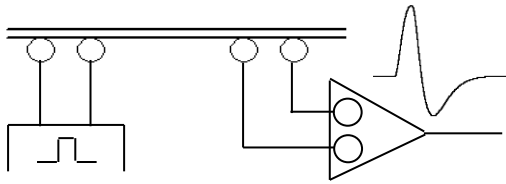


复合动作电位



1. 胞外刺激的特性和复合动作电位 (Compound Action Potential, CAP) 记录

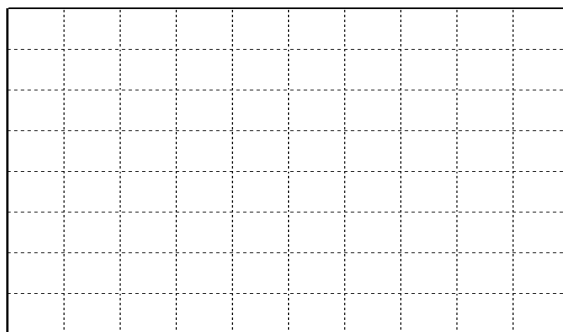
1.1 双相和单相电位, 差分放大器

- a) 在刺激强度足够高的情况下, 将刺激持续时间设为 1 ms, 记录最大幅度的复合动作电位。你应该看到一个双相的电压波形。将示波器设为“存储”(STORE)模式, 并尝试在完全相同的刺激器和示波器设置下记录一个单相的电位。

Please note that the amplitude of the monophasic potential can exceed that of the biphasic potential depending on the distance of your recording electrodes (see task 1.2). **of an expectedly biphasic potential wave.**

在示波器 CHANNEL 2 (通道 2) 上选择 0.5 或 1 ms/Div 的扫描速度, 适当调整基线和增益, 以良好的分辨率显示记录。请注意, 根据记录电极的距离, 单相电位的幅度可以超过双相电位的幅度 (见任务 1.2)。?

实验记录:



差分放大器:

你应该知道如何把记录电极连接到差分放大器的反相 (-) 和同相 (+) 端, 以使双相电位波形以上升相开始。

请在上方的示意图中注明 (+) 和 (-) 电极。

当记录电极位置互换时会发生什么?

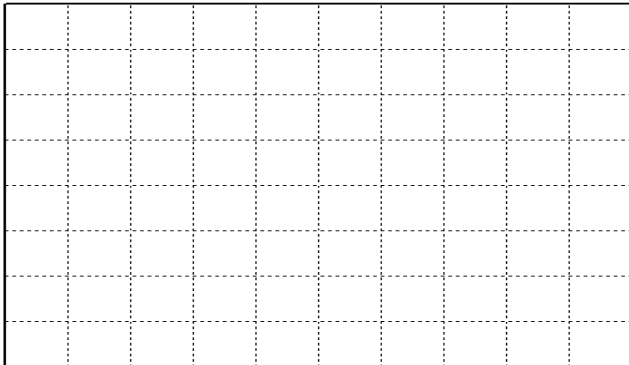
## 1.2 电极位置

### 1.2.1 记录电极

当记录电极之间的距离 (a) 减小或 (b) 增大时，察看复合动作电位是如何变化的。

为了更容易理解这些现象，建议保持第一个记录电极的位置不变，只改变第二个记录电极的位置，直到最终产生单相的复合动作电位。

实验记录：



### 1.2.2 刺激电极：

试指出动作电位在哪个刺激电极上产生？

你可以改变电极的位置或改变电流的方向（刺激器上的“反转”（INVERT）模式），也可以在两个刺激电极之间设置一条结扎线。请注意，电流的方向是从正（+）到负（-）的，也就是正电荷的流动方向。

产生复合动作电位的电极是阳极还是阴极？

\_\_\_\_\_

这个电极是连在刺激器的哪个输出端（“+”极还是“-”极）？

\_\_\_\_\_

在这个电极上，电流是从胞内流向胞外，还是从胞外流向胞内？

\_\_\_\_\_

能不能想象一下，在胞内给予刺激的情况下，电流和离子电荷的情况会有什么不同吗（参见 SimNeuron）？胞内电极应该是阳极还是阴极？你能根据一般原理解释最终的不同现象吗？

