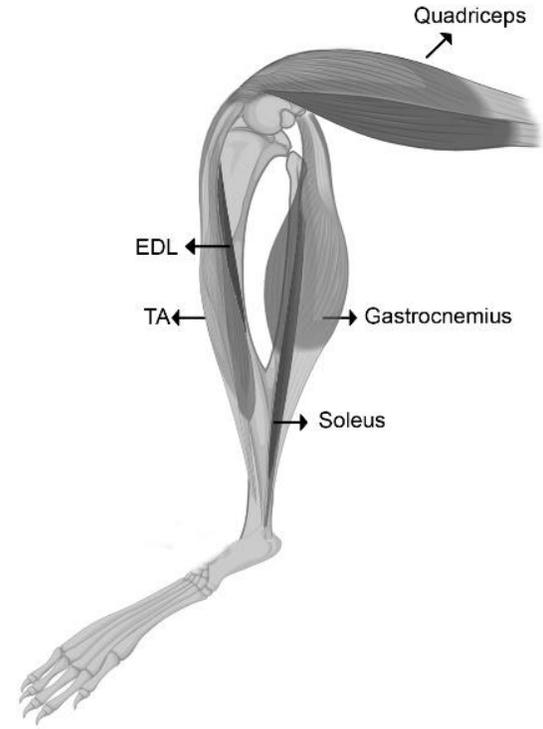




# 不同强度刺激对小鼠腓肠肌收缩的影响

实验教学管理中心  
李翠限 徐小元





# 一、教学目标

## 素养目标

规范意识、健康意识、服务意识、团队协作、科研素养

## 技能目标

在体坐骨神经腓肠肌标本的制备方法

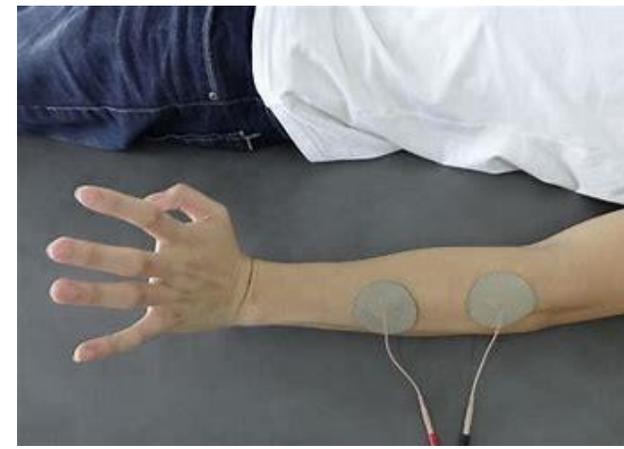
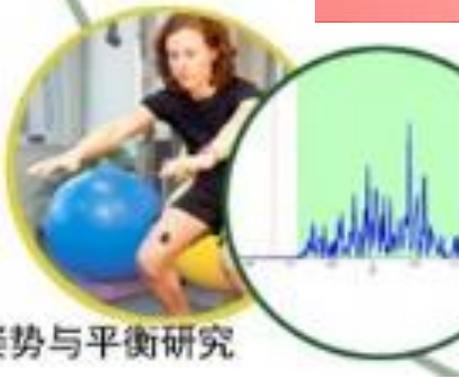
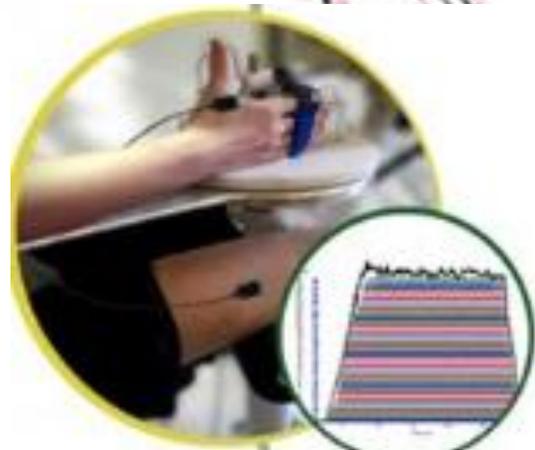
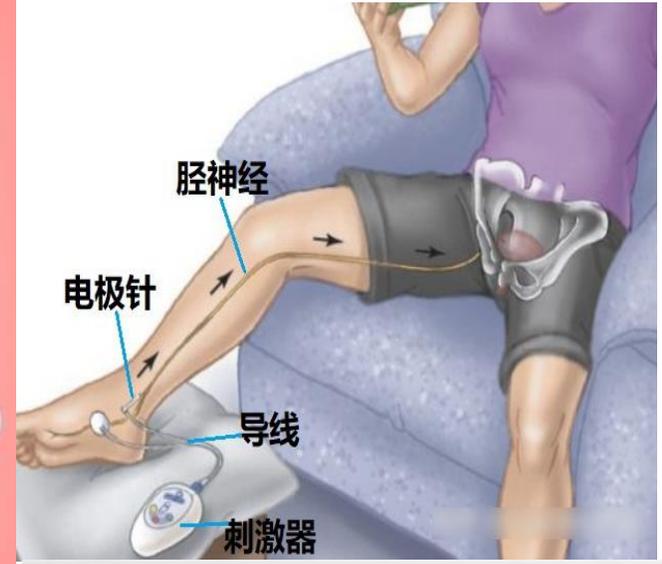
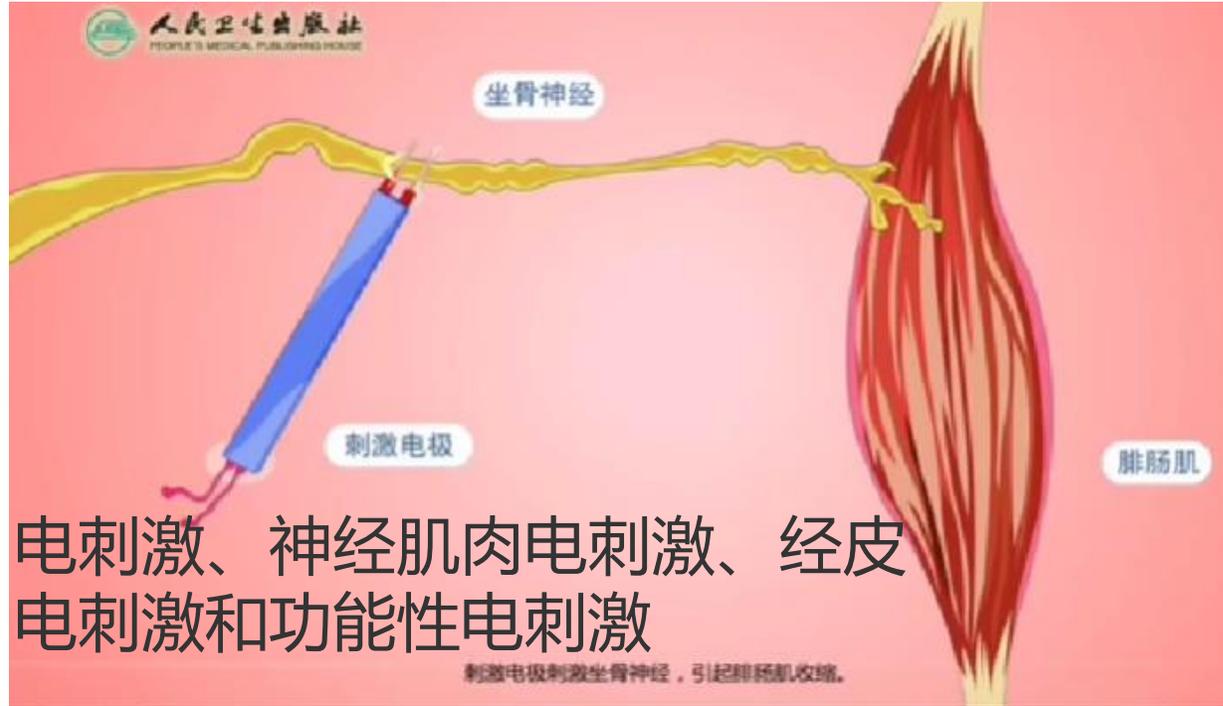
骨骼肌机电反应实验方法

