

## 第二章 细胞的基本功能

### 一、选择题

#### (一) A型题

- 下列哪种脂质成分几乎全部分布在细胞膜内侧，并与第二信使 DG 和 IP<sub>3</sub> 的产生有关？
  - 磷脂酰肌醇
  - 磷脂酰胆碱
  - 磷脂酰乙醇胺
  - 磷脂酰丝氨酸
  - 鞘脂
- 下列哪种因素可影响细胞膜的“流动性”？
  - 膜蛋白的含量
  - 膜蛋白的种类
  - 膜上的水通道
  - 脂质分子的排列形式
  - 糖类的含量和种类
- 推测膜蛋白肽链中可能存在的跨膜  $\alpha$  螺旋数目，其主要依据是肽链中所含的
  - 氨基酸总数目
  - 疏水性氨基酸数目
  - 亲水性氨基酸数目
  - 疏水性片段数目
  - 亲水性片段数目
- 细胞膜内、外 Na<sup>+</sup> 和 K<sup>+</sup> 不均匀分布的原因是
  - 膜在安静时对 K<sup>+</sup> 通透性较大
  - 膜在兴奋时对 Na<sup>+</sup> 通透性较大
  - Na<sup>+</sup> 和 K<sup>+</sup> 跨膜易化扩散的结果
  - Na<sup>+</sup>-Ca<sup>2+</sup> 跨膜交换的结果
  - 膜上 Na<sup>+</sup> 泵的活动
- 关于 Na<sup>+</sup> 跨细胞膜转运的方式，下列哪项描述正确？
  - 以单纯扩散为主要方式
  - 以易化扩散为次要方式
  - 以主动转运为唯一方式
  - 有易化扩散和主动转运两种方式
  - 有单纯扩散和易化扩散两种方式
- 葡萄糖或氨基酸逆浓度梯度跨细胞膜转运的方式是
  - 单纯扩散
  - 经载体易化扩散
  - 经通道易化扩散
  - 原发性主动转运
  - 继发性主动转运
- 关于 Ca<sup>2+</sup> 通过细胞膜转运的方式，下列哪项描述正确？
  - 以单纯扩散为主要方式
  - 以易化扩散为次要方式
  - 有单纯扩散和主动转运两种方式
  - 有单纯扩散和易化扩散两种方式
  - 有易化扩散和主动转运两种方式
- 在膜蛋白的帮助下，某些蛋白质分子选择性地进入细胞的物质跨膜转运方式是

- A. 原发性主动转运      B. 继发性主动转运      C. 经载体易化扩散  
D. 受体介导入胞      E. 液相入胞
9. 允许水溶性小分子和离子等物质在细胞间通行的结构是  
A. 化学性突触    B. 紧密连接    C. 缝隙连接    D. 桥粒    E. 曲张体
10. 在跨膜物质转运中，转运体和载体转运的主要区别是  
A. 被转运物完全不同      B. 转运速率有明显差异  
C. 转运体转运没有饱和现象      D. 转运体可同时转运多种物质  
E. 转运体转运需直接耗能
11. 在心肌、平滑肌的同步性收缩中起重要作用的结构是  
A. 化学性突触    B. 紧密连接    C. 缝隙连接    D. 桥粒    E. 曲张体
12. 下列哪种跨膜物质转运的方式无饱和现象？  
A. 原发性主动转运      B. 受体介导入胞      C. 单纯扩散  
D. 易化扩散      E.  $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$ 交换
13. 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      E. 有饱和现象
14. ACh 在骨骼肌终板膜上实现跨膜信号转导的结构属于  
A. 化学门控通道      B. 电压门控通道      C. 机械门控通道  
D. 酶耦联受体      E. G 蛋白耦联受体
15.  $\text{N}_2$  型 ACh 受体阳离子通道结构上的两个 ACh 结合位点位于  
A. 两个  $\alpha$  亚单位上      B. 两个  $\beta$  亚单位上  
C. 一个  $\alpha$  亚单位和一个  $\beta$  亚单位上      D. 一个  $\alpha$  亚单位和一个  $\gamma$  亚单位上  
E. 一个  $\gamma$  亚单位和一个  $\delta$  亚单位上
16. 由一条肽链组成且具有 7 个  $\alpha$ -跨膜螺旋的膜蛋白是  
A. G 蛋白      B. 腺苷酸环化酶      C. 配体门控通道  
D. 酪氨酸激酶受体      E. G 蛋白耦联受体
17. 下列哪种物质不属于第二信使？  
A. cAMP      B.  $\text{IP}_3$       C.  $\text{Ca}^{2+}$       D. ACh      E. DG
- \*18. 视杆细胞产生超极化的感受器电位由下列哪种改变而引起？  
A.  $\text{Cl}^-$  内流增加      B.  $\text{K}^+$  外流增加      C.  $\text{Na}^+$  内流减少

- D.  $\text{Ca}^+$ 内流减少                      E. 胞内 cAMP 减少
19. 下列哪种物质是鸟苷酸环化酶受体的配体?  
A. ANP      B. ACh      C. DA      D. NA      E. IGF
20. 下列哪种物质是酪氨酸激酶受体的配体?  
A. ANP      B. ACh      C. DA      D. NA      E. IGF
21. 完全由膜固有电学性质决定而非离子通道激活所引起的电活动是  
A. 动作电位                      B. 局部反应                      C. 终板电位  
D. 电紧张电位                      E. 突触后电位
- \*22. 神经细胞在静息电位条件下, 电化学驱动力较小的离子是  
A.  $\text{K}^+$ 和  $\text{Na}^+$       B.  $\text{K}^+$ 和  $\text{Cl}^-$       C.  $\text{Na}^+$ 和  $\text{Cl}^-$       D.  $\text{Na}^+$ 和  $\text{Ca}^{2+}$       E.  $\text{K}^+$ 和  $\text{Ca}^{2+}$
- \*23. 神经细胞处于静息电位时, 电化学驱动力最小的离子是  
A.  $\text{Na}^+$       B.  $\text{K}^+$       C.  $\text{Cl}^-$       D.  $\text{Ca}^{2+}$       E. 任意一价阳离子
24. 在神经轴突膜内外两侧实际测得的静息电位  
A. 等于  $\text{K}^+$ 的平衡电位      B. 等于  $\text{Na}^+$ 的平衡电位      C. 略小于  $\text{K}^+$ 的平衡电位  
D. 略大于  $\text{K}^+$ 的平衡电位      E. 接近于  $\text{Na}^+$ 的平衡电位
25. 神经细胞处于静息状态时  
A. 仅有少量  $\text{K}^+$ 外流                      B. 仅有少量  $\text{Na}^+$ 内流  
C. 没有  $\text{K}^+$ 和  $\text{Na}^+$ 的净扩散                      D. 有少量  $\text{K}^+$ 外流和  $\text{Na}^+$ 内流  
E. 有少量  $\text{K}^+$ 和  $\text{Na}^+$ 的同向流动
26. 增加细胞外液的  $\text{K}^+$ 浓度后, 静息电位将  
A. 增大      B. 减小      C. 不变      D. 先增大后减小      E. 先减小后增大
27. 增加离体神经纤维浸浴液中的  $\text{Na}^+$ 浓度, 则单根神经纤维动作电位的超射值将  
A. 增大      B. 减小      C. 不变      D. 先增大后减小      E. 先减小后增大
28. 神经细胞膜对  $\text{Na}^+$ 通透性增加时, 静息电位将  
A. 增大      B. 减小      C. 不变      D. 先增大后减小      E. 先减小后增大
29. 下列关于神经纤维膜上电压门控  $\text{Na}^+$ 通道与  $\text{K}^+$ 通道共同点的描述, **错误**的是  
A. 都有开放状态                      B. 都有关闭状态                      C. 都有激活状态  
D. 都有失活状态                      E. 都有静息状态
30. 生理学所说的可兴奋组织  
A. 仅指神经                      B. 仅指肌肉                      C. 仅指腺体

- D. 包括神经和腺体      E. 包括神经、肌肉和腺体
31. 可兴奋组织受刺激而兴奋时的共同表现是产生
- A. 动作电位    B. 局部电位    C. 收缩    D. 分泌    E. 收缩和分泌
- \*32. 将一对刺激电极置于神经轴突外表面，当通以直流电刺激时，兴奋
- A. 发生于刺激电极正极处      B. 发生于刺激电极负极处
- C. 同时发生于两个刺激电极处      D. 在两个刺激电极处均不发生
- E. 先发生于正极处，后发生于负极处
33. 细胞内侧负电位值由静息电位水平加大的过程称为
- A. 去极化    B. 超极化    C. 复极化    D. 超射    E. 极化
34. 神经细胞在发生一次动作电位的全过程中， $\text{Na}^+$ 的电化学驱动力
- A. 持续增大      B. 持续减小      C. 由大变小而后恢复
- D. 由小变大而后恢复    E. 没有变化
35. 假定神经细胞的静息电位为 $-70\text{ mV}$ ， $\text{Na}^+$ 平衡电位为 $+60\text{ mV}$ ，则 $\text{Na}^+$ 的电化学驱动力为
- A.  $-130\text{ mV}$     B.  $-80\text{ mV}$     C.  $-10\text{ mV}$     D.  $+10\text{ mV}$     E.  $+130\text{ mV}$
36. 骨骼肌终板膜上 ACh 受体阳离子通道与 ACh 结合而使 $\text{Na}^+$ 内流远大于 $\text{K}^+$ 外流，是因为
- A. ACh 受体阳离子通道对 $\text{Na}^+$ 通透性远大于 $\text{K}^+$
- B. 细胞膜两侧 $\text{Na}^+$ 浓度差远大于 $\text{K}^+$ 浓度差
- C.  $\text{Na}^+$ 的电化学驱动力远大于 $\text{K}^+$ 的电化学驱动力
- D.  $\text{Na}^+$ 平衡电位距离静息电位较近
- E.  $\text{K}^+$ 平衡电位距离静息电位较远
37. 神经纤维动作电位去极相中，膜电位值超过 $0\text{ mV}$ 的部分称为
- A. 去极化    B. 超极化    C. 复极化    D. 超射    E. 极化
38. 神经纤维动作电位去极相中，膜内外两侧电位发生倒转，称为
- A. 去极化    B. 复极化    C. 超极化    D. 反极化    E. 极化
39. 下列关于神经纤维动作电位复极相形成机制的描述，正确的是
- A. 仅因 $\text{Na}^+$ 通道失活所致      B. 仅因 $\text{K}^+$ 通道激活所致
- C. 由 $\text{Na}^+$ 通道失活和 $\text{K}^+$ 通道激活共同引起      D. 仅因 $\text{Cl}^-$ 通道激活所致
- E. 由 $\text{K}^+$ 通道和 $\text{Cl}^-$ 通道一同激活所致
- \*40. 将神经细胞由静息电位水平突然上升并固定到 $0\text{ mV}$ 水平时
- A. 先出现内向电流，而后逐渐变为外向电流

