



全国中等卫生学校配套教材
供全国中等卫生学校各专业使用

生理学纲要

孔繁之 邓起明 主 编
孔繁晶 田 仁



中国科学技术出版社

前 言

本书是依据部颁新教学大纲及卫生部第三轮规划教材《生理学》(孔繁之、甘声华任主编)为蓝本进行编写的,作为配套教材使用。在编写时,遵照卫生部教材办公室关于编写配套教材的精神,为减轻学生的学习负担,提高学习效率,避免教材中理论知识的偏多、偏难、偏深之不足,力争做到少而精,突出重点。全书文字通俗易懂,言简意赅。

本书可供全国中专卫校各专业(包括四年制护理专业)师生以及参与成人教育、自学考试、晋升考试的师生使用。

全书内容分两大部分:生理学基本理论知识和目标检测题。其中目标检测题采用卫生部规划教材《试题库》统一标准。试题共分名词解释、填空题、A₁型选择题、A₂型选择题、B型选择题和问答题。A型选择题的结构依然由1个题干和5个备选答案组成。5个备选答案中只有1个为最佳选择答案,其余4个为干扰答案。以肯定为表述形式的A型题为A₁型;以否定为表述形式的为A₂型。B型选择题的形式为开始提出5个备选答案,答案后提出一定数量的试题,要求考生为每一道试题选择一个正确答案。每个备选答案可选用一次或几次,也可一次也不选用。

试题可供学生复习考试用,也可供教师目标检测或期中、期末考试用。学生在学完每章节后复习时,可将试题答案随手直接填写在书上。因此,本书又可起到练习册的作用。部分试题答案附在书后,以便对照。

该书在编写过程中,得到河北省唐山市卫生学校、广东省珠海市卫生学校、山西省临汾地区卫生学校、河北省邢台市卫生学校及各位编者所在单位领导的大力支持和中国科学技术出版社的大力帮助,在此深表谢意。由于时间仓促,书中疏漏、不妥,甚至错误之处,在所难免,恳请广大师生和读者指正。

孔繁之

1998年11月

目 录

第一单元 绪论 (1)	四、大肠的功能..... (64)
一、概述 (1)	五、消化器官活动的调节..... (64)
二、机体与环境 (2)	目标检测题 (66)
三、机体功能活动的调节 (2)	第七单元 能量代谢与体温 (70)
目标检测题..... (5)	一、能量代谢..... (70)
第二单元 细胞的基本功能 (9)	二、体温..... (71)
一、细胞膜的物质转运功能 (9)	目标检测题 (74)
二、细胞的受体功能..... (10)	第八单元 肾的排泄 (78)
三、细胞的生物电现象..... (10)	一、概述..... (78)
四、骨骼肌的收缩功能..... (12)	二、尿液组成及其理化性质..... (78)
目标检测题 (14)	三、尿的生成过程..... (79)
第三单元 血液 (20)	四、影响和调节尿生成的因素..... (81)
一、血液的组成和基本功能..... (20)	五、尿的浓缩与稀释..... (82)
二、血量和血液的一般生理特性..... (21)	六、尿的贮存与排放..... (82)
三、血浆渗透压及其生理意义..... (21)	目标检测题 (84)
四、血细胞..... (21)	第九单元 感官 (89)
五、血液凝固与纤维蛋白溶解..... (23)	一、感受器和感觉器官..... (89)
六、血型与输血..... (24)	二、视觉器官..... (89)
目标检测题 (26)	三、位听器官..... (91)
第四单元 血液循环 (31)	目标检测题 (93)
一、心的生理..... (31)	第十单元 神经系统 (97)
二、血管生理..... (37)	一、中枢神经系统活动的一般规律..... (97)
三、心血管活动的调节..... (40)	二、神经系统的感觉功能..... (98)
目标检测题 (43)	三、神经系统对躯体运动的调节..... (100)
第五单元 呼吸 (51)	四、神经系统对内脏活动的调节..... (102)
一、肺通气..... (51)	五、脑的高级功能 (104)
二、气体交换与运输..... (53)	目标检测题..... (107)
三、呼吸运动的调节..... (54)	第十一单元 内分泌 (116)
目标检测题 (56)	一、概述 (116)
第六单元 消化和吸收 (61)	二、垂体 (117)
一、机械消化..... (61)	三、甲状腺 (118)
二、化学消化..... (62)	
三、吸收..... (63)	

