高等医药院校新形态一体化教材

生理学实验与学习指导

SHENGLIXUE SHIYAN YU XUEXI ZHIDAO

编著　陈亚奇

中国协和医科大学出版社
北　京

图书在版编目（CIP）数据

生理学实验与学习指导 / 陈亚奇编著. —北京：中国协和医科大学出版社，2023.8
ISBN 978-7-5679-2227-3

Ⅰ.①生… Ⅱ.①陈… Ⅲ.①生理学—实验—高等职业教育—教学参考资料 Ⅳ.①Q4-33

中国国家版本馆 CIP 数据核字（2023）第 137723 号

生理学实验与学习指导

编　　著：陈亚奇
策　　划：曹晓旭
责任编辑：杨小杰
封面设计：刘文东

出版发行：中国协和医科大学出版社
（北京市东城区东单三条 9 号　邮编 100730　电话 010-65260431）
网　　址：www.pumcp.com
经　　销：新华书店总店北京发行所
印　　刷：三河市骏杰印刷有限公司

开　　本：787mm×1092mm　1/16
印　　张：12.5
字　　数：300 千字
版　　次：2023 年 8 月第 1 版
印　　次：2023 年 8 月第 1 次印刷
定　　价：38.00 元

ISBN 978-7-5679-2227-3

（版权所有，侵权必究，如有印装质量问题，由本社发行部调换）

前言

PREFACE

党的二十大报告指出："统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新，推进职普融通、产教融合、科教融汇，优化职业教育类型定位。"根据国务院印发的《国家职业教育改革实施方案》中提出的"深化复合型技术技能人才培养培训模式改革"，在遵循"以服务为宗旨、以就业为导向、以岗位需求为标准"的职业教育指导思想的基础上，以提高学生的职业能力、职业道德和创新精神为主要目标，编者特编写了本书。

本书以《生理学》教材为依据编排内容。

实验指导部分选取的内容为经典生理学实验和创新性实验模拟临床工作，注重培养学生对机体功能变化进行连续性观察的能力，培养学生分析问题、解决问题的能力。每个实验后增设"分析与思考""实验技能考核目标"栏目，融理论、技能要求、实验考核于一体，希望通过实验操作，提高学生的动手能力、探究精神、创新意识和团队协作精神。

学习指导部分把生理学课程中的重要知识点进行了归纳总结，使学生能够提纲挈领，准确、快速地掌握生理学理论知识。习题部分旨在帮助学生通过演练更加深刻地理解生理学知识，以期为执业资格考试奠定良好的基础。

本书紧密围绕执业资格考试标准和工作岗位需求，凸显高等职业教育特色，具有适用性和实用性。本书内容全面、系统，难易适宜，适合护理、助产等相关专业学生使用。

本书由南阳医学高等专科学校陈亚奇编著。

由于编者学识和水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

陈亚奇

2023 年 3 月

目录

CONTENTS

绪论 …… 1

实验指导 …… 1

实验一　坐骨神经-腓肠肌标本的制备 …… 1

实验二　刺激强度与反应的关系 …… 4

学习指导 …… 7

习题 …… 7

第一章　细胞的基本功能 …… 11

实验指导 …… 11

实验三　刺激频率与肌肉收缩形式的关系 …… 11

实验四　坐骨神经干动作电位的观察 …… 13

学习指导 …… 15

习题 …… 16

第二章　血液生理 …… 24

实验指导 …… 24

实验五　出血时间与凝血时间的测定 …… 24

实验六　血液凝固及其影响因素 …… 25

实验七　ABO 血型的鉴定 …… 27

学习指导 …… 28

习题 …… 29

第三章　血液循环 …… 39

实验指导 …… 39

实验八　蛙心起搏点的观察 …… 39

实验九　期前收缩与代偿间歇的观察 …… 41
实验十　蛙心灌流 …… 42
实验十一　人体心音的听取 …… 44
实验十二　人体心电图的描记 …… 46
实验十三　人体动脉血压的测定 …… 48
实验十四　家兔动脉血压的调节 …… 50
学习指导 …… 53
习题 …… 56

第四章　呼吸生理 …… 68

实验指导 …… 68
实验十五　胸膜腔内压的测定 …… 68
实验十六　人体肺活量的测定 …… 70
实验十七　哺乳动物呼吸运动的调节 …… 71
学习指导 …… 73
习题 …… 74

第五章　消化与吸收 …… 82

实验指导 …… 82
实验十八　胃肠运动的观察 …… 82
学习指导 …… 83
习题 …… 84

第六章　能量代谢与体温 …… 92

实验指导 …… 92
实验十九　人体体温的测定 …… 92
学习指导 …… 93
习题 …… 94

第七章 尿液的生成与排放 …… 99
实验指导 …… 99
实验二十 尿液生成的影响因素 …… 99
学习指导 …… 100
习题 …… 101
第八章 感觉器官生理 …… 108
实验指导 …… 108
实验二十一 视力测定 …… 108
实验二十二 视野测定 …… 109
实验二十三 瞳孔对光反射检查 …… 111
实验二十四 色觉检查 …… 112
实验二十五 声音的传导途径 …… 113
实验二十六 内耳迷路功能的观察 …… 115
学习指导 …… 116
习题 …… 116
第九章 神经系统的功能 …… 120
实验指导 …… 120
实验二十七 反射弧的分析 …… 120
实验二十八 大脑皮质运动区的定位 …… 121
实验二十九 去大脑僵直 …… 123
实验三十 人体腱反射检查 …… 124
学习指导 …… 126
习题 …… 129
第十章 内分泌生理 …… 144
实验指导 …… 144
实验三十一 皮肤传入冲动电信号的描记 …… 144

学习指导 …… 145
习题 …… 146

第十一章 生殖 …… 152

实验指导 …… 152
实验三十二 脊髓、神经生物电传导(图像)及肌肉收缩的关系 …… 152
实验三十三 人体心肺功能综合实验 …… 154
学习指导 …… 156
习题 …… 157

参考答案 …… 161

绪　　论

【实验指导】

实验一　坐骨神经-腓肠肌标本的制备

一、实验目的

1. 掌握蛙类坐骨神经-腓肠肌标本制备的基本操作技术。
2. 掌握蛙类手术器械的使用方法。

二、实验原理

在教学和科研工作中，实验人员常利用离体组织和器官来研究其生命活动的基本规律以及影响因素。蛙类动物来源丰富，其某些基本生命活动和生理功能与哺乳类动物有相似之处，且蛙类动物的组织或器官在离体情况下维持生命活动的条件比较低，易于控制和掌握。因此，实验中常用蟾蜍的坐骨神经-腓肠肌标本来观察兴奋和兴奋性、刺激与肌肉收缩等基本生理现象及过程。制备坐骨神经-腓肠肌标本是在机能学实验中必须掌握的一项基本技能。

三、实验材料

蟾蜍、蛙类动物手术器械一套（包括粗剪刀、手术剪、眼科剪、组织镊、眼科镊、金属探针、玻璃分针、蛙板）、锌铜弓、培养皿、任氏液（林格液）等。

四、实验步骤

1. 破坏脑和脊髓　取蟾蜍一只，用自来水将其冲洗干净。左手握住蟾蜍，并用示指压住其头部前端，拇指压住蟾蜍的背部，使其头前俯（图 0-1）；右手持金属探针由蟾蜍头前端沿中线向尾方划触，触及凹陷处，即枕骨大孔处，将探针由此垂直刺入，然后向前倾斜刺入颅腔，左右搅动，以破坏脑组织，而后将探针抽出，再由枕骨大孔转向尾方，与脊髓平行刺入椎管，

破坏脊髓。此时，如果蟾蜍的四肢先强直后松软、呼吸消失，则表示脑和脊髓已被完全破坏，否则应按上法重复操作。

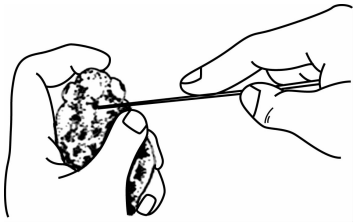
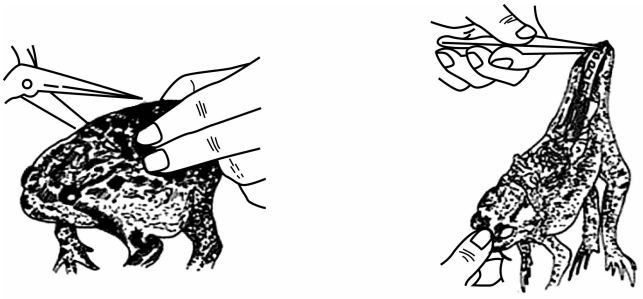


