

四川大学实验报告

学 院 生命科学院 专 业 生物科学

2022 级管理 4 班 组

姓 名

同实验者

22 年 10 月 17 日

题 目：蚯蚓的外形观察与内部解剖

1 实验目的

1. 通过峨眉山大蚯蚓的解剖与观察，了解环节动物门的基本特征
2. 了解环节动物的进步性特征以及动物形态，器官系统与机能逐渐演化发展的进化过程

2 实验原理

本次试验主要采用解剖的方式进行。解剖指对于死亡的动物或植物进行身体肢解，研究其内部结构。解剖是医学及生物科学研究中常用的研究方式之一，解剖动物体及植物体可以帮助分析结构及各部分的机能，更好的了解动物或植物^[1]。除了对于动物体和植物体的解剖外，还有通过数学建模等跨学科技术进行的计算解剖^[2]。

本次试验通过对于蚯蚓的解剖，加深了对于环节动物结构的理解，引起对于其进步性特征相关问题的思考。

3 实验步骤

1. 取大小长度合适的蚯蚓，区分其背部及腹部，将其背面向上置于蜡盘中。
2. 用手指按压蚯蚓背部，在其身体背部上端三分之一、偏离中线处，用解剖针戳出一个洞
3. 用解剖剪或解剖刀从洞口沿着背部向头部剪开，用钉子固定（若蚯蚓体壁较厚，则可以先用解剖刀划出划痕，如何用解剖剪沿着划痕剪开）
4. 在用同样的方式向肛门处剪开，用钉子固定

4 实验结果

在未摘除器官时，我们观察到：

1. 前列腺：肉色肾形器官，由多个部分组成，质地软（图 1 结构 A）
2. 砂囊：深色肉色肉球，其上遍布血管，质地硬（图 1 结构 B）

3. 储精囊：肉色囊状物体，质地软（图 1 结构 C）
4. 受精囊：肉色、透明质地囊状物体，质地软（图 1 结构 D）
5. 肠：褐色长条状物体，有分节现象，质地软，易破裂；破裂后渗出土褐色液体（图 2 结构 A）
6. 背血管：黑色管状，存在于肠道靠近背部一侧中央（图 2 结构 B）

在摘除蚯蚓器官后，我们观察到：

1. 前列腺管：肉色管状物体，质地软（图 3 结构 A）
2. 腹神经索：白色管状物体，存在于蚯蚓腹部，与体壁相连（图 3 结构 B）

在观察蚯蚓被摘除的器官时，我们观察到：

1. 砂囊与胃部相连接的开孔（图 4,5）。由此可以推测，图 3 中的结构 C 是蚯蚓胃部与肠道相连的开孔
2. 背孔：规律排布于背侧体壁上的小孔（图 6）

5 讨论：蚯蚓的神经系统

5.1 蚯蚓的大脑

通过实验的观察可以得知：蚯蚓的神经系统主要由腹部的腹神经索构成，除此以外，还有未观察到的大脑。通过对于蚯蚓再生功能的查询，得知蚯蚓拥有头部的再生功能^[3]。

由此可以推测：蚯蚓的大脑并不是其执行必要生理活动的必要条件，因此，失去或损坏大脑的蚯蚓可以进行再生；由此也可以猜想，腹神经索是执行必要生理活动的必要条件，充当了人类大脑的角色。

如果要验证此猜想，可以通过一些手段破坏蚯蚓的大脑（考虑到体型较大的蚯蚓，可以利用手术器械从口腔进入捣毁大脑），观察其是否可以存活，并验证存活时大脑是否再生。如观察到大脑被破坏的蚯蚓可以正常存活，且存活期间大脑并未再生，则可以说明大脑是非必要条件。

5.2 蚯蚓与人类神经元轴突的速度差异

蚯蚓的腹神经索中存在一个内侧巨型轴突（medial giant axon, MGA）和两个侧向巨型轴突（lateral giant axons, LGA）^[4]。其中，MGA 直径为 0.07 毫米，以 32.2 米/秒的速度向前后方向传输。LGA 的直径为 0.05 毫米，略窄于 MGA，并在 12.6 米/秒时向后向传输^[5]。

而人类的运动神经元突触直径为 13-20 微米，速度却有 80-120 米/秒^[6]（考虑到蚯蚓腹神经索中主要是负责运动的神经元^[5]，因此只对比人类的运动神经元）。

