



国家卫生健康委员会“十三五”规划教材配套教材
全国高等学校配套教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

第3版

生理学 学习指导与习题集

主 编 罗自强 祁金顺



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



国家卫生健康委员会“十三五”规划教材配套教材
全国高等学校配套教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

生理学

学习指导与习题集

第③版

主 编 罗自强 祁金顺

编 委 (以姓氏笔画为序)

王庭槐 (中山大学中山医学院)	汪萌芽 (皖南医学院)
王爱梅 (锦州医科大学)	沈霖霖 (复旦大学上海医学院)
王继江 (复旦大学上海医学院)	武宇明 (河北医科大学)
付晓东 (广州医科大学)	林默君 (福建医科大学)
邢国刚 (北京大学)	罗自强 (中南大学基础医学院)
朱 亮 (大连医科大学)	岳利民 (四川大学基础医学与法医学院)
朱 辉 (哈尔滨医科大学)	赵 华 (吉林大学白求恩医学部)
刘传勇 (山东大学齐鲁医学院)	倪 鑫 (海军军医大学)
闫剑群 (西安交通大学医学部)	曹 宇 (中国医科大学)
祁金顺 (山西医科大学)	曾晓荣 (西南医科大学)
李春凌 (中山大学中山医学院)	管又飞 (大连医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学学习指导与习题集 / 罗自强, 祁金顺主编.
—3 版. —北京: 人民卫生出版社, 2018
全国高等学校五年制本科临床医学专业第九轮规划教
材配套教材

ISBN 978-7-117-27739-6

I. ①生… II. ①罗… ②祁… III. ①人体生理学 -
医学院校 - 教学参考资料 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 253025 号

人卫智网 www.ipmph.com 医学教育、学术、考试、健康,
购书智慧智能综合服务平台
人卫官网 www.pmph.com 人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

生理学学习指导与习题集

第 3 版

主 编: 罗自强 祁金顺

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 人卫印务 (北京) 有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23

字 数: 604 千字

版 次: 2008 年 5 月第 1 版 2018 年 12 月第 3 版

2018 年 12 月第 3 版第 1 次印刷 (总第 17 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-27739-6

定 价: 49.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

考內章許本，並因，謂父立則年春治臨淄，美寢時所館（遠○漢）《孝經》已幾千由。林逋
題丁人歸衣泉樹以末許蓋題一上料影刻無誤許本，長此，固不亦滿（遠○漢）《孝經》已為思的
特印以，並附端資孝慈圖及目許卷之孝經前兩篇別孝教士學人屬時與區孝慈聖孝教士學
到合前同恒記諸平水的人本下編印，此書是元後世中錄其區確有許本。前言

前言

只 8 半 8105

生理学是一门重要的基础医学理论课程。掌握机体的生理功能、发生机制和调节规律对于进一步学习医学其他后续课程有着重要的意义。《生理学学习指导与习题集》(第3版)是国家卫生健康委员会“十三五”规划教材《生理学》(第9版)的配套读物。本书各章的编者是《生理学》(第9版)相应章节的原编者及同教研室的高年资教师,因此对教材内容的把握比较准确,并具有相当丰富的教学经验。编写本书的目的是帮助学生在教材的基础上加深对生理学的基本理论的理解,并通过让学生运用生理学的理论去分析临床问题以进一步强化对生理学知识的理解,自测学习效果。本书可供基础、临床、预防、口腔等医学专业本科生使用,也可为其他相近专业同等学历的各类学生参考。

本书共收集各类习题约 1500 题。采用选择题、名词解释、问答题和思考题四种题型,其中选择题包含 A 型题(A₁ 型题和 A₂ 型题)、B 型题和 X 型题。A 型题由 1 个题干和 5 个备选答案组成,为单项选择题,其中只有 1 个是正确答案。A₂ 型题主要是对一临床问题或实验现象提问,要求运用生理学知识进行解释或提出相应的解决办法。B 型题为配对性选择题,由 5 个共用备选答案和一组题干构成,要求为每一题干选配一个切合题意的答案。每一题干只有 1 个正确答案。X 型题为多项选择题,由 1 个题干和 4 个备选答案组成,其中有 2~4 个备选答案是正确的,要求选出全部的正确答案才能得分。简答题主要在于引导读者归纳掌握本章节的主要知识点。思考题先给予一段临床案例,然后针对该案例提出相关问题要求学生思考和回答,旨在在进一步启迪学生思维,从生理功能的异常变化进一步深刻理解正常生理活动的机制和重要意义。为加强专业英语的学习,名词解释以英语词汇出现,但在参考答案中将被译为相应中文名词。本书对所有习题均给出参考答案。在选择题的题号前标有 * 者为难题,在答案部分还给出了难题解析,以帮助学生更好地突破难点。因此,本书在习题的设计上,既考虑基础知识、理论应用等不同知识类型,又兼顾记忆、解释和问题解决等不同认知类型的特点。

本书的第2版曾先后重印10次,表明受到了同学们的普遍欢迎。在编写过程中,各位编者参考了大量国内外参考资料,充分融进了各自的教学心得,倾注了他们的大量心血,在此完稿之际,向每位编者表示衷心的感谢。感谢冯丹丹老师为本书所做的大量细致的秘书工作及陈懿、胡婉香、舒安丽、王乐、张天杰等老师为本书所做的审校工作。最后还要特别感谢王庭槐教授,他对本书的编写原则的确立提供了建设性的指导,本书各章节的知识要点也来自他所主编《生理学》(第9版)

教材。由于参与《生理学》(第9版)编写的教师较多,所编写的各节相互交错,因此,本书章内各节的层次与《生理学》(第9版)略有不同。此外,本书还继续保持上一版在书末以附录方式编入了医学生理学课程学习琐谈和深入学习生理学课程的拓展学习参考书目及网络教学资源网址,以引导学生更好地学好生理学。本书在编写过程中虽经反复修改,但限于本人的水平和编写时间的仓促,难免还存在许多不足之处,恳请各位同行和广大读者批评指正。

罗自强 祁金顺

2018年8月

目 录

02	绪论	02
03	第一章 绪论	03
04	学习目标	04
05	知识要点	05
06	复习思考题	06
07	一、名词解释	07
08	二、选择题	08
09	三、简答题	09
10	四、思考题	10
11	参考答案与题解	11
12	第二章 细胞的基本功能	12
13	第一节 细胞膜的物质转运功能和细胞的电活动	13
14	学习目标	14
15	知识要点	15
16	复习思考题	16
17	一、名词解释	17
18	二、选择题	18
19	三、简答题	19
20	四、思考题	20
21	参考答案与题解	21
22	第二节 细胞的信号转导	22
23	学习目标	23
24	知识要点	24
25	复习思考题	25
26	一、名词解释	26
27	二、选择题	27
28	三、简答题	28
29	四、思考题	29
30	参考答案与题解	30
31	第三节 肌细胞的收缩	31

学习目标	36
知识要点	37
复习思考题	40
一、名词解释	40
二、选择题	40
三、简答题	43
四、思考题	43
参考答案与题解	43
 第三章 血液	46
学习目标	46
知识要点	46
复习思考题	53
一、名词解释	53
二、选择题	54
三、简答题	61
四、思考题	61
参考答案与题解	62
 第四章 血液循环	67
第一节 心脏的泵血功能	67
学习目标	67
知识要点	67
复习思考题	71
一、名词解释	71
二、选择题	71
三、简答题	76
四、思考题	76
参考答案与题解	77
第二节 心脏的电生理学及生理特性	79
学习目标	79
知识要点	79
复习思考题	85
一、名词解释	85
二、选择题	86
三、简答题	89
四、思考题	89
参考答案与题解	90
第三节 血管生理	92
学习目标	92

84	知识要点	92
94	复习思考题	95
95	一、名词解释	95
96	二、选择题	95
96	三、简答题	100
96	四、思考题	100
96	参考答案与题解	100
26	第四节 心血管活动的调节	103
26	学习目标	103
97	知识要点	103
97	复习思考题	106
97	一、名词解释	106
97	二、选择题	106
97	三、简答题	111
97	四、思考题	111
97	参考答案与题解	111
85	第五节 器官循环	114
85	学习目标	114
87	知识要点	11
87	复习思考题	11
88	一、名词解释	11
88	二、选择题	115
88	三、简答题	117
87	四、思考题	117
87	参考答案与题解	117
88	参考答案与题解	117
88	第五章 呼吸	119
100	学习目标	119
93	知识要点	119
100	复习思考题	127
101	一、名词解释	127
101	二、选择题	127
101	三、简答题	136
101	四、思考题	136
101	参考答案与题解	137
101	第三章	142
101	第六章 消化和吸收	142
102	学习目标	142
102	知识要点	142
102	复习思考题	148

59	一、名词解释	148
29	二、选择题	149
29	三、简答题	159
29	四、思考题	160
001	参考答案与题解	160
001		
	第七章 能量代谢和体温	165
101	学习目标	165
101	知识要点	165
101	复习思考题	170
101	一、名词解释	170
101	二、选择题	170
101	三、简答题	174
111	四、思考题	174
111	参考答案与题解	174
111		
	第八章 尿的生成和排出	178
	第一节 肾的功能解剖、肾小球和肾小管的生理及尿液的浓缩与稀释	178
	学习目标	178
	知识要点	178
	复习思考题	182
	一、名词解释	182
	二、选择题	183
	三、简答题	187
	四、思考题	187
	参考答案与题解	188
	第二节 尿生成的调节、清除率及尿的排放	191
	学习目标	191
	知识要点	192
	复习思考题	193
	一、名词解释	193
	二、选择题	194
	三、简答题	197
	四、思考题	197
	参考答案与题解	197
	第九章 感觉器官	201
	第一节 感觉概述、躯体、内脏感觉与视觉	201
	学习目标	201
	知识要点	201

复习思考题	209
一、名称解释	209
二、选择题	209
三、简答题	214
四、思考题	214
参考答案与题解	214
第二节 听觉、平衡感觉、嗅觉和味觉	218
学习目标	218
知识要点	218
复习思考题	220
一、名词解释	220
二、选择题	220
三、简答题	224
四、思考题	224
参考答案与题解	224
第十章 神经系统的功能	227
第一节 神经系统功能活动的基本原理	227
学习目标	227
知识要点	227
复习思考题	234
一、名词解释	234
二、选择题	235
三、简答题	241
四、思考题	241
参考答案与题解	242
第二节 神经系统的感觉分析功能	245
学习目标	245
知识要点	245
复习思考题	247
一、名词解释	247
二、选择题	247
三、简答题	248
四、思考题	248
参考答案与题解	248
第三节 神经系统对躯体运动的调控	249
学习目标	249
知识要点	250
复习思考题	253
一、名词解释	253

二、选择题	254
三、简答题	259
四、思考题	259
参考答案与题解	260
第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	263
学习目标	263
知识要点	263
复习思考题	264
一、名词解释	264
二、选择题	265
三、简答题	267
四、思考题	267
参考答案与题解	267
第五节 脑电活动以及睡眠和觉醒	269
学习目标	269
知识要点	269
复习思考题	271
一、名词解释	271
二、选择题	271
三、简答题	273
四、思考题	273
参考答案与题解	273
第六节 脑的高级功能	275
学习目标	275
知识要点	275
复习思考题	277
一、名词解释	277
二、选择题	277
三、简答题	279
四、思考题	279
参考答案与题解	280
第十一章 内分泌	282
第一节 内分泌与激素	282
学习目标	282
知识要点	282
复习思考题	284
一、名词解释	284
二、选择题	284
三、简答题	287

四、思考题	287
参考答案与题解	287
第二节 下丘脑-垂体及松果体内分泌	288
学习目标	288
知识要点	288
复习思考题	291
一、名词解释	291
二、选择题	291
三、简答题	295
四、思考题	296
参考答案与题解	296
第三节 甲状腺内分泌及钙磷代谢的体液调节	298
学习目标	298
知识要点	298
复习思考题	301
一、名词解释	301
二、选择题	301
三、简答题	305
四、思考题	305
参考答案与题解	306
第四节 胰岛内分泌	309
学习目标	309
知识要点	309
复习思考题	310
一、名词解释	310
二、选择题	310
三、简答题	312
四、思考题	312
参考答案与题解	313
第五节 肾上腺内分泌	314
学习目标	314
知识要点	314
复习思考题	318
一、名词解释	318
二、选择题	318
三、简答题	320
四、思考题	320
参考答案与题解	320
第六节 组织激素和功能器官内分泌	322
学习目标	322

182	知识要点	322
182	复习思考题	324
282	一、名词解释	324
282	二、选择题	324
283	三、简答题	326
102	四、思考题	326
102	参考答案与题解	326
102	第十二章 生殖	327
102	第一节 男性生殖功能和女性生殖功能	327
202	学习目标	327
202	知识要点	327
202	复习思考题	331
202	一、名词解释	331
102	二、选择题	331
102	三、简答题	335
102	四、思考题	335
102	参考答案与题解	335
102	第二节 妊娠	338
102	学习目标	338
102	知识要点	338
102	复习思考题	339
102	一、名词解释	339
012	二、选择题	340
012	三、简答题	341
012	四、思考题	341
112	参考答案与题解	342
112	附录1 生理学课程学习浅谈	343
112	附录2 生理学课程拓展学习参考书目及网络教学资源网址	350

第一章

绪论

学习目标

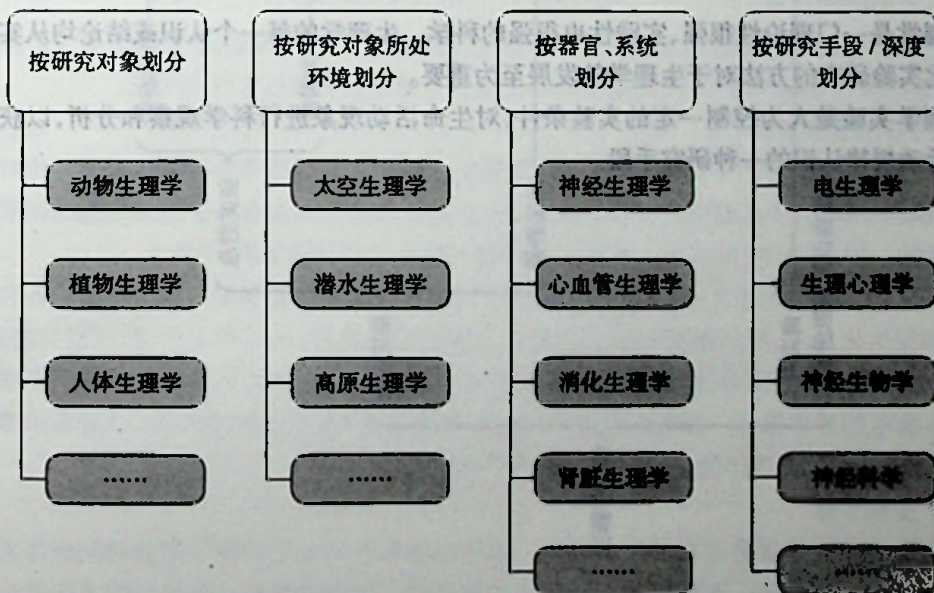
1. 掌握 生命活动的基本特征,机体的内环境和稳态,反馈(负反馈和正反馈)控制系统。
2. 熟悉 生理功能的调节方式,神经调节、体液调节和自身调节,生理学的研究对象和任务,生理学研究的3个水平,前馈控制系统。
3. 了解 生理学与医学的关系,生理学的常用研究方法,生物节律,生理学发展的历史与展望。

知识要点

一、生理学的研究对象和任务

(一) 生理学的研究对象

1. 生理学的定义 生理学是生物科学的一个重要分支,是一门研究机体生命活动各种现象及其功能活动规律的科学。
2. 生理学的研究对象



(二) 生理学的研究任务

人体是一个结构功能极其复杂的统一整体,在人体生理学的研究任务中,既要研究人体各系统器官和不同细胞正常生命的功能活动现象和规律并阐明其内在机制,又要研究在整体水平上各系统、器官、细胞乃至基因分子之间的相互联系,因为生命活动实际上是机体各个细胞乃至生物分子、器官、系统所有机能活动互相作用、统一整合的总和。

(三) 生理学与医学的关系

人体生理学是重要的基础医学课程之一,病理学、病理生理学、药理学研究都建立在生理学的研究基础上进一步发展而来。此外,基础医学中的很多研究方法也是来自生理学。生理学的研究为现代医学提供了重要的科学理解的基础,而临床治疗和疾病过程的研究又有助于我们对正常生理功能的理解。

(四) 生理学的认识层次

机体的正常生命活动离不开各细胞、组织、器官与系统之间的相互配合。因此,人们要认识生理学,可从分子和细胞层面、器官和系统层面、整体层面入手(表 1-1)。

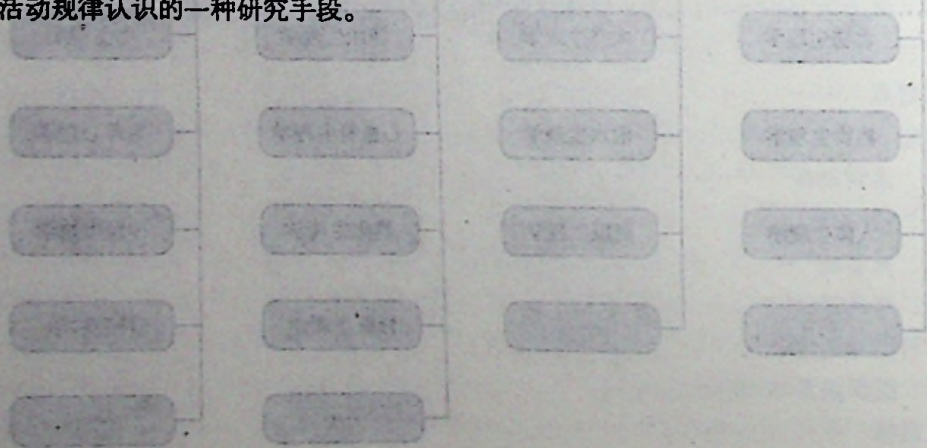
表 1-1 生理学研究三个水平的研究目的、意义与实例

研究水平	研究目的与意义	实例
器官、系统层面	阐明器官和系统的功能活动规律及其调节因素	心脏射血机制、影响心脏活动的因素或机械性消化 / 化学性消化的机制
分子、细胞层面	揭示生命现象最为本质的基本规律	发现肥胖基因及其编码的产物瘦素,在基因水平揭示脂肪代谢的重要调节机制
整体层面	以完整的机体为研究对象,分析在各种生理条件下不同器官、系统之间相互联系和协调的规律	研究机体在特殊状态下(高温、低温、运动、失重等)生理功能的改变以及机体对环境的适应

二、生理学的常用研究方法

生理学是一门理论性很强、实践性也很强的科学。生理学的每一个认识或结论均从实验中获得。因此实验研究的方法对于生理学的发展至为重要。

生理学实验是人为控制一定的实验条件,对生命活动现象进行科学观察和分析,以获得对这种生命活动规律认识的一种研究手段。



概念	优点	缺陷
在体实验——指在麻醉或清醒状态下的完整动物身上进行的观察或实验,也称活体解剖实验。	实验条件易于控制,适合于器官、系统水平的研究。	实验结果与正常整体功能可能有差别。
急性实验 离体实验——将器官或细胞从体内分离出来,在一定实验条件下进行的研究。	有利于排除无关因素的影响,能深入至细胞、分子水平。	实验不能持久进行,结果不一定能代表在自然条件下的整体活动情况。
慢性实验 以完整、清醒的动物为研究对象,尽量使动物所处的外界环境接近自然常态,在一段时间内,在同一动物身上反复多次观察完整机体内某些器官功能活动或生理指标变化的实验。	获得的结果比较接近整体生理功能活动,适合整体水平的研究。	实验条件要求高,时间长,整体条件太复杂,影响因素较多,所得的结果有时不易分析。
生理学实验 动物实验 人体实验 (遵循伦理原则的前提下) 主要通过各种科技手段通过对体内的某些功能活动进行直接无创的测定,然后将获得的的数据进行分析和统计处理,进而得到正常值及其变化范围。	能收集到可直接应用于人体的数据。	研究内容、方法因受伦理学的限制,具有局限性。可能对健康有损害。

三、生命活动的基本特征

(一) 新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖

无论是单细胞还是高等动物,各种生物体都具有一些共同的基本生命特征,包括新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖等(表 1-2)。

表 1-2 生命的基本特征

基本特征	概念	意义
新陈代谢	机体通过不断与环境进行物质和能量交换,摄取营养物质以合成自身的物质,同时不断分解自身衰老退化物质,并将分解产物排出体外的自我更新过程	生命的最基本特征,新陈代谢一旦停止,生命活动就会结束
兴奋性	活组织细胞接受刺激产生反应的能力或特性	生物体对环境变化作出适宜反应的基础
适应性	机体能根据内外环境的变化调整体内各种活动,以适应变化的能力称为适应性	维持稳态,保护机体,适应环境
生殖	成熟的个体通过无性或有性繁殖方式产生或形成与本身相似的子代个体	繁殖后代、延续种系的一种特征性活动

(二) 衰老

生命周期中有一个随着时间的进展而表现出功能活动的不断减退、衰弱,直至死亡的过程,这个过程泛称为衰老或老化。严格意义上讲,老化是衰老的动态过程,衰老是老化的结局,是机体从健康老化到处于疾病和功能退化的状态。在人体上,这种老化在生理学上主要表现为随着年龄的增长,人体各器官系统及其组织细胞功能出现退行性变化或衰退状态,对内外环境适应能力逐渐减弱,具有全身性、进行性、内在性和衰退性的特点。

四、机体的内环境、稳态和生物节律

(一) 机体的内环境

生理学中的内环境通常指细胞外液。因为多细胞生物体内的细胞绝大多数不与外界环境相接触,而是浸浴于细胞外液中,因此细胞外液是细胞直接接触和赖以生存的环境。

(二) 内环境的稳态

内环境的稳态是指内环境的理化性质,如温度、酸碱度、渗透压和各种液体成分的相对恒定状态。内环境的稳态并不是静止不变的固定状态,而是各种理化因素在各种生理活动的调节下达到动态平衡的一种相对恒定的状态。稳态的维持是机体自我调节的结果。

内环境稳态的生理意义:稳态是保证机体正常生命活动的必要条件。因为细胞的各种代谢活动都是酶促生化反应,所以细胞外液中需要有足够的营养物质、氧气和水分,以及适宜的温度、离子浓度、酸碱度和渗透压等;细胞膜两侧不同的离子浓度分布也是可兴奋细胞保持其正常兴奋性和产生生物电的基本保证。如果内环境的理化条件发生重大变化或急骤变化,超过机体本身调节与维持稳态的能力,则机体的正常功能会受到严重影响。

(三) 生物节律

生物节律是机体普遍存在的生命现象。机体内的各种功能活动按一定的时间顺序发生周期性变化,称为节律性变化,而变化的节律称为生物节律。体内的各种功能按生物节律发生的频率

高低可分为日周期、月周期、年周期。尽管目前对生物节律产生的确切机制尚未十分明了,但已知松果体和下丘脑视交叉上核与哺乳动物的生物节律密切相关,对生物节律的研究也已深入到基因水平,发现与生物节律相关基因的学者获得了 2017 年生理学或医学诺贝尔奖。生物节律是生物体在进化过程中行为模式选择和演化的结果,是生物体经历环境选择和长期变化的产物,是生物体用于预测时间变化,及时调整生理稳态的一种内在调节机制。它存在的意义是可使机体对环境变化作出前瞻性的主动适应。此外,生物节律的研究对航天、航海、轮班作业、驾驶安全等也具有重要的应用意义。

五、机体生理功能的调节

机体生理功能的调节存在神经调节、体液调节和自身调节三种方式(表 1-3)。

表 1-3 神经、体液和自身调节的作用方式、特点及在调节中的地位

	物质基础	作用方式	一般特点
神经调节	反射弧	神经反射	迅速、精确、短暂
体液调节	激素等特殊的化学物质	远距分泌、旁分泌、神经分泌等	缓慢、持久、弥散、作用面广
自身调节	细胞或组织器官自身	多种方式	灵敏度较低,调节幅度和范围较小

(一) 神经调节

机体内许多生理功能是由神经系统的活动调节完成的,称为神经调节。反射是神经调节的基本形式。反射活动的结构基础为反射弧,反射弧任何一个部分受损,反射活动将无法进行。

(二) 体液调节

体液调节是指机体的某些组织细胞所分泌的特殊的化学物质,通过体液途径到达并作用于靶细胞上的相应受体,影响靶细胞生理活动的一种调节方式。体液调节也存在不同方式(表 1-4)。

表 1-4 体液调节的常见作用方式和实例

名称	作用方式	实例
远距分泌	激素释放入血到达远处靶细胞而产生调节作用	甲状腺激素;胰岛素等
旁分泌	激素或活性物质释放后经组织液作用于邻旁细胞	胃肠激素;前列腺素等;某些代谢产物(如 CO_2 、 H^+ 等)
神经分泌	神经元合成的化学物质自轴突末梢释放入血,作用于远处靶细胞	血管加压素;缩宫素等
神经-体液调节	内分泌腺或内分泌细胞受神经支配,使体液调节成为神经调节反射弧的传出(延伸)部分	交感-肾上腺髓质系统

(三) 自身调节

自身调节是指某些细胞或组织器官凭借本身内在特性,而不依赖神经调节和体液调节,对内环境变化产生特定适应性反应的过程。

如:肾小球入球小动脉内压力增高时,入球小动脉平滑肌受牵张,触发其收缩,入球小动脉管径因此变小,阻力增加,从而使血流量减少,以维持肾小球滤过率的正常。

六、人体内自动控制系统

(一) 反馈控制系统

由受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动,称为反馈。反馈有负反馈和正反馈两种形式。受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变,称为负反馈。受控部分发出的反馈信息促进与加强控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相同的方向改变,则称为正反馈。

(二) 前馈控制系统

控制部分在反馈信息尚未到达前,已受到纠正信息(前馈信息)的影响,及时纠正其指令可能出现的偏差,这种控制形式称为前馈。负反馈、正反馈和前馈的比较见表 1-5。

表 1-5 负反馈、正反馈和前馈的比较

实例	体内存在情况	意义和特点
负反馈 降压反射;肺牵张反射等	极多见	维持各种生理功能活动的稳态; 都有一个调定点(可视为各生理指标正常范围的均数)
正反馈 排尿反射;血液凝固过程等	相对少见	产生“滚雪球”效应,或促使某一生理过程很快达到高潮并发挥最大效应; 常在局部和短小时内发挥作用; 有些正反馈对稳态的维持也有间接作用(如血液凝固)
前馈 条件反射;熟练动作的操作等	多见	相对于反馈:速度快、更准确、有预见性,可以避免负反馈调节时矫枉过正产生的波动和反应的滞后现象

复习思考题

一、名词解释

1. internal environment
2. homeostasis
3. reflex
4. nervous regulation
5. humoral regulation
6. paracrine
7. autoregulation
8. negative feedback

二、选择题

【A₁ 型题】

1. 人体生理学的研究任务是阐明

A. 机体及其各组成部分的各种正常生命活动及其规律

- B. 人体与环境的相互关系与影响
 - C. 机体内的物理化学变化
 - D. 细胞的生命活动
 - E. 研究机体在患病状态下功能活动的变化
2. 关于生理学的正确观点是
- A. 利用动物试验的结果来推断人体生理功能是不可行的
 - B. 由于人是哺乳类动物,故采用其他哺乳类动物做实验得出的结果可等同于人体实验的结果
 - C. 考虑到动物材料与人体的差异,应尽量开展人体实验
 - D. 生理学研究的结果须在多个水平进行并对结果加以整合
 - E. 生理学研究不包括基因水平的研究
3. 内环境稳态是指
- A. 细胞内液的理化性质相对恒定
 - B. 细胞外液的理化性质相对恒定
 - C. 细胞内液的化学成分相对恒定
 - D. 细胞外液的化学成分相对恒定
 - E. 细胞内、外液的理化性质相对恒定
4. 以下不属于机体内环境范畴的是
- A. 血浆
 - B. 细胞内液
 - C. 组织间液
 - D. 淋巴液
 - E. 脑脊液
5. 人体内环境中最活跃的部分是
- A. 细胞内液
 - B. 组织液
 - C. 血浆
 - D. 脑脊液
 - E. 淋巴液
6. 神经调节的基本方式是
- A. 反馈
 - B. 反射
 - C. 反应
 - D. 适应
 - E. 刺激
7. 以下生理功能活动的调节中,属于神经调节的是
- A. 改变身体姿势的调节
 - B. 水盐平衡的调节
 - C. 个体生长发育的调节
 - D. 男性睾丸功能的调节
 - E. 肾血流量调节
8. 以下生理功能活动的调节中,主要属于体液调节的是
- A. 膝跳反射的调节
 - B. 躯体随意运动的调控
 - C. 动脉血压的短期调节
 - D. 血糖维持稳定的调节
 - E. 体温维持稳定的调节
9. 在生理状态下功能活动保持相对稳定的调节中,属于自身调节的是
- A. 体温维持稳定的调节
 - B. 血糖维持稳定的调节
 - C. 血液 pH 维持稳定的调节
 - D. 肾血流量维持稳定的调节
 - E. 血压维持稳定的调节
10. 关于反馈控制的叙述中,正确的是
- A. 正反馈是维持稳态最重要的调节形式

- B. 反馈信息增强控制信息作用者为负反馈
- C. 反馈信息减弱控制信息作用者为正反馈
- D. 控制部分与受控制部分之间的联系多为双向的
- E. 反馈信息经一次往返便可完成纠偏

11. 以下生理功能活动中存在负反馈调节的是

- A. 生理性止血的过程
- B. 膝跳反射的过程
- C. 排尿的过程
- D. “望梅止渴”的过程
- E. 血糖维持稳定的过程

12. 关于前馈控制的叙述中,正确的是

- A. 具有“滞后”和“波动”的缺点
- B. 具有预见性,适应范围大
- C. 常在局部和短时间内发挥作用
- D. 前馈控制不会发生失误
- E. 前馈控制精确而迅速

【A₂型题】

13. 女性,21岁,近三个月出现饮食增多,体重下降,怕热多汗,心率120次/分。查患者甲状腺无明显肿大,血液T₃、T₄和TBG水平轻度增高,CT显示颅内无占位性病变。诊断:甲状腺功能亢进。试问,该患者体内增多的甲状腺激素对心率的影响是通过

- A. 自身调节
- B. 体液调节
- C. 神经调节
- D. 神经-体液调节
- E. 激素的直接作用

14. 男性,74岁,起床站立后出现明显的头晕症状,平卧时可以减轻,无视物旋转,无恶心呕吐。卧位血压150/85mmHg,立位血压75/45mmHg。诊断:体位性低血压。该患者的哪种调节方式出现障碍

- A. 自身调节
- B. 体液调节
- C. 神经调节
- D. 神经-体液调节
- E. 前馈调节

【B型题】

(15~18题共用备选答案)

- A. 神经调节
- B. 体液调节
- C. 神经-体液调节
- D. 自身调节
- E. 免疫调节

15. 颈动脉窦压力感受器反射属于

16. 血钙浓度维持稳定依赖于

17. 机体在寒冷环境下,维持自身体温相对恒定依赖于

18. 当动脉血压在80~160mmHg范围内波动时,肾血流量几乎不发生变化的现象属于

【X型题】

19. 生理学的研究水平包括

- A. 器官和系统水平
- B. 细胞水平
- C. 基因与分子水平
- D. 整体水平

20. 关于稳态的描述中,正确的有

- A. 内环境的理化性质相对恒定
- B. 可维持机体各种生理功能的稳定
- C. 主要依靠体内的正反馈控制
- D. 是维持机体生命的必要条件

21. 关于正反馈的描述中,正确的有

- A. 正反馈远不如负反馈多见
- B. 正反馈常在局部和短小时内发挥作用

C. 正反馈没有纠正偏差的功效,对稳态的维持不发挥作用

D. 病理情况下常发生正反馈

三、简答题

1. 内环境稳态具有什么生理意义? 机体如何保持内环境相对稳定?

2. 试举例说明神经调节和体液调节协调活动的重要性及两者间的关系。

3. 举例说明人体内的正反馈调节过程及其生理意义。

四、思考题

广州某大学生寒假到沈阳旅游。下飞机后因天气寒冷全身肌肉开始不自主颤抖,牙齿也不断打颤,同伴很紧张,不知道发生什么。试从内环境稳态及机体适应的角度解释这种现象产生的原因及其生理意义(可参考《生理学》第七章能量代谢与体温的内容)。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 内环境: 体内各种组织细胞直接接触并赖以生存的环境称为内环境, 体内细胞直接接触的环境就是细胞外液, 所以生理学中通常把细胞外液称之为内环境。

2. 稳态: 也称自稳态, 指内环境的各种理化性质, 如温度、pH、渗透压和各种体液成分等的相对恒定状态, 但在生理学中, 已经扩大到泛指体内从细胞到分子水平、器官和系统水平到整体水平的各种生理功能活动在神经和体液等因素调节下保持相对稳定的状态。

3. 反射: 是指机体在中枢神经系统的参与下, 对内、外环境刺激所作的规律性应答, 其结构基础是反射弧。

4. 神经调节: 多细胞生物体通过神经反射活动而影响其生理功能的一种调节方式。

5. 体液调节: 多细胞生物体内某些特殊的化学物质(如内分泌激素、生物活性物质或某些代谢产物等)通过体液途径而影响生理功能的一种调节方式。

6. 旁分泌: 有些细胞产生的生物活性物质可不经血液运输, 而是在组织液中扩散, 作用于邻旁细胞。

7. 自身调节: 指组织和细胞不依赖于神经或体液因素, 自身对环境刺激发生的一种适应性反应。

8. 负反馈: 在体内控制系统中, 受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动, 最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变。

二、选择题

【A₁型题】

1. A 2. D 3. E 4. B 5. C 6. B 7. A 8. D 9. D 10. D
11. E 12. B

【A₂型题】

13. E 14. D

【B型题】

15. A 16. B 17. C 18. D

【X型题】

19. ABCD 20. ABD 21. ABD

三、简答题

1. 内环境稳态具有什么生理意义? 机体如何保持内环境相对稳定?

答:在人和高等动物,内环境的稳态是细胞维持正常生理功能,乃至机体维持正常生命活动的必要条件。这是因为体内细胞的各种代谢活动都是酶促生化反应,所以内环境(细胞外液)中应保持相对恒定适宜的温度、离子浓度、酸碱度和渗透压,还需要提供充分的营养物质、氧气和水分等,才能保证细胞代谢活动正常进行。例如,可兴奋性细胞所处的细胞外液离子浓度发生了改变,即会直接影响其兴奋性和生物电的产生。如果内环境的理化条件发生重大变化或急骤变化,超过机体本身调节与维持稳态的能力,则机体的正常功能会受到严重影响。如高热、低氧、水和电解质及酸碱平衡紊乱等都将损害细胞功能,引起疾病,甚至危及生命。因此,维持稳态是保证机体正常生命活动的必要条件。

为了保证机体内环境稳定这一生命活动的必要条件,机体通过神经-体液调节等各种调节机制,使内环境的理化性质达到相对的稳定,这是一种复杂的动态平衡过程,需要全身各系统和器官的共同参与和相互协调来完成。例如,细胞代谢需要的 O_2 和营养物质可由呼吸系统和消化系统摄入体内,而细胞代谢产生的 CO_2 和 H^+ 等终产物则通过呼吸系统和泌尿系统等排出体外。血液、循环系统参与物质运输等,运动系统的活动有助于机体觅食和脱离险境,神经、内分泌系统则通过其对各器官系统和组织细胞功能的调节,使稳态的调节更趋协调和完善。

2. 试举例说明神经调节和体液调节协调活动的重要性及两者间的关系。

答:人体生理学的研究主要分为三个水平进行:

(1) 整体水平研究:以完整的机体作为研究对象,观察和分析在环境因素改变和不同生理情况下各器官系统之间的相互联系、互相协调,以及完整机体所做出的各种反应的规律。例如机体在运动、创伤、紧张、恐惧等生理和心理因素,或地理、气候、社会等环境因素对机体生理功能的影响。

(2) 器官和系统水平研究:由于整体水平上的研究比较复杂,常将整体研究还原到系统和器官来进行,主要研究各器官或系统的功能活动规律及其调节机制。例如心脏的射血活动、肺的呼吸运动、小肠的消化和吸收活动、肾的尿生成及其调节等。

(3) 细胞和分子水平研究:生理学研究还可将器官和系统进一步还原到细胞和分子水平,主要研究细胞、亚细胞结构的功能以及细胞内生物分子的生理作用,可深入阐明生命活动最基本的规律以及功能活动的原理。例如骨骼肌收缩时的肌丝滑行、细胞兴奋时细胞膜中通道的开放和离子的跨膜移动等。

3. 举例说明人体内的正反馈调节过程及其生理意义。

答:为了使新陈代谢等基本生命活动能够进行,维持内环境的稳态,机体主要通过神经调节和体液调节协调各组织器官的功能。

在人和高等动物,神经调节起主导作用,一般而言,其特点是迅速、精确而短暂,并主要调节肌肉和腺体(包括部分内分泌腺)的活动。这就为机体迅速对突然的环境变化产生快速反应奠定了基础。

体液调节的特点一般为缓慢、持久、弥散而作用面广,为机体的代谢、生长发育和生殖等活动提供了保证。

神经调节和体液调节有密切的关系。体液调节直接或间接地受到神经调节,而体液调节对神经细胞活动也产生影响。在活动上,神经调节和体液调节是互相协调互相配合的。例如应激时,神经调节迅速启动交感神经系统的一系列应激反应,并通过体液调节使应激相关激素分泌,维持应激的状态以适应内、外环境的急剧变化;或在摄食消化期间,神经调节和体液调节互相配合,共

同完成调节消化器官活动的功能。

四、思考题

答:这位大学生在寒冷环境中出现的这种现象在生理学上叫作战栗产热。这是机体适应寒冷环境所表现出来的一种维持内环境稳定的调节机制。在正常情况下,体内细胞的各种代谢活动都是酶促反应,因此需要内环境(细胞外液)保持适宜的温度,因此人体的内部体温通常稳定在 37°C 左右。当遇到寒冷的环境时,冷空气刺激皮肤的冷觉感受器,经传入神经使下丘脑后部的战栗中枢兴奋,经传出通路到达脊髓前角运动神经元,引起战栗,即骨骼肌屈肌和伸肌同时发生不随意的节律性收缩,在这位大学生身上表现为肌肉的不自主颤和牙齿打颤。此时的肌肉收缩活动不做外功,能量全部转化为热量。与此同时机体还可以通过神经-体液反射,增加甲状腺素分泌,使代谢活动增强,产热增加。内脏器官也可通过非战栗产热的方式增加产热,以适应机体对抗环境温度下降的需要。这些适应性改变使机体内环境的各种理化因素即使在环境温度剧烈改变的时候都能保持在一个适宜的相对恒定的水平,进而维持机体功能的相对稳定。这是保证机体正常生命活动的必要条件。

(李劫昊 王庭槐)

第二章

细胞的基本功能

第一节 细胞膜的物质转运功能和细胞的电活动

学习目标

1. 掌握 细胞跨膜物质转运的方式、各自特点和意义;静息电位、极化、去极化、超极化、复极化和电学驱动力的概念,静息电位的产生机制;动作电位的概念、特征和产生机制;动作电位的触发和电压门控钠通道的三种功能状态;动作电位在同一细胞上的传导机制;细胞的兴奋性和兴奋性的周期变化。
2. 熟悉 细胞膜表面蛋白和整合蛋白的比较;离子平衡电位的计算及意义;电压钳和膜片钳的概念及用途;局部电位的概念、特征和产生机制。
3. 了解 细胞膜的液态镶嵌模型;细胞膜和胞质的被动电学特性;电紧张电位的概念及特征。

知识要点

一、细胞膜的物质转运功能

(一) 细胞膜的化学组成及其分子排列形式

1. 细胞膜的脂质呈双分子层排列,构成膜的基本骨架。

磷脂(>70%):磷脂酰胆碱(最多,主要分布在膜的外层);

磷脂酰丝氨酸和磷脂酰乙醇胺(次之,主要在膜的内层);

膜脂质磷脂酰肌醇(最少,主要分布在膜的内层)

胆固醇(<30%)

糖脂(<10%):全部分布于膜的外层

2. 细胞膜的蛋白(表 2-1)

表 2-1 表面蛋白和整合蛋白的比较

	占膜蛋白总量	存在部位	主要功能
表面蛋白	20%~30%	主要附着在细胞膜的内表面,通过静电引力与脂质的亲水部分相结合或通过离子键与膜中的整合蛋白相结合,结合力较弱	增加质膜强度和弹性、协助整合膜蛋白定位、参与胞内信号转导和行使酶的作用等
整合蛋白	70%~80%	镶嵌于膜上,肽链一次或多次穿越膜的脂质双层,通过共价键与疏水区的脂质结合,结合力较强	参与跨膜信号转导、物质转运和细胞黏附等功能性活动,如载体、通道、离子泵、G 蛋白耦联受体等

3. 细胞膜的糖类以共价键的形式与膜蛋白或膜脂质结合,形成糖蛋白或糖脂,可作为分子标记发挥受体或抗原的功能。

(二) 跨细胞膜的物质转运

1. 单纯扩散是指物质通过脂质分子间隙从质膜高浓度一侧向低浓度一侧进行的跨膜扩散,是一种单纯的物理现象,没有生物学机制参与,也无需代谢耗能。经单纯扩散转运的物质是脂溶性物质或少数不带电荷的极性小分子,如 O_2 、 CO_2 、 N_2 、类固醇激素、乙醇、尿素、甘油、水等。影响单纯扩散转运速率的因素主要是被转运物在膜两侧的浓度差和膜对该物质的通透性,浓度差愈大、通透性愈高,则单位时间内物质扩散的量就愈多。另外,物质所在溶液的温度愈高、膜有效面积愈大,转运速率也愈高。

2. 易化扩散是指在膜蛋白帮助下,非脂溶性的小分子物质或带电离子顺浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运,可分为以下两种形式:

(1) 经通道易化扩散:是各种带电离子在通道蛋白的介导下,顺浓度梯度和(或)电位梯度的跨膜转运。

离子通道转运的特点:①都是被动转运;②通道开放时,离子转运速率很高;③具有一定的离子选择性和门控特性。离子选择性是指每种通道只对一种或几种离子有较高的通透能力,而对其他离子的通透性很小或不通透。门控特性是指通道蛋白分子内部的一些可移动结构或化学基团在通道内起“闸门”作用。根据闸门的门控特性,可将离子通道分为电压门控通道(受膜电位调控而开放)、化学门控通道(受膜内外化学物质调控而开放,也称配体门控通道)和机械门控通道(受机械刺激如牵张的调控)。

水分子快速通过细胞膜主要是借助膜上的水通道实现的。

(2) 经载体易化扩散:是指水溶性小分子物质或离子在载体蛋白介导下顺浓度梯度进行的跨膜转运,属于载体介导的被动转运。

经载体易化扩散的特点:①结构特异性:各种载体仅能识别和结合具有特定化学结构的底物。②饱和现象:由于细胞膜中载体的数量和转运速率有限,当被转运的底物浓度增加到一定程度时,底物的扩散速度便达到最大值,不再随底物浓度的增加而增大。③竞争性抑制:两种结构相似的物质竞争性与载体结合,转运速率受到相互抑制。

3. 主动转运指某些物质在膜蛋白的帮助下,由细胞代谢供能而进行的逆浓度梯度和(或)电位梯度跨膜转运。完成主动转运的膜蛋白本质上也属于载体,可根据其是否直接消耗能量分为以下两种:

(1) 原发性主动转运:是指细胞直接利用代谢产生的能量将物质逆浓度梯度和(或)电位梯度转运的过程。原发性主动转运的物质通常为带电离子,介导原发性主动转运的膜蛋白或载体被称为离子泵,其化学本质是 ATP 酶,可直接分解细胞内的 ATP 供能。如钠-钾泵(同时转运 Na^+ 和 K^+ ,逆浓度差将 3 个 Na^+ 移出胞外,将 2 个 K^+ 移入胞内)、钙泵(转运 Ca^{2+})、质子泵(转运 H^+)等。

钠泵活动的生理意义:①形成的细胞内高 K^+ 为胞质内许多代谢反应(如蛋白质合成)所必需;②维持胞内渗透压和细胞容积,防止细胞水肿;③形成的 Na^+ 和 K^+ 跨膜浓度梯度是细胞发生电活动的基础;④活动的生电效应可直接使膜内电位的负值增大;⑤建立的 Na^+ 跨膜浓度梯度可为继发性主动转运提供势能储备。

(2) 继发性主动转运:利用原发性主动转运形成的离子浓度梯度,在这些离子顺浓度梯度扩散的同时载体还将其他物质逆浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运。载体同时要结合和转运两种或两种以上的分子或离子,间接利用了 ATP 能量。

继发性主动转运的类型:①同向转运:被转运的分子或离子都向同一方向移动,如 Na^+ -葡萄糖同向转运体等。②反向转运:被转运的分子或离子向相反方向移动,如 Na^+ - Ca^{2+} 交换体和 Na^+ - H^+ 交换体等。

4. 膜泡运输 是指大分子和颗粒物质进出细胞时由膜包围形成囊泡,通过膜融合和离断等一系列过程完成转运的过程,也称批量运输。膜泡运输需要消耗能量,也需要更多蛋白质参与。可分为两种形式:

(1) 出胞:是胞质内的大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。例如,外分泌腺细胞排放酶原颗粒和黏液、内分泌腺细胞分泌激素、神经纤维末梢释放神经递质等。

(2) 入胞:是细胞外大分子物质或物质团块如细菌、死亡细胞和细胞碎片等被细胞膜包裹后以囊泡形式进入细胞的过程。其中,物质以固态入胞称为吞噬,以液态入胞称为吞饮。吞饮时被转运物与细胞膜受体特异性结合后选择性进入细胞的入胞方式称为受体介导入胞,是许多大分子物质非常有效的入胞方式。

二、细胞的电活动

(一) 静息电位

1. 静息电位有关概念及大小表述 静息电位是指安静情况下细胞膜两侧存在的外正内负且相对平稳的电位差。差值愈大,即静息电位愈大。若以胞外为零电位计,则胞内负值愈大,静息电位愈大。安静情况下,细胞膜电位所处的外正内负的稳定状态称为极化。静息电位增大(如细胞内电位由 -70mV 变为 -90mV)的过程或状态称为超极化,表示膜的极化状态增强。静息电位减小(如细胞内电位由 -70mV 变为 -50mV)甚至倒转的过程或状态称为去极化,表示膜的极化状态减弱。细胞膜去极化后再向静息电位方向恢复的过程称为复极化。此外,若膜内电位经去极化至零电位后进一步变为正值,使膜两侧电位的极性与原来的极化状态相反,称为反极化。此时膜内电位高于零电位的部分称为超射。

2. 静息电位的产生机制

(1) K^+ 外流是形成静息电位的主要原因:细胞内液 K^+ 浓度较细胞外液高,安静状态下细胞膜对 K^+ 的通透性也较高(细胞膜上存在着持续开放的非门控的 K^+ 漏通道)。因此, K^+ 在浓度差驱动下顺浓度梯度向细胞外扩散。在 K^+ 外流的过程中,膜内侧的有机负离子聚积在膜的内表面,可将外流的 K^+ 限制于膜的外表面,从而出现膜两侧内负外正的电位差,该电位差形成的电场力可阻碍

K^+ 外流。当电位差与浓度差两者的驱动力大小相等时, K^+ 的电化学驱动力等于零, 净扩散量也就为零。这时的电位差称为 K^+ 的平衡电位(E_K)。经测定, 静息电位接近 K^+ 的平衡电位, 而远离 Na^+ 的平衡电位, 故静息电位主要是 K^+ 外流形成的。

(2) 少量逸入膜内的 Na^+ 使静息电位数值减小: 细胞外液 Na^+ 浓度较高, 安静时细胞膜对 Na^+ 亦有一定的通透性(为 K^+ 通透性的 $1/100 \sim 1/50$), 少量逸入膜内的 Na^+ 可部分抵消由 K^+ 外流所形成的膜内负电位。

(3) 钠泵的生电作用: 钠泵活动本身具有生电作用, 每分解一分子 ATP, 可使 3 个 Na^+ 移出胞外、2 个 K^+ 移入胞内, 相当于把一个净正电荷移出膜外, 结果使膜内电位的负值增大。这种生电作用在静息电位形成中贡献不超过 5%。

3. 影响静息电位水平的因素

(1) 细胞外液 K^+ 浓度: 当细胞外 K^+ 浓度升高时, K^+ 平衡电位减小, 静息电位相应减小。

(2) 膜对 K^+ 和 Na^+ 的相对通透性: 膜对 K^+ 的通透性增大, 静息电位将增大(更趋向于 E_K); 膜对 Na^+ 的通透性增大, 则静息电位减小(更趋向于 E_{Na})。

(3) 钠泵活动水平: 钠泵活动增强时, 其生电效应增强, 膜发生一定程度的超极化; 相反, 钠泵活动受抑制时, 则可使静息电位减小。

(二) 动作电位

1. 动作电位的概念和特点

(1) 动作电位的概念: 细胞在静息电位基础上接受有效刺激后产生的一个迅速的可向远处传播的膜电位波动。动作电位包括锋电位和后电位两部分。锋电位由快速去极化的升支和快速复极化的降支组成, 是动作电位的主要部分; 后电位是锋电位之后膜电位的低幅、缓慢波动, 包括后去极化电位和后超极化电位。

(2) 动作电位的特点: ①“全或无”现象: 要使细胞产生动作电位, 所给的刺激必须达到一定强度。若刺激强度过小, 动作电位不会产生(无); 刺激达到一定强度时, 所产生的动作电位, 其幅度便到达该细胞动作电位的最大值, 不会随刺激强度的继续增强而增大(全)。②不衰减传播: 动作电位产生后, 并不停留在受刺激的局部细胞膜, 而是沿膜迅速向四周传播, 直至传遍整个细胞, 而且其幅度和波形在传播过程中始终保持不变。③脉冲式发放: 连续刺激所产生的多个动作电位总有一定间隔而不会融合起来, 呈现为一个个分离的脉冲式发放。

2. 动作电位的产生机制和过程 细胞受到刺激时膜电位发生的波动是细胞膜两侧带电离子跨膜移动的结果。带电离子跨膜扩散需要电化学驱动力的推动和细胞膜对离子具有通透性。安静情况下, Na^+ 受到的电化学驱动力明显大于 K^+ 的驱动力, 为内向驱动。当细胞受到有效刺激时, 细胞膜的对钠离子的通透性即钠电导将首先增大, 于是 Na^+ 在较大的电化学驱动力推动下出现 Na^+ 内流。 Na^+ 内流引起的去极化达到阈电位后, 去极化与钠电导之间出现正反馈, 使膜电位急剧上升, 形成动作电位的去极化时相和超射。随后, 钠电导迅速下降, 钾电导逐渐增大, K^+ 在增大的外向电化学驱动力作用下快速外流, 使膜迅速复极化。

3. 电压门控 Na^+ 通道的三种功能状态 ①静息态: 通道在受刺激前尚未开放的状态。这时, 钠通道的激活门(m门)完全关闭, 失活门(h门)虽然接近于完全开放, 但通道仍不能导通。②激活态: 通道在受去极化刺激后开放的状态, 此时全细胞 Na^+ 电流迅速增大。这时, 钠通道的激活门迅速打开, 失活门则逐渐关闭, 但又尚未关闭, 故通道出现瞬间导通。③失活态: 通道在激活态之后对去极化刺激不再反应的状态。这时通道的失活门时间依赖性完全关闭, 尽管去极化电压仍继续存在、激活门开放, 但通道仍不能导通。

4. 动作电位的触发 能触发动作电位发生的膜电位临界值称为阈电位,即刚好能引起膜去极化与 Na^+ 电导之间形成正反馈的膜电位水平。能够触发组织或细胞产生动作电位的最小强度的刺激则称为阈刺激,其强度称为阈强度或阈值。大于阈强度的刺激称为阈上刺激,小于阈强度的刺激称为阈下刺激。

5. 动作电位的传播——局部电流学说

(1) 动作电位在同一细胞上的传播:在动作电位的发生部位,膜两侧电位呈现外负内正的反极化状态,与它相邻的未兴奋区仍处于外正内负的极化状态。因此,兴奋区与邻旁未兴奋区之间将出现电位差,并产生由正电位区流向负电位区的局部电流。局部电流流动的结果是使邻旁未兴奋区的膜电位减小,即发生去极化,当此处膜去极化达到阈电位时即可触发该区爆发动作电位,成为新的兴奋区,而原来的兴奋区则进入复极化过程。新的兴奋区又与其前方的安静区再形成新的局部电流,于是一处发生的兴奋将成为下一处兴奋的诱因,从而使动作电位由近及远地传播开来。在无髓神经纤维或肌纤维,局部电流在细胞膜上是顺序发生的,即整个细胞膜都依次发生 Na^+ 内流和 K^+ 外流介导的动作电位;在有髓神经纤维,局部电流仅在兴奋区的郎飞结与邻旁安静区的郎飞结之间发生,这种动作电位跨越结间区的传导称为跳跃式传导。有髓纤维的传导速度比无髓纤维快得多,还能减少能量消耗。

(2) 动作电位在细胞之间的传播:某些组织如脑内的某些核团、心肌以及某些种类的平滑肌,细胞间存在缝隙连接。缝隙连接是一种特殊的细胞间连接方式,中间的孔洞可以连通两个细胞的胞质,局部电流也可经此流过。因此,借助缝隙连接,动作电位可在细胞之间直接传播。缝隙连接的意义在于使某些同类细胞发生同步化活动。

6. 兴奋性及其变化

(1) 兴奋性:兴奋性是指机体的组织或细胞接受刺激发生反应的能力或特性。神经细胞、肌细胞和腺细胞很容易接受刺激并产生动作电位,故常将这些能够产生动作电位的细胞称为可兴奋细胞。细胞兴奋性高低可以用刺激的阈值大小来衡量。阈值愈小,兴奋性愈高;阈值愈大,兴奋性愈低。

(2) 兴奋性的周期性变化:①绝对不应期:兴奋发生后的最初一段时间内,无论施加多强的刺激也不能使细胞再次兴奋。此期与通道处于激活和随后的失活状态有关。②相对不应期:绝对不应期之后,兴奋性逐渐恢复,受刺激后可发生兴奋,但刺激强度必须大于原来的阈值。此期与通道复活数量较少有关。③超常期:相对不应期过后,有的细胞可出现兴奋性轻度增高的时期,给予阈下刺激,就可使细胞再次兴奋。此期与膜电位尚未完全回到静息电位,距离阈电位水平较近有关。④低常期:超常期后,有的细胞还出现兴奋性轻度降低,此时需要用阈上刺激才能引起细胞再次兴奋。与膜电位处于轻度超极化,距离阈电位水平较远有关。

(三) 电紧张电位和局部电位

1. 电紧张电位 是指由膜的被动电学特性(膜电容、膜电阻和轴向电阻)决定其空间分布和时间变化的膜电位,其特征有:①等级性电位:电位幅度可随刺激强度增大而增大;②衰减性传导:电位幅度随传播距离增加而指数性下降;③电位可融合:没有不应期,反应可以总和。

2. 局部电位 是指由少量离子通道开放形成的细胞膜去极化或超极化反应。例如,少量 Na^+ 通道激活产生的去极化膜电位波动(也称局部兴奋)。局部电位的特征(类似于电紧张电位):①等级性电位,幅度与刺激强度相关,不具有全或无特点;②衰减性传导,以电紧张性方式向周围扩布,扩布范围一般不超过 1mm 半径;③没有不应期,反应可以叠加总和,包括空间总和和时间总和。

复习思考题

一、名词解释

1. facilitated diffusion
2. active transport
3. secondary active transport
4. resting potential
5. depolarization
6. hyperpolarization
7. action potential
8. electrochemical driving force
9. threshold potential
10. absolute refractory period

二、选择题

【A₁型题】

1. 哪种脂质成分几乎全部分布在膜的靠近胞浆的内层并与第二信使 DG 和 IP₃ 的产生有关
A. 磷脂酰肌醇 B. 磷脂酰胆碱 C. 磷脂酰乙醇胺
D. 磷脂酰丝氨酸 E. 糖脂
2. 葡萄糖或氨基酸逆浓度梯度跨膜转运的方式属于
A. 单纯扩散 B. 经载体易化扩散 C. 经通道易化扩散
D. 原发性主动转运 E. 继发性主动转运
3. 在膜蛋白质帮助下,某些胞外的蛋白分子选择性进入胞内的跨膜转运方式属于
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
4. 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
5. 水分子快速通过细胞膜主要是借助
A. 水泵 B. 载体蛋白 C. 水通道
D. 单纯扩散 E. 离子通道
6. 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. 需要膜蛋白帮助
D. 转运的物质都是小分子 E. 有饱和性
7. 关于 Na⁺ 泵功能的叙述,正确的是
A. 将细胞内 K⁺ 转运出去 B. 将细胞外 Na⁺ 转运入细胞
C. 转运等量的 Na⁺ 和 K⁺ D. 维持细胞内外的 Na⁺、K⁺ 浓度梯度
E. 活动增强导致细胞膜发生去极化反应
8. 内分泌细胞分泌蛋白类激素到组织液的过程属于
A. 入胞 B. 易化扩散 C. 出胞

D. 主动转运

E. 单纯扩散

9. 属于主动转运的是

- A. 安静时 K^+ 由细胞内向细胞外转运
- C. 葡萄糖由细胞外液进入红细胞
- E. 肌浆网终池内的 Ca^{2+} 流入胞浆

- B. 兴奋时 Na^+ 由细胞外进入细胞内
- D. Na^+ 由细胞内向细胞外转运

10. 需直接消耗能量的是

- A. 肾小管重吸收尿素
- C. 血液中的葡萄糖进入组织细胞
- E. 肾小管重吸收氨基酸

- B. 小管液 Na^+ 进入肾小管上皮细胞
- D. 细胞内 Na^+ 被转运至组织液

11. 利用药理学手段阻断钠泵后

- A. 细胞容积增大
- C. 细胞内 K^+ 浓度升高
- E. 细胞膜发生超极化

- B. 阻止细胞水肿
- D. 细胞内 Na^+ 移向细胞外增多

12. 静息电位的实测值小于 K^+ 平衡电位的理论值,主要是由于静息时膜对

- A. Na^+ 有小量的通透性
- C. Mg^{2+} 有小量的通透性
- E. H^+ 有小量的通透性

- B. Ca^{2+} 有小量的通透性
- D. Cl^- 有小量的通透性

13. 神经细胞处于静息状态时

- A. 仅有少量 K^+ 外流
- C. 没有 K^+ 外流也没有 Na^+ 内流
- E. 有少量 K^+ 和 Na^+ 同向流动

- B. 仅有少量 Na^+ 内流
- D. 既有少量 K^+ 外流也有少量 Na^+ 内流

14. 逐渐增加细胞外液中的 K^+ 浓度,静息电位将

- A. 逐渐减小
- D. 先增大后减小
- E. 先减小后增大

- B. 逐渐增大
- C. 不变

15. 降低离体神经纤维浸浴液中的 Na^+ 浓度,则单根神经纤维动作电位的超射值将

- A. 增大
- D. 先增大后减小
- E. 先减小后增大

- B. 减小
- C. 不变

16. 细胞膜对 Na^+ 通透性增加时,静息电位将

- A. 增大
- D. 先增大后减小
- E. 先减小后增大

- B. 减小
- C. 不变

17. 完全由膜固有电学性质决定而没有离子通道激活的膜电位是

- A. 动作电位
- D. 电紧张电位
- E. 突触后电位

- B. 局部反应
- C. 终板电位

18. 可兴奋组织受刺激后产生兴奋的共同表现形式是出现

- A. 动作电位
- D. 分泌
- E. 收缩和分泌

- B. 局部电位
- C. 收缩

*19. 将一对刺激电极置于神经轴突外表面,当通以直流电进行刺激时兴奋将发生在

- A. 刺激电极正极处
- C. 两个刺激电极处同时发生
- E. 先正极后负极

- B. 刺激电极负极处
- D. 两处均不发生

- *20. 将神经纤维的膜电位由静息水平突然上升并固定到 0mV 水平时
- 先出现内向电流,而后逐渐变为外向电流
 - 先出现外向电流,而后逐渐变为内向电流
 - 仅出现内向电流
 - 仅出现外向电流
 - 不出现任何电流
- *21. 神经细胞在发生一次动作电位的全过程中, Na^+ 的电化学驱动力
- 持续增大
 - 持续减小
 - 由大变小而后恢复
 - 由小变大而后恢复
 - 没有变化
22. 神经纤维动作电位去极化过程中,膜电位值超过 0mV 的部分称为
- 去极化
 - 超极化
 - 复极化
 - 超射
 - 极化
23. 关于神经纤维动作电位复极相形成机制的描述,正确的是
- Na^+ 通道失活
 - K^+ 通道激活
 - Na^+ 通道失活和 K^+ 通道激活
 - Cl^- 通道激活
 - K^+ 通道和 Cl^- 通道激活
24. 用河豚毒素(TTX)处理神经轴突后,其生物电的改变为
- 静息电位值与动作电位幅度均显著减小
 - 静息电位值显著减小,动作电位幅度显著增大
 - 静息电位值几乎不变,动作电位幅度显著减小
 - 静息电位值与动作电位幅度均显著增大
 - 静息电位值显著增大,动作电位幅度显著减小
25. 动作电位去极化期间,促进 Na^+ 内流的直接动力是
- 浓度梯度
 - 电位梯度
 - 钠泵作用
 - ATP 分解
 - 电 - 化学驱动力
- *26. 低温、缺氧或代谢抑制剂影响细胞的 Na^+-K^+ 泵活动时,将导致
- 静息电位增大,动作电位幅度减小
 - 静息电位减小,动作电位幅度增大
 - 静息电位增大,动作电位幅度增大
 - 静息电位减小,动作电位幅度减小
 - 静息电位和动作电位均不受影响
27. 神经细胞动作电位去极化的幅度接近于
- 钾平衡电位
 - 钠平衡电位
 - 钾平衡电位与静息电位之差
 - 钠平衡电位与静息电位之差
 - 钾平衡电位与钠平衡电位之和
28. 影响神经纤维动作电位幅度的主要因素是
- 刺激强度
 - 刺激持续的时间
 - 细胞膜两侧 K^+ 浓度
 - 细胞膜两侧 Na^+ 浓度
 - 神经纤维的直径
29. 神经元的绝对不应期
- 仅出现在去极化期间
 - 仅出现在复极化期间
 - 仅出现在发生超射时
 - 出现在锋电位期间

- E. 出现在后电位期间
30. 衡量组织兴奋性高低的指标是
- A. 动作电位幅度 B. 组织反应强度 C. 动作电位频率
D. 阈值 E. 刺激持续时间
31. 神经纤维的阈电位是
- A. Na^+ 通道大量开放的膜电位临界值 B. Na^+ 通道开始关闭的膜电位临界值
C. K^+ 通道开始关闭的膜电位临界值 D. K^+ 通道大量开放的膜电位临界值
E. Na^+ 通道少量开放的膜电位值
32. 当细胞阈电位水平升高(上移)时,将引起
- A. 动作电位幅度增大
B. 动作电位传导加速
C. 在此基础上发生兴奋时更多的 Na^+ 通道将会被激活
D. 细胞兴奋性升高
E. 细胞兴奋性降低
33. 神经纤维中相邻两个锋电位,其中后一个锋电位最早见于前一次兴奋的
- 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
34. 即使给予非常强的刺激,神经元也不能产生动作电位的时期是
- A. 绝对不应期 B. 相对不应期 C. 超常期
D. 低常期 E. 绝对不应期和相对不应期
- *35. 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
- A. 将各自通过中点后传导到另一端
B. 将在中点相遇,然后传回到起始点
C. 将在中点相遇后停止传导
D. 只有较强的动作电位通过中点而到达另一端
E. 到达中点后将复合成一个更大的动作电位
36. 神经细胞发生的局部兴奋和动作电位共同点是
- A. 反应幅度随刺激强度增大而增大 B. 反应幅度随传播距离增大而减小
C. 可以叠加或总和 D. 都有不应期
E. 都有 Na^+ 通道的开放
37. 局部反应的时间总和是指
- A. 同一部位连续的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
B. 同一部位连续的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
C. 同一时间不同部位的阈下刺激引起的去极化反应的叠加
D. 同一时间不同部位的阈上刺激引起的去极化反应的叠加
E. 同一部位一个足够大的刺激引起的去极化反应
38. 具有局部兴奋特征的电信号是
- A. 神经纤维的动作电位 B. 神经干的动作电位 C. 锋电位
D. 终板电位 E. 后电位
- *39. 神经轴突丧失髓鞘后,其空间常数将

- A. 增加 B. 减小 C. 不变
D. 先增大后减小 E. 先减小后增大

【A₂型题】

40. 维甲酸是临床治疗急性早幼粒细胞性白血病的常用药物,为维生素 A 的代谢产物,具有较高的脂溶性。它经单纯扩散通过细胞膜后,通过与核受体结合参与诱导细胞分化而发挥疗效。此类脂溶性物质在通过细胞膜时,对其跨膜扩散能力影响最大的是该物质的

- A. 分子量 B. 所带电荷 C. 脂溶性
D. 分子大小 E. 空间结构

41. 腹泻患者通常口服糖盐水(含葡萄糖和 NaCl)而非单纯生理盐水来防止脱水,其主要原因是

- A. 服用糖盐水可同时补充 NaCl 和能量物质
B. 葡萄糖能够促进小肠上皮细胞顶端膜 Na⁺ 和 Cl⁻ 的协同转运
C. 葡萄糖通过 Na⁺-葡萄糖继发性主动转运促进小肠上皮细胞顶端膜 Na⁺ 和水的吸收
D. NaCl 和葡萄糖混合液胃排空的速率大于单纯盐溶液
E. 服用含有 NaCl 和葡萄糖的糖盐水能有效减少粪便形成

42. 一日龄 2 天的新生儿因短促性强直-阵挛发作就诊,遗传学检测显示神经系统电压门控钾通道基因缺陷,患儿母亲回忆其哥哥在生后第 3 天也曾有过类似的表现,该症状在两周后自动消失,未留有任何后遗症。结合患儿家族史,初步诊断良性家族性新生儿惊厥。医生解释该病发作与电压门控钾通道异常所致的细胞内 K⁺ 外流增加有关。以下使胞内 K⁺ 外流明显减少的是

- A. 增加细胞膜对 K⁺ 的通透性 B. 使膜发生超极化
C. 降低细胞外 K⁺ 浓度 D. 抑制钠泵活性
E. 降低细胞外 Na⁺ 浓度

43. 葡萄糖在小肠黏膜上皮处的吸收是通过继发性主动转运实现的,抑制哪种功能活动可以影响葡萄糖的吸收

- A. 钠泵 B. 钙泵 C. 质子泵
D. 钠钙交换体 E. 钠氢交换体

44. 体外实验中,用葡萄糖逐渐替代浸浴液中的 Na⁺,神经元或神经纤维动作电位的幅度将

- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小 C. 不发生改变
D. 先增大后减小 E. 先减小后增大

45. 部分阻断神经细胞膜上的电压门控钾通道后,动作电位

- A. 不再发生 B. 幅度减小 C. 幅度增大
D. 复极减慢,时程延长 E. 无影响

*46. 用间隔时间较长的两个脉冲刺激可诱发蟾蜍坐骨神经干先后产生两个幅度基本一致的动作电位,若逐渐减小两个刺激的间隔时间,后一个动作电位的幅度将

- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小 C. 先增大后减小
D. 先减小后增大 E. 不变

*47. 神经纤维动作电位发生去极化的过程中,Na⁺ 的驱动力和 K⁺ 的驱动力

- A. Na⁺ 的内向驱动力将逐渐减小, K⁺ 的外向驱动力则逐渐增大
B. Na⁺ 的内向驱动力将逐渐增大, K⁺ 的外向驱动力则逐渐减小
C. Na⁺ 的内向驱动力和 K⁺ 的外向驱动力都会逐渐减小
D. Na⁺ 的内向驱动力和 K⁺ 的外向驱动力都会逐渐增大

- E. 两者都不变
48. 用哇巴因抑制钠泵活动后,细胞的静息电位将会
- 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
49. 如果绝对不应期为 2 毫秒,理论上每秒内所能产生和传导的动作电位数不可能超过
- A. 5 次 B. 50 次 C. 400 次
- D. 100 次 E. 500 次
50. 患者,女,37 岁,因偏瘫并发严重偏头痛就诊,遗传学检查提示与某种离子通道突变有关。当膜对哪种离子的通透性增大时,产生的去极化程度最大
- A. Cl^- B. Na^+ C. K^+
- D. Cl^- 和 K^+ E. Na^+ 和 K^+
51. 患者,男,30 岁,进食河豚后不久出现口唇、舌尖、指端麻木,继而全身麻木、眼睑下垂、四肢无力、步态不稳,查体腱反射消失,初步诊断为河豚毒素(TTX)中毒。本案例患者出现全身麻木、肌肉软瘫和腱反射消失等神经麻痹症状的机制是由于 TTX:
- A. 阻断 K^+ 通道开放,不能产生动作电位
- B. 阻断 K^+ 通道开放,不能产生静息电位
- C. 阻断 Na^+ 通道开放,不能产生动作电位
- D. 阻断 Na^+ 通道开放,动作电位不能复极化
- E. 阻断 Na^+-K^+ 泵的活动,影响了动作电位的产生
- *52. 患者,女,82 岁,因恶心、呕吐、四肢及口周麻木、全身乏力被送至急诊科就诊。实验室检查显示血钾明显升高(6.5mmol/L),初步诊断中度高血钾。细胞外钾浓度明显升高将导致神经细胞
- A. 兴奋性升高 B. 膜内电位负值增大 C. Na^+-K^+ 泵活动减弱
- D. K^+ 电导增大 E. Na^+ 电导增大

【B 型题】

(53~56 题共用备选答案)

- 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
53. O_2 和 CO_2 跨膜转运
54. Na^+ 由细胞内向细胞外转运
55. 肾小管对葡萄糖的重吸收
56. 甲状腺腺泡上皮细胞聚碘

(57~59 题共用备选答案)

- A. 去极化 B. 复极化 C. 反极化
- D. 超极化 E. 极化
57. 安静状态下细胞膜两侧外正内负的状态,称为
58. 在静息电位基础上膜内电位负值增大,称为
59. 在静息电位基础上膜内电位负值减小,称为

(60~62 题共用备选答案)

- A. Na^+ 通道开放,产生净 Na^+ 内流 B. Na^+ 通道开放,产生净 Na^+ 外流
- C. Na^+ 通道开放,但不产生净 Na^+ 流动 D. K^+ 通道开放,但不产生净 K^+ 流动

E. 膜两侧 K^+ 浓度梯度为零

*60. 膜电位突然由静息电位改变为 $0mV$ 时

*61. 膜电位等于 K^+ 平衡电位时

*62. 膜电位突然由静息电位去极化至 Na^+ 平衡电位时

(63~64 题共用备选答案)

A. Na^+

B. K^+

C. Ca^{2+}

D. Cl^-

E. H^+

63. 神经细胞静息电位的形成主要与以上哪种离子有关

64. 神经细胞动作电位超射值与以上哪种离子的平衡电位最为接近

【X 型题】

65. 经通道易化扩散完成的生理过程有

A. 静息电位的产生

B. 动作电位去极时相的形成

C. 动作电位复极时相的形成

D. 局部反应的形成

66. 需要细胞本身耗能的是

A. 维持正常的静息电位

B. 达到阈电位时出现大量的 Na^+ 内流

C. 动作电位复极相中的 K^+ 外流

D. 骨骼肌胞浆中 Ca^{2+} 向肌浆网内部聚集

67. 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

68. 关于跨膜转运正确的描述是

A. O_2 与 CO_2 的跨膜转运属于单纯扩散

B. 动作电位去极过程中的 Na^+ 内流属经通道易化扩散

C. 复极过程中的 K^+ 外流属经通道易化扩散

D. Na^+ 的跨膜外移和 K^+ 的内移是主动转运

69. 钠泵的生理作用有

A. 逆浓度差将胞内的 Na^+ 转移到胞外, 同时将胞外的 K^+ 移到胞内

B. 与静息电位的维持无关

C. 建立离子势能储备

D. 维持细胞内正常的渗透压

70. 参与小肠吸收葡萄糖的物质转运方式有

A. 通道介导的易化扩散

B. 载体介导的易化扩散

C. 原发性主动转运

D. 继发性主动转运

71. 记录静息电位和动作电位时

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

72. 局部兴奋

A. 具有“全或无”特征

B. 具有电紧张电位的特征

C. 可产生时间总和

D. 可产生空间总和

73. 动作电位在单一神经纤维上传导的特点有

A. 双向传导

B. 不随距离延长而衰减

C. 可以总和

D. 相对不疲劳

74. 可以通过幅度变化、总和效应在细胞上实现信号整合的电活动有
- 动作电位
 - 静息电位
 - 终板电位
 - 突触后电位
75. 利用生理学或药理学手段增加细胞膜对钠和钾的通透性比值(P_{Na}/P_K), 细胞将
- 发生去极化
 - 发生超极化
 - 不影响细胞的静息电位
 - 可能发生局部电位
76. 动作电位“全或无”特点是指
- 阈下刺激不引发动作电位
 - 阈刺激刚能引起动作电位
 - 一旦产生其幅度即达最大
 - 阈上刺激不能使动作电位幅度继续增大
- *77. 质膜上的电压门控 Na^+ 通道或 Ca^{2+} 通道打开后, 肌细胞的膜电位
- 将向该离子的平衡电位移动
 - 胞内负值将减小
 - 将远离钾离子的平衡电位
 - 将发生去极化

三、简答题

- 单纯扩散和易化扩散有何异同? 请举例说明。
- 经载体和经通道易化扩散有何异同?
- 原发性主动转运和继发性主动转运有何异同? 请举例说明。
- 钠泵的化学物质和功能是什么? 其活动有何生理意义?
- 葡萄糖跨膜转运的方式有哪些? 请举例说明。
- 简述静息电位的影响因素。
- 简述动作电位的特征。
- 举例说明何谓局部兴奋? 局部兴奋与动作电位比较有何特点?
- 试述动作电位在单一细胞上的传导机制。
- 可兴奋细胞发生兴奋后, 其兴奋性有何变化? 各期与动作电位有何对应关系?
- 用细胞外电极给予神经纤维直流电刺激时, 兴奋首先是出现在正极还是负极所接触的细胞膜? 为什么?

四、思考题

1. 如图 2-1 所示, A 和 B 两种不同的物质从细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧进行转运, 各自转运速率随底物浓度增加而表现出不同的特征。请根据这一特征, 推测 A 物质和 B 物质各属于哪一种跨膜转运方式, 并说明理由 (V_{max} , 最大转运速率)。

2. 细胞外液中的 K^+ 浓度对细胞的静息电位有显著影响。请根据 Nernst 方程:

$$E_x = 61.5 \lg [X^+]_o / [X^+]_i \text{ (mV)}$$

和下表 2-2 给出的哺乳动物骨骼肌细胞内外离子浓度的有关数据:

(1) 计算出正常的 Na^+ 平衡电位和 K^+ 平衡电位 (保留整数), 指出实际测得的静息电位 (表中所给值) 更接近哪种离子的平衡电位?

(2) 当细胞外液 K^+ 浓度由 4mM 增加到 5mM 时 K^+ 平衡电位将改变为多少? 这时细胞的静息

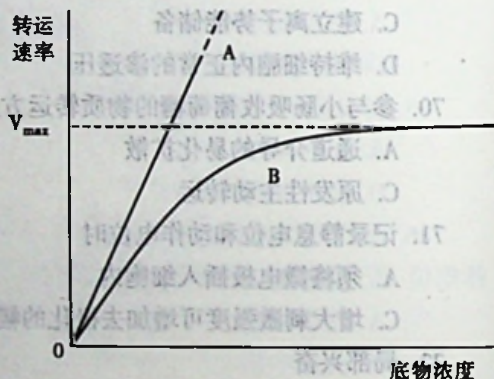


图 2-1 浓度对 A 和 B 两种物质跨膜转运速率的影响

电位将如何变化,是发生去极化还是超极化?此时细胞的兴奋性将如何改变?

表 2-2 哺乳动物骨骼肌细胞内外 Na^+ 和 K^+ 浓度及有关电位(温度: 37°C)

离子(X)	胞外浓度 $[\text{X}]_o$ (mM)	胞内浓度 $[\text{X}]_i$ (mM)	平衡电位 (mV)	静息电位 (mV)
Na^+	145	12		-90
K^+	4	155		

参考答案与题解

一、名词解释

1. 易化扩散:指在膜蛋白的帮助(或介导)下,非脂溶性的小分子物质或带电离子顺浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运。

2. 主动转运:指某些物质在膜蛋白的帮助下,由细胞代谢供能而进行的逆浓度梯度和(或)电位梯度跨膜转运。

3. 继发性主动转运:有些物质主动转运所需的驱动力并不直接来自 ATP 的分解,而是利用原发性主动转运所形成的某些离子浓度梯度,在这些离子顺浓度梯度扩散的同时使其他物质逆浓度梯度和(或)电位梯度跨膜转运,这种间接利用 ATP 能量的主动转运的过程称为继发性主动转运。

4. 静息电位:指安静情况下细胞膜两侧存在的外正内负且相对平稳的电位差。

5. 去极化:指静息电位减小的过程或状态,表示膜的极化状态减弱。例如,细胞内电位由 -70mV 变为 -50mV 。

6. 超极化:指静息电位增大的过程或状态,表示膜的极化状态增强。例如,细胞内电位由 -70mV 变为 -90mV 。

7. 动作电位:指细胞在静息电位基础上,接受有效刺激后产生的一个迅速的可向远处传播的膜电位波动。

8. 电化学驱动力:细胞膜两侧的离子浓度差和电位差均可推动带电离子跨膜扩散,电位差和浓度差两个驱动力的代数和称为离子的电化学驱动力。驱动力愈大,通道开放后离子跨膜转运的速率愈高。

9. 阈电位:指能触发动作电位的膜电位临界值。细胞的阈电位一般比静息电位小 $10\sim 20\text{mV}$ 。

10. 绝对不应期:指在兴奋发生后的最初一段时间内,无论施加多强的刺激也不能使细胞再次兴奋,这段时间称为绝对不应期。

二、选择题

【 A_1 型题】

1. A 2. E 3. D 4. C 5. C 6. D 7. D 8. C 9. D 10. D
11. A 12. A 13. D 14. A 15. B 16. B 17. D 18. A 19. B 20. A
21. C 22. D 23. C 24. C 25. E 26. D 27. D 28. D 29. D 30. D
31. A 32. E 33. B 34. A 35. C 36. E 37. A 38. D 39. B

【 A_2 型题】

40. C 41. C 42. B 43. A 44. B 45. D 46. B 47. A 48. B 49. E
50. B 51. C 52. D

【B型题】

53. A 54. D 55. E 56. E 57. E 58. D 59. A 60. A 61. D 62. C
63. B 64. A

【X型题】

65. ABCD 66. AD 67. ABD 68. ABCD 69. ACD 70. BCD 71. AB
72. BCD 73. ABD 74. CD 75. AD 76. ABCD 77. ABCD

难题解析:

19. 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,细胞内负值将减小,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细胞内负值增大,细胞膜发生超极化。

20. 根据电压门控离子通道的电压依赖性和时间依赖性特征,当神经纤维的膜电位由静息水平突然上升并固定到 0mV 水平时,这种强烈的去极化可以有效地激活电压门控钠通道和电压门控钾通道。由于电压门控钠通道激活较快,故首先出现 Na^+ 介导的内向电流。随之,电压门控钠通道进入失活状态,内向电流减小,而同时电压门控钾通道逐渐激活并持续保持,故全细胞电流由 Na^+ 介导的内向电流逐渐转为由 K^+ 介导的外向电流。

21. Na^+ 的电化学驱动力是由膜两侧 Na^+ 浓度差和电位差决定的,可以用膜电位(E_m)和 Na^+ 平衡电位(E_{Na})的差值即 $E_m - E_{\text{Na}}$ 表示,差值愈大则驱动力愈大。在动作电位发生期间, E_m 经历了从静息电位(如 -70mV)去极化到超射水平(如 $+30\text{mV}$)而后又复极化回到静息电位的变化过程,而 E_{Na} (如 $+60\text{mV}$)则基本不变(每次进入胞内的 Na^+ 只占总量的几万分之一,基本不改变膜两侧的 Na^+ 离子浓度差)。因此,在动作电位刚发生时, $E_m - E_{\text{Na}} = -70\text{mV} - (+60\text{mV}) = -130\text{mV}$, Na^+ 驱动力较大;当动作电位去极化到 $+30\text{mV}$ 的超射水平时, $E_m - E_{\text{Na}} = +30\text{mV} - (+60\text{mV}) = -30\text{mV}$, Na^+ 驱动力明显减小;当膜电位复极化完全回到静息电位水平后, Na^+ 驱动力则又回复到原先较大的水平,即 $E_m - E_{\text{Na}} = -70\text{mV} - (+60\text{mV}) = -130\text{mV}$ 。

26. 一般来说,静息电位的大小主要与 K^+ 的平衡电位有关,动作电位的大小则与 Na^+ 的平衡电位有关。正常生理情况下, $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵活动维持了正常的细胞膜两侧的 K^+ 和 Na^+ 的浓度差,从而使各自平衡电位保持正常,使静息电位大小和动作电位幅度大小保持在正常水平。当 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵受到低温、缺氧或代谢抑制剂影响而活动减弱时,膜两侧 K^+ 浓度差的逐渐减小,将使 K^+ 平衡电位随之下降,从而使静息电位下降;膜两侧 Na^+ 浓度差的逐渐减小,将使 Na^+ 平衡电位减小,从而使动作电位幅度减小。同时, Na^+ 泵活动受到抑制,其生电作用也立即消失,可直接使静息电位减小。

35. 同时刺激神经纤维的两端,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,动作电位的传导是兴奋部位和邻近安静部位之间产生局部电流,在此局部电流作用下,使邻近安静部位不断进入兴奋的结果。局部电流的产生需要两个部位存在电位差;邻近安静部位细胞膜进入兴奋必须保持正常的兴奋性,才能当膜电位达到阈电位时发生动作电位。同时刺激神经纤维两端产生的两个动作电位向中点传导的结果,将使两个邻近部位同时出现兴奋,由于两者之间电位差相等,不会出现局部电流;而且一个部位兴奋后,其具有的绝对不应期也将使另一个兴奋不能通过。

39. 空间常数是描述电紧张电位空间分布特征即扩布范围的参数,是指膜电位衰减至最大值的 37% 时所扩布的空间距离。空间常数主要受膜电阻和轴向电阻的影响,增大膜电阻(如有髓纤维)或减小轴向电阻(如加大直径)可使空间常数加大,这有利于动作电位传导速度的加快。当神经轴突丧失髓鞘后,膜电阻减小,因而空间常数减小,这将使动作电位传导速度大大下降。

46. 可兴奋细胞发生兴奋后,有一段时间无论施加多强的刺激也不能使细胞再次兴奋,这段时间称为绝对不应期。神经干由许多神经纤维组成,各自的兴奋性不同,不应期长短也不同。当逐渐减小两个刺激的间隔时间时,后一个刺激就有可能落在前一个刺激引起的部分神经纤维动作电位的绝对不应期中,从而使这部分神经纤维动作电位消失,神经干动作电位幅度也就随之而降低;当两个刺激的刺激间隔越来越小时,后一个刺激将落在更多神经纤维的不应期内,因而神经干动作电位幅度将越来越低;直到后一个刺激落在所有神经纤维的不应期内时,第二个刺激引起的神经干动作电位便会完全消失。

47. 离子的电化学驱动力可以用实际膜电位与离子平衡电位的差值($E_m - E_i$)表示,差值愈大,电化学驱动力就愈大,差值的正负则决定离子跨膜流动的方向。在动作电位的去极化过程中,随着细胞内负值的减小(如从 -70mV 改变为 $+30\text{mV}$),膜电位与 Na^+ 平衡电位(如 $E_{\text{Na}} = +60\text{mV}$)的差值将逐渐变小(同 21 题),与 K^+ 平衡电位(如 $E_{\text{K}} = -90\text{mV}$)的差值将逐渐增大。因此,神经纤维动作电位发生去极化的过程中, Na^+ 的内向驱动力将逐渐减小, K^+ 的外向驱动力则逐渐增大。

52. 细胞静息电位水平受到膜两侧 K^+ 浓度的影响,根据 Nernst 方程,当胞外 K^+ 浓度升高时,将使膜内电位负值减小,即膜发生去极化。中度高钾将引起膜较明显的去极化,此时细胞膜上电压门控 K^+ 通道开放增加, K^+ 电导增大。当膜持续处于较明显的去极化状态时,由于电压门控 Na^+ 通道失活的比例增大,造成可利用的 Na^+ 通道(处于静息状态的 Na^+ 通道)数量减少,从而导致 Na^+ 电导减小,膜兴奋性下降,这种情况下患者常常表现有感觉麻木、全身肌肉乏力等症状。

60-62. 通道是否开放取决于膜电位的变化,通道开放后离子是否流动和如何流动则取决于离子受到的电化学驱动力。当某离子的电-化学驱动力为零时,即使通道开放,也没有离子的跨膜净移动,此时的跨膜电位即为该离子的平衡电位。所以,当膜电位突然由静息电位改变为 0mV 时,发生的去极化可使细胞膜上电压门控钠通道大量激活,由于此时 Na^+ 受到内向驱动力的作用,因此产生净 Na^+ 内流;当膜电位突然去极化至 Na^+ 平衡电位时,虽然 Na^+ 通道由于去极化而开放,但由于 Na^+ 的电-化学驱动力为零,因此也不产生净 Na^+ 流动;同理,当膜电位等于 K^+ 平衡电位时,即使这时(安静情况)膜对 K^+ 就具有通透性,但由于电-化学驱动力为零,因此不产生净 K^+ 流动。

77. 离子电化学驱动力可以用膜电位和离子平衡电位的差值表示。在静息状态下,膜电位总是接近而略小于 K^+ 的平衡电位,同时远离 Na^+ 和 Ca^{2+} 的平衡电位,故安静时 Na^+ 和 Ca^{2+} 的电化学驱动力明显大于 K^+ ;当质膜上的电压门控 Na^+ 通道或 Ca^{2+} 通道打开后, Na^+ 或 Ca^{2+} 会在各自驱动力推动下出现内流,引起胞内负电位的减小,即去极化,膜电位向 Na^+ 或 Ca^{2+} 的平衡电位移动,而远离 K^+ 的平衡电位。

三、简答题

1. 单纯扩散和易化扩散有何异同? 请举例说明。

答:单纯扩散和易化扩散都属于被动转运,本身都不需要消耗能量,是物质分子顺浓度梯度和(或)电位梯度跨膜转运的过程。不同点在于:单纯扩散属于一种简单的物理过程,没有生物学转运机制参与,转运的物质是脂溶性物质或少数不带电荷的极性小分子物质,如 CO_2 、 O_2 、乙醇、尿素、甘油和水等。易化扩散转运的是非脂溶性的小分子物质或带电离子,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,易化扩散可分为经通道和经载体两种类型。经通道易化扩散转运的是各种离子,通道打开时离子在电化学驱动力的作用下经通道中央的水相孔道跨膜扩散。依控制通道开闭的因素可将通道分为电压、化学和机械门控通道,如神经轴突膜上的电压门控 Na^+ 通道、终板膜上的 N 型 ACh 门控通道等。经载体易化扩散时,底物要与载体蛋白结合,借助载体构象

改变实现跨膜转运,如一般组织细胞膜上的葡萄糖载体和氨基酸载体。

2. 经载体和经通道易化扩散有何异同?

答:见表 2-3。

表 2-3 经载体和经通道易化扩散的比较

	经载体易化扩散	经通道易化扩散
相同点	① 顺浓度差和(或)电位差 ② 被动转运,不消耗 ATP ③ 均需膜蛋白协助	
不同点		
• 膜蛋白种类	载体蛋白	通道蛋白
• 转运速率	慢($10^3 \sim 10^5/s$)	快($10^6 \sim 10^8/s$)
• 选择性	高	相对较差
• 饱和性	有	无
• 门控特性	无	大多数有

3. 原发性主动转运和继发性主动转运有何异同? 请举例说明。

答:原发性主动转运和继发性主动转运都是借助膜上的载体蛋白、逆着电-化学梯度将底物进行跨膜转运的,两者都要消耗能量。不同点在于:原发性主动转运的载体蛋白(也称泵蛋白)其本质是 ATP 酶,可以将结合的 ATP 进行水解,产生的能量直接用于底物的主动转运,如 Na^+-K^+ 泵、 Ca^{2+} 泵和质子泵等。继发性主动转运的载体(也称共转运体)本身不是 ATP 酶,其主动转运所需能量不是直接来自 ATP 的水解,而是来自原发性主动转运所形成的某些离子的浓度梯度,如钠泵活动形成的膜两侧 Na^+ 浓度差。当这些共转运体在离子浓度差推动下将结合的离子顺浓度梯度转运时,也同时将结合的其他底物逆浓度差完成跨膜转运,如 Na^+ -葡萄糖同向转运、 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换、 Na^+-H^+ 交换等。

4. 钠泵的化学本质和功能是什么? 其活动有何生理意义?

答:见知识要点。

5. 葡萄糖跨膜转运的方式有哪些? 请举例说明。

答:主要有以下两种方式:①载体介导的易化扩散:如细胞外葡萄糖顺浓度梯度进入细胞内,这一过程就是在葡萄糖转运体的协助下完成的;②继发性主动转运:如葡萄糖在小肠黏膜上皮细胞的吸收和在近端肾小管上皮细胞的重吸收都是通过 Na^+ -葡萄糖同向转运体实现的,其中 Na^+ 顺浓度梯度进入细胞,同时将葡萄糖逆浓度梯度转运至胞内。

6. 简述静息电位的影响因素。

答:见知识要点。

7. 简述动作电位的特征。

答:见知识要点。

8. 举例说明何谓局部兴奋? 局部兴奋与动作电位比较有何特点?

答:局部兴奋是组织受到阈下刺激后,由细胞膜上少量 Na^+ 通道激活产生的去极化膜电位波动。例如,发生在肌细胞终板膜上的终板电位和神经元突触后膜上的兴奋性突触后电位等。与动

作电位比较,局部兴奋的特点见知识要点。

9. 试述动作电位在单一细胞上的传导机制。

答:见知识要点。

10. 可兴奋细胞发生兴奋后,其兴奋性有何变化?各期与动作电位有何对应关系?

答:可兴奋细胞发生兴奋后,兴奋性会顺序发生一系列周期性变化(见知识要点)。各期与动作电位的对应关系是:①绝对不应期:相当于动作电位锋电位的持续时间。②相对不应期:相当于去极化后电位前半部分所占时间。③超常期:相当于去极化后电位后半部分所占时间。④低常期:相当于动作电位的超极化后电位出现的时段。

11. 用细胞外电极给予神经纤维直流电刺激时,兴奋首先是出现在正极还是负极所接触的细胞膜?为什么?

答:以直流电刺激神经纤维时,动作电位首先出现在负极下方的细胞膜。细胞膜具有电容特性,静息状态下膜外侧带正电荷,内侧带负电荷。当用直流电刺激神经纤维时,正极下方的膜外表面由于正电荷的聚集,将使该部位膜发生超极化;负极下方的细胞膜则由于负离子的聚集使细胞膜外表面原有的正电荷被中和,从而使膜两侧的极化程度减小,甚至发生反极化。

四、思考题

1. 答:根据题意,图中的A和B两种物质都属于不耗能的被动转运。物质跨膜被动转运的形式包括单纯扩散和易化扩散两类。单纯扩散是脂溶性物质或少数水溶性小分子物质直接穿过脂质分子间隙从质膜的高浓度一侧向低浓度一侧进行的跨膜转运,没有膜蛋白的参与,属于一种简单的物理过程,其转运速率主要决定于被转运物质在膜两侧的浓度差和膜对该物质的通透性。膜对脂溶性物质的通透性很高,这时浓度差愈大,单位时间内物质扩散的量就愈多,可随物质浓度增加而线性增加。图中显示,A物质随浓度增加转运速率呈线性增加,符合单纯扩散的特征。易化扩散是非脂溶性的小分子物质或带电离子在膜蛋白的帮助下,从质膜高浓度一侧向低浓度一侧进行的跨膜转运。根据介导的蛋白质不同,易化扩散可分为经通道和经载体两种类型。经通道易化扩散转运的是各种离子,通道打开时离子经通道中央的水相孔道跨膜扩散。其转运速率与通道是否打开和打开后膜两侧离子受到的电化学驱动力大小有关。如果通道开放的数量不变,通道的开放概率不变,离子转运速率就会随电化学驱动力增加而增加。因此,图中A物质也可以是离子经通道的易化扩散。经载体易化扩散时,底物如葡萄糖要与载体蛋白上的结合位点结合后,通过载体构象改变实现跨膜转运,因此经载体的易化扩散转运速率较经通道转运为慢。此外,载体介导的易化扩散与单纯扩散和经通道易化扩散相比,最重要的一个特征就是具有饱和现象,即当被转运的底物浓度增加到一定程度时,底物的扩散速度便达到最大值(如图中B物质转运速率曲线上的 $V_{\max}$),不再随底物浓度增加而增大。这是因为,膜上载体的数量、载体上的结合位点以及载体构象变化的速率都有限的缘故,当底物浓度增加到一定程度后,所有载体或结合位点都被占用,构象变化的速率也达到极限,这时底物的转运速率便达到最大值,不再随底物浓度增加而增大。图中可见,B物质转运具有饱和现象,因而属于经载体的易化扩散。

2. 答:(1)根据Nernst方程和已知的细胞内外离子浓度,计算所得 Na^+ 平衡电位为 $+67\text{mV}$, K^+ 平衡电位为 -98mV 。显然,静息电位(表中所给值 -90mV)更接近 K^+ 平衡电位。

(2)当细胞外液钾离子浓度由 4mM 增加到 5mM 时 K^+ 平衡电位将减小为 -92mV ,这时细胞的静息电位将随着 K^+ 平衡电位减小而减小,使细胞发生去极化。当膜发生轻度去极化时,由于膜电位距离阈电位水平更接近,细胞的兴奋性将会增大。

(封启龙 祁金顺)

第二节 细胞的信号转导

学习目标

1. 掌握 信号转导的概念(信号分子、信使分子、信号转导通路)、G 蛋白耦联受体介导的信号转导(主要的信号蛋白、第二信使、信号转导通路)。
2. 熟悉 离子通道型受体介导的信号转导、酶联型受体介导的信号转导、核受体介导的信号转导。
3. 了解 信号转导的生理意义、招募型受体介导的信号转导。

知识要点

一、信号转导概述

1. 信号转导的概念 信号转导是指生物学信息(兴奋或抑制)在细胞间或细胞内转换和传递,产生生物效应的过程。通常指跨膜信号转导,即生物活性物质(激素、神经递质和细胞因子等)通过受体或离子通道的作用而激活或抑制细胞功能的过程。信号分子是指参与完成细胞间信号通讯或细胞内信号转导的化学物质,信使分子是专司生物信息携带功能的小分子物质,信号转导通路指完成细胞间或细胞内生物信息转换和传递的信号分子链。

2. 信号转导的生理意义 细胞的信号转导本质上就是细胞和分子水平的功能调节,是机体生命活动中生理功能调节的基础。信号转导中的信号指的是生物学信号,即带有生物学意义的刺激信号;信号转导的结果即生物效应(反应)。

3. 主要的信号转导通路 受体是指细胞中具有接受和转导信息功能的蛋白质,分布于细胞膜中的受体称为膜受体,位于胞质内和核内的受体则分别称为胞质受体和核受体。凡能与受体发生特异性结合的活性物质则称为配体。根据参与介导的配体和受体的不同,信号转导分为两类:一类是水溶性配体或物理信号作用于膜受体而产生效应,涉及由离子通道型受体、G 蛋白耦联受体、酶联型受体和招募型受体介导的信号转导;另一类是脂溶性配体直接与胞质受体或核受体结合通过影响基因表达而产生效应。另外,在细胞内还存在直接由细胞内功能区隔触发或传播的信号转导通路,如内在分泌的作用。

二、离子通道型受体介导的信号转导

离子通道型受体或称促离子型受体,由配体结合部位和离子通道两部分所组成,受化学信号分子、电信号和机械信号激活后产生跨膜离子电流而改变细胞的功能,所涉及的离子通道分别称为化学门控通道、电压门控通道和机械门控通道。

三、G 蛋白耦联受体介导的信号转导

(一) 主要的信号蛋白和第二信使

G 蛋白耦联受体介导的信号转导所涉及的信号分子包括多种信号蛋白和第二信使,信号蛋白

主要包括 G 蛋白耦联受体、G 蛋白、G 蛋白效应器和蛋白激酶等。

1. G 蛋白耦联受体 G 蛋白耦联受体是指激活后作用于与之耦联的 G 蛋白,然后引发一系列以信号蛋白为主的级联反应而完成跨膜信号转导的一类受体。G 蛋白耦联受体所触发的信号蛋白之间的相互作用主要是一系列生物化学反应过程,故也称促代谢型受体。

(1) 配体种类:包括儿茶酚胺、5-羟色胺、乙酰胆碱、氨基酸类递质以及几乎所有的多肽和蛋白质类递质和(或)激素(钠尿酸家族除外),还有光子、嗅质和味质等。

(2) 分子结构特征:由形成 7 个跨膜区段单条多肽链构成(故又称 7 次跨膜受体),每个跨膜区段由高度保守的 20~27 个氨基酸残基构成 α -螺旋结构。其位于胞外的 N 末端或跨膜区形成配体结合域,位于胞内侧的 C 末端和连接跨膜区段的胞内环形成 G 蛋白结合域,受体被配体激活后,通过改变分子构象而结合并激活 G 蛋白。

2. G 蛋白 G 蛋白是鸟苷酸结合蛋白的简称,是 G 蛋白耦联受体联系胞内信号通路的关键膜蛋白,存在于细胞膜的内侧面。

(1) 种类和组成:有直接受 G 蛋白耦联受体激活的异三聚体 G 蛋白,以及不直接受 G 蛋白耦联受体激活的小 G 蛋白和转录因子。异三聚体 G 蛋白由 α 、 β 和 γ 三个亚单位构成, α 亚单位是 G 蛋白主要的功能亚单位,既能结合 GTP 或 GDP,又有 GTP 酶活性;而 β 和 γ 亚单位通常形成功能复合体发挥作用。根据 α 亚单位基因序列的同源性及其功能,可将 G 蛋白分为 G_s 、 G_i 、 G_q 和 G_{12} 等类,每类又可分为多种亚类。

(2) 分子开关作用:三聚体 G 蛋白与 GDP 结合为失活态,与 GTP 结合为激活态,失活态和激活态的相互变换即发挥分子开关作用。也就是 G 蛋白耦联受体被细胞外信号分子激活时,失活态的 G 蛋白释放 GDP 而结合 GTP,转变为激活态 G 蛋白导通信号转导通路;继之, α 亚单位的 GTP 酶活性水解 GTP 为 GDP,并与之结合形成失活态 G 蛋白则中断信号的转导。

3. G 蛋白效应器 G 蛋白效应器是指 G 蛋白直接作用的靶标,包括效应器酶、膜离子通道以及膜转运蛋白等。主要的效应器酶有腺苷酸环化酶(AC)、磷脂酶 C(PLC)、磷脂酶 A_2 (PLA₂)和磷酸二酯酶(PDE)等。

4. 第二信使 是激素、神经递质、细胞因子等细胞外信使分子(第一信使)作用于膜受体后产生的细胞内信使分子,一般指由 G 蛋白激活的效应器酶再分解细胞内底物而产生的小分子物质。

(1) 种类:环-磷酸腺苷(cAMP)、三磷酸肌醇(IP₃)、二酰甘油(DG)、环-磷酸鸟苷(cGMP)、Ca²⁺、花生四烯酸(AA)及其代谢产物等。

(2) 主要作用:调节各种蛋白激酶和离子通道,通过产生以靶蛋白磷酸化和构象改变为特征的级联反应、调控基因表达、改变膜电位,进而导致细胞功能的改变。

5. 蛋白激酶 是一类将 ATP 分子上的磷酸基团转移到底物蛋白而产生蛋白磷酸化的酶类。被磷酸化的蛋白质因生物学特性变化而触发磷酸化级联反应或直接改变蛋白质功能,并影响细胞的功能。由第二信使激活的蛋白激酶常称为第二信使依赖性蛋白激酶,如 cAMP 依赖性蛋白激酶即蛋白激酶 A(PKA)、Ca²⁺ 依赖性蛋白激酶即蛋白激酶 C(PKC)等。

(二) 常见的信号转导通路

G 蛋白耦联受体介导的信号转导通路包括 AC-cAMP、PLC-IP₃ 和 DG、Ca²⁺ 通路,以及 PLA₂、PDE、调节离子通道等通路。其特点是转导过程较慢,信号分子作用的空间范围大,并具有明显的信号放大效应。

1. 受体-G 蛋白-AC-cAMP-PKA 通路 也称 cAMP 第二信使系统。参与该通路的 G 蛋白有 G_s 和 G_i 两类,其中激活态 G_s 能激活 AC,进而催化胞内的 ATP 分解生成 cAMP,提高胞质内 cAMP

水平;但激活态 G_i 则抑制 AC 活性,降低胞质内 cAMP 水平。cAMP 主要通过激活 cAMP 依赖的 PKA,以丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶方式,将 ATP 分子的磷酸根转移到底物蛋白的丝氨酸和苏氨酸残基上(磷酸化反应),进而使酶、通道、受体和转录因子等活性发生改变,调节细胞的功能。

2. 受体-G蛋白-PLC- IP_3 - Ca^{2+} 和 DG-PKC 通路 也称 IP_3 和 DG 第二信使系统。该类受体通常与 G_q 或 G_{12} (G_{11} 、 G_{12} 和 G_{13}) 耦联而激活 PLC,PLC 再分解膜脂质中的磷脂酰肌醇(PIP_2)为 IP_3 和 DG。 IP_3 是小分子水溶性物质,扩散入胞质后激活内质网或肌质网等非线粒体 Ca^{2+} 库膜中的 IP_3 受体(IP_3R),后者作为化学门控的钙释放通道引起胞内 Ca^{2+} 库释放 Ca^{2+} ,使胞质中 Ca^{2+} 浓度升高,进而启动 Ca^{2+} 信号系统而产生众多 Ca^{2+} 依赖的生理效应。DG 属于脂溶性物质,生成后与 Ca^{2+} 和膜中的磷脂酰丝氨酸一起,在膜的内侧面结合并激活胞质中的 PKC,后者再磷酸化下游蛋白而发挥生理功能。PKC 属于丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶,有多种亚型,激活后使底物蛋白磷酸化可产生多种生物效应。

3. Ca^{2+} 信号系统 上述 IP_3 触发从胞内钙库释放 Ca^{2+} ,以及经电压门控或化学门控通道进入胞质的 Ca^{2+} ,不仅可影响膜电位,更重要的是作为第二信使,通过与胞内多种底物蛋白相结合而发挥作用,参与多种胞内信号转导过程。胞内能与 Ca^{2+} 结合的蛋白统称为钙结合蛋白(CaBP),包括肌钙蛋白、雷诺丁受体、PKC 等,最重要的是钙调蛋白(CaM),可形成 Ca^{2+} -CaM 复合物产生多种生理调节功能,并激活 Ca^{2+} -CaM 依赖的蛋白激酶(CaMK)、蛋白磷酸酶如钙调磷酸酶、AC、PDE 等,产生更广泛的生物效应。近年来应用 Ca^{2+} 成像技术观察到钙火花等细胞内微区域 Ca^{2+} 信号呈现时多样性,可能为 Ca^{2+} 信号实现各种复杂信息的准确有效传递提供了解释。

四、酶联型受体介导的信号转导

酶联型受体是指其自身就具有酶的活性或能与酶结合的膜受体。这类受体的结构特征是每个受体分子只有一个跨膜区段,其胞外结构域含有可结合配体的部位,而胞内结构域则具有酶的活性或含能与酶结合的位点。这类受体的主要类型有酪氨酸激酶受体、酪氨酸激酶结合型受体、鸟苷酸环化酶受体和丝氨酸/苏氨酸激酶受体,涉及神经营养因子受体、生长因子受体和细胞因子受体等。

五、招募型受体介导的信号转导

招募型受体也是单个跨膜受体,受体分子的胞内域没有任何酶的活性,故不能进行生物信号的放大。但招募型受体的胞外域一旦与配体结合,其胞内域即可在胞质侧招募激酶或转接蛋白(adaptor protein),激活下游不涉及经典第二信使的信号转导通路,如细胞因子受体介导的 JAK-STAT 信号通路等,它主要调控造血细胞及免疫细胞的功能。主要配体是细胞因子等。

六、核受体介导的信号转导

通常把细胞内的受体统称为核受体,是激素调控特定蛋白质转录的一大类转录调节因子,包括类固醇激素受体、维生素 D₃ 受体、甲状腺激素受体和维甲酸受体等。核受体为多肽单链,含有激素结合域、DNA 结合域、转录激活结合域和铰链区等功能区段。核受体一般处于静止状态,需活化后才能与靶基因 DNA 中称为激素反应元件(HRE)的特定片段结合,调控其转录过程。参与胞质中类固醇激素受体活化的主要是称为分子伴侣的蛋白质,如 HSP90、HSP70 等热休克蛋白。它们能使受体锚定在胞质中,并遮盖受体的 DNA 结合域,使之不能发挥作用(非 DNA 结合型受体)。当类固醇激素进入胞质与受体结合形成激素-受体复合物后,核受体便与热休克蛋白解离,核受体域

内的核转位信号暴露,激素-受体复合物即转位至核内,再以二聚体形式与核内靶基因上 HRE 结合(DNA 结合型受体),从而调节靶基因转录并表达特定的蛋白质产物,引起细胞功能改变。核受体由非 DNA 结合型转变为 DNA 结合型即为核受体的活化。

复习思考题

一、名词解释

1. signal transduction
2. G protein-linked receptor
3. second messenger
4. enzyme-linked receptor

二、选择题

【A₁型题】

1. cAMP 作为第二信使主要是激活

- A. AC B. PLC C. PKA D. PKC E. PKG

2. 细胞内能使蛋白质磷酸化的酶是

- A. 磷脂酶 C B. 蛋白激酶 C. 磷酸二酯酶
D. 乙酰胆碱酯酶 E. 蛋白磷酸酶

3. 细胞膜结构中,促使磷脂酰肌醇分解生成 IP₃ 和 DG 的物质是

- A. 磷脂酶 C B. 乙酰胆碱酯酶 C. 蛋白激酶 C
D. 腺苷酸环化酶 E. 磷酸二酯酶

4. 生长因子一般作用于生长因子受体而激活

- A. 招募型受体介导的信号转导通路 B. 核受体介导的信号转导通路
C. 离子通道型受体介导的信号转导通路 D. 酶联型受体介导的信号转导通路
E. G 蛋白耦联受体介导的信号转导通路

5. 促离子型受体是指

- A. 电压门控通道 B. 离子通道型受体
C. G 蛋白耦联受体 D. 化学门控通道
E. N₂ 型 ACh 受体阳离子通道

6. 7 次跨膜受体是指

- A. 离子通道型受体 B. G 蛋白耦联受体 C. 酶联型受体
D. 招募型受体 E. 核受体

*7. 与细胞因子跨膜信号转导有关的受体主要是

- A. 促离子型受体 B. 促代谢型受体 C. 鸟苷酸环化酶受体
D. 招募型受体 E. 核受体

8. 激素反应元件是指

- A. 核受体的一个功能区段 B. 热休克蛋白
C. 靶基因 DNA 的特定片段 D. 称为分子伴侣的蛋白质
E. 激素-受体复合物

9. G_i 蛋白

- A. 是一种单跨膜蛋白质
B. 可抑制 AC 的活性
C. 可结合 ATP
D. 可与酪氨酸激酶受体结合
E. 可结合 ADP
10. 通过激活 cGMP-PKG 通路而产生生物效应的气体信号分子是
A. O_2 B. CO_2 C. NH_3 D. N_2 E. NO

【A₂型题】

- *11. 已能够通过胞内成像技术观察其细胞内微区域时空特性的第二信使物质是
A. cGMP B. cAMP C. AA D. DG E. Ca^{2+}
- *12. 研究发现,糖皮质激素可以作用于神经元的细胞膜而影响其功能,可见类固醇激素调控靶细胞功能的机制
A. 主要是膜受体机制
B. 主要是核受体机制,也有膜受体机制
C. 主要是膜受体机制,也有核受体机制
D. 是热休克蛋白机制
E. 仅有核受体机制

13. 几乎所有的多肽和蛋白质类神经递质和(或)激素都是 G 蛋白耦联受体的配体,但钠尿肽家族的受体是

- A. 促离子型受体 B. 促代谢型受体 C. 酶联型受体
D. 招募型受体 E. 核受体

14. GTP 的结合能激活 G 蛋白的信号转导作用,而中断 G 蛋白信号转导作用的是

- A. cGMP B. cAMP C. GDP D. ATP E. Ca^{2+}

【B₁型题】

(15~17 题共用备选答案)

- A. 离子通道型受体 B. G 蛋白耦联受体 C. 酶联型受体
D. 招募型受体 E. 核受体

15. 视紫红质属于

16. 甲状腺激素受体属于

17. 一氧化氮受体属于

【X 型题】

18. 细胞的信号转导通路包括

- A. 核受体介导的信号转导通路
B. 离子通道型受体介导的信号转导通路
C. 招募型受体介导的信号转导通路
D. 酶联型受体、G 蛋白耦联受体介导的信号转导通路

*19. 下列物质中可以作为第二信使的有

- A. IP_3 B. 二酰甘油
C. Ca^{2+} 和钙调蛋白 D. cAMP

20. 一条完整的 G 蛋白耦联受体介导的信号转导通路应包括

- A. G 蛋白效应器 B. G 蛋白耦联受体
C. 蛋白激酶和 G 蛋白 D. 第二信使

三、简答题

1. 试述跨膜信号转导的主要方式。

2. 试述 G 蛋白耦联受体介导的主要信号转导通路。

四、思考题

试以一种人类疾病为例,说明信号转导通路异常在其发病机制中的作用。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 信号转导:指生物学信息(兴奋或抑制)在细胞间或细胞内转换和传递,并产生生物效应的过程。通常指跨膜信号转导。

2. G 蛋白耦联受体:指激活后作用于与之耦联的 G 蛋白,然后引发一系列以信号蛋白为主的级联反应而完成跨膜信号转导的一类受体。也称促代谢型受体。

3. 第二信使:指激素、神经递质、细胞因子等细胞外信使分子(第一信使)作用于膜受体后产生的细胞内信使分子。

4. 酶联型受体:指其自身就具有酶的活性或能与酶结合的膜受体。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. C 2. B 3. A 4. D 5. B 6. B 7. D 8. C 9. B 10. E

【A₂ 型题】

11. E 12. B 13. C 14. C

【B₁ 型题】

15. B 16. E 17. C

【X 型题】

18. ABCD 19. ABD 20. ABCD

难题解析:

7. 尽管与细胞因子跨膜信号转导有关的受体不能绝对地限定于某一类受体,至少与招募型受体、酶联型受体都有关,但在酶联型受体中主要与酪氨酸激酶受体有关,备选答案中没有出现,故 D 为最佳答案。

11. 近年来应用 Ca^{2+} 成像技术能观察到细胞内微区域 Ca^{2+} 信号,称为 Ca^{2+} 信号的基本单元(elementary unit),如钙火花(calcium spark)等,这些 Ca^{2+} 信号呈现时空多样性,显示了细胞内 Ca^{2+} 信号转导的数字-模拟二元特征,可能为 Ca^{2+} 信号实现各种复杂信息的准确有效传递提供了解释。故 E 为最佳答案。

12. 类固醇激素调控靶细胞功能的机制主要是通过核受体介导的信号转导通路实现,即通过调节靶基因转录并表达特定的蛋白质产物,引起细胞功能改变。这一核受体机制也称“基因组效应”,是一种缓慢的调节。有些类固醇激素还具有激活膜受体产生的快速反应,称“非基因组效应”,故备选答案中 B 最佳。

19. 备选项 C 中 Ca^{2+} 是第二信使,但钙调蛋白不是第二信使,故整项而言不可以作为第二信使。

三、简答题

1. 试述跨膜信号转导的主要方式。

答:根据不同的介导配体和受体,跨膜信号转导的主要方式有两类:一类是水溶性配体或物理

信号作用于膜受体而产生效应,涉及由离子通道型受体、G 蛋白耦联受体、酶联型受体和招募型受体介导的信号转导;另一类是脂溶性配体直接与胞质受体或核受体结合通过影响基因表达而产生效应。各条受体通路的特点为:①离子通道型受体:由配体结合部位和离子通道两部分组成,受化学信号分子、电信号、机械信号激活后产生跨膜离子电流而改变细胞的功能;②G 蛋白耦联受体:是指激活后作用于与之耦联的 G 蛋白,然后引发一系列以信号蛋白为主的级联反应而完成跨膜信号转导的一类受体,该通路所涉及的信号分子包括多种信号蛋白如 G 蛋白耦联受体、G 蛋白、G 蛋白效应器和蛋白激酶,以及第二信使等,可以调控酶、通道、转录因子的活性而改变细胞功能;③酶联型受体:指其自身就具有酶的活性或能与酶结合的膜受体,其结构特征是每个受体分子只有一个跨膜区段,其胞外结构域含有可结合配体的部位,而胞内结构域则具有酶的活性或含能与酶结合的位点,可通过蛋白磷酸化而产生生物效应;④招募型受体:单个跨膜受体的胞内域没有任何酶的活性,激活后主要是胞内域在胞质侧招募激酶或转接蛋白,激活下游不涉及经典第二信使的信号转导通路;⑤核受体:实质上是激素调控特定蛋白质转录的一大类转录调节因子,包括类固醇激素受体、维生素 D₃ 受体、甲状腺激素受体和维甲酸受体等,被激素结合而活化后,能与靶基因 DNA 中称为激素反应元件的特定片段结合,调控其转录过程,改变特定蛋白质的表达,引起细胞功能改变。

2. 试述 G 蛋白耦联受体介导的主要信号转导通路。

答:见知识要点。

四、思考题

试以一种人类疾病为例,说明信号转导通路异常在其发病机制中的作用。

答:①癌症(肿瘤)是与信号转导机制最为密切的人类疾病,其涉及细胞周期的调节和恶性变型的获得,其中各种相关信号转导通路以及相互间的交互作用,可能是决定肿瘤进程的关键。②正常细胞增殖受到刺激和抑制的平衡机制调控,这种平衡受到细胞内、细胞外复杂的生物信号网络的严格调控,肿瘤细胞就是平衡失控导致的。目前已经了解到,细胞外部或内部因素,以及相关基因的不稳定性,即可导致癌基因和抑癌基因的突变,进而使肿瘤细胞获得选择性生长优势并克隆性过度增殖形成肿瘤。③癌基因的非突变形式称作原癌基因,常是细胞信号转导通路中重要信号分子的基因,比如 *ras* 基因是原癌基因的经典范例,所编码的 Ras 蛋白,是一种小 G 蛋白,是转导细胞外多种生长因子特定信息的 Ras-MAPK 通路网络的重要信号分子。研究发现在 40% 的人类肿瘤中 *ras* 基因发生突变,突变后的 Ras 蛋白则在没有细胞外刺激情况下也持续激活信号通路,导致细胞过度增殖。抑癌基因的典型范例是 *p53* 基因,其编码的 p53 蛋白是肿瘤抑制因子和转录因子,在大多数人类肿瘤中失活。④与肿瘤有关的信号转导通路还涉及酪氨酸激酶受体(TKR)如表皮生长因子受体等、丝氨酸/苏氨酸激酶受体如转化生长因子- β 受体等、小 G 蛋白 Rho 家族、细胞周期信号网络,抑癌基因相关的成视网膜细胞瘤基因(Rb)通路、*pten* 基因编码的 PTEN 通路,以及胱冬蛋白酶(caspase)、前抗凋亡蛋白和抗凋亡蛋白的 Bcl-2 家族及 Akt 激酶等。

第三节 肌细胞的收缩

学习目标

1. 掌握 骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递过程和特征、兴奋-收缩耦联的概念和基本步骤。

2. 熟悉 横纹肌细胞的收缩机制、影响横纹肌收缩效能的因素(等长收缩、等张收缩、前负荷、长度-张力关系曲线、最适初长度、后负荷、张力-速度关系曲线、肌肉收缩能力、运动单位、单收缩、强直收缩)。

3. 了解 骨骼肌神经-肌接头的结构特征、横纹肌细胞的结构特征、平滑肌的分类和收缩机制。

知识要点

一、横纹肌

(一) 骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递

1. 骨骼肌神经-肌接头的结构特征 骨骼肌神经-肌接头是运动神经末梢与其所支配的骨骼肌细胞之间的特化结构,由接头前膜、接头后膜和接头间隙构成。接头前膜是运动神经轴突末梢膜的一部分,有电压门控钙通道,末梢内的突触囊泡(或称突触小泡)内含乙酰胆碱。接头间隙是接头前膜与后膜之间的间隔(20~30nm),充满细胞外液。接头后膜是与接头前膜相对的骨骼肌细胞膜,也称终板膜,有 N_2 型 ACh 受体阳离子通道、乙酰胆碱酯酶,后者能将 ACh 分解为胆碱和乙酸。

2. 骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递过程 为电-化学-电传递。即由运动神经纤维传到末梢的动作电位(电信号),激活接头前膜的电压门控钙通道而触发 Ca^{2+} 依赖性突触囊泡出胞,释放 ACh 至接头间隙(化学信号),再由 ACh 激活终板膜中的 N_2 型 ACh 受体阳离子通道,通过 Na^+ 内流和 K^+ 外流但以 Na^+ 内流为主的跨膜离子电流,使终板膜去极化产生终板电位(EPP)(电信号)。EPP 刺激邻旁普通肌膜中的电压门控钠通道开放,引起 Na^+ 内流和普通肌膜的去极化,达到阈电位水平时即可爆发动作电位。ACh 则在释放后的几毫秒内被乙酰胆碱酯酶迅速分解而消除,使终板膜恢复到接受新兴奋传递的状态。

在骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递过程中,ACh 释放是一个关键性步骤。首先,接头前膜的 ACh 释放具有 Ca^{2+} 依赖性。其次,运动神经末梢释放 ACh 是一种量子式释放,即 ACh 的释放是以囊泡为单位进行的。一个囊泡称为一个“量子”,释放时囊泡内的 ACh 倾囊而出。到达接头前膜的一次动作电位可引发大约 125 个囊泡释放,同时激活约 2×10^5 个通道而产生 EPP。另外,单个囊泡的自发释放所引起的终板膜微小去极化,称微终板电位(MEPP),故接头前膜一次动作电位引发的 EPP 是由大量囊泡同时释放所引起的 MEPP 总和而成。

3. 骨骼肌神经-肌接头处兴奋传递的特征 与兴奋在神经纤维上的传导相比,主要特征有:①单向性传递,即兴奋只能从运动神经末梢传向骨骼肌细胞,而不能作相反方向传递。②时间延搁,兴奋通过神经-肌接头至少需要 0.5~1.0 毫秒。③易受环境因素变化的影响,如细胞外液酸碱度、温度的变化、药物和其他体液因素的作用等。另外,还有 Ca^{2+} 依赖性、一对一传递等特点。

4. 影响骨骼肌神经-肌接头处兴奋传递的因素 由于骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递过程中有神经递质的参与,也就成为许多药物和病理因素作用的靶点。如筒箭毒碱和 α -银环蛇毒可特异性阻断终板膜中的 N_2 型 ACh 受体阳离子通道而松弛肌肉;机体产生自身抗体破坏 N_2 型 ACh 受体阳离子通道可导致重症肌无力,而胆碱酯酶抑制剂新斯的明等可抑制乙酰胆碱酯酶,增加 ACh 在接头间隙的浓度而改善肌无力患者的症状;有机磷农药中毒却因胆碱酯酶被磷酸化丧失活性而引起中毒症状等。

(二) 横纹肌细胞的结构特征

1. 肌原纤维和肌节 横纹肌细胞内含有上千条直径 $1\sim 2\mu\text{m}$ 、纵向平行排列的肌原纤维,明暗交替的横纹分别称为明带和暗带,暗带中央为 M 线,明带中央为 Z 线,相邻两 Z 线之间的区段称为肌节,是肌肉收缩和舒张的基本单位。肌原纤维由粗肌丝和细肌丝构成,正是由于粗、细肌丝在肌节中的规则排列才使肌原纤维呈现明暗交替的横纹。

2. 肌管系统 横纹肌细胞中的横管又称 T 管,是与肌原纤维走行方向垂直、由细胞膜内陷而成的膜性管道。纵管也称 L 管,是与肌原纤维走行方向平行的膜性管道,即肌质网(SR),其中包绕在肌原纤维周围并交织成网的部分称为纵行肌质网,其膜中有钙泵,可逆浓度梯度将胞质中 Ca^{2+} 转运至 SR 内;SR 与 T 管膜或肌膜(见于心肌)相接触的末端膨大或呈扁平状,称为连接肌质网(JSR)或终池。在骨骼肌,T 管与其两侧的终池形成三联管结构,而在心肌,T 管与单侧的终池相接触形成二联管结构,这些结构是兴奋-收缩耦联的关键部位。

(三) 横纹肌细胞的收缩机制

1. 肌丝滑行理论 肌肉的缩短和伸长系粗肌丝与细肌丝在肌节内相互滑行所致,而粗肌丝和细肌丝本身的长度并不改变。

2. 肌丝的分子结构 肌球蛋白和肌动蛋白直接参与肌肉收缩,故称为收缩蛋白;原肌球蛋白和肌钙蛋白不直接参与肌肉收缩,但可调控收缩蛋白间的相互作用,故称为调节蛋白。

(1) 粗肌丝:由肌球蛋白(也称肌凝蛋白)分子聚合而成,单个肌球蛋白分子有一个杆部和两个球形的头部,头部连同与它相连的一小段称为“桥臂”的杆部从粗肌丝中向外伸出而形成横桥,具有 ATP 酶活性,并能与肌动蛋白结合。

(2) 细肌丝:①肌动蛋白(也称肌纤蛋白),聚合成两条链相互缠绕构成细肌丝的主干;②原肌球蛋白(也称原肌凝蛋白),两条肽链缠绕成双螺旋结构,掩盖肌动蛋白分子上的横桥结合位点;③肌钙蛋白,与 Ca^{2+} 结合而改变构象,触发原肌球蛋白分子移位,暴露横桥结合位点。

3. 肌丝滑行的过程 粗肌丝与细肌丝间的相互滑行是通过横桥周期完成的。横桥周期是指肌球蛋白的横桥与肌动蛋白结合、扭动、复位的过程:①在舒张状态下,横桥的 ATP 酶活性分解与之结合的 ATP 产生能量使上次扭动过的横桥复位,横桥同时与 ADP 和磷酸结合而处于高势能和亲合力状态;②胞质中浓度升高的 Ca^{2+} 触发横桥与肌动蛋白结合;③横桥构象改变使其头部向桥臂方向扭动 45° ,产生“棘齿作用”而拖动细肌丝向 M 线方向滑行,横桥储存的势能转变为克服负荷的张力和(或)肌节长度的缩短,同时与横桥结合的 ADP 和无机磷酸被解离;④横桥再与 ATP 结合导致亲和力降低而与肌动蛋白分离,重复上述过程。一个横桥周期所需时间为 $20\sim 200$ 毫秒,其中横桥与肌动蛋白结合的时间约占一半。若胞质中的 Ca^{2+} 浓度降低则横桥周期停止。

(四) 横纹肌细胞的兴奋-收缩耦联

横纹肌细胞产生动作电位的电兴奋过程与肌丝滑行的机械收缩联系起来的中介机制称为兴奋-收缩耦联。耦联因子是 Ca^{2+} ,结构基础在骨骼肌是三联管结构,在心肌为二联管结构。横纹肌细胞的兴奋-收缩耦联的基本步骤:①动作电位沿 T 管膜传导,激活 T 管膜和肌膜中的 L 型钙通道;②肌膜的去极化,在骨骼肌可通过构象变化触发钙释放机制,在心肌则通过钙诱导钙释放机制,引起终池内 Ca^{2+} 的释放;③胞质内 Ca^{2+} 浓度升高促使 Ca^{2+} 与肌钙蛋白结合而触发肌肉收缩;④胞质内 Ca^{2+} 浓度的升高激活纵行肌质网膜中的钙泵,将胞质中的 Ca^{2+} 回收入 SR 中而降低胞质中 Ca^{2+} 浓度,引起肌肉舒张。

(五) 影响横纹肌收缩效能的因素

肌肉收缩效能是指肌肉收缩时产生的张力大小、缩短程度以及产生张力或缩短的速度。

1. 肌肉收缩的形式 ①等长收缩指肌肉收缩时长度保持不变而只有张力的增加;②等张收缩指肌肉收缩时张力保持不变而只发生肌肉缩短。

2. 影响横纹肌收缩效能的因素 负荷、肌肉收缩能力及收缩的总和等。

(1) 前负荷:指肌肉在收缩前所承受的负荷,其对应的收缩前肌肉长度为初长度。在等长收缩实验中,测定不同初长度条件下肌肉主动收缩产生的张力(即主动张力),对应作图即为长度-张力关系曲线。产生最大收缩张力的初长度为最适初长度,此时有效发挥作用的横桥数最多,因而能产生最大的收缩张力。

(2) 后负荷:指肌肉在收缩后所承受的负荷。通过测定不同后负荷(张力)时肌肉缩短的速度,对应作图即为张力-速度关系曲线。在一定范围内,后负荷越大,收缩张力增加,但肌肉缩短的程度和速度减小,故后负荷为零时,肌肉缩短速度达到最大,称为最大缩短速度($V_{\max}$),而后负荷增加到使肌肉不能缩短时,肌肉产生的张力达到最大,称为最大收缩张力(P_0)。

(3) 肌肉收缩能力:指与前负荷和后负荷均无关的能影响肌肉收缩效能的肌肉内在特性,涉及多方面与肌肉收缩相关的内在因素,是除与前、后负荷相关因素外,肌肉内在结构和功能特性的总和,如胞质内 Ca^{2+} 浓度的变化、横桥 ATP 酶活性、肌细胞能量代谢水平、各种功能蛋白及其亚型的表达水平以及肌原纤维的肥大与否等。

(4) 收缩的总和:指肌细胞收缩的叠加特性。①空间总和形式称为多纤维总和,或称多运动单位总和,运动单位是一个运动神经元及其轴突分支所支配的全部肌纤维所构成的基本收缩单元,总和就是参与同步收缩的运动单位数目的增加。②时间总和形式称为频率总和:指提高骨骼肌收缩频率而产生的叠加效应。每次动作电位之后出现一次完整的收缩和舒张过程,称为单收缩。若后一次收缩过程叠加在前一次收缩过程的舒张期,称为不完全强直收缩;若后一次收缩过程叠加在前一次收缩过程的收缩期,称为完全强直收缩。在等长收缩条件下,完全强直收缩所产生的张力可达单收缩的 3~4 倍。

二、平滑肌

(一) 平滑肌的分类和结构特点

1. 平滑肌的分类 见表 2-4。

表 2-4 单个单位平滑肌与多单位平滑肌的比较

	单个单位平滑肌或内脏平滑肌	多单位平滑肌
举例	小血管、消化道、输尿管和子宫等器官的平滑肌	睫状肌、虹膜肌、竖毛肌、气道和大血管的平滑肌等
缝隙连接	大量,功能合胞体,类似心肌	几乎没有,各自独立,类似骨骼肌
自律性	有,能自发地产生节律性兴奋和舒缩活动	无,收缩活动受自主神经的控制
作用	起搏细胞调节整个平滑肌的电活动和机械收缩活动,牵张刺激可引起收缩	功能性收缩,其强弱取决于肌纤维数目和频率,不受牵张刺激影响

2. 平滑肌细胞的结构特点 平滑肌细胞与横纹肌的结构特点比较见表 2-5。

(二) 平滑肌细胞的收缩机制

1. 触发因子 是胞质中 Ca^{2+} ,其浓度的调控有电-机械耦联和药物-机械耦联两条途径。

2. 肌丝滑行 胞质中 Ca^{2+} 主要通过 Ca^{2+} -CaM 通路,作用于粗肌丝的肌球蛋白轻链(MLC)而

表 2-5 平滑肌细胞与横纹肌的结构和功能特点比较

	横纹肌	平滑肌
细肌丝:粗肌丝	2:1	10~15:1
肌节和横纹	有	无
Z 盘	有	无,对应的是致密体和致密斑
横桥	伸出方向相同	相反的方向在不同方位上伸出
钙结合蛋白	肌钙蛋白	钙调蛋白
肌管系统	T 管、L 管形成三联管(骨骼肌)、二联管(心肌)	无 T 管,肌膜纵向袋状凹入
致密带、缝隙连接	无	有
缝隙连接	骨骼肌没有,心肌有	单个单位平滑肌有,多单位平滑肌几乎没有
细胞外 Ca^{2+} 依赖性	骨骼肌不依赖,心肌少部分依赖	大部分依赖
自律性	骨骼肌没有,部分心肌有	单个单位平滑肌有,多单位平滑肌没有
耦联机制	兴奋-收缩耦联	电-机械耦联和药物-机械耦联
肌丝滑行触发机制	$\text{Ca}^{2+} \rightarrow$ 细肌丝中肌钙蛋白 $\rightarrow$ 原肌凝蛋白变构	$\text{Ca}^{2+}\text{-CaM} \rightarrow \text{MLCK} \rightarrow$ 粗肌丝横桥中 MLC 磷酸化

触发收缩,过程为:胞质中 Ca^{2+} 浓度升高时, Ca^{2+} 与 CaM 结合形成 $\text{Ca}^{2+}\text{-CaM}$ 复合物,后者与胞质中的肌球蛋白轻链激酶(MLCK)结合而使 MLCK 活化,活化的 MLCK 进一步使横桥中一对 20kD 的 MLC 磷酸化,提高横桥 ATP 酶活性,从而触发平滑肌收缩。反之,当胞质中 Ca^{2+} 浓度降低时, MLCK 失活,而磷酸化的 MLC 在胞质中肌球蛋白轻链磷酸酶(MLCP)的作用下去磷酸化,导致平滑肌细胞舒张。

复习思考题

一、名词解释

1. miniature end-plate potential
2. cross-bridge cycling
3. excitation-contraction coupling
4. optimal initial length
5. contractility
6. complete tetanus

二、选择题

【A₁型题】

1. 横纹肌神经-肌接头处传递兴奋的神经递质是

- A. 肾上腺素 B. 多巴胺 C. 5-羟色胺
D. 乙酰胆碱 E. 去甲肾上腺素

2. 骨骼肌收缩和舒张的基本单位是

- A. 肌纤维 B. 肌原纤维 C. 肌丝

- D. 肌节 E. 横桥
3. 在横纹肌,引起肌丝滑行的始动步骤是
- A. 肌浆中 Ca^{2+} 与肌钙蛋白结合 B. 横桥 ATP 酶活性增高,使 ATP 分解
C. 肌凝蛋白与肌动蛋白结合 D. 横桥与肌动蛋白结合
E. 钙泵活动增强
4. 在生理情况下,机体的骨骼肌收缩形式主要是
- A. 等张收缩 B. 等长收缩 C. 单收缩
D. 完全强直收缩 E. 不完全强直收缩
5. 骨骼肌是否发生强直收缩主要取决于
- A. 刺激强度 B. 刺激时间 C. 刺激频率
D. 刺激电流 E. 刺激强度 / 时间变化率
6. 肌肉收缩时张力保持不变而只发生肌肉缩短,称作
- A. 等长收缩 B. 等张收缩 C. 单收缩
D. 不完全强直收缩 E. 完全强直收缩
7. 关于终板电位的特点,错误的是
- A. 只有去极化,不出现反极化 B. EPP 大小与 ACh 释放量有关
C. 存在时间性、空间性总和作用 D. 由 K^+ 内流所致
E. 终板电位没有不应期
8. 骨骼肌神经 - 肌接头处兴奋传递的特点不包括
- A. 单方向传递 B. 易受药物及环境因素影响
C. 有时间延搁 D. 非一对一传递
E. 由 ACh 介导
9. 能回收骨骼肌细胞胞质中 Ca^{2+} 的钙泵主要分布在
- A. 肌膜 B. 肌细胞核膜 C. 横管膜
D. 终池膜 E. 纵行肌质网膜
10. 骨骼肌神经 - 肌接头兴奋传递的阻断剂是
- A. 阿托品 B. 筒箭毒碱 C. 四乙基铵
D. 六烃季胺 E. 酚妥拉明
11. 骨骼肌细胞在静息时,阻碍肌球蛋白的横桥与肌动蛋白结合的物质是
- A. 肌球蛋白 B. 肌动蛋白 C. 肌钙蛋白
D. 收缩蛋白 E. 原肌球蛋白
12. 在骨骼肌发生强直收缩时,肌细胞的动作电位
- A. 幅度减小 B. 幅度变大 C. 相互融合
D. 不发生融合 E. 幅度增大但不融合

【 A_2 型题】

*13. 在骨骼肌收缩的张力 - 速度关系曲线检测实验中,前负荷应

- A. 为 0 B. 为最大值 C. 为某一数值不变
D. 等于后负荷值 E. 小于后负荷值

*14. 在蛙坐骨神经 - 腓肠肌标本的刺激神经观察肌肉收缩实验中,若给予连续刺激则肌肉收缩容易出现疲劳,其原因是

- A. 神经传导的动作电位幅度越来越小
 B. 神经传导动作电位的频率越来越低
 C. 神经-肌接头处兴奋传递的能力越来越弱
 D. 肌纤维疲劳,产生动作电位的能力越来越弱
 E. 肌细胞三联管结构的兴奋-收缩耦联能力越来越弱
15. 在终板区邻近部位可以记录到 MEPP 的原因是
 A. 运动神经末梢释放 1 分子 ACh 所引起的终板膜电活动
 B. 运动神经末梢 1 个动作电位引起 ACh 释放所引起的终板膜电活动
 C. 运动神经末梢没有释放 ACh 时终板膜多个离子通道随机开放所致
 D. 肌细胞自发的生物电活动
 E. 运动神经末梢自发释放 1 个囊泡的 ACh 所引起的终板膜电活动
16. 有机磷农药中毒时,可使
 A. ACh 释放量增加
 B. ACh 释放量减少
 C. 胆碱酯酶活性升高
 D. 胆碱酯酶活性降低
 E. ACh 释放量减少且胆碱酯酶活性降低
17. 重症肌无力的常见原因是
 A. 大脑运动皮质受损
 B. 小脑受损
 C. 脊髓运动神经元受损
 D. N_2 型 ACh 受体阳离子通道受损
 E. ACh 释放量减少
18. 在骨骼肌细胞进行 EPP 的细胞内记录时,一般都伴有动作电位,原因是
 A. 骨骼肌细胞的兴奋性过低
 B. 运动神经兴奋性过低
 C. N_2 型 ACh 受体阳离子通道下调
 D. AChE 过多
 E. 神经-肌接头的兴奋传递是 1:1 传递
19. N_2 型 ACh 受体阳离子通道激活后可允许 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 跨膜移动,但 EPP 是去极化电位,原因在于
 A. 在静息状态下, Na^+ 内向驱动力等于 K^+ 外向驱动力
 B. 在静息状态下, Ca^{2+} 内向驱动力大于 K^+ 外向驱动力
 C. Ca^{2+} 内流为主
 D. Na^+ 内流为主
 E. K^+ 内流为主

【B₁型题】

(20~25 题共用备选答案)

- A. 肌凝蛋白
 B. 肌动蛋白
 C. 肌凝蛋白和肌动蛋白
 D. 肌钙蛋白
 E. 肌钙蛋白和原肌凝蛋白
20. 收缩蛋白是指
 21. 骨骼肌细胞中作为 Ca^{2+} 受体的是
 22. 调节蛋白是指
 23. 肌丝滑行时,横桥必须与之结合的蛋白是
 24. 横桥是哪种蛋白的一部分

25. 具有 ATP 酶活性的是

【X 题型】

*26. 机体增强骨骼肌收缩程度是通过

A. 参与收缩的运动单位数量增加

B. 产生动作电位的幅度增大

C. 收缩频率加快

D. 每个肌细胞每次收缩幅度增加

27. 横纹肌兴奋 - 收缩耦联的主要步骤包括

A. 三联管或二联管结构处终池中 Ca^{2+} 的释放

B. T 管膜的动作电位传导

C. 胞质中 Ca^{2+} 触发肌丝滑行

D. 原肌凝蛋白转变为肌凝蛋白

28. 关于骨骼肌神经 - 肌接头处兴奋传递的叙述,正确的有

A. 接头前膜量子式释放的递质是 ACh

B. 接头后膜有 N_2 型 ACh 受体阳离子通道

C. 兴奋传递是一对一的

D. 终板电位是指一个囊泡释放的 ACh 所引起的反应

三、简答题

1. 试述骨骼肌神经 - 肌接头处兴奋传递的过程和特征。

2. 试述横纹肌兴奋 - 收缩耦联的概念和基本步骤。

3. 何谓横桥周期? 粗肌丝与细肌丝是如何通过横桥周期完成相互滑行的?

