

全国卫生专业技术资格考试专家委员会 | 编写

2008

全国卫生专业技术资格
考试指导

药 学（师）

适用专业
药学（师）

[附赠考试大纲]



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

全国卫生专业技术资格考试专家委员会 | 编写

2008

全国卫生专业技术资格
考试指导

药 学 (师)

适用专业
药学 (师)



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

图书在版编目 (CIP) 数据

药学(师)/全国卫生专业技术资格考试专家委员会编写.

—北京:人民卫生出版社,2008.1

(2008 全国卫生专业技术资格考试指导)

ISBN 978-7-117-09405-4

I. 药… II. 全… III. ①医学-医药卫生人员-资格
考核-自学参考资料②药理学-医药卫生人员-资格考核-
自学参考资料 IV. R-42 R9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 171710 号

本书本印次封一贴有防伪标。请注意识别。

2008 全国卫生专业技术资格考试指导
药学 (师)

编 写: 全国卫生专业技术资格考试专家委员会

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 46

字 数: 1090 千字

版 次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-09405-4/R·9406

定 价: 90.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

出版说明

为贯彻国家人事部、卫生部《关于加强卫生专业技术职务评聘工作的通知》等相关文件的精神，自 2001 年全国卫生专业初、中级技术资格以考代评工作正式实施。通过考试取得的资格代表了相应级别技术职务要求的水平与能力，作为单位聘任相应技术职务的必要依据。

依据《关于 2008 年度卫生专业技术资格考试工作有关问题的通知》（国人厅发〔2007〕153 号）文件精神，自 2008 年度起卫生专业技术资格考试中级资格新增疼痛学专业，卫生专业初中级技术资格考试专业增加至 113 个。其中，全科医学、临床医学等 64 个专业的“基础知识”、“相关专业知识”、“专业知识”、“专业实践能力”4 个科目全部实行人机对话考试。其他 49 个专业的 4 个科目仍采用纸笔作答的方式进行考试。

为了帮助广大考生做好考前复习工作，特组织国内有关专家、教授编写了《卫生专业技术资格考试指导》药学（师）部分。本书根据最新考试大纲中的具体要求，参考国内外权威著作，将考试大纲中的各知识点与学科的系统性结合起来，以便于考生理解、记忆。全书内容分为四篇，与考试科目的关系如下：

第一篇 基础知识 内容包括生理学、生物化学、病理生理学、微生物学、天然药化、药物化学、药物分析。

第二篇 相关专业知识 内容包括药剂学、药事管理。

第三篇 专业知识 内容包括药理学。

第四篇 专业实践能力 内容包括医院药学综合知识与技能（总论）和医院药学综合知识与技能（各论）。总论部分的考核内容见本书第四篇；各论部分的考核内容请参考“药理学”考试大纲，要求请参见“医院药学综合知识与技能”考试大纲。



第一篇 基础知识	1
第一章 生理学	1
第一节 细胞的基本功能	1
第二节 血液	4
第三节 血液循环	6
第四节 呼吸	10
第五节 消化	11
第六节 体温及其调节	12
第七节 尿的生成和排出	13
第八节 神经	15
第九节 内分泌	15
第二章 生物化学	18
第一节 蛋白质的结构与功能	18
第二节 核酸的结构与功能	22
第三节 酶	25
第四节 糖代谢	28
第五节 脂类代谢	30
第六节 氨基酸代谢	33
第七节 核苷酸代谢	35
第三章 病理生理学	37
第一节 绪论	37
第二节 疾病概论	37
第三节 水、电解质代谢紊乱	38
第四节 酸碱平衡紊乱	41
第五节 缺氧	43
第六节 发热	43
第七节 应激	44
第八节 凝血与抗凝血平衡紊乱	45
第九节 休克	46
第十节 缺血-再灌注损伤	49
第十一节 心功能不全	50
第十二节 肺功能不全	52
第十三节 肝功能不全	54

第十四节 肾功能不全	56
第十五节 脑功能不全	58
第四章 微生物学	60
第五章 天然药化	73
第一节 总论	73
第二节 苷类	74
第三节 苯丙素类	76
第四节 醌类化合物	78
第五节 黄酮类化合物	80
第六节 萜类与挥发油	82
第七节 甾体及其苷类	85
第八节 生物碱	88
第九节 其他成分	90
第六章 药物化学	92
第一节 绪论	92
第二节 麻醉药	92
第三节 镇静催眠药、抗癫痫药和抗精神失常药	96
第四节 解热镇痛药、非甾类抗炎药和抗痛风药	101
第五节 镇痛药	106
第六节 胆碱受体激动剂	109
第七节 肾上腺素能药物	115
第八节 心血管药	119
第九节 中枢兴奋药和利尿药	128
第十节 抗过敏药和抗溃疡药	132
第十一节 降血糖药	137
第十二节 甾体激素	140
第十三节 抗肿瘤药物	145
第十四节 抗病毒药和抗艾滋病药	149
第十五节 抗菌药	151
第十六节 抗生素	157
第十七节 维生素	168
第七章 药物分析	172