四、肾上腺	(119)	第一单元 绪论.....	(136)
五、胰岛	(120)	第二单元 细胞的基本功能.....	(136)
六、甲状旁腺和甲状腺 C 细胞.....	(120)	第三单元 血液.....	(137)
目标检测题.....	(122)	第四单元 血液循环.....	(138)
第十二单元 生殖	(125)	第五单元 呼吸.....	(139)
一、男性生殖	(125)	第六单元 消化和吸收.....	(140)
二、女性生殖	(125)	第七单元 能量代谢与体温.....	(140)
三、目标检测题	(128)	第八单元 排泄.....	(141)
第十三单元 衰老与长寿	(131)	第九单元 感官.....	(142)
一、衰老的主要特征	(131)	第十单元 神经系统.....	(142)
二、延年益寿	(132)	第十一单元 内分泌.....	(143)
目标检测题.....	(133)	第十二单元 生殖.....	(144)
参考答案	(136)	第十三单元 衰老与长寿.....	(145)

第一单元 绪 论

一、概 述

生理学是研究机体正常生命活动规律的科学。它是生物学的一个分支。

生物从原始的单细胞到高等动物和人类,都具有生命活动的基本特征,即新陈代谢和兴奋性等。

(一)新陈代谢

机体与环境间进行的物质交换和能量转换,以达到自我更新的过程,称为新陈代谢。它包括合成代谢(同化作用)和分解代谢(异化作用)两个方面。

合成代谢是指机体不断从外界摄取营养物质,经过改造,构成自身结构并伴有能量贮备的过程。分解代谢是指机体不断分解自身结构,释放能量,并把分解产物排出体外的过程。新陈代谢是机体与环境最基本的联系,也是生命最基本的特征。新陈代谢一旦停止,机体也就死亡。

(二)兴奋性

机体或组织对刺激发生反应的能力或特性,称为兴奋性。

1. 刺激

能引起组织或机体发生反应的环境变化,称为刺激。它包括物理的、化学的、生物的和心理的刺激。

刺激的有效量必须具备三个条件,即一定的刺激强度、刺激作用时间和强度/时间变化率。这三个方面不是固定不变的,它们可以互相影响,其中一个或两个的值改变时,其余的值也会相应改变。如果保持刺激时间不变,能够引起组织或机体发生反应的最小刺激强度,称为阈值。组织的兴奋性与阈值成反变关系。即组织的兴奋性越高,阈值越小。故阈值是衡量组织兴奋性的指标。神经、肌肉、腺体组织的兴奋性较高,称为可兴奋组织。

阈强度的刺激,称为阈刺激;小于阈强度的刺激,称为阈下刺激,阈下刺激时组织无反应(外部表现);大于阈强度的刺激,称为阈上刺激。

2. 反应

机体或组织接受刺激后,所发生的一切变化,称为反应。反应的形式有:①兴奋。即组织接受刺激后,由静息状态变为活动状态,或活动由弱增强,称为兴奋;②抑制。组织接受刺激后,由活动状态转变为静息状态,或活动由强变弱,称为抑制。

刺激引起的反应是兴奋还是抑制,取决于刺激的质和量,以及当时机体的功能状态。刺激与反应是因果关系。刺激是原因,反应是结果。

兴奋性的本质是组织细胞产生动作电位。因此,可以把组织细胞接受刺激产生动作电

位的能力或特性,称为兴奋性。兴奋性是生物体生存的必备条件,也是生命的基本特征。

二、机体与环境

(一)体液

人体内含有大量水分,成人体内水分约占体重的 60%。体内水分以及溶解于其中的溶质,总称为体液。体液分布于细胞内外,分布于细胞内者,称为细胞内液,约占体液总量的 2/3;分布于细胞外者称为细胞外液,约占体液总量的 1/3。细胞外液中约 1/5 为血浆;4/5 为组织液,后者包括组织间隙液、淋巴液、脑脊液及房水等。

