

反射弧结构基础分析及反射时测定与盲点测定

2021年05月03日

摘要

使用脊蟾测定屈反射反射时，并探究反射弧的结构；通过试探盲点边界估测被试者左右眼盲点大小。

关键词

反射时、反射弧、盲点、立体角

0.引言

测定反射时与刺激强度（硫酸浓度）的关系，并以破坏性实验探究反射发生的结构基础；估测盲点大小并讨论提高估计精确的可行方法。

1.材料与amp;方法

1.1.材料

- 蟾蜍两只（体长 $\approx 8\text{cm}$ ）
- 稀硫酸（ $C_{\text{体积分数}} = 0.1\%, 0.2\%, 0.5\%, 1.0\%$ ）
- 蛙板、蛙腿夹
- A3纸、蓝色圆点贴纸
- 男性被试（ 20yrs ）

1.2.方法

1.2.1.反射时与反射弧结构基础

- 对两只蟾蜍进行毁脑操作，保留脊髓
- 使用各浓度的稀硫酸刺激蟾蜍左腿趾尖，记录反应时间，各浓度六次重复，清水刺激为对照
- 使用最高浓度硫酸浸泡的滤纸片刺激大腿与小腿内侧，观察屈反射与抓扒反射
- 剥去趾尖部分皮肤后对裸露部分分别给予酸刺激与机械刺激，观察屈反射
- 剪断同侧大腿段坐骨神经干，给予同侧完整脚趾酸刺激与机械刺激，观察屈反射
- 分别给予对侧与同侧小腿酸刺激，观察屈反射与抓扒反射
- 捣毁脊髓，再次刺激对侧小腿，观察屈反射与抓扒反射

1.2.2.盲点测定

- 将一圆点固定于白纸左侧中间，蒙左眼，右眼聚焦于固定点处，测量眼纸距离
- 移动动点至消失，记录边界点
- 对侧反之亦然

2.结果

2.1.反射时测定

在两只蟾蜍的同侧腿中进行测试，对与超过响应时间上限的刺激记反射时为无穷，并以清水为对照保证清水刺激下超时。

对所得反射时取倒数，对刺激浓度作图，结果见图 1。可见在两组实验中反射时倒数均与酸刺激的浓度呈一定正相关关系，说明在控制其他条件相同的情况下，刺激强度越大，反射时相对越短。在图 1左图中也可以发现在 0.5% 和

1.0% 的硫酸刺激下，反射时分布倒数基本一致，说明反射具有一定饱和性，即当刺激强度达到一定程度后，反射时基本不再变化。对比图 1左右二图，亦可发现在不同个体中对刺激的敏感程度有不同，如右图中结果展现该个体未出现明显饱和现象，同时反射时平均短于左图结果，说明个体间同种反射性质的差异较大。

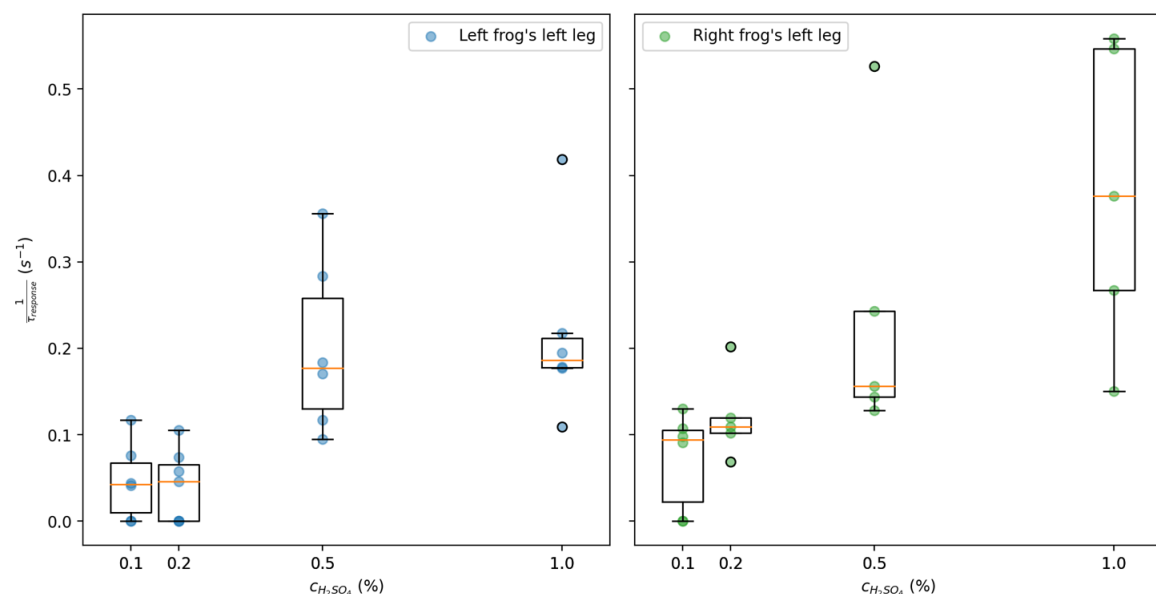


图 1: 反射时倒数-硫酸浓度图

左: 左侧蟾蜍A左腿结果; 右: 右侧蟾蜍B左腿结果; 横轴: 硫酸浓度, 纵轴: 反射时倒数

2.2.反射弧结构基础

为探究反射的性质, 我们使用浸泡于较高浓度硫酸的滤纸片刺激产出大腿与小腿内侧, 发现在大多数情况下, 同侧腿的屈反射均先于对侧腿的抓扒反射发生, 但也有少数同时甚至反转顺序发生的情况出现。基本可以推断一般情况下屈反射先于抓扒反射发生。

