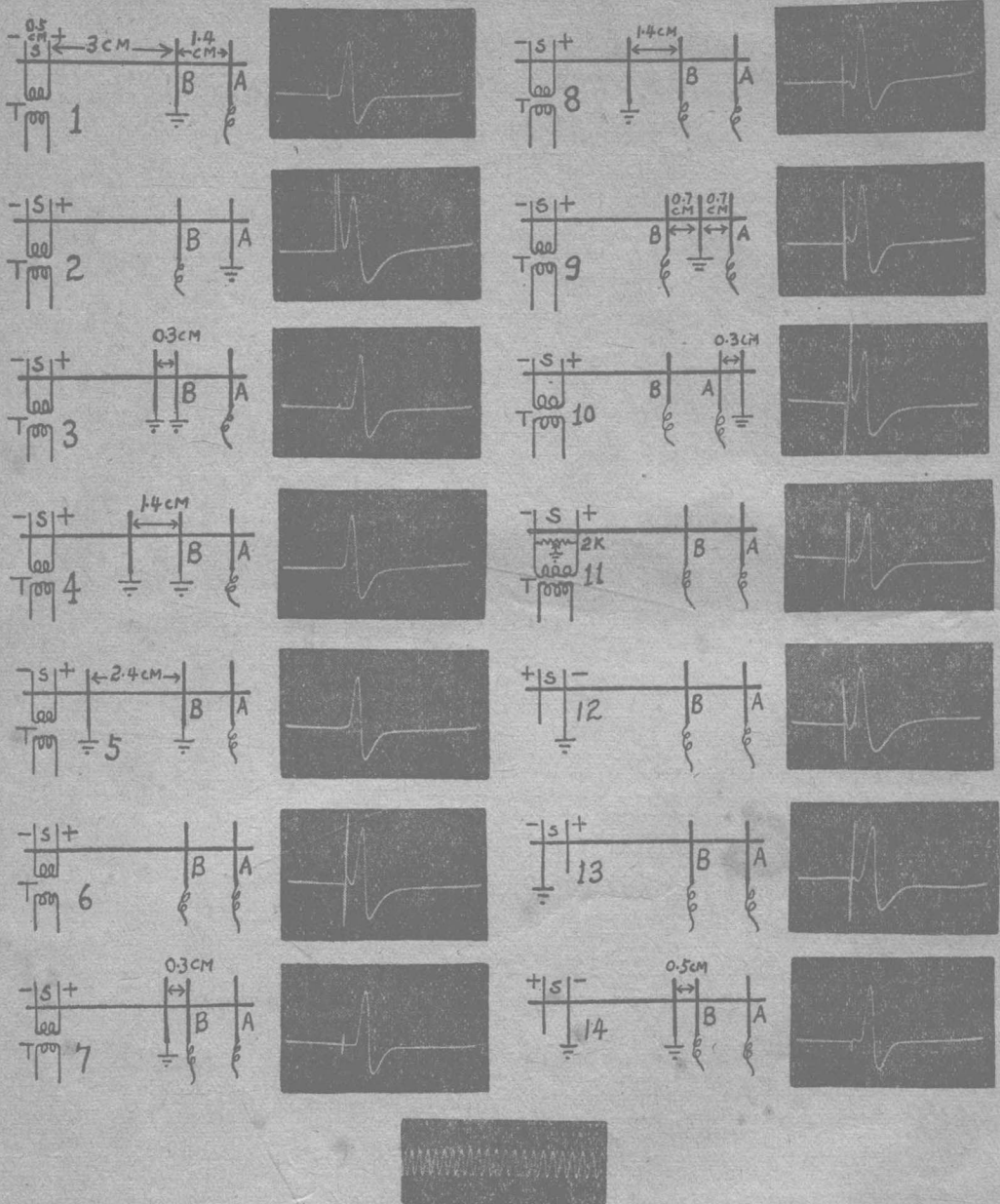


图6 不同引导方法对刺激伪迹的影响

每一小图左侧为引导电极与刺激电极连接方式, 右侧为动作电位与刺激伪迹示波器照片。S 为刺激电极, +、- 表示电流的极性。A 与 B 为引导电极。T 为隔离变压器。负波向上偏转。时标 1 毫秒电压: 峰到峰 4 毫伏。

