

全国高等医学院校配套教材

基础医学复习纲要与强化训练

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、
护理、中西医结合等专业用

生理学

艾奴尔·加里里 蒋 萍 沈岳良 主编



科学出版社

www.sciencep.com

全国高等医学院校配套教材

基础医学复习纲要与强化训练

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、中西医结合等专业用

生 理 学

主 编 艾奴尔·加里里 蒋 萍 沈岳良

主 审 帕尔哈提·阿布都 康福信

副主编 雪合热提·伊纳也提 王 鹿 王丽凤 吴桂霞

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 鹿 王丽凤 艾奴尔·加里里 吕萍萍

刘 漪 李俊红 甫拉提 吴桂霞

沈岳良 张书罗 张建龙 张顺杰

陈 楠 范 莹 姚巧玲 聂永梅

雪合热提·伊纳也提 蒋 萍 魏媛媛

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系基础医学复习纲要与强化训练丛书之一。以生理学教学大纲、规划教材、研究生入学考试大纲和国家执业医师考试大纲为依据,在参考国内外专家编写的生理学标准试题集、生理学复习考试指导等资料的基础上编写的,每章内容包括学习目标、学习纲要、英文单词、名词解释、问答题、强化训练及参考答案。复习重点明确,试题形式与内容实用,参考答案准确,对医学生复习考试生理学,并在毕业后顺利通过国家执业医师考试和研究生入学考试,具有重要指导作用。

读者对象:高等医学院校学生,准备参加国家执业医师考试、研究生入学考试和技术职称晋升考试者。

图书在版编目(CIP)数据

生理学/艾奴尔·加里里,蒋萍,沈岳良主编. —北京:科学出版社,2006.8

(全国高等医学院校配套教材,基础医学复习纲要与强化训练)

ISBN 7-03-017930-7

I. 生… II. ①艾… ②蒋… ③沈… III. 人体生理学—医学院校—教学参考资料 IV. R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第100863号

责任编辑:李国红 / 责任校对:李奕莹

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张:15

印数:1—4 000

字数:356 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈明辉〉)

前 言

生理学是一门重要的基础医学课程,通过理论学习,使学生掌握正常人体各种生命活动的基本规律,为进一步学习病理学及各临床课程打下基础。为了帮助学生掌握生理学的学习内容和方法,提高分析问题和临场应试能力,我们编写了这本基础医学复习纲要与强化训练——《生理学》。

本书以姚泰主编(5年制,2003年出版,第6版;7年制,2001年出版,第1版;人民卫生出版社出版)的医学教材《生理学》为基础,并参考曲瑞瑶主编和吴中海主编(2004年,人民军医出版社出版)的《生理学标准试题集》、《生理学复习考试指导》,参考生理学教学大纲、研究生入学考试大纲和国家执业医师考试大纲的基本要求编写。

本辅导教材与规划教材相互补充,利于学生对生理学内容的深入理解和记忆,其内容包括学习指导、强化训练及参考答案。各章分为三部分:第一部分主要为学习纲要,对第6版生理学教材的内容进行了归纳概括,突出重点,同时注意反映第6版新增加的内容。第二部分为强化训练题,选用目前考试中常见的五种题型:名词解释、选择题(包括A型题、B型题)、填空题、判断题、问答题。第三部分为参考答案,供学生验证解题的正确性及学习答题的技巧。

本书编者都是长期在教学第一线的教师,在编写过程中,参考了大量的相关资料。但限于编者水平,难免存在缺点与不足,恳切希望广大读者批评指正。

艾奴尔·加里里

2006年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 细胞的基本功能	(5)
第三章 血液	(24)
第四章 血液循环	(38)
第五章 呼吸	(79)
第六章 消化与吸收	(101)
第七章 能量代谢与体温	(118)
第八章 尿的生成和排出	(129)
第九章 感觉器官的功能	(153)
第十章 神经系统的功能	(162)
第十一章 内分泌	(201)
第十二章 生殖	(225)

★第一章 绪论

学习目标

1. 了解生理学的研究对象、研究任务;生理学研究的三个水平。
2. 掌握机体内环境和稳态的概念。
3. 熟悉生理功能的主要调节方式与反馈的概念。
4. 掌握反馈控制系统,了解非自动控制系统和前馈控制系统。