4. 影响横纹肌收缩效能的因素有哪些? 各有何影响?

5. 试比较横纹肌与平滑肌的主要特点。

四、思考题

患者,男性,40岁,颈椎粉碎性骨折致完全性截瘫后47天,在静脉复合麻醉下行椎板减压术。术前血压120/70mmHg,脉搏84次/分,血钾4.03mmol/L。静注琥珀酰胆碱(作用与ACh类似,但不易被胆碱酯酶分解)等进行麻醉诱导,肌肉松弛后顺利插入气管导管。琥珀酰胆碱注入后约2分钟,患者四肢曾有过性“强直”样痉挛,插管后测血压60/40mmHg并降至50/0mmHg,脉搏约40次/分并降至14次/分,血钾升至10.15mmol/L。经静注阿托品,在静注琥珀酰胆碱后约15分钟血压、脉搏逐渐恢复正常。问题:

(1) 琥珀酰胆碱为什么能产生肌松作用?

(2) 琥珀酰胆碱为什么可引起高血钾?

(3) 琥珀酰胆碱过量时能否用胆碱酯酶抑制剂来处理?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 微终板电位 (MEPP): 指运动神经末梢单个囊泡的自发释放, 所引起终板膜的微小去极化反应。

2. 横桥周期: 指肌球蛋白的横桥与肌动蛋白结合、扭动、复位的过程。

3. 兴奋 - 收缩耦联: 是将横纹肌细胞产生动作电位的电兴奋过程与肌丝滑行的机械收缩联系起来的中介机制或过程。

4. 最适初长度:即能产生最大收缩张力、在收缩前的肌肉长度。
5. 肌肉收缩能力:指与前负荷和后负荷均无关的能影响肌肉收缩效能的肌肉内在特性。
6. 完全强直收缩:指后一次收缩过程叠加在前一次收缩过程的收缩期所产生的收缩总和。

二、选择题

【A₁型题】

1. D 2. D 3. A 4. D 5. C 6. B 7. D 8. D 9. E 10. B
11. E 12. D

【A₂型题】

13. C 14. C 15. E 16. D 17. D 18. E 19. D

【B₁型题】

20. C 21. D 22. E 23. B 24. A 25. A

【X型题】

26. AC 27. ABC 28. ABC

难题解析:

13. 肌肉收缩的张力-速度关系曲线检测,就是通过测定不同后负荷(张力)时肌肉缩短的速度,再对应作图得到。由于前负荷是影响肌肉收缩的另一因素,需要固定不变,但不应为零,以有效、客观地检测后负荷对收缩的影响。

14. 因神经-肌接头处神经递质 ACh 过度释放而耗竭,又未能及时补充所致。

26. 骨骼肌为随意肌,其收缩程度直接由运动神经发放动作电位控制,发放动作电位的运动神经数目增加,可以使参与收缩的运动单位数量增加,产生多运动单位总和;运动神经发放动作电位的频率增加,则可以使收缩频率加快,产生频率总和。因为动作电位是全或无的,骨骼肌都以运动单位为基本单元进行收缩,故不会通过增大动作电位的幅度或增加每个肌细胞每次收缩幅度来增强骨骼肌收缩程度。

三、简答题

1. 试述骨骼肌神经-肌接头处兴奋传递的过程和特征。

答:见知识要点。

2. 试述横纹肌兴奋-收缩耦联的概念和基本步骤。

答:见知识要点。

3. 何谓横桥周期?粗肌丝与细肌丝是如何通过横桥周期完成相互滑行的?

答:见知识要点。

4. 影响横纹肌收缩效能的因素有哪些?各有何影响?

答:影响横纹肌收缩效能的因素有负荷、肌肉收缩能力及收缩的总和等。其影响分别为:①前负荷:指肌肉在收缩前所承受的负荷,影响肌肉的初长度。在一定范围内,初长度增大收缩张力增大。在最适初长度时,此时有效发挥作用的横桥数最多,可产生最大的收缩张力。②后负荷:指肌肉在收缩后所承受的负荷。在一定范围内,后负荷越大,收缩张力增加,但肌肉缩短的程度和速度减小,故后负荷为零时,肌肉缩短速度达到最大(V_{max}),而后负荷增加到使肌肉不能缩短时,肌肉产生的张力达最大收缩张力(P_0)。③肌肉收缩能力:指与前负荷和后负荷均无关的能影响肌肉收缩效能的肌肉内在特性,涉及多方面与肌肉收缩相关的内在因素,是除与前、后负荷相关因素外,肌肉内在结构和功能特性的总和,肌肉收缩能力增强则收缩效能提高。④收缩的总和:指肌细胞收缩的叠加特性。参与同步收缩的运动单位数目的增加则收缩增强,为多纤维总和,或称多运动单

位总和;提高骨骼肌收缩频率而产生的叠加效应,称为频率总和,在等长收缩条件下,完全强直收缩所产生的张力可达单收缩的 3~4 倍。

5. 试比较横纹肌与平滑肌的主要特点。

答:见知识要点和表 2-4。

四、思考题

答:(1)琥珀酰胆碱属于去极化型肌松剂,具有与 ACh 类似的 N_2 型 ACh 受体阳离子通道的激动作用,激活受体通道后可引起终板膜去极化,当去极化到阈电位水平,即可产生动作电位而引发肌细胞收缩,所以在其作用的初始可以出现不协调的肌纤维成束收缩甚至痉挛。但琥珀酰胆碱又不同于 ACh,不在接头间隙被乙酰胆碱酯酶水解,故可持续作用于 N_2 型 ACh 受体阳离子通道,产生持续的明显去极化(可达 40mV),进而导致 Na^+ 通道失活,肌细胞兴奋性降低,不能产生动作电位。这样,不仅琥珀酰胆碱对 N_2 型 ACh 受体阳离子通道的激活不能引起肌肉收缩,而且运动神经末梢释放的 ACh 也不能发挥兴奋传递作用,最终阻断神经-肌接头的兴奋传递,导致肌肉松弛。

(2)本例为完全性截瘫后 47 天患者,截瘫后骨骼肌因失去运动神经的控制,即正常的神经-肌接头兴奋传递丧失,肌细胞 N_2 型 ACh 受体阳离子通道代偿性增加,特别是接头外肌膜的增加,对去极化型肌松剂呈高敏感性,使用琥珀酰胆碱后 N_2 型 ACh 受体阳离子通道被大量激活,在持续去极化的状态下,使细胞内 K^+ 大量扩散出细胞,导致高血钾。

(3)由于胆碱酯酶抑制剂通过抑制接头处的乙酰胆碱酯酶,减少 ACh 的消除而使 ACh 蓄积,只能进一步激活 N_2 型 ACh 受体阳离子通道而加重琥珀酰胆碱引起的持续性去极化作用,故琥珀酰胆碱过量时不能用胆碱酯酶抑制剂来拮抗。

(汪萌芽)

第三章

血 液

学习目标

1. 掌握 血浆渗透压及其作用。红细胞的生理特性、生成及其调节。生理性止血的一般过程，血小板的生理特性及其在生理止血中的作用。血液凝固的概念及内源性和外源性凝血的基本过程。人类血型的分类及其依据，ABO 血型的鉴定原理与方法。
2. 熟悉 血量，血液的组成、血细胞比容、理化特性。造血干细胞的生理特性。纤维蛋白溶解的概念及基本过程，现代凝血概念和主要抗凝物质作用。Rh 血型的特点，输血原则及交叉配血。
3. 了解 白细胞的分类与数量，生理特性和功能，破坏，生成与调节。血小板的寿命与破坏，生成及调节。血小板和白细胞血型。

知识要点

一、血液生理概述

血液是在心血管系统内循环流动的一种流体组织，起着运输物质的作用。

(一) 血量与血液的组成

血量是指全身血液的总量，正常成人的血量占体重的 7%~8%，即 70~80ml/kg 体重。全身血液大部分在心血管系统中快速循环流动，称循环血量；小部分滞留在肝、肺、腹腔静脉和皮下静脉丛内，流动很慢，称储存血量。在运动或大出血等情况下，储存血量可被动员释放出来，以补充循环血量。正常情况下，由于神经、体液的调节，血量保持相对恒定，是维持正常血压和各组织、器官正常血液供应的必要条件。

血液由血浆和血细胞组成。血细胞可分红细胞、白细胞和血小板三类，其中红细胞数量最多，约占血细胞总数的 99%。血细胞容积占全血容积的百分比称为血细胞比容，正常成年男性为 40%~50%，女性 37%~48%。

血浆是复杂的水溶液，包括水和溶解于其中的各种溶质。溶质主要是多种电解质、小分子有机化合物、气体分子和蛋白质。血浆蛋白分子量大，不能通过毛细血管壁，因此血浆和组织液的主要差别是组织液蛋白含量低。采用盐析法可将血浆蛋白分为白蛋白、球蛋白和纤维蛋白原三类。血液凝固后血凝块回缩所析出的淡黄色液体称血清，与血浆的主要区别是不含有纤维蛋白原。

(二) 血液的理化特性

1. 比重 全血的比重 1.050~1.060，主要决定于红细胞的数量。血浆的比重主要取决于血浆蛋白含量。红细胞比重大于血浆。

2. 血液的黏度 温度为 37°C 时全血的相对黏度为 4~5, 主要决定于血细胞比容; 血浆为 1.6~2.4, 主要决定于血浆蛋白的含量。全血的黏度还受血流切率等的影响。血液的黏度是形成血流阻力的重要因素之一。

3. 血浆渗透压 血浆渗透压由血浆晶体和胶体物质构成。血浆晶体渗透压为 770kPa (5790mmHg), 由 Na^{+} 和 Cl^{-} 等构成, 其改变主要影响细胞内、外的水平衡。血浆胶体渗透压为 3.3kPa (25mmHg), 主要以白蛋白为主的血浆蛋白质形成, 可影响毛细血管内外的水平衡。

当某一溶液的渗透压等于血浆渗透压, 则称为等渗溶液, 如 0.9% NaCl 溶液、1.9% 尿素溶液和 5% 葡萄糖溶液。高于或低于血浆渗透压的则分别称为高渗或低渗溶液。能保持红细胞正常体积与形状的溶液又称等张溶液。等张溶液一般是等渗溶液, 但不一定平行, 如 1.9% 的尿素溶液是等渗溶液, 但红细胞置于其中将发生溶血, 故不是等张溶液。

4. 血浆的 pH 正常人血浆 pH 为 7.35~7.45, 主要决定于血浆中 $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 的比值(正常时为 20:1)。当血浆 pH 低于 7.35 时称酸中毒, 高于 7.45 时为碱中毒。

(三) 血液的免疫学特性

1. 固有免疫 固有免疫由遗传获得, 因不具有针对某一类抗原的特异性, 又称非特异性免疫。血液中含有的固有免疫细胞及固有免疫分子是实现非特异性免疫功能的重要效应细胞和效应分子。固有免疫细胞包括吞噬细胞(如中性粒细胞和单核巨噬细胞系统)、树状突细胞、自然杀伤细胞、自然杀伤 T 细胞、 $\gamma\delta\text{T}$ 细胞和 B_1 细胞等。固有免疫分子, 如补体是一组与免疫有关、且具有酶活性的球蛋白。激活的补体可导致细胞和细菌溶解。

2. 获得性免疫 获得性免疫是个体出生后与抗原物质接触后产生或接受免疫效应因子后所获, 具有特异性, 可专一性地与某种抗原物质起反应, 又称特异性免疫。获得性免疫是通过免疫系统产生针对某种抗原的特异性抗体或活化的淋巴细胞而攻击破坏相应入侵的病原生物或毒素, 前者称为体液免疫, 后者称为细胞免疫。获得性免疫主要依赖特异性免疫细胞包括 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的参与。

血液中的各种白细胞如中性粒细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞、单核细胞和淋巴细胞及血浆中的各种抗体和补体是机体免疫细胞和免疫分子的重要成分, 在机体的免疫防御中起有重要作用。

二、血细胞生理

(一) 血细胞生成的部位和一般过程

成人各类血细胞均起源于骨髓造血干细胞。造血过程就是各类造血细胞发育和成熟的过程。一般把造血过程分为造血干细胞、定向祖细胞和前体细胞三个阶段。造血干细胞具有很强的自我复制和多向分化潜能。通过自我复制和自我维持可保持细胞数量的稳定; 通过多向分化则可形成各系定向祖细胞。此外, 造血干细胞大多处于细胞周期之外, 也即处于不进行细胞分裂的相对静止状态(G_0 期)。一旦机体需要, 可以有更多的造血干细胞从 G_0 期进入细胞周期。因此, 造血干细胞具有很强的增殖潜能。定向祖细胞已经限定进一步分化的方向。前体细胞为形态学上可以辨认的各系幼稚细胞, 进一步分化成熟, 成为具有特殊功能的各类终末血细胞, 然后有规律地释放入血液循环。

造血的发生需要适宜的造血微环境。造血微环境是指造血干细胞定居、存活、增殖、分化和成熟的场所(T 淋巴细胞在胸腺中成熟), 在血细胞生成的全过程中起调控、诱导和支持的作用。造血微环境的改变可导致机体造血功能异常。

(二) 红细胞生理

红细胞是数量最多的血细胞。正常成人男性红细胞数平均为 $5.0 \times 10^{12}/L$, 女性平均为 $4.2 \times 10^{12}/L$ 。血红蛋白是红细胞内的主要蛋白质, 成年男性为 $120 \sim 160g/L$, 女性为 $110 \sim 150g/L$ 。正常成熟红细胞呈双凹圆盘状, 表面积与体积之比较大。

1. 红细胞的生理特征

(1) 可塑性变形: 可塑性变形指正常红细胞在外力作用下具有的变形能力, 主要取决于其双凹圆碟形。红细胞的表面积/体积之比大, 变形能力强, 在循环运行时便于通过口径比它小的毛细血管和血窦孔隙。球形红细胞表面积/体积之比降低, 或血红蛋白变性, 红细胞变形能力将减弱。

(2) 悬浮稳定性: 红细胞能相对稳定地悬浮于血浆中的特性称为悬浮稳定性, 可用红细胞沉降率(血沉)表示。血沉增快, 悬浮稳定性降低。红细胞表面积/体积之比较大, 有较高的悬浮稳定性。当红细胞发生叠连时, 表面积/体积之比降低, 沉降增快。血浆球蛋白、纤维蛋白原和胆固醇等增多时可加速红细胞叠连, 及沉降率, 白蛋白和卵磷脂含量增多时可抑制叠连, 减慢血沉。

(3) 渗透脆性: 红细胞在低渗盐溶液中发生膨胀破裂的特性称红细胞的渗透脆性。红细胞破裂后胞内血红蛋白逸出称为溶血。渗透脆性大, 表示红细胞对低渗盐溶液膨胀作用的抵抗力弱, 易发生破裂溶血。正常红细胞在 $0.45\% \sim 0.35\% NaCl$ 溶液中破裂, 而球形红细胞在 $0.62\% NaCl$ 溶液中即可破裂, 表现渗透脆性增大。

2. 红细胞的功能 红细胞的主要生理功能是运输 O_2 和 CO_2 , 并参与缓冲血液的酸碱度以及免疫复合物的清除。

3. 红细胞生成的调节

(1) 红细胞生成所需物质: 红细胞由骨髓造血干细胞分化增殖, 历经红系定向祖细胞、原红细胞、幼红细胞和网织红细胞阶段成为成熟的红细胞, 并释放入血。在红细胞生成过程中合成血红蛋白的主要原料是铁和蛋白质。在红细胞的发育成熟过程中需要成熟因子维生素 B_{12} 和叶酸。

(2) 红细胞生成的调节: 由肾脏产生的促红细胞生成素(EPO)是调节红细胞生成的主要体液因素。缺氧是促进 EPO 分泌的生理性刺激因素。任何引起肾脏氧供应不足的因素如贫血、缺氧或肾血流减少, 均可促进 EPO 的合成与分泌, 使血浆 EPO 含量增加, 进而促进骨髓的红系造血功能。此外, 雄激素也可促进造血, 故成年男性的红细胞数量、血红蛋白的浓度高于女性。雌激素可降低红系祖细胞对 EPO 的反应, 抑制红细胞的生成。

(3) 红细胞的破坏: 正常人红细胞的平均寿命约为 120 天。90% 的衰老红细胞主要在肝和脾脏被巨噬细胞吞噬而破坏(血管外破坏), 10% 的衰老红细胞在血管中因受机械冲击而破损(血管内破坏)。

在临床上若骨髓造血功能受抑制会发生再生障碍性贫血; 食物中供铁不足会引起缺铁性贫血; 缺乏叶酸和维生素 B_{12} 可引起巨幼红细胞性贫血; 若因肾脏病变而引起促红细胞生成素不足可出现肾性贫血; 脾功能亢进可致红细胞破坏增多引起溶血性贫血。

(三) 白细胞生理

1. 白细胞的分类与数量 正常人白细胞总数为 $(4.0 \sim 10.0) \times 10^9/L$, 其中中性粒细胞占 50%~70%、嗜酸性粒细胞占 1%~4%、嗜碱性粒细胞占 0%~1%、单核细胞占 1%~7%、淋巴细胞占 20%~40%。正常人白细胞的数量可因年龄和机体所处不同功能状态而变化。

2. 白细胞的生理特性和功能 各类白细胞均参与机体的防御功能。白细胞所具有的变形、游走、趋化和吞噬等特性, 是执行防御功能的生理基础。除淋巴细胞外, 所有的白细胞都能伸出伪足做变形运动, 凭借这种运动白细胞得以穿过毛细血管壁, 为白细胞渗出。白细胞的渗出有赖于白细胞与内皮细胞间的相互作用和黏附分子的介导。渗出到血管外的白细胞也可借助变形运动在

组织内游走,在某些化学物质吸引下,可迁移到炎症区发挥其生理作用。白细胞朝向某些化学物质运动的特性,称为趋化性。人体细胞的降解产物、抗原-抗体复合物、细菌毒素和细菌等都是吸引白细胞发生定向运动的化学物质,称为趋化因子。白细胞按照这些物质的浓度梯度游走到炎症部位,将细菌等异物吞噬,进而将其消化、杀灭。白细胞还可分泌白细胞介素、干扰素、肿瘤坏死因子、集落刺激因子等多种细胞因子,通过自分泌、旁分泌作用参与炎症和免疫反应的调控。白细胞通过血液的运输,从它们生成的器官运送到发挥作用的部位。

中性粒细胞具有变形游走、趋化性和吞噬特性,其主要功能是吞噬细菌和异物。感染发生时中性粒细胞是首先到达炎症部位的效应细胞,6小时左右局部中性粒细胞的数目达高峰,可增高10倍以上。单核细胞进入组织转变为巨噬细胞后体积增大、吞噬能力更强,可吞噬更多的细菌和更大的细菌和颗粒。巨噬细胞的溶酶体还含有大量的酯酶,可以消化某些细菌(如结核杆菌)的脂膜。激活的单核-巨噬细胞能合成、释放多种细胞因子,参与调控其他细胞活动;对肿瘤和病毒感染细胞具有强大的杀伤能力;还可有效地加工处理并呈递抗原,在特异性免疫应答的诱导和调节中起关键作用。此外,单核细胞还可在组织中发育成抗原呈递功能最强的树突状细胞,成为机体特异免疫应答的始动者。嗜碱性粒细胞可产生和释放肝素及引起过敏症状的生物活性物质(如组胺)。嗜酸性粒细胞能限制嗜碱性粒细胞在速发性过敏反应中的作用(抑制嗜碱性粒细胞的释放,吞噬释放颗粒及释放组胺酶,破坏组胺),并参与对蠕虫的免疫。此外,在某些情况下嗜酸性粒细胞也可导致组织损伤。淋巴细胞分成T淋巴细胞和B淋巴细胞和自然杀伤细胞(NK)三大类。T细胞主要与细胞免疫有关,B细胞主要与体液免疫有关,NK细胞是机体天然免疫的重要执行者。

3. 白细胞的生成和调节 白细胞也起源于骨髓中的造血干细胞。在细胞发育过程中经历定向祖细胞、可识别的前体细胞等阶段,然后成为具有多种功能的成熟白细胞。粒细胞和单核细胞的生成受集落刺激因子的调节,乳铁蛋白和转化生长因子 β 等可抑制白细胞的生成,与促白细胞生成的刺激因子共同维持正常的白细胞生成过程。

4. 白细胞的破坏 白细胞在血液中停留时间较短。通常,中性粒细胞在循环血液中停留6~8小时即进入组织,4~5天后即衰老死亡,或经消化道排出;若有细菌入侵,中性粒细胞在吞噬过量细菌后,因释放溶酶体酶而发生“自我溶解”,与破坏的细菌和组织碎片共同形成脓液。

(四) 血小板生理

1. 血小板的数量和功能 血小板是从骨髓中成熟巨核细胞脱落下来的小块胞质。正常成人血小板数量为 $(100\sim300)\times 10^9/L$,低于 $50\times 10^9/L$ 时易发生出血现象。

血小板的主要生理功能是参与生理止血过程以及维持血管壁内皮细胞的完整性。

2. 血小板的生理特性

(1) 黏附:血小板与非血小板表面的黏着称为血小板黏附。当血管内皮细胞受损时,血小板即可黏附于内皮下组织。血小板的黏附需要血小板膜上的糖蛋白Ib(GPIb)、内皮下成分(主要是胶原纤维)及血浆 von Willebrand 因子(简称 vWF)的参与。vWF 是血小板黏附于胶原纤维的桥梁。

(2) 释放:血小板受刺激后将贮存在致密体、 α -颗粒或溶酶体内的物质排出现象。此外,被释放的物质除来自于血小板颗粒外,也可来自临时合成并即时释放的物质,如血栓烷 A_2 (TXA $_2$)等。

(3) 聚集:血小板与血小板之间的相互黏着。这一过程需要纤维蛋白原、Ca $^{2+}$ 及血小板膜上GP IIb/IIIa的参与。血小板的聚集通常出现两个时相:第一聚集时相发生迅速,也能迅速解聚,为可逆性聚集;第二聚集时相发生缓慢,但不能解聚,为不可逆性聚集。能诱导血小板聚集的物质很多,血小板释放的ADP和TXA $_2$ 均有强烈的促血小板聚集作用。胶原、凝血酶引起血小板聚集都与促进血小板释放ADP有关。前列环素(PGI $_2$)可促进血小板内cAMP增多,降低血小板内Ca $^{2+}$ 浓度,

有很强的抗血小板聚集作用和扩血管作用。 TXA_2 和 PGI_2 都是花生四烯酸的代谢产物,分别由血小板和内皮细胞生成。阿司匹林通过抑制环加氧酶活性抑制血小板 TXA_2 的产生,抑制血小板的聚集,使出血时间延长。

(4) 收缩:血小板的收缩与血小板的收缩蛋白有关。当血凝块中的血小板发生收缩时,可使血块回缩。若血小板数量减少或功能下降,可使血块回缩不良。临床上可根据体外血块回缩的情况大致估计血小板的数量或功能是否正常。

(5) 吸附:血小板表面可吸附血浆中 I、V、XI、XIII 等多种凝血因子。当血管内皮破损,随着血小板黏附和聚集于破损的局部,可因血小板黏附与聚集使局部凝血因子浓度升高,有利于血液凝固和生理止血。

3. 血小板的生成和调节 血小板是从骨髓成熟的巨核细胞胞质裂解脱落下来的具有生物活性的小块胞质。一个巨核细胞可产生 2000~5000 个血小板。从原始巨核细胞到释放血小板入血,需 8~10 天。进入血液的血小板,2/3 存在于外周循环血液中,其余贮存在脾和肝。

血小板生成素(TPO)是调节血小板生成最重要生理性调节因子。TPO 主要由肝细胞产生,肾也可少量产生,能刺激造血干细胞向巨核系祖细胞分化,并特异地促进巨核祖细胞增殖、分化,以及巨核细胞的成熟与释放血小板。重组人血小板生成素可有效促进血小板的生成。TPO 的生成速率并不受血小板数目的影响。无论血小板数目是否正常,肝脏的 TPO 都以恒定的速率生成并释放 TPO。但 TPO 与血小板膜上的高亲和力 TPO 受体结合后而被清除。因此,当外周血的血小板计数降低时,血浆中 TPO 清除减少,使得血浆 TPO 浓度增高,进而促进骨髓血小板的生成。

4. 血小板的破坏 血小板进入血液后,其寿命为 7~14 天,但只在最初两天具有生理功能。衰老的血小板在脾、肝和肺组织中被吞噬破坏,还可在发挥其功能时被消耗。

三、生理性止血

生理性止血指在正常情况下,小血管受损后引起的出血,在几分钟内就会自行停止的现象,是机体重要的保护机制之一。生理性止血功能减退时,可有出血倾向;而生理性止血功能过度激活,则可导致血栓形成。临床上常用小针刺破耳垂或指尖,使血液自然流出,然后测定出血延续的时间,称为出血时间,可反映生理性止血功能状态。

(一) 生理性止血的基本过程

生理性止血过程主要包括血管收缩、血小板血栓形成和血液凝固三个过程。受损血管局部和附近的小血管收缩,使局部血流减少;局部血小板止血栓的形成,两者共同发挥初步止血作用,称一期止血。局部迅速发生血液凝固,使血浆中纤维蛋白原转变成纤维蛋白,并交织成网以加固止血栓,称二期止血。

(二) 血液凝固

血液凝固指血液由流动的液体状态变成不能流动的凝胶状态的过程。血液凝固是一系列复杂的酶促反应过程,需要多种凝血因子的参与。多种凝血因子(表 3-1)在肝细胞产生,肝脏疾病时常有凝血异常。

1. 凝血的过程 凝血过程大体分三个步骤:第一步 FX 激活成 FXa ,生成凝血酶原酶复合物;第二步凝血酶原被激活成凝血酶;第三步纤维蛋白原在凝血酶作用下转变为纤维蛋白。

FX 的激活可通过两条途径:只依靠存在于血浆内的凝血因子便能活化 FX 的过程为内源性途径;需要损伤组织释放 FIII 参与激活 FX 的过程为外源性途径。内源性途径的启动是因为 FXII 与血管内膜下组织,特别是胶原纤维接触后被激活成 FXIIa ,从而启动后续多种凝血因子的顺序激活,最

表 3-1 凝血因子的某些特性

因子	主要激活物	主要抑制物	主要功能	备注
I			形成纤维蛋白,参与血小板聚集	为纤维蛋白原
II	凝血酶原酶复合物	抗凝血酶	促进纤维蛋白原转变为纤维蛋白;激活 FV、FVIII、FXI、FXIII 和血小板,正反馈促进凝血;与内皮细胞上的凝血酶调节蛋白结合而激活蛋白质 C 和凝血酶激活的纤溶抑制物(TAFI)	为凝血酶原,合成需维生素 K
III			作为 FVIIa 的辅因子,是生理性凝血反应过程的启动物	称组织因子
IV			辅因子	为 Ca^{2+}
V	凝血酶和 FXa,以凝血酶为主	活化的蛋白质 C	作为辅因子加速 FXa 对凝血酶原的激活	
VII	FXa, FIXa, FVIIa	TFPI, 抗凝血酶	与 TF 形成 VIIa-组织因子复合物,激活 FX 和 FIX	合成需维生素 K
VIII	凝血酶, FXa	自发失活;活化的蛋白质 C	作为辅因子,加速 FIXa 对 FX 的激活	缺乏引起血友病 A
IX	FXIa, VIIa-组织因子复合物	抗凝血酶	FIXa 与 VIIIa 形成 FX 酶复合物激活 FX 为 FXa	合成需维生素 K, 缺乏引起血友病 B
X	VIIa-TF 复合物, FIXa-VIIIa 复合物	抗凝血酶, TFPI	与 FVa 结合形成凝血酶原酶复合物激活凝血酶原, FXa 还可激活 FVII, FVIII 和 FV	合成需维生素 K
XI	FXIIa, 凝血酶	抗凝血酶	激活 FIX 为 FIXa	
XII	胶原、带负电的异物表面	抗凝血酶	激活 FXI 为 FXIa, 激活纤溶酶原, 激活前激肽释放酶	
XIII	凝血酶		使纤维蛋白单体相互交联聚合形成纤维蛋白网	
高分子量激肽原			辅因子, 促进 FXIIa 对 FXI 和对 PK 的激活, 促进 PK 对 FXII 的激活	
前激肽释放酶	FXIIa	抗凝血酶	激活 FXII 为 FXIIa	

终激活 FX。内源性激活途径中的 FX 和 FII(凝血酶原)的激活需在血小板提供磷脂表面(PF_3)才能进行。外源性途径由组织损伤时释放的 FIII 启动,与 FVII 等共同激活 FX。在 FX 和 FII 的激活过程中分别需要 FVIII 和 FV 的辅助,可使 FX 和 FII 的激活反应显著加快。内源性途径的反应步骤多,产生凝血的速度较慢;外源性途径的反应步骤少,凝血较快。

在凝血酶作用下纤维蛋白原先变成纤维蛋白单体,进而在 FXIIIa 作用下形成牢固的纤维蛋白多聚体,FXIII 的激活有赖凝血酶。此外,凝血酶还可使血小板活化,有助于加速凝血过程。

凝血因子 II、VII、IX、X 的合成需维生素 K 参与,维生素 K 缺乏常导致凝血异常。

凝血时间是指将静脉血放入玻璃试管中,自采血开始到血液凝固所需的时间,主要反映自 FXII

被异物表面(玻璃)激活至纤维蛋白形成所需的时间,正常人为4~12分钟。

2. 体内生理性凝血机制 体内凝血过程分为启动、扩增和蔓延(propagation)三个阶段。外源性凝血途径在体内生理性凝血反应的启动中起关键性作用,FⅢ是生理性凝血反应过程的启动因子。FⅢ镶嵌“锚定”在细胞膜上,有利于使生理性凝血过程局限于受损血管的部位。当FⅢ与FⅦa结合成复合物后,可激活FX,为FXa,从而启动凝血反应,生成最初的凝血酶。此阶段生成的凝血酶太少,尚不足以维持正常止血功能。通过外源性凝血途径生成的FⅦa-组织因子复合物可有效地激活FX为FXa;另一方面,由外源性凝血途径生成的少量凝血酶对FV、Ⅷ、XI和血小板的激活作用而产生放大效应,通过内源性途径形成大量FX酶复合物,从而激活足量的FXa和凝血酶,完成纤维蛋白形成的过程。因此,FⅢ是生理性凝血反应的启动子,而内源性途径对凝血反应开始后的维持和巩固起非常重要作用。FⅧ或FIX缺陷的患者可有明显的出血倾向。

3. 血液凝固的负性调控 由于多因素综合作用的结果,体内生理性凝血过程在时间和空间上受到严格控制。

(1) 血管内皮的抗凝作用:正常的血管内皮可作为防止凝血因子、血小板与内皮下的成分接触的屏障,避免凝血系统的激活和血小板的活化。此外血管内皮细胞还能合成多种活性物质,灭活多种活化的凝血因子、抑制血小板的聚集和激活纤维蛋白溶解系统等抗凝作用。

(2) 纤维蛋白的吸附、血流的稀释和单核-巨噬细胞的吞噬作用。

(3) 生理性抗凝物质:血浆中最重要的抗凝物质是抗凝血酶和肝素。抗凝血酶可与Ⅱa、Ⅶ、Ⅸa、Xa、XIa和XIIa的酶活性中心结合而使之灭活。肝素可增强抗凝血酶的抗凝作用。此外,在血浆存在具有抑制辅因子活性的另一类抗凝物质,如蛋白质C,在Ⅱa作用下被活化,进而与Va和Ⅴa结合使之灭活。内皮生成的组织因子途径抑制物(TFPI)通过与FXa和FⅦa-组织因子复合物结合而抑制后者活性。

(三) 纤维蛋白溶解

纤维蛋白被分解的过程称为纤维蛋白溶解,简称纤溶。纤溶系统包括四种成分:纤维蛋白溶解酶原、纤维蛋白溶解酶、纤维蛋白溶解酶原激活物与抑制物。

纤溶的基本过程分为两个阶段:①纤溶酶原的激活。纤溶酶原激活物主要有组织型纤溶酶原激活物(t-PA)和尿激酶型纤溶酶原激活物(u-PA),分别主要由血管内皮细胞和肾小管、集合管上皮细胞产生。此外,FXIIa、激肽释放酶等也可激活纤溶酶原,但其活性不足总激活能力的15%。②纤维蛋白的降解。在纤溶酶作用下纤维蛋白或纤维蛋白原分子分割成可溶性小肽,称为纤维蛋白降解产物,通常不再发生凝固,且部分有抗凝作用。因此,纤溶亢进时有出血倾向。

四、血型 and 输血原则

血型是指血细胞膜上特异抗原的类型,但通常所说血型主要指红细胞血型。当红细胞膜上的抗原(凝集原)与血清中对应的特异性抗体(凝集素)相遇时就会发生抗原-抗体的免疫反应,出现红细胞凝集现象,最终导致溶血。

(一) ABO 血型系统

1. ABO 血型分型 ABO血型系统依据细胞膜上的A抗原和B抗原分型。根据红细胞膜上特异抗原的有无及种类,ABO血型可分为A型、B型、AB型和O型。出生半年后在血中即可出现相应的抗A和抗B抗体,均属天然抗体,为IgM型免疫球蛋白,不能通过胎盘。A、B抗原不仅存在于红细胞膜上,也广泛存在于其他细胞的膜上。出生时婴儿红细胞膜上A、B抗原尚未发育成熟,到2~4岁时才完全发育。

2. ABO 血型的遗传 由 A、B 和 O 三个等位基因控制。由于 A 和 B 基因为显性基因,O 基因为隐性基因,故此血型系统的表现型仅为四种主型。因此,表现型相同的人其遗传基因型不一定相同,如表现型为 A 型的人,其基因型可为 AA 或 AO;但表现型为 O 型者,其基因型只能是 OO。由于表现型为 A 或 B 者可能分别来自 AO 和 BO 基因型,故 A 型或 B 型血型的父母完全可能生下 O 型表现型的子女。法医学上依据血型来判断亲子关系时,只能作为否定的依据,而不能据此作出肯定的判断。

(二) Rh 血型系统

Rh 血型系统分类复杂,为便于应用依据是否含有 D 抗原而分为 Rh 阳性和 Rh 阴性。Rh 阳性的红细胞膜上含有 D 抗原,Rh 阴性则无 D 抗原。因 D 抗原的抗原性最强,临床意义重大。Rh 抗原只存在于红细胞上,出生时已发育成熟。

Rh 血型无天然抗体,故 Rh 阴性的人在接受 Rh 阳性血的 D 抗原刺激后才可产生免疫性抗 D 抗体,为分子量较小的 IgG,能透过胎盘。Rh 阴性的人在第二次输 Rh 阳性的血液后可发生溶血;或二次妊娠 Rh 阳性胎儿后因母子血型不合发生新生儿溶血症。

表 3-2 ABO 血型系统和 Rh 血型系统特点的比较

	ABO 血型系统	Rh 血型系统
血型抗原的特异性	决定于寡糖链的组成与连接顺序	决定于蛋白质的氨基酸序列
血型抗体	天然抗体(IgM)和免疫性抗体(IgG)	免疫性抗体(IgG)
出生时抗原的成熟度	尚未发育成熟,A、B 抗原数量少	发育成熟
血型抗原存在部位	红细胞及其他组织细胞	红细胞
输入异型血时	首次输入即发生溶血反应	再次输入发生溶血反应
母子血型不合时新生儿溶血病	第一胎可发病,溶血症通常较轻	多见于第二胎,溶血症通常较重

(三) 输血原则

输血是治疗某些疾病、抢救伤员生命和保证一些手术得以顺利进行的重要手段。为保证输血安全和提高输血的效果,必须遵守输血的原则。

准备输血时,首先必须鉴定血型,保证供血者与受血者的 ABO 血型相合。输血需坚持同型输血。即使在 ABO 系统血型相同的人之间输血,也必须进行交叉配血试验。把供血者的红细胞与受血者血清进行配合试验,称交叉配血主侧;再将受血者的红细胞与供血者的血清作配合试验,称交叉配血次侧。主侧、次侧都不发生凝集,配血相合可以输血;主侧发生凝集则配血不合禁止输血;主侧不发生凝集而次侧凝集,在紧急情况下可少量缓慢慎重输入,即异型输血。异型输血过程中应密切观察受血者的情况,如发生输血反应,必须立即停止输注。

随着医学和科学技术的进步,输血疗法已从原来的输全血发展为成分输血,从原来的异体间输血发展到自体输血。成分输血是把人血中的各种不同成分,如红细胞、粒细胞、血小板和血浆,分别制备成高纯度或高浓度的制品,再输注给病人。自体输血是采用患者自身血液成分,以满足本人手术或紧急情况下需要的一种输血疗法。成分输血和自体输血可以减少不良反应,且节约血源。

复习思考题

一、名词解释

1. erythrocyte sedimentation rate

2. hematocrit
3. blood coagulation
4. iso-osmotic solution
5. hemopoietic microenvironment
6. intrinsic pathway
7. platelet adhesion
8. platelet aggregation
9. blood group
10. fibrinolysis

二、选择题

【A₁型题】

1. 通常,细胞内液与组织液理化性质相同的是
 - A. Na^+ 浓度
 - B. K^+ 浓度
 - C. Cl^- 浓度
 - D. 胶体渗透压
 - E. 总渗透压
2. 0.9%NaCl 溶液和 10% 葡萄糖溶液对于人体细胞内液而言
 - A. 两者都是等渗液
 - B. 两者都是高渗液
 - C. 两者都是低渗液
 - D. 前者是低渗液,后者是高渗液
 - E. 前者是等渗液,后者是高渗液
3. 比较各种体液中蛋白质浓度,正确的是
 - A. 细胞内液 > 组织液 > 血浆
 - B. 细胞内液 > 血浆 > 组织液
 - C. 血浆 > 组织液 > 细胞内液
 - D. 血浆 > 细胞内液 > 组织液
 - E. 血浆 = 细胞内液 > 组织液
4. 血浆胶体渗透压的生理作用是
 - A. 影响毛细血管内外水的交换
 - B. 影响细胞内外水的交换
 - C. 维持细胞正常体积
 - D. 维持细胞正常形态
 - E. 决定血浆总渗透压
5. 可作为等张溶液的是
 - A. 0.9%NaCl 溶液
 - B. 10% 葡萄糖溶液
 - C. 1.9% 尿素溶液
 - D. 20% 甘露醇溶液
 - E. 0.9% 葡萄糖溶液
6. 全血的比重主要决定于
 - A. 血浆蛋白含量
 - B. 渗透压的高低
 - C. 红细胞数量
 - D. 白细胞数量
 - E. NaCl 的浓度
7. 全血的黏滞性主要取决于
 - A. 血浆蛋白含量
 - B. 红细胞数量
 - C. 白细胞数量
 - D. 红细胞的叠连
 - E. NaCl 的浓度
8. 组织液与血浆成分的主要区别是组织液内
 - A. 不含血细胞
 - B. 蛋白含量低
 - C. Na^+ 含量高
 - D. K^+ 含量高
 - E. Cl^- 含量高
9. 血清与血浆的主要区别在于血清中缺乏
 - A. 纤维蛋白
 - B. 纤维蛋白原
 - C. 凝血因子

- D. 血小板 E. Ca^{2+}
10. 下列不易通过红细胞膜的物质是
A. O_2 和 CO_2 B. 尿素 C. H_2O D. HCO_3^- E. K^+ 和 Na^+
11. 血浆中分子量最小的蛋白质是
A. 纤维蛋白原 B. α_1 球蛋白 C. α_2 球蛋白 D. γ 球蛋白 E. 白蛋白
12. 血细胞比容主要指的是
A. 红细胞与血浆容积之比 B. 红细胞与白细胞容积之比 C. 红细胞在血液中所占的重量百分比 D. 红细胞的容积 E. 红细胞在血液中所占的容积百分比
13. 红细胞所需的能量主要来自
A. 葡萄糖的有氧氧化 B. 糖原异生 C. 糖原分解 D. 糖酵解 E. 脂肪酸氧化
14. 红细胞的变形能力取决于红细胞的
A. 体积 B. 表面积 C. 数量 D. 比重 E. 表面积与体积的比值
15. 不引起红细胞沉降率加速的因素是
A. 红细胞叠连增多 B. 血浆胆固醇含量增多 C. 血浆白蛋白含量增多 D. 血浆球蛋白含量增多 E. 血浆纤维蛋白含量增多
16. 红细胞沉降率的快慢主要取决于红细胞的
A. 体积 B. 表面积 C. 数量 D. 比重 E. 叠连
17. 红细胞渗透脆性指的是
A. 红细胞对高渗盐溶液的抵抗力 B. 红细胞在低渗盐溶液中膨胀破裂的特性 C. 红细胞在生理盐溶液中破裂的特性 D. 红细胞耐受机械撞击的能力 E. 红细胞相互撞击破裂的特性
18. 红细胞表面积与体积比值的下降可引起红细胞
A. 变形性增强 B. 渗透脆性增大 C. 悬浮稳定性增强 D. 对低渗盐溶液的抵抗力增强 E. 血红蛋白含量增加
19. 骨髓中自我复制能力最强的细胞是
A. 造血干细胞 B. 定向祖细胞 C. 前体细胞 D. 网织红细胞 E. 淋巴细胞
20. 调节红细胞生成的主要体液因素是
A. 雄激素 B. 雌激素 C. 甲状腺激素 D. 促红细胞生成素 E. 生长激素
21. 红细胞在血管外破坏的主要场所是

2. A. 肾、肝 B. 脾、肝 C. 肾、脾
D. 胸腺、骨髓 E. 胸腺、肝
- *22. 下列关于生理止血的错误描述是
A. 包括局部血管收缩、血小板血栓形成和血凝块
B. 血小板与凝血块的形成有关
C. 局部血管反应持续时间较短
D. 肝功能受损时凝血时间延长
E. 血小板减少时,凝血时间明显延长
23. 血小板磷脂酶 A_2 激活后可产生的物质是
A. 血小板活化因子 B. ADP C. 血栓素 A_2
D. cAMP E. 组胺
24. 阿司匹林具有抗血小板聚集作用,是因为阿司匹林可抑制血小板的
A. 磷脂酶 A_2 B. 环加氧酶 C. 血栓烷合酶
D. 前列环素合酶 E. 过氧化物酶
25. 血小板减少导致皮肤自发性出血斑点的主要原因是
A. 血小板不能聚集成团 B. 血小板不能释放足够的血管活性物质
C. 不能修复和保持血管内皮细胞完整性 D. 血凝块回缩障碍
E. 血小板黏附减少
26. 可抑制血小板聚集的物质是
A. ADP B. TXA_2 C. PGI_2 D. 胶原 E. 凝血酶
27. 血管损伤后止血栓能正确定位于损伤部位有赖于血小板的特性是
A. 黏附 B. 聚集 C. 收缩 D. 吸附 E. 释放
28. 血凝块形成后的回缩的原因是
A. 纤维蛋白收缩 B. 红细胞叠连 C. 白细胞变形
D. 血小板收缩 E. 红细胞破裂
29. 血液凝固发生的原因是
A. 纤维蛋白溶解 B. 纤维蛋白的激活
C. 纤维蛋白原变为纤维蛋白 D. 血小板聚集与红细胞叠连
E. FⅢ的激活
30. 血液凝固的内源性与外源性激活途径的主要差别是
A. FX的激活物的形成过程 B. 凝血酶激活过程
C. 纤维蛋白形成过程 D. 是否需要维生素K的参与
E. 有无 Ca^{2+} 的参与
31. 内源性凝血途径的始动因子是
A. FⅫ B. FⅪ C. FX D. FⅧ E. FⅢ
32. 凝血因子 FⅧ的作用是
A. 激活 FIX B. 使 FXa 对 FⅡ的激活加快
C. 使 $FIXa$ 对 FX 的激活加快 D. 使 FⅡa 对 FⅠ的激活加快
E. 使 FIX 活化成 $FIXa$ 的速度加快
33. 肝素抗凝的主要机制是

- A. 抑制凝血酶原的激活
B. 抑制 FX 的激活
C. 促进纤维蛋白吸附凝血酶
D. 增强抗凝血酶的活性
E. 抑制血小板聚集

34. 纤溶酶的主要作用是水解

- A. FV B. FIIa C. FXII D. FI 和 Ia E. FIV

35. 外源性凝血途径的始动因子是

- A. FI B. FII C. FIII D. FVII E. FX

36. 在凝血过程中催化纤维蛋白原转变为纤维蛋白的凝血因子是

- A. FIIa B. FIII C. FIV D. FXIIa E. FXIIIa

37. 凝血酶的主要作用是

- A. 加速 FVII 复合物的形成 B. 加速凝血酶原酶复合物的形成

- C. 使纤维蛋白原转变为纤维蛋白 D. 激活 FXII

- E. 促进血小板聚集

38. 抗凝血酶的主要作用是

- A. 抑制凝血酶原形成 B. 促使纤维蛋白分解

- C. 抑制凝血酶原激活物 D. 与凝血酶结合,使之失活

- E. 与肝素等结合,使之失去活性

39. 下列关于纤溶酶的描述,正确的是

- A. 纤溶酶具有很高的特异性,降解纤维蛋白和纤维蛋白原

- B. 纤溶酶属于丝氨酸蛋白酶

- C. 纤溶酶最敏感的底物是血浆中的各种凝血因子

- D. 纤溶酶原激活抑制剂可抑制纤溶酶

- E. 纤溶酶由肝脏直接合成

40. 下列哪项措施没有延缓血凝的作用

- A. 加肝素 B. 适当降温 C. 提供光滑面

- D. 去除血浆中的 Ca^{2+} E. 注射维生素 K

41. 通常所说的血型指的是

- A. 红细胞上受体的类型 B. 红细胞表面特异抗体的类型

- C. 红细胞表面特异抗原的类型 D. 血浆中特异抗体的类型

- E. 血浆中特异抗原的类型

42. O 型血的红细胞膜上的抗原是

- A. A 抗原 B. B 抗原 C. O 抗原 D. H 抗原 E. C 抗原

43. "Rh 阳性"是指红细胞膜上有

- A. C 抗原 B. A 抗原 C. D 抗原 D. E 抗原 E. B 抗原

*44. 下列有关 ABO 血型系统的叙述,正确的是

- A. 新生儿血浆中可存在 IgG 型抗 A 或抗 B 抗体

- B. 新生儿血浆中可存在 IgM 型抗 A 或抗 B 抗体

- C. 新生儿红细胞上 A 或 B 抗原的含量与成人相同

- D. 新生儿血浆中存在的抗 A 或抗 B 抗体是自己产生的

- E. 新生儿体内的 A 抗原或 B 抗原只存在于红细胞上

45. 下列关于输血的叙述,错误的是

- A. 再次输入同一相同血型个体的血液不需进行交叉配血
- B. 必要时 O 型血可输给其他血型的受血者
- C. 必要时 AB 型的人可接受其他血型受血者的血液
- D. Rh 阴性的受血者第一次输血时不可接受 Rh 阳性的血液
- E. Rh 阳性的受血者第一次输血时可接受 Rh 阴性的血液

【A₂型题】

*46. 男,25岁,因交通事故导致失血性休克入院。检验人员紧急为其行输血前交叉配血,检查结果为:其红细胞与 B 型血的血清发生凝集,而其血清与 B 型血的红细胞不发生凝集,分析此人的血型为

- A. A 型
- B. B 型
- C. O 型
- D. AB 型
- E. Rh 阳性

*47. 在某凝血功能障碍患者血浆中加入足量组织因子和 Ca^{2+} 后血浆凝固时间仍明显较正常人延长,该患者可能缺乏的物质是

- A. Ca^{2+}
- B. FXII
- C. FVIII
- D. 血小板
- E. FV

48. 外科手术中,医生用温热盐水纱布按压创口,从而减少了创口的渗透血,其机制是

- A. 抑制纤溶酶
- B. 减少游离 Ca^{2+}
- C. 使血管反射性收缩
- D. 激活凝血因子加速血凝
- E. 增加血小板聚集

49. 一位 20 岁女性因海鲜过敏就医,下列中性粒细胞计数百分率检查指标主要增加的是

- A. 中性粒细胞
- B. 单核细胞
- C. 淋巴细胞
- D. 嗜酸性粒细胞
- E. 嗜碱性粒细胞

50. 患儿,女,1岁,出生后常出现全身皮肤常出现瘀点、瘀斑现象,近一个月来多次发生鼻出血,双亲为近亲婚配,家系中均无类似出血情况。实验室检查发现,外周血血小板计数正常,出血时间延长,凝血时间正常,血小板膜表面糖蛋白 IIb 显著降低,基因诊断证实糖蛋白 IIb (GP IIb) 基因错义突变。该患儿出血时间延长与血小板的哪项功能有关

- A. 黏附能力降低
- B. 聚集能力降低
- C. 释放能力降低
- D. 收缩能力降低
- E. 吸附能力降低

51. 患儿,男,第二胎,生后 2 小时发现颜面部皮肤黄染,并加重蔓延至躯干,四肢,10 小时后收治住院。查红蛋白低于正常,血胆红素显著增高,血型为 A 型,Rh 血型(+),其母亲血型 A 型,Rh 血型(-)。入院后该患儿血红蛋白进行性降低,而血胆红素进行性增高,诊断为新生儿溶血病。医院计划进行换血治疗。最好选择下列哪种血液进行换血治疗,以替换出患儿体内的抗 Rh 抗体

- A. A 型,Rh 血型(+)
- B. A 型,Rh 血型(-)
- C. O 型,Rh 血型(+)
- D. O 型,Rh 血型(-)
- E. AB 型,Rh 血型(+)

52. 患者,男,62岁,因“突发胸痛 3 小时”至县人民医院急诊。急诊心电图检查显示胸导联 V1-V5 呈现典型 Q 波,ST 段抬高呈弓背向上型。考虑为冠状动脉血栓形成引起急性广泛前壁心肌梗死。下列哪项是最有效的急诊治疗

- A. 阿司匹林
- B. 维生素 K 拮抗剂华法林
- C. tPA(组织型纤溶酶原激活物)
- D. α_2 -AP(α_2 -抗纤溶酶)
- E. 肝素

53. 某大学生进行课外科研训练,计划采用等张的磷酸缓冲液(PBS 液)进行肺泡灌洗,因为所准备的 PBS 液不够,可用下列哪种溶液代替

- A. 0.9%NaCl B. 0.9% 葡萄糖 C. 0.9% 尿素
D. 5%NaCl E. 5% 尿素

54. 39 岁女性,因月经量多,周期缩短半年,近日开始出现头晕、呼吸急促、心跳加速、乏力、易疲劳、食欲减退等症状,实验室检查镜下红细胞呈现明显的低色素表现,该患者实验室检查可能出现的结果是

- A. 白细胞数明显减少 B. 血红蛋白含量明显下降
C. 红细胞体积代偿性增大 D. 叶酸缺乏
E. 维生素 B₁₂ 缺乏

55. 某患者血沉增快,若将该患者的红细胞置于正常人血浆中,其红细胞沉降的速度将

- A. 增快 B. 下降 C. 正常
D. 无变化 E. 无法判断

56. 某患者在胃大部分切除后出现巨幼细胞性贫血,是因为机体对哪项物质吸收障碍

- A. 蛋白质 B. 叶酸 C. 维生素 B₁₂
D. 脂肪 E. 铁

*57. 静脉注射肝素所引起的体内抗凝作用大于其体外抗凝作用,这主要是因为肝素

- A. 体外迅速灭活 B. 在体内促进 TFPI 释放
C. 在体内抑制凝血因子的产生 D. 在体内促进抗凝血酶的产生
E. 在体外与抗凝血酶的亲和性低

58. 父母一方为 A 型,另一方为 B 型,其子女可能的血型为

- A. 只有 AB 型 B. 只有 A 型或 B 型
C. 只可能是 A 型、B 型、AB 型 D. A 型、B 型、AB 型、O 型都有可能
E. 只可能是 AB 型或 O 型

59. Rh 阴性母亲,其胎儿若为第二胎,Rh 阳性,胎儿生后易患的疾病是

- A. 血友病 B. 白血病 C. 红细胞增多症
D. 新生儿溶血病 E. 巨幼红细胞性贫血

【B 型题】

(60~62 题共用备选答案)

- A. 6%~8% B. 20%~30% C. 40%~50%
D. 60% E. 70%~80%

60. 体液占成人体重的

61. 血液占成人体重的

62. 血细胞比容在正常成人约为

(63~64 题共用备选答案)

- A. 葡萄糖 B. Na⁺ C. K⁺
D. 球蛋白 E. 白蛋白

63. 构成血浆胶体渗透压的主要成分是

64. 构成血浆晶体渗透压的主要成分是

(65~66 题共用备选答案)

- A. 红细胞数量 B. 血浆总蛋白含量 C. 血浆球蛋白含量
D. 血浆白蛋白含量 E. 血浆 NaCl 含量

65. 血液的黏度主要决定于

66. 血浆胶体渗透压主要决定于

(67~68 题共用备选答案)

A. 中性粒细胞

B. 嗜碱性粒细胞

C. 嗜酸性粒细胞

D. 淋巴细胞

E. 血小板

67. 可吞噬化脓性细菌的血细胞是

68. 可释放组胺引起过敏症状的血细胞是

(69~71 题共用备选答案)

A. FV

B. FVII

C. FVIII

D. FX

E. FXII

69. 可增强IXa 活性的物质是

70. 可增强Xa 活性的物质是

71. 可激活纤溶酶原的物质是

(72~74 题共用备选答案)

A. 中性粒细胞

B. 嗜酸性粒细胞

C. 嗜碱性粒细胞

D. 单核细胞

E. 淋巴细胞

72. 能释放嗜酸性粒细胞趋化因子 A 的血细胞是

73. 能释放组胺酶的血细胞是

74. 能释放肝素的血细胞是

【X 型题】

75. 血浆蛋白的主要生理功能是

A. 多种代谢物的运输载体

B. 维持血浆胶体渗透压

C. 参与机体免疫功能

D. 参与生理性止血

76. 能使血沉加快的下列情况是

A. 血沉加快者的红细胞置入正常血浆

B. 血浆纤维蛋白原增加

C. 血浆白蛋白增加

D. 血浆球蛋白增加

77. 维持体液 pH 恒定的必需机制是

A. 血液的缓冲系统

B. 肺的呼吸功能

C. 肾的排泄和重吸收功能

D. 每天饮水量的调节

78. 对血浆总渗透压的正确叙述是

A. 近似于 7 个大气压

B. 与 0.9%NaCl 溶液的渗透压相近似

C. 主要由 Na^+ 和 Cl^- 所形成

D. 维持毛细血管内外的水平衡

79. 造血干细胞的主要特征是

A. 数目相对稳定

B. 自我复制能力强

C. 能够多向性分化

D. 具有特殊的形态特点

80. 生理情况下在血管内血液无血栓存在的原因是

A. 血流稀释激活的凝血因子

B. 血管内皮有抗凝作用

C. 纤维蛋白溶解系统的作用

D. 有抗凝物质存在

81. 血清与血浆的区别在于血清

A. 缺乏纤维蛋白原

B. 增加了血小板释放的物质

C. 缺乏某些凝血因子

D. 白蛋白含量多

82. 小血管损伤后,生理止血过程包括

- A. 受损小血管收缩
- B. 血小板聚集形成血栓
- C. 受损局部血液凝固形成血凝块
- D. 血管壁修复,伤口愈合

83. 血小板在生理性止血中的作用是

- A. 黏附于内皮下成分
- B. 释放 ADP 与 TXA_2 , 促使更多血小板聚集
- C. 释放 TXA_2 促进血管收缩
- D. 释放 PF_3 促进血凝

84. 凝血酶的作用有

- A. 激活 FVIII
- B. 使纤维蛋白原水解成纤维蛋白单体
- C. 使纤维蛋白单体形成不溶性纤维蛋白多聚体
- D. 使血小板聚集

*85. 可延缓或防止体外凝血的下列情况是

- A. 血液中加入草酸钾或草酸铵
- B. 血液中加入肝素
- C. 血液中加入枸橼酸钠
- D. 血液中加入华法林

86. 血小板聚集所必需的参与因素是

- A. Ca^{2+}
- B. 纤维蛋白原
- C. 血小板糖蛋白 IIb/IIIa 复合物
- D. FVIII

87. 能诱导血小板聚集的物质有

- A. ADP
- B. 凝血酶
- C. 胶原
- D. TXA_2

三、简答题

1. 简述红细胞的形态特征和红细胞生理特性的关系。
2. 机体为什么能够保持正常人红细胞数量相对稳定?
3. 请根据所学生理学知识,试分析产生贫血的可能原因。
4. 何谓生理止血?为什么说血小板在生理止血中居中心地位?
5. 为什么生理情况下血管内血液不发生凝血?
6. 根据你现有生理学知识,试分析治疗血栓形成的可能途径。
7. 试述 ABO 血型系统的分型依据以及输血原则。
8. 试比较 ABO 血型系统和 Rh 血型系统的特点。

四、思考题

1. 一位年轻男性患者因无力、疲困思睡和体力活动后气促而就诊。问诊发现近期有胃溃疡和上消化道出血病史。抽取外周静脉血加入 Ca^{2+} 螯合剂后进行实验室检查,结果见下:

项目	测定值	正常值
血红蛋白	80g/L	12~16g/L
红细胞计数	$3.1 \times 10^{12}/\text{L}$	$(4.0\sim5.5) \times 10^{12}/\text{L}$
网织红细胞	9%	0%~2%
白细胞计数	$8 \times 10^9/\text{L}$	$(4\sim10) \times 10^9/\text{L}$
血小板计数	$190 \times 10^9/\text{L}$	$(150\sim400) \times 10^9/\text{L}$

问题:

- (1) 请尝试评价以上数值的临床意义。
- (2) 在抽取的血样中加入 Ca^{2+} 整合剂的目的是什么?
- (3) 请根据所学生理学知识评价网织红细胞百分比发生改变的意义,并分析网织红细胞百分比增高的机制。
- (4) 疲惫感和无力症状是否与以上血液检查的结果有关?

2. 某出血性疾病患者,为了解是何种凝血因子缺乏,抽取静脉血检查发现:凝血时间(将不抗凝的静脉血置玻璃试管中,观察凝血所需的时间)结果正常;血浆凝血酶原时间(在枸橼酸钠抗凝血浆中加入 Ca^{2+} 和组织因子,观察血浆凝固所需时间)结果延长。问题:

- (1) 你认为该患者最可能是哪种凝血因子功能缺陷?请简述其理由。
- (2) 如果在患者血浆中加入正常人血浆,不能使该患者血浆凝血酶原时间恢复正常,你认为该患者凝血功能障碍的原因是什么?请简述其理由。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 红细胞沉降率(血沉):在抗凝血液中红细胞在第一小时末下沉的距离,可反映红细胞悬浮稳定性的高低。
2. 血细胞比容:指血细胞在血液中所占的容积百分比。正常成年男性的血细胞比容为 40%~50%,女性为 37%~48%。
3. 血液凝固:指血液由流动的液体状态变成不能流动的凝胶状态的过程,其实质是血浆中可溶性纤维蛋白原转变成不溶性纤维蛋白的过程。
4. 等渗溶液:指渗透压与血浆的渗透压相等的溶液,约为 5790mmHg (313mOsm/L)。
5. 造血微环境:指造血干细胞定居、存活、增殖、分化和成熟的场所,包括造血器官中的基质细胞、基质细胞分泌的细胞外基质和各种造血调节因子,以及进入造血器官的神经和血管,在血细胞生成的全过程中起调控、诱导和支持的作用。
6. 内源性凝血途径:指参与凝血的因子全部来自血液的凝血途径,通常因血液接触带负电荷的异物表面而启动,其始动因子是 FⅫ。
7. 血小板黏附:指血小板与非血小板表面黏着的现象。vWF 等是血小板黏附于胶原纤维的桥梁。
8. 血小板聚集:指血小板与血小板之间相互黏着的现象。血小板聚集有赖于纤维蛋白原、 Ca^{2+} 及血小板膜上 GPⅡb/Ⅲa 的参与。
9. 血型:血细胞膜上特异抗原的类型,通常指红细胞膜上特异性抗原的类型。与临床关系最为密切的是 ABO 血型系统和 Rh 血型系统。
10. 纤维蛋白溶解(纤溶):指纤维蛋白被分解的过程。正常情况下纤溶和凝血之间保持动态平衡,维持血管的通畅状态。

二、选择题

【A₁型题】

- | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. E | 2. E | 3. B | 4. A | 5. A | 6. C | 7. B | 8. B | 9. B | 10. E |
| 11. E | 12. E | 13. D | 14. E | 15. C | 16. E | 17. B | 18. B | 19. A | 20. D |

21. B 22. E 23. C 24. B 25. C 26. C 27. A 28. D 29. C 30. A
 31. A 32. C 33. D 34. D 35. C 36. A 37. C 38. D 39. B 40. E
 41. C 42. D 43. C 44. A 45. A

难题解析:

22. 出血时间延长主要反映血小板异常和血管异常所致的止血障碍,而凝血时间延长主要反映内源性凝血途径的障碍,因此血小板减少时表现为止血时间延长。凝血因子由肝脏产生,故肝功能障碍时凝血时间延长。

44. 新生儿出生后 2~8 个月血浆中才出现天然 IgM 型抗体,但因母体的 IgG 型抗体可通过胎盘,故出生时血浆中存在 IgG 型抗 A 或抗 B 抗体,而不存在 IgM 型抗 A 或抗 B 抗体。新生儿红细胞上 A 或 B 抗原的含量与成人相同。新生儿出生时红细胞膜上 A 或 B 抗原的位点数仅为成人的 1/3。新生儿体内的其他多种细胞也存在 A 或 B 抗原。

【A₂ 型题】

46. D 47. E 48. D 49. D 50. B 51. B 52. C 53. A 54. B 55. C
 56. C 57. B 58. D 59. D

难题解析:

46. 红细胞与 B 型血的血清(含抗 A)发生凝集表明红细胞膜上存在 A 抗原,而其血清与 B 型血的红细胞不发生凝集,表明血清中不含抗 B 抗体,也即红细胞膜上存在 B 抗原。因此,该人的血型为 AB 型。

47. 组织因子是外源性途径的启动因子,加入足量组织因子和 Ca²⁺ 后可以通过外源性途径启动血浆凝固的凝固过程。当 FⅠ、FⅡ、FⅤ、FⅦ、FⅩ缺乏时上述反应的时间将明显延长。

57. 肝素在体内可促进内皮细胞分泌 TFPI,静脉注射肝素所引起的体内抗凝作用大于其体抗凝作用。

【B 型题】

60. D 61. A 62. C 63. E 64. B 65. A 66. D 67. A 68. B 69. C
 70. A 71. E 72. C 73. B 74. C

【X 型题】

75. ABCD 76. BD 77. ABC 78. ABC 79. ABC 80. ABCD 81. ABC
 82. ABC 83. ABCD 84. ABD 85. ABC 86. ABC 87. ABCD

难题解析:

85. 选 ABC。血液中加入草酸钾或草酸铵、枸橼酸钠均可与 Ca²⁺ 结合形成不溶解的盐,故可去除血浆中的 Ca²⁺,可在体外发挥抗凝血作用,但由于可影响血 Ca²⁺ 而不能用于体内抗凝。肝素可加强抗凝血酶的作用而在体内外发挥抗凝血作用。华法林在体内抑制肝脏维生素 K 依赖性凝血因子的生成而发挥抗凝血作用,故在体外不能直接影响凝血过程。

三、简答题

1. 简述红细胞的形态特征和红细胞生理特性的关系。

答:正常的成熟红细胞无核,呈双凹圆碟形,具有较大的表面积与体积比,因而决定红细胞的某些生理特性。

(1) 可塑变形性为红细胞在外力作用下发生变形的能力。如果红细胞成为球形,其表面积与体积之比降低,变形能力减弱。变形能力降低的红细胞,难以通过直径只有 0.5~3μm 的脾窦而滞留于脾中被巨噬细胞吞噬。

(2) 悬浮稳定性为红细胞能相对稳定地悬浮于血浆中的特性。较大的表面积与体积之比使红细胞在静置的血浆中下沉时与血浆之间存在较大的摩擦而阻碍其下沉,红细胞因此能相对稳定地悬浮于血浆中。当红细胞叠连后,红细胞团块的总表面积与总体积之比减小,与血浆之间摩擦力减小而红细胞沉降加快,悬浮稳定性降低。

(3) 红细胞渗透脆性为红细胞对抗低渗盐溶液所致膨胀破裂的特性。正常红细胞置于一定程度低渗盐溶液中时,较大的表面积与体积之比可缓冲一定量水的进入,由正常双凹圆碟形逐渐胀大,不至于立即破裂而发生溶血。球形红细胞的表面积与体积之比降低,对低渗盐溶液膨胀作用的抵抗力降低,少量水分进入即引起红细胞破裂,表现渗透脆性增高。

2. 机体为什么能够保持正常人红细胞数量相对稳定?

答:促红细胞生成素(EPO)是机体调节红细胞生成的主要体液因素。EPO主要促进晚期红系祖细胞的增殖,并向原红细胞分化;也可作为存活因子抑制晚期红系祖细胞的凋亡而促进红细胞的生成;还可加速幼红细胞的增殖和血红蛋白的合成,促进网织红细胞的成熟与释放,对早期红系祖细胞的增殖与分化也有一定的促进作用。

肾脏是产生EPO的主要部位。组织缺氧是促进EPO分泌的生理性刺激因素。当红细胞减少时,由于肾脏氧供应减少可促进EPO的合成与分泌,使血浆EPO含量增加,进而促进红细胞的生成。反之,当红细胞数量增多时,肾脏EPO合成分泌减少,红细胞生成减慢,从而维持了血中红细胞数量的相对稳定。

3. 请根据所学生理学知识,试分析产生贫血的可能原因。

答:贫血的发生可概括为红细胞生成不足、破坏过多和大量丢失三个方面原因。

(1) 红细胞生成不足:①铁缺乏可引起缺铁性贫血;②缺乏叶酸或维生素 B_{12} 导致巨幼红细胞性贫血。因维生素 B_{12} 的吸收需要内因子,所以胃壁细胞的大量破坏或胃大部分切除,回肠远端病变或切除均可因维生素 B_{12} 缺乏导致巨幼红细胞性贫血;③由于物理、化学和生物等因素损害红骨髓,造血干细胞可发生质的异常和量的减少,或造血微环境的缺陷,可引起再生障碍性贫血;④肾脏病变可因EPO缺乏而导致肾性贫血。

(2) 红细胞破坏过多:脾功能亢进可引起红细胞破坏增多而出现脾性贫血;母亲的血型抗体进入胎儿体内可引起新生儿溶血性贫血。

(3) 红细胞大量丢失:急性红细胞大量丢失可引起失血性贫血。

4. 何谓生理止血?为什么说血小板在生理止血中居中心地位?

答:生理止血指小血管受损所致出血在几分钟内自行停止的现象,包括三个环节:①受损局部小血管收缩;②血小板黏附、释放并聚集形成松软的血小板止血栓;③凝血系统激活所形成的纤维蛋白交织成网加固松软的血小板止血栓,形成牢固的止血栓。

血小板在生理止血中起关键作用。①血小板在受损伤部位通过血小板膜表面的糖蛋白GPIIb/IX、血浆中vWF与内皮下成分胶原结合,黏附于胶原纤维上,同时血小板被激活释放ADP、TXA₂引起血小板聚集,形成一个松软的止血栓子,暂时封闭伤口。②血小板具有促血液凝固的作用,其表面吸附部分凝血因子,使凝血因子在受损伤局部浓集,有利于凝血的发生。血小板活化后还可释放某些凝血因子(如FV,纤维蛋白原等),特别是血小板活化后所暴露出的有效磷脂表面,为FX和凝血酶原的激活提供磷脂表面。血凝块中的血小板的收缩可使血凝块回缩,挤出其中的血清而成为坚实的止血栓,牢固地封住伤口。③血小板释放的TXA₂具有强烈的缩血管作用,能使局部血管收缩,限制和减缓血流以利于生理止血的顺利进行。

由于血小板在生理止血的三个过程密切相关,通常认为血小板在生理止血中居中心地位。当

血小板减少或功能降低时,出血时间就会延长。

5. 为什么生理情况下血管内血液不发生凝血?

答:①正常的血管内皮作为一个屏障,可防止凝血因子、血小板与内皮下的成分接触,从而避免凝血系统的激活和血小板的活化。②血管内皮细胞可以合成、释放前列环素(PGI_2)和一氧化氮(NO),从而抑制血小板的聚集。③血液中有丰富的生理性抗凝物质,即使局部有少量的凝血因子的激活也可被迅速灭活。血浆中以抗凝血酶Ⅲ为代表的丝氨酸蛋白酶抑制物能与内源性途径产生的凝血酶及 FIXa 、 FXa 、 FXIa 、 FXIIa 结合而抑制其活性;血浆中的组织因子途径抑制物(TFPI)能与 FXa 和 FVIIa -组织因子复合物结合而抑制其活性;激活的蛋白质 C 可灭活 FVIIIa 和 FVa 。④由于血流的冲洗,也可使局部激活的凝血因子被血流所稀释,并进一步被血浆中的抗凝物质灭活和被单核巨噬细胞吞噬,最终保证血液在血管内不发生凝血。

6. 根据你现有生理学知识,试分析治疗血栓形成的可能途径。

答:血栓形成是指在心血管中形成血凝块的过程。可通过下列途径进行抗栓治疗:

(1) 抑制凝血过程:采用肝素增强抗凝血酶Ⅲ的活性而发挥间接抗凝作用。肝素还可刺激血管内皮细胞释放 TFPI 而抑制凝血过程。采用维生素 K 拮抗剂如华法林抑制 FII 、 FVII 、 FIX 、 FX 等维生素 K 依赖性凝血因子的合成,均可抑制凝血过程,阻止血栓的进一步扩大。

(2) 抑制血小板的功能:血小板具有促进凝血作用,阿司匹林通过抑制环加氧酶可抑制血小板 TXA_2 的产生,抑制血小板的聚集和活化,抑制血栓的形成。同理,人工合成的 PGI_2 也可有效抑制血小板的激活和血栓的形成。

(3) 促进纤维蛋白溶解:采用尿激酶直接激活纤溶酶原为纤溶酶,促进已形成的血栓溶解,恢复血管的畅通。

7. 试述 ABO 血型系统的分型依据以及输血原则。

答:ABO 血型是根据红细胞膜上是否存在 A 抗原和 B 抗原而分为四型:红细胞膜上只有 A 抗原者为 A 型;只有 B 抗原者为 B 型;A 与 B 两种抗原者均为 AB 型;A 和 B 两种抗原都没有者为 O 型。不同血型的人的血清中含有不同的抗体,在 A 型血者的血清中,只含有抗 B 抗体;B 型血者的血清中只含有抗 A 抗体;AB 型血的血清中没有抗 A 和抗 B 抗体;而 O 型血的血清中则同时含有抗 A 和抗 B 两种抗体。

为保证输血安全,首先应当鉴定血型,要确保输入的红细胞不被受血者的血清所凝集破坏,同时也要避免输入的血型抗体不要破坏受血者的红细胞,因此首选同型输血。只有在无法得到同型血的紧急情况下,才可考虑进行异型输血,如将 O 型血输给 A、B 和 AB 型受血者,将 A、B 和 O 型血输给 AB 型受血者。异型输血时要注意少量慢速输入以便让输入的抗 A、抗 B 抗体可被受血者血浆所稀释,浓度下降,尚不致发生危险。在输血前即使是同型输血也要进行交叉配血试验,这样既可检验血型鉴定是否有误,又能发现供血者和受血者的红细胞或血清中是否还存在其他不相容的血型抗原或血型抗体。此外,还应提倡成分输血和自身输血以增强治疗的针对性,提高疗效,减少不良反应。

8. 试比较 ABO 血型系统和 Rh 血型系统的特点。

答:见知识要点表 3-2。

四、思考题

1. 答:(1)该患者血红蛋白和红细胞计数降低,表明有贫血。而网织红细胞增高,表明该患者骨髓代偿性造血增强,骨髓造血功能正常。该患者白细胞和血小板计数正常,表明该患者疾病只局限在红细胞减少。

(2) 在抽取的血样中加入 Ca^{2+} 螯合剂主要在于去除 Ca^{2+} 而达到抗凝的作用, 以利于后续血细胞的计数和血红蛋白测定。

(3) 网织红细胞的寿命只有 1~2 天, 外周血网织红细胞的变化可以敏感地反映骨髓红细胞造血状态的变化。该患者网织红细胞增高, 表明该患者骨髓红系代偿性造血增强, 也表明该患者血红蛋白和红细胞计数降低并非骨髓造血功能低下所致。由于该患者血红蛋白和红细胞计数降低, 将导致肾组织供氧不足而分泌促红细胞生成素增多, 进而刺激骨髓红细胞生成增强, 网织红细胞生成释放增多, 表现为外周血网织红细胞增多。

(4) 有关系。由于该患者血红蛋白和红细胞计数降低, 外周血氧含量降低, 导致组织缺氧, 呈现疲惫感和无力症状。

2. 答: (1) FVII 异常。因为凝血时间的测定, 是将不抗凝的静脉血置玻璃试管中, 由于 FXII 接触了试管玻璃的表面而被激活, 启动内源性凝血途径。若此时凝血正常, 表明整个内在凝血途径相关的凝血因子正常。与内在凝血途径相关的凝血因子有 FXII、高分子量激肽原、前激肽释放酶、FXI、FIX、FX、FII、FI、FXIII、FVIII、FV 及钙离子等。而血浆凝血酶原时间测定, 是在枸橼酸钠抗凝血浆中加入 Ca^{2+} 和组织因子, 直接启动外在凝血途径而引起血浆凝固。若此时凝血异常, 表明外在凝血途径异常。与外在途径有关的凝血因子有 FVII、FX、FII、FI、FXIII、FV 及钙离子。因为凝血时间正常, 则已经确定 FX、FII、FI、FXIII、FV 等正常 (血浆凝血酶原时间测定时加了足量的钙离子, 故不需考虑钙离子的影响), 故可以做出 FVII 异常的判断。

(2) 患者血浆中存在 FVII 的抑制物。在患者血浆中加入正常人血浆, 也即加入正常的 FVII, 若不能使该患者血浆凝血酶原时间恢复正常, 则提示加入的正常 FVII 不能发挥作用, 提示该患者血浆中存在大量 FVII 的抑制物, 抑制了 FVII 的功能。

(冯丹丹 罗自强)

第四章

血液循环

第一节 心脏的泵血功能

学习目标

1. 掌握 心动周期的概念,心脏泵血的过程和机制;心脏泵血功能的评定:每搏输出量、每分钟输出量、射血分数、心指数;心输出量的影响因素:心室收缩的前负荷、心室收缩的后负荷、心肌收缩能力、心率。
2. 熟悉 心脏泵血功能的储备;心脏做功;心音。
3. 了解 心功能评价。

知识要点

一、心脏的泵血过程和机制

(一) 心动周期

心脏的一次收缩和舒张,构成一个机械活动周期,称为心动周期。心动周期的长度与心率成反比。左右两心房和左、右两心室的活动同步进行,心室舒张期的前0.4秒期间,心房也处于舒张状态,这一时期称为全心舒张期。心房和心室的收缩期都短于其舒张期。心率加快时,收缩期和舒张期都相应缩短,但舒张期缩短的程度更大。

(二) 心脏的泵血过程

左心室肌的收缩和舒张是造成室内压变化,导致心房和心室之间以及心室和主动脉之间产生压力梯度的根本原因;压力梯度是推动血液在心房、心室以及主动脉之间流动的主要动力。在收缩期,心室肌收缩产生的压力增高和血流惯性是心脏射血的动力;在舒张早期,心室主动舒张是心室充盈的主要动力;在舒张晚期心房肌的收缩可进一步充盈心室。由于心脏瓣膜的结构特点和启闭活动,使血液只能沿一个方向流动。心脏泵血过程中心腔内压力、心瓣膜开闭、血流方向及心室容积的变化见表4-1。

右心室的泵血过程与左心室基本相同,但右心室内压的变化幅度要比左心室内压的变动小得多。

(三) 心房在心脏泵血中的作用

1. 心房的初级泵作用 心房的主要作用是接纳、储存从静脉不断回流的血液。心房收缩对心

表 4-1 心脏泵血过程中心腔内压力、心瓣膜开闭、血流方向及心室容积的变化

分期	时程(秒)	压力	瓣膜		血流方向	心室容积
			房室瓣	半月瓣		
心室收缩期						
等容收缩期	0.05	$P_a < P_v < P_A$	关	关	存于心室	不变
快速射血期	0.1	$P_a < P_v > P_A$ P_v 达到峰值	关	开	心室→动脉, 射血速度 快	迅速↓, 占总射血量 2/3
减慢射血期	0.15	$P_a < P_v < P_A$	关	开	心室→动脉, 靠惯性 射血, 血流速度慢	继续↓, 占总射血量 1/3
心室舒张期						
等容舒张期	0.06~0.08	$P_a < P_v < P_A$	关	关	存于心室	不变
快速充盈期	0.11	$P_a > P_v < P_A$ P_v 可成为负压	开	关	心房→心室	迅速↑, 占总充盈量 2/3
缓慢充盈期	0.22	$P_a > P_v < P_A$	开	关	心房→心室	缓慢↑, 继续充盈
心房收缩期	0.1	$P_a > P_v < P_A$	开	关	心房→心室	进一步↑, 占总充盈量 25%

室的充盈起辅助作用,使心室舒张末期容积进一步增大,心肌的收缩力加大。因此,心房的收缩起着初级泵的作用,有利于心脏射血和静脉回流。

2. 心动周期中心房内压的变化 在心动周期中,左心房的压力曲线上依次出现 a、c、v 三个较小的正向波。a 波由心房收缩舒张所致,为心房收缩的标志。c 波和 v 波分别由于心室收缩及心室充盈时血液迅速由心房进入心室所致。

(四) 心音

在心动周期中,心肌收缩、瓣膜启闭、血液流速改变形成的涡流和血液撞击心室壁和大动脉壁引起的振动,都可通过周围组织传递到胸壁,用听诊器便可在胸部某些部位听到相应的声音,即为心音。

1. 第一心音 标志着心室收缩的开始,音调较低,持续时间较长。是由于房室瓣突然关闭引起心室内血液和室壁的振动,以及心室射血引起的大血管壁和血液涡流所发生的振动而产生的。

2. 第二心音 标志着心室舒张期的开始,频率较高,持续时间较短。主要与主动脉瓣和肺动脉瓣关闭,血流冲击大动脉根部引起血液、管壁及心室壁的振动有关。

二、心输出量与心脏泵血功能的储备

(一) 每搏输出量与每分输出量

1. 每搏输出量和射血分数 一侧心室一次心脏搏动所射出的血液量,称为每搏输出量,简称搏出量。正常成年人在安静状态下的搏出量约为 70ml (60~80ml)。搏出量占心室舒张末期容积的百分比,称为射血分数。健康成年人的射血分数为 55%~65%。射血分数能更准确地反映心脏的泵血功能。

2. 每分输出量和心指数 一侧心室每分钟射出的血液量,称为每分输出量,也称心输出量

或心排出量。心输出量等于心率与搏出量的乘积。健康成年男性在安静状态下的心输出量为4.5~6.0L/min。女性比同体重男性低10%左右。

以单位体表面积(m^2)计算的心输出量称为心指数。安静和空腹情况下测定的心指数称为静息心指数,可作为比较身材不同个体的心功能的评价指标。

(二) 心脏泵血功能的储备

心输出量可随机体代谢需要而增加的能力,称为心泵功能储备或心力储备。心泵功能储备可用心脏每分钟能射出的最大血量来表示,包括搏出量储备和心率储备两部分。

1. 搏出量储备 分为收缩期储备和舒张期储备。前者是通过增强心肌收缩能力和提高射血分数来实现的,而后者则是通过增加舒张末期容积而获得的。

2. 心率储备 心率在一定范围内加快,最高心率达160~180次/分时,心输出量可增加至静息时的2~2.5倍,称为心率储备。但如心率过快(大于180次/分),由于舒张期过短,心室充盈不足,可导致搏出量和心输出量减少。

三、心输出量的影响因素

凡能影响搏出量和心率的因素均可影响心输出量。

(一) 心室收缩的前负荷

1. 心室肌的前负荷 心室舒张末期容积相当于心室的前负荷。常用心室舒张末期压力来反映前负荷。将心室舒张末期压力值与相对应的搏出量或每搏功的数据绘制成的曲线,称为心室功能曲线。增加前负荷(初长度)时,心肌收缩力加强,搏出量增多,每搏功增大。这种通过改变心肌初长度而引起心肌收缩力改变的调节,称为异长自身调节。其主要生理学意义是对搏出量的微小变化进行精细的调节,使心室射血量与静脉回心血量之间保持平衡,从而使心室舒张末期容积和压力保持在正常范围内。

通常状态下,左心室舒张末期压仅5~6mmHg,与其最适前负荷(12~15mmHg)有相当距离,说明心室有较大的初长度储备。前负荷在其上限范围(15~20mmHg)变动时对每搏功和心室泵血功能的影响不大。心室前负荷即使超过20mmHg,每搏功仍不变或仅轻度减少。只有在发生严重病理变化的心室,心功能曲线才出现降支。

正常心室肌具有较强的抗过度延伸的特性,肌节一般不会超过2.25~2.30 μm ,使得心功能曲线不会出现明显的下降趋势。

2. 前负荷影响因素 凡能影响心室舒张期充盈量的因素,都可通过异长自身调节使搏出量发生改变。

(1) 静脉回心血量:在多数情况下,静脉回心血量的多少是决定心室前负荷大小的主要因素。静脉回心血量又受下列多种因素的影响。

1) 心室充盈时间:当心率增快时,心动周期(尤其是心室舒张期)缩短,因而心室充盈时间缩短,心室充盈不完全,静脉回心血量减少;反之相反。但如果在心室完全充盈后继续延长心室充盈的时间,则不能进一步增加静脉回心血量。

2) 静脉回流速度:在心室充盈持续时间不变的情况下,静脉回流速度越快,静脉回心血量就越多;反之,则静脉回流越少。在全心舒张期,静脉回流速度决定于外周静脉压与心室内压之差。当外周静脉压增高和(或)心室内压降低时,静脉回流速度加快。

3) 心室舒张功能:心室舒张是一个耗能的过程(见第二章),与收缩期末的心肌细胞内升高的 Ca^{2+} 回降速率有关。舒张期 Ca^{2+} 回降速率越快, Ca^{2+} 与肌钙蛋白C结合位点解离并触发舒张过程

越快,心肌舒张速率也越快;这样,快速充盈期产生的心室负压就越大,抽吸作用也越强。如果这一机制受损,即可诱发心肌舒张速率下降,使全心舒张期的静脉回心血量减少,特别是使快速充盈期的静脉回心血量减少。

4) 心室顺应性:心室顺应性是指心室壁受外力作用时能发生变形的难易程度。心室顺应性是一个被动的过程,取决于左心室的几何形状和质量,左心室(纤维化)的粘弹特性和心包。心室顺应性高时,在相同的心室充盈压条件下能容纳更多的血量;反之则心室充盈量减少。

5) 心包腔内压力:正常情况下,心包的存在有助于防止心室的过度充盈。当发生心包积液时,心包腔内压力增高,可使心室充盈受到限制,导致静脉回心血量减少。

(2) 射血后心室内的剩余血量:假如静脉回心血量不变,当动脉血压突然升高使搏出量暂时减少时,射血后心室内剩余血量增加,也可使心室充盈量增加。但实际上,射血后心室内剩余血量增加时,舒张末期心室内压也增高,静脉回心血量将会减少,因而心室充盈量并不一定增加。

(二) 心室收缩的后负荷

大动脉血压是心室收缩时所遇到的后负荷。在心肌初长度、收缩能力和心率都不变的情况下,如果大动脉血压增高,等容收缩期室内压的峰值将增高,结果使等容收缩期延长而射血期缩短,射血期心室肌缩短的程度和速度都减小,射血速度减慢,搏出量减少;反之,大动脉血压降低,则有利于心室射血。

当大动脉压突然升高而使搏出量暂时减少时,射血后心室内的剩余血量将增多,即心室收缩末期容积增多,若舒张期静脉回心血量不变或无明显减少,则心室舒张末期容积将增大。此时可通过异长自身调节加强心肌的收缩力量,使搏出量回升,从而使心室舒张末期容积逐渐恢复到原先水平。尽管此时大动脉血压仍处于高水平,但心脏的搏出量不再减少。

当大动脉血压长期持续升高时,心室肌因长期加强收缩活动,心脏做功量增加而心脏效率降低,久之心肌逐渐发生肥厚,最终可能导致泵血功能的减退。

(三) 心肌收缩能力

心肌不依赖于前负荷和后负荷而能改变其力学活动(包括收缩的强度和速度)的内在特性,称为心肌收缩能力。通过改变心肌收缩能力实现的泵血功能调节,称为等长调节。

活化的横桥数目和肌球蛋白头部 ATP 酶的活性是影响心肌收缩能力的主要环节。活化的横桥在全部横桥中所占的比例决定于兴奋时胞质内 Ca^{2+} 的浓度和(或)肌钙蛋白对 Ca^{2+} 的亲合力。儿茶酚胺(去甲肾上腺素和肾上腺素)通过 cAMP 转导途径,促进胞质内 Ca^{2+} 浓度升高,从而使心肌收缩能力增强。钙增敏剂(如茶碱)可增加肌钙蛋白对 Ca^{2+} 的亲合力,使肌钙蛋白对胞质中 Ca^{2+} 的利用率增加,因而活化的横桥数目增多,心肌收缩能力增强。甲状腺激素可提高肌球蛋白 ATP 酶的活性,增强心肌收缩能力。

(四) 心率

当心率增快但尚未超过一定限度时,由于静脉回心血量的大部分在快速充盈期内进入心室,心室充盈量和搏出量不会明显减少,心率的增加可使每分输出量明显增加。如心率超过 160~180 次/分,将使心室舒张期明显缩短,心舒期充盈量和搏出量明显减少,导致心输出量下降。如果心率低于 40 次/分,因心室充盈接近最大限度,心舒期的延长已不能进一步增加充盈量和搏出量,心输出量将与心率呈线性减少。

四、心功能评价

对心脏的泵血功能进行的判断即心功能评价。心功能评价分可为:心脏射血功能评价和心脏

舒张功能评价。

(一) 从心室压力变化评价心功能

1. 心脏射血功能评价 通过分别计算每搏输出量、射血分数和每搏功,以及心输出量、心指数和每分功可评价心室的射血功能。心肌收缩能力检测也可以反映心脏射血功能。将心室收缩压曲线做一阶微分所产生心室压收缩压变化速率曲线(dP/dt)可作为心脏收缩能力的指标。

2. 心室舒张功能评价 将心室舒张压曲线一阶微分所产生的心室压舒张压变化速率曲线($-dP/dt$),可作为心脏舒张功能的指标。

(二) 从心室容积变化评价心功能

1. 心室收缩功能评价 主要有左心室舒张末内径(LVDd)、左心室收缩末内径(LVDs)、左心室舒张末容积(EDV)、左心室收缩末容积(ESV)、左心室射血分数(LVEF)、左心室缩短分数(LVFs)。临床上 LVEF 是评价绝大多数患者左心室收缩功能的首选指标。射血期心室容积的变化速率(dV/dt)和心室直径的变化速率(dD/dt)可用来反映心室收缩能力的变化。

2. 心室舒张功能评价 二尖瓣开放即刻的左心室血液流入速率(e 波)与左心房收缩时的血液流入速率(a 波)的比值可反映心室舒张功能。正常人在舒张早期, $e/a>1$,而在心室舒张功能障碍的患者, $e/a<1$ 。

(三) 从心室压力和容积变化评价心功能

1. 心脏做功量的测定

(1) 每搏功:心脏的每搏功(简称搏功),是指心室一次收缩射血所做的外功。心脏收缩射血所释放的机械能包括血液的势能和血流动能,主要用于射出具有一定压力增量的一定容积的血液。

(2) 每分功:心室每分钟内收缩射血所做的功,等于每搏功乘以心率。用心脏做功量来评价心脏泵血功能更为全面。

在正常情况下,肺动脉平均压仅为主动脉平均压的 $1/6$ 左右,故右心室的做功量也只有左心室的 $1/6$ 左右。

2. 应用心室压力-容积环评价心功能 心室压力-容积环表示整个心动周期中的心室压力-容积关系曲线,其收缩末期压力-容积关系曲线可反映心室收缩能力。该环也可用于反映前负荷和后负荷变化。舒张功能障碍的患者,压力-容积环向上和向左偏移。

复习思考题

一、名词解释

1. cardiac cycle
2. cardiac output
3. ejection fraction
4. stroke volume
5. ventricular function curve

二、选择题

【A₁型题】

1. 心动周期中,心室的血液充盈主要取决于

- | | |
|-----------------|--------------------|
| A. 胸内负压促进静脉血回流 | B. 心房收缩的挤压作用 |
| C. 心室舒张时的“抽吸”作用 | D. 骨骼肌的挤压作用促进静脉血回流 |

E. 血液的重力作用

2. 在心动周期中,占时间最长的是

A. 心房收缩期

B. 等容收缩期

C. 等容舒张期

D. 射血期

E. 充盈期

3. 以下关于心脏射血过程错误的是

A. 等容收缩期:动脉压 > 室内压 > 房内压,两瓣膜关闭,心室容积不变

B. 快速射血期:室内压 > 动脉压,半月瓣开放,心室容积缩小

C. 减慢射血期:室内压 > 动脉压,半月瓣开放,心室容积缩小

D. 等容舒张期:动脉压 > 室内压 > 房内压,两瓣膜关闭,心室容积不变

E. 充盈期:房内压 > 室内压,房室瓣开放,心室容积增大

4. 在一个心动周期中,房室瓣开放见于

A. 等容收缩期末

B. 心室收缩期初

C. 等容舒张期初

D. 等容收缩期初

E. 等容舒张期末

5. 心动周期中,在下列哪个时期左心室容积最大

A. 等容舒张期末

B. 快速充盈期末

C. 快速射血期末

D. 减慢射血期末

E. 心房收缩期末

6. 主动脉瓣关闭发生在

A. 等容收缩期开始时

B. 快速射血期开始时

C. 等容舒张期开始时

D. 快速充盈期开始时

E. 减慢充盈期开始时

7. 心动周期中,在下列哪个时期左心室内压力最高

A. 心房收缩期末

B. 等容收缩期末

C. 心室收缩期末

D. 快速充盈期末

E. 快速射血期末

8. 每个心动周期由心房收缩挤入心室的血量可使心室的充盈量再增加

A. 5%~10%

B. 10%~15%

C. 10%~30%

D. 30%~40%

E. 40%~50%

9. 在体循环和肺循环中,数值基本相同的是

A. 收缩压

B. 舒张压

C. 脉压

D. 外周阻力

E. 心输出量

10. 左心室比右心室壁厚,这是因为左心室

A. 射血速度较快

B. 每搏输出量较大

C. 射出的血液所流经的管道较狭窄

D. 心指数大于右心室

E. 比右心室做更大的搏出功

11. 心房压力曲线中的C波升支出现的机制是

A. 心房收缩,房内压升高

B. 心室收缩时,心室内的血液向上推顶已关闭的房室瓣并使之凸入心房,造成房内压略有升高

C. 心室射血后体积缩小,牵动房室瓣使心房容积扩大,房内压下降

D. 心室舒张期末,血液由静脉继续回流入心房,使房内压升高

E. 房室瓣开放,血液由心房迅速进入心室,房内压下降

12. 心输出量是指

- A. 每分钟由左、右心室射出的血量之和 B. 每分钟由一侧心房射出的血量
C. 每分钟由一侧心室射出的血量 D. 一次心跳一侧心室射出的血量
E. 一次心跳两侧心室同时射出的血量
13. 与心输出量有关的正确说法是
A. 心输出量是一次心搏由两侧心室射出的血液量
B. 心输出量是每分钟由两侧心室输出的血液量
C. 心输出量 = 心率 $\times$ 搏出量
D. 女性比同体重男性的心输出量大
E. 麻醉情况下心输出量增加
14. 用于分析比较动脉血压值不相同的个体之间心功能的常用指标是
A. 每分输出量 B. 心指数 C. 射血分数
D. 心脏做功量 E. 心力储备
15. 每搏输出量占下列哪个容积的百分数称为射血分数
A. 回心血量 B. 每分输出量 C. 等容舒张期容积
D. 心室收缩末期容积 E. 心室舒张末期容积
16. 下列关于异长调节的叙述,哪项是错误的
A. 通过异长调节可使静脉回流量与搏出量重新平衡
B. 搏出量取决于心室舒张末期容积
C. 通过改变心肌兴奋-收缩耦联的过程来调节心脏泵血功能
D. 通过肌小节长度改变来调节心脏泵血功能
E. 可以防止心室舒张末期压力和容积发生过久和过度的改变
17. 在心肌状态和大动脉压力保持恒定的情况下,在一定范围内增加静脉回流量可以增加心室肌的
A. 前负荷 B. 后负荷 C. 心率
D. 代谢率 E. 前负荷和后负荷
18. 心室肌的后负荷是指
A. 心房压力 B. 快速射血期心室内压
C. 减慢射血期心室内压 D. 等容收缩期初心室内压
E. 大动脉血压
19. 在心肌的前负荷和收缩能力不变的情况下,增加后负荷可使
A. 等容收缩期延长 B. 射血期延长 C. 等容舒张期延长
D. 心室充盈期延长 E. 每搏输出量不变
20. 心肌通过等长调节来调节心脏的泵血功能,其主要原因是
A. 心肌收缩能力增强 B. 肌节的初长度增加
C. 横桥的数目增多 D. 心室舒张末期容积增大
E. 心室收缩末期容积增大
21. 有关心力储备,以下哪项说法是错误的
A. 心力储备也称泵功能储备
B. 收缩期储备大于舒张期储备
C. 心力储备取决于心率储备及搏出量储备

- D. 若甲、乙二人在静息时心输出量相同,则他们的心力储备也应一致
E. 心力储备是指心输出量随机体代谢需要而增加的能力
22. 可引起射血分数增大的因素
A. 舒张末期容积增大 B. 动脉血压升高 C. 心率减慢
D. 心肌收缩能力增强 E. 快速射血相缩短
23. 正常心室功能曲线不出现降支的原因是
A. 心肌的静息张力较小 B. 心肌肌浆网的钙储备较少
C. 心肌的伸展性较小 D. 心肌的储备能量较多
E. 心肌收缩的潜在能力较大
24. 第一心音的产生主要是由于
A. 半月瓣关闭 B. 半月瓣开放
C. 房室瓣开放 D. 房室瓣关闭
E. 血液冲入心室,引起心室壁振动
25. 第二心音的产生主要是由于
A. 心室收缩时,血液冲击半月瓣引起的振动
B. 心室收缩时,动脉瓣突然开放时的振动
C. 心室舒张时,动脉管壁弹性回缩引起的振动
D. 心室舒张时,半月瓣迅速关闭时的振动
E. 心室收缩时,血液射入大动脉时冲击管壁的振动
- 【A₂型题】
26. 一名21岁的男运动员的基础心率是66次/分。训练期间,他的心率增加到了175次/分。此期间,他的心脏收缩期和舒张期有何变化
A. 收缩期略有延长,舒张期明显缩短 B. 收缩期略有延长,舒张期明显延长
C. 收缩期略有缩短,舒张期明显缩短 D. 收缩期略有缩短,舒张期明显延长
E. 收缩期和舒张期都没有变化
27. 有甲、乙两成年男性患者,甲患者左心室舒张末期容积为140ml,收缩末期容积为70ml;乙患者左室舒张末期容积为160ml,收缩末期容积为82ml,两患者的射血分数
A. 相等 B. 甲患者高于乙患者 C. 乙患者高于甲患者
D. 无法判断 E. 均低于正常
28. 充血性心力衰竭患者的射血分数为30%,舒张末期容积为180ml。舒张末期容积是在心动周期哪个阶段测量的
A. 心房收缩之末 B. 心室充盈之前 C. 等容舒张之后
D. 心房收缩之前 E. 心室射血结束时
29. 某长期卧床患者由平卧位突然站立,其每搏输出量、动脉血压降低。该患者每搏输出量减少是由于下列哪项所致
A. 心室后负荷增大 B. 心迷走神经兴奋 C. 心率降低
D. 异长调节 E. 等长调节
30. 一名75岁女性心功能衰竭患者,行心导管术进行心功能测定。左心室收缩压峰值应该在心动周期的哪个阶段出现
A. 等容收缩期 B. 快速充盈期 C. 心房收缩期

D. 等容舒张期

E. 心室射血期

*31. 动物在实验中出现每搏输出量降低,左心室舒张末期压力降低,动脉血压降低,分析其最可能的原因是

A. 心率减慢

B. 心肌收缩能力降低

C. 后负荷增大

D. 静脉回流减少

E. 射血分数降低

32. 高血压患者与正常人相比,下列哪项指标明显增高

A. 每搏输出量

B. 射血分数

C. 心输出量

D. 心指数

E. 心脏做功量

*33. 以下数据来自一名女性患者:中心静脉压=10mmHg,心率=70次/分,肺静脉氧浓度=0.24ml O₂/ml,肺动脉氧浓度=0.16ml O₂/ml,总耗氧量=500ml/min。该患者的心输出量是多少

A. 1.65L/min

B. 4.55L/min

C. 5.00L/min

D. 6.25L/min

E. 8.00L/min

*34. 某40岁男性患者进行心导管检查以评估左心室功能。其左心室压力-容积曲线如图4-1所示,他的射血分数百分比是多少

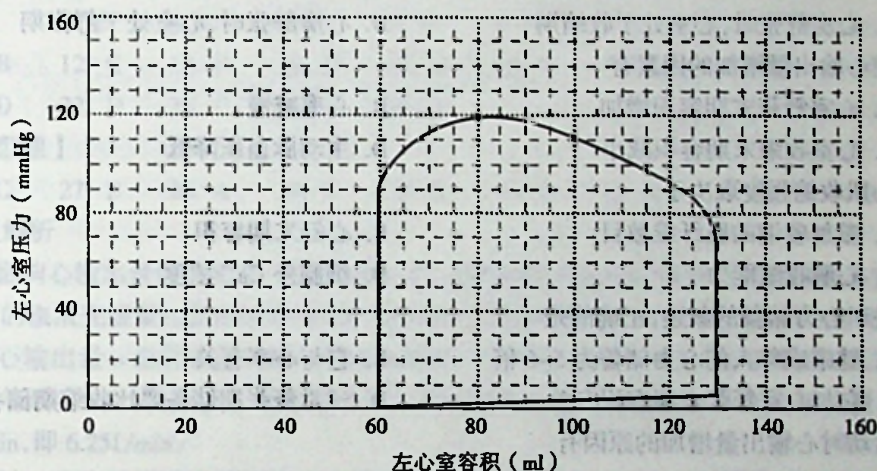


图4-1 某40岁男性患者的左心室压力-容积曲线

A. 70%

B. 54%

C. 35%

D. 60%

E. 45%

35. 一名38岁的男子体检时发现在第一心音后存在心脏杂音,随着第二心音的开始而停止,该杂音发生在心动周期的哪个阶段

A. 心室收缩期

B. 等容舒张期

C. 快速射血期

D. 快速充盈期

E. 心房收缩期

【B型题】

(36~37题共用备选答案)

A. 等容收缩期初

B. 等容舒张期末

C. 快速射血期

D. 等容舒张期初

E. 等容收缩期末

36. 房室瓣关闭发生在

37. 主动脉瓣关闭发生在

(38~40 题共用备选答案)

A. 房内压 > 室内压 > 主动脉压

B. 房内压 < 室内压 < 主动脉压

C. 房内压 > 室内压 < 主动脉压

D. 房内压 < 室内压 > 主动脉压

E. 房内压 = 室内压 > 主动脉压

38. 等容收缩期时

39. 快速射血期时

40. 快速充盈期时

(41~42 题共用备选答案)

A. 每搏输出量

B. 每分输出量

C. 射血分数

D. 心指数

E. 心脏做功量

41. 比较不同个体之间的心泵功能,宜选用的评定指标是

42. 心室扩大早期,泵血功能减退时,宜选用的评定指标是

【X 型题】

43. 发生在正常心动周期中的是

A. 心房收缩时,心室处于收缩期

B. 心房收缩时,心室处于舒张期

C. 心房舒张时,心室处于收缩期

D. 心房舒张时,心室处于舒张期

44. 使心输出量增加的因素有

A. 心室舒张末期容积增加

B. 心率减慢

C. 心室收缩末期容积减小

D. 主动脉血压降低

45. 心肌收缩强度取决于

A. 参加收缩的肌纤维数目

B. 心舒末期容积

C. 心肌收缩能力

D. 细胞外 Ca^{2+} 浓度

46. 关于心力储备的叙述,正确的是

A. 健康成年人的心力储备为 5~6 倍

B. 它与心率有关

C. 它与心室舒张末期容积有关

D. 通常舒张期储备要比收缩期储备大

47. 运动时心输出量增加的原因有

A. 回心血量增加

B. 心肌收缩能力增强

C. 后负荷增加

D. 心率增加

三、简答题

1. 试述在每个心动周期中心室内压力、容积、瓣膜及血流方向的变化。

2. 为什么说心率过快对心脏不利?

3. 试述影响心输出量的因素及作用机理。

4. 何谓心力储备? 试述心力储备的组成。

5. 为什么说做功量评定心脏泵血功能意义更大?

四、思考题

60 岁女性患者,6 个月前曾发生左前室心肌梗死,近日以疲倦、呼吸困难、无法平卧为主诉入院。晚上睡觉时用枕头抬高头部和胸部,呼吸困难有所减轻。中度运动时呼吸困难加重。体格检查:血压 100/70mmHg,心率 120 次/分,双肺底部湿啰音,可闻及第三心音,双下肢水肿。胸透:左心房、心室扩张,肺水肿。超声心动图:射血分数 40%。临床诊断:充血性心功能衰竭。

问题:

(1) 患者心率加快的原因是什么?

(2) 为什么患者抬高头部和胸部,呼吸困难减轻?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 心动周期:心脏的一次收缩和舒张,构成一个机械活动周期,称为心动周期。

2. 心输出量:一侧心室每分钟射出的血液量,称为每分输出量,也称心输出量或心排出量。心输出量等于心率与搏出量的乘积。健康成年男性在安静状态下的心输出量为 4.5~6.0L/min。

3. 射血分数:搏出量占心室舒张末期容积的百分比,健康成年人的射血分数为 55%~65%。

4. 每搏输出量:一侧心室一次心脏搏动所射出的血液量,称为每搏输出量,简称搏出量。正常成年人在安静状态下的每搏输出量搏出量约 70ml。

5. 心室功能曲线:心室舒张末期压力值相对应的搏出量或每搏功的数据绘制成的曲线。

二、选择题

【A₁型题】

1. C 2. E 3. C 4. E 5. E 6. C 7. E 8. C 9. E 10. E

11. B 12. C 13. C 14. D 15. E 16. C 17. A 18. E 19. A 20. A

21. D 22. D 23. C 24. D 25. D

【A₂型题】

26. C 27. B 28. A 29. D 30. E 31. D 32. E 33. D 34. B 35. A

难题解析

31. 影响心输出量的因素是:搏出量和心率,而影响搏出量的因素有:①前负荷(心室舒张末期的心室内的血液充盈量);②后负荷(是指心肌收缩后遇到的阻力,即动脉血压);③心肌收缩性。

33. 心输出量 = 总耗氧量 / (肺静脉血氧浓度 - 肺动脉血氧浓度)。血氧浓度 = 0.24ml O₂/ml, 肺动脉血氧浓度 = 0.16ml O₂/ml, 肺静脉和肺动脉血氧浓度差为 0.08ml O₂/ml。心输出量 = 500/0.08 = 6250ml/min, 即 6.25L/min。

34. 射血分数是每搏输出量和心室舒张末期容积的比值。从左心室压力 - 容积曲线可知:该患者左心室舒张末期容积为 130ml, 左心室收缩末期容积为 60ml, 则每搏输出量为 70ml。射血分数 = 70ml/130ml ≈ 0.54 (54%)。

【B型题】

36. A 37. D 38. B 39. D 40. C 41. D 42. C

【X型题】

43. BCD 44. ACD 45. BCD 46. ABC 47. ABD

三、简答题

1 试述在每个心动周期中心室内压力、容积、瓣膜及血流方向的变化。

答:见知识要点。

2. 为什么说心率过快对心脏不利?

答:心率超过 160~180 次/分,将使心室舒张期明显缩短,心舒期充盈量和搏出量明显减少,导致心输出量下降。

3. 试述影响心输出量的因素及作用机理。

答:心输出量取决于心率和搏出量,机体是通过心率和搏出量两方面的调节来调节心输出量的。

(1) 搏出量的调节:搏出量的多少取决于心室肌收缩的强度和速度。

1) 前负荷对搏出量的影响:又称异长自身调节。心肌细胞的初长度由心室的充盈量决定,在心室其他条件不变的情况下,心室充盈量是静脉回心血量和心室射血后余血量的总和。静脉回心血量受心室舒张充盈期持续时间和静脉回流速度的影响,心室舒张充盈期持续时间长,充盈量大,搏出量增加;静脉回流速度愈大,充盈量愈大,搏出量愈多。余血量的增减对心输出量的影响,主要取决于心室总充盈量是否改变以及发生何种改变。异长自身调节其主要作用是对搏出量进行精细调节。在体位改变或动脉血压突然升高等情况下发挥作用。

2) 后负荷对搏出量的影响:后负荷是指大动脉血压。在心率、心肌初长度和收缩能力不变的情况下,如动脉血压增高,则等容收缩期延长而射血期缩短;同时,心室肌缩短的程度和速度均减小,射血速度减慢,搏出量减少。

3) 心肌收缩能力对搏出量的影响:又称等长自身调节。是指心肌收缩能力的改变从而影响力学收缩强度和速度,使心脏搏出量发生改变。活化的横桥数目和肌球蛋白的 ATP 酶活性是控制收缩能力的主要原因。凡是能增加兴奋后胞浆 Ca^{2+} 浓度和肌钙蛋白对 Ca^{2+} 亲和力的因素,均可增加活化横桥数,使收缩能力增强。

(2) 心率对心输出量的影响:心率在 40~180 次/分,心率增快,心输出量增多。心率超过 180 次/分,心室充盈时间明显缩短,充盈量减少,心输出量亦开始下降。心率低于 40 次/分,心舒期过长,心室充盈接近最大限度,再延长心舒时间,也不会再增加心室充盈量,心输出量随心率降低而线性减少。

4. 何谓心力储备? 试述心力储备的组成。

答:心输出量可随机体代谢需要而增加的能力,称为心泵功能储备或心力储备。心泵功能储备可用心脏每分钟能射出的最大血量来表示,包括搏出量储备和心率储备两部分。搏出量储备分为收缩期储备和舒张期储备。前者是通过增强心肌收缩能力和提高射血分数来实现的,而后者则是通过增加舒张末期容积而获得的。

搏出量不变时,心率在一定范围内加快,最高心率达 160~180 次/分时,心输出量可增加至静息时的 2~2.5 倍,称为心率储备。但如心率过快(大于 180 次/分),由于舒张期过短,心室充盈不足,可导致搏出量和心输出量减少。

5. 为什么说做功量评定心脏泵血功能意义更大?

答:当动脉血压升高时,为克服加大的射血阻力,心肌必须增加其收缩强度才能使搏出量保持不变,因而心脏做功量必定增加。可见,与单纯的心输出量相比,用心脏做功量来评价心脏泵血功能将更为全面,尤其是在动脉血压水平不同的个体之间,或在同一个体动脉血压发生改变前后,用心脏做功量来比较心脏泵血功能更显其优越性。

四、思考题

答:(1) 心力储备包括搏出量储备和心率储备。正常健康成年人安静时的心率为 60~100 次/分,无需运用心率储备。该心力衰竭患者,胸透示左心房、心室扩张,超声心动图检查射血分数 40%,低于正常。说明其心肌收缩力减弱,搏出量减少,射血后心室内的剩余血量增多,心室舒张末期容积增大,收缩期储备和舒张期储备均下降。在这种情况下,常出现心率代偿性加快,以保证心输出量不致过低。患者在安静状态下已动用心率储备。

(2) 患者抬高头部和胸部时,由于重力作用,回心血量减少,可减轻肺淤血,使呼吸困难的症状

减轻;膈肌位置下移,增大胸腔容积,有助于增加肺活量,减轻呼吸困难;抬高头部和胸部时,下肢处于相对低位,水肿下肢组织液吸收减少,亦有助于减轻肺淤血。

(吴枝娟 林默君)

第二节 心脏的电生理学及生理特性

学习目标

1. 掌握 工作心肌、浦肯野细胞及窦房结 P 细胞的跨膜电位及其形成机制;心肌细胞的生理特性及其各自影响因素。
2. 熟悉 心电图导联方式与正常心电图各波和间期的意义。
3. 了解 心电图的基本形成原理;心电图与心肌动作电位的关系。

知识要点

一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制

(一) 工作细胞跨膜电位及其形成机制

1. 静息电位 心肌工作细胞(心房、心室肌细胞)的静息电位稳定,为 $-80 \sim -90\text{mV}$ 。静息时细胞膜对 K^+ 离子具有选择性通透和 K^+ 离子跨膜浓度差的存在,于是 K^+ 顺浓度梯度由膜内向向外扩散所到达 K^+ 平衡电位,即静息电位。心肌细胞膜上的内向整流钾通道引起的 K^+ 平衡电位是构成工作细胞静息电位的主要成分。

2. 心室肌细胞动作电位 心室肌细胞动作电位由去极化和复极化两个过程五个时期组成,即 0 期(快速去极期)、1 期(快速复极初期)、2 期(平台期)、3 期(快速复极末期)和 4 期(完全复极期,或静息期)。

(1) 0 期:0 期去极化主要由 Na^+ 内向电流(I_{Na})而引起。当心室肌细胞受到适当刺激使膜电位去极化达到阈电位水平(-70mV)时,膜中的钠通道开放,于是 Na^+ 顺其浓度梯度和电位梯度快速进入细胞,使膜进一步去极化,膜内电位由静息时的 -90mV 上升到 $+30\text{mV}$ 左右,形成了动作电位的升支,通常称为 0 期。决定 0 期去极化的 Na^+ 通道是一种快通道,它激活开放的速度和失活关闭的速度都很快,因此,心室肌细胞动作电位 0 期呈现持续时间短,去极化幅度大,速度快的特点。T 型钙电流是 0 期去极中的另一个内向离子流。它参与 0 期末段的形成。由于该离子流较弱,在促进心室肌 0 期去极过程中的作用不大。0 期历时 $1 \sim 2$ 毫秒,最大去极化速率为 $200 \sim 400\text{V/s}$ 。

(2) 1 期:动作电位达到峰值后,膜电位由 $+30\text{mV}$ 迅速下降到 0mV 左右,形成动作电位的快速复极初期,即 1 期。此期占时约 10 毫秒。由于 0 期和 1 期末电位变化迅速,在记录动作电位图形上呈尖峰状,因而常将这两部分合称为锋电位。瞬时外向电流(I_{to})是引起心室肌细胞 1 期快速复极的主要跨膜电流。

(3) 2 期:当 1 期复极到接近零电位上下时,便进入到动作电位的复极 2 期。在 2 期内,复极化速度极其缓慢,膜电位几乎停滞于同一水平而形成平台,故又称平台期(platform)。平台期的形成是由于该期间外向电流(K^+ 外流)和内向电流(主要是 Ca^{2+} 内流)同时存在,平台期在心室肌细胞占

时 100~150 毫秒,平台期的存在是快反应心肌细胞动作电位时程较长的主要原因,也是区别于神经、骨骼肌动作电位的主要特征。

(4) 3 期:2 期结束后,复极过程加快而进入快速复极末期,直至膜电位恢复到静息电位水平。该期形成的主要原因是由于 L 型 Ca^{2+} 通道失活关闭,内向离子流终止,而外向 K^+ 流(主要是 I_K)进一步加强所致。3 期持续 100~150 毫秒,是复极化的主要部分。

(5) 4 期:4 期是动作电位复极完毕即膜电位恢复后的时期,又称静息期。心室肌细胞动作电位 4 期膜电位水平基本上稳定于静息水平(-90mV),此时,细胞排出 Na^+ 和 Ca^{2+} ,并摄入 K^+ ,以恢复细胞内外各种离子的正常浓度梯度,保持心肌细胞的正常兴奋性。

在一次动作电位过程中有着被动的离子转移和被动的离子转移两个过程。在被动离子转移过程中,生物膜通透性的改变,即离子通道的开放和关闭起着关键性作用,由此产生各种离子电流而引起膜电位的变化,即产生动作电位。主动离子转移则能保持各种离子在细胞膜两侧的不对等分布,即保持膜的正常兴奋性,以确保动作电位得以持续不断地进行下去。

3. 心房肌细胞动作电位 心房肌也属于快反应细胞。由于心房肌细胞膜上 I_{K1} 通道密度稍低于心室肌,静息电位受 Na^+ 内漏的影响较大,因此细胞内负电位较心室肌为低,其静息电位约 -80mV。心房肌细胞的动作电位在形态上与心室肌细胞很相似,但心房肌细胞无明显的 2 期,复极化较快,故动作电位时程较短,仅 150~200 毫秒。与心室肌细胞动作电位各时相的离子流相比,主要的不同是心房肌细胞膜上存在乙酰胆碱敏感的钾电流($\text{I}_{\text{K-ACH}}$)。

(二) 自律细胞的跨膜电位及其形成机制

特殊传导系统的心肌细胞具有自动节律性,属于自律细胞。房室束、束支和浦肯野细胞属于快反应细胞,兴奋时产生快反应动作电位。窦房结和房室结细胞属于慢反应细胞,兴奋时产生慢反应电位。自律细胞与工作细胞的最大区别在于没有静息电位,在自律细胞中动作电位复极化到最大极化状态时的电位值称为最大复极电位。4 期自动化去极是自律细胞产生自动节律性兴奋的基础。不同类型的自律细胞其 4 期自动去极化的速度和机制不尽相同。

1. 窦房结 P 细胞动作电位 窦房结内的自律细胞为 P 细胞,其含量十分丰富。窦房结细胞的动作电位属慢反应电位,其动作电位的形状与心室肌等快反应电位很不相同。窦房结 P 细胞的动作电位幅度均较小,没有明显的 1 期和平台期,只有 0、3、4 期,而 4 期不稳定,最大复极电位绝对值小。在复极完毕后,就自动地产生去极化,使膜电位逐渐减小,即 4 期自动去极。当去极达阈电位水平时即可爆发动作电位,因此,4 期自动去极是形成自律性的基础。

(1) 0 期:窦房结 P 细胞动作电位 0 期的产生主要是因为 L 型 Ca^{2+} 通道激活,引起 Ca^{2+} 内流,导致 0 期去极化。由于 L 型 Ca^{2+} 通道激活和失活都较缓慢,故窦房结细胞的 0 期去极化过程比较缓慢,持续时间较长。

(2) 3 期:由于窦房结细胞缺乏 I_K 通道,因此其动作电位无明显的 1 期和 2 期。窦房结细胞的复极化过程主要是动作电位 3 期,其形成原因是由于 Ca^{2+} 内流的逐渐减少和 K^+ 外流逐渐增加,使细胞膜逐渐复极化并达到最大复极电位。

(3) 4 期自动去极化:当 P 细胞细胞膜电位达到最大复极电位后,由于外向 I_K 逐步衰减和 I_f 作用而引起自动去极化,当去极化达到 -50mV 左右,内向 $\text{I}_{\text{Ca-T}}$ 的加入加速了 4 期自动去极化,当去极化达到 $\text{I}_{\text{Ca-L}}$ 通道的阈电位时, $\text{I}_{\text{Ca-L}}$ 通道激活,内向 $\text{I}_{\text{Ca-L}}$ 便引发一个新的动作电位。

2. 浦肯野细胞动作电位 浦肯野细胞兴奋时产生快反应动作电位,其形状与心室肌动作电位相似,其动作电位也可分为 0 期、1 期、2 期、3 期和 4 期五个时相,0~3 期的产生机制与心室肌细胞基本相同。4 期自动去极化形成的离子机制主要由外向电流的减弱和内向电流的增强两个方面组

成:外向电流 I_K 的逐渐减弱和内向电流 I_f 的逐渐增强。

二、心肌的生理特性

心肌细胞具有兴奋性、传导性、自律性和收缩性等四种基本生理特性。其中兴奋性、传导性、自律性是以心肌细胞的生物电活动为基础的,属于电生理特性。而心肌细胞的收缩性则以细胞内的收缩蛋白的功能活动为基础的,则属于心肌细胞的机械特性。

(一) 兴奋性

1. 心肌细胞兴奋性的周期变化 心肌细胞每产生一次兴奋,其膜电位将发生一系列规律性变化,兴奋性也随之发生相应的周期性变化。以心室肌细胞为例,心室肌细胞兴奋的产生是以 Na^+ 通道的激活为基础,细胞每一次兴奋,膜上的 Na^+ 通道由备用状态经历激活,失活和复活等过程,兴奋性也随之发生相应的周期性变化。

(1) 有效不应期:心肌细胞发生一次兴奋后,从0期去极化开始到复极3期膜电位达到 $-55mV$ 这一时间内,无论给心肌多大的刺激,都不会引起去极化反应,此段时期称为绝对不应期。从复极至 $-55mV$ 继续复极至 $-60mV$ 期间,阈上刺激虽可引起局部反应,但不会产生新的动作电位,这一时期称为局部反应期。上述两段时期合称为有效不应期。此期内心肌细胞兴奋性的暂时缺失或极度下降是由于 Na^+ 通道完全失活或仅有少量复活的缘故。但兴奋性的下降是可逆的。心肌的ERP特别长,是兴奋性变化的重要特点。

(2) 相对不应期:从膜电位复极化 $-60--80mV$ 这段时间内,若给予阈上刺激,可以再次引起扩布性兴奋,称为相对不应期。原因是此期已有相当数量的 Na^+ 通道复活到静息状态,但在,在阈刺激下激活的钠通道数量仍不足以产生使膜去极化达阈电位的内向电流,故需加强刺激强度方能引起一次新的兴奋。

(3) 超常期:心肌细胞继续复极,膜电位由 $-80mV$ 恢复到 $-90mV$ 这一段时期,其膜电位值虽低于静息电位,但 Na^+ 通道已基本恢复到可被激活的备用状态,故一个低于阈值的刺激即可引起一次新的动作电位,此即超常期。由于此时膜电位低于正常值,故超常期内产生的动作电位其0期去极速度和幅度仍低于正常,兴奋的传导亦低于正常。

2. 影响心肌细胞兴奋性的因素 心肌细胞兴奋的产生包括细胞的膜电位达到阈电位水平以及引起0期去极化的离子通道的激活这两个环节。任何能影响这两个环节的因素均可改变心肌细胞的兴奋性。

(1) 静息电位或最大复极电位水平:若阈电位水平不变,而静息电位或最大复极电位的负值增大,则它与阈电位之间的差距就加大,因此引起兴奋所需的刺激强度增大,兴奋性降低。反之,静息电位减小,使它与阈电位之间的差距缩短,因而引起兴奋所需的刺激强度减小,则兴奋性升高。但当静息电位显著减小时,则可由于部分钠通道失活使阈电位水平上移,结果兴奋性反而降低。

(2) 阈电位水平:若静息电位或最大复极电位不变,而阈电位水平上移,则静息电位和阈电位之间的差距加大,引起兴奋所需的刺激阈值增大,兴奋性便降低。反之,阈电位水平下移则可使兴奋性增高。

(3) 引起0期去极化的离子通道性状:引起快、慢反应动作电位0期去极化的钠通道和L型钙通道都有静息(备用)、激活和失活三种功能状态。这些通道处于哪种状态与当时的膜电位水平和该电位的时间进程有关,即这些通道都具有电压依赖性和时间依赖性。在快反应动作电位,当膜电位处于静息电位水平时,钠通道处于静息状态,在阈刺激条件下随时都可被激活。当膜去极化达到阈电位水平时,大量钠通道激活开放,发生再生性循环,随后迅速失活关闭。处于失活状态的钠通

道不能马上再次激活开放,要待膜电位复极化到 -60mV 或更负时,钠通道才开始复活,且复活需要一个时间过程。只有当膜电位恢复到静息电位水平时,钠通道才全部恢复到静息(备用)状态。这就是为何落在有效不应期内的刺激不能产生有效兴奋的原因,因为此时钠通道正处于关闭状态。可见,上述兴奋性的周期性变化主要决定于钠通道当时的功能状态。在慢反应动作电位,细胞的兴奋性决定于L型钙通道的功能状态,但L型钙通道的激活、失活和复活速度均较慢,其有效不应期也较长,可持续到完全复极之后。钠通道、钙通道是否处于备用状态,是心肌细胞是否具有兴奋性的前提。

3. 兴奋性的周期性变化与收缩活动的关系 与神经细胞和骨骼肌细胞相比,心肌细胞的有效不应期特别长,一直延续到心肌收缩活动的舒张早期。因此,心肌不会像骨骼肌那样发生完全强直收缩,而始终进行收缩和舒张交替的活动,从而保证心脏的泵血功能。如果在心室肌的有效不应期后、下一次窦房结兴奋到达前,心室受到一次外来刺激,则可提前产生一次兴奋和收缩,分别称为期前兴奋和期前收缩。期前兴奋也有自身的有效不应期,当紧接在期前兴奋后的一次窦房结兴奋传到心室时,如果正好落在期前兴奋的有效不应期内,则此次正常下传的窦房结兴奋将不能引起心室的兴奋和收缩,这样,在一次期前收缩后可能出现一段较长时间的心室舒张期,称为代偿性间歇。

4. 心肌不应期的离散度 单个心肌细胞的不应期主要反映细胞膜离子通道的状态。钠通道处于失活状态,对传来的兴奋不能发生反应,是不应期产生的内在原因。但是只分析单个心肌细胞的不应期长短,往往不能反映不应期与动作电位在心肌细胞和全心脏传导及和心律失常中所起的作用,需要分析一块心肌组织的不应期的长短,一块心肌中细胞的不应期是否均匀,其不应期的离散度如何,才能说明心肌的不应期对于兴奋传导的影响。

(二) 传导性

心肌细胞具有传导兴奋的能力或特性称为心肌的传导性。

1. 兴奋在心脏内的传导 心肌细胞具有传导性,心脏各个部分都能传导动作电位,不过它们传导动作电位的能力和速度不同。心脏分化出特殊传导系统,它包括窦房结、房室结、房室束、左右束支和浦肯野纤维网,是心内兴奋传导的重要结构基础,心脏内兴奋的传导路径按上述顺序进行传导。

兴奋在心内的传播是通过特殊传导系统而有序进行的。起源于心脏内正常起搏点的窦房结产生的兴奋能直接传给心房肌纤维,房内的传导速度为 0.4m/s 。心房中还有一些小的肌束组成优势传导通路,其传导速度较快($1.0\sim 1.2\text{m/s}$),可将兴奋直接传到房室结(AVN,也称房室交界)。这些纤维传导速度之所以快是因为其纤维较粗,方向较直。

兴奋在房室结区的传导非常缓慢。这一区域的传导速度慢的可能原因有:①纤维直径细小,仅约 $0.3\mu\text{m}$;②细胞间闰盘上的缝隙连接数量比普通心肌少;③这些纤维由较为胚胎型的细胞所构成,其分化程度低,传导兴奋的能力也较低。由于房室结区传导速度缓慢,且是兴奋由心房传向心室的唯一通道,因此兴奋经过此处将出现一个时间延搁,称为房-室延搁。房-室延搁具有重要的生理和病理意义,它保证了心室的收缩发生在心房收缩完毕之后,有利于心室的充盈和射血。但也使得房室结成为传导阻滞的好发部位,房室传导阻滞是临床上极为常见的一种心律失常。

兴奋在浦肯野纤维内的传导速度在心内传导系统中是最快的,可达 4m/s 左右。这是由于浦肯野纤维十分粗大($70\mu\text{m}$),且含肌原纤维很少,而缝隙连接数量又很多,兴奋很容易在细胞间传导。另外,由于这些纤维呈网状分布于心室壁,故能将兴奋迅速传到心室肌。兴奋从房室束传到浦肯野纤维末端,历时仅约 0.03 秒。

兴奋在心室肌的传导速度约为 1m/s , 由于心室肌纤维呈双螺旋状环绕心室腔而排列, 故兴奋不能直接由心内膜传向心外膜, 而是呈一定角度沿螺旋方向传导。兴奋由心内膜表面传到心外膜表面需时约 0.03 秒。由于心室内传导系统传导兴奋迅速, 所以左右心室也几乎同时收缩, 形成功能性合胞体。

2. 决定和影响传导性的因素 心肌的传导性受结构和生理两方面的影响。

(1) 结构因素: 心肌细胞的直径是决定传导性的主要结构因素, 细胞直径越大, 细胞内电阻越小, 局部电流越大, 传导速度越快; 反之亦然。此外, 细胞间的连接方式是决定传导性的又一重要结构因素。细胞间缝隙连接构成了细胞间的低电阻通道, 这种细胞间结合越多, 则传导性越良好。

(2) 生理因素: 心肌细胞的电生理特性是影响心肌传导性的主要因素。

1) 动作电位 0 期去极化速度和幅度: 动作电位 0 期去极化的速度和幅度是影响心肌传导速度的最重要的因素。兴奋部位 0 期去极速度越快, 这种局部电流的形成也越快, 能很快地促使邻近部位去极达到阈电位水平, 从而产生一新的动作电位, 故传导能很快进行; 0 期去极的幅度越大, 兴奋与未兴奋部位之间的电位差也越大, 局部电流也越强, 能更有效地使邻近部位产生一新的动作电位, 故兴奋传导也越快; 局部电流大, 其扩布的距离也大, 使更远的部位受到刺激而兴奋, 故传导加速。

2) 膜电位水平: 在快反应细胞, Na^+ 通道性状决定着膜去极化达阈电位水平后通道开放的速度与数量, 从而决定膜 0 期去极的速度和幅度。 Na^+ 通道的效率(可利用率)具有电压依赖性, 它依赖于受刺激前的静息膜电位值。在正常静息电位值(-90mV)条件下, 膜受刺激达阈电位后, Na^+ 通道快速开放, 0 期除极最大速度可达 500V/s 。膜电位降低则除极最大速度显著降低。正常静息电位值条件下, Na^+ 通道处于最佳可利用状态。当静息电位减小时, 动作电位升支的幅度和速度都降低, 这将导致传导的减慢乃至障碍。

3) 邻旁未兴奋区心肌膜的兴奋性: 兴奋的传导是细胞依次发生兴奋的过程, 因此未兴奋部位兴奋性的高低必然影响到兴奋沿细胞的传导。当静息膜电位(在自律细胞为最大复极电位)增大或阈电位水平抬高时均可使兴奋性降低, 在此条件下, 膜去极达到阈电位所需时间延长, 故传导速度减慢; 反之, 则传导加快。此外, 还与未兴奋部位 Na^+ 通道所处的状态有关。

(三) 自动节律性

自动节律性简称自律性, 是指心肌在无外来刺激存在的条件下能自动产生节律性兴奋的能力或特性。能产生自律性的细胞属于特殊传导系统, 包括窦房结、房室结、房室束以及心室内的浦肯野细胞等。这些细胞具有自律性的原因在于其动作电位复极化达最大复极电位后, 膜电位并不稳定于这一水平, 而是立即开始自动去极化。这种 4 期自动去极化的过程具有随时间而递增的特点。在不同的自律细胞, 4 期自动去极化的速度和机制不完全相同。

1. 心脏的起搏点 产生冲动并控制整个心脏活动的自律组织通常是窦房结, 称为正常起搏点, 由窦房结起搏而形成的心脏节律称为窦性节律。其他的自律组织在正常情况下仅起兴奋传导作用, 而不表现出它们自身的节律性, 称为潜在起搏点。原因是潜在起搏组织在其本身的 4 期自动去极化达到阈电位之前, 由窦房结扩布来的冲动已将其激活, 所以潜在起搏点完全不能作为起搏点而活动。潜在起搏点 4 期自动去极化的重要性, 在正常起搏点或传导发生障碍时即显现出来。此时, 由于某些潜在起搏点转为优势, 并代替窦房结产生扩布性冲动而控制心脏的活动, 生命才得以维持。此时这些异常的起搏部位称为异位起搏点。

2. 窦房结控制潜在起搏点的主要机制 ①抢先占领: 窦房结的自律性高于其他潜在起搏点, 因此潜在起搏点在其本身的 4 期自动去极化达到阈电位之前, 由窦房结扩布来的冲动已将其激活

而产生动作电位,从而控制心脏的节律活动。②超速驱动压抑:当自律细胞在受到高于其固有频率的刺激时,就按外加刺激的频率发生兴奋,称为超速驱动。在外来的超速驱动刺激停止后,自律细胞不能立即呈现其固有的自律性活动,需经一段静止期后才逐渐恢复其自律性,这种现象称为超速驱动压抑。

3. 决定和影响自律性的因素

(1) 4期自动去极化速度:在最大复极电位和阈电位水平不变的情况下,4期自动去极化速度越快,达到阈电位所需时间越短,自律性越高。反之,则自律性降低。

(2) 最大复极电位水平:当最大复极电位绝对值减小时,其与阈电位之间的差距减小,在4期自动去极化速度不变的情况下更易达到阈电位值,即达到阈电位水平所需时间缩短,故自律性增高。反之,则自律性降低。

(3) 阈电位水平:阈电位(TP)水平上移,将加大它与最大复极电位之间的距离,在4期自动去极化速度不变的情况下,达到阈电位所需的时间延长,导致自律性降低。反之,则自律性升高。

(四) 收缩性

1. 心肌收缩的特点

(1) 同步收缩:心肌一旦兴奋,心房和心室这两个功能合胞体的所有心肌细胞将先后发生同步收缩,这种同步收缩保证了心脏各部分之间的协同工作和发挥有效的泵血功能。心肌的同步收缩也称“全或无”式收缩。

(2) 不发生强直收缩:由于心肌的有效不应期特别长,相当于整个收缩期和舒张早期。在有效不应期内,心肌细胞不能再接受任何刺激而产生兴奋和收缩。因此,正常情况下,心脏不会发生强直收缩,这一特征使心脏的工作总是很有规律地舒缩交替进行,有利于保证心脏的充盈和泵血功能。

(3) 对细胞外 Ca^{2+} 依赖性:收缩的关键过程在于心肌胞浆中 Ca^{2+} 浓度变化。由于心肌细胞的肌质网不如骨骼肌发达,贮存的 Ca^{2+} 量较少,其兴奋-收缩耦联过程高度依赖于细胞外 Ca^{2+} 的内流。心肌兴奋时,细胞外 Ca^{2+} 经肌膜上和横管膜上的L型钙通道流入胞浆后,触发肌质网释放大量 Ca^{2+} 而使胞浆 Ca^{2+} 浓度升高引起心肌收缩。这一过程也称为钙诱导的钙释放。当心肌收缩结束时,肌质网上的钙泵将逆浓度差将 Ca^{2+} 主动泵回肌质网,另外,肌膜也将通过钙泵和 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换将 Ca^{2+} 排出胞外,使胞浆 Ca^{2+} 浓度下降,心肌细胞舒张。

2. 影响心肌收缩性的因素 凡能影响心脏搏出量的因素,如前、后负荷和心肌收缩能力以及细胞外 Ca^{2+} 的浓度等,都能影响心肌的收缩。运动、肾上腺素、洋地黄类药物及其他因素是常见的增加收缩性的因素。低氧和酸中毒时则导致心肌收缩力降低。

3. 心肌收缩与心力衰竭 在心力衰竭发展的过程中,血流动力学超负荷除了可发生心肌细胞的绝对数降低外,还可因个体细胞自身固有的收缩力的下降引起。另外,心力衰竭时引发收缩或舒张功能不全的原因还包括兴奋-收缩耦联功能失常、胚胎基因表达、钙应用蛋白改变和心肌细胞死亡等。

三、体表心电图

将测量电极置于体表的一定部位记录出来的心脏兴奋过程中所发生的有规律的电变化曲线,便称为心电图(ECG)。心电图反映的是每个心动周期整个心脏兴奋的产生、传播和恢复过程中的生物电变化,而与心脏的机械收缩活动无直接关系。心电图作为一种无创记录方法,在临床上被广泛用于心律失常和心肌损害等多种心脏疾病的诊断。

(一) 心电图的基本形成原理

当心肌细胞一部分受刺激发生去极化时,与邻近的细胞膜形成电偶,产生局部电流使邻近细胞膜发生去极化,直至整个细胞发生去极化。另一方面,身体的细胞内外液都是由电解质溶液组成的,因而是一个很好的具有三维空间的导体,称为容积导体。因此,心肌细胞之间任何时候形成任何方向的电偶都能通过身体传递到体表,在人体表面就可以记录到心脏的电变化。心电图是心肌在兴奋过程中电偶变化的幅度与方向基础上各种动作电位的综合效应,显示的是电压时间关系曲线。

(二) 心电图导联方式与正常心电图各波和间期的意义

1. 心电图导联方式 标准导联共有三类 12 个导联,包括三个标准肢体导联,三个加压单极肢体导联和六个单极胸导联。标准肢体导联反映心脏电活动在两个肢体之间呈现出的电位差。加压单极肢体导联反映心脏电活动在某一肢体呈现的电变化。单极胸导联反映心脏活动在胸壁某一点呈现的电位变化,由于与心脏表面的位置很近,每个胸前导联能够从一些细节上反映心脏微小的、特殊部分的电活动。六个肢体导联反映的是心脏额面(又称冠状面)的电活动,而单极胸导联反映的是心脏横截面(水平面)的电活动。

2. 正常心电图各波和间期的意义

(1) P 波:反映左右两心房的去极化过程的电变化。

(2) QRS 波群:QRS 波群反映左、右两心室的去极化过程。正常的 QRS 波群历时 0.06~0.10 秒,代表兴奋在心室内传播所需的时间。

(3) T 波:T 波反映的是心室复极化过程,历时 0.05~0.25 秒,如果出现 T 波低平、双向或倒置,则称为 T 波改变,主要反映心肌缺血。

(4) U 波:U 波方向一般与 T 波一致,波宽 0.1~0.3 秒,波幅一般小于 0.05mV。U 波的意义和成因尚不十分清楚,一般推测 U 波可能与浦肯野纤维网的复极化有关。

(5) PR 间期:PR 间期代表由窦房结产生的兴奋经由心房、房室交界和房室束到达心室并引起心室肌开始兴奋所需要的时间,故也称为房室传导时间。当发生房室传导阻滞时,PR 间期延长。

(6) QT 间期:QT 间期(Q-T interval)代表整个心室激动的总的时程,即从心室开始去极化到完全复极化所经历的时间。QT 间期的长短与心率成反变关系,心率愈快,QT 间期愈短。

(7) ST 段:ST 段(S-T segment)代表心室各部分细胞均处于去极化状态(相当于动作电位的平台期),各部分之间的电位差很小。ST 段的异常压低或抬高表示心肌缺血或损伤。

(三) 心电图与心肌细胞动作电位的关系

1. 心肌细胞动作电位与心电图的区别 记录方法不同;记录到的电变化代表的细胞数量不同。

2. 心肌细胞动作电位与心电图的联系 二者均反映的是心脏的兴奋过程,因此二者也有相对应的关系。由于 QRS 波群反映左、右两心室的去极化过程,因此心室肌 0 期动作电位与心电图 QRS 波群相对应;ST 段代表心室各部分细胞均处于去极化状态(相当于动作电位的平台期),因此动作电位 2 期与 ST 段对应;T 波反映的是心室复极化过程,与心室肌细胞动作电位 3 期对应;QT 间期代表整个心室激动的总的时程,即从心室开始去极化到完全复极化所经历的时间,与心室肌细胞动作电位持续时间对应。

复习思考题

一、名词解释

1. effective refractory period, ERP

2. excitability
3. autorhythmicity
4. atrioventricular delay
5. relative refractory period

二、选择题

【A₁型题】

1. 心室肌细胞动作电位升支的形成由下列哪项所致
 - A. Na^+ 内流
 - B. K^+ 外流
 - C. Ca^{2+} 内流
 - D. Na^+ 泵
 - E. Na^+ 内流与 K^+ 外流
2. 心室肌有效不应期的长短主要取决于
 - A. 动作电位 0 期去极化的速度
 - B. 动作电位 1 期的长短
 - C. 动作电位 2 期的长短
 - D. 动作电位 3 期的长短
 - E. 阈电位水平的高低
3. 窦房结细胞动作电位 0 期去极化是由于
 - A. Cl^- 内流
 - B. Ca^{2+} 内流
 - C. Na^+ 内流
 - D. K^+ 内流
 - E. K^+ 外流
4. 心脏内传导速度最快的部位是
 - A. 窦房结
 - B. 心房肌
 - C. 心室肌
 - D. 房室交界
 - E. 浦肯野纤维
5. 心室肌动作电位与骨骼肌动作电位的主要区别是
 - A. 前者去极化速度快
 - B. 前者有较大的幅度
 - C. 前者复极化时间短暂
 - D. 前者动作电位时间持续较长
 - E. 前者有超射现象
6. 形成心室肌动作电位平台期的离子流包括
 - A. Na^+ 内流, K^+ 内流
 - B. Ca^{2+} 内流, K^+ 外流
 - C. K^+ 内流, Ca^{2+} 外流
 - D. Ca^{2+} , Na^+ 内流, K^+ 外流
 - E. Ca^{2+} 外流, Na^+ 内流
7. 下面关于心室肌细胞 Na^+ 通道的描述,哪一项是错误的
 - A. 是电压依从性的
 - B. 激活和失活的速度都很快
 - C. 是形成快反应细胞动作电位 0 期的离子流
 - D. 选择性较强,只有 Na^+ 可以通过
 - E. 在去极化到 -40mV 时被激活
8. 在正常心脏,兴奋传导的顺序是
 - A. 窦房结→房室交界→心房肌→心室肌
 - B. 窦房结→房室交界→心室肌→浦肯野纤维网→心房肌
 - C. 窦房结→心房肌→心室肌→浦肯野纤维网→心室肌
 - D. 窦房结→心房肌→左右束支→浦肯野纤维网→心室肌
 - E. 窦房结→心房肌→房室交界→房室束和左右束支→浦肯野纤维网→心室肌
9. 当血钾逐步升高时,心肌的兴奋性

- A. 逐步升高 B. 逐步降低 C. 先升高后降低
D. 先降低后升高 E. 不变
10. 下面关于窦房结细胞动作电位的描述,哪项是不正确的
- A. 最大复极电位为 -70mV B. 阈电位为 -40mV
C. 无明显的复极 1 期 and 平台期 D. 除极幅度小于浦肯野细胞
E. 0 期除极时程比浦肯野细胞短
11. 窦房结能成为心脏正常起搏点的原因是
- A. 最大复极电位仅为 -70mV B. 阈电位为 -40mV
C. 0 期去极速度快 D. 动作电位没有明显的平台期
E. 4 期去极速率快
12. 房室延搁的生理意义是
- A. 使心室肌动作电位幅度增加 B. 使心肌有效不应期延长
C. 使心室肌不会产生完全强直收缩 D. 增强心室肌收缩能力
E. 使心房和心室不会同时收缩
13. 心室肌的有效不应期较长,一直持续到
- A. 收缩早期结束 B. 收缩期末 C. 舒张早期结束
D. 舒张中期末 E. 舒张期结束
14. 关于心室肌相对不应期的描述,哪一项是不正确的
- A. 膜内电位为 -60mV 至 -80mV 水平 B. 引起兴奋所需的刺激阈值高于正常
C. 本期内产生的动作电位幅度低 D. 本期内产生的动作电位时程较长
E. 本期内产生的动作电位传导速度较慢
15. 心肌细胞超常期内兴奋性高于正常,所以
- A. 兴奋传导速度高于正常 B. 动作电位幅度大于正常
C. 动作电位 0 期去极速率快于正常 D. 刺激阈值低于正常
E. 自动节律性高于正常
16. 室性期前收缩之后出现代偿间期的原因是
- A. 窦房结的节律性兴奋延迟发放
B. 窦房结的节律性兴奋少发放一次
C. 窦房结的节律性兴奋传出速度大大减慢
D. 室性期前收缩的有效不应期特别长
E. 窦房结的一次节律性兴奋落在室性期前收缩的有效不应期内
17. 心肌不产生强直收缩的原因是
- A. 心脏是功能上的合胞体 B. 心肌肌浆网不发达, Ca^{2+} 储存少
C. 心肌有自律性,会自动节律性收缩 D. 心肌呈“全或无”收缩
E. 心肌的有效不应期长
18. 下列关于正常心电图的描述哪项是错误的
- A. P 波代表两心房去极
B. QRS 波代表两心室去极
C. QRS 三个波可见于心电图各个导联
D. PR 间期延长说明房室传导阻滞

E. ST 段表明心室各部分之间没有电位差存在

19. 心室肌细胞动作电位的平台期在时间上大约相当于心电图的

A. P 波

B. QRS 波群

C. T 波

D. ST 段

E. QT 间期

【A₂型题】

*20. 男, 24 岁。不洁饮食后腹泻 2 天, 心悸 1 天。心电图示频发提前发生的宽大畸形 QRS 波群, 时限 >0.12 秒。其最可能发生在心肌细胞的

A. 相对不应期

B. 快速复极初期

C. 有效不应期

D. 静息期

E. 超常期

*21. 男, 24 岁。间断心悸 1 月余。心悸时心电图示: 窦性心律, 可见提前出现的宽大畸形的 QRS 波群, QRS 时限 0.16 秒, 其前无 P 波, 代偿间期完全。期前收缩后代偿间期形成的生理学机制是

A. 房-室延搁

B. 心肌传导速度不均一

C. 自律细胞兴奋性增加

D. 心内兴奋传导途径多变

E. 心室肌有效不应期长

*22. 女, 36 岁。体检发现心动过缓, 无不适。查体: BP 90/60mmHg, 心率 56 次/分, 心律齐。心电图示窦性心律。患者心动过缓最可能的机制是

A. 窦房结 P 细胞 4 期自动去极速度减慢

B. 窦房结细胞内向离子流明显增强

C. 房室延搁时间延长

D. 窦房结 P 细胞最大复极电位减低

E. 窦房结细胞钾外流衰减明显加快

*23. 某女, 23 岁。突发心悸半小时, 自数脉率为 180 次/分, 脉律齐。将面部沉浸在冰水中心悸突然好转, 自数脉率为 70 次/分, 脉律齐。冷刺激使其症状缓解的最主要机制是兴奋迷走神经引起

A. 房室交界区不应期延长

B. 窦房结细胞自律性增强

C. 异常传导的兴奋性增高

D. 房室延搁时间缩短

E. 房室交界区细胞 4 期自动去极化减弱

24. 男, 16 岁。阵发性心悸 1 年余, 突发突止, 发作间期心电图正常, 10 分钟前再次发作心电图示快速、规则的 QRS 波群, 形态正常, 未见明显 P 波。急诊医师在患者右胸锁乳突肌内缘平甲状软骨水平按摩数秒钟后, 心律突然恢复正常。该治疗手法的作用机制是

A. 减弱心迷走神经紧张

B. 兴奋颈动脉体感受器

C. 加强心交感神经紧张

D. 兴奋主动脉弓压力感受器

E. 兴奋颈动脉窦压力感受器

【B 型题】

(25~27 题共用备选答案)

A. 因 Na⁺ 内流而产生

B. 因 Ca²⁺ 内流而产生

C. 因 Cl⁻ 内流而产生

D. 因 K⁺ 内流而产生

E. 因 K⁺ 外流而产生

25. 窦房结细胞动作电位 0 期去极化

26. 浦肯野细胞动作电位 0 期去极化

27. 心室肌细胞静息电位主要

(28~29 题共用备选答案)

A. 最大复极电位增大

B. 阈电位下移

C. 4 期自动去极速度加快

D. 钠通道处于失活状态

E. 阈值增大

28. 可引起窦房结 P 细胞自律性降低

29. 可引起兴奋性增高

【X 型题】

30. 心房肌细胞动作电位复极相产生

A. K^+ 内流

B. Na^+ 内流

C. Ca^{2+} 内流

D. K^+ 外流

31. 用哇巴因抑制钠泵活动后,细胞功能发生变化的有

A. 静息电位绝对值减小

B. 动作电位幅度降低

C. Na^+-Ca^{2+} 交换减弱

D. 胞质渗透压降低

32. 与骨骼肌相比,心肌的特点是

A. 肌浆网相对不发达

B. 对细胞外依赖性大

C. 呈“全或无”式收缩

D. 不发生完全强直收缩

33. 属于快反应细胞的是

A. 心房肌

B. 房室交界结区

C. 窦房结

D. 浦肯野纤维

34. 决定和影响心肌自律细胞的自律性和兴奋性的共同因素是

A. 阈电位水平

B. 最大复极电位水平

C. 4 期自动去极化速度

D. 0 期去极化的速度和幅度

35. 有关心电图的叙述,不正确的是

A. 反映心脏收缩和舒张的情况

B. 是通过体表记录到的单个心肌细胞的动作电位

C. 波幅高低表示心肌收缩力的大小

D. 反映了心肌兴奋的产生、传导及恢复过程的电变化

三、简答题

1. 试述心肌细胞动作电位产生的离子通道机制。

2. 简述窦房结起搏细胞的电活动特点。

3. 简述浦肯野细胞及窦房结细胞 4 期自动除极的形成机制。

4. 决定和影响心肌兴奋性的因素有哪些?