五、注意事項

1. 神經标本放在电极上的方向是在近心端給与刺激，自远心端引导动作电位，不可置倒。神經的两端不可碰在神經盒底，盒壁，亦不可使神經两端折迭堆在电极上，以免影响动作电位的大小及波形。
2. 神經盒內的湿度不可过大或太小。
3. 最初的刺激强度不可过强，先由小的强度开始，逐步加大至适宜的波幅，以免过强刺激伤及神經标本。
4. 事先将示波器的灵敏度用校准訊号器調节为 $1\text{mv}/1\text{cm}$ 。

六、参考文献

- ①Gasser, H. S. and Erlanger, J.: A study of action currents of nerve with the cathode ray oscillograph. Amer. J. physiol, vol. 62 p. 496, 1922.
- ②曾兆麟：阻容耦合生物电前級放大器的設制。生理科学进展，5卷472頁，1963年。
- ③秦詒純：綜合电刺激器，仪器与实验技术，第四期，18頁，1958年。
- ④Donaldson, P. E. K.: Electronic Apparatus for Biological Research. P. 609. Butterworths Scientific Publications, London. 1958.
- ⑤Guld, C.: Use of scruned power transformers and output transformers of reduce stimulus artefacts. In: Medical Electronics, Proc. of the 2nd. International conference on medical Electronics. Paris Ed. by Smyth, C. N. P. 25, 1959.
- ⑥Schmitt, O.: A radio frequency coupled tissue stimulator. science, vol 107, P. 432, 1948.
- ⑦Rud, J.: Local anesthetics—an electrophysiological investingation of local anesthesia of peripheral nerves, with special reference to xylocaine. Acta physiol. scandi. Vol. 51, suppl. 178. P. 17-51. 1961.
- ⑧Gasser, H. S. and Erlanger, J.: Electrical signs of nervous activity. university of pennsylvania, 1937.
- ⑨Lorente De Ne R: Astudy of nerve physiology. study Rockefeller Inst. Med, Res. 1947, Vol 131-132.
- ⑩曾兆麟、郁望耀、吳定宗：离体神經动作电位不同記錄方法对刺激伪跡的影响。生物学通报，5期，第37頁，1964年。
- ⑪Seely, S.: Electron-tube circuits. P. 334, Mc Graw-Hill Book company New york 1958.
- ⑫Bures, J. 等著(范世藩、江振裕譯)：电生理学方法，上海科技出版社，第91頁，1963年。

神經傳導速度測定

一、目的

用电生理仪測定坐骨神經中A纖維羣的 α 纖維冲動的傳導速度。

二、實驗動物

青蛙或蟾蜍。

三、實驗器材

蛙解剖器械一套；任氏溶液，棉花球及棉綫，标本屏蔽盒；灵敏度 $100\mu\text{v}/1\text{cm}$ 的阴极射綫示波器，刺激器，标准訊器，低頻振盪器或时标，刺激隔离器（可有可无）。

四、實驗过程

1. 标本制备：取青蛙一只，用金属探針插入枕骨大孔，破坏脑组织及脊髓使动物全身瘫痪。

把蛙俯位固定于蛙板上，用玻璃分針在其大腿背部股二头肌与半膜肌，小腿腓骨肌与腓腸肌之間分离出坐骨神經和腓神經，看清楚腓神經坐骨神經向上直到脊髓发源的路經后，将二者周圍的所有分枝在靠近二者处切断并分离出腓——坐骨神經，然后翻轉标本，将腓——坐骨神經輕拉至腹面，再将脊柱切成二片，剪下与神經相連的一小片脊椎骨以便操作时提取标本之用。制成之标本放于盛有任氏液的小皿中备用。标本要求愈长愈好，最好达13cm以上。