学习纲要

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务

生理学是以生物机体的生命活动现象和机体各个组成部分的功能为研究对象的一门科学。

二、生理学研究的三个水平

1. 细胞和分子水平的研究 细胞生理学或普通生理学。
2. 器官和系统水平的研究 器官生理学。
3. 整体水平的研究 研究机体与环境的关系,各系统间的相互关系。

第二节 机体的内环境与稳态

体液指体内所含的水和其中的溶解物质,占体重的 60%~70%。存在于细胞内的称细胞内液,占 40%~45%;存在于细胞外的称细胞外液,占 15%~20%,细胞外液包括组织液、淋巴液、脑脊液和血浆。

内环境:体内细胞直接接触的环境,即细胞外液。

内环境稳态:细胞外液的各种理化因素保持相对稳定状态。意义:为细胞提供适宜的生存环境。

第三节 机体生理功能的调节

神经调节:通过反射的方式进行调节(反射包括条件反射和非条件反射),反射活动的结构基础是反射弧。

反射:感受器接受刺激发生兴奋;传入神经将信息传递给中枢;中枢分析处理后经传出神经将指令传至效应器产生效应,使机体能适应内外环境的变化。

体液调节:化学物质由体液运输对效应器的活动进行调节。

自身调节:有些组织细胞能直接对环境的变化做出适应性反应,而不依赖神经和体液因素的作用。例如肾血流量和脑血流量的调节。

第四节 体内的控制系统

一、反馈控制系统

负反馈:反馈信息与控制信息的作用性质相反的反馈,称为负反馈,起纠正、减弱控制信息的作用。意义:使机体的功能活动保持相对稳定。例如内环境、动脉血压、体温等的相对稳定。

正反馈:反馈信息与控制信息的作用性质相同的反馈,称为正反馈,起加强控制信息的作用。意义:使机体的某一生理功能不断加强。例如血液凝固、子宫收缩、钠通道的开放、排尿反射等。

二、前馈控制系统

前馈控制:干扰信号在作用于受控部分引起输出变量改变的同时,还可以直接通过感受装置作用于控制部分,使在输出变量未出现偏差而引起反馈性调节之前得到纠正。这种干扰信号对控制部分的直接作用,称为前馈控制。

前馈控制与反馈控制相比更加快速、准确。比如肌肉的一些精细的活动调节以及某些条件反射活动,例如听到开饭铃声时产生唾液分泌反应,运动开始时循环呼吸活动的改变等。意义:前馈控制具有预先准备和避免负反馈的滞后与波动使机体更好地适应环境的作用。

英文单词

1. intracellular fluid
2. extracellular fluid
3. interstitial fluid
4. internal environment
5. homeostasis
6. reflex arc



7. feedback control system
8. negative feedback
9. positive feedback
10. regulation

名词解释

1. 反射 在中枢神经系统参与下,机体对内外环境变化所产生的适应性反应。
2. 负反馈 反馈信息使控制系统的作用向相反效应转化。
3. 正反馈 反馈信息使控制系统的作用不断加强,直到发挥最大效应。
4. 内环境 细胞外液是细胞浸浴和生存的环境,以区别于整个机体生活的外环境。

强化训练

一、A型题

1. 以下不属于内环境的是()
A. 血浆 B. 组织液 C. 细胞内液
D. 脑脊液 E. 淋巴液
2. 神经调节的基本方式是()
A. 正反馈 B. 负反馈 C. 前馈
D. 反射 E. 神经-体液调节
3. 机体内环境的稳态是指()
A. 体液量保持不变
B. 细胞内液理化性质相对恒定
C. 血液容量保持不变
D. 细胞外液理化性质相对恒定
E. 使细胞内液和细胞外液化学成分相同
4. 下列各项调节中只有哪项不属于正反馈()
A. 血液凝固 B. 降压反射 C. 排尿反射
D. 分娩过程 E. 快钠通道的开放
5. 下列各项生理功能活动中,只有哪项属于自身调节()
A. 平均动脉血压在一定范围内升高或降低时,脑或肾的血流量仍可保持相对稳定
B. 全身动脉血压升高时,可引起血压降低至近似于原先血压水平
C. 人在过度通气后,往往可出现呼吸暂停
D. 当每日摄入量增加时,排出的尿量也将随之而增加
E. 蛙受到伤害性刺激后,受刺激侧肢体出现屈曲
6. 在人体生理功能的调控过程中,控制部分的功能活动随受控部分发出的信息加强而减弱,这样调控的过程称之为()

