

实验 2 刺激强度、频率与骨骼肌收缩的关系

【实验目的】

1. 通过观察刺激强度与腓肠肌收缩力之间的关系，明确阈下刺激、阈刺激、阈上刺激及最大刺激的概念。
2. 通过改变刺激的频率，观察肌肉收缩形式，并观察刺激频率与肌肉收缩形式之间的关系。

【实验原理】

肌肉组织具有兴奋性与收缩性，肌肉收缩是其兴奋的外在表现。本实验选用的腓肠肌标本内含许多骨骼肌纤维，由于不同肌纤维兴奋性高低亦不相同，因而就整个腓肠肌标本而言，其收缩力在一定的范围内与刺激强度成正比。给骨骼肌一次有效的刺激，肌肉将发生一次收缩，这称为单收缩。其全过程可分为三个时期：潜伏期、收缩期和舒张期。若给肌肉连续的有效刺激，使两次刺激之间的间隔时间小于该肌肉单收缩的总时程，出现持续的收缩，这称为复合收缩。因刺激频率不同，肌肉会出现不同的复合收缩形式。若连续有效刺激后一刺激落在前一次刺激引起的肌肉收缩的舒张期，则出现舒张不完全的锯齿状的收缩波形，这称为不完全强直收缩。若再增加刺激频率，使后一刺激落在前一次刺激引起收缩的收缩期，肌肉将出现完全的持续收缩状态，看不出舒张期的痕迹，这称为完全强直收缩。强直收缩的高度大于单收缩波的高度，并在一定范围内，当刺激强度和作用时间不变时，强直收缩波的高度随刺激频率的增加而增高。

【实验对象】

蛙或蟾蜍

【实验器材与药品】

微机生物信号采集处理系统、蛙类手术器械 1 套、肌槽、双凹夹、铁支架、张力换能器、丝线、绘图仪或打印机。

【实验方法和步骤】

- 一、蟾蜍坐骨神经—腓肠肌标本的制备（同实验 1）
- 二、仪器准备 连接张力换能器与微机上，而后将换能器固定于铁支架上，换能器与桌面垂直。打开计算机，启动生物信号采集处理系统。
- 三、标本固定 把肌槽固定于铁支架上，将标本的股骨断端固定在肌槽插孔中，神经干平搭在肌槽的两个电极上，保持神经与刺激电极接触良好，电极与刺激输出相连。腓肠肌上系的线连于换能器上，调整位置使肌肉处于自然拉长的长度，并使换能器能灵敏地感受肌肉收缩产生的位移（图 2-1）。

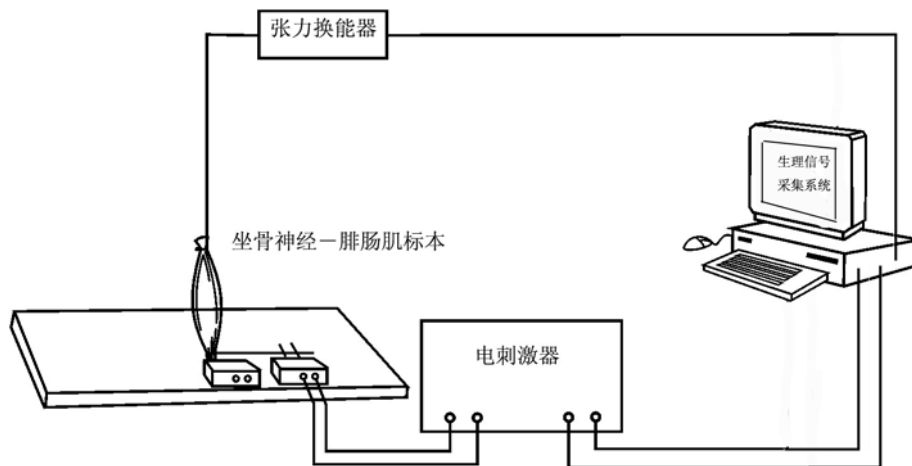


图 2-1 骨骼肌单收缩和复合收缩实验装置连接示意

四、观察与记录

1. 输出单刺激，刺激强度由较弱刺激开始，若肌肉无收缩反应，可逐步增大刺激强度，直至刚好可以记录到肌肉收缩，此时的刺激就是阈刺激，此前的刺激为阈下刺激。
2. 继续增大刺激强度，肌肉收缩幅度增大，直至幅度不再随刺激强度增加而增加，收缩幅度达最大时所接受的最小刺激为最适刺激。
3. 用使肌肉产生最大收缩的刺激强度（最适刺激），并保持这一强度不变。逐步调节刺激频率，描记肌肉的单收缩、不完全强直收缩、完全强直收缩曲线（图 2-2）。

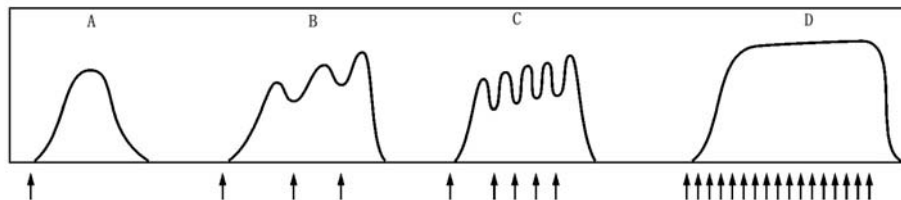


图 2-2 肌肉收缩曲线

A. 单收缩； B、C. 不完全强直收缩； D. 完全强直收缩

【注意事项】

1. 实验中常用任氏液浸润标本，保持标本的正常生理活性。
2. 肌槽两电极之间不要残留液体，任氏液过多时，及时用棉球或滤纸片吸掉，防止电极间短路。
3. 每次刺激后须让肌肉有短暂休息（30s 到 1min），以免标本疲劳。
4. 找准最适刺激强度，以防刺激过强而损伤神经。
5. 实验过程中，换能器与标本连线的张力保持不变。

【思考题】

1. 试述骨骼肌的收缩与刺激强度之间的关系。
2. 为什么在阈刺激和最适刺激之间，肌肉收缩幅度随刺激强度增加而增加？

3. 完全和不完全强直收缩是如何形成的？
4. 从实验中可以看出肌肉收缩由于刺激频率加快而融合，那么引起肌肉收缩的动作电位会不会融合呢？为什么？
5. 如果刺激直接施加在肌肉上会出现什么现象？
6. 电刺激坐骨神经—腓肠肌标本的神经后，经过哪些环节引起腓肠肌收缩？
7. 试用坐骨神经—腓肠肌标本证明膜电位的存在。

(毕辉 段玉斌)