2. 按照下图佈置，安装和連接綫路。

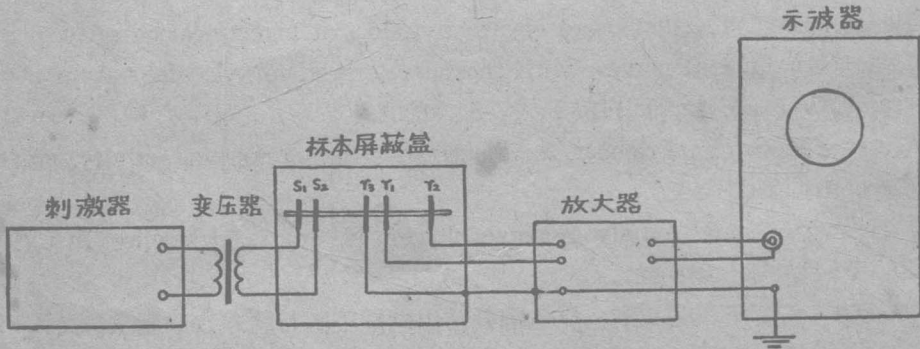


图1 S_1S_2 刺激电极， $\gamma_1\gamma_2$ 记录电极， γ_3 无关接地

3. 把神經标本置于屏蔽盒內与刺激电极 S_1S_2 ，记录电极 $\gamma_1\gamma_2$ 和接地綫 γ_3 妥善地接触。注意极間不能有水液以免短路。

4. 調节示波器的Y軸增益使 $100\mu\text{v}$ 标准訊号輸入跳动1cm。

5. 开始将 $\gamma_1\gamma_3$ 連于放大器輸入端，調节刺激器以适当强度和頻率刺激神經（刺激强度应由弱到强）。

观察萤光屏上所出现的动作电位，起初出现的电位是由A群中 α 组纤维来的，刺激强度增强渐渐出现 β 组最后还可见到 γ 组纤维的动作电位，如图：但标本的长度须在13cm以上。（刺激时间不宜连续过久，以免神经损伤）。

调节扫描频率和X轴增益，使出现的动作电位波形清晰而稳定地固定在萤光屏中心即呈整步状态。

分辨清楚刺激伪迹与动作电位的波形并量出刺激伪迹与动作电位起始处间的距离（数出萤光屏上的小方格数）。

6. 拉下 γ_1 记录电极改连上 γ_2 按⑤项中所有内容以次作出并量出 γ_2, γ_3 引导出的伪迹与动作电位起始处间的距离。

7. 求出 γ_1 与 γ_2 处出现动作电位的间隔距离（小方格数）。

8. 用尺量出 γ_1 与 γ_2 标本间距离(S)以米为单位。

9. 把记录电极连线由示波器输入接线柱上拉下，代之以低频振荡器输入或直接输入50 c/s 交流干扰也可。

细细的调节振荡器的频率，使其输出振荡波恰能如同动作电位一样成整步状态稳定于萤光屏上。

注意在输入时标时要用和记录动作电位时同样的扫描频率，和X轴的增益，调节X轴位移使时标在适当点处开始。

10. 计算出二个动作电位间差距的时间(t)以秒为单位。

方法： $t = 1/c$ (振荡器频率) X (二个记录电极动作电位间差距的频率数)。

11. 平均传导速度 [(v)米/秒为单位] 的计算：

$$V = S/t$$

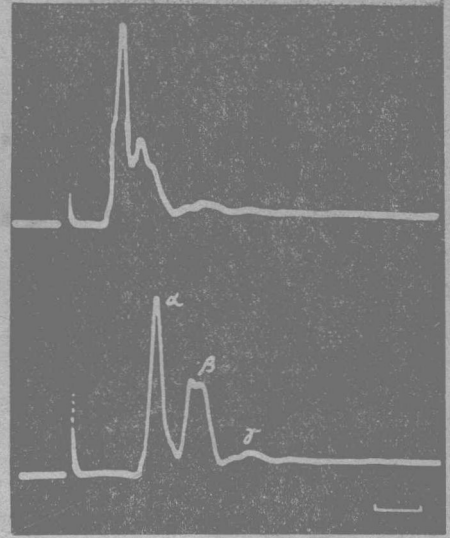


图2

青蛙坐骨和腓神经A类纤维的传导速度
时标：2毫秒。

終板电位

終板电位是神經肌接头发生的一种負性的、不播傳的、局部电位。它不是“全或无”的，有总合作用。

实验目的

1. 观察箭毒处理后的蟾蜍坐骨神經——縫匠肌的終板电位(振幅的大小及时程)。
2. 观察終板电位的空間分佈，認識終板电位是不傳播的局部电位。
3. 观察重复刺激时及重复刺激以后終板电位的变化。
4. 观察抗胆硷酯酶藥物及乙酰胆硷对終板电位的作用。

实验器材

蟾蜍、蟾蜍解剖器材、快刀片、任氏液、滴管、鉗銅弓、肌肉——神經标本屏蔽盒、双脈冲刺激器、隔离变压器(1:1)、慢扫描示波器、标准信号器、 10^{-5} 箭毒任氏液、 10^{-5} Prostigmin 任氏液、乙酰胆硷、药棉。