第二篇 相关专业知识

第一章 药剂学	213
第一节 绪论	213
第二节 液体制剂	216
第三节 灭菌制剂与无菌制剂	228
第四节 固体制剂	245

第五节	半固体制剂·····	261
第六节	气雾剂、喷雾剂与粉雾剂·····	269
第七节	浸出技术与中药制剂·····	272
第八节	药物溶液的形成理论·····	278
第九节	表面活性剂·····	282
第十节	药物微粒分散系的基础理论·····	288
第十一节	流变学基础·····	292
第十二节	药物制剂的稳定性·····	294
第十三节	药物制剂的设计·····	305
第十四节	制剂新技术·····	311
第十五节	缓释、控释制剂·····	322
第十六节	经皮吸收制剂·····	330
第十七节	生物药剂学概述·····	333
第十八节	口服药物的吸收·····	337
第十九节	非口服药物的吸收·····	339
第二十节	药物的分布·····	342
第二十一节	药物代谢·····	347
第二十二节	药物排泄·····	350
第二章	药事管理·····	352
第一节	药品和药学·····	352
第二节	药事管理委员会·····	354
第三节	医院药学·····	354
第四节	药学部门·····	356
第五节	法律·····	366
第六节	法规·····	380
第七节	规章·····	413
第三篇	专业知识·····	431
药理学·····		431
第一节	绪言·····	431
第二节	药物对机体的作用—药效学·····	432
第三节	机体对药物的作用—药动学·····	438
第四节	传出神经系统药理概论·····	442
第五节	胆碱受体激动药和作用于胆碱酯酶药·····	446
第六节	胆碱受体阻断药·····	449
第七节	肾上腺素受体激动药·····	453
第八节	肾上腺素受体阻断药·····	459
第九节	局部麻醉药·····	463
第十节	全身麻醉药·····	465

第十一节	镇静催眠药·····	466
第十二节	抗癫痫药·····	469
第十三节	抗精神失常药·····	471
第十四节	抗帕金森病和老年痴呆药·····	475
第十五节	中枢兴奋药·····	477
第十六节	镇痛药·····	478
第十七节	解热镇痛抗炎药·····	482
第十八节	抗心律失常药·····	484
第十九节	抗慢性心功能不全药·····	488
第二十节	抗心绞痛药及调脂药·····	490
第二十一节	抗高血压药·····	494
第二十二节	利尿药和脱水药·····	498
第二十三节	血液及造血系统药理·····	501
第二十四节	消化系统药物·····	505
第二十五节	呼吸系统药理·····	507
第二十六节	抗组胺药·····	509
第二十七节	作用于子宫平滑肌药物·····	510
第二十八节	肾上腺皮质激素类药·····	512
第二十九节	性激素和避孕药·····	514
第三十节	甲状腺激素与抗甲状腺药·····	517
第三十一节	胰岛素及口服降血糖药·····	519
第三十二节	影响其他代谢的药物·····	521
第三十三节	抗微生物药物概论·····	524
第三十四节	喹诺酮类、磺胺类与其他合成抗菌药物·····	530
第三十五节	β -内酰胺类抗生素·····	533
第三十六节	大环内酯类、林可霉素类及其他抗生素·····	534
第三十七节	氨基糖苷类与多肽类抗生素·····	536
第三十八节	四环素类与氯霉素·····	537
第三十九节	抗真菌药与抗病毒药·····	539
第四十节	抗结核病药及抗麻风病药·····	541
第四十一节	抗疟药·····	544
第四十二节	抗阿米巴病药及抗滴虫病药·····	545
第四十三节	抗血吸虫病药及抗丝虫病药·····	546
第四十四节	抗肠道蠕虫病药·····	547
第四十五节	抗恶性肿瘤药·····	548
第四十六节	影响免疫功能的药物·····	552
第四十七节	维生素、矿物质与微量元素及营养药·····	553
第四十八节	调节水、电解质及酸碱平衡用药·····	559
第四十九节	消毒防腐药·····	560

第四篇 专业实践能力	573
医院药学综合知识与技能	573
第一节 药品调剂.....	573
第二节 临床用药的配制.....	585
第三节 药品的保管.....	590
第四节 药物信息咨询服务.....	594
第五节 用药指导.....	599
第六节 治疗药物监测.....	607
第七节 治疗药物评价.....	609
第八节 时辰药理学及其临床应用.....	623
第九节 安全药理学.....	625
第十节 群体药物动力学.....	627
第十一节 新药注册研究与新药临床试验.....	628
第十二节 药物相互作用.....	631
第十三节 药物不良反应.....	638
第十四节 药物滥用及违禁药物.....	652
第十五节 妊娠期及哺乳期合理用药.....	655
第十六节 新生儿用药.....	665
第十七节 儿童用药.....	667
第十八节 老年人用药.....	670
第十九节 疾病对药物作用的影响.....	673
第二十节 药物（毒物）中毒和急救药物应用.....	676

第一篇

基础知识

第一章 生理学

第一节 细胞的基本功能

细胞是构成人体的最基本的功能单位。每种细胞分布于机体的特定部位,执行特殊的功能。细胞的基本功能包括:细胞膜的物质转运功能、细胞的信号转导功能、细胞膜的生物电现象和肌细胞的收缩功能。