## 2. 刺激强度和持续时间

### 2.1 复合动作电位 (CAP) 幅度是刺激强度的函数

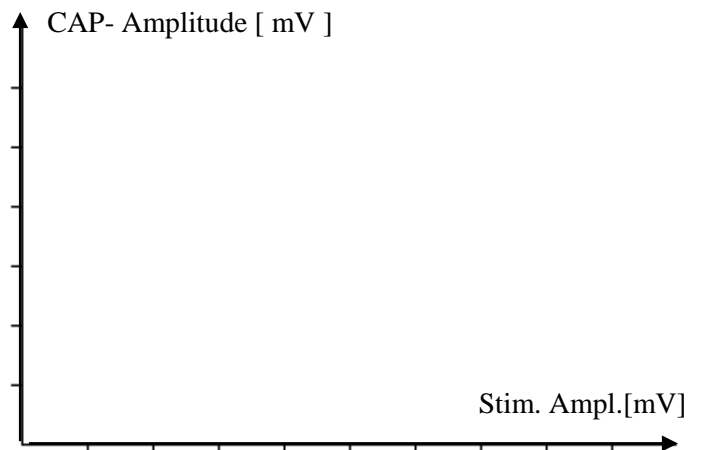
建议设置条件:

刺激持续时间: 1 ms。记录电极间距: 20 mm。

#### 2.1.1 参数表

刺激幅度 [mV]	CAP 幅度 [mV]

图表:



#### 2.1.2 最小 (a) 和最大 (b) 阈值

- a) 诱导第一个清晰可见的复合动作电位的刺激强度 (约 0.5 mV mine is around 150 mV): .....mV
- b) 复合动作电位达到最大幅度时的刺激强度.....mV

#### 2.1.3 这条曲线是否符合“全或无规则”?

#### 2.1.4 确定从刺激开始到复合动作电位开始的时延:

- a) 在复合动作电位达到最大幅度时 (请使用明显超大的刺激) .....
- b) 在产生微小的复合动作电位时 (刺激接近最小阈值) .....

请用相同的刺激重复实验

- a) 你能解释是什么过程导致延迟, 为什么延迟会因刺激强度的不同而改变吗?
- b) 你也许已经看到, 与超大刺激相比, 在较小的刺激幅度下, 相同刺激所诱导反应的变异性更大 (参见 2.2)。

你能否解释, 为什么在这样的刺激和记录条件下, 复合动作电位的时延和幅度都具有更大的变异性?

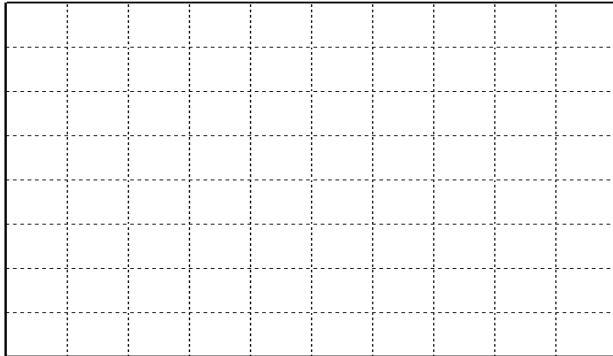
## 2.2 刺激持续时间的影响和强度-持续时间曲线

### 2.2.1 刺激持续时间与幅度之间的关系

确定产生复合动作电位（幅度大约在 0.5-1 mV）的短脉冲和长脉冲（例如 0.2 和 2 ms）的最小阈值。

刺激持续时间 [ms]: 0.2      2  
刺激幅度 [mV]            .....    .....

实验记录:



试对观察到的差异进行解释，最好是对刺激诱导的去极化的时间过程进行简要的描述。

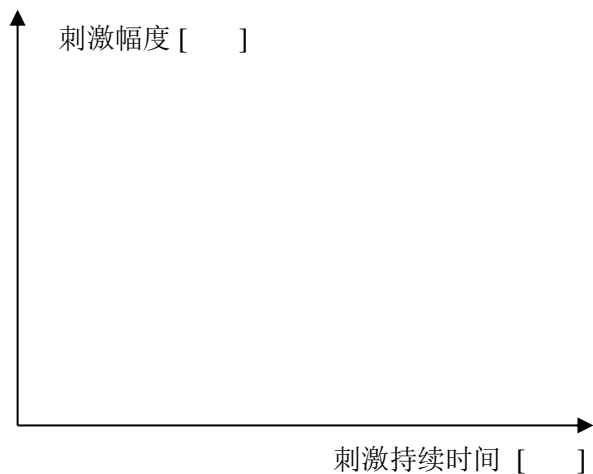
### 2.2.2 刺激--持续时间曲线

确定产生复合动作电位（大约 0.5-1 mV）的长刺激脉冲（例如 5 ms）的最小阈值。这个刺激幅度称为“基强度”。然后将这个“基强度”值加倍，改变刺激持续时间，直到获得与之前相同的复合动作电位幅度。这个刺激持续的时间为“时值”。通过一些额外的、适当选择的强度-时间数值对，你应该能够重建完整的强度-持续时间曲线。请注明“基强度”和“时值”，并对曲线进行解释。

数值表格:

刺激持续时间 [ ]	刺激幅度 [ ]

图：刺激-持续时间曲线



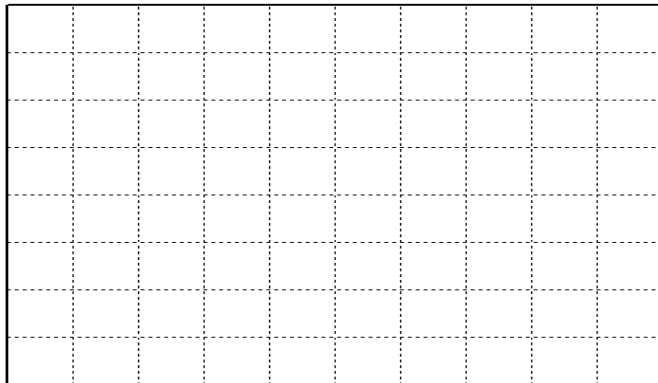
### 3. Na<sup>+</sup>-通道失活的影响

#### 3.1 不应期

##### 3.1.1. 记录

施加成对 (TWIN) 短脉冲, 这对脉冲的持续时间为 0.5 ms, 但是幅度明显超过最大所需幅度 (.....mV)。调节两个脉冲之间的时间间隔, 以展示在不应期发生的第二个动作电位的变化 (使用 STORE 模式)。

实验记录:



3.1.2 确定 a) 绝对不应期.....

b) 相对不应期 .....

3.1.2 绝对不应期对应的动作电位频率是多少? .....

3.1.3 如果所有对这个复合动作电位有贡献的神经纤维仍然可以发放最大幅度的动作电位, 其最大频率为多少? .....

3.1.4 请说明什么离子过程导致神经元的不应期、以及兴奋性的逐渐恢复。

3.1.5 试绘制胞内动作电位的时间过程以及随后的触发阈值的变化。

## 3.2 阳极断电电位

对于这些记录，建议将示波器扫描速度调整为 1 或 2 ms/Div，这样一屏可以显示 10 或 20 ms。将示波器设置为“存储”（STORE）模式。

使用一个相对较短的刺激持续时间（约 1 ms），并将刺激幅度设置为可以诱导一个接近于最大幅度的复合动作电位。这是为了避免可能出现的与之后的记录相混淆的干扰电位。

在刺激电极之间的神经标本上扎上一个线结。阳极应该位于线结的后面，你可以按下刺激按钮来检查。你应该能得到和以前一样的复合动作电位。

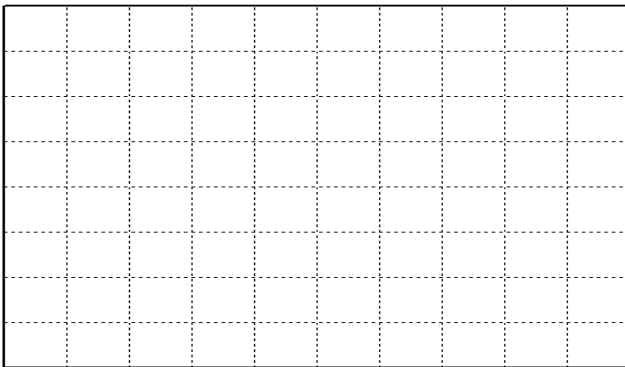
下一步，交换刺激电极的位置，将阴极至于神经扎带后面。你也可以不移动电极，只需按下刺激器上的“反转”（INVERT）按钮即可实现。当再次施加同样的刺激时，将不会有复合动作电位出现。

