



普通高等教育“十三五”规划教材

动物医学专业

动物生理生化

耿立英 张香斋 李佩国 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

动物生理生化

耿立英 张香斋 李佩国 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是动物医学专业职教师资培养配套教材,以哺乳动物为研究对象,共分16章,包括血液循环、呼吸、消化与吸收、蛋白质、酶、糖代谢、生物氧化、脂类代谢、泌尿、神经、内分泌、能量代谢与体温、生殖与泌乳、核酸化学、核酸及蛋白质的生物合成。每章都附有学习目标、常用术语和概述,有些章节还附有实训内容,以便教师教学使用和学生自学。本书内容力求文字简练、重点突出,并采用大量图、表,以求直观地展示动物生理生化相关原理。

本书可供兽医技术员、兽医护士、动物医学本科专业职教师资的教学使用,也可供其他专业的教师和学生自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理生化/耿立英,张香斋,李佩国主编. —北京:科学出版社,2016
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-03-048948-7

I. ①动… II. ①耿… ②张… ③李… III. ①动物学-生理生化特性-高等学校-教材 IV. ①Q95

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第139024号

责任编辑:丛楠 文茜/责任校对:张怡君

责任印制:徐晓晨/封面设计:黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年1月第二次印刷 印张:14 1/2

字数:335 000

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

教育部动物医学本科专业职教师资培养核心课程 系列教材编写委员会

顾问 汤生玲 房海曹 晔 王同坤 武士勋

主任委员 杨宗泽

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

马增军 付志新 李佩国 沈萍 陈翠珍

赵宝柱 崔勇

委员 (以姓氏笔画为序)

王秋悦 史秋梅 刘朗 刘玉芹 刘谢荣

芮萍 杨彩然 张香斋 张艳英 陈娟

贾杏林 贾青辉 高光平 潘素敏

总策划 汤生玲

《动物生理生化》编委会

主 编：耿立英（河北科技师范学院）

张香斋（河北科技师范学院）

李佩国（河北科技师范学院）

副主编：李蕴玉（河北科技师范学院）

张文香（河北科技师范学院）

邹亚学（河北科技师范学院）

关学敏（河北科技师范学院）

编 委：（以姓氏笔画为序）

刘春英（青岛农业大学）

李玉荣（河北农业大学）

杨 晴（河北科技师范学院）

宋凤香（山东德州市畜牧兽医局）

张富梅（河北北方学院）

范春艳（河北工程大学）

栾新红（沈阳农业大学）

郭洪梅（山东畜牧兽医职业学院）

丛 书 序

为贯彻落实全国教育工作会议精神和《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》提出的完成培训一大批“双师型”教师、聘任（聘用）一大批有实践经验和技能的专兼职教师的工作要求，进一步推动和加强职业院校教师队伍建设，促进职业教育科学发展，教育部、财政部决定于2011~2015年实施职业院校教师素质提高计划，以提升教师专业素质、优化教师队伍结构、完善教师培养培训体系。同时制定了《教育部、财政部关于实施职业院校教师素质提高计划的意见》，把开发100个职教师资本科专业的培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等培养资源作为该计划的主要建设目标。作为传统而现代的动物医学专业被遴选为培养资源建设开发项目。经申报、遴选和组织专家论证，河北科技师范学院承担了动物医学本科专业职教师资培养资源开发项目（项目编号VTNE062）。

河北科技师范学院（原河北农业技术师范学院）于1985年在全国率先开展农业职教师资培养工作，并把兽医（动物医学）专业作为首批开展职业师范教育的专业进行建设，连续举办了30年兽医专业师范类教育，探索出了新型的教学模式，编写了兽医师范教育核心教材，在全国同类教育中起到了引领作用，得到了社会的广泛认可和教育主管部门的肯定。但是职业师范教育在我国起步较晚，一直在摸索中前行。受时代的限制和经验的缺乏等影响，专业教育和师范教育的融合深度还远远不够，专业职教师资培养的效果还不够理想，培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等培养资源的开发还不够系统和完善。开发一套具有国际理念、适合我国国情的动物医学专业职教师资培养资源实乃职教师资培养之当务之急。

在我国，由于历史的原因和社会经济发展的客观因素限制，兽医行业的准入门槛较低，职业分工不够明确，导致了兽医教育的结构单一。随着动物在人类文明中扮演的角色日益重要、兽医职能的不断增加和兽医在人类生存发展过程中的制衡作用的体现，原有的兽医教育体系和管理制度都已不适合现代社会。2008年，我国开始实行新的兽医管理制度，明确提出了执业兽医的准入条件，意味着中等职业学校的兽医毕业生的职业定位应为兽医技术员或兽医护士，而我国尚无这一层次的学历教育。要开办这一层次的学历教育，急需能胜任这一岗位的既有相应专业背景，又有职业教育能力的师资队伍。要培养这样一支队伍，必须要为其专门设计包括教师标准、培养标准、核心教材、配套数字资源和培养质量评价体系在内的完整的教学资源。