骨骼肌收缩实验方法

## 知识目标

阈下刺激、阈刺激、阈上刺激、单收缩、不完全强直收缩、完全强直收缩、兴奋收缩耦联

# 二、研究背景



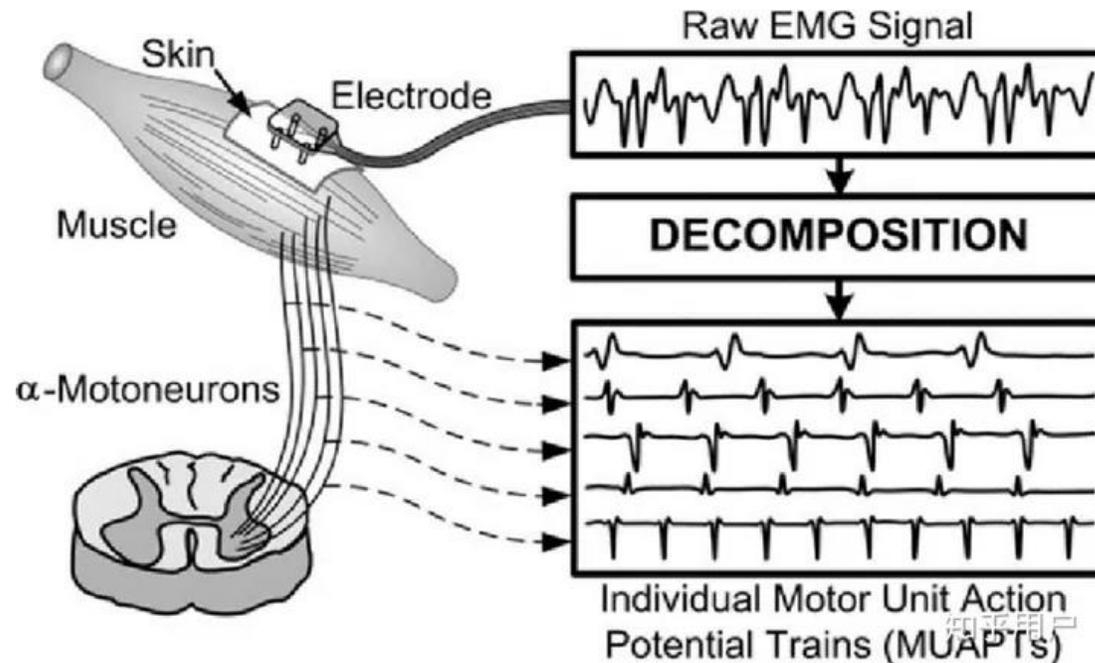


# 骨骼肌的肌电反应

**肌电图 (EMG)** 是用来测量和分析肌肉收缩时发出的肌电信号，其代表着肌肉的活动水平，可用其对肌肉功能进行研究。

应用：肌肉工效学分析、操作姿态分析、康复状态功能评价、疲劳识别以及肌电假肢控制与动作模式研究等。

**案例：中药学院刺激斜方肌影响肠道菌群**

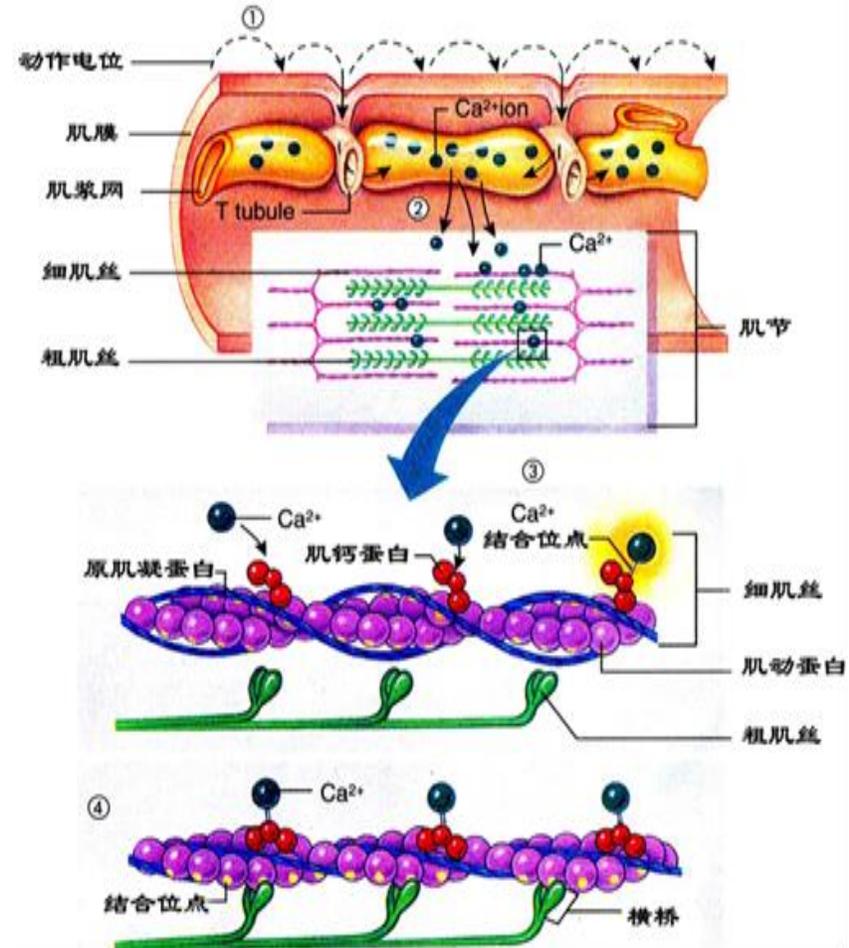




# 骨骼肌的兴奋收缩耦联

## 骨骼肌的横管系统是基础

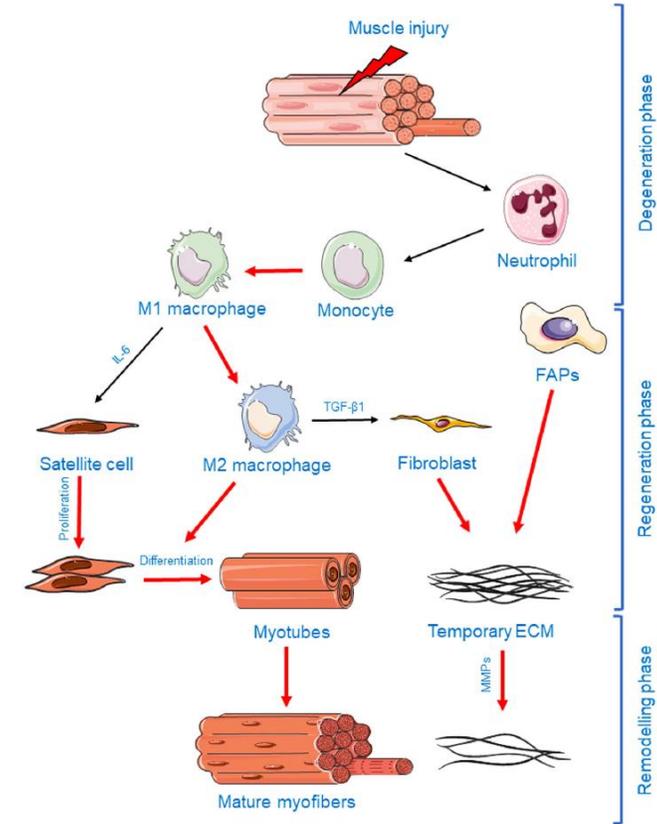
- (1) 肌膜电兴奋的传导
- (2) 三联管处的信息传递：  
最终使 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度升高
- (3)  $\text{Ca}^{2+}$ 促使肌钙蛋白结合  
并引发肌肉收缩
- (4) 同时，激活肌浆网（SR）  
膜上的 $\text{Ca}^{2+}$ 泵，将胞浆中的  
 $\text{Ca}^{2+}$ 回收至SR，使胞浆中的  
 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度降低，肌肉舒张。





# 三、骨骼肌收缩性质相关的研究

- 当归酒精提取液对大鼠骨骼肌收缩力及小鼠强迫游泳时间的影响
- 高频点刺激小鼠坐骨神经促进骨骼肌自噬
- 黄芪对小鼠中枢、神经(神经-肌接头)和肌兴奋性及疲劳性的影响
- 黄芪注射液对蟾蜍和小鼠中枢、神经-肌接头和肌疲劳的影响
- 力竭运动对小鼠骨骼肌收缩性能的影响
- 两种脊椎动物腓肠肌和肠平滑肌收缩性比较和探讨
- 轮叶党参对大鼠骨骼肌收缩力及小鼠强迫游泳时间的影响
- 轮叶党参对骨骼肌收缩力学的影响及其机制探讨.nh
- 生酮饮食对小鼠骨骼肌力量及运动耐力的影响
- 在体法评价琥珀酸对骨骼肌收缩特性的影响



Mohamed A., Cell and Tissue Research, 2018.