- A. 自身调节 B. 反射调节 C. 正反馈调节
D. 负反馈调节 E. 神经分泌调节

二、B型题

- A. 正反馈调节 B. 体液调节 C. 自身调节
D. 负反馈调节 E. 前馈调节
1. 运动员进入比赛场地,心血管、呼吸活动便开始增强,属于()
2. 听到开饭铃声时产生唾液分泌反应,属于()

三、填空题

1. 内环境理化性质保持相对恒定,属于_____调节。
2. 机体对各种功能活动进行调节的方式主要有三种_____、_____和_____。
3. 正反馈是指反馈信息对_____起_____。
4. 体液包括_____和_____。
5. 神经调节的基本方式是_____,其结构基础是_____。
6. 反射活动包括_____和_____两大类。
7. 根据反馈的概念,人体血压降低可反射性地使血压回升,这种调节属_____反馈,排尿反射属_____反馈。

四、参考答案

A型题

1. C 2. D 3. D 4. B 5. A 6. D

B型题

1. E 2. E

填空题

1. 负反馈
2. 神经调节 体液调节 自身调节
3. 控制信息 加强作用
4. 细胞内液 细胞外液
5. 反射 反射弧
6. 条件反射 非条件反射
7. 负 正

(艾奴尔·加里里 聂永梅)

★ 第二章 细胞的基本功能

学习目标

1. 了解细胞膜的化学组成和分子结构。
2. 掌握细胞膜的物质转运功能。
3. 了解细胞跨膜信号转导功能。
4. 掌握生物电产生和兴奋传导的基本原理。
5. 熟悉神经-肌接头的兴奋传递过程。
6. 熟悉骨骼肌的收缩机制以及兴奋-收缩耦联过程。
7. 了解骨骼肌收缩的外部表现、力学分析和平滑肌的生理特性。

学习纲要

第一节 细胞膜的结构和物质转运功能

一、细胞膜的结构

细胞膜和细胞器膜主要由脂质和蛋白质组成,膜以液态的脂质双分子层为基架,其间镶嵌着许多具有不同结构和功能的蛋白质构成。

二、物质的跨膜转运

(一) 单纯扩散

脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的扩散。例如 CO_2 、 O_2 等(属于被动转运)。

(二) 膜蛋白介导的跨膜转运

易化扩散(属于被动转运)、原发性主动转运和继发性主动转运。

1. 易化扩散 参与易化扩散的膜蛋白有两种:

(1) 载体:许多重要的营养物质,如葡萄糖、氨基酸等的转运,均由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散。

(2) 通道:溶液中的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等带电离子的顺电化学梯度的扩散。

通道包括:电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道。

电压门控通道:通道的开、闭受膜两侧电位差控制。

化学门控通道:通道的开、闭受某些化学物质(神经递质或第二信使物质)控制。

2. 主动转运

(1) 原发性主动转运:是指细胞膜上的蛋白质(离子泵)通过分解细胞的 ATP 获得能量将物质逆浓度差或电位差进行跨膜转运。

在哺乳动物的细胞膜上普遍存在的离子泵就是钠-钾泵简称钠泵,也称 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶 ($\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$),是一种具有 ATP 酶的蛋白质。当细胞内 Na^+ 浓度增高或细胞外 K^+ 浓度增高都可激活钠泵,通过分解 ATP 获得能量将 K^+ 逆浓度差转运入细胞内同时将 Na^+ 逆浓度差从细胞内运出,转运的结果造成细胞内的 K^+ 浓度高而细胞外 Na^+ 的浓度高。

钠泵活动的生理意义:

- 1) 钠泵转运造成的细胞内 K^+ 浓度高是许多代谢反应所必需的。
- 2) 钠泵活动造成的膜内 K^+ 浓度高,而膜外 Na^+ 浓度高是生物电活动产生的前提条件。
- 3) 通过钠泵的转运维持细胞内 Na^+ 的低浓度状态,从而维持细胞内渗透压和体积的稳定。
- 4) 钠泵活动造成的膜两侧 Na^+ 的浓度差是其他许多物质继发性主动转运的动力来源,例如 $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ 交换、 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换等。
- 5) 钠泵每分解 1 分子 ATP,可排出 3 个 Na^+ 转入 2 个 K^+ ,钠泵活动增强时可使膜内电位的负值轻微增加。

(2) 继发性主动转运:间接利用钠泵的能量将物质逆浓度差或电位差进行转运。

例如葡萄糖在肠上皮细胞或肾小管上皮细胞膜上通过 Na^+ -葡萄糖(或 Na^+ -氨基酸)同向转运体的转运,就属于继发性主动转运。在这种转运过程中 Na^+ 顺浓度差进入细胞内的同时葡萄糖逆浓度差借助于 Na^+ 在膜两侧的浓度差的势能进入细胞内。

另外还有:① $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换: Na^+ 顺浓度差进入细胞的同时 Ca^{2+} 借助 Na^+ 的势能差,从细胞内逆着浓度差和电位差被转运到细胞外。如果钠泵的功能被抑制, $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换减少,细胞内 Ca^{2+} 浓度升高将导致细胞内钙超载。② $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ 交换: H^+ 从细胞内被运到细胞外的动力是钠泵转运形成的膜两侧的 Na^+ 浓度差势能。当钠泵的功能减弱时, $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ 交换减少,细胞内 H^+ 浓度升高,pH 将降低。

(三) 出胞和入胞

指大分子物质的转运。

出胞:细胞内大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。出胞主要见于细胞的分泌活动,如内分泌细胞分泌激素、外分泌腺分泌酶原颗粒和黏液以及轴突末梢释放神经递质等。

入胞:细胞外大分子物质或物质团块(如细菌、病毒、异物、大分子营养物质等)借助于与细胞膜形成吞噬泡或吞饮泡的方式进入细胞的过程,并分别称为吞噬和吞饮。

第二节 细胞的生物电现象

神经、肌肉组织的快速信号传播是通过电信号实现的,而这些电信号的产生与传播都是由于细胞内、外两侧的电变化引起的,因此,细胞膜电活动的特点和机制将是本节讲述的重点。



一、静息电位及其产生机制

(一) 静息电位

细胞处于安静状态时存在于细胞膜两侧的内负外正的电位差。

静息电位变大称为**超极化**(膜内电位负值增大),相反变小称为**去极化**(膜内电位负值减小)。去极化至零电位之后进一步变为内正外负的部分称为**反极化**,又称为**超射**。细胞膜去极化以后再向静息电位方向恢复称为**复极化**。

(二) 静息电位的产生机制

由于钠泵的转运造成细胞内 $[K^+]$ 高,而细胞外 $[Na^+]$ 高,因此, K^+ 有向外扩散的驱动力,而 Na^+ 有向内扩散的驱动力,细胞安静时膜对 K^+ 的通透性较大,而对 Na^+ 的通透性很小,因此 K^+ 受到浓度差的驱动力向膜外扩散,随着 K^+ 的向外扩散而形成的内负外正的跨膜电位差,对 K^+ 的进一步扩散起阻止作用,这个内负外正的跨膜电位差的驱动力与 K^+ 浓度差的驱动力方向相反,当这两个力相等时, K^+ 不再有跨膜的净移动(净移动为零),此时的跨膜电位称为 K^+ 平衡电位。

K^+ 平衡电位的值可用 Nernst 公式来计算,计算得出 K^+ 平衡电位的数值(骨骼肌的是 $-98mV$)与安静时实际测到的膜两侧的电位差的数值($-90mV$)很接近,所以可以说 K^+ 平衡电位就是静息电位。

在细胞安静时,因为有少量的 Na^+ 内流,所以 K^+ 平衡电位的数值比实测的数值略大一些。

综上所述,静息电位(内负外正)的形成主要是由于细胞内 K^+ 顺浓度差向膜外扩散的同时因细胞内大量带负电荷的蛋白质不能伴随 K^+ 向膜外扩散,这些带负电荷的蛋白质被阻挡在细胞膜的内侧,从而形成了安静时的膜两侧内负外正的电位差。换句话讲静息电位的形成是因为细胞内的正负电荷被拆散的结果。