- B. 先出现外向电流，而后逐渐变为内向电流
- C. 仅出现内向电流
- D. 仅出现外向电流
- E. 因膜两侧没有电位差而不出现跨膜电流
41. 用相同数目的葡萄糖分子替代浸浴液中的  $\text{Na}^+$  后，神经纤维动作电位的幅度将
- A. 逐渐增大                      B. 逐渐减小                      C. 基本不变
- D. 先增大后减小                  E. 先减小后增大
42. 神经轴突经河豚毒素处理后，其生物电的改变为
- A. 静息电位值减小，动作电位幅度减小
- B. 静息电位值减小，动作电位幅度加大
- C. 静息电位值不变，动作电位幅度减小
- D. 静息电位值加大，动作电位幅度加大
- E. 静息电位值加大，动作电位幅度减小
- \*43. 可兴奋细胞电压钳实验所记录的是
- A. 离子电流的镜像电流              B. 离子电流本身                  C. 膜电位
- D. 动作电位                          E. 局部电位
44. 可兴奋细胞的正后电位是指
- A. 静息电位基础上发生的缓慢去极化电位
- B. 静息电位基础上发生的缓慢超极化电位
- C. 锋电位之后的缓慢去极化电位
- D. 锋电位之后的缓慢超极化电位
- E. 锋电位之后的缓慢去极化和超极化电位
45. 可兴奋细胞具有“全或无”特征的电反应是
- A. 动作电位    B. 静息电位    C. 终板电位    D. 感受器电位    E. 突触后电位
46. 在可兴奋细胞，能以不衰减的形式在细胞膜上传导的电活动是
- A. 动作电位    B. 静息电位    C. 终板电位    D. 感受器电位    E. 突触后电位
47. 神经细胞在兴奋过程中， $\text{Na}^+$ 内流和  $\text{K}^+$ 外流的量决定于
- A. 各自平衡电位                      B. 细胞的阈电位                      C.  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ 泵的活动程度
- D. 绝对不应期长短                      E. 刺激的强度
48. 细胞需要直接消耗能量的电活动过程是

- A. 形成静息电位的  $K^+$ 外流                      B. 动作电位去极相的  $Na^+$ 内流  
C. 动作电位复极相的  $K^+$ 外流                      D. 复极后的  $Na^+$ 外流和  $K^+$ 内流  
E. 静息电位时极少量的  $Na^+$ 内流
49. 低温、缺氧或代谢抑制剂影响细胞的  $Na^+-K^+$ 泵活动时，生物电的改变为
- A. 静息电位值增大，动作电位幅度减小  
B. 静息电位值减小，动作电位幅度增大  
C. 静息电位值增大，动作电位幅度增大  
D. 静息电位值减小，动作电位幅度减小  
E. 静息电位值和动作电位幅度均不改变
50. 采用细胞外电极记录完整神经干的电活动时，可记录到
- A. 静息电位                      B. 锋电位                      C. 锋电位和后电位  
D. 单相动作电位                      E. 双相动作电位
51. 用作衡量组织兴奋性高低的指标通常是
- A. 组织反应强度                      B. 动作电位幅度                      C. 动作电位频率  
D. 阈刺激或阈强度                      E. 刺激持续时间
52. 阈电位是指一种膜电位临界值，在此电位水平上，神经细胞膜上的
- A.  $Na^+$ 通道大量开放                      B.  $Na^+$ 通道少量开放                      C.  $Na^+$ 通道开始关闭  
D.  $K^+$ 通道大量开放                      E.  $K^+$ 通道开始关闭
53. 一般情况下，神经细胞的阈电位值较其静息电位值
- A. 小 40~50 mV                      B. 小 10~20 mV                      C. 小，但很接近  
D. 大 10~20 mV                      E. 大 40~50 mV
54. 神经纤维上前后两个紧接的锋电位，其中后一锋电位最早见于前一锋电位兴奋性周期的
- A. 绝对不应期                      B. 相对不应期                      C. 超常期  
D. 低常期                      E. 低常期之后
55. 如果某细胞兴奋性周期的绝对不应期为 2 ms，理论上每秒内所能产生和传导的动作位数最多不超过
- A. 5 次                      B. 50 次                      C. 100 次                      D. 400 次                      E. 500 次
56. 神经细胞在一次兴奋后，阈值最低的时期是
- A. 绝对不应期                      B. 相对不应期                      C. 超常期  
D. 低常期                      E. 兴奋性恢复正常后

- \*57. 实验中，如果同时刺激神经纤维的两端，产生的两个动作电位
- 将各自通过中点后传导到另一端
  - 将在中点相遇，然后传回到起始点
  - 将在中点相遇后停止传导
  - 只有较强的动作电位通过中点而到达另一端
  - 到达中点后将复合成一个更大的动作电位
58. 神经细胞动作电位和局部兴奋的共同点是
- 反应幅度都随刺激强度增大而增大
  - 反应幅度都随传播距离增大而减小
  - 都可以叠加或总和
  - 都有不应期
  - 都有  $\text{Na}^+$ 通道的激活
59. 局部反应的时间总和是指
- 同一部位连续的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一部位连续的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一时间不同部位的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一时间不同部位的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一部位一个足够大的刺激引起的去极化反应
60. 局部反应的空间总和是
- 同一部位连续的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一部位连续的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一时间不同部位的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一时间不同部位的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
  - 同一部位一个足够大的刺激引起的去极化反应
61. 下列哪一过程在神经末梢递质释放中起关键作用？
- 动作电位到达神经末梢
  - 神经末梢去极化
  - 神经末梢处的  $\text{Na}^+$ 内流
  - 神经末梢处的  $\text{K}^+$ 外流
  - 神经末梢处的  $\text{Ca}^{2+}$ 内流
62. 在肌细胞兴奋-收缩耦联过程中起媒介作用的离子是
- $\text{Na}^+$
  - $\text{Cl}^-$
  - $\text{K}^+$
  - $\text{Ca}^{2+}$
  - $\text{Mg}^{2+}$
63. 在骨骼肌细胞兴奋-收缩耦联过程中，胞浆内的  $\text{Ca}^{2+}$ 来自
- 横管膜上电压门控  $\text{Ca}^{2+}$ 通道开放引起的胞外  $\text{Ca}^{2+}$ 内流

- B. 细胞膜上 NMDA 受体通道开放引起的胞外  $\text{Ca}^{2+}$  内流
- C. 肌浆网上  $\text{Ca}^{2+}$  释放通道开放引起的胞内  $\text{Ca}^{2+}$  释放
- D. 肌浆网上  $\text{Ca}^{2+}$  泵的反向转运
- E. 线粒体内  $\text{Ca}^{2+}$  的释放
64. 有机磷农药中毒时, 可使
- A. 乙酰胆碱合成加速                      B. 胆碱酯酶活性降低                      C. 乙酰胆碱释放量增加
- D. 乙酰胆碱水解减慢                      E. 乙酰胆碱受体功能变异
65. 重症肌无力患者的骨骼肌对运动神经冲动的反应降低是由于
- A. 递质含量减少                              B. 递质释放量减少                              C. 胆碱酯酶活性增高
- D. 受体数目减少或功能障碍                      E. 微终板电位减小
66. 下列哪种毒素或药物能阻断骨骼肌终板膜上的乙酰胆碱受体?
- A. 河豚毒素                      B. 阿托品                      C. 箭毒                      D. 心得安                      E. 四乙铵
67. 引发微终板电位的原因是
- A. 神经末梢连续兴奋                              B. 神经末梢一次兴奋
- C. 几百个突触小泡释放的 ACh                      D. 一个突触小泡释放的 ACh
- E. 自发释放的一个 ACh 分子
68. 在神经-骨骼肌接头处, 消除乙酰胆碱的酶是
- A. 胆碱乙酰转移酶                              B. 胆碱酯酶                              C. 腺苷酸环化酶
- D.  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  依赖式 ATP 酶                      E. 单胺氧化酶
69. 肌丝滑行理论的直接证据是骨骼肌收缩时
- A. 明带和 H 带缩短, 暗带长度不变                      B. 明带缩短, 暗带和 H 带长度不变
- C. 暗带长度缩短, 明带和 H 带不变                      D. 明带、暗带和 H 带长度均缩短
- E. 明带、暗带和 H 带长度均不变
70. 骨骼肌收缩时, 下列哪一结构的长度不变?
- A. 明带                      B. 暗带                      C. H 带                      D. 肌小节                      E. 肌原纤维
71. 将一条舒张状态的骨骼肌纤维牵拉伸长后, 其
- A. 明带长度不变                              B. 暗带长度增加                              C. H 带长度增加
- D. 细肌丝长度增加                              E. 粗、细肌丝长度都增加
72. 生理情况下, 机体内骨骼肌的收缩形式几乎都属于
- A. 等张收缩                              B. 等长收缩                              C. 单收缩