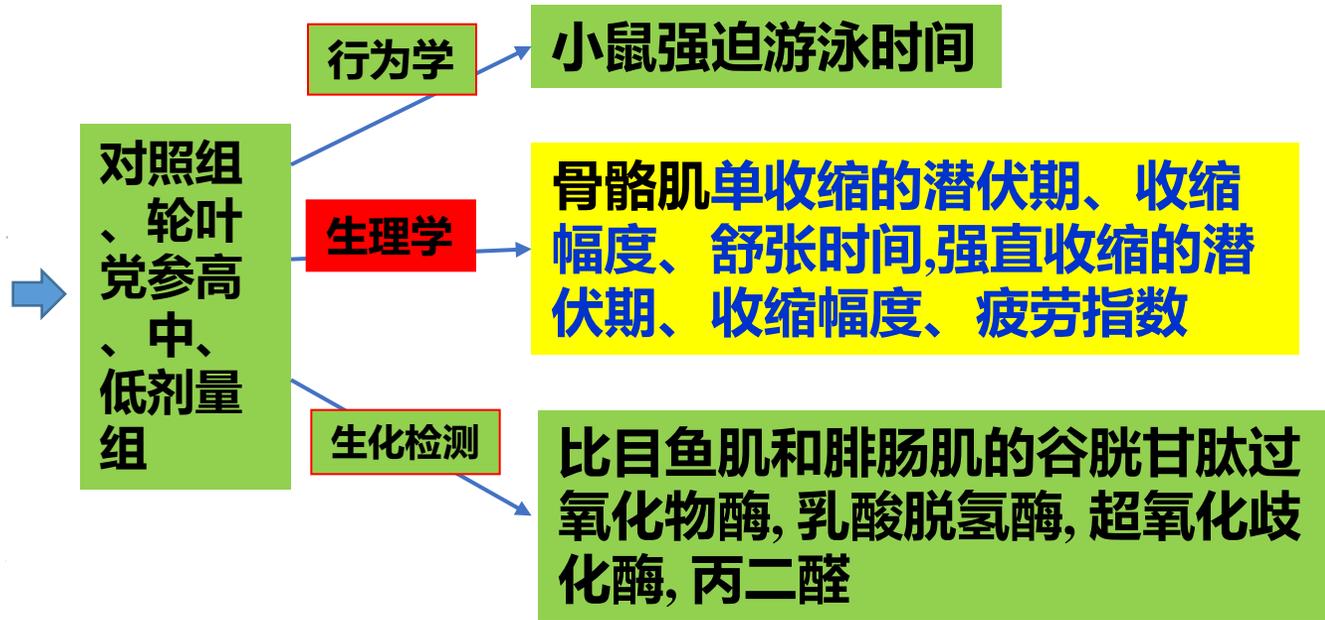


# 案例

延边大学硕士学位论文

轮叶党参对骨骼肌收缩力学的影响及其机制探讨

研究生姓名	李美子
培养单位	基础医学院
指导教师姓名、职称	金元哲教授
学科专业	生理学
研究方向	神经生理学
论文提交日期	2007年5月15日





# 理论基础

## 1. 刺激 (stimulus) :

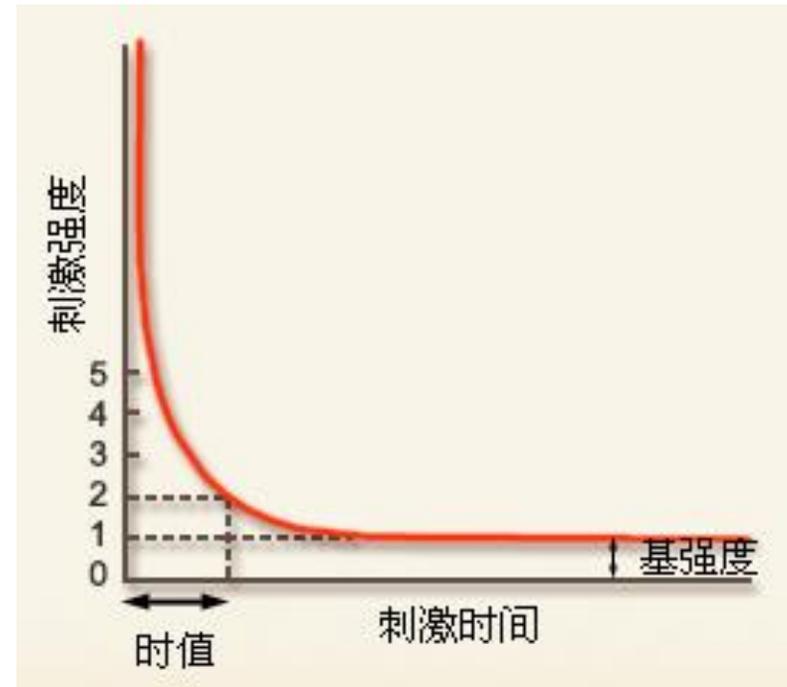
能引起机体产生反应的内外环境变化 (物理、化学、生物、社会因素)