影响静息电位水平的因素:

(1) 膜内外 $[K^+]$ 差,差值大,静息电位大。如果细胞外 $[K^+]$ 升高, K^+ 在膜内外两侧浓度差减小,使 K^+ 外流减少→静息电位减小。

(2) 膜对 K^+ 通透性增加,而对 Na^+ 的通透性不变,静息电位会变大。相反膜对 Na^+ 通透性增加,而对 K^+ 通透性不变,静息电位会变小。

(3) 钠泵活动对静息电位也有影响,钠泵活动可使静息电位变大,但影响程度较小。

二、动作电位及其产生机制

(一) 细胞的动作电位

动作电位:细胞受到有效刺激后在静息电位的基础上发生的一过性电位波动。它包括锋电位和后电位。

锋电位:是动作电位的快速上升和快速下降而构成的脉冲样变化的部分称为锋电位,它具有动作电位的主要特征,是动作电位的标志。动作电位或锋电位的产生是细胞兴奋的标志。

后电位:锋电位之后出现的膜电位的缓慢、低幅的波动。后电位包括两个部分,前段小

于静息电位的部分称为后去极化(负后电位),后段大于静息电位的部分称为后超极化(正后电位)。

阈值:能引起动作电位的最小刺激的强度称为刺激的阈值。

动作电位的“全或无”性质:是指动作电位一旦产生其幅度不随刺激强度的增强而增大的现象。动作电位的另一特征是它的幅度不随传导距离的增加而衰减。

(二) 动作电位的产生机制

在静息电位的情况下, Na^+ 具有很强的内向驱动力,一旦膜受到有效的刺激,膜对 Na^+ 的通透性增加,将出现很强的 Na^+ 的内向电流,引起膜去极化并形成动作电位的升支,内向驱动力由 Na^+ 的浓度差和电位差造成, Na^+ 顺浓度差和顺电位差迅速内流,随着 Na^+ 的内流膜两侧跨膜电位由内负外正向内正外负的方向变化,当膜内电位由负变正以后对 Na^+ 的进一步内流起到阻止的作用,当这种内正外负的电位差的驱动力与 Na^+ 浓度差的驱动力的方向相反,大小相等时, Na^+ 的净移入为零,即达到 Na^+ 的平衡电位。

根据膜内外 Na^+ 的浓度差带入Nernst公式计算所得出的神经细胞 Na^+ 平衡电位的值约为+60mV,与实际测到的动作电位的峰值(超射值)约+30mV较接近,这说明动作电位的上升支是 Na^+ 内流造成的。

动作电位下降支的形成是由于随后 Na^+ 电导衰减的同时 K^+ 电导增大,使 K^+ 外向电流增强,加速了膜的复极,形成了动作电位的下降支。膜电位由内正外负恢复到了静息电位水平。

Na^+ 和 K^+ 的浓度差的维持要靠钠泵的转运(将动作电位的去极化过程中内流的 Na^+ 运出,动作电位复极化过程中外流的 K^+ 运回细胞内),离子分布才能恢复到兴奋前的水平。

引起骨骼肌和神经纤维动作电位上升支的 Na^+ 通道可被河豚毒(TTX)阻断。

(三) 动作电位的引起

受刺激部位的膜电位去极化达到阈电位时,引起电压门控的通道开放,才能爆发动作电位。

阈电位:能引发 Na^+ 内流(Ca^{2+} 内流)正反馈过程的临界膜电位称为阈电位。

局部反应(局部电位):膜受到阈下刺激后引起的未达到阈电位水平的去极化电位。

局部反应的特点:①反应幅度随刺激强度的增加而增大,不具有“全或无”的特征。②电紧张性传播(随传导距离的增加而衰减,因而不能向远处传导),只能使邻近的膜电位去极化。③可以叠加(包括空间总和、时间总和),不存在不应期。