- D. 不完全强直收缩      E. 完全强直收缩
73. 使骨骼肌发生完全强直收缩的刺激条件是
- A. 足够强度和持续时间的单刺激      B. 足够强度-时间变化率的单刺激  
C. 间隔大于潜伏期的连续阈下刺激      D. 间隔小于收缩期的连续阈刺激  
E. 间隔大于收缩期的连续阈上刺激
74. 骨骼肌细胞的钙释放通道主要位于下列何处膜结构上?
- A. 连接肌浆网      B. 纵形肌浆网      C. 横管      D. 运动终板      E. 线粒体
75. 骨骼肌舒张时, 回收胞浆中  $\text{Ca}^{2+}$  的  $\text{Ca}^{2+}$  泵主要分布于下列何处膜结构上?
- A. 连接肌浆网      B. 纵行肌浆网      C. 横管      D. 一般肌膜      E. 线粒体
76. 肌肉收缩中的后负荷主要影响肌肉的
- A. 兴奋性      B. 初长度      C. 传导性  
D. 收缩力量和缩短速度      E. 收缩性
77. 在一定范围内增大后负荷, 则骨骼肌收缩时的
- A. 缩短速度加快      B. 缩短长度增加      C. 主动张力增大  
D. 缩短起始时间提前      E. 初长度增加
78. 各种平滑肌都有
- A. 自律性      B. 交感和副交感神经支配      C. 细胞间的电耦联  
D. 内在神经丛      E. 时相性收缩和紧张性收缩
79. 与骨骼肌收缩机制相比, 平滑肌收缩
- A. 不需要胞浆内  $\text{Ca}^{2+}$  浓度升高      B. 没有粗、细肌丝的滑行  
C. 横桥激活的机制不同      D. 有赖于  $\text{Ca}^{2+}$  与肌钙蛋白的结合  
E. 都具有自律性
80. 下列有关平滑肌收缩机制的各个环节中哪一环节与骨骼肌收缩相类似?
- A. 钙-钙调蛋白复合物的形成      B. 肌球蛋白轻链激酶的激活  
C. 肌球蛋白轻链磷酸化      D. 横桥与细肌丝肌动蛋白结合  
E. 肌球蛋白轻链脱磷酸, 粗细肌丝解离

(二) B 型题

- A. 单纯扩散      B. 易化扩散      C. 入胞作用  
D. 原发性主动转运      E. 继发性主动转运
81.  $\text{Na}^+$  由细胞内向细胞外转运, 属于

82.  $K^+$ 由细胞内向细胞外转运, 属于
83.  $CO_2$ 和 $O_2$ 跨膜转运属于
84. 葡萄糖和氨基酸由肾小管管腔进入肾小管上皮细胞内, 属于
85.  $I^-$ 由血液进入甲状腺上皮细胞内, 属于
- A.  $Na^+$       B.  $K^+$       C.  $Ca^{2+}$       D.  $Cl^-$       E.  $Mg^{2+}$
86. 在肠道和肾小管管腔中, 与葡萄糖实现联合转运的主要离子是
87. 与甲状腺细胞聚碘活动密切相关的离子是
88. 在神经末梢去极化引起神经递质释放的过程中, 起媒介作用的离子是
89.  $GABA_A$ 受体激活后允许通过通道的离子是
- A. G 蛋白耦联受体      B. 化学门控通道      C. 电压门控通道
- D. 机械门控通道      E. 酪氨酸激酶受体
90. 骨骼肌终板膜上的 ACh 受体属于
91. 神经轴突膜上与动作电位的产生直接有关的蛋白质属于
92. 视杆细胞的视紫红质属于
- A. AC      B. GC      C. PLC      D.  $PLA_2$       E. PDE
93. NO 作用的靶分子通常是
94. 可以被兴奋性 G 蛋白激活的是
95. 促使第二信使 DG 和  $IP_3$  产生的是
- A. 结构域 I 和 II 之间的 3 个氨基酸      B. 结构域 III 和 IV 之间的 3 个氨基酸
- C. 各结构域中 S5 和 S6 之间的胞外环      D. 各结构域中 S5 或 S6 本身
- E. 各结构域中的 S4
96. 构成电压门控  $Na^+$ 通道内壁并决定离子选择性的结构是
97. 使电压门控  $Na^+$ 通道失活的关键结构是
98. 在电压门控  $Na^+$ 通道中对膜电位变化敏感的结构是
- A. 磷脂酶 A      B. 磷脂酶 C      C. 腺苷酸环化酶
- D. 蛋白激酶      E. 鸟苷酸环化酶
99. 与胞浆中 cAMP 生成有直接关系的膜效应器酶是
100. 与  $IP_3$  和 DG 生成的有直接关系的膜效应器酶是
101. 细胞内能使功能蛋白磷酸化的酶是
- A. 使胞内  $Ca^{2+}$ 库释放  $Ca^{2+}$       B. 活化 PLC      C. 活化 PLA

- D. 活化 PKA                                      E. 活化 PKC
102. cAMP 的作用是
103.  $IP_3$  的作用是
104. DG 的作用是
- A.  $Na^+$ 通道开放, 产生净  $Na^+$ 内向电流      B.  $Na^+$ 通道开放, 产生净  $Na^+$ 外向电流  
C.  $Na^+$ 通道开放, 不产生净  $Na^+$ 电流      D.  $K^+$ 通道开放, 不产生净  $K^+$ 电流  
E. 膜两侧  $K^+$ 浓度梯度为零
- \*105. 膜电位突然由静息电位改变为 0 mV 时
- \*106. 膜电位等于  $K^+$ 平衡电位时
- \*107. 膜电位持续保持在  $Na^+$ 平衡电位时
- A. 筒箭毒      B. 肉毒杆菌毒素      C. 河豚毒素      D. 阿托品      E. 四乙铵
108. 选择性阻断神经-肌接头前膜释放 ACh 的是
109. 与 ACh 竞争接头后膜上通道蛋白结合位点的是
110. 特异性阻断电压门控  $Na^+$ 通道的是
- A. 肌凝(球)蛋白              B. 肌纤(动)蛋白              C. 肌钙蛋白  
D. 钙调蛋白              E. 肌凝蛋白轻链激酶
111. 启动骨骼肌收缩过程的调节蛋白是
112. 直接作用于粗肌丝使平滑肌横桥激活的调节蛋白是
113. 与平滑肌收缩无关的调节蛋白是
- (三) C 型题
- A. 从高浓度一侧向低浓度一侧移动      B. 从低浓度一侧向高浓度一侧移动  
C. 两者都是                                      D. 两者都不是
114.  $Na^+$ 的跨膜移动是
115. 原发性主动转运中  $Na^+$ 的跨膜移动是
116. 继发性主动转运中  $Na^+$ 的跨膜移动是
117. 葡萄糖分子的跨膜移动是
- A. 内向电流      B. 外向电流      C 两者均可      D. 两者均不可
118. 记录全细胞电流时, 将细胞内的电位突然由静息水平去极化至 0 mV 的直流电刺激可以引起
119. 浸浴液中加入河豚毒素后, 将神经纤维的膜电位突然由静息电位水平上升并固定于

0mV 的刺激可以引起

120. 浸浴液中加入四乙铵后，将神经纤维的膜电位突然钳制到 0 mV 的刺激可以引起

- A. 阈刺激      B. 阈下刺激      C. 两者都是      D. 两者都不是

121. 使  $\text{Na}^+$  内流和膜去极化之间出现正反馈的刺激是

122. 使神经纤维产生局部兴奋的刺激是

123. 使神经干动作电位幅度达到最大的刺激是

- A. 少量  $\text{Na}^+$  内流形成的去极化      B. 外来电刺激本身造成的去极化

- C. 两者都是      D. 两者都不是

124. 电刺激引起的局部兴奋是

125. 终板电位是

- A. 空间总和      B. 时间总和      C. 两者都是      D. 两者都不是

126. 用较大的单个电刺激作用于脊髓背根，在前根上引出动作电位，这是

127. 多个局部兴奋在一处可兴奋膜上可实现的是

- A. 安静时膜两侧的  $\text{Na}^+$  浓度差      B. 安静时膜两侧的电位差

- C. 两者均有      D. 两者均无

128. 决定动作电位升支去极化速度的因素有

129. 影响继发性主动转运的因素有

- A. 离子通道受体介导的信号转导      B. G 蛋白耦联受体介导的信号转导

- C. 两者均有      D. 两者均无

130. 乙酰胆碱的跨膜信号转导方式有

131. 去甲肾上腺素的跨膜信号转导方式有

132. 胰岛素样生长因子的跨膜信号转导方式有

- A. 电压门控通道      B. 化学门控通道      C. 两者都是      D. 两者都不是

133. 神经-肌接头的接头前膜上介导  $\text{Ca}^{2+}$  内流的蛋白质是

134. 终板膜上的五聚体蛋白质是

135. 将骨骼肌细胞胞浆中  $\text{Ca}^{2+}$  转移至肌浆网内的蛋白质是

#### (四) X 型题

136. 经通道易化扩散完成的生理过程有

- A. 静息电位的产生      B. 动作电位去极相的形成

- C. 动作电位复极相的形成      D. 局部反应的产生

137. 经载体易化扩散的特点是
- A. 有结构特异性  
B. 有饱和现象  
C. 逆电-化学梯度进行  
D. 存在竞争性抑制
138. 细胞间电突触传递的特点是
- A. 传递速度比化学性突触快  
B. 单向传递  
C. 与产生同步化活动有关  
D. 是细胞间的通道
139. 下列哪些细胞活动过程本身需要耗能?
- A. 维持正常的静息电位  
B. 达到阈电位时出现大量的  $\text{Na}^+$  内流  
C. 动作电位复极相中的  $\text{K}^+$  外流  
D. 骨骼肌胞浆中  $\text{Ca}^{2+}$  向肌浆网内部聚集
140. 用哇巴因抑制  $\text{Na}^+$  泵活动后, 可出现
- A. 静息电位减小  
B. 动作电位幅度减小  
C.  $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  交换将增加  
D. 胞浆渗透压会增高
141. 原发性主动转运的特征有
- A. 需膜蛋白的介导  
B. 逆电-化学梯度转运物质  
C. 直接消耗 ATP  
D. 具有饱和性
142.  $\text{Na}^+$  泵
- A. 是一种 ATP 酶  
B. 广泛分布于细胞膜、肌浆网和内质网膜上  
C. 每分解 1 分子 ATP 可将 3 个  $\text{Na}^+$  移出胞外, 2 个  $\text{K}^+$  移入胞内  
D. 胞内  $\text{K}^+$  浓度升高或胞外  $\text{Na}^+$  浓度升高都可将其激活
143. 细胞内  $\text{Na}^+$  含量过高时将
- A. 激活  $\text{Na}^+$  泵  
B. 引起细胞水肿  
C. 使许多组织细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  水平升高  
D. 使小肠粘膜和肾小管上皮细胞中氨基酸水平降低
- \*144. 水分子通过细胞膜的方式有
- A. 单纯扩散  
B. 穿越静息状态下开放的离子通道  
C. 穿越水通道  
D. 主动转运
145. 葡萄糖和  $\text{Na}^+$  在小肠粘膜的联合转运中
- A. 属于同向转运