5. 影响心肌自律性的因素有哪些?

6. 简述影响心脏传导性的因素有哪些?

7. 何为心电图? 心电图各波所代表的意义是什么?

四、思考题

患者男性,45 岁,十多年前被诊断为“心脏瓣膜病”,曾多次住院治疗,但仅仅依靠吃药保守治疗无法阻止病情加重,现患者出现端坐呼吸,咳嗽,咯白色浆液性泡沫状痰,伴乏力、头晕、心慌及

少尿等症状。入院之后,积极进行利尿、抗心衰及对症处理。医生认为,患者心功能太差,无法接受常规的心脏换瓣手术,更适合进行心脏移植手术。施行同种异体原位心脏移植心脏手术,取出供体心脏后立即采用氧合高钾溶液(钾浓度 $10\sim 20\text{mmol/L}$)持续灌注保护心肌,复苏后心功能良好,说明氧合高钾溶液持续灌注对离体心脏有良好的保护作用。问题:

(1) 灌注高浓度 KCl 溶液的原因是什么?

(2) 试述用这种高钾溶液对心肌细胞的钾离子平衡电位、细胞膜静息电位及细胞兴奋性有什么影响?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 有效不应期:心肌细胞发生兴奋后,由去极化开始到复极 3 期膜电位达到 -55mV 这一时间内,无论给心肌多大的刺激,都不会引起一次新的兴奋,此时期称为绝对不应期。从 -55mV 至 -60mV 期间,阈上刺激虽可引起局部反应,但不会产生新的动作电位。上述两段时期合称为心肌兴奋性变化的有效不应期。

2. 兴奋性:指心肌细胞和组织具有对刺激产生反应的能力,表现为产生动作电位,可以说兴奋性是心肌细胞产生动作电位的能力。

3. 自律性:是指心肌在无外刺激存在的条件下能自动产生节律性兴奋的能力。

4. 房-室延搁:房室交界是兴奋由心房进入心室的唯一通路。房室交界区传导性很低,传导速度缓慢,因此兴奋由心房传至心室需经一个时间延搁,这一现象为房-室延搁。

5. 相对不应期:心肌细胞一次兴奋过程中,在膜内电位复极至 3 期的 $-60\text{mV}\sim -80\text{mV}$ 这段时间内,只有用阈上刺激才能引起细胞再次产生动作电位,称为相对不应期。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. A 2. C 3. B 4. E 5. D 6. D 7. E 8. E 9. C 10. E
11. E 12. E 13. C 14. D 15. D 16. E 17. E 18. C 19. D

【A₂ 型题】

20. A 21. E 22. A 23. A 24. E

难题解析

20. 心电图示频发提前发生的宽大畸形 QRS 波群,时限 >0.12 秒,可诊断为室性早搏。心肌在一次兴奋过程中兴奋性的周期性变化:有效不应期(绝对不应期 + 局部反应期)→相对不应期→超常期。室性早搏即期前收缩,机制为心室肌在有效不应期之后、下一次窦房结兴奋到达之前,即在相对不应期,受到一次外来刺激。在相对不应期内动作电位传导速度慢,宽大畸形 QRS 波群。快速复极初期、有效不应期受到刺激均不能产生期前收缩。静息期与超常期受到刺激产生的是窦性心律。因此答案选 A。

21. 期前收缩是指异位起搏点发出的过早冲动引起的心脏搏动,为最常见的心律失常。室性期前收缩由于异位起搏点位于心室壁,会出现典型的宽大畸形的 QRS 波。另一方面,室性期前收缩很少逆传至心房,不影响窦房结发放冲动,而期前收缩以后,下一次窦房结的兴奋落在此次期前兴奋的有效不应期内,在这种情况下,心肌不能产生动作电位,出现完全性代偿间歇。E 对。房室延搁的生理意义为保证心房心室不会同时收缩,A 错。B、C、D 也与期前收缩无关。

22. 患者为窦性心律,即为窦性心动过缓。窦性心动过缓的生理学机制为自律性降低。影响自律性的因素包括最大复极电位与阈电位之间的差距和4期自动去极化的速度,C错。最大复极电位减低,与阈电位之间的差距缩短,自律性增高,D错。窦房结细胞4期自动去极化机制为钾离子外流逐渐减少,钠离子、钙离子内流逐渐增加。“窦房结细胞钾外流衰减明显加快”则4期自动去极速度加快,自律性增高,E错。“窦房结细胞内向离子流明显增强”则4期自动去极速度加快,自律性增高,B错。“窦房结P细胞4期自动去极速度减慢”,自律性降低,A正确。

23. “突发心悸半小时,自数脉率为180次/分,脉率齐”提示室上性心动过速。阵发性室上性心动过速大多数是由于折返激动所致。冷刺激引起迷走神经兴奋,使房室交界区不应期延长,传导减慢而打断折返,缓解症状,A正确。“房室延搁时间缩短”,传导加快,D错。影响传导性的因素包括结构因素、0期去极化速度和幅度,邻旁未兴奋部位膜的兴奋性,故E错。B、C与传导性无关。

【B型题】

25. B 26. A 27. E 28. A 29. B

【X型题】

30. CD 31. ABC 32. ABCD 33. AD 34. AB 35. ABC

三、简答题

1. 试述心肌细胞动作电位产生的离子通道机制。

答:见知识要点。

2. 简述窦房结起搏细胞的电活动特点。

答:窦房结起搏细胞的电活动特点有:①最大复极电位小,只有 -70mV ,此时钠通道失活而不起作用;②动作电位0期去极化是由慢钙通道开放引起的,去极化速度慢,幅度小,故称为慢反应细胞;③复极1、2期不明显;④4期自动去极化速度快,自律性高,是心脏的正常起搏点。

3. 简述浦肯野细胞及窦房结细胞4期自动除极的形成机制。

答:浦肯野自律细胞的4期自动除极由随时间而增长的净内向电流所引起。它包含 I_h 和 I_f 两种随时间变化的离子电流成分: I_h 在复极3期的后期逐渐失活,是 K^+ 外向电流逐步减小; I_f 是一种进行性增强的内向离子(主要为 Na^+)流(又称起搏电流)。窦房结自律细胞的4期自动除极化也是由随时间而增长的净内向电流所引起。它包含 I_h 、 I_f 和 I_{Ca-T} 三种随时间变化的离子电流成分。 I_h 在复极达最大舒张电位后逐渐失活,使 K^+ 的外向电流逐步减小; I_f 是一种内向离子(主要为 Na^+)流,可能在自动除极化的早期起一定作用; I_{Ca-T} 是一种在自动除极化后期激活的内向电流。

4. 决定和影响心肌兴奋性的因素有哪些?

答:见知识要点。

5. 影响心肌自律性的因素有哪些?

答:见知识要点。

6. 简述影响心脏传导性的因素有哪些?

答:见知识要点。

7. 何为心电图? 心电图各波所代表的意义是什么?

答:见知识要点。

四、思考题

答:(1)根据Nernst公式,氧合高钾持续灌注离体心脏时,细胞外钾离子浓度的升高可使细胞膜去极化。这种去极化将会使钠通道和钙通道失活而使得细胞的兴奋性降低,有利于心脏舒张,减少心脏需氧量,有助于保护供体心脏组织免受缺氧损伤,提高移植成功率。

(2) 根据 Nernst 公式, 细胞外钾离子浓度增高将使得钾离子平衡电位的负值变小, 将使得静息膜电位绝对值降低, 即细胞膜去极化。当细胞外 K^+ 浓度轻度增加时, 细胞去极化, 膜电位更接近阈电位, 细胞的兴奋性增加; 当细胞外 K^+ 增加较多时, 快速钠通道将会失活, 又会使细胞兴奋性降低。

(曾晓荣 黄文俊)

第三节 血管生理

学习目标

1. 掌握 动脉血压的形成, 动脉血压的正常值及高血压, 影响动脉血压的因素, 中心静脉压及其影响因素。
2. 熟悉 静脉回心血量及其影响因素, 微循环的组成及功能, 组织液生成和回流的原理及其影响因素。
3. 了解 血管的分类及功能, 血流量、血流速度和血流阻力, 动脉血压的测量方法, 动脉脉搏的波形及意义, 外周静脉压, 微循环的血流动力学; 淋巴液的生成、回流。

知识要点

一、血流阻力

血流阻力是指血液流经血管时所遇到的阻力, 主要由流动的血液与血管壁以及血液内部分子之间的相互摩擦产生。

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

式中 R 为血流阻力, η 为血液黏度, L 为血管长度, r 为血管半径。由于在同一血管床内, L 和 η 变化不大, 影响血流阻力的最主要因素为 r , 故产生阻力的主要部分是微动脉。微动脉口径发生微小的变化, 也可导致血流阻力呈四次方地改变。机体产生的血管调节因子, 例如血管紧张素 II、去甲肾上腺素、前列腺素等, 可以通过收缩或舒张血管, 调节管径大小, 改变外周阻力, 从而影响血压。

二、动脉血压

(一) 动脉血压的形成

血压是指血管内流动的血液对血管侧壁的压强, 即单位面积上的压力。动脉血压通常是指主动脉血压。动脉血压的形成条件包括一个前提和三个要素: 心血管系统有足够的血液充盈是前提条件, 心脏射血、外周阻力、主动脉和大动脉的弹性储器作用则是三个关键要素。

心室射血是间断的, 而血管内的血流却是连续的。心室的间断性射血导致动脉血压发生周期性变化, 心脏收缩时动脉血压高, 舒张时动脉血压低。由于外周阻力的存在, 因此心室射入主动脉的血液每次只有约 $1/3$ 在心室收缩期流到外周, 其余的 $2/3$ 暂时储存于主动脉和大动脉中, 因而使得动脉血压升高。而这种储存作用是得益于主动脉和大动脉的弹性储器作用。心脏收缩射血时,

弹性储器血管扩张可多容纳一部分血液,使射血期动脉血压不会升得过高;心脏舒张时,弹性储器血管回缩,推动射血期多容纳的那部分血液流入外周,保持血流持续流动并维持舒张期血压,使之不会过度降低。因此动脉血压变化的幅度并没有心室压力波动幅度大,这是机体自身的保护作用,具有重要生理意义。

(二) 动脉血压的正常值及高血压

1. 动脉血压的正常值 动脉血压可用收缩压、舒张压、脉压和平均动脉压等数值来表示。收缩压是指心室收缩时,主动脉压力急剧升高,在收缩期中期达到最高值时的血压。舒张压是指心室舒张时,主动脉压力下降,在舒张末期动脉血压达最低值时的血压。脉搏压简称脉压,是指收缩压和舒张压的差值。平均动脉压是指一个心动周期中每一瞬间动脉血压的平均值。在安静状态下,我国健康青年人的收缩压为 100~120mmHg,舒张压为 60~80mmHg,脉压为 30~40mmHg。

2. 高血压 高血压是以体循环动脉压增高为主要表现的临床综合征,为最常见的心血管疾病,可分为原发性高血压和继发性高血压。2017 年美国心脏协会(AHA)公布了新版美国高血压指南。该指南对高血压的诊断、降压目标及相关建议进行了调整。新指南高血压的诊断标准如下:血压大于或等于 130/80mmHg 为高血压。收缩压 120~129mmHg,舒张压小于 80mmHg 为血压升高;收缩压 130~139mmHg,舒张压 80~89mmHg 为 1 级高血压;血压 $\geq 140/90$ mmHg 为 2 级高血压。

(三) 影响血压的因素(表 4-2)

表 4-2 影响动脉血压的因素及其效应

影响因素	效应		
	收缩压	舒张压	脉压
每搏输出量 $\uparrow$	$\uparrow\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
心率 $\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow\uparrow$	$\downarrow$
外周阻力 $\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow\uparrow$	$\downarrow$
主动脉和大动脉的弹性储器作用 $\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow\uparrow$
循环血量与血管系统容量的比 $\downarrow$	$\downarrow\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$

本表只列出单向变化情况,反之亦然。

三、中心静脉压和静脉回心血量

(一) 中心静脉压

通常将右心房和胸腔内大静脉血压称为中心静脉压,而将各器官静脉的血压称为外周静脉压。中心静脉压较低,正常波动范围是 4~12cmH₂O,其高低取决于心脏射血能力和静脉回心血量之间的相互关系,心脏射血能力减弱(如心力衰竭),静脉回心血量增多或回流速度过快,中心静脉压升高。因此,中心静脉压可反映心脏功能状态和静脉回心血量,在临床上常作为判断心血管功能的重要指标,也可作为控制补液速度和补液量的监测指标。

(二) 重力对静脉压的影响

血管内血液由于受地球重力场的影响,可对血管壁产生一定的静水压。各部分血管静水压的高低取决于人体的体位。人体平卧时由于身体各部分的位置和心脏多处于相同的水平,因而静水压也大致相同。当人体由平卧位转为直立位时,足部血管内的血压比平卧时高,静脉充盈扩张,可以比卧位时多容纳大约 500ml 血液,导致静脉血流减少、中心静脉压降低、心输出量减少,从而导致血压下降。正常情况下,机体可以通过神经和体液调节(主要是颈动脉窦和主动脉弓压力感受性

反射),使血压很快恢复。但是如果长期卧床的患者突然站立,就容易导致体位性低血压,甚至发生晕厥。

(三) 静脉回心血量及其影响因素(表 4-3)

表 4-3 影响静脉回心血量的因素

影响因素	变化	静脉回心血量
体循环平均充盈压	增高	增多
心肌收缩力	增强	增多
骨骼肌的挤压作用(节律性收缩)	加强	增多
体位改变	平卧位转为直立位	减少
呼吸运动	吸气	增多

本表仅列出单向变化,反之亦然。

四、微循环

(一) 微循环的组成

微循环是指微动脉和微静脉之间的血液循环。各器官、组织的结构和功能不同,微循环的结构也不同。典型的微循环结构包括微动脉、后微动脉、毛细血管前括约肌、真毛细血管、通血毛细血管、动-静脉吻合支和微静脉等。微循环的起点是微动脉,其管壁有完整的平滑肌层,当管壁外层的环形肌收缩或舒张时可使管腔内径显著缩小或扩大,起着控制微循环血流量“总闸门”的作用。在真毛细血管起始端通常有 1~2 个平滑肌细胞,形成环状的毛细血管前括约肌,其收缩状态决定进入真毛细血管的血流量,在微循环中起“分闸门”的作用。较大的微静脉有平滑肌,属于毛细血管后阻力血管,起“后闸门”的作用。

(二) 微循环的血流通路

微循环的血流通路包括迂回通路、直捷通路和动-静脉短路。迂回通路是血液和组织液之间进行交换的主要场所,所以又称营养通路。直捷通路多见于骨骼肌中,相对短而直,血流阻力较小,流速较快,主要功能是使一部分血液经此通路快速进入静脉以保证静脉回心血量。

动-静脉短路在人体某些部分的皮肤和皮下组织,特别是手指、足趾、耳郭等处分布较多,血流速度快,无物质交换功能,又称非营养通路,其功能是参与体温调节。

(三) 微循环的物质交换方式

物质交换是微循环的基本功能。扩散是血液和组织液之间进行物质交换最重要的方式;滤过和重吸收虽仅占很小一部分,但对组织液的生成有重要作用;吞饮发生概率较小。

五、组织液

(一) 组织液的生成

组织液是血浆滤过毛细血管壁而形成的。正常情况下,组织液由毛细血管动脉端不断产生,同时一部分组织液又经毛细血管静脉端返回毛细血管内,另一部分组织液则经淋巴管回流入血液循环。生成组织液的滤过的力量和重吸收的力量之差,称为有效滤过压。

有效滤过压 = (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压) - (组织液静水压 + 血浆胶体渗透压)

(二) 影响组织液生成的因素

正常情况下,组织液不断生成,又不断被重吸收,保持动态平衡,因此组织液总量维持相对恒

定。如果这种动态平衡遭到破坏,使组织液生成过多或重吸收减少,就有过多的液体滞留在组织间隙而形成水肿。上述公式中,决定有效滤过压的各种因素改变,均会导致不同情况的水肿。毛细血管壁两侧静水压差增大(如右心衰竭)和血浆胶体渗透压降低(如营养不良或者肝肾疾病)时,都会使组织液生成增多,甚至引起水肿。静脉回流受阻(如妊娠后期胎儿压迫)时,毛细血管血压升高,组织液生成也会增加。淋巴回流受阻时,也会导致组织水肿。此外,在感染、烧伤、过敏等情况下,毛细血管壁的通透性异常增高,血浆蛋白可随液体渗出毛细血管,使血浆胶体渗透压下降,组织液胶体渗透压升高,有效滤过压增大,组织液生成增多,引起水肿。

复习思考题

一、名词解释

1. blood pressure
2. blood resistance
3. central venous pressure
4. thoroughfare channel
5. effective filtration pressure

二、选择题

【A₁型题】

1. 弹性储器血管是指

- A. 主动脉 B. 微动脉 C. 大静脉
D. 微静脉 E. 毛细血管

2. 各类血管功能特点的叙述中,正确的有

- A. 弹性储器血管有明显的弹性和扩张性,可容纳循环血量的 60% 左右
B. 主动脉和肺动脉干有弹性储器作用,使血液能在血管系统内连续流动
C. 静脉的舒缩活动是促使静脉血回流入心脏的主要动力
D. 微静脉口径不变时,微动脉舒张有利于组织液进入血液
E. 毛细血管前括约肌属于毛细血管前阻力部分,交感缩血管纤维分布较多

3. 血流阻力主要来自

- A. 毛细血管 B. 微静脉 C. 微动脉
D. 小动脉 E. 主动脉及大动脉

4. 仅由一层内皮细胞组成的血管是

- A. 毛细血管 B. 微静脉 C. 微动脉
D. 小动脉 E. 主动脉及大动脉

5. 血液在血管中流动时,血流阻力

- A. 与血管半径成反比 B. 与血管半径的平方成反比
C. 与血管半径的立方成正比 D. 与血管半径的 4 次方成正比
E. 与血管半径的 4 次方成反比

6. 关于动脉血压的叙述中,正确的是

- A. 收缩压是指心室收缩期末期达到最高值时的血压
B. 舒张压是指心室收缩期末期动脉血压达到最低值时的血压

- C. 在安静状态下,我国健康青年人的收缩压为 100~120mmHg
 D. 通常情况下,成人血压高于儿童血压
 E. 正常人血压存在昼夜波动的日节律,呈“单峰单谷”的现象
7. 主动脉在维持舒张压中起重要作用,主要是由于主动脉
 A. 口径大 B. 管壁厚 C. 管壁富有弹性
 D. 血流速度快 E. 对血流的摩擦阻力小
8. 静脉系统成为外周的血液贮存库,主要是由于
 A. 静脉管壁平滑肌少 B. 静脉管壁弹性弱
 C. 静脉血流速度慢 D. 静脉系统容积大、可扩张性大
 E. 静脉系统位于皮下
9. 关于真毛细血管的叙述中,错误的是
 A. 管壁很薄 B. 管壁通透性大
 C. 血流缓慢 D. 周期性收缩和舒张
 E. 管壁内皮细胞具有吞饮功能
10. 血液在毛细血管内流动的线速度比在微动脉内的慢,是因为
 A. 毛细血管的口径小 B. 微动脉位于毛细血管之前
 C. 毛细血管血压较低 D. 微动脉总的横截面积较小
 E. 毛细血管的扩张性较大
11. 当血液流经下列哪段血管时血压降落最大
 A. 主动脉和大动脉 B. 小动脉和微动脉 C. 微静脉和小静脉
 D. 大静脉和腔静脉 E. 毛细血管
12. 循环系统平均充盈压取决于
 A. 血量与循环系统容量 B. 动脉血压和外周阻力
 C. 心排出量和外周阻力 D. 心排出量和动脉血压
 E. 回心血量和心脏射血能力
13. 关于静脉血压,错误的是
 A. 将右心房和胸腔内大静脉血压称为中心静脉压
 B. 将各器官静脉的血压称为外周静脉压
 C. 中心静脉压的高低取决于心脏射血能力和静脉回心血量之间的关系
 D. 右心房和腔静脉淤血时,中心静脉压升高
 E. 静脉回心血量增多或回流速度过快,中心静脉压降低
14. 关于静脉回心血量,错误的是
 A. 体循环平均充盈压升高,静脉回心血量减少
 B. 右心衰竭时,静脉回心血量显著减少
 C. 静脉内的瓣膜使血液只能向心脏方向流动
 D. 直立时静脉回心血量较平卧时低
 E. 呼气时,静脉回心血量减少
15. 微循环中不参与物质交换的是
 A. 迂回通路 B. 直捷通路 C. 动-静脉短路
 D. 交换血管 E. 毛细血管前阻力血管

16. 关于微循环直捷通路,正确的是

- A. 不进行物质交换 B. 血流速度较慢 C. 经常处于开放状态
D. 管径较毛细血管较细 E. 在骨骼肌组织中较少见

17. 血浆胶体渗透压降低时引起

- A. 红细胞膨胀 B. 红细胞皱缩 C. 组织液生成增多
D. 组织液生成减少 E. 尿量减少

18. 生成组织液的有效滤过压等于

- A. (毛细血管血压 + 血浆胶体渗透压) - (组织液胶体渗透压 + 组织液静水压)
B. (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压) - (血浆胶体渗透压 + 组织液静水压)
C. (血浆胶体渗透压 + 组织液静水压) - (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压)
D. (组织液胶体渗透压 + 组织液静水压) - (毛细血管血压 + 血浆胶体渗透压)
E. (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压) - (血浆胶体渗透压 - 组织液静水压)

19. 局部代谢产物主要作用于

- A. 微动脉 B. 微静脉 C. 真毛细血管
D. 通血毛细血管 E. 毛细血管前括约肌

20. 决定微循环中营养通路的周期性开闭的主要因素是

- A. 血管紧张素 I B. 血管紧张素 II C. 肾上腺素
D. 去甲肾上腺素 E. 局部代谢产物

*21. 肌肉运动时,其血流量增加,主要是因为

- A. 毛细血管主动舒张 B. 肌肉收缩时局部代谢产物增多
C. 相邻不活动肌肉血管收缩 D. 交感缩血管纤维紧张性活动减弱
E. 动脉血压升高

22. 影响毛细血管血压的是

- A. 毛细血管前阻力和毛细血管后阻力之和
B. 毛细血管前阻力和毛细血管后阻力之差
C. 毛细血管前阻力和毛细血管后阻力之积
D. 毛细血管前阻力和毛细血管后阻力之比
E. 毛细血管前阻力与心输出量之比

23. 血液和组织液进行物质交换的主要途径是

- A. 扩散 B. 被动运输 C. 主动运输
D. 吞饮 E. 滤过和重吸收

24. 人体足背静脉压直立时比平卧时高,主要是因为

- A. 心输出量减少 B. 循环血量增多 C. 外周阻力加大
D. 血液重力影响 E. 静脉顺应性下降

*25. 下肢组织中由毛细血管过滤到组织间隙中的液体量

- A. 比从组织间隙重吸收至毛细血管内的液体量多
B. 安静时比运动时减少
C. 体位由直立变为平卧时增多
D. 与体位无关
E. 在下肢微动脉收缩时增加

【A₂型题】

26. 男性,45岁,行胃大部切除手术,术中输液时发现中心静脉压为1.6~2.1kPa(12~16mmHg),麻醉师应当采取以下哪一措施

- A. 给予强心剂,使心功能加强
- B. 调整输液速度,将输液速度加快
- C. 调整输液速度,将输液速度减慢
- D. 与输液速度无关,不需改变输液速度
- E. 及时观察动脉血压,如正常,输液按原速度进

27. 在离体实验中观察到,乙酰胆碱作用于内皮完整的血管,引起血管舒张,若将血管内皮去除,则乙酰胆碱使血管收缩。这表明乙酰胆碱使血管内皮产生

- A. 内皮舒张因子
- B. 内皮缩血管因子
- C. 去甲肾上腺素
- D. 肾上腺素
- E. 组胺

28. 男性,60岁,反复头痛头晕十余年,加重伴视物模糊5小时。心脏超声检查发现动脉硬化。以下哪个指标的变化是正确的

- A. 收缩压下降
- B. 舒张压升高
- C. 脉压增大
- D. 大动脉容量减少
- E. 脉搏传播速度减慢

29. 寒冬时期,一位80岁老人进入温泉浴室后不久出现头晕,随即晕倒在地,分析其最可能的原因是

- A. 血管容量增加
- B. 心输出量减少
- C. 动脉血压升高
- D. 血量减少
- E. 全身血管收缩

*30. 男性,65岁,近日夜晚睡觉时常因心悸气短而惊醒,坐起后呼吸困难有所改善。查体发现肝在肋下3cm触及,腹水征阳性,双下肢凹陷性水肿。出现颈静脉怒张,肝脏肿大和双下肢水肿,该患者最可能的心血管疾病是

- A. 左心衰
- B. 右心衰
- C. 中心静脉压降低
- D. 肺水肿
- E. 高血压

31. 男性,19岁,车祸中股动脉损伤出血,旁观者协助采用止血带止血。医护人员抵达时测量仅有轻微血压下降,瞳孔反射良好。患者重新分布的血液主要来源于

- A. 心脏
- B. 主动脉
- C. 小动脉和微动脉
- D. 毛细血管
- E. 微静脉和静脉

32. 女性,24岁,因严重腹泻就诊。平卧时血压90/60mmHg,心率100次/分,立位时心率增加至120次/分。立位时心率增加的主要原因是

- A. 外周阻力下降
- B. 静脉收缩增强
- C. 心室收缩增强
- D. 后负荷增加
- E. 静脉回流减少

33. 女性,37岁,腹部CT扫描提示腹部包块。进一步磁共振血管成像显示腹主动脉挤压至正常时直径的1/2。此时血流阻力

- A. 降至1/2
- B. 降至1/16
- C. 增加1/2
- D. 增至2倍
- E. 增至16倍

*34. 男性,52岁,排沥青样便并伴有低血压。内镜检查发现胃部溃疡出血。少量出血后导致压力感受性反射代偿,将导致下列哪项较出血前降低

- A. 静脉容量
- B. 心室收缩力
- C. 外周阻力

D. 心率

E. 冠脉血流

*35. 男性, 62 岁, 因突发胸痛数小时急诊入院。患者有糖尿病和高血压病史。静脉给予硝酸甘油缓解胸痛。使用硝酸甘油可以

A. 升高动脉血压

B. 增加静脉回心血量

C. 增加左心室壁压力

D. 降低心脏耗氧量

E. 减少冠脉血流

【B 型题】

(36~37 题共用备选答案)

A. 主动脉

B. 微动脉

C. 腔静脉

D. 微静脉

E. 毛细血管

36. 血流速度最快在

37. 血流速度最慢在

(38~40 题共用备选答案)

A. 血浆胶体渗透压降低

B. 毛细血管内流体静压升高

C. 毛细血管壁通透性增高

D. 淋巴回流受阻

E. 肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统辅助水钠潴留

38. 炎性病灶的水肿是由于

39. 肝硬化引起胃肠壁水肿是由于

40. 右心衰竭时的水肿是由于

【X 型题】

41. 影响血流阻力的因素有

A. 血细胞比容

B. 血流切率

C. 氧合血红蛋白含量

D. 血管口径

42. 动脉血压形成的条件

A. 心血管系统有足够的血液充盈

B. 心脏射血

C. 小动脉和微动脉对血流的阻力

D. 主动脉和大动脉的弹性储器作用

43. 关于动脉血压, 正确的有

A. 搏出量增加时, 脉压增大

B. 心率加快时, 舒张压减低

C. 外周阻力以影响舒张压为主

D. 体循环平均充盈压降低时, 动脉血压上升

44. 可能引起水肿的病变有

A. 左心衰竭

B. 肿瘤压迫静脉壁

C. 丝虫病

D. 感染、烧伤、过敏

45. 关于淋巴液的生成与回流, 正确的有

A. 毛细淋巴管通透性极高

B. 毛细淋巴管吸收组织液的动力为组织液与毛细淋巴管内淋巴液之间的压力差

C. 组织液与毛细淋巴管内淋巴液之间的压力差高, 则吸收速度快

D. 集合淋巴管壁平滑肌的收缩活动阻碍淋巴液向心回流

三、简答题

1. 简述血管的功能性分类。
2. 简述动脉血压形成的条件。
3. 影响动脉血压形成的因素有哪些?
4. 影响静脉回流的因素有哪些?
5. 举例说明引起水肿的原因。
6. 简述微循环的结构组成。
7. 简述高血压的定义及诊断标准。

四、思考题

患者,男,72岁。因反复头晕头痛3年,加重伴恶心、视物模糊3小时就诊。患者3年前出现头痛头晕症状时,测血压170/90mmHg,当地医院给予硝苯地平后症状缓解,未坚持服用降压药。3小时前,患者情绪激动后头痛头晕加重。查体:血压190/120mmHg,心率123次/分。心脏超声:主动脉硬化,左心室向心性肥厚。诊断:高血压病2期,高血压危象。

问题:

- (1) 请从动脉血压的影响因素分析该患者出现血压升高的原因。
- (2) 患者情绪激动时机体心血管系统有哪些主要反应?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 血压:是指血管内流动的血液对血管侧壁的压强,即单位面积上的压力。
2. 血流阻力:指血液流经血管时所遇到的阻力,主要由流动的血液与血管壁以及血液分子之间的互相摩擦产生。
3. 中心静脉压:将右心房和胸腔内大静脉血压称为中心静脉压。
4. 直捷通路:指血液从微动脉经后微动脉和通血毛细血管进入微静脉的通路,主要功能是使一部分血液经此通路快速进入静脉,以保证静脉回心血量。
5. 有效滤过压:生成组织液的滤过的力量和重吸收的力量之差,称为有效滤过压。有效滤过压 = (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压) - (组织液静水压 + 血浆胶体渗透压)。

二、选择题

【A₁型题】

- | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 2. B | 3. C | 4. A | 5. E | 6. C | 7. C | 8. D | 9. D | 10. D |
| 11. B | 12. A | 13. E | 14. A | 15. C | 16. C | 17. C | 18. B | 19. E | 20. E |
| 21. B | 22. D | 23. A | 24. D | 25. A | | | | | |

难题解析

9. 毛细血管中无平滑肌,不能进行周期性的收缩和舒张。

10. 在封闭的循环管道中的任一切面,血流的容积速度相等,但线速度不等。横截面积越大的部分直线速度越小。毛细血管的管径虽小,但并联的毛细血管总横截面积远大于并联的微动脉的总横截面积,因此,血液在毛细血管中流动的线速度低于在微动脉内的线速度。

21. 肌肉运动使得局部代谢产物在肌肉内积聚,产生舒血管效应,使该肌肉的血流量增加。运动时,交感肾上腺素能缩血管纤维和胆碱能舒血管纤维的活动增强,使皮肤和内脏血管收缩,但骨

骼肌血管舒张。另毛细血管壁上无平滑肌,不能主动舒张。

25. 毛细血管动脉端滤出的液体,约 90% 可在静脉端被重吸收入血。下肢运动通过交感舒血管纤维的活动加强及局部代谢产物的自身调节,使微动脉扩张,组织液生成较安静时多。从直立转为平卧时重力产生的静水压减小,使组织液生成减少。下肢微动脉收缩,使毛细血管内血压下降,组织液生成减少。

【A₂型题】

26. C 27. A 28. C 29. A 30. B 31. E 32. E 33. E 34. A 35. D

难题解析

30. 腹泻导致细胞外液丢失,使动脉血压下降。血压下降通过压力感受性反射,促使患者平卧时心率增加。当患者站立时,下肢静脉容纳更多血液,导致静脉回心血量不足,由于 Frank-Starling 机制,心脏搏出量减少,心输出量下降,血压进一步下降,通过压力感受性反射进一步导致心率加快。

34. 少量出血导致血容量下降和血压下降,引起压力感受性反射。该反射导致心交感神经兴奋,迷走神经抑制。交感神经兴奋导致静脉血管周围的平滑肌收缩,血管顺应性降低,因此静脉容量减少。外周静脉收缩,静脉回心血量增加,心室舒张末期容积(EDV)增加,但 EDV 并不会比出血前更高。在压力感受性反射作用下,心率、心室收缩力和外周阻力均增加。为了满足心率加快和收缩增强时的能量需求,冠脉血流也增加。

35. 硝酸甘油可以用来治疗心绞痛。全身静脉扩张导致心室耗氧量下降,静脉回心血量减少进一步导致左心室壁张力下降,心室耗氧量下降。硝酸甘油也可以作用于动脉,增加冠脉血流,降低血压,改善胸痛。

【B型题】

36. A 37. E 38. C 39. A 40. B

【X型题】

41. ABD 42. ABCD 43. AC 44. ABCD 45. ABC

三、简答题

1. 简述血管的功能性分类。

答:(1)弹性储器血管:指主动脉、肺动脉主干及其发出的最大分支,其管壁坚韧,富含纤维,有明显的弹性和可扩张性,能使心室的间断射血转化为血液在血管中的连续流动,同时使心动周期中的血压波动幅度减小。

(2)分配血管:指中动脉,即从弹性储器血管以后到分支为小动脉前的动脉管道,功能主要是将血液运输至各器官组织。

(3)毛细血管前阻力血管:指小动脉和微动脉,其管径较小,对血流的阻力较大,其舒缩活动可明显改变血管口径,从而改变对血流的阻力及其所在器官、组织的血流量,对动脉血压的维持有重要意义。

(4)毛细血管前括约肌:指环绕在真毛细血管起始部的平滑肌,属于阻力血管的一部分,其舒缩活动可控制毛细血管的开放或关闭。

(5)交换血管:位于动静脉之间,分布广泛,互相连通,形成毛细血管网,是血管内、外进行物质交换的主要场所。

(6)毛细血管后阻力血管:指微静脉,其管径较小,可对血流产生一定的阻力,影响体液在血管内、外的分配情况。

(7)容量血管:指静脉系统,管壁薄、口径大、可扩张性大,故容量大,具有血液储存库的作用。

(8)短路血管:指血管床中小动脉和小静脉之间的直接吻合支,在功能上与体温调节有关。

2. 简述动脉血压形成的条件。

答:见知识要点。

3. 影响动脉血压形成的因素有哪些?

答:见知识要点。

4. 影响静脉回流的因素有哪些?

答:见知识要点。

5. 举例说明引起水肿的原因。

答:(1)有效胶体渗透压降低:营养不良或某些肝肾疾病时,因血浆胶体渗透压降低,导致有效胶体渗透压下降,有效滤过压增大而发生水肿。

(2)毛细血管有效流体静压升高:心力衰竭、血栓、肿瘤等引起静脉阻塞或静脉回流受阻,导致有效流体静压升高,引起水肿。

(3)毛细血管壁通透性增高:血管活性物质、细菌毒素、缺氧、炎症病灶等导致毛细血管壁通透性异常增高,血浆蛋白渗出毛细血管,使血浆胶体渗透压下降,组织胶体渗透压升高,有效滤过压增大而发生水肿。

(4)淋巴回流受阻:丝虫病虫体阻塞淋巴管,使淋巴回流受阻,含有蛋白质的淋巴液在组织间隙中积聚而形成淋巴水肿。

6. 简述微循环的结构组成。

答:见知识要点。

7. 简述高血压的定义及诊断标准。

答:高血压是以体循环动脉压增高为主要表现的临床综合征,为最常见的心血管疾病,可分为原发性高血压和继发性高血压。

我国的高血压诊断标准与1998年WHO和世界高血压联盟(ISH)重新修订的高血压诊断标准一致,即:收缩压 $\geq 140\text{mmHg}$ 或舒张压 $\geq 90\text{mmHg}$ 。2017年美国心脏协会(AHA)公布了新版美国高血压指南。该指南对高血压的诊断、降压目标及相关建议进行了调整。新指南高血压的诊断标准:血压大于或等于 $130/80\text{mmHg}$ 为高血压;收缩压 $120\sim 129\text{mmHg}$,舒张压小于 80mmHg 为血压升高;收缩压 $130\sim 139\text{mmHg}$,舒张压 $80\sim 89\text{mmHg}$ 为1级高血压;血压 $\geq 140/90\text{mmHg}$ 为2级高血压。

四、思考题

答:(1)动脉血压是指流动的血液对单位面积动脉管壁的压强。影响动脉血压的因素主要有心脏每搏输出量、心率、外周阻力、主动脉及大动脉的弹性储器作用、循环血量与血管系统容量的匹配情况。本病例中,该老年患者既往有高血压病史,曾测得血压为 $170/90\text{mmHg}$,脉压为 80mmHg 。此次患者情绪激动后头痛头晕加重,查体:血压 $190/120\text{mmHg}$,脉压 70mmHg ,心率 123次/分 。心脏超声示动脉硬化,左心室向心性肥厚。本例中心脏每搏输出量增高,这是由于高血压基本的病理改变为细小动脉的玻璃样变,可使外周阻力增加,使得动脉血压升高,后负荷增加,引起心脏代偿性肥厚,心肌收缩力增强导致搏出量增多,收缩压上升;该患者心率加快,心动周期的舒张期明显缩短,在心室舒张期从大动脉流向外周的血量减少,存留在主动脉内的血量增多,致使舒张压明显升高。而根据心脏超声结果可推断患者动脉硬化,提示主动脉及大动脉的弹性储器作用减弱,血管的可扩张性降低,对血压的缓冲作用减弱,故虽然舒张压与收缩压都升高,但脉压仍增大。

(2)患者情绪激动时,主要引起:①心交感神经兴奋,心交感神经节后纤维释放去甲肾上腺素,作用于心肌细胞膜上的 β_1 受体,引起心脏正性变时、正性变力、正性变传导作用。正性变时作用引起心率加快;正性变力作用引起心肌收缩力增强,搏出量增多,血压升高;正性变传导作用引起心电

传导速度加快。②交感缩血管神经兴奋,阻力血管小微动脉收缩,外周阻力增加,血压升高。③交感神经兴奋,肾脏产生的肾素增多,肾素可激活血液中由肝脏产生的血管紧张素原转变为血管紧张素 I,流经肺的血管时,血管紧张素转化酶将血管紧张素 I 水解为血管紧张素 II,血管紧张素 II 在血浆和组织中可进一步酶解为血管紧张素 III。血管紧张素 II 可直接收缩全身微动脉,升高血压;促进交感神经末梢释放递质;可作用于中枢神经系统,降低中枢对压力感受性反射的敏感性,加强交感缩血管中枢的作用,促进垂体加压素的释放;血管紧张素 II 还可以与血管紧张素 III 一同刺激肾上腺皮质球状带合成分泌醛固酮,促进肾小管对钠离子的重吸收,参与机体水盐调节,增加循环血量,升高血压。④交感神经兴奋引起肾上腺髓质释放肾上腺素和去甲肾上腺素。肾上腺素主要增强心脏泵血功能,升高血压;去甲肾上腺素主要作用于阻力血管的 α 受体,收缩血管,使外周阻力升高,引起血压升高。患者动脉血压持续升高,射血阻力增大,左心室因后负荷增加而引起代偿性向心性肥厚。

因此,通过上述的途径,该患者在情绪激动时出现高血压危象的症状和临床表现。

(向秋玲 王庭槐)

第四节 心血管活动的调节

学习目标

1. 掌握 心交感神经、心迷走神经、交感缩血管神经纤维的作用,颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射,肾素-血管紧张素系统、肾上腺素和去甲肾上腺素对心血管活动的调节。
2. 熟悉 心血管中枢的概念,心交感紧张与心迷走紧张,化学感受性反射和心肺感受性反射,血管升压素、血管内皮生成的血管活性物质对心血管活动的调节。
3. 了解 延髓和下丘脑中调节心血管活动的主要中枢核团,心血管反射的中枢整合模式,激肽释放酶-激肽系统等体液因素对心血管活动的调节,心血管活动的自身调节,动脉血压的长期调节。

知识要点

一、神经调节

(一) 心血管的神经支配

1. 心脏的神经支配

(1) 心交感神经

- 1) 起源:节前神经元胞体位于 T_{1-5} 中间外侧柱,节后纤维支配心脏各个部分。
- 2) 作用:节后纤维释放去甲肾上腺素,作用于心肌细胞膜的 β_1 受体,引起正性变力、变时和变传导作用。左侧心交感神经主要引起正性变力作用;右侧主要引起正性变时作用。
- 3) 机制:①心肌细胞:去甲肾上腺素 $\rightarrow \beta_1$ 受体 $\rightarrow$ G 蛋白-AC-cAMP-PKA 通路 $\uparrow$ $\rightarrow$ 细胞膜 L 型 Ca^{2+} 通道开放概率 $\uparrow$ $\rightarrow$ Ca^{2+} 内流 $\uparrow$ $\rightarrow$ 肌质网释放 Ca^{2+} $\uparrow$ $\rightarrow$ 胞质中 Ca^{2+} 浓度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 收缩力 $\uparrow$ (正性变力);肌质网的钙泵活性 $\uparrow$ $\rightarrow$ 胞质对 Ca^{2+} 回收速度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 心肌舒张速度 $\uparrow$;②自律细胞(窦房结 P 细胞):4 期 Ca^{2+} 内流 $\uparrow$ 和 I_f $\uparrow$ $\rightarrow$ 4 期自动去极化速度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 自律性 $\uparrow$ (正性变时);③慢反应细胞:0 期 Ca^{2+} 内流 $\uparrow$ $\rightarrow$ 0 期去极化速度和幅度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 传导速度 $\uparrow$ (正性变传导)。

(2) 心迷走神经

1) 起源:节前神经元的胞体位于迷走神经背核和疑核,节后纤维支配心脏各个部分,但心室肌只有少量纤维。

2) 作用:节后纤维末梢释放乙酰胆碱,作用于心肌细胞膜的M受体,引起负性变力、变时和变传导作用。左侧心迷走神经主要引起负性变传导作用;右侧主要引起负性变时作用。

3) 机制:①心房肌细胞:乙酰胆碱 $\rightarrow$ M型受体 $\rightarrow$ G蛋白 $\rightarrow$ AC $\rightarrow$ cAMP $\rightarrow$ PKA通路 $\downarrow$, I_{K-ACH} 激活,复极 K^+ 外流 $\uparrow$,平台期 $\downarrow \rightarrow Ca^{2+}$ 内流 $\downarrow \rightarrow$ 收缩力 $\downarrow$ (负性变力);②自律细胞(窦房结P细胞):4期 Ca^{2+} 内流 $\downarrow$ 和 $I_f \downarrow \rightarrow$ 4期自动去极速度 $\downarrow \rightarrow$ 自律性 $\downarrow$ (负性变时);③心肌慢反应细胞:0期 Ca^{2+} 内流 $\downarrow \rightarrow$ 0期去极化速度和幅度 $\downarrow \rightarrow$ 传导速度 $\downarrow$ (负性变传导)。

2. 血管的神经支配

(1) 交感缩血管神经纤维

1) 起源:节前神经元胞体位于胸腰段脊髓的中间外侧柱,节后纤维支配体内几乎所有血管(除毛细血管以外)。支配密度:皮肤血管 $>$ 骨骼肌和内脏血管 $>$ 冠脉和脑血管。同一器官中,动脉 $>$ 静脉,微动脉最高。

2) 作用:末梢释放去甲肾上腺素,与 α 受体结合能力较强,兴奋时主要引起血管收缩效应。交感缩血管紧张使血管平滑肌保持一定程度的收缩状态。紧张性增强时血管收缩,反之血管舒张。

(2) 交感舒血管神经纤维:在骨骼肌血管,末梢释放乙酰胆碱,与血管平滑肌膜上的M受体结合时,引起血管舒张,以适应运动时对血流量的需要。

(3) 副交感舒血管神经纤维:在脑膜、唾液腺、胃肠外分泌腺和外生殖器的血管,调节局部血流量。

(二) 心血管中枢

1. 脊髓 脊髓胸腰段中间外侧柱有支配心脏和血管的交感节前神经元,骶段有支配血管的副交感节前神经元,是调控心血管活动的最后传出通路。

2. 延髓 为基本心血管中枢。

(1) 延髓头端腹外侧区(RVLM)和延髓尾端腹外侧区(CVLM):RVLM产生和维持心交感神经和交感缩血管神经纤维紧张性活动,兴奋时引起交感神经活动加强和血压升高。CVLM神经元兴奋时可抑制RVLM。

(2) 孤束核(NTS):是压力感受器、化学感受器和心肺感受器等传入纤维的接替站。

(3) 迷走神经背核和疑核:产生和维持心迷走紧张性活动。

3. 下丘脑 PVN在心血管活动的整合中起重要作用,其下行纤维投射到脊髓中间外侧柱交感节前神经元和RVLM,调控交感神经活动。

(三) 心血管反射

1. 颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射

(1) 压力感受器:位于颈动脉窦和主动脉弓,感受血管壁的机械牵张程度。

(2) 传入神经与中枢联系:压力感受器的传入神经为窦神经和迷走神经,冲动增多时,经延髓NTS后,通过CVLM抑制RVLM,使交感紧张性降低,还可刺激迷走神经背核和疑核,使迷走紧张性增强。

(3) 反射效应:血压 $\uparrow \rightarrow$ 压力感受器传入冲动 $\uparrow \rightarrow$ NTS $\rightarrow$ 心迷走紧张 $\uparrow$ 、心交感紧张和交感缩血管紧张 $\downarrow \rightarrow$ 心率、心输出量、外周阻力 $\downarrow \rightarrow$ 血压 $\downarrow$ 。反之亦然。

(4) 压力感受性反射功能曲线:曲线两端较平坦,中间较陡,说明血压在正常水平附近变动时,压力感受性反射最敏感,纠正能力最强。慢性高血压时,压力感受性反射发生重调定。

(5) 生理意义:是维持动脉血压稳定的重要负反馈调节机制。对快速性血压变化敏感,在短时

间内快速调节动脉血压。

2. 颈动脉体和主动脉体化学感受性反射 主要调节呼吸。在缺氧、窒息、失血、血压过低和酸中毒等情况下,使循环血量重新分配,保证心、脑等重要器官的血液供应。

3. 心肺感受器引起的心血管反射 容量感受性反射主要调节循环血量和细胞外液量。

二、体液调节

(一) 肾素-血管紧张素系统

1. RAS 的构成 肾脏球旁细胞分泌的肾素,可将来自肝脏的血管紧张素原水解为血管紧张素 I (AngI)。AngI 在经过肺循环时在血管紧张素转换酶(ACE)作用下水解为 AngII。AngII 在血浆和组织中可进一步酶解成 AngIII。

2. 血管紧张素家族主要成员的生物学作用

(1) AngII 的生物学效应:几乎都是通过激动 AT_1 受体产生。主要包括:①缩血管作用:使全身微动脉收缩,升高血压;使静脉收缩,增加回心血量。②通过交感缩血管纤维末梢的突触前 AT 受体,经突触前调制促进释放递质。③对中枢神经系统的作用:降低压力感受性反射的敏感性,加强交感缩血管中枢紧张性;并促进血管升压素和缩宫素释放;增强促肾上腺皮质激素释放激素的作用。引起或增强渴觉,导致饮水。④促进醛固酮的合成和释放。

(2) 其他成员的生物学效应:AngI 不具有生理活性。AngIII 可作用于 AT_1 受体,产生与 AngII 相似的生理效应,但其缩血管效应较弱。AngIV 可产生与 AngII 不同或相反的作用。

临床上可应用肾素受体拮抗剂、ACE 的抑制剂和 AT_1 受体拮抗剂进行抗高血压的治疗。

(二) 肾上腺素和去甲肾上腺素

肾上腺素可与 α 、 β_1 和 β_2 受体结合。在心脏,由 β_1 受体产生正性变时和正性变力作用,增加心输出量。可引起 α 受体占优势的皮肤、肾和胃肠道血管收缩; β_2 受体占优势的骨骼肌和肝血管舒张,小剂量以兴奋 β_2 受体效应为主,大剂量时由 α 受体引起血管收缩。

去甲肾上腺素可与 α 、 β_1 受体结合,与 β_2 受体结合能力较弱。静脉注射时,可使全身血管广泛收缩,外周阻力增加,动脉血压升高;而血压升高使压力感受性反射活动增强,引起心率减慢。

(三) 血管升压素

血管升压素(VP)由下丘脑视上核和室旁核合成,由神经垂体储存分泌。生理情况下,作用于肾远曲小管和集合管上皮的 V_2 受体,促进水的重吸收,起抗利尿作用。浓度明显增加时,可作用于血管平滑肌的 V_1 受体,引起血管收缩,血压升高。

(四) 血管内皮生成的血管活性物质

血管内皮生成的舒血管物质主要包括一氧化氮(NO)、前列环素(PGI₂)和内皮超极化因子(EDHF)。血管内皮生成的缩血管物质主要是内皮素。

三、自身调节

代谢性自身调节机制:局部代谢产物调节局部组织的微动脉和毛细血管前括约肌的活动。

肌源性自身调节机制:血管平滑肌的紧张性收缩,即肌源性活动。血管内压力突然变化时,肌源性活动变化,改变血管口径,调节局部血流量。

四、动脉血压的长期调节

动脉血压的长期调节主要是通过肾-体液控制系统实现。肾-体液控制系统的活动主要受血管

升压素、心房钠尿肽、肾素-血管紧张素-醛固酮系统等的调节,共同维持循环血量和血压的稳定。

复习思考题

一、名词解释

1. baroreceptor reflex (baroreflex)
2. volume receptor reflex
3. renin-angiotensin-system
4. vasopressin
5. buffer nerves

二、选择题

【A₁型题】

- *1. 关于心迷走神经对心脏的支配和作用,正确的是
 - A. 节前纤维释放乙酰胆碱,节后纤维释放去甲肾上腺素
 - B. 具有紧张性,紧张性升高时增加自律细胞的自律性
 - C. 对心房肌和心室肌均有较高的支配密度
 - D. 安静时心迷走神经活动占优势
 - E. 迷走神经兴奋可增加传导性和心肌收缩能力
2. 下列哪一种药物能阻断心迷走神经的作用
 - A. 普萘洛尔
 - B. 阿托品
 - C. 酚妥拉明
 - D. 肾上腺素
 - E. 乙酰胆碱
3. 关于心交感神经对心脏的支配和作用,错误的是
 - A. 正性的变力、变时和变传导作用
 - B. 通过心肌细胞膜的 M 受体,使胞质中 Ca^{2+} 浓度升高
 - C. 具有紧张性活动
 - D. 心交感神经与心迷走神经之间存在交互抑制
 - E. 阻断心交感神经活动引起心率减慢
4. 关于交感缩血管神经的描述,正确的是
 - A. 只有某些特殊部位的血管才受交感缩血管神经支配
 - B. 兴奋时通常引起血管舒张
 - C. 节后纤维释放肾上腺素
 - D. 交感缩血管神经的紧张性变化时,对心和脑的血流量影响很大
 - E. 在 α 受体为主的血管,交感缩血管神经兴奋时引起血管收缩
5. 心交感神经兴奋引起正性变力作用的机制是
 - A. 释放乙酰胆碱,与心机的 M 受体结合
 - B. 释放肾上腺素,与心机的 β 受体结合
 - C. 释放去甲肾上腺素,与心机的 α 受体结合
 - D. 增加心肌细胞膜对 K^+ 的通透性,使 K^+ 外流增多
 - E. 激活蛋白激酶 A,使胞质中 Ca^{2+} 浓度升高
- *6. 下列关于心迷走神经的描述,正确的是
 - A. 切断实验动物的心迷走神经,引起心率减慢

- B. 电刺激实验动物的心迷走神经,引起心率加快
- C. 具有紧张性活动
- D. 心迷走神经由传出神经纤维组成,不含传入神经纤维
- E. 在心室肌引起的变力效应比心房肌大
7. 调节心血管活动基本中枢位于
- A. 脊髓 B. 延髓 C. 中脑 D. 下丘脑 E. 大脑边缘系统
8. 动脉压力感受器传入纤维的接替站是
- A. 孤束核 B. 延髓头端腹外侧区 C. 延髓尾端腹外侧区
- D. 室旁核 E. 迷走神经背核和疑核
9. 下列关于动脉压力感受器的描述,错误的是
- A. 位于颈动脉窦和主动脉弓血管内膜外侧的感觉神经末梢
- B. 感受血管壁所受到的机械牵张刺激
- C. 其传入神经的冲动频率随心动周期中动脉血压的波动而变化
- D. 在同一血压水平,颈动脉窦通常比主动脉弓压力感受器更敏感
- E. 当动脉血压升高时,压力感受器的传入冲动增多
10. 下列哪种情况可引起颈动脉窦的传入神经冲动增加
- A. 循环血量降低 B. PO_2 降低 C. PCO_2 升高
- D. $[H^+]$ 升高 E. 平均动脉压升高
11. 颈动脉窦和主动脉弓压力感受器的传入冲动增加时,引起的变化是
- A. 心迷走神经的紧张性降低 B. 心交感神经的紧张性增加
- C. 交感缩血管神经的紧张性降低 D. 血容量增加,细胞外液量增加
- E. 心率加快,血压升高
12. 在心肺感受器引起的心血管反射中,心房内血容量增加引起
- A. 迷走神经传入冲动减少
- B. 心率、心输出量和外周阻力增加
- C. 血管升压素和醛固酮水平升高
- D. 血压降低,循环血量和细胞外液量减少
- E. 交感神经紧张性升高,迷走神经紧张性降低
13. 循环血液中肾上腺素主要由下述哪一部位释放
- A. 肾上腺皮质束状带细胞 B. 肾脏近球细胞
- C. 肾上腺皮质网状带细胞 D. 肾上腺皮质球状带细胞
- E. 肾上腺髓质嗜铬细胞
14. 肾素-血管紧张素系统活动增强时,将不会出现
- A. 醛固酮释放增多 B. 肾脏排钠增多
- C. 体循环平均充盈压升高 D. ADH 释放增多
- E. 循环血量增多
15. 对血管升压素叙述正确的是
- A. 又叫抗利尿激素
- B. 在下丘脑合成,于腺垂体释放
- C. 收缩血管作用较强,是调节血压的主要体液因子

- D. 循环血量增多时,其分泌量增多
E. 机体失血时,其分泌量减少
16. 可分泌肾素的结构是肾的
A. 系膜细胞 B. 间质细胞 C. 球旁细胞
D. 感受器细胞 E. 致密斑
17. 下列物质中不能引起血管平滑肌舒张的是
A. 局部代谢产物 B. 缓激肽 C. 前列腺素 I_2
D. 降钙素基因相关肽 E. 内皮素
18. 下列物质中升压作用最强的是
A. Ang I B. Ang II C. Ang 1-7 D. 肾素 E. Ang III
19. 肾上腺素不具备下列哪种作用
A. 使心肌收缩力加强 B. 使心率加快
C. 使内脏皮肤血管收缩 D. 使骨骼肌血管舒张
E. 使组织液生成减少
20. 给家兔静脉注射去甲肾上腺素后,心率减慢,其主要机制是
A. 去甲肾上腺素对心脏窦房结的直接抑制作用
B. 去甲肾上腺素对心脏房室交界传导的抑制作用
C. 压力感受性反射活动加强
D. 心肺感受器反射活动加强
E. 化学感受性反射活动加强
21. 肾上腺素和去甲肾上腺素对心血管的效应是
A. 两者的升压效应相同
B. 两者引起心率变化相同
C. 小剂量的肾上腺素使骨骼肌微动脉舒张
D. 去甲肾上腺素使胃肠微动脉舒张
E. 在完整机体中,注射去甲肾上腺素后引起血压升高,心率加快
22. 下列哪项不是心房钠尿肽的作用
A. 是心房肌细胞合成分泌的
B. 是体内参与机体水盐代谢、稳定血压的多肽
C. 降低血压,减慢心率,扩张血管
D. 可抑制肾素释放
E. 可促进醛固酮分泌
23. 下列血管活性多肽中具有强烈的收缩血管作用
A. 钠尿肽 B. 肾上腺髓质素 C. 降钙素基因相关肽
D. 阿片肽 E. 尾加压素
24. 肾素-血管紧张素系统活动增强时,将出现
A. 醛固酮释放减少 B. 静脉回心血量减少
C. 交感缩血管中枢紧张性活动减弱 D. 肾小管对 Na^+ 重吸收增加
E. 外周阻力下降
25. 下列有关一氧化氮对心血管活动调节的叙述,错误的是

- A. 由血管内皮细胞合成释放
- B. 可引起局部血管平滑肌收缩
- C. 基础状态下释放的 NO 参与维持血管的正常张力
- D. 作用机制主要是激活鸟苷酸环化酶/cGMP 途径
- E. 血流对内皮的切应力增加,可引起 NO 释放

【A₂型题】

- *26. 麻醉家兔的实验中,动物进行气管插管,结扎左侧颈总动脉,可能出现的现象包括
- A. 夹闭侧窦神经传入活动增加
 - B. 平均动脉压升高
 - C. 外周血管舒张
 - D. 心迷走神经的紧张性升高
 - E. 心交感神经的紧张性降低
- *27. 男,71岁。头痛头晕12小时。20年前发现血压升高,未规律服用降压药物。测血压160/100mmHg。关于该患者压力感受性反射的描述正确的是
- A. 敏感性增强
 - B. 调定点下移
 - C. 血压变化对传入神经活动无影响
 - D. 仍能缓冲快速的血压变化
 - E. 对维持血压相对稳定无作用
- *28. 男,69岁。头晕心悸10分钟。既往阵发性室上性心动过速2年。家人为其轻按左侧颈动脉窦区,下列说法正确的是
- A. 窦神经传入冲动减少
 - B. 迷走神经兴奋心率降低
 - C. 与电刺激完整迷走神经的作用相同
 - D. 不会引起血压改变
 - E. 不会引起呼吸改变
- *29. 男,34岁。头痛2天,查体血压140/84mmHg。医生给他口服倍他乐克(β 受体拮抗剂)治疗,可能出现的是
- A. 心室肌肌质网的 Ca^{2+} 泵活性增强
 - B. 心室肌细胞 Ca^{2+} 内流减少
 - C. 不影响心室肌细胞 L 型 Ca^{2+} 通道开放
 - D. 窦房结 P 细胞 4 期 Ca^{2+} 内流增多
 - E. 不影响心肌慢反应细胞 0 期 Ca^{2+} 内流
- *30. 兔的主动脉神经单独成为一束,与迷走神经伴行于颈总动脉鞘内,以下在麻醉状态下的实验中,描述正确的是
- A. 刺激其中枢端血压降低
 - B. 刺激其外周端血压降低
 - C. 刺激其中枢端血压升高
 - D. 刺激其外周端血压升高
 - E. 刺激完整神经血压升高
31. 给麻醉家兔静脉注射小剂量肾上腺素后,可引起动物心率加快,心肌收缩力加强,但平均动脉压变化不大,这是因为肾上腺素
- A. 可强烈兴奋降压反射
 - B. 通过 β_2 受体扩张全身血管
 - C. 通过 β_2 受体扩张骨骼肌血管
 - D. 不能引起缩血管效应
 - E. 可引起全身血管收缩
- *32. 男,69岁。下肢水肿1个月,右上腹痛1周。查体:双侧颈静脉怒张,肝脏肿大和双下肢水肿,最可能的心血管疾病是
- A. 左心衰
 - B. 右心衰
 - C. 肺水肿
 - D. 高血压
 - E. 中心静脉压降低

33. 男, 48岁, 高血压1年。口服钙通道阻滞剂, 血压控制不理想。查体: 血浆肾素活性 $2.7\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}/\text{h}$ (正常值 $1.0\sim 2.5\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}/\text{h}$), 血管紧张素II $35\mu\text{g}/\text{L}$ (正常值 $10\sim 30\mu\text{g}/\text{L}$)。给予血管紧张素转换酶抑制剂, 可产生的效应是

- A. 抑制肾素
- B. 抑制血管紧张素原
- C. 抑制血管紧张素II与受体结合
- D. 抑制血管紧张素II合成
- E. 抑制血管紧张素受体

34. 在对麻醉家兔进行的心血管实验中, 观察到静脉注射去甲肾上腺素后动物血压升高, 其主要机制是

- A. 加强心肌收缩力
- B. 增加心率
- C. 增加外周阻力
- D. 增加回心血量
- E. 增加房室传导速度

*35. 女, 23岁, 体检发现血压升高, $150/100\text{mmHg}$ 。B超示: 左肾动脉中段缩窄。则下列情况中, 可能出现的是

- A. 醛固酮水平降低
- B. 肾素水平降低
- C. 体循环平均充盈压降低
- D. 血管紧张素II水平不变
- E. 尿钠排出量减少

【B型题】

(36~38题共用备选答案)

- A. 肾上腺素
- B. 去甲肾上腺素
- C. 乙酰胆碱
- D. 多巴胺
- E. 神经肽

36. 心交感神经节后纤维释放的递质是

37. 心迷走神经节后纤维释放的递质是

38. 交感舒血管神经节后纤维释放的递质是

(39~41题共用备选答案)

- A. 心率加快, 血压升高
- B. 心率加快, 血压降低
- C. 心率减慢, 血压升高
- D. 心率减慢, 血压降低
- E. 心率和血压均不变

39. 静脉注射去甲肾上腺素时

40. 情绪激动时

41. 在高温环境中

(42~43题共用备选答案)

- A. α 受体
- B. β_1 受体
- C. β_2 受体
- D. M受体
- E. N受体

42. 心交感神经作用于心肌细胞的受体是

43. 心迷走神经作用于心肌细胞的受体是

【X型题】

44. 下列对血管神经支配的描述中, 正确的是

- A. 体内绝大多数血管都受交感缩血管神经纤维支配
- B. 体内大多数血管只受交感缩血管神经纤维单一支配
- C. 同一器官中, 交感缩血管纤维对毛细血管前括约肌的支配密度最高
- D. 真毛细血管不受神经纤维支配

45. 关于颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射的描述, 正确的是

29. A. 压力感受器的适宜刺激是动脉血压对管壁的机械牵张刺激

B. 是一种负反馈调节机制

C. 对快速的血压变化有明显调节作用,对缓慢而持续的血压变化不敏感

D. 主要生理意义是保持动脉血压相对稳定

46. 关于颈动脉体和主动脉体化学感受性反射的描述,正确的是

A. 主要调节呼吸, PCO_2 降低时引起呼吸加深加快

B. 生理状态下,对心血管活动的调节不明显

C. 在窒息、酸中毒等情况下,反射性兴奋交感缩血管中枢,使血压升高

D. 使心脑等重要器官在危急情况下优先获得血液供应

47. 关于血管紧张素Ⅱ的生理功能

A. 血管紧张素Ⅱ促进交感神经末梢释放递质

B. 血管紧张素Ⅱ可引起醛固酮的释放

C. 血管紧张素Ⅱ可引起肾素的释放

D. 血管紧张素Ⅱ可促进肝内糖原合成

48. 关于肾上腺素和去甲肾上腺素的叙述,正确的是

A. 在化学结构上都属于儿茶酚胺

B. 均来自肾上腺髓质的分泌

C. 肾上腺素可与 α 及 β 两类受体结合

D. 在完整机体中,注射去甲肾上腺素引起血压升高,心率加快

三、简答题

1. 试述心脏和血管的主要神经支配及其作用。

2. 保持动脉血压相对稳定的主要反射是什么? 试述其主要机制。

3. 化学感受性反射是如何参与心血管活动调节的?

4. 比较肾上腺素和去甲肾上腺素对心、血管的作用有何异同?

5. 试述血管紧张素系统在血压调节中的作用。

6. 试述血管升压素在血压调节中的作用。

四、思考题

1. 结合生理学中心血管活动的神经调节、体液调节机制,试述临床上抗高血压治疗有哪些可能作用靶点?

2. 某大学生,男性,21岁,体重60kg,在参加义务献血时献血300ml后,除心率略加快外并无其他不适反应。问题:

(1) 该同学的献血量约占其总血量的百分之多少?

(2) 该同学为什么会出现心跳加快?

(3) 除心跳加快外,该同学献血后机体还有哪些代偿性反应?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 压力感受性反射: 血压升高时,反射性引起心率减慢、心输出量降低、血管舒张和血压下降,这一反射称为压力感受性反射。血压突然降低时,该反射减弱,血压回升。生理意义是维持动脉

血压的相对稳定。

2. 容量感受性反射:心房内血容量增加时,刺激心房壁容量感受器,传入冲动经迷走神经到达心血管中枢,使交感神经抑制和迷走神经兴奋,使心率减慢、心输出量减少和血压下降;还引起血管升压素和醛固酮水平降低,远曲小管和集合管对钠和水的重吸收减少,循环血量和细胞外液量降低。

3. 肾素-血管紧张素系统:是人体重要的体液调节系统。参与血压、心血管功能稳态、电解质和体液平衡的调节。肾素由肾脏球旁细胞分泌,可将血管紧张素原水解为血管紧张素Ⅰ(AngⅠ)。AngⅠ经血管紧张素转换酶(ACE)水解为 AngⅡ。AngⅡ在血浆和组织中可进一步酶解成血管紧张素Ⅲ(AngⅢ)。血管紧张素中最重要的是 AngⅡ,其生理作用主要包括:①缩血管作用;②促进交感神经末梢释放递质;③增强交感缩血管中枢紧张性;促进神经垂体释放血管升压素和缩宫素;增强促肾上腺皮质激素释放激素的作用;④促进醛固酮的合成和释放。

4. 血管升压素(VP):VP是由下丘脑视上核和室旁核内的神经元合成,由神经垂体储存分泌。VP作用于肾脏远曲小管和集合管上皮的 V_2 受体,促进水的重吸收,起到抗利尿作用,VP作用于血管平滑肌的 V_1 受体,引起血管收缩,血压升高。生理情况下,血浆中VP浓度升高时首先出现抗利尿效应,仅当其浓度明显增加时才引起血压升高。

5. 缓冲神经:动脉压力感受性反射的生理意义主要是在短时间内快速调节动脉血压,使动脉血压不致发生过分的波动,因此生理学中将动脉压力感受器的传入神经,即窦神经和主动脉神经称为缓冲神经。

二、选择题

【A₁型题】

1. D 2. B 3. B 4. E 5. E 6. C 7. B 8. A 9. A 10. E
11. C 12. D 13. E 14. B 15. A 16. C 17. E 18. B 19. E 20. C
21. C 22. E 23. E 24. D 25. B

难题解析

1. 心迷走神经的节前纤维与节后纤维均释放乙酰胆碱;具有紧张性,紧张性升高时能降低自律性,使心率减慢;心迷走神经对心房肌支配密度较高,但心室肌支配少;安静时心迷走神经活动占优势,阻断迷走神经活动引起心率加快;迷走神经兴奋时产生负性变力、变时和变传导效应。

6. 迷走神经具有紧张性,释放的乙酰胆碱抑制心脏活动,使心率减慢。切断动物的心迷走神经引起心率加快,而电刺激心迷走神经引起乙酰胆碱释放增多,对心脏抑制作用加强,导致心率减慢。心迷走神经既含传出神经纤维又含传入神经纤维。迷走神经对心室肌的支配密度很小,因而对心室肌的变力作用影响较小。

【A₂型题】

26. B 27. D 28. B 29. B 30. A 31. C 32. B 33. D 34. C 35. E

难题解析

26. 夹闭颈总动脉导致该侧颈动脉窦内压力降低,压力感受器受到的刺激减弱,窦神经传入活动减少,压力感受性反射减弱,因而迷走神经紧张性降低,心交感神经和交感缩血管神经的紧张性升高,心率加快和外周阻力增加,血压升高。

27. 高血压患者压力感受性反射仍然存在,能缓冲血压的快速波动,但压力感受性反射的敏感性降低,调定点上移,在较高水平保持血压的相对稳定。在高血压动物模型,去除压力感受器神经支配后,血压不稳定,波动幅度很大。

28. 根据心迷走神经的生理作用进行分析,详见知识要点。

29. 根据心交感神经的生理作用进行分析, 详见知识要点。

30. 兔主动脉神经或称降压神经, 它是单纯的传入神经, 不含传出神经纤维。因此, 刺激减压神经的外周端对血压无明显影响, 刺激完整的减压神经或刺激减压神经的中枢端均可增加减压神经的传入冲动, 引起压力感受性反射加强, 使心迷走神经紧张性升高, 而心交感神经和交感缩血管纤维紧张性降低, 血压下降。

32. 右心衰时右心室输出量降低、残血量增加, 从而引起中心静脉压增高, 外周静脉回流减少, 导致体循环淤血, 表现为颈静脉怒张、肝大(肝淤血所致), 并由此引起外周组织毛细血管压增高, 组织液生成增多而发生水肿。左心衰时由于左心室射血减少, 左心房压增高, 将引起肺循环淤血和肺水肿。高血压为左室后负荷增大, 故不直接影响右心室。因此, B 正确。

35. 肾血管病变引起的血压升高, 主要与机体肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活有关。患者血浆肾素、血管紧张素、醛固酮水平升高。醛固酮可促进肾远曲小管和集合管对钠的重吸收和对钾的排泄, 同时水的重吸收增加。

【B 型题】

36. B 37. C 38. C 39. C 40. A 41. B 42. B 43. D

【X 型题】

44. ABD 45. ABCD 46. BCD 47. AB 48. ABC

三、简答题

1. 试述心脏和血管的主要神经支配及其作用。

答: 心脏受心交感神经和心迷走神经双重支配。全身大多数血管仅受交感缩血管神经纤维支配。详见知识要点。

2. 保持动脉血压相对稳定的主要反射是什么? 试述其主要机制。

答: 保持动脉血压相对稳定的主要反射是颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射。主要机制详见知识要点。

3. 化学感受性反射是如何参与心血管活动调节的?

答: 化学感受性反射平时对心血管活动无明显调节作用。在缺氧、窒息、失血、血压过低和酸中毒等情况下, 动脉血中 PO_2 降低、 PCO_2 升高、 $[H^+]$ 升高可刺激颈动脉体和主动脉体化学感受器, 冲动经窦神经和迷走神经传入中枢, 引起交感缩血管中枢兴奋, 使骨骼肌和大部分内脏血管收缩, 外周阻力增大, 血压升高, 但心脏和脑的血管无明显收缩, 心输出量重新分配, 保证心、脑等重要器官在危急情况下优先获得血液供应。

4. 比较肾上腺素和去甲肾上腺素对心、血管的作用有何异同?

答: 见知识要点。

5. 试述血管紧张素系统在血压调节中的作用。

答: 见知识要点。

6. 试述血管升压素在血压调节中的作用。

答: 血管升压素是由下丘脑视上核和室旁核内的神经元合成, 由神经垂体储存分泌。VP 作用于肾脏远曲小管和集合管上皮的 V_2 受体, 促进水的重吸收, 起到抗利尿作用, VP 作用于血管平滑肌的 V_1 受体, 引起血管收缩, 血压升高。生理情况下, 血浆中 VP 浓度升高时首先出现抗利尿效应, 仅当其浓度明显增加时才引起血压升高。这是因为血管升压素对动脉压力感受性反射有易化作用, 故能缓冲血压升高效应。近年来研究表明, 血管升压素在生理范围内, 通过压力感受性反射对维持正常血压的稳定和血管紧张性具有重要作用。另外, 在应激(如低氧、急性失血等)血管升压

素也参与了心血管功能的调节。

四、思考题

1. 答:抑制心脏: β 受体阻断剂;舒张血管: α 受体阻断剂,钙通道拮抗剂;抑制肾素-血管紧张素-醛固酮系统:肾素抑制剂,血管紧张素转换酶抑制剂,血管紧张素受体阻断剂;利尿剂等。

2. 答:(1)正常成年人的血量相当于体重的7%~8%,即每千克体重有70~80ml血液。因此,体重为60kg的人,血量为4.2~4.8L。该同学献血300ml,占总血量的6.2%~7.1%。

(2)在献血时,随着血液抽出,机体血量逐渐减少,在动脉血压尚无改变时,首先是容量感受器传入冲动减少,引起交感神经兴奋。当抽血量继续增加,血压可略有下降,通过降压反射减弱也可进一步引起交感神经兴奋。两者均导致心率加快,心收缩力量增强。

(3)由于交感神经兴奋,还可引起其他多种反应:大多数器官的阻力血管收缩(特别是腹腔脏器的小动脉强烈收缩),动脉血压下降趋势得以缓冲,器官血流量重新分配以保持心、脑血供。容量血管收缩,使有足够的回心血量和心输出量。心率加快,心缩力量增强。交感神经兴奋也同时促进肾上腺髓质释放大量的儿茶酚胺,经血液运输,参与增强心脏活动和血管收缩等调节过程。通过上述多方面的调节,如献血量不大时,可以维持血压的相对稳定。

失血1小时内,因交感缩血管神经兴奋,使毛细血管前阻力血管收缩,前阻力和后阻力的比值增大,故组织液回收多于生成,使血浆量恢复,血液被稀释。机体失血约1小时后,比较缓慢地出现血管紧张素II、醛固酮和血管升压素生成增加,这些体液因素除有缩血管作用外,还促进肾小管对钠和水的重吸收,有利于血量恢复。血管紧张素II还可引起渴觉和饮水行为,使机体通过饮水增加细胞外液量。

机体献血后血浆蛋白部分由肝脏加速合成,在一天或更长时间恢复。红细胞则由骨髓造血组织加速生成,约数周才能恢复。

(武宇明 马慧娟)

第五节 器官循环

学习目标

1. 掌握 冠脉循环的特点及其血流量的调节。
2. 熟悉 肺循环和脑循环的生理特点及其血流量的调节。
3. 了解 脑脊液的生成和吸收,血-脑脊液屏障和血-脑屏障。

知识要点

一、冠脉循环

冠脉分支与心肌垂直走行,易受心肌收缩压迫;心肌的毛细血管数与心肌纤维数的比例为1:1;心脏的冠脉侧支较细小,血流量很少,突然阻塞时,不易建立主侧支循环。平静时冠脉动-静脉血氧差很大,冠状静脉从血液中摄取氧的潜力较小,主要依靠冠状动脉扩张,增加血流量。正常情况下,主动脉舒张压的高低及心脏舒张期的长短是影响冠脉血流量的重要因素。冠脉血流量与心肌代谢水平成正比,主要是由于腺苷等代谢产物引起冠脉舒张。

二、肺循环

正常人肺循环是一个低阻抗、低压力系统,易受心功能的影响。肺组织和肺循环血管可扩张性大,可起到贮血库的作用。肺组织液生成的力量非常小,正常肺组织间隙内无组织液存在。当肺泡气的氧分压降低时,这些肺泡周围的微动脉收缩,血流减少,使较多的血液流往通气充足、肺泡气氧分压高的肺泡,维持适当的通气/血流比值。长期吸入气氧分压过低时,可导致肺动脉高压。

三、脑循环

正常人脑循环血流量大。脑血管的舒缩程度受颅腔容积的限制,主要靠自身调节。由于血-脑脊液屏障和血-脑屏障的存在,许多物质不易进入脑组织。影响脑血流量的主要因素是颈动脉血压。体液调节中主要是化学因素, CO_2 增多时脑血管明显舒张。

复习思考题

一、名词解释

1. blood-cerebrospinal fluid barrier
2. blood-brain barrier

二、选择题

【 A_1 型题】

1. 对冠脉血流量调节的叙述错误的是
A. 对其调节最重要的是心肌本身代谢水平
B. 心肌提高从单位血液中摄取氧的潜力小
C. 在代谢产物中腺苷作用最重要
D. 迷走神经兴奋使冠脉扩张
E. 交感神经兴奋只能使冠脉收缩
2. 下列哪种物质不容易通过血脑屏障
A. CO_2 和 O_2 B. 乙醇 C. 甘露醇 D. 糖 E. 氨基酸
3. 心肌缺 O_2 引起冠脉舒张,在该反应中起主要作用的是
A. 前列腺素 B. 乳酸 C. 氢离子 D. 组织胺 E. 腺苷
4. 下列因素中,引起肺循环血管平滑肌收缩反应最重要的是
A. 低 O_2 B. H^+ 增加 C. 5-HT 增加 D. CO_2 减少 E. 组织胺增多
5. CO_2 过多引起脑血管舒张的中介物是
A. 乳酸 B. H^+ C. ACh D. NE E. 5-HT
6. 血脑屏障的形态学基础是
A. 毛细血管内皮,基膜和星状胶质细胞的血管周足
B. 毛细血管壁和脉络丛细胞
C. 软脑膜和神经胶质细胞血管周足
D. 室管膜和神经胶质细胞血管周足
E. 脉络丛和神经胶质细胞血管周足
7. 在生理调节情况下,下列各因素中哪项对脑血流量影响最大

- A. 血液黏滞度 B. 动脉血 CO_2 分压 C. 脑脊液压力
D. 脑组织液 pH E. 颈动脉窦内压
8. 下列哪种情况下可发生冠脉舒张
- A. 颈动脉窦内压力感受器受刺激时 B. 动脉血 pH 增高时
C. 动脉血 CO_2 分压降低时 D. 动脉血氧分压降低时
E. 心肺感受器受刺激时
9. 平均动脉压在下列哪个范围内,脑血流可保持恒定
- A. 50~180mmHg (6.7~24.0Kpa) B. 80~120mmHg (10.7~16.0Kpa)
C. 40~200mmHg (5.35~26.7Kpa) D. 90~160mmHg (12.0~21.3Kpa)
E. 60~140mmHg (8.0~18.7Kpa)
10. 体循环和肺循环基本相同的是
- A. 收缩压 B. 外周阻力 C. 血流量
D. 毛细血管处的液体交换 E. 舒张压
11. 左冠状动脉血流量
- A. 在心室收缩期多,心室舒张期少 B. 由交感舒血管纤维控制
C. 在迷走神经兴奋时增多 D. 在心肌代谢加强,耗氧量增加时增多
E. 在心率加快时增加
12. 影响肺循环血流量的主要因素是
- A. 肺泡气的 CO_2 分压 B. 肺泡气的氧分压 C. 交感神经
D. 迷走神经 E. 血管活性物质
- 【 A_2 型题】
13. 实验中刺激心交感神经时冠脉血流量增加,其主要原因是
- A. 神经末梢递质作用冠脉的 β 受体 B. 心肌耗 O_2 量增加
C. 心肌 CO_2 产生量增加 D. 腺苷产生增加
E. 乳酸产生增加
14. 一般情况下,左心室冠脉血流量在收缩期的血流量为舒张期的 20%~30%,可见影响冠脉血流量的主要因素是
- A. 脉压大小 B. 平均动脉压高低
C. 心脏搏出量多少 D. 舒张压的高低和心舒期的长短
E. 收缩压的高低和射血期的长短
15. 关于脑循环的实验中,可能发生的有
- A. 平均动脉压从 60mmHg 升高到 100mmHg 时,脑血流量增加
B. 二氧化碳可使脑血管舒张
C. 颅内压增高时脑血流量增加
D. 能够吸收入血的药物就可以进入脑组织,影响局部神经细胞的功能
E. 脑脊液成分与血浆相同
16. 对家兔肺循环的检测,正确的是
- A. 吸入气中的氧分压降低时,可引起肺血管舒张
B. 肺循环毛细血管平均血压较低
C. 右心衰竭时,可导致肺水肿

D. 吸气时,肺血容量减小,使肺静脉回到左心房的血量减少

E. 刺激交感神经可直接引起肺支气管和肺血管舒张

【B型题】

(17~19题共用备选答案)

A. 心室等容收缩期

B. 心室等容舒张期

C. 快期射血期

D. 减慢射血期

E. 快速充盈期

17. 心动周期中冠脉血流量达到最大值是在

18. 心动周期中冠脉血流量急剧减少是在

19. 动脉血压最高的是在

【X型题】

20. 冠脉血流的特点有

A. 冠脉侧支丰富,容易建立侧循环

B. 冠脉血管在心肌收缩时易于受到压迫

C. 冠脉舒缩主要受神经调节

D. 心肌缺 O_2 时冠脉舒张

21. 可直接收缩冠状动脉的物质有

A. NE

B. 肾上腺素分泌增多

C. 大剂量的抗利尿激素

D. 血管紧张素Ⅱ

22. 下列物质中,哪些容易通过血脑屏障

A. O_2 和 CO_2

B. 甘露醇

C. 乙醇

D. 糖

三、简答题

1. 冠脉血流量受哪些因素的调节?

2. 试述肺循环的生理特点。

四、思考题

患者男性,61岁,患高血压病十余年,未经正规治疗,1个月前咳嗽,气短,活动后呼吸困难,偶有夜间憋醒,高枕卧位,尿少,2周前出现两下肢水肿,病情加重住院治疗。问题:

(1) 该患者为什么活动后出现呼吸困难和喜欢高枕卧位?

(2) 该患者为什么出现两下肢水肿?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 血脑脊液屏障:指在血液与脑脊液之间存在着某种特殊的屏障,使一些大分子物质较难从血液进入脑脊液,其基础是无孔的血管壁和脉络丛细胞中运输各种物质的特殊载体系统。

2. 血-脑屏障:指血液与脑组织之间存在类似的屏障,可限制物质在血液和脑组织之间的自由交换。目前认为毛细血管内皮细胞、内皮下基膜和星形胶质细胞的血管周足等结构可能是血-脑屏障的结构基础。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. C 3. E 4. A 5. B 6. A 7. B 8. D 9. E 10. C

11. D 12. B

【A₂型题】

13. D 14. D 15. B 16. B

【B型题】

17. B 18. A 19. C

【X型题】

20. BD 21. ACD 22. ACD

三、简答题

1. 冠脉血流量受哪些因素的调节?

答:(1)心肌代谢水平:心肌活动增强时,耗氧量也相应增加。通过局部代谢产物引起冠脉血管舒张,以满足心肌对氧的需求。其中腺苷扩张冠脉的作用最强,而 H^+ 、 CO_2 及乳酸等作用较弱。缓激肽和 PGI_2 、 PGE 也能引起冠脉血管扩张。

(2)神经调节:迷走神经的直接作用是使冠脉血管舒张,但迷走神经兴奋使心脏活动减弱,心肌耗氧量降低,代谢水平降低,继发引起冠脉收缩,而冠脉血流量常无明显改变。心交感神经对冠脉的直接作用通过 α 受体使冠脉血管收缩,但交感神经兴奋时,由于心脏活动加强,代谢加强,可通过代谢产物的间接作用引起冠脉血管舒张。

(3)激素调节:肾上腺素、去甲肾上腺素、甲状腺激素能提高心肌代谢水平,而使冠脉舒张。NO 和 CGRP 具有舒张冠脉的作用;而 $Ang II$ 和大剂量 VP 则能使冠状动脉收缩。

2. 试述肺循环的生理特点。

答:肺循环的生理特点有:

(1)血流阻力小、血压低。肺动脉平均压约 13mmHg,毛细血管平均压约 7mmHg,是一个低阻低压系统。当发生左心衰竭时可引起肺淤血和肺水肿。

(2)血容量大,变化大。肺的血容量随呼吸运动发生周期性变动。吸气时肺扩张,肺血管容量增大,由肺静脉回到左心房的血量减少,左心室射血减少,经几次心搏后,肺循环血管逐渐被充盈,由肺静脉流入左心房的血量逐渐回升。呼气时则发生相反的变化。形成动脉血压的呼吸波。

(3)肺毛细血管的有效滤过压较低,有利于保持肺泡的相对“干燥”状态。

四、思考题

答:(1)患者高血压病十余年,未经正规治疗,提示血压可能长期控制不良。由于长期高血压状态,左心室后负荷增加,使左心代偿性肥厚,左心功能减退,左心输出量不足。运动后由于静脉回流增多,左心室射血量不能相应增加,引起肺循环肺淤血,导致病人运动后呼吸困难。平卧时也可使静脉回流增加,加重肺循环肺淤血和呼吸困难。采取高枕卧位可减少下肢静脉回心血量,以减轻肺淤血,改善肺部的气体交换,减轻呼吸困难的表现。

(2)长期高血压,左心室后负荷增加,使左心功能减退,左心输出量不足,肺循环淤血,进而导致肺动脉压力增加,使右心负荷加重,右心功能不全,右心输出量减少,右心余血量增加,压力增加,致使体循环淤血,下肢静脉回心血量减少,外周静脉压增高,进而使毛细血管血压升高,组织液有效滤过压升高,组织液生成增加,出现双下肢水肿。

(武宇明 马慧娟)

第五章

呼 吸

学习目标

1. 掌握 肺通气的动力和阻力, 胸膜腔负压的形成及意义, 肺表面活性物质; 肺的顺应性; 肺容积、肺容量、肺通气量和肺泡通气量; 肺换气的原理及其影响因素, 通气 - 血流比值; 衡量氧气运输功能的指标; 氧解离曲线; 呼吸运动的化学感受器性反射调节。
2. 熟悉 通气储备; 气体运输的形式; 影响氧解离曲线的因素; CO_2 的运输及其影响因素; 延髓基本呼吸中枢; CO_2 、 H^+ 、 O_2 在呼吸调节中的相互作用。
3. 了解 组织换气的过程和影响因素; CO_2 解离曲线; 高位中枢对呼吸运动的调节作用。

知识要点

呼吸是指机体与外界环境之间的气体交换过程。呼吸全过程由三个环节组成: ①外呼吸: 即肺毛细血管血液与外界环境之间的气体交换过程, 包括肺通气和肺换气两个过程, 肺泡与外界环境之间的气体交换过程称为肺通气, 肺泡和肺毛细血管血液之间的气体交换过程称为肺换气; ②气体交换: 即 O_2 和 CO_2 在血液中的运输, 是衔接外呼吸和内呼吸的中间环节; ③内呼吸: 即组织细胞与组织毛细血管之间的气体交换(组织换气)以及组织细胞内氧化代谢的过程。

这三个环节是相互衔接且同时进行的, 保证机体新陈代谢需要的 O_2 和排出 CO_2 , 维持体内酸碱平衡。

一、肺通气

(一) 肺通气的动力

1. 肺内压和肺通气的动力 呼吸过程中肺内压(肺泡内气体的压力)的周期性交替升降, 造成肺内压和大气压之间的压力差。呼吸肌的收缩和舒张所引起的胸廓节律性扩大和缩小称为呼吸运动。

直接动力: 肺内压和大气压之间的压力差。

原动力: 呼吸肌的收缩和舒张所引起的呼吸运动。

2. 呼吸运动的过程和形式 平静呼吸时膈肌和肋间外肌收缩 / 舒张 → 胸腔和肺的容积扩大 / 缩小 → 肺内压低于 / 高于大气压 → 空气进入 / 流出肺泡。呼吸运动的形式:

腹式呼吸: 膈肌舒缩活动为主的呼吸运动, 腹部的起伏明显。

胸式呼吸: 肋间外肌舒缩活动为主的呼吸运动, 胸部的起伏明显。

平静呼吸:安静状态下的呼吸运动。膈肌和肋间外肌收缩时引起吸气—主动过程;膈肌和肋间外肌舒张时引起呼气—被动过程。

用力呼吸:机体活动增强时使呼吸加深、加快的呼吸运动。更多的吸气肌参与收缩或收缩加强,呼气肌也主动参与收缩,吸气和呼气均为主动过程。

3. 胸膜腔内压 胸膜腔指肺与胸廓之间潜在而密闭的腔隙,其内的压力称为胸膜腔内压。正常人平静呼吸时胸膜腔内压比大气压低,所以胸膜腔内压又称为胸膜腔负压。

形成:①胸廓自然容积大于肺的自然容积;②胸膜腔的脏、壁两层间形成一密闭潜在的腔隙,又因浆液分子的内聚力紧贴,使肺随着胸廓一起运动;③肺的被动扩张产生回缩压,抵消部分大气压使胸膜腔内压低于大气压;胸膜腔内压 = 大气压 - 肺回缩压,若以大气压为 0 计,胸膜腔内压 = - 肺回缩压。

生理意义:①有利于肺保持扩张状态;②有利于静脉血和淋巴液的回流。一旦胸膜腔密闭性丧失,胸膜腔与大气相通,形成气胸,则胸膜腔负压减小或消失,肺因其回缩压而萎陷,导致肺不张,影响肺通气。

(二) 肺通气的阻力

肺通气的阻力来自弹性阻力(肺和胸廓的弹性组织,静态阻力),占总阻力的 70%;来自非弹性阻力(气道、惯性、黏滞阻力,动态阻力),占总阻力的 30%。两者不同的影响因素见表 5-1。

1. 弹性阻力和顺应性 弹性组织对抗外力作用所引起的变形的力称为弹性阻力(R),弹性组织在外力作用下发生变形的难易程度称为顺应性(C),可用顺应性的高低来量度弹性阻力的大小。R 与 C 呈反变关系, $R=1/C$,以单位跨壁压的变化(ΔP)所引起的腔内容积的变化(ΔV)来表示,即:

$$\text{肺顺应性}(C_L)=\frac{\text{肺容积的变化}(\Delta V)}{\text{跨肺压的变化}(\Delta P)}(\text{L}/\text{cmH}_2\text{O})$$

正常成人平静呼气末,肺顺应性正好位于曲线的中段,此段斜率最大,故平静呼吸时肺弹性阻力小,呼吸省力。肺的弹性阻力来自肺的弹性成分和肺泡表面张力(表 5-1、表 5-2)。

表 5-1 肺通气的阻力

阻力分类		影响因素	具体影响
弹性阻力 (占总阻力的 70%)	肺和胸廓的弹性阻力	肺的弹性阻力(1/2)	(1) 肺泡弹性回缩力(占肺弹性阻力的 1/3) (2) 肺泡表面张力(占肺弹性阻力的 2/3)(见表 5-2)
		胸廓的弹性阻力(1/2)	呈双向性变化(见表 5-3)
非弹性阻力 (占总阻力的 30%)	气道阻力(占非弹性阻力 80%~90%)	(1) 气流的速度	流速↑→阻力↑
		(2) 气流的形式	层流阻力小,湍流阻力大
		(3) 呼吸的深度	呼吸加深加快→阻力↑
		(4) 气道口径	气道口径↓,则阻力↑;口径↑,则阻力↓(反变关系)
	惯性阻力 黏滞阻力	平静呼吸时可忽略不计	

表 5-2 肺泡表面张力与肺表面活性物质

	肺泡表面张力	肺表面活性物质
概念	存在于肺泡气-液界面能使其趋于缩小的力量	由肺泡Ⅱ型细胞合成和分泌的含脂质和蛋白质的混合物,其中脂质主要成分为二棕榈酰卵磷脂
作用	是构成肺弹性阻力的重要来源	降低肺泡表面张力,防止肺泡塌陷
	$P=2T/r$ 。大小不一肺泡的容量不稳定;呼吸周期中肺回缩变化(随着呼气时的肺泡半径缩小,肺回缩力增大)	(1) 减小吸气阻力 (2) 维持大小不一的肺泡容积的稳定性,避免呼气时的肺回缩力增大
	具有促进肺毛细血管内的液体渗至肺泡的作用	(3) 防止肺水肿,以利气体交换

2. 肺总量对肺顺应性的影响 肺顺应性还受肺总量的影响。为了比较不同肺总量个体的肺弹性阻力,提出比顺应性的概念,即:

$$\text{比顺应性} = \frac{\text{平静呼吸时的肺顺应性 (L/cmH}_2\text{O)}}{\text{功能余气量 (L)}}$$

3. 胸廓的弹性阻力 胸廓的弹性阻力来自胸廓的弹性成分,它是吸气的阻力或动力,应视胸廓的位置而定(表 5-3)。

表 5-3 胸廓弹性阻力的变化

胸廓的状态	等于自然状态	大于自然状态	小于自然状态
胸廓容量相当于肺总容量	约 67%	>67%	< 67%
胸廓弹性阻力	等于零	>0(与肺弹性阻力方向相同)	<0(与肺弹性阻力方向相反)
克服弹性阻力做功	只需克服肺的弹性阻力	既要克服肺的弹性阻力,又要克服胸廓弹性阻力	胸廓的弹性阻力能抵消肺的部分弹性阻力

4. 非弹性阻力 肺通气的非弹性阻力涉及气道口径、惯性阻力和黏滞阻力等,其中气道阻力约占非弹性阻力 80%~90%(见表 5-1),除了气流的速度和形式、呼吸的深度影响气道阻力外,气道口径主要受以下四个方面因素的影响:①跨壁压:它与气道阻力呈反变关系;②肺实质对气道壁牵引:肺实质内弹性成分和胶原纤维对气道壁起外向放射状牵引作用;③自主神经系统的调节:呼吸道平滑肌受交感和副交感神经的双重支配,二者均有紧张性作用影响气管管壁平滑肌的舒缩活动;④化学因素的影响:儿茶酚胺、 PGE_2 使气道平滑肌舒张,而 PGF_2 使气道平滑肌收缩,另外组胺、白三烯和内皮素也可影响气管管壁平滑肌的收缩活动。

(三) 肺通气功能的评价

肺通气功能通常通过肺通气量来评价。肺容积是不同状态下肺所能容纳的气体量,它们互不重叠,全部相加后等于肺总量。肺容量是两项或两项以上肺容积的组合气量。

1. 肺容积

(1) 潮气量(TV):每次呼吸时吸入或呼出的气体量,正常成年人平静呼吸时的潮气量为 400~600ml。

(2) 补吸气量(IRV):平静吸气末,再尽力吸气所能吸入的气体量,正常成年人为 1500~2000ml。

(3) 补呼气量(ERV):平静呼气末,再尽力呼气所能呼出的气体量,正常成年人为 900~1200ml。

(4) 余气量(RV):最大呼气末尚存留于肺内不能呼出的气体量,正常成年人 1000~1500ml。

2. 肺容量

(1) 深吸气量(IC):平静呼气末作最大吸气时所能吸入的气体量,它是潮气量 + 补吸气量,是衡量最大通气潜能的指标之一。

(2) 功能余气量(FRC):平静呼气末尚存留于肺内的气体量,它是余气量 + 补呼气量。正常成年人约为 2500ml。其生理意义是缓冲呼吸过程中肺泡气 O_2 分压(PO_2)和 CO_2 分压(PCO_2)的变化幅度,使肺泡气和动脉血中的 PO_2 和 PCO_2 不会随呼吸而发生大幅度的波动。

(3) 肺活量(VC):尽力吸气后,从肺内所能呼出的最大气体量,它是潮气量 + 补吸气量 + 补呼气量。正常成年男性约为 3500ml,女性约为 2500ml。它反映肺一次通气的最大能力。

(4) 用力肺活量(FVC):尽力吸气后,尽力尽快所能呼出的最大气体量,稍低于肺活量。

(5) 用力呼气量(FEV):尽力吸气后,在一定时间内尽力尽快所能呼出的气体量,通常以第 1、2、3 秒末的 FEV 所占 FVC 的百分数来表示,健康成年人分别为 83%,96% 和 99%。FEV 是评价肺通气功能的一项较好的指标。

(6) 肺总量(TLC):肺所能容纳的最大气体量,它是潮气量 + 补吸气量 + 补呼气量 + 余气量,即肺容积各项分量的总和。成年男性平均约为 5000ml,女性约为 3500ml。

3. 肺通气量和肺泡通气量

(1) 肺通气量:每分钟吸入或呼出的气体总量,它是潮气量 $\times$ 呼吸频率。正常成年人平静呼吸时为 6~9L/min(以 $TV=500ml$,呼吸频率为 12~18 次/分计得)。

(2) 最大随意通气量:尽力作深、快呼吸时,每分钟所能吸入或呼出的最大气体量,一般只测量 10 秒或 15 秒的最深最快的呼出或吸入气量,再换算成每分钟的最大通气量,一般可达 150L,为平静呼吸时肺通气量的 25 倍。它反映单位时间内充分发挥全部通气能力所能达到的通气量,因此是估计一个人能进行最大运动量的生理指标之一。

(3) 通气储量百分比:对平静呼吸时的每分通气量与最大通气量进行比较,反映通气功能的储备能力,其正常值应等于或大于 93%。

$$\text{通气储量百分比} = \frac{\text{最大通气量} - \text{每分平静通气量}}{\text{最大通气量}} \times 100\%$$

(4) 肺泡通气量:每分钟实际吸入肺泡的新鲜空气量,它是(潮气量 - 无效腔气量) $\times$ 呼吸频率。它排除了没有参与肺泡和血液之间气体交换的通气量(生理无效腔 = 解剖无效腔 + 肺泡无效腔)。由于无效腔的存在,浅而快的呼吸使肺泡通气量减少,深而慢的呼吸使肺泡通气量增加。

4. 最大呼气流速 - 容积曲线 尽力吸气后,尽力尽快呼气至余气量,同步记录呼出的气体量和流速,即可得到最大呼气流速随肺容积变化而变化的关系曲线(MEFV)。MEFV 曲线的升支较陡,在肺容积较大时,呼气流速随呼气肌用力程度(力度)的增加而加大,曲线很快达到峰值。MEFV 曲线的降支较平坦,表示呼气过程中不同肺容积时的最大呼气流速。在小气道阻力增高时,在某一给定的肺容积,其最大呼气流速降低,且 MEFV 曲线降支下移。

5. 呼吸功 呼吸肌在呼吸运动中克服肺通气阻力而实现肺通气所做的功。一次呼吸过程所做的功(J) = 跨壁压(cmH_2O) $\times$ 肺容积(L)。平静呼吸时,一次呼吸所做的功很小,仅约 0.25J,主要用于吸气运动,其耗能仅占全身总耗能的 3%~5%。当呼吸加深,潮气量增大时,呼吸做功量将比平静呼吸时增加 25~50 倍。

二、肺换气和组织换气

(一) 气体交换的基本原理

气体交换的方式是扩散,动力为分压差。气体在通过薄层组织时,其扩散速率(单位时间内气体扩散的容积)与组织两侧的气体分压差、温度、扩散面积和该气体的扩散系数成正比,与扩散距离(组织的厚度)成反比,与气体分子量的平方根也成反比。

(二) 肺换气

1. 肺换气的过程 肺换气是指肺泡与肺毛细血管之间的气体交换过程。混合静脉血流经肺毛细血管时,血液中 PO_2 比肺泡气 PO_2 低, PCO_2 比肺泡气 PCO_2 高,因此肺泡气中 O_2 向血液扩散,血液中 CO_2 则向肺泡扩散。 O_2 和 CO_2 的扩散都极为迅速,当血液流经肺毛细血管全长约 $1/3$ 时,已基本达到交换平衡。

2. 影响肺换气的因素 上述影响气体扩散的因素中以扩散距离、扩散面积以及通气/血流比值影响较大。

(1) 呼吸膜的厚度:气体扩散速率与扩散距离(呼吸膜的厚度)成反比关系。由于呼吸膜(平均厚度约 $0.6\mu m$)和肺毛细血管血液层很薄,所以气体很容易扩散通过,交换速度快。当肺部病变(如肺纤维化、肺水肿)使呼吸膜增厚时,气体扩散速率降低。

(2) 呼吸膜的面积:气体扩散速率与扩散面积成正比关系。正常成年人肺的总扩散面积约有 $70m^2$,安静状态下用于气体扩散的呼吸膜面积约 $40m^2$,因此有相当大的贮备面积。运动或劳动时,肺毛细血管开放数量和开放程度增加,有效扩散面积也大大增大。肺不张、肺实变、肺气肿、肺叶切除或肺毛细血管关闭和阻塞等,均可使呼吸膜扩散面积减小而影响肺换气。

(3) 通气/血流比值:指每分钟肺泡通气量($\dot{V}_A$)和每分肺血流量($\dot{Q}$)之间的比值($\dot{V}_A/\dot{Q}$),是衡量肺换气功能的指标。正常成年人安静时 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 平均值约为 $4.2/5=0.84$,意味着两者比例适宜,气体交换率高。如果该比值增大,意味着通气过度或血流相对不足,部分肺泡气体未能与血液气体充分交换,致使肺泡无效腔增大。反之,该比值减小,则意味着通气不足或血流相对过多,部分血液流经通气不良的肺泡,混合静脉血中的气体不能得到充分更新,犹如发生了功能性动-静脉短路。但人在直立时,由于重力作用,从肺底部到肺尖部,肺泡通气量和肺毛细血管血流量都逐渐减少,但血流量的减少则更显著,所以肺尖部的 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 较大,可高达 3.3;而肺底部的 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 较小,可低至 0.6。但从总体上来说,由于呼吸膜面积远超过肺换气的实际需要,所以并不明显影响 O_2 的摄取和 CO_2 的排出。

3. 肺扩散容量(D_L) 气体在单位分压差(1mmHg)的作用下,每分钟通过呼吸膜扩散的气体毫升数称为肺扩散容量,是衡量呼吸气体通过呼吸膜能力的一种指标。正常成年人安静时, O_2 的 D_L 平均约为 $20ml/(\min \cdot mmHg)$, CO_2 的 D_L 约为 O_2 的 20 倍。运动时 D_L 增大,肺部疾病时, D_L 可因有效扩散面积减小或扩散距离增加而减小。

(三) 组织换气

组织换气的机制和影响因素与肺换气相似,不同的是气体的交换发生于液相介质(血液、组织液、细胞内液)之间,且扩散膜两侧 O_2 和 CO_2 的分压差随细胞内氧化代谢的强度和组织血流量的多少而改变。

三、气体在血液中的运输

O_2 和 CO_2 在血液中的运输形式包括物理溶解和化学结合,以化学结合为主。虽然以物理溶解

形式运输的 O₂ 和 CO₂ 很少,它们却是化学结合形式运输的前提条件。

(一) 氧的运输

物理溶解形式运输的 O₂ 量约占 1.5%,与血红蛋白(Hb)化学结合形成氧合血红蛋白(HbO₂)运输的 O₂ 量约占 98.5%。

1. Hb 与 O₂ 结合的特征和评价指标 1 分子 Hb 有 4 个亚单位,可以结合 4 分子 O₂。在肺部, O₂ 与 Hb 结合,形成 HbO₂;在组织细胞,HbO₂ 迅速解离释放 O₂,成为去氧血红蛋白(Hb)。去氧 Hb 结构为紧密型(T 型),氧合 Hb 为疏松型(R 型),Hb 的 4 个亚单位与 O₂ 结合或解离存在协同效应,即 1 个亚单位与 O₂ 结合后,由于变构效应,其他亚单位更易与 O₂ 结合;反之,当 HbO₂ 的 1 个亚单位释出 O₂ 后,其他亚单位更易释放 O₂。O₂ 在血液中的运输形式、特征和评价指标总结见表 5-4。

表 5-4 氧在血液中的运输形式、特征和评价指标

运输形式	物理溶解(1.5%)、化学结合(98.5%)
Hb 与 O ₂ 结合的特征	迅速、可逆、受 PO ₂ 的影响、无需酶催化、Fe ²⁺ 与 O ₂ 氧结合后仍是二价铁,反应是氧合
氧在血液中运输评价指标	Hb 氧容量:Hb 结合的最大 O ₂ 量
	Hb 氧含量:Hb 实际结合的 O ₂ 量
	Hb 氧饱和度:Hb 氧含量占氧容量的百分比

氧合 Hb 为鲜红色,去氧 Hb 为紫蓝色,当血液中去氧 Hb 含量达 5g/100ml(血液)以上时,皮肤、黏膜呈暗紫色,这种现象称为发绀。

2. 氧解离曲线 氧解离曲线是表示血液 PO₂ 与 Hb 氧饱和度关系的曲线。氧解离曲线呈 S 型,反映在不同 PO₂ 下 O₂ 与 Hb 的结合与解离情况。根据氧解离曲线的变化趋势和功能意义,可将其分为三段,见表 5-5。

表 5-5 氧解离曲线的分段及各段的特点和意义

分段	特点	功能意义
上段 PO ₂ 60~100mmHg	曲线较平坦,PO ₂ 变化对 Hb 氧饱和度影响较小	在肺毛细血管,有利 Hb 与 O ₂ 结合运输 高原、高空动脉血 PO ₂ >60mmHg,不出现明显低氧血症。 反映机体对血氧含量具有缓冲作用
中段 PO ₂ 40~60mmHg	曲线较陡,PO ₂ 变化对 Hb 氧饱和度影响较大	相当于机体在安静状态下的供 O ₂ 情况
下段 PO ₂ 15~40mmHg	曲线最陡,PO ₂ 变化对 Hb 氧饱和度影响最大	反映机体供 O ₂ 的储备能力

3. 影响氧解离曲线的因素 通常用 P₅₀ 来表示 Hb 对 O₂ 的亲合力。P₅₀ 是使 Hb 氧饱和度达 50% 时的 PO₂,正常约为 26.5mmHg。P₅₀ 增大时氧解离曲线右移,表示 Hb 对 O₂ 的亲合力降低;P₅₀ 减小时氧解离曲线左移,表示 Hb 对 O₂ 的亲合力增加。多种因素均可影响氧解离曲线,主要影响因素见表 5-6。

表 5-6 影响氧解离曲线的主要因素

影响因素	效应	机制	意义
pH↓或 PCO ₂ ↑	P ₅₀ 增大 氧离曲线右移	R 型 Hb→T 型 Hb	波尔效应 在肺部摄取 O ₂ ↑, 在组织释放 O ₂ ↑
温度↑	P ₅₀ 增大 氧离曲线右移	H ⁺ 活度↑ R 型 Hb→T 型 Hb	组织代谢增强时, 局部温度↑, HbO ₂ 解离↑, 供 O ₂ ↑
2,3-DPG↑	P ₅₀ 增大 氧离曲线右移	R 型 Hb→T 型 Hb	慢性缺 O ₂ 、贫血时, 2,3-DPG↑, HbO ₂ 解离↑, 有利于供 O ₂
CO 中毒	氧离曲线左移	CO 与 Hb 的亲合力是 O ₂ 的 250 倍	阻碍 Hb 与 O ₂ 结合, 阻碍 Hb 与 O ₂ 解离, 危害极大

(二) CO₂ 的运输

1. CO₂ 的运输形式 CO₂ 的运输形式为物理溶解(约 5%)和化学结合(约 95%)。化学结合的主要形式为碳酸氢盐(约 88%)和氨基甲酰血红蛋白(约 7%)。

(1) 碳酸氢盐(HCO₃⁻): 该反应主要在红细胞内进行, 与红细胞内含有丰富的碳酸酐酶有关。在组织, 反应利于生成 HCO₃⁻; 在肺部反应方向相反, 利于分解释放出 CO₂。

(2) 氨基甲酰血红蛋白(HbCO₂): 该反应快, 可逆, 无需酶催化。由于 HbO₂ 与 CO₂ 结合形成 HbCO₂ 的能力比去氧 Hb 小, 所以, 血红蛋白的氧合作用是该反应的主要调节因素。

2. CO₂ 解离曲线 CO₂ 解离曲线是表示血液中 CO₂ 含量与 PCO₂ 关系的曲线。与氧解离曲线不同, CO₂ 解离曲线接近线性而不呈 S 形, 无饱和点。

3. 影响 CO₂ 运输的因素 去氧 Hb 容易与 CO₂ 结合生成氨基甲酰血红蛋白, 而 O₂ 与 Hb 结合可促进 CO₂ 释放(何尔登效应)。

O₂ 与 CO₂ 的运输是相互影响的。CO₂ 通过波尔效应影响 O₂ 运输, O₂ 又通过何尔登效应影响 CO₂ 运输。

四、呼吸运动的调节

呼吸运动的调节系统受到大脑皮层随意性和低位脑干自主性的双重调节, 其下行通路不同。

(一) 呼吸中枢与呼吸节律的形成

呼吸中枢是指中枢神经系统内产生呼吸节律和调节呼吸运动得神经细胞群。呼吸中枢的分布和作用归纳见表 5-7。

表 5-7 呼吸中枢的分布和作用

分布	脊髓	延髓	脑桥	高位脑中枢
	脊髓颈段 _{3,5} 脊髓胸段	孤束核腹外侧部(DRG) 后疑核、疑核和面神经后核区(VRG)	臂旁内侧核 KF 核	大脑皮层
主要作用	支配呼吸肌的运动神经元引起呼吸运动	DRG: 促进吸气过程 VRG: 加强吸气 促进主动呼气 产生呼吸节律	限制吸气 促进吸气 转为呼气	控制随意呼吸

正常呼吸节律的形成机制主要有两种学说,一是起搏细胞学说,另一是神经元网络学说。起搏细胞学说认为,节律性呼吸由延髓内(如前包钦格复合体)具有起搏样活动的神经元的节律性兴奋引起。神经元网络学说认为,呼吸节律的产生依赖于延髓内呼吸神经元之间的复杂联系和相互作用。

(二) 呼吸的反射性调节

1. 化学感受性呼吸反射 化学感受性呼吸反射的感受器分为外周化学感受器(颈动脉体和主动脉体)和中枢化学感受器(主要分布在延髓腹外侧部的浅表部位),它们的适宜刺激、特点和作用见表 5-8。

表 5-8 中枢化学感受器与外周化学感受器的比较

	适宜刺激	特点	作用
中枢化学感受器	脑脊液和局部细胞外液中 $[H^+]$ $\uparrow$	对 $H^+(CO_2)$ 变化敏感性高 不感受低 O_2 刺激潜伏期较长	兴奋呼吸中枢,使呼吸加深加快 调节脑脊液中 H^+ 浓度 维持中枢神经系统 pH 稳定
外周化学感受器	血液 $PO_2 \downarrow$ 、 $PCO_2 \uparrow$ 和 $[H^+]$ $\uparrow$	对血液 $PO_2 \downarrow$ 、 $PCO_2 \uparrow$ 和 $[H^+]$ $\uparrow$ 敏感 无明显潜伏期	兴奋呼吸中枢,使呼吸加深加快 低 O_2 时维持对呼吸驱动 改善缺氧

其中外周化学感受器感受动脉血 PO_2 降低,不感受血 O_2 含量降低,因此,贫血或 CO 中毒时,血 O_2 含量降低,只要感受器局部血流量不降低,局部 PO_2 无明显降低,不会刺激外周化学感受器。上述三种因素对化学感受器的刺激有相互增强作用。

自然呼吸时, CO_2 、 H^+ 和 O_2 对呼吸运动的调节有相互作用,包括相互协同或相互拮抗效应。 CO_2 水平、 H^+ 浓度和 O_2 水平对呼吸运动的调节见表 5-9。

表 5-9 CO_2 、 H^+ 和低 O_2 对呼吸运动的调节作用

刺激因素	感受器	传入途径	效应	特点
CO_2 动脉血 $PCO_2 \uparrow$	中枢化学感受器 (主要) 外周化学感受器 (快速)	窦神经 迷走神经	兴奋呼吸中枢 呼吸加深加快	维持呼吸中枢基本活动的最重要生理性调节因素 血 PCO_2 过高抑制呼吸 CO_2 麻醉
低 O_2 动脉血 $PO_2 \downarrow$ <80mmHg	外周化学感受器	窦神经 迷走神经	兴奋呼吸中枢 呼吸加深加快	中枢化学感受器发生适应后 低氧刺激外周化学感受器对维持呼吸运动十分重要 低氧直接抑制呼吸中枢
H^+ 动脉血 $[H^+] \uparrow$	外周化学感受器 (主要) 中枢化学感受器	窦神经 迷走神经	兴奋呼吸中枢 呼吸加深加快	H^+ 不易通过血-脑屏障 血液 H^+ 刺激外周化学感受器为主

2. 肺牵张反射 肺牵张反射包括肺扩张反射和肺萎陷两个反射。肺扩张反射:肺扩张→刺激牵张感受器(气管到细支气管的平滑肌内)→迷走神经传入→延髓→促使吸气转为呼气,使呼吸频率加快。肺牵张反射的敏感性有种属差异。生理意义在于加速吸气向呼气的转换,使呼吸频率增加,不参与人平静呼吸时的呼吸调节,病理情况下肺顺应性下降时,可通过肺扩张反射,使呼吸变

浅、变快。肺萎陷反射:感受器位于气道平滑肌内,在肺容量明显减小时,通过肺萎陷反射促进呼气转换为吸气,防止呼气过深或肺不张。

3. 防御性呼吸反射 防御性呼吸反射包括咳嗽反射和喷嚏反射。咳嗽反射:当喉、气管和支气管的黏膜受到刺激时,传入冲动经迷走神经传入延髓,触发咳嗽反射,将呼吸道内的异物或分泌物排出。喷嚏反射:鼻黏膜的感受器受到刺激时,冲动经三叉神经传入脑干中枢,反射性引起腭垂下降,舌根压向软腭,使气流经鼻腔喷出,以清除鼻腔中的刺激物。

4. 呼吸肌本体感受性反射 感受器是骨骼肌内的肌梭和腱器官,呼吸肌内的肌梭受到牵张刺激时,可反射性引起呼吸运动加强,这种反射属于本体感受性反射。在人体呼吸肌负荷增加及运动时,呼吸肌本体感受性反射对呼吸的调节作用较为明显。

复习思考题

一、名词解释

1. intrapleural pressure
2. pneumothorax
3. specific compliance
4. pulmonary surfactant
5. total lung capacity (TLC)
6. forced expiratory volume in 1 second (FEV1)
7. physiologic dead space
8. ventilation/perfusion ratio
9. oxygen capacity of hemoglobin
10. oxygen content of hemoglobin
11. oxygen saturation of hemoglobin
12. oxygen dissociation curve
13. Bohr effect
14. utilization coefficient of oxygen
15. pulmonary stretch reflex

二、选择题

【A₁型题】

1. 内呼吸是指
 - A. 肺泡与肺毛细血管血液之间的气体交换
 - B. 组织细胞与组织毛细血管之间的气体交换
 - C. 组织细胞之间的气体交换
 - D. 组织细胞内的氧化代谢
 - E. 组织换气和组织细胞内的氧化代谢
2. 平静呼吸时呼吸运动的特点是

A. 吸气和呼气均为主动的	B. 吸气是主动的,呼气是被动的
C. 吸气是被动的,呼气是主动的	D. 吸气和呼气都是被动的
E. 吸气主动而用力,呼气是被动的	

3. 肺通气的直接动力来自
 - A. 肺内压与跨壁压之间的压力差
 - B. 胸膜腔内压与跨壁压之间的压力差
 - C. 胸膜腔内压与大气压之间的压力差
 - D. 肺内压与大气压之间的压力差
 - E. 肺内压与胸膜腔内压之间的压力差
4. 肺通气的原动力来自
 - A. 胸膜腔内压的周期性变化
 - B. 腹腔内压的周期性变化
 - C. 呼吸肌的收缩和舒张
 - D. 大气压与肺内压之间的压力差
 - E. 肺的扩大和缩小
5. 平静吸气主要由什么肌肉收缩所致
 - A. 肋间外肌和肋间内肌
 - B. 肋间外肌和膈肌
 - C. 肋间内肌和膈肌
 - D. 肋间外肌和腹肌
 - E. 肋间内肌和腹肌
6. 胸膜腔内压是由下列哪些因素形成的
 - A. 肺内压 - 肺回缩压
 - B. 大气压 + 肺回缩压
 - C. 大气压 - 非弹性阻力
 - D. 大气压 + 非弹性阻力
 - E. 肺内压 + 跨胸壁压
7. 胸膜腔内保持负压的一个重要前提是
 - A. 呼吸道存在一定阻力
 - B. 吸气肌收缩
 - C. 胸膜腔密闭
 - D. 胸膜腔内有少量液体
 - E. 肺内压低于大气压
8. 下列关于胸膜腔内负压生理意义的描述, 错误的是
 - A. 促进静脉回流
 - B. 促进淋巴回流
 - C. 使吸气变得省力
 - D. 使肺保持扩张状态
 - E. 降低气道阻力
9. 下列关于组织顺应性的叙述, 错误的是
 - A. 弹性阻力小, 顺应性大
 - B. 弹性阻力大, 顺应性小
 - C. 易扩展的组织顺应性大
 - D. 与组织的弹性阻力成正变关系
 - E. 顺应性指在外力作用下, 弹性组织的可扩张性
10. 正常情况下肺弹性阻力的主要来源是
 - A. 肺泡表面张力
 - B. 肺表面活性物质
 - C. 气道阻力
 - D. 肺组织本身的弹性阻力
 - E. 惯性阻力
11. 非弹性阻力的主要成分是
 - A. 肺泡表面张力
 - B. 肺表面活性物质
 - C. 气道阻力
 - D. 肺组织本身的弹性阻力
 - E. 惯性阻力
12. 下列关于肺表面活性物质的描述, 错误的是
 - A. 由肺泡 II 型细胞合成和分泌
 - B. 主要成分为二棕榈酰卵磷脂
 - C. 防止肺泡内形成组织液
 - D. 使大小不一的肺泡容积稳定
 - E. 可增加肺泡液体层表面张力

13. 根据 Laplace 定律,大小不一的肺泡彼此相通,且表面张力相等,则导致
- A. 小肺泡内压力大,大肺泡内压力小
 - B. 小肺泡内压力小,大肺泡内压力大
 - C. 大小肺泡内压力相等
 - D. 吸气时气体主要进入小肺泡
 - E. 呼气时气体主要出自大肺泡
14. 支配气道平滑肌的副交感神经兴奋将使
- A. 平滑肌舒张,气道阻力降低
 - B. 平滑肌舒张,气道阻力增加
 - C. 平滑肌舒张,气道阻力不变
 - D. 平滑肌收缩,气道阻力增加
 - E. 平滑肌收缩,气道阻力降低
15. 哮喘患者因支气管平滑肌收缩导致气道阻力增加,可能的因素是
- A. 交感神经兴奋
 - B. 儿茶酚胺释放增加
 - C. PGE_2 释放增加
 - D. 吸气时 O_2 含量增加
 - E. 内皮素释放增加
- *16. 肺气肿病人
- A. 肺弹性阻力增大
 - B. 吸气困难明显
 - C. 呼气困难明显
 - D. 吸气时程延长
 - E. 呼气时程缩短
17. 肺活量等于
- A. 潮气量 + 补吸气量
 - B. 潮气量 + 补呼气量
 - C. 潮气量 + 补吸气量 + 补呼气量
 - D. 潮气量 + 功能余气量
 - E. 余气量 + 补吸气量
18. 平静呼吸过程中,能缓冲肺泡气 O_2 和 CO_2 分压变化幅度的是
- A. 潮气量
 - B. 补呼气量
 - C. 余气量
 - D. 时间肺活量
 - E. 功能余气量
19. 能较好评价肺通气功能的指标是
- A. 潮气量
 - B. 补呼气量
 - C. 余气量
 - D. 时间肺活量
 - E. 功能余气量
20. 衡量肺通气功能储备能力的指标是
- A. 肺通气量
 - B. 肺泡通气量
 - C. 用力肺活量
 - D. 1 秒用力呼气量
 - E. 通气储量百分比
21. 肺部气体扩散的动力和决定气体扩散方向的关键因素是
- A. 气体的溶解度
 - B. 气体的分压差
 - C. 通气 / 血流比值
 - D. 肺泡膜的通透性
 - E. 气体的分子量大小
22. CO_2 的扩散系数约是 O_2 的 20 倍,主要是
- A. CO_2 的分子量小
 - B. CO_2 的分子量小
 - C. CO_2 的溶解度大
 - D. CO_2 的溶解度小
 - E. 呼吸膜两侧分压差大
23. 气体扩散速率与下列成反比关系的是
- A. 气体分压差
 - B. 气体扩散距离
 - C. 气体扩散面积
 - D. 气体溶解度
 - E. 温度
24. 下列关于通气 / 血流比值的描述,错误的是
- A. 安静时正常比值为 0.84
 - B. 肺动脉栓塞时,比值增大
 - C. 通气 / 血流比值增大,意味着肺泡无效腔增大

- D. 从肺底部到肺尖部比值逐渐减少
E. 通气/血流比值增大或减小,都会影响气体交换
25. 气体的肺扩散容量是指
- 在 1mmHg 分压差情况下,每分钟在肺部扩散的气体总量
 - 在 1mmHg 分压差情况下,每平方米体表面积在肺部扩散的气体总量
 - 基础状态下每分钟肺部气体扩散的总量
 - 每平方米体表面积每分钟肺部扩散气体的总量
 - 每分钟肺部气体扩散的总量
26. 下列有关氧在血液中运输的描述,错误的是
- O_2 主要与 Hb 结合运输
 - O_2 与 Hb 结合反应迅速可逆
 - O_2 与 Hb 的结合反应需要酶催化
 - O_2 与 Hb 结合反应受 PO_2 影响
 - 1 分子 Hb 可结合运输 4 分子 O_2
27. Hb 氧含量是
- 100ml 血液中, Hb 实际结合的 O_2 量
 - 100ml 血液中, Hb 所能结合的最大 O_2 量
 - Hb 实际结合的 O_2 量占 Hb 所能结合的最大 O_2 量的百分比
 - Hb 所能结合的最大 O_2 量与 Hb 实际结合的 O_2 量之差
 - 受 Hb 浓度的影响
28. 氧解离曲线是表示下列哪种关系的曲线
- 血红蛋白含量与血氧含量
 - 血红蛋白氧饱和度与血氧分压
 - 血红蛋白氧饱和度与血红蛋白氧含量
 - 血红蛋白浓度与血红蛋白氧容量
 - 血红蛋白浓度与血红蛋白氧含量
29. Hb 的构型由 R 型变为 T 型时
- 氧离曲线左移
 - Hb 与 H^+ 结合能力降低
 - Hb 与 O_2 的亲合力降低
 - Hb 与 CO_2 结合能力降低
 - P_{50} 降低
- *30. 氧解离曲线由正常位置向左移
- 表明血液在一定 PO_2 时氧含量减少
 - 可发生在贫血时
 - 表明血液流经组织时释放氧量增加
 - 可见于贮存了数周的血液
 - 可见于组织代谢增加时
31. 引起氧解离曲线右移的因素是
- PCO_2 分压升高
 - 2,3-DPG 降低
 - pH 升高
 - 温度降低
 - 吸入气 CO 浓度升高
32. 波尔效应是下列哪种因素对氧解离曲线的影响
- 温度
 - pH 和 PCO_2
 - 2,3-DPG
 - CO
 - 氨基甲酰血红蛋白
33. 血液中 CO_2 运输的主要形式是
- 物理溶解
 - 氧合血红蛋白
 - 去氧血红蛋白

- D. 碳酸氢盐 E. 氨基甲酰血红蛋白
- *34. 下列哪种因素将导致静脉血 PO_2 降低
- A. 贫血 B. CO 中毒 C. 剧烈运动
D. 亚硝酸盐中毒 E. 过度通气
35. 下列各项中,能引起动脉血 PCO_2 降低的是
- A. 增大无效腔 B. 肺气肿 C. 肺水肿
D. 呼吸性酸中毒 E. 过度通气
36. 何尔登效应是下列哪种因素对 CO_2 运输的影响
- A. 温度 B. O_2 与 Hb 的结合 C. pH 和 PCO_2
D. 2,3-DPG E. 碳酸酐酶
37. 体内 PCO_2 最高的部位是
- A. 细胞内液 B. 组织液 C. 静脉血液
D. 动脉血液 E. 外周毛细血管血液
38. 实验中要保持动物基本呼吸节律,必须保留动物的
- A. 脊髓 B. 延髓 C. 脑桥
D. 小脑 E. 中脑
39. 脑桥呼吸调整中枢的主要功能是
- A. 促使吸气转为呼气 B. 促使呼气转为吸气 C. 减慢呼吸频率
D. 使吸气时程延长 E. 使呼气时程延长
40. 血液中 PCO_2 升高使呼吸运动加强的最主要途径是
- A. 直接刺激脑桥呼吸中枢 B. 直接刺激延髓呼吸中枢
C. 刺激中枢化学感受器 D. 刺激颈动脉窦和主动脉弓感受器
E. 刺激颈动脉体和主动脉体感受器
41. 缺 O_2 使呼吸运动增强的主要途径是
- A. 直接刺激脑桥呼吸中枢 B. 直接刺激延髓呼吸中枢
C. 刺激颈动脉窦和主动脉弓感受器 D. 刺激中枢化学敏感区
E. 刺激颈动脉体和主动脉体感受器
42. 脑脊液中 H^+ 浓度升高使呼吸运动加强的最主要途径是
- A. 直接刺激脑桥呼吸中枢 B. 直接刺激延髓呼吸中枢
C. 刺激颈动脉窦和主动脉弓感受器 D. 刺激中枢化学敏感区
E. 刺激颈动脉体和主动脉体感受器
43. 自然呼吸情况下, PCO_2 升高对呼吸的刺激作用增强的原因是
- A. 血液 H^+ 浓度也升高 B. 血液 PO_2 降低
C. 中枢化学感受器的敏感性增加 D. 外周化学感受器的敏感性增加
E. CO_2 解离曲线的影响
44. 关于动脉血 PCO_2 升高引起的下列效应,错误的是
- A. 刺激外周化学感受器,使呼吸运动增强
B. 刺激中枢化学感受器,使呼吸运动增强
C. 直接兴奋呼吸中枢
D. 使氧解离曲线右移

- E. 使血液中 CO_2 容积百分数增加
45. 高原地区,若血红蛋白氧饱和度达到 90% 以上,需要 PO_2 大于
- A. 100mmHg B. 90mmHg C. 80mmHg
D. 70mmHg E. 60mmHg
46. 中枢化学感受器的特点是
- A. 对血 O_2 含量变化敏感 B. 对血液 CO_2 浓度变化敏感
C. 对血液中 H^+ 浓度变化敏感 D. 对低 O_2 时维持呼吸十分重要
E. 引起的呼吸反应出现较迅速
47. 调节呼吸运动最重要的生理因素是
- A. CO_2 B. O_2 C. H^+
D. 2, 3-DPG E. CO
48. 颈动脉体的 I 型细胞受刺激时,胞浆内升高的是
- A. IP_3 B. DG C. cAMP
D. cGMP E. Ca^{2+}
49. 外周化学感受器感受的适宜刺激是
- A. 动脉血氧分压 B. 动脉血氧含量 C. 动脉血氧容量
D. 动脉血氧饱和度 E. 动脉血血红蛋白含量
50. 下列关于肺牵张反射的叙述,错误的是
- A. 感受器存在于支气管和细支气管的平滑肌层
B. 正常人平静呼吸时,对呼吸节律起重要调节作用
C. 传入途径是迷走神经
D. 可促进吸气及时转入呼气
E. 有明显的种属差异

【A₂型题】

- *51. 动物实验中,在大鼠气管插管的侧管上接一 20cm 的长管,通过长管呼吸,此时呼吸活动改变的原因是
- A. 通气/血流比值增加 B. 肺顺应性增加 C. 胸廓顺应性增加
D. 气道阻力增加 E. 血液中 O_2 含量增加
- *52. 肺源性心脏病患者,长期出现低 O_2 血症和 CO_2 潴留,这时刺激呼吸的主要因素是
- A. 动脉血中 PO_2 的降低 B. 动脉血中 PCO_2 的升高
C. 动脉血中 $[\text{H}^+]$ 升高 D. 动脉血中 HCO_3^- 的降低
E. 动脉血中 HCO_3^- 的增高
53. 动物实验中,切断窦神经和主动脉神经后,吸入 5% CO_2 引起肺通气量增加的主要因素是
- A. 刺激外周化学感受器 B. 刺激中枢化学感受器
C. 刺激中枢与外周化学感受器 D. 刺激延髓呼吸中枢
E. 刺激迷走神经
54. 动物实验中,切断家兔双侧颈部迷走神经后,呼吸的改变是
- A. 频率加快,幅度减小 B. 频率加快,幅度增大
C. 频率和幅度均不变 D. 频率减慢,幅度减小
E. 频率减慢,幅度增大

55. 发绀是临床常见现象。造成发绀的原因是

【B型题】

(65~67 题共用备选答案)

- A. 膈肌 B. 肋间内肌 C. 肋间外肌
D. 腹肌 E. 斜角肌

65. 平静腹式呼吸时起主要作用的是

66. 平静胸式呼吸时起主要作用的是

67. 当腹部活动受限时,将有助于用力呼气的是

(68~70 题共用备选答案)

- A. 肺总量 B. 肺扩散容量 C. 肺活量
D. 用力呼气量 E. 残气量

68. 可以作为衡量肺换气功能指标的是

69. 尽力吸气后再尽力呼气,所能呼出的最大气量是

70. 尽力吸气后再尽力最快呼气,在一定时间内所能呼出的气量是

(71~72 题共用备选答案)

- A. 氧合血红蛋白 B. 去氧血红蛋白
C. 氨基甲酸血红蛋白 D. 一氧化碳血红蛋白
E. 高铁血红蛋白

71. 分子结构较紧密的血红蛋白构型是

72. 呈樱桃红色的血红蛋白是

(73~74 题共用备选答案)

- A. 肺扩张反射 B. 肺萎陷反射
C. 化学感受器反射 D. 咳嗽反射
E. 呼吸肌本体感受器反射

73. 肺明显缩小时引起的吸气反射属于

74. 呼吸阻力增大时,参与调节呼吸运动的反射属于

(75~76 题共用备选答案)

- A. 长吸式呼吸 B. 喘息样呼吸
C. 陈-施呼吸 D. 比奥呼吸
E. 深慢呼吸

75. 在动物脑桥上、中部之间横断并同时切断双侧颈迷走神经,动物将出现

76. 在动物脑桥和延髓之间横断,动物将出现

【X型题】

77. 肺表面活性物质的作用有

- A. 维持大小肺泡的稳定性 B. 防止肺水肿
C. 降低吸气阻力 D. 降低呼气阻力

78. 非弹性阻力包括

- A. 气道阻力 B. 静态阻力
C. 惯性阻力 D. 黏滞阻力

79. 可出现阻塞性通气不足的有

- A. 支气管平滑肌痉挛 B. 气道内异物

- C. 气道和支气管黏膜腺体分泌过多 D. 气道外肿瘤压迫
80. 有关呼吸功的描述,正确的是
- A. 是压力变化与肺容积变化的乘积 B. 以 3 秒钟呼吸运动所做的功来表示
- C. 以一次呼吸运动所做的功来表示 D. 以一分钟呼吸运动所做的功来表示

81. 肺通气中无效腔指

- A. 解剖无效腔 B. 肺泡无效腔
- C. 胸廓无效腔 D. 生理无效腔

*82. 可使呼吸膜面积减小的因素有

- A. 肺不张 B. 肺实变
- C. 肺气肿 D. 肺间质水肿

83. 影响肺换气的因素有

- A. 通气 / 血流比值 B. 呼吸膜的通透性和面积
- C. 气体的分压差 D. 温度

84. 与气体扩散速率成正比的因素有

- A. 扩散距离 B. 扩散面积
- C. 温度 D. 气体的溶解度

85. 动脉血 PCO_2 升高对氧运输的影响,正确的是

- A. 使 Hb 与氧的亲合力降低 B. 使 Hb 的结构由 T 型转化为 R 型
- C. 在组织间利于 O_2 的释放 D. 在肺部利于 O_2 与 Hb 结合

86. 使氧离曲线右移的因素有

- A. pH 升高 B. 温度升高
- C. 吸入气 CO 浓度升高 D. 2,3-DPG 浓度升高

87. 氧解离曲线的上段

- A. 相当于 PO_2 在 60~100mmHg 的部分
- B. 表明高原环境 PO_2 大于 60mmHg 时,不会使人发生严重缺氧
- C. 可解释 $\dot{V}_A / \dot{Q}$ 不匹配时增加通气量无助于 O_2 摄取
- D. 代表 Hb 向组织释放 O_2 的贮备部分

*88. CO 中毒对 O_2 的运输危害极大,这是因为

- A. CO 与 Hb 的亲合力极高 B. CO 也妨碍 O_2 与 Hb 的解离
- C. CO 中毒时 PO_2 变化不明显 D. CO 可明显抑制 CO_2 排出

89. 自主性呼吸调节中枢主要位于

- A. 延髓 B. 脑桥
- C. 小脑 D. 大脑皮层

90. 可以通过刺激延髓腹外侧表面的化学敏感区而引起呼吸运动增强的因素是

- A. 脑脊液中 H^+ 浓度升高 B. 脑脊液 PO_2 降低
- C. 血液 PCO_2 升高 D. 脑脊液 pH 降低

*91. 严重肺气肿、肺心病患者不宜以吸入纯 O_2 改善缺 O_2 ,这是因为

- A. 低 O_2 可直接兴奋呼吸中枢
- B. 此时中枢化学感受器对 CO_2 刺激的敏感性较低
- C. 此时低 O_2 刺激外周化学感受器成为兴奋呼吸中枢的主要因素

18. D. 外周化学感受器对低 O_2 刺激适应慢

92. 肺牵张反射包括

A. 肺扩张反射

B. 肺防御反射

C. 肺萎陷反射

D. 肺本体感受性反射

三、简答题

1. 试述胸膜腔负压形成的原理及其生理意义。

2. 肺通气的弹性阻力包括哪些成分? 它们的含义与来源是什么?