(二)内环境及其稳态

1. 内环境的概念

人体内绝大部分细胞并不直接与外环境接触,而是生活在体内的液体环境之中,即体内绝大部分细胞是浸浴在细胞外液中。故细胞所生存的环境是细胞外液。细胞新陈代谢所需营养物质和氧气,代谢产生的废物和二氧化碳气,都需要通过细胞外液转运。因此,细胞外液是组织细胞直接生存的环境,称为机体内环境。

2. 稳态的概念及其生理意义

机体内环境的理化性质,如温度、渗透压、酸碱度等以及各种化学组成,在生理情况下,仅能在小范围内变动,保持相对稳定状态,称为稳态。

稳态是细胞进行新陈代谢、生命活动的必要条件。因为体内催化反应所需的酶,要在一定温度下才能更好地发挥作用;组织细胞的兴奋性也需要细胞外液中稳定的离子成分和浓度,才能维持正常。内环境一旦遭到破坏,新陈代谢和机体的各种功能活动,将不能正常进行,会产生疾病,甚至危及生命。

(三)机体对外环境的适应

外环境是指自然环境和社会环境。自然环境随着春夏秋冬四季的气温、气压、温度和光线等变化,都会刺激机体,影响机体的生理活动。但机体有能够根据外界情况而调整其内部关系的生理特征,称为适应性。人体不仅受自然环境的影响,而且还受社会因素的作用。现代社会由于社会环境因素的影响而致疾病的情况明显增多。如果人们能在复杂的社会环境中保持乐观开朗、愉快的情绪,机体就能处于良好功能状态,健康长寿。

三、机体功能活动的调节

人体之所以能够保持自身稳态和适应内、外环境的变化,是通过一整套调节机制来实现的。机体内各组织、器官、系统间的相互协调一致,以及它们与环境相适应的生理活动,称为机体的功能调节。它包括神经调节、体液调节、自身调节以及实现这些调节的反馈作用。

(一)神经调节

神经调节是指通过神经系统的活动,实现的对机体功能的调节。神经调节的特点是反应迅速、作用精确、时间短暂。

神经调节的方式是反射。反射是指在中枢神经系统参与下,机体对刺激作出的规律性反应。

反射活动的结构基础是反射弧。它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五部分组成。反射弧中任何一部分遭到破坏,相应的反射活动就将消失。

反射活动按其形成过程,分为两大类:

1. 非条件反射

是先天遗传的低级神经活动,其反射弧固定不变,反射中枢位于低级神经中枢;是种族共有的、机体适应环境的基本手段。

2. 条件反射

是经过后天学习训练,在非条件反射基础上建立起来的高级神经活动。反射弧是暂时接通,中枢部位多在大脑皮层。这类反射可塑性大,反应灵活,有预见性。“望梅止渴”就是一个例子。

(二)体液调节

激素是生物活性物质,经体液运输到全身各处,对机体的新陈代谢、生长发育和生殖活动的调节。这种调节称为体液调节。激素作用的器官、组织称为该激素的靶器官、靶组织。体液调节的特点是作用缓慢、持久、广泛。

体液调节分全身性体液调节和局部性体液因素。所谓全身性体液调节是指有些激素靠血液运送到全身各处,作用于远离器官。如甲状腺素和胰岛素的作用等。而组织细胞产生的一些代谢产物,如二氧化碳、组胺等,在局部组织内扩散,影响其功能,使局部血管扩张,通透性增加等,属局部性体液因素。