- B. 葡萄糖进入小肠粘膜细胞是逆浓度梯度，由上皮细胞进入组织液是顺浓度梯度
- C.  $\text{Na}^+$ 进入小肠粘膜细胞是顺浓度梯度，由上皮细胞进入组织液是逆浓度梯度
- D. 用药物抑制钠泵的活动后，葡萄糖转运将减弱或消失
146. G 蛋白耦联受体
- A. 可直接激活腺苷酸环化酶                      B. 可激活鸟苷酸结合蛋白
- C. 是一种 7 次跨膜的整合蛋白                  D. 其配体主要是各种细胞因子
147. 属于 G 蛋白耦联受体的是
- A. 肾上腺素能  $\alpha$  和  $\beta$  受体                      B. 胆碱能 M 和 N 受体
- C. 嗅觉受体    D. 视紫红质
148. 属于 G 蛋白耦联受体的配体是
- A. 心房钠尿肽      B. 乙酰胆碱      C. 去甲肾上腺素      D. 肾上腺素
149. 细胞膜上的 G 蛋白
- A. 由  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三个亚单位组成
- B.  $\alpha$  亚单位同时具有结合 GTP 或 GDP 的能力和 GTP 酶活性
- C. 结合 GDP 时为失活型，结合 GTP 后为激活型
- D. 激活的 G 蛋白分成三部分
150. G 蛋白  $\alpha$  亚单位上存在多种结合位点，包括
- A. G 蛋白耦联受体结合位点                      B. 鸟苷酸结合位点
- C. ATP 酶结合位点                                      D. 膜效应器结合位点
151. G 蛋白激活后调节效应器的形式有
- A.  $\alpha$  亚单位-GTP 复合物                              B.  $\beta\gamma$  二聚体
- C.  $\alpha$  亚单位-GDP 复合物                              D.  $\alpha\beta\gamma$  三聚体
152. G 蛋白的效应器有
- A. AC    B. PLC    C. PDE    D. 离子通道
153. 可作为第二信使的物质包括
- A. cAMP    B. DG    C.  $\text{Ca}^{2+}$     D.  $\text{IP}_3$
154. cAMP 实现信号转导可通过
- A. 激活蛋白激酶 A                                      B. 激活蛋白激酶 C
- C. 激活蛋白激酶 G                                      D. 调节离子通道
155. 激活受体-G 蛋白-PLC 途径后可引发的细胞内信号转导途径主要有

- A. cAMP-PKA      B.  $IP_3$ - $Ca^{2+}$       C. DG-PKC      D. cGMP-PKG
156. 化学本质为离子通道的受体是
- A. 各种肾上腺素能受体      B. 各种胆碱能受体  
C.  $GABA_A$  受体      D. NMDA 受体
157. 通过酶耦联受体介导完成信号转导的配体有
- A. 心房钠尿肽      B. 多种生长因子      C. 乙酰胆碱      D. 胰岛素
158. 酪氨酸激酶受体
- A. 介导大部分生长因子的信号转导      B. 分子中一般只有一个跨膜  $\alpha$ -螺旋  
C. 通过激活 G 蛋白完成信号转导      D. 最终导致细胞核内基因转录过程的改变
159. 影响静息电位水平的因素有
- A. 膜两侧  $Na^+$  浓度梯度      B. 膜两侧  $K^+$  浓度梯度  
C.  $Na^+$  泵活动水平      D. 膜对  $K^+$  和  $Na^+$  的相对通透性
160. 刺激量通常包含的参数有
- A. 刺激强度      B. 刺激频率  
C. 刺激的持续时间      D. 刺激强度对时间的变化率
161. 用正、负两个电极从细胞膜外侧施加刺激时产生的电紧张电位
- A. 完全由膜的被动电学特性所决定  
B. 可以向远距离传播  
C. 正极下方的电紧张电位使膜兴奋性降低  
D. 负极下方的电紧张电位使膜兴奋性增高
162. 局部反应的特征有
- A. 幅度大小具有“等级性”      B. 传导表现出衰减性  
C. 具有程度不等的不应期      D. 多个局部反应可以实现叠加
163. 具有局部反应特征的电信号有
- A. 动作电位      B. 突触后电位      C. 终板电位      D. 感受器电位
164. 记录神经干动作电位时
- A. 两个记录电极都在细胞外  
B. 记录到的是两电极之间的电位差  
C. 波形为双相  
D. 在一定范围内，增加刺激强度可使动作电位的幅度随之增加

165. 记录神经细胞锋电位时
- A. 须将微电极插入细胞内
  - B. 记录到的是细胞内外的电位差
  - C. 增大刺激强度可增加去极化的幅度
  - D. 增大刺激强度可增加去极化的速度
166. 神经-肌接头处乙酰胆碱的释放
- A. 与接头前膜去极化有关
  - B. 以单个分子为单位释放
  - C. 与接头前膜内的  $\text{Ca}^{2+}$  内流有关
  - D. 与接头间隙中  $\text{Mg}^{2+}$  浓度无关
167. 与骨骼肌细胞终池内  $\text{Ca}^{2+}$  释放和回收有关的活动包括
- A. L 型  $\text{Ca}^{2+}$  通道激活, 通道发生构象变化
  - B. L 型  $\text{Ca}^{2+}$  通道激活, 引起  $\text{Ca}^{2+}$  内流
  - C. RYR 的激活
  - D. 肌浆网上的  $\text{Ca}^{2+}$  泵的活动
168. 为使肌肉松弛可设法抑制神经-肌接头处
- A. 神经末梢的  $\text{Ca}^{2+}$  通道
  - B. 神经末梢 ACh 的释放
  - C. 终板膜上的 ACh 受体门控通道
  - D. 终板膜上的胆碱酯酶
169. 微终板电位是
- A. 静息状态下由个别囊泡自发释放递质所产生
  - B. 由动作电位诱发大量囊泡释放递质所产生
  - C. 形成终板电位的基础
  - D. 去极化电位
170. 骨骼肌收缩时
- A. 暗带长度不变
  - B. 明带长度不变
  - C. 细肌丝向 M 线方向滑行
  - D. 肌小节长度缩短
171. 肌肉收缩能力提高后, 表现为
- A. 长度-张力曲线上移
  - B. 长度-张力曲线不出现降支
  - C. 张力-速度曲线右上移
  - D. 张力-速度曲线变陡
172. 当连续刺激的时间间隔短于单收缩的时程时, 可出现
- A. 一连串单收缩
  - B. 不完全强直收缩
  - C. 完全强直收缩
  - D. 肌张力增大
173. 能提高肌肉收缩效能的因素有
- A.  $\text{Ca}^{2+}$
  - B. 咖啡因
  - C. 肾上腺素
  - D. 缺氧



174. 骨骼肌收缩张力的的大小取决于
- A. 结合到肌纤蛋白上的横桥数量
  - B. 肌浆中的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度
  - C. 肌凝(球)蛋白的 ATP 酶活性
  - D. 运动神经传出冲动的频率
175. 单个单位平滑肌
- A. 见于小血管、消化道、输尿管和子宫
  - B. 细胞的电活动和机械活动近于同步
  - C. 细胞间存在大量缝隙连接
  - D. 可受牵张刺激而引发收缩反应
176. 与骨骼肌相比，平滑肌细胞的收缩特点包括
- A.  $\text{Ca}^{2+}$  需要与钙调蛋白结合
  - B. 横桥激活需要肌球蛋白轻链激酶的作用
  - C. 没有粗、细肌丝的滑行
  - D. 静息电位的产生机制不同

## 二、名词解释

\*177. receptor-mediated endocytosis

178. facilitated diffusion

179. chemically-gated channel

\*180. connexon channel

181. secondary active transport

182. symport

\*183. antiport

184. G-protein-coupled receptor

185. excitability

186. resting potential, RP

187. polarization

188. depolarization

189. hyperpolarization

190. action potential, AP

191. after-potential

192. all or none

- 193. absolute refractory period, ARP
- 194. threshold potential, TP
- 195. threshold intensity
- 196. local excitation
- 197. temporal summation
- \*198. electrotonic propagation
- 199. saltatory conduction
- 200. endplate potential, EPP
- 201. excitation-contraction coupling
- 202. isometric contraction
- 203. isotonic contraction
- 204. preload
- 205. contractility

### 三、问答题

- 206. 单纯扩散和易化扩散有何异同？请举例说明。
- 207. 原发性主动转运和继发性主动转运有何区别？请举例说明。
- 208. 钠泵的化学物质和功能是什么？其活动有何生理意义？
- 209. 细胞跨膜信号转导的方式有哪些？请举例说明。
- 210. 试述 G 蛋白在细胞跨膜信号转导中的作用。
- 211. 在静息电位的形成和维持过程中， $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ 泵活动、 $\text{K}^+$ 和  $\text{Na}^+$ 的被动扩散以及细胞内大分子的阴离子各产生什么作用？
- \*212. 增加细胞外液中的  $\text{K}^+$ 浓度，神经纤维的静息电位和动作电位有何改变？为什么？
- \*213. 如何证明神经纤维动作电位的去极化时相是  $\text{Na}^+$ 内流形成的？
- \*214. 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。
- 215. 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。
- \*216. 电压门控  $\text{Na}^+$ 通道具有哪些功能状态？这些功能状态是如何加以区分的？
- 217. 试述动作电位在单一细胞上的传导机制。
- 218. 兴奋在细胞之间直接扩散的结构基础是什么？其组成和活动意义如何？

219. 细胞发生兴奋后，其兴奋性有何变化？各期与动作电位有何对应关系？
220. 阈值和阈电位分别与兴奋性有何关系？
221. 试述神经-肌接头处兴奋的传递过程。
222. 肉毒杆菌中毒、筒箭毒、重症肌无力和有机磷中毒分别是如何影响骨骼肌收缩的？
223. 何谓肌丝滑行理论？其最直接的证据是什么？
224. 从分子水平解释骨骼肌的收缩机制。
225. 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？