然后增加刺激持续时间，比如以 1 ms 为步长。在一定的持续时间内，你应该看到一个小幅复合动作电位，其幅度随着持续时间的增加而增加，尽管它可能不会达到由阴极诱导的电位的幅度。

当然，这个复合动作电位是由阳极触发的，它显然是在电流的最后（断开），即电流电路断开时产生的。因此，它被称为“阳极断电电位”或“阳极开路电位”，与电流回路闭合时产生的“阴极闭合电位”相反。

请做好你的记录，并试着解释阳极如何产生动作电位，尽管阳极的电流是超极化的。

实验记录：



**3.2.1** 绘制在持续的诱导阳极断电电位的超极化电流作用下，胞内电位随时间的变化、以及随之而变的触发阈值。

**3.2.2** 如果是胞内记录，阳极断电电位应该是多大（与阴极闭合电位相比较）？对你的意见作简要的解释。

## 4. 传导速度和温度依赖性

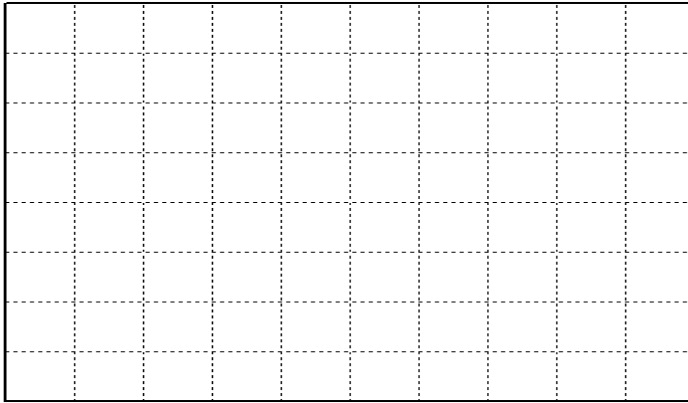
### 4.1. 神经传导速度

用一个短暂的（1 ms）且明显高于阈值的刺激来测量传导速度  $v$ ，计算  $v = s/t$ ，其中  $s$  为阴极和第一个记录电极之间的距离， $t$  为刺激开始到动作电位开始之间的时延。

施加一个较小的刺激，使其诱导的复合动作电位幅度为最大值的大约 1/3 到 1/2，重复你的计算。

记录你的结果并根据这两个记录计算传导速度。

实验记录：



#### 4.1.1 传导速度计算

(请说明计算所依据的时间间隔和距离)

4.1.2 当你施加不同幅度的刺激时，最终产生差异的原因可能是什么？

4.1.3 根据临床实践，当你刺激神经并从由神经支配的肌肉记录复合动作电位，你还需要考虑哪些其他因素？

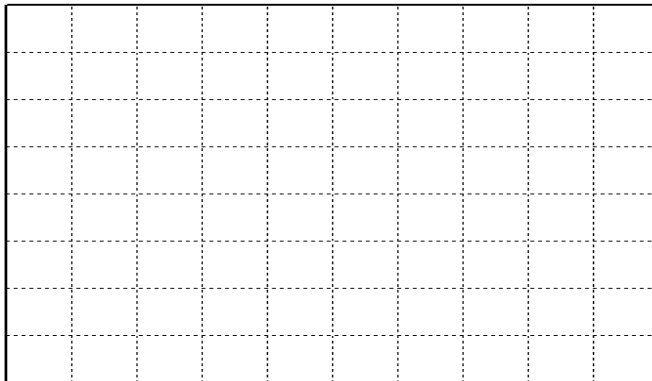
4.1.4 什么样的刺激模式可以使错误达到最小？

4.1.5 将你计算得到的传导速度与哺乳动物（包括人类）的传导速度进行比较。

#### 4.2. 温度效应

显示温度变化对神经传导速度的影响，将标本槽设置为不同的温度，例如 10、20、30 和 40° C。电极位置应保持不变（记录电极之间的距离建议为：20 mm）。

实验记录：



4.2.1 计算两种不同温度下的传导速度，并计算 1° C 的温度变化下传导速度的平均变化量。

**4.2.2** 你能想象一下，温度依赖性的膜机制是什么？

**4.2.3** 解释一下，为什么复合动作电位的形状也改变了？