实验过程

1. 制备蟾蜍坐骨神經——縫匠肌标本：

(1) 毀坏脑脊髓，从腋下剪断脊柱，剪去軀干前半部，移去內脏，剝离皮肤(操作同蟾蜍肌肉——神經标本制备)，将标本腹面向上固定于蛙板。

(2) 切开恥骨縫合，沿正中綫将标本分为两半：剪去恥骨縫合处附着的腹直肌殘留部分(用鑷子提起再剪，以免损伤下面的肌肉)，用薄而快的刀片正中切开恥骨縫合，然后用剪刀沿中綫将标本分为两半(不要损伤神經及縫匠肌)。

(3) 分离縫匠肌及支配它的神經：从上向下沿縫匠肌的內、外側緣分离縫匠肌的肌膜，先分离外侧后分內侧。分离时鑷子或玻璃分針只能沿縫匠肌的內外側緣輕輕从表面剝离，不能深入縫匠肌下面，以免损伤神經(特别是內侧)。

用玻璃分針从近骨盆端分离縫匠肌(縫匠肌位于长收肌及內收肌上面，如图1甲)，游离上端，并剪下一片骨头附于其上以备固定。

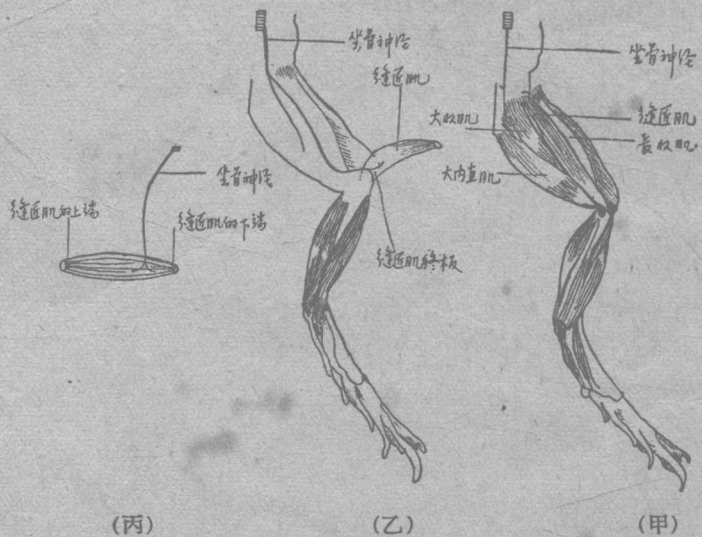


图1 坐骨神經——縫匠肌終板标本

輕輕提起縫匠肌的上端，將之轉向外下方(如图1乙)，繼續从上向下分离，先分离外侧后分离内侧。内侧分离至下 $\frac{1}{2}$ 处时注意寻找神經分枝(縫匠肌的上 $\frac{1}{2}$ 的肌纖維上沒有神經末梢分佈，而下 $\frac{1}{2}$ 处则为神經末梢分佈較集中的区域，且下 $\frac{1}{2}$ 近中綫处有两个小分枝合成一枝后，从外向內进入肌肉，在大內直肌及大收肌下面伴随血管向上行走，于股骨头附近汇入坐骨神經)，找到分枝后，沿着神經行走方向暴露神經(剝离并剪去大內直肌及大收肌)，进行分离(細心剪断周圍所有分枝)，直至坐骨神經根部。剪下一小片脊椎骨附于坐骨神經干上(如图1丙)。

分离縫匠肌下端的肌腱，并剪下它所附着的一片骨头，以备固定(如图1丙)。

支配縫匠肌的神經极为細小，易断易干燥，分离时要細心，尽可能剝离干净。分离过程中要經常加任氏液保持湿润。

2. 將制备好的标本浸入任氏溶液中3—5分钟待兴奋性稳定后(用鋅銅弓檢查)放入 10^{-5} 箭毒任氏液中浸10—20分钟后用鋅銅弓檢查当标本不起反应时，可将标本裝于屏蔽盒中即刻进行实验。装置见图2及附二标本盒。

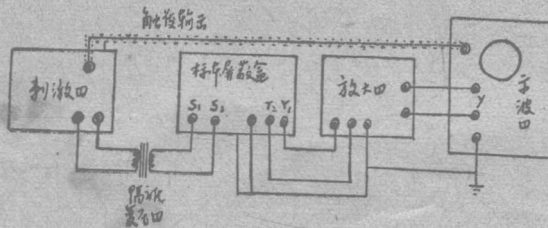


图2 終板电位記錄装配图

3. 实验項目:

(1) 刺激坐骨神經(单刺激)，观察終板电位，測量其振幅的大小及持續時間(終板电位上升緩慢坡度比动作电位的大，持續的時間較长约50—60毫秒)。

(2) 观察終板电位的空間分佈: 从上向下移动引导电极，观察单个刺激引起終板电位的变化——上升相、振幅(愈近終板上愈快，振幅愈大，終板最集中处振幅最大。如图3)。

(3) 观察 10^{-5} Prostigmine对終板电位的影响用另一标本放于等量的 10^{-5} 箭毒任氏液及Prostigmine任氏液混合液中浸泡与前一标本同样的時間后，观察終板电位，并与第一項实验結果比較(示波器的放大倍数，X軸的增益及扫描頻率要与第一項实验的相同)。

(4) 观察終板电位的总合: 調节双脉冲刺激間隔，使双脉冲刺激間隔逐漸縮短，观察終板电位的变化(见图4b)，用单脉冲重复刺激(f逐漸增加)观察終板电位的变化(如图4c, d.)。

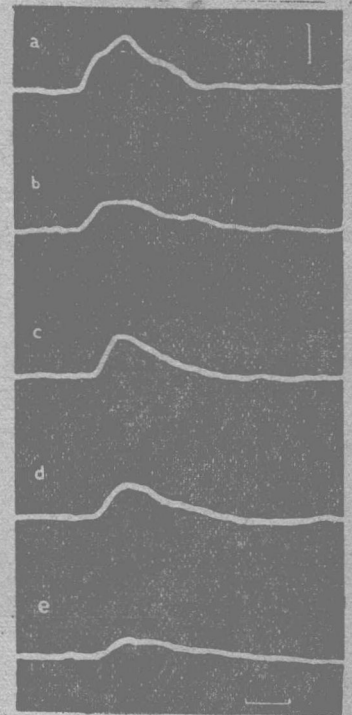


图3 終板电位的空間分佈(c-e)

- c. 距縫匠肌骨盆端7毫米
- d. 距6毫米
- e. 距5毫米
- 不同程度箭毒化时(a-b)
- a. 部份箭毒化时
- b. 完全箭毒化时

(5) 用浸过乙酰胆硷的小棉球(直径约1毫米)放于终板区,观察终板电位的变化(加乙酰胆硷后终板电位振幅增大)。

注意事项

1. 引导电极 γ_1 放在缝匠肌的距骨盆端2—3毫米处固定不动。 γ_2 可以移动。

2. 示波器灵敏度: 1 mv/cm。

示波器用触发扫描, 频率2—5 c/s。

3. 刺激器:

波宽: 0.1—0.2 ms。

强度: 从小→大, 逐渐增加, 如用641型刺激器振幅粗调至0.1档(最大为15V)。

第一延迟: 不能大于所扫描生物电的全程。即不能大于100 ms。

附一: 等渗压溶液配方 (单位=克 溶于1公升水中)

药 物 名 称	任氏	洛克氏	台氏	沸氏	Kreb's	Ginsborg's
	Ringer's	Locke	Tyrode	Fleisch		
氯化钠 NaCl	6.75	9.00	8.00	10.00	7.00	8.77
氯化钾 KCl	0.15	0.42	0.20	0.50	0.35	0.37
氯化钙 CaCl ₂	0.20	0.24	0.20	0.30	0.28	0.55
氯化镁 MgCl ₂	—	—	—	0.10	0.64	0.40
碳酸氢钠 NaHCO ₃ **	—	0.30	1.00	—	0.42	1.84
碳酸二钠 Na ₂ CO ₃	—	—	—	0.50	—	—
磷酸氢二钠 Na ₂ HPO ₄	—	—	0.05	—	—	—
磷酸二氢钠 NaH ₂ PO ₄ (2H ₂ O)	—	—	—	0.49	0.208	—
葡萄糖*	—	—	1.00	1.00	0.40	0.40
酸硷度	—	7.5	8.0	7.5	7.2	—
用 途 (动物)	两栖类	哺乳类	哺乳类 心脏	哺乳类 平滑肌	豚鼠	鸡