## 答案与题解

### 一、选择题

#### (一) A型题

- 1.A    2.A    3.D    4.E    5.D    6.E    7.E    8.D    9.C    10.D    11.C
- 12.C    13.D    14.A    15.A    16.E    17.D    18.C    19.A    20.E    21.D
- 22.B    23.C    24.C    25.D    26.B    27.A    28.B    29.D    30.E    31.A
- 32.B    33.B    34.C    35.A    36.C    37.D    38.D    39.C    40.A    41.B
- 42.C    43.A    44.D    45.A    46.A    47.A    48.D    49.D    50.E    51.D
- 52.A    53.B    54.B    55.E    56.C    57.C    58.E    59.A    60.C    61.E
- 62.D    63.C    64.B    65.D    66.C    67.D    68.B    69.A    70.B    71.C
- 72.E    73.D    74.A    75.B    76.D    77.C    78.E    79.C    80.D

#### 难题题解

18. 视杆细胞的膜内电位一般只有 $-30\sim-40$  mV。这是因为在没有光照时，细胞膜除有 $K^+$ 通道开放外，还有相当数量的 $Na^+$ 通道处于开放状态并有持续的 $Na^+$ 内流，这种 $Na^+$ 通道属于cGMP依赖式化学门控通道。当视杆细胞受到光照时，经受体(视紫红质)-G蛋白(Gt)-膜效应器酶(磷酸二酯酶)信号系统转导，膜内cGMP水平下降。于是，cGMP依赖式化学门控 $Na^+$ 通道开放减少，膜电位便向 $K^+$ 平衡电位的方向发展，即出现超极化的感受器电位。

22~23. 离子跨膜扩散的驱动力有两个，一是浓度差，二是电位差，两者的代数和称为电化学驱动力。当某种离子的电化学驱动力为零时，此时的跨膜电位即为该离子的平衡电位。

也就是说，静息电位与某种离子的平衡电位愈接近，该离子的电化学驱动力就愈小；静息电位与某种离子的平衡电位距离愈远，则该离子的电化学驱动力就愈大。由于静息电位(如骨骼肌是 $-90\text{ mV}$ )接近  $\text{K}^+$ 的平衡电位( $-98\text{mV}$ )、更接近  $\text{Cl}^-$ ( $-90\text{mV}$ )的平衡电位，而远离  $\text{Na}^+$ 和  $\text{Ca}^{2+}$ 的平衡电位，所以， $\text{K}^+$ 的电化学驱动力较小， $\text{Cl}^-$ 的电化学驱动力最小。

32. 直流电刺激神经轴突时，兴奋将发生在刺激电极负极处。因为刺激电极负极处的细胞膜受到流过细胞膜的刺激电流的影响，细胞内电位将增大(负值减小)，细胞外电位将减小，即细胞膜在此处发生去极化，达到阈电位后即可发生兴奋；相反，流过正极处细胞膜的刺激电流将使该处的细胞膜发生超极化。

40. 将神经细胞膜电位由静息电位水平突然上升并持续固定在  $0\text{ mV}$  水平时，将先出现内向电流，而后逐渐变为外向电流。因为神经纤维上的电压门控  $\text{Na}^+$ 通道激活快、失活也快；而电压门控  $\text{K}^+$ 通道即延迟整流  $\text{K}^+$ 通道( $\text{I}_K$ )激活较慢，激活后不易失活。所以，快速的去极化将首先引起  $\text{Na}^+$ 通道开放，出现内向电流；随着  $\text{Na}^+$ 通道的很快失活， $\text{K}^+$ 通道的逐渐激活，内向电流将逐渐变为外向电流。

43. 电压钳实验记录的是离子电流的镜像电流。因为电压钳技术是要通过固定(钳制)膜两侧的电位，观察膜电位的改变对通道离子电流的影响。为了防止在固定电压期间出现的膜离子电流对膜电位的影响，电压钳技术通过一个反馈电路向膜内注入电流，其大小和固定电压期间细胞膜上出现的离子电流相等，但方向相反。由于注入电流与膜离子电流的对抗，结果使膜电位保持不变。电压钳实验记录的正是这个注入电流，其大小和变化过程代表了固定电压期间发生的膜离子电流，但方向相反，称其为离子电流的镜像电流。

57. 同时刺激神经纤维两端所产生的两个动作电位将在中点相遇后停止传导而消失。因为，产生动作电位的兴奋部位和邻近未产生动作电位的安静部位之间存在电位差，由此而产生局部电流。如果邻近安静部位细胞膜的兴奋性保持正常，局部电流足以使邻近安静部位细胞膜去极化达阈电位而产生动作电位，结果使安静部位变为兴奋部位。新产生的兴奋部位又与其邻近的安静部位之间产生新的局部电流。动作电位的传导就是依次出现并逐渐远移的邻近安静部位不断进入兴奋状态的结果。同时刺激神经纤维两端所产生的两个动作电位向中点传导，最终将使两个邻近部位同时出现兴奋。由于两者之间没有电位差，因而不会产生局部电流；而且一个部位兴奋后即进入绝对不应期，也将阻止另一个兴奋的通过。

## (二) B 型题

81.D    82.B    83.A    84.E    85.E    86.A    87.A    88.C    89.D    90.B  
91.C    92.A    93.B    94.A    95.C    96.C    97.B    98.E    99.C    100.B

101.D 102.D 103.A 104.E 105.A 106.D 107.C 108.B 109.A  
110.C 111.C 112.E 113.C

#### 难题题解

105~107. 与电化学驱动力有关。参考 22~23 题难题题解。

#### (三) C 型题

114.C 115.B 116.A 117.C 118.C 119.B 120.A 121.A 122.B  
123.D 124.C 125.A 126.A 127.C 128.C 129.A 130.C 131.B  
132.D 133.A 134.B 135.D

#### (四) X 型题

136.ABCD 137.ABD 138.ACD 139.AD 140.ABD 141.ABCD 142.AC  
143.ABCD 144.ABC 145.ABCD 146.BC 147.ACD 148.BCD 149.ABC  
150.ABCD 151.AB 152.ABCD 153.ABCD 154.AD 155.BC 156.CD  
157.ABD 158.ABD 159.BCD 160.ACD 161.ACD 162.ABD 163.BCD  
164.ABCD 165.AB 166.AC 167.ACD 168.ABC 169.ACD 170.ACD  
171.AC 172.BCD 173.ABC 174.ABCD 175.ABCD 176.AB

#### 难题题解

144. 水分子极小, 不带电荷, 可以穿越脂质分子的间隙以单纯扩散或经静息状态下开放的离子通道跨膜移动。在水通透性高的组织, 水分子则是经水通道转运的。如, 在肾小管和脉络丛上皮。

## 二、名词解释

177. 被转运物与膜受体特异结合后, 通过膜凹陷、离断、形成吞饮泡等过程选择性地促进其进入细胞的一种有效的入胞方式。许多大分子蛋白质(如人体血浆中的低密度脂蛋白)以这种方式入胞。

178. 非脂溶性或脂溶性很小的小分子物质, 如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 和葡萄糖等, 在膜蛋白的帮助下, 由膜的高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程, 包括经通道易化扩散和经载体易化扩散两种类型。在物质跨细胞膜转运和生物电的产生中具有重要作用。

179. 通道蛋白的一种, 其开放与关闭受膜外(如神经递质)或膜内(如  $\text{Ca}^{2+}$ 浓度)某种特定化学信号物质的控制, 如骨骼肌终板膜上的  $\text{N}_2$  型 ACh 受体阳离子通道。在细胞的跨膜信号

转导中具有重要作用。

180. 在细胞间的缝隙连接处，由两侧细胞膜上各一个称为连接体的六聚体蛋白颗粒端-端相连所围成的一个细胞间的亲水性孔道。这种通道允许水溶性分子和离子通过，可使兴奋在细胞间直接传播。

181. 某些物质利用钠泵活动形成的势能储备，即膜外  $\text{Na}^+$  的高势能，将  $\text{Na}^+$  内流时势能转化来的能量用于该物质逆浓度差的跨膜转运过程。由于被转运物和  $\text{Na}^+$  相伴转运，也称联合转运，如小肠吸收和肾小管重吸收葡萄糖和氨基酸等物质的过程。

182. 在继发性主动转运过程中，被转运的离子或分子向同一方向运动，称为同向转运，如小肠粘膜和肾小管中的  $\text{Na}^+$ -葡萄糖同向转运。

183. 在继发性主动转运过程中，被转运的离子或分子彼此向相反方向运动，称为逆向转运或交换，如  $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  交换。

184. 细胞跨膜信号转导过程中需经 G 蛋白介导的一类受体，也称促代谢型受体。这类受体与配体结合后发生构象改变，便可结合 G 蛋白并使之激活。这类受体具有类似的分子结构，肽链中都具有 7 个由疏水性氨基酸组成的跨膜  $\alpha$ -螺旋，故也称 7 次跨膜受体。

185. 泛指活体组织或细胞在受刺激后可发生兴奋的能力；在可兴奋细胞是指接受刺激后产生动作电位的能力。这是生命的基本特征之一，也是生物体及其各组成成分适应环境变化的一种最基本的生理功能。

186. 安静状态下存在于细胞膜内外两侧的电位差。在一般细胞均表现为内负外正的直流电位。静息电位是细胞生物电变化的基础。例如，可兴奋细胞的动作电位就是在静息电位的基础上产生的。

187. 在静息电位时正、负电荷积聚在细胞膜两侧所形成的内负外正状态。极化状态是细胞生物电变化的基础。

188. 在静息电位的基础上，膜电位的减小或向 0 mV 方向变化的过程。一定程度的膜去极化常可提高细胞的兴奋性。

189. 在静息电位基础上，膜电位进一步增大或膜内电位向负值增大方向变化的过程。膜的超极化通常可降低细胞的兴奋性。

190. 可兴奋细胞受到有效刺激后，细胞膜在原静息电位的基础上发生的迅速、可逆的并可向远处传播的电位变动过程。它是可兴奋细胞兴奋时的共同内在表现和标志性活动，所以在生理学中被认为是兴奋的同义语。