我们在开发本套教学资源时，首先进行了充分的政策调研、行业现状调研、中等职业教育兽医专业师资现状调研和职教师资培养现状调研。然后通过出国考察和网络调研学习，借鉴了国际上发达国家兽医分类教育和职教师资培养的先进经验，在我校30年开展兽医师范教育的基础上，在教育部《中等职业学校教师专业标准（试行）》的框架内，

设计出了《中等职业学校动物医学类专业教师标准》，然后在专业教师标准的基础上又开发出了《动物医学本科专业职教师资培养标准》，明确了培养目标、培养条件、培养过程和质量评价标准。根据培养标准中设计的课程，制定了每门课程的教学目标、实现方法和考核标准。在课程体系的框架内设计了一套覆盖兽医技术员和兽医护士层级职业教育的主干教材，并有相应的配套数字资源支撑。

教材开发是整个培养资源开发的重要成果体现，因此本套教材开发时始终贯彻专业教育与职业师范教育深度融合的理念，编写人员的组成既有动物医学职教师资培养单位的人员，又有行业专家，还有中高职学校的教师，有效保证了教材的系统性、实用性、针对性。本套教材的特点有：①系统性。本套教材是一套覆盖了动物医学本科职教师资培养的系列教材，自成完整体系，不是在动物医学本科专业教材的基础上的简单修补，而是为培养兽医技术员和兽医护士层级职教师资而设计的成套教材。②实用性。本套教材的编写内容经过行业问卷调查和专家研讨，逐一进行认真筛选，参照世界动物卫生组织制定的《兽医毕业生首日技能》的要求，根据四年制的学制安排和职教师资培养的基本要求而确定，保证了内容选取的实用性。③针对性。本套教材融入了现代职业教育理念和方法，把职业师范教育和动物医学专业教育有机融合为一体，把职业师范教育贯穿到动物医学专业教育的全过程，把教材教法融入到各门课程的教材编写过程，使学生在学习任何一门主干课程时都时刻再现动物医学职业教育情境。对于兽医临床操作技术、护理技术、医嘱知识等兽医技术员和兽医护士需要掌握的技术及知识进行了重点安排。④前瞻性。为保证教材在今后一个时期内的领先地位，除了对现阶段常用的技术和知识进行重点介绍外，还对今后随着科技进步可能会普及的技术和知识也进行了必要的遴选。⑤配套性。除了注重课程间内容的衔接与互补以外，还考虑到了中职、高职和本科课程的衔接。此外，数字教学资源库的内容与教材相互配套，弥补了纸质版教材在音频、视频和动画等素材处理上的缺憾。⑥国际性。注重引进国际上先进的兽医技术和理念，将“同一个世界同一个健康”、动物福利、终生学习等理念引入教材编写中来，缩小了与发达国家兽医教育的差距，加快了追赶世界兽医教育先进国家的步伐。

本套教材的编写，始终是在教育部教师工作司和职业教育与成人教育司的宏观指导下和项目管理办公室，以及专家指导委员会的直接指导下进行的。农林项目专家组的汤生玲教授既有动物医学专业背景，又是职业教育专家，对本套教材的整体设计给予了宏观而具体的指导。张建荣教授、徐流教授、曹晔教授和卢双盈教授分别从教材与课程、课程与培养标准、培养标准与专业教师标准的统一，职教理论和方法，教材教法等方面给予了具体指导，使本套教材得以顺利完成。河北科技师范学院王同坤校长、主管教学的房海副校长、继续教育学院赵宝柱院长、教务处武士勋处长、动物科技学院吴建华院长在人力调配、教材整体策划、项目成果应用方面给予大力支持和技术指导。在此项目组全体成员向关心指导本项目的专家、领导一并致以衷心的感谢！

本套教材的编写虽然考虑到了编写人员组成的区域性、行业性、层次性，共有近200人参加了教材的编写，但在内容的选取、编写的风格、专业内容与职教理论和方法的结合等方面，很难完全做到南北适用、东西贯通。编写本科专业职教师资培养核

心课程系列教材，既是创举，更是尝试。尽管我们在编写内容和体例设计等方面做了很多努力，但很难完全适合我国不同地域的教学需要。各个职教师资培养单位在使用本教材时，要结合当地、当时的实际需要灵活进行取舍。在使用过程中发现有不妥和错误的地方，请提出批评意见，我们将在教材再版时予以更正和改进，共同推进我国动物医学职业教育向前发展。