3. 在每分通气量相同的条件下,为什么深而慢的呼吸气体交换效率高于浅而快的呼吸?

4. 何谓通气/血流比值? 正常值是多少? 有何生理变异?

5. 临床上常见支气管哮喘病人呼气比吸气更为困难,其机制是什么?

6. 何谓氧解离曲线? 氧解离曲线有何特点和生理意义?

7. 简述影响氧离曲线的因素。

8. 机体发生代谢性酸中毒时,呼吸运动有何变化? 为什么?

9. 动物实验中,吸入气 CO_2 浓度增加对动物的呼吸运动有何影响? 为什么?

10. 在平原生活的居民初到高原地区时,呼吸运动有何变化? 为什么?

四、思考题

1. 为什么说肺顺应性过分减小或过分增大对呼吸活动都是不利的?

2. 患者男性,48岁,出租车司机,被发现躺在路边的出租车内,急救人员发现他的右胸有一伤口,在呼吸过程中有气体通过伤口进出,疑是被人刺伤。紧急送到医院。急诊检查:①血气分析显示动脉血 PO_2 为 52mmHg(正常为 80~100mmHg),动脉血 PCO_2 为 56mmHg(正常为 35~45mmHg),动脉血 pH 为 7.15(正常为 7.35~7.45)。②放射科 X 摄片:结论为右侧开放性气胸,右肺压缩显著。立即置管引流,肺复张后拔管手术缝合伤口。术后病史询问,患者有 15 年吸烟史,术后不听医生的劝告,仍继续吸烟。术后再次血气分析显示,动脉血 O_2 分压、 CO_2 分压和 pH 都正常。但肺功能测定显示肺活量轻微降低,FEV₁/FVC 却明显低于正常。

问题:

(1) 该患者为什么会出现动脉血 O_2 分压降低, CO_2 分压升高,pH 降低?

(2) 请对术后肺功能的测定结果作出评价?

3. 患者男性,60岁,反复咳嗽,咳痰 10 年,心悸、气短 8 年,20 天前因咳嗽、咳痰加重,夜间不能平卧,嗜睡 1 天入院治疗。体检:唇发绀,颈静脉怒张,桶状胸,双肺叩诊呈过清音,肺下界降低,呼吸音降低,双肺中下可闻及细湿啰音;检查发现动脉血 PO_2 为 50mmHg(正常为 80~100mmHg), PCO_2 为 50mmHg(正常为 35~45mmHg)。初步分析:该患者为慢性阻塞性肺气肿,由于肺功能障碍引起了缺 O_2 和 CO_2 潴留,并且缺 O_2 更明显。

问题:

(1) 该患者肺功能障碍,但为何缺 O_2 比 CO_2 潴留更明显?

(2) 该患者在吸 O_2 治疗时应注意哪些问题?

4. 一位年轻人在通风不好的房间内使用燃气热水器沐浴后,出现头痛、眩晕、心悸、恶心、呕吐、四肢无力、意识模糊、神志不清,被其家属送到急救中心。检查发现患者口唇呈樱桃红色,动脉血液 PO_2 和 PCO_2 正常,血氧饱和度明显降低,诊断为 CO 中毒。

问题:

(1) 根据血液的气体运输功能,分析 CO 中毒对机体有何危害? 为什么?

(2) 如何预防和抢救 CO 中毒?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 胸膜腔内压:指肺与胸廓之间潜在而密闭的腔隙内的压力。胸膜腔负压的生理意义是使肺保持扩张状态,有利于静脉血和淋巴液的回流。
2. 气胸:一旦胸膜腔密闭性丧失,胸膜腔与大气相通,空气进入胸膜腔称为气胸。气胸时胸膜腔负压减小或消失,导致肺不张。
3. 比顺应性:单位(肺)容量的(肺)顺应性,即排除肺总容量影响的肺顺应性,可用于不同个体之间肺顺应性大小的比较。
4. 肺表面活性物质:由肺泡Ⅱ型细胞合成和分泌的含脂质与蛋白质的混合物,具有降低降低肺泡表面张力的作用。
5. 肺总量:指肺所能容纳的最大气体量,等于肺活量+余气量(也可等于潮气量+补吸气量+补呼气量+余气量)。
6. 1秒用力呼气量:尽力吸气后第1秒内尽力尽快所能呼出的最大气体量。通常用 FEV_1 所占用力肺活量的百分数表示。正常人 FEV_1/FVC 约为 83%。
7. 生理无效腔:不参与肺泡与血液进行气体交换的容积,包括肺泡无效腔和解剖无效腔。健康人平卧时,生理无效腔等于或接近解剖无效腔,约为 150ml。
8. 通气/血流比值:每分肺泡通气量和每分肺血流量之间的比值。正常成年人安静时约为 0.84 (全肺平均值),由于肺换气依赖于气泵与血泵的协调配合,因而通气/血流比值的增大或减小,将会导致两者匹配失当而降低肺换气效率。
9. Hb 氧容量(血氧容量):100ml 血液中, Hb 所能结合的最大 O_2 量。
10. Hb 氧含量(血氧含量):100ml 血液中, Hb 实际结合的 O_2 量。
11. Hb 氧饱和度(血氧饱和度):Hb 氧含量占 Hb 氧容量的百分比。
12. 氧解离曲线:指 PO_2 与 Hb 氧结合量或 Hb 氧饱和度的关系曲线。
13. 波尔效应: H^+ 和 CO_2 对 Hb 与 O_2 的亲合力的影响称为波尔效应。
14. 氧利用系数:血液流经组织时释放出的氧容积占动脉血氧含量的百分数称为氧利用系数。
15. 肺牵张反射:包括肺扩张反射和肺萎陷反射,即由肺扩张引起的吸气抑制或肺萎陷引起的吸气兴奋的反射。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. E
2. B
3. D
4. C
5. B
6. A
7. C
8. E
9. D
10. A
11. C
12. E
13. A
14. D
15. E
16. C
17. C
18. E
19. D
20. E
21. B
22. C
23. B
24. D
25. A
26. C
27. A
28. B
29. C
30. D
31. A
32. B
33. D
34. C
35. E
36. B
37. A
38. B
39. A
40. C
41. E
42. D
43. A
44. C
45. E
46. B
47. A
48. E
49. A
50. B

难题解析

16. 肺气肿患者因肺的弹性成分大量破坏,肺回缩压减小,顺应性增大。而肺的弹性阻力可以是吸气的阻力,呼气的动力,因此,吸气时阻力减小,呼气时肺不易回缩,患者表现为呼气困难更明

显,呼气时程延长。

30. 氧解离曲线左移时,一定 PO_2 下含氧量增加,Hb 与 O_2 亲和力增加,血液流经组织时释放 O_2 减少;组织代谢增强时, CO_2 、 H^+ 生成增多,其作用使氧离曲线右移;贫血时由于 Hb 含量降低,血 O_2 含量降低,但 PO_2 降低并不明显;而储存数周的血液中糖酵解停止,2,3-DPG 生成减少,使氧解离曲线左移。

34. 因为贫血、CO 中毒和亚硝酸盐中毒主要是 Hb 含量降低或 Hb 构型改变,使携 O_2 量减少,血氧含量降低,对 PO_2 影响不明显;过度通气时吸入更多新鲜空气,不导致 PO_2 降低;而剧烈运动时,代谢明显增强,耗氧量增加,可导致静脉血 PO_2 降低。

【 A_2 型题】

51. D 52. A 53. B 54. E 55. E 56. C 57. B 58. C 59. D 60. E
61. A 62. B 63. C 64. E

难题解析

51. 此时动物吸入和呼出气体必须通过长管,使气道阻力增加;另一方面,长管使无效腔增加,肺泡通气量减少。以上因素导致通气/血流比值下降,使血液中 CO_2 浓度增加,而 O_2 含量减少,通过化学感受性反射使呼吸中枢兴奋,呼吸反射性加深加快。

52. 肺源性心脏病患者,长期出现低 O_2 血症和 CO_2 潴留,长时间 CO_2 潴留能使中枢化学感受器对 CO_2 的刺激作用发生适应,而外周化学感受器对低 O_2 刺激的适应很慢,这时低 O_2 对外周化学感受器的刺激成为驱动呼吸的主要因素。

56. 增大无效腔使肺扩张程度和肺通气阻力均增大,可刺激肺牵张感受器和呼吸肌本体感受器,使呼吸加深;增大无效腔使肺泡通气量减少,影响肺换气,使 PO_2 降低, PCO_2 升高,刺激中枢和外周化学感受器,使呼吸加深加快;增大无效腔不刺激颈动脉窦、主动脉弓压力感受器。

【B 型题】

65. A 66. C 67. B 68. B 69. C 70. D 71. B 72. D 73. B 74. E
75. A 76. B

【X 型题】

77. ABC 78. ACD 79. ABCD 80. ACD 81. ABD 82. ABC 83. ABCD
84. BCD 85. ACD 86. BD 87. ABC 88. ABC 89. AB 90. ACD
91. BCD 92. AC

难题解析

82. 肺不张与肺实变时,肺塌陷或不能扩张,参与气体交换的肺泡数目减少,呼吸膜面积减小,肺气肿时小肺泡融合成大泡也导致呼吸膜面积减小。而肺水肿使呼吸膜增厚,并不使呼吸膜面积减小。

88. 因为 CO 与 Hb 的亲和力是 O_2 与 Hb 亲和力的 250 倍,使血氧含量明显降低;CO 也妨碍了 HbO_2 中 O_2 的解离。CO 中毒时,虽然血 O_2 含量明显降低,但外周化学感受器的血流量大, PO_2 降低不明显。

91. 由于患者肺通气和肺换气功能障碍,导致体内缺 O_2 、 CO_2 潴留和高碳酸血症, CO_2 潴留和高碳酸血症使中枢化学感受器对 CO_2 刺激的敏感性降低,而外周化学感受器的适应发生很慢,此时,主要靠低 O_2 刺激外周化学感受器维持呼吸运动和肺通气。

三、简答题

1. 试述胸膜腔负压形成的原理及其生理意义。

答:形成胸膜腔负压的前提是胸膜腔处于密闭的状态,胸膜腔负压的形成与肺和胸廓的自然容积不同有关。在人的生长发育过程中,胸廓的发育较肺快,因此胸廓的自然容积大于肺的自然容积。由于两层胸膜紧紧贴在一起,肺被牵引而始终处于扩张状态。被扩张的肺所产生的回位力向内牵引胸廓,使胸廓容积缩小。当胸廓的容积小于其自然容积时,胸廓将产生向外扩展的回位力,使胸廓的容积趋于扩大,以回到其自然容积位置。在肺的内向回位力和胸廓的外向回位力的作用下,胸膜腔内压便降低而低于大气压,即形成负压。以公式表示为:胸膜腔内压 = - 肺回缩压。可见,胸膜腔负压实际上是由肺的回缩压造成的。胸膜腔负压的生理意义是使肺经常保持扩张状态,有利于静脉血和淋巴液的回流。

2. 肺通气的弹性阻力包括哪些成分? 它们的含义与来源是什么?

答:肺通气的弹性阻力包括肺和胸廓的弹性阻力,占总阻力的 70%。因为肺和胸廓都属弹性体,弹性体对抗外力作用所引起的变形的力称为弹性阻力,在气流停止状态下仍存在,属于静态阻力。肺弹性阻力来自肺的弹性成分(占肺弹性阻力的 1/3)和肺的表面张力(占肺弹性阻力的 2/3):当肺被扩张时,肺自身的弹力纤维和胶原纤维被牵拉而倾向于回缩。肺扩张越大,其牵拉作用越强,肺的回缩力和弹性阻力便越大;肺的表面张力源于肺泡内表面的液-气界面,肺泡近似于球形,使肺泡内表面液层每一点上的合力方向朝向肺泡中心,故肺泡表面张力有助于肺的回缩。肺的弹性阻力始终是吸气的阻力,也是呼气的动力。胸廓弹性阻力来源于胸廓的弹性成分,但与肺的弹性阻力不同,胸廓的弹性阻力究竟是吸气的阻力或动力,应视胸廓的位置而定。

3. 在每分通气量相同的条件下,为什么深而慢的呼吸气体交换效率高于浅而快的呼吸?

答:每分通气量是指每分钟吸入或呼出肺的气体总量,它等于潮气量乘以呼吸频率。为了计算真正有效的气体交换量,应以肺泡通气量为准。肺泡通气量是每分钟吸入肺泡的新鲜空气量,等于(潮气量 - 无效腔气量) × 呼吸频率。若无效腔为 150ml,每分通气量相同时,由于无效腔的存在,深而慢的呼吸时潮气量增加,功能余气量减少,使肺泡内气体更新率增加,肺泡内 PO_2 升高、 PCO_2 下降,有利于气体交换。由于无效腔的存在使深而慢的呼吸时肺泡通气量高于浅而快呼吸时的肺泡通气量,因此深而慢的呼吸气体交换效率高于浅而快的呼吸。

4. 何谓通气/血流比值? 正常值是多少? 有何生理变异?

答:通气/血流比值是指每分肺泡通气量($\dot{V}_A$)和每分肺血流量($\dot{Q}$)之间的比值。

安静时正常成年人每分钟的肺泡通气量约 4.2L,血流量为 5L,此时通气/血流比值约为 0.84,能实现理想的气体交换。如果 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 值增大,意味着通气过剩,血流不足,部分肺泡气未能与血液气体充分交换,致使肺泡无效腔增大。反之, $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 值下降,则意味着通气不足,血流过剩,混合静脉血中的气体未得到充分更新,犹如发生了功能性动-静脉短路。无论 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 值增大或减小,均可使肺换气效率降低。

在正常生理情况下,人肺内气体和血流的分布是不均匀的。人在直立时,由于重力等因素的作用,从肺底部到肺尖部,通气量和血流量都逐渐减小,但血流量的减少则更显著,所以肺尖部的 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 比值较大,可达 3.3;而肺底部的 $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 比值较小,可低至 0.6。但从总体上来说,由于呼吸膜面积远超过肺交换的实际需要,所以并不明显影响 O_2 的摄取和 CO_2 的排出。

5. 临床上常见支气管哮喘病人呼气比吸气更为困难,其机制是什么?

答:支气管哮喘发作是气道平滑肌收缩所致。由于气道阻力与气道半径的四次方成反比,因此气道平滑肌收缩引起气道管径减小,导致气道阻力增大,出现呼吸困难。生理情况下,气道阻力随呼吸周期而变化:吸气时,因胸膜腔内压下降,呼吸道的跨壁压增大、弹性成分对小气道的牵拉作用增强、交感神经兴奋等都使气道口径增大,阻力减小;呼气时发生相反的变化,使气道口径变

小,阻力增大。因此,在吸气过程中气道阻力的生理性降低可缓解支气管哮喘病人的吸气困难,而呼气过程中气道阻力的生理性增高可使支气管哮喘病人的呼气困难,最终表现为呼气比吸气更为困难。

6. 何谓氧解离曲线? 氧离曲线有何特点和生理意义?

答:氧解离曲线是指 PO_2 与 Hb 氧结合量或 Hb 氧饱和度的关系曲线。氧解离曲线的特点和生理意义参见表 5-5。

7. 简述影响氧解离曲线的因素。

答:影响氧解离曲线的因素也即影响 Hb 与 O_2 的亲力的因素,它们可使氧解离曲线的位置发生偏移。这些影响因素主要包括以下几个方面:①pH 和 PCO_2 : pH 降低或 PCO_2 升高时,由于 H^+ 和 CO_2 的作用,使 Hb 的构型由疏松型变为紧密型,对 O_2 的亲力降低,氧解离曲线右移。②温度:温度升高时, H^+ 活度增加,通过 H^+ 作用,可使 Hb 与 O_2 亲力降低,氧解离曲线右移。③2,3-DPG:在慢性缺氧、贫血等情况下,糖酵解加强,导致 2,3-DPG 升高,也可通过 H^+ 升高的间接作用,使 Hb 由疏松型变为紧密型,氧解离曲线右移。④CO 中毒:CO 既影响 Hb 与 O_2 的结合,又妨碍 Hb 与 O_2 的解离,危害极大。⑤Hb 的自身特性:如 Hb 的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,便失去携 O_2 能力。

8. 机体发生代谢性酸中毒时,呼吸运动有何变化? 为什么?

答:呼吸加深加快。因为代谢性酸中毒时,由于酸性代谢产物在体内堆积,血液 H^+ 浓度升高,主要通过刺激外周化学感受器,使呼吸加深加快。由于 H^+ 不易通过血-脑屏障, H^+ 对中枢化学感受器的刺激作用较小。通过排出 CO_2 增多,可以缓冲血液 pH 的变化,参与纠正代谢性酸中毒时 pH 的减低。

9. 动物实验中,吸入气 CO_2 浓度增加对动物的呼吸运动有何影响? 为什么?

答:随着吸入气 CO_2 浓度的增加对动物的呼吸运动呈现兴奋和抑制双重影响。在一定范围内,吸入气中 CO_2 浓度升高可使呼吸加深加快。因为吸入气中 CO_2 浓度升高,将引起肺泡气及动脉血 PCO_2 升高,血液中的 CO_2 极易通过血-脑屏障,使中枢化学感受器周围环境 H^+ 浓度升高,刺激中枢化学感受器,兴奋呼吸中枢,导致呼吸加深加快。另外,动脉血 PCO_2 升高也可刺激外周化学感受器,兴奋沿传入神经到达延髓呼吸相关核团,使呼吸加深加快。但是,吸入气 CO_2 浓度过高,将导致体内 CO_2 积聚,抑制中枢神经系统包括呼吸中枢的活动,甚至出现 CO_2 麻醉。

10. 在平原生活的居民初到高原地区时,呼吸运动有何变化? 为什么?

答:可能出现呼吸加深加快。因高海拔地区气压下降, PO_2 降低,将导致肺泡和动脉血 PO_2 降低,进而刺激外周化学感受器而引起呼吸加深加快。呼吸加深加快又引起 CO_2 排出过多,将导致动脉血 PCO_2 降低而减轻缺氧对呼吸的刺激作用。

四、思考题

1. 答:肺顺应性的高低反映肺弹性阻力的大小。肺弹性阻力是吸气的阻力和呼气的动力。因此,顺应性过分减小时表示肺弹性阻力增大,使患者出现吸气困难。顺应性过分增大时表示肺弹性阻力降低,在呼气时肺不易回缩,可能导致呼气困难。正如临床上所见的 COPD 病人,他们肺泡外面的弹性纤维和胶原纤维两种纤维受到一定程度的破坏,因此,肺(静态)顺应性是增加,出现呼气困难和肺气肿。肺顺应性过分减小或过分增大都不利于呼吸活动。

2. 答:(1) 该患者右胸有伤口,在呼吸过程中有气体通过伤口进出。经临床进一步检查,诊断为右侧开放性气胸,气胸后右侧肺萎陷,不能进行正常的肺通气和肺换气。由于右侧肺的通气和换气功能障碍,所以引起患者动脉血 PO_2 降低, PCO_2 升高和 pH 降低,导致呼吸性酸中毒,是否同时存在代谢性酸中毒需要检测结合血中碳酸氢根浓度。

(2) 该患者有长期吸烟史, 烟雾的刺激导致黏膜纤毛系统结构和功能异常, 通常可导致患者通气功能和弥散功能下降。该患者术后血气分析正常, 而肺功能检测 FEV_1/FVC 明显低于正常, 表明该患者通气功能已经受损, 换气功能尚可(需做弥散功能进一步评估), 提示他有慢性阻塞性肺疾病。而肺活量轻微降低说明该患者可能还在疾病的早期阶段。但必须戒烟和定期肺功能检查。

3. 答: (1) 阻塞性肺气肿时, 由于肺内通气分布不均, 部分肺泡通气严重缺乏, 导致通气/血流比值失调, 而出现功能性动-静脉短路。因为动-静脉血液之间 PO_2 差较 PCO_2 差大, 所以功能性动-静脉短路动脉血 PO_2 下降的程度大于 PCO_2 升高的程度; 由于 CO_2 的扩散系数是 O_2 的 20 倍, 所以 CO_2 扩散比 O_2 快, 缺 O_2 和 CO_2 潴留时, 通过刺激化学感受器, 呼吸加深加快, 更利于 CO_2 的排出, 故 CO_2 不易潴留; 由于氧解离曲线呈“S”型, 而 CO_2 解离曲线接近线性的特点, 动脉血 PO_2 下降和 PCO_2 升高所引起的呼吸增强增快和肺泡通气量增加, 有助于 CO_2 的排出, 却几乎无助于 O_2 的摄取。因此, 该患者缺 O_2 比 CO_2 潴留更明显。

(2) 宜吸入低浓度 O_2 以改善缺 O_2 并避免抑制呼吸中枢。由于肺通气和肺换气功能障碍, 导致体内缺 O_2 、 CO_2 潴留和高碳酸血症, CO_2 潴留和高碳酸血症长时间作用的结果使中枢化学感受器对 CO_2 刺激的敏感性降低, 而外周化学感受器的适应发生很慢, 此时, 主要靠低 O_2 刺激外周化学感受器维持呼吸运动和肺通气。而病人吸入纯 O_2 后 PO_2 升高, 则低 O_2 对呼吸的刺激作用被解除, 反而抑制呼吸运动, 不利于呼吸运动的维持和缺 O_2 的改善。这类患者应通过吸入低浓度 O_2 , 达到既改善缺 O_2 又不抑制呼吸中枢活动的目的。

4. 答: (1) CO 中毒对血液的 O_2 运输功能危害极大。 CO 与 Hb 的亲合力约为 O_2 与 Hb 亲和力的 250 倍, CO 极易取代 O_2 , 阻断 O_2 与 Hb 的结合运输, 使血氧含量和血氧饱和度明显降低; CO 也可妨碍 HbO_2 中 O_2 的解离, 使氧解离曲线左移, 血液流经组织时 O_2 的释放明显减少, 导致机体严重缺 O_2 。此外, CO 中毒时, 虽然血 O_2 含量明显降低, 但 PO_2 基本正常, 因而不能通过刺激外周化学感受器而加强呼吸运动, 即不能通过增加肺通气量来改善机体缺氧。

(2) 发生 CO 中毒, 应立即脱离中毒环境; 吸入新鲜空气或纯 O_2 , 以利于 O_2 和 CO 争夺 Hb 结合位点, 加速 $HbCO$ 解离出 CO , 增加 CO 的排出, 并可提高血氧饱和度, 改善机体缺 O_2 状况。对于严重 CO 中毒的患者, 可采用高压氧舱治疗, 以增加血液中溶解的 O_2 , 提高动脉血 PO_2 , 促进毛细血管血液内的 O_2 向组织扩散, 从而迅速纠正组织缺氧。

(沈霖霖)

第六章

消化和吸收

学习目标

1. 掌握 消化道平滑肌的电生理特性;消化道的神经支配及其作用;主要胃肠激素的生理作用;胃液的性质、成分和作用以及胃液分泌的调节;胃排空及其控制;胰液及胆汁的成分、作用及其分泌的调节;小肠运动的形式和作用;营养物质的吸收部位及机制。
2. 熟悉 消化道对食物的消化方式;消化道平滑肌的一般生理特性;消化腺的分泌功能及消化系统的内分泌功能;壁细胞分泌盐酸的过程;胃的运动形式及生理意义;肝脏的消化功能;小肠液分泌的调节;几种主要物质的吸收(糖、脂类、蛋白质、水、无机盐和维生素)。
3. 了解 唾液的成分、作用及分泌调节;咀嚼与吞咽;小肠液的性质、成分和作用及其调节;大肠内消化;大肠液的分泌及大肠运动形式、排便反射。

知识要点

食物在消化道内被分解为可吸收的小分子物质的过程,称为消化。经消化后的营养成分透过消化道黏膜进入血液或淋巴液的过程,称为吸收。

一、消化生理概述

(一) 消化道平滑肌的特性

1. 消化道平滑肌的一般生理特性 兴奋性较低,收缩缓慢;自律性较慢且不规则;具有紧张性;富有伸展性;对电刺激较不敏感,而对机械牵拉、温度和化学性刺激敏感。

2. 消化道平滑肌的电生理特性

(1) 静息电位:消化道平滑肌的静息电位较小,且不稳定。

(2) 慢波电位:消化道平滑肌细胞在静息电位的基础上,自发地产生周期性的轻度去极化和复极化,由于其频率较慢,故称为慢波;因慢波频率对平滑肌的收缩节律起决定性作用,故又称基本电节律。慢波起源于消化道纵行肌和环行肌之间的 Cajal 间质细胞,被认为是胃肠运动的起搏细胞。

(3) 动作电位:消化道平滑肌细胞动作电位的去极化主要依赖 Ca^{2+} 内流,复极化由 K^+ 外流所致。

平滑肌慢波、动作电位和收缩之间的关系可归纳为:收缩主要继动作电位之后产生,而动作电位则在慢波去极化的基础上发生。因此,慢波被认为是平滑肌收缩的起步电位,是平滑肌收缩节律的控制波,它决定消化道运动的方向、节律和速度。

(二) 消化腺的分泌功能

①稀释食物;②提供适宜的 pH 环境;③由多种消化酶水解食物中的大分子营养物质,使之便于被吸收;④黏液、抗体和大量液体能保护消化道黏膜,以防物理性和化学性损伤。

(三) 消化道的神经支配及其作用

1. 外来神经

(1) 副交感神经:支配消化道的副交感神经主要来自迷走神经和盆神经。

(2) 交感神经:支配消化道的交感神经节前纤维来自第 5 胸段至第 2 腰段脊髓侧角。

2. 内在神经丛 消化道管壁内含有两层内在的神经结构,称为肠神经系统。根据其所在位置又分为黏膜下神经丛和肌间神经丛。构成一个完整的、相对独立的整合系统,可完成局部反射。

(四) 消化系统的内分泌功能

1. APUD 细胞和胃肠激素 消化道从胃到大肠的黏膜层内存在 40 多种内分泌细胞,这些细胞都具有摄取胺的前体、进行脱羧而产生肽类或活性胺的能力。通常将这类细胞统称为 APUD 细胞。由于这些内分泌细胞合成和释放的多种激素主要在消化道内发挥作用,因此把这些激素合称为胃肠激素。五种主要胃肠激素的主要生理作用见表 6-1。

表 6-1 五种主要胃肠激素的主要生理作用及引起释放的刺激物

激素名称	主要生理作用	引起释放的刺激物
促胃液素	促进胃酸和胃蛋白酶分泌,使胃窦和幽门括约肌收缩,延缓胃排空,促进胃肠运动和胃肠上皮生长	蛋白质消化产物、迷走神经递质、扩张胃
缩胆囊素	刺激胰液分泌和胆囊收缩,增强小肠和大肠运动,抑制胃排空,增强幽门括约肌收缩,松弛壶腹括约肌,促进胰腺外分泌部的生长	蛋白质消化产物、脂肪酸
促胰液素	刺激胰液及胆汁中的 HCO_3^- 分泌,抑制胃酸分泌和胃肠运动,收缩幽门括约肌,抑制胃排空,促进胰腺外分泌部生长	盐酸、脂肪酸
抑胃肽	刺激胰岛素分泌,抑制胃酸和胃蛋白酶分泌,抑制胃排空	葡萄糖、脂肪酸和氨基酸
胃动素	在消化间期刺激胃和小肠的运动	迷走神经、盐酸和脂肪

胃肠激素的生理作用:①调节消化腺分泌和消化道运动;②调节其他激素的释放;③营养作用。

2. 脑-肠肽 一些被认为是胃肠激素的肽类物质也存在于中枢神经系统,而原来认为只存在于中枢神经系统的神经肽也在消化道中被发现。这些在消化道和中枢神经系统内双重分布的肽类物质统称为脑-肠肽。

二、口腔内消化和吞咽

唾液由多种唾液腺分泌,消化作用较弱

三、胃内消化

食物入胃后,经过胃的机械性和化学性消化,食团逐渐被胃液水解和胃运动研磨,形成食糜(chyme)。

(一) 胃液的分泌

1. 胃液的性质、成分和作用 纯净的胃液是一种无色的酸性液体, pH 0.9~1.5, 主要成分有盐酸、胃蛋白酶原、黏液、内因子和碳酸氢盐

(1) 盐酸: 胃液中的盐酸也称胃酸。盐酸的分泌: 壁细胞上的质子泵主动分泌 H^+ , Cl^- 则来自于血液。

盐酸的生理作用: ①激活胃蛋白酶原, 并为胃蛋白酶提供适宜的酸性环境; ②使食物中的蛋白质变性, 从而有利于蛋白质的水解; ③杀灭随食物进入胃内的细菌; ④促进胰液、胆汁和小肠液分泌; ⑤促进小肠对铁和钙的吸收。

(2) 胃蛋白酶原: 主要由胃泌酸腺的主细胞合成和分泌。进入胃腔后, 在 HCl 和被激活的胃蛋白酶作用下, 转变成有活性的胃蛋白酶。可将蛋白质分解成胨和胨、少量多肽以及氨基酸。

(3) 内因子: 为壁细胞分泌的糖蛋白, 与进入胃内的维生素 B_{12} 结合, 可保护维生素 B_{12} 免遭肠内水解酶破坏。并促进其在回肠的吸收。缺乏内因子可导致维生素 B_{12} 的吸收障碍, 造成恶性贫血。

(4) 黏液 - 碳酸氢盐: 胃液中的黏液由胃黏膜表面的上皮细胞、泌酸腺、贲门腺和幽门腺的黏液细胞共同分泌, 其主要成分为糖蛋白。在胃黏膜表面形成一层厚约 $500\mu m$ 的保护层; 胃黏膜内的非泌酸细胞能分泌 HCO_3^- , HCO_3^- 与胃黏膜表面的黏液联合形成黏液 - 碳酸氢盐屏障, 它能有效地保护胃黏膜不受胃内盐酸和胃蛋白酶的损伤。胃黏膜上皮相邻的上皮细胞顶端膜之间存在的紧密连接也形成胃黏膜的屏障, 可防止胃腔内的 H^+ 向黏膜扩散。

胃黏膜上皮细胞的顶端膜和相邻细胞侧膜之间存在紧密连接, 这种结构可防止胃腔内的 H^+ 向黏膜上皮细胞内扩散, 称为胃黏膜屏障。

2. 胃和十二指肠黏膜的细胞保护作用 胃及十二指肠黏膜具有很强的细胞保护作用, 即胃和十二指肠黏膜能合成和释放某些具有防止或减轻各种有害刺激对细胞损伤和致坏死的物质。近来发现, 胃及十二指肠黏膜和肌层中含有高浓度的前列腺素和表皮生长因子, 它们可以有效抵抗强酸、强碱、酒精和胃蛋白酶等物质对消化道黏膜的损伤。目前已公认, 幽门螺杆菌感染可导致消化性溃疡。

3. 消化期胃液分泌

(1) 头期胃液分泌: 引起头期胃液分泌的机制包括条件反射和非条件反射。前者是指食物的颜色、形状、气味、声音等对视、听、嗅觉器官的刺激引起的反射; 后者则是当咀嚼和吞咽时, 食物刺激口、咽等处的机械和化学感受器, 这些感受器的信号经传入神经传到相应的中枢, 迷走神经是这些反射共同的传出神经。头期胃液的分泌主要是通过迷走神经节后纤维末梢释放 ACh , 直接刺激胃腺液分泌, 也可通过迷走神经节后纤维末梢释放促胃液素释放肽作用于胃窦部的 G 细胞, 引起促胃液素释放间接促进胃液分泌。头期胃液分泌的特点是持续时间长, 量多, 酸度及胃蛋白酶原的含量均很高; 且和食欲有很大关系。

(2) 胃期胃液分泌: 食物入胃后, 可经三条途径刺激胃液分泌: ①食物直接扩张胃, 刺激胃底、胃体部感受器, 通过迷走 - 迷走神经长反射和壁内神经丛的短反射, 直接或通过促胃液素间接引起胃腺分泌; ②扩张刺激幽门的感受器, 通过壁内神经丛作用于 G 细胞, 引起促胃液素释放; ③食物中蛋白质的消化产物肽和氨基酸, 可直接作用于 G 细胞, 引起促胃液素分泌。胃期分泌的胃液量约占进食后总分泌量的 60%, 酸度和胃蛋白酶原的含量也很高。

(3) 肠期胃液分泌: 主要是通过体液因素引起的。食糜进入小肠后, 通过机械性和化学性刺激作用于小肠黏膜, 可使其分泌一种或几种胃肠激素, 通过血液循环再作用于胃。在食糜的作用下, 十二指肠黏膜除了能释放促胃液素外, 还能释放肠泌酸素, 也能刺激胃酸分泌。肠期分泌的胃液

量少,酸度不高,消化能力也不很强。

4. 调节胃液分泌的神经和体液因素

(1) 促进胃液分泌的主要因素:迷走神经、组胺、促胃液素等。

(2) 抑制胃液分泌的因素:盐酸、脂肪和高张溶液等。

(二) 胃的运动

头区包括胃底和胃体的上 1/3,它的运动较弱,主要功能是储存食物;尾区为胃体的下 2/3 和胃窦,它的运动较强。

1. 胃的运动形式

(1) 紧张性收缩:使胃腔内保持一定的压力,维持胃的形状和位置。

(2) 容受性舒张:容纳食物,并保持胃内压相对稳定。

(3) 蠕动:形成食糜并将其推入十二指肠。

2. 胃排空及其控制

(1) 胃的排空:食物由胃排入十二指肠的过程称为胃排空。排空速度与食物的物理性状及化学组成有关。排空顺序:糖 > 蛋白质 > 脂肪。胃排空过程受胃 - 十二指肠压力差以及肠 - 胃反射等因素的影响。

(2) 胃排空及其控制:①胃内因素促进胃排空。胃内的食物促进胃排空。②十二指肠内因素抑制胃排空:十二指肠内的酸、脂肪和高渗状态抑制胃排空。

胃排空的直接动力是胃和十二指肠内的压力差,而其原动力则为胃平滑肌的收缩。当胃运动加强使胃内压大于十二指肠内压时,便发生一次胃排空;在食糜进入十二指肠后,受十二指肠内因素的抑制,胃运动减弱而使胃排空暂停;随着胃酸被中和,食物的消化产物逐渐被吸收,对胃运动的抑制消除,胃的运动又逐渐增强,胃排空再次发生。如此反复,直至食糜全部由胃排入十二指肠为止。可见,胃排空是间断进行的。

3. 消化间期胃的运动 胃在空腹状态下除存在紧张性收缩外,也出现以间歇性强力收缩伴有较长时间的静息期为特点的周期性运动,称为消化间期移行性复合运动(MMC)。

四、小肠内消化

小肠内消化是整个消化过程中最重要的阶段。

(一) 胰液的分泌

胰腺的外分泌物为胰液,是由胰腺的腺泡细胞和小导管管壁细胞所分泌的,具有很强的消化能力。

1. 胰液的性质、成分和作用 胰液的 pH 为 7.8~8.4, HCO_3^- 的含量很高。 HCO_3^- 的主要作用是中和进入十二指肠的胃酸,使肠黏膜免受强酸的侵蚀;同时也提供小肠内多种消化酶活动的最适 pH 环境(pH7~8)。

胰液中的有机物主要是多种消化酶。

(1) 胰淀粉酶:对生的和熟的淀粉水解效率都很高。

(2) 胰脂肪酶:可分解三酰甘油为脂肪酸、一酰甘油和甘油。

(3) 胰蛋白酶和糜蛋白酶:这两种酶均以无活性的酶原形式存在于胰液中。肠液中的肠激酶是激活胰蛋白酶原的特异性酶,可使胰蛋白酶原变为有活性的胰蛋白酶,已被激活的胰蛋白酶也能激活胰蛋白酶原而形成正反馈,加速其活化。此外,酸、组织液等也能使胰蛋白酶原活化。糜蛋白酶原主要在胰蛋白酶作用下转化为有活性的糜蛋白酶。胰蛋白酶和糜蛋白酶的作用极为相似,

都能分解蛋白质为肽和胨,当两者一同作用于蛋白质时,则可将蛋白质消化为小分子多肽和游离氨基酸。

胰液由于含有水解糖、脂肪和蛋白质三类营养物质的消化酶,因而是最重要的消化液。

2. 胰液分泌的调节 进食后,胰液便开始分泌。

(1) 神经调节:食物的性状、气味以及食物对口腔、食管、胃和小肠的刺激都可通过神经反射(包括条件反射和非条件反射)引起胰液分泌。反射的传出神经主要是迷走神经,其末梢释放 ACh 直接作用于胰腺,也可通过引起促胃液素的释放,间接引起胰腺分泌。迷走神经主要作用于胰腺的腺泡细胞,对小导管细胞的作用较弱,因此,迷走神经兴奋引起胰液分泌的特点是水和碳酸氢盐含量很少,而酶的含量却很丰富。

(2) 体液调节

1) 促胰液素:当酸性食糜进入小肠后,可刺激小肠黏膜中的 S 细胞释放促胰液素。刺激由强至弱顺序为:盐酸 > 蛋白质分解产物 > 脂酸钠,糖类几乎没有刺激作用。引起小肠内促胰液素释放的 pH 在 4.5 以下。

促胰液素主要作用于胰腺小导管上皮细胞,使其分泌大量的水和 HCO_3^- ,因而使胰液的分泌量大为增加,而酶的含量却很低。

2) 缩胆囊素:主要作用是促进胰液中各种酶的分泌,故也称促胰酶素;它的另一重要作用是促进胆囊强烈收缩,排出胆汁。缩胆囊素对胰腺组织还有营养作用。引起缩胆囊素释放的因素按由强至弱的顺序为蛋白质分解产物 > 脂酸钠 > 盐酸 > 脂肪;糖类没有刺激作用。

影响胰液分泌的体液因素还有胃窦分泌的促胃液素、小肠分泌的血管活性肠肽等。促胰液素和缩胆囊素之间存在协同作用。

(二) 胆汁的分泌和排出

肝细胞能持续分泌胆汁。直接从肝细胞分泌的胆汁称为肝胆汁,储存在胆囊内并由胆囊排出的胆汁称为胆囊胆汁。

1. 胆汁的性质、成分和作用

(1) 胆汁的性质和成分:胆汁呈弱碱性(pH 7.4)。胆囊胆汁因被浓缩而颜色加深,为深棕色,因 HCO_3^- 在胆囊中被吸收而呈弱酸性(pH 6.8)。胆汁中最重要的成分是胆盐,其主要作用是促进脂肪的消化和吸收。

(2) 胆汁的作用:①促进脂肪的消化;②促进脂肪和脂溶性维生素的吸收;③中和胃酸及促进胆汁自身分泌。进入小肠的胆盐绝大部分由回肠黏膜吸收入血,通过门静脉回到肝脏再形成胆汁,这一过程称为胆盐的肠-肝循环。

2. 胆汁分泌和排出的调节 食物是引起胆汁分泌和排出的自然刺激物,食物刺激作用由最强至弱的顺序为:高蛋白 > 高脂肪和混合食物 > 糖类食物。胆汁的分泌和排出受神经和体液因素的调节,以体液调节为主。

(1) 神经调节:进食动作或食物对胃、小肠黏膜的刺激均可通过神经反射引起肝胆汁分泌少量增加,胆囊收缩轻度加强。也可通过促胃液素的释放,间接引起胆汁分泌增加。

(2) 体液调节

1) 促胃液素:可通过血液循环作用于肝细胞引起肝胆汁分泌;也可先引起盐酸分泌,使十二指肠黏膜释放促胰液素,进而促进胆汁分泌。

2) 促胰液素:主要促进胆管上皮分泌大量的水和 HCO_3^- 。

3) 缩胆囊素:引起胆囊收缩,壶腹括约肌舒张,促使胆汁排出。

4) 胆盐:通过胆盐的肠-肝循环返回肝脏的胆盐有刺激肝胆汁分泌的作用。

3. 胆囊的功能 ①储存和浓缩胆汁;②调节胆管内压和排出胆汁。

(三) 小肠液的分泌

小肠液的 pH 约为 7.6, 大量的小肠液可稀释消化产物, 有利于吸收。由小肠腺分泌的酶只有肠激酶一种。食糜对局部黏膜的机械性刺激和化学性刺激均可引起小肠液分泌。小肠黏膜对扩张性刺激是通过肠神经丛的局部反射而起作用的。

(四) 小肠的运动形式

小肠的运动形式有紧张性收缩、分节运动和蠕动。小肠的运动主要受肌间神经丛的调节。

五、肝脏的消化功能和其他生理作用

肝脏是人体内最大的消化腺。

1. 肝脏的功能特点 ①血液供应丰富;②代谢活动活跃。

2. 肝脏主要的生理功能 ①分泌胆汁;②物质代谢功能;③解毒功能;④防御和免疫功能。

3. 肝脏功能的储备及肝脏的再生 肝脏具有巨大的功能储备和再生能力。

六、大肠的功能

大肠的主要功能在于吸收水分和无机盐, 同时还为消化吸收后的食物残渣提供暂时储存场所, 并将食物残渣转变为粪便。

大肠运动的形式:①袋状往返运动;②分节推进和多袋推进运动;③蠕动和集团蠕动。

七、吸收

(一) 吸收的部位和途径

消化管不同部位的吸收能力和速度是不同的, 这主要取决于各部分消化管的组织结构, 以及食物在各部位被消化的程度和停留时间。在口腔和食管内, 食物一般是不被吸收的。在胃内, 只吸收乙醇和少量水分。小肠(空肠)是吸收的主要部位, 回肠具有其独特的功能, 即能主动吸收胆盐和维生素 B_{12} 。

小肠之所以是最重要的吸收部位, 其原因是:①小肠的吸收面积大, 小肠黏膜形成许多环形皱襞, 皱襞上有许多绒毛, 绒毛的上皮细胞上有许多微绒毛, 使小肠黏膜的表面积增加 600 倍, 达到 $200\sim 250\text{m}^2$, 因此, 小肠黏膜具有巨大的吸收面积;②小肠绒毛的结构特殊, 有利于吸收。绒毛内有毛细血管、毛细淋巴管(又称为乳糜管)、平滑肌纤维及神经纤维网, 消化期间小肠绒毛的节律性伸缩与摆动, 可促进绒毛内的血液和淋巴回流;③食物在小肠内停留的时间较长;④在小肠内, 糖、脂肪、蛋白质已被消化为可吸收物质。

营养物质和水可通过两条途径进入血液或淋巴:其一为跨细胞途径, 即通过绒毛柱状上皮细胞的腔面膜进入细胞, 再通过细胞基底膜进入血液或淋巴;另一为旁细胞途径, 即物质或水通过细胞间的紧密连接, 进入细胞间隙, 然后再转入血液或淋巴。

(二) 小肠内主要营养物质的吸收

小肠每日吸收约数百克糖, 100g 以上的脂肪, 50~100g 蛋白质, 50~100g 的各种离子和 7~8L 水。

1. 水的吸收 成人每天约摄入 2L 水, 分泌约 7L 消化液, 因此, 消化道每天吸收约 9L 水。其中空肠吸收 5~6L, 回肠吸收 2L, 结肠吸收 0.4~1L, 而十二指肠净吸收水却很少。水是通过渗透作用被吸收的。即由于肠内营养物质及电解质的吸收, 造成肠内容物低渗, 从而促进水从肠腔经跨

细胞途径和细胞旁途径转入血液。

2. 无机盐的吸收

(1) 钠的吸收: 小肠每天吸收钠 25~30g, 其中摄入的钠 5~8g, 其余为消化液中的钠。钠是主动吸收的, 即由于肠上皮细胞基底侧膜上钠泵的活动所造成的细胞内低钠浓度, 促进肠腔内的 Na^+ 顺浓度差进入细胞内。

(2) 铁的吸收: 人每天吸收铁约 1mg, 仅为每天摄入膳食铁的 5% 左右。食物中的铁主要是 Fe^{3+} , 易与小肠分泌液中的负离子形成不溶性的盐, 故不易吸收, 但其在酸性环境中易于溶解, 所以胃酸可促进铁的吸收。当胃酸缺乏时铁的吸收减少, 易出现缺铁性贫血。维生素 C 可将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , 可促进铁的吸收。铁主要在十二指肠和空肠内被吸收。在绒毛上皮细胞质中, 被转运至细胞内的 Fe^{2+} , 经基底侧膜上的运铁蛋白受体的介导, 再转运至细胞外间隙, 与其中的转铁蛋白结合形成复合物, 然后从细胞外液扩散入血。

(3) 钙的吸收: 从食物中摄入的钙, 30%~50% 在肠内被吸收。 Ca^{2+} 可通过小肠绒毛上皮细胞刷状缘膜上的钙通道顺电 - 化学梯度进入胞质, 再通过基底膜上的 Ca^{2+} - H^+ -ATP 酶 (钙泵) 及钙 - 钠交换进入血中。

3. 糖的吸收 食物中的糖类必须被分解为单糖才能被吸收, 肠道中的单糖主要是葡萄糖、半乳糖和果糖。通过继发性主动转运过程被吸收, 肠腔内 Na^+ 浓度较高时, Na^+ 、葡萄糖与肠绒毛上皮细胞的顶端膜上的载体结合, 形成复合物, 被转运至细胞内, 葡萄糖与 Na^+ 在细胞内分离, 葡萄糖则以易化扩散方式通过基底膜扩散到组织间隙, 再扩散入血。

4. 蛋白质的吸收 以氨基酸、二肽或三肽的形式被吸收。其吸收的机制与葡萄糖相似, 也是通过继发性主动转运而被吸收的。进入细胞内的二肽和三肽被细胞内的二肽酶和三肽酶进一步分解为氨基酸再吸收入血液。

5. 脂类的吸收 脂类吸收的主要形式是甘油一酯、甘油、游离脂肪酸和胆固醇。其中甘油溶于水, 同单糖一起被吸收。其余的脂类与胆盐结合形成水溶性的混合微胶粒。混合微胶粒通过覆盖在小肠刷状缘表面的液体层到达微绒毛, 释放出其内的脂类消化产物。后者则顺浓度梯度扩散入肠上皮细胞, 胆盐则留在肠腔内, 形成新的混合微胶粒, 反复转运脂类消化产物, 最后在回肠被吸收。脂类消化产物进入肠上皮细胞后, 其长链脂肪酸和甘油一酯重新合成为甘油三酯, 胆固醇被酯化为胆固醇酯。甘油三酯和胆固醇酯与细胞内的载脂蛋白形成乳糜微滴, 然后进入淋巴, 中、短链脂肪酸则直接进入血液。

6. 维生素的吸收 大部分维生素在小肠上段被吸收, 只有维生素 B_{12} 是在回肠被吸收的。大多数水溶性维生素 (如维生素 B_1 、 B_2 、 B_6 、PP) 是通过依赖于 Na^+ 的同向转运体被吸收的。维生素 B_{12} 须先与内因子结合成复合物后, 再到回肠被主动吸收。

复习思考题

一、名词解释

1. gastrointestinal hormone

2. trophic action of gastrointestinal hormone

3. brain-gut peptide

4. proton pump

5. postprandial alkaline tide

6. mucus-bicarbonate barrier
7. gastric receptive relaxation
8. migrating motor complex (MMC)
9. entero-gastric reflex
10. entero-hepatic circulation of bile salt
11. absorption
12. chylomicron
13. transcellular pathway
14. paracellular pathway

二、选择题

【A₁型题】

1. 消化道平滑肌的自动节律性和紧张性主要依赖于
 - A. 食物消化产物的刺激作用
 - B. 交感神经的支配
 - C. 副交感神经的支配
 - D. 壁内神经丛的作用
 - E. 平滑肌本身的特性
2. 形成消化道平滑肌静息电位的主要离子是
 - A. Cl^-
 - B. K^+
 - C. Na^+
 - D. Ca^{2+}
 - E. Mg^{2+}
3. 消化道平滑肌的慢波起源于
 - A. 纵行肌层
 - B. Cajal 间质细胞
 - C. 环行肌层
 - D. 浆膜层
 - E. 黏膜层
4. 对胃肠平滑肌收缩节律起决定性作用的是
 - A. 静息电位的数值
 - B. 动作电位的幅度
 - C. 动作电位的频率
 - D. 慢波的频率
 - E. 平滑肌本身的节律
5. 消化道平滑肌细胞动作电位去极化相主要依赖的离子是
 - A. Na^+ 内流
 - B. K^+ 内流
 - C. Ca^{2+} 内流
 - D. Ca^{2+} 与 K^+ 内流
 - E. K^+ 与 Na^+ 内流
6. 关于消化道平滑肌慢波的叙述,错误的是
 - A. 在胃肠不收缩的情况下,也可记录到慢波电位
 - B. 慢波的波幅和频率与平滑肌组织的种类无关
 - C. 慢波起源于纵行肌和环行肌之间的 Cajal 间质细胞
 - D. 慢波的产生是肌源性的
 - E. 动作电位是在慢波去极化的基础上发生
7. 正常人每日由各种消化腺分泌的消化液总量可达
 - A. 1~2L
 - B. 3~4L
 - C. 5~6L
 - D. 6~8L
 - E. 8~10L
8. 消化腺细胞分泌消化液的形式是
 - A. 单纯扩散
 - B. 主动转运
 - C. 易化扩散
 - D. 出胞作用
 - E. 被动转运
9. 支配消化道的交感神经末梢释放的神经递质是
 - A. 多巴胺
 - B. 去甲肾上腺素
 - C. 乙酰胆碱

- D. γ -氨基丁酸 E. 肾上腺素
10. 刺激交感神经对胃肠道的影响是
 A. 胃肠运动抑制,分泌抑制 B. 胃肠运动增强,分泌增强
 C. 胃肠运动增强,分泌抑制 D. 胃肠运动抑制,分泌增强
 E. 胃肠运动增强,分泌无明显变化
11. 人体内最大最复杂的内分泌器官是
 A. 甲状腺 B. 脑垂体 C. 下丘脑
 D. 性腺 E. 消化道
12. 引起促胰液素释放作用最强的物质是
 A. 葡萄糖 B. HCl C. 脂酸钠
 D. 淀粉 E. 蛋白质分解产物
13. 下列哪种物质不是消化道内分泌细胞分泌的
 A. 生长抑素 B. 生长激素 C. P 物质
 D. 胰多肽 E. 胰高血糖素
14. 哪项 pH 对唾液淀粉酶的消化活动最适宜
 A. 2.0~3.0 B. 4.0~5.0 C. 6.0~7.0
 D. 8.0~9.0 E. 12.0~13.0
15. 有关唾液的生理作用,错误的是
 A. 唾液可湿润与溶解食物,使食物易于吞咽,并引起味觉
 B. 唾液可清除口腔中的残余食物
 C. 唾液可冲淡、中和、清除进入口腔的有害物质
 D. 唾液可使淀粉分解为麦芽糖
 E. 唾液可使蛋白质初步分解
16. 支配唾液腺的副交感神经受刺激,引起何种唾液分泌
 A. 量多、固体成分多的唾液 B. 量少、固体成分少的唾液
 C. 量少、固体成分多的唾液 D. 量多、固体成分少的唾液
 E. 唾液量不变
17. 胃液分泌的描述,哪一项是错误的
 A. 主细胞分泌胃蛋白酶和内因子 B. 壁细胞分泌盐酸
 C. 黏液细胞分泌黏液 D. 幽门腺分泌黏液
 E. 壁细胞分泌内因子
18. 关于胃酸分泌的描述,错误的是
 A. 壁细胞分泌
 B. 需要消耗能量
 C. 质子泵在 H^+ 分泌中起关键作用
 D. H^+ 的分泌与 K^+ 的细胞内转运相耦联
 E. 壁细胞分泌 HCO_3^- 增多时,血浆 pH 将下降
19. 胃蛋白酶原转变成胃蛋白酶的激活物为
 A. Cl^- B. Na^+ C. HCl
 D. K^+ E. 内因子

20. 胃黏膜屏障的作用是
- A. 防止胃蛋白酶消化胃黏膜
 - B. 防止 Cl^- 由胃腔侵入黏膜
 - C. 防止 Ca^{2+} 从黏膜向胃肠弥散
 - D. 防止 H^+ 由胃腔侵入黏膜
 - E. 防止 Na^+ 从黏膜向胃肠弥散
21. 进食引起的胃液分泌属于
- A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 神经和体液双重调节
 - D. 正反馈调节
 - E. 负反馈调节
22. 头期胃液分泌的特点是
- A. 酸度高,胃蛋白酶含量尤其低
 - B. 酸度低,胃蛋白酶含量尤其高
 - C. 酸度及胃蛋白酶含量均高
 - D. 酸度及胃蛋白酶含量低
 - E. 分泌量很少,消化力很低
- *23. 胃期胃液分泌的调节描述,错误的是
- A. 扩张刺激胃底胃体,通过迷走-迷走长反射
 - B. 扩张刺激胃底胃体,通过壁内神经丛短反射
 - C. 蛋白质消化产物引起促胃液素释放
 - D. 盐酸进入小肠引起促胃液素释放
 - E. 盐酸进入十二指肠抑制胃液分泌
24. 不能刺激胃酸分泌的是
- A. 迷走-迷走反射
 - B. 壁内神经丛短反射
 - C. 食物机械扩张刺激胃幽门部
 - D. 促胰液素
 - E. 促胃液素
25. 可以促进胃酸分泌的内源性物质是
- A. 促胰液素
 - B. 抑胃肽
 - C. ACh
 - D. 表皮生长因子
 - E. 生长抑素
26. 哪一项不能引起促胃液素分泌增多
- A. 食物刺激小肠上端黏膜
 - B. 扩张刺激幽门部黏膜
 - C. 肉汤灌注幽门部黏膜
 - D. 盐酸灌注幽门部黏膜
 - E. 刺激迷走神经
27. 关于促胃液素对胃作用的描述,错误的是
- A. 刺激壁细胞分泌大量盐酸
 - B. 促进胃腺黏液细胞分泌大量黏液
 - C. 促进胃黏膜生长
 - D. 促进胃的运动
 - E. 对主细胞分泌胃蛋白酶原有轻度刺激作用
- *28. 胃容受性舒张是通过哪一途径实现的
- A. 交感神经兴奋
 - B. 迷走神经引起胃黏膜释放前列腺素
 - C. 迷走神经末梢释放肽类物质
 - D. 迷走神经末梢释放 ACh
 - E. 壁内神经丛兴奋
29. 胃特有的运动形式是

- A. 紧张性收缩 B. 容受性舒张 C. 蠕动 D. 分节运动 E. 集团蠕动
30. 关于消化道运动的作用, 错误的是
- A. 磨碎食物 B. 使食物与消化液充分混合 C. 使食物大分子水解成小分子 D. 向消化道远端推送食物 E. 使消化管内保持一定压力
31. 三大营养物质经胃排空的速度由快至慢的排列顺序是
- A. 糖类、蛋白质、脂肪 B. 蛋白质、脂肪、糖类 C. 脂肪、糖类、蛋白质 D. 蛋白质、糖类、脂肪 E. 糖类、脂肪、蛋白质
32. 关于胃排空的叙述, 错误的是
- A. 胃的蠕动是胃排空的动力 B. 迷走神经兴奋促进胃排空 C. 液体食物排空速度快于固体食物 D. 糖类食物排空最快, 蛋白质最慢 E. 混合性食物在进餐后 6 小时完全排空
33. 关于胃排空的描述哪一项是错误的
- A. 胃内食糜由胃排入十二指肠的过程称为胃排空 B. 胃排空是连续进行的 C. 胃排空决定于幽门两侧的压力差 D. 胃排空受十二指肠内容物 pH 的影响 E. 胃排空速度与胃内容物的体积呈直线关系
34. 引起胰蛋白酶原活化最主要的物质是
- A. 组织液 B. 肠激酶 C. 胰蛋白酶本身 D. 盐酸 E. 糜蛋白酶
35. 糜蛋白酶原的激活依赖于
- A. 胰蛋白酶 B. HCO_3^- C. HCl D. 组织液 E. 肠激酶
36. 对脂肪、蛋白质消化作用最强的消化液是
- A. 唾液 B. 胃液 C. 胰液 D. 胆汁 E. 小肠液
37. 迷走神经兴奋引起胰液分泌的特点是
- A. 水少, 碳酸氢盐和酶含量丰富 B. 水和碳酸氢盐的含量少, 酶含量丰富 C. 水多, 碳酸氢盐和酶含量也丰富 D. 水少, 碳酸氢盐和酶含量也少 E. 水和碳酸氢盐的含量多, 酶含量少
38. 使促胰液素释放的因素由强到弱的顺序为
- A. 脂酸钠、蛋白质分解产物、盐酸 B. 蛋白质分解产物、脂酸钠、盐 C. 盐酸、蛋白质分解产物、脂酸钠 D. 盐酸、脂酸钠、蛋白质分解产物

E. 蛋白质分解产物、盐酸、脂酸钠

39. 关于胰液分泌的调节,错误的是

A. 在非消化期,胰液基本上不分泌

B. 食物是促进胰液分泌的自然因素

C. 体液因素主要是促胰液素和胆囊收缩素

D. 迷走神经兴奋,促胰液素分泌增多

E. 胰腺分泌受神经与体液调节的双重控制,而以神经调节为主

40. 促胰液素能促进胰腺分泌

A. 大量水和碳酸氢盐,酶含量较少

B. 少量水和碳酸氢盐,酶的含量也很少

C. 少量水和碳酸氢盐,酶的含量很丰富

D. 大量水,而碳酸氢盐和酶的含量很少

E. 大量的碳酸氢盐,水和酶含量也丰富

41. 酸性食糜进入小肠引起大量胰液分泌的主要机制是

A. 交感神经兴奋

B. 迷走神经兴奋

C. 小肠黏膜释放促胃液素

D. 小肠黏膜释放促胰液素

E. 小肠黏膜释放缩胆囊素

42. 缩胆囊素能引起胰腺分泌

A. 酶多、碳酸氢钠与水较少

B. 酶少、碳酸氢钠与水多

C. 酶、碳酸氢钠与水同样多

D. 酶与碳酸氢钠均多、水少

E. 碳酸氢钠多、水少

43. 引起胆囊收缩的一个重要体液因素是

A. 促胃液素

B. 促胰液素

C. 缩胆囊素

D. 胆盐

E. 盐酸

44. 胰腺分泌 HCO_3^- , 错误的是

A. 由胰腺内小导管上皮细胞分泌

B. 为胰酶提供适宜的作用环境

C. 防止盐酸对十二指肠黏膜的侵蚀

D. 缩胆囊素可引起 HCO_3^- 大量分泌

E. 胃酸进入十二指肠后可间接刺激 HCO_3^- 的分泌

45. 下列哪种物质不属于胆汁的成分

A. 电解质

B. 胆酸盐

C. 脂肪酶

D. 胆固醇

E. 胆色素

46. 食物通过消化道时,在哪一部位停留时间最长

A. 食管

B. 胃

C. 小肠

D. 结肠

E. 直肠

47. 不是促胃液素作用的是

A. 促进胃酸分泌

B. 与缩胆囊素有协同作用

C. 促进肝细胞分泌胆汁

D. 促进小肠液的分泌

E. 促进胃液中水和 HCO_3^- 的大量分泌

48. 关于分节运动的叙述,错误的是
- 是小肠所特有的
 - 分节运动存在频率梯度
 - 空腹时即有明显分节运动
 - 是一种以环形肌为主的节律性舒缩活动
 - 食糜对肠黏膜的刺激使分节运动增多
49. 关于大肠功能的叙述,错误的是
- 储存食物残渣,形成粪便
 - 大肠液有保护黏膜、润滑粪便的作用
 - 大肠液中的消化酶对消化起重要作用
 - 进食后往往可发生集团蠕动
 - 大肠内的细菌可合成 B 族维生素和维生素 K
50. 排便反射的初级中枢位于
- 大脑皮质
 - 脑桥
 - 延髓
 - 脊髓胸段
 - 脊髓腰骶段
51. 胆汁的主要作用是
- 促进淀粉水解
 - 激活胰蛋白酶原
 - 杀灭细菌
 - 中和胃液
 - 促进脂肪的消化和吸收
52. 下列关于胃酸生理作用的叙述,错误的是
- 盐酸进入小肠后,可促进胰液、肠液、胆汁的分泌
 - 可使食物中的蛋白质变性而易于分解
 - 可杀死随食物进入胃内的细菌
 - 可促进维生素 B₁₂ 的吸收
 - 能激活胃蛋白酶原,提供胃蛋白酶所需的酸性环境
53. 下列关于胆汁的生理作用的描述,错误的是
- 胆盐、胆固醇、卵磷脂都可乳化脂肪
 - 胆汁可与脂肪酸结合,促进脂肪酸的吸收
 - 胆汁可促进水溶性维生素的吸收
 - 胆汁可以促进脂肪的消化与吸收
 - 胆汁在十二指肠可中和一部分胃酸
54. 能够吸收维生素 B₁₂ 的部位是
- 十二指肠
 - 空肠
 - 回肠
 - 结肠上端
 - 直肠
55. 最容易吸收水分及营养物质的主要部位是
- 十二指肠
 - 胃
 - 食管及胃
 - 大肠
 - 小肠
56. 三大营养物质的消化产物大部分被吸收的部位是
- 十二指肠
 - 空肠及回肠
 - 十二指肠及空肠
 - 十二指肠及回肠
 - 回肠
57. 小肠对糖的选择性吸收,表现在各种单糖吸收速度不同,吸收最快的是

A. 核糖

B. 半乳糖

C. 糖

D. 木糖

E. 甘露醇

58. 水分在小肠的吸收机制是

A. 渗透和滤过

B. 主动转运

C. 入胞作用

D. 单纯扩散

E. 易化扩散

59. 果糖在小肠的吸收机制是

A. 渗透和滤过

B. 主动转运

C. 入胞作用

D. 单纯扩散

E. 易化扩散

60. 氨基酸和葡萄糖在小肠的吸收机制是

A. 渗透和滤过

B. 原发性主动转运

C. 入胞作用

D. 继发性主动转运

E. 易化扩散

61. 水溶性维生素的吸收机制是

A. 渗透和滤过

B. 主动转运

C. 入胞作用

D. 单纯扩散

E. 易化扩散

62. 下列哪项不利于铁的吸收

A. 胃酸

B. 高铁

C. 维生素 C

D. 二价金属转运体

E. 铁转运蛋白 1

63. 吸收铁的主要部位

A. 胃底部

B. 胃窦部

C. 结肠

D. 回肠

E. 小肠上部

64. 胆汁可促进

A. 钙铁的吸收

B. 蛋白质的吸收

C. 糖的吸收

D. 维生素 E 的吸收

E. 维生素 B₁₂ 的吸收

65. 胆汁可以促进脂肪的消化和吸收是因为含有

A. 胆盐

B. 胆红素

C. 胆固醇

D. 胆绿素

E. 脂肪酶

【A₂型题】

66. 将离体肠段置于适宜的环境中, 仍然有节律性的收缩运动, 表明小肠平滑肌

A. 传导性好

B. 有自律性

C. 伸展性好

D. 收缩性强

E. 兴奋性高

*67. 胃大部切除的患者出现贫血, 红细胞体积变小, 其主要原因是

A. 胃酸减少

B. 胃蛋白酶减少

C. 内因子减少

D. HCO₃⁻减少

E. 胃黏液减少

68. 女, 59岁, 上腹部不适, 食欲缺乏 3 年。体重减轻, 乏力半年, 查体: 贫血貌, 上腹部轻压痛。

Hb 87g/L, 胃镜检查: 胃体皱襞稀疏, 黏膜血管透视, 未见肿块与溃疡。考虑的诊断为

A. 萎缩性胃炎

B. 胃癌

C. 慢性浅表性胃炎

D. 慢性淋巴细胞性胃炎

E. 幽门梗阻

*69. 检查发现萎缩性胃炎患者血中促胃液素水平增高。其原因是

A. 交感神经兴奋

B. 迷走神经兴奋

C. 促胰液素分泌减少

D. 肠-胃反射减弱

- E. 胃酸对 G 细胞的抑制作用减弱
70. 萎缩性胃炎患者发生贫血的机制是
- A. 慢性消化道出血 B. 铁利用障碍 C. 蛋白质吸收障碍
- D. 维生素 C 缺乏 E. 内因子缺乏
71. 经常处于高酸和胃蛋白酶环境中的胃黏膜,却不会发生自身消化,是由于存在着自我保护机制。主要机制是
- A. 黏液屏障 B. 黏液细胞保护 C. 碳酸氢盐屏障
- D. 黏液-碳酸氢盐屏障 E. 黏液凝胶层保护
72. 动物实验中,将蛋白质类食物通过胃瘘直接放入胃内,胃液分泌的特点是
- A. 量大、酸度高,消化力较强 B. 量大、酸度低,消化力较强
- C. 量大、酸度高,消化力较弱 D. 量大、酸度低,消化力较弱
- E. 量小、酸度低,消化力较强
73. 在兔的动物实验中,电刺激膈下迷走神经时,不会出现的是
- A. 胃平滑肌收缩 B. 肠道平滑肌收缩 C. 胃液分泌增加
- D. 胰液分泌增加 E. 胃肠道括约肌收缩
74. 胆囊造影时,为检查胆囊的收缩功能,让受试者进食油煎荷包蛋是为了促
- A. 胆盐的合成 B. 胆固醇的合成 C. 胃泌素的分泌
- D. 缩胆囊素的分泌 E. 迷走神经的兴奋
- *75. 幽门梗阻患者最有诊断价值的症状是
- A. 腹胀 B. 贫血 C. 消瘦
- D. 呕吐 E. 脱水
- *76. 幽门梗阻患者出现严重呕吐时,可导致
- A. 代谢性碱中毒 B. 呼吸性碱中毒 C. 代谢性酸中毒
- D. 混合型酸中毒 E. 呼吸性酸中毒
- *77. 幽门梗阻患者因长期呕吐,常发生下列哪一种类型的碱中毒
- A. 低 K^+ 低 Cl^- 性碱中毒 B. 低 K^+ 高 Cl^- 性碱中毒
- C. 高 K^+ 高 Cl^- 性碱中毒 D. 高 K^+ 低 Cl^- 性碱中毒
- E. 以上都不是
- *78. 正常情况下,胰腺的消化酶并不能引起自身消化,主要是由于
- A. 胰液中含有 HCO_3^-
- B. 胰液中有大量的胰酶抑制物
- C. 胰淀粉酶以无活性的形式存在
- D. 胰液分泌量较少,消化作用较弱
- E. 大部分胰酶以无活性的酶原形式存在
79. 急性胰腺炎时,可因胰管内压力升高导致胰小管和胰腺腺泡破裂,出现胰腺组织的自身消化,其主要作用的酶是
- A. 胰淀粉酶 B. 胰蛋白酶 C. 抗胰蛋白酶
- D. 胰脂肪酶 E. 肠激酶
- *80. 胆管梗阻患者体内哪种消化酶的作用减弱
- A. 胰淀粉酶 B. 胰蛋白酶 C. 糜蛋白酶

110. D. 胰脂肪酶 E. 肠激酶
81. 肝硬化、腹水病人,出现水肿与肝脏哪项生理功能有关
A. 蛋白质合成与分解 B. 防御和免疫功能 C. 激素代谢
D. 再生功能 E. 解毒功能
82. 急性菌痢患者出现的“里急后重”现象主要是哪段消化道受炎症刺激引起的
A. 空肠 B. 横结肠 C. 降结肠
D. 乙状结肠 E. 直肠
83. 慢性菌痢患者长期服用广谱抗生素,将会导致哪种维生素的缺乏
A. 维生素 A 和维生素 B 复合物 B. 维生素 D 和维生素 E
C. 维生素 E 和维生素 A D. 维生素 K 和维生素 B 复合物
E. 叶酸和维生素 K
84. VitB₁₂ 是许多代谢过程所必需的,下列哪些情况不会引起其缺乏
A. 胃全切 B. 胃壁细胞的自身免疫性破坏
C. 慢性胃炎引起的胃酸缺乏 D. 外科切除空肠
E. 外科切除回肠
85. 外科医生不轻易切除小肠,尤其是十二指肠和空肠,为什么
A. 小肠有容受性舒张的功能 B. 小肠是主要的消化吸收部位
C. 小肠具有回盲瓣 D. 十二指肠腺和小肠腺是重要的消化腺
E. 小肠含有胰液和胆汁
86. 胃大部切除患者有严重贫血,外周血巨幼红细胞增多,主要是因为下列哪种物质减少而引起的
A. 内因子 B. 维生素 B₁₂ C. HCL
D. HCO₃⁻ E. 黏液
87. 肝损伤的病人胆汁分泌减少,下列说法错误的是
A. 影响脂肪的消化分解 B. 影响脂肪的吸收
C. 脂溶性维生素吸收 D. 影响胃酸的中和
E. 不影响水溶性维生素的吸收

【B 型题】

(88~91 题共用备选答案)

- A. 主细胞 B. 壁细胞 C. 黏液细胞
D. 幽门黏膜中 G 细胞 E. 胃黏膜表面上皮细胞

88. 分泌胃蛋白酶原的是

89. 分泌 HCl 的是

90. 分泌胃泌素的是

91. 分泌内因子的是

(92~93 题共用备选答案)

- A. 阿托品 B. 西咪替丁 C. 前列腺素
D. 奥美拉唑 E. 生长抑素

92. 壁细胞上的 H₂ 受体阻断剂是

93. 胆碱能受体阻断剂是

(94~96 题共用备选答案)

- A. 胃蛋白酶 B. 淀粉酶 C. 胰脂肪酶
D. 胰蛋白酶原 E. 肠激酶

94. 分解蛋白质为肽和肽的是

95. 分解淀粉为麦芽糖的是

96. 分解脂肪为甘油一酯和脂肪酸的是

(97~99 题共用备选答案)

- A. 紧张性收缩 B. 容受性舒张 C. 蠕动
D. 分节运动 E. 集团运动

97. 小肠特有的运动形式是

98. 胃特有的运动形式是

99. 消化道平滑肌共有的运动形式是

(100~103 题共用备选答案)

- A. 肠激酶 B. HCl C. 内因子
D. 胆盐 E. 胰蛋白酶

100. 能激活胃蛋白酶原的物质是

101. 在消化道内能促进维生素 B₁₂ 吸收的物质是

102. 能激活胰蛋白酶原的物质是

103. 95% 在回肠重吸收的物质是

【X 型题】

104. 消化道的生理功能包括

- A. 消化功能 B. 吸收功能
C. 内分泌功能 D. 排泄功能

105. 消化道平滑肌的一般特性包括

- A. 具有紧张性
B. 具有自律性
C. 富有伸展性
D. 对电刺激不敏感, 对温度、化学和牵张刺激敏感

106. 促胃液素的生理作用有

- A. 促进胃酸分泌 B. 促进胃蛋白酶原的分泌
C. 促进胃黏膜的增生 D. 抑制胃的蠕动

107. 胃酸的生理作用有

- A. 激活胃蛋白酶原 B. 使蛋白质变性
C. 杀菌 D. 促进小肠吸收铁和钙

108. 促进胃酸分泌的物质包括有

- A. 乙酰胆碱 B. 组织胺
C. 促胃液素 D. 促胰液素

109. 抑制胃酸分泌的因素有

- A. 盐酸 B. 脂肪
C. 高张溶液 D. 阿托品

110. 胃的运动形式有

- A. 紧张性收缩
- B. 分节运动
- C. 容受性舒张
- D. 蠕动

111. 影响胃排空速度的因素包括

- A. 胃内食物的性质
- B. 胃内食物的量
- C. 胃内容物的 pH
- D. 肠抑胃素

112. 激活胰蛋白酶原的物质

- A. 胃蛋白酶
- B. 胰蛋白酶
- C. 糜蛋白酶
- D. 肠激酶

113. 促进胰液分泌的因素有

- A. 迷走神经兴奋
- B. 交感神经兴奋
- C. 促胰液素
- D. 缩胆囊素

114. 十二指肠内注入大量盐酸可引起

- A. 胃液分泌
- B. 胰液大量分泌
- C. 胆汁大量分泌
- D. 肠液分泌

115. 缩胆囊素的主要生理作用

- A. 抑制碳酸氢盐的分泌
- B. 促进肝细胞分泌胆汁
- C. 促进胰酶的分泌
- D. 促进胆囊收缩

116. 消化道内,与蛋白质消化有关的酶有

- A. 胰淀粉酶
- B. 胰蛋白酶
- C. 糜蛋白酶
- D. 羧基肽酶

117. 主要在回肠吸收的物质是

- A. 胆盐
- B. 内因子
- C. 维生素 B₁₂
- D. 氨基酸

118. 为什么小肠能作为营养物质吸收的主要部位

- A. 小肠的血液和淋巴非常丰富
- B. 营养物质已分解成小分子物质
- C. 小肠的吸收面积大
- D. 食物在小肠内停留的时间长

119. 需要钠泵参与吸收过程的物质有

- A. 葡萄糖
- B. 蔗糖
- C. 蛋白质
- D. 氨基酸

120. 下列关于胆汁的描述,正确的是

- A. 非消化期无胆汁分泌
- B. 消化期时只有胆囊胆汁排入小肠
- C. 胆汁中无脂肪消化酶
- D. 胆汁中与消化有关的成分是胆盐

121. 下列哪种糖类可以被小肠直接吸收

- A. 葡萄糖
- B. 蔗糖
- C. 半乳糖
- D. 木糖

三、简答题

1. 何为基本电节律? 简述消化道平滑肌静息电位、慢波、动作电位与平滑肌收缩的关系。
2. 简述消化道内在神经系统的组成和功能。
3. 试述胃液的成分及生理作用。

4. 试述进食后胃液分泌的调节机制及特点,并用实验予以证明。
5. 正常情况下,为何胃不会消化它自身?
6. 幽门螺杆菌感染引发消化性溃疡的主要机制是什么?
7. 为什么说胰液是所有消化液中最重要的一种?
8. 试述胰液分泌的体液调节机制。
9. 胆汁中含有消化酶吗?为什么讲胆汁有助于消化?
10. 将肝脏大部分切除,肝脏还能维持其正常功能吗?为什么?
11. 小肠为什么是最重要的吸收部位?
12. 胃大部分切除的患者有可能出现哪些消化和吸收功能的障碍?
13. 试述糖、脂肪、蛋白质的主要吸收形式和途径。

四、思考题

1. 患者,男性,35岁,因大量饮酒后,出现上腹部持续疼痛,呈阵发性加重,伴恶心呕吐,呕吐物为胃内容物,经门诊检查而入院。查体:体温:38℃,脉搏:98次/分,呼吸:24次/分,血压:130/72mmHg,神志清,心肺检查无特殊。腹部未触及包块,无腹壁静脉曲张,肝脾未触及;全腹有压痛,上腹最重,无反跳痛、无腹肌紧张,腹部移动性浊音阴性,肠鸣音减弱。上腹部CT检查:胰头肿大伴周围渗出,并累及十二指肠降段。实验室检查:尿淀粉酶和血清淀粉酶异常升高,白细胞和中性粒细胞比例均升高。问题:

- (1) 患者可能患有什么病?
- (2) 患者的血清淀粉酶、尿淀粉酶为什么会异常升高?

2. 患者,女性,65岁,因脑出血昏迷入院,行开颅手术后病情好转,生命体征平稳,3天后解柏油样便3次,伴有腹胀。大便潜血试验(OB)+++ ,血常规检查:红细胞 $3.68 \times 10^{12}/L$ 和血红蛋白 91g/L。胃镜检查:胃黏膜充血、水肿,胃底前后壁、十二指肠球部有多发性糜烂和浅表性溃疡,表面有活动性出血。临床诊断为应激性胃、十二指肠溃疡。治疗后患者病情好转,大便 OB(+)。问题:

- (1) 为什么患者会出现柏油样便并伴有腹胀?
- (2) 术后患者出现胃、十二指肠溃疡的机制如何?

3. 患者,男性,消瘦,慢性腹泻,便量多,水样或糊状便,油脂状或泡沫样,内夹未消化食物残渣,多具恶臭,无黏液脓血。常因脂餐、生冷饮酒、辛辣刺激饮食而加重,禁食后可自行缓解。有轻微胀痛,便后腹痛可缓解。实验室检查:巨幼红细胞贫血,血红蛋白为 34,白蛋白下降;大便常规见不消化食物残渣及较多脂滴。大便培养无致病菌生长;胃肠钡餐提示排空能力欠佳。

- (1) 患者可能患有什么病?
- (2) 这种病对吸收功能有何影响?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 胃肠激素:由消化道内分泌细胞合成和释放的激素统称为胃肠激素。
2. 胃肠激素的营养作用:指有些胃肠激素可促进消化道组织的代谢和生长作用。
3. 脑-肠肽:在消化道和中枢神经系统内双重分布的肽类物质统称为脑-肠肽。
4. 质子泵:是一种镶于壁细胞顶端膜内陷形成的分泌小管膜上的转运蛋白,具有转运 H^+ 、 K^+

和催化 ATP 水解的功能,故也称 H^+-K^+ ATP 酶。

5. 餐后碱潮:在消化期,由于胃酸大量分泌的同时有大量 HCO_3^- 进入血液,使血液暂时碱化,形成所谓的餐后碱潮。

6. 黏液-碳酸氢盐屏障:由胃黏膜表面的上皮细胞、泌酸腺、贲门腺和幽门腺的黏液细胞共同分泌的黏液与胃黏膜内的非泌酸细胞分泌的 HCO_3^- 及组织液中少量渗入胃腔的 HCO_3^- 联合形成的一层厚约 $500\mu m$ 的凝胶层,它能有效地抵抗胃内盐酸和胃蛋白酶对胃黏膜的侵蚀,也在黏膜表面起润滑作用,减少粗糙食物对胃黏膜的机械损伤,称为黏液-碳酸氢盐屏障。

7. 容受性舒张:食物对咽、食管等处感受器的刺激,通过迷走-迷走反射,末梢释放某种肽类物质,引起胃头区肌肉的舒张。胃壁肌肉的这种活动称为容受性舒张。

8. 移行性复合运动:人胃在空腹时呈现以间歇性强力收缩伴有较长静息期为特征的周期性运动,并向肠道方向扩布。胃肠道在消化间期的这种运动称为移行性复合运动。

9. 肠-胃反射:在十二指肠壁上存在着多种感受器,酸、脂肪、高渗溶液及机械扩张均可刺激这些感受器,通过神经反射抑制胃的运动、胃排空和分泌。这个过程称为肠-胃反射。

10. 胆盐的肠-肝循环:胆汁排入十二指肠后,可中和一部分胃酸;进入小肠的胆盐绝大部分由回肠黏膜吸收入血,通过门静脉回到肝脏再形成胆汁,这一过程称为胆盐的肠-肝循环。

11. 吸收:食物经过消化后所形成的可吸收成分通过消化道黏膜进入血液和淋巴的过程。这是机体获得能量来源和构筑材料的重要途径。

12. 乳糜微粒:脂肪水解产物在细胞内重新合成三酰甘油,然后与胆固醇结合于载脂蛋白形成乳糜微粒。

13. 跨细胞途径:营养物质和水通过绒毛柱状上皮细胞的腔面膜进入细胞,再通过细胞基底侧膜进入血液或淋巴。

14. 细胞旁途径:营养物质和水通过相邻上皮细胞之间的紧密连接进入细胞间隙,然后转入血液或淋巴。

二、选择题

【A₁型题】

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

难题解析

23. 盐酸进入十二指肠可抑制 G 细胞释放促胃液素,而非促进释放。

28. 胃容受性舒张是通过迷走神经抑制性纤维引起的,迷走神经传出纤维末梢释放的递质不是乙酰胆碱,可能是某种肽类物质(如血管活性肠肽)或一氧化氮。

【A₂型题】

66. B 67. C 68. A 69. E 70. E 71. D 72. A 73. E 74. D 75. D
76. A 77. A 78. E 79. B 80. D 81. A 82. E 83. D 84. D 85. B
86. C 87. C

难题解析

67. 在胃大部切除的患者,盐酸及内因子的分泌均减少,盐酸缺乏会造成铁在小肠的吸收减少,引起小细胞性贫血;内因子缺乏则使维生素 B_{12} 不易被吸收,引起恶性贫血。临床上胃大部切除的患者主要表现为恶性贫血。

69. 萎缩性胃炎患者由于胃黏膜上皮和腺体萎缩,壁细胞分泌盐酸减少,对 G 细胞的抑制作用减弱。盐酸对胃液分泌的抑制可通过抑制 G 细胞分泌促胃液素而实现。

75. 幽门梗阻临床表现为:餐后上腹饱胀、上腹疼痛加重,伴有恶心、呕吐,大量呕吐后症状可以缓解,呕吐物含发酵酸性宿食。

76. 幽门梗阻的患者由于严重的呕吐使体内酸性物质大量丧失,碱性物质相对增多,故易发生代谢性碱中毒。

77. 幽门梗阻的症状是顽固性大量呕吐隔夜或隔餐食物,可导致低钾低氯性碱中毒。

78. 选 B。胰液中有大量的胰酶抑制物是错误的,应为少量。

80. 胆汁中的胆盐可通过乳化作用,增强脂肪与脂肪酶的接触面积,加速脂肪酶对脂肪的消化分解。胆囊梗阻患者,胆汁排出障碍,导致胰脂肪酶的消化功能减弱。

【B 型题】

88. B 89. A 90. D 91. B 92. B 93. A 94. A 95. B 96. C 97. D
98. B 99. A 100. B 101. C 102. A 103. D

【X 型题】

104. ABCD 105. ABCD 106. ABC 107. ABCD 108. ABC 109. ABCD
110. ACD 111. ABCD 112. BD 113. ACD 114. BCD 115. BCD
116. BCD 117. ABC 118. ABCD 119. AD 120. CD 121. AC

三、简答题

1. 何为基本电节律?简述消化道平滑肌静息电位、慢波、动作电位与平滑肌收缩的关系。

答:见知识要点。

2. 简述消化道内在神经系统的组成和功能。

答:消化道的内在神经系统也称内在神经丛,它们是由大量神经元和神经纤维组成的复杂的神经网络,分为黏膜下神经丛和肌间神经丛。前者位于黏膜下层,主要调节腺细胞和上皮细胞的功能;后者则分布于环行肌与纵行肌之间,主要支配平滑肌的活动。两种神经丛之间还存在着复杂的纤维联系,构成一个完整的、相对独立的整合系统,可完成局部反射。

3. 试述胃液的成分及生理作用。

答:见知识要点。

4. 试述进食后胃液分泌的调节机制及特点,并用实验予以证明。

答:空腹时,胃液的分泌量很少。进食可刺激胃液大量分泌,称为消化期胃液分泌。进食后胃液分泌分为头期、胃期和肠期三个时相,三期都受神经和体液的双重调节,各期调节机制及特点见相关内容要点。

实验证明:头期用假饲实验,给狗事先造成一个食管瘘和一个胃瘘,当狗进食时,食物从食管瘘流出体外,由小胃收集胃液观察胃液分泌情况;胃期,将食物直接放入胃内观察胃液分泌情况;肠期,将食物直接放入肠腔观察胃液分泌情况。

5. 正常情况下,为何胃不会消化它自身?

答:胃不会消化它自身的原因,可从以下方面分析:

(1) 黏液 - 碳酸氢盐屏障和胃黏膜的屏障: 具有较高的黏滞性和凝胶特性的黏液由胃黏膜表面的上皮细胞、泌酸腺、贲门腺和幽门腺的黏液细胞共同分泌, 在胃黏膜表面形成一层厚约 $500\mu\text{m}$ 的保护层。黏液的黏稠度为水的 30~260 倍, 可显著减慢离子在黏液层的扩散速度。当胃腔内的 H^+ 通过黏液层向上皮细胞方向扩散时, 其移动速度明显减慢, 并不断地与从黏液层下面向上扩散的 HCO_3^- 碰撞, 两种离子在黏液层内发生中和。因此, 胃黏膜表面的黏液层可有效地防止胃内的 H^+ 对胃黏膜的直接侵蚀作用, 膜表面的中性 pH 环境还使胃蛋白酶失活而不至于消化胃黏膜本身。

胃黏膜上皮相邻的上皮细胞顶端膜之间存在的紧密连接也形成胃黏膜屏障, 这种结构可防止胃腔内的 H^+ 向黏膜扩散。

(2) 胃黏膜的细胞保护作用: 细胞保护是指某些物质具有防止或减轻有害物质对细胞的损伤和致坏死作用的保护力, 又分为直接细胞保护作用和适应性细胞保护作用。胃黏膜上皮细胞不断合成和释放相对大量生物活性物质, 如前列腺素和前列环素, 这些物质有助于胃黏膜细胞抵制强酸、强碱、乙醇和胃蛋白酶等有害因素所致的损伤, 这被称为直接细胞保护作用。而胃黏膜上经常存在的弱酸刺激也能通过促进胃黏膜细胞合成前列腺素, 有效地减轻或防止强刺激对胃黏膜的损伤, 这种情况称为适应性细胞保护作用。如大量服用吲哚美辛、阿司匹林等药物, 可抑制前列腺素的合成, 细胞保护作用减弱, 易引起胃出血或胃溃疡。

6. 幽门螺杆菌感染引发消化性溃疡的主要机制是什么?

答: 目前已公认消化性溃疡的发病是由幽门螺杆菌感染所致。幽门螺杆菌能产生大量活性很高的尿素酶, 将尿素分解为氨和 CO_2 。氨能中和胃酸, 从而使这种细菌能在酸度很高的胃内存活。尿素酶和氨的积聚还能损伤胃黏液层和黏膜细胞, 破坏黏液 - 碳酸氢盐屏障和胃黏膜屏障, 致使 H^+ 向黏膜逆向扩散, 从而导致消化性溃疡的发生。

7. 为什么说胰液是所有消化液中最重要的一种?

答: 胰液由于含有水解糖、脂肪和蛋白质三类营养物质的消化酶, 因而是最重要的消化液。临床和实验均证明, 当胰液分泌障碍时, 即使其他消化液分泌都正常, 食物中的脂肪和蛋白质仍不能完全消化和吸收, 常可引起脂肪泻, 同时脂溶性维生素的吸收也受影响。但糖的消化和吸收一般不受影响。

8. 试述胰液分泌的体液调节机制。

答: 见知识要点。

9. 胆汁中含有消化酶吗? 为什么讲胆汁有助于消化?

答: 见知识要点。

10. 将肝脏大部分切除, 肝脏还能维持其正常功能吗? 为什么?

答: 肝脏具有巨大的功能储备。动物实验证明, 当肝脏被切除 70%~80% 后, 并不出现明显的生理功能紊乱。而且肝脏具有相当惊人的再生能力。残余的肝脏可在 3 周(大鼠)至 8 周(狗)内生长至原有大小。

11. 小肠为什么是最重要的吸收部位?

答: 小肠内表面黏膜具有许多环状皱襞, 皱襞上有大量绒毛, 绒毛的外表面是一层柱状上皮细胞, 顶端膜上有微绒毛。由于环状皱襞、绒毛和微绒毛的存在, 最终使小肠的吸收面积比同样长短的简单圆筒的面积增加约 600 倍。食物在小肠内停留的时间较长(3~8 小时), 以及食物在小肠内已被消化为适于吸收的小分子物质。这些都是小肠在吸收中发挥主要作用的有利条件。

12. 胃大部分切除的患者有可能出现哪些消化和吸收功能的障碍?

答: 切除了大部分胃之后, 胃的分泌和运动功能都会发生严重障碍, 对食物的消化和吸收均会

产生一定的影响。表现:①由于胃的容纳食物能力减小,故术后的患者只能少食多餐;②胃对食物的机械性消化和化学性消化作用不能正常进行,大量的食物进入小肠后,则加重了小肠的消化负担;而且由于肠内容物的增加,容易引起呕吐;③由于胃大部切除后,胃黏膜泌酸腺区的缺失,胃液的几种主要成分的分泌大大降低甚至缺乏。胃蛋白酶的缺乏,使蛋白质不能被初步分解,而且还影响到小肠内的消化(但由于小肠内还有胰蛋白酶和糜蛋白酶的存在,蛋白质的消化不至于发生明显的障碍);④由于胃酸的缺乏,胃内细菌不能得到有效的抑制而容易繁殖,从而容易产生胃肠的炎症,同时使促胰液素的分泌量减少,进而使胰液、胆汁和小肠液分泌减少,也影响到糖、蛋白质和脂肪在小肠消化和吸收;胆汁分泌减少,胆盐则不足,使脂肪消化和吸收障碍;⑤由于盐酸分泌减少,小肠上段不能发生彻底的酸化,不利于钙和铁的吸收,甚至引起缺铁性贫血和缺钙;⑥由于内因子的减少,使维生素 B_{12} 吸收障碍,也可引起恶性贫血。

13. 试述糖、脂肪、蛋白质的主要吸收形式和途径?

答:见知识要点。

四、思考题

1. 答:(1) 急性胰腺炎。

(2) 乙醇可刺激胃窦部 G 细胞分泌促胃液素,导致胃酸分泌增加,十二指肠内 pH 值下降,使促胰液素分泌增加,胰腺外分泌增多,胰管阻塞、胰管内压力骤然增高,使胰腺消化酶在胰腺组织内激活而对其自身消化,胰腺组织坏死而使胰淀粉酶大量释放入血,引起尿和血淀粉酶升高。

2. 答:(1) 患者是由脑出血引发的上消化道应激性溃疡。上消化道的出血在肠腔内停留的时间长,红细胞破坏后,血红蛋白在肠道内与硫化物结合形成硫化亚铁,导致粪便呈黑色,且大便表面附有黏液而发亮,类似柏油,故称柏油便。另外,交感神经兴奋以及酸性代谢产物增高等因素可使消化道平滑肌的运动功能显著减弱,产生腹胀。

(2) 发生机制:①应激引发内源性儿茶酚胺升高导致胃黏膜血管收缩出现缺血、缺氧,代谢障碍;②黏膜缺血、缺氧可减少黏膜 HCO_3^- 和黏液的产生,使黏液-碳酸氢盐屏障功能受损,胃腔中的 H^+ 顺浓度差弥散进入黏膜组织而损伤黏膜。③糖皮质激素释放增多,一方面抑制胃黏液蛋白的合成和分泌,另一方面使胃肠黏膜细胞蛋白质的合成减少,分解增加,使黏膜细胞更新减慢,再生能力降低,从而减弱黏膜屏障功能。

3. 答:(1) 吸收不良综合征。

(2) 吸收不良综合征是指各种原因引起的小肠消化吸收功能减损以致营养物质不能顺利接收,而从粪便中排泄,引起营养缺乏的临床综合征群,亦称消化吸收不良综合征。吸收不良包括脂肪、碳水化合物、蛋白质、水、维生素及矿物质,其中脂肪吸收障碍最具特征性。

(李勤 朱亮 刘传勇)

第七章

能量代谢和体温

学习目标

1. 掌握 能量代谢、基础代谢和基础代谢率的概念和意义;食物的热价、氧热价、呼吸商、非蛋白呼吸商的概念;整体水平影响能量代谢的主要因素;体温的概念,机体主要产热器官及产热形式;散热的方式及影响因素;体温调定点学说。
2. 熟悉 能量代谢的测定原理,间接测热法;能量平衡的生理意义;体温的测量方法及正常值,体温的生理性波动;产热及散热反应的调节;自主性体温调节,温度感受器的分类和特性,体温调节中枢的部位。
3. 了解 机体可利用的能量形式;糖、脂肪、蛋白质在体内的能量转化和利用;直接测热法的特点,静息能量消耗的测定;体内调控能量代谢的神经、体液因素;平均体温及人体体温的变化范围;行为性体温调节。

知识要点

一、能量代谢

能量代谢是指在生物体内物质代谢过程中伴随发生的能量释放、转移、贮存和利用。

(一) 机体能量的来源与利用

1. 能量的来源 机体所需能量来源于摄入食物中的糖、脂肪和蛋白质分子结构中的化学能,组织细胞活动直接利用的能量是由腺苷三磷酸(ATP)提供的。ATP是由三大营养物质在生物氧化过程中合成的一种高能化合物,它既是重要的储能物质,又是直接的供能物质。磷酸肌酸(CP)是体内ATP的贮存库,当物质氧化释放的能量过剩时,ATP可将高能磷酸键转移给肌酸生成CP,而当组织细胞消耗ATP过多时,CP的高能磷酸键又可快速转给ADP,生成ATP。可见ATP的合成与分解是体内能量转化和利用的关键环节。

三大营养物质在体内的供能特点是:糖是机体的主要供能物质,人体所需能量的50%~70%是由糖通过有氧化化和无氧化化两条途径提供的,大多数组织细胞在氧供充足时以糖的有氧化化供能为主。依靠糖氧化供能满足机体饥饿24~48小时的能量需要。脂肪在体内贮存量较大,通常成年人储存的脂肪所提供的能量可供机体使用10余天至2个月之久。脂肪氧化时单位重量释放的能量较多,因此是体内主要的储能和供能物质。在需要时可迅速分解成甘油和脂肪酸,在肝脏及肝外组织经过氧化分解供能,脂肪酸代谢的中间产物酮体也是肝脏输出能源的一种形式。蛋白质的基本组成单位氨基酸主要用于合成细胞的构成成分,只有在某些特殊情况下,如长期不能进

食或体力极度消耗时机体才会依靠蛋白质分解所产生的氨基酸供能,以维持基本的生理功能。

2. 能量的利用 各种能源物质在体内氧化过程中释放的能量 50% 以上直接转化为热能,其余部分主要贮存在 ATP 等高能化合物中,供机体用于肌肉舒缩活动,合成代谢,产生生物电和各种物质的主动转运等。除骨骼肌收缩完成的一定量外功外,其他的能量最终都将转化为热能。

机体能量的来源与利用概括如图 7-1。

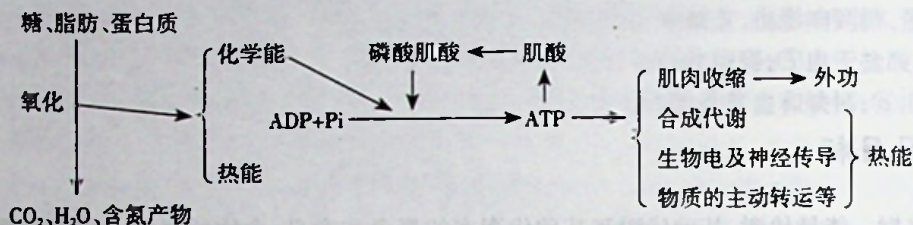


图 7-1 机体能量的来源与利用

3. 能量平衡 能量平衡是指机体摄入的能量与消耗的能量之间的平衡。人体每天消耗的能量主要包括基础代谢的能量消耗、食物的特殊动力效应、身体运动的能量消耗和其他的生理活动(包括生长发育)所需能量。体重的变化可反映机体能量的“收支”状态,体质指数和腰围常作为衡量肥胖的指标。

(二) 能量代谢的测定

1. 基本概念

(1) 食物的热价:将 1g 某种食物氧化(或在体外燃烧)时所释放的能量称为这种食物的热价。食物的热价分为生物热价和物理热价,分别指食物在体内氧化和在体外燃烧时释放的能量。糖和脂肪在体内、体外均能彻底氧化分解,生成 CO_2 和 H_2O ,其生物热价和物理热价相同。蛋白质在体内不能被彻底氧化,部分代谢产物如尿素、尿酸和肌酐等分子中包含的热量,随尿液排出体外,故其生物热价小于物理热价。

(2) 食物的氧热价:把某种食物氧化时消耗 1L 氧所产生的热量,称为这种食物的氧热价。氧热价反映了物质氧化时的耗氧量和产热量之间的关系。

(3) 呼吸商:将一定时间内机体呼出的 CO_2 量与吸入的 O_2 量的比值,称为呼吸商(RQ)。葡萄糖、蛋白质和脂肪的呼吸商分别为 1.00、0.80 和 0.71。普通混合膳食的呼吸商约为 0.85。

(4) 非蛋白呼吸商:由糖和脂肪氧化时产生的 CO_2 量和消耗的 O_2 量的比值称为非蛋白呼吸商(NPRQ)。国人普通混合膳食时非蛋白呼吸商约为 0.82。

2. 能量代谢的测定原理与方法 能量代谢率是指机体在单位时间内的能量代谢量,是评价机体的能量代谢水平的常用指标。根据能量守恒定律,在整个能量转化过程中,机体所利用的食物中的化学能与最终转化成的热能和所做的外功相等。若使机体保持在安静状态下,避免做外功,则此时机体产生的热量即为所消耗的全部能量。

(1) 直接测热法:利用特定的隔热装置,直接测定机体在一定时间内所发散的热量的方法。

(2) 间接测热法:测定机体在一定时间内的耗氧量和 CO_2 产生量,确定相应的氧热价,计算出产热量的方法。首先要根据尿氮排出量计算蛋白质分解量和产热量,再推算出非蛋白呼吸商和产热量,最后得出机体在该段时间内的总产热量。具体计算步骤如下:①蛋白质的产热量:尿氮含量除以 16%(蛋白质中的含氮量约为 16%)即为蛋白质的氧化量,此值再与蛋白质的生物热价相乘即

为蛋白质的产热量。另外,再计算出蛋白质氧化时的耗氧量和 CO_2 产生量。②非蛋白的产热量:测出机体在一定时间内的总 CO_2 产量和总耗氧量。分别减去蛋白质代谢的 CO_2 产生量和耗氧量,算出非蛋白呼吸商。用非蛋白呼吸商对应的氧热价(查表)乘以非蛋白氧化的耗氧量,得出非蛋白质产热量。③总产热量 = 蛋白质代谢产热量 + 非蛋白质代谢产热量。

在实际应用中,经常采用以下两种简化计算方法:其一,蛋白质代谢量忽略不计,测得一定时间内的 CO_2 产生量和耗氧量,求出非蛋白呼吸商,查表得到对应的氧热价,计算出产热量。其二,测出一定时间内的耗氧量。普通混合膳食时非蛋白呼吸商视为 0.82,对应的氧热价为 20.20kJ/L,将测定的耗氧量乘以 20.20kJ/L,即可得出产热量。

(三) 影响能量代谢的因素

1. 整体水平影响能量代谢的主要因素

(1) 肌肉活动:肌肉活动对能量代谢的影响十分显著。机体耗氧量的增加同肌肉活动的强度成正比关系,持续运动或劳动时耗氧量可达安静时的 10~20 倍。

(2) 环境温度:人在安静状态下,处于 20~30℃ 的环境中,能量代谢率最为稳定。环境温度过低,可使机体发生肌肉紧张度增加或战栗,使代谢率增高。高温可使体内化学反应速度加快、发汗功能旺盛及呼吸、循环功能增强,也能提高代谢率。

(3) 精神活动:在精神活动时,中枢神经系统本身的代谢率增加不明显,但在精神处于紧张状态下,由于随之出现的无意识的肌紧张以及甲状腺激素、肾上腺素等刺激代谢的激素释放增多,产热量可显著增加。

(4) 食物的特殊动力效应:人在进食之后的一段时间内,即使在安静状态下,也会出现一过性的代谢量增加,一般从进食后 1 小时左右开始,延续 7~8 小时。食物的这种刺激机体产生额外能量消耗的作用,称为食物的特殊动力效应。蛋白质、糖和脂肪的特殊动力效应分别为 30%、6% 和 4%,混合性食物为 10%。

2. 体内调控能量代谢的神经、体液因素 通过下丘脑对摄食行为的调控以及体内多种激素调节营养物质的消化、吸收及代谢过程,进而影响机体的能量代谢,其中,甲状腺激素的作用最显著,可提高绝大多数组织的耗氧量和产热量。

(四) 基础代谢

基础代谢是指基础状态下的能量代谢。基础代谢率(BMR)是指单位时间内的基础代谢量。测定基础代谢时应在清醒,静卧,无肌紧张,至少 2 个小时以上无剧烈运动,无精神紧张,餐后 12~14 小时,室温保持在 20~25℃ 的条件下进行。在这种状态下,体内能量的消耗主要用于维持基本的生命活动,能量代谢较为稳定。能量代谢率通常以单位时间内每平方米体表面积产热量为单位,即以 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 来表示。BMR 是人体在清醒时最低的能量消耗量。

BMR 随性别、年龄的不同而有差异。BMR 判定标准通常采用实测值同正常平均值比较,相差在 $\pm 15\%$ 以内均属正常。一般当差值超过 $\pm 20\%$ 时多为病理性变化,甲状腺功能异常等很多疾病伴有 BMR 的改变。

临床上通过测定静息能量消耗作为重症病人制定营养支持计划的依据。

二、体温及其调节

(一) 体温

人体各部位的温度并不完全一致,在研究体温时将人体分为核心与表层两个部分。机体核心部分的温度称为体核温度,机体表层部分的温度称为体表温度。医学上所说的体温是指机体核心

部分的平均温度。

1. 体表温度和体核温度 体表体温通常用皮肤温度代表。皮肤温度易受环境温度的影响,各部位之间的温度差异较大。四肢末梢皮肤温度最低,越近躯干和头部,皮肤温度越高。皮肤温度与局部血流量有关,凡能影响皮肤血管舒缩的因素都能改变皮肤温度。

体核温度相对稳定,但由于代谢水平不同,各内脏器官的温度也略有差异,由于血液不断循环,使深部各个器官的温度趋于一致。通常临床上采用直肠温度、口腔温度和腋下温度代表体温。正常范围分别为:直肠温度:36.9~37.9℃;口腔温度:36.7~37.7℃;腋下温度:36.0~37.4℃。

2. 体温的正常变动 人的体温在生理情况下变动幅度一般不超过1℃。

(1) 体温的日节律:在一昼夜之间体温呈现周期性波动,清晨2~6时体温最低,午后1~6时最高。这种昼夜周期性波动称为体温的日节律。

(2) 性别的影响:成年女性的体温平均高于男性0.3℃。育龄期女性的基础体温随月经周期而变化,排卵前较低,排卵日最低,排卵后升高。这种周期现象与体内孕激素水平的变化有关。

(3) 年龄的影响:新生儿特别是早产儿,由于体温调节中枢尚未发育成熟,其体温易受环境温度的影响而波动。老年人体温偏低。

(4) 运动及其他:肌肉活动时由于代谢增强,产热量增加,可使体温升高。此外,情绪激动、精神紧张等都会对体温产生影响。

3. 人体体温的变化范围 正常情况下人的体温是相对稳定的,体温升高或降低超过某一界限时将危及生命。当脑温升高超过42℃时,脑功能将严重受损;体温超过44~45℃时,体内蛋白质发生不可逆变性而致死。反之,当体温低于34℃时,会出现意识障碍,低于30℃,可发生心室纤维性颤动。

(二) 机体的产热反应和散热反应

恒温动物之所以能维持体温相对稳定,是因为产热和散热两个生理反应过程在体温调节机构控制下取得动态平衡的结果。

1. 产热反应

(1) 主要产热器官:机体安静时的热量主要来自内脏器官的代谢,其中肝脏的代谢最旺盛。劳动或运动时,骨骼肌是主要产热器官。

(2) 机体的产热形式:在寒冷环境中由于散热量增加,机体主要通过战栗产热和非战栗产热两种形式增加产热量。战栗是指在寒冷环境中骨骼肌发生不随意的节律性收缩,其特点是屈肌和伸肌同时收缩,此时肌肉收缩活动不做外功,能量全部转化为热量。非战栗产热即为代谢产热,以褐色脂肪组织的产热能力最强。

(3) 产热活动的调节:①体液调节:甲状腺激素是调节产热活动最重要的体液因素,虽然发挥作用时起效较慢,但作用的持续时间长。此外,还有肾上腺素、去甲肾上腺素和生长激素等也可刺激产热。②神经调节:寒冷刺激通过神经传导通路引起战栗,还可通过神经-体液调节的方式引起甲状腺激素、肾上腺素和去甲肾上腺素等释放增多,使产热增加。

2. 散热反应

(1) 散热部位:人体的主要散热部位是皮肤,少部分体热则随呼出气、尿、粪等排泄物排出体外。

(2) 散热方式

1) 辐射散热:是指人体以热射线的形式将体热传给外界较冷物质的一种散热方式。辐射散热量取决于皮肤与周围环境的温度差和机体的有效散热面积。

2) 传导散热:是指机体的热量直接传给与之接触的温度较低物体的一种散热方式。传导散热量取决于皮肤温与接触物体的温度差、接触面积以及与皮肤接触物体的导热性能。

3) 对流散热:是指通过气体流动而实现热量交换的一种散热方式。对流散热实际上是传导散热的一种特殊形式。对流散热量取决于皮肤与周围环境的温度差、机体的有效散热面积及风速。

4) 蒸发散热:是指水分从体表汽化时吸收热量而散发体热的方式。在正常体温条件下,蒸发1g水可使机体散发2.43kJ的热量。当环境温度等于或高于皮肤温度时,蒸发是唯一有效的散热形式。蒸发散热可分为不感蒸发和出汗两种。①不感蒸发:是指从皮肤和呼吸道不断地有水分渗出而被蒸发掉,不被人们察觉,与汗腺的活动无关。人体24小时的不感蒸发量约为1000ml,其中通过皮肤蒸发600~800ml,呼吸道蒸发200~400ml。②出汗:是指汗腺主动分泌汗液的过程。汗液是低渗液体,当机体大量出汗时可因失水大于失盐,而发生高渗性脱水。蒸发散热主要与小汗腺活动有关。大部分汗腺受交感胆碱能纤维支配,乙酰胆碱有促进汗腺分泌的作用。汗腺的活动除受神经调节和体液性因素调节外,出汗量和出汗速度还受环境温度、湿度及机体活动等因素的影响。由温热刺激引起汗腺分泌称为温热性出汗,控制温热性出汗的中枢位于下丘脑的体温调节中枢。在情绪激动或精神紧张时,反射性地引起由交感肾上腺素能纤维支配的,主要分布在手掌、足跖及前额等部位的汗腺分泌汗液称为精神性出汗,其中枢位于大脑皮层的运动区。

(3) 散热反应的调节:机体主要通过交感神经控制皮肤血管的口径,调节皮肤的血流量,改变皮肤温度,进而影响辐射、传导和对流的散热量。影响蒸发散热的诸因素见上述。

(三) 体温调节

1. 体温调节的基本方式 人体体温的调节通过自主性体温调节和行为性体温调节两种方式。自主性体温调节是指在体温调节中枢的控制下,通过增减皮肤的血流量、出汗、战栗和改变代谢水平等生理性调节反应形式,以维持产热和散热的动态平衡。行为性体温调节是指有意识地进行的行为活动。

2. 自主性体温调节 自主性体温调节主要是通过反馈控制系统达到维持体温相对稳定的目的。

(1) 温度感受器:①外周温度感受器:是指分布于全身的皮肤、黏膜和腹腔内脏等处的温度感受器。可分为热感受器和冷感受器两种,分别感受局部温度升高和降低。在皮肤冷感受器较多。②中枢温度感受器:是指在下丘脑、延髓、脑干网状结构及脊髓等中枢部位分布的温度敏感神经元。分为热敏神经元和冷敏神经元,分别在局部温度升高和降低时放电频率增加。在下丘脑体温调节中枢的热敏神经元居多。

(2) 体温调节中枢:体温调节中枢整合机构的中心部位是视前区-下丘脑前部(PO/AH),其中的温度敏感神经元既感受局部组织温度变化,还能对下丘脑以外的中枢和外周传入的温度变化信息进行整合处理。此外,在致热原或一些化学物质的作用下可诱发体温调节反应。若破坏PO/AH,与体温调节有关的散热和产热反应都明显减弱或消失。

(3) 体温调定点学说:体温的调节类似于恒温器的工作原理,PO/AH温度敏感神经元的温度敏感特性决定了体温调定点水平,一般认为,人的正常体温调定点为37℃。当体温与调定点的水平一致时,机体的产热量与散热量取得平衡;当体温高于调定点水平时,体温调节中枢使产热活动降低,散热活动加强;反之,当体温低于调定点水平时,产热活动加强,散热活动降低,直到体温回到调定点水平。

3. 行为性体温调节 机体产生的体温调节行为是依据温热的舒适感决定的。行为性体温调节是变温动物的重要体温调节手段,也是恒温动物体温调节过程的重要一环。一般当环境温度变

化时,恒温动物首先采取行为性体温调节,若其行为活动仍不能维持正常体温时,机体将启动自主性体温调节系统。

复习思考题

一、名词解释

1. thermal equivalent of oxygen
2. respiratory quotient, RQ
3. specific dynamic effect
4. basal metabolism rate, BMR
5. body temperature
6. shivering thermogenesis
7. evaporation
8. autonomic thermoregulation

二、选择题

【A₁型题】

1. 机体组织细胞活动时直接利用的能量来自于下列哪种物质
A. 糖 B. 脂肪 C. 蛋白质
D. 腺苷三磷酸(ATP) E. 磷酸肌酸
- *2. 在体内主要依靠糖的无氧氧化供能的组织细胞是
A. 肝细胞 B. 脑细胞 C. 红细胞 D. 骨骼肌 E. 心肌
3. 在体内主要用于供能的营养物质是
A. 糖、脂肪 B. 糖、蛋白质 C. 脂肪、蛋白质
D. 脂肪、核酸 E. 糖、脂肪、蛋白质
4. 三天未进食的情况下,机体主要的供能物质是
A. 葡萄糖 B. 肝糖原 C. 肌糖原 D. 脂肪 E. 蛋白质
- *5. 关于能量代谢测定的叙述错误的是
A. 直接测热法是测定受试者发散的总热量
B. 间接测热法的依据是化学反应的定比定律
C. 双标记水法可测定人体在自由活动状态下的能量消耗
D. 简化方法测得的能量代谢数值与经典测算方法相差 10% 左右
E. 机体总产热量可以通过 CO_2 产生量、耗氧量和尿氮排出量间接求得
6. 下列哪种物质的特殊动力效应最为显著
A. 糖类 B. 脂肪 C. 蛋白质 D. 维生素 E. 无机盐
- *7. 下列哪种情况可出现基础代谢率(BMR)升高
A. 肾病综合征 B. 病理性饥饿
C. 肾上腺皮质功能低下 D. 甲状腺功能亢进
E. 脑垂体功能低下
- *8. 测定某人的呼吸商为 0.72,下列哪项是正确的
A. 摄入了高脂肪饮食 B. 摄入了高蛋白饮食

- C. 只摄入了碳水化合物 D. 长期饥饿状态
E. 12 小时空腹状态
9. 下列各项中对能量代谢影响最为显著的是
A. 进食 B. 精神紧张 C. 肌肉活动
D. 环境温度为 20℃ E. 环境温度为 30℃
- *10. 关于呼吸商的叙述哪项是错误的
A. 糖的呼吸商为 1.00
B. 脂肪的呼吸商为 0.71
C. 任何情况下,呼吸商不能大于 1.00
D. 是指一定时间内呼出的 CO_2 量和吸入的 O_2 量的比值
E. 从非蛋白呼吸商可以推测体内氧化的糖和脂肪量的比例
11. 蛋白质的特殊动力效应可达
A. 30% B. 20% C. 10% D. 6% E. 4%
12. 正常人在下列哪种情况下能量代谢水平最低
A. 安静状态 B. 心算 C. 散步 D. 劳动 E. 基础状态下
13. 正常人的腋下温度、口腔温度和直肠温度由低到高的排列顺序为
A. 直肠温度、口腔温度、腋下温度 B. 直肠温度、腋下温度、口腔温度
C. 腋下温度、口腔温度、直肠温度 D. 腋下温度、直肠温度、口腔温度
E. 口腔温度、直肠温度、腋下温度
14. 关于体温的正常生理变动哪项是正确的
A. 新生儿体温最稳定 B. 老年人体温偏高
C. 午后 1~6 时体温最低 D. 通常成年女性的体温略低于男性
E. 育龄期女性黄体期基础体温偏高
15. 人体在运动状态下产热量最大的是
A. 心脏 B. 肝脏 C. 肾脏 D. 平滑肌 E. 骨骼肌
16. 育龄期女性体温随月经周期发生变动,基础体温的最低点是在
A. 月经期开始 B. 月经期结束 C. 排卵前 1 周
D. 排卵日 E. 黄体期
- *17. 在下列组织中代谢产热功能最强的是
A. 脑 B. 心肌 C. 平滑肌 D. 骨骼肌 E. 褐色脂肪组织
18. 在 22℃ 的室温下机体通过哪种方式散热量最大
A. 不感蒸发 B. 出汗 C. 对流 D. 辐射 E. 传导
19. 当环境温度升高到高于皮肤温度时,机体有效的散热形式是
A. 辐射 B. 传导 C. 对流 D. 蒸发 E. 辐射 + 对流
- *20. 下列哪个部位的小汗腺分泌能力最强
A. 额部和手背 B. 手掌和足跖 C. 躯干和四肢
D. 腋窝和四肢 E. 腋窝和外阴部
- *21. 可促进温热性出汗的物质是
A. 去甲肾上腺素 B. 乙酰胆碱 C. 5-羟色胺
D. 酚妥拉明 E. 阿托品

22. 下列哪种物质能够调节汗液中 Na^+ 的重吸收
 A. 心房钠利尿 B. 血管升压素 C. 血管紧张素 II
 D. 醛固酮 E. 甲状旁腺激素
23. 体温调节的重要中枢部位是
 A. 脊髓灰质侧角 B. 脑干网状结构 C. 中脑中央灰质
 D. 下丘脑后部 E. 视前区 - 下丘脑前部
24. 对机体产热活动影响最大的激素是
 A. 去甲肾上腺素 B. 肾上腺素 C. 甲状腺激素
 D. 甲状旁腺激素 E. 生长素
25. 下列哪项符合机体在炎热环境下的表现
 A. 肌紧张增强 B. 皮肤血流量增加
 C. 褐色脂肪组织代谢加强 D. 机体表层的隔热器作用增强
 E. 四肢热量逆流交换作用加强

【 A_2 型题】

*26. 某男, 58 岁。患糖尿病 8 年, 近日来出现明显的烦渴多饮和乏力来诊。实验室检查: 尿糖 +++, 酮体 ++, 空腹血糖 18.0mmol/L ($3.90\sim 6.10$), 试问该患者目前脑组织的主要供能物质是

- A. 葡萄糖 B. 果糖 C. 脂肪酸 D. 酮体 E. 氨基酸

*27. 测定某人 24 小时的尿氮含量为 15g, 推算在此期间体内由蛋白质代谢所产生的热量是(蛋白的生物热价为 18kJ/g)

- A. 1687.5kJ B. 270kJ C. 43.2kJ D. 5.2kJ E. 0.13kJ

*28. 某女, 36 岁, 身高 171cm , 体重 55kg (体表面积 1.6m^2)。近来常感觉心慌, 易烦躁, 喜冷怕热, 多汗, 食欲亢进来诊。正常饮食, 大小便正常。医生于次日清晨在她清醒未起床前为其做了耗氧量 (VO_2) 的测定, 测定结果为: VO_2 20L/h (为标准状态下的气体容积)。根据下面所提供的资料推算该病人的基础代谢率 (BMR)

非蛋白呼吸商	0.71	0.80	0.82	0.85	1.00
氧热价 (kJ/L)	19.64	20.10	20.20	20.36	21.13

- A. $251.3\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ B. $254.5\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ C. $252.5\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$
 D. $245.5\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ E. $264.1\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$

*29. 根据上述病人 BMR 检测结果, 下列哪项是正确的 [正常 BMR 参考值为 $146.9\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$]

- A. BMR 值在正常范围 B. 提示有肾上腺皮质功能亢进
 C. 提示有肾上腺皮质功能低下 D. 提示有甲状腺功能亢进
 E. 提示有甲状腺功能低下

*30. 医生建议某患者每日摄入 2000kcal 热量, 其中, 包括蛋白质 70g 、脂肪 55g , 那么, 食物中糖的含量大约应为多少克。(生物热价分别为糖 17.2kJ/g , 脂肪 39.8kJ/g , 蛋白质 18.0kJ/g)

- A. 84g B. 273g C. 286g D. 317g E. 687g

*31. 新生儿硬肿症多发生在寒冷季节保温不足的情况下, 患儿出现严重低体温 (在 35°C 以下), 皮下脂肪硬化和水肿, 试问下列哪个是新生儿主要的产热方式

- A. 战栗 B. 肌紧张增强 C. 氨基酸代谢
 D. 葡萄糖有氧氧化 E. 褐色脂肪组织代谢产热

*32. 某女, 33 岁, 身高 1.56m , 体重 78kg , 腰围 103cm 。自诉身体健康, 但在气温略升高或活动

时常常比别人易出汗,试问最可能的原因是

- A. 外周温度感受器敏感性增强
- B. 中枢温度感受器敏感性增强
- C. 体内热传导效能较低
- D. 汗腺数量较多
- E. 汗腺分泌功能较强

*33. 某男,27岁,参加公司组织的篮球比赛后没有及时换掉汗湿的运动服离开了体育馆,次日出现头痛、咳嗽,自觉浑身发冷,心率98次/分(平素心率75次/分),由于身边一时找不到体温计,请估计其大致体温值

- A. 35~36℃
- B. 36~37℃
- C. 37~38℃
- D. 38~39℃
- E. 39~40℃

34. 某女,65岁,因情绪激动后出现右侧肢体活动不灵来院就诊。查体:血压(BP)174/113mmHg,体温(T)38.5℃。实验室检查:白细胞计数(3.50~9.50): $7.66 \times 10^9/L$,粒细胞比率(40.0~75.0):64.4%。头部CT:在下丘脑部位有出血性改变。入院治疗后病情稳定,但是,却持续出现发热,体温波动在39~39.5℃之间。请问该患者出现的体温升高的最可能原因是

- A. 感染
- B. 无汗症
- C. 持续战栗
- D. 病室温度过高
- E. 体温调节中枢功能障碍

*35. 某男,27岁,因受寒出现咽喉肿痛,咳嗽,3小时前开始感觉浑身发冷并伴有战栗,现体温38.6℃,试问与上述表现最相关的是

- A. 体温调定点下移
- B. 体温调定点上移
- C. 痛觉传导通路功能异常
- D. 外周热感受器敏感性增强
- E. 外周冷感受器敏感性增强

【B型题】

(36~37题共用备选答案)

- A. 0.71
- B. 0.80
- C. 0.82
- D. 0.85
- E. 1.00

36. 正常人混合膳食时,其呼吸商可视为

37. 正常人混合膳食时,若蛋白质的代谢忽略不计,则非蛋白呼吸商可视为

(38~39题共用备选答案)

- A. 身高
- B. 体重
- C. 体表面积
- D. 体质指数
- E. 腰围

38. 主要反映全身性超重和肥胖的指标是

39. 能够反映体内腹部脂肪分布情况的指标是

(40~41题共用备选答案)

- A. 延髓头端腹外侧部
- B. 脑桥上部
- C. 视交叉上核
- D. 下丘脑
- E. 大脑皮层运动区

*40. 精神性出汗中枢位于

41. 控制生物节律的部位是

【X型题】

*42. 可在肝脏内利用的能源物质有

- A. 葡萄糖
- B. 酮体
- C. 脂肪酸
- D. 维生素

43. 有关对基础代谢率(BMR)的叙述正确的是

- A. 需要在25℃以上的环境下测定
- B. 进食后12小时以后测定
- C. 发热时BMR增高

D. 若以单位时间内每平方米体表面积的热产量表示,则没有性别的差异

*44. 下列哪些符合脑组织能量代谢的特点

- A. 耗氧量高
- B. 主要依靠糖的有氧氧化供能
- C. 对血糖的依赖性较高
- D. 缺乏有氧氧化的酶系,只能依靠糖酵解供能

45. 在寒冷环境下机体有利于维持体热平衡的反应是

- A. 战栗
- B. 皮肤血管舒张,提高皮肤温度
- C. 提高代谢率
- D. 甲状腺激素分泌增多

46. 影响皮肤温度的因素有

- A. 精神紧张
- B. 出汗
- C. 血压
- D. 环境温度变化

47. 关于精神性出汗的叙述下列哪项是正确的

- A. 主要发生在手掌、足跖和前额
- B. 是体温调节反应的重要部分
- C. 精神性出汗是由副交感神经活动引起的
- D. 主要接受大脑皮层的控制

三、简答题

1. 何谓能量代谢? 机体能量的来源及利用有哪些?
2. 试述影响机体整体水平能量代谢的主要因素。
3. 试述测定基础代谢率(BMR)时对受试者及环境的要求和 BMR 测定的意义。
4. 试述测定体温的常用方法,正常值及体温的生理变动。
5. 试述机体散热的方式及影响因素。
6. 应用体温调定点学说解释机体发热过程中的主要表现。

四、思考题

1. 某男,35岁,身高175cm,体重65kg,正常进食混合膳食(氧热价视为20.20kJ/L),测定其基础代谢率为100kcal/h。参考资料:体表面积(m^2)= $0.0061 \times \text{身高}(\text{cm}) + 0.0128 \times \text{体重}(\text{kg}) - 0.1529$; 31~40岁男性的正常基础代谢率平均值为158.6kJ/($m^2 \cdot h$)。问题:

- (1) 评价该受试者能量代谢水平是否在正常范围。
- (2) 若供给该受试者200L氧气,推算大约可使用多长时间?
2. 动物实验研究中发现一种中药成分对多种发热模型具有解热作用,为了进一步开发以应用于临床,需要明确其解热作用的机制。问题:
 - (1) 试推测其可能作用的外周调控环节。
 - (2) 试推测其可能作用的中枢调控机制。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 氧热价:将某种食物氧化时消耗1L氧所产生的热量称为该种食物的氧热价。
2. 呼吸商:将一定时间内机体呼出的 CO_2 的量与吸入的 O_2 量的比值,称为呼吸商。
3. (食物的)特殊动力效应:人在进食之后的一段时间内,即使在安静状态下,也会出现一过性

的代谢量增加,一般从进食后1小时左右开始,延续7~8小时。食物的这种刺激机体产生额外能量消耗的作用,称为食物的特殊动力效应。蛋白质、糖和脂肪的食物特殊动力作用分别为30%、6%和4%左右;进食混合性食物约为10%。

4. 基础代谢率:是指人体处在清醒而又非常安静、不受肌肉活动、环境温度、食物及精神紧张等因素影响的状态下单位时间内的能量代谢量。

5. 体温:体温分为体表温度与体核温度。一般临床医学所说的体温是指身体核心部分的平均温度。

6. 战栗产热:是指在寒冷环境中骨骼肌发生不随意的节律性收缩。其特点是屈肌和伸肌同时收缩,肌肉收缩不做外功,能量全部转化为热量,有利于在寒冷环境下保持体热平衡。

7. 蒸发散热:是指水分从体表汽化时吸收热量而散发体热的方式。分为不感蒸发和出汗两种形式;不感蒸发是指从皮肤和呼吸道不断地有水分渗出而被蒸发掉,与汗腺的活动无关。出汗是指汗腺主动分泌汗液的过程。

8. 自主性体温调节:是指在体温调节中枢的控制下,通过增减皮肤的血流量、出汗、战栗等生理调节反应,维持产热和散热过程的动态平衡,使体温保持在一个相对稳定的水平。

二、选择题

【A₁型题】

1. D 2. C 3. A 4. D 5. D 6. C 7. D 8. A 9. C 10. C
11. A 12. E 13. C 14. E 15. E 16. D 17. E 18. D 19. D 20. C
21. B 22. D 23. E 24. C 25. B

难题解析

2. 机体大部分组织细胞主要通过糖的有氧氧化获得能量,而红细胞内由于缺乏糖有氧氧化的各种酶,所以,只能依靠糖无氧氧化供能。

5. 简化方法测得的能量代谢数值与经典测算方法只相差1%~2%。

7. 甲状腺功能亢进时,BMR可比正常值高达25%~80%。其他四种情况,一般来说BMR降低。

8. 葡萄糖、蛋白质和脂肪的呼吸商分别为1.00、0.80和0.71。如果某人的呼吸商接近于1.00,说明该人在该段时间内利用的能量主要来自糖的氧化。如果机体主要依靠脂肪代谢供能,呼吸商偏低接近于0.71;在长期饥饿的情况下,人体的能量主要来自自身蛋白质的分解,呼吸商接近于0.80。一般不进食的情况下,体内贮存的糖可供能1~2天,随后依靠脂肪分解供能可维持数周,数周以后蛋白质参与供能。

10. 各种营养物质氧化时消耗的氧量和产生的CO₂量取决于各自分子中的化学组成,由于各种物质其分子的碳、氢和氧元素的比例不同,在体内当它们之间发生转化时,会出现氧的剩余或不足。例如,糖转化为脂肪时,在脂肪分子组成中,氧的含量远少于碳和氢,糖分子中的氧即有剩余,可以使机体从外界摄取氧量相应地减少,因而呼吸商变大可超过1。

17. 在褐色脂肪组织的细胞线粒体内膜上有解耦联蛋白(UCP₁)的表达,使氧化磷酸化和ATP的合成分离,产能转化为产热。

20. 人体的小汗腺在手掌和足跖的分布密度最大,在四肢和躯干较少。然而分泌能力却以躯干和四肢为最强。

21. 人体的汗腺主要接受交感胆碱能纤维支配,温热刺激时通过释放的乙酰胆碱促进汗腺分泌,称为温热性出汗。

【A₂型题】

26. D 27. A 28. C 29. D 30. C 31. E 32. C 33. D 34. E 35. B

难题题解

26. 糖尿病病人血糖过高,糖利用严重障碍时,脑组织不能分解脂肪酸,但可利用酮体供能。

$$27. 15\text{g} \div 16\% \times 18\text{kJ/g} = 1687.5\text{kJ}$$

$$28. 20\text{L/h} \times 20.20\text{kJ/L} \div 1.6\text{m}^2 = 252.5\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

$$29. [252.5\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) - 146.9\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})] / 146.9\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \times 100\% = 72\%$$

临床上通常将 BMR 在 $\pm 15\%$ 之内,都视为正常范围。当相差超过 20% 时,才有可能为病理性变化。甲状腺功能亢进时,BMR 显著升高。根据 BMR 测定结果及病人的临床表现,提示有甲状腺功能亢进。

$$30. [2000 \times 4.187 - (70 \times 18 + 55 \times 39.8)] \div 17.2 = 286(\text{克})$$

31. 在寒冷环境中新生儿体内的褐色脂肪组织代谢是主要的能量提供方式,而饥饿时的能量来源是白色脂肪组织。

32. 肥胖者脂肪组织较多,热传导能力低,易出汗。

33. 体温每升高 1°C ,心率每分钟可增加 12~18 次。

35. 由于体温重调定,调定点上移,发热过程伴随出现了发冷,战栗等。

【B型题】

36. D 37. C 38. D 39. E 40. E 41. C

难题题解

40. 精神性出汗中枢位于大脑皮层运动区,温热性出汗中枢位于下丘脑。

【X型题】

42. AC 43. BC 44. ABC 45. ACD 46. ABD 47. AD

难题题解

42. 酮体是脂酸在肝脏内分解氧化的中间产物,但肝氧化酮体的酶活性很低,不能利用酮体,而肝外许多组织可利用酮体。

44. 脑组织的耗氧量高,所需能量主要依赖葡萄糖有氧氧化供给。由于脑组织的糖原贮存量少,对血糖的依赖性也较高。

三、简答题

1. 何谓能量代谢? 机体能量的来源及利用有哪些?