191. 锋电位后出现的低幅、缓慢的膜电位波动。包括静息电位水平以上的负后电位和

静息电位水平以下的正后电位。负后电位相当于兴奋性周期中出现相对不应期和超常期的时期，而正后电位则相当于出现低常期的时期。

192. 动作电位的主要特征之一。当刺激强度足以达到阈值时，可兴奋组织或细胞即可爆发动作电位，动作电位一旦产生，其幅度便达到最大值，不会随刺激强度增大而进一步增大，此即“全”；若刺激强度未达到阈值，则不出现动作电位，此即“无”。

193. 可兴奋组织或细胞在紧接着兴奋发生后的一段时间。在这段时间内无论给予多大的刺激也不能使组织或细胞再次发生兴奋。该时期的长短决定了组织或细胞发生或传导兴奋的频率。

194. 细胞去极化达到刚能引起某种通道(在神经细胞是  $\text{Na}^+$ 通道)激活对膜去极化的正反馈而触发动作电位的临界膜电位水平，是动作电位产生的内在原因和必要条件。阈电位值一般比静息电位小 10~20 mV。

195. 在固定刺激持续时间后刚能引起组织或细胞产生兴奋的最小刺激强度，也称阈值。是衡量组织兴奋性高低的指标，与兴奋性成反比。

196. 阈下刺激引起的局部细胞膜上出现的达不到阈电位水平的轻度去极化。在神经细胞，这种去极化是由  $\text{Na}^+$ 通道少量开放、 $\text{Na}^+$ 少量内流而引起的，这是阈下刺激引起的被动电紧张电位基础上出现的细胞膜主动反应。

197. 在细胞膜的同一部位上，先后产生的多个局部反应由于无不应期而发生叠加的现象。多个局部兴奋的去极化波经时间总和后若能达到阈电位水平，也可爆发动作电位。

198. 局部反应向周围传播的方式，主要取决于膜的被动电学特性。其特征是反应的幅度随传播距离加大而迅速减小以至消失，传播的范围从不足 1 毫米到几毫米，故也称衰减性传播。

199. 有髓神经纤维传导兴奋的方式，表现为局部电流在发生动作电位的郎飞结和相邻的静息郎飞结之间流动。因此，动作电位呈现“跳跃式”传导。有髓鞘神经的跳跃式传导是生物进化的结果，不仅提高了神经纤维的传导速度，而且减少了能量消耗。

200. 兴奋信号从神经传到肌细胞的表现。在神经-肌接头处，运动神经冲动到达神经末梢后，引起末梢内大量囊泡释放 ACh，后者与终板膜上  $\text{N}_2$  型 ACh 受体通道结合，出现以  $\text{Na}^+$ 内流为主的跨膜电流，从而在终板膜上形成去极化电位，即为终板电位。

201. 将肌细胞电兴奋和机械收缩联系起来的中介过程。包括兴奋向肌细胞深部的传入、三联体处信息的传递和肌浆网对  $\text{Ca}^{2+}$ 的释放和回收等过程。

202. 肌肉收缩时长度保持不变而只有张力增加的一种收缩形式。例如，在有后负荷情

况下，肌肉收缩张力自开始收缩后逐渐增大，至增大到可克服后负荷时止，这段时间内的肌肉收缩长度不变，因而属于等长收缩。

203. 肌肉收缩时只有长度缩短而肌张力保持不变的一种收缩形式。如克服后负荷后所进行的肌肉收缩，此时肌肉开始缩短，而张力则等于后负荷，因而属于等张收缩。

204. 肌肉收缩之前已经承受的负荷。这种负荷主要影响肌肉的初长度，在一定范围内增加肌肉的初长度(或前负荷)可使增强肌肉的收缩张力。

205. 肌肉决定于其自身收缩效能，而与负荷无关的内在特性。这种内在特性主要取决于兴奋-收缩耦联过程中胞浆内  $\text{Ca}^{2+}$  的水平、肌球蛋白的 ATP 酶活性以及肌细胞内能源物质的多少等，也受体内神经、体液等多种因素的影响。

### 三、问答题

206. 单纯扩散和易化扩散都属于被动转运，转运过程本身不需要消耗能量，都是小分子物质由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运的过程。

不同点在于：单纯扩散属于一种简单的物理过程，不需要细胞膜上蛋白质的参与，是脂溶性物质穿过细胞膜脂质双分子层进行的被动跨膜转运。如  $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{NO}$ 、乙醇和尿素的跨膜扩散。易化扩散转运的是非脂溶性或脂溶性很低的物质，需要膜结构中一些特殊蛋白质的帮助。根据借助的蛋白质不同，易化扩散可分为两种类型：①经载体易化扩散，如存在于一般组织细胞的细胞膜上的葡萄糖载体和氨基酸载体。②经通道易化扩散，依据控制通道开闭的因素不同，又可将通道分为电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道。如神经轴突膜上的电压门控  $\text{Na}^+$  通道、终板膜上的  $\text{N}_2$  型 ACh 受体阳离子通道等。由于蛋白质的数量有限和结构的特异性，两种易化扩散表现出明显的饱和现象和对转运物质的选择性。

207. 原发性主动转运是指细胞通过直接分解 ATP 获能而进行的物质(通常是带电离子)逆浓度梯度或电位梯度跨膜转运的过程。介导原发性主动转运的是各种泵蛋白。如普遍存在于细胞膜上的  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  泵，能将  $\text{K}^+$  由细胞外泵入细胞内，而将  $\text{Na}^+$  由细胞内泵出细胞外，从而使细胞内外  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  呈不对等分布；又如在肌浆网膜上的  $\text{Ca}^{2+}$  泵在肌肉舒张时  $\text{Ca}^{2+}$  的回收中具有重要作用；此外，在胃粘膜的壁细胞膜上存在与胃酸分泌有关的  $\text{H}^+$  泵。泵蛋白的化学本质都是 ATP 酶。

继发性主动转运虽然也是将物质由膜的低浓度一侧向高浓度一侧转运，也需要消耗能量，但所需要的能量并非直接来自 ATP 的水解，而是来自钠泵活动所造成的  $\text{Na}^+$  的膜外高势



能，由于被转运物的逆浓差跨膜转运与  $\text{Na}^+$  的顺浓差跨膜移动是联合进行的，因此也叫联合转运。如果两种或两种以上被转运的物质是向同一方向运动，称为同向转运，如果被转运的物质彼此向相反方向运动，则称为反向转运或交换。如葡萄糖(或氨基酸)在小肠上皮细胞和肾小管上皮细胞的吸收，就是通过  $\text{Na}^+$ -葡萄糖(或氨基酸)同向转运体，借助  $\text{Na}^+$  的膜外高势能而实现的继发性主动转运；又如，细胞膜上的  $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  交换体也是利用膜两侧  $\text{Na}^+$  的浓度差，在  $\text{Na}^+$  进入胞内的同时将  $\text{Ca}^{2+}$  排出胞外，这种转运属于反向转运。

208. 钠泵是镶嵌在细胞膜上的一种蛋白质，其化学本质是  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  依赖式 ATP 酶。当细胞内出现较多的  $\text{Na}^+$  和细胞外出现较多的  $\text{K}^+$  时，钠泵启动，通过分解 ATP、释放能量，并利用此能量逆浓度差把细胞内的  $\text{Na}^+$  移出膜外，同时把细胞外的  $\text{K}^+$  移入膜内，因而形成和保持膜内高  $\text{K}^+$  和膜外高  $\text{Na}^+$  的不均衡分布。

钠泵活动的生理意义有：①形成细胞内高  $\text{K}^+$ ，这是细胞内许多代谢反应所必需的，如核糖体合成蛋白质；②将漏入胞内的  $\text{Na}^+$  转运到胞外，用以维持胞浆渗透压和细胞容积的相对稳定，防止过多水分子进入而导致细胞肿胀；③形成膜两侧  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  的浓度差，建立势能贮备，为细胞生物电活动如静息电位和动作电位的产生奠定基础；并且，钠泵转运  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  的量通常是不对等的，即钠泵每分解 1 分子 ATP，可排出 3 个  $\text{Na}^+$ ，转入 2 个  $\text{K}^+$ ，因此其活动是生电性的，可使膜超极化，有助于细胞维持静息时的极化状态；④钠泵活动造成的膜内外  $\text{Na}^+$  的浓度差，也是继发性主动转运的动力，其生理意义依转运体而不同。如  $\text{Na}^+$ -葡萄糖(或氨基酸)联合转运体与营养物质的吸收有关； $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  交换在保持细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的稳定中起重要作用； $\text{Na}^+$ - $\text{H}^+$  交换则对维持细胞内 pH 的稳定有重要意义。

209. 就目前所知，跨膜信号转导的方式主要有以下三种。

(1) 由 G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导：这是大多数内分泌激素、神经递质实现跨膜信号传递，完成对靶细胞功能调节的方式。此种方式涉及的膜蛋白至少有三种，即 G 蛋白耦联受体、G 蛋白和 G 蛋白效应器。G 蛋白耦联受体也称促代谢型受体，具有 7 个跨膜螺旋，经 G 蛋白耦联后通过相应的膜效应器酶，在细胞内产生第二信使。第二信使再激活相应的蛋白激酶，并由此催化胞内一些功能蛋白的磷酸化过程，改变细胞的生理、生化功能。例如，肾上腺素作用于心肌细胞膜上的  $\beta_1$  受体后，经兴奋性 G 蛋白(Gs)、腺苷酸环化酶(AC)使细胞内第二信使 cAMP 浓度增加。细胞内 cAMP 浓度的增高又激活了蛋白激酶 A(PKA)，PKA 使  $\text{Ca}^{2+}$  通道磷酸化而开放，导致心肌收缩力增强、传导加快。

(2) 由离子通道受体介导的跨膜信号转导：这种受体本身就是离子通道。根据引起通道开放和关闭因素的不同，门控通道可分为电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道。如