图 0-1　破坏蟾蜍脑和脊髓的方法

2. 剪除躯干上部及内脏　在蟾蜍骶髂关节水平以上 0.5～1cm 处，以粗剪刀剪断脊柱。左手握住蟾蜍的脊柱和躯体后部，将其悬空提起，使蟾蜍的头与内脏自然下垂；右手持粗剪刀，沿脊柱两侧剪除头、前肢和内脏（图 0-2），注意勿损伤坐骨神经，仅留下肢、骶骨、一段脊柱及两侧的坐骨神经。



（a）剪断脊柱　　（b）剪除头、前肢和内脏

图 0-2　剪除蟾蜍躯干上部及内脏

3. 剥皮　左手用镊子夹住脊柱的断端（注意不要握住或接触神经），右手捏住其上的皮肤边缘，向下剥掉全部后肢的皮肤（图 0-3），将标本放在盛有任氏液的培养皿中。洗手，并将用过的手术器械洗净。

图 0-3　剥掉蟾蜍后肢的皮肤

4. 分离两腿　用镊子从背位夹住脊柱，将标本提起，剪去向上突出的骶骨（注意勿损伤坐骨神经）。然后沿正中线用粗剪刀将脊柱分为两半并从耻骨联合中央剪开，使两后肢完全

分离，将分开的标本浸入盛有任氏液的培养皿中。

5. 游离坐骨神经　取一标本放于蛙板或玻璃板上，两端用蛙钉固定。用玻璃分针沿脊柱内侧游离坐骨神经。沿坐骨神经沟（股部背侧股二头肌与半膜肌之间的肌缝）找出腿部坐骨神经，用玻璃分针小心剥离，使之完全暴露。用粗剪刀剪下一小段与神经相连的脊柱（1～2个椎骨），用镊子夹住该段脊柱，轻轻提起神经，剪断坐骨神经的所有细小的分支，并将神经一直游离至腘窝为止（图 0-4）。

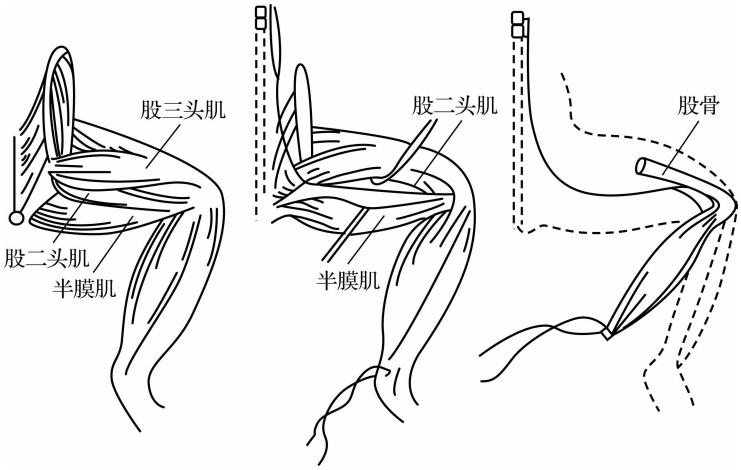
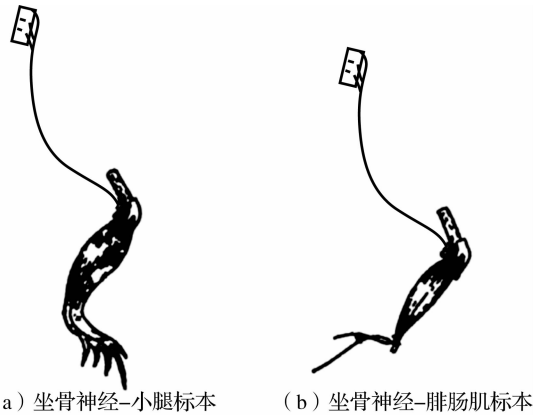


图 0-4　坐骨神经分离暴露后的位置

6. 制备坐骨神经-小腿标本　在膝关节周围剪掉全部大腿肌肉，并用粗剪刀将股骨刮干净，然后在股骨的中部剪去上段股骨，保留的部分就是坐骨神经-小腿标本[图 0-5(a)]。

7. 制备坐骨神经-腓肠肌标本　将上述坐骨神经-小腿标本在跟腱处穿线结扎后剪断跟腱。游离腓肠肌至膝关节处，然后沿膝关节将小腿的其余部分剪掉，这样就制成了坐骨神经-腓肠肌标本[图 0-5(b)]。



（a）坐骨神经-小腿标本　　（b）坐骨神经-腓肠肌标本

图 0-5　坐骨神经-小腿标本及坐骨神经-腓肠肌标本

8. 检查标本的兴奋性　用经任氏液润湿的锌铜弓轻触坐骨神经，如腓肠肌发生明显而灵敏的收缩，则表示标本的兴奋性良好，将标本放在盛有任氏液的培养皿中备用。

五、实验结果及分析

描述实验结果并加以分析。

六、注意事项

1. 制备神经肌肉标本时，要避免蟾蜍体表的毒液和血液污染标本，不能挤压、损伤和用力牵拉神经和肌肉，不可用金属器械触碰神经干。

2. 制备标本时，应随时给神经和肌肉滴加任氏液，防止其表面干燥，以免影响标本的兴奋性。

3. 标本制成后须放在任氏液中浸泡数分钟，使标本的兴奋性稳定。

七、分析与思考

1. 制备神经肌肉标本时，为什么要随时滴加任氏液？

2. 损毁脑和脊髓后的蟾蜍有何表现？

八、实验技能考核目标

1. 掌握捉拿蟾蜍的正确方法。

2. 掌握破坏蟾蜍脑和脊髓的方法。

实验二　刺激强度与反应的关系

一、实验目的

观察电刺激强度的变化对骨骼肌收缩张力的影响，理解阈值、阈刺激、阈上刺激和最大刺激的概念。

二、实验原理

活的神经肌肉组织具有兴奋性，能接受刺激发生兴奋反应。但刺激要引起组织兴奋，其强度、持续时间和强度-时间变化率都必须达到阈值。一般来说，兴奋性高的组织其阈值低，兴奋性低的组织则阈值高，因此，阈值常被作为衡量组织兴奋性高低的客观指标。

不同种类组织的兴奋性高低不同，同一组织不同单位的兴奋性高低也不同。例如，腓肠肌是由许多肌纤维组成的，各条肌纤维的兴奋性高低并不相同。实验中，当用刺激时间一定的单个刺激直接（或通过神经间接）刺激腓肠肌时，如刺激强度太弱，则不能引起肌肉收缩。只有刺激达到一定强度时，才能使肌肉发生最微弱的收缩。这种刚能引起最小反应的最小刺激强度称为阈强度（或称强度阈值，简称阈值）。刚达到阈强度的刺激称为阈刺激。这时引起的肌肉收缩称为阈收缩。随着刺激强度的增加，肌肉收缩反应也相应地逐步增大，这时刺激的强度超过阈值，故称为阈上刺激。当刺激强度增大至某一数值时，肌肉出现最大收缩

反应。此时，如再继续增加刺激强度，肌肉收缩反应将不再增大。这种能使肌肉发生最大收缩反应的最小刺激强度称为最适强度。具有这种强度的刺激称为最大刺激。最大刺激引起的肌肉收缩称为最大收缩。可见，在一定范围内，骨骼肌收缩反应的大小取决于刺激的强度，这是刺激与组织反应之间的普遍规律。

三、实验材料

蟾蜍、BL-420 生物机能实验系统、蛙类动物手术器械一套、肌槽、张力换能器、铁支架、双凹夹、任氏液等。

四、实验步骤

1. 标本的制备　标本的制备有以下两种不同的方法。

(1)离体坐骨神经-腓肠肌标本制备，参见实验一。

(2)在体坐骨神经-腓肠肌标本制备。

1)捣毁脑和脊髓：参见实验一。

2)用蛙钉固定蟾蜍四肢于蛙板。

3)在蟾蜍跟腱上方用剪刀把小腿皮肤剪开，暴露腓肠肌，用玻璃分针分离腓肠肌的跟腱，穿线结扎，连同结扎线将跟腱剪下，一直将腓肠肌分离到膝关节。在膝关节旁钉蛙钉，以固定住膝关节。至此在体坐骨神经-腓肠肌标本制备完毕。