有的内分泌腺直接受神经系统支配,它成为神经调节反射弧传出途径的中间环节而发挥作用,称为神经—体液调节。

(三)自身调节

组织、细胞不依赖于神经、体液调节而对刺激产生的适应性反应,称为自身调节。例如,在一定范围内,动脉血压降低时,脑血管可自行扩张;而动脉血压升高时,脑血管收缩,以使脑血流量不致发生较大改变。自身调节的特点是简单原始、调节幅度小、灵敏度低。但仍具有一定生理意义。

(四)人体功能调节的自动控制——反馈

1. 自动控制系统的组成

人体各种功能调节均能自动进行,其调节系统也是一种自动控制系统。自动控制系统由控制部分和受控部分组成,二者之间有双向联系,从而形成一个闭合回路。

神经调节和体液调节中的反射神经中枢、内分泌腺属于控制部分,而效应器、靶器官

和靶组织属于受控部分。

2. 反馈的概念

在人体功能调节过程中,反射神经中枢或内分泌(控制部分)输出的信息调节效应器或靶器官、靶组织(受控部分)的活动,而效应器或靶器官的活动状态能返回来又作用于反射神经中枢或内分泌腺,起到调节作用。这种由受控部分发送反馈信息,对控制部分的功能施加影响的过程,称为反馈。

3. 反馈的类型及其意义

(1)负反馈及其生理意义:反馈信息与调节信息作用相反的反馈,称为负反馈。人体内绝大部分反馈属于负反馈。其生理意义是维持体内生理功能的稳态。例如动脉血压的相对稳定,就是负反馈作用的结果。

(2)正反馈及其生理意义:反馈信息与调节信息作用相同的反馈,称为正反馈。其生理意义是使某种生理活动不断加强,直到迅速完成。例如排尿活动等。

目标检测题

(一)名词解释

1. 新陈代谢

2. 兴奋性

3. 刺激

4. 反应

5. 阈值

6. 兴奋

7. 抑制

8. 神经调节

9. 体液调节

10. 内环境

11. 内环境稳态

12. 反射

13. 非条件反射

14. 条件反射

15. 反馈

16. 负反馈

17. 正反馈

(二) 填空题

1. 生命活动的基本特征主要包括_____和_____。
2. 体液是_____的总称,正常成人约占体重的_____% ,其中细胞内液占_____,细胞外液占_____。
3. 反射弧包括5部分,即_____,_____,_____,_____和_____。
4. 反射是在_____的参与下,机体所作的_____反应。反射活动的种类,按形成过程可分为_____和_____两大类。前者的反射弧是_____,反射神经中枢大都位于_____部位,它是一种_____神经调节方式;后者的反射弧是_____,反射神经中枢大都位于_____。

(三) A₁ 型选择题

1. 生理学是研究有机体的 ()
A. 新陈代谢 B. 结构和功能 C. 生命活动的规律
D. 对环境的适应性 E. 神经和体液调节
2. 关于刺激与反应关系的叙述,正确的是 ()
A. 机体外环境变化就是刺激
B. 机体内环境变化就是刺激
C. 刺激是原因,反应是结果
D. 任何刺激均会引起反应

- E. 兴奋是对刺激发生反应的唯一形式
3. 人体内最重要的调节机制是 ()
- A. 神经调节 B. 体液调节 C. 自身调节
- D. 正反馈 E. 负反馈
4. 有关神经调节的叙述,正确的是 ()
- A. 由受体接受刺激而引起的
- B. 通过非条件反射而调节
- C. 神经调节的特点是迅速、短暂、精确
- D. 调节过程中不存在反馈
- E. 是机体功能调节的唯一方式
5. 条件反射的特点是 ()
- A. 先天遗传而获 B. 后天训练、学习而建立 C. 反射弧固定不变
- D. 刺激与反应的关系恒定 E. 其适应性有限
6. 从人体功能调节反馈过程来看,反射弧是一种 ()
- A. 开放通路 B. 开口通路 C. 闭合通路
- D. 半开放通路 E. 直线通路