在神经-肌接头处，运动神经末梢释放 ACh 后，ACh 同终板膜上 N<sub>2</sub> 型 ACh 受体结合，该受体实际上是一个由 5 个亚单位( $\alpha_2\beta\gamma\delta$  五聚体)组成的化学门控通道。当 ACh 分子与两个  $\alpha$  亚单位上的位点结合后，通道蛋白构象改变、通道开放、相应离子跨膜扩散，使膜电位发生改变而完成信号转导。电压门控通道和机械门控通道可以视为接受电信号和机械信号的“受体”，并通过通道的开放、关闭和离子跨膜流动把信号传递到细胞内部。

(3) 由酶耦联受体介导的跨膜信号转导：酶耦联受体分子的膜外段上有配体的结合位点，膜内段自身具有酶的活性，或可激活胞浆中的酶而不需要 G 蛋白参与。如酪氨酸激酶受体，一般只有一个跨膜  $\alpha$  螺旋，较长的膜外段与特定化学物质结合后，可直接引起膜内段酪氨酸激酶结构域的激活，或促使其与胞浆酪氨酸激酶的结合和激活，继而使膜内功能蛋白酪氨酸残基发生磷酸化。胰岛素和大部分生长因子就是通过酪氨酸激酶受体发挥作用的。此外，鸟苷酸环化酶受体也是一种酶耦联受体，与酪氨酸激酶受体不同的是该蛋白的膜内段具有鸟苷酸环化酶的结构域。一旦配体(如心房钠尿肽)结合于受体，将激活 GC，使胞浆内的 GTP 环化，生成第二信使 cGMP。

210. G 蛋白是鸟苷酸结合蛋白的简称，通常是指耦联膜受体和膜效应器酶的一类三聚体 G 蛋白。它固定于膜内侧，由  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三种亚单位组成。其中， $\alpha$  亚单位上具有 G 蛋白耦联受体结合位点、鸟苷酸结合位点、GTP 酶活性位点、调节物结合位点以及与膜效应器酶结合的位点。G 蛋白的功能是将 G 蛋白耦联受体与配体结合后发生的构象变化的信息传递给膜效应器酶，并影响后者的活性。在配体与受体结合之前，G 蛋白的  $\alpha$  亚单位上结合有 GDP，G 蛋白呈三聚体形式，处于非活化状态；当受体与相应的配体结合后，活化的受体与 G 蛋白  $\alpha$  亚单位结合并使之发生构象变化， $\alpha$  亚单位的构象变化则导致其与 GDP 解离，而与胞浆中的 GTP 结合。 $\alpha$  亚单位与 GTP 结合后，随即与  $\beta\gamma$  亚单位和活化的受体解离，使 G 蛋白形成  $\alpha$ -GTP 复合物和  $\beta\gamma$  二聚体两部分，它们均具有生物活性，故称为 G 蛋白激活型。激活型的 G 蛋白可进一步激活 G 蛋白效应器，包括膜效应器酶和离子通道。不同的 G 蛋白特异性地活化各自不同的效应器。如 G<sub>s</sub> 活化腺苷酸环化酶，G<sub>i</sub> 抑制腺苷酸环化酶，G<sub>t</sub> 活化 cGMP 专一性的磷酸二酯酶(转导视觉信号)，G<sub>olf</sub> 活化腺苷酸环化酶(转导嗅觉信号)，G<sub>q</sub> 和 G<sub>11</sub> 活化磷脂酶 C 等。G 蛋白生物活性的终止是  $\alpha$  亚单位上内源性 GTP 酶发挥作用的结果。当  $\alpha$  亚单位作用于效应器蛋白时，GTP 被水解成 GDP。于是， $\alpha$  亚单位与效应器分离，又与  $\beta\gamma$  亚单位重新聚合成无活性的三聚体。因此，GTP 在 G 蛋白介导的跨膜信号转导中起着重要的“开关”作用。

211. Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>泵活动时，每分解一分子 ATP，可使 2 个 K<sup>+</sup>进入膜内和 3 个 Na<sup>+</sup>排出膜外，

这种生电作用使细胞内电位变得较负,对静息电位的形成有直接的作用,但作用较小。 $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ 泵的主要作用是维持细胞外高  $\text{Na}^+$ 和细胞内高  $\text{K}^+$ 的浓度差, 由此而形成的势能储备使  $\text{Na}^+$ 具有向细胞内扩散和  $\text{K}^+$ 向细胞外扩散的倾向。由于安静时细胞膜对  $\text{K}^+$ 通透性远大于对  $\text{Na}^+$ 的通透性, 因此在各自浓度梯度的作用下,  $\text{K}^+$ 外流的量远大于  $\text{Na}^+$ 内流的量, 大量的  $\text{K}^+$ 外流导致细胞外出现过多的正电荷; 细胞内的大分子阴离子则由于膜对其没有通透性而滞留于细胞内, 使膜内出现过多的负电荷, 膜两侧的电位差由此而产生。 $\text{K}^+$ 外流形成的电位差又会阻止它进一步向外扩散, 当促使  $\text{K}^+$ 外流的动力(浓度差)和阻挡  $\text{K}^+$ 外流的阻力(电位差)达到平衡, 即  $\text{K}^+$ 的电化学驱动力为零时, 膜两侧的电位差便稳定于某一数值, 此数值即为  $\text{K}^+$ 平衡电位。由于膜对  $\text{Na}^+$ 也具有一定的通透性, 少量的  $\text{Na}^+$ 内流将使实际测得的膜两侧的电位差(静息电位)略小于  $\text{K}^+$ 平衡电位。由于静息电位只是接近并不等于  $\text{K}^+$ 平衡电位, 故在静息电位时, 仍有少量  $\text{K}^+$ 漏出, 漏出的  $\text{K}^+$ 和漏入的  $\text{Na}^+$ 很快又被  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ 泵逆浓度梯度转运所抵消, 故不再出现  $\text{K}^+$ 和  $\text{Na}^+$ 的净移动, 静息电位得以形成和维持。

212. 增加细胞外液中的  $\text{K}^+$ 浓度, 可使神经纤维的静息电位减小。这是由于膜两侧的  $\text{K}^+$ 浓度差减小, 使细胞  $\text{K}^+$ 外流减少, 静息电位向新的、较低的平衡电位移动的结果。细胞外液中  $\text{K}^+$ 浓度的轻度增加, 可使膜电位下降、靠近阈电位, 所以神经纤维较容易爆发动作电位; 但由于此时电压门控  $\text{Na}^+$ 通道的通透性较正常静息电位时低, 加上膜电位下降减少了  $\text{Na}^+$ 内流的驱动力, 故动作电位的幅度将减小, 上升速率将减慢。当细胞外液  $\text{K}^+$ 浓度过高时, 膜电位进一步下降, 可导致电压门控  $\text{Na}^+$ 通道失活, 使组织兴奋性降到零。这时, 任何强大的刺激都不能引起动作电位的产生。

213. 在引导神经纤维全细胞动作电位并测定其去极化幅值的基础上: ①改变细胞外液  $\text{Na}^+$ 浓度(如用葡萄糖替代细胞外液中的  $\text{Na}^+$ ), 可观察到动作电位幅度随细胞外液中  $\text{Na}^+$ 浓度降低而减小; ②测定动作电位的超射值并与计算所得的  $\text{Na}^+$ 平衡电位比较, 可发现两者较接近; ③使用特异性的电压门控  $\text{Na}^+$ 通道阻断剂如河豚毒素(TTX), 可观察到给予 TTX 后, 动作电位幅度逐渐减小, 最后完全消失。

214. 动作电位是可兴奋细胞受到有效刺激后, 细胞膜在原静息电位的基础上发生的迅速、可逆的并可向远处传播的电位变动过程。动作电位的特征有: ①“全或无”式。当刺激未达到阈值时, 动作电位不会出现; 一旦达到阈值, 动作电位便可产生, 并达到最大值, 继续增大刺激强度, 动作电位幅度也不会随之继续增大。这是因为细胞受到有效刺激后, 可使膜去极化达到阈电位水平, 膜一旦去极化达阈电位水平, 即可使电压门控  $\text{Na}^+$ 通道(神经纤维和骨骼肌)的激活和膜去极化之间形成正反馈, 从而在短时间内引起大量  $\text{Na}^+$ 内流, 此时,

$\text{Na}^+$ 内流的数量仅取决于  $\text{Na}^+$ 通道的性状和膜两侧  $\text{Na}^+$ 的驱动力，不再与刺激强度有关。所以，外加刺激仅起到触发这一正反馈出现的作用。当给予阈下刺激时，膜电位去极化达不到阈电位，不能触发的这一正反馈，因而不能产生动作电位。②不衰减传导。动作电位一旦产生，便可沿细胞膜传遍整个细胞。动作电位的传导是在局部电流作用下不断产生新的动作电位的结果。局部电流是由于兴奋部位和邻旁安静部位之间存在的电位差而产生的。首先，局部电流的结果足以使邻旁安静部位膜去极化达到阈电位而爆发动作电位；其次，邻旁安静部位新产生的动作电位也是“全或无”式的，一旦达到阈电位，动作电位的幅度仅取决于  $\text{Na}^+$ 通道的性状和膜两侧  $\text{Na}^+$ 的驱动力。所以，动作电位在传导过程中能可靠地发生并不随传导距离增大而衰减。③具有不应期，故反应不能叠加。即使给予高频率的连续刺激，动作电位也只能表现为一个一个的脉冲式发放。因为，细胞膜在一次兴奋后，膜上电压门控  $\text{Na}^+$ 通道便迅速失活，使该处膜进入绝对不应期。此期大约相当于锋电位所持续的时间(骨骼肌细胞和神经纤维)。所以，锋电位不能叠加。

215. 局部兴奋是指阈下刺激引起的局部细胞膜上出现的达不到阈电位水平的轻度去极化。在神经和骨骼肌细胞，这种去极化是由  $\text{Na}^+$ 通道少量开放、 $\text{Na}^+$ 少量内流而引起的，是阈下刺激引起的被动电紧张电位基础上出现的细胞膜主动反应。生理学中有许多局部兴奋的例子，如发生在肌细胞终板膜上的终板电位、神经元突触后膜上的兴奋性突触后电位，以及各种感受器电位。与动作电位相比，局部兴奋中虽有引起膜去极化的某种离子通道激活的主动成分参与，但仍具有电紧张电位的膜被动电学特征，它们包括：①等级性电位，这与动作电位的“全或无”特征相反，其反应随刺激强度的增大而增大；②电紧张传播，去极化反应随传播距离的加大而迅速减小以至消失，而不能像动作电位那样在膜上作远距离、不衰减式的传播；③没有不应期，因此，连续发生在同一部位的局部兴奋，当频率较高时，可发生时间总，而同时发生的局部兴奋，当彼此距离较近时，则可发生空间总和。