註: *葡萄糖在使用前加进去, 存放时间长易生霉变坏。

**待以上三种药物完全溶解后, 将另外用以上1公升之内的200毫升水溶解之碳酸氢钠的溶液加进去, 以防产生碳酸钙而沉淀。

CO₂ 吹

CO₂ 吹

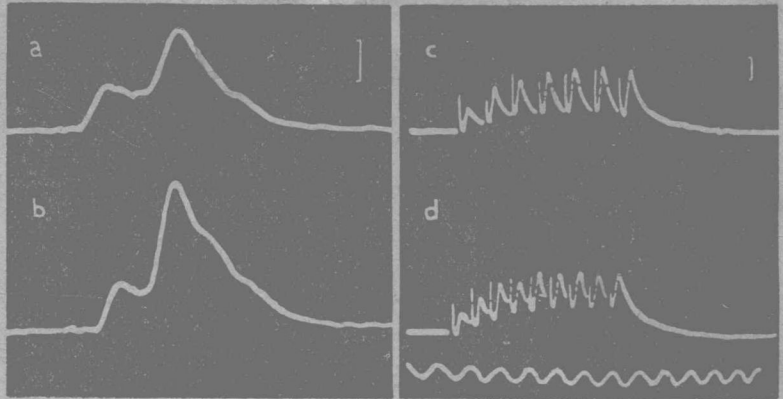


图4 终板电位的总合

a, b. 由不同间隔的双刺激引起的两个终板电位的总合

c, d. 由一串脉冲引起的反应的总合

时标: 100c/s 电压校准: 2mv.

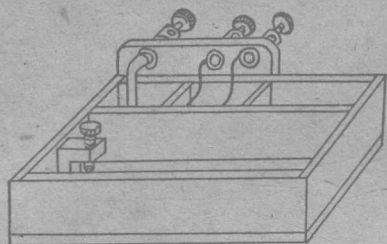


图 1

简单有机玻璃制肌肉神经槽

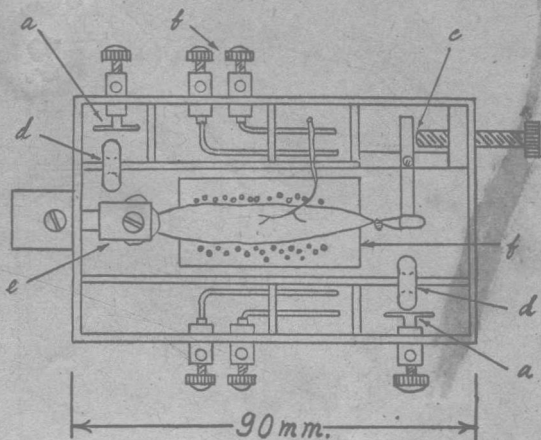


图 2 有机玻璃制的肌肉槽示意图

- a 无关电极，镀过氯化银；
- b 刺激电极；
- c 调节肌肉松紧罗丝横杆；
- d 盐桥，U型玻璃管灌满任氏液溶明胶；
- e 肌肉夹；
- f 绷开肌肉垫板，用不锈钢针将肌肉外边缘上薄膜固定插在垫板上小孔内。