1. 细胞膜的结构和物质转运功能

(1) 膜结构的液态镶嵌模型:细胞新陈代谢过程中需要不断选择性地通过细胞膜摄入和排出某些物质。细胞膜和细胞器膜主要由脂质和蛋白质组成。根据膜结构的液态镶嵌模型,认为膜是以液态的脂质双分子层为基架,其间镶嵌着许多具有不同结构和功能的蛋白质。大部分物质的跨膜转运都与镶嵌在膜上的这些特殊蛋白质有关。

(2) 细胞膜的物质转运功能:物质的跨膜转运途径有:

1) 单纯扩散:是一种简单的物理扩散,即脂溶性高和分子量小的物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的跨膜运动。扩散的方向和速度取决于物质在膜两侧的浓度差和膜对该物质的通透性。脂溶性高、分子量小的物质容易通过细胞膜脂质双层,如 O_2 、 CO_2 、 N_2 、乙醇、尿素和水分子等。扩散的最终结果是该物质在膜两侧的浓度差消失。

2) 经载体和通道膜蛋白介导的跨膜转运:带电离子和水溶性分子的跨膜转运需要由膜蛋白的介导来完成。其中经载体和通道膜蛋白介导的易化扩散属于被动转运,转运过程本身不需要消耗能量,是物质顺浓度梯度或电位梯度进行的跨膜转运。①经载体易化扩散指葡萄糖、氨基酸、核苷酸等许多重要的营养物质借助载体蛋白顺浓度梯度跨膜转运的过程。②经通道易化扩散指溶液中的 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 K^+ 等带电离子,借助通道蛋白的介导,顺浓度梯度或电位梯度跨膜扩散。通道对离子的导通表现出的开放与关闭两种状态,受膜电位、化学信号和机械刺激等调控,因此,离子通道又分为电压门控通道(细胞膜 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 通道)、化学门控通道(终板膜 ACh 受体离子通道)

和机械门控通道（听毛细胞离子通道）。

3) 主动转运：是由离子泵和转运体膜蛋白介导的消耗能量、逆浓度梯度和电位梯度的跨膜转运，分原发性主动转运和继发性主动转运。①原发性主动转运 指细胞直接利用代谢产生的能量将物质（带离子）逆浓度梯度或电位梯度进行跨膜转运的过程。介导这一过程的膜蛋白为离子泵。在哺乳动物细胞膜上普遍存在的离子泵是钠-钾泵，简称钠泵，也称 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶。钠泵每分解 1 分子 ATP 可将 3 个 Na^+ 移出胞外，同时将 2 个 K^+ 移入胞内，由此造成细胞内的 K^+ 的浓度为细胞外液中的 30 倍左右，而细胞外液中的 Na^+ 的浓度为胞质中 10 倍左右。钠泵活动的重要生理意义：维持细胞内高 K^+ ，是胞质内许多代谢反应所必需的，如核糖体合成蛋白质；膜外高 Na^+ 状态，为许多代谢反应正常进行提供必需条件；钠泵活动造成的膜内外 Na^+ 和 K^+ 的浓度差，是细胞生物电活动产生的前提条件；钠泵活动能维持胞质渗透压和细胞容积的相对稳定； Na^+ 在膜两侧的浓度差是其他许多物质继发性主动转运（如葡萄糖、氨基酸，以及 $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ 、 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换等）的动力；钠泵的活动对维持细胞内 pH 的稳定性也具有重要意义。②继发性主动转运 许多物质逆浓度梯度或电位梯度跨膜转运时，所需能量不直接来自 ATP 分解，而是来自由 Na^+ 泵利用分解 ATP 释放的能量，在膜两侧建立的 Na^+ 浓度势能差，这种间接利用 ATP 能量的主动转运过程称为继发性主动转运。其机制是一种称为转运体的膜蛋白，利用膜两侧 Na^+ 浓度梯度完成的跨膜转运。如被转运的物质与 Na^+ 都向同一方向运动，称为同向转运，如葡萄糖在小肠黏膜重吸收的 $\text{Na}^+ -$ 葡萄糖同向转运。如被转运的物质与 Na^+ 彼此向相反方向运动，则称为反向转运，如细胞普遍存在的 $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ 交换和 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ 交换。

2. 细胞的跨膜信号转导 调节机体内各种细胞在时间和空间上有序的增殖、分化，协调它们的代谢、功能和行为，主要是通过细胞间数百种信号物质实现的。这些信号物质包括激素、神经递质和细胞因子等。根据细胞膜上感受信号物质的蛋白质分子的结构和功能的不同，跨膜信号转导的路径大致分为 G-蛋白耦联受体介导的信号转导、离子通道受体介导的信号转导和酶耦联受体介导的信号转导三类。

(1) G-蛋白耦联受体信号转导的主要途径：已知有 100 多种配体可通过 G-蛋白耦联受体实现跨膜信号转导，包括生物胺类激素如肾上腺素、去甲肾上腺素、组胺、5-羟色胺，肽类激素如缓激肽、黄体生成素、甲状旁腺激素，以及气味分子和光子等。根据效应器酶以及胞内第二信使信号转导成分的不同，其主要反应途径有以下两条：