利用 Hodgkin-Huxley model^[7] 可知：对于轴突中离子电流的传播速度，主要取决于膜电压衰减的速率：衰减的膜电压需要离子通道补充（公式 1），而离子通道的开闭需要时间（公式 2）；因此衰减速率越快，传播速度越慢。

$$I_m(t) + C \frac{dV(t)}{dt} = I_e(t) \quad (1)$$

其中：

$$\begin{aligned} I_m &= I_{Na} + I_K + I_L \\ I_{Na} &= G_{Na}(V, t)(V - E_{Na}) \\ I_K &= G_K(V, t)(V - E_K) \\ I_L &= G_L(V - E_L) \end{aligned} \quad (2)$$

利用 cable equation^[8]（公式 3），我们可以定量分析膜电压的衰减速率。

$$\lambda^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \tau \frac{\partial V}{\partial t} + V \quad (3)$$

其中衰减速率由长度常数（ λ ）决定， λ 越大，衰减速率越慢：

$$\lambda = \left(\frac{1}{G_m R_a} \right)^{1/2} = \left(\frac{a}{2\rho_i g_L} \right)^{1/2} \quad (4)$$

公式 4 中 a 是理想化轴突的半径， ρ_i 是突触内部电阻率， g_L 是突触膜的电导率。

由此可知，在 ρ_i, g_L 一定的情况下，突触半径越大衰减速率越慢，离子电流传播速率越快。而相比人类，蚯蚓突触半径大，离子电流传播速率慢，说明蚯蚓的 $\rho_i g_L$ 大于人类。 ρ_i 取决于自由移动的离子^[9]，通常难以在实验中测量^[10]，因此建立模型时通常选择一定范围内的值^[9]。考虑到造成的影响不大，此处只讨论突触膜带来的影响。

人体突触膜上存在髓鞘，髓鞘的存在遮挡了离子通道，使得突触只能在髓鞘间隙补充离子；除此以外，髓鞘增大了突触膜的电阻率，即降低了 g_L ，提高了长度常数 λ ，使得衰减速率降低。由此可以分析出，蚯蚓突触离子电流传播速率慢可能有两个可能性：

1. 蚯蚓突触膜上不存在髓鞘。
2. 蚯蚓突触膜上存在髓鞘，但是髓鞘的功能性大大弱于人体神经元突触上的髓鞘。

查询资料可得，髓鞘是脊椎动物的特征之一，但蚯蚓（寡毛纲动物）拥有功能等效，但是效率更低的“髓鞘”^[11]。因此可知髓鞘是生物进化特征之一，是生物由简单进化到复杂，由小型进化到大型的进化结果。