(四)A₂型选择题

1. 下列关于同化作用和异化作用的叙述,错误的是 ()
- A. 同化作用为异化作用提供物质基础
- B. 同化作用贮能,异化作用放能
- C. 异化作用为同化作用提供能量来源
- D. 同化和异化作用是对立统一的,互相依存的关系
- E. 在生长发育期异化作用占优势
2. 体液调节与神经调节相比,体液调节的特点不包括 ()
- A. 反应速度较慢 B. 不够精确 C. 作用时间短暂
- D. 作用范围较广泛 E. 主要调节新陈代谢及生长发育等
3. 关于内环境稳态的叙述,错误的是 ()
- A. 细胞外液化学成分、理化性质相对稳定
- B. 细胞外液化学成分、理化性质绝对不变
- C. 它是神经、体液调节器官活动的结果
- D. 负反馈是维持稳态的重要途径
- E. 失去稳态,生命将受到威胁
4. 下列不属于神经及体液调节的过程是 ()
- A. 在强光下瞳孔缩小
- B. 叩击腓韧带引起伸小腿
- C. 情绪紧张引起心跳加快
- D. 血压下降,脑血管扩张,血液阻力减小
- E. 腺垂体调节甲状腺激素分泌

(五)B 型选择题

- | | | |
|----------|----------|---------|
| A. 控制部分 | B. 受控部分 | C. 控制信息 |
| D. 负反馈信息 | E. 正反馈信息 | |
1. 体液调节的内分泌腺属于 ()
 2. 神经调节中的效应器属于 ()
 3. 心交感神经兴奋使心跳加快的信息是 ()
 4. 血压骤然升高后引起心跳变弱变慢的信息是 ()
- | | | |
|------------|--------|---------|
| A. 感受器 | B. 受体 | C. 神经中枢 |
| D. 靶器官或靶组织 | E. 效应器 | |
5. 能与激素发生特异性结合的是 ()
 6. 能接受体内外各种刺激的是 ()
 7. 神经调节中的受控部分是 ()
 8. 体液调节中的受控部分是 ()

(六)问答题

1. 生理学研究的对象是什么?
2. 为什么说新陈代谢和兴奋性是生命的基本特征?
3. 内环境稳态的生理意义如何?
4. 正反馈和负反馈的生理意义各如何?

第二单元 细胞的基本功能

一、细胞膜的物质转运功能

细胞在新陈代谢时所需营养物质的摄入和代谢产物的排出及其生理功能活动,都要通过细胞膜。物质通过膜转运的形式有以下几种。

(一)单纯扩散

水、脂双溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运的过程,称为单纯扩散。例如 O_2 、 CO_2 既溶于水又溶于脂类,才能靠单纯扩散通过膜。影响单纯扩散的因素是:①膜两侧溶质分子浓度差越大,扩散越多;反之则少;②膜的通透性越大,物质扩散越多;反之则少。

(二)易化扩散

非脂溶性物质在膜上特殊蛋白质的“帮助”下,从膜的高浓度一侧向低浓度一侧的转运过程,称为易化扩散。根据膜蛋白质的作用不同,分为两种类型:

1. 载体易化扩散

膜蛋白起载体作用而完成的转运。它有以下三个特点:①特异性。载体和它所转运的物质具有高度的结构特异性。一般一种载体只能转运一种物质;②饱和性。由于膜上载体数量有限,被转运物质超过载体最大结合能力时,转运物质的量不再增加;③竞争抑制。被转运化学物质结构近似时,可争夺占据同一载体。某种物质的增加,将会减弱另一种物质的转运。

2. 通道易化扩散

通道蛋白好像膜上的一条通道,开放时允许被转运物质通过;关闭时物质转运停止。各种带电离子如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等,在一定情况下就是通过这种方式进出细胞膜的。