2. 仪器及标本的连接

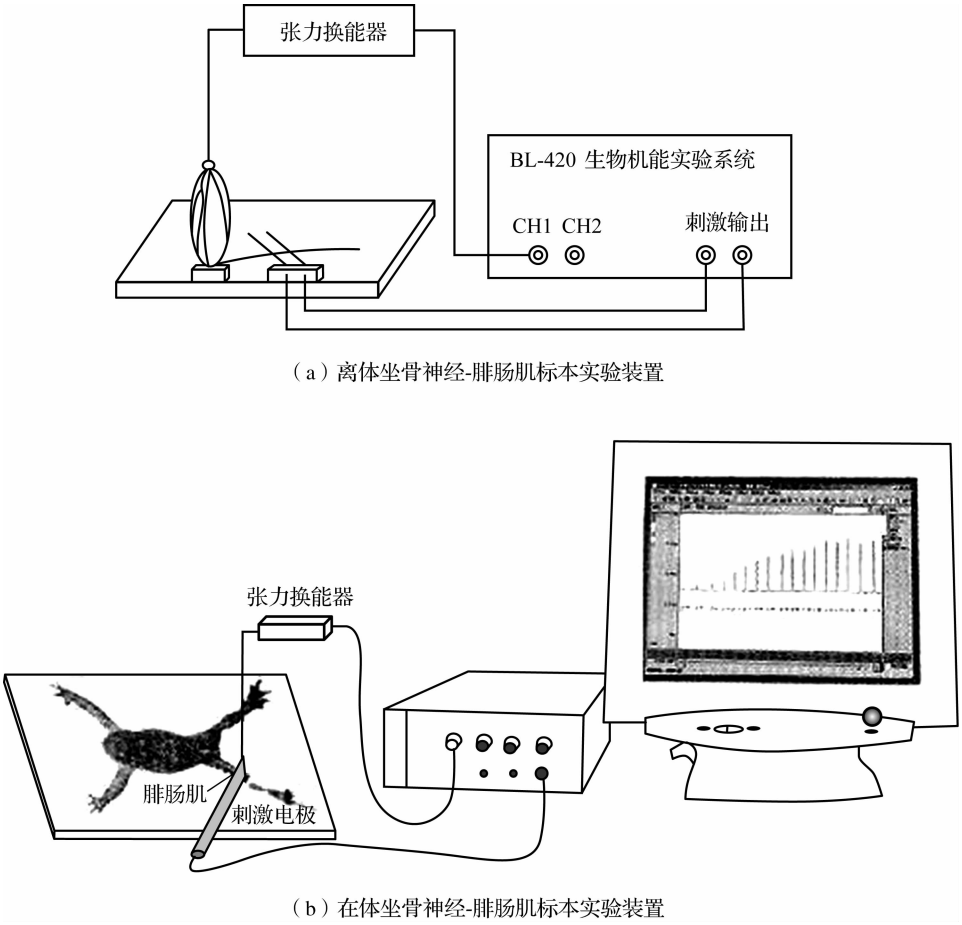
(1)离体坐骨神经-腓肠肌标本：将肌槽、张力换能器用双凹夹固定于支架上，将标本的股骨残端插入肌槽的小孔内并固定，腓肠肌跟腱上的连线连于张力换能器的应变片上(暂不要将线拉紧)。夹住脊椎骨碎片，将坐骨神经轻轻平搭在肌槽的刺激电极上[图 0-6(a)]。

(2)在体坐骨神经-腓肠肌标本：可将腓肠肌跟腱上的连线连于张力换能器的应变片上(暂不要将线拉紧)，调整换能器的高低，使肌肉处于自然拉长的状态(不宜过紧，但也不要太松)。调整刺激电极，使刺激电极与腓肠肌标本接触良好[图 0-6(b)]。

将张力换能器与 BL-420 生物机能实验系统 CH1 通道相连。

(3)打开计算机，进入 BL-420 生物机能实验系统操作界面，点击实验项目→肌肉神经实验→刺激强度与反应的关系→设置各项参数→确定。

3. 实验项目　阈刺激与最大刺激的测定：选用单刺激，刺激强度从零开始逐渐增大，记录肌肉收缩曲线，刚能引起腓肠肌收缩的刺激强度为阈强度。强度达到阈强度的刺激为阈刺激。此前未产生收缩波的刺激为阈下刺激。继续增大刺激强度，可记录到收缩曲线逐步升高的曲线图，直到最后收缩曲线的幅度不再随刺激强度的增加而升高，刚使收缩曲线达到最高的最小刺激强度的刺激，即最大刺激。产生最大刺激的强度为最适强度，由最适强度产生的收缩称为最大收缩(图 0-7)。



（a）离体坐骨神经-腓肠肌标本实验装置

（b）在体坐骨神经-腓肠肌标本实验装置

图 0-6　肌肉收缩的记录装置

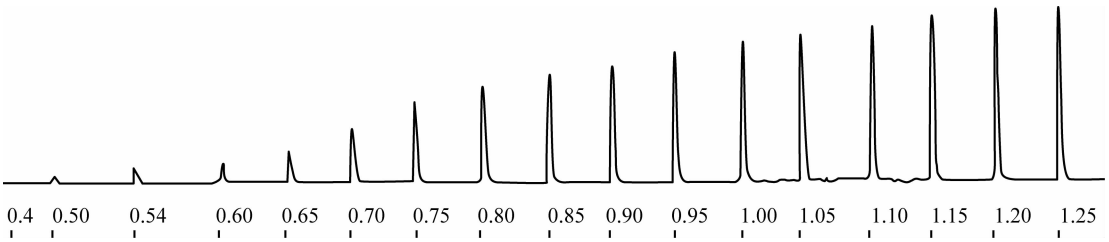


图 0-7　不同刺激强度对骨骼肌收缩的影响曲线

五、实验结果及分析

描记实验结果并加以分析。

六、注意事项

1. 标本与张力换能器相连，线的张力要适中，尽可能保持标本的自然长度。

2. 实验中每次肌肉收缩后必须间隔一定的时间（0.5～1 分钟）再给予刺激，防止肌肉疲劳。

3. 经常用任氏液润湿标本，防止标本干燥。

七、分析与思考

1. 组织兴奋性与阈强度有什么关系？
2. 为什么在阈刺激和最大刺激之间，骨骼肌收缩反应会随刺激强度的增大而增大？

八、实验技能考核目标

1. 掌握破坏蟾蜍脑和脊髓的方法。
2. 掌握在体坐骨神经-腓肠肌标本的制备方法。

【学习指导】

1. 生命活动的基本特征　新陈代谢、兴奋性、生殖、适应性。

2. 生命活动与环境的关系　对多细胞机体而言，其整体所处的环境称为外环境，而构成机体的细胞所处的环境称为内环境。当机体受到刺激时，机体的内部代谢和外部活动将会发生相应的改变，这种变化称为反应。反应有兴奋和抑制两种形式。

3. 自身调节　心肌细胞的异长自身调节、肾血流量在一定范围内保持恒定的自身调节、小动脉灌注压力增高时血流量并不增高的调节都是自身调节。

4. 神经调节　机体功能调节的主要调节形式，特点是反应速度快、作用持续时间短、作用部位准确。

5. 体液调节　特点是作用缓慢、持续时间长、作用部位广泛。

6. 生理功能的反馈控制　负反馈调节的意义在于维持机体内环境的稳态。正反馈调节的意义在于使生理过程不断加强，直至最终完成生理功能，是一种破坏原先平衡状态的过程。排便、排尿、射精、分娩、血液凝固、神经细胞产生动作电位时钠通道的开放和钠离子内流互相促进等生理活动为正反馈调节。