答:是指在生物体内的物质代谢过程中所伴随的能量释放、转移、贮存和利用。

机体的能量来源于食物,即蕴藏在食物分子结构中的化学能,三大营养物质是机体的能源。机体能够直接利用的能量形式是 ATP,它既是直接的供能物质,又是储能物质。磷酸肌酸是在肌肉等组织中的能源储备,当需要时磷酸肌酸的高能磷酸键可以转移给 ADP,生成 ATP,供机体利用。

机体在利用能量的过程中 50% 以上直接转化为热能,其余用于肌肉舒缩活动、合成代谢、生物电的产生和传导、物质的主动转运以及分泌等。除骨骼肌收缩完成的一定量外功外,其他的能量形式最终仍将转化为热能。

2. 试述影响机体整体水平能量代谢的主要因素。

答:见知识要点。

3. 试述测定基础代谢率(BMR)时对受试者及环境的要求和 BMR 测定的意义。

答:测定 BMR 时受试者及环境应满足下列条件:禁食 12 小时以上,清醒、静卧,未作肌肉活动,

无精神紧张,测试时的室温保持在 20~25℃。

临床上测定 BMR 有助于某些代谢性疾病的诊断及疗效的观察,特别是甲状腺功能的改变。当甲状腺功能低下时,BMR 可低于正常值的 20%~40%;甲状腺功能亢进时,BMR 可比正常值高 25%~80%。另外,测定基础代谢率还可以用于指导肥胖者控制摄入的食物热量及运动量,以达到适当降低体重的目的。

4. 试述测定体温的常用方法,正常值及体温的生理变动。

答:临床上常用的体温测量方法有三种,即测定直肠温度、口腔温度和腋下温度。直肠温度测量方法是,将温度计插入直肠 6cm 以上,其正常值为 36.9~37.9℃。口腔温度测量方法是,将温度计放在舌下,双唇紧闭。正常值为 36.7~37.7℃。腋下温度测量方法是让被测者将上臂紧贴胸廓,使腋窝紧闭形成人工体腔,待机体内部的热量逐渐传导至腋下。测定腋下温度的时间一般需要持续 5~10 分钟,而且在测温时还应保持腋窝处干燥。腋下温度的正常值为 36.0~37.4℃。

体温的正常生理变动特点见重点和难点内容。

5. 试述机体散热的方式及影响因素。

答:见知识要点。

6. 应用体温调定点学说解释机体发热过程中的主要表现。

答:发热(例如,细菌感染等)是在致热原作用下引起机体内一系列的反应,使热敏神经元活动减弱,冷敏神经元活动加强,体温调定点被重新设置(重调定),即调定点上移(例如上移到 39℃)。此时的体温虽然在正常范围,但却低于此时的调定点水平,机体减少散热、发动产热,表现为皮肤血管收缩,皮肤血流减少和皮肤温度降低;随即出现战栗等产热反应,直到体温升高到 39℃,产热和散热过程在新的调定点水平达到平衡。当体温调定点重新回到正常值时,此刻的体温高于体温调定点水平,因此,体温调节反应促使机体散热增多,产热减少,表现为机体大量发汗,增加散热,体温恢复到正常范围。

四、思考题

1. 答:(1) 通过身高和体重,测算其体表面积为 1.75m^2 ,其基础代谢率为

$$100 \div 0.239 \div 1.75 = 239.1 \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

31~40 岁的男性正常基础代谢率平均值为 $158.6 \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,实测值与之比较的结果为:

$$\frac{239.1 - 158.6}{158.6} \times 100\% = 51\%$$

该受试者的基础代谢率值较高。

(2) 大约 9.7 小时。

$$200 \div [(100 \div 0.239) \div 20.20]$$

2. 答:(1) 外周调控环节:直接作用于效应器,使外周血管舒张,和(或)促进汗腺分泌汗液,使散热量增加,和(或)抑制代谢水平及骨骼肌产热。

(2) 中枢机制:增强热敏神经元活动,抑制冷敏神经元活动,使调定点水平下移,促使机体散热增加,产热减少。

(曹 宇)

第八章

尿的生成和排出

第一节 肾的功能解剖、肾小球和肾小管的生理及尿液的浓缩与稀释

学习目标

1. 掌握 肾脏的主要功能;尿生成的三个基本过程;球旁器的组成和功能;滤过膜的通透性;肾血流量的特点及其调节;肾小球滤过率和滤过分数,有效滤过压,影响有效滤过压的因素;几种重要物质(Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、水和葡萄糖)重吸收的部位、机制和影响因素;肾小管和集合管 H^+ 、 K^+ 、 NH_3 和 NH_4^+ 的分泌;肾糖阈的概念和意义;肾髓质高渗梯度形成原理;尿液的浓缩和稀释过程及其影响因素。

2. 熟悉 肾脏血液循环的特点;肾神经支配与作用;肾小管物质重吸收的特征和方式; Ca^{2+} 和氨基酸的重吸收及影响因素;肾内尿素循环;逆流倍增与逆流交换作用;直小血管在维持髓质高渗中的作用。

3. 了解 皮质肾单位和髓质肾单位的形态学特点;定比重吸收产生的机制;肾脏的内分泌功能。

知识要点

肾脏是机体最重要的排泄器官,通过尿的生成和排出,肾脏能够排出机体代谢终产物、进入机体过剩的物质和异物,调节水、电解质和酸碱平衡,调节动脉血压等,从而维持机体内环境的稳态。肾脏也是一个内分泌器官,它能合成和释放多种生物活性物质,如合成和释放肾素,参与动脉血压的调节;合成和释放促红细胞生成素,促进红细胞的生成;肾脏中的 1α -羟化酶可使 25-羟维生素 D_3 转化为 $1,25$ -二羟维生素 D_3 ,调节钙的吸收和血钙水平;肾脏还能生成激肽和前列腺素,参与局部或全身血管活动的调节。本节在复习肾的功能解剖的基础上进一步讨论肾小球的滤过功能、肾小管和集合管的物质转运功能、尿液的浓缩和稀释。

一、肾的功能解剖和肾血流

(一) 肾的功能解剖

1. 肾单位的构成 肾单位是尿生成的基本功能单位,它与集合管共同完成尿的生成过程。肾单位由肾小体和肾小管构成。远端小管与集合管相连接,集合管不属于肾单位。髓袢和集合管在

尿液浓缩过程中起重要作用。

肾单位可分为皮质肾单位和近髓肾单位两类。皮质肾单位的肾小体位于皮质的外 2/3 处,约占肾单位总数的 85%~90%,其特点为:肾小球体积较小,髓袢较短,不到髓质,或有的只到达外髓毛细血管网,包绕在肾小管的周围,有利于肾小管的重吸收。近髓肾单位的肾小体位于皮质层靠部,有的可到达肾乳头部;入球小动脉和出球小动脉口径无明显差异;出球小动脉进一步分支形成两种小血管,一种为肾小管周围毛细血管网,缠绕在近曲小管和远曲小管周围,有利于肾小管重吸收;另一种是细长成袢状的 U 形直小血管,深入髓质,与髓袢伴行,在维持肾脏髓质高渗和尿液浓缩稀释方面起重要作用。

2. 球旁器 球旁器由球旁细胞、致密斑和球外系膜细胞三部分组成,主要分布于皮质肾单位。球旁细胞含分泌颗粒,能合成、储存和释放肾素。致密斑能感受小管液中 NaCl 含量的变化,将信息传递至邻近的球旁细胞,调节肾素分泌,从而调节尿量的生成。这一调节过程称为管-球反馈。球外系膜细胞具有吞噬和收缩等功能。

3. 滤过膜的构成 肾小球滤过膜由毛细血管内皮细胞、基膜和肾小囊脏层足细胞的足突构成,小分子溶质以及小分子量的蛋白质可自由通过。内皮细胞表面有带负电荷的糖蛋白,可阻碍带负电荷的蛋白质通过。毛细血管基膜层含有 IV 型胶原、层粘连蛋白和蛋白多糖等成分,带负电荷,可以通过膜上网孔孔径的大小和电荷屏障影响滤过。滤过膜的外层是肾小囊上皮细胞,又称足细胞。足细胞的足突相互交错形成滤过裂隙膜,是滤过膜的最后一道屏障。不同物质通过滤过膜的能力取决于被滤过物质分子的大小及其所带的电荷。因滤过膜带负电荷,相同大小但带不同电荷的物质通过滤过膜的通过性也不一样。带正电荷易通过,负电荷不易通过。

4. 肾脏的神经支配 肾脏只有交感神经支配,肾交感神经节后纤维进入腹腔神经节和位于主动脉、肾动脉部的神经节。节后纤维与肾动脉伴行,支配肾动脉、肾小管和球旁细胞。肾交感神经节后纤维末梢释放的递质是去甲肾上腺素,调节肾血流量、肾小球滤过率、肾小管的重吸收和肾素的释放。

(二) 肾血流量的特点及其调节

肾血流量大,但分布不均。肾血流量在不同状态下变化很大,安静时可保持相对稳定,紧急状态时可急剧减少。

1. 肾血流量的自身调节 在没有外来神经和体液影响的情况下,动脉血压在一定范围内变动时肾血流量能保持恒定称为肾血流量的自身调节。这种自身调节使肾血流量和肾小球滤过率相对稳定,这对于肾脏水、钠和其他物质的排泄不会因血压的波动而发生较大的变化具有重要的意义。肾血流量自身调节的机制有肌源性机制和管-球反馈两种学说。

2. 肾血流量的神经和体液调节 在应急状态下,通过多种反射等引起交感神经兴奋,儿茶酚胺、肾素-血管紧张素-醛固酮系统的激活,抗利尿激素的大量释放,使肾血管收缩,血流量减少,血液再分配,以保证重要器官,如心和脑等的血压供应。肾血流量的神经和体液调节主要是使肾血流量与全身血液循环相配合。

二、肾小球的滤过功能

当血液流经肾小球滤过膜滤过时,除蛋白质以外的部分血浆被滤过进入肾小囊腔,形成超滤液,是尿生成的第一步。单位时间内(每分钟)两肾生成的超滤液量称为肾小球滤过率(GFR)。正

常成人的 GFR 大约为 125ml/min。肾小球滤过率与肾血浆流量的比值称为滤过分数。

有效滤过压及其影响因素

1. 有效滤过压 有效滤过压是指促进超滤的动力与对抗超滤的阻力之间的差值。动力包括肾小球毛细血管静水压和肾小囊内超滤液胶体渗透压。阻力包括肾小球毛细血管内的血浆胶体渗透压和肾小囊内的静水压。因肾小囊内超滤液胶体渗透压接近于零,故肾小球有效滤过压 = 肾小球毛细血管静水压 - (血浆胶体渗透压 + 肾小囊内压)。肾小球毛细血管不同部位的有效滤过压并不相同,越靠近入球小动脉端,有效滤过压越高,这主要是因为肾小球毛细血管内的血浆胶体渗透压在不断改变,当毛细血管血液从入球小动脉端流向出球小动脉端时,由于不断生成超滤液,血浆中蛋白质浓度便逐渐升高,使滤过的阻力逐渐增大,因而有效滤过压就逐渐减小。当滤过阻力等于滤过动力时,有效滤过压降为零,称为滤过平衡,此时滤过便停止。

2. 影响肾小球滤过的因素 影响肾小球滤过的因素有下面几个方面:①肾小球毛细血管滤过系数:滤过系数是滤过膜面积与有效通透系数的乘积。滤过系数减小时 GFR 减低。②肾小球毛细血管血压:安静时全身动脉血压在 70~180mmHg 范围内波动时,由于肾血流量存在自身调节机制,肾血流量保持相对稳定,GFR 不会受大的影响。但超出这一范围,动脉血压升高或降低,肾小球毛细血管血压会发生相应变化,肾小球滤过率也必然会发生相应变化。当动脉血压降至 40~50mmHg 以下,GFR 会降至零,将导致无尿。③肾小囊内压:肾小囊内压一般较稳定,肾小管或尿路阻塞可使囊内压升高而降低有效滤过压。④血浆胶体渗透压:血浆胶体渗透压升高可降低有效滤过压;反之将增加有效滤过压。⑤肾血流量:肾血流量不改变有效滤过压,但可改变滤过平衡点。肾血浆流量大,滤过平衡点靠近出球小动脉端,有效滤过面积增大,肾小球滤过率增加;肾血浆流量减少,滤过平衡点靠近入球小动脉端,有效滤过面积减小,肾小球滤过率减少。

三、肾小管和集合管的物质转运功能

(一) 肾小管和集合管中物质转运的方式

重吸收是指小管液中的成分被肾小管上皮细胞转运返回血液的过程。肾小管和集合管还有分泌或排泄功能。肾小管的物质转运方式分为被动和主动转运。被动转运包括扩散、渗透、易化扩散和溶剂拖曳。主动转运包括原发性主动转运和继发性主动转运。前者包括质子泵、钠泵和钙泵转运等;继发性主动转运包括同向与逆向转运。肾小管和集合管中物质转运的途径可分为跨细胞转运途径和细胞旁转运途径。

(二) 肾小管和集合管中各种物质的重吸收与分泌

1. Na^+ 重吸收 近端小管重吸收超滤液中 65%~70% 的 Na^+ 。约 2/3 的 Na^+ 经跨细胞转运途径,主要发生在近端小管的前半段,约 1/3 经细胞旁途径被重吸收,主要发生在近端小管的后半段。在近端小管的前半段, Na^+ 进入细胞是通过与 H^+ 的分泌以及葡萄糖、氨基酸的同向转运相耦联进入细胞内。细胞内的钠经基底侧膜上 Na^+ 泵泵出细胞。近端小管后半段存在钠的被动吸收,这主要是氯离子吸收后造成的电位差,钠离子经紧密连接被动扩散进入细胞间隙液。髓祥升支细段钠的重吸收为被动易化扩散。髓祥升支粗段通过 $\text{Na}^+-\text{K}^+-2\text{Cl}^-$ 同向转运体主动重吸收。远端小管通过 Na^+-Cl^- 同向转运体和集合管通过上皮钠通道 (ENaC) 主动重吸收钠,且受醛固酮的调节。

2. Cl^- 的重吸收 在髓祥升支粗段 Cl^- 由 $\text{Na}^+-\text{K}^+-2\text{Cl}^-$ 同向转运体主动重吸收,其他部位均为被动重吸收。

3. 水的重吸收 水的重吸收均为渗透性吸收,通过水通道蛋白 AQP 介导。在近端小管,水通过 AQP1 随溶质吸收而吸收,且为等渗性重吸收。髓祥降支细段,管壁对水通透,部分水通过 AQP1

被吸收。在集合管,水的重吸收由主细胞顶端膜和胞浆中的 AQP2 介导进入细胞,通过基底侧膜的 AQP3 和 AQP4 进入组织间隙,重吸收的量根据机体的需要,受抗利尿激素的调节。

4. 葡萄糖和氨基酸的重吸收 葡萄糖和氨基酸只能在近端小管被主动重吸收。两者吸收均需要 Na^+ 。通过顶端膜上的同向转运体转入细胞内,在基底侧膜又通过易化扩散出细胞进入血液循环。近端小管吸收葡萄糖有一定的限度,当达血糖浓度达 $180\text{mg}/100\text{ml}$ 血液时,尿中开始出现葡萄糖,尿中开始出现葡萄糖时的血糖浓度称为肾糖阈。当达最大转运率时,尿中的糖浓度与血糖成正比增加。

5. HCO_3^- 的重吸收 HCO_3^- 在近端小管以 CO_2 形式重吸收,在胞内碳酸酐酶的催化下水结合生成 H_2CO_3 ,后者又很快解离成 HCO_3^- 和 H^+ 。在基底侧膜经逆向交换出细胞。髓袢升支粗段也可吸收 HCO_3^- ,机制同近端小管。

6. H^+ 的分泌 近端小管、远端小管和集合管均可分泌 H^+ 。在近端小管、髓袢升支粗段和远曲小管,细胞内的 H^+ 与小管液中的钠经逆向交换进入小管液;在集合管闰细胞存在 H^+ 泵和 $\text{H}^+-\text{K}^+\text{ATP}$ 酶,主动将细胞内 H^+ 泵入小管液。

7. NH_3 和 NH_4^+ 的分泌 近端小管、髓袢升支粗段和远端小管的上皮细胞内的谷氨酰胺可生成 NH_3 和 NH_4^+ 。 NH_3 通过简单扩散进入小管液,与 H^+ 结合生产 NH_4^+ 。细胞内的 NH_4^+ 可经顶端膜上的 Na^+-H^+ 转运体转入小管液。1 分子谷氨酰胺被代谢时,可生成 2 个 NH_4^+ 进入小管液,同时回收 2 个 HCO_3^- 。

8. K^+ 的分泌与吸收 65%~70% 的钾在近端小管被重吸收,25%~30% 在髓袢重吸收。尿中排出的钾主要是由远端小管和集合管的主细胞所分泌的,分泌方式主要是通过肾脏钾通道 ROMK,这一交换又受多种因素的影响,如血钾、醛固酮和肾小管泌 H^+ 。

9. 钙的重吸收与排泄 经肾小球滤过的 Ca^{2+} ,约 70% 在近端小管被重吸收;20% 在髓袢,9% 在远端小管和集合管被重吸收,小于 1% 的 Ca^{2+} 随尿排出。细胞内的 Ca^{2+} 则经基底侧膜上的 $\text{Ca}^{2+}-\text{ATP}$ 酶和 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换机制转运出细胞。髓袢降支粗段能重吸收 Ca^{2+} 。升支粗段可能存在被动重吸收,也存在主动重吸收。在远端小管和集合管,小管重吸收是跨细胞途径的主动转运。

10. 尿素的重吸收与排泄 尿素是作为蛋白质代谢产物由肝脏产生,经过肾小球滤过进入小管液中。近端小管可以吸收 40%~50% 肾小球滤过的尿素。肾单位的其他部分节段对尿素通透性很低,部分节段通过尿素通道蛋白(UT)增加该节段对尿素的通透性,存在肾内尿素再循环。

肾内尿素再循环的过程包括:

(1) 肾小管尿素重吸收:①从髓袢升支细段至皮质和外髓部集合管对尿素不通透,集合管开始对水进行重吸收,导致尿素在集合管内浓度不断增高;②内髓部集合管末端依赖抗利尿激素调控的尿素通道蛋白 UT-A1 和 UT-A3 对尿素高度通透,使浓缩的尿素扩散到内髓部组织;③髓袢降支细段 UT-A2 介导的尿素通透性增加,尿素重新进入髓袢。

(2) 直小血管对尿素渗透梯度的影响:内髓部组织的高浓度尿素通过直小血管升支的窗孔进入血液,由直小血管升支从内髓部带走的尿素,在向外髓部走行过程中,再扩散到尿素浓度比较低的组织间液,然后通过直小血管降支表达的尿素通道蛋白 UT-B 进入血液回到内髓部,从而维持从肾外髓部到内髓部的尿素浓度梯度和渗透压梯度。

此过程在尿浓缩机制中具有非常重要的意义,这一循环过程称为肾内尿素再循环。 NaCl 和尿素维持内髓部高渗的作用各约占 50%。根据机体的调节,经肾小球滤过的尿素有 20%~50% 经尿液排出体外。

四、尿液的浓缩和稀释

(一) 尿液的稀释机制

终尿的渗透浓度如低于血浆的渗透浓度,称为低渗尿。尿液的稀释主要发生在远端小管和集合管。如果机体内水过多而造成血浆晶体渗透压下降,可使血管升压素的释放被抑制,集合管对水的通透性很低,水不能被重吸收,而小管液中的 NaCl 将继续被主动重吸收,其渗透浓度可降至 $100\text{mOsm/kg}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 。

(二) 尿液的浓缩机制

在失水或禁水等情况下,血浆晶体渗透压升高,可引起尿量减少,尿液浓缩,人体终尿的渗透浓度可高达 $1200\text{mOsm/kg}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 。尿液浓缩也发生在集合管,是由于小管液中的水被重吸收的比率大大超过了溶质的重吸收所致。

1. 肾髓质渗透浓度梯度的形成 髓袢的形态和功能特性是形成肾髓质渗透浓度梯度的重要条件。髓袢升支粗段主动重吸收 Na^+ 和 Cl^- , 但对水不通透,形成外髓高渗。髓袢升支细段对水不通透,小管液中的 Na^+ 和 Cl^- 向内髓组织扩散以及尿素从内髓集合管向内髓扩散和尿素循环,形成内髓高渗。

2. 直小血管在维持肾髓质高渗中的作用 直小血管在髓质中形成 U 型袢状结构。直小血管壁对水和溶质都有高度通透性。在直小血管通过逆流交换,只带走少量的溶质,使得髓质高渗得以维持。

3. ADH 在形成高渗尿中的作用 在 ADH 的作用下,集合管主细胞顶端膜上的水通道蛋白 2 的数目增加,水的重吸收增加,尿量减少,渗透压升高形成高渗尿。

(三) 影响尿液浓缩和稀释的因素

1. 影响肾髓质高渗形成的因素 能影响髓袢升支粗段对 NaCl 主动重吸收的因素都将影响髓质高渗的建立,从而影响水重吸收的动力。尿素是形成肾髓质高渗的另一重要因素。尿素通过尿素循环进入肾髓质,大约构成内髓部高渗的 50%。机体代谢的尿素多,则内髓渗透压高,反之,则渗透压低,影响水重吸收的动力。

2. 影响集合管对水通透性的因素 影响水重吸收的另一重要因素是集合管对水的通透性。该部位对水的通透性依赖于血液中血管升压素的浓度。当血管升压素浓度升高时,对水的通透性增加,尿液浓缩;当血管升压素浓度降低时,水通透性降低,水重吸收减少,尿液稀释。

3. 直小血管血流量和速度对髓质高渗的影响 直小血管血流量和速度对髓质高渗将产生影响。当直小血管的血流量增加,血流速度过快时,可从肾髓质组织中带走较多的溶质,使肾髓质浓度梯度下降;如肾血流量明显减少,血流速度变慢,供氧不足,肾小管物质转运功能障碍,特别是髓袢升支粗段主动重吸收 Na^+ 和 Cl^- 的同向转运体的功能受损,髓质高渗也受影响,两种情况都可使肾脏对尿的浓缩功能降低。

复习思考题

一、名词解释

1. glomerular filtration rate (GFR)

2. filtration fraction

3. effective filtration pressure

4. tubuloglomerular feedback
5. glomerulotubular balance
6. renal glucose threshold
7. renal tubular secretion

二、选择题

【A₁型题】

1. 下列哪种情况可增加 GFR

- A. 电刺激心迷走神经外周端 B. 交感神经系统强烈兴奋 C. 肾血流量增加
D. 血浆胶体蛋白浓度升高 E. 肾小球入球小动脉收缩

- *2. 与近端小管前半段相比,近端小管后半段的小管液中

- A. 葡萄糖浓度较高 B. 氨基酸浓度较高 C. 钠浓度较高
D. 肌酐浓度较高 E. 碳酸氢盐浓度较高

3. 关于肾脏葡萄糖重吸收正确的描述是

- A. 葡萄糖重吸收发生在肾小管各个部分
B. 葡萄糖重吸收通过易化扩散方式
C. 葡萄糖全部在近端小管重吸收,通过主动转运方式
D. 葡萄糖全部在近端小管重吸收,顶端膜的转运通过继发型主动转运,基底侧膜的转运通过被动易化扩散方式
E. 葡萄糖全部在近端小管重吸收,顶端膜和基底侧膜的转运均为继发型主动转运

- *4. 下列哪种情况下可以引起高钾血症

- A. 血容量减少 B. 应用非保钾利尿剂 C. 给予胰岛素处理
D. 代谢性碱中毒 E. 醛固酮分泌过多

5. 下列增加滤过分数的因素是

- A. 肾血流量增加
B. 入球小动脉阻力增大
C. 血浆胶体渗透压升高
D. 肾小囊内压升高
E. 入球小动脉阻力不变,出球小动脉阻力增大

- *6. 保钾利尿剂是通过下列哪个机制产生利尿作用

- A. 抑制近端小管顶端膜上 Na^+ -葡萄糖同向转运体
B. 抑制肾小管和集合管基底侧膜上的钠泵而抑制钠的主动重吸收
C. 抑制远曲小管 $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ 同向转运体
D. 抑制集合管顶端膜上的上皮钠通道
E. 抑制髓袢升支粗段 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-}2\text{Cl}^-$ 同向转运体

- *7. 下列哪种情况下可发生代谢性酸中毒

- A. 醛固酮分泌过少 B. 通气过度 C. 低血钾
D. 肾小管 NH_3 生成过多 E. 血钙升高

8. 肾小球的滤过作用一般只发生在入球端毛细血管段的主要原因是

- A. 出球端毛细血管血压过低 B. 肾小囊内压逐渐升高
C. 毛细血管内晶体渗透压逐渐升高 D. 毛细血管内胶体渗透压逐渐升高

E. 肾小囊内胶体渗透压逐渐降低

9. 下列哪种情况下可导致代谢性碱中毒

A. 醛固酮分泌过多

B. 过多通气

C. 持续性腹泻

D. 肾衰竭

E. 糖尿病

*10. 高渗性脱水时,下列哪段小管液的渗透压可为低渗

A. 肾小囊超滤液

B. 近端小管后半段

C. 内髓集合管

D. 髓袢升支粗段末

E. 髓袢降支细段

11. 关于肾小管和集合管分泌功能的说明,错误的是

A. 分泌 H^+ 有利于 Na^+ 和 HCO_3^- 重吸收

B. 分泌 NH_3 有利于排 H^+

C. 分泌 NH_3 排 H^+ 有利于重吸收 Na^+

D. 分泌 K^+ 有利于重吸收 Na^+

E. 分泌 K^+ 有利于排 H^+

12. 与肾内髓部高渗的形成有关的是

A. $NaCl$

B. $NaCl$ 和尿素

C. K^+

D. $NaCl$ 和 KCl

E. 尿素

*13. 下列哪种情况下尿中出现蛋白质

A. 小管液流速加快

B. GFR 增加

C. 滤过膜上裂孔素数量减少

D. 滤过分数增加

E. 血钠升高

14. 下列哪种情况下 GFR 增加

A. 失血

B. 剧烈运动

C. 全身交感神经兴奋

D. 肾血流量增加

E. 动脉血压从 100mmHg 升至 150mmHg

15. 当病人血糖浓度检测为 300mg/100ml 时,下列哪项指标高于正常值

A. 细胞内液量

B. 尿糖

C. 血钠

D. 动脉二氧化碳分压

E. 动脉血 pH

16. 关于肾脏逆流倍增机制对尿液的浓缩能力的叙述,正确的是

A. 与髓袢的长度无关

B. 与肾髓质部血流速度无关

C. 与髓袢肾小管液的流速无关

D. 取决于近端小管对水的通透性

E. 取决于血中抗利尿激素的浓度

17. 呋塞米的利尿作用机制是

A. 抑制近端小管对氯化钠的重吸收

B. 抑制髓袢升支粗段对水的重吸收

C. 抑制集合管对水的通透性

D. 抑制升支粗段对氯化钠的重吸收

E. 抑制集合管上皮细胞膜上的上皮钠通道

18. 肾衰竭不能产生激素时可能出现下面哪种情况

- A. 水肿 B. 高血压 C. 贫血
D. 尿毒症 E. 酸中毒
19. 神经垂体损伤后
A. 尿量增加,低渗尿 B. 尿量增加,高渗尿 C. 尿量减少,低渗尿
D. 尿量增加,渗透压无变化 E. 尿量减少,高渗尿
20. ADH 除增加内髓集合管对水的通透性外,还
A. 增加内髓集合管对尿素的通透性
B. 增加近端小管钠的重吸收
C. 降低髓袢降支细段对水的重吸收
D. 增加髓袢升支细段对钠的通透性
E. 抑制髓袢升支粗段对钠和氯的主动转运
21. 剧烈运动尿量减少的最主要原因是
A. ADH 分泌过多 B. 肾血管收缩,肾血流量明显减少
C. 肾小球滤过面积减少 D. 全身血量减少
E. 醛固酮分泌过多
22. 下面关于呋塞米的作用,错误的是
A. 抑制升支粗段对氯化钠的重吸收
B. 可降低肾外髓质部分细胞外渗透压
C. 可降低肾内髓质部分细胞外渗透压
D. 可使的肾内髓质集合管对尿素的通透性降低
E. 可使的肾内髓质尿素吸收减少
23. 集合管中钠离子的重吸收主要受哪种激素的调节
A. 醛固酮 B. 肾上腺素 C. ADH
D. 糖皮质激素 E. 血管紧张素 II
24. 内髓集合管的小管液
A. 总是高渗的
B. 总是低渗的
C. 总是等渗的
D. 可以是高渗,也可以是低渗
E. 可以是高渗和低渗,也可以是等渗

【A₂型题】

*25. 病人因进行性软弱无力和倦怠就诊,经临床检查确诊为 SIADH (抗利尿激素分泌失调综合征)。当其 ADH 分泌过多时,病人的

- A. 尿量多于正常 B. 细胞内液量高于正常
C. 血钠浓度高于正常 D. 血浆胶体渗透压高于正常
E. 血浆渗透压高于正常

*26. 患者,35岁,女性,因肥胖,高血压,月经减少就诊,经检查尿中 17-羟皮质类固醇为 $138\mu\text{mol}/24\text{h}$ (女性正常值: $11\sim 27.6\mu\text{mol}/24\text{h}$),诊断为肾上腺皮质功能亢进。该患者血中醛固酮水平升高。可预期该患者的

- A. 血钠升高,细胞外液量增加 B. 血钾升高,细胞外液量增加

- C. 血钠升高,细胞外液量减少 D. 血钾下降,细胞外液量减少
E. 血钠下降,细胞外液量增加

*27. 某大学生,在进行 10 000m 长跑后出汗 1L。该大学生在跑步结束后为解渴饮清水 1L。与出汗前相比

- A. 受试者的细胞内液为低渗 B. 受试者的细胞外液为高渗
C. 受试者的细胞内液量增加 D. 受试者的细胞外液量增加
E. 受试者细胞内和细胞外容量不变

*28. 患者因发热、恶心、呕吐、软弱无力就诊,经临床检查,确诊为艾迪生病(Addison disease)。该患者醛固酮分泌明显减少,患者可出现

- A. 低血钠、低血钾和轻度酸中毒
B. 高血钠、低血钾和轻度碱中毒
C. 低血钠、高血钾和轻度碱中毒
D. 低血钠、高血钾和细胞外液量增加
E. 低血钠、高血钾、轻度酸中毒和细胞外液量减少

【B 型题】

(29~30 题共用备选答案)

- A. 近端小管 B. 球旁细胞 C. 致密斑
D. 髓袢升支粗段 E. 内髓集合管

29. 能分泌肾素的结构是

30. 能产生等渗性重吸收的部位发生在

(31~32 题共用备选答案)

- A. 近端小管 B. 球旁细胞 C. 致密斑
D. 髓袢升支粗段 E. 内髓集合管

31. 小管液渗透压变化最大的部位是

32. 主动重吸收 Na^+ 、 Cl^- 建立外髓组织高渗的部位是

(33~34 题共用备选答案)

- A. 肾小球毛细血管血压下降 B. 血浆胶体渗透压下降 C. 滤过膜通透性增大
D. 囊内压下降 E. 血浆晶体渗透压下降

33. 急性大失血引起的尿量减少是由于

34. 剧烈运动引起的尿量减少是由于

【X 型题】

35. 能使尿量增加的因素是

- A. 静脉输入大量生理盐水
B. 给予能被肾小球滤过,但不被重吸收的物质
C. 减少尿素的生成
D. 抑制髓袢升支粗段 Na^+ 、 Cl^- 的主动重吸收

36. 肾脏的功能包括

- A. 调节酸-碱平衡 B. 调节水盐平衡
C. 调节细胞外液量 D. 调节血压

*37. 急性失血性休克引起尿量减少的原因有

- A. 肾血流量减少,肾毛细血管血压下降,GFR 减少
- B. 血容量下降刺激 ADH 分泌,水重吸收增加
- C. 肾交感神经强烈兴奋,使肾血流量减少
- D. 血管紧张素 II 使肾血管收缩,也增加水和钠的重吸收

38. 电刺激心迷走神经外周端,尿量减少是由于

- A. 全身动脉血压下降
- B. 肾血流量减少,GFR 减少
- C. ADH 分泌增加
- D. 肾血管收缩,肾血流量减少,GFR 减少

39. 能引起肾素分泌的因素有

- A. 循环血量减少
- B. 动脉血压下降
- C. 血管紧张素 II 浓度升高
- D. 肾动脉狭窄

40. 应急状态时,肾血流量减少主要是通过

- A. 交感神经系统活动加强,使肾血管收缩
- B. 肾上腺髓质分泌儿茶酚胺,使肾血管收缩
- C. 肾上腺皮质分泌盐皮质激素增多,儿茶酚胺作用加强
- D. 肾素分泌增多,直接收缩肾血管

三、简答题

1. 正常人的肾血流量是如何调节的? 试述其调节机制和生理意义。

2. 试述肾髓质高渗透浓度梯度形成的过程和意义。

3. 试述小管液流经近曲小管、髓袢降支、髓袢升支和远曲小管时,其渗透浓度发生什么变化? 为什么?

4. 为什么肾脏集合管中的小管液渗透压可高渗,也可低渗? 其机制是什么?

5. 试述正常人分别饮清水 1L 和饮生理盐水 1L,各对尿量有何影响? 阐明其变化机制。

6. 急性大出血对尿量有何影响? 其机制是什么?

四、思考题

1. 患者女性,65 岁,患糖尿病二十年,近一年多来病人除糖尿病的症状外,出现厌食,食后胃肠饱胀感,恶心,呕吐,腹泻,明显感觉全身不适、食欲减退,近几个月来上述症状明显加重,并出现昏昏欲睡。到医院体查发现血压增高(165/96mmHg),实验室结果如下:

血钾:7.4mmol/L (正常 3.5~5.5mmol/L)

血红细胞数: $2.1 \times 10^{12}/L$ (正常 $3.5 \sim 5.0 \times 10^{12}/L$)

血钙:1.6mmol/L (正常 2.03~2.54mmol/L)

血 pH:7.31 (正常 7.35~7.45)

全血肌酐:280 μ mol/dl (正常 80~177 μ mol/dl)

血清尿素氮:14mmol/dl (正常 2.9~7.5mmol/dl)

超声波检查:肾大小:长 8cm、宽 4cm、厚 2.5cm(正常:长 10~12cm、宽 5~6cm、厚 3~4cm)

ECG I 和 II 导联:P 波抬高,P-R 间歇延长

诊断为慢性肾功能不全。问题:

(1) 该患者为何出现贫血?

(2) 请推测该患者的肾小球滤过率有何变化?

(3) 该患者为什么会出现酸中毒?

(4) 该患者 ECG 为何 P-R 间期延长?

2. 患者男性, 35 岁, 13 天前发热, 咽喉痛, 医生检查发现患者两侧扁桃体发炎。18 天后, 患者出现恶心、呕吐、头痛、头晕、烦躁、乏力、嗜睡、眼睑和下肢水肿、尿量明显减少等症状。体查发现血压: 180/135mmHg, 眼睑和下肢呈凹陷性水肿。实验室检查结果如下:

尿液检查: 蛋白质: +++++; 大量红细胞; 颗粒管型和红细胞管型

尿量: 500ml/d

抗链球菌溶血素“O”抗体: 500U (正常 <400U)

GFR: 19ml/min (正常 125ml/min)

血 pH: 7.30 (正常 7.35~7.45)

血钾: 7.7mmol/L (正常 3.5~5.5mmol/L)

诊断为急性肾小球肾炎。问题:

(1) 该患者为什么出现 GFR 减少, 血压升高?

(2) 该患者的尿液中为什么检测到大量蛋白质和红细胞?

(3) 为什么会出现眼睑和下肢水肿?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 肾小球滤过率: 单位时间内(每分钟)两肾生成的超滤液量, 一般正常成人每分钟 125ml, 但可随体表面积、年龄和环境等而有所变化。

2. 滤过分数: 肾小球滤过率与肾血浆流量的比值称为滤过分数。

3. 有效滤过压: 有效滤过压是指促进超滤的动力与对抗超滤的阻力之间的差值。肾小球有效滤过压 = (肾小球毛细血管静水压 + 囊内液胶体渗透压) - (血浆胶体渗透压 + 肾小囊内压)。

4. 管-球反馈: 指在小管液流量的变化对单个肾单位肾血流量和肾小球滤过率进行自身调节的一种机制。即小管液成分受肾小球滤过率的影响, 而小管液的成分和流量改变时, 又可通过反馈机制调节肾小球滤过率, 使流经远端的小管液成分只能在较小的范围内变动。

5. 球-管平衡: 近端小管对水和溶质的重吸收随肾小球滤过率改变而改变的现象称为球-管平衡。表现为近端小管中 Na^+ 和水的重吸收率总是占肾小球滤过率的 65%~70%。

6. 肾糖阈: 尿中开始出现葡萄糖时的血糖浓度称为肾糖阈。肾糖阈因人而异, 每个肾单位的肾糖阈也不一样。正常人肾糖阈约为 180mg/100ml。

7. 肾小管分泌: 是指肾小管上皮细胞将一些物质经顶端膜分泌到小管液的过程。

二、选择题

【A₁型题】

1. C 2. D 3. D 4. A 5. E 6. D 7. A 8. D 9. A 10. D
11. E 12. B 13. C 14. D 15. B 16. E 17. D 18. C 19. A 20. A
21. B 22. D 23. A 24. D

难题解析

2. 在近端小管的前半段, 葡萄糖、氨基酸、钠离子和水都进行了大量的重吸收, 因此在近端小管后半段的小管液中, 葡萄糖、氨基酸、钠离子浓度都不高。而在近端小管的后半段碳酸氢盐与分

泌的 H^+ 结合,进行重新吸收,因此碳酸氢盐浓度也会降低。肌酐能自由通过肾小球滤过,但在肾小管和集合管分泌和重吸收肌酐的量非常少。伴随近端小管水的大量重吸收,小管液中的肌酐浓度较高。

4. 血容量减少使肾小球滤过的钾减少,因肾血流量不足使肾小管钾的分泌也少,可导致高血钾。非保钾利尿剂因使尿量增加,钾排出增加。胰岛素使胞外钾转入细胞内,不会引起高钾。代谢性碱中毒时, H^+ 减少,机体细胞膜上的 H^+-K^+ 交换减少。醛固酮增加肾排钾。

6. 保钾利尿剂的利尿作用机制是通过抑制集合管上皮细胞顶端膜上的上皮钠通道功能,使钠的通透性下降,钠从小管液向上皮细胞内流动减少,使小管液正电荷量增加,对抗了胞内钾向小管液的扩散,因钾分泌的重要机制是通过钾通道向小管液扩散,扩散动力为浓度差和电位差。

7. 醛固酮分泌过少降低 K^+ 的分泌,也使血钾升高,导致酸中毒。

10. 在肾小管液中,由于髓祥升支和远曲小管存在水盐重吸收分离的现象,仅重吸收 $NaCl$,不吸收水。随着 $NaCl$ 的不断重吸收,小管液的渗透压持续降低,在远曲小管可为低渗。即使在高渗性脱水的病理状态下,远曲小管依然由于 $NaCl$ 持续被重吸收,而水不能重吸收,出现低渗。这里没有远曲小管选项,髓祥升支粗段末也是在低渗的范围内。因此选 D。

13. 裂孔素是一种特殊表达在肾小球足细胞足突隔膜的蛋白质,其主要功能是构成滤过屏障,对防止血中蛋白质被滤过进入尿中起重要作用,因此,减少时尿中出现蛋白尿。

【 A_2 型题】

25. B 26. A 27. C 28. E

难题解析

25. 当 ADH 分泌过多时,由于水过多被肾集合管重吸收,而盐的重吸收并没增加,使细胞外液量增加,但晶体渗透压下降,细胞内晶体渗透压相对较高,水进入细胞内,故细胞内液量高于正常。

26. 肾上腺皮质功能亢进患者血中醛固酮水平升高,刺激肾小管和集合管排钾,保钠而间接保水,出现血钠轻度升高,细胞外液量增加。

27. 虽然出汗 1L 后,又补充了 1L 水,但汗液是低渗的,这将使细胞外液渗透压有所下降,细胞外水经渗透作用进入细胞内,细胞内液量增加。

28. 艾迪生病 (Addison disease) 患者,醛固酮分泌明显减少,其排钾保钠作用减弱,患者可出现低血钠、高血钾、轻度酸中毒和细胞外液量减少。

【B 型题】

29. B 30. A 31. E 32. D 33. A 34. A

【X 型题】

35. ABCD 36. ABCD 37. ABCD 38. AB 39. ABD 40. ABD

难题解析

37. 急性失血性休克时,血量减少,血压下降,这都将引起心血管反射,如加压反射、压力感受器反射和心肺容量感受器反射,其结果是交感神经兴奋,交感神经兴奋使肾血管强烈收缩,肾血流量减少,肾小球毛细血管血压下降, GFR 减少。同时这些反射也刺激 ADH 的分泌。失血也激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,生成的血管紧张素 II 和醛固酮增加肾小管对钠和水的重吸收。

三、简答题

1. 正常人的肾血流量是如何调节的? 试述其调节机制和生理意义。

答:安静状态下,动脉血压在 70~180mmHg 范围内变动,肾血流量能维持相对稳定,这主要是通过肾血流量的自身调节机制,即肌源性机制和管-球反馈机制。

肾血流量经自身调节而保持相对稳定,使肾小球滤过率在此血压范围内保持相对稳定,机体对钠、水和其他物质的排泄不会因血压的波动而发生较大的变化,这对肾脏的尿生成功能具有重要意义。但在紧急情况下,则通过交感神经和肾上腺髓质激素等使全身血量重新分配,减少肾血流量,以确保心、脑等重要器官的血液供应。所以,肾血流量的神经和体液调节主要是使肾血流量与全身循环血量相配合。例如,在循环血量减少、强烈的伤害性刺激、情绪激动或剧烈运动时,全身多数交感神经活动加强,肾血流量减少;反之,当循环血量增多时,交感活动减弱,肾血流量增加。

2. 试述肾髓质高渗透浓度梯度形成的过程和意义。

答:肾髓质渗透浓度梯度的形成由以下几个重要因素构成:①髓袢升支粗段通过细胞上的 Na-K-2Cl 同向转运体主动重吸收 NaCl ,对水不通透,增加外髓部的渗透压,是建立髓质高渗透梯度的最重要的起始动力;②髓袢降支细段通过水通道蛋白 1 对水通透,对 NaCl 不通透,增加了小管液的渗透压;③髓袢升支细段对水不通透,对 NaCl 通透,小管液中高浓度的 NaCl 被动易化扩散到内髓部;④尿素再循环,通过尿素通道蛋白增加内髓部组织间隙的尿素浓度,和 NaCl 一起形成了内髓部的高渗;⑤不断滤过的小管液,推动小管液从髓质到集合管,向肾乳头方向流动,促进了肾脏建立从外髓部至内髓部由低到高的渗透浓度梯度,为机体形成浓缩的尿液奠定基础。

3. 试述小管液流经近曲小管、髓袢降支、髓袢升支和远曲小管时,其渗透浓度发生什么变化?为什么?

答:(1) 近端小管(近曲小管和髓袢降支粗段)能主动和被动重吸收超滤液中的多种溶质,但对水也通透,溶质被吸收后建立的渗透压梯度又通过渗透作用将水也吸收,因此此段小管液渗透压仍与血浆相等,为等渗。

(2) 髓袢降支细段对水通透,但对钠不通透,在髓质高渗的作用下,水被不断地重吸收,所以,小管液在向髓袢降支流动时,其渗透浓度越来越高,高于血浆渗透压。

(3) 在髓袢升支细段,上皮细胞对氯和钠通透,但对水不通透,小管液中高浓度的氯和钠将顺浓度梯度从小管液向内髓部组织间隙扩散,小管液向皮质方向流动时,渗透浓度越来越低,但仍为高渗。

(4) 在髓袢升支粗段,肾小管上皮细胞主动重吸收氯化钠,但对水又不通透,所以小管液渗透浓度继续降低。

(5) 在远曲小管,肾小管上皮细胞主动重吸收氯化钠,对水又不通透,所以小管液渗透浓度继续降低,小管液渗透浓度可为低渗。

4. 为什么肾脏集合管中的小管液渗透压可高渗,也可低渗?其机制是什么?

答:内髓集合管是决定尿液浓缩和稀释的关键部位。内髓集合管中的小管液渗透压的高低取决于水与溶质吸收的比率。水重吸收的多少又取决于两个因素,即水重吸收的动力——管内外的渗透压差和管壁对水的通透性。当机体缺水或血浆晶体渗透压升高时,ADH 分泌增加,管壁对水的通透性增加,水重吸收增加,大于对溶质的重吸收,尿量减少,尿渗透压增高,出现高渗尿;当机体血容量过多,或血浆晶体渗透压下降,ADH 分泌减少,集合管对水的通透性下降,水的重吸收减少,尿量增加,尿渗透压下降,出现低渗尿。

5. 试述正常人分别饮清水 1L 和饮生理盐水 1L,各对尿量有何影响?阐明其变化机制。

答:饮用清水后尿量增加,尿渗透压下降,称为低渗尿。水被吸收后,细胞外液量增加,但晶体渗透压下降,对下丘脑渗透压敏感区的刺激作用减弱,ADH 的释放减少,集合管顶端膜上的 AQP2 通过内吞作用将水转入胞内,使集合管对水的通透性下降,水的重吸收减少,而此时,溶质,如钠等仍被重吸收,结果是尿量增多,尿渗透压降低。如果大量饮水,还降低血浆胶体渗透压,使有效滤

过压增大,尿量增加。饮用等渗的生理盐水,则对下丘脑渗透压敏感区的刺激作用无明显的改变。

6. 急性大出血对尿量有何影响? 其机制是什么?

答:急性大出血时尿量减少。急性大出血时血容量减少,血压下降,引起加压反射、压力感受器和心肺容量感受器所受刺激明显增加,兴奋交感神经;交感神经兴奋使肾血管强烈收缩,肾血流量减少,肾小球毛细血管血压下降,GFR减少。同时这些反射也刺激ADH的分泌。血容量减少和血压下降也可激活肾素-血管紧张素系统,生成血管紧张素Ⅱ,增加肾小管重吸收钠和水。

四、思考题

1. 答:(1) 肾脏是一个内分泌器官,合成和释放促红细胞生成素,促进红细胞的生成。该患者出现慢性肾功能不全,肾功能严重受损后,促红细胞生成素的合成和分泌明显减少,患者出现贫血。

(2) 血浆物质的清除率可以评估肾脏的功能。肌酐和尿素是机体的代谢产物,主要由肾排出体外。患者的血肌酐和血尿素氮明显增高,提示肾功能受损,肾小球滤过率下降。

(3) 肾脏的功能之一就是排酸保碱来调节血中的 H^+ 离子,而正常人酸的生成多于碱的生成,所以当肾功能受损时,肾小管不能完成排酸保碱功能,再加上高血 K^+ 时肾小管 Na^+-K^+ 交换加强,而 Na^+-H^+ 交换则受抑制,也可造成血 H^+ 浓度升高,而导致酸中毒。

(4) 患者血钾明显升高,出现高钾血症,血钾增高可引起心脏特殊传导系统房室交界区的细胞发生去极化,导致该区域的动作电位的0期去极幅度和速度降低,传导速度减慢,反映到心电图上,出现P-R间期延长。

2. 答:(1) 该患者出现急性肾小球肾炎,肾小球毛细血管大量堵塞,肾小球滤过面积减少,GFR锐减,尿量减少,使血容量增加,血压升高。

(2) 肾小球滤过膜滤过孔径的大小影响滤过的物质,同时其表面带有负电荷,能阻止带负电荷的蛋白质通过,也阻止红细胞滤过,正常人几乎是没有血尿和蛋白尿的。急性肾小球肾炎时由于肾小球滤过膜的破坏,滤过膜通透性增高,血浆蛋白和红细胞进入超滤液,而出现蛋白尿和血尿。

(3) 由于患者GFR下降,尿量减少,水钠潴留,血容量增加。血容量增加将增加微循环灌流量,组织液生成增加,出现水肿。水肿的部位可以出现在组织比较疏松的部位,如眼睑,也可以由于重力作用,积聚在下肢,形成下肢水肿。另一方面,若因蛋白尿而导致低蛋白血症,血浆胶体渗透压下降,将进一步促进组织液的生成,加重组织水肿。

(李春凌)

第二节 尿生成的调节、清除率及尿的排放

学习目标

1. 掌握 肾脏泌尿功能的调节(肾内自身调节、神经和体液调节,特别是ADH和醛固酮的作用);水利尿;渗透性利尿。

2. 熟悉 多尿、少尿和无尿的概念;血浆清除率的概念和意义。

3. 了解 尿的排放;膀胱和尿道的神经支配;排尿反射和排尿异常。

知识要点

一、尿生成的调节

(一) 肾内自身调节

1. 小管液中溶质浓度对小管功能的调节 水重吸收的动力是小管内外体液间的渗透压差。当小管液中溶质浓度升高,降低了管内外渗透压梯度,水的重吸收减少,尿量增加,称为渗透性利尿。

2. 球-管平衡 近端小管对水及溶质的重吸收率总是占肾小球滤过率的 65%~70%,称为球-管平衡。球-管平衡的意义在于使尿中排出的 Na^+ 和水不会随肾小球滤过率的增减而出现大幅度的变化,从而保持尿量和尿钠的相对稳定。

(二) 神经体液调节

1. 神经调节 交感神经通过兴奋血管平滑肌上的 α -受体改变肾血管阻力而影响肾血流量和 GFR;通过激活球旁细胞的 β -受体刺激肾素释放,激活血管紧张素和醛固酮系统而影响肾血流动力学和重吸收;还可与 α_1 -肾上腺素能受体结合,刺激近端小管和髓袢调控对 NaCl 和水的重吸收。

2. 体液调节

(1) ADH: ADH 是调节水重吸收最重要的激素,由下丘脑视上核(主要)和室旁核合成,储存在垂体后叶神经末梢。刺激 ADH 释放的最主要因素是血浆晶体渗透压和血容量的变化,尤以晶体渗透压的改变最为有效。血浆晶体渗透压只要上升 1% 即可引起 ADH 分泌增加导致尿量减少。反之,ADH 分泌减少,尿量增加。大量饮清水降低血浆晶体渗透压抑制 ADH 的释放使得尿量增加,这种现象称为水利尿。血容量减少达 5%~10% 时,ADH 的分泌明显增加,尿液排出减少从而维持血容量。ADH 主要通过集合管主细胞 V2 受体-cAMP-PKA 系统调节 AQP2 的蛋白表达量和转位,调节集合管对水的重吸收,从而影响尿量和尿渗透压。

(2) 肾素-血管紧张素-醛固酮系统:肾脏的球旁细胞合成分泌肾素,肾素把血管紧张素原转化为血管紧张素 I,继而被血管内皮表面的血管紧张素转换酶(ACE)转化为血管紧张素 II;血管紧张素 II 又能刺激肾上腺皮质分泌醛固酮。血管紧张素 II 可以通过调节入球和出球小动脉的舒缩调控肾小球滤过率,还能使系膜细胞收缩减少滤过系数,可促进近端小管对 Na^+ 的重吸收,还能促进 ADH 的释放。醛固酮通过基因调节机制最终排 K^+ 、保 Na^+ 和保水。肾素的分泌受肾内机制、神经机制和体液机制的共同调节。

(3) ANP: ANP 是由心房肌细胞合成的多肽。当心房受机械牵拉,或受化学刺激时,ANP 释放增加。ANP 的主要作用是使血管平滑肌舒张和促进肾脏排钠、排水,主要是通过影响肾小球滤过率、集合管的重吸收以及抑制肾素、醛固酮和抗利尿激素的合成和分泌调控肾脏功能。

二、清除率

两肾在单位时间内(一般为每分钟)内能将一定毫升血浆中所含的某种物质完全清除,这个能完全清除某物质的血浆毫升数就称为该物质的清除率。测定清除率可用于测定 GFR、肾血浆流量、滤过分数和肾血流量、推测肾小管的功能和测定肾排水情况(自由水清除率)。

(一) 测定 GFR

用于测定 GFR 时,所测定的物质需可自由通过肾小球滤过,但既不被肾小管和集合管分泌,又

不被重吸收。菊粉可用于测定 GFR。测定 24 小时内生肌酐清除率也可用于测定 GFR,但因肾小管和集合管可少量分泌和重吸收内生肌酐,故有一定偏差。

(二) 测定肾血浆流量、滤过分数和肾血流量

如果某物质从动脉流入肾脏时有一定浓度,但流经静脉时该物质在静脉血中浓度为零。表明肾脏通过滤过和分泌能将动脉血中某物质完全清除。因此,可用于测定肾血浆流量(RPF)。若已知 GFR 为 125ml/min,就可进一步计算出滤过分数。此外通过测定血细胞比容,可计算肾血流量。碘锐特和对氨基马尿酸,即可满足上述条件,故可用于测定肾血浆流量、滤过分数和肾血流量。

(三) 推测肾小管的功能

如某物质可自由通过滤过膜,但终尿中浓度为零,其清除率为零,表明该物质全部重吸收。如某物质的清除率大于 125ml/min,表明该物质可被肾小管分泌,也可能被重吸收,但分泌大于重吸收;当某物质的清除率小于 125ml/min,表明该物质被肾小管重吸收,但不能排除肾小管分泌,因重吸收大于分泌时清除率也可降低。

(四) 测定肾排水情况(自由水清除率)

自由水清除率是用清除率的方法定量测定肾排水情况的一项指标,即对肾产生无溶质水(又称自由水)能力进行定量分析的一项指标。无溶质水是指尿液在被浓缩的过程中肾小管每分钟从小管液中重吸收的纯水量,亦即从尿中除去的那部分纯水量。在计算自由水清除率时,须先算出肾对血浆全部溶质的清除率,即分别测定血浆渗透压、尿液渗透压和单位时间内的尿量,然后用清除率的公式计算。

三、尿的排放

尿液是连续不断生成的,由集合管、肾盏、肾盂经输尿管进入膀胱。尿液在膀胱内储存达一定量时,即可引起反射性排尿。排尿反射的基本中枢在脊髓骶部。支配膀胱的副交感神经支配膀胱逼尿肌,兴奋时引起膀胱收缩。交感神经兴奋可引起逼尿肌舒张。阴部神经属躯体运动神经,可随意控制膀胱外括约肌。

当膀胱中尿液达一定容量时,膀胱壁上,特别是后尿道的感受器受牵拉而兴奋,信号经盆神经传入至脊髓的初级排尿中枢,同时也上传至脑桥和大脑皮层产生尿意。如条件许可,高位中枢易化脊髓初级排尿中枢,引起排尿反射。如果排尿反射弧正常,但与上位中枢(如大脑皮质)失去联系,排尿不能随意控制,称为尿失禁,如果反射弧的任一部分受损,排尿反射不能发生,尿液滞留于膀胱,称为尿潴留。

复习思考题

一、名词解释

1. osmotic diuresis
2. water diuresis
3. clearance
4. micturition reflex

二、选择题

【A₁型题】

1. 肾脏分泌肾素的部位是

- A. 球旁细胞 B. 间质细胞 C. 致密斑
D. 肾小球毛细血管内皮细胞 E. 肾小管上皮细胞

2. 引起抗利尿激素分泌增加最敏感的因素是

- A. 循环血量减少 B. 血浆胶体渗透压增高
C. 血浆晶体渗透压增高 D. 摄入大量葡萄糖
E. 剧烈运动

3. 容量感受器存在的部位是

- A. 颈动脉体和主动脉体 B. 胸腔大静脉和左心房 C. 右心房
D. 颈动脉窦和主动脉弓 E. 肾小球

4. 对水的重吸收影响最大的激素是

- A. 血管紧张素 B. 醛固酮 C. 抗利尿激素
D. 甲状旁腺素 E. 肾上腺素

5. 下丘脑视上核被损坏后,将出现下列哪种变化

- A. 尿量增加,尿浓缩 B. 尿量增加,尿稀释 C. 尿量减少,尿稀释
D. 尿量减少,尿浓缩 E. 尿量不变,尿稀释

6. 抗利尿激素作用的部位主要是

- A. 肾小球 B. 近曲小管 C. 髓祥
D. 集合管 E. 肾盂

7. 调节肾脏钠和钾排泌的激素是

- A. 抗利尿激素 B. 心房利钠肽 C. 血管紧张素
D. 醛固酮 E. 肾上腺素

*8. 调控醛固酮的合成与分泌,下列哪项最不重要

- A. 肾素 B. 血管紧张素 II C. 血 Na^+
D. 血 K^+ E. ACTH

9. 小管液中的 Na^+ 浓度通过什么影响肾素分泌

- A. 肾小球 B. 近端小管 C. 髓祥
D. 远端小管和集合管 E. 致密斑

10. 关于醛固酮的作用,说法正确的是

- A. Na^+ 的重吸收和 K^+ 的分泌 B. Na^+ 的重吸收和 H^+ 的分泌
C. K^+ 的重吸收和 Na^+ 的分泌 D. H^+ 的重吸收和 Na^+ 的分泌
E. K^+ 的重吸收和 H^+ 的分泌

11. 球-管平衡指的是哪一段小管的重吸收的规律

- A. 近端小管 B. 髓祥 C. 远端小管
D. 集合管 E. 所有肾脏小管节段

12. 肾脏球旁器的功能是

- A. 合成血管紧张素原 B. 分泌肾素
C. 控制磷酸盐的排泄 D. 调节集合管对水的重吸收

E. 影响肾小球滤过屏障

13. 大量饮清水后引起的利尿是由于

- A. 血浆胶体渗透压下降
- B. 血浆晶体渗透压下降
- C. 肾小管晶体渗透压下降
- D. 肾小管胶体渗透压下降
- E. 血压下降

14. 肾脏交感神经兴奋时,以何种方式调控血液流量

- A. 兴奋 α 受体,入球小动脉更敏感
- B. 兴奋 β 受体,入球小动脉更敏感
- C. 兴奋 α 受体,出球小动脉更敏感
- D. 兴奋 β 受体,出球小动脉更敏感
- E. 兴奋 α 受体,入球小动脉和出球小动脉反应性相同

15. 抗利尿激素主要影响的水通道蛋白是

- A. 水通道蛋白 -1
- B. 水通道蛋白 -2
- C. 水通道蛋白 -3
- D. 水通道蛋白 -4
- E. 都有影响

16. 心房钠尿肽的生理作用是

- A. 排 K^+ 保 Na^+ ,增加血容量
- B. 排 Na^+ 保 K^+ ,增加血容量
- C. 排 Na^+ 排 H_2O ,降低血容量
- D. 保 H_2O 保 Na^+ ,降低血压
- E. 排 H_2O 排 Na^+ ,增加血容量

*17. 应用下列哪种物质可用于测量 RPF

- A. 酚红
- B. 葡萄糖
- C. 氨基酸
- D. 菊粉
- E. 对氨基马尿酸

18. 某物质可自由透过滤过膜,但既不被肾小管重吸收,也不被肾小管分泌,该物质的清除率

- A. 等于肾小球滤过率
- B. 等于每分肾血浆流量
- C. 等于每分肾血流量
- D. 等于零
- E. 等于滤过分

*19. 下列哪种物质的清除率最高

- A. 肌酐
- B. 菊粉
- C. 葡萄糖
- D. 碘锐特
- E. 氨基酸

*20. 盆神经受损后,排尿功能障碍的表现是

- A. 多尿
- B. 少尿
- C. 尿失禁
- D. 尿潴留
- E. 尿频

*21. 胸段脊髓受损在脊休克过去之后,排尿功能障碍的表现是

- A. 多尿
- B. 少尿
- C. 尿失禁
- D. 尿潴留
- E. 尿频

【 A_2 型题】

22. 给家兔静脉注射去甲肾上腺素后血压升高,肾小球滤过率和尿量迅速减少,该动物肾小球滤过率降低的主要原因是

- A. 肾小球毛细血管血压升高
- B. 肾小囊内压升高
- C. 肾血流量减少
- D. 肾小囊内液胶体渗透压降低
- E. 血浆胶体渗透压升高

*23. 糖尿病人尿量增加的原因是

- A. 血浆胶体渗透压增加
- B. 微循环障碍
- C. 小管液中溶质增加

D. 内分泌异常

E. 肾脏损害

24. 大量出汗时尿量减少, 主要的原因是

A. 血浆晶体渗透压升高, 刺激抗利尿激素分泌

B. 血浆晶体渗透压降低, 刺激抗利尿激素分泌

C. 交感神经兴奋, 刺激抗利尿激素分泌

D. 血容量减少, 导致肾小球滤过减少

E. 血浆胶体渗透压升高, 导致肾小球滤过率减少

25. 给大鼠注射 ADH 的类似物 dDAVP 后, 大鼠尿量减少的主要原因是

A. 集合管对 NaCl 的通透性增加

B. 集合管对水的通透性增加

C. 血压升高

D. 肾小球滤过率降低

E. 近端小管对水的通透性增加

【B 型题】

(26~29 题共用备选答案)

A. 近端小管

B. 球旁细胞

C. 致密斑

D. 集合管

E. 髓袢升支粗段

26. 分泌肾素的是

27. 感受小管液中 Na^+ 浓度的是

28. 葡萄糖重吸收的节段是

29. 醛固酮作用的主要节段

(30~34 题共用备选答案)

A. 血浆清除率为零

B. 血浆清除率等于 GFR

C. 血浆清除率大于 GFR (125ml/min)

D. 血浆清除率小于 GFR

E. 血浆清除率等肾血浆流量

30. 某物质经滤过后, 又全部被肾小球重吸收, 其

31. 某物质可自由通过滤过膜, 既不重吸收又不被分泌, 其

32. 某物质可自由通过滤过膜, 既可重吸收, 也可分泌, 但分泌大于重吸收, 其

33. 某物质可自由通过滤过膜, 既可重吸收, 也可分泌, 但重吸收大于分泌, 其

34. 某物质在肾动脉中有一定浓度, 而在静脉中浓度为零, 其

【X 型题】

*35. 哪些情况会使 ADH 的分泌增加

A. 血浆晶体渗透压升高

B. 回心血量减少

C. 细胞外液量减少

D. 动脉压力感受器受到刺激加强

*36. 失血性休克导致尿量减少的原因有

A. 肾交感神经兴奋

B. 肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统激活

C. ADH 分泌增加

D. 血浆胶体渗透压升高

37. 肾脏分泌的生物活性物质有

A. 肾素

B. $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$

C. 肾上腺素

D. 促红细胞生成素

38. 测定血浆清除率的意义

A. 可以测定 GFR

B. 可以测定肾血浆流量、滤过分数和肾血流量

C. 可以推测肾小管的功能

D. 可以测定肾排水情况

*39. 盆神经兴奋时

A. 膀胱逼尿肌收缩

B. 膀胱逼尿肌松弛

C. 尿道内括约肌收缩

D. 尿道内括约肌松弛

40. 腹下神经兴奋时

A. 膀胱逼尿肌收缩

B. 膀胱逼尿肌松弛

C. 尿道内括约肌收缩

D. 尿道内括约肌松弛

三、简答题

1. 试述糖尿病病人尿量增多的机制。

2. 剧烈运动大量出汗后尿量会出现什么变化? 分析其机制。

3. 简述球-管平衡形成的机制及其生理意义。

4. 简述排尿反射的基本过程。

5. 试述导致排尿异常的原因及临床意义。

四、思考题

1. 患者男性, 68岁, 1年前诊断出患有肺癌, 一天晚饭时分被发现昏睡意识不清, 随后突发惊厥, 被送往医院急救。体查显示患者血压正常。化验结果如下:

血浆 Na^+ 浓度: 112mmol/L (正常 140mmol/L)

血浆渗透压: 230mOsm/L (正常 290mOsm/L)

尿液渗透压: 950mOsm/L

给予高渗(3%)的 NaCl 后病情缓解, 几天之后出院, 医嘱限制饮水。问题:

(1) 肺癌细胞在某些情况下会分泌 ADH, 使得 ADH 的分泌异常, 导致 ADH 不适当分泌综合征 (syndrome of inappropriate antidiuretic hormone, SIADH)。试分析这种异常分泌的 ADH 会对肾脏功能有何影响。

(2) 该患者最终被确定患有 SIADH, 试从这个角度分析患者昏睡和惊厥的原因。

(3) 该患者血压正常, 可能的原因有什么?

(4) 除限制饮水外, 还有何可能的治疗手段?

2. 一位年轻男性去医院体检, 测得血浆中菊粉浓度为 1mg/100ml, 尿中浓度为 125mg/100ml; 每分钟尿量为 1ml; 肾动脉对氨基马尿酸浓度为 1.1mg/100ml, 肾静脉对氨基马尿酸浓度为 0.1mg/100ml, 尿中对氨基马尿酸浓度为 650mg/100ml; 血细胞比容为 0.45。问题:

(1) 此人的肾小球滤过率为多少?

(2) 此人的肾血流量为多少?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 渗透性利尿: 因小管液中溶质浓度升高而阻碍水的重吸收引起的尿量增加现象, 称为渗透性利尿。

2. 水利尿: 饮清水引起尿量增多的现象称为水利尿。它主要是由饮大量清水, 血浆晶体渗透

压下降,ADH分泌减少所致。

3. 清除率:指两肾每分钟内能将多少毫升血浆中的某一物质完全清除,这一完全清除了该物质的血浆毫升数称为该物的清除率。

4. 排尿反射:尿液在膀胱内储存达一定量时,即可引起反射性排尿,尿液遂经尿道排出体外,它是一种脊髓反射,但脑的高级中枢可抑制或加强其反射过程。

二、选择题

【A₁型题】

1. A 2. C 3. B 4. C 5. B 6. D 7. D 8. E 9. E 10. A
11. A 12. B 13. B 14. A 15. B 16. C 17. E 18. A 19. D 20. D
21. C

难题解析

8. A、B、C、D四项均可直接或间接地影响醛固酮的合成与分泌。而ACTH主要调节糖皮质激素的合成与分泌。

17. 血浆中对氨基马尿酸(碘锐特)经肾循环后被完全清除,该物质每分钟排出量就相当于每分钟通过肾血浆中所含量。因此,它的血浆清除率等于RPF。

19. 参考第18题。对氨基马尿酸(碘锐特)经肾循环后被完全清除,与其他不能完全清除的物质相比,它的血浆清除率最高。

20. 盆神经是排尿反射的传入和传出神经,反射弧的任一部分受损,排尿反射不能发生,尿液滞留于膀胱,称为尿潴留。

21. 排尿反射弧正常,但与上位中枢(如大脑皮质)失去联系,排尿不能随意控制,称为尿失禁。

【A₂型题】

22. C 23. C 24. A 25. B

难题解析

23. 糖尿病病人尿量增加的主要原因是由于血糖过高,超过了近端小管葡萄糖最大吸收能力,造成大量葡萄糖进入小管液中,带走大量水分导致尿量增加。

【B型题】

26. B 27. C 28. A 29. D 30. A 31. B 32. C 33. D 34. E

【X型题】

35. ABC 36. ABC 37. ABD 38. ABCD 39. AD 40. BC

难题解析

35. 血浆晶体渗透压升高是ADH分泌的最有效刺激;细胞外液量减少也可刺激ADH分泌,但比晶体压弱(当超过5%到10%时,则变为更明显)。回心血量减少时,对心肺的容量感受器的刺激减弱,也可反射性使ADH分泌增加。动脉压力感受器受刺激时,抑制ADH分泌。

36. 急性失血使血容量减少而刺激ADH分泌;失血可反射性引起交感神经兴奋,肾入球小动脉收缩,故肾小球毛细血管压下降。

39. 膀胱逼尿肌受盆神经和腹下神经支配,二者作用相反。盆神经兴奋,膀胱逼尿肌收缩,腹下神经兴奋,膀胱逼尿肌松弛;反之亦然。

三、简答题

1. 试述糖尿病病人尿量增多的机制。

答:糖尿病患者由于缺乏胰岛素,机体不能充分利用血糖供能,因而血糖浓度升高,当超过肾

糖阈时,经肾小球滤出而进入小管液中的葡萄糖将不能全部被近端小管重吸收,其他部位的肾小管又无重吸收葡萄糖的能力,因而导致终尿中出现葡萄糖,即糖尿。由于小管液有较多的没有被重吸收的葡萄糖,将使小管液溶质的浓度升高,渗透压升高,妨碍或减少了水的重吸收,从而出现渗透性利尿现象,引起多尿。

2. 剧烈运动大量出汗后尿量会出现什么变化?分析其机制。

答:大量出汗后尿量减少。因为汗液是低渗的,大量出汗后血浆晶体渗透压升高,下丘脑渗透压感受器受刺激而兴奋;同时由于血容量也减少,心房及胸腔内大静脉中的容量感受器对下丘脑视上核和室旁核的抑制作用减弱。上述两条途径均使下丘脑合成和释放 ADH 增多,使集合管对水的通透性增加。重吸收水增多,尿量减少。此外,大量出汗还可使血浆胶体渗透压升高,肾小球有效滤过压降低,原尿的生成量减少,也是使尿量减少的原因之一。

3. 简述球-管平衡形成的机制及其生理意义。

答:球-管平衡指不论肾小球滤过率增高或减低,滤液的重吸收率始终占肾小球滤过率的 65%~70% 左右的现象。其形成机制与近端小管对 Na^+ 的定比重吸收有关。近端小管对 Na^+ 的重吸收量通常是滤过量的 65%~70%,从而决定了滤液中水的重吸收率也是 65%~70%。其机制为:在肾血流量不变的前提下,当肾小球滤过率增加时,进入近端小管旁毛细血管的血量减少,而血浆蛋白量相对增高。即毛细血管血压下降,胶体渗透压升高。这将有利于小管细胞间隙中 Na^+ 和水进入小管旁的组织间隙和血管,导致回漏减少, Na^+ 和水重吸收增加。反之,当滤过率减少时,回漏增加,而重吸收减少。这样,重吸收率始终占滤过率的 65%~70%。其意义在于使终尿量不致因肾小球滤过率的增减,而出现大幅度的变动。

4. 简述排尿反射的基本过程。

答:见知识要点。

5. 试述导致排尿异常的原因及临床意义。

答:排尿是一个反射过程,但受高位中枢的随意控制。如果排尿反射弧的任何一个部位受损,或骶段脊髓排尿中枢与高位中枢失去联系,都将导致排尿异常。排尿异常常见于如下两种情况:①尿潴留:支配膀胱的传出神经(盆神经)或骶段脊髓受损,排尿反射不能发生,膀胱变得松弛扩张,大量尿液滞留在膀胱内;②尿失禁:高位脊髓受损,骶部排尿中枢的活动不能得到高位中枢的控制,虽然脊髓排尿反射的反射弧完好,此时可出现尿失禁,这种情况主要发生在脊髓休克恢复后;③小儿大脑发育未完善,对初级中枢的控制能力较弱,所以小儿排尿次数多,且易发生夜间遗尿现象,排尿活动受意识控制较弱。

四、思考题

1. 答:(1) 正常分泌的 ADH 受到体内体液渗透压和血容量等因素的调控,维持体液的稳态,而 SIADH 中由癌细胞分泌的 ADH 不受正常的调节,导致循环中 ADH 的含量异常增高,使得肾脏集合管中的水通道蛋白-2 持续激活,小管对水的通透性增加,小管液中的水沿着渗透压梯度被重吸收,最终尿量减少,尿液的渗透压增加。

(2) 由于 SIADH 会导致水重吸收增加,导致水潴留,使得整体体液容量增加,而体液电解质没有相应增加,导致电解质浓度降低,血液低渗,导致低钠血症等电解质紊乱,进一步引起脑细胞水肿,从而引发患者昏睡、惊厥等神经系统症状。

(3) SIADH 会导致整体体液容量的增加,但整体血压没有变化,可能的原因有:①大部分潴留的水由于细胞外液的低渗会被细胞吸收,细胞外液的增加可能不是主要的,从而对血压的影响不大;②增加的细胞外液会刺激心房内的容量感受器,分泌心房钠尿肽,心房钠尿肽会增加 Na^+ 的排

出,降低 Na^+ 和细胞外液的总量,类似的反馈调节机制可能会维持血压的稳定。

(4) 可以服用 ADH 的抑制剂等药物,拮抗 ADH 的抗利尿功能。

2. 答:(1) 血浆清除率是指两肾每分钟内能将多少毫升血浆中的某一物质完全清除,这一完全清除了该物质的血浆毫升数称为该物的清除率。根据此定义,血浆清除率 $= (\text{尿中菊粉浓度} \times \text{单位时间内排出的尿量}) / \text{菊粉在血浆中的浓度} = (125\text{mg}/100\text{ml} \times 1\text{ml}/\text{min}) / 1\text{mg}/100\text{ml} = 125\text{ml}/\text{min}$ 。肾排出某种物质的量应为肾小球滤过率与肾小管和集合管对该物质的重吸收量与再分泌量的代数和。因为菊粉这种物质的特殊性,其在肾小管和集合管既不被重吸收也不被再分泌,所以其血浆清除率 $=$ 肾小球滤过率。因此,此人的肾小球滤过率即为 $125\text{ml}/\text{min}$ 。

(2) 对氨基马尿酸清除率 $(C_{\text{PAH}}) = (\text{尿中对氨基马尿酸浓度} \times \text{单位时间内排出的尿量}) / \text{对氨基马尿酸在血浆中的浓度} = (650\text{mg}/100\text{ml} \times 1\text{ml}/\text{min}) / 1.1\text{mg}/100\text{ml} = 594\text{ml}/\text{min}$ 。因为血浆中对氨基马尿酸流经肾脏后,血浆中可几近完全(约 90%)被肾清除,因此 C_{PAH} 可用来代表有效肾血浆流量,即每分钟流经两肾全部肾单位的血浆量。但实际肾血浆流量(RPF)并不等于 C_{PAH} ,可以通过测定对氨基马尿酸清除率计算肾血浆流量(RPF)。已测得 C_{PAH} 为 $594\text{ml}/\text{min}$,肾动脉血中的 PAH 有 90% 被肾脏清除,则

$$\text{RPF} = \frac{C_{\text{PAH}}}{0.90} = \frac{594\text{ml}/\text{min}}{0.90} = 660\text{ml}/\text{min}$$

已知 GFR ($125\text{ml}/\text{min}$),就可进一步计算出滤过分数(FF),即

$$\text{FF} = \frac{\text{GFR}}{\text{RPF}} = \frac{125\text{ml}/\text{min}}{660\text{ml}/\text{min}} \times 100\% = 19\%$$

根据肾血浆流量和红细胞比容,还可以计算出肾血流量(RBF)。已知受试者的红细胞比容为 45%,肾血浆流量为 $660\text{ml}/\text{min}$,则

$$\text{RBF} = \frac{660\text{ml}/\text{min}}{100 - 45} \times 100 = 1200\text{ml}/\text{min} \quad (\text{管又飞})$$

第九章

感觉器官

第一节 感觉概述、躯体、内脏感觉与视觉

学习目标

1. 掌握 感受器的一般生理特性,感觉通路中的信息编码和处理;躯体感觉的概念和分类,痛觉的定义和生理意义,牵涉痛的概念;眼折光系统的光学特征和简化眼,眼的调节,视网膜感光换能系统,视杆细胞的感光换能机制,视力(视敏度),暗适应和明适应,视野。
2. 熟悉 感觉产生的基本过程;触-压觉、温度觉、本体感觉和痛觉的感受器及适宜刺激,痛觉信息的感受和传导,内脏感觉的概念和特点,临床常见内脏疾患的体表牵涉痛部位;眼的折光异常,房水和眼压,视网膜细胞的联系,视杆细胞的感受器电位,颜色视觉及其产生机制,视网膜的信息处理,视觉融合现象,双眼视觉。
3. 了解 感受器的分类,感觉器官的概念,感觉系统的神经通路;触点、触觉阈、两点辨别阈的概念,TRP 通道与皮肤温度觉,快痛和慢痛的区别,内脏感觉传入通路;牵涉痛的发生机制。视网膜的功能结构,色觉障碍,视后像,立体视觉;视觉传入通路及其皮层代表区,视觉的中枢分析。

知识要点

一、感觉概述

(一) 感受器和感觉器官

感受器是指分布在体表或组织内部的一些专门感受机体内外环境变化的结构或装置,如痛觉和温度觉感受器(游离神经末梢)、触觉小体(外周包裹结缔组织被膜的神经末梢)、视杆细胞和毛细胞(在结构和功能上都已高度分化的感受细胞)。感觉器官是指由某些感受细胞连同它们的附属结构所构成的专门传递某一特定感觉类型的器官,如眼、耳、鼻、舌等。

(二) 感受器的一般生理特性

感受器一般具有适宜刺激、换能作用、编码功能和适应现象等生理特性。这些生理特性的定义和实例列于表 9-1 中。

表 9-1 感受器一般生理特性的定义和实例

	定义	实例
适宜刺激	通常只有一种感受器对之最敏感的特定刺激形式	可见光对感光细胞的刺激
换能作用	将各种形式的刺激能量转变为相应传入神经上动作电位的作用	毛细胞转机械能为生物电
编码功能	将刺激中所含全部信息转移到动作电位的序列中的功能	刺激强度编码 *
适应现象	持续恒强刺激时,相应的感觉传入冲动频率随之降低的现象	环层小体对持续压觉的适应

* 如对压觉感受器施压刺激强度 $\uparrow$ →感受器电位 $\uparrow$ →相应的传入神经上动作电位频率 $\uparrow$

感受器在换能过程中,通常先在感觉神经纤维末端或感受细胞产生一个等级性的感受器电位,其产生机制各不相同,但介导这一过程的信号转导分子主要是细胞膜上的通道蛋白或 G 蛋白耦联受体。感觉换能和动作电位的产生部位通常是分开的,动作电位发生于感觉神经纤维的第一个朗飞结或轴突始段。感受细胞产生的感受器电位,当电紧张地扩布到其突触部时,通过递质释放而引起初级传入神经末梢产生发生器电位,再通过同样的方式引起传入神经上的动作电位。发生器电位与感受器电位无本质上的区别,均为具有局部电位性质的过渡性电位变化。

感觉编码与感受器和感觉系统其他结构都有关。感觉系统将刺激信号转变为可识别的感觉信号,主要包括刺激的类型、部位、强度和持续时间等基本属性。每一感受器都有自己的适宜刺激,是识别刺激类型的基础,感受器识别刺激部位与感受器具有不同的感受野(指感受器对适宜刺激发生反应的空间范围)有关,感受器对强度的编码是通过感受器电位的大小(再通过相应传入神经上动作电位频率的高低)和募集到感受野中的感受器数量的多少而实现的。感受器对刺激持续时间的判断,除刺激本身是否继续存在外,还受感受器适应的影响。

根据感受器对发生适应的快慢,可将感受器分为快适应和慢适应感受器。前者适于传递快速变化的信息,对探索新异物体和障碍物具有意义,如环层小体的适应发生快,可使机体摆脱许多干扰信息而探索有意义的环境信息;后者则适于检测体内外环境的变化,随时调整机体活动、维持稳态和对危险信号保持警觉,如压力感受器、化学感受器、渗透压感受器等对维持机体内环境和功能活动稳态至关重要,而痛觉则是机体遭遇危险时的报警信号,对机体具有保护作用。

(三) 感觉通路中的信息编码和处理

不同类型感觉的引起,除了与不同的刺激类型及其相对应的感受器有关外,还取决于传入冲动所经过的专用通路及其最终到达的大脑皮层的特定部位。感觉通路中也有感受野,由于存在聚合式联系,故中枢感觉神经元的感受野大于感受器的感受野,高位神经元的感受野大于低位神经元的感受野,且不同感觉神经元的感受野可相差很大,相邻感受野呈指状交错式重叠。感觉通路也对刺激强度进行编码,随刺激强度的增加,参与反应的感受器增多,使感觉通路中的感受野扩大,不仅单根神经纤维上的动作电位频率增加,而且有更多的神经纤维被募集进来,共同向高位中枢传输同一性质的刺激信息,使感觉得到增强。感觉通路还普遍存在侧向抑制,其意义在于加大刺激中心区与周边区之间的差异,增强感觉系统的分辨能力。

(四) 感觉系统的神经通路

体内外环境中的各种刺激是由感受器感受并被转换成传入神经上的动作电位,然后通过特定的神经通路传向特定的大脑皮层感觉区,进行整合处理和加工分析而形成某种感觉。初级感觉神经元的中枢端进入脊髓和脑,并与其中的中间神经元以辐散和(或)聚合形式形成突触联系。这种突触联系既可以是一级,也可以是多级,直到传入信息到达大脑皮层。其意义在于使兴奋或抑制在传输过程中发生总和,使中枢神经系统活动集中。

总之,感觉的产生包括以下几个部分:①感受器(或感觉器官)对体内外环境刺激的感受;②感受器对感觉刺激信号的换能和编码;③感觉信号沿感觉传入神经通路到达大脑皮层的特定部位;④中枢神经系统对感觉信号分析处理,最终形成感觉。因此,感觉是感受器(或感觉器官)、神经传导通路和感觉中枢的共同活动产生的。

二、躯体和内脏感觉

(一) 躯体感觉

躯体通过皮肤及其附属的感受器接受不同的刺激,产生各种类型的感觉,称为躯体感觉,包括浅感觉和深感觉两大类。浅感觉有触-压觉、温度觉和痛觉;深感觉即本体感觉,主要包括位置觉和运动觉。

1. 触-压觉 触-压觉感受器可以是游离神经末梢、毛囊感受器或带有附属结构的环层小体、麦斯纳小体、鲁非尼小体和梅克尔盘等。不同的附属结构可能决定它们对触、压刺激的敏感性或适应出现的快慢。触-压觉感受器的适宜刺激是机械刺激。机械刺激引起感受器变形,导致机械门控离子通道开放,产生感受器电位。后者触发传入神经纤维产生动作电位,传至大脑皮质感觉区,产生触-压觉。

如果用点状触压刺激皮肤,只有当某些特殊的点被触及时,才能引起触觉,这些点称为触点。在触点上引起触觉的最小压陷深度,称为触觉阈。触觉阈的高低与感受器的感受野大小和皮肤感受器的分布密度有关。如果将两个点状刺激同时或相继触及皮肤时,人体能分辨出这两个刺激点的最小距离,称为两点辨别阈。

2. 温度觉 有热觉和冷觉之分,且各自独立。温度感受器在皮肤呈点状分布,且冷点明显多于热点。热感受器位于C类传入纤维末梢上,而冷感受器位于A_δ和C类传入纤维末梢上。它们都对一定范围内的温度改变发生反应,在过高和过低温度刺激时,热觉和冷觉都可转变为痛觉。温度觉的中枢信息处理尚不清楚。目前发现有一类瞬时受体电位(TRP)离子通道,它们能够被特定的温度变化激活,行使分子温度探测器的功能。

3. 本体感觉 是指来自肌肉、肌腱和关节等处,主要对躯体的空间位置、姿势以及运动的状态、方向和速度的感觉。感受器主要有肌梭和腱器官等。本体感觉传入信息除产生相应的本体感觉外,还引起腱反射和肌紧张,参与躯体平衡感觉和协调躯体运动(详见后)。

4. 痛觉 是一种与组织损伤有关的感觉、情感、认知和社会维度的痛苦体验。它是由体内、外伤害性刺激所引起的一种主观感觉,常伴有情绪变化、防卫反应和自主神经反应。引起痛觉的组织损伤可为实际存在的或潜在的。痛觉感受器无适宜刺激,任何形式的刺激当达到对机体造成伤害的程度时均可使之兴奋并产生痛觉。痛觉感受器不易发生适应,痛觉具有报警作用,因而是机体实现自我保护的重要机制之一。组织损伤或发生炎症时,由受损细胞释放的内源性致痛物质有K⁺、H⁺、5-羟色胺、缓激肽、前列腺素、降钙素基因相关肽和P物质等。痛觉经A_δ和C类神经纤维传入,分别传导快痛和慢痛,两者的比较总结于表9-2中。

躯体痛包括体表痛和深部痛。当皮肤(体表)受到伤害性刺激时,可先后出现快痛和慢痛。痛觉的皮层投射部位除表9-2中所述外,许多痛觉纤维经非特异投射系统投射到大脑皮层的广泛区域。深部痛发生在骨、关节、骨髓、肌腱、韧带和肌肉等处,一般表现为慢痛性质。深部痛可反射性地引起邻近骨骼肌收缩,当肌肉持续收缩而发生痉挛时,血流受阻而使局部组织释放的某些致痛物质在局部堆积,持续刺激痛觉感受器,使痉挛进一步加重,形成恶性循环;当血供恢复后,致痛物质被带走或被降解,疼痛也随之缓解。

表 9-2 快痛和慢痛的比较

	快痛	慢痛
发生和消失	都快	都慢
疼痛性质	刀割和针刺样(锐痛,定位明确)	烧灼样(钝痛,定位不明确)
伴随不愉快情绪	一般无或不明显	明显存在
传入神经纤维	A _δ 传入纤维	C 类纤维
皮层投射部位	体表第一和第二感觉区	扣带回(属边缘系统)

(二) 内脏感觉

内脏感觉是指由内脏感受器受到刺激所引起的传入冲动,经内脏神经传至各级中枢神经系统所产生的主观感受。内脏感受器的适宜刺激是体内的自然刺激,如肺的牵张、血压的升降、血液的酸度等。内脏传入有两种主要功能:一种是对内环境失衡的无意识反射性调节,以确保脏器的正常活动;另一种是脏器受到的刺激经换能转变成传入信息,传至高级中枢形成内脏感觉。

内脏中有痛觉感受器,但无本体感受器,所含温度觉和触-压觉感受器也很少。因此,内脏感觉主要是痛觉,包括内脏痛和牵涉痛两种形式。内脏痛常由机械性牵拉、痉挛、缺血和炎症等刺激所致。

内脏痛具有以下特点:①定位不准确;②发生缓慢,持续时间较长;③中空内脏器官(如胃、肠、胆囊和胆管等)壁上的感受器对扩张性刺激和牵拉性刺激十分敏感,而对切割、烧灼等通常易引起皮肤痛的刺激不敏感;④特别能引起不愉快的情绪活动,并伴有恶心、呕吐和心血管及呼吸活动改变。

内脏痛可分为真脏器痛和体腔壁痛,前者是脏器本身的活动状态或病理变化所引起的疼痛,如痛经、分娩痛、肠绞痛、膀胱过胀痛等。后者是指内脏疾患引起的邻近体腔壁浆膜受刺激或骨骼肌痉挛而产生的疼痛。如胸膜或腹膜炎时可发生体腔壁痛。体腔壁痛也由躯体神经传入。牵涉痛是指由某些内脏疾病引起的特殊远隔体表部位发生疼痛或痛觉过敏的现象。临床常见内脏疾患的体表牵涉痛部位见表 9-3。躯体深部痛也有牵涉痛的表现。对牵涉痛的了解有助于某些疾病的诊断。

表 9-3 临床常见内脏疾患的体表牵涉痛部位

内脏疾患	体表牵涉痛部位
心肌缺血	心前区、左肩和左上臂
膈中央部受刺激	肩上部
胃溃疡和胰腺炎	左上腹和肩胛间
胆囊炎、胆石症发作	右肩区
阑尾炎	上腹部或脐周(发病开始时)
肾结石	腹股沟区
输尿管结石	睾丸

发生牵涉痛的部位与疼痛原发内脏具有相同胚胎节段和皮节来源,它们都受同一脊髓节段的背根神经支配。即患病内脏的传入神经纤维和引起牵涉痛的皮肤部位的传入神经纤维由同一背根进入脊髓。牵涉痛的发生机制有会聚学说和易化学说两种。会聚学说认为,来自内脏和体表的痛觉传入纤维在感觉传导通路的某处(如脊髓、丘脑或皮层)相会聚,终止于共同的神经元,即两者通过一共同的通路上传。当内脏痛觉纤维受到强烈刺激,冲动经此通路上传时,由于中枢更习惯于识别体表信息,因而常将内脏痛误判为体表痛。易化学说则认为,来自内脏和体表的感覺传入纤维,若投射到脊髓背角同一区域内相邻近的不同神经元,由患病内脏传来的冲动可提高邻近躯体感觉神经元的兴奋性,从而对体表传入冲动产生易化作用,使平常不至于引起疼痛的刺激信号变为致痛信号,从而产生牵涉痛。

三、视觉

(一) 眼的折光系统及其调节

1. 眼折光系统的光学特征和简化眼 人眼的适宜刺激是波长为 380~760nm 的电磁波,即可见光。人眼的折光系统由角膜、房水、晶状体和玻璃体组成。入眼光线的折射主要发生在角膜前表面。由于各折光体的折射率不等,各自前、后表面曲率也不等,且晶状体的表面曲率是可调节的,故其光学系统十分复杂。简化眼是一个假想的与正常人眼折光系统等效的简单模型。简化眼与正常人眼未作调节时的情况一样,其折光系统的后主焦点恰好落在视网膜上,可使远处物体发出的平行光线在视网膜上清晰成像。利用简化眼可方便地计算出不同远近物体在视网膜上成像的大小。正常人眼的视力有一定限度,这个限度应以视网膜像的大小来表示,当视网膜像小于 4.5μm 时一般不能产生清晰的视觉。事实上,人眼所能看清楚的最小视网膜像的大小大致相当于视网膜中央凹处一个视锥细胞的平均直径。
2. 眼的调节 自远物(6m 以外)发出的人眼光线可被认为是平行光线,正常人眼不需任何调节即可产生清晰的视网膜像。自近物(6m 以内)发出的人眼光线则呈不同程度的辐射状,此时眼将通过近反射,包括晶状体变凸(最重要)、瞳孔缩小和视轴会聚(表 9-4),使视网膜像变清晰。

表 9-4 眼的近反射调节效应及其生理意义

调节效应		生理意义
晶状体变凸	双眼睫状体肌收缩→悬韧带松弛→晶状体前凸	眼折光力↑→视网膜像前移,变清晰
瞳孔缩小	双眼瞳孔环形肌收缩→瞳孔缩小	减小球面像差和色像差
视轴会聚	双眼内直肌收缩→使双眼视网膜像落在对称点上	避免发生复视

老年人由于晶状体弹性减小,调节能力下降,近点(指眼作充分调节时眼能看清楚眼前最近物体的所在之处)移远,视远物虽无明显异常,但不能看清近物,这种现象称为老视,可用适度凸透镜加以补偿。

瞳孔对光反射是指瞳孔在强光照射时缩小而在光线变弱时散大的反射。这是眼的一种适应功能,而与视近物无关,其意义在于调节入眼光量,使视网膜不至于因光过强而受损,也不会因光过弱而影响视觉。瞳孔对光反射的中枢位于中脑,临床上常通过检查该反射是否完好来判断麻醉的深度和病情的危重程度。

3. 眼的折光异常 主要有近视、远视和散光(表 9-5)。

表 9-5 近视、远视和散光的发生原因和矫正

类型	发生原因	功能缺陷	矫正
近视	眼球前后径过长(为主)或折光系统折光能力过强	视远物不清楚(远点和近点都移近)	适度凹透镜
远视	眼球前后径过短(为主)或折光系统折光能力过弱	视物不清,视远物即需调节,视近物调节程度更大,易疲劳(近点移远)	适度凸透镜
散光	角膜前表面(为主)不同经线上的曲率不等	平行光线不能聚焦于同一焦平面,故视物不清或物像变形	适度柱面镜

4. 房水和眼压 房水不断由睫状体脉络膜丛生成,又不断在前房角经许氏管回流入静脉,保持动态平衡,起营养角膜、晶状体和玻璃体的作用,并维持一定的眼压。眼压的正常值是 10~21mmHg,在昼夜 24 小时中是有波动的。正常情况下,双眼的眼压差异不大于 5mmHg,24 小时眼压波动范围不超过 8mmHg。眼压的相对稳定对保持眼球特别是角膜的正常形状与折光能力具有重要意义。若外伤导致眼球破裂和房水流失,或房水循环障碍引起眼压增高(青光眼),均可导致折光异常,青光眼还可引起头痛、恶心等全身症状,严重时可导致角膜混浊、视力丧失。监测 24 小时动态眼压,有利于了解基线眼压水平和动态眼压曲线,对于青光眼的确诊和治疗具有重要的意义。

(二) 眼的感光换能功能

1. 视网膜的功能结构 视网膜是眼球壁最内层锯齿缘以后的部分,分色素上皮层和神经层,神经层内含感光细胞(视杆细胞和视锥细胞)、双极细胞、神经节细胞、水平细胞和无长突细胞。色素上皮细胞具有吸收光线、营养视网膜、参与感光细胞代谢等功能。两种感光细胞各自与双极细胞、神经节细胞通过突触联系构成纵向的视杆系统和视锥系统。水平细胞在感光细胞之间,而无长突细胞则与神经节细胞之间形成两个横向的联系。神经节细胞轴突穿过视网膜的部位称为视神经乳头,此处因无感光细胞而成为生理盲点,但人类因双眼视觉的视野补偿作用而不会感觉盲点的存在。

2. 视网膜中的感光换能系统 视杆细胞和视锥细胞的比较、视杆系统和视锥系统的比较分别见表 9-6 和表 9-7。

表 9-6 视杆细胞和视锥细胞的比较

	视杆细胞	视锥细胞
数量	多(人一侧视网膜中有 1.2×10^8 个)	少(人一侧视网膜中有 6×10^6 个)
分布	周边部(中央凹外 $10^\circ \sim 20^\circ$ 处最多)	集中于黄斑中央凹处
外段形态	圆柱状	圆锥状
含视色素	视紫红质	分别对蓝、绿、红敏感的视色素
功能特性	对光敏感度高,无色觉,分辨力低	对光敏感度低,有色觉,分辨力高

表 9-7 视杆系统和视锥系统的比较

	视杆系统	视锥系统
又名	晚光觉或暗视觉系统	昼光觉或明视觉系统
组成	视杆细胞、双极细胞、神经节细胞	视锥细胞、双极细胞、神经节细胞
细胞间联系	会聚程度低(可视为单线式联系)	会聚程度高
功能特性	对光敏感度高,无色觉,分辨力低	对光敏感度低,有色觉,分辨力高

3. 视杆细胞的感光换能机制 视紫红质在光照下可分解为视蛋白和视黄醛,此过程称为漂白,在暗处视紫红质又可重新合成。在视紫红质分子中的视黄醛为顺型,光照可使之变为全反型,因与视蛋白分子构型不贴切而分离。重新合成时视黄醛须由全反型转变为顺型,这一步骤需要异构酶,而异构酶存在于色素上皮中,故这一过程在色素上皮中进行。全反型视黄醛也可先还原为全反型视黄醇,再先后异构为顺型视黄醇和脱氢为顺型视黄醛。在视紫红质的分解和再合成过程中,总有部分视黄醛被消耗,需由食物中的维生素A来补充,故长期维生素A摄入不足,可引起夜盲症。

视杆细胞在暗处的静息电位为 $-30\sim-40\text{mV}$,因此时存在一种使膜去极化的暗电流,这种电流由 Na^+ 经外段膜中的cGMP门控通道内流而产生。同时,细胞内 K^+ 可通过内段膜中的非门控钾敏感通道外流, K^+ 外流可使膜超极化。但内段膜中存在高密度的钠泵,钠泵活动能保持细胞内 Na^+ 、 K^+ 浓度的相对稳定。在暗处,视杆细胞内的cGMP浓度较高,能维持cGMP门控通道处于开放状态,产生稳定的暗电流,因而视杆细胞静息电位较低。视杆细胞在光照下,视紫红质在发生光化学反应的过程中可激活膜盘膜中的转导蛋白(G_t蛋白),进而激活附近的磷酸二酯酶,使外段膜质内的cGMP被大量分解成无活性的5'-GMP。由于cGMP门控通道的开放受cGMP控制,当光照使胞质内cGMP浓度下降时,cGMP门控通道关闭,暗电流减小或消失,而内段膜中 K^+ 外流则继续进行,膜电位便向 K^+ 平衡电位(约 -70mV)方向变化。这就是视杆细胞超极化型感受器电位的产生机制。

4. 视锥系统的感光换能和颜色视觉 颜色视觉简称色觉,是指不同波长的可见光刺激人眼后在脑内产生的一种主观感觉。基于视网膜中存在三种不同的视锥细胞,分别含有对红、绿、蓝三种光敏感的视色素,目前对色觉的产生机制主要以三色学说和对比色学说加以解释。三色学说认为:某一波长的光线作用于视网膜时,可按照一定的比例使三种不同的视锥细胞发生兴奋,这种信息传至中枢后便可产生某种颜色的感觉。如果红、绿、蓝三种色光按各种不同的比例作适当的混合,即能产生任何颜色的感觉。三色学说可解释色盲和色弱等现象,但不能解释颜色对比现象。对比色学说认为任何颜色都由红、绿、蓝、黄四种颜色按不同比例混合而成,故又称四色学说。红色与绿色,蓝色与黄色分别形成对比色。两种学说看似难以统一,其实是由于各自信息在视觉通路中不同水平进行编码的结果,前者信息编码发生在感光细胞水平,而后者则发生在感光细胞后的神经通路中。

(三) 视觉信息的处理及机制

1. 视网膜的信息处理 在视网膜中,感光细胞是视觉通路的第一级感觉神经元,双极细胞和神经节细胞分别为第二级和第三级感觉神经元。在这些细胞之间还有水平细胞和无长突细胞,这样就使视网膜的神经细胞形成了复杂的网络联系。其中,感光细胞-双极细胞-神经节细胞构成视觉信息传递的直接通路;而水平细胞和无长突细胞分别对感光细胞-双极细胞和双极细胞-神经节细胞之间的突触传递发挥调制作用。因此,视网膜实际上具有对视觉信息的初步处理功能。

双极细胞的感受野呈现中心-周围相拮抗的同心圆结构。按照中心区对光反应的形式,可将双极细胞分为给光-中心细胞(ON-center cell)和撤光-中心细胞(OFF-center cell)两种类型。对给光-中心细胞,光照中心区引起细胞去极化,光照周边区引起细胞超极化。因此,用弥散光同时照射中心和周围,它们的反应基本彼此抵消,表现以给光反应为主。撤光-中心细胞的对光反应正好相反,在弥散光照时以撤光反应为主。

水平细胞属于抑制性中间神经元,通过释放抑制性神经递质 γ -氨基丁酸(GABA)而对感光细胞的活动构成侧向抑制。多数无长突细胞是抑制型的,含有抑制性递质GABA或甘氨酸,少数也含有兴奋性递质乙酰胆碱或谷氨酸。

神经节细胞是视网膜唯一的输出细胞,它们的轴突组成视神经,从眼球背后发出,进入大脑。

多数神经节细胞也具有同心圆式的中心-周边感受野结构。给光中心和撤光中心神经节细胞接受同类双极细胞的输入。

在视网膜中,只有神经节细胞和少数无长突细胞可以产生动作电位,而感光细胞、双极细胞和水平细胞只能产生超极化或去极化反应,不产生动作电位。视觉信息在到达神经节细胞之前,都是以等级电位(即慢电位)的形式表达或编码的。当感光细胞受到光照刺激时,通过光化学反应产生超极化型感受器电位,这种局部性慢电位以电紧张性扩布的方式达到终足并影响其递质释放量的改变,从而依次影响下一级细胞产生超极化或去极化型慢电位。当这两种形式的慢电位传递到神经节细胞,经过总和,使神经节细胞的静息膜电位去极化达到阈电位水平时,可产生“全或无”式的动作电位,这种动作电位作为视网膜的最后输出信号进一步传向视觉中枢。

2. 中枢对视觉信息的分析 视网膜中神经节细胞的轴突在视神经乳头处汇集并穿过眼球后壁形成视神经,视神经中来自两眼鼻侧视网膜的纤维交叉投射而形成视交叉,来自颞侧视网膜的纤维则不交叉。因此,左眼颞侧视网膜和右眼鼻侧视网膜的纤维汇集成左侧视束,投射到左侧外侧膝状体;而右眼颞侧视网膜和左眼鼻侧视网膜的纤维则汇集成右侧视束,投射到右侧外侧膝状体。左、右外侧膝状体各自经同侧膝状体距状束投射到同侧初级视皮层。初级视皮层位于枕叶皮层内侧面的距状沟之上、下缘。视觉通路的损伤可引起视野的缺损,临床上检查视野有助于眼和视觉通路受损的诊断。

(四) 与视觉有关的若干生理现象

1. 视力 是指眼对物体细小结构的分辨能力,也称视敏度或视锐度。正常人眼视力的限度是视网膜像不小于一个视锥细胞的平均直径。视力表就是根据这一原理设计的。

2. 暗适应和明适应 人从明处突然进入暗处时,最初什么都看不见,需经一段时间后才逐渐能看见暗处的物体,此称为暗适应,这是视色素特别是对光敏感度较高的视杆色素在暗处合成增加的结果。人从暗处突然进入明处时,最初感到光亮耀眼,也看不清物体,稍后才恢复视觉,这称为明适应。这是因为只有在较多的视杆色素迅速分解后,对光相对不敏感的视锥色素才能在亮处感光而恢复视觉。

3. 视野 是指用单眼固定注视前方一点时,该眼所能看到的空间范围。在同一光照条件下,白色视野最大,依次为黄蓝色和红色,绿色视野最小。另外,由于鼻和额对光线的阻挡,一般人颞侧和下方的视野较大,而鼻侧与上方的视野较小。但人的双眼均位于头部额面,双眼视野大部分重叠,因而不会出现鼻侧盲区。

4. 视后像和视觉融合现象 视后像是指先注视一光源或较亮物体,闭眼后仍可感觉到一相似光斑的主观视觉后效应,且持续时间较长。视觉融合现象是指用闪光重复刺激人眼,当闪光频率增至一定程度时,在主观上产生连续光感的现象。这一现象所反映的是视觉器官的时间分辨特性,当刺激频率增高到视觉器官不能分辨出前后两次刺激的时间差时,主观上就产生连续光感。电影和电视就是根据这一原理设计的。

5. 双眼视觉和立体视觉 人的双眼位于头部前方,双眼同时看某一物体时产生的视觉称为双眼视觉。双眼视物时,两侧视网膜上各形成一个完整的物像,且成于两侧视网膜的对称点上,在主观上产生单一物体的视觉,称为单视。眼外肌瘫痪或眼球内肿瘤压迫等都可使物像落在两眼视网膜的非对称点上,因而在主观上产生有一定程度互相重叠的两个物体的感觉,称为复视。双眼视觉的优点是可以弥补单眼视野中的盲区缺损,扩大视野,并产生立体视觉,即主观上产生被视物体的厚度和空间的深度或距离等感觉。

复习思考题

一、名称解释

1. sensory receptor
2. adequate stimulus
3. receptive field
4. lateral inhibition
5. referred pain
6. reduced eye
7. pupillary light reflex
8. trichromatic theory
9. visual acuity
10. dark adaptation

二、选择题

【A₁型题】

1. 下列“感受器或感觉器官-适宜刺激”的配对中,错误的是
A. 视网膜感光细胞-可见光
B. 内耳耳蜗-声波
C. 肌梭-骨骼肌长度变化
D. 皮肤环层小体-机械压迫
E. 中枢化学感受器-PCO₂
2. 下列关于感受器电位的描述,错误的是
A. 具有局部电位的性质
B. 与动作电位的发生部位是分开的
C. 与发生器电位无本质区别
D. 一般能真实反映外界刺激携带的信息
E. 一旦产生即表明感受器功能完成
3. 在感受器对感觉信号编码的属性中,易受感受器适应特性影响的是
A. 刺激的类型
B. 刺激的部位
C. 刺激的强度
D. 刺激的频率
E. 刺激的持续时间
4. 下列感受器中,对刺激变化十分灵敏、有利于探索新异事物的是
A. 皮肤麦斯纳小体
B. 关节囊感受器
C. 脑渗透压感受器
D. 心房容量感受器
E. 颈动脉体化学感受器
5. 特异神经能量定律的主要内容是
A. 神经系统中涉及能量代谢的问题
B. 感受器对刺激能量转换的规律
C. 感觉通路对刺激强度的编码特性
D. 感觉通路监测刺激持续时间的机制
E. 感觉通路识别不同感觉类型的原理
6. 关于感觉通路中的感受野,错误的描述是
A. 指影响传入活动的感受范围
B. 其大小因不同感受器而异
C. 其大小与感受器分布密度有关
D. 沿感觉路上行而逐渐增大
E. 相邻感受野之间以直线分隔
7. 感觉通路中存在侧向抑制的主要意义是
A. 协调不同中枢的活动
B. 起反馈控制作用

- C. 扩大作用的空间范围
D. 增强感觉分辨能力
E. 使同类神经元群同步活动
8. 下列关于躯体深部痛的描述, 错误的是
A. 来自骨、关节和肌肉等处
B. 一般表现为慢痛性质
C. 可引起邻近骨骼肌收缩
D. 缺血性疼痛可引起恶性循环
E. 不发生牵涉痛
9. 内脏痛最主要的特点是
A. 一般表现为锐痛
B. 潜伏期和持续时间长
C. 定位不准确
D. 伴有不愉快情绪
E. 伴有自主神经反应
10. 下列关于牵涉痛的描述, 正确的是
A. 指患病内脏周边区痛觉过敏
B. 为内脏痛必有表现之一
C. 其体表放射部位具有确定性
D. 体腔壁痛属于其特殊表现
E. 是疾病预后不良的征兆
11. 牵涉痛放射到一定体表部位的原因是
A. 该部位是内脏在体表的投影
B. 邻近的体腔壁受到牵涉
C. 内脏痛感受器明显比体表稀疏
D. 内脏痛经由躯体神经传入
E. 该部位与患病内脏源于相同胚胎节段
12. 在正常人眼, 入射光线的折射主要发生在
A. 角膜前表面
B. 角膜后表面
C. 晶状体前表面
D. 晶状体后表面
E. 玻璃体前表面
13. 下列关于简化眼的描述, 错误的是
A. 一种假想的模型而非真实眼
B. 光线仅在人单球界面时折射一次
C. 折射界面的曲率半径为 5mm
D. 与人眼充分调节时的折光系统等效
E. 可用于计算视网膜像的大小
14. 在视 6m 以内近物时, 人眼所进行的最重要的调节是
A. 角膜曲率增加
B. 晶状体变凸
C. 瞳孔近反射
D. 瞳孔对光反射
E. 眼轴会聚
15. 由晶状体弹性减退而引起的视力减退是
A. 近视
B. 远视
C. 散光
D. 老视
E. 复视
16. 下列关于瞳孔对光反射的描述, 正确的是
A. 发生在被视物体由远移近时
B. 光照一侧眼, 同侧眼瞳孔缩小
C. 光照一侧眼, 对侧眼瞳孔缩小
D. 生理意义是减少球面像差和色像差
E. 临床上用于检查脑干是否受损
17. 视近物和远物均需眼进行调节的折光异常是
A. 近视
B. 远视
C. 散光
D. 斜视
E. 复视
18. 引起规则散光的主要原因是
A. 眼球前后径过长
B. 眼球前后径过短
C. 角膜表面不同经线曲率不等
D. 物像不能落在两视网膜对称点上
E. 眼压过高
19. 因房水循环障碍引起眼压升高、视力下降的疾病是

- A. 近视眼 B. 远视眼 C. 散光眼
D. 老视眼 E. 青光眼
20. 视网膜感光细胞中能接受光刺激而产生视觉的物质基础是
A. 视色素 B. 通道 C. 载体
D. 转导蛋白 E. 磷酸二酯酶
21. 视网膜上形成生理盲点的部位是
A. 视神经乳头 B. 黄斑中央凹 C. 黄斑外环区
D. 中央凹外 20° 处 E. 视网膜锯齿缘
22. 下列关于视杆细胞的描述, 错误的是
A. 数量较多 B. 对光敏感度较高 C. 无色觉
D. 分辨能力较低 E. 主要在昼光下起作用
23. 视锥系统具有较强分辨能力的主要原因是
A. 视锥细胞外段呈圆锥状 B. 视锥细胞集中于中央凹
C. 与视锥细胞所含视色素有关 D. 该系统横向联系相对较少
E. 该系统纵向联系会聚程度较低
24. 色素上皮参与视紫红质光化学反应的主要环节是
A. 生色基团与视蛋白的分离 B. 生色基团与视蛋白的结合
C. 视黄醛由顺型异构为全反型 D. 视黄醛由全反型异构为顺型
E. 以维生素 A 即时合成视紫红质
25. 关于视杆细胞在暗环境中的暗电流, 正确的描述是
A. 是静息电位形成的主要原因 B. 由 Na^+ 跨外段膜内流而引起
C. 由 K^+ 跨内段膜外流而引起 D. 受控于胞质内 cAMP 浓度
E. 增大时引发视杆细胞感受器电位
26. 视杆细胞感受器电位的始动因素是
A. 视黄醛的变构 B. 视紫红质的分解 C. G_i 蛋白的激活
D. cGMP 的降解 E. 暗电流的减小
27. 视杆细胞超极化感受器电位的产生机制是
A. 暗电流减小, 非门控 K^+ 电流继续 B. 暗电流增大, 非门控 K^+ 电流停止
C. 暗电流继续, 非门控 K^+ 电流减小 D. 暗电流继续, 非门控 K^+ 电流增大
E. 暗电流和非门控 K^+ 电流都停止
28. 人眼暗适应过程的实质是
A. 视力的提高 B. 视野的增大 C. 光感受器的适应
D. 视色素合成增加 E. 色素上皮突起缩回
29. 人眼产生明适应的主要机制是
A. 视杆细胞的光敏感度较高 B. 视杆细胞的分辨力较低
C. 视锥细胞的光敏感度较低 D. 视锥细胞的分辨力较高
E. 视锥细胞有多种视色素
30. 在诊断眼科疾病时, 视野检查最具参考价值的是
A. 近视、远视和散光 B. 白内障和玻璃体变性
C. 眼外肌病和青光眼 D. 视网膜病和视觉通路病

E. 眼外伤和职业性眼病

【A₂型题】

31. 临床上存在一些顽固的神经痛(如头痛、三叉神经痛等),为减轻患者痛苦常采用局部麻醉药封闭疗法,其作用机制是

- A. 长期应用可使神经支配的肌肉发生代谢改变,减轻疼痛
- B. 局部麻醉药阻断神经冲动的传导,减轻疼痛
- C. 长期应用可使神经支配的肌肉发生功能改变,减轻疼痛
- D. 可使神经末梢释放的神经营养因子减少
- E. 以上均不对

*32. 女性患者,65岁,因进食后右上腹胀痛,向后背部放射,伴恶心2周入院。主诉两周前开始出现吃饭后右上腹隐隐作痛,有时出现胀痛,空腹时好转,同时还伴有恶心,消化不好,食欲减退。查体发现右上腹部有压痛,无腹肌紧张和反跳痛。腹部B超检查发现胰腺肿物,生化检测显示多项肿瘤标记物升高。该患者后背部疼痛的可能原因是

- A. 胰腺炎疼痛
- B. 胰腺肿瘤压迫痛
- C. 胰腺病变的牵涉痛
- D. 后背脊柱痛
- E. 后背炎症痛

*33. 男性患者,26岁,因发热、腹痛并加剧去医院就诊,开始时腹痛位于上腹部和脐周围,数小时后转移至右下腹部,查体右下腹部有压痛,反跳痛,伴轻度腹壁肌紧张,体温39℃,白细胞计数超过 $10 \times 10^9/L$,该患者所患疾病应诊断为

- A. 心绞痛发作
- B. 急性胆囊炎
- C. 十二指肠溃疡穿孔
- D. 急性阑尾炎
- E. 输尿管结石发作

*34. 男性患者,67岁,主诉1个月前自觉视物有重影感觉,近来有所加重,感觉很不舒服,但用手遮住任何一侧眼时则重影消失。2年前曾发生一次脑梗死,现已基本恢复。脑磁共振检查未发现新的梗死灶,血常规、尿糖、眼眶CT、颈椎X线摄片均正常。出现双眼复视的生理学机制是

- A. 物像分别落在左右视网膜前与后
- B. 物像分别落在左右视网膜上与后
- C. 物像分别落在左右视网膜上与前
- D. 物像落在左右视网膜的对称点上
- E. 物像落在左右视网膜的非对称点上

*35. 女性患者,55岁,因情绪激动而突然感觉右眼胀痛和同侧头痛,剧烈难忍,并出现虹视(看灯时如有彩色光晕)和视蒙(看东西雾蒙蒙的)、恶心、呕吐而来院门诊,既往也常有眼痛合并头痛感觉,但尚能忍受,且无恶心、呕吐等症。眼科检查显示眼部充血、角膜水肿、瞳孔散大、前房变浅、眼压超过50mmHg,视力较差,应诊断为

- A. 急性结膜炎
- B. 急性虹膜睫状体炎
- C. 远视眼
- D. 青光眼
- E. 偏头痛

*36. 女性患者,40岁,患有慢性腹泻疾病,影响营养物质的吸收,粪便中检出大量脂肪,患者在黎明和黄昏时看东西不清楚,逐渐发展为夜盲,试问该患者暗视觉功能减退的主要原因是

- A. 缺乏蛋白质
- B. 缺乏脂肪
- C. 缺乏维生素A
- D. 缺乏维生素B
- E. 缺乏维生素C

*37. 女性患者,67岁,主诉一觉醒来时发现视力明显下降,眼科检查发现两眼右半视野大部分缺失,但右黄斑区视野和两眼左半视野保留,可推测患者视觉通路受损的部位是

- A. 右侧视神经
- B. 视交叉
- C. 左侧视束
- D. 左外侧膝状体
- E. 左侧视皮层

*38. 女性患者,68岁,左眼视物模糊2年,加重1个月来诊。糖尿病史7年。查体发现右眼义眼,左眼视力0.5,矫正不提高。眼底镜检查:可见动静脉交叉压迫征,黄斑亦见小许硬性渗出,视网膜可见微血管瘤,浅层出血及硬性渗出。荧光素钠眼底造影(FFA)检查:可见与眼底图视网膜浅层出血吻合的荧光遮蔽及与硬性渗出相吻合的自身荧光。该患者出现左眼视物模糊的原因是

- A. 青光眼
- B. 视神经压迫
- C. 糖尿病视网膜病变
- D. 视网膜色素变性
- E. 遗传学黄斑营养不良

【B型题】

(39~40题共用备选答案)

- A. 皮肤环层小体
- B. 皮肤麦斯纳小体
- C. 痛觉感受器
- D. 温度觉感受器
- E. 嗅觉感受器

39. 不存在适宜刺激的感受器是

40. 几乎不存在适应现象的感受器是

(41~42题共用备选答案)

- A. 增加折光能力
- B. 减小球面像差和色像差
- C. 避免复视
- D. 减少入眼光量
- E. 产生立体感觉

41. 视6m内近物时瞳孔缩小的意义是

42. 在强光照射下瞳孔缩小的意义是

(43~44题共用备选答案)

- A. 视神经乳头
- B. 黄斑中央凹
- C. 中央凹外 10° ~ 20° 处
- D. 视网膜颞侧半
- E. 视网膜鼻侧半

43. 视网膜上视杆细胞分布最多的部位是

44. 视网膜上视锥细胞分布最多的部位是

(45~46题共用备选答案)

- A. 红色
- B. 绿色
- C. 蓝色
- D. 黄色
- E. 白色

45. 正常人眼在光照不变时的最大颜色视野是

46. 正常人眼在光照不变时的最小颜色视野是

【X型题】

47. 感受器对刺激强度信息的编码机制包括

- A. 感受器的感受野大小
- B. 感受器电位的幅度高低
- C. 感受器电位的持续时间
- D. 被募集的感受器数量

48. 下列“牵涉痛体表部位-内脏疾病”的配对中,正确的有

- A. 左肩和左上臂-心绞痛
- B. 左上腹和肩胛间-胃溃疡
- C. 右肩区-胆囊炎、胆石症
- D. 腹股沟区-输尿管结石

49. 人眼屈光不正包括

- A. 近视
- B. 远视
- C. 老视
- D. 散光

*50. 进行眼科检查时,用后马托品滴眼可产生的结果有

- A. 产生复视
- B. 瞳孔扩大
- C. 视近物模糊
- D. 青光眼病加重

51. 视网膜色素上皮细胞的生理功能有

- A. 吸收光线,防止折返光线的干扰
- B. 为视网膜全层提供营养物质

- C. 吞噬感光细胞外段脱落的膜盘 D. 参与感光细胞的光化学反应
52. 视网膜中存在视杆和视锥两种不同感光换能系统的证据有
- A. 两类感光细胞分布不同 B. 两类感光细胞所含视色素不同
- C. 两类感光细胞换能机制不同 D. 两个系统的会聚程度不同
53. 支持色觉三色学说的的事实依据有
- A. 视网膜中存在三类吸收光谱 B. 色盲的遗传现象及机制
- C. 色弱的发生及可能机制 D. 颜色对比现象的客观存在
54. 双眼视觉的优点是
- A. 弥补单眼视觉中的盲区 B. 增强分辨能力
- C. 扩大视野 D. 产生立体视觉

三、简答题

1. 简述目前所知的感受器和感觉通路对感觉信号的编码机制。
2. 简述内脏疾病常见的牵涉痛体表部位、产生机制及临床意义。
3. 简述人眼视 6m 以内物体时所进行的调节及其意义。
4. 简述房水和眼压的关系及其生理意义。
5. 简述视网膜中存在两种不同感光换能系统的功能特征及其证据。
6. 简述视杆细胞感受器电位的产生机制。
7. 简述视力表的设计原理。
8. 何谓视野？视野检查有何意义？

四、思考题

1. 为什么盲文和盲道都设计成凸出平面的符号和形状？
2. 请做以下实验，首先在暗处呆 20 分钟，然后注视一颗明亮的星星，在注视这颗明亮的星星的同时，在视野内找到一颗较暗淡的星星，接着将你的注视目光转向这颗较暗淡的星星，此时这颗星星却不见了，当你的注视目光回到原来那颗明亮的星星时，这颗较暗淡的星星又出现在你视野中。请解释这一现象。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 感受器：指生物体内一些专门感受体内、外环境变化的结构或装置，如温度觉感受器、触-压觉、肌梭、化学感受器、感光细胞等。
2. 适宜刺激：指某种感受器对之最为敏感的某种特异能量形式的刺激，如可见光是视网膜感光细胞的适宜刺激。
3. 感受野：指感受器对适宜刺激发生反应的空间范围，也指能影响感觉通路中任何一个感觉神经元活动的感受器所组成的空间范围。
4. 侧向抑制：指在感觉通路中，处于中心区的初级传入纤维在直接兴奋次级神经元的同时，通过侧支抑制周边区次级神经元的活动，从而加大刺激中心区和周边区之间信号差距的一种信号传入形式。
5. 牵涉痛：指由某些内脏疾病引起的某远隔体表部位疼痛或痛觉过敏的现象，如发生心绞痛时，常感到心前区、左肩和左上臂疼痛。

6. 简化眼:指一种假想的与正常人眼在未经调节时的折光系统等效的简单模型,它是一个前后径为 20mm 的单球面折光体,入射光线仅在由空气进入球形界面(曲率半径为 5mm)时折射一次,折射率为 1.333,后主焦点恰好位于该折光体的后极。

7. 瞳孔对光反射:指瞳孔在强光照射时缩小而在光线变弱时散大的反射,是眼的一种重要的适应功能。

8. 三色学说:是一种用以解释人眼色觉功能的学说,该学说认为视网膜中存在分别含红、绿、蓝光敏色素的三种视锥细胞,当某一波长的光线作用于视网膜时,可以一定的比例使三种不同的视锥细胞发生兴奋,经中枢分析后便可产生某一种颜色的感觉。

9. 视敏度:指眼对被视物体细小结构的分辨能力,也称视力和视锐度,是眼视觉功能的重要指标之一。

10. 暗适应:指当人长时间在明亮环境中突然进入暗处时,最初看不清任何东西,经过一定时间后,视觉敏感度才逐渐增高而看清在暗处物体的现象。暗适应是人眼在暗处对光的敏感度逐渐提高的过程。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. E 3. E 4. A 5. E 6. E 7. D 8. E 9. C 10. C
11. E 12. A 13. D 14. B 15. D 16. E 17. B 18. C 19. E 20. A
21. A 22. E 23. E 24. D 25. B 26. B 27. A 28. D 29. C 30. D

【A₂型题】

31. B 32. C 33. D 34. E 35. D 36. C 37. E 38. C

难题解析

32. 该患者是由于胰腺病变(胰腺癌)所引起的内脏痛。胰腺癌多数为突然发病,表现为剧烈的上腹痛,并多向肩背部放射,病人自觉上腹及腰背部有“束带感”。腹痛的位置与病变的部位有关,如胰头的病变重者,腹痛以右上腹为主,并向右肩放射;病变在胰尾者,则腹痛以左上腹为重,并向左肩放射。内脏疾病往往引起远隔的体表部位发生牵涉痛,胰腺癌常发生肩背部牵涉痛。故本题答案是 C。

33. 患者发病开始时为上腹部和脐周痛,后转移至右下腹,有发热,白细胞计数明显升高,为典型的急性阑尾炎表现。根据年龄和其他表现(最好做一心电图检查)可排除心绞痛,十二指肠溃疡穿孔腹痛开始时也在上腹部,但很快发展为全腹痛,并有溃疡病史,可有休克现象;急性胆囊炎腹痛位于右上腹及剑突下,可向右肩区放射,多在胆囊结石阻塞、黏膜损伤基础上发生感染所致,故常有既往发作史;输尿管结石发作疼痛在腰部和下腹部,向外阴部放射,无腹壁肌紧张,尿中可有红细胞,也有既往发作史。故本题答案是 D。

34. 根据患者遮住一侧眼时无复视而不遮眼时存在复视的现象,表明为双眼复视,这种复视主要由于眼外肌瘫痪或眼球内肿瘤压迫,致使两眼视网膜像不在对称点上而产生。故本题答案是 E。至于本例的产生机制,可能与脑梗死后眼外肌血供不足或支配神经功能障碍有关。

35. 根据患者症状和眼压明显升高,结合性别、年龄等,可确诊为青光眼,其他选项中的疾病均无眼压升高,且症状也有较大不同,急性结膜炎有异物感、灼热感,黏液或脓性分泌物,急性虹膜睫状体炎有畏光、流泪、瞳孔缩小等表现,远视眼的不适症状是在视近物时间过久后出现,偏头痛主要表现为一侧头痛。故本题答案是 D。

36. 该患者有慢性腹泻,粪便中检出大量脂肪,而脂肪吸收不良可影响脂溶性维生素的吸收,

维生素 A 属于脂溶性维生素,患者维生素 A 长期摄入不足,从而导致夜盲症。故本题答案是 C。

37. 从患者年龄和主诉来看,可推测在夜间发生了脑梗死,累及大脑后部血管,导致左侧枕叶视皮层受损,该部位受损可很好解释眼科检查中视野缺失的情况,故本题答案是 E。

【B 型题】

39. C 40. C 41. B 42. D 43. C 44. B 45. E 46. B

【X 型题】

47. BD 48. ABC 49. ABD 50. BCD 51. ACD 52. ABD 53. ABC
54. ACD

难题解析

50. 后马托品是 M 受体拮抗剂,眼科常用药。虹膜环行肌和睫状体肌均受副交感神经支配,通过递质乙酰胆碱与 M 受体结合而产生收缩效应,后马托品可阻断其收缩而引起瞳孔扩大和阻碍晶状体变凸,使视近物模糊;由于瞳孔扩大可使前房角变狭窄,加重青光眼病情,所以临床上对青光眼病人禁用 M 受体拮抗剂。故本题答案是 BCD。

三、简答题

1. 简述目前所知的感受器和感觉通路对感觉信号的编码机制。

答:感受器和感觉通路对感觉信号的编码主要涉及刺激的类型、部位、强度和持续时间等方面。每一感受器都有自己的适宜刺激是识别刺激类型的基础,此外,还决定于传入冲动所经过的专用通路和它们最终到达的大脑皮层的特定部位(特异神经能量定律)。感觉系统识别刺激部位与感受器和感觉通路具有不同的感受野有关。感受器对刺激强度的编码是通过改变感受器电位的大小和募集到感受野中的感受器数量而实现的,而感受器电位的大小再通过影响相应传入神经上动作电位频率的高低,而募集到的感受器数量增多也将使更多的神经纤维被募集,共同向高位中枢传输同一性质的刺激信息,使感觉得到增强。感受器对刺激持续时间的判断,除刺激本身是否继续存在外,还受感受器适应的影响。此外,感觉通路还普遍存在侧向抑制,其意义在于增强感觉系统的分辨能力。

2. 简述内脏疾病常见的牵涉痛体表部位、产生机制及临床意义。

答:内脏疾病常见的牵涉痛体表部位见知识要点中的表 9-3。牵涉痛的产生机制见知识要点。牵涉痛的临床意义:各种牵涉痛的体表放射部位比较固定,因而对临床某些疾病的诊断具有重要的提示作用和旁证意义。

3. 简述人眼视 6m 以内物体时所进行的调节及其意义。

答:自近物(6m 以内)发出的入眼光线呈不同程度的辐射状,此时眼将通过近反射,包括晶状体变凸(最重要)、瞳孔缩小和视轴会聚,使视网膜像变清晰(见知识要点中的表 9-4)。

4. 简述房水和眼压的关系及其生理意义。

答:房水来源于血浆,由睫状体脉络膜丛产生,生成后由后房经瞳孔进入前房,然后流过前房角的小梁网,经许氏管进入静脉。房水不断生成,又不断回流入静脉,保持动态平衡,称为房水循环。房水具有营养角膜、晶状体及玻璃体的功能,并维持一定的眼压。由于房水量的恒定及前、后房容积的相对恒定,因而眼压也保持相对稳定。眼压的相对稳定对保持眼球特别是角膜的正常形状与折光能力具有重要意义。若眼球被刺破,会导致房水流失、眼压下降,眼球变形,引起角膜曲度改变。房水循环障碍时(如房水排出受阻)会造成眼压增高,眼压的病理性增高称为青光眼,这时除眼的折光系统出现异常外,还可引起头痛、恶心等全身症状,严重时可导致角膜混浊、视力丧失。

5. 简述视网膜中存在两种不同感光换能系统的功能特征及其证据。

答:视网膜中存在视杆和视锥两种感光细胞,两者各自与双极细胞、神经节细胞通过突触联系构成视杆和视锥两种感光换能系统,两者在功能上存在很大差异(见知识要点中的表 9-7)。主要证据有:①组成两种系统的两种感光细胞存在较大差异,包括其数量、在视网膜中的分布、所含的视色素和功能等(见知识要点中的表 9-6);②两个系统的传入通路会聚程度不同;③猫头鹰等夜间活动的动物视网膜中只有视杆细胞而鸡、鸽等白昼活动的动物视网膜中只有视锥细胞。

6. 简述视杆细胞感受器电位的产生机制。

答:见知识要点。

7. 简述视力表的设计原理。

答:检测视力时,受试者站在视力表前 5m 处,视力表上 1.0 行每个符号两个可分辨的光点相距 1.5mm,它们发出的光线在入眼时所形成的视角正好为 1 分角,此时的视网膜像约 $4.5\mu\text{m}$,相当于一个视锥细胞的平均直径;但视力的量度却以视角的倒数来表示,即 1.0 的视力实际上是 1/1 分角,0.2 的视力是视角为 5 分角时的视力(1/5 分角),依此类推。受试者能分辨的视角越大(视力 <1.0)表明其视力越差;相反,视角越小(视力 >1.0)则表明视力越好。

8. 何谓视野? 视野检查有何意义?