1) 受体-G 蛋白-Ac 途径：激素为第一信使，带着内外环境变化的信息，作用于靶细胞膜上的相应受体，经 G-蛋白耦联，激活膜内腺苷酸环化酶 (Ac)，在 Mg^{2+} 作用下，催化 ATP 转变为环磷酸腺苷 (cAMP)，则细胞内的 cAMP 作为第二信使，激活 cAMP 依赖的蛋白激酶 (PKA)，进而催化细胞内多种底物磷酸化，最后导致细胞发生生物效应，如细胞的分泌，肌细胞的收缩，细胞膜通透性改变，以及细胞内各种酶促反应等。

2) 受体-G 蛋白-PLC 途径：胰岛素、催产素、催乳素，以及下丘脑调节肽等与膜受体结合使其活化后，经 G-蛋白耦联作用，激活膜内效应器酶—磷脂酶 C (PLC)，它使磷脂酰二磷酸肌醇 (PIP_2) 分解，生成三磷酸肌醇 (IP_3) 和二酰甘油 (DG)。IP₃ 和 DG 作为第二信使，在细胞内发挥信息传递作用。IP₃ 首先与内质网外膜上的 Ca^{2+} 通道

结合,使内质网释放 Ca^{2+} 入胞浆,导致胞浆内 Ca^{2+} 浓度明显增加, Ca^{2+} 与细胞内钙调蛋白 (CaM) 结合,激活蛋白激酶,促进蛋白质磷酸化,从而调节细胞的功能活动。DG 的作用主要是特异性激活蛋白激酶 C (PKC)。PKC 与 PKA 一样可使多种蛋白质或酶发生磷酸化反应,进而调节细胞的生物效应。

(2) 离子通道受体介导的信号转导途径:离子通道受体也称促离子型受体,受体蛋白本身就是离子通道,通道的开放既涉及离子本身的跨膜转运,又可实现化学信号的跨膜转导。例如,骨骼肌终板膜上 N_2 型 ACh 受体为化学门控通道,当与 ACh 结合后,发生构象变化及通道的开放,不仅引起 Na^+ 和 K^+ 经通道的跨膜流动,而且它们的跨膜流动造成膜的去极化,并以终板电位的形式将信号传给周围肌膜,引发肌膜的兴奋和肌细胞的收缩,从而实现 ACh 的信号跨膜转导。

(3) 酶耦联受体介导的信号转导途径:酶耦联受体具有和 G-蛋白耦联受体完全不同的分子结构和特性,受体分子的胞质侧自身具有酶的活性,或者可直接结合与激活胞质中的酶。较重要的有酪氨酸激酶受体和鸟苷酸环化酶受体两类。①酪氨酸激酶受体本身具有酪氨酸蛋白激酶 (PTK) 活性,当激素与受体结合后,可使位于膜内区段上的 PTK 激活,进而使自身肽链和膜内蛋白底物中的酪氨酸残基磷酸化,经胞内一系列信息传递的级联反应,最终导致细胞核内基因转录过程的改变以及细胞内相应的生物效应。大部分生长因子、胰岛素和一部分肽类激素都是通过该类受体信号转导。②鸟苷酸环化酶受体与配体 (心房钠尿肽) 结合,将激活鸟苷酸环化酶 (GC),GC 使胞质内的 GTP 环化,生成 cGMP, cGMP 结合并激活蛋白激酶 G (PKG),PKG 对底物蛋白磷酸化,从而实现信号转导。

3. 细胞的生物电现象

(1) 静息电位及其产生机制:静息电位是指细胞在未受刺激时存在于细胞膜内、外两侧的电位差。采用细胞内电位记录的方法所记录到的电位是以细胞外为零电位的膜内电位,绝大多数细胞的静息电位是稳定的负电位。例如,骨骼肌细胞和神经细胞的静息电位分别约为 -90mV 和 -70mV 。静息电位产生的机制:①钠泵主动转运造成的细胞膜内、外 Na^+ 和 K^+ 的不均匀分布是形成生物电的基础。②静息状态下细胞膜主要是 K^+ 通道开放, K^+ 受浓度差的驱动向膜外扩散,膜内带负电荷的大分子蛋白质与 K^+ 隔膜相吸,形成膜外为正,膜内为负的跨膜电位差,而 K^+ 扩散形成的外正内负的跨膜电位差又会阻止 K^+ 的进一步外流。当达到平衡状态时,电位差形成的驱动力恰好对抗浓度差的驱动力时,两个作用力大小相等,方向相反, K^+ 电-化学驱动力为零,此时的跨膜电位称为 K^+ 平衡电位。安静状态下的膜只对 K^+ 有通透性,因此静息电位就相当于 K^+ 平衡电位。