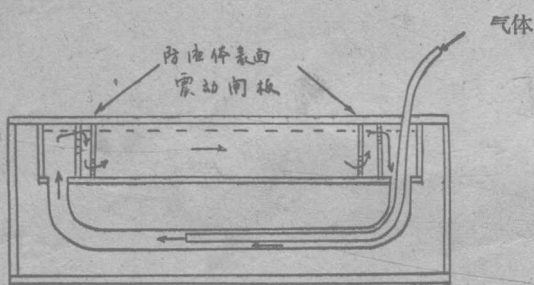


图 3 气体推动液体循环
根据需要设计肌肉神经槽的过程

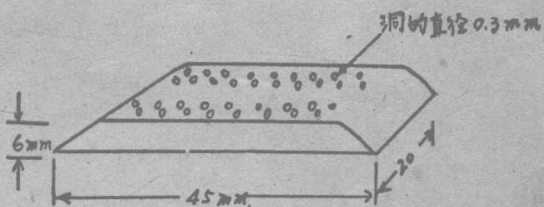


图 4 绷开肌肉垫板

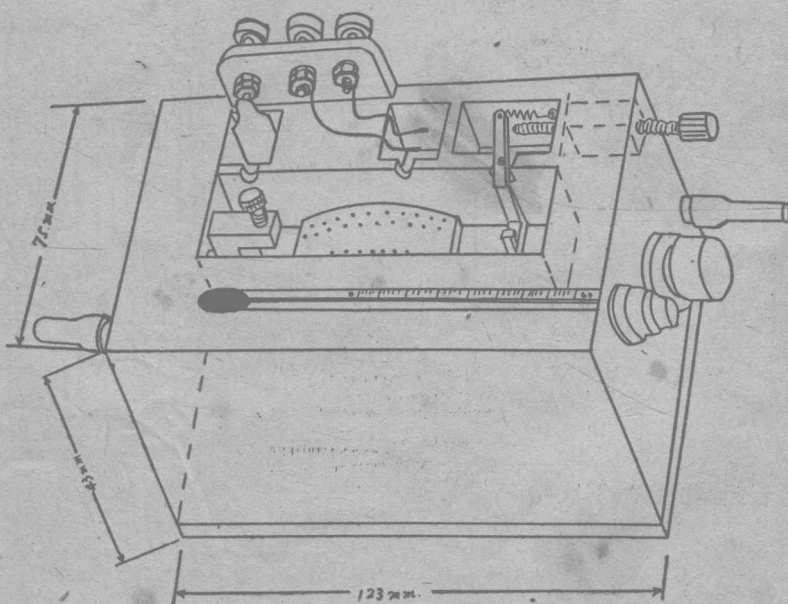


图 5

加套层可以
改变温度的
肌肉神经槽

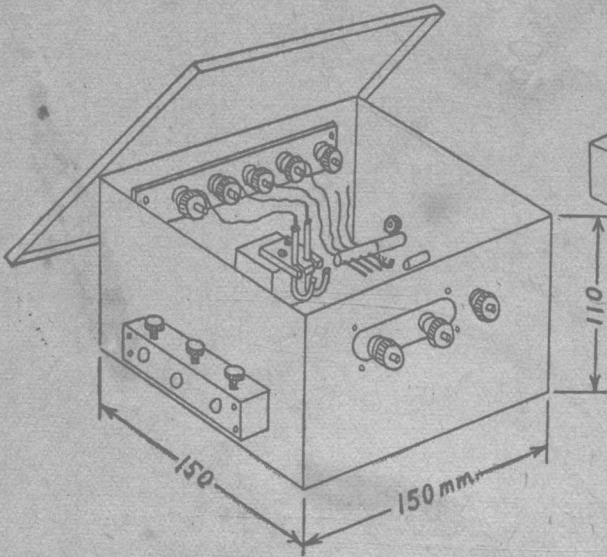


图6 多用式方铁盒神经肌肉槽

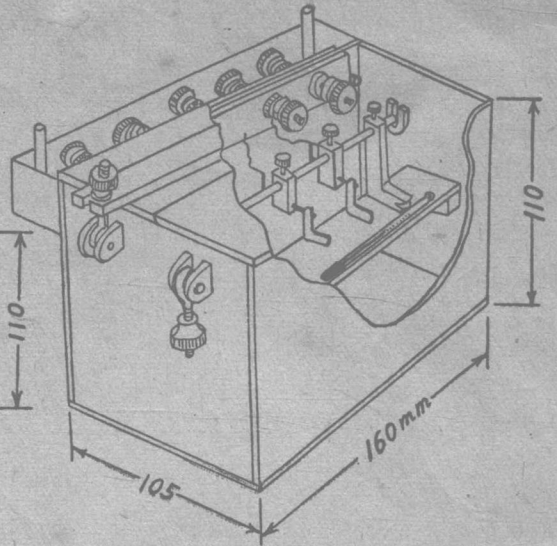


图7 黄铜制密封式神经槽

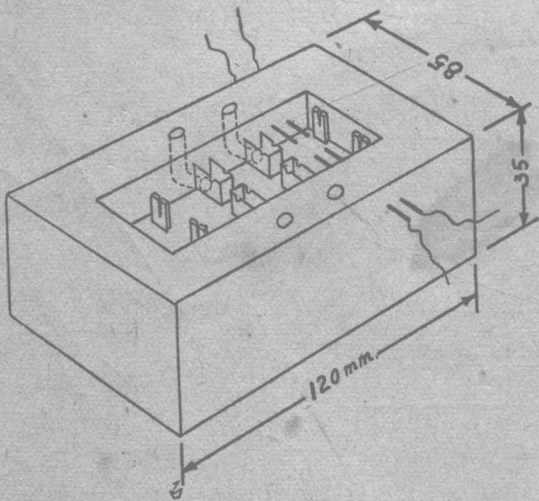


图8 石蜡制的神经肌肉槽

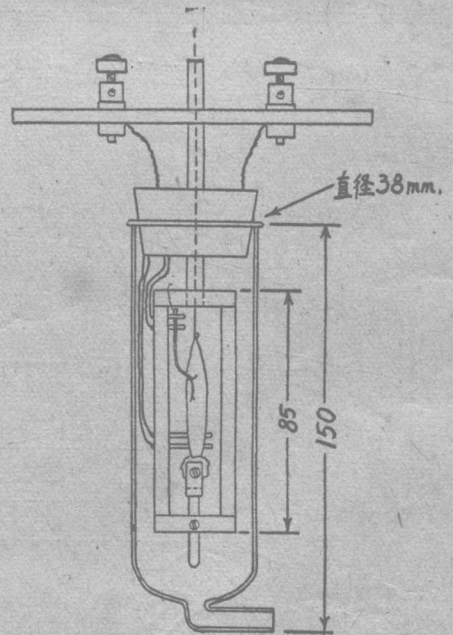


图9 玻璃肌肉槽

銀—氯化銀乏极化电极

乏极化电极种类很多，如鋅—硫酸鋅、汞—氯化汞、銀—氯化銀等等。本实验仅做最常用，制备最简单的銀—氯化銀 (Ag—AgCl) 乏极化电极。

一、Ag—AgCl 乏极化电极的作用原理

先做一个简单的实验。按图1电路联接 (注意：必須并联 500 欧姆电阻)。实验的步骤是：1、电刺激器输出方波，直接送入示波器 (或用 6V 蓄电池、干电池)，观察方波的波形。调节示波器扫描频率为 1—2 次/秒，方波振幅与波宽各占 6—8 厘米。观察半分钟，其波形似图2甲所示。2、将 S_1 通路， S_2 断路，观察方波通过乏极化电极后的波形 (观察半分钟)。波形似图2乙所示。3、将 S_2 通路， S_1 断路，观察方波通过普通銀絲电极后的波形 (观察半分钟)。波形似图2丙所示。