答:视野是指单眼固定注视前方一点时该眼所能见到的空间范围。视野对人的工作和生活有重要影响,视野狭小者不应驾驶交通工具,也不应从事本身或周围物体有较大范围活动的劳动,以防发生事故。临床上检查视野可协助诊断视网膜病和视觉通路病:一侧视网膜或视神经受损→同侧眼失明;视交叉受损→双眼颞侧偏盲(颞侧视野缺损);一侧视束受损→双眼同侧偏盲(左侧视束受损→双眼右半侧视野缺损,右侧视束受损→双眼左半侧视野缺损);一侧视放射(膝状体距状束)后部和视皮层受损→双眼同侧偏盲而黄斑保留(左侧视放射后部和视皮层受损→双眼右半侧视野缺损而黄斑保留,右侧视放射后部和视皮层受损→双眼左半侧视野缺损而黄斑保留)。可参考纸质教材图 9-21。

四、思考题

1. 答:盲文是专为盲人设计、靠手指触摸而感知的文字,也称点字或凸字,是通过特殊打印机等在纸张上制成不同组合的凸点而组成。盲道是专门帮助盲人行走,靠足趾接触而感知的路面设施。盲道一般设计成两种形状,一种是长条形凸起,纵向排列,用以引导盲人向前行走;另一种是圆点状凸起,用以提醒盲人转弯。在人的手掌面和足趾面,触-压觉感受器的分布密度较大,尤其是在远端的指尖和趾尖处,在指尖处分布有高密度的麦斯纳小体和梅克尔盘,每 cm^2 可达 100 个左右,它们的感受野小、触觉阈低,因而对触-压觉刺激十分敏感。盲文和盲道都是通过精细触-压觉传导通路传入中枢而被感知的,在触-压觉传入通路中普遍存在侧向抑制,因而可降低两点辨别阈,即提高两点分辨能力。此外,感觉皮层具有可塑性,经常触摸盲文的手指和经常走盲道的足趾可使它们在大脑皮层的代表区面积扩大,从而能提高对盲文和盲道的识别能力,在一定程度上弥补视觉的缺失。

2. 答:先在暗处呆 20 分钟可使视杆细胞视紫红质合成增加以便提高对光的敏感度,使寻找一个较暗淡的星星变得比较容易。人们在注视某一物体时,使用的视网膜部位通常是黄斑中央凹,注视一个明亮的星星时也不例外。当人们注视某一物体时,其实还包括被注视物体以外还能看到一定范围内的物体,这就是视野的概念。在视野中找到一颗较暗淡的星星后,若将注视目光转移到这颗较暗淡的星星时,其实是让它成像于视网膜中央凹处,由于中央凹处只有视锥细胞而无视杆细胞,所以此时这颗较暗淡的星星就“消失”了,其实是不能被感知了,而当目光又回到原先那颗明亮的星星后,这颗较暗淡的星星则又能在视野中被看到。这个现象说明,视锥细胞和视杆细胞

分布于视网膜中的不同部位,并各司其职。

(邢国刚)

第二节 听觉、平衡感觉、嗅觉和味觉

学习目标

1. 掌握 声波传入内耳的途径,基底膜的振动和行波理论,耳蜗微音器电位,前庭器官的感受细胞,前庭器官的适宜刺激和生理功能。
2. 熟悉 人耳的听阈和听域,鼓膜和听骨链的增压作用,耳蜗的感音换能机制,耳蜗内电位,前庭姿势调节反射,前庭自主神经反应,眼震颤,嗅觉感受器及其适宜刺激,嗅觉的一般性质,味觉感受器及其适宜刺激,味觉的一般性质。
3. 了解 外耳的功能,咽鼓管的功能,耳蜗的功能结构要点,听神经动作电位,听觉传入通路和听皮层的听觉分析功能,前庭自主神经反应,平衡感觉、嗅觉和味觉的中枢分析。

知识要点

一、听觉

人听觉器官的适宜刺激是振动频率为 20~20 000Hz 的声波。对于每一种频率的声波,人耳都有一个刚能引起听觉的最小强度,称为听阈。在听阈以上继续增加强度,听觉的感受也相应增强,当强度增加到某一限度时,将引起鼓膜的疼痛感觉,这一限度称为最大可听阈。

(一) 外耳和中耳的功能

1. 外耳的功能 外耳由耳郭和外耳道组成。耳郭具有集音作用,并可辨别声源方向。外耳道具有传音和共振增压作用。

2. 中耳的功能 中耳由鼓膜、听骨链、鼓室和咽鼓管等结构组成。中耳的主要功能是将声波振动能量高效地传给内耳,其中鼓膜和听骨链在声音传递过程中还起增压作用。鼓室内的鼓膜张肌和镫骨肌可对内耳的感音装置起到保护作用。咽鼓管可平衡鼓室内气压与外界大气压,以维持鼓膜的正常位置与功能。

3. 声波传入内耳的途径 声波可通过气传导和骨传导两条途径传入内耳,正常情况下以气传导为主。

(1) 气传导:声波经外耳道引起鼓膜振动,再经听骨链和卵圆窗膜传入耳蜗。此途径是声波传导的主要途径。此外,鼓膜的振动也可引起鼓室内空气的振动,再经圆窗膜传入耳蜗,这一途径也属气传导,但在正常情况下并不重要,仅在听骨链运动障碍时才发挥一定作用,此时的听力较正常时大为降低。

(2) 骨传导:声波直接作用于颅骨,经颅骨和耳蜗骨壁传入耳蜗。骨传导的效能远低于气传导,因此在引起正常听觉中的作用极小。当鼓膜或中耳病变引起传音性耳聋时,气传导明显受损,而骨传导却不受影响,甚至相对增强。当耳蜗病变引起感音性耳聋时,气传导和骨传导均受损。

(二) 内耳耳蜗的功能

耳蜗的功能是将传到耳蜗的机械振动转变为听神经纤维的神经冲动。

1. 耳蜗的功能结构要点 由一条骨质管围绕一锥形骨蜗轴盘旋 $2\frac{1}{2}$ ~ $2\frac{3}{4}$ 周而构成。耳蜗管被前庭膜和基底膜分成三个管腔,上方为前庭阶,中间为蜗管,下方为鼓阶。基底膜上有听觉感受器—螺旋器(也称柯蒂器),由内、外毛细胞及支持细胞等组成。

2. 耳蜗的感音换能作用

(1) 基底膜的振动和行波理论:当声波振动通过听骨链到达卵圆窗膜时,压力变化立即传给耳蜗内的淋巴液和膜性结构。当卵圆窗膜内移时,导致前庭膜和基底膜下移,最后鼓阶的外淋巴压迫卵圆窗膜,使卵圆窗膜外移;而当卵圆窗膜外移时,整个耳蜗内的淋巴液和膜性结构又作相反方向的移动,如此反复,形成振动。振动从基底膜的底部开始,以行波的方式从蜗底向蜗顶传播。声波频率越高,行波传播越近,最大振幅出现的部位越靠近蜗底;相反,声波频率越低,行波传播越远,最大振幅出现的部位越靠近蜗顶。因此,每一声波频率在基底膜上都有一个特定的行波传播范围和最大振幅区,位于该区的毛细胞受到的刺激最强,与这部分毛细胞相联系的听神经纤维的传入冲动也就最多。这样,来自基底膜不同部位的听神经纤维冲动传到听觉中枢的不同部位,就可产生不同音调的感觉。

(2) 耳蜗的感音换能机制:当声波引起基底膜振动时,在盖膜和基底膜之间产生剪切运动,使外毛细胞纤毛弯曲或偏转,内淋巴流动使内毛细胞纤毛弯曲或偏转,继而引起纤毛顶部的机械门控通道开放或关闭,产生去极化或超极化感受器电位。内毛细胞产生去极化感受器电位后,细胞基底侧膜上的电压门控钙通道被激活开放,引起 Ca^{2+} 内流,触发递质释放,进而引起听神经纤维产生动作电位,并向听觉中枢传递。

3. 耳蜗的生物电现象

(1) 耳蜗内电位:当耳蜗未受刺激时,以鼓阶外淋巴为参考零电位,可测出蜗管内淋巴的电位为 +80mV 左右,称为耳蜗内电位或内淋巴电位。该电位与蜗管外侧壁血管纹的活动密切相关。

(2) 耳蜗微音器电位:当耳蜗受到声音刺激时,在耳蜗及其附近结构可记录到一种与声波的频率和幅度完全一致的电位变化,称为耳蜗微音器电位,是多个毛细胞在接受声音刺激时所产生的感受器电位的复合表现,具有无真正的阈值、无潜伏期和不应期、不易疲劳、不发生适应现象等特点。

(三) 听神经动作电位

听神经动作电位是耳蜗对声波刺激所产生的一系列反应中最后出现的电变化,是耳蜗对声波刺激进行换能和编码的总结果,其作用是向听觉中枢传递信息。

二、平衡感觉

内耳的前庭器官由半规管、椭圆囊和球囊组成,其主要功能是感受机体姿势和运动状态(运动觉)以及头部在空间的位置(位置觉),这些感觉合称为平衡感觉。

(一) 前庭器官的感受装置和适宜刺激

1. 前庭器官的感受细胞 半规管壶腹嵴、椭圆囊囊斑和球囊囊斑上的毛细胞。

2. 前庭器官的适宜刺激和生理功能。

(1) 半规管:半规管壶腹嵴的适宜刺激是正、负角加速度运动,其感受阈为 $1^\circ/\text{s}^2 \sim 3^\circ/\text{s}^2$ 。人体三对半规管所在的平面互相垂直,因此可以感受空间任何方向的角加速度运动。

(2) 椭圆囊和球囊:椭圆囊和球囊囊斑的适宜刺激是直线加速度运动,其主要功能是感受头在空间的位置变化以及体位调节运动等,维持身体平衡。

(二) 前庭反应

1. 前庭姿势调节反射 来自前庭器官的传入冲动,除引起运动觉和位置觉外,还可引起各种姿势调节反射,其意义在于维持机体一定的姿势和身体平衡。
2. 前庭自主神经反应 当前庭器官受到过强或过久的刺激时,可通过前庭神经核与网状结构的联系而引起自主神经功能失调,导致皮肤苍白、恶心、呕吐、出汗、心率加快、血压下降、呼吸加快以及唾液分泌增多等现象,称为前庭自主神经反应。
3. 眼震颤 指身体做正、负角加速度运动时出现的眼球不自主的节律性运动,是前庭反应中最特殊的一种。人类的眼震颤有慢动相和快动相两个时相。

三、嗅觉和味觉

(一) 嗅觉感受器和嗅觉的一般性质

1. 嗅觉感受器及其适宜刺激 嗅觉感受器位于上鼻道及鼻中隔后上部的嗅上皮中。嗅觉感受器的适宜刺激是空气中有气味的化学物质,即嗅质。
2. 嗅觉的一般性质
 - (1) 具有群体编码的特性。
 - (2) 嗅敏度的个体差异大。
 - (3) 适应较快。

(二) 味觉感受器和味觉的一般性质

1. 味觉感受器及其适宜刺激 味觉感受器是味蕾,主要分布在舌背部的表面和舌缘。味蕾的适宜刺激是食物中有味道的物质,即味质。
2. 味觉的一般性质
 - ①由五种基本味觉组合而成(咸、酸、甜、苦和鲜);
 - ②不同部位味蕾对不同味质的敏感程度存在差异;
 - ③味觉的敏感度受食物或刺激物本身温度的影响,并随年龄增长而下降;
 - ④味觉偏好受血液中化学成分的影响;
 - ⑤适应快。

复习思考题

一、名词解释

1. hearing threshold
2. air conduction
3. cochlear microphonic potential
4. vestibular autonomic reaction

二、选择题

【A₁型题】

1. 声波由鼓膜经听骨链到达卵圆窗膜时
 - A. 声压增大,振幅不变
 - B. 声压不变,振幅增大
 - C. 声压减小,振幅增大
 - D. 声压增大,振幅减小
 - E. 振幅增大,声压增大
2. 听骨链固定时,从鼓膜到内耳之间的声能传递将
 - A. 增强
 - B. 减弱
 - C. 不变
 - D. 完全丧失
 - E. 先增强后减弱
3. 为中耳鼓室和外界环境提供压力平衡的结构是
 - A. 蜗管
 - B. 蜗孔
 - C. 圆窗
 - D. 咽鼓管
 - E. 卵圆窗

4. 飞机上升和下降时, 嘱乘客做吞咽动作的生理意义在于
- A. 调节基底膜两侧的压力平衡
 - B. 调节前庭膜两侧的压力平衡
 - C. 调节圆窗膜内外压力平衡
 - D. 调节鼓室与大气压之间的压力平衡
 - E. 调节中耳与内耳之间的压力平衡
5. 正常情况下声波传入内耳的主要途径是
- A. 颅骨→耳蜗内淋巴
 - B. 外耳道→鼓膜→听骨链→卵圆窗膜→耳蜗
 - C. 外耳道→鼓膜→听骨链→圆窗膜→耳蜗
 - D. 外耳道→鼓膜→听骨链→卵圆窗膜→圆窗膜→耳蜗
 - E. 外耳道→鼓膜→鼓室内空气→圆窗膜→耳蜗
6. 关于骨传导的叙述正确的是
- A. 指经过听骨链的传导途径
 - B. 中耳病变时常受损害
 - C. 在引起正常听觉中的作用极小
 - D. 耳蜗病变时通常不受损
 - E. 骨传导的敏感性与气传导基本相同
7. 鼓膜穿孔将引起
- A. 感音性耳聋
 - B. 传音性耳聋
 - C. 神经性耳聋
 - D. 骨传导减弱
 - E. 气传导增强
8. 鼓阶为
- A. 充满外淋巴并与卵圆窗相通的膜性管道
 - B. 充满内淋巴并与卵圆窗相通的膜性管道
 - C. 充满外淋巴并与圆窗相通的膜性管道
 - D. 充满内淋巴的骨质管道
 - E. 充满空气的骨质管道
9. 根据行波理论, 声波频率越高, 基底膜出现最大振幅的部位越靠近
- A. 基底膜底部
 - B. 基底膜顶部
 - C. 基底膜中间部
 - D. 基底膜的最宽部位
 - E. 耳蜗顶部
10. 耳蜗底部毛细胞受损将出现
- A. 高频听力损失
 - B. 中频听力损失
 - C. 低频听力损失
 - D. 高低频听力均损失
 - E. 对高低频听力均无影响
11. 耳蜗毛细胞去极化感受器电位的形成机制是
- A. K^+ 内流
 - B. Na^+ 内流
 - C. Ca^{2+} 内流
 - D. Cl^- 内流
 - E. Mg^{2+} 内流
12. 耳蜗基底膜上内毛细胞的主要功能是
- A. 传递声音信息, 对声音进行分析
 - B. 增强基底膜的振动
 - C. 抵消基底膜本身的阻尼
 - D. 发生舒缩活动
 - E. 增强对声波的反应灵敏度
13. 蜗管外侧壁血管纹的重要作用是
- A. 为基底膜提供营养
 - B. 产生外淋巴
 - C. 缓冲蜗管内压力变化
 - D. 吸收内淋巴
 - E. 产生和维持内淋巴中的正电位
14. 耳蜗螺旋器毛细胞的纤毛发生弯曲时, 可产生
- A. 耳蜗静息电位
 - B. 耳蜗动作电位
 - C. 行波运动
 - D. 耳蜗微音器电位
 - E. 听神经动作电位

15. 对耳蜗微音器电位的叙述正确的是
 A. 具有“全或无”性质
 B. 对缺氧很敏感
 C. 听神经变性时仍能发生
 D. 不应期长
 E. 与听神经动作电位的发生无关
16. 关于耳蜗对声音的初步分析,错误的是
 A. 引起基底膜的振动,在传向耳蜗顶部的过程中振幅增大
 B. 声波频率越高,基底膜振动传向顶部越远
 C. 声波越强,被兴奋的听神经纤维数越多
 D. 声波越强,听神经动作电位的频率越大
 E. 听神经动作电位的振幅不能反映声波的频率特性
17. 椭圆囊与球囊囊斑的适宜刺激是
 A. 正角加速度
 B. 负角加速度
 C. 角匀速运动
 D. 各个方向的直线匀速运动
 E. 直线正负加速度运动
18. 半规管中壶腹嵴毛细胞的适宜刺激是
 A. 正、负角加速度运动
 B. 直线匀速运动
 C. 旋转匀速运动
 D. 直线减速运动
 E. 直线加速运动
19. 前庭器官传入冲动所引起的效应中,错误的有
 A. 位置觉
 B. 运动觉
 C. 听觉
 D. 眼震颤
 E. 自主神经反应
20. 前庭自主神经反应主要表现为
 A. 恶心、呕吐、眩晕、皮肤苍白
 B. 恶心、呕吐、呼吸困难
 C. 呕吐、畏寒、发热
 D. 眩晕、腰酸、背痛
 E. 脉搏加快、体温升高
21. 晕车、晕船反应是因为过度刺激了
 A. 上、后半规管
 B. 位砂
 C. 壶腹
 D. 视觉器官
 E. 本体感受器
22. 人体向左旋转开始时,关于水平方向眼震颤的叙述,正确的是
 A. 慢动相向左,快动相向右
 B. 慢动相向右,快动相向左
 C. 慢动相向左,快动相向左
 D. 慢动相向右,快动相向右
 E. 慢动相向颞侧,快动相向鼻侧
23. “人芝兰之室,久而不闻其香;人鲍鱼之肆,久而不闻其臭。”从生理学角度,这种现象说明
 A. 人的嗅觉中枢不发达
 B. 人的嗅觉适应较快
 C. 人的嗅觉对香、臭的嗅敏度较低
 D. 某些嗅质对嗅觉中枢有抑制作用
 E. 过度刺激导致嗅上皮损伤
24. 人类分辨的味觉中,不属于基本味觉的是
 A. 甜
 B. 酸
 C. 苦
 D. 咸
 E. 辣
25. 味皮层的位置在
 A. 颞叶上部
 B. 距状裂两侧的枕叶皮质
 C. 延髓网状结构
 D. 边缘系统
 E. 中央后回底部

【A₂型题】

26. 某儿童在游乐园坐旋转椅游玩时,突然出现恶心、呕吐、眩晕、皮肤苍白等现象,分析最可

能的原因是产生了

- A. 低血压
- B. 低血糖
- C. 低血钙
- D. 脑缺血
- E. 前庭自主神经反应

*27. 飞机下降时,若感到鼓膜疼痛,应做吞咽动作,通过咽鼓管使鼓室内压与下列哪项结构的压力之间取得平衡

- A. 内耳
- B. 鼻咽部
- C. 蜗管
- D. 前庭阶
- E. 鼓阶

*28. 女性患者,65岁,慢性肺心病晚期,全身水肿严重,大剂量使用呋塞米利尿以减轻水肿症状,但长期反复用药后出现听力障碍,其原因是

- A. 血 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 过低
- B. 耳蜗外淋巴中 Na^+ 浓度降低
- C. 耳蜗内淋巴中 K^+ 浓度降低
- D. 药物蓄积引起听神经损伤
- E. 脱水引起螺旋器血供不足

*29. 耳聋的贝多芬在创作音乐时,用牙咬住一根木棒的一端,把木棒的另一端插入钢琴的共鸣箱内,借此来“听”声音。请你分析贝多芬在耳聋之后还能“听”声音的原因

- A. 气传导
- B. 骨传导
- C. 牙可以增幅声音
- D. 牙促进声波传导
- E. 液体传导

*30. 男性患者,14岁,重感冒后第3天,感觉左耳疼痛,进行性加剧,左耳流脓,自服头孢克肟,症状无缓解。入院检查后诊断为化脓性中耳炎。耳科检查结果显示炎症引起左耳鼓膜穿孔,听力下降,但未累及内耳。该患者听力下降的原因考虑为

- A. 气传导受损
- B. 骨传导受损
- C. 听神经受损
- D. 耳蜗螺旋器功能异常
- E. 药物引起内耳损伤

*31. 女性患者,50岁,耳鸣伴眩晕1个月,病人一月前无明显诱因首次出现左侧耳鸣症状,声音较巨,随之即眩晕,视物天旋地转,时而呕吐,耳胀闷不舒,不敢翻身,不敢走路,持续数小时或1~2天后症状逐渐消退,消退后无特殊不适感觉,但2周后再次发生。听力检查显示左耳听力丧失,右耳听力明显下降,此病最有可能为

- A. 脑供血不足
- B. 听神经退行性病变
- C. 梅尼埃病
- D. 高血压
- E. 中耳炎

*32. 男性患者,27岁,职业乐队鼓手,近来感觉听力下降,在排练时听不清他人说话和音乐节奏。耳科检查结果提示,两耳骨、气传导对比试验(林纳试验)均为气传导持续时间长于骨传导;音叉骨传导偏向试验(韦伯试验)不偏向任何一侧耳,听力测试显示患者丧失3000Hz以上频率、40~70dB的听力,患者耳聋最可能的原因是

- A. 鼓膜病变
- B. 听骨链损伤
- C. 耳蜗毛细胞损伤
- D. 听神经病变
- E. 听皮层损伤

*33. 女性患者,32岁,10天前因交通事故而致头颅受伤并发脑出血,后失去嗅觉。该患者嗅觉障碍可能是哪个部位的病变引起的

- A. 中央前回
- B. 边缘叶
- C. 枕叶
- D. 颞叶
- E. 中央后回底部

【B₁型题】

(34~36题共用备选答案)

- A. 感音性耳聋
- B. 传音性耳聋
- C. 高频听力受损

D. 低频听力受损

E. 听力不受影响

34. 全耳蜗病变导致

35. 听骨链受损引起

36. 耳蜗蜗顶受损引起

【X型题】

37. 人乘坐电梯突然上升时,会发生下肢屈曲,其感受器是

A. 肌肉关节中的本体感受器

B. 球囊

C. 半规管

D. 椭圆囊

38. 囊斑的适宜刺激是

A. 角加速度运动

B. 直线正加速度运动

C. 直线匀速运动

D. 直线负加速度运动

39. 耳蜗微音器电位

A. 无潜伏期

B. 电位随着刺激强度的增加而增大

C. 不发生适应现象

D. 对缺氧相对不敏感

40. 咽鼓管

A. 为鼻咽部与鼓室的通道

B. 开口部通常处于闭合状态

C. 在做吞咽运动时开放

D. 起平衡鼓室内压和大气压的作用

41. 下列属于基本味觉的是

A. 酸

B. 甜

C. 涩

D. 辣

三、简答题

1. 简述中耳的构成和功能。

2. 试用行波理论解释内耳对音调的分析原理。

3. 耳蜗的生物电现象主要有哪几种?

4. 简述前庭器官的适宜刺激和生理功能。

四、思考题

女性患者,76岁,因出现眩晕、视物不清和步态不稳等症状入住神经内科治疗。患者有20余年高血压病史。入院前3天,患者晨起时感觉头昏、头痛,服复方降压片后头痛未减轻。近2天,患者除头痛加重外,还出现头晕、视物不清,感觉自己和周围物体都在旋转,左耳内有持续的声响;扶墙才能行走;磁共振成像和脑血管造影术见脑内血管硬化,左小脑前下动脉闭塞。半年前曾因感冒引发右耳急性化脓性中耳炎,导致右耳鼓膜穿孔,目前已经治愈。听力检查结果显示双侧耳听力下降。诊断为左小脑前下动脉梗死;高血压病;左侧前庭功能障碍伴感音性耳聋。问题:

(1) 左小脑前下动脉梗死引起左侧前庭功能障碍伴感音性耳聋原因是什么?

(2) 内耳的结构和功能有哪些?

(3) 双侧耳听力下降的原因什么?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 听阈:对于每一种频率的声波,人耳都有一个刚能引起听觉的最小强度,称为听阈。

2. 气传导:指声波经外耳道引起鼓膜振动,再经听骨链和卵圆窗膜传入耳蜗的传导途径,是正

常情况下声波传导的主要途径。

3. 耳蜗微音器电位:当耳蜗受到声音刺激时,在耳蜗及其附近结构可记录到一种与声波的频率和幅度完全一致的电位变化,称为耳蜗微音器电位。

4. 前庭自主神经反应:当前庭器官受到过强或过久的刺激时,可通过前庭神经核与网状结构的联系而引起自主神经功能失调,导致皮肤苍白、恶心、呕吐、出汗、心率加快、血压下降、呼吸加快以及唾液分泌增多等现象,称为前庭自主神经反应。

二、选择题

【A₁型题】

1. D 2. B 3. D 4. D 5. B 6. C 7. B 8. C 9. A 10. A
11. A 12. A 13. E 14. D 15. C 16. B 17. E 18. A 19. C 20. A
21. A 22. B 23. B 24. E 25. E

【A₂型题】

26. E 27. B 28. C 29. B 30. A 31. C 32. C 33. B

难题解析

27. 咽鼓管为连接鼓室和鼻咽部的管道,其鼻咽部开口常处于闭合状态,当吞咽、打哈欠时开放,空气经咽鼓管进入鼓室,使鼓室内气压与外界大气压相同,以维持鼓膜的正常位置与功能。当飞机下降时,如果人们不及时开放咽鼓管,就会因鼓室两侧出现巨大的压力差而产生鼓膜剧烈疼痛,严重者可造成鼓膜破裂。故本题选B。

28. 袢利尿剂呋塞米可用于水肿治疗,其利尿机制是抑制 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-2Cl}^-$ 同向转运体,故呋塞米也能抑制耳蜗血管纹细胞中的 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-2Cl}^-$ 同向转运体,长期使用将导致耳蜗内淋巴中 K^+ 浓度降低,影响耳蜗毛细胞感受器电位的产生,最终导致听力障碍。故本题答案是C。

29. 史料记载贝多芬的听力下降,传音性耳聋是原因之一。声波可通过气传导和骨传导两条途径传入内耳。正常情况下气传导是声波传导的主要途径,骨传导的效能远低于气传导,因此在引起正常听觉中的作用极小。当鼓膜或中耳病变引起传音性耳聋时,气传导明显受损,而骨传导却不受影响,甚至相对增强。贝多芬用牙咬住一根木棒的一端,把木棒的另一端插入钢琴的共鸣箱内正是利用了骨传导,故本题选B。

30. 该患者因化脓性中耳炎引起左耳鼓膜穿孔,但未累及内耳,故听觉的产生不受影响,但因气传导明显受损,导致听力下降。故本题选A。

31. 耳鸣、眩晕、视物天旋地转、时而呕吐、耳胀闷不舒、不敢翻身、不敢走路是梅尼埃病的典型症状,系由内耳膜迷路积水所致,该患者在发作间期无特殊不适,数周或数月发作一次,均为该病特征性表现。脑供血不足的临床主要表现为精神意识异常、运动神经功能障碍、感觉功能障碍;中耳炎主要表现为传音性耳聋,有耳闷、耳胀、耳痛、鼓膜内陷等表现;高血压可有头晕、头痛、头胀、耳鸣等症,但为经常性存在,与梅尼埃病的眩晕有很大差别。故本题答案是C。

32. 林纳试验均为气传导大于骨传导,说明患者是感音性耳聋,而非传音性耳聋;韦伯试验无偏向表明两耳听力无差异,可见听力减退是双侧性的。从患者的职业且听力检查显示患者丧失高分贝听力,而高分贝音乐可引起基底膜上与听力范围相对应区域的毛细胞纤毛过度偏转而致损伤。故本题答案是C。听神经后受损在本例的可能性很小。

33. 患者10天前有头颅受伤史,此后发现嗅觉明显下降。嗅皮层在高等动物仅存在于边缘叶前底部,包括梨状区皮层的前部和杏仁的一部分。脑出血如果位于边缘叶,则可能引起嗅皮层损伤。故本题答案是B。

【B型题】

34. A 35. B 36. D

【X型题】

37. BD 38. BD 39. ABCD 40. ABCD 41. AB

三、简答题

1. 简述中耳的构成和功能。

答:中耳由鼓膜、听骨链、鼓室和咽鼓管等结构组成。中耳的主要功能是将声波振动能量高效地传给内耳,其中鼓膜和听骨链在声音传递过程中还起增压作用。鼓室内的鼓膜张肌和镫骨肌可对内耳的感音装置起到保护作用。咽鼓管可平衡鼓室内气压与外界大气压,以维持鼓膜的正常位置与功能。

2. 试用行波理论解释内耳对音调的分析原理。

答:当声波经卵圆窗膜传入耳蜗后,内淋巴液的振动引起基底膜的振动。振动从基底膜的底部开始,以行波的方式从蜗底向蜗顶传播。声波频率越高,行波传播越近,最大振幅出现的部位越靠近蜗底;相反,声波频率越低,行波传播越远,最大振幅出现的部位越靠近蜗顶。因此,每一声波频率在基底膜上都有一个特定的行波传播范围和最大振幅区,位于该区的毛细胞受到的刺激最强,与这部分毛细胞相联系的听神经纤维的传入冲动也就最多。这样,来自基底膜不同部位的听神经纤维冲动传到听觉中枢的不同部位,就可产生不同音调的感觉。

3. 耳蜗的生物电现象主要有哪几种?

答:①耳蜗内电位:当耳蜗未受刺激时,以鼓阶外淋巴为参考零电位,可测出蜗管内淋巴的电位为+80mV左右,称为耳蜗内电位或内淋巴电位。该电位与蜗管外侧壁血管纹的活动密切相关。②耳蜗微音器电位:当耳蜗受到声音刺激时,在耳蜗及其附近结构可记录到一种与声波的频率和幅度完全一致的电位变化,称为耳蜗微音器电位,是多个毛细胞在接受声音刺激时所产生的感受器电位的复合表现,具有无真正的阈值、无潜伏期和不应期、不易疲劳、不发生适应现象等特点。

4. 简述前庭器官的适宜刺激和生理功能。

答:内耳的前庭器官由半规管、椭圆囊和球囊组成。半规管壶腹嵴的适宜刺激是正、负角加速度运动,其感受阈为 $1^{\circ}/s^2 \sim 3^{\circ}/s^2$ 。人体三对半规管所在的平面互相垂直,因此可以感受空间任何方向的角加速度运动。椭圆囊和球囊囊斑的适宜刺激是直线加速度运动,其主要功能是感受头在空间的位置变化以及体位调节运动等,维持身体平衡。

四、思考题

答:(1)供应内耳的血液来自内听动脉,内听动脉分成前庭动脉和耳蜗总动脉,共同供给前庭器官和耳蜗的血液。该动脉起于基底动脉的小脑前下动脉。因此左小脑前下动脉梗死引起左侧前庭器官和耳蜗缺血,导致左侧前庭功能障碍伴感音性耳聋。

(2)内耳又称迷路,位于颞骨岩部的骨质内,分为骨迷路和膜迷路。骨迷路为骨性隧道,膜迷路为膜性结构,套在骨迷路内,形状与之相似。骨迷路与膜迷路之间充满外淋巴,膜迷路内充满内淋巴,内、外淋巴互不相通。内耳在功能上可分为耳蜗和前庭器官两部分。耳蜗的功能是将传到耳蜗的机械振动转变为听神经纤维的神经冲动。前庭器官的主要功能是感受机体姿势和运动状态(运动觉)以及头部在空间的位置(位置觉)。

(3)左侧为感音性耳聋,因为耳蜗缺血导致听觉感受器功能障碍。右侧为传音性耳聋,因为鼓膜穿孔导致气传导受损。

(邱阳 王爱梅)

第十章

神经系统的功能

第一节 神经系统功能活动的基本原理

学习目标

1. 掌握 神经元的基本结构和功能;神经纤维的兴奋传导和轴浆运输功能。突触的概念、经典突触的微细结构和传递过程;非定向突触传递的概念和特点;兴奋性和抑制性突触后电位的概念和机制;神经元突触后电位的总和与动作电位的发生部位;神经递质的概念和鉴定;调质的概念;递质共存及其意义;受体相关的药理学概念;受体的上调和下调;乙酰胆碱及胆碱能受体;去甲肾上腺素、肾上腺素及其受体;神经肽的概念;单突触和多突触反射;神经元之间的联系方式;中枢兴奋传播不同于神经纤维兴奋传导的特征;突触后抑制、突触前抑制、突触后易化和突触前易化的经典生理学概念和机制。
2. 熟悉 神经对效应器组织的营养作用及神经营养因子。影响突触传递的因素;突触可塑性的相关概念和机制;氨基酸类递质及其受体。
3. 了解 神经纤维的分类方法和主要类型;神经胶质细胞的特征、类型和主要功能。多巴胺及其受体;5-羟色胺及其受体;组胺及其受体;主要神经肽的种类、受体和主要生理作用;嘌呤类递质及其受体;气体类及其他神经递质及其受体。

知识要点

一、神经元和神经胶质细胞

构成神经系统的细胞主要有神经元和神经胶质细胞两类,后者也简称胶质细胞。神经元是神经系统的基本结构和功能单位。

(一) 神经元

1. 神经元的一般结构和主要功能 神经元具有特征性的树突和轴突。在树突分支上,树突膜突起而形成众多的多形性树突棘,与其他神经元的轴突末梢形成突触。胞体发出轴突的部位膨大并向外突起,称为轴丘。轴突起始的部分一般略为粗大,且无髓鞘包裹,称为始段。轴突末段分成许多分支,完全无髓鞘包裹,称为神经末梢,其最末端常膨大为球状、纽扣状或柄状,称为突触小扣、终扣或突触小结,内有贮存神经递质的突触囊泡高密度聚集。在一个神经元与另一个神经元或效应细胞相接触而形成的突触结构中,轴突末端通常构成突触前部分。神经元的主要功能是接受、

整合、传导和传递信息。

2. 神经纤维及其功能 轴突和感觉神经元的周围突都称为神经纤维,分为有髓神经纤维和无髓神经纤维。神经纤维的主要功能是兴奋传导和物质运输。

(1) 神经纤维传导兴奋的特征:①对完整的神经纤维结构和功能的依赖性,常简称为“完整性”;②互不干扰性,常简称为“绝缘性”;③双向性;④相对不疲劳性。

(2) 影响神经纤维传导速度的因素:不同类型的神经纤维传导兴奋的速度可因直径大小、髓鞘有无以及髓鞘厚度不同而有很大差别,还受温度等因素影响。

(3) 神经纤维一般按 Erlanger-Gasser 和(或)Lloyd-Hunt 法分类。

(4) 神经纤维的轴浆运输功能:轴浆即充盈于轴突中的细胞质,具有运输物质的作用,称为轴浆运输。它可分为自胞体向轴突末端的顺向轴浆运输和自末梢到胞体的逆向轴浆运输(表 10-1)。

表 10-1 轴浆运输的类别、运输速度、运输机制和运送物质

类别	运输速度 *	机制	运送物质
顺向轴浆运输	约 410mm/d	主要由驱动蛋白介导	有膜结构的细胞器,如线粒体、突触囊泡和分泌颗粒等
	(快速轴浆运输)	其次是微管向前延伸	
	1~12mm/d	随微管、微丝等结构不断向前延伸而移动	胞质内可溶性成分
逆向轴浆运输	(慢速轴浆运输)		
	约 205mm/d	由动力蛋白-动力蛋白激活蛋白复合体介导	神经营养因子、狂犬病病毒、破伤风毒素、辣椒过氧化物酶等

* 为猴、猫等动物坐骨神经内的运输速度

3. 神经对效应组织的营养性作用和神经营养因子对神经元的调控作用 神经通过末梢释放神经递质引起所支配的组织迅速执行其主要功能,如肌肉收缩、腺体分泌等,称为神经的功能性作用。此外,神经末梢还释放某些营养因子,调整所支配组织的代谢活动,缓慢但持续地影响其结构和功能状态,这类作用称为神经的营养性作用。神经营养因子的经典含义是指一类由神经所支配的效应组织(如肌肉)和神经胶质细胞(主要是星形胶质细胞)产生,且为神经元生长与存活所必需的蛋白质或多肽分子。神经对效应组织的营养性作用与神经营养因子对神经元的调控作用事实上难以严格区分。

(二) 神经胶质细胞

胶质细胞的结构和功能特征:胶质细胞也有突起,但无树突和轴突之分;细胞之间不形成化学性突触,但普遍存在缝隙连接;它们的膜电位也随细胞外 K⁺ 浓度而改变,但不能产生动作电位。在某些胶质细胞膜上还存在多种神经递质的受体。此外,胶质细胞终身具有分裂增殖的能力。胶质细胞在中枢神经系统主要有星形胶质细胞、少突胶质细胞和小胶质细胞等;在周围神经系统则有施万细胞和卫星细胞等。星形胶质细胞的功能主要有机械支持和营养作用、隔离和屏障作用、迁移引导作用、修复和增生作用、免疫应答作用、细胞外液中 K⁺ 浓度稳定作用以及对某些递质和活性物质的代谢作用。少突胶质细胞和施万细胞可分别在中枢和周围神经系统形成髓鞘。小胶质细胞相当于中枢神经系统中的吞噬细胞。脉络丛上皮细胞和室管膜细胞参与构成血-脑脊液屏障和脑-脑脊液屏障。

二、突触传递

突触是神经元与神经元之间、或神经元与其他类型细胞之间的功能联系部位或装置,可分为

电突触和化学性突触两大类。电突触是以电流为传递媒质的突触,其结构基础是缝隙连接。两个细胞之间以电突触相连接的关系称为电紧张耦联。化学性突触是以神经元所释放的化学物质为信息传递媒质(即神经递质)的突触,是最多见的类型。根据突触前、后两部分之间有无紧密的解剖学关系,可将化学性突触分为定向突触和非定向突触。

(一) 定向突触传递

定向突触末梢释放的递质仅作用于突触后范围极为局限的部分膜结构。神经系统内突触最常发生于突触前轴突末梢与突触后神经元的树突或胞体之间,形成经典的轴突-树突式或轴突-胞体式突触。两个神经元的轴突末梢也可形成轴突-轴突式突触。

经典的突触由突触前膜、突触间隙和突触后膜三部分组成。在电子显微镜下,突触前膜和突触后膜较一般神经元膜稍厚,两者之间是突触间隙。在突触前末梢的轴浆内有密集的线粒体和突触囊泡。在突触前末梢轴浆内紧邻突触前膜的一个特定膜结构区域,突触囊泡特别密集,称为活化区。紧邻突触后膜的膜下胞质区域亦呈较高致密度,称为突触后致密区。突触囊泡内含高浓度神经递质。不同的突触内所含突触囊泡的大小和形态不完全相同,一般分为三种:①小而清亮透明的囊泡,内含乙酰胆碱或氨基酸类递质;②小而具有致密中心的囊泡,内含儿茶酚胺类递质;③大而具有致密中心的囊泡,内含神经肽类递质。

经典突触的传递过程:当突触前神经元的兴奋传到末梢时,突触前膜去极化。当去极化达一定程度时,膜上的电压门控钙通道开放, Ca^{2+} 内流,轴浆内 Ca^{2+} 浓度迅速升高,触发突触囊泡的出胞。递质的释放量与进入轴浆内的 Ca^{2+} 量呈正相关。神经递质以囊泡为单位释放的方式称为量子释放。

神经递质释放经历突触囊泡的动员、摆渡、着位、融合和出胞等步骤。神经递质在突触后膜上引起的电位变化称为突触后电位。

(二) 非定向突触传递

这种突触类型不具有经典突触的结构,其突触前末梢释放的递质可扩散至距离较远和范围较广的突触后成分,所以也称为非突触性化学传递。非定向突触传递的特点:①无特定的突触后成分,因而作用部位较分散。②无固定的突触间隙,因而递质扩散的距离远近不等,时间长短不一。③释放的递质能否产生信息传递的效应,取决于靶细胞上有无相应的受体。

(三) 影响定向突触传递的因素、环节

突触传递要经历递质释放、扩散、突触后受体激活以及递质消除等环节。因此,凡能进入突触前、后神经元或突触间隙影响这些环节的因素,均能影响突触传递(表 10-2)。此外,对于某一个突触来说,其邻近的其他突触所释放的递质也可影响其突触传递。

表 10-2 影响突触传递的因素

影响因素	效应	实例
影响突触前递质释放		
影响 Ca^{2+} 进入突触前末梢		
$[\text{Ca}^{2+}]_i \uparrow (\downarrow)$ 或 $[\text{Mg}^{2+}]_i \downarrow (\uparrow)$	递质释放 $\uparrow (\downarrow)$	内环境理化因素改变
到达突触前末梢动作电位的频率或幅度 $\uparrow (\downarrow)$	递质释放 $\uparrow (\downarrow)$	神经冲动的 $\uparrow (\downarrow)$
突触前膜上的自身受体	反馈调控递质释放	α_2 肾上腺素能受体
有关突触囊泡着位的蛋白被灭活	递质释放 $\downarrow$	某些梭状芽胞杆菌毒素

续表

影响因素	效应	实例
影响已释放递质的消除		
突触前膜对递质的重摄取受抑制	递质持续发挥作用	三环类抗抑郁药
突触前末梢内突触囊泡对递质的重摄取受抑制	递质被耗竭	利血平
递质的酶解代谢受抑制	递质持续发挥作用	新斯的明、有机磷酸酯
影响突触后受体		
受体的上调或下调	传递效应 $\uparrow$ 或 $\downarrow$	长时程增强或压抑
受体被激动或被拮抗	产生或阻断传递效应	毛果芸香碱或阿托品

说明:各列中箭头的对应关系:括号外对括号外、括号内对括号内

(四) 兴奋性和抑制性突触后电位

突触传递在突触后膜引起的去极化突触后电位称为兴奋性突触后电位(EPSP)。根据电位时程的长短还可分为快、慢兴奋性突触后电位两种。快 EPSP 的产生机制是兴奋性递质作用于突触后膜的相应受体,使某些离子通道开放,后膜对 Na^+ 和 K^+ 的通透性增大,但因 Na^+ 内流大于 K^+ 外流,故发生净内向电流,导致后膜出现去极化(表 10-3)。突触传递在突触后膜引起的超极化突触后电位称为抑制性突触后电位(IPSP),也可分快、慢两种。快 IPSP 的产生机制是抑制性中间神经元释放的抑制性递质作用于突触后膜,使后膜上的氯通道开放,引起外向电流,结果使突触后膜发生超极化(表 10-3)。

表 10-3 快突触后电位的类型、实例、递质和产生机制

类型	实例	递质性质	产生机制(主要)
兴奋性突触后电位(EPSP)	肌梭传入对脊髓运动神经元的直接投射	兴奋性递质	后膜对 Na^+ 通透性 $\uparrow$
抑制性突触后电位(IPSP)	肌梭传入通过抑制性中间神经元对脊髓运动神经元的投射	抑制性递质	后膜对 Cl^- 通透性 $\uparrow$

(五) 突触后神经元动作电位的产生

一个突触后神经元一般与多个突触前神经末梢构成突触,既产生 EPSP 也产生 IPSP。突触后神经元胞体电位改变的总趋势取决于同时或几乎同时产生的 EPSP 和 IPSP 的总和。多数神经元(如运动神经元和中间神经元)在作为突触后神经元时,其动作电位首先发生在轴突始段。动作电位一旦爆发,既可沿轴突传向末梢,也可逆向传到胞体。在感觉神经元,动作电位可爆发于其有髓周围突远端的第一个朗飞结处,或无髓周围突远端的未明确部位,然后向胞体方向传导。

(六) 突触的可塑性

突触可塑性是指突触的形态和功能可发生较持久改变的特性。从生理学的角度看,突触可塑性主要是指突触效能的改变。此外,突触可塑性还包括突触形态和数量的变化,并由此使突触后反应的改变呈现持续性。突触的可塑性的类型和主要机制见表 10-4。

表 10-4 主要的突触可塑性形式及其产生机制

形式	接受刺激(突触前)	突触后反应(EPSP)↑或↓的主要产生机制
强直后增强	接受一短串高频刺激	大量 Ca^{2+} 进入突触前末梢→轴浆内 $[\text{Ca}^{2+}]$ ↑→递质释放↑→反应↑
习惯化	反复的平和刺激	突触前末梢钙通道逐渐失活→ Ca^{2+} 内流↓→递质释放↓→反应↓
敏感化	一次或多次伤害性刺激	突触前末梢钙通道开放延时→ Ca^{2+} 内流↑→递质释放↑→反应↑
长时程增强 *	高频(50Hz) 刺激 Schaffer 侧支	突触前释放大量 Glu→突触后膜 NMDA 受体通道开放→ Ca^{2+} 内流↑↑→后膜中 AMPA 受体上调→突触后反应↑→反应↑
长时程压抑 *	低频(1Hz) 刺激 Schaffer 侧支	突触前释放小量 Glu→突触后膜 NMDA 受体通道开放→ Ca^{2+} 内流↑→后膜中 AMPA 受体下调→突触后反应↓→反应↓

* 这里是指海马 Schaffer 侧支长时程增强和长时程压抑;Glu:谷氨酸

三、神经递质和受体

(一) 神经递质

神经递质是指由突触前神经元合成并释放,能特异性地作用于突触后神经元或效应细胞上的受体而产生一定效应的信息传递物质。根据其化学结构,可将其分成若干大类(表 10-5)。

表 10-5 哺乳动物神经递质的分类

分类	主要成员
胆碱类	乙酰胆碱
胺类	去甲肾上腺素、肾上腺素、多巴胺、5-羟色胺、组胺
氨基酸类	谷氨酸、门冬氨酸、 γ -氨基丁酸、甘氨酸
肽类	P 物质和其他速激肽*、阿片肽*、下丘脑调节肽*、血管升压素、缩宫素、脑-肠肽*、钠尿肽*、降钙素基因相关肽、神经肽 Y 等
嘌呤类	腺苷、ATP
气体类	一氧化氮、一氧化碳
脂类	花生四烯酸及其衍生物(前列腺素等)*、神经活性类固醇*

* 为一类物质的总称

对递质信息传递起调节作用的物质称为神经调质。调质所发挥的作用称为调制作用。递质和调质之间有时并无十分明确的界限。在一种突触作为递质的媒质,也可在其他种类的突触作为调质起作用,而且在作用机制上和作为神经递质时并无明显不同。两种或两种以上的递质(包括调质)共存于同一神经元内,这种现象称为递质共存。递质的代谢包括递质的合成、储存、释放、降解、重摄取和再合成等步骤。

(二) 受体的类型和分布

受体是指位于细胞膜上或细胞内能与某些化学物质特异结合并诱发特定生物效应的特殊生物分子。与受体特异结合后能增强受体的生物活性的化学物质,称为受体的激动剂。与受体特异结合后不改变受体的生物活性,反因占据受体而产生对抗激动剂效应的化学物质,则称为受体的拮抗剂或阻断剂。激动剂和拮抗剂二者统称为配体。已知的各种神经递质受体都有若干种类和(或)

亚型。受体既存在于突触后膜,也分布于突触前膜。分布于突触前膜的受体称为突触前受体。某些类型的突触前受体因其配体可由该突触末梢自身释放,也称自身受体。另一些类型的突触前受体因其配体源自其他种类突触末梢,也称异源性受体。介导跨膜信号转导的受体绝大多数为 G 蛋白耦联受体;少部分为离子通道型受体。

(三) 主要神经递质及其受体

1. 乙酰胆碱及其受体 以 ACh 为递质的神经元称为胆碱能神经元,其神经纤维称为胆碱能纤维。能与 ACh 特异性结合的受体称为胆碱能受体。表达胆碱能受体的神经元称为乙酰胆碱敏感神经元。由胆碱能神经元、胆碱能受体以及表达胆碱能受体的神经元或效应细胞一起构成的胆碱能系统。

根据药理学特性,胆碱能受体可分为毒蕈碱受体(M 受体)和烟碱受体(N 受体)两类。M 受体为 G 蛋白耦联受体,分为 5 种($M_1 \sim M_5$)亚型。N 受体是促离子型受体,分为 N_1 和 N_2 两种受体亚型,前者分布于中枢神经系统和自主神经节后神经元,因而又称神经元型烟碱受体;后者位于骨骼肌神经-肌接头处的终板膜上,所以也称肌肉型烟碱受体。M 受体激活时的效应包括心脏活动抑制,内脏平滑肌收缩,消化腺、汗腺分泌增加和骨骼肌血管舒张等。这些作用统称为毒蕈碱样作用,简称 M 样作用,可被 M 受体拮抗剂阿托品阻断。小剂量 ACh 在自主神经节能激活 N_1 受体而兴奋节后神经元,也能在骨骼肌激活 N_2 受体而使其收缩。大剂量 ACh 则可能因 N_1 受体脱敏、神经元过度去极化导致的钠通道失活等原因而产生自主神经节阻滞作用。所有这些作用统称为烟碱样作用,简称 N 样作用,它不能被阿托品阻断,但能被筒箭毒碱阻断。

2. NE 和肾上腺素及其受体 以去甲肾上腺素(NE)为递质的神经元称为 NE 能神经元;以肾上腺素为递质的神经元称为肾上腺素能神经元。以肾上腺素或 NE 为递质的神经纤维均称为肾上腺素能纤维。能与 NE 和肾上腺素结合的受体称为肾上腺素能受体。它们均属 G 蛋白耦联受体,可分为 α 型(简称 α 受体)和 β 型(简称 β 受体)两类以及多种亚型。

胆碱能、NE 能和肾上腺素能受体的类型、信号转导方式及主要作用见表 10-6。

表 10-6 外周胆碱能和肾上腺素能受体及其亚型的分布和拮抗剂

受体及其亚型	以作用方式分类	主要分布器官和组织	拮抗剂
胆碱能受体			
M 受体	G 蛋白耦联受体	心肌、血管平滑肌、支气管平滑肌、胃肠平滑肌和括约肌、膀胱逼尿肌和括约肌、虹膜环行肌、睫状体肌、消化腺、汗腺等	阿托品 *
N 受体	离子通道型受体		筒箭毒碱等 *
N_1 受体		中枢神经系统、交感和副交感神经节	美加明 *, 六烃季铵 *
N_2 受体		骨骼肌神经-肌接头	筒箭毒碱 *, 戈拉碘铵 *, 十烃季铵 *
肾上腺素能受体			
α 受体	G 蛋白耦联受体		酚妥拉明 *
α_1 受体		血管平滑肌、支气管腺体、胃肠括约肌、膀胱括约肌、输尿管平滑肌、子宫平滑肌、汗腺和竖毛肌、虹膜辐射状肌等	哌唑嗪
α_2 受体		消化腺、小肠平滑肌等	育亨宾

续表

受体及其亚型	以作用方式分类	主要分布器官和组织	拮抗剂
β 受体	G 蛋白耦联受体		普萘洛尔*
β_1 受体		心肌、肾球旁细胞等	阿替洛尔、美托洛尔
β_2 受体		血管平滑肌、支气管平滑肌、睫状体肌、 小肠平滑肌、胆囊和胆道、膀胱逼尿肌、 子宫平滑肌、某些细胞(糖酵解)	丁氧胺
β_3 受体		脂肪组织	SR-59230A

* 为受体的非特异性拮抗剂;目前尚无非常特异的 N_1 和 N_2 受体拮抗剂,表中对其归类是相对的

四、反射活动的基本规律

(一) 反射的定义和分类

Pavlov 将人和高等动物的反射分为非条件反射和条件反射两类。两类反射的比较见表 10-7。

表 10-7 非条件反射和条件反射的比较

	非条件反射	条件反射
神经活动级别	初级	高级
形成	先天遗传	后天习得
反射形式	较固定	多样而易变
数量	有限	无限(可建可退)
适应性	比较有限	高度完善
预见性	无	有
完成反射所需的神经结构	大脑皮层以下中枢	大脑皮层

(二) 反射的中枢整合

反射的基本过程是刺激信息经反射弧各个环节序贯传递的过程。传入神经元和传出神经元之间,在中枢只经过一次突触传递的反射,称为单突触反射。腱反射是体内唯一仅通过单突触反射即可完成的反射。在中枢经过多次突触传递的反射,称为多突触反射。人和高等动物体内的大部分反射都属于多突触反射。

(三) 中枢神经元之间的联系方式

神经元之间的联系方式多种多样,归纳起来主要有以下几种(表 10-8)。

表 10-8 中枢神经元的联系方式

联系方式	神经元之间联系的特点	意义
单线式联系	突触前与突触后神经元之比为 1:1	见于视网膜视锥系统,分辨能力高
辐散式联系	突触前与突触后神经元之比为 1:n(n>1)	传入通路中多见,在空间上扩大作用范围
聚合式联系	突触前与突触后神经元之比为 n:1(n>1)	传出通路中多见,有利于信息整合
链锁式联系	辐散式和聚合式联系同时存在,不构成环路	在空间上扩大作用范围
环式联系	辐散式和聚合式联系同时存在,构成环路	可使活动及时终止(负反馈),或使兴奋增强(正反馈)和延续(产生后发放)

(四) 中枢兴奋传播的特征

在多突触反射中,兴奋在反射中枢的传播需经多次突触接替,且许多突触为化学性突触,故中枢兴奋传播的特征亦即突触兴奋传播或传递的特征。由于突触传递明显不同于冲动在神经纤维上的传导,故兴奋在中枢的传播表现为以下几个方面的特征(表 10-9)。

表 10-9 神经纤维上的兴奋传导和中枢兴奋传播(化学性突触传递)的特征比较

	神经纤维上的兴奋传导	中枢兴奋传播
传播机制	局部电流	局部电流 - 化学传递 - 局部电流
传播方向	双向	单向
时间延搁	无	有
电位变化	全或无	总和,兴奋节律的改变
后发放与反馈	无	有(见于环式联系通路中)
完整性	要求	要求
疲劳	相对不易发生	易发生
环境因素影响	神经纤维间相互“绝缘”	易受影响

(五) 中枢抑制和中枢易化

- 1. 突触后抑制 突触后抑制是指由中枢内抑制性中间神经元释放抑制性递质,通过产生 IPSP 对突触后神经元产生的抑制效应,有传入侧支性抑制和回返性抑制两种形式。
- 2. 突触前抑制、突触前易化和突触后易化 如果一个神经元的轴突末梢与第二个兴奋性神经元的轴突末梢形成轴突 - 轴突式突触,前者兴奋时释放的递质就可影响后者兴奋时在其突触后的第三个神经元的胞体产生的兴奋性突触后电位。相对于第二个神经元单独兴奋时对第三个神经元兴奋性的影响,第一个神经元对第三个神经元兴奋性的影响既是间接的,也是相对的。在以上突触联系模式中,若第一个神经元兴奋时释放的递质相对地降低了第二个神经元兴奋时在第三个神经元的胞体产生的兴奋性突触后电位,就称为突触前抑制。反之,若第一个神经元兴奋时释放的递质相对地增加了第二个神经元兴奋时在第三个神经元的胞体产生的兴奋性突触后电位,就称为突触前易化。突触后易化即 EPSP 的总和。

复习思考题

一、名词解释

- 1. nerve pulse
- 2. axoplasmic transport
- 3. functional action of the nerve
- 4. trophic action of the nerve
- 5. excitatory postsynaptic potential (EPSP)
- 6. inhibitory postsynaptic potential (IPSP)
- 7. synaptic plasticity
- 8. neurotransmitter
- 9. neurotransmitter co-existence

10. postsynaptic inhibition

11. presynaptic inhibition

二、选择题

【A₁型题】

- 在中枢神经系统,神经元的动作电位一般首先发生在
 - 轴突
 - 树突
 - 轴突始段
 - 轴丘
 - 胞体
- 周围感觉神经元的假单极神经元,其动作电位一般首先发生在
 - 周围突距离远端末梢最近的第一个郎飞结
 - 周围突距离胞体最近的第一个郎飞结
 - 中枢突末梢
 - 胞体
 - 树突
- 下列关于神经纤维兴奋传导特征的描述,正确的是
 - 只能从轴突至末梢单向传导
 - 神经干中各纤维的动作电位传导互不干扰
 - 只要结构完整就能正常传导兴奋
 - 不受内环境因素变化的影响
 - 连续刺激时,传导能力很快下降
- 支配梭内肌的传出神经纤维属于
 - A α 类纤维
 - A β 类纤维
 - A γ 类纤维
 - B类纤维
 - C类纤维
- 脊髓灰质炎患者发生肢体肌肉萎缩的主要原因是
 - 病毒对患肢肌肉的直接侵害
 - 患肢肌肉血液供应减少
 - 患肢长期失用
 - 脊髓失去高位中枢的控制
 - 骨骼肌失去神经的营养性作用
- 下列关于神经胶质细胞的描述,最准确的是
 - 既有树突又有轴突
 - 细胞之间能形成化学性突触
 - 终生具有分裂增殖的能力
 - 随细胞外 Na⁺ 浓度改变而改变的膜电位
 - 有产生动作电位的能力
- 脑损伤在变性的碎片被清除后留下的缺损主要依靠下列哪种细胞增生充填修复
 - 神经细胞
 - 星形胶质细胞
 - 室管膜细胞
 - 少突胶质细胞
 - 小胶质细胞
- 当神经胶质细胞受损而过度增生时,可因下列哪项功能减弱而形成局部癫痫病灶
 - 营养性作用
 - 绝缘作用
 - 屏障作用
 - 泵 K⁺ 能力
 - 支持作用
- 动作电位传导到突触末梢时,以下哪一项是触发神经递质释放的关键变化
 - Na⁺ 内流
 - Ca²⁺ 内流
 - K⁺ 外流
 - Cl⁻ 外流
 - Ca²⁺ 外流
- 对动作电位在突触末梢所触发的神经递质释放来说,可直接使释放量减少的变化是

- A. Na^+ 内流增加, 动作电位时程延长
 B. Ca^{2+} 内流减少
 C. K^+ 外流减慢
 D. Ca^{2+} 通道通透性增加
 E. Cl^- 内流增加
11. 最可能产生后放电现象的神经联系方式是
 A. 单线式联系
 B. 辐散式联系
 C. 聚合式联系
 D. 环式联系
 E. 链锁式联系
12. 兴奋在中枢传播过程中具有一些不同于神经纤维兴奋传导的特征, 以下哪一项不符合这些特征
 A. 单向传播
 B. 不易产生疲劳
 C. 中枢延搁
 D. 总和现象
 E. 可有兴奋节律的改变
13. 在突触前抑制中, GABA 作用于轴突末梢上的 GABA_A 受体时, 末梢膜发生去极化而非超极化。在这类突触末梢, 以下哪种关于其去极化的解释最合理
 A. 其理论上的 Cl^- 平衡电位 (E_{Cl}) 小于细胞实际静息膜电位 (E_m) (指其绝对值)
 B. 其理论上的 Cl^- 平衡电位 (E_{Cl}) 大于细胞实际静息膜电位 (E_m) (指其绝对值)
 C. GABA_A 受体通道开放使突触末梢 Cl^- 内流
 D. 胞浆 Cl^- 浓度相对较低
 E. GABA_A 受体通道开放引起突触末梢产生外向电流
14. 以下哪种神经递质受体属于促代谢型受体
 A. GABA_A 受体
 B. GABA_B 受体
 C. GABA_C 受体
 D. 甘氨酸受体
 E. 5-HT₃ 受体
15. 以下哪一项与 NMDA 受体通道的特点不符
 A. 对谷氨酸的反应较慢, 其通道的电导却相对较高
 B. 需要甘氨酸作为共激动剂
 C. 在静息电位水平时通道被 Mg^{2+} 阻塞
 D. 在其所表达的未成熟的突触, 可对谷氨酸释放无反应
 E. 只对 Na^+ 通透
16. 以下哪种机制可用以最准确地解释突触可塑性中的敏感化
 A. 突触后抑制
 B. 突触前抑制
 C. 突触后易化
 D. 突触前易化
 E. 突触后加强
17. 以下哪一项对于长时程增强的描述最准确
 A. 指突触后神经元的反应性增强, 对相同数量的神经递质产生更大的动作电位
 B. 指突触前神经元反应性增强, 对相同强度的刺激释放更多神经递质
 C. 主要由于突触前末梢 Ca^{2+} 内流短时增加引起
 D. 诱导过程中必须有磷酸酶激活使 AMPA 受体脱磷酸
 E. 较低频率的刺激更容易诱导成功
18. 脊髓内以下哪种神经元联系方式受到阻断可用以解释破伤风患者骨骼肌痉挛症状的发生
 A. 交互抑制
 B. 传入侧支抑制
 C. GABA_A 受体介导的突触后抑制
 D. 突触前抑制
 E. 回返抑制
19. 在先天愚型 (唐氏综合征) 儿童脑内, 以下哪种结构数量减少、形状细长被认为与智力发育

异常有关

- A. 树突分支 B. 树突棘 C. 轴突侧支
D. 轴突末端分支 E. 突触小结
20. 以下哪项可解释神经干中许多纤维同时传导兴奋时互不干扰
- A. 髓鞘的绝缘作用 B. 细胞膜高阻抗
C. 细胞外液的短路作用 D. 跨膜电流很小
E. 不同神经纤维粗细不等
21. 以下哪项关于神经纤维轴浆运输的描述是错误的
- A. 平时不断进行 B. 有顺向和逆向运输
C. 有快速和慢速运输 D. 依赖 Na^+ 的跨膜浓度梯度提供能量
E. 为神经元活动和存活所必需
22. 在中枢神经系统内形成髓鞘的神经胶质细胞是
- A. 星形胶质细胞 B. 卫星细胞 C. 小胶质细胞
D. 少突胶质细胞 E. 施万细胞
23. 在 Ca^{2+} 触发的递质释放过程中, 以下哪个步骤直接引起突触囊泡动员
- A. Ca^{2+} -CaM 复合物的形成 B. CaM 依赖的蛋白激酶 II 的激活
C. 突触蛋白的磷酸化 D. v-SNARE 与 t-SNARE 的结合
E. 突触结合蛋白的变构
24. 突触结合蛋白(synaptotagmin)在轴浆内高 Ca^{2+} 条件下的变构, 其主要作用是
- A. 解除突触囊泡的锚定 B. 帮助突触囊泡向活化区移动
C. 促进 v- 与 t-SNARE 结合 D. 消除对融合的钳制作用
E. 开大融合孔以利出胞
25. 产生快速兴奋性突触后电位(快 EPSP)的主要机制是
- A. 突触前末梢递质释放增多 B. 突触后神经元反应性升高
C. 突触后膜 K^+ 外流减少 D. 突触后膜 Na^+ 内流增加
E. 突触后膜 K^+ 外流增加
26. 产生快速抑制性突触后电位(快 IPSP)的主要机制是
- A. 突触前末梢兴奋性递质释放减少 B. 突触后膜 Ca^{2+} 内流减少
C. 突触后膜 Na^+ 内流减少 D. 突触后膜 Cl^- 外流增加
E. 突触后膜 Cl^- 内流增加
27. 突触后神经元兴奋时, 动作电位一般首先在轴突始段爆发, 主要原因是
- A. EPSP 传导至此处时因总和而幅度最大 B. 电压门控钠通道高密度表达在始段
C. 此处的细胞膜静息电位最低 D. 此处缺乏钾通道
E. 此处无髓鞘包裹
28. 下列关于突触可塑性的描述, 错误的是
- A. 包括突触功能与形态改变 B. 突触前或突触后均可参与发生
C. 普遍存在于中枢神经系统 D. 突触传递效率改变较持久
E. 是神经系统成熟前的特征性表现
29. 海马 Schaffer 侧支产生长时程增强的主要机制
- A. 突触前末梢 Ca^{2+} 进入持续增多 B. 突触前膜 I_h 阳离子通道持续激活

- C. 突触后膜 NMDA 受体数量增加 D. 突触后膜 AMPA 受体上调
E. 突触后神经元蛋白磷酸酶活性增加
30. 以下哪项对神经递质描述是正确的
A. 凡能与受体结合的各种物质均可作为神经递质
B. 只对突触传递效率起调节作用
C. 一个神经元只释放一种递质
D. 一种递质只作用于一种受体
E. 与受体结合生效后很快被消除
31. 下列哪种受体属于 G 蛋白耦联受体
A. 毒蕈碱受体 B. 烟碱受体 C. 甘氨酸受体
D. NMDA 受体 E. GABA_A 受体
32. 以下哪个部位是去甲肾上腺素能神经元胞体主要集中的部位
A. 纹状体 B. 蓝斑 C. 中缝核
D. 脊髓前角 E. 黑质
33. 以下受体类型中,通过激活 PLC-IP₃-DG 通路产生生物效应是
A. α_1 受体 B. α_2 受体 C. β_1 受体
D. β_2 受体 E. β_3 受体
34. β_3 受体被激活后的主要生理效应是
A. 睫状体肌舒张 B. 心肌收缩力增强
C. 肾球旁细胞分泌肾素 D. 肝糖原分解
E. 脂肪分解
35. 在反射活动中,刺激停止后,传出神经纤维仍能发放动作电位。生理学用以下哪个概念描述这种现象
A. 后发放 B. 突触后易化 C. 中枢延搁
D. 空间总和 E. 时间总和
36. 反射活动后发放的结构基础是
A. 单线式联系 B. 聚合式联系 C. 辐散式联系
D. 链锁式联系 E. 环式联系

【A₂ 型题】

37. 一菜农在某夏日给蔬菜喷洒农药后因胸闷、流涎、恶心并伴间歇腹痛、出冷汗、视力模糊等不适症状自行到乡卫生院就诊。医生体检发现患者意识清楚但略兴奋、瞳孔缩小,不时有面部和四肢抽搐。体温 37.0℃; 血压 90/52mmHg; 呼吸 27 次/分; 脉搏 51 次/分。接诊医生遂依次给予了如下处置。你认为其中哪一项不妥

- A. 肌内注射硫酸阿托品 0.5mg B. 嘱其立即到卫生间淋浴并多施肥皂
C. 用新斯的明滴眼液给其滴眼 D. 嘱其在留观室休息并给予吸氧
E. 嘱其适量饮水

38. 在上题中的患者,如果患者症状短时未缓解或出现反复,用以下哪组药物进一步处理最合理

- A. 毛果芸香碱 B. 胆碱酯酶复活剂
C. 酚妥拉明和倍他洛克 D. 喷他佐辛和甲氧氯普胺

E. 奥美拉唑和硫糖铝

39. 患者女性, 36岁, 因宫外孕急性大出血入院。医院在脊髓硬膜外麻醉下为其成功施行了患侧输卵管切除手术。术中(持续约1.5小时)发现腹腔积血约1200ml; 输液600ml; 经尿道插管收集尿液共35ml。术后即时测得体温37.5℃; 血压100/70mmHg; 呼吸30次/分, 较浅; 脉搏130次/分。面色苍白, 口唇轻微发绀。医生决定继续为其静脉输注人工代血浆, 并拟在输注的液体中加入改善微循环的药物, 你以为加以下哪种药最为合理

A. 肾上腺素

B. 去甲肾上腺素

C. 肾上腺素能 β_2 受体阻断剂

D. 肾上腺素能 α_2 受体阻断剂

E. 肾上腺素能 α_1 受体阻断剂

*40. 患者, 男性, 41岁。主诉发热1周, 四肢进行性麻木无力4天。体检神志清楚。双侧额纹消失, 双眼闭合不全, 双侧露齿、鼓腮不能, 其余脑神经检查(-)。抬头、转颈肌力尚可。双上肢近端肌力V级、远端肌力III-IV级, 双下肢近端肌力IV+级, 远端肌力III级, 四肢腱反射(-), 四肢肌张力偏低, 双侧 Hoffmann 征(-), 掌颏反射(-), 双侧 Babinski 征(-), 双侧 Chaddock 征(-)。双侧面部针刺觉对称, 双腕上5cm感觉减退, 双膝关节以下10cm针刺觉减退。颈软, 脑膜刺激征(-)。脑脊液: 压力正常, 有蛋白-细胞分离现象。肌电图(EMG)运动神经传导测定提示上下肢多发性周围神经损害之电生理表现: 感觉和运动纤维均受累, 首先考虑运动纤维脱髓鞘损害, 合并上肢感觉神经轴索损害或其感觉神经元损害。临床诊断为吉兰-巴雷综合征(Guillain-Barré syndrome, GBS)。该患者肢体运动和感觉功能障碍的主要原因是以下哪项

A. 脊髓前角神经元受损

B. 脊髓后角神经元受损

C. 脊髓侧角神经元受损

D. 中枢神经元受损

E. 神经纤维节段性脱髓鞘

*41. 30名大学生在夏令营野餐后3小时许, 因集体出现轻重不等的乏力、呼吸和吞咽困难、视觉模糊等症状就医。所有患者就医时神志清醒, 无发热, 但部分患者口齿不清。野餐食物均为自带即食食物, 未经烧烤, 有蟹酱、肉、果酱以及面包、蛋糕、瓶装和易拉罐饮料等。经微生物学相关检查诊断为肉毒梭菌中毒。根据生理学知识, 患者肌肉乏力的发生机制是

A. 乙酰胆碱合成障碍

B. 乙酰胆碱重摄取障碍

C. 乙酰胆碱灭活障碍

D. 乙酰胆碱受体被阻断

E. 乙酰胆碱囊泡释放障碍

*42. 在上一题所提的患者, 肉毒梭菌毒素如何影响神经-肌肉接头的囊泡释放

A. 阻滞末梢处钙通道

B. 阻碍突触蛋白磷酸化

C. 灭活与囊泡着位有关的蛋白

D. 抑制重摄取而耗竭递质

E. 阻断后膜受体或通道

*43. 患者女性, 60岁。主诉言语含糊、双上肢乏力7个月, 双下肢乏力5个月, 胸闷心悸3天。症状晨轻暮重。体格检查: 神清, 脑神经检查(-)。抬头、转颈肌力可, 双上肢近端肌力IV级, 远端肌力V-级, 双下肢近端肌力IV级, 远端肌力V-级, 四肢肌张力正常, 腱反射(++)。双侧掌颏反射阴性, 双侧病理征(-)。双侧肢体针刺觉、音叉振动觉正常。双侧肢指鼻试验可, 闭目难立征(-), 步态正常, 直线行走完成差。胸部CT检查未见异常。该患者以下哪项诊断可能性最大

A. 重症肌无力

B. 肌营养不良

C. 肌萎缩性侧索硬化症

D. 帕金森病

E. 多发性硬化

*44. 患者女性,30岁。诉反复出现指端苍白、发绀,有向整个手指甚至手掌发展趋势,伴有局部冷、麻和针刺样疼痛感。一般数分钟后患处皮肤先转为潮红,然后恢复正常。寒冷季节发病次数增多。诊断为雷诺病(末梢血管痉挛),可用下列哪种药物治疗

- A. 阿托品 B. 戈拉碘铵 C. 哌唑嗪
D. 育亨宾 E. 普萘洛尔

【B型题】

(45-48题共用备选答案)

- A. 肾上腺素 B. 乙酰胆碱 C. 去甲肾上腺素
D. 多巴胺 E. 5-羟色胺

45. 支配肾上腺的交感神经释放的递质是哪一种

46. 支配小汗腺的交感神经节后纤维末梢释放的递质是哪一种

47. 交感舒血管纤维末梢释放的递质是哪一种

48. 交感缩血管纤维末梢释放的递质是哪一种

(49-52题共用备选答案)

- A. 下丘脑结节乳头体核 B. 迷走神经运动核 C. 脑桥蓝斑核
D. 延髓中缝核 E. 中脑黑质

49. 哪个核团主要含组胺能神经元

50. 哪个核团主要含胆碱能神经元

51. 哪个核团主要含5-羟色胺神经元

52. 哪个核团主要含去甲肾上腺素能神经元

【X型题】

53. 属于神经纤维功能的是

- A. 接受信息 B. 整合信息
C. 传导兴奋 D. 轴浆运输

54. 以下各项关于神经胶质细胞生理作用的描述,哪些是正确的

- A. 清除受损的神经组织碎片 B. 稳定细胞外的 K^+ 浓度
C. 摄取和分泌多种生物活性物质 D. 传导动作电位

55. 能阻碍突触前末梢释放递质的因素有

- A. $[Ca^{2+}]_i$ 增加 B. 肉毒梭菌毒素
C. 破伤风毒素 D. 筒箭毒碱

56. 单根神经纤维一次兴奋时,影响其突触末梢递质释放量的主要因素是

- A. 锋电位的幅度 B. 动作电位的传导速度
C. 囊泡的递质含量 D. 进入突触前膜的 Ca^{2+} 量

57. 下列关于突触传递特征的叙述,哪些是正确的

- A. 传递兴奋需要的时间与神经冲动传导接近
B. 一般从突触前末梢传向突触后神经元
C. 极易受内环境变化的影响
D. 传入神经与传出神经的冲动频率一致

58. 下列哪些类型的抑制必须有抑制性中间神经元参与

- A. 侧支性抑制 B. 回返性抑制

- C. 突触前抑制 D. 突触后抑制
59. 与经典的突触传递相比,以下哪些是非定向突触传递的特点
- A. 存在特化的突触前膜和突触后膜 B. 递质扩散距离较远,且远近不等
- C. 传递所需时间较长,且长短不一 D. 效应细胞有无相应受体决定有无效应
60. 经突触传递后,突触后神经元上首先爆发动作电位的部位包括以下哪些
- A. 运动神经元的轴突始段 B. 中间神经元的轴突始段
- C. 初级传入纤维的游离末梢 D. 感觉神经元的第一郎飞结
61. 下列神经纤维中哪些属于胆碱能纤维
- A. 骨骼肌运动神经纤维 B. 支配内脏的多数副交感节后纤维
- C. 交感神经骨骼肌舒血管纤维 D. 多数小汗腺神经纤维
62. 以下哪些表现可在胆碱能 N 受体被非选择性阻断时出现
- A. 骨骼肌松弛 B. 血压降低
- C. 消化腺分泌抑制 D. 肠蠕动减少
63. 以下哪些变化可在 α_1 肾上腺素受体被阻断后出现
- A. 心率减慢 B. 血压降低
- C. 血糖降低 D. 瞳孔缩小
64. β_1 肾上腺素受体被阻断时,可出现以下哪些变化
- A. 血压降低 B. 气道阻力增加
- C. 血糖降低 D. 胃肠平滑肌收缩
65. 以下神经元联系方式中可在空间上扩大作用范围是
- A. 辐散式联系 B. 聚合式联系
- C. 链锁式联系 D. 环式联系
66. 在突触前抑制中,引起末梢递质释放减少的原因包括
- A. 末梢膜 GABA_A 受体激活,引起 Cl^- 外流
- B. 末梢膜 GABA_B 受体激活,引起 K^+ 外流
- C. 其他递质通过 G 蛋白抑制钙通道
- D. 其他递质通过 G 蛋白激活钾通道

三、简答题

1. 试述神经对效应组织的作用和神经纤维的主要功能活动。
2. 试比较各类突触传递的结构和功能特征。
3. 简述经典突触的传递过程及其影响因素。
4. 试比较神经纤维传导兴奋和中枢突触兴奋传递的特征。
5. 简述中枢抑制和中枢易化的主要类型和产生机制。
6. 试比较条件反射和非条件反射的异同。
7. 简述突触可塑性的主要形式及其产生机制。

四、思考题

1. 如何证实轴浆运输的存在? 其生理意义是什么?
2. 乙酰胆碱的毒蕈碱样作用和烟碱样作用是如何定义的? 仅从外周器官的反应能否严格区分这两种作用?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 神经冲动:是指在神经纤维上传导着的兴奋或动作电位,简称冲动。
2. 轴浆运输:是指神经轴突内的胞浆沿从胞体到末梢方向(顺向)或沿从末梢到胞体方向(逆向)流动的现象。它具有运输物质的作用,故称轴浆运输,对维持神经元的解剖和功能的完整性具有重要意义。
3. 神经的功能性作用:是指神经通过其末梢释放递质,能引起所支配的组织迅速发生功能变化的作用,如肌肉收缩、腺体分泌等。
4. 神经的营养性作用:是指神经通过其末梢释放某些营养因子,调整所支配组织的内在代谢活动,缓慢但持续地影响其结构和功能状态的作用。
5. 兴奋性突触后电位:是指突触后膜在某种神经递质作用下产生的局部去极化电位变化。其发生机制是兴奋性递质作用于突触后膜的相应受体,使某些离子通道开放,后膜对 Na^+ 和 K^+ 的通透性增大,且 Na^+ 内流大于 K^+ 外流,故发生净内向电流,导致后膜出现局部去极化。
6. 抑制性突触后电位:是指突触后膜在某种神经递质作用下产生的局部超极化电位变化。其发生机制主要是抑制性中间神经元释放的抑制性递质作用于突触后膜,使后膜上的氯通道开放,引起外向电流,结果使突触后膜发生超极化。
7. 突触可塑性:是指突触的形态和功能可发生较持久改变的特性或现象,主要表现为突触传递效能的改变,常以突触后反应(突触后电位幅度)的大小表示。
8. 神经递质:是指由突触前神经元合成并在末梢处释放,能特异性地作用于突触后神经元或效应器细胞上的受体,并使突触后神经元或效应器细胞产生一定效应的信息传递物质。
9. 递质共存:是指两种或两种以上的递质(包括调质)共存于同一神经元内,其意义在于协调某些生理功能活动。
10. 突触后抑制:是指由抑制性中间神经元释放抑制性递质,使突触后神经元产生 IPSP 而产生的抑制。
11. 突触前抑制:是指如果一个神经元的轴突末梢与第二个兴奋性神经元的轴突末梢形成轴突-轴突型突触,前者兴奋时释放的递质就可影响后者兴奋时在其突触后的第三个神经元的胞体产生的兴奋性突触后电位。如果第一个神经元预先兴奋降低了第二个兴奋性神经元兴奋时释放的兴奋性递质量,就称为突触前抑制(反之则称突触前易化)。

二、选择题

【 A_1 型题】

- | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. C | 2. A | 3. B | 4. C | 5. E | 6. C | 7. B | 8. D | 9. B | 10. B |
| 11. D | 12. B | 13. A | 14. B | 15. E | 16. D | 17. B | 18. E | 19. B | 20. C |
| 21. D | 22. D | 23. C | 24. D | 25. D | 26. E | 27. B | 28. E | 29. D | 30. E |
| 31. A | 32. B | 33. A | 34. E | 35. A | 36. E | | | | |

【 A_2 型题】

- | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 37. C | 38. B | 39. E | 40. E | 41. E | 42. C | 43. A | 44. C |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

难题解析:

40. 吉兰-巴雷综合征(Guillain-Barré syndrome, GBS)是常见的周围神经的脱髓鞘疾病,又称

急性特发性多神经炎或对称性多神经根炎,临床表现为进行性上升性对称性麻痹、四肢软瘫,以及不同程度的感觉障碍。患者呈急性或亚急性临床过程,多数可完全恢复,少数严重者可引起致死性呼吸麻痹和双侧面瘫。患者脑脊液检查出现有典型的蛋白细胞分离现象,即蛋白质增加而细胞数正常。多数患者发病前有诸如巨细胞病毒、EB 病毒或支原体感染。本病发病机制尚不清楚,可能与免疫反应引起的髓鞘炎症有关,病变累及运动和感觉神经根、后根神经节及周围神经干,以近端,尤其是神经根和神经丛改变明显,也可累及脑神经。病理检查可发现神经节和神经内膜水肿及炎细胞浸润,以淋巴细胞,巨噬细胞为主;髓鞘节段性脱落、崩解,被巨噬细胞吞噬;严重者轴索可发生肿胀和断裂,相关肌群发生去神经性萎缩。在反复发作的病例,阶段性脱髓鞘和受累神经纤维的修复过程反复进行,病变处神经髓鞘细胞突起与胶原纤维作同心圆状层层包绕,成为洋葱球形状。

在本病例中,患者有发热症状,提示有感染史;临床表现为进行性、对称性麻痹以及不同程度的感觉障碍,但无明显上运动神经元损伤表现,初步提示有周围神经损害;脑脊液检查中典型的蛋白细胞分离现象,以及肌电图运动神经传导测定提示上下肢多发性周围神经损害之电生理表现,且感觉和运动纤维均受累,吉兰-巴雷综合征的诊断即可初步得出。

41. 肉毒梭菌中毒多见于食用污染的肉类和海鲜,尤其罐头制品后。本食品中毒案例中野餐罐头食品可能过期或污染,加之未经加温处理,肉毒杆菌毒素含量可能较高,中毒症状亦符合肉毒梭菌中毒表现。肉毒梭菌毒素可阻滞骨骼肌神经-肌接头处乙酰胆碱的释放,产生柔软性麻痹症状。肉毒梭菌毒素阻滞突触传递的作用环节是灭活与囊泡着位有关的蛋白。故本题答案是 E。

42. 同上题。

43. 重症肌无力症(Myasthenia Gravis, MG),又名重症肌无力,是一种因先天性或自身免疫性原因导致神经-肌肉接头处乙酰胆碱受体数量或功能异常,运动神经信号传递功能发生障碍的疾病。主要表现为不同程度的肌肉无力,最常见受影响的肌肉包括眼皮、脸部及吞咽的肌肉,出现眼睑下垂、复视、说话困难、走路困难、肌肉颤动、软弱无力及容易疲劳等症状,晨轻暮重。

在本病例中,患者出现进行性肌无力症状,且晨轻暮重,符合重症肌无力症状的周期性特征;患者无明显上、下运动神经损害表现,提示病变不在神经系统,故答案是 A。

本病的确诊有赖进一步电生理检查。重复神经电刺激是用超强电信号重复刺激神经干并在相应肌肉记录复合肌肉动作电位的检查方法,是检测神经肌肉接头功能的重要手段。高频重复电刺激后复合肌肉动作电位幅度的衰减是神经肌肉接头功能障碍的重要指标。

44. 患者性别、年龄、症状符合雷诺病诊断。雷诺病多发于女性,表现为末梢血管痉挛,故应给予血管舒张药物——主要是 α_1 受体拮抗剂治疗,故本题答案是 C。阿托品和戈拉碘铵分别为胆碱能 M 和 N 受体拮抗剂,育亨宾和普萘洛尔分别是肾上腺素能 α_2 和 β 受体拮抗剂。

【B 型题】

45. B 46. B 47. B 48. C 49. A 50. B 51. D 52. C

【X 型题】

53. BCD 54. ABC 55. BC 56. ACD 57. BC 58. ABD 59. BCD
60. ABD 61. ABCD 62. ABCD 63. BD 64. ABCD 65. AC 66. ABCD

三、简答题

1. 试述神经对效应组织的作用和神经纤维的主要功能活动。

答:神经对效应组织有两方面的作用:一是功能性作用,如引起肌肉收缩、腺体分泌等;二是营养性作用,是指神经通过末梢释放某些营养性因子,持续调整所支配组织的内在代谢活动、结构以

及功能状态。

神经纤维的主要功能是传导兴奋和轴浆运输。兴奋传导是指动作电位的传导。轴浆运输是指借助于轴突内轴浆流动而进行的物质运输,有顺向和逆向轴浆运输之分。

2. 试比较各类突触传递的结构和功能特征。

答:突触传递可分为电突触传递和化学性突触传递两类。电突触传递的结构基础是缝隙连接,一般具有双向性、低电阻性和快速性的功能特点,主要分布在同类神经元群之间,对它们活动的同步化具有重要作用。化学性突触传递又分为定向和非定向突触传递两类。定向突触具有特化的突触前膜、突触后膜和突触间隙结构。定向突触传递的特点是突触前膜释放的递质仅在狭小的突触间隙内扩散,定向作用于突触后膜中的受体。非定向突触无上述特化结构,其突触前末梢分出许多存在曲张体的分支,穿行于突触后细胞间。非定向突触传递的递质从曲张体释出,通过远近不等的距离到达突触后效应细胞,但能否产生效应决定于突触后成分上是否有相应受体。

3. 简述经典突触的传递过程及其影响因素。

答:当突触前神经元的兴奋传到末梢时,突触前膜去极化。当去极化达一定程度时,膜上的电压门控钙通道开放, Ca^{2+} 内流,轴浆内 Ca^{2+} 浓度迅速升高,触发突触囊泡的出胞。递质的释放量与进入轴浆内的 Ca^{2+} 量呈正相关。影响因素见知识要点部分表 10-2。

4. 试比较神经纤维传导兴奋和中枢突触兴奋传递的特征。

答:见知识要点部分表 10-9。

5. 简述中枢抑制和中枢易化的主要类型和产生机制。

答:见知识要点。

6. 试比较条件反射和非条件反射的异同。

答:见知识要点部分 10-7。

7. 简述突触可塑性的主要形式及其产生机制。

答:见知识要点部分 10-4。

四、思考题

1. 答:神经轴突内的胞浆从胞体到末梢(顺向)或从末梢到胞体(逆向)流动的现象称为轴浆运输。证实其存在的依据有:①递质主要在末梢储存和分泌,但递质合成酶系大都在胞体内,因此,必然存在递质从胞体到末梢的运输过程。②以同位素标记的氨基酸注入蛛网膜下腔,可观察到注射物首先被神经元摄取而出现在胞体中,然后依次出现在轴突的近端和远端轴浆内。③结扎神经纤维,可发现轴突的近胞体端和远胞体端均有物质堆积,而且近端的堆积大于远端。说明轴突内轴浆流动是双向的,以顺向流动为主。④用显微镜观察组织培养或在体的神经纤维,也见到确有颗粒在轴浆内双向流动。⑤应用辣根过氧化物酶方法可研究神经纤维的发源部位,因为它能被轴突末梢摄取,并经逆向轴浆流动转运到神经元胞体。

生理意义:①顺向运输细胞器,如线粒体、递质囊泡、分泌颗粒、微管微丝,以及其他轴浆可溶性成分等;②逆向运输神经生长因子、某些病毒(如狂犬病病毒)和毒素(如破伤风毒素)等;③维持轴突解剖和功能的完整性,若切断轴突,不仅远侧部分的轴突将发生变性,而且近侧部分的轴突,甚至胞体也将发生变性。

2. 答:毒蕈碱样作用主要指分布于外周器官(包括躯体和内脏)的M型受体激活后的一系列反应。烟碱样作用主要是指分布于自主神经节(N_1 型)和骨骼肌(N_2 型)的N型受体激活后的一系列反应。

由于①副交感神经节的 N_1 型受体激活后,节后神经元释放的乙酰胆碱同样可激活内脏的M

型受体而产生毒蕈碱样作用中的某些内脏反应(如平滑肌收缩)。②交感神经节的 N_1 型受体激活后,交感胆碱能节后纤维释放的递质同样能激活某些组织中(如汗腺)的 M 型受体而产生毒蕈碱样作用中的某些反应(如出汗)。因此,仅从外周器官的反应并不能严格区分这两种作用。

(王继江)

第二节 神经系统的感觉分析功能

学习目标

1. 掌握 躯体感觉的传导通路之丘脑前的传入系统、特异投射系统和非特异投射系统;体表第一感觉区。
2. 熟悉 丘脑的核团;体表第二感觉区。
3. 了解 内脏感觉的传导通路。

知识要点

一、中枢对躯体感觉的分析

(一) 感觉传入通路

在丘脑前,躯体深感觉和精细触-压觉的传入纤维沿后索-内侧丘系传入系统上行到达丘脑。躯体浅感觉的传入纤维则沿前外侧索传入系统(脊髓丘脑束)抵达丘脑,其中,传导痛觉和温度觉的纤维走行于脊髓丘脑侧束,传导粗略触-压觉的纤维则走行于脊髓丘脑前束。丘脑前感觉传入通路的解剖特点和受损后的表现见表 10-10。内脏感觉主要是痛觉,其传入神经是自主神经,包括交感和副交感神经。内脏感觉的传入冲动进入中枢后,沿躯体感觉的同一通路(脊髓丘脑束和感觉投射系统)上行。

表 10-10 感觉传入通路的解剖特点和受损后表现

	解剖特点	受损后表现
后索-内侧丘系	先上行,后交叉 横断面上由内向外:骶、腰、胸、颈	脊髓半离断:离断水平下深感觉障碍在病侧
脊髓丘脑束	先交叉(在中央管前),后上行 横断面上由内向外:颈、胸、腰、骶	脊髓半离断:离断水平下浅感觉障碍在健侧; 脊髓空洞症:痛、温觉和粗略触-压觉分离* 脊髓外肿瘤压迫:骶、腰部痛、温觉先缺失; 脊髓内肿瘤压迫:颈、胸部痛、温觉先缺失

* 是指出现相应节段双侧皮节的痛觉和温度觉障碍,而粗略触-压觉基本不受影响

丘脑是除嗅觉外的各种感觉传入通路的重要中继站。丘脑的核团或细胞群可分为:特异感觉接替核、联络核和非特异投射核三大类。特异感觉接替核的功能是中继躯体和头面部的躯体感觉以及视、听觉;联络核与各种感觉在丘脑和大脑皮层的联系协调有关;非特异投射核主要是髓板内

核群,具有维持和改变大脑皮层兴奋状态的作用,也与痛觉传导有关。

由丘脑各部分向大脑皮层投射的通路称为感觉投射系统,根据投射特征的不同分为特异投射系统和非特异投射系统两类。两者在解剖和功能上的比较见表 10-11。

表 10-11 特异投射系统和非特异投射系统的比较

	特异投射系统	非特异投射系统
起源	丘脑第一、二类细胞群	丘脑第三类细胞群
接受纤维投射	第二级特异感觉神经元的投射纤维	脑干网状结构的投射纤维
发出投射纤维	点对点地投射到大脑皮层特定区,终止于皮层第四层	反复换元并弥散性投射到大脑皮层广泛区域,终止于皮层各层
与皮层神经元的联系	以丝球结构与皮层神经元形成突触,并经中间神经元与大锥体细胞形成突触	以游离末梢与皮层神经元的树突形成突触
生理功能	引起特定感觉,并激发皮层传出冲动	维持和改变大脑皮层的兴奋状态
受环境和药物影响	不易受影响	易受影响
两者相互关系	其功能的正常发挥依赖于非特异投射系统的上行唤醒作用	其上行冲动实际上与特异投射系统同源于感觉传入通路的第二级神经元

(二) 躯体感觉的皮层代表区及感觉信息处理

躯体感觉神经上传的感觉信息经丘脑后腹核中继后,由特异投射系统所投射的大脑皮层的特定区域称为躯体感觉代表区,主要包括体表感觉区和本体感觉区。

人的体表感觉代表区主要分为以下两个部分。第一感觉区位于中央后回,相当于 Brodmann 分区的 3-1-2 区。其感觉投射有以下特点:①躯干和四肢部分的感觉为交叉性投射,即躯体一侧的传入冲动向对侧皮层投射,但头面部感觉的投射则为双侧性的。②体表感觉皮层的投射区域的大小主要取决于其感觉分辨的精细程度,而非躯体感受区域的面积。分辨愈精细的部位,代表区愈大。③体表不同区域在中央后回的投射区域具有一定的分野,且总体安排是倒置的。第二感觉区位于大脑外侧沟的上壁,由中央后回底部延伸到脑岛的区域,面积远小于第一感觉区。

皮层的本体感觉代表区就是运动区,在人脑位于中央前回(4 区)。在猫、兔等较低等的哺乳动物,体表感觉区与运动区基本重合在一起,称为感觉运动区。在猴、猩猩等灵长类动物,体表感觉区和运动区相对分化,分别位于中央后回和中央前回。

躯体痛觉的感觉传入除了向第一和第二感觉区投射外,许多痛觉纤维经非特异投射系统投射到大脑皮层的广泛区域。另外,痛觉的感觉分析发生于感觉通路在不同中枢水平的各个环节。在感觉传入通路中,后根进入后索的上行纤维有侧支进入后角,这些侧支可通过其与后角内的抑制性胶状质细胞形成突触联系来调节皮肤的感觉(痛觉)传入冲动。

二、中枢对内脏感觉的分析

内脏感觉的传入神经为自主神经,包括交感神经和副交感神经的感觉传入。交感传入神经的胞体主要位于脊髓第 7 胸段~第 2 腰段后根神经节;骶部副交感传入神经的胞体主要位于 2~4 骶段后根神经节。内脏的感觉主要是痛觉。

复习思考题

一、名词解释

1. specific projection system
2. non-specific projection system

二、选择题

【A₁型题】

1. 感觉的特异投射系统能引起特定感觉的主要原因
 - A. 发自丘脑髓板内核团
 - B. 中间多次换元,再投射到大脑皮层
 - C. 与大脑皮层有点对点的投射关系
 - D. 投射纤维主要终止于皮层各层
 - E. 很少受内环境理化因素的影响
2. 感觉的非特异性投射系统的主要功能是
 - A. 产生各种特定感觉
 - B. 维持和改变大脑皮层的兴奋状态
 - C. 抑制大脑皮层的活动
 - D. 激发大脑皮层产生传出冲动
 - E. 在丘脑和大脑皮层间进行往返联络
3. 感觉的非特异投射系统不能引起特定感觉的主要原因是
 - A. 接受感觉传导通路的侧支投射
 - B. 主要发自丘脑的髓板内核群
 - C. 进入大脑皮层各层结构
 - D. 传入通路信息失去感觉传入的专一性
 - E. 易受环境因素和药物的影响
4. 关于皮层第一感觉区的投射规律,以下哪项叙述是正确的
 - A. 所有的感觉纤维投射均来自对侧躯体
 - B. 代表区大小与身体各部大小成正比
 - C. 整个身体代表区完全倒置性安排
 - D. 膝以下代表区位于大脑半球内侧面
 - E. 代表区前后按肢体近、远端顺序排列
5. 中枢损伤最不易产生缺损的感觉类型是
 - A. 本体感觉
 - B. 触-压觉
 - C. 温度觉
 - D. 躯体痛
 - E. 内脏痛
6. 以下感觉类型中传入通路不经过丘脑的是哪一种
 - A. 振动觉
 - B. 粗略触压-觉
 - C. 温度觉
 - D. 嗅觉
 - E. 味觉

【A₂型题】

*7. 男性患者,50岁,近一月来逐渐出现乳头以下胸部、腰部皮肤感觉麻木、迟钝,两天前夜里被热水袋轻度烫伤。患者一年前肺癌手术。医生怀疑肿瘤有脊髓转移。以下对转移灶初发位置的初步判断哪项可能性最大

- A. 胸髓近中央部
- B. 胸髓近边缘部
- C. 腰髓近中央部
- D. 腰髓近边缘部
- E. 骶髓近中央部

*8. 男性患者,28岁,主诉下肢乏力,步态不稳,闭目时无法感知左侧下肢位置。两日前被机动车撞击腰部,当时无明显异常。一般检查发现双腰部以下躯干和下肢皮肤感觉基本正常。X光片见腰骶部组织略肿胀,无明显血肿。椎骨及椎管内无明显异常,但骶髓略有水肿。以下对损伤部位和程度的判断哪项可能性最大

A. 骶髓左背侧挫伤

B. 骶髓右背侧挫伤

C. 骶髓左前侧挫伤

D. 骶髓右前侧挫伤

E. 全骶髓挫伤

【B型题】

(9~11题共用备选答案)

A. 额叶皮层

B. 中央前回

C. 中央后回

D. 颞叶皮层

E. 枕叶皮层

9. 人大脑皮层第一体表感觉区位于哪个皮层部位

10. 人大脑皮层本体感觉代表区位于哪个皮层部位

11. 人大脑皮层内脏感觉代表区主要位于哪个皮层部位

【X型题】

12. 脊髓内肿瘤压迫脊髓早期出现骶腰部痛觉和温度觉缺失,则受压的传导束可能包括以下哪些

A. 后索

B. 白质前连合

C. 脊髓丘脑侧束

D. 脊髓丘脑前束

13. 后索-内侧丘系损伤时可出现的功能障碍包括以下哪些

A. 振动觉减弱

B. 肢体位置觉减弱

C. 触-压觉定位受损

D. 运动共济失调

三、简答题

1. 试简述体表第一感觉区的分布和投射特点。

2. 试简述特异和非特异投射系统的异同。

四、思考题

从体表感觉的类型和产生机制分析盲文和盲道的设计原理。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 特异投射系统:是指丘脑特异感觉接替核和联络核及其投射至大脑皮层的神经通路。来自躯体各部位和各种类型的感觉传入以点对点的方式投向大脑皮层的特定区域,产生特定的感觉。

2. 非特异投射系统:是指丘脑非特异投射核及其投射至大脑皮层的神经通路。该系统弥散性投射到大脑皮层的广泛区域,且在投射途中经多次换元,因而与皮层不具有点对点的投射关系。它不产生特定的感觉,但可维持大脑皮层的兴奋状态。

二、选择题

【A₁型题】

1. C

2. B

3. D

4. D

5. B

6. D

【A₂型题】

*7. A

*8. A

难题解析:

7. 该患者主要出现痛、温觉(浅感觉)障碍,且自上往下发展。浅感觉走行在前外侧索(脊髓-丘脑前束、脊髓-丘脑侧束),其特点:①侧支较多,不易产生浅感觉的完全丧失;②自中央到边缘以颈、胸、腰、骶顺序排列。该患者症状初起于胸部,且自上向下发展,符合前外侧索的走行排列特点,

故答案是 A。

8. 位置觉是深感觉,感觉纤维在后索上行,于锥体交叉到对侧,经内侧丘系上行投射到对侧丘脑。该患者浅感觉基本正常,而左侧下肢深感觉障碍,提示左侧后索损伤或功能异常。由于患者车祸当时并无明显异常,而两日后症状才出现,骶髓略有水肿,提示症状是骶髓轻微挫伤后的亚急性炎性反应所致。由于症状在左下肢,左侧后索损伤可能相对较重,故答案是 A。

【B 型题】

9. C 10. B 11. C

【X 型题】

12. CD 13. ABCD

三、简答题

1. 试简述体表第一感觉区的分布和投射特点。

答:见本节知识要点。

2. 试简述特异和非特异投射系统的异同。

答:见本节知识要点部分表 10-11。

四、思考题

答:盲文是专为盲人设计、靠手指触摸而感知的文字,也称点字或凸字,是通过特殊打印和印刷设备在纸张上制成不同组合的凸点而组成。盲道是专门帮助盲人行走,靠足趾接触而感知的路面设施。盲道一般设计成两种形状,一种是纵向排列的长条形凸起和凹陷,用以引导盲人向前行走;另一种是圆点状凸起,用以提醒盲人转弯。在人的手掌面和足趾面尤其是在远端的指尖(趾)尖处,触-压觉感受器(麦斯纳小体和梅克尔盘)的分布密度较大,每平方厘米可达 100 个左右。它们的感受野小、触觉阈低,因而对触-压觉刺激十分敏感。盲文和盲道都是通过精细触-压觉传导通路(后索-内侧丘系)传入中枢而被感知的。在触-压觉传入通路中普遍存在侧向抑制,因而可降低两点辨别阈,即提高两点分辨能力。此外,感觉皮层具有可塑性,经常触摸盲文的手指和经常走盲道的足趾可使它们在大脑皮层的代表区面积扩大,从而能提高对盲文和盲道的识别能力,在一定程度上弥补视觉的缺失。

(王继江)

第三节 神经系统对躯体运动的调控

学习目标

1. 掌握 牵张反射:腱反射和肌紧张,肌梭和腱器官;脑干网状结构抑制区和易化区,去大脑僵直及其产生机制;基底神经节与大脑皮层间的直接通路和间接通路,黑质-纹状体投射系统,帕金森病和亨廷顿病的病因及主要临床表现;小脑对躯体运动的调控;大脑皮层主要运动区及其功能特征。

2. 熟悉 脊髓和脑运动神经元及运动单位,脊髓休克,屈肌反射和对侧伸肌反射;去皮层僵直,去大脑僵直的类型; γ 僵直和 α 僵直;大脑皮层运动区及运动传出通路。

3. 了解 运动的分类、运动控制的基本结构和功能,脑干对姿势的调控。

知识要点

一、运动的中枢调控概述

(一) 运动的分类

1. 反射运动 一般由特定的感觉刺激引起,并有固定的运动轨迹,如膝反射,一般不受意识控制。

2. 随意运动 是指在大脑皮层控制下,为达到某一目的而有意识进行的运动,其运动的方向、轨迹、速度和时程都可随意选择和改变,如技巧性运动。

3. 节律性运动 介于随意运动和反射运动之间的一种运动形式,可随意地开始和停止,如呼吸、咀嚼和行走运动。

(二) 运动调控中枢的基本结构和功能

运动的中枢控制系统由三个水平的神经结构组成。大脑皮层联络区、基底神经节和皮层小脑负责运动的总体策划;运动皮层和脊髓小脑负责运动的协调、组织和实施;而脑干和脊髓负责运动的执行。

二、脊髓对躯体运动的调控作用

(一) 脊髓休克

脊髓与高位中枢离断后,暂时丧失了反射活动能力而进入无反应状态,这种现象称为脊髓休克。脊髓休克的产生与恢复,说明脊髓具有完成某些简单反射的能力,但这些反射平时受高位中枢的控制而不易表现出来。

(二) 脊髓前角运动神经元与运动单位

1. 脊髓运动神经元 髓灰质前角中存在支配骨骼肌的 α 、 γ 和 β 三类运动神经元。 α 运动神经元发出一定形式和频率的冲动到达所支配的骨骼肌的梭外肌纤维,因此, α 运动神经元是躯体运动反射的最后公路。 γ 运动神经元发出的纤维支配骨骼肌的梭内肌纤维,调节肌梭对牵拉刺激的敏感性。 β 运动神经元功能尚不十分清楚。

2. 运动单位 由一个 α 运动神经元及其所支配的全部肌纤维所组成的功能单位称为运动单位,其大小取决于 α 运动神经元轴突末梢分支的多少。

(三) 脊髓对姿势反射的调节

1. 屈肌反射与对侧伸肌反射 当脊椎动物一侧肢体的皮肤受到伤害性刺激时,引起受刺激同侧肢体关节的屈肌收缩而伸肌舒张,肢体出现屈曲反应,称为屈肌反射,具有躲避伤害刺激自我保护的意义。若更大的伤害性刺激作用于侧肢体的皮肤时,除引起同侧肢体发生屈曲反应外,同时引起对侧肢体的伸肌收缩,肢体伸直,称为对侧伸肌反射,在保持身体平衡中具有重要意义。

2. 牵张反射 牵张反射是指有完整神经支配的骨骼肌在受外力牵拉伸长时能引起被牵拉的同侧肌肉发生收缩的反射。

(1) 牵张反射的感受器:牵张反射的感受器是肌梭。肌梭与梭外肌纤维呈并联关系,而梭内肌纤维的收缩成分和感受部分则呈串联关系。 α 运动神经元的传出纤维支配梭外肌纤维, γ 运动神经元的传出纤维支配梭内肌纤维。

(2) 牵张反射的类型:牵张反射包括腱反射和肌紧张两种类型,两种类型的比较见表 10-12。

表 10-12 腱反射和肌紧张的比较

	腱反射	肌紧张
有效刺激	快速牵拉肌腱	缓慢而持续牵拉肌腱
收缩特点	肌肉明显收缩	无明显的收缩动作
收缩成分	快肌纤维为主	慢肌纤维为主
完成反射的时间	短	持续进行
反射类型	单突触反射	多突触反射
实例	肘反射、膝反射、跟腱(踝)反射	各种姿势反射(坐、直立、运动等)
意义	减弱或消失表示反射弧受损或中断,亢进表示中枢有病变	姿势反射的基础,临床上检查肌张力与腱反射有相似的意义

(3) 腱器官及反牵张反射:腱器官是一种能感受肌肉张力的感受器,可因受牵拉张力的增加而兴奋,其反射效应是抑制牵张反射。这种由腱器官兴奋引起的牵张反射抑制,称为反牵张反射。肌梭和腱器官比较见表 10-13。

表 10-13 肌梭和腱器官的比较

比较项目	肌梭	腱器官
部位	位于梭外肌纤维之间	位于肌腱胶原纤维之间
与梭外肌纤维关系	并联	串联
感受刺激的性质	肌肉长度变化	肌肉张力变化
传入纤维	Ia、II	Ib
等长收缩时	传入冲动不变	传入冲动增加
等张收缩时	传入冲动减少	传入冲动不变
被动受牵拉时	传入冲动增加	传入冲动增加
对 α 运动神经元作用	兴奋	抑制
生理意义	发动牵张反射	避免肌肉拉伤

3. 节间反射 由于脊髓相邻节段的神经元之间存在突触联系,脊髓依靠上下节段的协同活动也能完成一定的反射活动,这种反射称为节间反射。搔爬反射就是节间反射的一种表现。

三、脑干对肌紧张和姿势的调控

(一) 脑干对肌紧张的调控

1. 脑干网状结构抑制区和易化区 脑干网状结构中存在抑制或加强肌紧张和肌运动的区域,分别称为抑制区和易化区。易化区的活动较强,在肌紧张的平衡调节中略占优势。

2. 去大脑僵直

(1) 去大脑僵直现象:在麻醉动物,于中脑上、下丘之间切断脑干,肌紧张出现明显亢进,表现为四肢伸直,僵硬如柱,头尾昂起,脊柱挺硬,呈角弓反张状态,这一现象称为去大脑僵直。

(2) 去大脑僵直发生的机制:去大脑僵直是抗重力肌(伸肌)紧张增强的表现,其发生是由于在中脑水平切断脑干后中断了大脑皮层、纹状体等部位与脑干网状结构之间的功能联系,造成抑制区和易化区之间的活动失衡,使抑制区的活动减弱,易化区的活动明显占优势的结果。

(3) 去大脑僵直的类型

1) γ 僵直:高位中枢的下行作用首先提高脊髓 γ 运动神经元的活动,使肌梭的敏感性提高,肌梭传入冲动增多,转而使 α 运动神经元兴奋,导致肌紧张增强而出现僵直,这种僵直称为 γ 僵直。 γ 僵直主要是通过网状脊髓束实现。

2) α 僵直:高位中枢可下行性直接或间接地作用于脊髓中间神经元,进而提高 α 运动神经元的活动,导致肌紧张加强而出现的僵直称为 α 僵直,主要是通过前庭脊髓束实现的。

(二) 脑干对姿势的调控

脑干参与的姿势反射有状态反射、翻正反射等。

四、基底神经节对运动的调控

基底神经节是大脑皮层下的一组神经核团,包括尾状核、壳核、苍白球、黑质和丘脑底核。

(一) 基底神经节的纤维联系

1. 基底神经节与大脑皮层之间的神经回路 基底神经节的新纹状体到苍白球内侧部的投射有两条通路,即直接通路和间接通路。前者是指新纹状体直接向苍白球内侧部的投射路径;后者则为新纹状体先后经过苍白球外侧部和丘脑底核中继后间接到达苍白球内侧部的投射路径。大脑皮层对新纹状体的作用是兴奋性的,而从新纹状体到苍白球内侧部以及从苍白球内侧部再到丘脑前腹核和外侧腹核的纤维投射都是抑制性的。因此,直接通路的活动最终能易化大脑皮层发动运动。由新纹状体-苍白球外侧部-丘脑底核的纤维投射也都是抑制性的,而由丘脑底核到达苍白球内侧部的投射纤维则是兴奋性的,因此,当间接通路兴奋时,最终对大脑皮层发动运动产生抑制作用。正常情况下,两条通路相互拮抗,但平时以直接通路的活动为主。

2. 黑质-纹状体投射系统 中型多棘神经元是新纹状体内主要的信息整合神经元。它除接受大脑皮层的纤维投射外,还接受黑质致密部多巴胺能神经纤维的投射,构成黑质-纹状体投射系统;此外,也接受新纹状体内 GABA 能和胆碱能中间神经元的纤维投射。中型多棘神经元细胞膜上分别有 D_1 和 D_2 受体。黑质-纹状体多巴胺能纤维末梢释放的多巴胺可通过激活 D_1 受体增强直接通路的活动,而激活 D_2 受体时可抑制间接通路的作用。因此,两种受体激活后最终对大脑皮层产生的效应是相同的,即易化大脑皮层发动运动。

(二) 基底神经节的功能

基底神经节可能参与运动的设计和程序编制,将一个抽象的设计转换为一个随意运动,也参与肌紧张的调节以及本体感受传入冲动信息的处理过程。此外,基底神经节还与自主神经的调节、感觉传入、心理行为和学习记忆等功能活动有关。

(三) 与基底神经节损伤有关的疾病

基底神经节病变可产生两类运动障碍性疾病,一类是肌紧张过强而运动过少性疾病,如帕金森病。另一类是肌紧张不全而运动过多性疾病,如亨廷顿病与手足徐动症。两类疾病的主要症状、病因、发病机制和治疗的比较见表 10-14。

表 10-14 帕金森病和亨廷顿病的比较

	帕金森病(震颤麻痹)	亨廷顿病(舞蹈病)
主要症状	肌紧张过强,运动减少,静止性震颤	肌紧张不全,运动过多(不自主的舞蹈样动作)
主要病因	黑质-纹状体多巴胺系统病变	新纹状体 GABA 能中间神经元病变或遗传性缺损
主要机制	直接通路活动↓,间接通路活动↑	间接通路活动↓,而直接通路活动相对↑
主要治疗	左旋多巴(替代),M 受体拮抗剂	利血平(耗竭多巴胺)

五、小脑对躯体运动的调控

小脑是皮层下与大脑皮层构成回路的又一重要脑区,它不仅与大脑皮层形成神经回路,还与脑干及脊髓有大量的纤维联系,在维持身体平衡、调节肌紧张、协调和形成随意运动中起重要作用。小脑分为前庭小脑、脊髓小脑和皮层小脑三个功能部分。三个功能区的解剖部位、主要纤维联系、主要功能和损伤后的主要表现见表 10-15。

表 10-15 小脑三个主要功能区的主要功能和损伤后的表现

	前庭小脑	脊髓小脑	皮层小脑
解剖部位	绒球小结叶	蚓部和半球中间部	半球外侧部
主要纤维联系	传入:前庭 传出:前庭核、脊髓	传入:脊髓、三叉、视和听觉 传出:脊髓、大脑皮层	传入:大脑皮层 传出:大脑皮层
主要功能	维持躯体平衡	协调随意运动,调节肌紧张	参与随意运动的设计、编程
损伤后表现	步基宽和站立不稳; 不再出现运动病; 出现位置性眼震颤	小脑性共济失调:指鼻试验阳性(意向性震颤),拮抗肌快复轮替动作不能,跟膝胫实验阳性,病态跨步动作等;肌张力减弱	不产生明显缺陷

六、大脑皮层对运动的调控

(一) 大脑皮层运动区

1. 主要运动区 主要运动区包括中央前回(4区)和运动前区(6区),是控制躯体运动最重要的区域。运动区有以下功能特征:①对躯体运动的调节为交叉性支配;②皮层代表区的大小与躯体运动的精细、复杂程度有关;③运动代表区功能定位精确。

2. 其他运动区 第一感觉区以及后顶叶皮层也与运动有关。

(二) 运动传出通路

1. 皮层脊髓束和皮层脑干束 由皮层发出,经内囊、脑干下行,到达脊髓前角运动神经元的传导束,称为皮层脊髓束,而由皮层发出,经内囊到达脑干内各脑神经运动神经元的传导束,称为皮层脑干束。

2. 运动传出通路损伤时的表现 在灵长类动物实验中,高度选择性地破坏皮层脊髓侧束,动物立即出现并持久地丧失用两手指夹起细小物品的能力,这与失去神经系统对四肢远端肌肉精细的、技巧性的运动控制有关。另一方面,损伤皮层脊髓前束后,由于近端肌肉失去神经控制,躯体平衡的维持、行走和攀登均发生困难。

复习思考题

一、名词解释

1. spinal shock
2. motor unit
3. stretch reflex

4. crossed extensor reflex

5. γ -rigidity

6. cerebellar ataxia

二、选择题

【A₁型题】

1. 脊髓突然横断后,断面以下脊髓反射减弱或消失,其原因是

- A. 损伤性刺激对脊髓的抑制作用
- B. 脊髓的反射中枢被破坏
- C. 脊髓突然失去了高级中枢的调节作用
- D. 失去了网状结构抑制区对脊髓的抑制作用
- E. 血压下降导致脊髓功能受损

2. 下列哪种反射不属于姿势反射

- A. 翻正反射
- B. 对侧伸肌反射
- C. 屈肌反射
- D. 节间反射
- E. 状态反射

3. 脊髓高位离断的病人,在脊休克过去后的表现为

- A. 离断面以下的感觉和随意运动功能永久性丧失
- B. 排尿、排便功能恢复正常
- C. 血压恢复至正常水平并保持稳定
- D. 离断面以下屈肌反射减弱
- E. 离断面以下伸肌反射增强

4. 下列关于腱反射的描述,正确的是

- A. 腱反射是多突触反射
- B. 腱反射中枢位于延髓
- C. 高位中枢病变时可引起腱反射亢进
- D. 是由于缓慢牵拉肌腱引起的反射
- E. 腱反射的感受器是腱器官

5. 当 α 运动神经元传出冲动增加时可引起

- A. 梭外肌收缩
- B. 梭内肌收缩
- C. 肌梭敏感性增加
- D. 腱器官敏感性降低
- E. 梭内肌和梭外肌同时收缩

6. γ 运动神经元传出冲动增加时

- A. 肌梭传入冲动减少
- B. α 运动神经元传出冲动减少
- C. 牵张反射活动加强
- D. 梭外肌收缩
- E. 腱器官的传入冲动增加

7. 维持躯体姿势的最基本的反射是

- A. 屈肌反射
- B. 对侧伸肌反射
- C. 腱反射
- D. 肌紧张
- E. 节间反射

*8. 关于腱器官的描述,正确的是

- A. 与梭外肌纤维呈并联关系
- B. 与梭内肌纤维呈并联关系
- C. 是一种长度感受器
- D. 其作用意义在于避免肌肉过度拉伤
- E. 使牵张反射活动加强

9. 关于肌紧张的描述,错误的是

- A. 感受器为肌梭
- B. 为多突触反射
- C. 反射持久进行时不易疲劳
- D. 人类以屈肌肌紧张为主要表现

- E. 由缓慢持续牵拉肌腱引起的
10. 下列关于牵张反射的叙述,错误的是
- A. 包括腱反射和肌紧张两种类型 B. 牵张反射的感受器是肌梭和腱器官
- C. 牵张反射是维持姿势的基本反射 D. 牵张反射在抗重力肌表现最为明显
- E. 牵张反射的中枢在脊髓
11. 去大脑僵直的产生是由于
- A. 切除了脑干网状结构抑制区
- B. 切除了脑干网状结构易化区
- C. 切断了网状结构和皮层运动区及纹状体之间的联系
- D. 切断了网状结构和小脑之间的联系
- E. 切断了网状结构和前庭核之间的联系
- *12. 关于脑干网状结构对肌紧张调节的描述,正确的是
- A. 易化区较小,抑制区较大
- B. 易化区主要位于延髓网状结构的腹内侧
- C. 抑制区主要位于脑干中央区域
- D. 易化区的活动较强,在肌紧张的平衡调节中略占优势
- E. 网状结构不受大脑皮层、纹状体等高位中枢的调控
- *13. 证明去大脑僵直属于 γ 僵直的方法是
- A. 刺激脑干网状结构易化区,引起肌僵直增强
- B. 横断脊髓后,断面以下肌僵直消失
- C. 刺激前庭核,引起僵直
- D. 切断腹根传出纤维,引起僵直消失
- E. 在去大脑僵直的动物,切断动物腰骶部背根使僵直消失
14. 随意运动的设想起源于
- A. 中央前回 B. 运动前区 C. 皮层联络区
- D. 基底神经节 E. 皮层小脑
- *15. 运动传出通路损伤时的表现
- A. 皮层脊髓侧束损伤时,腱反射和肌紧张增强
- B. 皮层脊髓侧束损伤时,不能维持身体平衡
- C. 皮层脊髓侧束损伤时,站立行走基本不受影响
- D. 皮层脊髓前束损伤时,四肢远端肌肉精细的运动功能丧失
- E. 皮层脊髓前束损伤时,肌张力下降不明显
16. 下列关于大脑皮层运动区的描述,正确的是
- A. 人大脑皮层主要运动区位于中央后回
- B. 对躯体骨骼肌运动为交叉性支配
- C. 对头面部肌肉运动均为双侧性支配
- D. 躯体和头面部内部均为倒置性安排
- E. 代表区的大小与肌肉运动产生力量的大小相关
17. 巴宾斯基征
- A. 阳性体征为大脚趾屈曲,其他四趾外展呈扇形散开

- B. 阴性是一种伸肌反射
C. 婴儿正常时为阴性体征
D. 成人在清醒、深睡或麻醉状态下不出现阳性体征
E. 皮层脊髓束功能受损时出现阳性体征
18. 帕金森病是由哪一神经通路受损引起的
A. 黑质 - 纹状体多巴胺能通路
B. 纹状体内胆碱能通路
C. 纹状体 - 黑质 γ -氨基丁酸能通路
D. 结节 - 漏斗多巴胺能通路
E. 脑干网状结构胆碱能系统
- *19. 临床上应用左旋多巴治疗帕金森病,改善不明显的症状是
A. 肌肉强直
B. 动作缓慢
C. 随意运动减少
D. 静止性震颤
E. 面部表情呆板
20. 关于基底神经节的叙述,正确的是
A. 包括纹状体、苍白球、丘脑底核和杏仁核等结构
B. 对运动的调节主要发生在运动的准备阶段
C. 参与运动的执行过程
D. 是大脑皮层与皮层下构成回路的唯一脑区
E. 其损伤可造成随意运动完全丧失
21. 帕金森病产生的原因是
A. 新纹状体 - 苍白球内侧部直接通路活动增强
B. 新纹状体 - 苍白球内侧部间接通路活动减弱
C. 黑质多巴胺递质系统功能受损
D. 纹状体乙酰胆碱递质系统活动减弱
E. 黑质多巴胺递质系统功能亢进
- *22. 关于大脑皮层与基底神经节之间的直接通路和间接通路的描述,正确的是
A. 直接通路能减弱大脑皮层的活动
B. 间接通路能增强大脑皮层的活动
C. 黑质 - 纹状体多巴胺系统能抑制直接通路的传出效应
D. 黑质 - 纹状体多巴胺系统能增强间接通路的传出效应
E. 正常情况下,两条通路相互拮抗,以直接通路的活动为主
23. 属于帕金森病的症状是
A. 感觉迟钝
B. 肌张力增高
C. 意向性震颤
D. 运动共济失调
E. 运动时震颤加重
- *24. 关于亨廷顿病的描述,错误的是
A. 表现为不自主的上肢和头部的舞蹈样动作
B. 肌张力降低
C. 情绪激动时症状加重,睡眠时消失
D. 主要是纹状体内胆碱能神经元发生病变引起的
E. 利血平耗竭多巴胺可缓解其症状
- *25. 亨廷顿病产生的原因是
A. 直接通路活动减弱
B. 间接通路活动增强

- C. 黑质多巴胺能神经元功能受损
D. 纹状体 GABA 能神经元受损
E. 丘脑底核谷氨酸能神经元受损

26. 下列关于小脑功能的描述,正确的是

- A. 前庭小脑主要协调随意运动
B. 脊髓小脑主要与维持身体平衡有关
C. 皮层小脑主要调节肌紧张
D. 脊髓小脑可接受本体感觉冲动
E. 皮层小脑接受外周感觉传入信息

*27. 切除猴小脑绒球小节叶(前庭小脑)后,将出现

- A. 肌张力减弱
B. 随意运动丧失
C. 位置性眼震颤
D. 静止性震颤
E. 意向性震颤

*28. 小脑对肌紧张调节的描述,正确的是

- A. 小脑前叶蚓部具有易化肌紧张的作用
B. 小脑前叶两侧部具有抑制肌紧张的作用
C. 易化区和抑制区在前叶均呈正立式空间分布
D. 进化过程中,前叶的易化作用逐渐占主要地位
E. 小脑前叶损伤时表现为肌张力明显增强

29. 脊髓小脑损伤时所特有的症状是

- A. 肌张力降低
B. 身体平衡功能障碍
C. 意向性震颤
D. 位置性眼震颤
E. 静止性震颤

30. 皮层小脑的主要功能是

- A. 维持身体平衡
B. 协调随意运动
C. 调节肌紧张
D. 接受外周感觉传入信息
E. 参与运动的设计和运动程序的编制

【A₂型题】

31. 某患者由于外伤造成胸部脊髓突然横断,此时该患者可出现

- A. 断面以下骨骼肌肌紧张增强
B. 血压升高
C. 脊髓休克恢复后伸肌和屈肌反射都增强
D. 粪、尿潴留
E. 断面以下皮肤发汗

*32. 在切断猫中脑上下丘和腰骶部脊髓背根的基础上,进一步切除小脑前叶,所支配的肢体将出现

- A. 肌张力消失
B. 肢体屈曲
C. α 僵直
D. γ 僵直
E. α 僵直和 γ 僵直

33. 人类出现去大脑僵直现象时,意味着损伤部位在

- A. 大脑皮层
B. 基底神经节
C. 脑干
D. 小脑
E. 脊髓

34. 患者,女性,75岁,10年前出现左手拇指不自主的震颤,运动时消失。随着病情的进展,逐渐蔓延至左上肢和左下肢及右侧肢体,震颤不受意识控制,肌张力增加,动作缓慢,走路困难,经常摔倒,口服左旋多巴症状有所缓解。该患者最可能出现的病变部位是

- A. 前庭小脑神经元病变所致
B. 红核神经元病变所致
C. 纹状体神经元病变所致
D. 多巴胺神经递质系统功能受损
E. 乙酰胆碱递质系统功能受损

35. 患者,男性,47岁,因双上肢及头部不自主的运动增多,舞蹈样动作,伴肌张力降低就诊,

临床诊断为亨廷顿病(舞蹈病),其产生的主要原因是

- A. 黑质病变 B. 纹状体病变 C. 大脑皮层病变
D. 脑干损伤 E. 小脑功能受损

36. 患者,女性,50岁,由于走路不稳,经常摔倒而就医。医生查体发现患者站立时两脚间距离加宽,走路步态蹒跚,并可出现位置性眼震颤。CT检查结果发现第四脑室附近占位性病变。根据CT及患者临床症状,最可能的原因是

- A. 脑干功能受损 B. 基底神经节病变 C. 下丘脑占位性病变
D. 脊髓小脑功能受损 E. 前庭小脑功能受损

37. 某患者不能完成精巧动作,随意运动的力量、方向及限度发生改变,走路摇晃呈醉酒状态,四肢乏力。该患者最可能受损的中枢部位是

- A. 脊髓小脑 B. 前庭小脑 C. 皮层小脑
D. 基底神经节 E. 脑干

38. 一年轻女性从楼梯上不慎摔下后,出现右侧身体的部分随意运动功能丧失,左侧胸中段以下痛觉和温度觉消失。她最可能的损伤部位

- A. 左侧腰椎脊髓半离断 B. 左侧上段胸椎脊髓半离断
C. 右侧脑桥感觉和运动神经通路横断 D. 右侧上段胸椎脊髓半离断
E. 右侧上段胸椎脊髓背根横断

*39. 当出现巴宾斯基征阳性体征时,表明结构受损部位是

- A. 网状脊髓束 B. 皮层脑干束 C. 顶盖脊髓束
D. 基底神经节 E. 皮层脊髓束

40. 内囊出血引起的脑卒中患者

- A. 牵张反射减退或消失 B. 巴宾斯基征阳性 C. 感觉功能增强
D. 姿势调节系统功能不受影响 E. 肌肉萎缩

41. 脊髓小脑能对随意运动进行适时的控制,是因为脊髓小脑

- A. 仅与大脑皮层有纤维联系 B. 仅与脊髓有纤维联系
C. 仅与前庭器官有纤维联系 D. 与大脑皮层和脊髓都有纤维联系
E. 与脊髓和前庭器官都有纤维联系

42. 出现柔软性麻痹是由于

- A. 中央前回运动区全部损伤 B. 脊髓和脑运动神经元损伤 C. 纹状体损伤
D. 黑质病变 E. 小脑后叶损伤

【B型题】

(43~44题共用备选答案)

- A. 肌梭的传入冲动增加,腱器官的传入冲动减少
B. 肌梭的传入冲动减少,腱器官的传入冲动增加
C. 肌梭的传入冲动增加,腱器官的传入冲动增加
D. 肌梭的传入冲动减少,腱器官的传入冲动不变
E. 肌梭的传入冲动不变,腱器官的传入冲动增加

43. 当骨骼肌做等张收缩时

44. 当骨骼肌做等长收缩时

(45~49题共用备选答案)

- A. 肌张力增强 B. 肌张力不变 C. 肌张力降低
D. 肌张力先降低后恢复 E. 肌张力先亢进后恢复

45. 在中脑上、下丘间切断脑干的动物,将出现
46. 在脊髓第五颈段水平以下切断脊髓的动物,将出现
47. 帕金森病患者可表现
48. 亨廷顿病患者可表现
49. 人类脊髓小脑损伤可出现

【X型题】

50. 肌梭与腱器官相比较

- A. 肌梭为长度感受器,腱器官为张力感受器
B. 肌梭兴奋能引起牵张反射加强,腱器官兴奋则引起牵张反射抑制
C. 肌肉受牵拉时肌梭和腱器官同时兴奋
D. 肌梭与梭外肌纤维呈串联关系,腱器官与梭外肌纤维呈并联关系

- *51. 去大脑僵直产生的原因是

- A. 脑干肌紧张抑制区的活动增强 B. 抗重力肌牵张反射增强
C. 伸肌肌梭的传入冲动增加 D. 脑干网状结构易化区活动相对增强

52. 基底神经节的功能是

- A. 参与运动的执行 B. 运动调节的最高级中枢
C. 调节肌紧张 D. 参与随意运动的发动

53. 关于牵张反射的叙述,正确的是

- A. 感受器是肌梭 B. 基本中枢位于脊髓
C. 肌紧张属于牵张反射 D. 腱反射属于牵张反射

54. 小脑对运动调控的功能包括

- A. 维持身体平衡 B. 协调随意运动
C. 调节肌紧张 D. 参与运动的设计与编程

三、简答题

1. 人体的直立姿势是如何维持的?
2. 如何证明中枢某一部位对躯体运动的调节作用?
3. 在动物中脑上、下丘之间横断脑干,将会出现什么现象?为什么?
4. 基底神经节与小脑在躯体运动的调节中有何异同?

四、思考题

患者,女性,65岁,患帕金森病10年。患者开始表现是单侧手不自觉地震颤,静止后加重,后逐渐发展到四肢震颤,肢体逐渐僵硬,运动不灵活等运动障碍,以致生活不能自理。患病初期给予左旋多巴治疗可缓解症状,随着病情的不断发展,药物的作用效果降低。经病人及家属同意入院施以“脑核团高频电刺激”治疗。在患者脑内双侧丘脑底核部位植入脑深部刺激电极,并在相应部位植入电刺激发生器。患者双侧丘脑底核施以高频电刺激后,肢体震颤、肌肉僵直等症状明显改善,一周后患者出院。问题:

- (1) 帕金森病的神经生理学基础是什么?
(2) 为何高频电刺激丘脑底核可缓解帕金森病人的症状?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 脊休克:当脊髓与高位中枢离断后,脊髓暂时丧失反射活动的能力而进入无反应状态的现象。
2. 运动单位:由一个 α 运动神经元及其所支配的全部肌纤维所组成的功能单位称为运动单位。
3. 牵张反射:骨骼肌在受到外力牵拉而伸长时发生的一种使受牵拉肌肉收缩的反射活动,包括腱反射和肌紧张两种形式。
4. 对侧伸肌反射:当更大的伤害性刺激作用于脊动物一侧肢体的皮肤时,除引起同侧肢体发生屈曲反应外,同时引起对侧肢体的伸肌收缩,肢体伸直,称为对侧伸肌反射。
5. γ 僵直:高位中枢的下行作用首先提高脊髓 γ 运动神经元的活动,使肌梭的敏感性提高,肌梭传入冲动增多,转而使 α 运动神经元兴奋,导致肌紧张增强而出现僵直,这种僵直称为 γ 僵直。
6. 小脑性共济失调:脊髓小脑受损后,由于不能有效利用来自大脑皮层和外周感觉的反馈信息来协调运动,因而运动变得笨拙而不准确,表现为随意运动的力量、方向及限度发生紊乱,称为小脑性共济失调。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. C 2. C 3. A 4. C 5. A 6. C 7. D 8. D 9. D 10. B
11. C 12. D 13. E 14. C 15. C 16. B 17. E 18. A 19. D 20. B
21. C 22. E 23. B 24. D 25. D 26. D 27. C 28. D 29. C 30. E

难题解析:

8. 腱器官是分布于肌腱胶原纤维之间感受肌肉张力的感受器,与梭外肌纤维呈串联关系,对支配同一肌肉的 α 运动神经元起抑制作用。当肌肉受外力牵拉而被拉长时,首先兴奋肌梭感受器引发牵张反射,使被牵拉的肌肉收缩以对抗牵拉。当牵拉力量加大时,腱器官可因受牵拉张力的增加而兴奋,其反射效应是抑制牵张反射,可防止牵张反射过强而拉伤肌肉,因此具有保护意义。

12. 网状结构中存在抑制或加强肌紧张和肌运动的抑制区和易化区。抑制区较小,位于延髓网状结构的腹内侧部分;易化区较大,分布于脑干中央区域,与抑制区相比,易化区的活动较强,在肌紧张的平衡调节中略占优势。脑干以外的其他结构,如刺激大脑皮层运动区、纹状体、小脑前叶蚓部等部位,可引起肌紧张降低;而刺激前庭核、小脑前叶两侧部和后叶中间部等部位,可使肌紧张增强。这些区域或核团对肌紧张的调节可通过影响脑干网状结构抑制区和易化区活动来完成。

13. 高位中枢的下行作用首先提高脊髓 γ 运动神经元的活动,使肌梭的敏感性提高,肌梭传入冲动增多,转而使 α 运动神经元兴奋,导致肌紧张增强而出现僵直,这种僵直称为 γ 僵直。实验证明,切断猫中脑上、下丘处造成去大脑僵直后,若切断动物腰骶部后根以消除肌梭传入冲动对中枢的作用后,可使后肢僵直消失,说明经典的去大脑僵直属于 γ 僵直。

15. 在灵长类动物实验中,高度选择性地破坏皮层脊髓侧束,动物立即出现并持久地丧失四肢远端肌肉精细的、技巧性的运动;损伤皮层脊髓前束后,由于近端肌肉失去神经控制,躯体平衡的维持、行走和攀登均发生困难。这种因单纯的运动传出通路损伤而引起的运动能力减弱,常伴有

肌张力下降,但没有腱反射和肌紧张亢进的表现。

19. 帕金森病的产生是由于黑质多巴胺能神经元变性所致。黑质-纹状体多巴胺递质系统的作用在于抑制纹状体内乙酰胆碱递质的作用,当黑质多巴胺神经元受损后,对纹状体内胆碱能神经元的抑制作用减弱,导致乙酰胆碱递质系统功能亢进,进而影响新纹状体传出神经元的活动而引起一系列症状,临床上给予多巴胺的前体左旋多巴或 M 受体拮抗剂东莨菪碱或苯海索等也能改善帕金森病的症状。左旋多巴和 M 受体拮抗剂对静止性震颤均无明显疗效,静止性震颤可能与丘脑外侧腹核等结构的功能异常有关。

22. 基底神经节的新纹状体接受来自大脑皮层广泛区域的兴奋性纤维投射,而其传出纤维从苍白球内侧部发出,经丘脑前腹核和外侧腹核接替后回到大脑皮层的运动前区和前额叶。从新纹状体到苍白球内侧部的投射有直接通路和间接通路。当大脑皮层发放的神经冲动激活新纹状体-苍白球内侧部的直接通路时,苍白球内侧部的活动被抑制,使后者对丘脑前腹核和外侧腹核的抑制性作用减弱,丘脑的活动增加,丘脑-皮层的投射系统是兴奋性的,因此,直接通路的活动最终能易化大脑皮层发动运动。由新纹状体-苍白球外侧部-丘脑底核的通路中同样存在去抑制现象,而由丘脑底核到达苍白球内侧部的投射纤维则是兴奋性的。当间接通路兴奋时,苍白球外侧部的活动被抑制,使之对丘脑底核的抑制作用减弱,加强苍白球内侧部对丘脑-皮层投射系统的抑制从而对大脑皮层发动运动产生抑制作用。正常情况下,两条通路相互拮抗,但平时以直接通路的活动为主,并保持平衡状态,一旦这两条通路中的某一环节或某种神经递质异常将引起相应的运动障碍。

24 和 25. 亨廷顿病病因是新纹状体内 GABA 能中间神经元变性或遗传性缺损,使新纹状体对苍白球外侧部的抑制作用减弱,进而加强对丘脑底核活动的抑制,引起间接通路活动减弱而直接通路活动相对增强,对大脑皮层发动运动产生易化作用,从而出现运动过多的症状,主要表现为不自主的上肢和头部的舞蹈样动作,伴肌张力降低等症状。这种不自主运动在清醒时出现,情绪激动时加重,安静时减轻,睡眠时消失。其临床上用利血平耗竭多巴胺可缓解其症状。

27. 切除绒球小结叶的猴子,或第四脑室附近患肿瘤压迫绒球小结叶的患者,不能保持身体平衡,出现步基宽、站立不稳、步态蹒跚和容易跌倒等症状,但其随意运动的协调不受影响。猫在切除绒球小结叶后可出现位置性眼震颤。

28. 小脑对肌紧张的调节既有抑制作用,也有易化作用。抑制肌紧张的区域是小脑前叶蚓部,其空间分布是倒置的。易化肌紧张的区域是小脑前叶两侧部和后叶中间部,前叶两侧部的空间安排也是倒置的。在进化过程中,小脑抑制肌紧张作用逐渐减退,而易化作用逐渐增强。所以,脊髓小脑受损后常有肌张力减退和四肢乏力的表现。

【A₂ 型题】

31. D 32. C 33. C 34. D 35. B 36. E 37. A 38. D 39. E 40. B
41. D 42. B

难题解析:

32. α 僵直是高位中枢通过前庭脊髓束直接提高 α 运动神经元的活动而实现的;而 γ 僵直则是高位中枢通过网状脊髓束,首先提高 γ 运动神经元的活动,使肌梭传入冲动增多,转而增强 α 运动神经元的活动而实现的。在猫中脑上下丘之间切断时出现的是 γ 僵直,此时切断动物腰骶部脊髓背根,可消除肌梭传入的影响,从而使后肢僵直消失;如果进一步切除小脑前叶,则能使僵直再次出现,这种僵直属于 α 僵直,因为此时背根已切断, γ 僵直已不可能发生。

39. 巴宾斯基征是用一钝物划足跖外侧,出现拇趾背屈和其他四趾外展呈扇形散开的体征称

为巴宾斯基征阳性,是一种异常的跖伸肌反射,常提示皮层脊髓束受损。成年人的正常表现是所有足趾均发生跖屈,称为巴宾斯基征阴性。正常人的巴宾斯基征(即阴性)是一种屈肌反射,由于脊髓平时受高位中枢的控制,这一原始反射被抑制而不表现出来。婴儿因皮层脊髓束发育尚不完全,成年人在深睡或麻醉状态下,也都可出现巴宾斯基阳性体征。

【B型题】

43. D 44. E 45. A 46. C 47. A 48. C 49. C

难题解析:

43和44.肌梭是长度感受器,而腱器官是张力感受器。当骨骼肌作等张收缩时,肌肉长度缩短,而张力不变,所以,肌梭的传入冲动减少,腱器官的传入冲动不变;当骨骼肌作等长收缩时,肌肉长度不变,而张力增加,所以,肌梭的传入冲动不变,腱器官的传入冲动增加。

【X型题】

50. AB 51. BCD 52. CD 53. ABCD 54. ABCD

难题解析:

51. 去大脑僵直是抗重力肌(伸肌)紧张增强的表现。其发生是由于在中脑水平切断脑干后中断了大脑皮层、纹状体等部位与脑干网状结构之间的功能联系,造成抑制区和易化区之间的活动失衡,使抑制区的活动减弱,易化区的活动明显占优势的结果。

三、简答题

1. 人体的直立姿势是如何维持的?

答:人取直立体位时,支持体重的关节由于重力影响而趋向于弯曲,从而使伸肌的肌梭受到持续的牵拉,引起被牵拉的肌肉收缩,使背部的骶棘肌、颈部以及下肢的伸肌群的肌紧张加强,以对抗关节的屈曲,保持抬头、挺胸、伸腰、直腿的直立姿势。另一原因是高位中枢不断下传冲动兴奋 γ 运动神经元,影响肌梭敏感性,进而影响 α 运动神经元兴奋性,使骨骼肌处于持续地轻微收缩状态。

2. 如何证明中枢某一部位对躯体运动的调节作用?

答:可通过电刺激或损毁某一运动区域,观察动物运动行为变化来判断该部位对运动的调节作用。例如,如果电刺激某一运动区域引起动物运动行为增强,或损毁该区域导致动物运动行为减弱,均提示该区域具有易化动物运动行为作用。

3. 在动物中脑上、下丘之间横断脑干,将会出现什么现象?为什么?

答:在麻醉动物,于中脑上、下丘之间切断脑干,肌紧张出现明显亢进,表现为四肢伸直,坚硬如柱,头尾昂起,脊柱挺硬,呈角弓反张状态,这一现象称为去大脑僵直。去大脑僵直是抗重力肌(伸肌)紧张增强的表现。去大脑僵直的发生是由于在中脑水平切断脑干后中断了大脑皮层、纹状体等部位与脑干网状结构之间的功能联系,造成抑制区和易化区之间的活动失衡,使抑制区的活动减弱,易化区的活动明显占优势的结果。

4. 基底神经节与小脑在躯体运动的调节中有何异同?