习　　题

一、名词解释

1. 新陈代谢
2. 兴奋性
3. 刺激
4. 反应
5. 阈强度
6. 内环境
7. 稳态
8. 反射
9. 反馈
10. 负反馈

二、填空题

1. 生命活动的基本特征包括_____、_____、_____、_____，其中生命活动最基本的特征是_____。

2. 新陈代谢包括_____和_____两个方面。

3. 刺激按其性质可分为_____、_____、_____、_____。

4. 机体组织在接受刺激而发生反应时，其表现形式有_____和_____两种。

5. 刺激引起组织发生反应时，必须具备三个条件，即_____、_____和_____。

6. 组织兴奋性的高低与阈强度是_____关系，即需要的阈强度越_____，组织兴奋性越_____。

7. 强度等于阈强度的刺激称为_____，小于阈强度的称为_____，大于阈强度的称为_____。

8. 可兴奋组织受刺激后产生兴奋的标志是_____。

9. 机体内的可兴奋组织包括_____、_____、_____。

10. 人体功能的调节方式有_____、_____和_____，其中起主导作用的调节方式是_____。

11. 神经调节的基本方式是_____，反射的结构基础是_____，由_____、_____、_____、_____、_____构成。

12. 反射按形成过程和条件的不同可分为_____和_____两种基本类型。

13. 根据反馈作用的不同将其分为_____和_____两种，在人体机能的调节中_____反馈最为常见。

14. 生理学把维持内环境相对稳定的过程称为_____。

15. 通过反馈作用使控制部分活动减弱的称为_____，其生理意义是_____；使控制部分活动增强的称为_____，其生理意义是_____。

三、单选题

1. 下列各生理活动研究中，属于细胞和分子水平的是(　　)。

A. 条件反射　　B. 肌丝滑行　　C. 心脏射血　　D. 基础代谢

2. 生命的基本特征是(　　)。

A. 兴奋　　B. 生长发育　　C. 新陈代谢　　D. 传导性

3. 下列关于兴奋性的叙述，错误的是(　　)。

A. 兴奋性是一切生物体对环境变化发生反应的能力

B. 只有可兴奋组织才有兴奋性

C. 兴奋性的高低可因组织细胞的不同而不同

D. 兴奋性的高低可用阈强度来衡量

4. 衡量组织兴奋性的指标是(　　)。

A. 反射　　B. 反应　　C. 阈强度　　D. 刺激

5. 下列与组织兴奋性成反比关系的是(　　)。

A. 阈刺激　　B. 阈强度　　C. 电位变化　　D. 肌肉收缩

6. 在一定时间内能引起组织发生反应的最小刺激强度是(　　)。

A. 阈刺激　　B. 阈强度　　C. 阈电位　　D. 阈上刺激

7. 乙酰胆碱使心脏跳动减弱、减慢等现象属于(　　)。

A. 兴奋　　B. 抑制　　C. 反射　　D. 反应

8. 机体内环境指(　　)。

A. 细胞内液　　B. 细胞外液　　C. 淋巴液　　D. 关节腔液

9. 机体内环境的稳态是指(　　)。

A. 细胞内液理化性质保持不变　　B. 细胞外液理化性质保持不变

C. 细胞内液理化性质相对恒定　　D. 细胞外液理化性质相对恒定

10. 神经调节的基本方式是(　　)。

A. 反应　　B. 正反馈调节　　C. 反射　　D. 适应

11. 破坏蛙的整个中枢神经系统,将消失的现象是(　　)。

A. 兴奋　　B. 反应　　C. 兴奋性　　D. 反射

12. 破坏蛙的脊髓,用1%硫酸滤纸片刺激蛙的腹部皮肤,实验结果为搔扒反射消失,其原因是(　　)。

A. 感受器受损　　B. 中枢受损　　C. 效应器受损　　D. 传入神经受损

13. 与非条件反射相比,条件反射的特点是(　　)。

A. 先天遗传　　B. 后天获得　　C. 反射弧固定　　D. 持久存在、不消退

14. 下列生理过程中,属于负反馈调节过程的是(　　)。

A. 排尿反射　　B. 血液凝固　　C. 减压反射　　D. 分娩

15. 维持内环境稳态最重要的方式是(　　)。

A. 全身性体液调节　　B. 自身调节　　C. 正反馈调节　　D. 负反馈调节

16. 使机体某一生理过程尽快完成的调节过程是(　　)。

A. 神经调节　　B. 体液调节　　C. 正反馈调节　　D. 负反馈调节

17. 轻触睫毛引起眨眼动作属于(　　)。

A. 神经调节　　B. 体液调节　　C. 自身调节　　D. 神经-体液调节

18. 机体活动调节的最主要方式是(　　)。

A. 神经调节　　B. 体液调节　　C. 自身调节　　D. 神经-体液调节

19. 下列活动中属于条件反射的是(　　)。

A. 咀嚼食物引起唾液分泌　　B. 膝跳反射

C. 轻触角膜引起眨眼动作　　D. 望梅止渴

20. 下列关于非条件反射的叙述,错误的是(　　)。

A. 先天遗传　　B. 反射弧固定

C. 维持生命的基本反射　　D. 属于高级神经活动

21. 人体对外环境变化产生适应性反应是依赖体内的调节机制而实现的。其中,神经调节的特点是(　　)。

A. 作用迅速、精确、短暂　　B. 作用缓慢、广泛、持久

C. 有负反馈　　D. 有生物节律

四、多选题

1. 属于细胞、分子水平的研究有(　　)。
A. 心脏生物电现象原理　　B. 突触传递的原理
C. 肌肉收缩的原理　　D. 缺氧时肺通气的变化
E. 运动时心功能的变化
2. 属于条件反射的有(　　)。
A. 食物入口引起唾液分泌　　B. 沙粒入眼引起流泪
C. 望梅止渴　　D. 需通过后天学习获得
E. 谈起美食引起唾液分泌
3. 属于非条件反射的有(　　)。
A. 雏鸡出壳后就能啄食　　B. 沙粒入眼就眨眼、流泪
C. 新生儿嘴唇触及乳头便会吸吮　　D. 学生听见上课铃声就立即进教室
E. 看见酸梅唾液立即分泌
4. 下述神经调节的特点中正确的是(　　)。
A. 反应速度慢　　B. 参与维持机体的稳态　　C. 作用范围广
D. 持续时间短　　E. 反应迅速而准确
5. 机体活动的调节方式包括(　　)。
A. 神经调节　　B. 体液调节　　C. 自身调节
D. 反馈　　E. 兴奋
6. 下列关于兴奋性的论述中正确的有(　　)。
A. 阈强度是衡量兴奋性高低的指标　　B. 活组织受刺激后,不一定都产生兴奋
C. 组织的兴奋性越高需要的阈强度越大　　D. 不同组织的兴奋性不同
E. 相同组织的兴奋性一定相同
7. 下列关于体液调节的叙述中正确的是(　　)。
A. 反应速度缓慢但作用持久　　B. 作用范围较广
C. 主要调节自主神经功能　　D. 参与维持机体稳态
E. 与神经调节没有任何关系

五、问答题

1. 简述兴奋和兴奋性的区别与联系。
2. 机体活动的调节方式有哪些？其中占主导地位的调节方式是什么？
3. 什么是内环境？内环境为什么要保持相对稳定？

第一章　细胞的基本功能

【实验指导】

实验三　刺激频率与肌肉收缩形式的关系

一、实验目的

1. 观察刺激频率的变化对骨骼肌收缩形式的影响，记录骨骼肌单收缩和强直收缩曲线。
2. 分析骨骼肌产生不同收缩形式的基本条件。

二、实验原理

收缩是肌肉兴奋的外在表现。给活的肌肉一个短暂的有效刺激，肌肉会发生一次收缩，称为单收缩。单收缩的全过程可分为潜伏期、收缩期和舒张期。其具体时间和收缩幅度可因不同动物和肌肉以及肌肉当时的功能状态的不同而有所不同。若给予肌肉连续有效的刺激，则肌肉可因刺激频率的不同而出现不同的收缩形式。随着刺激频率的增加，使后一个刺激总是落在前一个刺激引起的肌肉收缩的舒张期，肌肉收缩曲线呈现锯齿状的收缩波形，称为不完全强直收缩。再增加刺激频率，使后一个刺激总是落在前一次肌肉收缩的收缩期，肌肉将处于完全的持续的收缩状态，称为完全强直收缩。强直收缩的幅度大于单收缩的幅度，并且在一定范围内，当保持刺激的强度和作用时间不变时，肌肉的收缩幅度随着刺激频率的增加而增大。