### ▶ 刺激引起反应的条件:

刺激强度;

刺激的持续时间;

刺激强度对时间的变化率



刺激强度-时间变化曲线



► 阈刺激（阈强度）、阈上刺激、阈下刺激、最适刺激



阈下刺激

阈刺激

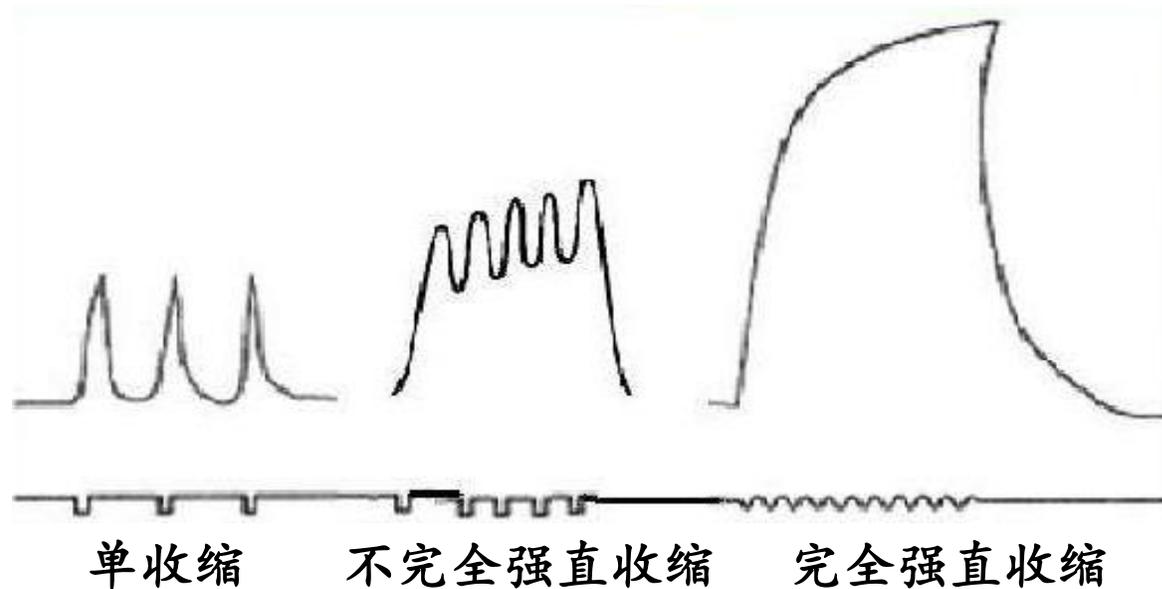
阈上刺激

最适刺激



## 2. 肌肉的收缩形式

- ❖ 单收缩 (刺激间隔时间  $>$  收缩期 + 舒张期)
- ❖ 不完全强直收缩 (收缩期  $<$  刺激间隔时间  $<$  收缩期 + 舒张期)
- ❖ 完全强直收缩 (刺激间隔时间  $<$  收缩期)





## 四、实验动物、器材和试剂

- (1) 动物(Animal): mice, bw, number, gender?
- (2) 器材(Equipment): BL-420N, 张力换能器, 万能支架, 小鼠解剖器械, 烧杯, 玻璃皿, 玻璃分针。
- (3) 药品试剂(Drugs and reagents): 15%乌拉坦, 生理盐水。



# 五、方法与步骤

## 1. 在体坐骨神经—腓肠肌标本的制备

(1) **麻醉** 小鼠称重后，按0.1 ml/10 g剂量腹腔注射15%乌拉坦。

(2) **备皮** 将其俯卧于手术台，固定小鼠，用剃毛刀去除一侧后肢大腿外侧被毛。

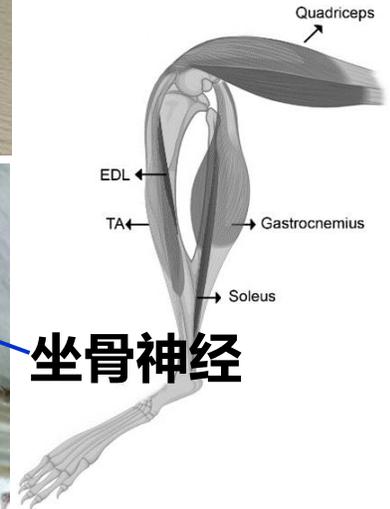
(3) **游离坐骨神经** 打开皮肤游离坐骨神经，下方穿手术线。

(4) **分离腓肠肌** 找出腓肠肌，在腓肠肌下面**肌腱处**穿线结扎，剪断结扎线下方肌腱。



股二头肌?