(四) 动作电位的传导

动作电位是以局部电流的形式传导的。

局部电流:细胞受到刺激而兴奋的膜部位与邻近未兴奋的膜部位之间产生电位差从而形成电流,这种电流称为局部电流。动作电位在同一细胞上传导是双向的,不衰减的和相对安全的(不易发生传导阻滞)。

三、组织的兴奋和兴奋性

兴奋:细胞受刺激后产生了动作电位称为兴奋。

兴奋性:细胞受刺激后产生动作电位的能力称为兴奋性。

可兴奋细胞:刺激后能产生动作电位的细胞,称为可兴奋细胞。可兴奋细胞有肌细胞、腺细胞、神经细胞,它们兴奋时共同的反应就是产生动作电位。

刺激是指细胞所处环境因素的变化。刺激要能使细胞发生兴奋就必须达到一定的刺激量,刺激量包括3个参数:①刺激的强度;②刺激的持续时间;③刺激强度对时间的变化率。将强度对时间的变化率固定,这时刺激强度与刺激的持续时间之间成反变关系,也就是说给予强度大的刺激那么引起兴奋所需的刺激的持续时间可以缩短,反之则相反。

阈强度:把刺激强度对时间的变化率和刺激的持续时间固定后,测量能使组织发生兴奋的最小刺激强度称为阈强度。相当于阈强度的刺激称为阈刺激。一般可作为衡量细胞兴奋性常用的指标是阈强度或阈刺激,阈刺激或阈强度增大表示兴奋性降低,兴奋性与阈强度或阈刺激成反变关系。

细胞兴奋后兴奋性的变化可分为:

(1) **绝对不应期:**相当于锋电位发生的时间,这段时间无论施多强的刺激也不能爆发动作电位,即兴奋性为零。

(2) **相对不应期:**这段时间给予大于阈强度以上的刺激才能产生动作电位,即兴奋性低于正常。在相对不应期产生的动作电位幅度最小。

(3) **超常期:**这段时间给予小于阈强度的刺激就可产生动作电位,兴奋性高于正常。

(4) **低常期:**这段时间给予大于阈强度的刺激才能产生动作电位,兴奋性低于正常。

绝对不应期大约相当于锋电位发生的时间,所以锋电位不会发生叠加。如果神经或骨骼肌细胞的绝对不应期为2ms,那么在理论上每秒最多能产生500次锋电位。

第三节 肌细胞的收缩

(一) 骨骼肌神经-肌接头处兴奋的传递

1. 骨骼肌神经-肌接头的结构组成

接头前膜:膜上有电压门控的 Ca^{2+} 通道,前膜释放的神经递质是乙酰胆碱(ACh)。

接头间隙:有胆碱酯酶,它将乙酰胆碱降解为胆碱和乙酸。

接头后膜:膜上有ACh受体,即 N_2 型 ACh 受体阳离子通道(N_2 型 ACh 门控通道,属于离子通道型受体简称 N_2 受体)。

2. 神经-肌接头处兴奋的传递过程 当神经纤维传来的动作电位到达接头前膜时,造成接头前膜去极化,使前膜上的电压门控的 Ca^{2+} 通道开放, Ca^{2+} 顺浓度差和电位差进入接头前膜内,引起神经递质ACh的释放,神经递质被释放到接头间隙经扩散到达终板膜处,与 N_2 型 ACh 受体阳离子通道结合并使它激活开放,导致 Na^+ 和 K^+ 的跨膜流动,因 Na^+ 的内向驱动力远大于 K^+ 的外向驱动力,所以使终板膜发生去极化,这一去极化电位变化称为终板电位,终板电位通过电紧张电位刺激邻近有电压门控通道的普通的肌膜,使肌膜去极化达阈电位使之产生动作电位,完成神经-肌接头处兴奋的传递过程。