答:小脑与基底神经节都参与运动的策划和程序的编制、运动的协调、肌紧张的调节,以及本体感觉传入冲动信息的处理等活动,但二者的作用并不完全相同。基底神经节主要在运动的准备和发动阶段起作用,而小脑则主要在运动进行过程中发挥作用。另外,基底神经节主要与大脑皮层之间构成回路,而小脑除与大脑皮层形成回路外,还与脑干及脊髓有大量的纤维联系。因此,基底神经节可能主要参与运动的策划,而小脑除了参与运动的策划外,还参与运动的执行。

四、思考题

答:(1) 基底神经节 - 丘脑 - 皮质运动环路在运动调节中发挥重要作用。皮质纤维通过新纹状体(壳核和尾核)进入基底节,而基底神经节的传出部分是苍白球内侧部,苍白球内侧部的传出纤维经丘脑后又回到大脑皮层调节机体的运动。在这一环路中有两条平行的通路:一是直接通路,即纹状体 - 苍白球内侧部通路;二是间接通路,即纹状体 - 苍白球外侧部 - 丘脑底核 - 苍白球内侧部通路。直接通路活动可易化大脑皮层发动运动,而间接通路活动则抑制大脑皮层发动运动。两条通路都受中脑黑质 - 纹状体多巴胺系统的调节,多巴胺可以兴奋直接通路而抑制间接通路,从而实现两条通路的平衡,易化大脑皮层发动运动。而在帕金森患者由于中脑黑质多巴胺神经元变性,可通过间接通路使丘脑底核异常兴奋,苍白球内侧部向丘脑发出的抑制冲动增加,导致丘脑 - 皮层通路过度抑制,从而引起帕金森病的一系列临床表现。

(2) 在帕金森发病过程中,中脑黑质 - 纹状体多巴胺系统受损,通过间接通路使丘脑底核兴奋性增高,这是基底神经节输出增多,导致丘脑 - 皮层通路抑制的重要因素,因此对患者施行丘脑底核高频电刺激,可使丘脑底核突触前神经递质耗竭,抑制丘脑底核兴奋性,减弱丘脑对皮层的抑制作用,从而改善帕金森患者的一系列症状,这是临床上应用丘脑底核高频电刺激治疗帕金森病的神经生理学基础。

(葛敬岩 赵 4)

第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节

学习目标

1. 掌握 自主神经系统的结构特征和功能活动的特征,下丘脑对内脏活动的调节。
2. 熟悉 自主神经系统的功能,脊髓、脑干、边缘系统和大脑新皮质对内脏活动的调节。
3. 了解 本能行为和情绪的神经调节。

知识要点

一、自主神经系统

自主神经系统通常指中枢及其支配内脏器官的传出神经,而不包括传入神经,主要包括交感神经系统和副交感神经系统。

1. 自主神经系统的结构特征 交感神经节位于椎旁节和椎前节内,离效应器官较远,因此节前纤维短而节后纤维长;副交感神经节通常位于效应器官壁内,因此节前纤维长而节后纤维短。交感神经起自脊髓胸、腰段(T_1-L_2)侧角的神经元,副交感神经起自脑干的脑神经核和脊髓骶段(S_2-S_4)侧角的神经元。交感神经兴奋时产生的效应较广泛,而副交感神经兴奋时的效应则相对局限。

2. 自主神经系统的功能 自主神经系统的主要功能是调节心肌、平滑肌和腺体的活动,维持内环境的稳态。交感和副交感神经系统主要的递质是乙酰胆碱和去甲肾上腺素,这些神经递质均通过与相应的受体结合发挥效应。

3. 自主神经系统功能活动的基本特征:

(1) 紧张性:在安静状态下,自主神经系统持续发放一定频率的冲动,使所支配的器官处于一定程度的活动状态。

(2) 交感神经系统与副交感神经系统的协调作用:许多组织器官都受交感神经和副交感神经的双重支配,两者的作用往往相互拮抗。

(3) 受效应器所处功能状态的影响:自主神经系统的活动与效应器本身的功能状态有关。

(4) 交感神经系统与副交感神经系统的作用范围和生理意义不同:交感神经系统的活动一般比较广泛,在环境急剧变化的条件下,可以动员机体许多器官的潜在力量,促使机体适应环境的急剧变化。副交感神经系统的活动相对比较局限,其意义主要在于保护机体、休整恢复、促进消化、积蓄能量以及加强排泄和生殖功能等。

二、中枢对内脏活动的调节

1. 脊髓对内脏活动的调节 脊髓是内脏反射活动的初级中枢,基本的血管张力反射、发汗反射、排尿反射、排便反射、阴茎勃起反射等可在脊髓水平完成。

2. 脑干对内脏活动的调节 许多基本生命现象的反射调节在延髓水平已基本完成,因此延髓有“生命中枢”之称。中脑是瞳孔对光反射的中枢部位。

3. 下丘脑对内脏活动的调节 下丘脑通过其传出纤维到达脑干和脊髓,改变自主神经系统节前神经元的紧张性,从而调控多种内脏功能。下丘脑还通过整合和调控体温、水平衡、内分泌活动及生物节律等多种生理功能而间接影响内脏活动。

(1) 体温调节:视前区-下丘脑前部是基本体温调节中枢,此处存在温度敏感神经元,可感受所在部位的温度变化,并对传入的温度信息进行整合处理。

(2) 水平衡调节:水平衡包括水的摄入和排出两个方面。人体通过渴觉引起饮水,而排水则主要取决于肾脏的活动。下丘脑前部存在渗透压感受器,可根据血液中渗透压的变化调节血管升压素的合成和分泌。

(3) 对腺垂体和神经垂体激素分泌的调节:下丘脑通过垂体门脉系统和下丘脑-垂体束调节腺垂体和神经垂体内分泌激素的合成、贮存和分泌,间接影响内脏功能。

(4) 生物节律控制:下丘脑视交叉上核是哺乳动物控制日节律的关键部位,其主要作用是使源性日节律适应外界环境的昼夜节律,并使体内各组织器官的节律与视交叉上核的节律同步化。

4. 边缘系统和大脑新皮质对内脏活动的调节 边缘系统对内脏活动的调节作用复杂而多变。大脑新皮质是调控内脏活动的高级中枢。

三、本能行为和情绪的神经调节

本能行为是指动物在进化过程中形成并经遗传固定下来的对个体和种属生存具有重要意义的行为。情绪是指人类和动物对客观环境刺激所表达的一种特殊的心理体验和某种固定形式的躯体行为表现。

复习思考题

一、名词解释

1. autonomic nervous system
2. instinctual behavior

二、选择题

【A₁型题】

1. 有关副交感神经系统的叙述,正确的是

- A. 节前纤维短,节后纤维长
- B. 支配所有器官
- C. 无紧张性活动
- D. 刺激节前纤维引起的反应比较弥散
- E. 在安静时,活动较强

2. 关于交感神经系统的叙述,正确的是

- A. 节前纤维长,节后纤维短
- B. 只支配少部分器官
- C. 无紧张性活动
- D. 刺激节前纤维引起的反应比较局限
- E. 在应急或应激时,活动较强

3. 交感神经兴奋或紧张性增强

- A. 可使心肌收缩力增强
- B. 使支气管平滑肌收缩
- C. 促进胃肠运动
- D. 抑制汗腺分泌
- E. 促进糖原合成,使血糖浓度降低

4. 副交感神经的作用是

- A. 使支气管平滑肌舒张
- B. 使睫状肌收缩
- C. 抑制唾液分泌
- D. 抑制胰岛素分泌
- E. 促进糖酵解,使血糖浓度升高

5. 交感神经系统功能活动的意义在于

- A. 促进消化
- B. 保存能量
- C. 加速排泄
- D. 应付环境急剧变化
- E. 增加器官血流量

6. 下列反射的基本中枢不在脊髓的是

- A. 排便反射
- B. 排尿反射
- C. 瞳孔对光反射
- D. 血管张力反射
- E. 发汗反射

7. 被称为“生命中枢”的是

- A. 脊髓
- B. 延髓
- C. 下丘脑
- D. 丘脑
- E. 大脑皮质

8. 生理活动的基本中枢不在延髓的是

- A. 心脏活动
- B. 血管活动
- C. 呼吸运动
- D. 消化管运动
- E. 体温调节

9. 下丘脑具有多种较高级的整合功能,但不包括

- A. 调节饮水
- B. 调节体温
- C. 调节肌紧张
- D. 调节情绪反应
- E. 调节摄食行为和自主神经活动

10. 下丘脑控制日周期节律中心的核团是

- A. 视交叉上核
- B. 视上核
- C. 室旁核
- D. 下丘脑前核
- E. 下丘脑后核

11. 破坏一脑区,可引起动物拒食,该脑区是

- A. 中脑
- B. 边缘叶
- C. 下丘脑前部
- D. 下丘脑外侧区
- E. 下丘脑腹内侧核

12. 刺激一脑区,可引起动物拒食,该脑区是

- A. 中脑
- B. 脊髓
- C. 下丘脑前部

- D. 下丘脑外侧区 E. 下丘脑腹内侧核
13. 下丘脑的防御反应区主要位于
A. 前区 B. 视前区 C. 腹内侧区
D. 背内侧区 E. 外侧区
14. 脑内与愉快情绪有关的系统是
A. 副交感神经系统 B. 交感神经系统 C. 边缘系统
D. 奖赏系统 E. 惩罚系统
15. 脑内与痛苦情绪有关的系统是
A. 副交感神经系统 B. 交感神经系统 C. 边缘系统
D. 奖赏系统 E. 惩罚系统
16. 中枢内与奖赏系统密切相关的通路是
A. 脑干网状结构上行激动系统 B. 黑质 - 纹状体多巴胺能通路
C. 中脑腹侧被盖 - 伏隔核多巴胺能通路 D. 结节 - 漏斗多巴胺能通路
E. 中缝背核 5-羟色胺能系统

【A₂型题】

*17. 45岁男性,因车祸外伤致左下肢流血不止,查体动脉血压 80/50mmHg,初步诊断为外伤致失血过多。此患者不会出现的表现是

- A. 瞳孔缩小 B. 心率加快 C. 皮肤黏膜苍白
D. 血糖浓度升高 E. 外周血红细胞浓度升高

*18. 35岁女性,最近常出现心悸、胸闷、食欲缺乏、胃胀、头痛、头晕、失眠、记忆力减退、怕冷等症状,最可能的诊断是

- A. 冠心病 B. 胃肠炎 C. 高血压
D. 阿尔茨海默病 E. 自主神经功能失调

19. 30岁女性,多次吸食海洛因后出现渴求感(想要复吸),心慌,不自觉流泪、流涕,打哈欠,浑身疼痛等成瘾症状,该毒品激活脑内的系统是

- A. 惩罚系统 B. 奖赏系统 C. 自主神经系统
D. 防御反应系统 E. 网状结构上行激动系统

20. 40岁男性,体重明显偏胖,食量大,体质指数(body mass index, BMI)为 30,各项医学检查均未发现明显异常,临床诊断为单纯性肥胖。控制摄食和饱感中枢位于

- A. 脊髓 B. 延髓 C. 丘脑
D. 下丘脑 E. 大脑皮质

【B型题】

(21~22题共用备选答案)

- A. 肾上腺素 B. 去甲肾上腺素 C. γ -氨基丁酸
D. 乙酰胆碱 E. 5-羟色胺

21. 交感神经节前纤维释放

22. 支配皮肤黏膜血管的交感神经节后纤维释放

(23~26题共用备选答案)

- A. 延髓 B. 中脑 C. 下丘脑前部
D. 下丘脑外侧区 E. 下丘脑腹内侧核

23. 瞳孔对光反射的中枢位于

24. 渗透压感受器位于

25. 摄食中枢位于

26. 饱中枢位于

【X型题】

27. 自主神经系统功能活动的特征有

A. 紧张性活动

B. 大多数器官为双重神经支配

C. 调节作用与该效应器的功能状态无关

D. 交感与副交感神经的作用往往相互拮抗

28. 交感神经系统活动的一般功能特征和意义有

A. 其功能活动较为广泛

B. 对胃肠道平滑肌活动有抑制作用

C. 对心脏活动有增强作用

D. 动员机体潜力以应对环境急剧变化

29. 副交感神经系统活动的一般功能特征和意义有

A. 其功能活动较为广泛

B. 对消化系统活动有抑制作用

C. 活动度大小与效应器功能状态有关

D. 有利于机体的休整恢复和能量蓄积

30. 下列各部分脑区中,参与调节摄食行为的有

A. 下丘脑

B. 杏仁

C. 大脑皮质

D. 脑干网状结构

三、简答题

1. 试比较交感神经系统与副交感神经系统的结构特征和功能特征。

2. 试述下丘脑对内脏功能活动的调节。

四、思考题

患者,女,45岁,以心悸、头痛3个月就诊,自诉感觉心脏好像要跳出来,手脚冰凉,常感到恶心、呕吐,视物模糊。查体:心率112次/分,血压230/125mmHg。实验室检查:尿香草扁桃酸(3-methoxy-4-hydroxymandelic acid, VMA)1249.8 μ mol/24h(正常值24.98~70.2 μ mol/24h),该结果几乎可以确诊此患者患有嗜铬细胞瘤。影像学检查:CT扫描可见右侧肾上腺内有一约3.5cm包块。临床诊断:右肾上腺嗜铬细胞瘤。在等待手术切除肿块期间,该患者服用 α_1 肾上腺素能受体拮抗剂哌唑嗪和 β 肾上腺素能受体拮抗剂普萘洛尔。在血压降至140/90mmHg时,外科医生对该患者成功实施肾上腺肿瘤手术切除。手术后患者完全康复,其动脉血压恢复正常,其他症状亦消失。问题:

(1) 何谓嗜铬细胞瘤?为什么尿液香草扁桃酸水平升高意味着患有嗜铬细胞瘤?为什么必须测定24小时尿液,而不是一次尿液的香草扁桃酸?

(2) 根据嗜铬细胞瘤的病理生理改变,应用生理学知识解释该患者的临床症状,哪些受体参与上述症状?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 自主神经系统:通常指中枢及其支配内脏器官的传出神经,而不包括传入神经,主要包括交感神经系统和副交感神经系统。

2. 本能行为:动物在进化过程中形成并经遗传固定下来的对个体和种属生存具有重要意义的行为。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. E 3. A 4. B 5. D 6. C 7. B 8. E 9. C 10. A
11. D 12. E 13. C 14. D 15. E 16. C

【A₂型题】

17. A 18. E 19. B 20. D

难题解析

17. 大量失血时,动脉血压下降,通过反射使交感神经系统活动增强,引起心率加快(B),皮肤黏膜血管收缩,呈苍白色(C),糖酵解增强,血糖浓度升高(D),外周血红细胞数量增多(E),瞳孔开大肌收缩,瞳孔散大。故本题答案是A。

18. 患者的表现为多系统多器官症状,无法用单一原因解释,如果进一步检查,一般也不见器质性病理改变,这种情况最可能原因是自主神经功能失调。故本题答案是E。

【B型题】

21. D 22. B 23. B 24. C 25. D 26. E

【X型题】

27. ABD 28. ABCD 29. CD 30. ABC

三、简答题

1. 试比较交感神经系统与副交感神经系统的结构特征和功能特征。

答:见表10-16。

表 10-16 交感神经系统与副交感神经系统的结构特征和功能特征的比较

项目	交感神经系统	副交感神经系统
中枢起源	脊髓胸腰段(T ₁ ~L ₃ 灰质侧角)	脑神经核(Ⅲ、Ⅶ、Ⅸ、X)、S ₂₋₄ 中间外侧核
神经节位置	远离效应器	效应器壁内
节前纤维长度	短	长
节后纤维长度	长	短
节前纤维:节后纤维	1:11~1:17	1:2
支配效应器范围	广泛	局限
兴奋时效应范围	较广泛	较局限
节前纤维释放的递质	乙酰胆碱	乙酰胆碱
节后纤维释放的递质	去甲肾上腺素;乙酰胆碱(支配汗腺和骨骼肌舒血管的纤维)	乙酰胆碱(绝大多数)
活动明显增加的时间	环境急剧变化时	安静
对整体生理功能调节的意义	动员机体潜力,提高适应能力,应付环境急剧变化	保护机体、休整恢复、促进消化、积蓄能量以及加强排泄和生殖功能

2. 试述下丘脑对内脏功能活动的调节。

答:参见知识要点。

四、思考题

答:(1) 嗜铬细胞,是构成肾上腺髓质的分泌细胞。嗜铬细胞瘤(pheochromocytoma, PHEO)是由嗜铬细胞所形成的肿瘤,肿瘤细胞大多来源于肾上腺髓质,少数来源于肾上腺外的嗜铬细胞。由于肿瘤或增生细胞阵发或持续性分泌过量的儿茶酚胺(CA)等激素,而导致血压异常(常表现为高血压)与代谢紊乱综合征。香草扁桃酸是肾上腺素和去甲肾上腺素的主要代谢产物。肾上腺素和去甲肾上腺素在儿茶酚邻位甲基转移酶和单胺氧化酶作用下,生成代谢终产物香草扁桃酸,由尿液排出。嗜铬细胞瘤由于产生大量肾上腺素和去甲肾上腺素,因此尿液香草扁桃酸水平升高。因为肿瘤细胞常呈脉冲样分泌激素,所以必须收集24小时尿液加以测定。

(2) 患者的症状可用儿茶酚胺的生理学效应来解释。其主要症状在心血管系统:心悸,心率加快,动脉血压明显升高,手脚冰冷。这些症状的产生由于体内的去甲肾上腺素、肾上腺素等儿茶酚胺明显增多,通过作用靶器官、靶组织、靶细胞上的受体而引起的。去甲肾上腺素、肾上腺素作用于心肌上的 β_1 受体使心率加快,心肌收缩力增强,导致心率、脉搏加快,感觉心脏好像要跳出来;作用于皮肤血管平滑肌上 α_1 受体,使血管收缩,血流量较少,导致手脚冰凉;作用于瞳孔开大肌上 α_1 受体,使其收缩扩大瞳孔,球面像差和色像差增大,作用于睫状肌上 β_2 受体,使其舒张,晶状体变扁平,折光能力降低,成像于视网膜之后,导致视物模糊。儿茶酚胺对胃肠道的作用包括使胃肠道平滑肌舒张(α_2 和 β_2 受体)、胃肠括约肌收缩(α_1 受体)等,儿茶酚胺对胃肠平滑肌和括约肌的作用将减慢食糜通过消化道的速度,由此可导致恶心、呕吐。

(孟凯 闫剑群)

第五节 脑电活动以及睡眠和觉醒

学习目标

1. 掌握 睡眠的两种状态,即非快眼动睡眠和快眼动睡眠。
2. 熟悉 正常脑电图的波形和不同状态下脑电波形的变化。
3. 了解 脑电波形成的机制;皮层诱发电位;调控觉醒与睡眠的相关脑区;调节觉醒和睡眠的内源性物质。

知识要点

一、脑电活动

脑电活动有自发脑电活动和皮层诱发电位两种不同形式。

(一) 自发脑电活动

1. 脑电图的波形 按脑电波的频率可将其分为 α 波、 β 波、 θ 波和 δ 波4种基本波形,各波可在皮层不同区域引出。正常脑电波的特征、常记录到的部位和出现条件见表10-17。 α 波常表现为波幅由小变大、再由大变小,反复变化而形成 α 波梭形,成年人在清醒、安静并闭眼时出现,睁眼或接受其他刺激时立即消失而呈快波(β 波),这一现象称为 α 波阻断。

表 10-17 正常脑电波的特征、常见部位和出现条件

脑电波	频率(Hz)	幅度(μ V)	常可记录到的部位	出现条件
α	8~13	20~100	枕叶	成人安静、闭眼、清醒时
β	14~30	5~20	额叶、顶叶	成人活动时
θ	4~7	100~150	额叶、顶叶	少年正常脑电,或成人困倦时
δ	0.5~3	20~200	额叶、枕叶	婴幼儿正常脑电,或成人熟睡时

2. 脑电波形的变动 脑电波形可因记录部位及人体所处状态不同而有明显差异。在睡眠时脑电波呈现高波幅慢波(同步化),而在觉醒时呈现低波幅快波(去同步化)。

3. 脑电波形成的机制 脑电波是由大量神经元同步发生的突触后电位经总和后形成的,而突触后电位总和的结构基础是锥体细胞在皮层排列整齐,其顶树突相互平行,并垂直于皮层表面,因此其同步活动易发生总和而形成强大的电场,从而改变皮层表面电位。大量皮层神经元的同步电活动与丘脑的功能有关。

(二) 皮层诱发电位

皮层诱发电位是指感觉传入系统或脑的某一部位受到刺激时,在大脑皮层一定部位引出的电位变化。诱发电位一般包括主反应、次反应和后发放三部分。

二、睡眠与觉醒

(一) 睡眠的两种状态及生理意义

睡眠分为非快眼动(NREM)睡眠和快眼动(REM)睡眠。NREM 睡眠的脑电图呈现高幅慢波,也称慢波睡眠,而 REM 睡眠的脑电波和觉醒期的脑电波类似,表现为低幅快波,故又称快波睡眠或异相睡眠。两个不同时相睡眠的比较见表 10-18。

表 10-18 快眼动睡眠和非快眼动睡眠的比较

	非快眼动睡眠	快眼动睡眠
脑电波	同步化慢波	去同步化快波
各种感觉功能	暂时减退	明显减退
运动反射和肌紧张	减弱	进一步减弱
交感神经活动	降低,但发汗 $\uparrow$,尿量 $\downarrow$	进一步减弱,但有间断的阵发性表现
做梦	少见	多见
脑的耗氧量	不变	增加
生长激素分泌	增多	无明显变化
脑内蛋白质合成	无明显改变	加快,有利于建立新突触联系
生理意义	促进生长和体力恢复	促进学习记忆和精力恢复 有利于幼儿神经系统成熟

(二) 觉醒与睡眠的产生机制

1. 与觉醒有关的脑区 非特异投射系统接受脑干网状结构的纤维投射,其功能是维持和改变大脑皮层的兴奋状态,具有上行唤醒作用。刺激猫的中脑网状结构可将其从睡眠中唤醒,脑电波呈

2. 与睡眠有关的脑区

(2) 促进 REM 睡眠的脑区:REM 睡眠与脑桥被盖外侧区胆碱能神经元的活动有关。这些神经被称为 REM 睡眠启动神经元,在 REM 睡眠时电活动明显增加,不仅能引起脑电发生去同步化,还能激发脑桥-外侧膝状体-枕叶锋电位,是快眼动睡眠的启动因素。

复习思考题

一、名词解释

1. alpha block

2. non-rapid eye movement sleep

二、选择题

【A₁型题】

1. 脑电图对于以下哪种疾病的诊断有更好的诊断价值

A. 抑郁症

B. 精神分裂症

C. 焦虑症

D. 智力低下

E. 癲癇

2. 大脑皮层处于紧张活动时脑电活动主要表现为

A. α 波

B. β 波

C. δ 波

D. k 复合波

E. θ 波

*3. 与觉醒状态维持有关的神经递质是

A. 腺苷

B. 前列腺素 D₂

C. 组胺

D. 生长激素

E. 褪黑色素

4. 皮层诱发电位

A. 运动传导途径受刺激引起

B. 出现于大脑皮层的广泛区域

C. 主反应为先负后正的电位变化

D. 与非特异投射系统活动有关

E. 可用于了解各种感觉在皮层的投射定位

5. 关于脑干网状结构上行激动系统的描述, 正确的是

A. 通过丘脑特异投射系统发挥作用

B. 兴奋后脑电波呈现同步化慢波

C. 可维持大脑皮层的兴奋状态

D. 神经元的联系在此高度会聚,使各种特异感觉的传入具有专一性

E. 是一个多递质系统,不易受药物的影响

6. 非快眼动睡眠的特征是

A. 脑电呈去同步化的慢波

B. 多梦

C. 生长激素分泌减少

D. 促进生长和体力恢复

E. 促进神经系统发育成熟

7. 快眼动睡眠的生物学意义是

A. 促进机体的生长发育

B. 促进学习记忆和精力的恢复

C. 促进生长激素的释放

D. 促进细胞增殖和分化

E. 增进食欲和促进消化吸收

【A₂型题】

8. 患儿,女童,12岁,不明原因反复出现阵发性抽搐1年多,发作时肢体抽搐,伴意识暂时丧失,大小便失禁,每次持续数分钟,脑电图检测结果显示为棘波和尖波,根据上述表现首先考虑是哪钟疾病

A. 脑出血

B. 急性心肌梗死

C. 精神分裂症

D. 癫痫

E. 脑膜炎

*9. 患儿,男性,9岁,经常在白天表现出不可抗拒的睡意或睡眠发作,小睡后患儿精神状态良好;患儿也常常伴有猝倒发作。最有可能考虑的疾病是

A. NREM睡眠行为异常

B. 癫痫发作

C. REM睡眠行为异常

D. 发作性睡病

E. 精神分裂症

10. 如果在中脑头端切断网状结构,动物将出现

A. 脊休克现象

B. 去大脑僵直现象

C. 站立不稳表现

D. 持久的昏睡状态

E. 运动共济失调

11. 长期睡眠严重不足后,下面哪一项描述是错误的

A. 任其自然睡眠,睡眠时间将明显增加

B. 将出现失眠现象

C. 记忆力减退

D. 可引起精神症状

E. REM睡眠被剥夺后,觉醒状态可直接进入REM睡眠

【B型题】

(12~13题共用备选答案)

A. 下丘脑腹外侧视前区

B. 下丘脑视交叉上核

C. 脑干网状结构

D. 下丘脑室旁核

E. 脑桥头端被盖外侧区

12. 哺乳动物昼夜节律的起搏点位于

13. 刺激后能将深睡的动物唤醒的脑结构是

(14~15题共用备选答案)

A. α 波

B. β 波

C. δ 波

D. θ 波

E. σ 波

14. 正常成年人白天清醒时的脑电波为

15. 成人入睡后,或处于极度疲劳或麻醉时的脑电波一般为

(16~17题共用备选答案)

A. 脑电呈现同步化慢波

B. 生长激素分泌减少

C. 肾上腺皮质激素分泌减少

D. 骨骼肌紧张增强

E. 眼球快速运动、躯体抽动等阵发性表现

16. 非快眼动睡眠的特点是

17. 快眼动睡眠的特点是

【X型题】

18. 快眼动睡眠与非快眼动睡眠的区别是

A. 感觉功能和肌张力更加减弱

B. 可出现阵发性交感兴奋表现

C. 多梦

D. 脑电表现去同步化快波

19. 皮层诱发电位

A. 由刺激感觉传入系统所引起的

B. 出现于大脑皮层某一局限部位

C. 一般包括主反应、次反应和后发放三部分

D. 可用于大脑皮层的功能定位

20. 脑电 δ 波

A. 正常人清醒状态下可出现

B. 为高幅慢波

C. 成人极度疲劳或深睡眠时出现

D. 癫痫发作时可记录到

21. 与调节睡眠有关的神经递质有

A. 腺苷

B. 前列腺素 D_2

C. 组胺

D. 生长激素

*22. 觉醒状态的维持

A. 与脑干网状上行激动系统的作用有关

B. 与激活下丘脑视前区腹外侧部神经元有关

C. 与丘脑非特异性投射系统作用有关

D. 与激活脑桥 - 外侧膝状体 - 枕叶电位有关

三、简答题

为什么快眼动睡眠又称为异相睡眠? 此期睡眠有何生理意义?

四、思考题

患者, 男性, 76岁。自60岁至今, 经常在睡眠时大声呼喊, 伴有各种肢体动作, 以后随病情发展, 患者可在夜间起床, 持械毁物, 并多次跌倒。配偶在其发作时将其唤醒后, 患者多诉正在做噩梦。入院后进行多项临床指标检查, 多导睡眠监测结果显示该患者在 REM 睡眠期的肌肉张力明显增高。问题:

(1) 本病属于哪种睡眠障碍? 为什么?

(2) 患者在 REM 睡眠期为什么会出现上述行为表现?

参考答案与题解

一、名词解释

1. α 波阻断: α 波在枕叶皮层最为显著, 成年人在清醒、安静并闭眼时出现, 睁眼或接受其他刺激时立即消失而呈快波 (β 波), 这一现象称为 α 波阻断。

2. 非快眼动睡眠: 脑电图呈现高幅慢波, 各种感觉及骨骼肌反射、呼吸、循环和交感神经活动等较清醒时减弱, 不伴眼球的剧烈运动, 可分为四期, I、II 期称“浅睡眠”, III、IV 期称为“深睡眠”, 也称“慢波睡眠”。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. B 3. C 4. E 5. C 6. D 7. B

难题解析

3. 觉醒的产生与脑干网状结构的有关,网状结构是个多递质系统,大多数神经元上行和下行纤维的递质是谷氨酸,静脉注射阿托品也能阻断脑干网状结构对脑电的唤醒作用。此外,与觉醒有关的脑区和投射系统还有许多,如脑桥蓝斑去甲肾上腺素能系统、低位脑干的中缝背核 5-羟色胺能系统、脑桥头端被盖胆碱能神经元、中脑黑质多巴胺能系统、前脑基底部胆碱能系统、下丘脑结节乳头体核组胺能神经元和下丘脑外侧区的增食因子能神经元等。

【A₂型题】

8. D 9. D 10. D 11. B

难题解析

9. 发作性睡病是一种原因不明的慢性睡眠障碍,临床上以不可抗拒的短期睡眠发作为特点,多于儿童或青年期发病。主要表现为白天有不可抗拒的短暂睡眠发作,不能自制,很快即进入睡眠状态,睡眠一般持续数分钟,醒后感到精力充沛、头脑清楚,醒后数分钟后又突然入睡,每日可发作多次,常常伴有猝倒发作。

11. 在 REM 睡眠期,机体的各种感觉进一步减退,肌紧张减弱,交感神经活动进一步降低,下丘脑体温调节功能明显减退,表明其睡眠深度要比慢波睡眠更深。此外,REM 睡眠阶段尚有躯体抽动、眼球快速运动及血压升高、心率加快、呼吸快而不规则等间断的阵发性表现。若在此期间被唤醒,74%~95% 的人会诉说正在做梦。睡眠时出现拳打脚踢、翻滚喊叫,常会引起自伤或伤及同睡者,说明肌张力明显增加,提示为 REM 睡眠行为障碍。

【B型题】

12. B 13. C 14. B 15. D 16. A 17. E

【X型题】

18. ABCD 19. ABCD 20. BC 21. ABD 22. AC

难题解析

22. 觉醒的产生与脑干网状结构上行激动的活动有关。脑干网状结构上行激动系统是感觉传导路上行经脑干网状结构时,发出侧支多次换元,经多突触联系形成的。其上行冲动在丘脑换元后通过非特异性投射,弥散地投射到大脑皮层广泛区域,使大脑皮层处于兴奋状态以维持觉醒。

三、简答题

为什么快眼动睡眠又称为异相睡眠? 此期睡眠有何生理意义?

答:快眼动睡眠阶段,各种感觉明显减弱,但脑电活动与觉醒期类似,呈现去同步化快波,行为表现和脑电变化不一致,因此又称异相睡眠。此期脑内蛋白质合成加快,脑的耗氧量和血流量增多。因此,快眼动睡眠与幼儿神经系统的成熟及新突触联系的建立有密切关系,因而能促进学习与记忆以及精力恢复。但是,REM 睡眠期间出现的阵发性表现可能与某些疾病易于在夜间发作有关,如哮喘、心绞痛、阻塞性肺气肿缺氧发作等。

四、思考题

答:(1) REM 睡眠行为障碍表现为 REM 睡眠期肌张力升高,并出现与梦境相关的复杂行为,根据患者脑电图检查结果,并结合在 REM 睡眠中所表现的异常行为,该患者可被诊断为 REM 睡眠

行为障碍。

(2) 梦境通常发生在 REM 睡眠期,正常人在 REM 睡眠期由于全身肌肉张力几乎完全消失,梦境中的行为不会付诸现实。而 REM 睡眠行为障碍患者由于在 REM 睡眠期肌肉张力增高,梦境中的内容会“如法炮制”,因此出现上述行为,伤人伤己。

(葛敬岩 赵华)

第六节 脑的高级功能

学习目标

1. 掌握 记忆的形式;大脑皮层的语言中枢。
2. 熟悉 人类的记忆过程和遗忘;大脑皮层语言功能的一侧优势。
3. 了解 学习和记忆形成的神经生物学机制;两侧大脑皮层功能的相关;大脑皮层的其他认知功能。

知识要点

一、学习和记忆

学习指人和动物从外界环境获取新信息的过程,记忆指大脑将获取的信息进行编码、储存及提取的过程。学习和记忆是两个密不可分的动态过程。学习是记忆的前提,而记忆是学习的结果。

(一) 学习的形式

1. 非联合型学习 不需要在两种刺激或刺激与反应之间建立联系,只要单一刺激的重复进行即可产生。习惯化和敏感化属于非联合型学习。
2. 联合型学习 两种刺激或一种行为与一种刺激之间在时间上很接近地重复发生,最后在脑内逐渐形成联系的过程。

(二) 记忆的形式

1. 陈述性记忆和非陈述性记忆

(1) 陈述性记忆:指与特定的时间、地点和任务有关的事实或事件的记忆,能进入人的主观意识,可用语言表述出来,或作为影像形式保持在记忆中,但容易遗忘。

(2) 非陈述性记忆:指对一系列规律性操作程序的记忆,是一种下意识的感知及反射,一旦形成则不容易遗忘,与意识无关。

2. 短时程记忆和长时程记忆

(1) 短时程记忆:其特点是保存时间短,仅几秒到几分钟,容易受干扰,不稳定,记忆容量有限。

(2) 长时程记忆:其特点是保留时间长,可持续几小时,几天或几年,甚至为永久记忆。

(三) 人类的记忆过程和遗忘

1. 人类的记忆过程 可分为四个阶段,即感觉性记忆、第一级记忆、第二级记忆和第三级记忆。前两个阶段相当于短时程记忆,后两个阶段相当于长时程记忆。

2. 遗忘 遗忘是指部分或完全失去记忆和再认的能力,是一种不可回避的生理现象,但并不

意味记忆痕迹的完全消失。临床上把由于脑疾患引起的记忆障碍,称为遗忘症,分为顺行性遗忘症和逆行性遗忘症两种。

(四) 学习和记忆的机制

1. 参与学习和记忆的脑区 目前已知中枢神经系统有多个脑区参与学习和记忆过程,包括大脑皮层联络区、海马及其邻近结构、杏仁核、丘脑及脑干网状结构等。

2. 突触可塑性 突触可塑性是学习和记忆的神经生物学基础。突触结构(如新突触形成、已有突触体积变大等)和生理功能的改变(通道敏感性的变化、受体数目的变化等)都可以引起其传递效能的改变。根据突触可塑性变化维持时间的长短,分为短时程改变和长时程改变。突触效能的短时程改变包括突触易化、突触压抑、强直后增强、增高等形式。这些改变都与突触活动时 Ca^{2+} 在突触前神经元胞体及末梢内积聚以及随后的离去密不可分。

3. 脑内蛋白质和递质的合成 从神经生物化学的角度来看,较长时间的记忆必然与脑内的物质代谢有关,尤其是与脑内蛋白质的合成有关。此外,学习和记忆也与脑内某些神经递质的功能有关,包括乙酰胆碱、去甲肾上腺素、谷氨酸、GABA 以及血管升压素和脑啡肽等。

二、语言和其他认知功能

(一) 大脑皮层语言功能的一侧优势

人类两侧大脑半球的功能是不对等的,习惯使用右手的成年人,其语言活动中枢主要在左侧大脑皮层,因此左侧大脑皮层为语言的优势半球。一侧优势现象虽与遗传有关,但主要是在后天生活中逐步形成的。右侧半球在非词语性的认知功能上占优势,如对空间辨认、深度知觉、触-压觉认识、图像视觉认识、音乐欣赏分辨等。

(二) 大脑皮层的语言中枢

大脑皮层不同的语言功能区损伤后,可引起相应的语言功能障碍,称之为失语症。临床上常见的几种失语症的主要表现和皮层损伤部位见表 10-19。

表 10-19 几种失语症的主要表现和皮层受损部位

失语症	主要表现	损伤部位
感觉失语症	可以讲话及书写,也能看懂文字,但听不懂别人的谈话	颞上回后部
运动失语症	可以看懂文字,能听懂别人谈话,但自己却不会讲话	Broca 区
失读症	看不懂文字,但其视觉却是良好的	角回
失写症	不会书写,其手部的其他运动并不受影响	额中回后部
流畅失语症	说话正常,有时说话过度,但言不达意,对别人的说话和文字的理解能力也有明显缺陷	左侧颞叶后部或 Wernicke 区
传导性失语	语言的输出和理解都正常,仅是对部分词不能很好地组织或想不起来	弓状束

(三) 大脑皮层的其他认知功能

大脑皮层除语言活动功能外,还有许多其他认知功能。前额叶皮层参与短时程情景式记忆和情绪活动,颞叶联络皮层可能参与听、视觉的记忆,而顶叶联络皮层则可能参与精细躯体感觉和空间深度感觉的学习等。右侧顶叶损伤表现为穿衣失用症,额顶部损伤的患者出现失算症,右侧颞中叶损伤常引起病人视觉认知障碍,可出现面容失认症。

(四) 两侧大脑皮层功能的关联

人类的两侧大脑皮层在功能上出现互补性专门化的分化,但并不互相隔绝,而是能够互通信息,相互配合的,未经学习的一侧在一定程度上能获得另一侧皮层经过学习而获得的某种认知功能。人类大脑两半球之间的胼胝体连合纤维对完成一般感觉、视觉及双侧运动的协调功能起重要作用,通过连合纤维,一侧皮层的学习活动功能可传送到另一侧皮层。

复习思考题

一、名词解释

1. nondeclarative memory
2. dominant hemisphere

二、选择题

【A₁型题】

1. 非联合型学习
 - A. 需要两种刺激或刺激与反应间的联合
 - B. 习惯化不属于非联合型学习
 - C. 敏感化不属于非联合型学习
 - D. 人体不存在非联合型学习
 - E. 单一刺激的重复进行即可产生
2. 关于联合型学习的描述,错误的是
 - A. 两个事件在时间上很靠近地重复发生
 - B. 条件反射属于联合型学习
 - C. 需要大脑皮层的参与
 - D. 突触的习惯化和敏感化是形成的基础
 - E. 过目不忘不属于联合型学习
3. 下列哪项是关于非陈述性记忆的描述
 - A. 受意识控制
 - B. 需要海马、杏仁核和其他边缘系统的参与
 - C. 游泳、开车、演奏乐器等技巧性动作的记忆均属于非陈述性记忆
 - D. 不需要重复练习即可形成
 - E. 容易忘记
- *4. 关于长时程记忆的描述,哪一项是正确的
 - A. 记忆容量有限
 - B. 影像记忆属于长时程记忆
 - C. 操作记忆属于长时程记忆
 - D. 需要对时间上分离的信息加以整合
 - E. 反复运用和强化是形成长时程记忆的基础
5. 下列关于遗忘的描述,正确的是
 - A. 遗忘是一种不正常的生理现象
 - B. 是条件刺激长时间得不到强化而引起的
 - C. 脑震荡可引起顺行性遗忘症
 - D. 信息进入长时程记忆就不会产生遗忘
 - E. 遗忘意味着记忆痕迹完全消失
- *6. 逆行性遗忘发生的可能机制是

- A. 感觉性记忆发生紊乱 B. 第一级记忆发生紊乱
C. 第二级记忆发生紊乱 D. 第三级记忆发生紊乱
E. 海马环路的损害
7. 长时程记忆障碍主要与下列哪个部位受损有关
A. 大脑皮层 B. 纹状体 C. 海马
D. 小脑 E. 下丘脑
8. 习惯于用右手的人,其左侧大脑半球的优势主要表现在
A. 空间辨认 B. 语言活动 C. 深度知觉
D. 音乐欣赏 E. 精巧的运动功能
9. 大脑次要半球的优势功能是
A. 特异感觉功能 B. 语言功能 C. 躯体运动调节
D. 内分泌调节功能 E. 非词语性的认知功能
10. 下列哪个脑区的损害不会引起语言功能障碍
A. 颞上回后部 B. Broca 区 C. 角回
D. 大脑皮层顶叶 E. 额中回后部接近中央前回手部代表区
11. 运动失语症表现为
A. 看不懂文字 B. 听不懂别人谈话
C. 与发音有关的肌肉麻痹 D. 不能用语言来表达
E. 说话正常,但词不达意
12. 感觉性失语表现为
A. 能听懂别人谈话 B. 看不懂文字
C. 能听到别人的发音,但是听不懂说话的含义 D. 自己不会讲话
E. 不能组织语言

【A₂型题】

患者,男性,75岁,因突发右侧肢体运动障碍伴有言语不清入院。查体检查发现病人能听懂别人谈话,但表达不出来,需要借助于写字进行交流,不能完全配合检查。医生建议头部CT检查,结果显示脑梗死。根据上述症状回答下列问题:

13. 该患者的语言障碍属于哪种类型
A. 感觉性失语 B. 运动性失语 C. 失读症
D. 传导性失语 E. 流畅性失语
14. 下列哪一部位损伤最可能引起该语言障碍
A. 顶叶 B. 颞叶 C. 额叶
D. Broca 区 E. 角回

*15. 患者,男性,62岁,长期嗜酒,注意力涣散,记忆力和判断力下降,医生诊断为“慢性酒精中毒”,其最常出现的记忆障碍的特点是

- A. 顺行性遗忘 B. 逆行性遗忘 C. 近期记忆无障碍
D. 不能回忆起以前发生的事 E. 对新事物的学习不受影响

*16. 一车祸患者,出现短暂昏迷,持续数分钟,随后清醒。主诉头痛、恶心,随即发生呕吐。入院后神经系统检查无阳性体征,头部CT检查无明显异常,但对发生车祸时的情况和受伤经过说不清楚。该患者诊断为脑震荡,留院观察。其出现的记忆障碍属于

A. 顺行性遗忘

D. 远期记忆障碍

B. 逆行性遗忘

E. 第三级记忆发生紊乱

C. 近期记忆障碍

【B型题】

(17~18题共用备选答案)

A. 小脑

B. 海马

C. 纹状体

D. 前额叶皮层

E. 内侧颞叶

17. 协调短时程记忆形成的脑区是

18. 长时程记忆的形成中起重要作用的脑区是

(19~20题共用备选答案)

A. 感觉性失语症

B. 运动性失语症

C. 流畅失语症

D. 失读症

E. 穿衣失用症

19. 左侧大脑皮层的角回后部损伤时可产生

20. 左侧大脑皮层的 Wernicke 区损伤时可产生

【X型题】

*21. 关于学习和记忆机制的描述,正确的是

A. 海马是与学习和记忆有密切联系的脑区

B. 神经元活动的后发放是感觉性记忆的基础

C. 学习记忆与脑内蛋白质的合成有关

D. 海马内 LTP 增加表示学习记忆活动增强

22. 脑自然衰老出现的记忆功能减退是

A. 新近记忆

B. 短时记忆障碍

C. 对早年经历的记忆时常记不起来,但可形成新的记忆

D. 其发生机制与信息不能从第一级记忆转入第二级记忆有关

23. 下列哪些神经递质和调质有益于学习和记忆

A. 去甲肾上腺素

B. 脑啡肽

C. 催产素

D. 多巴胺

三、简答题

1. 简述人类的记忆过程。

2. 比较顺行性遗忘和逆行性遗忘有何不同?

四、思考题

患者,男性,48岁,因言语模糊10天收入院。患者入院前15天遭遇车祸,被当地医院诊断为头部外伤,头皮血肿。查体可见:病人可以讲话,能看懂文字,也能书写,但不能听懂别人的谈话,病人并非听不到别人的发音而是听不懂谈话的含义,因此检查时不能完全配合。病人四肢肌张力正常(5级),四肢腱反射对称正常,双下肢跖反射消失,双下肢病理征(-),颈强(-)。入院时头颅CT可见额上回后部有出血灶。既往体健。问题:

(1) 患者表现出哪种语言障碍?

(2) 为什么患者可以说话,但不能理解他人讲话的含义?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 非陈述性记忆:指对一系列规律性操作程序的记忆,是一种下意识的感知及反射,又称为反射性记忆。它不依赖于意识和认知过程,而是在重复多次的练习中逐渐形成,并且一旦形成则不容易遗忘。

2. 优势半球:语言中枢所在的大脑半球称为优势半球。在人类,两侧大脑半球的功能是不对等的,习惯使用右手的成年人,其语言活动中枢主要在左侧大脑皮层。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. D 3. C 4. E 5. B 6. C 7. C 8. B 9. E 10. D
11. D 12. C

难题解析

4. 长时程记忆的特点是保留时间长,可持续几小时、几天或几年。有些记忆甚至可保持终生,称为永久记忆。长时程记忆的形成是在海马和其他脑区内对信息进行分级加工处理的动态过程。短时程记忆可向长时程记忆转化,促进转化的因素是反复运用和强化。人类的长时程记忆是一个庞大而持久的储存系统,其容量几乎没有限度。

6. 一些非特异性脑疾患(如脑震荡、电击等)和麻醉均可引起逆行性遗忘。其发生机制可能是由于第二级记忆发生紊乱,而第三级记忆却不受影响。

【A₂型题】

13. B 14. D 15. A 16. B

难题解析

15. 顺行性遗忘症指患者不能再形成新的记忆,而已形成的记忆则不受影响,多见于慢性酒精中毒患者。

16. 逆行性遗忘症是指患者不能回忆发生记忆障碍之前一段时间的经历,但仍可形成新的记忆。一些非特异性脑疾患(如脑震荡、电击等)和麻醉均可引起逆行性遗忘。

【B型题】

17. D 18. B 19. D 20. C

【X型题】

21. ABCD 22. ABD 23. BC

难题解析

21. 海马在长时程记忆的形成中起十分重要的作用,海马受损则短时程记忆不能转变为长时程记忆。通过神经元之间形成的环路联系(如海马环路),可使传入信息在神经环路中往复运行(即后发放),这可能是感觉性记忆的基础。突触可塑性是学习和记忆的生理学基础。突触结构(如新突触形成、已有突触体积变大等)和生理功能的改变(通道敏感性的变化、受体数目的变化等)都可以引起其传递效能的改变。LTP增加表示学习记忆活动增强。从神经生物化学的角度来看,较长时间的记忆必然与脑内的物质代谢有关,尤其是与脑内蛋白质的合成有关。

三、简答题

1. 简述人类的记忆过程。

答:人类的记忆过程可以细分成四个阶段,即感觉性记忆、第一级记忆、第二级记忆和第三级记忆。前两个阶段相当于短时程记忆,后两个阶段相当于长时程记忆。感觉性记忆是由感觉系统获取的外界信息在脑内感觉区短暂储存的过程,一般不超过1秒。没有进行加工处理的记忆信息会很快消失,人们往往感觉不到。这种记忆大多属于视觉和听觉的记忆。反之,如果大脑将上述传入信息进行加工,把不连贯的、先后传入的信息进行整合,感觉记忆就进入第一级记忆阶段。第一级记忆保留的时间仍然很短暂,从数秒到数分钟。储存在感觉通路中的信息大部分会迅速消退,只有小部分信息经过反复运用、强化,得以在第一级记忆中循环,从而延长其停留的时间,并转入第二级记忆。在第二级记忆中,储存的信息可因先前的或后来的信息干扰而造成遗忘。有些记忆,如自己的名字和每天都在操作的手艺等,通过长年累月的运用则不易遗忘,这一类记忆储存在第三级记忆中,成为永久记忆。

2. 比较顺行性遗忘和逆行性遗忘有何不同?

答:临床上把由于脑疾患引起的记忆障碍称为遗忘症,分为顺行性遗忘症和逆行性遗忘症两种。顺行性遗忘症指患者不能再形成新的记忆,而已形成的记忆则不受影响,多见于慢性酒精中毒患者。脑自然衰老最早出现的症状就是记忆功能减退,主要表现为新近记忆和短时记忆障碍,对学习新事物感到困难,但对早年经历的记忆却保持完好。海马和颞叶皮层损伤所引起的记忆功能障碍也属于此类。其发生机制与信息不能从第一级记忆转入第二级记忆有关。逆行性遗忘症是指患者不能回忆发生记忆障碍之前一段时间的经历,但仍可形成新的记忆。一些非特异性脑疾患(如脑震荡、电击等)和麻醉均可引起逆行性遗忘。其发生机制可能是由于第二级记忆发生紊乱,而第三级记忆却不受影响。

四、思考题

答:(1) 根据临床表现病人可以讲话,能看懂文字,也能书写,但不能听懂别人的谈话,病人并非听不到别人的发音而是听不懂谈话的含义,该病人患有感觉失语症。

(2) 在左侧半球大脑皮层的许多部位涉及语言功能,其中两个重要的语言中枢早已被人们所认识。一个位于左额下回后部,与说话有关;另一个与听觉和视觉信息理解相关的中枢位于颞上回后端。它们分别被称为 Broca 区和 Wernicke 区。两个语言功能区之间通过弓状束实现其功能联系,这种功能联系在语言的加工过程中发挥作用。当损伤位于皮层颞上回后部,则可引起感觉失语症。

(葛敬岩 赵华)

第十一章

内 分 泌

第一节 内分泌与激素

学习目标

- 1. 掌握 激素的概念,激素的化学性质,激素作用的一般特性,激素的多轴系反馈调节。
- 2. 熟悉 激素的传递信息的方式,激素的作用机制。
- 3. 了解 内分泌系统,激素作用的终止。

知识要点

一、内分泌与内分泌系统

内分泌是指腺细胞将所产生的物质,即激素直接分泌到体液中,并以血液等体液为媒介对靶细胞产生调节效应的一种分泌形式。激素是由内分泌腺或器官组织的内分泌细胞所合成和分泌,以体液为媒介,在细胞之间递送调节信息的高效能生物活性物质。激素的传递途径包括内分泌,旁分泌,自分泌,神经分泌和腔分泌等。内分泌系统由经典的内分泌腺与能产生激素的功能器官及组织共同构成,是发布信息整合机体功能的调节系统。

二、激素的化学性质

根据激素的化学结构将其分为胺类、多肽与蛋白质类和脂类激素三大类(表 11-1)。

表 11-1 激素的化学性质及其作用特征

	胺类激素	多肽和蛋白质类激素	脂类激素
化学结构	氨基酸衍生物	氨基酸合成的多肽链	胆固醇衍生物(类固醇类激素);脂肪酸衍生物(廿烷酸类激素)
溶解特性	水溶性(甲状腺激素为脂溶性)	水溶性	脂溶性
受体定位	细胞膜(甲状腺激素受体定位于胞内)	细胞膜	细胞质和细胞核(也有定位于细胞膜)
示例激素	肾上腺素、甲状腺激素、褪黑素等	下丘脑、垂体、甲状旁腺、胰岛、胃肠道等部位分泌的激素	孕酮、皮质醇、雌二醇、睾酮、前列腺素族、血栓素类和白细胞三烯类等

三、激素的作用机制

激素对靶细胞产生调节效应大致经历:①受体识别;②信号转导;③细胞反应;④效应终止等环节。

(一) 激素受体

位于靶细胞膜或细胞内,其性质一般为大分子蛋白质。依据激素作用的机制,可将激素分成Ⅰ组(与胞内受体结合的激素)与Ⅱ组(与膜受体结合的激素)两大组群。

(二) 激素受体介导的细胞内机制

1. 膜受体介导的作用机制 膜受体是一类跨膜蛋白质分子,可分为七次跨膜受体(G蛋白耦联受体)和单次跨膜受体(酪氨酸激酶型受体、酪氨酸激酶相关受体和鸟苷酸环化酶型受体等)。在膜受体介导第二信使学说的基础上,人们提出了G蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导、酶耦联受体介导的信号转导等多种细胞内信号传递方式;也发现除cAMP外,细胞内的cGMP、三磷酸肌醇、二酰基甘油以及 Ca^{2+} 等也可作为第二信使。

2. 胞内受体介导的作用机制 有些激素无需膜受体介导,它们可进入细胞与胞内受体结合成复合物,直接充当介导靶细胞效应的信使,如类固醇激素和甲状腺激素等。基因表达学说认为,类固醇激素进入细胞后,先与胞质受体结合形成激素-受体复合物,后者再进入细胞核生效,即经过两个步骤调节基因转录及表达,改变细胞活动。

类固醇激素通过胞膜受体以及离子通道所引起的快速效应(数分钟甚至数秒)迅速调节神经细胞的兴奋性,称为类固醇激素的非基因组效应。

(三) 激素作用的终止

终止激素生物效应是许多环节综合作用的结果:①完善的激素分泌调节系统适时终止激素分泌;②激素与受体分离;③细胞某些酶的限速作用;④被靶细胞内吞(或内化)处理;⑤在肝、肾等器官和血液循环中被降解、灭活或清除等。

四、激素作用的一般特征

各种激素对靶细胞的调节效应表现出一些共同的作用特征(表11-2)。

表 11-2 激素作用的一般特征

作用	特征	相关机制
特异作用	各种激素只选择性作用于与其亲和力高的特定目标——靶器官、靶腺、靶细胞、靶蛋白、靶基因等	激素作用的特异性并非绝对,有些激素与受体的结合可有交叉现象;也与其代谢酶的分布有关
信使作用	激素仅作为一种信使物质或传讯分子在细胞间传递信息	激素并不作为底物或产物直接参与细胞的物质与能量代谢反应过程
高效作用	激素是高效能的生物活性物质。生理状态下,激素的血浓度多在 pmol/L ~ nmol/L 数量级。	激素与受体结合后,在跨膜信号转导过程中激素所携带的信息被逐级放大,可产生效能极高的效应
相互作用	激素之间的生物效应可相互增强、减弱或存在因果依赖关系	协同作用、拮抗作用、允许作用、竞争作用等

五、激素分泌节律及其分泌的调控

(一) 生物节律性分泌

许多激素具有节律性分泌的特征,短者以分钟或小时为周期的脉冲式分泌,多数表现为昼夜节律性分泌,长者以月、季等为周期的分泌。一些腺垂体激素的分泌与下丘脑调节肽的分泌同步。

(二) 激素分泌的调控

1. 体液调节

(1) 直接反馈调节:很多激素都参与体内物质代谢的调节,后者反过来调节相应激素的分泌水平,如甲状旁腺激素可促进骨钙入血,血钙升高则可负反馈性引起甲状旁腺激素分泌减少。有些激素的分泌受自我反馈的调控,如钙三醇生成增加到一定程度时即可限制其自身的生成和分泌。另有些激素的分泌直接受功能相关联或相抗衡的激素的影响,如胰高血糖素和生长抑素可以分别刺激和抑制胰岛素分泌。

(2) 多轴系反馈调节:人体内的轴系主要有下丘脑-垂体-甲状腺轴、下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴和下丘脑-垂体-性腺轴等,系统内高位激素对下位内分泌活动具有促进性调节作用,而下位激素对高位内分泌活动多起抑制性作用。轴系中也存在少数正反馈控制。

2. 神经调节 内外环境中的刺激都可通过下丘脑的传入和传出通路影响其神经内分泌细胞的分泌活动。

复习思考题

一、名词解释

1. endocrine
2. hormone
3. affinity
4. second messenger hypothesis
5. gene expression hypothesis
6. synergistic effect
7. permissive action
8. long-loop feedback
9. ultrashort-loop feedback

二、选择题

【A₁型题】

1. 属于胺类激素的是
 - A. 皮质醇
 - B. 甲状腺激素
 - C. 促甲状腺激素
 - D. 催乳素
 - E. 雌激素
2. 关于“旁分泌”的叙述,正确的是
 - A. 激素通过血液作用于全身组织细胞
 - B. 激素通过扩散作用于邻近细胞
 - C. 激素通过血液以外的途径作用于远距离的靶细胞
 - D. 激素通过扩散作用于远距离的细胞

- E. 由神经细胞分泌发挥局部作用的激素
3. 具有亲脂特性的激素是
- A. 生长激素 B. 胰岛素 C. 醛固酮
- D. 肾上腺素 E. 血管升压素
4. 经靶细胞内生成 cAMP 为第二信使产生调节效应的激素是
- A. 糖皮质激素 B. 甲状腺激素 C. 胰岛素
- D. 睾酮 E. 肾上腺素
5. 在细胞内依赖 cAMP 直接活化的底物酶是
- A. PLC B. PDE C. PKA D. PLC E. AC
6. 具有酪氨酸蛋白激酶活性的激素受体是
- A. 生长激素受体 B. 甲状旁腺激素受体 C. 胰岛素受体
- D. 促肾上腺皮质激素受体 E. 催产素受体
7. 血中激素浓度极低,但生理作用却非常明显,这是因为
- A. 激素的半衰期非常长
- B. 细胞内存在高效能的生物放大系统
- C. 激素的特异性很高
- D. 激素分泌的持续时间非常长
- E. 激素在体内随血液分布全身
- *8. 关于激素的叙述,错误的是
- A. 脂类激素主要与胞内受体结合调节靶细胞的基因转录过程
- B. 多数内分泌细胞只分泌一种激素
- C. 激素可通过血液循环运送至远距离的靶细胞发挥作用
- D. 多数激素的分泌呈脉冲式,且具有一定的生物节律性
- E. 胺类激素的受体均位于细胞膜
9. 必须通过胞膜受体介导调节靶细胞活动的激素是
- A. 钙三醇 B. 促甲状腺激素 C. 醛固酮
- D. 睾酮 E. 糖皮质激素
10. 可由神经元分泌的激素是
- A. 缩宫素 B. 卵泡刺激素 C. 促甲状腺激素
- D. 催乳素 E. 甲状腺激素
11. 属于脂类激素的是
- A. 醛固酮 B. 胰岛素 C. 促甲状腺激素
- D. 促肾上腺皮质激素 E. 甲状腺激素
12. 生长激素所属的激素类型是
- A. 胺类激素 B. 蛋白质类激素 C. 肽类激素
- D. 脂肪酸衍生类激素 E. 类固醇类激素
13. 生长激素、胰高血糖素和糖皮质激素共同作用时的升高血糖的效应远远超过它们各自单独的升血糖作用,该效应称为
- A. 协同作用 B. 拮抗作用 C. 相加作用
- D. 允许作用 E. 特异作用

14. 男性,45岁,因大量失血入院,血压70/50mmHg,心率45次/分,医生在给予肾上腺素强心升血压治疗的同时,还合并给予糖皮质激素。糖皮质激素和肾上腺素之间的关系是

- A. 协同作用 B. 拮抗作用 C. 相加作用
D. 允许作用 E. 特异作用

【B型题】

(15~16题共用备选答案)

- A. 离子通道 B. 酪氨酸蛋白激酶受体 C. 鸟苷酸环化酶受体
D. 胞内受体 E. G蛋白耦联受体

15. 介导促肾上腺皮质激素作用的受体类型是

16. 介导心房钠尿肽作用的受体类型是

【X型题】

17. 能以IP₃和DAG作为第二信使的激素是

- A. 催乳素 B. 醛固酮 C. 儿茶酚胺激素
D. 促甲状腺激素 E. 促性腺激素释放激素

18. 以酪氨酸为基本原料合成的激素是

- A. 肾上腺皮质激素 B. 肾上腺素 C. 去甲肾上腺素
D. 三碘甲腺原氨酸 E. 褪黑素

19. 以酶联型受体介导发挥作用的激素是

- A. 胰岛素 B. 胰岛素样生长因子 C. 胰高血糖素
D. 生长激素 E. 一氧化氮

20. 可作为第二信使在细胞内传递激素调节信息的下列物质是

- A. PDE B. cAMP C. DAG D. IP₃ E. Ca²⁺

21. 通过与核受体结合而调控靶细胞基因转录的激素是

- A. 醛固酮 B. 三碘甲腺原氨酸 C. 钙三醇
D. 甲状旁腺激素 E. 糖皮质激素

22. 内分泌细胞所分泌激素向靶细胞效应分子递送信息的途径是

- A. 血液循环 B. 细胞外液 C. 神经纤维
D. 腺体管道 E. 胞浆

23. 关于激素分泌节律及调控的叙述中,正确的是

- A. 血浆糖皮质激素和生长激素水平具有明显的昼夜节律性
B. 在多轴系反馈调节中,下位激素对高位内分泌活动仅起抑制性作用
C. 一些腺垂体激素的分泌与下丘脑调节肽的分泌同步
D. 钙三醇的分泌受自我反馈的调控
E. 轴系中也有正反馈控制

24. 关于激素生物作用的正确叙述是

- A. 调节器官系统功能,维持机体内环境稳态
B. 调节机体能量的平衡
C. 调节机体生长、发育及衰老过程
D. 调节机体生殖过程
E. 调节新陈代谢

三、简答题

1. 激素作用的一般特征有哪些? 各举一例说明。

2. 简述糖皮质激素作用的细胞机制。

四、思考题

多轴系反馈调节在激素分泌稳态中的作用如何? 人体内下丘脑 - 垂体 - 靶腺轴有哪些? 请结合你所学的生理学知识来解释为什么临床上长期大量使用糖皮质激素的病人不能突然停药?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 内分泌: 是指腺细胞将其产生的物质(即激素)直接分泌到血液或者细胞外液等体液中, 并以它们为媒介对靶细胞产生调节效应的一种分泌形式。

2. 激素: 是由内分泌腺或器官组织的内分泌细胞所合成和分泌的高效能生物活性物质, 它以体液为媒介, 在细胞之间递送调节信息。

3. 亲和力: 激素与受体的结合力。

4. 第二信使学说: ①携带调节信息的激素作为第一信使, 先与靶细胞膜中的特异受体结合; ②激素与受体结合后, 激活细胞内腺苷酸环化酶; ③在 Mg^{2+} 存在的条件下, 腺苷酸环化酶催化 ATP 转变成 cAMP; ④cAMP 作为第二信使, 继续使胞质中无活性的蛋白激酶等下游功能蛋白质逐级磷酸化, 最终引起细胞的生物效应。

5. 基因表达学说: 类固醇激素进入细胞后, 先与胞质受体结合形成激素 - 受体复合物, 后者再进入细胞核生效, 即经过两个步骤调节基因转录及表达, 改变细胞活动。

6. 协同作用: 是指多种激素联合作用对某一生理功能所产生的总效应大于各激素单独作用所产生效应的总和。

7. 允许作用: 是指激素对其他激素的支持作用。有些激素虽然本身不影响组织器官的某些功能, 但它的存在却是其他激素作用的必要基础。

8. 长反馈: 是指调节环路中终末靶腺或组织分泌的激素对上位腺体活动的反馈影响。

9. 超短反馈: 为下丘脑肽能神经元活动受其自身分泌的调节肽的影响, 如肽能神经元可调节自身受体的数量等。通过这种调节方式, 维持血中各级激素水平的相对稳定。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. B 2. B 3. C 4. E 5. C 6. C 7. B 8. E 9. B 10. A
11. A 12. C 13. A 14. D

【B 型题】

15. E 16. C

【X 型题】

17. CE 18. BCD 19. ABDE 20. BCDE 21. ABCE 22. AB 23. ACDE
24. ABCDE

三、简答题

1. 激素作用的一般特征有哪些? 各举一例说明。

答: 特异作用, 甲状腺激素只能调节靶细胞, 靶蛋白或靶基因来发挥生物学效应; 信使作用, 甲

状腺激素具有增强多数细胞的能量与物质代谢是通过诱导靶细胞的固有功能而实现的;高效作用,1mol 胰高血糖素可生成(3×106)mol 葡萄糖;相互作用,协同作用,生长激素、糖皮质激素与胰高血糖素等具有协同的升高血糖效应;胰岛素与升糖激素的作用相反,即拮抗作用;允许作用,糖皮质激素的存在才能使儿茶酚胺类激素充分发挥调节心血管功能的作用;竞争作用,盐皮质激素与孕激素都可结合盐皮质激素受体,孕激素的浓度较高时,可竞争结合盐皮质激素受体,而减弱盐皮质激素的作用。

2. 简述糖皮质激素作用的细胞机制。

答:糖皮质激素属于类固醇类激素,具有脂溶性和分子量较小的特点。其进入细胞后,与胞内受体结合形成复合物,转位入胞核,通过调节靶基因转录以及所表达的产物引起细胞生物效应。糖皮质激素还可通过非基因组机制调节靶细胞功能。

四、思考题

答:轴系是一个有等级层次的调节系统,系统内高位激素对下位内分泌活动具有促进性调节作用,而下位激素对高位内分泌活动多起抑制性作用,从而形成具有自动控制能力的反馈环路。通过这种调节方式,维持血中各级激素水平的相对稳定。人体内的轴系主要有下丘脑-垂体-甲状腺轴、下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴和下丘脑-垂体-性腺轴等。

长期大量接受糖皮质激素药物治疗的患者,其血液中糖皮质激素浓度很高,可抑制腺垂体 ACTH 的合成与分泌,同时降低腺垂体对 CRH 的反应性。ACTH 除了刺激肾上腺皮质激素分泌外,对肾上腺皮质的生长发育具有营养性作用。当患者体内 ACTH 分泌减少或停止后,可导致机体肾上腺皮质萎缩,肾上腺皮质激素分泌减少。当患者病情好转后不可突然停药或者减药过快,否则会因自身糖皮质激素分泌不足而使血液中糖皮质激素水平突然降低,产生一系列皮质激素缺乏的症状(肾上腺皮质危象),如血糖降低、血压下降、神经系统兴奋性降低和对应激刺激抵抗力降低等。此,在停药时应逐渐减量。

(张琰敏 倪 鑫)

第二节 下丘脑-垂体及松果体内分泌

学习目标

1. 掌握 下丘脑调节激素的分类和主要作用,生长激素、催乳素、血管升压素和缩宫素的作用与分泌的调节。
2. 熟悉 下丘脑-腺垂体系统以及下丘脑-神经垂体系统的功能联系。
3. 了解 松果体内分泌。

知识要点

一、下丘脑-腺垂体系统内分泌

(一) 下丘脑调节激素

1. 下丘脑调节激素种类

下丘脑的内侧基底部被称为促垂体区,因其能产生多种调节腺垂体分泌的激素而得名(表 11-3)。

表 11-3 下丘脑调节激素的化学性质和主要作用

下丘脑调节肽	缩写	化学性质	主要作用
生长激素释放激素	GHRH	44 肽	促进 GH 分泌
生长抑素	SS	14 肽	抑制 GH 以及 LH、FSH、TSH、PRL、ACTH 的分泌
促甲状腺激素释放激素	TRH	3 肽	促进 TSH 及 PRL 分泌
促肾上腺皮质激素释放激素	CRH	41 肽	促进 ACTH 分泌
促性腺激素释放激素	GnRH	10 肽	促进 LH 和 FSH 分泌
催乳素释放肽	PRP	31 肽	促进 PRL 分泌
催乳素抑制因子	PIF	多巴胺	抑制 PRL 分泌
促黑激素释放因子	MRF		促进 MSH 分泌
促黑激素释放抑制因子	MIF		抑制 MSH 分泌

2. 下丘脑调节激素分泌的调节 大多数下丘脑调节激素的分泌活动受到神经调节和激素的反馈调节这两种机制的调控。

(二) 腺垂体激素

腺垂体合成和分泌的激素包括:生长激素、催乳素、促甲状腺激素、促肾上腺皮质激素、卵泡刺激素和黄体生成素。其中,TSH、ACTH、FSH 与 LH 均作用于各自的内分泌靶腺,参与构成下丘脑-腺垂体-靶腺轴系统。而 GH 和 PRL 等则分别直接作用于其各自的靶细胞或靶组织。

1. 生长激素 GH 是腺垂体中含量最多的激素。

(1) 生物作用:GH 具有即时效应和长时效应,二者分别与调节物质代谢和生长有关。

1) 促进机体生长:GH 广泛影响机体各组织器官的生长,对骨骼、肌肉及内脏器官的作用尤其显著。长骨骺闭合前,GH 直接刺激骨生长板前软骨细胞分化为软骨细胞,同时加宽骺板,骨基质沉积,促进骨的纵向生长。幼年期 GH 分泌不足表现为侏儒症;幼年期 GH 分泌过多则表现为巨人症。成年后 GH 分泌过多,表现为肢端肥大症。

2) 调节新陈代谢:①抑制外周组织摄取和利用葡萄糖,升高血糖水平;②激活脂肪酶,促进脂解,提供能量;③促进氨基酸利用,蛋白质合成代谢;增强 DNA、RNA 的合成。

(2) 分泌调节

1) 下丘脑激素:GH 的分泌主要受下丘脑生长激素释放激素与生长抑素的双重调节。

2) 代谢因素:饥饿、运动、低血糖、应激等均可引起 GH 分泌增多,其中急性低血糖对 GH 分泌的刺激效应最为显著。

3) 睡眠:夜间 GH 分泌量约占全天分泌量的 70%。慢波睡眠后 GH 分泌可出现高峰,转入异相睡眠后,GH 分泌又迅速减少。

2. 催乳素

(1) 生物作用

1) 调节乳腺活动:①在雌激素等支持作用下促进乳腺发育成熟;②分娩后发动并维持乳腺泌乳。

2) 调节性腺功能:①小量时促进卵巢雌激素与孕激素合成;②大量应用时通过减少下丘脑 GnRH 合成与释放抑制卵巢排卵以及睾丸精子生成过程。

(2) 分泌调节:PRL 的分泌受下丘脑 PRF 与 PIH 的双重调控,二者分别起促进和抑制 PRL 分

泌的作用,二者中以 PIH 的紧张性抑制效应占优势。妊娠期间的雌激素、哺乳期吮吸乳头、睡眠、应激等可刺激 PRL 分泌。

3. 促激素 腺垂体分泌的 TSH、ACTH、FSH 及 LH 四种激素,分泌入血后都特异性地作用于各自的下级内分泌靶腺,再经靶腺激素调节全身组织细胞的活动。

二、丘脑 - 神经垂体内分泌

下丘脑视上核和室旁核内分布有大细胞神经元,其合成的血管升压素和缩宫素经长轴突运输到位于神经垂体的末梢储存。

(一) 血管升压素

1. 生物作用

(1) 对肾脏的作用:通过对肾远曲小管和集合管重吸收水的调节维持细胞外液量的平衡。VP 生理水平的升高可促进肾重吸收水,浓缩尿并减少尿量。VP 缺乏可致尿崩症,排出大量低渗尿,引起严重口渴。

(2) 对其他组织的作用:机体大量失血后,VP 大量释放可导致皮肤、肌肉和内脏血管收缩,维持血压。此外,VP 还具有增强记忆、加强镇痛等效应。

2. 分泌调节

(1) 血浆渗透压:血浆渗透压仅升高 1% 就可经中枢渗透压感受器刺激 VP 有调节意义的分泌,恢复血浆渗透压。

(2) 血容量及血压:血容量及血压增减到 10% 以上时分别经容量感受器与压力感受器传入信息,调节 VP 分泌,维持血容量和血压的稳态。

(3) 其他因素:①疼痛、恶心、低血糖等刺激 VP 分泌;②心房钠尿肽、乙醇、 α -肾上腺激动剂等抑制 VP 分泌。

(二) 缩宫素

1. 生物作用

(1) 促进子宫收缩:OT 可显著促进妊娠子宫的收缩,而对非孕子宫肌的作用较弱;孕激素可降低子宫肌对 OT 的敏感性,雌激素对 OT 具有允许作用;分娩后有止血效应。

(2) 射乳作用:OT 是分娩后刺激乳腺排放乳汁的关键激素,OT 通过促进乳腺腺泡周围的肌上皮细胞收缩,使腺泡内压力增高,引起排乳。

2. 分泌调节 OT 分泌的调节属典型的神经 - 内分泌调节机制。

(1) 子宫颈扩张:分娩时胎儿扩张子宫颈对是 OT 分泌的最有力刺激,可起到“催产”作用。性交时对阴道及子宫颈的刺激可反射性引起 OT 分泌和子宫等收缩,有利于精子运行。

(2) 吮吸:婴儿吮吸乳头可反射性刺激 PRL 与 OT 释放,引起射乳反射;同时加速产后子宫复原。

三、松果体内分泌

松果体主要合成和分泌激素的代表是褪黑素。

1. 生物学作用 褪黑素的生理作用广泛:①参与生物节律调整;②抑制下丘脑 - 垂体 - 靶腺轴的活动,特别是性腺轴;③影响神经系统活动,具有镇静、催眠、镇痛,抗惊厥、抗抑郁等作用。

2. 分泌调节 褪黑素的合成和分泌有显著的“昼低夜高”分泌节律。视交叉上核是控制褪黑素分泌昼夜节律的神经中枢。

复习思考题

一、名词解释

1. gigantism
2. milk-ejection reflex
3. amenorrhea-galactorrhea syndrome

二、选择题

【A₁型题】

1. 属于下丘脑调节激素的是
A. PRL B. CRH C. GH D. TSH E. FSH
2. 能促进 ACTH 分泌的下丘脑调节肽是
A. TRH B. GnRH C. GHRH D. CRH E. PRF
3. 下丘脑与腺垂体之间的主要联系途径是
A. 淋巴循环 B. 垂体束 C. 垂体门脉系统
D. 神经纤维 E. 脑脊液
4. 生长激素受体的结构功能特征是
A. 多次跨膜的单链结构 B. 被内在化后产生调节效应
C. 类似于 TSH 受体的作用机制 D. 需要二聚化后才能产生调节效应
E. 经 AC-cAMP-PKA 途径转导调节信号
5. 生长激素的分泌具有昼夜周期性特征,其分泌高峰出现的时间范围是
A. 清晨初醒 B. 上午工作 C. 中午进餐
D. 下午工作 E. 深睡之后
6. 通常引起 GH 分泌显著增加的机体状况是
A. 觉醒状态 B. 轻度运动 C. 进餐期间
D. 慢波睡眠 E. 异相睡眠
7. 成年人血中胰岛素样生长因子-1 含量明显升高常可引起的病症是
A. 肢端肥大症 B. 呆小症 C. 佝偻病
D. 侏儒症 E. 糖尿病
8. 幼年时缺乏生长激素可导致
A. 呆小症 B. 侏儒症 C. 糖尿病
D. 佝偻病 E. 舞蹈症
9. 生长激素分泌过多的患者可能出现的现象是
A. 血中脂肪酸含量减少 B. 血中胰岛素样生长因子含量减少
C. 血糖升高 D. 甘油三酯蓄积
E. 尿氮含量增加
10. 与生长激素同源,也具有一定促生长作用的激素是
A. OT B. PRL C. TSH D. ACTH E. insulin
11. 具有促进青春女性乳腺基础性发育作用的重要激素是
A. 甲状腺激素 B. 生长激素 C. 催乳素

- D. 雌激素 E. 皮质醇
12. 妊娠期间乳腺生长发育具备泌乳功能,但并不泌乳的原因是
- A. 母体腺垂体催乳素细胞活动受抑制
B. 母体血中催乳素水平过低,乳腺不能分泌乳汁
C. 母体胎盘催乳素水平过低,乳腺不能分泌乳汁
D. 母体血中高水平孕激素与雌激素的抑制性
E. 胎儿体内产生特异性抑制物
13. 下列可抑制腺垂体分泌 PRL 的因素是
- A. 肾上腺素 B. 多巴胺 C. 雌激素
D. 甘氨酸 E. 乙酰胆碱
14. 关于催乳素对乳腺作用的描述,错误的是
- A. 促进青春期乳腺的发育
B. 妊娠期乳腺不泌乳是因其与雌激素的协同作用
C. 促进妊娠期乳腺的增生和乳汁分泌
D. 维持哺乳期乳汁分泌
E. 启动和维持泌乳的作用是从分娩后开始的
15. 长期大量使用糖皮质激素类制剂对腺垂体的负反馈影响是
- A. LH 分泌减少 B. FSH 分泌减少 C. ACTH 分泌减少
D. PRL 分泌减少 E. TSH 分泌减少
16. 不受腺垂体激素调控的内分泌腺所分泌的激素是
- A. 糖皮质激素 B. 甲状腺激素 C. 甲状旁腺激素
D. 雌激素 E. 雄激素
17. 与 ACTH 分泌调节没有相关性的作用是
- A. 下丘脑促皮质激素释放激素的作用
B. 糖皮质激素的反馈调节作用
C. 醛固酮的反馈调节作用
D. 下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴调节作用
E. 与光照无关的日周期变化
18. 神经垂体激素是指
- A. PRL 和 GH B. VP 和 OT C. PRL 和 OT
D. VP 和 PRL E. OT 和 GH
19. 调节血管加压素分泌的最敏感刺激是
- A. 血浆晶体渗透压改变 B. 静脉滴注 0.9% 生理盐水 C. 循环血量降低
D. 喝酒 E. 动脉血压升高
20. 能减少血管加压素分泌的情况是
- A. 大量出血 B. 大量出汗 C. 严重呕吐或腹泻
D. 大量饮清水 E. 血糖浓度升高
21. 合成血管加压素的主要部位是
- A. 近球细胞 B. 神经垂体 C. 正中隆起
D. 视上核 E. 腺垂体

22. 关于缩宫素的叙述中,错误的是
 A. 由下丘脑合成 B. 由神经垂体释放 C. 促进妊娠子宫收缩
 D. 促进妊娠期乳腺生长发育 E. 促进哺乳期乳腺排乳
23. 与催乳素共同参与射乳反射的激素是
 A. LH B. OT C. GnRH D. GH E. FSH
24. 能使缩宫素分泌增加的有效刺激因素是
 A. 肾上腺素分泌增加 B. 胎儿对子宫颈的机械性扩张
 C. 催乳素水平升高 D. 细胞外液量减少
 E. 血浆渗透压升高
25. 垂体功能减退会出现的症状是
 A. 基础代谢率降低 B. 血糖升高
 C. 尿液浓缩,尿量减少 D. 神经兴奋性增高
 E. 应激耐受力增加
26. 合成与分泌褪黑素的内分泌细胞所在的部位是
 A. 甲状腺 B. 胰岛 C. 松果体
 D. 肾上腺髓质 E. 下丘脑
27. 与光照周期密切相关的激素是
 A. 生长激素 B. 催乳素 C. 褪黑素
 D. 胰岛素 E. 皮质醇
28. 控制褪黑素昼夜节律分泌的中枢部位是
 A. 丘脑前核 B. 丘脑枕核 C. 下丘脑视上核
 D. 下丘脑视交叉上核 E. 下丘脑室旁核
29. 对褪黑素抑制作用反应最为敏感的内分泌腺是
 A. 腺垂体 B. 甲状腺 C. 胰岛 D. 肾上腺 E. 性腺
30. 与 MSH 同源并可刺激黑色素细胞活动的激素是
 A. GH B. PRL C. ACTH D. FSH E. TSH

[A₂型题]

31. 4岁患儿因垂体肿瘤,生长激素分泌过多,同时伴视觉障碍。如不及时治疗可能产生的后果是
 A. GH分泌过多,肢端肥大症 B. IGF-1分泌过多,肢端肥大症
 C. GH分泌过多,侏儒症 D. IGF-1分泌过多,侏儒症
 E. GH分泌过多,引起巨人症
32. 男性患者,45岁,近一年来发现,头、手、足均增大;呈鼻宽、唇厚粗犷容貌;脊柱变形。患者最可能发生病变的部位是
 A. 睾丸 B. 肾上腺 C. 腺垂体
 D. 下丘脑 E. 神经垂体
33. 女性患者,26岁,撑竿跳训练中不慎跌落,导致头部严重挫伤,CT检查发现其垂体柄完全离断。推测其血浆中水平可能升高的激素是
 A. GH B. OT C. TSH
 D. PRL E. FSH

34. 男性患者,35岁,体检结果发现血液中生长激素水平升高,该患者可能出现的变化是
- 血糖升高
 - 伤口不易愈合
 - 应激反应耐受力降低
 - 体脂增加
 - 继续长高
35. 30岁女子于6个月前正常妊娠后顺产一女婴。女婴满月后即送回老家由爷爷奶奶人工喂养。目前,因经常性溢乳而就诊。该女子规律的月经周期还未恢复。对该患者溢乳症的最好解释是
- 正常的产后反应
 - 腺垂体 PRL 分泌过多
 - 腺垂体 TSH 分泌不足
 - 腺垂体 GH 分泌减少
 - 下丘脑多巴胺分泌增多
36. 女性患者,28岁,被诊断为闭经溢乳综合征。患者不会出现的改变是
- 孕激素水平升高
 - 血液 PRL 水平升高
 - FSH 和 LH 水平降低
 - 无排卵
 - 雌激素水平降低
37. 男性患者,38岁,头部因高速路车祸严重创伤后出现多尿和烦渴症状。患者尿渗透浓度 80mOsm/L,血浆渗透压为 310mOsm/L,以人工合成血管升压素治疗后,尿渗透浓度升高到 470mOsm/L。患者尿量增多最可能的病因是
- 原发性中枢性尿崩症
 - 继发性中枢性尿崩症
 - 原发性肾源性尿崩症
 - 继发性肾源性尿崩症
 - VP 分泌失调综合征
38. 女性患者,12岁,确诊为垂体肿瘤后接受放射性治疗。而后患儿的垂体功能完全丧失,其后将导致的功能显著变化将是
- 生长加速
 - 出现甲状腺肿
 - 性腺发育障碍
 - 血浆 ACTH 水平升高
 - 血浆 TSH 水平升高
39. 女性患者,40岁,头部 CT 检查结果显示下丘脑室旁核处有占位性病变,其所致分泌障碍的激素是
- LH
 - GH
 - PRL
 - VP
 - ACTH
40. 女性患者,45岁,因病长期服用糖皮质激素,该患者血液中
- ACTH 水平升高
 - GH 水平降低
 - ACTH 水平降低
 - CRH 水平升高
 - VP 水平升高
41. 男性患者,24岁,被异物击中头部后入院。查体:T 37℃,BP 110/80mmHg,呼吸 14 次/分,神志清晰,颅骨枕区有按压痛,随后出现多尿和烦渴,下列检查中最可能异常的是
- 血糖
 - 血渗透压
 - 血电解质
 - 血气分析
 - 血生化
42. 男性患者,30岁,头部 CT 平扫结果发现下丘脑部位出现占位性病变,并压迫周围组织,患者不会出现的症状
- 多尿,尿液比重降低
 - 多饮仍然口渴
 - 高血压
 - 记忆力减退
 - 性功能障碍
43. 男性患者,25岁,急诊就医后给予静脉滴注治疗,滴注 0.9% 生理盐水 1500ml(含抗生素)后,患者尿液增加是由于

- A. 血容量显著增加,VP 释放减少 B. 血容量显著增加,VP 释放增加
C. 血浆渗透压增加,VP 释放增加 D. 血浆渗透压增加,VP 释放减少
E. 血浆胶体渗透压增加,VP 释放减少

44. 女性患者,25岁,体检结果显示血液中黄体生成素、生长激素、促肾上腺皮质激素、甲状腺激素均降低,推测该患者可能出现了

- A. 停经泌乳综合征 B. 垂体功能亢进 C. 垂体功能减退
D. 高泌乳素血症 E. 肾上腺皮质增生

【B型题】

(45~48题共用备选答案)

- A. GHRH B. CRH C. IGF-1 D. TRH E. GnRH

45. 能促进促肾上腺皮质激素释放的是
46. 能抑制生长激素释放的是
47. 能促进卵泡刺激素释放的是
48. 能促进促甲状腺激素释放的是

【X型题】

49. 由下丘脑神经元分泌的激素有

- A. VP B. CRH C. TSH D. ACTH E. LH

50. 对 GnRH 叙述正确的是

- A. 属于肽类激素 B. 其分泌呈脉冲式变化
C. 经腺垂体促进性腺活动 D. 直接促进性腺活动
E. 受体类型为 G 蛋白耦联型受体

51. 生长激素的生物作用有

- A. 促进生长 B. 促进蛋白质合成
C. 幼年分泌过少可导致呆小症 D. 成年时缺乏可导致血糖升高
E. 参与机体应激反应

52. 与调控机体生长过程有关的激素是

- A. 胰岛素 B. 缩宫素 C. 生长抑素
D. 甲状旁腺激素 E. 催乳素

53. 血管升压素的作用包括

- A. 促进肝糖原分解
B. 促进水通道的形成
C. 作为药物应用时具有缩血管作用
D. 可促进肾上腺皮质合成和分泌皮质醇
E. 可增强记忆、加强镇痛

54. 具有调节糖皮质激素合成分泌作用的垂体激素是

- A. GH B. VP C. FSH D. ACTH E. TSH

55. 以阿黑皮素原为前体衍生的激素是

- A. ACTH B. MSH C. GH D. LH E. TSH

三、简答题

1. 简述下丘脑和垂体系之间的功能联系。

- 简述生长激素对机体生长过程的调节作用及其分泌异常时机体的表现。
- 比较催乳素在女性青春期、妊娠期和哺乳期的不同生物作用。
- 依据发病原理,尿崩症可分为中枢性尿崩症和肾源性尿崩症,请根据已学的生理学知识进行鉴别。

四、思考题

女性患者,32岁,9个月前分娩曾大出血,产后缺奶,不能给婴儿哺乳,月经周期始终未恢复,并逐渐发现腋毛、阴毛脱落,性欲减退。最近又感到虚弱、怕冷,食欲差,尿多、烦渴。此外,空腹后常易发生心悸、出虚汗、震颤等表现。体检发现患者肤色变浅,乳房萎缩、乳晕褪色,腋毛、阴毛稀疏,外生殖器萎缩。化验检查结果如下(括号内为正常参考值):

空腹血糖	75mg/dl (75~115mg/dl)
血总甲状腺素	3.3μg/dl (5~12μg/dl)
血皮质醇	30μg/dl (50~230μg/dl)
血催乳素	5μg/ml (9~14μg/ml)
血雌二醇	20pg/ml (30~500pg/ml)
尿雌激素	3μg/d (5~100μg/d)
尿醛固酮	8μg/d (1.0~8.0μg/d)

问题:

- 你推测该患者是哪一内分泌腺功能发生障碍? 简要列举你的证据。
- 哪些实验室测定可进一步证实你的推测?
- 针对该患者的主要治疗措施有哪些方向?

参考答案与题解

一、名词解释

- 巨人症:幼年时期由于生长激素分泌过多而导致的过度生长,身材高大等。
- 射乳反射:是指婴儿吮吸乳头及触觉等刺激均可作用于分布在乳头和乳晕的感觉神经末梢,兴奋下丘脑 OT 神经元,促使 OT 释放入血,引起乳腺肌上皮细胞等发生收缩,乳腺排乳的反射。
- 闭经溢乳综合征:因高催乳素血症导致无排卵及雌激素水平低下,临床主要表现为闭经、溢乳与不孕等。

二、选择题

【A₁型题】

- B
- D
- C
- D
- E
- D
- A
- B
- C
- B
- D
- B
- B
- C
- C
- C
- B
- A
- D
- D
- D
- B
- A
- C
- D
- E
- C

【A₂型题】

- E
- C
- D
- A
- B
- A
- B
- C
- D
- C
- B
- C
- A
- C

【B型题】

- B
- C
- E
- D

【X型题】

49. AB 50. ABCE 51. ABE 52. ACDE 53. ABCDE 54. CDE 55. AB

三、简答题

1. 简述下丘脑和垂体系统之间的功能联系。

答:见知识要点。

2. 简述生长激素对机体生长过程的调节作用及其分泌异常时机体的表现。

答:GH是调节机体生长的关键激素。GH的生物作用在青春期达高峰,在长骨骺闭合前,直接刺激长骨生长板前软骨细胞分化为软骨细胞,同时加宽骺板,骨基质沉积;增强骨相关细胞对IGF-1的反应性,促进骨纵向生长。GH促进骨形成及一定程度的骨吸收,调节成人的骨转换。GH可刺激肝、骨等外周组织生成IGF-1。IGF-1使软骨细胞增殖为骨细胞,促进骨生长发育。

幼年期GH分泌不足,患儿生长停滞,身材矮小,称为侏儒症;相反,幼年期GH分泌过多则表现为巨人症。成年后,如果GH分泌过多,可导致肢端肥大症,表现为手足粗大、指趾末端如杵状、鼻大唇厚、下颌突出及内脏器官增大等。

3. 比较催乳素在女性青春期、妊娠期和哺乳期的不同生物作用。

答:PRL可促进乳腺发育,发动并维持泌乳。青春期女性乳腺的发育主要依赖于生长激素对乳腺间质和脂肪组织的作用。乳腺的腺泡等分泌组织只在妊娠期才发育,而且需要多种激素共同作用:雌激素与孕激素起基础作用,PRL与糖皮质激素、胰岛素和甲状腺激素等起协同作用。在妊娠过程中,随着PRL、雌激素及孕激素分泌的增多,乳腺组织进一步发育,但此时血中雌激素和孕激素水平很高,可抑制PRL的泌乳作用,因此乳腺虽已具备泌乳能力却并不泌乳。分娩后血浆PRL即降至妊娠前水平,但此时由于血中雌激素和孕激素水平明显降低,加之分娩后乳腺PRL受体的数目增加约20倍,PRL能发挥始动和维持泌乳的作用。PRL作用于成熟的乳腺小叶,使腺体向腺泡腔内分泌乳汁。

4. 依据发病原理,尿崩症可分为中枢性尿崩症和肾源性尿崩症,请根据已学的生理学知识进行鉴别。

答:尿崩症是异常排出大量低渗尿液的疾病,患者尿量甚至可达20L/24h。中枢性尿崩症系VP分泌缺陷所致,肾源性尿崩症系因肾对VP的反应性降低所致。

若输入高渗生理盐水,刺激中枢渗透压感受器,测定血浆VP水平,同时观察尿量变化。如果血浆VP水平未能相应增高表明激素的来源减少,提示为中枢性的。若给予VP或其人工合成类似物,观察尿渗透压变化。如尿浓缩功能增强,尿渗透压显著增高可排除肾源性,否则如肾的反应弱或无反应提示为肾源性的。

四、思考题

答:(1)最可能的病变部位是腺垂体,该患者出现了腺垂体功能减退症。因为妊娠时垂体较孕前增大2~3倍,腺垂体对缺血敏感。故腺垂体功能减退症多见于产后大出血。患者上述症状均提示其体内腺垂体激素分泌不足,靶器官功能减退/靶腺激素分泌不足:产后无泌乳,长期闭经,腋毛、阴毛脱落,乳房萎缩,性欲减退,外生殖器萎缩均提示存在PRL、FSH和LH以及性激素的分泌不足;虚弱、怕冷,食欲差,为甲状腺功能低下的表现;乳晕褪色、肤色变浅、血糖偏低和心悸、虚汗、震颤等低血糖症状,与促肾上腺皮质激素-促脂素减少及糖皮质激素减少有关。

(2)测定血液中TSH、ACTH、FSH和LH等腺垂体激素水平。为进一步排除病变部位并非下丘脑,还可进行兴奋试验,如给予GnRH不能有效促进FSH、LH的分泌;给予TRH不能有效促进

TSH 的分泌;给予 CRH 不能有效促进 ACTH 的分泌,均提示病变在腺垂体。

(3) 该患者系因分娩大出血而致腺垂体急性缺血损伤,故主要采用腺垂体相应的靶腺激素补充/替代法治疗,如糖甲状腺激素、皮质激素和性激素。

(张琰敏 倪鑫)

第三节 甲状腺内分泌及钙磷代谢的体液调节

学习目标

1. 掌握 甲状腺激素的生理作用及分泌功能的调节。
2. 熟悉 甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D₃ 的生物学作用及其生成调节。
3. 了解 甲状腺激素的合成与代谢。

知识要点

一、甲状腺内分泌

甲状腺是人体最大的内分泌腺,甲状腺激素(TH)由滤泡上皮细胞合成,并以胶质形式储存于滤泡腔中。甲状腺激素广泛调节机体的生长发育、新陈代谢等多种功能活动。

(一) 甲状腺激素的合成与代谢

甲状腺激素包括四碘甲腺原氨酸(T₄)、三碘甲腺原氨酸(T₃)和极少量的逆三碘甲腺原氨酸(rT₃)。T₄的分泌量最大,T₃的生物活性最强。

1. 甲状腺激素的合成 碘和甲状腺球蛋白(TG)是 TH 合成的必需原料。甲状腺过氧化物酶(TPO)是 TH 合成的关键酶。甲状腺滤泡上皮细胞是合成和分泌 TH 的功能单位,并受腺垂体促甲状腺激素(TSH)的调控。

甲状腺滤泡上皮细胞合成 TH 的过程可分为以下步骤:聚碘、碘的活化、酪氨酸的碘化与碘化酪氨酸的缩合。

(1) 聚碘:滤泡上皮细胞摄取碘的过程是逆电-化学梯度进行的主动转运过程,称为碘捕获,属于继发性主动转运,是由滤泡上皮细胞基底膜的钠-碘同向转运体(NIS)介导的。

(2) 碘的活化:在 H₂O₂ 存在的条件下,细胞内聚集的无机碘 I⁻ 在 TPO 的作用下,被活化有机碘 I⁰。

(3) 酪氨酸的碘化: TG 分子上酪氨酸残基苯环上的氢在 TPO 催化下被活化碘取代,生成一碘酪氨酸(MIT)或二碘酪氨酸(DIT)。

(4) 缩合:在 TPO 催化下,同一 TG 分子内的 MIT 和 DIT 分别双双耦联成 T₄ 和(或)T₃。

2. 甲状腺激素的分泌 在 TSH 作用下,甲状腺滤泡上皮细胞顶端膜微绒毛伸出伪足,以吞饮的方式将含 TG 的胶质滴摄入细胞内。胶质滴随即在溶酶体蛋白酶的作用下,水解 TG 分子上的肽键,释放出游离的 T₄、T₃ 以及 MIT 和 DIT 等。

3. 甲状腺激素的运输和降解 TH 在分泌释放入血后,仅极少量以游离形式存在,99% 以上是以与血浆蛋白结合的形式运输。血浆中与 TH 结合的蛋白质主要有甲状腺素结合球蛋白(TBG)、甲状腺素转运蛋白(TTR)和白蛋白三种,其中与 TBG 结合的 TH 约占结合总量的 75%。

TH 主要在肝、肾、骨骼肌等部位降解,降解的途径主要包括脱碘代谢、与葡萄糖醛酸结合以及脱氨基和羧基等方式。脱碘是 TH 最主要的降解方式。

(二) 甲状腺激素的生物作用

TH 几乎作用于机体的所有组织,从多方面调节新陈代谢与生长发育,是维持机体功能活动的基础性激素,其生物效应十分广泛。

TH 属于亲脂性激素,可穿越细胞膜和细胞核膜,与细胞核内的甲状腺激素受体(THR)结合,与 THR 结合后再与其他核转录因子共同调节靶基因转录、表达,最终产生一系列生物学效应。此外,在心肌、骨骼肌、脂肪和垂体等组织可见到 TH 的非基因组效应。

1. 促进生长发育 TH 是胎儿和新生儿脑发育的关键激素。TH 能与 GH 协同调控幼年期的骨的生长发育。因此,胚胎期及幼儿期如果缺乏 TH,可导致不可逆的神经系统发育障碍,以及骨骼的生长发育与成熟延迟或停滞,称为克汀病(或称呆小症)。

2. 调节新陈代谢

(1) 能量代谢:TH 能使全身绝大多数组织的基础氧消耗量增加,产热量增加,对心脏的效应最为显著。甲亢时,产热量增加,BMR 可升高 25%~80%,患者喜凉怕热、多汗、体重下降;甲减时,产热量减少,BMR 降低,患者喜热恶寒、体重增加。

(2) 糖代谢:TH 具有升高血糖的作用,但由于 TH 又可以同时加强脂肪、肌肉等外周组织对葡萄糖的利用和葡萄糖的氧化,因而又有降低血糖的作用。甲亢时常表现为进食后血糖迅速升高,甚至出现糖尿,但随后血糖又能很快降低。

(3) 脂类代谢:生理情况下,TH 对脂肪和胆固醇的合成和分解均有调节作用(促分解作用>促合成作用)。因此,甲亢时表现为体脂消耗增加,总体脂量减少,血胆固醇含量低于正常;而甲减时体脂比例增大,血胆固醇含量升高而易发生动脉粥样硬化。

(4) 蛋白质代谢:生理情况下,合成作用占优势,有利于机体的生长发育及维持各种功能活动,表现为正氮平衡;但 TH 分泌过多时,则促进蛋白质的分解,表现为负氮平衡。

3. 影响器官系统功能 TH 是维持机体基础性活动的激素,对各器官系统功能都有不同程度的影响(表 11-4)。

表 11-4 甲状腺激素对全身器官系统的影响

器官系统	主要作用
神经系统	↑ 中枢神经系统的兴奋性; ↑ 细胞对儿茶酚胺的敏感性(拟交感神经作用)
心血管系统	↑ 心率(正性变时效应), ↑ 心肌收缩力(正性变力效应) ↑ 血管平滑肌舒张,外周阻力 ↓,舒张压 ↓
消化系统	↑ 消化道的运动和消化腺的分泌; ↑ 小肠黏膜的吸收
血液系统	↑ 促红细胞生成素, ↑ 红细胞生成; ↑ 红细胞内 2,3-DPG 含量, ↑ 氧合血红蛋白向组织释放氧
呼吸系统	↑ 呼吸频率和深度; ↑ 肺泡表面活性物质生成
泌尿系统	↑ 肾小球滤过率, ↑ 水排出量, ↓ 细胞外液量
骨骼系统	↑ 骨质吸收和骨形成, ↑ 骨生长和骨转化, ↑ 血钙, ↑ 尿钙
内分泌系统	↑ 激素分泌, ↑ 激素代谢率, ↑ 组织对其他激素需要量
生殖系统	维持正常性欲、性功能和性腺功能

↑ 促进或增强, ↓ 抑制或减弱

(三) 甲状腺功能的调节

- 1. 下丘脑 - 腺垂体 - 甲状腺轴的调节 在下丘脑 - 腺垂体 - 甲状腺轴调节系统中,下丘脑释放的 TRH 通过垂体门脉系统刺激腺垂体的促甲状腺细胞分泌 TSH,TSH 刺激甲状腺腺体的增生以及 TH 的合成与分泌。而当血液中游离的 TH 达到一定水平时,又通过负反馈机制抑制 TSH 和 TRH 的分泌,如此形成 TRH-TSH-TH 分泌的自动控制环路。
- 2. 甲状腺功能的自身调节 过量碘(>10mmol/L)抑制 TH 合成的效应称为碘阻滞效应(Wolff-Chaikoff effect)。
- 3. 甲状腺功能的神经调节 甲状腺的功能受交感和副交感神经纤维的双重支配,电刺激交感神经和副交感神经可分别促进和抑制甲状腺激素的分泌。
- 4. 甲状腺功能的免疫调节 甲状腺功能还受免疫系统的调节。甲状腺滤泡细胞膜上存在许多免疫活性物质和细胞因子的受体,因而许多免疫活性物质可影响甲状腺的功能。

二、钙磷代谢的体液调节

甲状旁腺主细胞分泌的甲状旁腺激素(PTH)、甲状腺 C 细胞分泌的降钙素(CT)以及由皮肤、肝和肾等器官联合作用生成的 1,25- 二羟维生素 D₃ 是共同调节机体钙、磷代谢稳态的三种基础激素,称为钙调节激素。

- 1. 甲状旁腺激素 PTH 总的效应是升高血钙和降低血磷。PTH 的靶器官主要是肾脏和骨,通过影响肾小管对钙、磷的重吸收以及促进骨钙入血而调节血钙、血磷的稳态。
- 2. 维生素 D 维生素 D₃ 无生物活性,需要经过两次羟化才具有生物活性。1,25- 二羟维生素 D₃(钙三醇)生物活性最强。1,25-(OH)₂-D₃ 可促进小肠黏膜上皮细胞对钙的吸收,升高血钙,也能升高血磷。1,25-(OH)₂-D₃ 对骨吸收(直接作用)和骨形成(间接作用)均有影响,总的效应是升高血钙和血磷。
- 3. 降钙素 CT 的主要作用是降低血钙和血磷,主要靶器官是骨和肾脏,主要是通过抑制破骨细胞的活动和促进成骨细胞的活动,以及增强肾脏对钙、磷的排泄而产生降低血钙和血磷的效应。

在体内,甲状旁腺激素、1,25-(OH)₂-D₃ 和降钙素共同对钙、磷代谢进行调节,维持体内钙、磷水平的稳态(表 11-5)。

表 11-5 甲状旁腺激素、1,25-(OH)₂-D₃ 和降钙素对钙磷代谢的调节

	甲状旁腺激素	1,25-(OH) ₂ -D ₃	降钙素
溶骨作用	↑↑	↑	↓
成骨作用	↓	↑	↑
小肠钙吸收	↑	↑↑	↓
小肠磷吸收	↑	↑	↓
肾脏钙重吸收	↑	↑	↓
肾脏磷重吸收	↓	↑	↓
总血钙水平	↑	↑	↓
总血磷水平	↓	↑	↓

复习思考题

一、名词解释

1. iodide trap
2. Wolff-Chaikoff effect
3. calcium-regulating hormones

二、选择题

【A₁型题】

1. 甲状腺不能合成下列哪种激素
 - A. 降钙素
 - B. 三碘甲腺原氨酸
 - C. 逆-T₃
 - D. 促甲状腺激素
 - E. 四碘甲腺原氨酸
2. 血中生物活性最强的甲状腺激素形式是
 - A. DIT
 - B. MIT
 - C. rT₃
 - D. T₃
 - E. T₄
- *3. 甲状腺滤泡上皮聚碘的机制是
 - A. 单纯扩散
 - B. 易化扩散
 - C. 继发性主动转运
 - D. 原发性主动转运
 - E. 入胞
4. 甲状腺激素合成过程中,起关键作用的酶是
 - A. 脱碘酶
 - B. 蛋白水解酶
 - C. 过氧化物酶
 - D. 腺苷酸环化酶
 - E. 磷酸化酶
- *5. 合成后在细胞外大量储存的激素是
 - A. 肾上腺素
 - B. 甲状腺激素
 - C. 胰岛素
 - D. 皮质醇
 - E. 生长激素
6. 正常情况下,储存于滤泡腔中的甲状腺激素可供机体利用的时间是
 - A. 5~10天
 - B. 10~20天
 - C. 20~30天
 - D. 50~120天
 - E. 150~200天
7. 血浆中与甲状腺激素结合的血浆蛋白最主要是
 - A. CBG
 - B. GHBP
 - C. ABP
 - D. TBG
 - E. TBPA
8. 下列哪一个激素可穿过细胞膜与核受体结合而起作用
 - A. 生长激素
 - B. 胰岛素
 - C. 甲状腺激素
 - D. 肾上腺素
 - E. 抗利尿激素
- *9. 甲状腺激素的生理作用,错误的是
 - A. 增加机体产热,升高基础代谢率
 - B. 促进脂肪分解和脂肪酸氧化
 - C. 促进蛋白质合成
 - D. 既可使血糖升高,又可导致血糖降低
 - E. 促进成人脑和长骨的发育
10. 在安静状态下,人体调节产热活动最重要的体液因素是
 - A. 甲状腺激素
 - B. 肾上腺素
 - C. 去甲肾上腺素
 - D. 乙酰胆碱
 - E. 孕激素

*11. 胎儿和新生儿脑发育的关键激素是

- A. 生长激素 B. 甲状腺激素 C. 胰岛素
D. 肾上腺素 E. 甲状旁腺激素

*12. 因胚胎期缺碘或甲状腺功能减退, 儿童罹患的疾病是

- A. 艾迪生病 B. 侏儒症 C. 肢端肥大症
D. 呆小症 E. 佝偻病

*13. 成人甲状腺激素分泌不足可患下列哪种疾患

- A. 艾迪生病 B. 侏儒症 C. 黏液性水肿
D. 呆小症 E. 水中毒

*14. 食物长期缺碘可以产生

- A. 侏儒症 B. 肢端肥大症 C. 地方性甲状腺肿
D. 软骨症 E. 巨人症

15. 甲状腺功能减退时, 以下哪种表现是错误的

- A. 血液胆固醇水平增高, 且可导致动脉粥样硬化
B. 婴幼儿脑及长骨发育迟缓, 若不及时补充甲状腺激素可出现呆小症
C. 黏液性水肿
D. 基础代谢率升高
E. 感觉迟钝, 行动迟缓, 记忆力减退

16. 临床上呆小症的治疗, 必须在患儿生后多久及时补充甲状腺激素, 过晚则很难产生理想的效果

- A. 两年左右 B. 一年左右 C. 半年左右
D. 5 个月左右 E. 3 个月内

*17. 丙硫氧嘧啶用于治疗甲状腺功能亢进的作用环节是

- A. 抑制甲状腺过氧化物酶活性 B. 抑制肠黏膜吸收碘
C. 抑制甲状腺滤泡细胞的碘捕获 D. 抑制甲状腺激素的释放
E. 促进甲状腺激素的灭活

18. 能刺激甲状腺腺体增生和甲状腺激素分泌的物质是

- A. TRH B. TSH C. CRH D. T_3 和 T_4 E. ACTH

19. 甲状腺可根据血碘水平来调节 TH 的合成, 这种调节方式称为

- A. 神经调节 B. 体液调节 C. 自身调节
D. 前馈调节 E. 反馈调节

20. 与调节血钙水平无关的器官是

- A. 肾 B. 肺 C. 肝 D. 皮肤 E. 小肠

21. PTH 的主要作用是

- A. 降血钙, 升血磷 B. 升血钙, 降血磷
C. 升血钙, 不影响血磷浓度 D. 降血钙, 不影响血磷浓度
E. 升血钙和血磷

22. 调节甲状旁腺激素和降钙素分泌的主要因素是

- A. 血钠浓度 B. 血钾浓度 C. 血钙浓度
D. 氨基酸浓度 E. 其他激素作用

*23. PTH 分泌后能迅速引起血钙升高的机制是

- A. 促进肾小管重吸收钙
- B. 促进骨液中的钙转运至血液中
- C. 刺激破骨细胞, 增强骨溶解, 释放骨钙
- D. 刺激成骨细胞活动, 促进骨盐沉积
- E. 促进肾内钙三醇形成, 增强小肠钙吸收

24. 成年人缺乏维生素 D 容易引起

- A. 佝偻病
- B. 侏儒症
- C. 呆小症
- D. 骨软化症
- E. 单纯性甲状腺肿

*25. 高浓度降钙素迅速降低血钙水平的作用环节是

- A. 抑制肾小管对钙的重吸收
- B. 抑制破骨细胞溶骨活动
- C. 刺激骨细胞的分化
- D. 甲状旁腺激素分泌减少
- E. 减少小肠吸收钙

【A₂ 型题】

*26. 女性患者, 30 岁, 颈前区弥漫性肿大, 两侧对称。有易怒, 多汗、心悸等症状。体检: 晨起心率 104 次/分, BP120/60mmHg; 无突眼, 甲状腺Ⅲ度肿大, 结节状, 心电图示: 窦性心律不齐。初步诊断最可能是

- A. 原发性甲亢
- B. 单纯性甲状腺肿
- C. 甲状腺癌
- D. 桥本甲状腺炎
- E. 亚急性甲状腺炎

*27. 女性患者, 45 岁, 发现颈部肿大 5 年, 近半年来常感心悸, 多汗, 食量加大, 性情急躁易怒。检查: 无突眼、甲状腺Ⅱ度肿大、结节状, 脉搏 110 次/分, 心、肺、腹无异常发现, 应首先考虑的诊断可能是

- A. 结节性甲状腺肿
- B. 原发性甲状腺功能亢进
- C. 继发性甲状腺功能亢进
- D. 高功能甲状腺腺瘤
- E. 甲状腺腺癌

*28. 女性患者, 16 岁, 心慌, 多汗, 手颤 2 个月。无明显突眼, 甲状腺Ⅰ度弥漫性肿大。血游离 T₃、T₄ 增高, TSH 降低, 初步诊断为甲亢。既往无甲亢病史。治疗应首先选择

- A. 抗甲状腺药物治疗
- B. 甲状腺部分切除术
- C. 核素 ¹³¹I 治疗
- D. 抗甲状腺药物治疗后手术治疗
- E. 抗甲状腺药物治疗后核素 ¹³¹I 治疗

*29. 56 岁女性患者就诊, 主诉过去几年里嗜睡伴有体重增加。查体发现, 患者甲状腺肿大, 皮肤厚硬、粗糙, 全身非指凹性肿胀, 以及低碘血症。对于该患者的诊断以及其血中 TSH 水平的变化是

- A. 甲状腺功能亢进, 高水平 TSH
- B. 甲状腺功能亢进, 正常水平 TSH
- C. 甲状腺功能减退, 高水平 TSH
- D. 甲状腺功能减退, 正常水平 TSH
- E. 甲状腺功能减退, 低水平 TSH

*30. 40 岁男性患者主诉慢性疲劳, 肌肉疼痛, 偶尔手指麻木。查体发现体重稍有增加, 但没有检查到甲状腺肿。实验室检查: TSH 10mU/L (正常为 0.4~4.2mU/L), 血中游离 T₄ 降低。推测最符合这些症状的诊断是

- A. 继发于下丘脑 - 垂体功能缺陷的甲减
- B. 继发于下丘脑 - 垂体功能缺陷的甲亢
- C. 自身免疫甲状腺疾病导致的甲减

D. 碘过多导致的甲亢

E. 碘缺乏导致的甲减

*31. 25岁妇女就诊,主诉体重减轻,怕热,出汗过多和疲乏无力。体检发现甲状腺肿。化验检查,血中TSH和甲状腺激素浓度升高,但未检测到抗甲状腺抗体。试推测符合这些症状的诊断很可能是

A. Graves病

B. 甲状腺激素抵抗

C. 甲状腺腺瘤

D. 5-脱碘酶缺乏

E. 分泌TSH的垂体瘤

32. 某患者低钙饮食约两月余,可能引起的变化是

A. 减少小肠上皮细胞钙结合蛋白量

B. 促进24,25-二羟维生素D₃合成

C. 刺激甲状旁腺激素分泌

D. 升高血浆降钙素水平

E. 提高血磷水平

*33. 某男性患者,因甲状腺手术不当损伤甲状旁腺1周,可能出现的症状是

A. 高血钙、高血磷,骨基质脱钙

B. 高血钙,肌兴奋增强,骨基质脱钙

C. 低血钙、低血磷,全身僵直

D. 低血钙,肌兴奋增强,手足抽搐

E. 低血钙、低血磷,手足抽搐

*34. 42岁的女子因患有自身免疫疾病,已累及肾脏。此患者体内最可能受损的功能是

A. 胆固醇转化为7-脱氢胆固醇

B. 维生素D₃转化为D₂C. 25-羟维生素D₃转化为钙三醇

D. 钙转化为羟磷灰石

E. 7-脱氢胆固醇转化为维生素D

*35. 患儿,男,5岁,因身材矮小就诊。体检:表情呆滞,反应较迟钝,智力落后,眼距宽,鼻梁宽,毛发枯干,皮肤粗糙。骨龄摄片仅有4个骨化核。最可能诊断是

A. 侏儒症

B. 先天性佝偻病

C. 21-三体综合征

D. 新生儿败血症

E. 先天性甲状腺功能低下

【B型题】

(36~39题共用备选答案)

A. 甲状腺激素

B. 生长激素

C. 甲状旁腺激素

D. 胰岛素

E. 降钙素

36. 对骨发育影响最大的激素是

37. 对机体产热效应最强的激素是

38. 能够降血糖的激素是

39. 机体保钙排磷的激素是

H(40~43题共用备选答案)

A. 呆小症

B. 巨人症

C. 侏儒症

D. 地方性甲状腺肿

E. 黏液性水肿

40. 婴幼儿时期甲状腺激素不足会出现

41. 成年人甲状腺激素不足会出现

42. 幼年期生长激素不足会出现

43. 幼年期生长激素过多会出现

【X型题】

*44. 在甲状腺激素的合成过程中,TPO所催化的反应是

- A. 滤泡细胞碘捕获 B. 碘活化
C. TG 分子酪氨酸残基碘化 D. 碘化酪氨酸双双缩合
45. 在甲状腺激素合成过程中, TSH 的促进作用环节是
A. 滤泡细胞碘捕获 B. 无机碘的活化
C. 甲状腺球蛋白中酪氨酸残基碘化 D. 甲状腺滤泡释放 T_4 与 T_3
46. 在血液中与甲状腺激素结合的血浆蛋白质是
A. 纤维蛋白原
B. 甲状腺素结合球蛋白
C. 甲状腺素转运蛋白(也称甲状腺素结合前白蛋白)
D. 白蛋白
- *47. 甲状腺手术时不慎伤及甲状旁腺, 将会出现的一般症状是
A. 呼吸困难 B. 血磷水平过高
C. 血钙水平过低 D. 手足肌肉痉挛
48. 甲状腺激素的生理作用包括
A. 增加机体产热, 升高基础代谢率 B. 促进脂肪分解和脂肪酸氧化
C. 促进蛋白质合成 D. 促进成人脑和长骨的发育

三、简答题

1. 甲状腺激素对机体的新陈代谢有哪些调节作用?
2. 正常情况下血中甲状腺激素的水平是如何保持相对稳定的?
3. 长期缺碘为何会引起地方性甲状腺肿?
4. 试述呆小症的预防和治疗原则。
5. 简述甲状旁腺激素、活性维生素 D_3 和降钙素对钙、磷代谢的调节作用。

四、思考题

1. 王某, 女, 38 岁, 主诉“乏力, 多汗, 心悸, 体重减轻 5 个月”入院。5 个月前无明显诱因出现食量增大但明显消瘦、喜凉怕热, 有心慌、失眠等症状, 情绪易怒、经常发脾气。无明显诱因出现腹泻, 心悸、乏力等症状加重来医院就诊。查体: $T 36.6^{\circ}\text{C}$, $P 110$ 次/分, $R 19$ 次/分, $BP 125/75\text{mmHg}$, 甲状腺肿大 II 度, 质软, 未触及结节, 可闻及血管杂音。彩超检查发现甲状腺体积增大, 血流丰富。

实验室检查结果:

项目	结果	单位	参考区间	
TT_4 (总 T_4)	1160	nmol/L	65~155	↑
TT_3 (总 T_3)	6.5	nmol/L	1.6~3.0	↑
FT_4 (游离 T_4)	49.6	pmol/L	10.3~25.7	↑
FT_3 (游离 T_3)	29.3	pmol/L	6.0~11.4	↑
TSH	0.04	mU/L	0.3~4.8	↓
Anti-TPO	26.07	IU/ml	0~34	
Anti-TG	594.3	IU/ml	0~115	↑
TRAb	25.98	IU/L	0~1.75	↑

临床诊断为原发性甲状腺功能亢进(Graves病)。采用甲巯咪唑,普萘洛尔治疗。问题:

(1) 请用生理学知识解释为何该患者会出现食量增大但明显消瘦、喜凉怕热,心慌、失眠,情绪易怒、腹泻等症状?

(2) 该患者使用甲巯咪唑治疗,甲巯咪唑作用的靶点是什么?

2. 患者女性,42岁,甲状腺手术后4天,自感手指与足趾刺痛感。次日发现伴有吸气出现的喉哮喘,手足抽搐。尿检发现尿中无钙,血浆钙浓度 1.5mmol/L (正常参考值 2.5mmol/L),血浆磷浓度 2.0mmol/L (正常参考值 1.1mmol/L)。

思考题:

(1) 该患者为什么出现低血钙和高血磷?

(2) 患者出现手足抽搐时应如何控制抽搐?

(3) 如何预防该患者手足抽搐的发生?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 碘捕获:甲状腺滤泡上皮细胞通过钠-碘同向转运体的继发性主动转运机制选择性摄取和聚集碘的过程。

2. 碘阻滞效应:过量碘(血碘 $>10\text{mmol/L}$)抑制甲状腺激素合成的效应。

3. 甲状旁腺分泌的甲状旁腺激素(PTH)、甲状腺C细胞分泌的降钙素(CT)以及由皮肤、肝肾等器官联合作用生成的 $1,25\text{-二羟维生素D}_3$ 是共同调节机体钙、磷代谢稳态的三种基础激素。

二、选择题

【 A_1 型题】

1. D 2. D 3. C 4. C 5. B 6. D 7. D 8. C 9. E 10. A
11. B 12. D 13. C 14. C 15. D 16. E 17. A 18. B 19. C 20. B
21. B 22. C 23. B 24. D 25. B

难题解析

3. C. 向甲状腺滤泡细胞内转运是依靠位于滤泡上皮细胞底部的钠-碘同向转运体,借助钠泵活动所提供的 Na^+ 内向浓度势能实现的继发性主动转运。

5. B. 甲状腺激素由滤泡上皮细胞合成,并以胶状质形式储存于滤泡腔中,甲状腺是唯一将激素大量储存在细胞外的内分泌腺。

9. E. 甲状腺激素能够调节三大营养物质的新陈代谢,使全身绝大多数组织的基础氧消耗量增加,产热量增加。甲状腺激素是胎儿和新生儿脑和长骨发育的关键因素,对成人没有作用。

11. B. 甲状腺激素是胎儿和新生儿脑发育的关键因素。在胚胎期甲状腺激素能够促进神经元增殖、分化、突起和突触的形成,促进胶质细胞生长和髓鞘形成以及对幼年期刺激骨化中心的发育成熟,使软骨骨化,促进长骨和牙齿生长等起重要作用。

12. D. 艾迪生病是肾上腺皮质功能减退症。侏儒症是由于生长激素缺乏或分泌不足。肢端肥大症是由于成年人生长激素分泌过量。佝偻病是儿童由于缺钙引起的骨骼钙化不良。呆小症是由于胚胎期缺碘或甲状腺功能减退所引起儿童智力低下及发育缓慢。

13. C. 成年人甲状腺激素分泌不足时,体内蛋白质合成障碍,组织间黏蛋白沉积,使水分子滞

留皮下,引起黏液性水肿。呆小症是由于胚胎期缺碘或甲状腺功能减退所引起儿童智力低下及发育缓慢。水中毒是由于人体摄水量超过肾脏最大利尿速度时,过剩的水分在体内堆积会使细胞膨胀,引起脱水低钠症。

14. C. 食物中长期缺碘导致甲状腺激素的合成不足,反馈性刺激腺垂体分泌过多的 TSH,刺激甲状腺增生肥大。

17. A. 丙硫氧嘧啶通过抑制甲状腺过氧化物酶所介导的酪氨酸碘化及耦联,使氧化碘不能结合到甲状腺球蛋白上,抑制外周组织的 T_4 转化为 T_3 。

23. B. PTH 的快速作用在数分钟内即可产生,产生机制是骨细胞膜对 Ca^{2+} 的通透性迅速增高,骨液中的 Ca^{2+} 进入细胞,然后由钙泵将 Ca^{2+} 转运至细胞外液中,引起血钙升高。

25. B. 降钙素能抑制破骨细胞的活动,减弱溶骨过程,同时还能增强成骨过程,使骨组织中钙沉积增加,而血钙水平降低。

【A₂型题】

26. A 27. C 28. A 29. C 30. C 31. E 32. C 33. D 34. C 35. E

难题解析

26. A. 原发性甲亢是指在甲状腺肿大的同时出现功能亢进症状。病人年龄多在 20~40 岁之间,腺体肿大为弥漫性,两侧对称。

27. C. 继发性甲亢较少见,病人先有结节性甲状腺肿以后才出现功能亢进症状,发病年龄多 40 岁以上。该患者先发现颈部肿大多年后出现甲亢症状,考虑为继发性甲亢,结合查体无突眼、甲状腺 II 度肿大、结节状。

28. A. 甲亢治疗包括药物治疗、放射性碘治疗及手术治疗。年龄 25 岁以下为放射性碘治疗禁忌证。该患者甲状腺轻度肿大,初发,最合适的治疗为药物治疗。

29. C. 碘是合成甲状腺激素的必需元素。碘缺乏将妨碍甲状腺激素正常合成,甲状腺激素分泌减少导致患原发性甲状腺功能减退症。由于患者血中甲状腺激素水平的降低,对腺垂体负反馈性的抑制作用减弱,以致血中 TSH 水平升高。

30. C. T_4 降低为诊断甲状腺功能减退的主要依据。但是 TSH 水平高于正常值,一方面说明腺垂体分泌 TSH 的能力存在,另一方面也说明 T_4 对下丘脑-腺垂体的反馈性抑制作用减弱。确诊自身免疫甲状腺疾病尚需进一步的诊断依据,如抗甲状腺抗体的检查。

31. E. Graves 病为自身免疫性甲状腺功能亢进。但本例未检测到抗甲状腺抗体,不支持此症。化验检查,血中 TSH 和甲状腺激素浓度升高,提示甲亢可能为垂体疾患所致。

33. D. 甲状旁腺损伤会引起甲状旁腺功能减退,造成低血钙,神经肌肉兴奋性增强,可出现手足抽搐,甚至惊厥。

34. C. 肾间质细胞受损, 1α -羟化酶生成减少,以致在肝内初步活化的 25-羟维生素 D₃ 在肾内转化为钙三醇的量减少。

35. E. 侏儒症的患者是由于幼年缺乏生长激素所致,智力发育不受影响。先天性佝偻病的患儿表现为颅骨软化,囟门较大且关闭晚,胸部可见串珠肋、鸡胸或漏斗胸,但智力发育正常。21-三体综合征的临床表现为智能低下,生长发育迟缓以及肌张力低下等,还有特殊面容:眼距宽,眼裂小,眼外侧上斜,鼻根低平,外耳小等。新生儿败血症痊愈后不会出现智力低下和发育迟缓。先天性甲状腺功能低下的患儿会出现智力低下和发育迟缓,符合该患儿特征。

【B型题】

36. B 37. A 38. D 39. C 40. A 41. E 42. C 43. B

【X型题】

44. BCD 45. ABCD 46. BCD 47. ABCD 48. ABC

难题解析

44. 甲状腺过氧化物酶(TPO)催化甲状腺激素合成过程中碘活化、甲状腺球蛋白(TG)所含酪氨酸残基的碘化以及碘化酪氨酸的缩合(耦联)等多个反应环节。碘捕获是通过钠-碘同向转运体实现的继发性主动转运过程。滤泡细胞碘捕获过程受TSH的调控。

47. 甲状旁腺激素分泌减少,血钙水平降低,神经肌肉组织的兴奋性失常,不仅导致手、足肌肉痉挛收缩,严重时还将引起呼吸肌等的痉挛而致呼吸困难。

三、简答题

1. 甲状腺激素对机体的新陈代谢有哪些调节作用?

答:见知识要点。

2. 正常情况下血中甲状腺激素的水平是如何保持相对稳定的?

答:下丘脑-腺垂体-甲状腺轴调节系统:①下丘脑TRH促进腺垂体TSH的释放;TSH促进甲状腺激素的合成分泌,并能刺激甲状腺滤泡细胞生长发育;②甲状腺激素的反馈调节:血中游离TH可负反馈调节下丘脑TRH和腺垂体TSH的分泌。此外,甲状腺功能还受到自身调节(碘阻滞效应)、神经调节(交感神经兴奋可促进甲状腺激素的分泌)以及免疫因素的调节。

3. 长期缺碘为何会引起地方性甲状腺肿?