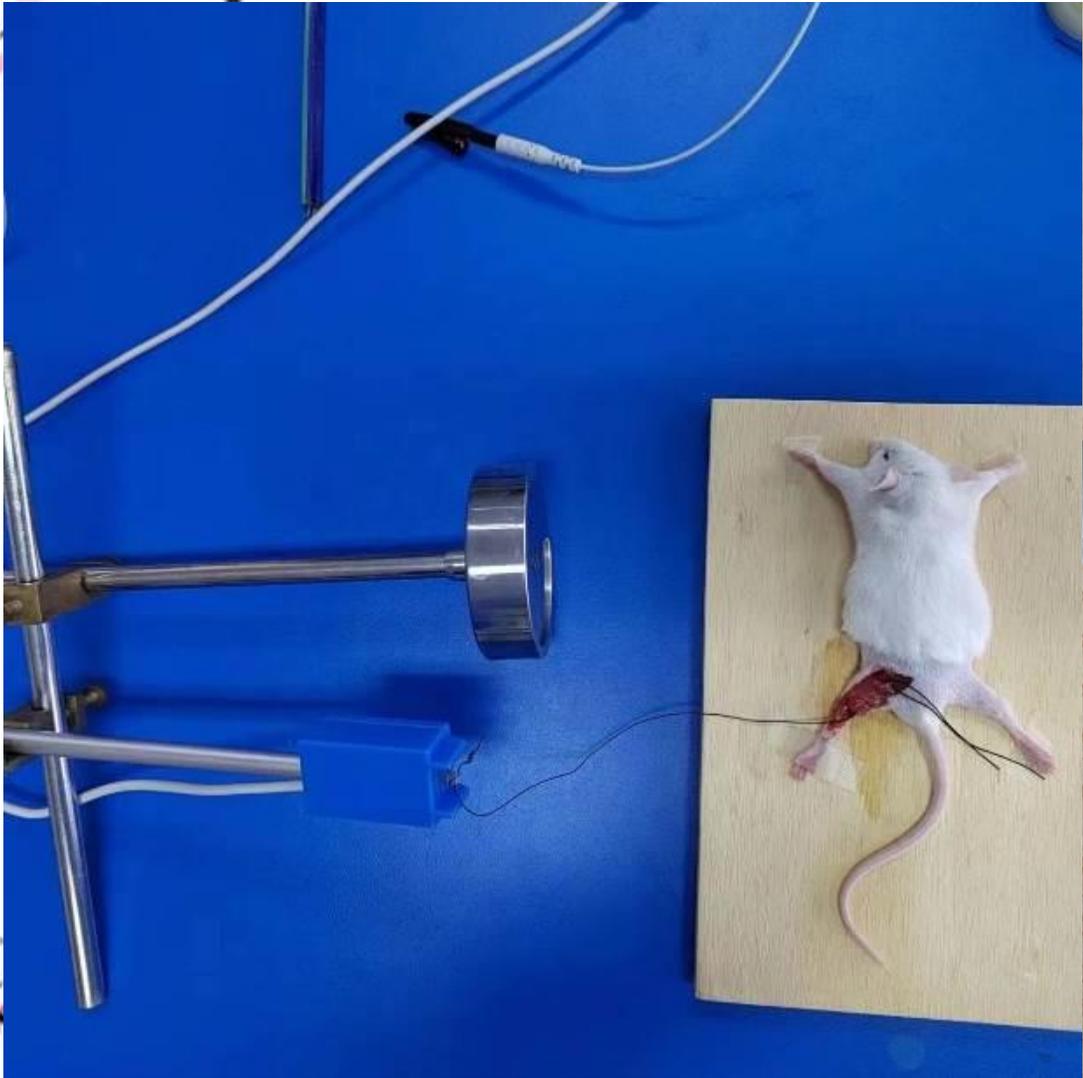
半腱肌&  
半膜肌



坐骨神经

腓肠肌

注意：不能牵拉坐骨神经



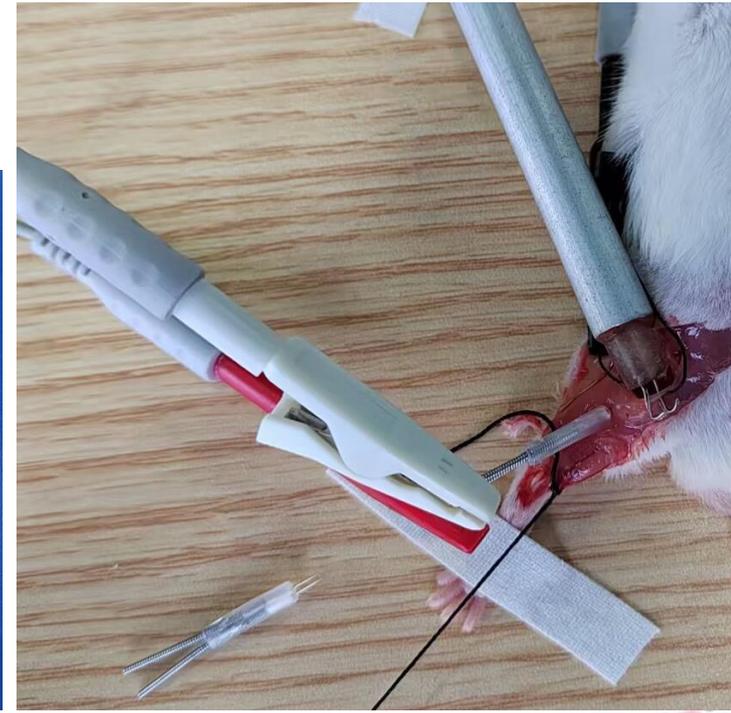
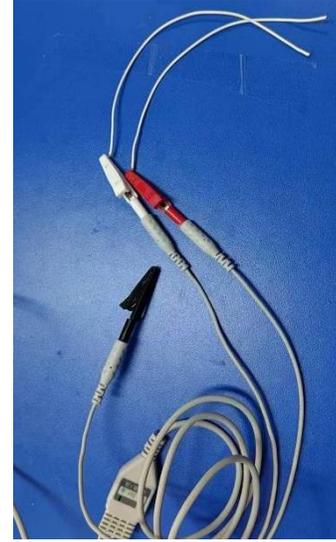
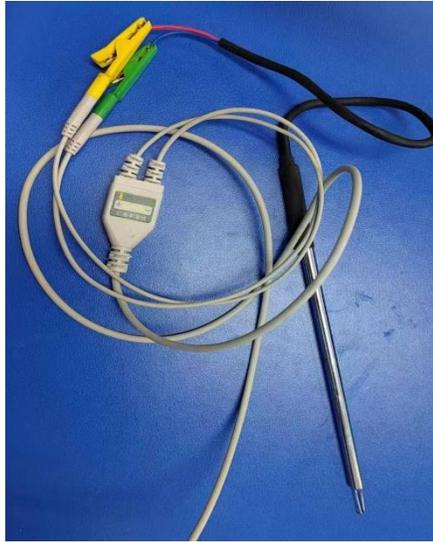