胆碱酯酶将ACh迅速降解,从而保证兴奋的正常传递。有机磷农药可抑制胆碱酯酶的活性,造成ACh在接头间隙内过多的蓄积,影响兴奋的正常传递。

在一定的程度上接头前膜释放的递质与 Ca^{2+} 的内流成正相关,细胞外 Ca^{2+} 的浓度降低或 Mg^{2+} 的浓度升高使接头前膜递质释放将会减少。

(二) 横纹肌的收缩机制

1. 兴奋-收缩耦联 兴奋-收缩的耦联物质是 Ca^{2+} ,耦联的结构基础是三联管。

2. 肌肉收缩(肌丝滑行学说) 收缩时细肌丝向粗肌丝间滑行,肌肉收缩之前,首先是动作电位传入三联管处导致终池膜上的 Ca^{2+} 释放通道开放, Ca^{2+} 被释放到胞质中,然后经扩散与肌钙蛋白结合,使肌纤蛋白(肌动蛋白)上的横桥活化位点暴露,横桥与肌纤蛋白结合后横桥利用分解 ATP 储存的能量将拖动细肌丝向 M 线方向滑动,肌肉发生收缩。

3. 肌肉舒张 在骨骼肌收缩过程中,胞质中升高的 Ca^{2+} 几乎完全被肌质网膜上的钙泵回收,导致胞质中 Ca^{2+} 浓度降低, Ca^{2+} 与肌钙蛋白分离使横桥不能再与肌纤蛋白结合,肌肉开始舒张,舒张的速度与胞质中 Ca^{2+} 浓度下降的速度成正相关。

特点:在骨骼肌的一次收缩时胞质中的 Ca^{2+} 几乎 100% 来自肌质网,因此在无钙的溶液中动作电位能引起骨骼肌的收缩。

(三) 影响横纹肌收缩效能的因素

等长收缩:等长收缩时肌肉的长度保持不变,只有张力的增加。

等张收缩:等张收缩时只发生肌肉缩短而张力保持不变。

1. 前负荷 肌肉在收缩前所承受的负荷。

前负荷决定了肌肉在收缩前的长度(初长度)。

长度-张力曲线说明在最适前负荷时,肌肉发生收缩产生的张力最大,原因是肌小节的粗-细肌丝处于最佳的重叠状态。在最适前负荷之前,长度-张力曲线形成上升支,而在最适前负荷之后长度-张力曲线形成下降支(在心肌不会形成明显的降支)。

2. 后负荷 肌肉开始收缩时遇到的负荷或阻力。

将前负荷固定,然后在逐次改变后负荷的条件下,观察肌肉收缩时张力的变化与肌肉缩短速度之间的关系(张力-速度曲线),随着后负荷的增加肌肉收缩时产生的张力增加,但缩短的速度和缩短的程度降低。后负荷减小时则相反,当后负荷减小到为零时,肌肉收缩时缩短的速度达到最大,而后负荷达最大时肌肉收缩时产生的张力达到最大,但肌肉长度不变(只有等长收缩而没有等张收缩)。

3. 肌肉的收缩能力

指与前后负荷无关的、由肌细胞内部的功能状态所决定的,主要是取决于兴奋-收缩耦联过程中的 Ca^{2+} 水平,横桥上的 ATP 酶活性等因素。

英文单词

1. transmembrane potential
2. electrotonic potential
3. hyperpolarization
4. depolarization

5. electrochemical driving force
6. action potential
7. patch clamp
8. threshold potential
9. threshold intensity
10. neuromuscular junction
11. preload
12. afterload

名词解释

1. 易化扩散 水溶性小分子物质在膜结构中特殊蛋白质的“帮助下”,由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的转运。
2. 阈强度 固定刺激的作用时间和强度-时间变化率于某一适当值,引起组织或细胞兴奋的最小刺激强度。
3. 兴奋性 可兴奋细胞受刺激后产生动作电位的能力称为兴奋性。
4. 阈电位 能触发细胞兴奋产生动作电位的临界膜电位。
5. 局部反应 可兴奋细胞在受到阈下刺激时并非全无反应,只是这种反应很微弱,不能转化为锋电位,并且反应只局限在受刺激的局部范围内不能传向远处,因此,这种反应称为局部反应或局部兴奋。其本质是一种去极化型的电紧张电位。

问 答 题

1. 简述静息电位的产生机制。

答:(1) 由于 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵的活动静息状态下膜内 K^+ 高于膜外。

(2) 细胞膜对 K^+ 通透性大,对 Na^+ 通透很低同时对细胞内的负电荷没有通透性。

(3) 细胞内 K^+ 向膜外扩散,最终达电化学平衡,此时的膜电位就是静息电位。

2. 简述动作电位的产生机制。

答:细胞受刺激后,膜上的 Na^+ 通道开放, Na^+ 在很强的电化学驱动力作用下快速由膜外进入膜内,使膜内电位升高,引起膜内外电位倒转,直到相当于 Na^+ 的平衡电位,形成去极相。随后 Na^+ 通透性降低, K^+ 通道开放 K^+ 外流,膜内电位下降,形成动作电位的复极相。

3. 局部电位和动作电位的区别何在?