答:碘是合成甲状腺激素的重要原料,长期缺碘, T_3 、 T_4 合成减少,对腺垂体TSH分泌的反馈抑制作用减弱,TSH分泌水平提高。由于TSH长期效应是刺激甲状腺滤泡上皮细胞的增生,腺体增大,因此,食物中长期缺碘通过TSH分泌增多引起甲状腺代偿性增生肿大。

4. 试述呆小症的预防和治疗原则。

答:胎儿在发育至11周之前不具备合成甲状腺激素的能力,必须由母体提供,因此缺碘地区的孕妇尤其需要适时补充碘,以预防和减少呆小症的发病率。先天甲状腺发育不全的呆小症患者,一般在出生后数周至3~4个月后,患儿才表现出明显的智力迟钝和长骨生长迟滞,应在出生后3个月内尽早补充甲状腺激素,过迟则难以奏效。

5. 简述甲状旁腺激素、活性维生素 D_3 和降钙素对钙、磷代谢的调节作用。

答:甲状旁腺激素(PTH)作用:升高血钙、降低血磷,调节血钙和血磷水平的稳态;降钙素(CT)作用:降低血钙和血磷;1,25-二羟维生素 D_3 (钙三醇)作用:升高血钙和血磷,增加骨钙沉积。

四、思考题

1. 答:(1)患者食量增大但明显消瘦、喜凉怕热、心慌、失眠、情绪易怒等症状是典型的甲状腺激素分泌过多,甲状腺功能亢进的表现。甲状腺激素能使全身绝大多数组织的基础氧消耗量增加,产热量增加,甲亢时,产热量增加,基础代谢率可升高,患者喜凉怕热、多汗、体重下降。甲状腺激素是维持机体基础性活动的激素,对各器官系统功能都有不同程度的影响。对神经系统的活动主要表现为兴奋作用,甲亢患者常有易激动、烦躁不安、喜怒无常、失眠多梦、注意力分散等中枢神经系统兴奋性增高的表现;对心脏的活动有显著影响,可使心率增快,心肌收缩力增强,心输出量、心肌耗氧量增加,甲亢患者会出现心动过速、心律失常、甚至心力衰竭;TH可促进消化道的运动和消化腺的分泌,甲亢时,食欲亢进,胃肠运动加速,肠吸收减少,甚至出现顽固性吸收不良性腹泻。

(2)甲状腺过氧化物酶(TPO)是由甲状腺滤泡上皮细胞合成的一种糖化血红蛋白样蛋白质,是催化甲状腺激素合成的关键酶,对碘的活化、酪氨酸的碘化与碘化酪氨酸的缩合都有重要作用。该病例使用的甲硫咪唑属于硫脲类药物,可抑制TPO活性,因而能抑制甲状腺激素的合成,临床上

常用于治疗甲状腺功能亢进。该患者同时使用普萘洛尔,主要是缓解患者心悸的症状。

2. 答:(1)患者可能因甲状腺手术误伤甲状旁腺,引起继发性甲状旁腺功能减退症。甲状旁腺激素合成分泌减少导致:①骨钙动员减少,肾小管重吸收钙减少,血钙水平降低,尿钙减少;②肾小管重吸收磷增加,血磷水平升高,而致血钙降低,钙磷平衡失调;③肾内 1α -羟化酶生成不足,小肠钙吸收减少也促进血钙水平降低。

(2)因血钙水平降低,神经、肌肉组织兴奋性升高而导致手足抽搐的发生。因此,手足抽搐发生时,应静脉缓慢注射氯化钙,以及时提高血钙水平,控制手足抽搐的发作。

(3)补充 $1(\text{OH})\text{D}_3$ 或 $1,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$,促进小肠吸收钙;同时口服钙制剂补充钙源,有助于纠正低血钙,预防手足抽搐的发作。由于肾内 1α -羟化酶生成不足,故口服普通的维生素 D 疗效不好。

(朱 辉)

第四节 胰岛内分泌

学习目标

1. 掌握 胰岛素的生物学作用;胰岛素分泌的调节。
2. 熟悉 胰高血糖素的作用;胰高血糖素分泌的调节。
3. 了解 胰岛素的作用机制。

知识要点

胰岛内分泌细胞按形态学特征及分泌的激素至少有五种: α (A)细胞分泌胰高血糖素; β (B)细胞分泌胰岛素; δ (D)细胞分泌生长抑素;分泌血管活性肠肽(VIP)的 D_1 (H)细胞和分泌胰多肽(PP)的 F(PP)细胞数则很少。

一、胰岛素

人胰岛素是含有 51 个氨基酸残基的蛋白质激素。

1. 胰岛素的作用机制 胰岛素与靶细胞膜上胰岛素受体 α 亚单位结合,引起胰岛素受体 β 亚单位的酪氨酸残基磷酸化,激活受体内酪氨酸蛋白激酶以及细胞内耦联的胰岛素受体底物(IRS)蛋白,经过 IRS 下游信号途径,最终引起生物学效应,包括葡萄糖转运,糖原、脂肪及蛋白质的合成,以及一些基因的转录和表达。

2. 胰岛素的生物作用 胰岛素是促进物质合成代谢,维持血糖浓度稳定的关键激素,对于机体能源物质的储存及生长发育有重要意义,作用的靶组织主要是肝、肌肉和脂肪组织。

(1)糖代谢:当血糖浓度升高时,胰岛素是体内唯一降低血糖的激素。胰岛素的降糖作用主要通过减少血糖的来源(抑制肝糖原分解和糖异生作用)以及增加血糖的去路(促进糖原合成、外周组织氧化利用和转化为非糖物质)实现的。

(2)脂肪代谢:胰岛素可促进脂肪的合成与储存,抑制脂肪的分解与利用。

(3)蛋白质代谢:胰岛素能促进蛋白质的合成,抑制蛋白质的分解。糖尿病患者因血糖升高后的渗透性利尿引起多尿,继而多饮,并且由于葡萄糖、脂肪、蛋白质代谢紊乱,出现体重减轻、疲乏

无力等症状。

(4) 对生长的作用:胰岛素促进生长的作用有直接作用和间接作用,前者通过胰岛素受体实现,后者则通过其他促生长因子作用实现。

3. 胰岛素的分泌调节 胰岛素分泌活动受到营养物质、神经体液等诸多因素的调节(见表 11-5)。

二、胰高血糖素

胰高血糖素是胰岛 α 细胞分泌的含 29 个氨基酸残基的多肽激素。

1. 胰高血糖素的生物作用 与胰岛素的作用相反,胰高血糖素是一种促进物质分解代谢的激素,动员体内能源物质的分解供能。

2. 胰高血糖素的分泌调节 胰岛素和胰高血糖素通过不同途径对血糖的稳态有重要的调节作用,机体多种因素调节这两种激素的分泌(表 11-6)。

表 11-6 胰岛素和胰高血糖素的主要作用及调节因素

胰岛素		胰高血糖素
分泌细胞	胰岛 β 细胞	胰岛 α 细胞
结构性质	51 个氨基酸残基的多肽	29 个氨基酸残基的多肽
靶细胞受体	酪氨酸激酶受体	G 蛋白耦联受体
主要靶细胞	肝脏,骨骼肌,脂肪	肝脏
主要作用	↓ 血糖	↑ 血糖
主要作用机制	↑ 糖原合成; ↓ 糖原分解; ↓ 糖异生; ↑ 糖转运; ↑ 糖氧化利用; ↑ 脂肪合成	↓ 糖原合成; ↑ 糖原分解 ↑ 糖异生; ↑ 脂肪分解
主要调节因素		
营养代谢产物	葡萄糖 ↑, 氨基酸 ↑, 脂肪酸 ↑	葡萄糖 ↓, 氨基酸 ↑
胰岛激素	胰高血糖素 ↑, 生长抑素 ↓	胰岛素 ↓ (直接), ↑ (间接); 生长抑素 ↓
胃肠激素	促胃液素 ↑; 缩胆囊素 ↑; 抑胃肽 ↑; 促胰液素 ↑	促胃液素 ↑; 缩胆囊素 ↑; 抑胃肽 ↑; 促胰液素 ↓
神经调节	交感神经 ↓ (α 受体为主); 迷走神经 ↑ (M 受体)	交感神经 ↑ (β 受体); 迷走神经 ↓ (M 受体)

复习思考题

一、名词解释

- 1. insulin
- 2. insulin receptor substrate (IRS)
- 3. entero-insular axis

二、选择题

【A₁ 型题】

- 1. 胰岛素是由下列哪种细胞合成与分泌的
A. B 细胞 B. A 细胞 C. D 细胞 D. H 细胞 E. PP 细胞

2. 调节胰岛素分泌最重要因素是

- A. 血氨基酸水平 B. 血糖水平 C. 血脂肪酸水平
D. 血 Na^+ 浓度 E. 血 K^+ 浓度

*3. 正常情况下,人体进食后血液内

- A. 胰岛素含量减少,胰高血糖素含量增加
B. 胰岛素含量增加,胰高血糖素含量增加
C. 胰岛素含量减少,胰高血糖素含量减少
D. 胰岛素含量增加,胰高血糖素含量减少
E. 胰岛素含量增加,胰高血糖素含量不变

*4. 胰岛素缺乏时可导致

- A. 组织细胞摄取葡萄糖增加 B. 脂肪分解增加,产生酮体
C. 血糖浓度下降 D. 蛋白质分解减少
E. 血浆氨基酸减少

*5. 胰岛素抵抗是指

- A. 机体对胰岛素超常反应 B. 机体对胰岛素超常敏感
C. 机体对胰岛素的生理效应增高 D. 机体对胰岛素的敏感性及其反应性降低
E. 机体对胰岛素的需要量减少

*6. 2型糖尿病的发病机制是

- A. 胰岛 B 细胞破坏,胰岛素绝对不足 B. 胰岛 B 细胞自身免疫反应性损伤
C. 胰岛素抵抗和胰岛素分泌缺陷 D. 胰岛 B 细胞遗传性缺陷
E. 胰岛素拮抗激素增多

7. 下列激素中,能抑制胰岛素分泌的是

- A. 生长抑素 B. 抑胃肽 C. 促胰液素
D. 血管活性肠肽 E. 糖皮质激素

8. 属于酪氨酸激酶受体的是

- A. 促肾上腺皮质激素受体 B. 促甲状腺激素受体 C. 卵泡刺激素受体
D. 胰岛素受体 E. 肾上腺素受体

*9. 糖尿病患者胰岛素治疗最主要的不良反应是

- A. 注射处红肿疼痛 B. 注射处脂肪萎缩 C. 发生低血糖
D. 胰岛素抵抗 E. 过敏性休克

10. 调节胰高血糖素分泌的最重要因素是

- A. 生长激素分泌量 B. 血中氨基酸浓度 C. 胰岛素分泌量
D. 生长抑素分泌量 E. 血糖浓度

【 A_2 型题】

11. 女,52岁,近1个月感口渴,饮水量增至每天2000ml,尿量增多。尿糖阳性,空腹血糖180mg/dl (10.0mmol/L),餐后血糖252mg/dl (14.0mmol/L),最可能的诊断是

- A. 单纯性肥胖 B. 糖尿病 C. 糖耐量减低
D. 空腹血糖受损 E. 肾性糖尿

*12. 男,46岁,消瘦,口渴,多饮,尿量增多,1天前,逐渐出现嗜睡,意识不清,急检血糖41mmol/L,血钠132mmol/L,血钾4.8mmol/L,尿素氮9.8mmol/L,二氧化碳结合力10.2mmol/L。尿常规:尿糖

(++++), 酮体 (+++), 该患者最可能的诊断是

- A. 尿崩症 B. 甲状腺功能亢进 C. 糖尿病酮症酸中毒
D. 胰岛 α 细胞瘤 E. 嗜铬细胞瘤

*13. 女性, 26 岁, 妊娠 5 个月。体格检查: 尿糖(++), 空腹血糖 6.6mmol/L, 餐后 2 小时血糖 10.6mmol/L, 既往无糖尿病史。最可能的诊断是

- A. 肾性糖尿 B. 糖尿病合并妊娠 C. 妊娠期糖尿病
D. 继发性糖尿病 E. 其他特殊类型糖尿病

*14. 男性, 18 岁, “三多一少” 症状 1 个月, 血糖 16.7mmol/L, 尿糖阳性、酮体阴性, 治疗首先选择

- A. 磺脲类降糖药 B. 双胍类降糖药 C. 葡萄糖苷酶抑制剂
D. 噻唑烷二酮 E. 胰岛素

15. 女, 50 岁, 近 2 年来无明显诱因出现全身乏力、体重减轻、多饮、多尿。空腹血糖 9.1mmol/L, 餐后 2 小时血糖 13.8mmol/L。最可能的诊断是

- A. 1 型糖尿病 B. 2 型糖尿病 C. 甲状腺功能亢进
D. 甲状腺功能低下 E. 其他特殊类型糖尿病

【B 型题】

(16~18 题共用备选答案)

- A. 加压素 B. 胰高血糖素 C. 生长抑素
D. 胰岛素 E. 降钙素

16. 胰岛 A 细胞可分泌

17. 胰岛 B 细胞可分泌

18. 胰岛 D 细胞可分泌

【X 型题】

19. 对胰岛素释放有刺激作用的激素有

- A. 促胰液素 B. 醛固酮
C. 胰高血糖素 D. 抑胃肽

20. 胰岛素对糖代谢的作用, 以下正确的是

- A. 抑制全身组织对葡萄糖的摄取利用
B. 促进全身组织对葡萄糖的摄取利用
C. 促进糖原合成和转变为脂肪酸储存于脂肪中
D. 抑制肝内糖异生
E. 是维持血糖稳态最重要的降糖激素

三、简答题

1. 简述胰岛素的主要生理作用。

2. 简述胰岛素分泌的调节。

四、思考题

男, 48 岁, 主诉“多尿多饮 4 年余”入院。该患多尿多饮 4 年余, 每日饮水量 4000ml, 尿量与之相当, 多食消瘦, 体重下降 10kg, 空腹血糖 7mmol/L。入院检查: 尿糖 +++, 血糖 (GLU)、胰岛素 (INS) 检查如下:

项目	结果	单位	参考范围
GLU0'	8.90	mmol/L	3.5~6.1
GLU60'	12.83	mmol/L	3.5~7.8
GLU120'	17.64	mmol/L	3.5~7.8
INS0'	19.1	uU/ml	1.1~17
INS60'	45.6	uU/ml	18~68
INS120'	77.1	uU/ml	9~53

临床诊断为2型糖尿病。口服二甲双胍治疗,服药同时监测血糖。问题:

- (1) 糖尿病患者为何会出现多饮、多尿、多食,体重减少“三多一少”的症状?
- (2) 该病例使用的二甲双胍属于哪类降糖药物? 主要作用机制?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 胰岛素:胰岛 β 细胞分泌的一种蛋白质激素,它是全面促进物质合成代谢,能降低血糖水平的重要激素。
2. 胰岛素受体底物:广泛存在于胰岛素敏感组织细胞内的介导胰岛素生物学作用的关键信号蛋白。
3. 肠-胰岛素轴:胃肠激素与胰岛素分泌之间的功能联系轴,生理意义在于通过前馈调节机制调节胰岛素的分泌,为营养物质吸收后的细胞利用做好准备。

二、选择题

【A₁型题】

1. A 2. B 3. D 4. B 5. D 6. C 7. A 8. D 9. C 10. E

难题解析

3. D. 进食后血糖浓度升高,胰岛素分泌明显增加,以加强细胞对葡萄糖摄取和利用,降低血糖浓度。与胰岛素的作用相反,胰高血糖素促糖原分解和糖异生,使血糖浓度升高。
4. B. 胰岛素缺乏时葡萄糖摄取减少,可引起血糖水平升高、糖尿;蛋白质分解代谢增强导致血浆氨基酸增加、尿氮增加;脂肪分解作用增强可引起脂肪代谢紊乱,血浆游离脂肪酸和酮体生成增加。
5. D. 胰岛素抵抗是指胰岛素的外周靶器官和靶组织对内源性或外源性胰岛素的敏感性及反应性降低,导致生理剂量的胰岛素产生低于正常的生理效应。
6. C. 2型糖尿病主要与胰岛素抵抗和胰岛B细胞功能减退有关。
9. C. 低血糖症是胰岛素治疗最重要、最常见的不良反应。

【A₂型题】

11. B 12. C 13. C 14. E 15. B

难题解析

12. C. 胰岛素缺乏时,可出现脂肪代谢的紊乱,脂肪分解增强,血脂升高,加速脂肪酸在肝内氧化,生成大量酮体,由于糖氧化过程发生障碍,不能很好地处理酮体,以致引起酮血症和酸中毒。

13. C. 妊娠糖尿病是指妇女在怀孕期间患上的糖尿病,有 2%~3% 的女性在怀孕期间会发生糖尿病,主要发生在肥胖和高龄产妇患者。

14. E. 考虑为 1 型糖尿病,多发生于儿童和青少年,治疗 1 型糖尿病最重要的药物是胰岛素。

【B 型题】

16. B 17. D 18. C

【X 型题】

19. ACD 20. BCDE

三、简答题

1. 简述胰岛素的主要生理作用。

答:见知识要点。

2. 简述胰岛素分泌的调节。

答:见知识要点。

四、思考题

(1) 答:患者符合糖尿病典型的“三多一少”(多食、多饮、多尿,体重减少)的症状,机制如下:

①糖尿病人血糖浓度增高,肾小球滤出而不能完全被肾小管重吸收,以致形成渗透性利尿,出现多尿;②多尿导致水分丢失过多,发生细胞内脱水,口渴,饮水量和饮水次数都增多;③大量尿糖丢失,如每日失糖 500g 以上,机体处于饥饿状态,能量缺乏需要补充引起食欲亢进,食量增加;④胰岛素不足,体内碳水化合物、脂肪及蛋白质被大量消耗,体重减轻、消瘦。

(2) 本病例治疗药物是二甲双胍,是一种双胍类降糖药,是目前国内外应用最广的降糖药物。降血糖机制:促进脂肪组织摄取葡萄糖,降低葡萄糖在肠的吸收及糖原异生,抑制胰高血糖素释放等。

(朱 辉)

第五节 肾上腺内分泌

学习目标

1. 掌握 糖皮质激素的作用与分泌调节。
2. 熟悉 盐皮质激素的作用与分泌调节。
3. 了解 肾上腺髓质激素的作用与分泌调节。

知识要点

肾上腺分为皮质和髓质两部分。皮质由外向内依次分为球状带、束状带和网状带。球状带分泌以醛固酮为代表的盐皮质激素(MC),束状带分泌以皮质醇为代表的糖皮质激素(GC),网状带分泌以脱氢表雄酮为代表的性激素。这些激素均属类固醇激素。实验发现,切除双侧肾上腺的动物很快就死亡,若能及时补充肾上腺皮质激素则能维持生命。可见肾上腺皮质激素是维持生命活动所必需的激素。

肾上腺髓质分泌儿茶酚胺类激素,与交感神经构成功能系统,共同在机体应急反应中发挥作用。

一、糖皮质激素的生物学作用与分泌调节

(一) 糖皮质激素的生物学作用

肾上腺皮质分泌的 GC 中,90% 为皮质醇(又名氢化可的松),10% 为皮质酮,且 95% 的 GC 效应来源于皮质醇。GC 可通过基因组效应和非基因组效应发挥作用,体内大多数组织存在糖皮质激素受体,因此 GC 的作用广泛而复杂。

1. 对物质代谢的影响 GC 对体内三大物质代谢均有显著影响。

(1) 糖代谢:GC 是调节糖代谢的重要激素之一,因能显著升高血糖而得名。GC 主要通过减少组织对糖的利用和加速肝糖异生而使血糖升高。因此,GC 分泌过多可使血糖升高,而 GC 缺乏则可使血糖降低。

(2) 脂肪代谢:GC 提高四肢部分的脂肪酶活性,促进脂肪分解,使血浆中脂肪酸浓度增加,并向肝脏转移,增强脂肪酸在肝内的氧化,以利于肝糖原异生。GC 也能加强细胞内脂肪酸氧化供能。这些效应有利于机体在饥饿或其他应激情况下,细胞的供能从糖代谢向脂代谢转化。GC 引起的高血糖可继发引起胰岛素分泌增加,反而加强脂肪合成,增加脂肪沉积,使机体内脂肪重新分布,主要沉积于面、颈、躯干和腹部,而四肢分布减少,形成“满月脸”“水牛背”、四肢消瘦的“向心性肥胖”体征,称为库欣综合征(Cushing's Syndrome)。

(3) 蛋白质代谢:GC 能抑制肝外组织细胞内的蛋白质合成,加速其分解,减少氨基酸转运入肌肉等肝外组织,为肝糖异生提供原料;相反,却能促进肝外组织产生的氨基酸转运入肝,提高肝内蛋白质合成酶的活性,使肝内蛋白质合成增加,血浆蛋白也相应增加。因此,当糖皮质激素分泌过多时,可出现肌肉消瘦、骨质疏松、皮肤变薄等体征。

2. 参与应激反应 当机体遭受到各种伤害性刺激时,如创伤、手术、感染、中毒、疼痛、缺氧、寒冷、强烈精神刺激、精神紧张等,腺垂体立即释放大量 ACTH,并使 GC 快速大量分泌,引起机体发生非特异性的适应反应,称为应激反应(stress reaction)。引起应激反应的刺激统称为应激原(stressor)。应激反应机制十分复杂,除 ACTH、GC 分泌迅速增多外,儿茶酚胺、催乳素、生长激素、血管升压素、 β -内啡肽、胰高血糖素和醛固酮等激素的分泌也明显增加。此外,交感神经系统的活动也增强。一定程度的应激反应有利于机体对抗应激原,在整体功能全面动员的基础上,提高机体对有害刺激的耐受能力。

3. 对组织器官活动的影响

(1) 对血细胞的影响:GC 可增强骨髓的造血功能,使血液中红细胞、血小板和中性粒细胞的数量增加。但却使淋巴细胞和嗜酸性粒细胞数量减少。因此临床上 GC 可以用于治疗淋巴细胞性白血病。但是,长期应用 GC 可导致机体免疫功能下降,容易发生感染。

(2) 对循环系统的作用:GC 对心血管系统的作用包括:①提高心肌、血管平滑肌对儿茶酚胺类激素的敏感性(允许作用),上调心肌、血管平滑肌细胞肾上腺素能受体的表达,并使这些受体与儿茶酚胺的亲合力增加,加强心肌收缩力,增加血管紧张度,以维持正常血压;②抑制前列腺素的合成,降低毛细血管的通透性,减少血浆滤过,有利于维持循环血量。

(3) 对胃肠道的影响:GC 可促进胃腺分泌盐酸和胃蛋白酶原,也可增高胃腺细胞对迷走神经与促胃液素的反应性,故长期大量应用 GC 易诱发或加重消化性溃疡。

(4) 调节水盐代谢:GC 有一定的促进肾远曲小管和集合管的保 Na^+ 排 K^+ 作用,这是因为 GC 可与醛固酮受体发生交叉结合,产生一定的醛固酮样作用,但这种作用仅约为醛固酮的 1/500;另一方面,GC 能降低入球小动脉的血流阻力,增加肾血浆流量和肾小球滤过率,还能抑制血管升压

素的分泌,因而有利于肾排水。当肾上腺皮质功能减退时,可发生肾排水障碍,甚至引起“水中毒”,若补充 GC 则可缓解症状。另外,大量服用 GC 可减少小肠黏膜吸收钙,还能抑制肾近端小管对钙、磷的重吸收,增加其排泄量。

除上述作用外,GC 尚能促进胎儿肺泡发育及肺表面活性物质的生成,防止新生儿呼吸窘迫综合征的发生;GC 还可维持中枢神经系统的正常兴奋性,改变行为和认知能力,影响胎儿和新生儿的脑发育,过量使用 GC 还可以引起失眠、情绪激动或压抑,记忆力减退等症状。药理剂量(大剂量)的 GC 还能抑制炎症反应和免疫反应,因而具有抗炎、抗毒、抗过敏和抗休克等作用。

(二) 糖皮质激素分泌的调节

糖皮质激素的分泌分为基础分泌和应激分泌,两者均受下丘脑-腺垂体-肾上腺皮质轴的调节。

1. 下丘脑-腺垂体-肾上腺皮质轴的调节 下丘脑室旁核分泌 CRH 与 VP,通过垂体门脉系统到达腺垂体,分别与 ACTH 细胞 CRH 受体-1(CRH-R1)和 V3 受体结合,促进腺垂体分泌 ACTH,继而促进 GC 分泌。

CRH 释放呈日周期节律和脉冲式释放,使 ACTH 和糖皮质激素在清晨觉醒前达高峰,午夜分泌最少。

2. 糖皮质激素的反馈调节 在生理情况下,当血中 GC 浓度增大时,可反馈抑制腺垂体 ACTH 细胞和下丘脑 CRH 神经元的活动,使 ACTH、CRH 的合成和释放减少,且 ACTH 细胞对 CRH 的敏感性下降,使血中 GC 降低,这种长反馈调节有利于维持血液中 GC 的稳态。腺垂体 ACTH 分泌过多时也可反馈性地抑制下丘脑 CRH 神经元的活动(短反馈),而下丘脑 CRH 神经元还可通过分泌 CRH 反馈影响自身的活动(超短反馈)。

临床上长期大剂量应用 GC 的最终结果是腺垂体 ACTH 分泌的抑制,ACTH 分泌的不足导致肾上腺皮质束状带和网状带的萎缩,久之,受抑制的下丘脑-腺垂体-肾上腺轴将失去对刺激的反应性。所以,临床上给患者长期应用外源性的皮质激素制剂过程中,如果突然撤药,将引起急性肾上腺皮质功能减退的危急症状。应逐渐减量停药或在治疗过程中间断补充 ACTH,防止肾上腺皮质萎缩。

3. 应激性调节 当机体受到应激原刺激时,下丘脑 CRH 神经元分泌增强,刺激腺垂体 ACTH 分泌,最后引起肾上腺皮质激素的大量分泌,以提高机体对伤害性刺激的耐受能力。在应激情况下导致的 GC 分泌量明显增多,完全不受上述轴系负反馈的影响。

二、盐皮质激素的生物学作用与分泌调节

肾上腺皮质球状带分泌的盐皮质激素主要包括醛固酮、11-去氧皮质酮和 11-去氧皮质醇,其中醛固酮对水盐代谢的作用最强,其次为去氧皮质酮。

(一) 盐皮质激素的生物学作用

醛固酮的主要作用是促进肾远曲小管和集合管上皮细胞重吸收 Na^+ 和分泌 K^+ ,即保 Na^+ 排 K^+ 作用,在重吸收 Na^+ 的同时也等渗性地重吸收水,因而对维持细胞外液量及循环血量的相对稳定具有重要意义。醛固酮也可作用于汗腺、唾液腺导管及胃肠道上皮细胞,通过保 Na^+ 排 K^+ 作用,使汗液、唾液及粪便中 Na^+ 排出减少,而 K^+ 排出增多。此外,醛固酮还能增强血管平滑肌对缩血管物质的敏感性,且该作用强于 GC。

(二) 盐皮质激素分泌的调节

1. 肾素-血管紧张素系统的调节 醛固酮直接受血管紧张素 II 和 III 的调节。其中血管紧张素

Ⅲ刺激醛固酮合成和分泌的作用强于血管紧张素Ⅱ,但前者的血浓度只有后者的1/4,故以血管紧张素Ⅱ的调节为主。血管紧张素通过促进球状带细胞的生长、提高醛固酮合成酶的活性,从而促进醛固酮的合成和分泌。

2. 血 K^+ 和血 Na^+ 浓度的调节 血 K^+ 水平升高和血 Na^+ 水平降低均能刺激醛固酮分泌,但球状带细胞对血 K^+ 水平的改变更为敏感。

3. 应激性调节 在生理情况下,ACTH 对醛固酮的分泌无明显影响,但在应激反应时,ACTH 可促进醛固酮分泌。

三、肾上腺髓质激素的生物学作用与分泌调节

肾上腺髓质细胞在功能上相当于无轴突的交感神经节后神经元,分泌的激素主要为肾上腺素和去甲肾上腺素,还有少量的多巴胺。

(一) 生物学作用

肾上腺素和去甲肾上腺素作用于靶细胞 α 受体和 β 受体后,分别通过 PLC-IP₃/DG-PKC 和 AC-cAMP-PKA 信号转导通路而发挥作用。有关肾上腺素和去甲肾上腺素对各组织器官的作用见其他相关章节,在此主要讨论它们对物质代谢的影响和在应急反应中的作用。

1. 调节物质代谢 肾上腺素和去甲肾上腺素与各型肾上腺素能受体结合后调节物质代谢机制不同。例如,骨骼肌运动增强时,肾上腺素可通过激活 β_2 受体,加强肌糖原的分解,为肌肉收缩提供即时的能源供应;必要时也能通过激活 β_3 受体加强脂肪组织的脂肪分解,为肌肉较为持续的活动提供游离脂肪酸分解供能;肾上腺素还能通过激活肝细胞的 α_1 受体来促进糖异生,以维持血糖浓度;此外,骨骼肌运动时还能通过局部自主神经的支配激活 α_2 受体,抑制胰岛素分泌,促进糖异生,协同血糖浓度的维持。

2. 参与应急反应 肾上腺髓质嗜铬细胞受交感神经胆碱能节前纤维的支配。一般生理状态下,血中儿茶酚胺浓度很低,几乎不参与机体代谢及功能的调节。但当机体遇到紧急情况时,如遭遇恐惧、愤怒、焦虑、搏斗、运动、低血糖、低血压、寒冷等刺激,交感神经强烈兴奋,肾上腺髓质也被激活,进而分泌大量儿茶酚胺类激素(可达基础水平的1000倍),使机体处于警觉状态,反应极为机敏;同时心血管系统、呼吸系统和能量代谢的活性显著增强,以满足机体在紧急情况下急增的能量需求。这种在紧急情况下发生的交感-肾上腺髓质系统活动增强的适应性反应,称为应急反应。

(二) 分泌的调节

1. 交感神经的作用 交感神经兴奋时,节前纤维末梢释放乙酰胆碱,作用于肾上腺髓质嗜铬细胞膜中的 N_1 受体,促使肾上腺髓质激素的分泌,同时也提高靶细胞中儿茶酚胺合成酶系的活性,促进儿茶酚胺的合成。

2. ACTH 和 GC 的作用 ACTH 可直接或间接(通过引起 GC 分泌)提高嗜铬细胞内催化儿茶酚胺有关合成酶的活性,促进儿茶酚胺的合成及分泌量。

3. 自身反馈性调节 当肾上腺髓质嗜铬细胞中去甲肾上腺素或多巴胺含量增多到一定水平时,可负反馈抑制酪氨酸羟化酶的活性;而当肾上腺素合成增多到一定程度时,则可负反馈抑制 PNMT 的活性,阻止儿茶酚胺的进一步合成。反之,当嗜铬细胞内儿茶酚胺含量减少时,对上述合酶的抑制作用被解除,使儿茶酚胺合成增加,从而保持激素合成的稳态。

另外,儿茶酚胺的分泌还受到机体代谢状态的影响。如低血糖时,嗜铬细胞分泌肾上腺素和去甲肾上腺素增加,促进糖原分解,使血糖升高。

复习思考题

一、名词解释

stress reaction

二、选择题

【A₁型题】

1. 关于肾上腺皮质激素的分泌,正确的是

- A. 束状带主要分泌糖皮质激素
- B. 束状带主要分泌性激素
- C. 网状带主要分泌糖皮质激素
- D. 网状带主要分泌盐皮质激素
- E. 球状带主要分泌性激素

2. 糖皮质激素的作用包括

- A. 抑制蛋白质分解
- B. 使血糖浓度降低
- C. 使肾脏排水能力降低
- D. 使红细胞数量减少
- E. 参与应激反应

3. 关于糖皮质激素的作用,错误的是

- A. 使淋巴细胞减少
- B. 使红细胞数目增加
- C. 增加机体抗伤害刺激的能力
- D. 对正常血压的维持很重要
- E. 对水盐代谢无作用

4. 肾上腺皮质功能不全的患者可出现“水中毒”,补充下列哪种激素可缓解症状

- A. 糖皮质激素
- B. 盐皮质激素
- C. 抗利尿激素
- D. 胰岛素
- E. 甲状旁腺激素

5. 糖皮质激素无收缩血管作用,但能加强去甲肾上腺素的缩血管作用,这种作用称为

- A. 拮抗作用
- B. 协同作用
- C. 允许作用
- D. 正反馈作用
- E. 负反馈作用

6. 关于应激反应的叙述,错误的是

- A. 缺氧、创伤、精神紧张等有害刺激时出现
- B. 有多种激素参与
- C. 是一种特异性反应
- D. 血中 ACTH、糖皮质激素浓度升高
- E. 交感-肾上腺髓质系统活动加强

7. 长期大量服用糖皮质激素的患者

- A. 血中淋巴细胞和嗜酸性粒细胞增多
- B. 面部、躯干和背部脂肪明显减少
- C. 血压往往低于服药前水平
- D. 可引起肾上腺皮质束状带萎缩
- E. 可以突然停药

8. 肾上腺皮质功能亢进可导致

- A. 血糖浓度降低
- B. 淋巴细胞数量增多
- C. 四肢脂肪增加
- D. 蛋白质合成增加
- E. 面、肩和腹部脂肪增加

9. 关于促肾上腺皮质激素的分泌,错误的是

- A. 受下丘脑促肾上腺皮质激素释放激素的调节
- B. 受糖皮质激素的负反馈调节

- C. 受醛固酮的负反馈调节
 D. 在应激状态下分泌增多
 E. 长期大量使用糖皮质激素的病人,其分泌减少
10. ACTH 是下列哪种激素合成与分泌调节中最主要的生理因素
 A. 盐皮质激素 B. 糖皮质激素 C. 醛固酮
 D. 性激素 E. 甲状腺激素

11. 关于醛固酮的叙述,错误的是
 A. 血钠降低可刺激其分泌 B. 血钾下降可刺激其分泌
 C. 血压下降、血容量减少可使其分泌增加 D. 有保钠、排钾、保水的作用
 E. 能增强血管平滑肌对儿茶酚胺的敏感性
12. 肾上腺髓质的分泌细胞(嗜铬细胞)直接受
 A. 交感神经节前纤维支配 B. 副交感神经节前纤维支配
 C. 交感神经节后纤维支配 D. 副交感神经节后纤维支配
 E. 躯体运动神经支配

【A₂型题】

13. 一患者因突发面神经炎需要短期大量应用糖皮质激素,用后血糖可能出现的改变是
 A. 无影响 B. 升高 C. 下降
 D. 先升高后下降 E. 先下降后升高
14. 一 10 岁男孩,半年来食欲亢进,体重快速增加,活动后气促,头晕,近日该患出现视物模糊。查体所见身高 140cm,体重 65kg,呈向心性肥胖,血压 140/95mmHg,眼科检查双眼视力下降,视野缩小。头颅 CT 检查发现垂体有占位性病变。以下可能出现明显改变的是
 A. 胰岛素 B. 甲状腺素 C. 肾上腺素
 D. 糖皮质激素 E. 醛固酮
15. 某男,45 岁,主诉肌肉无力,性欲减退,肌肉消瘦,不能耐受运动。体检发现该患者四肢消瘦,皮肤菲薄,面部、项背及腹部体脂增加。化验检查血中甲状腺激素水平正常。与这些症状相符合的诊断可能是

- A. 糖皮质激素分泌过多 B. 糖皮质激素分泌缺乏 C. GH 缺乏
 D. PRL 缺乏 E. 肢端肥大症
16. 某人因肾病长期大量用糖皮质激素治疗,该患者不会因此而出现
 A. 血糖升高 B. 蛋白质合成增加
 C. 面部和躯干脂肪合成增加 D. 红细胞、血小板增多
 E. 淋巴细胞减少

【B型题】

(17~18 题共用备选答案)

- A. 血中 CRH 增加 B. 血中 ACTH 减少 C. 血中 TSH 减少
 D. 血中 GH 减少 E. 血中 PRL 减少
17. 患者长期大量使用糖皮质激素时,上述哪种变化正确
 18. 机体受到刺激而发生应激反应时,上述哪种变化正确

【X型题】

19. 在应激反应中,血中哪些激素浓度升高

- A. GH B. ACTH C. PRL D. GC
20. 有关糖皮质激素作用的叙述,正确的是
- A. 减弱机体对有害刺激的耐受
- B. 促进四肢部位的脂肪分解,增强脂肪酸在肝内的氧化过程
- C. 可增强血管平滑肌对儿茶酚胺的敏感性
- D. 促进肝外组织蛋白质分解,抑制其合成
21. 有关盐皮质激素生理作用的叙述,正确的是
- A. 有保 Na^+ 排 K^+ 作用
- B. 受肾素 - 血管紧张素的调节
- C. 血 K^+ 浓度升高可促进醛固酮分泌
- D. 缺少时可导致水中毒

三、简答题

- 试述应激反应时肾上腺皮质和髓质的激素分泌发生的变化及其意义。
- 临床上长期大量应用皮质激素类药物为何不能突然停药?

四、思考题

某 28 岁男性患者,1 个月前在入职体检时发现空腹血糖 8.2mmol/L,血压 165/100mmHg。3 天后行口服葡萄糖耐量试验(OGTT),结果显示:空腹血糖 7.6mmol/L,OGTT 1 小时 15.3mmol/L,OGTT 2 小时 13.8mmol/L。复测血压 160/102mmHg。患者并没有明显的口干、多饮、多尿、易饥、多食等症状,也无明显的头痛、头晕,但体重在 1 年内上升 15kg。门诊体检:体型肥胖,满月脸,见较多痤疮。以“特殊类型糖尿病,高血压”收入院。

入院问诊:患者无冠心病、肾病、类风湿性关节炎病史,无长期服用糖皮质激素病史。入院查体:身高 169cm,体重 102.5kg,体重指数(BMI)35.89,血压 160/100mmHg。颈后部可见黑棘皮,腹部、腹股沟和大腿外侧皮肤可见紫纹。双下肢未见水肿,皮肤未见破溃。

实验室检查结果如下:

血常规:血红蛋白 160g/L,白细胞 $10.39 \times 10^9/\text{L}$,血小板 $410 \times 10^9/\text{L}$ 。

血糖和血脂中的甘油三酯明显增高,总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇轻微升高。

肾功能正常。

血浆皮质醇明显升高,儿茶酚胺、醛固酮正常。血浆 ACTH 下降。

肾脏彩超正常,双侧肾上腺可见增生。

问题:

- 根据以上症状及检查结果,该患者应考虑为何种疾病?
- 该患者能诊断为糖尿病吗?如能,应属哪种类型的糖尿病?其发病机制是什么?
- 该患者血红蛋白、白细胞和血小板都升高的原因是什么?
- 为什么要检测 ACTH?血浆 ACTH 为什么会下降?

参考答案与题解

一、名词解释

应激反应:当机体遭受到来自内、外环境和社会、心理等因素一定程度的伤害性刺激时(如创伤、手术、感染、中毒、疼痛、缺氧、寒冷、强烈精神刺激、精神紧张等),腺垂体立即释放大量的 ACTH,并使肾上腺糖皮质激素快速大量分泌,引起机体发生非特异性的适应反应,称为应激反应。

二、选择题

【A₁型题】

1. A 2. E 3. E 4. A 5. C 6. C 7. D 8. E 9. C 10. B
11. B 12. A

【A₂型题】

13. B 14. D 15. A 16. B

【B型题】

17. B 18. A

【X型题】

19. ABCD 20. BCD 21. ABC

三、简答题

1. 试述应激反应时肾上腺皮质和髓质的激素分泌发生的变化及其意义。

答:当机体遭受各种有害刺激(如创伤、手术、感染、恐惧等)时,产生一种非特异性反应,此时机体大量释放 ACTH、糖皮质激素、催乳素、血管升压素、儿茶酚胺等,以提高机体对有害刺激的耐受能力,减轻各种不良反应,维持生命活动,这种现象称为应激反应。引起应激反应的刺激均称为应激原或应激刺激。

应激反应是通过下丘脑-腺垂体-肾上腺皮质系统发生的非特异性防御反应。在应激刺激过程中,下丘脑 CRH 神经元分泌活动增强,刺激腺垂体 ACTH 大量分泌,再引起糖皮质激素分泌急剧增多,从而提高血糖水平,保证重要器官的葡萄糖供应,增强机体对各种伤害性刺激的耐受力和抵抗能力。

在发生应激反应的同时,应激刺激也激活了交感-肾上腺髓质系统,使血中肾上腺素和去甲肾上腺素水平急剧升高(称为应急反应)。引起中枢神经系统兴奋性增强,使机体反应机敏,处于警觉状态;心率加快,心输出量增加,血压增高,以保证心、脑与肌肉等重要器官的血流量;呼吸加深、加快,血糖升高,脂肪分解,葡萄糖、脂肪氧化增强,满足机体在紧急情况下的营养物质和能量需求,并可出现防御反应。总之,动员机体许多器官的潜能,提高适应能力,应付紧急情况,以维持内环境的相对稳定。

下丘脑-腺垂体-肾上腺皮质系统与交感-肾上腺髓质系统两者的活动实质上都是在机体受到伤害性刺激时,通过中枢神经系统整合,而出现的保护性反应,旨在应对突然出现的变化并且适应之。前者在于增强机体的耐受能力,后者则是提高机体的应变能力。

2. 临床上长期大量应用皮质激素类药物为何不能突然停药?

答:长期大量使用糖皮质激素类药物时,外源性糖皮质激素可反馈抑制 ACTH 的分泌,同时腺垂体对 CRH 的反应性也降低,导致血中 ACTH 水平明显降低。由于 ACTH 不仅能促进糖皮质激素分泌,还是维持和刺激肾上腺皮质(主要是束状带和网状带)细胞生长发育的保障。所以血中 ACTH 水平降低将导致肾上腺皮质(尤其是束状带和网状带)细胞逐渐萎缩,内源性糖皮质激素合成与分泌减少。

如果病人突然停药,就失去外源性糖皮质激素支持,同时自身分泌的内源性糖皮质激素又不足,这可产生一系列糖皮质激素缺乏的症状,如血糖下降、血压下降、神经系统兴奋性降低、对各伤害性刺激抵抗力和耐受性降低等一系列表现,甚至出现肾上腺皮质功能危象,严重时可能危及生命。

四、思考题

答:(1) 患者应考虑为库欣综合征,即皮质醇增多症。原因如下:肾彩超示双侧肾上腺可见增生;血浆皮质醇明显升高,儿茶酚胺、醛固酮正常;血红蛋白、白细胞、血小板升高;血糖升高、血压升高、体型肥胖、BMI 35.89、满月脸、痤疮及皮肤特征性改变等。

(2) 该患者可诊断为糖尿病,为肾上腺性糖尿病。发病机制:因肾上腺增生,导致糖皮质激素分泌过多。糖皮质激素可通过减少组织对糖的利用和加速肝糖异生而使血糖升高:①增强肝内糖异生和糖原合成所需酶的活性,促进蛋白质分解,加速肝糖原异生;②抑制 NADH 的氧化,降低外周组织细胞对葡萄糖的利用;③抑制胰岛素与其受体结合,降低组织细胞对胰岛素的敏感性,升高血糖。

(3) 糖皮质激素具有促进骨髓的造血功能,从而使血红蛋白、白细胞和血小板升高。

(4) 检测 ACTH 目的为确定糖皮质激素分泌增加的原因。即是由腺垂体病变导致 ACTH 分泌增多而使糖皮质激素分泌增加,还是由肾上腺自身病变导致的糖皮质激素分泌增加,如为前者则 ACTH 升高,如为后者,则 ACTH 分泌减少(负反馈作用)。因本病为肾上腺自身增生导致的糖皮质激素分泌增加,糖皮质激素对 ACTH 的分泌起负反馈作用,故其血浆水平降低。

(许小洋 付晓东)

第六节 组织激素和功能器官内分泌

学习目标

1. 掌握 前列腺素的生物学作用。
2. 熟悉 前列腺素的生成,瘦素的生物学作用。
3. 了解 脂联素的生物学作用,骨骼肌和骨骼的内分泌。

知识要点

一、组织激素

除经典内分泌器官外,体内还存在一些散在分布于各种组织中的内分泌细胞,它们也能分泌一些激素。通常将这些分布广泛,而又不专属于某个特定功能系统器官的组织所分泌的激素,称为组织激素。

(一) 前列腺素的生成和生物学作用

1. 前列腺素的生成 前列腺素(prostaglandin, PG)是一族含 20 个碳原子的多不饱和脂肪酸衍生物,故属于廿烷酸类激素,依据 PG 的五碳环构造,PG 可分成 A~I 等九种主型和多种亚型。

PG 的合成原料是细胞膜中的磷脂,在磷脂酶 A₂ 的作用下生成 PG 的前体物质花生四烯酸,后者在环加氧酶的催化下,形成 PGG₂、PGH₂, PGH₂ 可在其他不同酶的作用下形成血栓烷 A₂ (thromboxane A₂, TXA₂)、前列环素(prostacyclin, PGI₂)和白三烯等。

环加氧酶是催化 PG 合成的关键酶,因而成为临床多种药物的治疗靶点。如阿司匹林、对乙酰

氨基酚和布洛芬等,可通过抑制环加氧酶活性而抑制 PG 合成,从而成为临床常用的解热、镇痛和抗炎药。

2. 前列腺素的生物作用 PG 与相应的受体结合后发挥作用,广泛参与机体多种功能的调节(表 11-7)。

表 11-7 前列腺素对机体各系统的基本作用

器官系统	主要作用
循环系统	↑或↓血小板聚集、影响血液凝固,使血管平滑肌收缩或舒张
呼吸系统	使气管平滑肌收缩或舒张
消化系统	↓胃腺分泌,保护胃黏膜,↑小肠运动
泌尿系统	调节肾血流量,促进水、钠排出
神经系统	调制神经递质的释放和作用,影响下丘脑体温调节,参与睡眠活动,参与疼痛与镇痛过程
内分泌系统	↑皮质醇的分泌,↑组织对激素的反应性、参与神经内分泌调节过程
生殖系统	调节生殖道平滑肌活动,↑精子在男、女性生殖道的运行、参与调制月经、排卵、胎盘及分娩等生殖活动
脂代谢	↓脂肪分解
防御系统	参与炎症反应,如发热和疼痛的发生等

(二) 脂肪细胞内分泌

1. 瘦素是由脂肪细胞 6 号染色体的肥胖基因 (obese gene, ob gene) 表达的蛋白质激素,因能降低体重而得名。瘦素主要由白色脂肪组织合成和分泌,褐色脂肪组织、胎盘、肌肉和胃黏膜也可少量合成。瘦素与其受体结合后,可抑制机体摄食,抑制脂肪合成,并动员脂肪,促进其储存的能量转化、释放,避免肥胖的发生。血清瘦素水平在摄食时升高,而禁食时降低。

2. 脂联素主要由脂肪细胞分泌。脂联素通过 AMPK 介导,可促进血浆中游离脂肪酸氧化,减少脂肪合成;提高靶细胞对胰岛素的敏感性。另外,还具有一定的抗炎、抗动脉粥样硬化和保护心脏的作用。

(三) 骨骼肌细胞内分泌

骨骼肌除可合成和分泌与其他组织共有的多种调节肽、细胞因子和生长因子(如 IGF-1、生长激素释放素、瘦素、内皮素、IL-6)等生物信号分子外,还特异地产生肌肉抑制素(myostatin)和肌肉素(musclin)等。

肌肉抑制素是骨骼肌生长的负性调控因子,因发现敲除肌肉抑制素基因的小鼠出现肌纤维增生和肥大。肌肉素抑制胰岛素所致的葡萄糖摄取及糖原合成,并可使小鼠脂肪组织体积显著减少,可能参与骨骼肌的糖代谢调节和脂肪组织的代谢调节。

(四) 骨骼细胞内分泌

骨组织成分能合成和分泌多种激素及生物活性因子,以旁分泌和自分泌的方式调节骨骼的发育和代谢,还可通过内分泌的方式发挥作用。成骨细胞可分泌骨钙素(osteocalcin, OC)、护骨素(osteoprotegerin, OPG)和骨泌素(osteocrin)等。骨钙素在调节和维持骨钙中起重要的作用,其血清水平可反映成骨细胞的活性。护骨素可抑制破骨细胞的分化与成熟,减少破骨细胞数量,对骨起保护作用。而骨泌素则有促进长骨生长的作用。

二、功能系统器官内分泌

功能系统器官不仅是激素的靶器官,而且多兼有内分泌功能,从而在机体宏观活动的整合中发挥调节作用。如心脏分泌的钠尿肽(ANP)、BNP(脑钠尿肽)和CNP(C型钠尿肽)等;血管分泌的内皮素、NO等;肝脏分泌的IGF;肾脏分泌的促红细胞生成素(erythropoietin,EPO)、肾素等;以及松果体、胸腺、胎盘等功能器官分泌的相应激素。这些激素在维持机体的正常功能活动中起着重要的调节作用。

复习思考题

一、名词解释

1. leptin
2. osteocrin

二、选择题

【A₁型题】

1. 关于前列腺素的叙述,错误的是
 - A. 前列腺素只由前列腺分泌,女性不含此激素
 - B. 几乎机体所有组织都可合成前列腺素
 - C. 前列腺素属于廿烷酸类激素
 - D. 环加氧酶是前列腺素合成的关键酶
 - E. 抑制环加氧酶活性是临床解热镇痛抗炎药的主要作用机制
2. 瘦素的生物学作用不包括
 - A. 抑制机体摄食
 - B. 抑制脂肪合成
 - C. 促进脂肪分解
 - D. 抑制神经肽 Y 神经元的活动
 - E. 对下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴无影响
3. 分泌受机体脂肪储存量的调节,参与体重调节的激素是
 - A. 脂联素
 - B. 甲状腺激素
 - C. 肾上腺激素
 - D. 瘦素
 - E. 雌激素
4. 主要由骨骼肌细胞所分泌的激素是
 - A. 骨泌素
 - B. 肌肉抑制素
 - C. 骨钙素
 - D. 护骨素
 - E. 骨桥素
5. 关于骨骼细胞的内分泌,错误的是
 - A. 骨钙素主要由成骨细胞分泌
 - B. 骨钙素可促进胰岛素的分泌
 - C. 护骨素可抑制破骨细胞的分化与成熟
 - D. 骨泌素可促进长骨生长
 - E. 骨钙素不影响胰岛素的分泌
6. 分泌有昼夜节律并与人体生物节律的形成有关的是
 - A. ACTH
 - B. 褪黑素
 - C. 糖皮质激素
 - D. 缩宫素
 - E. 胰岛素
7. 既有强大的血管收缩作用又有强大的正性肌力作用的是
 - A. 内皮素-1
 - B. 内皮素-2
 - C. 内皮素-3

D. 血管紧张素-I

E. 血管紧张素-II

8. NO 没有的作用是

A. 抑制平滑肌细胞增殖

B. 保护血管

C. 大量的 NO 抑制心肌细胞的凋亡

D. NO 也可作为神经递质参与神经系统活动

E. 防止动脉粥样硬化

【A₂型题】

9. 女青年 22 岁,急诊科护士,经常值夜班,近一年来经常入睡困难、夜里早醒,月经紊乱,与以上表现密切相关的激素是

A. 去甲肾上腺素

B. 糖皮质激素

C. 雌激素

D. 孕激素

E. 褪黑素

10. 男性患者,75 岁,高血压动脉粥样硬化病史 20 年,半年来经常头晕,医嘱应用抗高血压药和降血脂药的同时,加用小剂量的环加氧酶抑制剂阿司匹林。加用阿司匹林的目的是

A. 减少前列腺素的合成

B. 减少 TXA₂ 的合成

C. 减少白三烯的合成

D. 减少前列环素的合成

E. 减少抗高血压药和降血脂药的不良反应

11. 女性患者,16 岁,自述因前一天晚上睡觉时受凉而发生头痛、乏力、鼻塞、咽喉疼痛、咳嗽,体检:体温 38.5℃,咽喉红肿,双肺听诊无明显异常。医生诊断为急性上呼吸道感染,处方中含对乙酰氨基酚,其作用是

A. 减少前列腺素的合成而起到解热镇痛作用

B. 收缩血管,减轻鼻塞症状

C. 镇咳

D. 改善乏力症状

E. 以上都是

12. 老年男性 70 岁,心绞痛病史 3 年,为防止意外发生,医生嘱其备用硝酸甘油片剂,在心绞痛发作时舌下含服。硝酸甘油的主要作用机制与功能系统器官分泌的何种物质有关

A. 内皮素

B. 心房钠肽

C. NO

D. C 型钠肽

E. 前列腺素

【B 型题】

(13~14 题共用备选答案)

A. TXA₂

B. 花生四烯酸

C. L-精氨酸

D. 白三烯

E. 脂氧酶

13. 与 NO 合成有关的是

14. 与前列腺素合成有关的是

【X 型题】

15. 关于前列腺素的叙述,正确的是

A. 环加氧酶是前列腺素合成的关键酶

B. 几乎机体所有组织都可合成前列腺素

C. 不同前列腺素产生的效应常相互抗衡

D. 前列腺素只由前列腺分泌,女性不含此激素

16. 骨骼细胞可分泌

- A. 肌肉素 B. 护骨素
C. 骨泌素 D. 骨钙素

三、简答题

简述瘦素的生物学作用。

四、思考题

图 11-1 描述的是一个 42 岁女性在接受睡眠研究时,24 小时内某种激素血浆浓度变化情况。根据该图显示的结果,推断可能是什么激素?

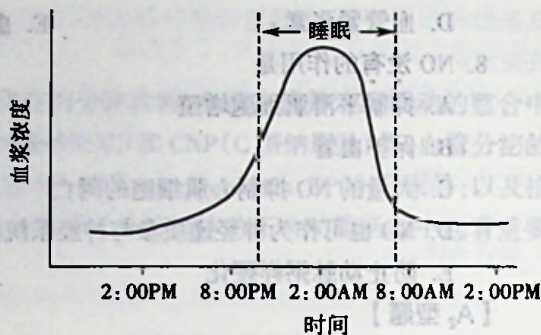


图 11-1 某激素血浆浓度与时间的关系

参考答案与题解

一、名词解释

1. 瘦素:是由脂肪细胞 6 号染色体的肥胖基因表达的蛋白质激素,因能降低体重而得名。
2. 骨泌素:是由成骨细胞分泌,可促进 C 型钠尿肽在软骨细胞生长面发挥促进长骨生长的一种激素。

二、选择题

【A₁ 型题】

1. A 2. E 3. D 4. B 5. E 6. B 7. A 8. C

【A₂ 型题】

9. E 10. B 11. A 12. C

【B 型题】

13. C 14. B

【X 型题】

15. ABC 16. BCD

三、简答题

简述瘦素的生物学作用。

答:瘦素是由脂肪细胞 6 号染色体的肥胖基因表达的蛋白质激素,因能降低体重而得名。其主要生物学作用为:抑制机体摄食,抑制脂肪合成,并动员脂肪,促进其储存的能量转化、释放,避免肥胖的发生。瘦素主要作用于下丘脑弓状核,通过抑制神经肽 Y 神经元活动,减少摄食量,与参与摄食平衡调节的兴奋性因素相抗衡。瘦素的生物效应比较广泛,不但可影响下丘脑-垂体-性腺轴的活动,还对 GnRH、LH 和 FSH 的释放有双相调节作用,也影响下丘脑-垂体-甲状腺轴和下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴的活动。

四、思考题

答:该激素的分泌呈现明显的昼夜节律,白天维持在低水平,天黑后逐渐升高,至午夜 2~3 点左右达到高峰,清晨 7 点左右降至低水平。褪黑素的分泌也呈现昼夜节律,与此图高度吻合,因此推断此激素为褪黑素。CRH、ACTH、皮质醇的分泌也具有昼夜节律特点,但其分泌是在午夜(0 点左右)开始逐渐上升,至清晨 8 点达到高峰。此外,生长激素也呈现昼夜节律,其在夜间慢波睡眠时分泌显著增加,白天觉醒状态虽然分泌较少,但可呈现节律性的脉冲式释放。

(许小洋 付晓东)

第十二章 生殖

第一节 男性生殖功能和女性生殖功能

学习目标

1. 掌握 睾丸的生精过程,睾酮的生理作用;睾丸功能的调节。卵泡的生长发育及其调控,雌激素和孕激素的生理作用;月经及月经周期的概念,月经周期各期的特点及调节。
2. 熟悉 血睾屏障的作用,睾丸支持细胞在生精中的作用,卵泡选择的机制,排卵,黄体形成和功能,雌激素生成的双细胞双促性腺激素学说。
3. 了解 卵子的发生及生命历程,卵泡闭锁,性激素的合成与代谢,卵巢功能的衰退,抑制素的作用。

知识要点

生殖是指生物体生长发育到一定阶段能够产生与自己相似的子代的功能。人类的生殖功能具有明显的性别差异和阶段性特征,其基本过程主要包括男性性腺睾丸产生精子和女性性腺卵巢产生卵子;性交使精子进入女性生殖道,在输卵管内与卵子相遇发生受精;受精卵发育到囊阶段植入子宫内膜,即着床;胚胎在母体子宫中发育成胎儿以及胎儿成熟分娩。

一、男性生殖功能与调节

男性生殖系统主要包括睾丸,输精管道(附睾、输精管、射精管、尿道)和附属腺体(精囊腺、前列腺、尿道球腺)以及外生殖器。睾丸的主要功能是产生精子及分泌男性激素,输精管道和附属腺体的主要功能是完成精子的成熟、贮存、运输和排射。

(一) 睾丸的生精功能

睾丸的精子生成是曲细精管生精上皮中精原细胞发育为外形成熟的精子的过程。生精始于青春期,是一个连续的过程,主要包括三个阶段,①精原细胞有丝分裂阶段,以保证足够多的精子产生;②精母细胞减数分裂:精原细胞开始减数分裂,经初级精母细胞和次级精母细胞成为单倍体的精子细胞;③精子细胞形态变化:精子细胞经过形态的变化成为外形成熟的精子,最后释放入曲细精管腔中。

曲细精管支持细胞的主要功能:对生精细胞具有机械支持、保护和营养作用,将体液中的营养物质直接或加工后提供给无血液供应的生精细胞;参与形成血-睾屏障,为生精细胞营造适宜的微环境,同时防止生精细胞的抗原物质进入血液循环引起自身免疫反应;分泌雄激素结合蛋白等,将

间质细胞分泌的睾酮结合转运至曲细精管,为生精细胞提供所需的高浓度的雄激素环境;吞噬精子细胞变形所丢失的多余胞浆及退变死亡的精子。

精原细胞发育为精子一般约需 64 天。生精过程需要适当的理化环境,阴囊内的温度比腹腔内低 2℃左右,适合精子的生成和存活。进入发育阶段的生精细胞对一些有害因素也很敏感,局部炎症、酒精中毒、高热、长期高温环境,一些维生素及微量元素的缺乏都可能引起生精功能的障碍,导致不育。

睾丸生成的精子功能尚未成熟,只有当其被输送至附睾,在其中停留 18~24 小时后才获得运动和受精能力。射精时,贮存的精子连同附睾、精囊、前列腺和尿道球腺的分泌物一起混合成精液排出。

(二) 睾丸的内分泌功能

睾丸最重要的内分泌功能是间质细胞分泌雄激素,包括脱氢表雄酮、雄烯二酮和睾酮,其中睾酮的分泌量最多,生物活性也最强,睾酮的主要生理功能见下表 12-1 :

表 12-1 睾酮的主要生理作用

类别	作用
胚胎性别分化	诱导男性胎儿内、外生殖器发育。
附属性器官和第二性征	促进青春期男性阴茎、阴囊长大及其他附属性器官发育,促进男性特有的体征出现。
生精过程	维持生精过程。
性行为 and 性欲	维持男性的性行为以及正常性欲。
代谢	促进蛋白质的合成并抑制其分解,加速机体生长;对脂代谢有不利影响;参与调节机体水和电解质的代谢。
其他	促进肾合成促红细胞生成素;刺激骨生长和骨骼的闭合;作用于中枢神经系统,参与调节具有雄性特征的行为活动。

(三) 睾丸功能的调节

睾丸的功能受下丘脑-腺垂体的调节,同时睾丸分泌的雄激素又通过反馈机制影响下丘脑和腺垂体的功能。睾丸内的各种细胞之间还存在复杂的局部调节。

1. 下丘脑和腺垂体对睾丸功能的调节 下丘脑合成和分泌的促性腺激素释放激素(GnRH)经垂体门脉系统直接作用于腺垂体,促进腺垂体促性腺细胞分泌卵泡刺激素(FSH)和黄体生成素(LH)。FSH 主要作用于曲细精管,对生精发动起着重要作用。LH 主要作用于睾丸间质细胞,促进睾酮的分泌,再间接影响生精过程。这两种促性腺激素协同作用,共同调节睾丸的生精作用及内分泌活动。

2. 睾丸激素对下丘脑、腺垂体的负反馈调节 当血中睾酮浓度达到一定水平可通过负反馈的机制直接抑制腺垂体分泌 LH,同时也抑制下丘脑分泌 GnRH,间接抑制腺垂体 FSH 和 LH 的分泌,从而使睾丸的生精和睾酮的分泌维持在适当水平。睾丸支持细胞分泌的抑制素也可选择性地抑制腺垂体 FSH 的合成和分泌。

二、女性生殖功能与调节

女性生殖系统主要包括卵巢、输卵管、子宫、阴道及外阴等。卵巢的主要功能是产生卵子和分

泌女性激素。输卵管、子宫、阴道分别在精子与卵子的输送,精子的获能、受精、妊娠和分娩中发挥重要作用。

(一) 卵巢的功能

卵泡是卵巢的基本结构和功能单位,由中央的卵细胞与外周的卵泡细胞构成,具有产生卵子及内分泌的功能。

1. 卵巢的生卵作用

(1) 卵子的发生及生命历程:卵子的发生始于胎儿时期。从胎儿时期的第 8~9 周开始,卵原细胞就陆续开始减数分裂,减数分裂历时时间长,并且要经历两次停滞。一次是初级卵母细胞已经开始的减数分裂长期停滞在第一次分裂的前期,直到青春期后随卵泡成熟,于排卵前在 LH 峰的作用下重新恢复并完成第一次减数分裂,排出第一极体,成为次级卵母细胞。次级卵母细胞随即开始第二次减数分裂,再一次停滞在分裂的中期。如卵母细胞没有发生受精,则死亡、溶解。如发生受精,则卵母细胞完成第二次减数分裂,排出第二极体成为受精卵,开始新的生命。卵母细胞的减数分裂经历两次停滞使其与整个卵泡的生长发育同步。

(2) 卵泡的生长发育及调控:根据卵泡结构和功能特点,可分为原始卵泡、初级卵泡、次级卵泡和成熟卵泡,根据有无卵泡腔出现又可分为窦前卵泡和窦状卵泡。胚胎时期形成的原始卵泡的数量会逐渐减少,到青春期开始时约 40 万个。原始卵泡数量代表了卵巢储备,因为某种原因使原始卵泡被过度激活可能导致卵巢储备的耗竭。随卵泡成熟,体积不断长大,分泌雌激素的量也逐渐增加,临床上常根据 B 超显示的卵泡大小及血中雌激素水平判断卵泡成熟程度。

卵泡的生长分为三个阶段:从原始卵泡开始的窦前卵泡生长非常缓慢,完全不依赖垂体促性腺激素。青春期后,陆续有卵泡对垂体 FSH 基础分泌量作出反应加快生长达到直径 2~5mm 的小窦状卵泡。在每个月经周期由黄体期向卵泡期转化的时期一群小窦状卵泡进入 FSH 高度依赖的快速生长,此为周期性募集,在这一阶段完成优势卵泡的选择。只有优势卵泡能最后成熟排卵,其他卵泡在发育过程中退化形成闭锁卵泡。

排卵是成熟卵泡壁破裂,卵细胞与卵泡液一起排出进入腹腔。排卵一般发生在 LH 峰值出现后 16~24 小时。排卵后卵泡剩余的颗粒细胞和卵泡膜细胞在 LH 的作用下发生黄素化,分化为黄体细胞,形成一个新的暂时性的内分泌结构—黄体。若排出的卵子未受精,黄体于 14 天后退化转变成白体。若卵子受精,黄体则继续生长,成为妊娠黄体,其分泌的孕激素促使子宫内膜形态及功能转化以适应胚胎着床及着床后早期胚胎的发育,直到孕 3 月时由胎盘形成接替黄体的这一功能。

2. 卵巢的内分泌功能 卵巢分泌雌激素、孕激素和少量雄激素。体内的雌激素有三种,包括雌酮、雌二醇和雌三醇,雌二醇的活性最强。孕激素主要有孕酮和 17 α - 羟孕酮,以孕酮的生物活性最强。

(1) 卵巢性激素的合成:卵巢类固醇激素的合成主要以血中胆固醇为原料,需要泡膜细胞及颗粒细胞参与。卵泡膜细胞在 LH 作用下首先合成孕激素,再由孕激素转化为雄激素,雄激素扩散到颗粒细胞中,在 FSH 作用下,由芳香化酶将其转变为雌激素。随着卵泡的生长,合成雌激素的量逐渐增加,而雄激素的量减少。排卵后,由卵巢黄体细胞分泌大量孕酮,同时也分泌较多的雌激素。

(2) 雌、孕激素的生理作用:雌、孕激素对于女性生殖器官的结构和功能的调节具有协同作用,但在某些方面又互为拮抗,从而保证生殖系统的正常生理功能,见表 11-2。

(二) 月经周期及调控

1. 月经及月经周期的概念 生育年龄女性的卵巢功能因卵泡的生长发育、排卵与黄体形成及伴随雌、孕激素的合成与分泌而呈明显的周期性变化,由此引起子宫的结构和功能也发生周期性

表 12-2 雌、孕激素作用比较

	雌激素	孕激素
子宫肌	促细胞增生肥大,增强对收缩刺激的反应性	降低孕期子宫对收缩刺激的反应
子宫内膜	促内膜细胞增殖、腺体增生	促内膜上皮分泌及基质细胞蜕膜化
宫颈	排卵期松弛,分泌清而稀薄的黏液	黏液分泌减少、黏稠
输卵管	促进纤毛摆动,增强收缩性	促进分泌,抑制收缩性
阴道	促进上皮细胞增殖,角化,维持酸性环境	抑制上皮细胞增殖,加快脱落
乳腺	促进乳腺导管发育,脂肪聚集	促进乳腺小叶及腺泡发育
下丘脑、垂体	卵泡期负反馈,月经中期正反馈	黄体期负反馈,兴奋下丘脑体温调节中枢
代谢	水钠潴留,有利骨质代谢、脂代谢	促水钠排出

的变化即为月经周期。子宫内膜因黄体退化,失去卵巢分泌的雌、孕激素的支持而周期性剥落、出血即为月经。一般将月经来潮的第一天作为月经周期的第一天,月经周期指两次月经第一天之间的时间。月经周期的长度因人而异,平均 28 天。

2. 月经周期的分期 根据月经周期中卵巢及子宫的形态和功能变化,将月经周期分为以下几个时期。各期特点见表 12-3。

表 12-3 月经周期卵巢及子宫变化

分期	时间	变化
卵泡期 (增生期)	第 1~14 天	卵泡快速生长,分泌雌激素增加;子宫内膜增生,增厚,子宫腺增长和弯曲,螺旋动脉增长并弯曲。宫颈分泌大量稀薄透明黏液,拉丝度好
黄体期 (分泌期)	第 15~28 天	黄体形成并分泌大量孕激素;子宫内膜上皮分泌功能增强;内膜基质水肿,间质细胞蜕膜化,利于胚胎存活和植入;宫颈分泌黏液减少,且黏稠而混浊,拉丝度差
月经期	第 1~5 天 (增生早期)	黄体退化,子宫内膜缺乏雌、孕激素支持,功能层螺旋动脉收缩、痉挛,子宫内膜功能层失去营养而剥离、出血

3. 月经周期的内分泌调控 月经周期的形成首先是因为下丘脑、垂体激素影响卵巢的功能活动,而卵巢分泌的雌、孕激素又反馈调控下丘脑、垂体激素的分泌。

卵泡期的早期:腺垂体分泌 FSH 及 LH 增加,尤以 FSH 增加更为明显,一批卵泡进入 FSH 依赖的快速生长阶段,随卵泡生长,雌激素分泌有所增加,当血中雌激素增加到一定程度则对下丘脑及腺垂体进行负反馈调节,卵巢产生的抑制素也选择性地抑制腺垂体 FSH 分泌,血中 FSH 量有所减少,仅有一个优势卵泡能继续生长,直到成熟。

月经周期的中期:随着优势卵泡成熟,体内雌激素水平进一步增加,此时血中高浓度的雌激素对下丘脑及腺垂体产生正反馈调节作用,触发下丘脑 GnRH 大量释放,刺激腺垂体分泌 LH 和 FSH 大幅度增加,尤以 LH 增加更为明显。一般 LH 峰值出现后 16~24 小时排卵。

黄体期:由于黄体发育并分泌孕激素和雌激素,形成雌、孕激素分泌的第二个高峰,尤以孕激素增加更为明显。由于增加的雌、孕激素对下丘脑和腺垂体的负反馈抑制作用,LH 和 FSH 处于较低水平。黄体期的后期,如果排出的卵子没有受精,则黄体退化,雌激素和孕激素分泌减少,这时子宫内膜失去雌、孕激素支持而脱落出血导致月经,同时对腺垂体的负反馈作用减弱,FSH 和 LH 分泌又开始增加,于是进入下一个月经周期。

复习思考题

一、名词解释

1. cyclic recruitment
2. dominant follicle
3. FSH threshold
4. menstrual cycle

二、选择题

【A₁型题】

*1. 睾丸间质细胞分泌

- | | |
|-----------------|--------|
| A. 睾酮 | B. 抑制素 |
| C. 雄激素结合蛋白(ABP) | D. 雌激素 |
| E. 促性腺激素 | |

*2. 关于睾丸的生精过程,以下的叙述正确的是

- A. 最适宜的温度是体温
- B. 睾丸产生的精子具备运动和受精能力
- C. 精子形成约需要一个月
- D. 精子生成需要卵泡刺激素(FSH)和睾酮
- E. 精原细胞可以进行减数分裂

3. 睾丸支持细胞的功能不包括

- | | |
|-------------------|---------------------|
| A. 产生睾酮 | B. 对生精细胞起支持、保护和营养作用 |
| C. 分泌雄激素结合蛋白(ABP) | D. 分泌抑制素 |
| E. 参与形成血-睾屏障 | |

4. 雄激素结合蛋白是由下列哪种细胞分泌的

- | | | |
|-----------|---------------|-----------|
| A. 睾丸基底细胞 | B. 睾丸间质细胞 | C. 睾丸支持细胞 |
| D. 睾丸生精细胞 | E. 睾丸毛细血管内皮细胞 | |

*5. 对睾丸生精过程始动发挥作用的激素是

- | | | |
|---------------|--------|--------------|
| A. 雌激素 | B. 孕激素 | C. 黄体生成素(LH) |
| D. 卵泡刺激素(FSH) | E. 睾酮 | |

6. 关于睾酮的生理作用中,以下的叙述哪项不正确

- | | |
|----------------|----------------|
| A. 刺激男性第二性征的出现 | B. 刺激生殖器官的生长发育 |
| C. 促进脂肪的合成 | D. 促进肌肉和骨骼生长 |
| E. 促进红细胞生成 | |

7. 男性黄体生成素(LH)作用是

- | | |
|--------------------|--------------------|
| A. 促进睾丸间质细胞合成雄激素 | B. 促进生殖器官发育 |
| C. 促进支持细胞合成雄激素结合蛋白 | D. 促进生精细胞的分化和精子的生成 |
| E. 维持性欲 | |

8. 关于雌激素生理作用的叙述,下列哪项是错误的

- | |
|-----------------------------|
| A. 促进子宫内膜腺体分泌大量黏液,阻止精子穿透及存活 |
|-----------------------------|

- B. 促进阴道上皮细胞增殖,角化
C. 刺激乳腺导管和结缔组织增生
D. 可以防止高血脂
E. 抑制骨的生长和骨钙沉积
9. 关于孕激素的作用,下列哪项是错误的
A. 使子宫平滑肌活动减弱
B. 刺激乳腺腺泡发育
C. 促子宫内膜上皮细胞增殖
D. 促进能量代谢
E. 使体温升高
10. 雌激素和孕激素作用的相同点是
A. 使子宫、输卵管平滑肌活动减弱
B. 促进阴道上皮细胞角化
C. 使子宫颈黏膜变稀薄
D. 促进乳腺发育
E. 使体温升高
11. 关于月经周期中月经期的叙述,下列哪项是正确的
A. 相当于卵泡期晚期
B. 血中雌激素水平高、孕激素水平低
C. 血中孕激素水平高、雌激素水平低
D. 血中雌激素、孕激素水平均低
E. 子宫内膜功能层增殖
12. 在月经周期中出现两次分泌高峰的激素是
A. 绒毛膜促性腺激素
B. 雌激素
C. 孕激素
D. 雄激素
E. 催乳素
13. 排卵后子宫内膜的分泌期变化是由于
A. 高浓度雌激素的作用
B. 高浓度孕激素的作用
C. 孕激素和雌激素共同作用
D. FSH 浓度升高
E. LH 浓度升高
14. 假设某人的月经周期为 28 到 30 天,预计在月经周期中的哪几天之间会发生排卵
A. 第 6 天和第 8 天
B. 第 10 天和第 12 天
C. 第 14 天和第 16 天
D. 第 18 天和第 20 天
E. 第 22 天和第 24 天
- *15. 排卵后黄体萎缩是由于血中哪种激素水平下降
A. 前列腺素水平下降
B. 雄激素水平下降
C. 黄体生成素水平下降
D. 雌激素水平下降
E. 孕激素水平下降
16. 月经周期中控制排卵发生最重要的激素是
A. 雌激素
B. 孕激素
C. 黄体生成素
D. 卵泡刺激素
E. 睾酮
17. 在月经周期的哪一段期间,优势卵泡产生大量雌激素
A. 第 1~4 天
B. 第 5~14 天
C. 第 15~20 天
D. 第 21~25 天
E. 第 26~28 天
18. 如果未发生受精,在月经周期哪一段期间,黄体发生退化
A. 第 1~4 天
B. 第 5~14 天
C. 第 15~20 天
D. 第 21~25 天
E. 第 26~28 天
19. 排卵前,血中黄体生成素(LH)出现高峰的原因是

- A. 血中孕激素对腺垂体的正反馈作用
- B. 血中雌激素对腺垂体的正反馈作用
- C. 血中孕激素和雌激素共同的作用
- D. FSH 的促进作用
- E. 少量 LH 本身的短反馈作用

*20. 图 12-1 为血浆激素水平的时间的函数, 排卵发生在时间轴上的哪个字母点

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D
- E. E

【A₂ 型题】

*21. 15 岁男孩体检发现单侧隐睾, 因其父母担心孩子将来生育受到影响, 遂就医并与医生讨论治疗方案。关于睾丸的陈述哪一项是正确的

- A. 出生时睾丸已有精子产生, 但青春后才排放
- B. 睾丸所在阴囊温度低于体温有利于生精
- C. 睾丸长生的精子形态及功能都已成熟
- D. 睾丸间质细胞分泌睾酮需要卵泡刺激素 (FSH)
- E. 黄体生成素 (LH) 直接作用于支持细胞促进生精

22. 一名 26 岁男性患有 Klinefelter's 综合征, 一种性染色体畸变的遗传病, 常伴随曲细精管发育不全。下列哪项是生精小管中支持细胞的功能

- A. 将 FSH 分泌到管腔中
- B. 将睾酮分泌到管腔中
- C. 形成血睾屏障
- D. 青春期前合成雌激素
- E. 表面 LH 受体的表达

*23. 一名 16 岁“女性”被诊断患有雄激素不敏感综合征。她从未有过月经, 有一个盲端的阴道, 无子宫、子宫颈和卵巢, 染色体型 46 XY, 腹腔内查见睾丸, 血清睾酮升高。下列哪些特征是由于缺乏雄激素受体引起的

- A. 46 XY 基因型
- B. 腹腔睾丸
- C. 血清睾酮升高
- D. 缺乏子宫和子宫颈
- E. 缺乏月经周期

*24. 一男性患者, 22 岁, 体格检查显示: 轻度肥胖, 女性型乳房发育, 面部和腋毛较少。有男性生殖器, 但阴茎短小, 睾丸偏小。染色体分析发现染色体型为 XXY。以下哪一项是直接促进男性外生殖器发育最重要的激素

- A. 睾酮
- B. 雄烯二酮
- C. 雄酮
- D. 双氢睾酮
- E. 抗苗勒氏激素

25. 一对夫妇因担心其不能自然受孕到生殖中心进行备孕咨询, 生殖内分泌专家根据临床检查评估女方能够排卵。以下哪项可帮助判断有排卵发生

- A. 血清 FSH 水平升高
- B. 体温下降
- C. 血清 LH 水平升高
- D. 血清孕酮水平升高
- E. 血清雌激素水平增高

*26. 一名 55 岁女性正在经历围绝经期症状的困扰。她的妇科医生就雌激素替代疗法与她进行了讨论, 该疗法具有以下哪些作用

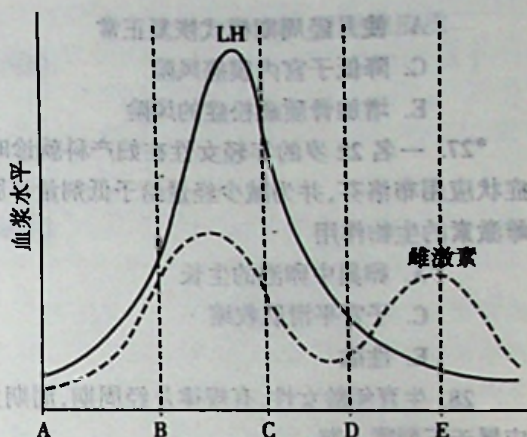


图 12-1

- A. 使月经周期模式恢复正常
- C. 降低子宫内膜癌风险
- E. 增加骨质疏松症的风险

- B. 减少潮热的发生
- D. 降低乳腺癌的风险

*27. 一名 22 岁的年轻女性在妇产科就诊时自述月经量大并伴有严重痛经。医生为缓解痛经症状应用布洛芬,并为减少经量给予低剂量口服激素避孕药。以下哪一项指标的降低(或减少)是雌激素的生物作用

- A. 卵巢中卵泡的生长
- C. 子宫平滑肌收缩
- E. 性欲

- B. 乳房中的导管生长
- D. 血清低密度脂蛋白水平

28. 生育年龄女性,有规律月经周期,周期为 28 天,在月经周期的 17 天进行刮宫,其子宫内膜应属于下列哪一期

- A. 增生早期
- B. 增生晚期
- C. 分泌早期
- D. 分泌晚期
- E. 排卵期

29. 在女性不孕不育的诊治过程中,通常检测的主要激素不包括哪项

- A. 前列腺素
- B. 卵泡刺激素
- C. 黄体生成激素
- D. 催乳素
- E. 雌激素

*30. 某 35 岁年轻女性,因停经就医,根据临床和实验室检查,诊断为卵巢早衰。该患者下列哪一改变最不可能出现

- A. 血中雌激素降低
- B. 血中孕激素水平降低
- C. 血中 FSH 降低
- D. 血中 LH 降低
- E. 血中 AMH 降低

【B 型题】

(31~33 题共用备选答案)

- A. 雌激素
- B. 孕激素
- C. FSH
- D. LH
- E. hCG

31. 促进成熟卵泡排卵的激素是

32. 维持妊娠黄体功能的是

33. 使基础体温升高激素是

(34~36 题共用备选答案)

- A. 睾酮的作用
- B. 雌激素的作用
- C. 孕激素的作用
- D. 黄体生成素的作用
- E. 卵泡刺激素的作用

34. 刺激红细胞的生成

35. 使子宫内膜增生

36. 发动精子生成

【X 型题】

37. 睾丸功能的调节包括

- A. 受下丘脑和垂体的调控
- B. 睾丸激素对下丘脑和垂体进行反馈调节
- C. FSH 调节间质细胞合成和分泌睾酮
- D. 生精过程只受 FSH 的调节
- E. 睾丸内部细胞间的旁分泌调节

38. 体内可以产生雌激素的部位

- A. 卵巢
D. 胎盘
- B. 睾丸
E. 子宫内膜
- C. 肾上腺皮质

39. 关于卵巢的叙述,正确的是

- A. 从青春开始产生卵母细胞
B. 每个月经周期排出 5~10 个卵
C. 每个月经周期有 15~20 个卵泡被周期性募集
D. 周期性活动受下丘脑和垂体的调控
E. 卵泡内膜细胞产生雄激素

40. 在正常的月经周期中

- A. 雌激素分泌出现两次高峰
B. 孕激素促子宫内膜上皮分泌
C. 排卵后黄体分泌孕激素和雌激素
D. 排卵一般在下次月经来潮前的 14 天
E. 子宫内膜剥脱是因失去雌、孕激素支持

三、简答题

1. 为什么有生育要求的男性不能随便使用雄激素?
2. 根据卵泡优势卵泡选择机制分析在实施“试管婴儿”技术时如何获得更多的成熟卵子?
3. 根据生理学知识如何判断卵泡是否成熟及排卵?
4. 诱发排卵的 LH 是如何形成的?
5. 为什么对于围绝经期且有子宫的妇女在给予雌激素替代治疗时常联合使用孕激素?

四、思考题

患者,女,30岁,未采取任何避孕措施,因月经周期不规律,结婚3年未孕就诊。该患者常规体格检查及一般血常规、尿常规等常规生理检查无异常。月经周期为 22~35 天每次月经持续 3~5 天,经量适中,无痛经。妇科检查子宫大小正常,外生殖器形态正常。丈夫精液分析各项指标正常。

问题:

- (1) 利用生理学知识分析该患者不孕的最可能的原因有哪些?
- (2) 根据以上分析,患者还需要做哪些检查来确定病因?

参考答案与题解

一、名词解释

1. 周期性募集:在青春后每次月经周期的黄体期向卵泡期转化的时候,由于垂体 FSH 分泌增加,一群 10~20 个小窦状卵泡进入成熟前 FSH 高度依赖的快速生长。
2. 优势卵泡:在每一次周期性募集的一群卵泡中,一般仅有一个卵泡能够达到成熟并排卵,该卵泡被称为优势卵泡。
3. FSH 阈值:指卵泡生长发育所需的 FSH 的最小血中浓度,每个卵泡 FSH 阈值有别,这是每个月经周期被周期性募集的卵泡选择的基础。
4. 月经周期:卵巢的周期性变化导致子宫的结构和功能也发生的周期性变化,一般指两次月经第一天之间的时间。

二、选择题

【A₁型题】

1. A 2. D 3. A 4. C 5. D 6. C 7. A 8. A 9. C 10. D
11. D 12. B 13. C 14. C 15. C 16. C 17. B 18. E 19. B 20. C

难题解析

1. 抑制素和雄激素结合蛋白是由睾丸支持细胞分泌,促性腺激素是由腺垂体分泌。

2. 睾丸的生精作用是指精原细胞发育为外形成熟的精子的过程。从精原细胞发育成为精子约需要 64 天。FSH 和睾酮分别对生精的始动和维持发挥重要作用。人类和大多数哺乳动物睾丸产生的精子必须在附睾才能获得运动和受精能力。精原细胞进行有丝分裂以保证有足够多的精子产生。

5. FSH 和 LH 对睾丸的生精过程都有调节作用。FSH 主要对生精过程的始动起着重要作用,睾酮主要维持生精。LH 通过刺激睾丸间质细胞分泌睾酮,间接发挥作用。

8. 雌激素促进子宫发育,引起子宫内膜增生、腺体数目增加,子宫颈分泌大量清亮、稀薄的黏液,有利于精子穿透。

10. 子宫内膜包括上皮和基质。雌激素促进子宫内膜增生,孕激素抑制内膜上皮细胞增殖,促使其转化为具有分泌功能的上皮,同时促进内膜基质细胞增殖,并发生蜕膜化,因而两者都可以使内膜增厚。

15. LH 峰的作用不仅促进排卵,也促进黄体发育并分泌孕激素和雌激素,黄体期高浓度的雌激素与孕酮对下丘脑和腺垂体的分泌的负反馈抑制作用使 LH 和 FSH 一直处于低水平,如果排卵后没有发生受精着床,在排卵后第 9~10 天,黄体退化。如果受精着床发生,在滋养层细胞分泌的绒毛膜促性腺激素(hCG)的作用下继续发育为妊娠黄体。

20. FSH 主要负责卵巢内的卵泡成熟,LH 对于排卵是必需的,排卵一般发生在黄体生成激素(LH)峰后 16~24 小时。排卵后的雌激素第二个小高峰以及孕激素高峰都是由排卵后的黄体分泌形成。

【A₂型题】

21. B 22. C 23. C 24. D 25. D 26. B 27. D 28. C 29. A 30. C

难题解析

21. 精子发生适宜温度远低于体温,阴囊内温度通过精索动脉和静脉之间的热交换以及阴囊周围的空气循环而保持在 32℃ 左右,有利于睾丸精子的产生。睾丸在腹腔内形成,但通常在出生前进入阴囊。约有 10% 的男性新生儿的一侧或双侧睾丸停留在腹腔或腹股沟管中,但在出生后一年内可以自行降至阴囊。如一直不能下降至阴囊即为隐睾症。由于腹部温度可能会对生精上皮造成不可逆的损伤,甚至导致睾丸恶性肿瘤的发生。因而宜早期进行手术治疗。

23. 该患者虽然为男性基因型,但因对雄激素不敏感,因而生殖器发育异常,表现为两性畸形,并且由于垂体前叶缺乏雄激素受体,其 LH 分泌不能对血清睾酮的负反馈调节做出反应,因而 LH 分泌保持在较高水平,刺激睾丸间质细胞睾酮的分泌也一直维持在较高水平。

24. 人的性别有三个层次,首先是胎儿的染色体性别决定性腺性别,即原始性腺发育为睾丸或卵巢。由性腺性别再决定表现性。男性胎儿的胚胎型间质细胞分泌睾酮,诱导男性的内、外生殖器发育,青春期后睾丸间质细胞分泌的睾酮促进男性的第二性征发育。该男性患者由于染色体的异常,导致两性畸形。

26. 围绝经期因缺乏雌激素可能引起一系列生理功能的改变可能导致多种临床症状,是否使用雌激素替代治疗,需要根据个体的实际情况进行科学评估。一方面雌激素替代治疗能明显缓解

因血管舒缩异常所致潮热盗汗,改善阴道干燥症状,增加骨密度,降低骨折风险。然而,随机试验显示激素替代治疗可能增加子宫内膜癌、乳腺癌及静脉血栓的风险。根据不同个体的实际情况采用雌激素/孕激素联合,或单用合理剂量的雌激素(对已切除子宫的妇女)可减少这些风险。

27. 雌激素降低血浆低密度脂蛋白,有助于卵巢中卵泡的生长,乳腺导管生长和乳房增大,促进子宫平滑肌收缩以及血流量,增加人体的性欲。

30. 卵巢早衰意味着卵巢储备异常的过早耗竭,由于没有卵泡继续生长分泌雌激素,也没有排卵及黄体生成,因而雌激素和孕激素分泌都减少。同时由于缺乏雌、孕激素对下丘脑和垂体的负反馈调节作用,因而垂体分泌的 FSH 和 LH 增加,尤其是与卵泡生长直接相关的 FSH 增加最为明显。AMH 作为判断卵巢储备的一个重要指标,血中浓度与早期窦卵泡数成正比,当卵巢储备耗竭,生长卵泡减少,AMH 也减少。

【B 型题】

31. D 32. E 33. B 34. A 35. B 36. E

【X 型题】

37. ABE 38. ABCD 39. CDE 40. ABCDE

三、简答题

1. 为什么有生育要求的男性不能随便使用雄激素?

答:滥用雄激素可能造成睾丸生精障碍。睾丸的精子发生需要腺垂体分泌的促性腺激素的作用。FSH 促进生精过程,LH 促进睾丸间质细胞分泌睾酮,睾酮与雄激素结合蛋白结合被转运至曲细精管,维持生精所需的高浓度的雄激素环境。另一方面睾酮对下丘脑和腺垂体具有负反馈调节作用,可直接或间接抑制腺垂体促性腺激素分泌。当患者自行服用雄激素后,血中雄激素增加,加强了对下丘脑和腺垂体的负反馈调节作用,抑制了腺垂体分泌促性腺激素,进而使间质细胞产生的内源性睾酮减少,曲细精管中生精所需的高浓度雄激素环境得不到维持,因而影响到生精过程。

2. 根据卵泡优势卵泡选择机制分析在实施“试管婴儿”技术时如何获得更多的成熟卵子?

答:每个月经周期被募集的一群卵泡对 FSH 的敏感性并不一致。随着卵泡的生长,卵泡分泌的雌激素通过负反馈作用的方式使垂体 FSH 分泌有所减少。这时,一般仅有一个发育最快的卵泡由于其 FSH 阈值最小,对 FSH 的反应最为敏感,因而能够在已经降低的血中 FSH 浓度支持下继续发育成熟。而其他卵泡由于得不到足够的 FSH 的支持而闭锁。这就是卵泡选择的“FSH 阈值”学说。按照上述原理,在临床上对不孕病人施行试管婴儿技术的超促排卵时,外源性补充 FSH,使血中 FSH 在相对长的时间维持在较高水平,这就可以使更多的卵泡能持续得到 FSH 的支持,继续生长并最后达到成熟。

3. 根据生理学知识如何判断卵泡是否成熟及排卵?

答:衡量卵泡成熟的标准主要是卵泡大小及分泌雌激素的量,因而在临床上常根据 B 超检测成熟卵泡直径(15~25mm)及血中雌激素水平判断卵泡的成熟情况。如有排卵发生,黄体合成分泌雌激素和孕激素,特别是孕激素水平增加,基础体温也相应升高,因而根据血中孕激素水平及基础体温可以判断是否排卵。

4. 诱发排卵的 LH 是如何形成的?

答:月经周期的中期,随优势卵泡成熟,体内雌激素水平进一步增加,此时血中高浓度的雌激素对下丘脑及腺垂体都产生正反馈调节作用,触发下丘脑 GnRH 大量释放,刺激腺垂体分泌的 LH 和 FSH 大幅增加达峰值,尤以 LH 峰更为明显。

5. 为什么对于围绝经期且有子宫的妇女在给予雌激素替代治疗时常联合使用孕激素?

答:围绝经期因缺乏雌激素可能引起多种临床表现,使用雌激素替代治疗能明显缓解因血管舒缩异常所致潮热盗汗,改善阴道干燥症状,增加骨密度,降低骨折风险。然而,由于雌激素促进子宫内膜上皮细胞增殖,因而增加了子宫内膜癌的风险,而孕激素可以拮抗雌激素的这一作用,抑制子宫内膜上皮细胞增殖,因而对于有子宫的妇女采用雌激素/孕激素联合使用可减少内膜癌风险。如已切除了子宫的妇女则可以单用雌激素治疗。

四、思考题

答案:根据女性生殖功能的特点,妇女成功怀孕必须具备以下基本条件:①女方卵巢功能正常,卵泡能正常发育并排卵;②卵子和精子能够在输卵管内相遇,相识,结合成为受精卵;③受精卵从输卵管进入子宫腔继续发育成囊胚最后植入具备接受态的子宫内膜。

(1) 该患者不孕的可能原因:①下丘脑、垂体功能异常导致卵泡发育异常和(或)不能排卵;②黄体功能异常致内膜不能接受胚胎植入;③输卵管病变。

(2) ①生殖相关激素检查(血浆雌二醇、孕酮、睾酮、FSH、LH、PRL、AMH);②B超观察卵泡发育,结合基础体温判断有无排卵,并观察子宫形态及内膜厚度;③输卵管造影诊断输卵管的通畅程度。

(岳利民 袁东智)

第二节 妊 娠

学习目标

1. 掌握 妊娠的概念。精子的获能及顶体反应。
2. 熟悉 着床、子宫内膜容受性、胎盘的内分泌功能。
3. 了解 受精、妊娠维持及分娩。

知识要点

妊娠是新个体产生的过程,包括受精、着床、妊娠的维持以及胎儿分娩。

一、受精

受精是指精、卵识别,精子穿入卵细胞及两者融合的过程,一般于排卵后的6~7天发生在输卵管的壶腹部。

1. 精子运动 精子射入阴道后,需要经过子宫颈、子宫腔、输卵管到达受精部位,即输卵管壶腹部。排卵前,雌激素使宫颈分泌的黏液清亮、稀薄,有利于精子的穿行。排卵后黄体产生的孕激素一方面促使宫颈黏液变黏稠,进而阻止精子通过。雌激素和孕激素还分别刺激输卵管和抑制输卵管的蠕动,影响精子进入壶腹部。

2. 精子获能 精子进入阴道后在女性生殖道停留一段时间才能获得使卵子受精的能力,在此期间精子所发生的一系列形态及功能变化,最后获得受精能力的过程称为获能。

3. 顶体反应 获能的精子与卵子相遇后,精子头部的顶体外膜与精子细胞膜融合、破裂,形成许多小孔,释放出包含多种蛋白水解酶的顶体酶,使卵子外围的放射冠及透明带溶解,这一过程称

为顶体反应。顶体反应是精子才能与卵母细胞发生融合实现受精的关键变化。

4. 受精卵的形成 精子进入卵内可引起卵内 $[Ca^{2+}]$ 升高导致卵的激活,迅速完成第二次减数分裂,释放出第二极体,卵细胞核和进入卵内的精子核的染色体分别解聚形成雌原核和雄原核,进而雌、雄原核融合形成一个新的细胞,即合子,恢复为体细胞的23对染色体。

二、着床

着床是指胚泡通过与子宫内膜相互作用,侵入子宫内膜的过程。成功的着床需要胚胎的发育与子宫内膜的蜕膜化彼此同步。子宫内膜在时间和空间上都需要具备某些特征才能允许着床的发生。只有子宫处于接受期的时候,胚泡才可能着床,这个时期的最重要的标志就是子宫内膜的蜕膜化。子宫内膜蜕膜化与胚泡发育的同步,一方面需要母体黄体分泌的激素作用使子宫内膜转变为蜕膜,另一方面需胚泡提供的信息诱导妊娠黄体进一步分泌激素,使前蜕膜转变为蜕膜。

着床包括定位、粘着和穿透三个阶段。胚泡向子宫内膜的植入是一个同种异体植入过程,必须克服母体免疫系统的排斥反应。

三、妊娠的维持

胚泡着床后,自蜕膜中获取大量的营养物质迅速发育生长,在妊娠10周以内由妊娠黄体分泌的孕激素和雌激素维持妊娠。与此同时,滋养细胞侵入子宫,形成妊娠的特殊器官——胎盘。胎盘的功能如下:

1. 物质转运功能 是指母体血液中的物质与胎儿血液中的物质相互交换的过程,是胎盘最重要的功能之一。

2. 胎盘的内分泌功能

(1) 人绒毛膜促性腺激素(hCG):hCG由早期胚泡和胎盘的合体滋养层细胞分泌,可促进胚泡植入,它还使母体卵巢中的黄体变成妊娠黄体,继续分泌孕激素和雌激素。临床上通过检测母体血液或尿液中的hCG可帮助诊断早期妊娠。

(2) 人胎盘生乳素(hPL):主要是促进胎儿生长,因此又称为人绒毛膜促生长激素。

(3) 雌激素:人类胎盘分泌的雌激素主要是雌三醇,雌二醇和雌酮较少。雌三醇的生成涉及胎儿、胎盘的共同参与,临床上检测母体尿中雌三醇的水平以反映胎儿在宫内的情况。雌激素可调控胎盘、子宫、乳腺和胎儿器官的生长。妊娠晚期,雌激素通过促使子宫的激活为分娩做好准备。

(4) 孕激素:孕酮是维持妊娠期子宫处于静息状态的主要激素。

四、分娩

分娩是指胎儿和胎盘通过母体子宫、阴道排出体外的过程。分娩启动的关键就是子宫从舒张期(静息期)进入激活期,有关这方面的机制尚未完全了解。一般认为,人类分娩的发生不是由某个单一因素引起的,而是多因素的作用而引起的。如胎儿、胎盘和子宫组织本身的变化等。

复习思考题

一、名词解释

1. fertilization

2. parturition

二、选择题

【A₁型题】

1. 妊娠时维持黄体功能的主要激素是
 - A. 雌激素
 - B. 孕激素
 - C. FSH
 - D. LH
 - E. hCG
2. 下列关于hCG的描述错误的是
 - A. 是胎盘分泌的一种激素
 - B. 其化学性质是糖蛋白
 - C. 在妊娠第8~10周时分泌达高峰
 - D. 主要是促进胎儿生长
 - E. 具有降低淋巴细胞活力,防止母体对胎儿的排斥反应
3. 妇女妊娠过程中妊娠黄体的寿命约为
 - A. 6周左右
 - B. 8周左右
 - C. 10周左右
 - D. 12周左右
 - E. 14周左右
4. 精子获能的部位发生在
 - A. 曲细精管
 - B. 输精管
 - C. 附睾
 - D. 女性生殖道
 - E. 前列腺
- *5. 关于受精过程的叙述,错误的是
 - A. 精子与卵子一般是在输卵管内受精
 - B. 排卵后的黄体期,孕激素使子宫黏液变得稀薄,精子容易通过
 - C. 精子必须在雌性生殖道内停留一段时间,才能获得使卵子受精的能力
 - D. 在睾丸内的精子由于去获能因子的影响没有受精能力
 - E. 只有少数的精子能到达受精部位
6. 人类的胚胎着床窗口期约在月经周期的
 - A. 第5~9天
 - B. 第10~14天
 - C. 第15~19天
 - D. 第20~24天
 - E. 第25~29天
7. 着床成功的关键在于
 - A. 孕酮分泌的抑制
 - B. 胚胎发育和子宫内膜成熟要同步
 - C. 足够的前列腺素浓度
 - D. 子宫依靠雌激素识别胚胎
 - E. 足够的孕激素浓度
8. 胎盘分泌的雌激素中,最主要的是
 - A. 雌酮
 - B. 雌酚
 - C. 雌二醇
 - D. 雌三醇
 - E. 雌酮和雌二醇

【A₂型题】

9. 患者女性,30岁,平时有规律月经周期,一般为28天,在月经周期的17天去医院进行刮宫检查,其子宫内膜应属于下列哪一期
 - A. 增生早期
 - B. 增生晚期
 - C. 分泌早期
 - D. 分泌晚期
 - E. 排卵期
10. 患者王某,女性,32岁,有正常夫妻生活未避孕,但3年未受孕,去不孕不育门诊诊治过程

中,以下哪一个不属于常规检测的激素

- A. 卵泡刺激素 B. 前列腺素 C. 黄体生成激素
D. 雌激素 E. 催乳素

*11. 李某,女性,27岁,平时有规律月经周期和正常夫妻生活,停经10天后就诊。实验室检查血或尿中哪种激素可诊断早期妊娠

- A. 雌激素 B. 孕激素 C. FSH D. ACTH E. hCG

12. 王某,女性,26岁,有规律月经周期,在停经后去医院检查是否怀孕。如果她确实怀孕,实验室检查最早能在受精后多长时间在其血或尿中测出hCG

- A. 24小时 B. 2~4天 C. 6~8天 D. 20天 E. 1个月

13. 孙姓夫妻因不孕不育3年欲行辅助生殖技术。下列哪项不是体外受精过程的必需条件

- A. 正常的精子和卵子 B. 子宫内膜分泌功能良好
C. 体外良好的培育环境 D. 精子必须获能
E. 性功能正常

14. 患者李某,女性,29岁,孕39周,因破水入院,入院5小时后开始规律阵痛,入待产室等待分娩。期间与分娩的启动无关的是

- A. 宫颈成熟及子宫下段形成 B. 母体与胎儿的内分泌调控
C. 胎儿对子宫下段和宫颈的机械扩张 D. 子宫以及腹肌、膈肌等的收缩
E. 神经介质的调控

【B型题】

(15~16题共用备选答案)

- A. 雌激素 B. 孕激素 C. FSH D. LH E. hCS

15. 由胎盘和胎儿共同参与合成的激素是

16. 有类生长激素作用,可促进胎儿生长发育的是

【X型题】

17. 胎盘可以产生的激素有

- A. 雌激素 B. 孕激素
C. 人绒毛膜促性腺激素 D. 催产素
E. 黄体生成素

18. 关于hCG以下正确的是

- A. 是一种 steroid hormone
B. 在妊娠1~4周分泌量最高
C. 可以用免疫学技术在孕妇尿中检验出来
D. 在妊娠早期对维持子宫内膜的完整是必需的
E. 受精后第6天即可分泌

三、简答题

1. 胎盘可分泌哪些与妊娠相关的激素?其主要作用有哪些?

2. 简述维持妊娠的主要机制是什么?

四、思考题

根据所学生殖生理知识,设计安全的避孕方法并解释其原理。

参考答案与题解

一、名词解释

1. 受精:是指精子与卵子结合的过程,受精的部位在输卵管壶腹部。

2. 分娩:成熟胎儿及其附属物从母体子宫产出体外的过程。

二、选择题

【A₁型题】

1. E 2. D 3. C 4. D 5. B 6. D 7. B 8. D

【A₂型题】

9. C 10. B 11. E 12. C 13. E 14. D

【B型题】

15. A 16. E

【X型题】

17. ABC 18. CE

难题解析:

5. 孕酮有使宫颈黏液减少而变稠,精子难以通过以及抑制输卵管的节律性收缩等作用。

11. 卵子受精后第6天左右,滋养层细胞开始分泌hCG,到妊娠8~10周时达高峰,随后分泌逐渐减少。因为hCG在妊娠早期即出现,所以检测母体血中或尿中的hCG浓度,可作为诊断早期妊娠的一个指标。

三、简答题

1. 胎盘可分泌哪些与妊娠相关的激素?其主要作用有哪些?

答:(1)人绒毛膜促性腺激素(hCG):在妊娠早期,hCG刺激月经黄体转变成妊娠黄体。

(2)类固醇激素:胎盘能分泌大量孕激素和雌激素,在妊娠黄体萎缩后接替黄体的功能继续保持体内高水平的孕激素和雌激素,以维持妊娠直到分娩。

(3)其他蛋白质激素和肽类激素:胎盘还可以分泌人绒毛膜生长激素、绒毛膜促甲状腺激素、ACTH、TRH、GnRH及内啡肽等。其中人绒毛膜生长激素具有生长激素的作用,可调节母体与胎儿的糖、脂肪和蛋白质代谢,促进胎儿生长。

2. 简述维持妊娠的主要机制是什么?

答:受孕后,黄体继续存在,分泌孕酮和雌激素。在受精后第6天左右,胚胎滋养层细胞开始分泌绒毛膜促性腺激素(hCG),刺激母体持续分泌孕酮和雌激素,此后,胚胎的部分滋养层细胞与母体组成胎盘,可分泌大量hCG、人绒毛膜生长素、雌三醇和孕酮。雌三醇是胎儿与母体共同参与合成的。因此受孕后,妊娠的维持与多种因素有关,包括母体与胎儿、黄体与胎盘及其他等。

四、思考题

答:避孕是指采用一定的方法使妇女暂时不受孕。常用的方法有口服避孕药如雌孕激素复合制剂和上节育环等。基本原理主要是通过控制生殖过程中以下环节来达到不受孕的目的:抑制精子与卵子产生;阻止精子与卵子结合;使女性生殖道内环境不利于精子获能、生存,或者不适宜受精卵着床和发育。针对受孕的各个环节,采用相应的阻断或终止受孕的措施,可以达到避孕的目的。

(盛慧 倪鑫)

附录 1

生理学课程学习琐谈

“学习是脑内细胞和分子系统将新的信息转换为可永久贮存的形式(长时记忆)的过程”(乔治·阿德尔曼:神经科学百科全书)。“学习是经验(或刺激)引起行为适应性变化的过程,记忆是学习后行为变化的保持和储存。”(中国医学百科全书:生理学分卷)

在基础医学课程学习阶段,对医学生的基本要求是“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)和“三严”(严肃学习、严格要求、严密作风),即强调认真读书和反复实践。自然,学习医学生理学课程的过程也不例外。

一、明确学习目的

1. 生理学是认识疾病时机体功能活动紊乱的基础 19世纪法国著名的生理学家 Claude Bernard 曾指出:“医学是关于疾病的科学,而生理学是关于生命的科学。所以后者比前者更具有普遍性。这就是为什么说生理学必然是医学的科学基础。一个医师要研究生病的人,要用生理学阐明和发展关于疾病的科学”。在现代医学课程体系中,医学生理学(medical physiology)或人体生理学(human physiology)是一门重要的基础医学理论课程。它以人体为主要研究对象,帮助医学生了解并掌握正常人体内各种生命活动的过程规律和发生机制。只有掌握正常人体的生理功能和发生机制,才能充分理解疾病对正常机体功能的干扰和疾病发生的机制。此外,生理学的研究建立了一系列的机体功能评价方法和技术。学习生理学将有助于深刻理解这些方法的原理、优缺点和疾病诊断的应用条件。因此,医学生理学也是学习病理生理学、药理学等其他后续医学基础课程及临床医学的重要基础。

2. 生理学缜密逻辑推理是培养医学科学思维能力的重要课程 生理学是生命的逻辑(logic of life),注重阐述生命活动的发生原理和相互影响等动态过程。生理学是从细胞分子-器官系统-整体水平全面阐述生命活动原理的学科,是培养医学生从整体到局部,从宏观到微观认识人体功能活动本质的课程,是培养医学生的科学思维方式和科学素养的必要课程。

生理学的知识来自设计严密的实验。创新性的实验设计和对实验数据进行的创造性归纳演绎,揭示隐藏在现象背后的机制,其中无不闪烁着创新的思想火花。这些都是培养科学思维能力的绝好教材。学习中不仅要掌握生理学的基本知识,更重要的是要学习认识生命活动规律的思维方法和生理学知识中所蕴含的缜密思维方式。因此,在生理学的学习过程中还应了解这些知识是怎样获得的。在学习过程中还要学会如何分析结果,要学会从实验结果的数据集中归纳得出结论。

二、了解学科特征

1. 以结构与功能相适应的观点理解生理功能的发生基础 “结构与功能相适应”是生物学的基本观点之一,也是理解机体生理功能及发生机制的基础。结构与功能相适应是指一定结构对应

一定的功能,任何功能都要依靠一定的结构来实现。无论是细胞、组织、器官还是个体,生物体在不同层面上无不体现出“结构与功能相适应”的思想。例如,红细胞的可塑性变形、渗透脆性、悬浮稳定性都与红细胞的双凹圆碟形的特殊形态有关。大动脉的弹性储器、小动脉微动脉的阻力血管、毛细血管的物质交换、静脉的贮血库的功能基础分别是大动脉壁富有弹性纤维、小动脉微动脉富含平滑肌、毛细血管只有单层内皮及静脉血管腔大壁薄的结构特征。肺泡的呼吸膜、肾小球的滤过膜的结构变化,是影响肺换气和肾小球滤过功能的重要因素。肾小管及肾直小血管的U型结构分别是形成和维持肾髓质高渗的结构基础,慢性肾盂肾炎所引起的正常的肾小管及肾直小血管的U型结构的破坏,将导致肾髓质高渗状态的形成和维持障碍,引起尿液浓缩功能降低。机体将压力感受器设置在位于颈内动脉与颈外动脉分叉处的颈动脉窦,将有助于实时监测脑血流供应入口处的灌注压力的变化,保证脑血流的稳定。因此,各细胞器官特殊生理功能的学习,应该基于该细胞器官的结构特性的掌握。

2. 以动态的观点学习生理学 生理学是生物学的重要分支,不仅属于基础医学领域中的功能学科,更是医学课程体系中的主干学科。人体功能活动是生命现象的具体表现,其课程的实质是以数学、物理学、化学等知识为基础,阐述机体各层次(细胞、组织、器官、系统、整体等)空间结构功能活动及规律等动态的(时间的)过程。如果与人体解剖学为代表的形态学科相比,生理学则具有更为显著的理论性、抽象性和时序性等特征。加之生命活动易受多种因素的影响,生理学知识灵活多变。因此,一定要以动态的观点去学习人体生理学。比如,当由卧位变为直立位时,由于静脉回心血量减少,心脏射血减少,血压将下降。此时对颈动脉窦、主动脉弓压力感受器的刺激减弱,经迷走神经和降压神经传入冲动至延髓孤束核的冲动减少,使心迷走紧张性减弱,心交感紧张性和交感缩血管紧张性增强,导致心率增快,心肌收缩力增强,心输出量增加;血管收缩,血流阻力增大,使血压回升。反之,当动脉血压突然升高时,通过上述相反的过程将使血压回降,以维持血压的稳定。可见生理学知识的实质就是变化与平衡的过程,不断形成矛盾,又不断解决矛盾的动态过程。学习生理学就应当能够按照一定的时间顺序动态描述机体的功能活动过程以及意义。千万注意,决不能继续延用学习形态学科时形成的注重静态描述的学习方法。

3. 以稳态的观点领悟生理调节的意义 稳态是生理学重要的核心概念。机体正常的生命活动有赖于内环境的稳态,而生命活动的进行又不断地破坏稳态。为了保证生命活动正常地继续,机体同时通过调节各器官系统共同参与以维持内环境的稳态。因此,机体的许多生理活动的调节方向都是朝着有利于稳态的方向进行。有时,机体内也存在一些“不符合”稳态的现象。如血管破裂出血时,机体通过一系列正反馈迅速地启动凝血,这使得局部凝血与抗凝的稳态被打破,导致局部凝血功能的增强。但这种局部的“失衡”却能有效地止血,这实际上是为了在更高层次维持机体的稳态。

值得指出的是,稳态的水平也不是固定不变的。在不同的生理条件下机体所需要的稳态水平也是不同的。当人体由一种活动状态进入另一种活动状态时,机体的各种生理参数会发生变化,从而建立新的平衡。如寒冷的冬天,机体甲状腺激素分泌的稳定水平提高,以便促进机体产热以适应寒冬而维持体温的稳态。但还要指出的是,有时由于稳态的跃迁在高水平所形成的稳定也可能是异常的表现,例如,发热就是体温维持于高水平的稳态所致,若血压被机体持续维持稳定于高的水平就是高血压。

4. 以整体的观点统领生理学的学习 生物体,包括人体的功能活动都是以整体的形式进行的,构成机体的各个器官及功能系统都是在神经-体液的调控下各司其职。所以学习时不仅要掌握器官系统的独特功能活动原理,还应该注意它们在机体整体活动中相互间的作用和意义。虽然

为了表述和学习的方便,人体生理学课程内容基本按照各功能系统知识划分章节。但是随着学习内容的增加和深入,在我们的头脑中必须将各局部知识模块组合在一个统一整体之中,有机地融会贯通。

在整体条件下,某一生理参数稳态的维持通常需要多个功能系统的共同参与,这些功能系统的活动常常处于颀颀平衡状态。当某种功能的稳态发生偏离需要某一功能系统活动增强时,与之相抗衡的活动就会相应减弱,这使得稳态的调节过程更为精细。例如,在体温调节机制中,体内存在产热和散热两个相抗衡的系统活动,共同维护体温的正常值:当体温降低时,机体产热系统活动增强的同时散热系统活动减弱,使体温回升;当体温升高时,机体产热系统活动减弱,散热系统活动增强,体温降低。对于心血管和消化系统等内脏系统来说,交感神经和副交感神经的活动通常呈现相反相成的调节效应,依据机体的整体需要共同维持着内脏器官的功能稳定。

在整体条件下,机体的调节能力具有很大代偿潜能。在疾病情况下某些器官、细胞活动的异常,内环境的稳态就会遭到严重破坏。但通常在一定范围内各项重要的生理参数依然可以维持相对稳定,这是因为机体其他未受损伤结构的功能发生了代偿性活动,使得改变了的内环境理化性质重新恢复正常。例如,在贫血时,虽然单位体积血液中所携带的 O_2 减少,但机体可通过对心血管系统的调节而扩张血管,提高组织的血流量,在一定程度上满足组织对 O_2 的需求。

三、制定学习流程

所谓学习流程是指有秩序地实施学习行为的过程。尽管不同的人适合不同的学习方法,但能够按部就班地学习是获得良好学习效果的基本前提。对于大部分同学来说,建议按照“预习-听课-复习-应试”的程序来规范自己的学习过程,逐步养成合理的学习习惯。

1. 预习是听好每一堂课的基本前提 课前预习便于把握听课重点,并加强理解,增强记忆,为听好课起到铺垫的作用,提高学习的主动性。尤其值得指出的是,随着网络教学建设的不断丰富,“生理学”国家精品资源共享课程、国家精品在线开放课程都可以提供相应的网络教学视频,为提前预习和课后复习相关知识提供了便利的条件。另一方面,通过预习对将要学习的知识已经有初步了解的基础上,能让我们在听课的过程中把注意力从关注基本知识点向关注生理学逻辑推理转移,这将大大提升生理学课程学习在培养科学思维能力方面的作用。教学大纲是预习的基本依据,其中对课程内容及相关掌握程度都有一定的要求。预习的粗细程度可以灵活掌握,时间足够、课程内容生疏时,预习可以深入一些,否则可少一些。但是不能不预习,时间紧张的话,至少要应根据教学计划(课程进度)的安排,集中精力翻看一遍教本或学习指导中有关的授课内容。预习时,对有关授课内容只作一般的了解即可,但要留意发现疑难点。此外,还可以复习前期有关的形态学知识和上一堂课的内容,有助于与新课内容的衔接。这样,不再是大脑空空地去听新课,使你更容易真正领会教师授课的新内容,甚至在产生共鸣时,会觉得有一种游弋于生理学知识海洋之中的愉悦感,而不会感到枯燥乏味。

此外,预习对于上好生理学实验课尤为重要。在每次实验前应当认真预习将要进行的实验内容、主要操作步骤,并结合相关的理论知识对每步实验的结果作出预测。这样才能做到有的放矢,在实验中也能及时发现异常的非预期结果,在有限的实验课时间内获得最大收益。

2. 边听边思考,积极课堂讨论,是提高听课效果的关键 课堂教学是高校教学的重要场所,是学生有计划、有步骤、在短时间内系统、高效获取学科知识的主要途径,尤其是在学习新课程的前期阶段。生理学理论课教学通常都采用大课堂教学的方式,是教师按照教学大纲、教学计划、教材,采用一定的教学方法和手段,引导学生学习基本理论、基本知识,并且启发学生深入理解和掌握学

科实质内容的一种集中教学形式。与形态学课程不同,生理学属于功能学科,主要是揭示机体正常功能活动的规律和发生原理。如果学习人体解剖学是建立人体立体结构空间概念的话,那么学习人体生理学就是在这—基础之上建立功能活动动态的时间概念。因此要以动态、变化和发展的理念去学生理学课程。在课堂听课过程包括听、看、忆、思、记等活动,学生要认识到自己是学习活动的主体,绝不是教师的“记录员”。要集中注意力,充分调动感官,紧跟教师讲授思路,积极开动脑筋,联系以往的知识,争取当堂“理解”而不是“抄下”授课板书或拷贝“课件”。如,在听“心脏泵血过程”一段内容时,首先要在脑海中构建一个立体的、充满血液的心脏,随着教师的讲授,在思维背景中这个心脏始终在有序的活动,紧紧抓住核心内容:心室的主动收缩和舒张所产生的压力有什么改变,正在引起什么变化,等等。

听课时是否需要做笔记,依自己形成的学习习惯而定。但是课堂笔记不是抄写板书或“课件”,而应提纲挈领地边听边记,尤其注意提炼教师的讲授思路、相关知识的扩展和运用的关键点(词)。笔记本要留出适当空白,便于课后复习时再整理。也有的同学听课时会会在教科书上做边注等,但课后最好还是整理出自己的笔记,便于课后理清思路,便于复习。对于课上一时难听懂的内容要耐心听,实在难以理解和接受的话,要及时放弃,坚持听后面的内容,课后再及时找到授课教师解疑。由于学时所限,课堂中教师只能针对教学重点、难点内容讲授,不可能面面俱到。因此,还要靠自己,课后反复研读教科书才能获得较全面的知识。

按照美国缅因州的国家训练实验室发布的学习金字塔,听课的学习效果最低,两周以后学习内容只能留下5%,阅读、视听和示范分别可保留10%、20%和30%,而小组讨论、实际演练和教他人学习可以分别记住50%、75%和90%的学习内容。因此,在课堂上积极参与讨论和师生互动,踊跃回答教师的启发性提问,并就教师的讲授内容进行提问,是提高学习效果的有效方式。

3. 及时复习是牢固掌握知识的重要环节 复习是对所学知识的深入理解、归纳总结、系统条理和强化巩固过程,可以分为课后复习、阶段复习和考前复习。及时并有计划地进行复习也是牢固掌握知识的重要环节。课后复习重在及时,通过阅读教科书整理课堂笔记等方式,趁课后印象清晰时,进一步、全面地弄懂、弄通基本概念等教学内容,并能反问自己,以自己的语言掩卷复述。还可以根据教学大纲要求参考有关的复习题解及其他形式辅导书等,从另外一些角度检查和强化自己的学习效果,查漏补缺;阶段复习重在联系,将先后学习的知识联系起来复习,特别是一个章节系统的内容。通过思考、分析、综合、归纳、化简、对比、分类、列表、图解等方法,弄清前后知识内在关系,对照比较,找出规律,融会贯通,从不同的侧面、高层次的加强记忆,巩固学习成果;考前复习则重在全面,掌握重点:①复习面宜广,不要有重大的遗漏;②在原先对基本知识概念理解的基础上,提纲挈领地记忆;③注意将知识转化成考试时容易回忆提取的形式。为加强复习的效果,可采用下列方法加强记忆:

(1) 对连续性的生理过程可采用排序进行记忆:如对动作电位的发生机制、动作电位产生过程中的兴奋性周期性变化、减压反射的过程等可按生理过程发生的时间先后顺序为线索顺序记忆;对于突触的传递和神经-肌接头过程,可按突触前神经元(或神经末梢)、突触间隙(或接头间隙)及突触后神经元(或终板膜)的顺序分别记忆各部位发生的重要过程。

(2) 对于复杂的生理过程可分解为各相关基本因素进行记忆:在生理学中常需分析讨论影响某一生理功能的因素,此时应从构成该事件的相关因素着手,假定其他条件不变,逐一分析构成该过程各项因素增强或降低对其的影响。例如每搏输出量、外周阻力、心率、大动脉壁的弹性和血量是参与正常血压形成的五个主要因素,可以根据它们在动脉血压形成中的作用方面逐一分析对收缩压、舒张压、脉压和平均动脉压的影响。

(3) 对于类似的生理过程可采用对比分析进行记忆:类似的生理过程容易混淆。通过相互比较,找出差异,列成图表加以归纳,对比鲜明,简明扼要,便于记忆。如动作电位与局部电位、心肌细胞与骨骼肌细胞、视杆细胞与视锥细胞、神经-肌接头传递和中枢突触传递、电突触和化学性突触、突触前抑制与突触后抑制等均可以列表方式比较。在列表时要特别注意两者相互对立的方面,从而凸显两者的差异。

(4) 对于零散性知识尽可能采用歌诀和联想进行记忆:如十二对脑神经可记为:一嗅二视三动眼,四滑五叉六外展,七面八听九舌咽,迷副舌下紧相邻。脂溶性维生素为A、D、E、K;依赖维生素K的凝血因子为Ⅱ、Ⅶ、Ⅸ、X;钠泵的作用“驱钠摄钾”;醛固酮的作用是“保钠、保水、排钾”等。

四、注重勤读善思

1. 联系临床,灵活运用 临床关于疾病的防治研究和实践,无不以人体生理学的基本理论为基础。因此,在学习生理学过程中要注意与临床的联系,而不能只满足于机械性的死记硬背生理课程内容,要善于提出问题,勤于思考,灵活生动地学习。如当机体急性失血时,循环系统有何变化,其他系统又有何变化,应根据哪些原则进行抢救等。再如学习“内分泌”一章时,我们知道了各种激素的主要生理功能及调节,那么当这些激素缺乏或分泌过多时会引起哪些临床表现?像糖尿病患者为什么会出现多食、多尿、多饮、体重减轻的“三多一少”症状,它与胰岛素的作用机制有何联系?这种从正常生理功能预测异常时的临床症状,从异常的临床表现反推器官的正常生理活动的思维过程,不仅可激发学习兴趣,进一步加深对正常生理学知识的理解,也为临床课程的学习奠定了一定的基础,同时获得深刻记忆的良好学习效果。

2. 广泛阅读,跳出教材 教材是学生获取生理学知识的基本读物。但如果在大学的五年中,学生的学习仅限于教材,奉教材为“圣旨”,无疑将禁锢自身思维的发展。由于教材的篇幅有限,而时代在不断发展,教材不可能包罗万象。因此,在精读生理学教材的基础上,应注意阅读其他相关的参考书及资料,在教材之外更广泛地获取知识,以开阔眼界,培养自学能力和主动获取知识的能力。

3. 关注实验数据,加强思维训练 在生理学教材和课堂教学过程中,教师经常会采用大量的实验数据和曲线以论证相应理论的正确,或推出某些观点。在学习过程中,要注意关注这些数据是如何获得的,通过这些数据可以得到哪些结论,如何用现有理论解释这些结果,如果为证实该假说,你将如何设计相应实验。另一方面,对自己在生理实验中所获得的实验结果也应进行认真归纳总结,获得正确的结论。通过对这些典型数据和曲线的认真思考,正是培养科学思维能力的绝好途径和机会。

4. 刨根问底,从生理学发展史的重大事件获取启迪 生理学发展的历史反映生理学孕育、产生和发展演变的历史,不仅展现了人们思考和解决生理学问题的思想历程,也充分呈现着生理学家们在科学研究过程中的科学态度、科学精神和科学世界观。刨根问底,了解生理学知识的发现历程,不仅可以有效提升学习的兴趣,还有助于更好地把握生理学概念的内涵,启发和培养批判思维和创新精神,更有助于培养学生坚毅的毅力和不畏艰难的科学精神。例如,英国生理学家贝斯利和斯他林在重复巴甫洛夫实验室所发现的“切除胰腺神经不能取消向狗十二指肠注入稀盐酸促进胰液分泌”现象的研究中,跳出“神经主导论”这一传统观念的束缚,他们大胆假设,巧妙设计,最后通过实验验证了盐酸通过促进促胰液素的分泌进而促进胰液分泌的机制,创造了激素这个科学名词,从而开辟了生理学体液调节研究的新领域。

五、征得教师指导

现代教学观将教学活动看作交流互动的过程,即师生之间信息的双向传输过程。在教学过程中,教师的主导作用对学生学习起着导航的作用,是通过为学生的学习服务而实现的。应该看到,课堂上的系统授课是教师面向学生单向传递知识和信息,这只是教师履行职责的一部分。教师的另一部分作用的发挥,经常需要学生发挥主动作用去发掘。大学的教学不同于中学,教师授课时经常面对数百甚至上千学生,要求教师能了解每位学生的学习情况不太现实。因此,学生在学习过程中,要主动与任课教师接触和交流(如提问—解疑等),当面获得指导,对于学科知识及课程的深入学习十分有益。有时教师面对面地因势利导,经常会使你茅塞顿开,甚至会得到意想不到的启迪,获益匪浅。因为,在与教师的交流过程中,不仅可以获取更多的知识,而且还可更多了解所教内容的相关背景知识和相应未得到公认的不成熟进展,以及教师本人的学术观点和对相关进展的学术评论,并获得进入教师课题组参加大学生创新训练的科学研究的机会,这些无不启发大学生的创新思维的火花和批判精神。

需要说明,主动征得教师帮助的最终目的还是在于保持自身的求知欲,提高自己独立获取知识的能力,为提高自我发展能力奠定基础。

六、珍惜实验机会

生理学是实验科学,生理学课程由理论课和实验课组成。虽然实验课的目的不仅在于验证学过的理论知识和掌握一些基本的操作技能,但更为重要的还是,通过亲自动手做实验,学习对实验结果的观察、记录、整理、分析和解释,从而了解科学实验的全过程,再通过统计学的分析,发现事物变化的规律,从而提高了学生的科学素养,培养学生参加未来国际竞争的能力。这对于理论与实践密切结合,提高认识能力十分重要。因此,实验室是培养学生严谨的科学作风、敏锐的观察能力、严密的科学思维方式和不断进取的创新精神的重要场所。

积极主动地上好实验课对于培养自己独立思考问题和今后的科学研究能力十分重要。只有主动地去思考、去实践才能有所获。课前要认真预习实验指导,明确每次实验的目的、要求和操作步骤及方法,初步想一下为什么要这样设计实验?这样设计能说明什么问题?如果要证实同样的问题,你将怎样设计呢?再根据所学的理论知识预想实验中会出现什么结果,如果实验结果与你预想的有所不同时,应认真分析原因,继续反复认真地观察、实验,同时向老师请教,与同学讨论,认真完成实验报告。千万不要应付差事,随意推论,说不定你还会有新的发现呢!此外,如果你能就理论课所学的某个内容,尝试着自己进行实验设计,对于提高自身的能力会非常有益。

最后还应指出的是,在教学过程中虽然动物实验是提升生理教学质量的重要途径,但这是为了让动物做出某种程度牺牲的基础上实现的。自1988年以来国家科技部先后颁布了《实验动物管理条例》《关于善待实验动物的指导性意见》和《国家科技计划实施中科研不端行为处理办法(试行)》,明确将“违反实验动物保护规范”列为不端行为。因此,在动物实验过程中要以敬畏生命之心善待动物,树立善待一切生命的理念,把自己培养成为富有仁爱之心和精湛医术的未来医生。

(罗自强 王卫国)

参考文献

1. 罗自强. 生理学学习指导与习题集. 2版. 北京:人民卫生出版社,2013.
2. 李朝品,韩一眉. 医学生学习指导. 合肥:中国科技大学出版社,1994.

3. 郭学勤. “理”是生理学的灵魂——谈教学中我的一点体会. 生理通讯, 2001, 20(2): 34-35.
4. 朱妙章, 吴博威, 倪江, 等. 生理学考研指南(医学博士研究生入学考试辅导丛书). 北京: 科学技术文献出版社, 2006.
5. 罗自强, 冯丹丹, 文志斌. 生理学考试问答题编制的探索. 西北医学教育, 2011, 19(3): 576-579.
6. 冯丹丹, 韩仰, 向阳, 等. 在机能实验教学中加强动物实验伦理学教育的实践与思考. 现代生物医学进展, 2011, 19: 3777-3779.
7. 范少光. 生理学在衰落吗? ——介绍一篇医学教育的评论文章. 生理科学进展, 2012, 43(2): 159-160.
8. 陆永利, 李从德, 周敏. 生理学发展史在教学中的作用. 山西医科大学学报: 基础医学教育版, 2008, 10(3): 276-278.

附录 2

生理学课程拓展学习参考书目 及网络教学资源网址

生理学是关于生命逻辑的科学,是基础医学最重要的主干课程之一。精读教材是学好《生理学》的基础。但生理学的学习不应当仅仅局限于教室与教材,如果能更多地走进图书馆,从国内外相关专著、参考书、学术期刊及网络资源中主动获取知识,可拓展视野,加深理解,强化思维。在此,我们收集了部分生理学课程拓展学习参考书目及网络教学资源网站,为同学们深入学习生理学知识提供线索和引导。

一、参考书与教科书

(一) 中文参考书与教科书

1. 侯宗濂. 中国医学百科全书——生理学分卷. 上海:上海科学技术出版社,1985.

该书由当时国内数十位资深生理学工作者共同撰写。在1998年出版的《中国医学百科全书——基础医学分卷》中已将生理学科内容整合到相应各功能系统词条中。

2. 姚泰. 人体生理学. 4版(上、下卷). 北京:人民卫生出版社,2015.

该书是由国内生理学界数十位学者合作编著的大型综合性参考书。

3. 唐朝枢. 中华医学百科全书:基础医学人体生理学. 北京:中国协和医科大学出版社,2017.

4. Mountcastle VB. 医学生理学(英文第14版中译本)(上、下册). 韩济生,等译. 北京:科学出版社,1989.

5. Schmidt RF, Thens G. 人体生理学(德文第21版中译本). 王复周,译. 北京:科学出版社,1991.

6. 韩济生. 神经科学. 3版. 北京:北京医科大学出版社,2009.

7. 周吕. 胃肠生理学——基础与临床. 北京:科学出版社,1991.

8. 孙秀泓,罗自强. 肺的非呼吸功能——基础与临床. 北京:人民卫生出版社,2001.

9. 朱蕾,刘又宁,钮善福. 临床呼吸生理学. 北京:人民卫生出版社,2008.

10. 朱妙章,唐朝枢,袁文俊. 心血管生理学——基础与临床. 2版. 北京:高等教育出版社,2011.

11. Nicholls JG. 神经生物学——从神经元到脑. 5版. 杨雄里,等译. 北京:科学出版社,2014.

12. Bear MF. 神经科学——探索脑. 王建军,等译. 北京:高等教育出版社,2004.

该书的第2版(2003年)与第3版(2011年)由高等教育出版社影印出版。

13. Opie LH. 心脏生理学:从细胞到循环. 3版. 高天祥,高天礼,译. 北京:科学出版社,2001.

14. 迟素敏. 内分泌生理学. 西安:第四军医大学出版社,2006.

15. 林茂樟. 临床肾脏生理学. 北京:人民军医出版社,2004.

此外,另有林善铨主编的《现代肾脏生理与临床》,复旦大学出版社2007年出版。

16. 杨永录,刘亚国.体温生理学——基础与临床.北京:人民军医出版社,2007.

17. 王庭槐.生理学.3版.北京:高等教育出版社,2015.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”。

18. 王庭槐.生理学.3版.北京:人民卫生出版社,2015.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”,是专为长学制(7、8年制)医学教学编写的生理学教科书。首版于2005年出版。

19. 王庭槐.生理学.9版.北京:人民卫生出版社,2018.

该书为“国家卫生健康委员会‘十三五’规划教材”,为五年制医学专业课程编写,广为国内各高等医药院校采用。本书即专为其配套编写的辅助教材。

20. 管又飞,朱进霞,罗自强.医学生理学.4版.北京:北京大学医学出版社,2018.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”。

21. 胡志安,王莎莉.生理学.北京:科学出版社,2014.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”。

22. 范少光.人体生理学.3版.北京:北京大学医学出版社,2006.

该书正文内容以中、英文参差穿插混编为其特点,以期达到自然强化外语专业词汇的目的。书前载有韩济生院士的前言与王志均院士的文章等。附有美籍人士朗读的生理学词汇光盘。

23. 裴建明,朱妙章.大学生理学.5版.北京:高等教育出版社,2017.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”。每章附学习要点、英文摘要及旁注。

24. 梅岩艾,王建军,王世强.生理学原理.北京:高等教育出版社出版,2011.

该书为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,为综合性大学生物专业使用教材,在内容的取舍及编排上有着自己的特色。

25. 冯志强.整合应用生理学.北京:人民军医出版社,2006.

该书以较独特知识构架编就,意在训练医学生应用生理学知识进行复杂问题的思维。

26. 罗自强,闵苏.麻醉生理学.4版.北京:人民卫生出版社,2016.

该书为“普通高等教育‘十二五’国家级规划教材”,注重跨学科的交叉融合,加强基础与临床的结合,在尽量减少与通行《生理学》教材重复的基础上强调生理学知识在临床麻醉实践中的运用。

(二) 外文参考书与教科书(*国内有相应原版影印本出版)

1. *West JB, Best and Taylor's Physiological Basis of Medical Practice. 11th Ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1985.

该书为生理学著名经典著作。书名中的 Best 为查尔斯·赫伯特·贝斯特(Charles Herbert Best, 1899—1978),加拿大生理学家。1921年当时还是多伦多大学在读医学生的贝斯特作为班廷的助手共同发现胰岛素。

2. *Hall JE, Guyton AC. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 13th Ed. W.B. Saunders Company, 2015.

该书早期书名为 *Textbook of Medical Physiology*, 首版于1956年,历经五十余载已为世界权威生理学教科书之一。该书延续“用最简明语言讲述生理学核心知识”的编写传统,注重与临床实际联系,并加入了近年来重要的进展,文笔流畅,可读性强,插图丰富。其第12版更名为 *Guyton's Textbook of Medical Physiology*, 由JE Hall等编著。第10版至第12版均有北京大学医学出版社影印版问世。2008年人民卫生出版社曾以该书为蓝本改编为类似国内生理学教材体系的英文教材。

3. * Barrett KE, Barman SM. *Ganong's Review of Medical Physiology*. 25th Ed. Lange Medical Publications, 2015.

该书广为世界各地医学院校应用,最初书名为 *Review of Medical Physiology*,第20版由人民卫生出版社于2001年影印出版。自第23版起,该书更名为 *Ganong's Review of Medical Physiology*,由K Barrett等编著。

4. Rhoades RA, Bell DR. *Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine*. 5th Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2017.

5. Boron WF, Boulpeap EL. *Medical Physiology*. 3rd Ed. Elsevier Inc., 2016.

6. *Koeppen BM, Stanton BA. *Berne and Levy Physiology*. 7th Ed. Elsevier Inc., 2017.

该书早期书名 *Physiology*,于2005年由北京大学医学出版社影印出版。第6版更名为 *Berne & Levy Physiology*。该书还作为高等教育出版社“国外优秀生命科学教材译丛”之一由梅岩艾等译为中文,于2008年出版。

7. *Lingappa VR, Farey K. *Physiological Medicine: A Clinic Approach to Basic Medical Physiology*. McGraw-Hill Companies, Inc., 2000.

该书2001年由科学出版社影印出版,并于2006年以《医学生理学》(秦晓群等主译)为名翻译出版其第2版。

8. *Sherwood L. *Human Physiology: From Cells to Systems*. 9th Ed. Brooks/Cole Publishing Company, 2015.

该书第4版曾于2002年由中国协和医科大学出版社影印出版。

9. Silverthorne DU. *Human Physiology: An Integrated Approach*. 8th Ed. Benjamin-Cummings Publishing Company, Subs of Addison Wesley Longman, Inc. 2018.

该书尚含配套的 *Student Workbook for Human Physiology* 一书及光盘等资料。

10. Widmaier EP, Raff H, Strang KT. *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. 13th Ed. McGraw-Hill, 2013.

2005年科学出版社曾以该书为蓝本改编为双语教材形式出版。

11. Fox SI. *Human Physiology*. 13th Ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc., 2012.

此外,Elsevier公司出版Mosby's Physiology Monograph Series包括 *Cardiovascular Physiology*, *Cellular Physiology and Neurophysiology*, *Endocrine and Reproductive Physiology*, *Gastrointestinal Physiology*, *Renal Physiology*, *Respiratory Physiology* 等。人民卫生出版社曾于2002年影印出版其丛书中的《心血管生理学》《胃肠道生理学》《肾脏生理学》和《内分泌生理学》四种。

(三) 器官-系统整合教材

为了配合器官-系统整合课程的教学改革,人民卫生出版社出版了系列器官-系统整合教材,该教材按照相应系统将解剖学、组织学、生理学、病理生理学、病理学、药理学等学科的教学内容整合在一本教材,便于学生跨学科整合相应知识,对于按照传统的学科教学模式开展教学的学生有较好的参考作用。在基础医学阶段,已经出版《基础医学导论》《运动系统》《血液与肿瘤》《中枢神经系统与感觉器官》《内分泌系统》《病原与宿主防御系统》《心血管系统》《呼吸系统》《消化系统》《泌尿系统》《生殖系统》《生物医学PBL教学案例集》《器官-系统整合课程PBL教程》。

二、学习指导与复习题

1. 罗自强,祁金顺. *生理学学习指导与习题集*. 北京:人民卫生出版社,2018.

本书为“国家卫生健康委员会‘十三五’规划教材”《生理学》(第9版)配套教材。

2. 朱妙章,裴建明,周士胜,等.生理学导学与应试指南(医学专业主干课程考试辅导丛书).北京:科学技术文献出版社,2009.

此外,该书主编2013年尚编有《生理学试题选编与应试指南》,除开篇“漫谈生理学复习和应试”,还附有近年多校多套本科生到博士研究生试卷。

3. 崔庚寅.生理学实验释疑解难.北京:科学出版社,2007.

该书具有很强的针对性、指导性和实用性,先从初学者角度,从原理、操作、仪器、方法、结果分析等方面对百余项生理学实验逐一提出疑问,随之从指导者高度有针对性地释疑解难。

4. 王卫国.图表生理学.北京:人民卫生出版社,2012.

该书系“医学图表系列丛书”之一,以精炼有序文字串接五百余表格与图解,梳理和诠释医学专业生理学课程主干知识,力图突出重点、化解难点,辅助学生更深入地理解和掌握生理学基本理论。

5. 余承高,陈栋梁,秦达念,等.图表生理学.北京:中国协和医科大学出版社,2007.

6. 余承高,陈栋梁,熊哲.生理学助记图表与歌诀.北京:北京大学医学出版社,2015.

7. *McGeown JG. Physiology: A Core Text of Human Physiology with Self Assessment. 3rd Ed. Churchill Livingstone, 2007.

该书系 Master Medicine 丛书之一,北京大学医学出版社影印出版。

8. Metting PJ. Physiology: PreTest Self-Assessment and review. 14th Ed. New York: McGraw-Hill Company, Inc., 2013.

该书系“美国医师执照考试”(United States Medical Licensing Examination, USMLE)第一阶段考前复习指导 PreTest 丛书的一个分册,包含 500 道 USMLE 格式题目和答案,已由北京大学医学出版社影印出版。

9. Costanzo LS. BRS Physiology (Board Review Series), 6th Ed. Wolters Kluwer Health, 2014.

该书为美国医师执照考试精要与习题系列丛书的一个分册,包含 350 道 USMLE 格式题目和答案,已由北京大学医学出版社影印出版。

10. Hall JE. Guyton & Hall Physiology Review. 3rd Ed. Saunders, 2015.

该书为 Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology 的配套习题集。

11. Toy EC, Weisbrodt N, Dubinsky W, et al. Case Files: Physiology. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill Companies, 2008.

该书为 Lange Case Files 丛书之一,以 51 个临床病例为线索编写。相应其每一案例结合生理学相关知识点展开讨论,并提供三道附有答案的 USMLE 格式的理解性习题(comprehension questions)和生理学要点(physiology pearls)等资料。2007 年曾由吴博威、刘慧荣改编为《生理学(案例分析系列)》,曾作为双语教材由人民卫生出版社出版。2014 年北京大学医学出版社影印出版该书。

12. Silbernagel S, Despopoulos A. Color Atlas of Physiology. 7th Ed. Stuttgart: Thieme Inc., 2015.

德国 Thieme 公司出版的 Thieme Flexbook 系列为医学各学科的彩色图谱丛书,已陆续出版数十种之多,并被译成多国文字。该书页面文字均对应相应图版,其直观的图解极有助于启发思维,深入理解和记忆复杂、抽象的生理学课程理论知识。

13. Susan Mulroney, Adam Myers Netter's Atlas of Human Physiology 2e. Saunders, 2015.

该书为 Netter's Basic Science 丛书之一,该书的 2002 年版本已由朱大年等翻译,以《奈特人体生理学彩色图谱》由人民卫生出版社 2005 年出版。此书用概括的方式准确保留学科主要概念、原

理,以富于美感的精致彩图和模式图强化知识要点,增强学习和理解的效果。

此外,科学出版社2002年影印出版的Mosby's Crash Course(风暴式医学教程)系列以学习笔记本的形式分功能系统分册出版,共计十余种。各分册精炼概括了包括生理学在内的医学各学科基本知识,同样有助于提高生理学课程的学习效率。

三、国内主要专业期刊

1.《生理学报》 本刊为生理学核心学术期刊,双月刊,刊载生理科学学术论文。生理学报的前身是林可胜教授于1927年春季创办的英文学术期刊《中国生理学杂志》。在当时没有其他生命科学研究性杂志的情况下,这个杂志是中国生命科学研究的唯一杂志,范围覆盖了生命科学多个领域。1953年起更名为《生理学报》。

2.《中国应用生理学杂志》 本刊为生理学核心学术期刊,季刊,刊载应用生理学领域学术论文。

3.《生理科学进展》 本刊为生理学核心学术期刊,季刊,主要以专题形式刊载作者对某一生理科学研究领域及专题研究进展的文献综述及专论性文章等。

4.《环球科学》 本刊系美国高级科学普及杂志——*Scientific American*的中译本,主要以专题形式刊载国外及国内自然科学和社会科学各领域的新知识。撰稿人多为世界各地有关学科研究先行者。每期均刊载有关生物学和医学领域的文章数篇。

四、其他相关参考书

1. 全国自然科学名词审定委员会. 生理学名词. 北京:科学出版社,1989.

2. 《英汉生理学词汇》编定组. 英汉生理学词汇. 北京:科学出版社,1986.

3. 陈国治. 英汉汉英生理学词汇. 上海:上海医科大学出版社,2000.

4. 陈孟勤,王志均. 中国生理学史. 2版. 北京:北京医科大学出版社,2001.

5. 丁报春. 生理学名词比较. 长沙:湖南科学技术出版社,2001.

该书将国内通行生理学教科书1000余容易混淆的术语,以对比的方式深入浅出地加以辨析。

6. 国家自然科学基金委员会. 人体生理学——自然科学学科发展战略调研报告. 北京:科学出版社,1996.

该书系国家自然科学基金委员会邀请国内生理学科专家组成的学科发展战略研究组的研究成果,对生理学科的发展有重要的指导意义(注:神经生理学部分载于《神经科学》分册)。

7. 王志均. 生命科学今昔谈. 北京:人民卫生出版社,1998.

8. 张庆柱,张均田. 书写现代医学史的巨人们:历届诺贝尔奖生理学或医学奖获得者的传奇业绩和人生. 北京:中国协和医科大学出版社,2006.

9. 中国科学技术协会,中国生理学会. 生理学学科发展报告. 北京:中国科学技术出版社,2011.

该书在概述我国生理学发展现状和对生理学发展趋势进行展望的基础上,还分系统对我国在各器官系统生理学研究的进展进行专题报告。

10. 王建军,王晓民. 生理科学进展. 北京:高等教育出版社,2014.

该书由中国生理学会教育工作委员会组织编写,包括55个专题,是一本适合于综合性大学、医学院校和师范院校生理学专业研究生使用的教材,也可供生命科学和医学领域其他相关专业的研究生专业课程教学选用,还可作为上述各类院校本科生生理学课程的教学参考书和学生课外阅

读书使用。

11. 中国生理学会. 执着和奉献——纪念中国生理学会成立 90 周年. 北京: 高等教育出版社, 2016.

本书收录了 90 位资深生理学家(包括中国生理学会的历任会长或理事长、健在的 70 岁以上的资深会员和 60 岁以上资深常务理事)的简介、图片和短文。

五、生理学相关网址

(一) 医药院校生理学国家精品资源共享课程网站

每门国家精品资源共享课程可以提供全套所在学校的生理学理论授课 PPT 课件、课堂教学视频(50 分钟/节)、教学大纲等。

1. 中南大学“生理学”(罗自强教授主持, 2014 年) http://www.icourses.cn/sCourse/course_6701.html

2. 中南大学“生理学”(网络课程)(管茶香教授主持, 2015 年) http://www.icourses.cn/sCourse/course_7309.html

3. 中山大学“生理学”(王庭槐教授主持, 2013 年) http://www.icourses.cn/sCourse/course_3476.html

4. 浙江大学“生理学”(网络课程)(夏强教授主持, 2015 年) http://www.icourses.cn/sCourse/course_7259.html

(二) 医药院校生理学在线开放课程

每门“生理学”在线开放课程(慕课)均按照自己的开课计划开展《生理学》在线教学, 可以提供全套生理学理论授课 PPT 课件、微课教学视频(<15 分钟/个)、教学大纲等。每个微课视频围绕 1 个核心知识点展开, 教学进度通常与学校线下教学同步, 并提供相应线上测试, 如果按照进度和要求完成在线开放课程的学习和考核, 成绩合格者可以获得相应合格证书。目前《生理学》各在线开放课程免费注册和学习。

1. 山东大学“医学生理学”(刘传勇教授主持) <http://www.icourse163.org/course/SDU-437005> (国家级精品在线开放课程)

2. 中南大学“生理学”(罗自强教授主持) <http://www.icourse163.org/course/CSU-1001930016>

3. 中山大学“生理学”(王庭槐教授主持) <http://www.pmphmooc.com/web/scholl/11523>

4. 武汉大学“人体生理学”(彭碧文教授主持) <http://www.icourse163.org/course/WHU-1002531007>

5. 徐州医科大学“人体生理学”(乔伟丽教授主持) <http://www.icourse163.org/course/XZMC-1001755234>

(三) 生理学其他相关网络课程

1. 华中师范大学在线开放课程“诺贝尔生理学或医学奖史话”(张铭教授主持) <http://www.icourse163.org/course/CCNU-1002044014>

2. 中南大学国家级精品视频公开课“人体生理功能探索”(罗自强教授主持) <http://www.icourses.cn/cuoc/>

3. 徐州医科大学在线开放课程“麻醉生理学”(张咏梅教授主持) <http://www.icourse163.org/course/XZMC-1001754223>

4. 苏州大学在线开放课程“运动生理学”(张林教授主持) <http://www.icourse163.org/course/SUDA-1001753331>

(四) 生理学会及其他有关资源部分网站

1. 中国生理学会 <http://www.caps-china.org/>
2. 全国科学技术名词审定委员会术语在线 <http://www.termonline.cn/index.htm> 该网站可以查询全国科学技术名词审定委员会审定的各学科名词的规范定名。
3. 生理科学国际联合会(International Union of Physiological Sciences, IUPS) <http://www.iups.org/>
4. 美国生理学会(The American Physiological Society) <http://www.the-aps.org/>
5. 美国国立生物技术信息中心(The National Center for Biotechnology Information) PubMed 数据库 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez/>
6. 诺贝尔奖官方网站 <https://www.nobelprize.org/>

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

PubMed 是一个免费的搜寻引擎,提供生物医学方面的论文搜寻以及摘要的数据库,其核心主题

为医学,但亦包括其他与医学相关的领域,如护理学或者其他健康学科。PubMed 的资讯并不包

括期刊论文的全文,但可能提供指向全文提供者(付费或免费)的链接。