## 2、连接刺激器和记录装置

- (1) 将腓肠肌跟腱连接张力换能器的弹簧片上。
- (2) 将刺激电极尖端勾住坐骨神经，连接接地电极。
- (3) 将肌电信号记录电极插入腓肠肌内。
- (4) 连接生物机能实验系统（成都泰盟科技有限公司，BL-420）的输入口通道，另一端连接结扎线，调整换能器并固定。

### 软件设置：

信号选择-勾选第1为设肌电-勾选第2为设张力-两通道陷波打开-刺激触发改选成连续采样





### 3. 刺激强度对肌肉收缩的影响

- (1) 采用**单**刺激方式, 刺激强度初始值设为0.1 V, 波宽1 ms, 采样, 观察肌电反应和肌肉收缩反应;
- (2) 将刺激强度逐步增大0.01V, 观察肌肉收缩反应开始出现并逐渐增大, 记录**阈刺激**和**最适刺激**强度数值。
- (3) 用**最适刺激**强度, 采用**串**(连续)刺激方式, 波宽1 ms, 采样, 观察肌电反应和肌肉收缩反应。



# 技术路线

## 标本制备

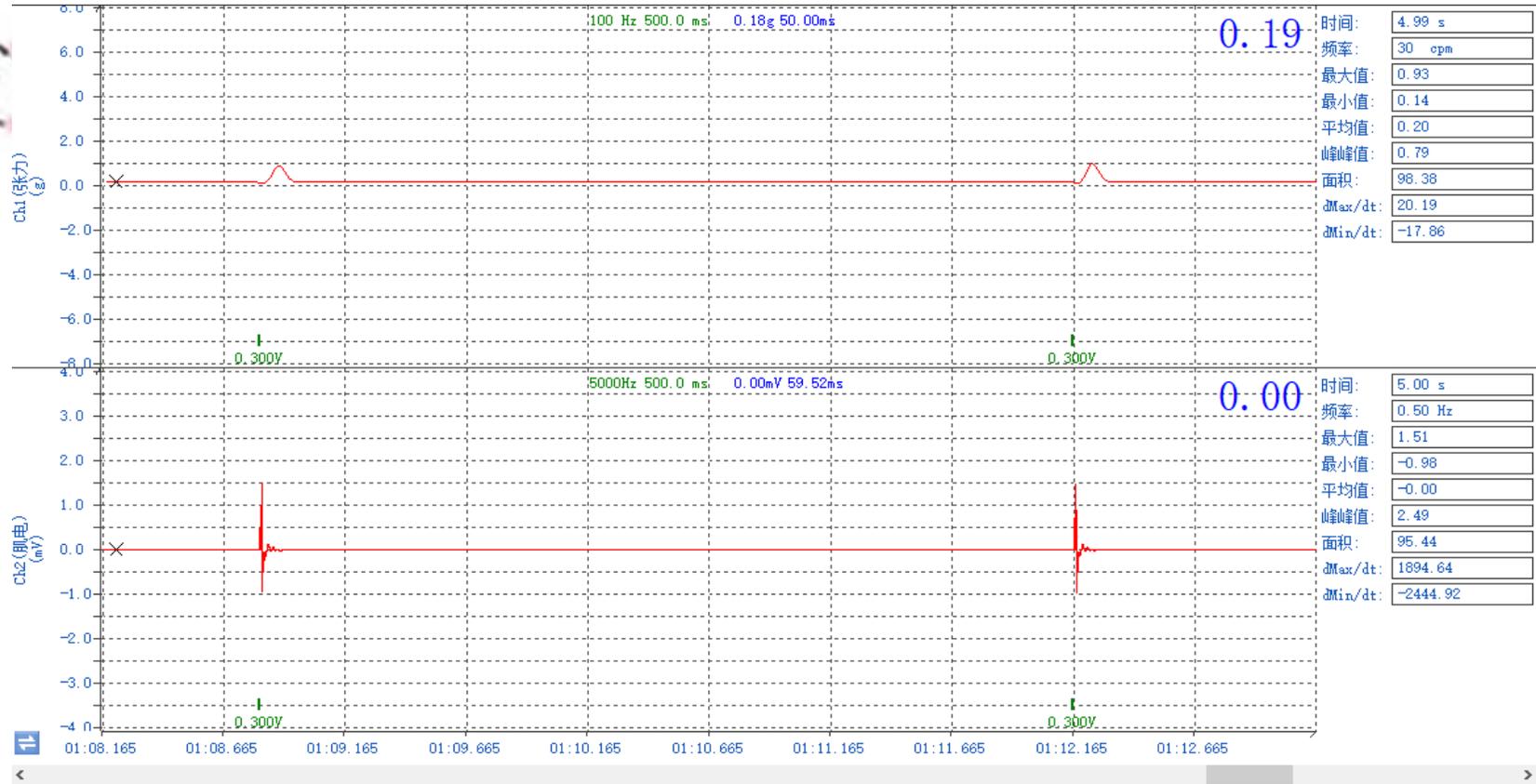
麻醉（15%乌拉坦, 0.1 ml/10 g (i.p.)）；备皮；游离坐骨神经后穿线，再连刺激针头；肌腱处穿线结扎，剪断线下方肌腱。