(2) 动作电位及其产生机制:在静息电位的基础上,可兴奋细胞膜受到一个适当的刺激,膜电位发生迅速的一过性的波动,这种膜电位的波动称为动作电位。以骨骼肌细胞为例,它由上升支和下降支组成,两者形成尖峰状的电位变化称为锋电位。上升支指膜内电位从静息电位的 -90mV 到 $+30\text{mV}$,其中从 -90mV 上升到 0mV ,称为去极化;从 0mV 到 $+30\text{mV}$ 即膜电位变成了内正外负,称为反极化。动作电位在零以上的电位值称为超射。下降支指膜内电位从 $+30\text{mV}$ 逐渐下降至静息电位水平,称为复极化。锋电位后出现膜电位的低幅、缓慢的波动,称为后电位。

动作电位的产生机制：①上升支的形成：当细胞受到阈刺激时，引起 Na^+ 内流，去极化达阈电位水平时， Na^+ 通道大量开放， Na^+ 迅速内流的再生性循环（正反馈 Na^+ 内流），造成膜的快速去极化，使膜内正电位迅速升高，形成上升支。当 Na^+ 内流的动力（浓度差和电位差）与阻力（电场力）达到平衡时， Na^+ 内流停止，此时存在于膜内外的电位差即是 Na^+ 的平衡电位。动作电位的幅度相当于静息电位的绝对值与超射值之和。动作电位上升支（去极相）主要是 Na^+ 的平衡电位。人工增加细胞外液 Na^+ 浓度，动作电位超射值增大；应用 Na^+ 通道特异性阻断剂河豚毒（TTX）后动作电位不再产生。②下降支的形成：钠通道为快反应通道，激活后很快失活，随后膜上的电压门控 K^+ 通道开放， K^+ 顺梯度快速外流，使膜内电位由正变负，迅速恢复到刺激前的静息电位水平，形成动作电位下降支（复极相）。在复极的晚期，钠-钾泵的运转可导致超极化的正后电位。

4. 骨骼肌细胞的收缩

（1）神经-骨骼肌接头处兴奋的传递过程：运动神经末梢与肌细胞特殊分化的终板膜构成神经-肌接头。当动作电位传到运动神经末梢，接头前膜去极化，电压门控 Ca^{2+} 通道开放， Ca^{2+} 内流，末梢内 Ca^{2+} 浓度升高触发突触小泡的出胞机制，突触小泡与接头前膜融合，将小泡中的 ACh 以量子式方式释放到间隙，ACh 与终板膜上的 N_2 型 ACh 受体结合并使之激活，终板膜主要对 Na^+ 通透性增高， Na^+ 内流，使终板膜去极化产生终板电位。终板电位是局部电位，可通过电紧张活动使邻近肌细胞膜去极化，达阈电位而暴发动作电位，表现为肌细胞的兴奋。

（2）骨骼肌收缩的机制：胞质内 Ca^{2+} 浓度升高促使细肌丝上肌钙蛋白与 Ca^{2+} 结合，使原肌凝蛋白发生构型变化，暴露出细肌丝肌动蛋白与横桥结合活化位点，肌动蛋白与粗肌丝肌球蛋白的横桥头部结合，造成横桥头部构象的改变，通过横桥的摆动，拖动细肌丝向肌小节中间滑行，肌节缩短，肌肉收缩。横桥 ATP 酶分解 ATP，为肌肉收缩做功提供能量；胞质内 Ca^{2+} 浓度升高激活肌质网膜上的钙泵，钙泵将 Ca^{2+} 回收入肌质网，使胞质中钙浓度降低，肌肉舒张。

（3）兴奋-收缩耦联基本过程：将肌细胞膜上的电兴奋与胞内机械性收缩过程联系起来的中介机制，称为兴奋-收缩耦联。其过程是：肌细胞膜动作电位通过横管系统传向肌细胞深处，激活横管膜上的 L 型 Ca^{2+} 通道；L 型 Ca^{2+} 通道变构，激活连接肌浆网膜上的 Ca^{2+} 释放通道，释放 Ca^{2+} 入胞质；胞质内 Ca^{2+} 浓度升高促使细肌丝上肌钙蛋白与 Ca^{2+} 结合，使原肌凝蛋白发生构型变化，暴露出细肌丝肌动蛋白与横桥结合活化位点，肌动蛋白与粗肌丝肌球蛋白的横桥头部结合，引起肌肉收缩。兴奋-收缩耦联因子是 Ca^{2+} 。

第二节 血 液

1. 血细胞的组成、生理特性、功能及其生成的调节

（1）红细胞的生理：红细胞是血液中数量最多的血细胞。我国成年男性红细胞的数量为 $(4.5 \sim 5.5) \times 10^{12}/\text{L}$ ，女性为 $(3.5 \sim 5.0) \times 10^{12}/\text{L}$ 。红细胞具有可塑变形性、悬浮稳定性和渗透脆性。①可塑变形性指正常红细胞在外力作用下发生变形的能力。红细

胞在全身血管中循环运行时,必须经过变形才能通过口径比自身小的毛细血管和血窦孔隙。②悬浮稳定性指红细胞能相对稳定地悬浮于血浆中的特性。其评价指标是红细胞沉降率(血沉),即抗凝条件下以红细胞在第一小时末下沉的距离表示红细胞沉降的速率。如果红细胞的叠连加速,则血沉加快,说明红细胞的悬浮稳定性差。③渗透脆性指红细胞在低渗盐溶液中发生膨胀破裂的特性。红细胞在等渗的0.85%NaCl溶液中可保持其正常形态和大小。