通道的开、闭受某种因素控制。由激素等化学物质控制的通道,称为化学依从性通道;由膜电位控制的通道,称为电压依从性通道。

(三)主动转运

细胞膜通过本身的耗能过程,使离子或小分子物质由膜的低浓度一侧向高浓度一侧的转运过程,称为主动转运。主动转运也称为“泵”转运。“泵”是镶嵌在膜上的一种特殊蛋白质分子,它具有特异性,按其所转运的物质种类分为钠—钾泵、钙泵和碘泵等。其中研究比较清楚的是钠—钾泵。它具有ATP酶的作用。当细胞膜外 K^+ 浓度增加或膜内 Na^+ 浓度增加时被激活,逆浓度差而转运 Na^+ 、 K^+ ;故称为 Na^+-K^+ 依赖式ATP酶。

钠—钾泵的生理意义是:①维持细胞膜内外 Na^+ 、 K^+ 的不均衡分布。这是神经、肌肉兴奋性的基础;②建立势能贮备。这是肠管吸收葡萄糖、氨基酸等营养物质的能量来源;

③细胞膜内的高 K^+ 是许多细胞代谢反应的必备条件;细胞膜外的高 Na^+ 对维持膜内外渗透压平衡起重要作用。

(四)出胞和入胞

以上所述三种形式的物质转运,主要是小分子和离子物质。大分子物质或团块物质的转运,不能通过上述方式,而由细胞膜本身的运动来完成。根据被转运物质进出细胞膜的方向分为出胞和入胞。

1. 出胞

大分子或团块物质通过膜的运动,从膜内排到膜外的过程,称为出胞。例如消化腺细胞分泌消化酶,内分泌腺细胞分泌激素等。

2. 入胞

大分子或团块物质通过膜的运动,从膜外进入膜内的过程,称为入胞。例如白细胞吞噬细菌的过程等。固体物质的入胞,称为吞噬;液体物质的入胞,称为吞饮。

以上所述细胞膜的物质转运方式共有五种。按耗能与否,可以归纳为主动转运和被动转运两大类。两者的区别是:主动转运除消耗能量外,还有物质从膜的低浓度一侧向高浓度一侧转;被动转运,除不耗能外,物质还能从膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运。属于主动转运的是各种离子泵、入胞和出胞;属于被动转运的是单纯扩散和易化扩散。

二、细胞的受体功能

受体是存在于细胞膜上或细胞内的一类特殊蛋白质分子。它能选择性地与激素等化学物质相结合,从而产生一定的生理效应。

受体的生理功能是:①识别激素等化学物质,并与它们特异性结合;②转发化学信息。

三、细胞的生物电现象

生物电是指细胞在生命活动中伴随的电现象。它与细胞的兴奋性的产生和传导有密切关系。现以神经细胞为例,说明细胞的静息电位和动作电位。

(二)静息电位及其产生机制

1. 静息电位的有关概念

静息电位是指细胞在安静时,存在于膜内外的电位差。神经细胞的静息电位约为 $-70mV$ 。与静息电位有关的名词概念有:①极化是细胞在安静时膜内外两侧维持内负外正的稳定状态;②去极化(除极)是以静息电位为准,膜内负电位向绝对值减小的方向变化。如从 $-70mV$ 变为 $-50mV$;③超极化是以静息电位为准,膜内负电位向绝对值增大的方向的变化。如从 $-70mV$ 变为 $-90mV$ 。

2. 静息电位产生的机制

生物电产生的机制用离子学说解释。该学说认为,静息时,膜两侧的离子浓度和分布不同。 K^+ 浓度细胞膜内比膜外高约 30 倍;而 Na^+ 浓度膜外比膜内高约 12 倍。膜内负离子

以大分子蛋白质(A^-)为主;膜外负离子以 Cl^- 为主。

静息时膜对 K^+ 通透性大,对 Na^+ 通透性小,对 A^- 无通透性。由于膜内外 K^+ 存在较大的浓度差,所以 K^+ 便顺浓度差外流,膜内 A^- 因异性相吸作用有随 K^+ 外流的倾向,但因不能透过膜而被阻挡在膜内侧。这样致使膜外正电荷增多,电位变正;膜内负电荷增多,电位变负,于是膜内外形成了电位差。这种电位差在膜外有排斥 K^+ 继续外流的作用;在膜内,又有牵制 K^+ 外流作用。当促使 K^+ 外流的浓度差与阻止 K^+ 外流的电位差这两种拮抗力量平衡时, K^+ 外流终止,膜内负电位稳定在某一数值。因此,静息电位是 K^+ 外流形成的电—化学平衡电位。