## 连接

- 1) 将腓肠肌跟腱连接张力换能器的弹簧片上。
- 2) 将刺激电极尖端勾住坐骨神经，连接接地电极。
- 3) 将肌电信号记录电极插入腓肠肌内。
- 4) 连接生物机能实验系统。点击基线调零。

## 记录

- 1) 单刺激，强度初设为0.1 V，波宽1 ms，采样。
- 2) 刺激强度逐步增大0.01 V，记录阈刺激和最适刺激强度数值。
- 3) 串刺激，用最适刺激强度，波宽1 ms，采样。



刺激参数调节

启动刺激

使用上次参数

实验模块参数

打开

保存

简单刺激

程控刺激

高级程控刺激

自定义刺激

刺激说明

刺激设置

刺激模式

粗电压

细电压

电流

刺激方式

单刺激

双刺激

串刺激

刺激参数

幅度(A)  V

波宽(W)  ms

连续刺激参数设置

连续刺激

频率  Hz

延时设置

延时(D):  ms

波形示意图

刺激波选择: 方波

A: 0.300V

W: 1.00ms

D: 4.00ms

刺激参数调节1



### 刺激参数调节

启动刺激

使用上次参数

实验模块参数

打开

保存

**简单刺激**

程控刺激

高级程控刺激

自定义刺激

刺激说明

刺激设置

刺激模式

粗电压  单刺激

细电压  双刺激

电流  串刺激

刺激方式

刺激参数

幅度(A): 0.300 V

波间隔(D): 5.00 ms

波宽(W): 1.00 ms

串长(L): 20 个

连续刺激参数设置

连续刺激

串频率: 1.0 Hz

延时设置

延时(D): 4.00 ms

波形示意图

刺激波选择: 方波



## 六、注意事项

1. 分离神经时，应用玻璃分针
2. 保持坐骨神经腓肠肌标本活性（加生理盐水、  
不要用手和器械夹捏）
3. 每次刺激后必须让标本有一定的休息间隔
4. 连线不能太紧或太松



## 4. 思考并进行实验设计

1. 骨骼肌肌膜发生兴奋后，一定会引起骨骼肌的收缩？
  2. 骨骼肌收缩的前提一定是需要肌膜发生兴奋？
  3. 如何确证实验检测到的是肌电反应，而不是干扰？
- 
- 



## 七、理论相关思考题

1. 为什么在一定范围内骨骼肌的收缩张力会随着刺激强度的大小而变化？
2. 为什么随着刺激频率的增加，肌肉的收缩会逐渐复合而发生不完全强直收缩或完全强直收缩？

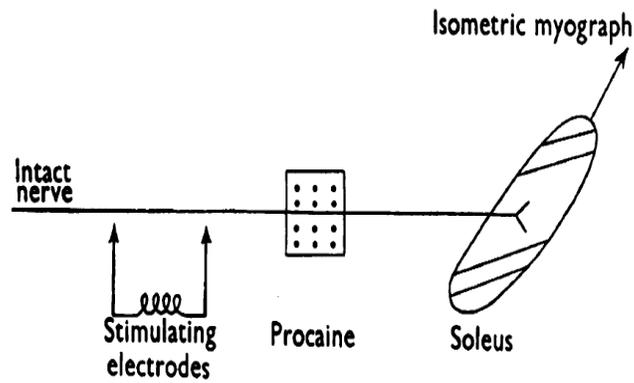


Fig. 1. Experimental arrangement. Both the procaine and the stimulating electrodes were applied to the common nerve to soleus and the lateral head of gastrocnemius.

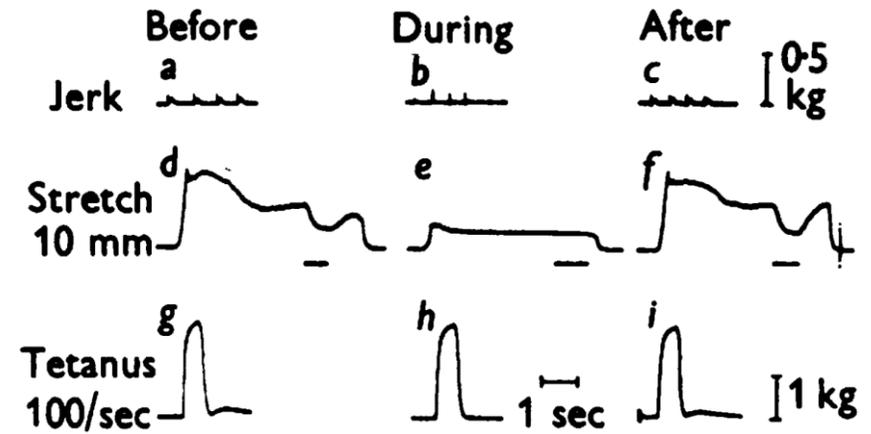


Fig. 2

Fig. 2. Selective paralysis of the stretch and jerk reflexes of soleus produced by applying procaine to its nerve.

PETER B. C. MATTHEWS AND GEOFFREY RUSHWORTH, *J Physiol*, 1957.