红细胞的主要功能是运输 O_2 和 CO_2 ;红细胞运输 O_2 的功能是靠细胞内的血红蛋白来实现的。此外,红细胞含有多种缓冲对,对血液中的酸、碱物质有一定的缓冲作用。

蛋白质和铁是合成血红蛋白的重要原料,而叶酸和维生素 B_{12} 是红细胞成熟所必需的物质。在维生素 B_{12} 的存在下,叶酸经双氢叶酸还原酶作用,形成四氢叶酸,参与红细胞内DNA合成。由肾脏产生的促红细胞生成素(EPO)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有一定的促进作用,EPO是机体红细胞生成的主要调节物。

(2) 白细胞生理:白细胞可分为中性粒细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞、单核细胞和淋巴细胞。正常成年人血液中白细胞数是 $(4.0\sim 10.0)\times 10^9/L$,其中中性粒细胞占50%~70%,淋巴细胞占20%~40%,单核细胞占3%~8%,嗜酸性粒细胞占0.5%~5%,嗜碱性粒细胞占0%~1%。

中性粒细胞和单核细胞具有吞噬细菌,清除异物、衰老红细胞和抗原-抗体复合物。嗜酸性粒细胞限制嗜碱性粒细胞和肥大细胞在速发型过敏反应中的作用,参与对蠕虫的免疫反应。嗜碱性粒细胞释放的肝素具有抗凝作用,有利于保持血管的通畅,使吞噬细胞能够到达抗原入侵部位而将其破坏;嗜碱性粒细胞颗粒内含有组胺和过敏性慢反应物质可使毛细血管壁通透性增加,局部充血水肿、并可使支气管平滑肌收缩,从而引起荨麻疹、哮喘等过敏反应。淋巴细胞参与免疫应答反应,T细胞与细胞免疫有关,B细胞与体液免疫有关。

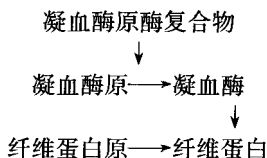
(3) 血小板生理:正常成年人血液中血小板数量为 $(100\sim 300)\times 10^9/L$ 。血小板有助于维持血管壁的完整性,血小板数量明显降低时,毛细血管脆性增高;血小板还可释放血小板源生长因子,促进血管内皮细胞、平滑肌细胞及成纤维细胞的增殖,以修复受损血管;当血管损伤时,血小板可被激活发挥生理止血作用。

血小板的生理性止血作用取决于血小板的生理特性,它包括:①黏附:指血管内皮细胞受损时,血管内皮下暴露胶原,血浆中(von Willebrand)vW因子首先与胶原纤维结合,导致vW因子变构,血小板膜上的GPIb(糖蛋白)通过变构的vW因子介导黏附于内皮下组织;②释放:指血小板受刺激后将储存在致密体、 α -颗粒或溶酶体内的物质排出现象。主要释放的物质有ADP、ATP、血栓素 A_2 、5-羟色胺、内皮素等,后者可进一步促进血小板的活化、聚集、加速止血过程;③聚集:是指血小板与血小板之间的相互粘着形成血小板止血栓的过程;④收缩:血小板收缩的能力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,可使血凝块回缩;⑤吸附:血小板表面可吸附血浆中多种凝血因子。如果血管内皮破损,随着血小板黏附和聚集于破损的局部,可使局部凝血因子浓度升高,有利于血液凝固和生理止血。

2. 生理性止血

(1) 生理性止血的基本过程：主要包括血管收缩、血小板血栓形成和血液凝固三个过程。生理性止血首先表现为受损血管局部及附件的小血管收缩，使局部血流减少。引起血管收缩的原因有三个：①损伤性刺激反射性使血管收缩；②血管壁的损伤引起局部血管肌源性收缩；③黏附于损伤处的血小板释放 5-羟色胺、 TXA_2 等缩血管物质，引起血管收缩。血管局部受损红细胞释放的 ADP 及局部凝血过程中生成的凝血酶，均可使血小板活化而释放内源性 ADP 及 TXA_2 ，促使血小板发生不可逆的聚集，粘着在已黏附固定于内皮下胶原上的血小板上，形成血小板止血栓，将伤口堵塞，达到初步止血。血管受损也启动凝血系统，在局部迅速发生血液凝固，达到永久性止血。

(2) 血液凝固的基本步骤：血液由流动的液体状态变成不能流动的凝胶状态的过程，称为血液凝固。其实质是由凝血因子按一定顺序相继激活而生成的凝血酶，最终使可溶性纤维蛋白原转变成不溶性的纤维蛋白的过程，分为凝血酶原酶复合物的形成、凝血酶原的激活和纤维蛋白的生成三个基本步骤，相互之间的作用如图示。