三、实验材料

蟾蜍、BL-420 生物机能实验系统、蛙类动物手术器械一套、张力换能器、铁支架、双凹夹、任氏液等。

四、实验步骤

1. 标本的制备　标本的制备有以下两种不同的方法。

(1)离体坐骨神经-腓肠肌标本制备:参见实验一。

(2)在体坐骨神经-腓肠肌标本制备:参见实验二。

2.仪器及标本的连接

(1)离体坐骨神经-腓肠肌标本:参见实验二。

(2)在体坐骨神经-腓肠肌标本:参见实验二。

(3)打开计算机,进入 BL-420 生物机能实验系统操作界面,点击实验项目→肌肉神经实验→刺激频率与反应的关系→设置各项参数→确定。

3.实验项目　逐渐增加刺激频率,观察肌肉收缩曲线的变化,可分别记录到肌肉的单收缩、不完全强直收缩和完全强直收缩的曲线(图 1-1)。找出引起单收缩、不完全强直收缩和完全强直收缩的刺激频率。

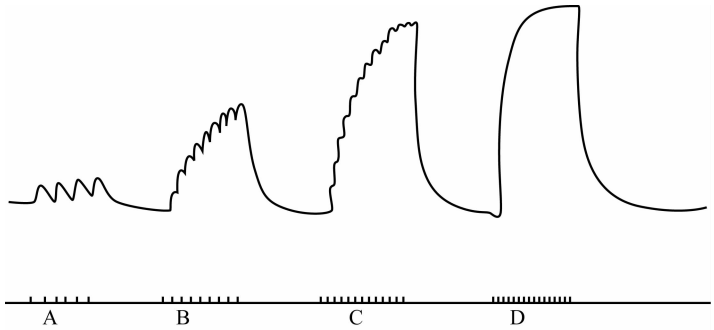


图 1-1　不同刺激频率的肌肉收缩曲线

注:A 为单收缩;B、C 为不完全强直收缩;D 为完全强直收缩。

五、实验结果及分析

描记实验结果并加以分析。

六、注意事项

1.实验中每次肌收缩后必须间隔一定的时间(0.5～1 分钟)再给予刺激,防止肌肉疲劳。

2.经常用任氏液润湿标本,以便更好地保持其兴奋性。

七、分析与思考

1.若给予肌肉连续有效刺激,随着刺激频率的增加,肌肉收缩的形式有何变化?

2.在体情况下,骨骼肌的收缩为什么都是完全强直收缩?

八、实验技能考核目标

1.掌握破坏蟾蜍脑和脊髓的方法。

2.掌握在体坐骨神经-腓肠肌标本的制备方法。

实验四　坐骨神经干动作电位的观察

一、实验目的

1. 观察坐骨神经干动作电位的波形。
2. 学习离体坐骨神经干动作电位的记录方法。

二、实验原理

神经干动作电位是神经兴奋的标志，实验中可用电生理学方法引导并记录到其变化过程。将两个引导电极置于完整的神经干表面，在静息状态下，两个电极之间电位相等，记录到的电位曲线在零电位水平。当神经干的一端受刺激而兴奋时，在去极化过程中负电位沿神经纤维表面扩布。当负电位传到第一电极，而第二电极仍为正电位时，即产生电位差，形成上升的电位曲线。当负电位传到第二电极时，两个电极之间电位又相等，电位曲线回到零电位水平。在复极化过程中，当第一电极已复极到正电位，而第二电极仍为负电位时，产生第二次电位差，但方向与第一次相反，形成降落的电位曲线。当第二电极也复极为正电位后，两个电极之间的电位差又消失，电位曲线回到零电位水平。这样可记录到两个方向相反的电位偏转波形，称为双相动作电位。若使两个引导电极之间的神经干产生损伤，此时的兴奋波只能通过第一个引导电极处，而不能传至第二个引导电极处，故只能记录到单方向的电位偏转波形，称为单相动作电位。

坐骨神经由很多兴奋性不同的神经纤维组成，兴奋时产生的动作电位为许多神经纤维的复合动作电位，这种复合动作电位的幅度在一定范围内随刺激强度的增加而增大。

三、实验材料

蟾蜍、BL-420 生物机能实验系统、蛙类动物手术器械一套、标本屏蔽盒、任氏液等。

四、实验步骤

1. 蟾蜍坐骨神经标本的制备　①破坏脑和脊髓；②剪除躯干上部及内脏；③剥皮及分离下肢；④制备坐骨神经标本。

取一蟾蜍下肢标本放于蛙板或玻璃板上，两端用蛙钉固定。用玻璃分针沿脊柱内侧分离坐骨神经。再沿坐骨神经沟（股部背侧股二头肌与半膜肌之间的肌缝）找出腿部坐骨神经，用玻璃分针小心剥离，使之完全暴露。当坐骨神经被分离至腘窝处后，再向下沿腓总神经与胫神经一直分离至踝关节附近。在分离出的神经两端各系一线，然后剪断。标本制备好后，将其浸入盛有任氏液的培养皿中备用。

2. 仪器及标本的连接

(1)将标本屏蔽盒与 BL-420 生物机能实验系统 CH1 通道连接（图 1-2），将神经干标本置于标本屏蔽盒内的电极上，使之与刺激电极、接地电极、引导电极接触良好。

(2)打开计算机，进入 BL-420 生物机能实验系统操作界面，点击实验项目→肌肉神经实验→神经干动作电位的引导→设置各项参数→确定。

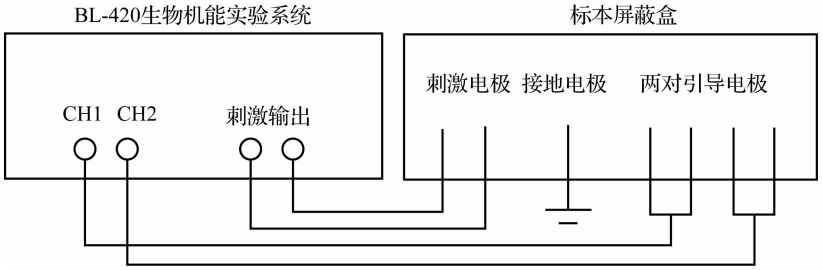


图 1-2　神经干动作电位实验装置及连接

3. 实验项目

(1)观察双相动作电位波形:逐渐增大刺激强度,观察动作电位幅值与刺激强度之间的关系,直至动作电位最大为止。找出阈刺激和最大刺激值,并记录双相动作电位的波形(图 1-3)。

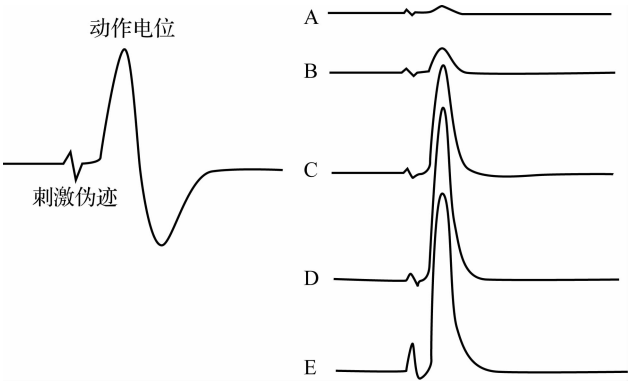


图 1-3　神经干动作电位幅值与刺激强度之间的关系及动作电位波形

注:A、B、C、D、E 分别代表随着刺激强度的增加,动作电位的幅度逐渐增大。

(2)观察单相动作电位波形:用镊子将两个记录电极之间的神经夹伤或用药物(普鲁卡因)局部阻断神经纤维的功能活动后,记录单相动作电位波形。

五、实验结果及分析

描记实验结果并加以分析。

六、注意事项

1. 在分离神经干的过程中切勿损伤神经组织,以免影响实验效果。

2. 经常滴加任氏液,使标本保持湿润,但不可将任氏液滴在电极上,以防发生短路。

3. 不可让神经组织或结扎线碰到标本屏蔽盒壁,也不要把神经干折叠在电极上,以免影响动作电位的大小及波形。

4. 刺激神经时,其强度应由弱至强逐步增加,以免过强刺激损伤神经。

七、分析与思考

1. 随着刺激强度的逐步增加,神经干动作电位的幅度会有何变化?为什么?