(二)动作电位及其产生机制

1. 动作电位概念

动作电位是指细胞受刺激时,在静息电位的基础上,发生的一次扩布性电位变化。它的波形包括上升相和下降相。上升相是膜电位的去极化和反极化过程(反极化又称超射);下降相是电位的复极化过程。神经纤维动作电位的幅度约 110mV。上升相和下降相持续时间很短,进展迅速,历时不超过 2ms。波形尖锐,称锋电位。动作电位或锋电位代表细胞兴奋过程,是兴奋产生和传导的标志。

2. 动作电位产生的机制

动作电位产生的机制也用离子学说解释。当细胞受刺激而兴奋时,膜上 Na^+ 通道迅速开放,膜对 Na^+ 的通透性增大,超过对 K^+ 的通透性,于是 Na^+ 内流,导致膜内负电位绝对值降低进而消失。膜电位从 -70mV 下降至 0mV,形成去极化;由于 Na^+ 不断内流,导致膜内电位变正,即从 0mV 上升至 +40mV 左右,形成反极化。去极化和反极化构成了动作电位曲线的上升相。因此,动作电位上升相是 Na^+ 内流所形成的电—化学平衡电位。

在上升相达到最高值时,膜上 Na^+ 通道迅速关闭,膜对 Na^+ 的通透性下降, Na^+ 内流停止。但此时膜对 K^+ 通透性增大, K^+ 开始外流,使膜内电位迅速下降,直到恢复静息时的电位水平,形成动作电位的下降相。故下降相是 K^+ 外流所形成的电—化学平衡电位。

神经纤维与其他可兴奋细胞一样,发生一次动作电位都有少量 Na^+ 进入膜内, K^+ 逸出膜外,使膜内外 Na^+ 、 K^+ 的比例发生变化,于是 Na^+-K^+ 泵开始转运,把 Na^+ 泵出, K^+ 摄入,恢复静息时膜内外 Na^+ 、 K^+ 水平,以维持细胞的兴奋性。

(三)动作电位的引起和传导

1. 阈电位

当阈刺激作用于细胞膜,膜内静息电位减小到某一临界水平时,才能使膜全面去极化,从而触发动作电位。能使膜全面去极化的临界膜电位数,称为阈电位。一般来说,阈电位比静息电位约小 20mV 左右。阈电位是触发动作电位的关键因素。

2. 局部电位

阈下刺激仅能使细胞膜轻度去极化的膜电位,称局部电位。局部电位的幅度比阈电位小,而且不能远传,但可以总和。

3. 动作电位的传导

动作电位是通过局部电流而传导的。在兴奋区膜电位为外负内正,而邻近的静息区仍

为外正内负,于是在兴奋区与静息区之内出现了电位差,产生电荷流动,形成了局部电路回路,并导致邻近静息区去极化,当这种去极化达阈电位时,就形成动作电位的扩布,这就是兴奋的传导。在神经纤维上传导的动作电位,称为神经冲动。

四、骨骼肌的收缩功能

(一)神经肌肉接头兴奋的传递

1. 神经肌肉接头的结构

支配骨骼肌的运动神经末梢失去髓鞘,以裸露的轴突嵌入肌细胞膜,这种联系部位,称神经肌肉接头。它包括接头前膜、接头间隙、接头后膜三部分,在接头后膜上存在能与ACh特异性结合的胆碱受体。

2. 神经肌肉接头兴奋传递过程

运动神经末梢的动作电位→接头前膜去极化→前膜 Ca^{2+} 通道开放→细胞外液 Ca^{2+} 进入轴突内→接头小泡释放递质ACh,进入接头间隙→与接头后膜胆碱受体结合→接头后膜 Na^{+} 通道开放→ Na^{+} 内流使接头后膜去极化→终板电位→总和而成肌膜动作电位→骨骼肌兴奋而收缩。