A 图片

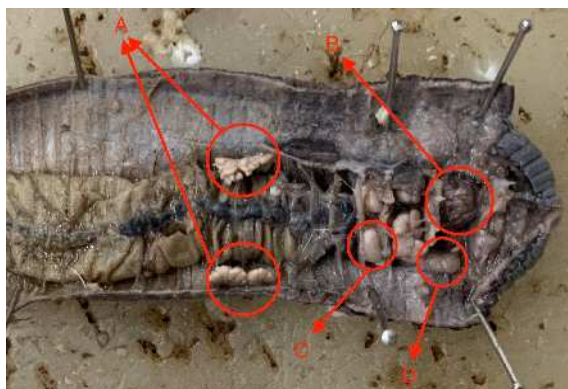


图 1: 峨眉山大蚯蚓解剖图 (头部)
相机拍摄

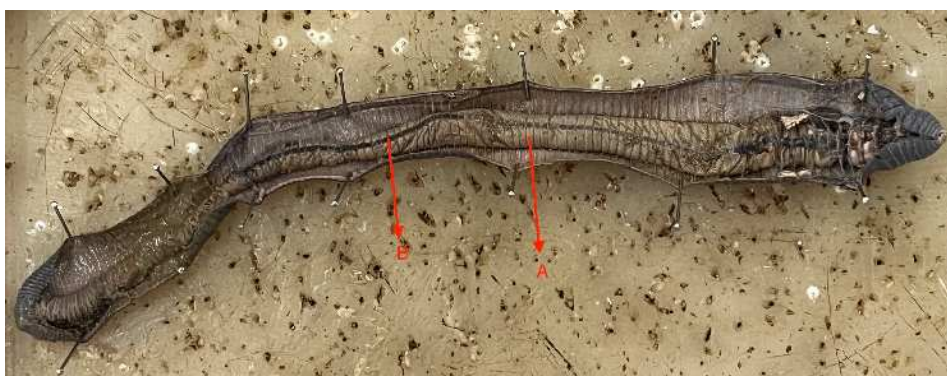


图 2: 峨眉山大蚯蚓解剖图 (整体)
相机拍摄

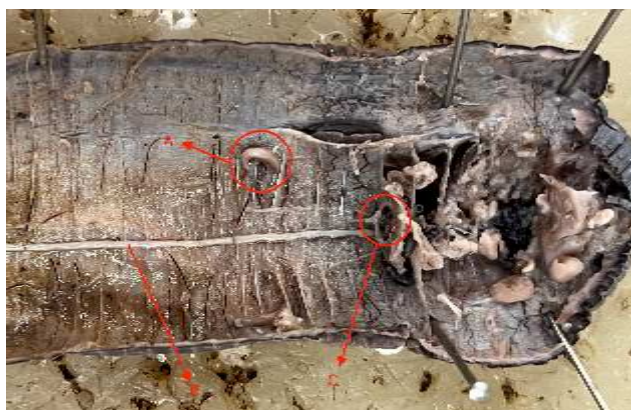


图 3: 峨眉山大蚯蚓解剖图 (去除器官)
相机拍摄

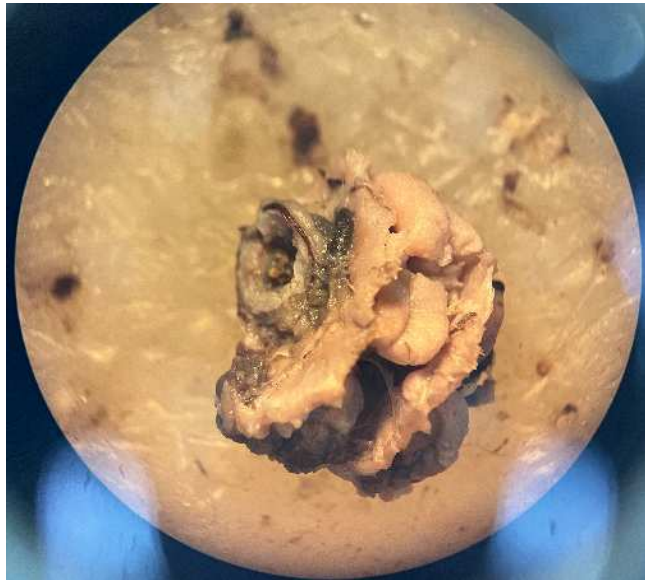


图 4: 峨眉山大蚯蚓胃部所在结构
解剖显微镜拍摄



图 5: 峨眉山大蚯蚓砂囊
解剖显微镜拍摄



图 6: 峨眉山大蚯蚓背孔
相机拍摄

参考文献

- [1] McLachlan, John C.; Patten, Debra (17 February 2006). "Anatomy teaching: ghosts of the past, present and future". Medical Education.
- [2] Computational Anatomy - Asclepios
(<https://team.inria.fr/epione/en/research/computational-anatomy/>)
- [3] Gates, G. E. (1 January 1953). "On Regenerative Capacity of Earthworms of the Family Lumbricidae". The American Midland Naturalist.
- [4] P.J Mill, Recent developments in earthworm neurobiology, Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, Volume 73, Issue 4, 1982.
- [5] Drewes, C.D., Landa, K.B. and McFall, J.L. (1978). "Giant nerve fibre activity in intact, freely moving earthworms". The Journal of Experimental Biology. 72: 217–227.
- [6] Squire, Larry (2013). Fundamental neuroscience (4th ed.). Amsterdam: Elsevier/Academic Press.
- [7] Hodgkin Al, Huxley Af. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. J Physiol. 1952;117(4):500-544.
- [8] Tuckwell, Henry Claverling. Introduction to theoretical neurobiology: linear cable theory and dendritic structure. Vol. 1. Cambridge University Press, 1988.
- [9] Bekkers, J. (2022). Resistivity, Axial. In: Jaeger, D., Jung, R. (eds) Encyclopedia of Computational Neuroscience. Springer, New York, NY.
- [10] Major G, Larkman AU, Jonas P, Sakmann B, Jack JJB (1994) Detailed passive cable models of whole-cell recorded CA3 pyramidal neurons in rat hippocampal slices. J Neurosci 14:4613–4638
- [11] Hartline DK (May 2008). "What is myelin?". Neuron Glia Biology. 4 (2): 153–63.