2. 两个记录电极之间的神经损伤后，为什么只出现单相动作电位？

八、实验技能考核目标

1. 掌握破坏蟾蜍脑和脊髓的方法。
2. 掌握坐骨神经干标本的制备方法。

【学习指导】

1. 细胞膜的基本结构——液体镶嵌模型的基本内容

(1)基架：液态脂质双分子层。

(2)蛋白质：具有不同的生理功能。

(3)寡糖和多糖链。

2. 细胞膜的物质转运

(1)单纯扩散：小分子脂溶性物质可以自由通过脂质双分子层，因此可以在细胞两侧自由扩散，扩散的方向取决于两侧物质的浓度，即总是从浓度高的一侧向浓度低的一侧扩散，这种转运方式称为单纯扩散。正常体液因子中仅有 O_2、CO_2、NH_3 以这种方式跨膜转运。另外，某些小分子药物可以通过单纯扩散转运。

(2)易化扩散：非脂溶性小分子物质从浓度高的一侧向浓度低的一侧转运时不需要消耗能量，属于被动转运，但转运依赖于细胞膜上特殊结构的“帮助”。因此，易化扩散可以理解成“帮助扩散”。发挥“帮助”作用的结构是细胞膜蛋白，它既可以作为载体将物质从浓度高的一侧“背”向浓度低的一侧，也可以作为通道开放和关闭。载体通道开放时允许物质通过，关闭时不允许物质通过。体液中的离子物质是通过通道转运的，而一些有机小分子物质，如葡萄糖、氨基酸等则依赖于载体转运。至于载体转运与通道转运各有何特点，只需掌握载体转运的特异性较高，存在竞争性抑制现象即可。

(3)主动转运：非脂溶性小分子物质从浓度低的一侧向浓度高的一侧转运时需要消耗能量，称为主动转运。体液中的一些离子，如 K^+、Ca^{2+}、H^+ 的主动转运依靠细胞膜上相应的离子泵完成。离子泵是一类特殊的膜蛋白，它有相应离子的结合位点，又具有 ATP 酶活性，可分解 ATP 释放能量，并利用能量供自身转运离子，所以离子泵完成的转运称为原发性主动转运。体液中某些小分子有机物，如葡萄糖、氨基酸的主动转运属于继发性主动转运，它依赖离子泵转运相应离子后形成细胞内外的离子浓度差，离子在从浓度高的一侧向浓度低的一侧易化扩散的同时，将有机小分子从低浓度一侧耦联到高浓度一侧。肠上皮细胞、肾小管上皮细胞吸收葡萄糖就属于这种继发性主动转运。

(4)出胞和入胞：为大分子物质或物质团块出入细胞的方式。内分泌细胞分泌激素、神经细胞分泌递质属于出胞作用，上皮细胞、免疫细胞吞噬异物属于入胞作用。

3. 神经和骨骼肌细胞的生物电现象

(1)静息电位：细胞处于安静状态下(未受刺激时)膜内外的电位差。静息电位表现为膜外相对为正，膜内相对为负。

1)形成条件：①安静时细胞膜两侧存在离子浓度差(离子不均匀分布)；②安静时细胞膜主要对 K^+ 通透。

2)形成机制：K^+ 外流的平衡电位即静息电位，静息电位形成过程不消耗能量。

3)特征:静息电位是 K^+ 外流形成的膜两侧稳定的电位差。

(2)动作电位:可兴奋组织或细胞受到阈上刺激时,在静息电位的基础上发生的快速、可逆转、可传播的细胞膜两侧的电变化。动作电位的主要成分是峰电位。

1)形成条件:①细胞膜两侧存在浓度梯度差;②细胞膜在不同状态下对不同离子的通透性不同;③可兴奋组织或细胞受到阈上刺激。

2)形成机制:动作电位上升支由 Na^+ 内流所致,动作电位下降支由 K^+ 外流所致。

3)特征:①产生和传播都是"全或无"式的;②传播的方式为局部电流,传播速度与细胞的直径成正比;③是一种快速、可逆的电变化;④动作电位期间 Na^+、K^+ 的跨膜转运是通过通道蛋白进行的。

4)局部电位的特点:等级性、可以总和、电紧张扩布。

(3)兴奋的传播。

1)兴奋在同一细胞上的传导:可兴奋细胞兴奋的标志是产生动作电位,因此兴奋的传导实质上是动作电位向周围传播。动作电位以局部电流的方式传导。直径大的细胞电阻较小,动作电位传导速度快。在有髓鞘的神经纤维上,动作电位呈跳跃式传导,因而比无髓鞘纤维传导速度快。动作电位在同一细胞上的传导是"全或无"式的,动作电位的幅度不因传导距离的增加而减小。

2)兴奋在细胞间传导的特点:单向传递、传递延搁、容易受环境因素影响。

4.肌细胞的收缩功能

(1)兴奋-收缩耦联过程。

1)电兴奋通过横管系统传向肌细胞深处。

2)三联管(三联体)的信息传递。

3)纵管系统对钙离子的储存、释放和再聚积。

(2)肌肉收缩过程:肌细胞膜兴奋传导到终池→终池钙离子释放→肌质钙离子浓度增高→钙离子与肌钙蛋白结合→肌钙蛋白变构→原肌凝蛋白变构→肌球蛋白横桥头与肌动蛋白结合→横桥头 ATP 酶激活分解 ATP 横桥扭动→细肌丝向粗肌丝滑行→肌小节缩短。

(3)影响骨骼肌收缩的主要因素。

1)前负荷:在最适前负荷时产生最大张力,达到最适前负荷后再增加负荷或增加初长度,肌肉收缩力降低。

2)后负荷:肌肉开始收缩后所遇到的负荷,与肌纤维缩短速度成负相关。

3)肌肉收缩力:肌肉的内部机能状态。

习　　题

一、名词解释

1.易化扩散

2.主动转运

3.极化

4.去极化

5. 超极化
6. 阈电位
7. 动作电位
8. 兴奋-收缩耦联
9. 前负荷
10. 后负荷
11. 静息电位

二、填空题

1. 易化扩散包括以_____为中介的易化扩散和以_____为中介的易化扩散。
2. 从能量消耗角度看，细胞膜对物质的转运形式有_____和_____两种。
3. 依据控制通道开闭因素的不同，可将通道分为_____、_____、_____三种。
4. 细胞膜对物质转运的形式有_____、_____、_____、_____和_____。
5. 物质转运方式中属于被动转运的有_____和_____两种。
6. 当膜内的_____浓度升高或膜外的_____浓度升高时，钠钾泵激活。
7. 安静时存在于膜两侧的稳定的内负外正状态，称为_____。在此基础上，膜内负电位增大，称为_____；膜内负电位减小，称为_____。
8. 当静息电位的数值向膜内负值加大的方向变化时，称为膜的_____；当静息电位的数值向膜内负值减小的方向变化时，称为膜的_____。
9. 动作电位形成时 Na^+ 从膜外进入膜内属于_____扩散，K^+ 从膜外进入膜内属于_____转运。
10. CO_2 和 O_2 进出细胞膜属于_____，进出量受该气体在膜两侧的_____影响。
11. 静息电位主要由_____外流引起；动作电位上升支主要由_____内流形成；下降支主要由_____外流形成。
12. 动作电位的传导是兴奋部位和临近静息部位之间产生_____的结果。
13. 动作电位产生的必要条件是使膜内电位变化达到_____。
14. 骨骼肌收缩形式按长度和张力的变化可分为_____和_____。
15. 强直收缩按_____的不同，可分为_____和_____两种。
16. 肌细胞中，两条相邻 Z 线之间的一段肌原纤维称为一个_____。
17. 一条横小管和两侧的终池合称_____。
18. 直接参加肌细胞收缩的蛋白是_____和_____，合称_____；对肌肉收缩过程起调控作用的蛋白质是_____和_____，合称_____。
19. 横桥与_____结合是引起肌丝滑行的必要条件。
20. 当神经细胞受到刺激，膜电位去极到_____水平时，_____通道大量开放，从而起_____。
21. 动作电位在同一细胞上的传导机制是兴奋部位通过_____刺激相邻的_____，使之产生动作电位。
22. 动作电位的特点是_____、_____、_____。局部反应的特点是_____、_____、_____。