ACh与胆碱受体作用后,被接头间隙中的胆碱酯酶迅速破坏,就失去作用。

凡能阻断ACh或与胆碱受体结合的各种因素,均能阻止神经肌肉接头间隙兴奋的传递,导致肌肉松弛,例如筒箭毒。凡能抑制胆碱酯酶活性的各种因素,均能使ACh积聚过多,导致肌肉持续收缩,甚至痉挛,如有机磷农药中毒。

(二)骨骼肌收缩机制

1. 肌小节和肌管系统

肌小节是组成肌原纤维的基本结构单位,肌小节内有粗、细两种肌丝。粗肌丝一端附着于肌节中央的M线上,它形似黄豆芽,有主干和翘起的横桥;横桥有ATP酶作用,在一定条件下能使ATP分解。细肌丝由肌动蛋白、原肌凝蛋白和肌钙蛋白组成,肌钙蛋白是 Ca^{2+} 受体,可与 Ca^{2+} 呈可逆性结合。

肌管系统分横管和纵管两大部分。横管为肌细胞膜向内凹陷而成,它与肌原纤维相互垂直,内含细胞外液;纵管与肌原纤维平行,它包绕肌小节并相互吻合成肌浆网,其靠近横管的两端膨大,称为终池,是 Ca^{2+} 贮存库。每一横管和两侧终池一起形成三联体结构。

2. 骨骼肌收缩的肌丝滑行学说

肌浆内 Ca^{2+} 浓度增高或降低是骨骼肌收缩或舒张的直接原因。由于肌细胞的兴奋使肌浆内 Ca^{2+} 浓度增高,它与肌钙蛋白结合后,促使横桥与细肌丝中的一种收缩蛋白直接接触,引起ATP分解,从而释放能量,使横桥扭动,牵动细肌丝向粗肌丝间滑进,从而导致肌小节缩短。

当肌浆内 Ca^{2+} 浓度降低,则细肌丝重新滑出,使肌小节重新伸长。

3. 兴奋收缩耦联

肌膜的电变化与肌丝滑行的机械变化的中介过程,称兴奋收缩耦联。三联体结构是兴

兴奋收缩耦联的结构基础, Ca^{2+} 是兴奋收缩耦联的中介离子。

(三) 骨骼肌收缩的形式

1. 前、后负荷对肌肉收缩的影响

(1) 前负荷: 肌肉收缩前就加在肌肉上的负荷, 称前负荷。其作用在于改变肌肉收缩前的初长度。在一定范围内, 初长度越长, 收缩力越大。但超过一定范围, 收缩力反而减小。

(2) 后负荷: 肌肉收缩开始后, 遇到的负荷或阻力, 称为后负荷。肌肉在有后负荷的情况下收缩, 总是先产生张力, 当张力克服了负荷或阻力后, 才能够缩短。后负荷越大, 肌肉收缩产生的张力越大, 因而肌肉缩短出现得越晚缩短速度越慢, 缩短长度越小。

2. 等长收缩和等张收缩

(1) 等长收缩: 在有后负荷的情况下, 骨骼肌开始收缩时, 只表现张力增加, 而无长度变化, 称为等长收缩。等长收缩由于仅产生张力而没有使负荷移位, 所以没有做功。

(2) 等张收缩: 肌肉收缩时长度缩短, 张力不变的收缩形式, 称为等张收缩。等张收缩时, 由于骨骼肌能克服后负荷阻力, 使其移位, 所以能够做功。

3. 单收缩和强直收缩

(1) 单收缩: 骨骼肌受到一次刺激, 出现一次收缩的过程, 称为单收缩。

(2) 强直收缩: 给肌肉连续刺激, 肌肉收缩曲线可以融合起来。若每一新刺激落在前一收缩过程的舒张期, 则出现不完全强直收缩; 若刺激频率加快, 使每个新刺激都落在收缩过程的收缩期, 肌肉维持一定的收缩状态, 称完全性强直收缩。