(3) 生理性抗凝物质：体内的生理性抗凝物质可分为丝氨酸蛋白酶抑制物、蛋白质 C 系统和组织因子途径抑制物三类。丝氨酸蛋白酶抑制物中最重要的是抗凝血酶Ⅲ，它由肝脏和血管内皮细胞产生，通过与凝血酶和凝血因子 FXa 、 FXa 、 FXIa 、 FXIIa 等分子活性中心的丝氨酸残基结合而抑制酶的活性。抗凝血酶Ⅲ与肝素结合后，其抗凝作用可增强 2000 倍。肝素是一种酸性黏多糖，主要有肥大细胞和嗜碱性粒细胞产生，在肺、心、肝、肌肉等组织中含丰富，生理情况下血浆中含量甚微。肝素主要通过增强抗凝血酶Ⅲ的活性间接发挥抗凝作用，还可刺激血管内皮细胞释放 TFPI 而抑制凝血过程。蛋白酶 C 由肝脏产生，其合成需要维生素 K 的参与，合成后以酶原形式存在于血浆中。活化后的蛋白酶 C 可水解灭活凝血因子 Va 和 VIIIa ，抑制因子 Xa 和凝血酶的激活，并促进纤维蛋白的溶解。组织因子途径抑制物 (TFPI) 是一种糖蛋白，主要由血管内皮细胞产生，是外源性凝血途径的特异性抑制剂。

第三节 血液循环

1. 心脏的生物电活动

(1) 心肌工作细胞的动作电位及其形成机制：心肌工作细胞包括心房肌和心室肌细胞。心室肌细胞的动作电位与骨骼肌和神经细胞的明显不同，通常将心室肌细胞动作电位分为 0 期、1 期、2 期、3 期和 4 期五个成分。

1) 去极化过程：心室肌细胞的去极化过程又称动作电位的 0 期。在适宜的外来刺激作用下，心室肌细胞发生兴奋，膜内电位由静息时的 -90mV 迅速上升到 $+30\text{mV}$ 左右，形成动作电位的升支。0 期去极化的持续时间很短，仅 $1\sim 2\text{ms}$ ，去极化的幅度很

大, 约 120mV, 去极化的速度快, 最大速率可达 200~400V/s。心室肌细胞 0 期去极化的离子机制与骨骼肌和神经细胞的类似。在外来刺激作用下, 首先引起部分电压门控式 Na^+ 通道开放和少量 Na^+ 内流, 造成细胞膜部分去极化。当去极化达阈电位水平 (约 -70mV) 时, 膜上 Na^+ 通道大量开放, 出现再生性 Na^+ 顺其电-化学梯度从膜外向膜内快速再生性内流, 使膜进一步去极化, 膜内电位由原来的负电位向正电位转化, 直到接近 Na^+ 平衡电位。

2) 复极化过程: 当心室肌细胞去极化达到顶峰时, 由于 Na^+ 通道的失活关闭, 立即开始复极化。复极化过程比较缓慢, 历时 200~300ms, 包括动作电位的 1、2 和 3 期三个阶段。①复极 1 期: 在复极化初期, 膜内电位由 +30mV 迅速下降到 0mV 左右, 又称为快速复极初期, K^+ 负载的一过性外向 I_0 电流是心室肌细胞 1 期复极化的主要原因。②复极 2 期: 在 1 期复极化膜内达到 0mV 左右后, 复极化的过程非常缓慢, 动作电位比较平坦, 称为平台期。这是心室肌细胞动作电位持续时间较长的主要原因, 也是它区别于神经细胞和骨骼肌细胞动作电位的主要特征。平台期的形成是由于该期间 K^+ 通道 (I_k) 和 L 型 Ca^{2+} 通道被激活, 外向 K^+ 电流和内向 Ca^{2+} 电流同时存在, K^+ 外流倾向于使膜复极化, Ca^{2+} 内流倾向于使膜去极化, 两者所负载的跨膜正电荷量相当, 因此膜电位稳定于 1 期复极所达到的电位水平。③复极 3 期: 在 2 期复极末, 复极的速度加快, 膜内电位 0mV 较快地下降到 -90mV, 完成整个复极过程, 故又称快速复极末期 (膜内电位), 历时 100~150ms。3 期复极是由于 L 型 Ca^{2+} 钙通道失活关闭, 内向离子流终止, 而外向 K^+ 流 (I_k) 进一步增加, 直到复极化完成。

3) 静息期: 又称复极 4 期, 此期膜电位稳定在 -90mV。但因为动作电位期间有 Na^+ 、 Ca^{2+} 进入细胞和 K^+ 流出细胞, 造成细胞内外离子分布的改变, 使钠-钾泵活动增强, 逆电-化学梯度转运 Na^+ 出细胞和 K^+ 入细胞; Ca^{2+} 主要由 Na^+ - Ca^{2+} 交换体主动排出细胞, 少量 Ca^{2+} 被细胞膜上的 Ca^{2+} 泵主动转运出细胞, 以维持细胞膜内外离子分布的稳态。