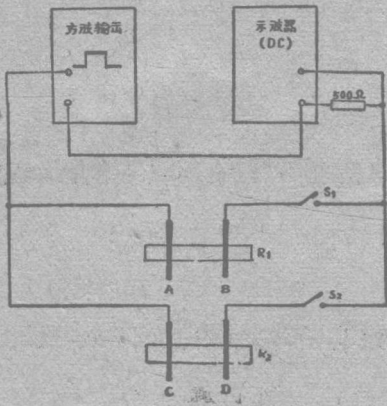


图 1

A、B 为一对 Ag—AgCl 电极。
C、D 为一对普通銀絲电极。
 R_1 、 R_2 为浸有任氏液的滤紙条。
 S_1 、 S_2 为开关。

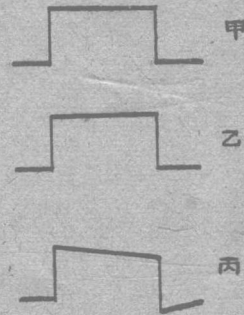


图 2

甲. 方波直接送入示波器
乙. 通过 Ag—AgCl 电极
丙. 通过普通銀絲电极

通过这一实验，可以清楚地看到，方波通过乏极化电极后波形不变；通过普通銀絲电极后则波幅降低。这样就扰乱了实验条件，是动物实验所要求避免的。

同样在记录电极上，普通銀絲电极记录静息或缓慢变化的电位时，也会使电位降低而造成波形失真。

方波通过普通銀絲电极波形失真的原因是：当神经或组织经直流电 (或持续较久的方波) 刺激时，在阳性电极端下聚积了许多带有阴性电符的负离子 (例如 Cl^- 离子)；在阴性电极端下聚积了许多带有阳性电符的正离子 (例如 Na^+ 离子)，这种现象称为极化现象 (见图3)。正负极聚积的离子，形成一只与刺激电池极性相反的电池，其电流方向与刺激电池相反 (见图3)，起着抵消作用，故使刺激电压降低 (失真)。直接刺激持续时间越长，极化现象越严重，抵消作用越大，刺激的实际电压则越低，即失真越大。