216. 根据 Hodgkin 和 Huxley 提出的 H-H 模型，电压门控  $\text{Na}^+$ 通道内存在着两个独立并串联的闸门，即激活闸门和失活闸门。根据两个闸门的开闭状态，可将电压门控  $\text{Na}^+$ 通道分为三个功能状态：①静息状态，此时激活闸门关闭、失活闸门开放；②激活状态，两个闸门都开放；③失活状态，失活闸门关闭、激活闸门开放。静息状态和失活状态都是不导通的，两者在功能上的区别是，前者可以直接进入激活状态，而后者不能直接进入激活状态，只能随着膜的复极化而进入静息状态。激活状态虽然是导通的，但它不是一个稳态，而是一个瞬态，随着失活闸门缓慢的关闭，激活状态便进入失活状态。所以，当电压门控钠通道由静息状态变为激活状态后， $\text{Na}^+$ 电导的增加是一过性的。

217. 动作电位可沿着细胞膜进行不衰减的传导，这是动作电位的一个重要特征。动作电位在单一细胞上的传导机制可以用局部电流学说来解释。当细胞的某一部位产生动作电位即兴奋时，兴奋部位与邻旁安静部位之间便产生了电位差。在细胞内，发生兴奋的部位电位较邻旁安静部位相对为正；在细胞外，兴奋部位的电位则较邻旁安静部位相对为负。由于这种电位差的存在和细胞内、外液本身具有导电性，兴奋部位和邻旁安静部位之间便产生了局部电流。局部电流的流动方向是：膜内侧，由电位较高的兴奋部位流向电位较低的邻旁安静部位；膜外侧，则由电位较高的邻旁安静部位流向电位较低的兴奋部位。局部电流流动的结果，使邻旁安静部位首先出现电紧张电位，该电紧张电位又进一步引发细胞膜去极化的局部反应。当局部反应达到阈电位时，即可引发动作电位。新发生的动作电位再通过局部电流使下游相邻的安静部位产生电紧张电位，并进一步引起新的动作电位。因此，动作电位的传导，实质上是在局部电流作用下新的动作电位不断产生的过程。需要指出的是，在有髓神经纤维上，由于髓鞘较厚，局部电流发生在兴奋和安静的朗飞氏结之间。动作电位的传导是沿细胞膜的朗飞氏结顺序发生兴奋的过程，这种方式称为“跳跃式”传导。

218. 兴奋在细胞之间直接扩散的结构基础是缝隙连接。这是一种细胞间的特殊连接形式，也称电突触。在缝隙连接处，每侧细胞膜上各有一个称为连接体的同源六聚体蛋白，六聚体蛋白的中央围成一个亲水性孔道。两个细胞上的连接体端端相连，形成一个细胞间的通道，即连接体通道。该通道允许小分子物质和离子通过，是细胞间的一个低电阻区。当一个细胞发生兴奋时，局部电流可经过这种细胞间通道，使另一个细胞也受到刺激而产生动作电位。因此，与化学性突触传递相比，这种由缝隙连接实现的电信号直接传递速度快，有助于实现细胞的同步化活动。

219. 细胞在发生兴奋后，其兴奋性将发生一系列变化。兴奋后最初的一段时间内，无论给予多强的刺激也不能使该细胞再次兴奋，其兴奋性可视为完全丧失，这段时间称为绝对不应期。绝对不应期过后，细胞兴奋性逐渐恢复，在一定时间内，接受较强(大于阈强度)的刺激可使细胞再次发生兴奋，这段时间称为相对不应期。相对不应期过后，有的组织细胞还出现兴奋性的轻微变化。首先是兴奋性轻度增高，超过正常，该时期称为超常期。然后，兴奋性又进入轻度降低时期，称为低常期。绝对不应期相当于锋电位发生的时期，相对不应期和超常期相当于负后电位出现的时期，低常期则相当于正后电位出现的时期。

220. 兴奋性是指可兴奋细胞接受刺激后产生动作电位的能力。作为细胞产生动作电位的外部条件，细胞产生兴奋必须接受一定量的刺激。将刺激的持续时间和刺激强度对时间的变化率固定后，能使组织发生兴奋的最小刺激强度称为阈强度或阈值。阈值的大小可以反映

组织兴奋性的高低，其与兴奋性成反变关系。阈值愈低，即兴奋性愈高；反之，阈值愈高，则兴奋性愈低。对神经细胞而言，动作电位的发生是电压门控  $\text{Na}^+$ 通道的激活与膜去极化之间出现正反馈， $\text{Na}^+$ 通道大量激活、 $\text{Na}^+$ 大量内流的结果。能够引起这一正反馈过程的临界膜电位称为阈电位。具有阈强度的刺激刚好能使膜电位去极化达到阈电位，从而刚好能够触发动作电位。阈电位是细胞产生兴奋的内在条件，只有达到阈电位，才能触发动作电位。所以，阈电位水平的变化也能影响细胞的兴奋性。当阈电位抬高(膜内负值减小)时，引起兴奋所需的刺激强度将增大，兴奋性将降低；而当阈电位下移(膜内负值增大)时，引起兴奋所需的刺激强度减小，兴奋性将增高。

221. 当运动神经纤维传来的动作电位到达神经末梢时，接头前膜的去极化引起该处电压门控  $\text{Ca}^{2+}$ 通道的开放， $\text{Ca}^{2+}$ 经易化扩散流入末梢，使末梢内  $\text{Ca}^{2+}$ 浓度升高； $\text{Ca}^{2+}$ 浓度的升高使大量囊泡向接头前膜移动，与前膜融合，并通过胞吐作用将囊泡中的神经递质 ACh 以量子释放的形式释放入接头间隙；ACh 分子通过接头间隙扩散至接头后膜(终板膜)，与膜上  $\text{N}_2$ 型 ACh 受体(属于化学门控通道)结合并使之激活，出现以  $\text{Na}^+$ 内流为主的离子电流，使终板膜发生去极化，即产生终板电位；终板电位通过电紧张传播的形式传向邻旁具有电压门控钠通道的一般肌膜，使之去极化达到阈电位而爆发动作电位。

222. 肉毒杆菌中毒、筒箭毒、重症肌无力和有机磷中毒都是通过影响神经-肌接头兴奋传递而影响骨骼肌收缩的。肉毒杆菌中毒导致的肌无力是由于肉毒杆菌毒素抑制了接头前膜 ACh 释放的结果；筒箭毒用作肌肉松弛剂是由于它能与 ACh 竞争终板膜上的 ACh 受体，因而能阻断神经-肌接头的传递；重症肌无力的发病是由于自身免疫性抗体破坏了终板膜上的 ACh 受体通道所致；而有机磷中毒出现的肌肉颤动，则是由于有机磷可使胆碱酯酶丧失活性，造成 ACh 在接头间隙中大量蓄积并持续作用于终板膜上 ACh 受体通道所产生的。

223. 骨骼肌收缩时，肌肉或肌纤维的缩短并不伴有肌细胞内部的肌丝缩短或卷曲，只是肌小节中细肌丝滑入到粗肌丝之间，使肌小节缩短，乃至整个肌原纤维、肌细胞缩短，此即肌丝滑行理论。肌丝滑行理论最直接的证明是：骨骼肌收缩时，暗带长度不变；明带长度虽然缩短，但同时暗带中央的 H 带也相应地变窄。暗带长度不变说明在肌肉收缩时，粗肌丝没有缩短。明带长度的缩短和 H 带同时相应地变窄表明细肌丝也没有缩短，只是向暗带中央移动，和粗肌丝发生了更大程度的重叠。

224. 骨骼肌收缩机制可用肌丝滑行理论加以解释。从分子水平看，肌丝滑行的基本过程包括：①肌细胞膜上发生的动作电位经兴奋-收缩耦联使肌浆中  $\text{Ca}^{2+}$ 浓度增高；②肌钙蛋白与  $\text{Ca}^{2+}$ 结合后发生构象改变；③与肌钙蛋白结合的原肌球蛋白构象改变，“位阻效应”解

除；④粗肌丝上肌球蛋白横桥头部和细肌丝肌动蛋白上的结合位点结合；⑤处于高势能状态的横桥向 M 线方向摆动，使细肌丝被拉向粗肌丝的 M 线方向；⑥横桥与 ATP 结合，与肌动蛋白解离，水解 ATP 并复位至原来的高势能状态；⑦横桥头部与肌动蛋白上下一位点结合并摆动，使细肌丝不断向暗带中央移动，引起肌小节缩短。

225. 电刺激坐骨神经引起腓肠肌收缩的过程中，依次发生的生理活动为：①阈刺激或阈上刺激使坐骨神经发生兴奋(即产生动作电位)；②兴奋沿坐骨神经传向运动末梢(局部电流学说)；③兴奋在神经-肌接头处的传递，即突触前膜去极化引起  $\text{Ca}^{2+}$  内流→ $\text{Ca}^{2+}$  内流触发神经递质 ACh 释放→ACh 经扩散与接头后膜上的  $\text{N}_2$  型 ACh 受体通道结合，出现以  $\text{Na}^+$  内流为主的离子跨膜移动，形成去极化的终板电位→终板电位传播到周围一般肌膜，产生动作电位并传遍整个肌细胞；④骨骼肌兴奋-收缩耦联，肌细胞胞浆内  $\text{Ca}^{2+}$  浓度迅速增高；⑤胞浆内  $\text{Ca}^{2+}$  与肌钙蛋白结合，诱发肌丝滑行，肌肉收缩(依后负荷不同，表现为等长收缩或等张收缩；依刺激频率不同表现为单收缩或程度不等的强直收缩)；⑥肌浆网膜上  $\text{Ca}^{2+}$  泵活动回收  $\text{Ca}^{2+}$ ，使胞浆内  $\text{Ca}^{2+}$  浓度恢复，肌肉舒张。