答:见表 2-1。

表 2-1 局部电位和动作电位的区别

指标	局部电位	动作电位
刺激强度	阈下刺激	阈或阈上刺激
传播特点	电紧张性扩布	不衰减性扩布
电变化特点	有总和现象(空间性和时间性总和),不具“全或无”特点	无总和现象 有“全或无”特点

4. 试述动作电位时相与兴奋性的关系。

答:锋电位相当于绝对不应期。后去极化前半段相当于相对不应期。后去极化后半段相当于超常期。后超极化相当于低常期。

5. 试述神经-肌肉接头兴奋传递的过程。

答:当动作电位通过接头前膜时造成接头前膜去极化,使前膜上的电压门控的 Ca^{2+} 通道开放, Ca^{2+} 顺浓度差和电位差进入前膜内,引起递质的释放。神经递质 ACh 扩散到终板膜处与 N_2 型 ACh 受体阳离子通道结合并使它激活开放,导致 Na^+ 和 K^+ 的跨膜流动,因 Na^+ 的内向驱动力远大于 K^+ 的外向驱动力,所以使终板膜发生去极化,这一去极化电位变化称为终板电位,终板电位通过电紧张电位刺激周围有电压门控通道的普通肌膜,使之产生动作电位,完成兴奋的传递。

6. 兴奋-收缩耦联包括哪些步骤?

答:兴奋-收缩耦联包括三个步骤:兴奋通过横管系统传向肌细胞深处;三联管结构处的信息传递;肌质网对 Ca^{2+} 释放和再聚集。

7. Na^+-K^+ 泵的作用及生理意义。

答: Na^+-K^+ 泵,又称 Na^+-K^+ 依赖性 ATP 酶,它的基本作用是:当细胞内 Na^+ 浓度增高或细胞外 K^+ 浓度增高都会激活此酶,分解 ATP,获得能量用以逆浓度差将细胞内的 Na^+ 泵出细胞外,把细胞外的 K^+ 泵入细胞内,从而恢复细胞内外 Na^+ 、 K^+ 浓度的正常分布。

Na^+-K^+ 泵的生理意义在于:①维持细胞内高 K^+ 状态,这为胞内许多生化反应所必需;②阻止 Na^+ 及相伴随的水进入细胞,防止细胞肿胀,维持细胞结构的完整性;③最重要的是建立胞内高 K^+ 、胞外高 Na^+ 势能储备。此势能储备用于其他耗能过程。

8. 何谓继发性主动转运? 举例说明。

答:有些物质在逆电化学梯度转运时,所需的能量不是直接来自 ATP 的分解,而是来自膜内、外的 Na^+ 浓度势能差;由于造成这种势能差的钠泵活动需要消耗 ATP,因此这种靠间接消耗 ATP 完成物质的逆电化学梯度转运形式称为继发性主动转运。例如肾小管上皮细胞可主动重吸收小管液中的葡萄糖,吸收的动力来自小管液高 Na^+ 和上皮细胞内液低 Na^+ 之间的浓度势能,而上皮细胞内的低 Na^+ 状态是依靠钠泵消耗 ATP 来维持的,因此,葡萄糖被主动重吸收所需的能量还是间接来自 ATP 分解。

9. 什么是前负荷? 它对肌肉收缩有何影响?

答:肌肉在收缩之前所遇到的负荷称为前负荷。它使肌肉在收缩之前具有一定的初长度。在一定范围内,肌肉收缩产生的张力与收缩前肌肉的初长度成正比,超过某一限度,则又呈反变关系。也就是说,在初长度增加的初始阶段,随着初长度的增加,肌张力亦增加;