23. 在神经-肌肉接头处传递兴奋神经递质是_____，可被_____水解而迅速失活。

24. 在神经-肌肉接头处，乙酰胆碱与突触后膜上的_____结合，从而导致细胞膜去极化而产生的电位变动称为_____。

25. 骨骼肌兴奋-收缩的关键部位是_____，起关键作用的物质是_____。

26. 影响骨骼肌收缩的主要因素有_____、_____、_____。

27. 有机磷农药和新斯的明对_____有选择性的抑制作用，阻止已释放_____的清除，引起中毒症状。箭毒可以同乙酰胆碱争夺_____受体，使肌肉失去收缩能力。

三、单选题

1. 人体内 O_2 和 CO_2 跨膜转运的方式是(　　)。

A. 单纯扩散　　B. 经通道易化扩散　　C. 经载体易化扩散　　D. 出胞

2. 葡萄糖进入红细胞膜属于(　　)。

A. 继发性主动转运　　B. 单纯扩散　　C. 易化扩散　　D. 入胞作用

3. 肠上皮细胞吸收肠腔内葡萄糖是通过(　　)。

A. 主动转运　　B. 继发性主动转运　　C. 易化扩散　　D. 单纯扩散

4. 关于钠泵生理作用的叙述，下列选项中正确的是(　　)。

A. 钠泵能逆着浓度差将进入细胞内的 Na^+ 移出膜外

B. 钠泵能逆着浓度差将进入细胞内的 K^+ 移出膜外

C. 钠泵能逆着浓度差将细胞外的 Na^+ 移进膜内

D. 钠泵能顺着浓度差将细胞外的 Na^+ 移进膜内

5. 所谓膜的去极化表现为(　　)。

A. 静息电位存在时膜两侧所保持的内负外正状态

B. 静息电位的数值向膜内负值加大的方向变化

C. 静息电位的数值向膜内负值减小的方向变化

D. 经历 C 选项变化后，再向正常安静时膜内所处的负值恢复

6. 静息电位绝对值增大称为(　　)。

A. 去极化　　B. 复极化　　C. 超极化　　D. 反极化

7. 关于可兴奋细胞动作电位的描述，正确的是(　　)。

A. 动作电位是细胞受刺激时出现的快速而不可逆的电位变化

B. 在动作电位的去极相，膜电位由内正外负变为内负外正

C. 动作电位幅度的大小不随刺激强度和传导距离而改变

D. 动作电位幅度的大小随刺激强度和传导距离而改变

8. 细胞膜内外 Na^+ 和 K^+ 浓度差的维持是由于(　　)。

A. 膜在安静时 K^+ 通透性大　　B. 膜在兴奋时 Na^+ 通透性增大

C. Na^+、K^+ 易化扩散　　D. 膜上 Na^+-K^+ 泵的作用

9. 单纯扩散、易化扩散和主动转运的共同特点是(　　)。

A. 要消耗能量　　B. 顺浓度梯度

C. 需膜蛋白帮助　　D. 被转运物都是小分子

10. 人工增加细胞外液中 Na^+ 浓度时，单根神经纤维动作电位的幅度将(　　)。

A. 增大　　B. 减小　　C. 不变　　D. 先增大后减小

11. 人工地增加离体神经纤维浸浴液中的 K^+ 浓度，静息电位的负值将(　　)。

A. 不变　　B. 增大　　C. 减小　　D. 先增大后减小

12. 下列有关同一细胞兴奋传导的叙述中错误的是(　　)。

A. 动作电位可沿细胞膜传导到整个细胞

B. 传导方式是通过产生局部电流刺激未兴奋部位，使之出现动作电位

C. 有髓纤维传导动作电位的速度比无髓纤维快

D. 动作电位的幅度随细胞直径的增加而减小

13. 静息电位的大小接近(　　)。

A. 钠离子平衡电位　　B. 钾离子平衡电位

C. 钠离子平衡电位与钾离子平衡电位之和　　D. 钠离子平衡电位与钾离子平衡电位之差

14. 静息电位的实测值小于 K^+ 平衡电位的理论值，是由于静息时膜对(　　)。

A. Na^+ 有小量的通透性　　B. Ca^{2+} 有小量的通透性

C. Mg^{2+} 有小量的通透性　　D. Cl^- 有小量的通透性

15. 在单根神经纤维的动作电位中，负后电位出现在(　　)。

A. 去极相之后　　B. 超射之后　　C. 锋电位之后　　D. 正后电位之后

16. 静息电位的产生机制是由于(　　)。

A. K^+ 外流　　B. Cl^- 内流　　C. Na^+ 内流　　D. Ca^{2+} 内流

17. 神经细胞动作电位的幅度接近(　　)。

A. 钾离子平衡电位　　B. 钠离子平衡电位

C. 钠离子平衡电位和静息电位绝对数值之和　　D. 超射值

18. 易化扩散和主动转运的共同点是(　　)。

A. 耗能　　B. 逆浓度差的跨膜转运

C. 逆电-化学梯度的跨膜转运　　D. 膜蛋白的参与

19. 关于终板电位的论述错误的是(　　)。

A. 具有全或无的性质

B. 其大小与突触前膜释放的乙酰胆碱量成正相关

C. 无不应期

D. 有总和现象

20. 当神经冲动到达运动神经末梢时，可引起突触前膜的(　　)。

A. Na^+ 通道关闭　　B. Ca^{2+} 通道开放　　C. K^+ 通道开放　　D. Cl^- 通道开放

21. 兴奋通过神经-肌肉接头时，乙酰胆碱与受体结合使终板膜(　　)。

A. 对 Na^+、K^+ 通透性增加，发生超极化　　B. 对 Na^+、K^+ 通透性增加，发生去极化

C. 仅对 K^+ 通透性增加，发生超极化　　D. 仅对 Ca^{2+} 通透性增加，发生去极化

22. 神经-肌肉接头的阻断剂是(　　)。

A. 阿托品　　B. 胆碱酯酶　　C. 美洲箭毒　　D. 六烃季铵

23. 骨骼肌中的调节蛋白是指(　　)。

A. 肌球蛋白　　B. 原肌球蛋白

C. 原肌球蛋白和肌钙蛋白　　D. 肌球蛋白和肌动蛋白

24. 骨骼肌细胞中横管的功能是(　　)。
A. Ca^{2+} 的储存库　　B. Ca^{2+} 进出肌纤维的通道
C. 营养物质进出肌细胞的通道　　D. 将兴奋传向肌细胞深部
25. 下面关于肌球蛋白的叙述,错误的是(　　)。
A. 粗肌丝主要由肌球蛋白组成　　B. 肌球蛋白分子分杆状部和球状部
C. 横桥可与肌钙蛋白呈可逆性的结合　　D. 球状部裸露在粗肌丝主干表面,形成横桥
26. 按照滑行理论,安静时阻碍肌动蛋白同横桥结合的物质是(　　)。
A. 肌球蛋白　B. 原肌球蛋白　C. 肌钙蛋白　D. 肌纤蛋白
27. 骨骼肌兴奋-收缩耦联不包括(　　)。
A. 电兴奋通过横管传向肌细胞深部
B. 三联管结构处的信息传递,导致终末池 Ca^{2+} 释放
C. 肌质中的 Ca^{2+} 与肌钙蛋白结合
D. 肌质中的 Ca^{2+} 迅速降低,导致肌钙蛋白和它所结合的 Ca^{2+} 解离
28. 不属于易化扩散特点的是(　　)。
A. 特异性　B. 饱和性　C. 竞争性抑制　D. 无须膜蛋白"帮助"
29. 受体的本质是(　　)。
A. 脂肪　B. 糖类　C. 蛋白质　D. 核酸
30. 细菌被白细胞吞噬的过程属于(　　)。
A. 主动转运　B. 入胞　C. 易化扩散　D. 单纯扩散
31. 膜内电位从静息电位－90mV 变化到－120mV 称为(　　)。
A. 极化　B. 去极化　C. 超极化　D. 复极化
32. 神经纤维的膜内电位值由静息电位－90mV 变为－50mV 的过程称为(　　)。
A. 超极化　B. 去极化　C. 复极化　D. 极化
33. 通常用于衡量组织兴奋性高低的指标是(　　)。
A. 动作电位的幅度　B. 组织反应强度　C. 动作电位的频率　D. 阈强度
34. 动作电位上升相的形成是由于(　　)。
A. K^+ 外流　B. Cl^- 内流　C. Na^+ 内流　D. Ca^+ 内流
35. 产生动作电位的必要条件是(　　)。
A. 刺激作用　　B. Na^+ 内流
C. 膜通道开放　　D. 膜电位去极化达阈电位水平
36. 动作电位下降相的形成是由于(　　)。
A. K^+ 外流　B. Cl^- 内流　C. Na^+ 内流　D. Ca^{2+} 内流
37. 兴奋-收缩耦联的结构基础是(　　)。
A. 横管　B. 纵管　C. 三联管　D. 终池
38. 兴奋-收缩耦联的耦联因子是(　　)。
A. K^+　B. Cl^-　C. Na^+　D. Ca^{2+}
39. 不是细肌丝组成成分的是(　　)。
A. 肌球蛋白　B. 肌动蛋白　C. 原肌球蛋白　D. 肌钙蛋白
40. 神经递质的释放属于(　　)。