(2) 心肌自律细胞动作电位及其形成机制: 心肌自律细胞是具有自动发生节律性兴奋特性的细胞, 包括窦房结细胞和浦肯野细胞。

1) 浦肯野细胞动作电位及其形成机制: 浦肯野细胞动作电位分为 0 期、1 期、2 期、3 期和 4 期。除 4 期外, 浦肯野细胞动作电位其他各期的形态和离子基础与心室肌细胞相似。其不同点是 4 期存在缓慢自动去极化 (0.02V/s)。浦肯野细胞 4 期自动去极化形成的离子机制包括一种外向电流 (I_k) 的逐渐减弱和一种主要由 Na^+ 负载的内向电流 (I_f) 的逐渐增强。 I_k 通道在复极至 -60mV 时开始关闭, 至最大复极电位时接近完全关闭。 I_f 通道在复极到 -60mV 时开始激活, 其激活程度随膜内负电性的增大而增加, 至 -100mV 时完全激活开放, 并表现出时间依从性, 即随时间的推移而逐渐增强。在浦肯野细胞 4 期自动去极化发挥主要作用的离子电流是起搏电流 I_f 。 I_f 的产生和发展导致 4 期的自动去极化, 达到阈电位, 便引起新的动作电位。

2) 窦房结细胞动作电位及其形成机制: 与心室肌工作细胞和浦肯野自律细胞比较, 窦房结细胞的跨膜电位具有以下特点: ①最大复极电位 -70mV, 阈电位约 -40mV; ②0 期去极化幅度较小 (约 -70mV), 时程较长 (约 7ms), 去极化的速率较慢 (约 10V/s), 当膜电位由最大复极自动去极化达到阈电位水平时, 激活膜上的 L 型 Ca^{2+} 通

道,引起 Ca^{2+} 内流,导致 0 期去极化;③无明显的复极 1 期和 2 期,只有 3 期,主要是 I_k 通道激活, K^+ 外流,使膜逐渐复极化并达到最大复极电位;④4 期自动去极化速度(约 0.1V/s) 快于浦肯野细胞(约 0.02V/s),主要机制是由于 I_k 通道的时间依从性的关闭所造成的 K^+ 外流的进行性衰减,其次是 I_f 电流和 $\text{I}_{\text{Ca-T}}$ 。窦房结细胞存在 T 型 Ca^{2+} 通道,当 4 期去极化到 -50mV 时,该通道开放,引起少量的 Ca^{2+} 内流 ($\text{I}_{\text{Ca-T}}$),构成 4 期自动去极化后期的一个组成成分。

2. 心脏的泵血功能

(1) 心动周期的概念:心脏一次收缩和舒张构成的一个机械活动周期称为心动周期。如成年人心率为 75 次/分钟,则每个心动周期持续 0.8 秒。

(2) 心脏的泵血过程:以左心室为例说明心脏泵血过程中心室容积、压力及瓣膜的启闭和血流方向的变化。

1) 心室收缩期:分为等容收缩期和射血期。①等容收缩期:心室开始收缩后,室内压迅速升高,超过房内压时,心室内血液推动房室瓣使其关闭,防止血液不会倒流入心房。但室内压尚低于动脉压,动脉瓣仍处于关闭状态,心室暂时成为一个封闭的腔。从房室瓣关闭到主动脉瓣开启的这段时间,心室容积不会发生改变,称为等容收缩期;②射血期:当心室收缩使室内压升高超过主动脉压时,动脉瓣打开,血液由心室射入动脉,进入射血期。在射血的早期,由心室射入主动脉的血量较多,血流速度快,心室的容积明显缩小,这段时期为快速射血期,此期内由于心室肌强烈收缩,室内压继续上升并达到峰值,主动脉压也随之升高。快速射血后由于心室内血液减少及心室肌收缩强度减弱,心室射血速度逐渐减慢,因此射血期的后期称为减慢射血期。在缓慢射血期,心室内压和主动脉压都逐渐下降。

2) 心室舒张期:分为等容舒张期和心室充盈期。①等容舒张期:射血后,心室肌开始舒张,室内压下降,主动脉的血液向心室方向反流,推动动脉瓣关闭。此时室内压仍高于房内压,故房室瓣仍处于关闭状态,心室又暂时成为一个封闭的腔。从动脉瓣关闭直至房室瓣开启的这段时间内,心室舒张,室内压急剧下降,但容积不变,称为等容舒张期。②心室充盈期:心室肌进一步舒张,当室内压低于房内压时,血液冲开房室瓣快速进入心室,心室容积迅速增大,称快速充盈期。以后血液进入心室的速度减慢,称减慢充盈期。在心室舒张的最后 0.1s,下一个心动周期的心房收缩期开始,由于心房的收缩,可使心室的充盈量再增加 10%~30%。

3) 心输出量:心脏的主要功能是泵血。在临床实践和科学研究中,常用心输出量作为评定心脏泵血功能的指标。①每搏输出量:指一次心搏中由一侧心室射出的血液量。正常成年人安静状态下每搏输出量约 70ml。②每分心输出量:指一侧心室每分钟射出的血量,是衡量心脏泵血功能最基本的指标。每分输出量=每搏输出量×心率。成人男性安静状态下约为 4.5~6.0L/分钟,女性的心输出量比同体重男性约低 10%。

3. 心血管活动的调节

(1) 心脏和血管的神经支配及其作用

1) 心脏的神经支配:心脏主要受心交感神经和心迷走神经支配。①心交感神经及其作用:心交感神经兴奋时,节后纤维末梢释放去甲肾上腺素,与心肌细胞膜 β_1 受体