为探究反射发生的结构基础, 我们使用蟾蜍进行了破坏性实验。在确保使用 1.0% 的硫酸刺激完整结构能够引起屈反射和抓扒反射的前提下, 在破坏其皮肤后酸刺激裸露区域无反应, 说明酸刺激的感受器位于皮肤内; 而机械刺激依然有屈反射发生, 说明机械刺激的感受器在皮肤之下。

破坏坐骨神经干后, 刺激同侧小腿内侧, 同侧腿屈反射消失, 则表明其相关结构被破坏; 对侧腿抓扒反射同样消失, 而其结构完整, 故可推断为同侧腿中传出神经遭到破坏, 即坐骨神经干中含有传出神经; 再刺激对侧小腿内侧, 观察到屈反射存在, 而抓扒反射消失, 即说明传出神经遭破坏, 即坐骨神经干中同样包含传入神经, 因此可推导其为混合神经干, 同时包含传入与传出神经。

在捣毁脊髓后, 所有反射活动均消失, 证明中枢位于脊髓之中。以上实验及推论均说明完整的反射弧结构是形成反射的必要条件。

2.3.盲点测定

由于眼内盲点区域相对较小, 因此不妨假设成像投影区域为平面, 且平行于纸张, 则根据三角形相似的几何关系可得图 2 结果。其中由于左眼测量偏差较大, 故舍去离群结点, 在其附近区域补测两点。利用平面多边形的高斯面积公式^[1], 计算得到左右眼盲点面积分别为 2.63mm^2 与 2.57mm^2 。

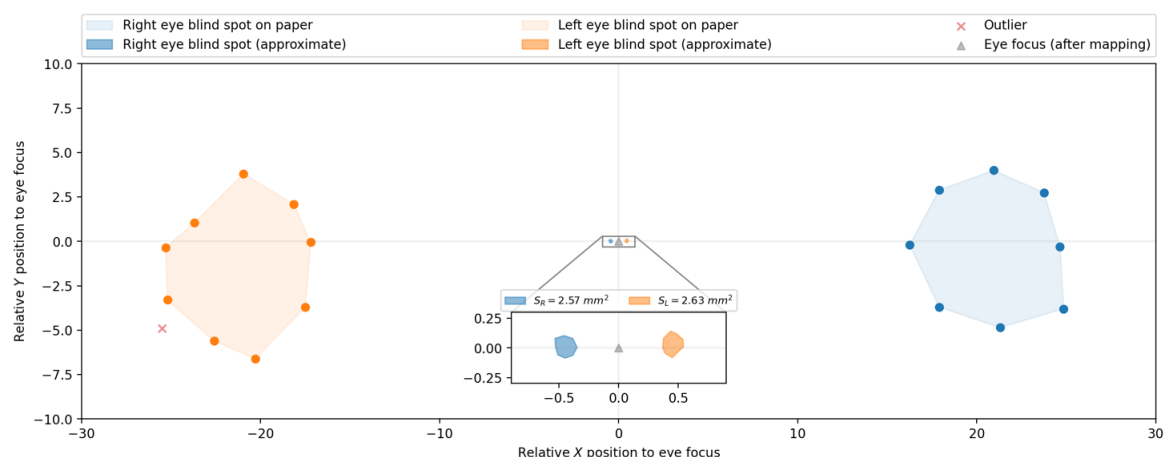


图 2: 左右眼盲点投影图与近似

坐标轴为以固定焦点为原点, 平移变换后的坐标系基底; 浅橙色为左眼盲点纸上投影, 浅蓝色为右眼盲点纸上投影; 灰色点为固定点, 红色点为离群点; 深蓝色与橙色为估计的实际盲点大小

3.讨论

3.1.屈反射并不稳定先于抓扒反射发生，存在例外

考虑到实验中实验动物的高活性情况，我们推测为同侧肌肉疲劳与对侧兴奋残留导致，这也可能意味着屈反射与抓怕反射在反射弧结构或路径上存在区别，导致在间隔较短的情况下存在较大不同。根据坐骨神经的混合神经干特性^[2]与上文的分析，我们不难推断出屈反射依赖坐骨神经的传入和传出神经，而抓扒反射仅依赖该侧坐骨神经的传出神经，因此在刺激密集、传出神经恢复所需时间较长时，可能导致不同结果的产生。

3.2.盲点面积估算中的近似

由于实际眼球成像面形状并非几何性质良好的平面，因此我们考虑用更精确的方法进行估算，其中一种方法即为根据立体角顶角相等的原理，计算眼-投影点这一锥形的立体角^[3]，进而估算近球面上的盲点大小。使用此法一则弥补了用平面代替球面的曲率损失，一则避免了由于球面到平面投影的非均一性导致的靠外侧的节点贡献了额外的面积。经计算，此法估计的左右眼盲点大小分别为 $2.10mm^2$ 与 $1.62mm^2$ ，均小于原估计的 $2.63mm^2$ 和 $2.57mm^2$ ，说明我们所提的第二类偏差对于原估计的贡献更大，导致估算面及整体偏大。此估计方法也有不完善之处，例如：仍然使用多边形计算立体角，使得面积估计偏小；盲点测定中非正向投影，有入射角偏差，应予以修正，由于篇幅时间有限，此处不作详细展开。

参考资料

[1] WIKIPEDIA. Shoelace formula[Z/OL](2021-05). https://en.wikipedia.org/wiki/Shoelace_formula.
[2] WIKIPEDIA. Sciatic nerve[Z/OL](2021-02). https://en.wikipedia.org/wiki/Sciatic_nerve.
[3] WIKIPEDIA. Solid angle[Z/OL](2021-05). https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_angle.