A. 单纯扩散　　B. 易化扩散　　C. 出胞作用　　D. 主动转运

41. 骨骼肌兴奋-收缩耦联中起关键作用的离子是(　　)。

A. Na^+　　B. Cl^-　　C. Ca^{2+}　　D. K^+

42. 肌肉收缩滑行学说的直接根据是(　　)。

A. 肌小节长度不变　　B. 暗带长度不变,明带和 H 带缩短

C. 暗带长度缩短,明带和 H 带不变　　D. 明带和暗带的长度均缩短

43. 神经-肌肉接头处的化学递质是(　　)。

A. 毒蕈碱　　B. 乙酰胆碱　　C. 5-羟色胺　　D. 去甲肾上腺素

44. 生理情况下,在体骨骼肌的收缩形式绝大部分属于(　　)。

A. 单收缩　　B. 单纯的等长收缩　　C. 完全强直收缩　　D. 单纯的等张收缩

四、多选题

1. 单纯扩散是(　　)。

A. 顺浓度差转运　　B. 依靠膜载体　　C. 不耗能

D. 通过膜通道　　E. 借助膜上泵的作用

2. Na^+ 进入细胞膜内是(　　)。

A. 借助通道　　B. 不耗能　　C. 主动转运

D. 借助泵　　E. 顺浓度梯度

3. 细胞膜对物质主动转运的特点是(　　)。

A. 顺电位差进行　　B. 不消耗 ATP　　C. 以载体为中介

D. 逆电化学梯度进行　E. 需要消耗 ATP

4. Na^+ 通过细胞膜的方式有(　　)。

A. 易化扩散　　B. 主动转运　　C. 单纯扩散

D. 出胞　　E. 入胞

5. 主动转运的特点是(　　)。

A. 逆浓度梯度转运　　B. 消耗能量　　C. 借助泵蛋白的作用

D. 有特异性　　E. 由 ATP 供能

6. 下列关于入胞和出胞作用的叙述,正确的是(　　)。

A. 腺细胞的分泌属于出胞　　B. 通过细胞膜本身复杂的活动进行

C. 它们属于主动转运方式　　D. 细胞进入细胞为吞噬

E. 神经末梢释放递质属于出胞

7. 细胞膜的功能包括(　　)。

A. 受体功能　　B. 载体功能　　C. 通道功能

D. 泵的功能　　E. 屏障功能

8. 关于神经纤维静息电位的叙述正确的有(　　)。

A. 它是膜外为正、膜内为负的电位　　B. 它是膜外为负、膜内为正的电位

C. 其大小接近钾平衡电位　　D. 其大小接近钠平衡电位

E. 它是一个相对稳定的电位

9. 关于阈下刺激的叙述正确的有(　　)。

A. 是低于阈值的刺激
B. 作用于可兴奋细胞可致幅度较低的扩布性动作电位
C. 可引起细胞膜发生电紧张电位
D. 阈下刺激是衡量细胞兴奋性大小的指标之一
E. 任何阈下刺激的作用经过总和都可引起可扩布性兴奋

10. 以载体为中介的易化扩散的特点是(　　)。
A. 有结构特异性　　B. 竞争性抑制
C. 饱和现象　　D. 不依赖细胞膜上的蛋白质
E. 一种被动转运

11. Na^+-K^+泵的作用有(　　)。
A. 将 Na^+ 转运至细胞内　　B. 将细胞外的 K^+ 转运至细胞内
C. 将 K^+ 转运至细胞外　　D. 将细胞内的 Na^+ 转运至细胞外
E. 将 Na^+ 或 K^+ 同时转运至细胞外

12. Na^+-K^+泵的功能特点有(　　)。
A. 逆浓度差、电位差的转运过程　　B. 由 ATP 供能　　C. 消耗能量
D. 使细胞膜内外的 Na^+ 和 K^+ 浓度相等　　E. 属于易化扩散

13. 单一神经纤维动作电位的幅度(　　)。
A. 不随刺激强度的变化而变化　　B. 不随细胞外 Na^+ 含量的变化而改变
C. 不随传导距离而改变　　D. 不随细胞的种类而改变
E. 不随细胞所处环境温度的变化而变化

14. 与神经纤维静息电位的形成机制有关的因素是(　　)。
A. 细胞外 K^+ 浓度小于细胞内的浓度　　B. 细胞膜主要对 K^+ 有通透性
C. 细胞膜主要对 Na^+ 有通透性　　D. 细胞内外 K^+ 浓度差加大可使静息电位增大
E. 加大细胞外 K^+ 浓度,会使静息电位减小

15. 关于动作电位的叙述,正确的是(　　)。
A. 上升相是 Na^+ 内流的去极化
B. 下降相是 K^+ 外流的复极化
C. 当刺激使膜电位降低到阈电位时,才能触发动作电位
D. 内流的动力是膜外 Na^+ 浓度大于膜内 Na^+ 浓度
E. 动作电位之后,膜内外 Na^+、K^+ 浓度会自然恢复

16. 关于神经纤维动作电位的叙述正确的有(　　)。
A. 它是瞬时变化的电位　　B. 它可发生衰减性扩布
C. 它可发生不衰减性扩布　　D. 它是个极化反转的电位
E. 它具有“全或无”特性

17. 兴奋性降低时(　　)。
A. 阈强度增大　　B. 阈强度减小　　C. 阈电位上移
D. 阈电位下移　　E. 阈电位和阈强度不变

18. 局部反应的特征是(　　)。
A. “全或无”的变化　　B. 只发生电紧张性扩布

C. 无不应期　　D. 可总和

E. 可发生不衰减性传导

19. 下列关于生物电的叙述，正确的是(　　)。

A. 细胞水平的生物电现象表现形式主要为静息电位和动作电位

B. 离子跨膜移动的动力是离子泵主动转运导致的膜两侧形成电-化学势能差

C. 生物电现象仅存在于神经纤维

D. 离子能否跨膜移动的前提是膜两侧有浓度差

E. 生物电的大小不能直接检测，只能从理论上推导

20. 动作电位在同一细胞上传导的特点是(　　)。

A. 与电线导电相同　B. 双向传导　C. 非“全或无”式传导

D. 安全传导　E. 不衰减性传导

21. 关于骨骼肌收缩机制的叙述，正确的是(　　)。

A. 引起兴奋-收缩耦联的关键因子是 Ca^{2+}

B. 细肌丝向粗肌丝滑行，肌小节缩短

C. Ca^{2+} 与横桥结合

D. 横桥与肌动蛋白结合

E. Ca^{2+} 与肌钙蛋白分离

五、问答题

1. 单纯扩散和易化扩散有何异同？请举例说明。

2. 易化扩散的特点是什么？

3. 原发性主动转运和继发性主动转运有何区别？请举例说明。

4. 钠泵的化学本质和功能是什么？其活动有何生理意义？

5. 增加细胞外液中 K^+ 的浓度，神经纤维的静息电位和动作电位有何改变？为什么？

6. 何谓动作电位？试述动作电位的特征并解释出现这些特征的原因。

7. 何谓局部兴奋？试举例说明并比较局部兴奋与动作电位的不同特征。

8. 局部兴奋是如何变成动作电位的？

9. 阈强度和阈电位分别与兴奋性有何关系？

10. 试述神经-肌接头处兴奋的传递过程。

11. 在人工制备的坐骨神经-腓肠肌标本上，从电刺激神经到引起肌肉收缩的整个过程中依次发生了哪些生理活动？