动物医学本科专业职教师资培养资源开发项目组

2015 年 12 月

前 言

“动物生理生化”是农业及师范院校中动物医学、动物科学、动物药学、生物学及动物生物技术等专业重要的专业基础理论课程。近年来，国内相继出版了多本动物生理学 and 动物生物化学优秀教材，每本教材都各有特色，体现了主编和作者的风格，为动物医学、动物科学及生物科学人才的培养做出了贡献。本书是动物医学专业职教师资培养配套教材，在借鉴已出版教材的同时，针对我国动物医学本科专业职教师资这一特定培养类型而编写，体现职业教育理念，将动物生理学和动物生物化学进行有机地结合与凝练，内容围绕兽医技术员、兽医护士这一特定层面需要掌握的动物生理生化的基本理论和基础知识而编写，文字力求简练、重点突出，同时配有实训内容，使之成为理实一体教材，更适合职教师资的培养需要。

参加本书编写的成员为来自全国七所高等院校的教师，他们均是在教学、科研第一线工作的骨干，有着丰富的教学经验，且了解本领域的前沿。但动物生理生化领域的知识日新月异，编者深感知识浅薄，加之经验不足，在编写过程中，虽经过多次讨论与修改和审校，仍难免存在疏漏和不足之处。恳切希望广大读者给予批评指正，敬请各位同仁斧正。

编 者

2016年2月

目 录

第一章 血液循环	1
第一节 血液的理化特性和功能	1
一、血液的组成和理化特性	1
二、血细胞及其功能	3
第二节 血液凝固与纤维蛋白溶解	6
一、血液凝固	7
二、抗凝系统和纤维蛋白溶解	8
第三节 心脏的生理活动	9
一、心肌细胞的基本特性	10
二、心脏的泵血功能	12
第四节 血管的生理活动	15
一、血压	15
二、组织液和淋巴液的生成	18
实训一 红细胞特性的测定	20
实训二 心肌特性	22
实训三 脉搏检查、心音听诊及心电图的描记	23
第二章 呼吸	27
第一节 肺通气	27
一、呼吸道和肺泡	28
二、呼吸运动	28
三、肺通气功能的评价	29
第二节 气体的交换	31
一、肺换气	31
二、组织换气	32
第三节 气体在血液中的运输	33
一、氧气的运输	33
二、二氧化碳的运输	34
第四节 呼吸运动的调节	35
一、反射性调节	36
二、化学因素对呼吸的反射性调节	36
实训一 呼吸运动的调节	37
第三章 消化与吸收	39
第一节 消化	39

一、机械性消化	39
二、化学性消化	42
三、微生物的消化	45
第二节 吸收	46
一、营养物质的吸收机制	47
二、小肠内主要营养物质的吸收	47
实训一 消化道平滑肌的生理特性和药物的影响	50
第四章 蛋白质	52
第一节 蛋白质的功能、组成和分类	52
一、蛋白质的生物学功能	52
二、蛋白质的组成和分类	52
第二节 氨基酸	53
一、氨基酸的结构及分类	53
二、氨基酸的主要理化性质	56
第三节 蛋白质的结构	57
一、蛋白质的一级结构	57
二、蛋白质的空间结构	59
第四节 蛋白质结构与功能的关系	61
一、同源蛋白质一级结构的种属差异与生物进化	61
二、一级结构的变异与分子病	62
第五节 蛋白质的理化性质及分子质量测定	63
一、蛋白质的两性解离及等电点	63
二、蛋白质的胶体性质与沉淀	64
三、蛋白质的变性与复性	65
四、蛋白质的颜色反应	65
五、蛋白质的分子质量测定	66
实训一 蛋白质含量的测定——考马斯亮蓝染料结合法	67
实训二 血清蛋白质乙酸纤维素薄膜电泳	68
实训三 IgG 的提取与鉴定——饱和硫酸铵法	70
第五章 酶	73
第一节 酶的一般概念	73
一、酶	73
二、酶作为生物催化剂的特性	73
三、酶活性及测定	74
第二节 酶的化学结构	74
一、酶的化学本质	74
二、酶的分类	75
三、维生素与辅酶、辅基的关系	75
第三节 酶的结构与功能的关系	76
一、酶的活性中心	76

二、酶原及其激活	77
三、同工酶	77
第四节 酶的作用机制	78
一、酶与底物分子的结合	78
二、与酶的高效催化有关的因素	78
第五节 酶促反应动力学	79
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	80
二、pH 对酶促反应速度的影响	81
三、温度对酶促反应速度的影响	82
四、酶浓度对酶促反应速度的影响	82
五、激活剂对酶促反应速度的影响	82
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	83
实训一 唾液淀粉酶活性的观察	85
实训二 碱性磷酸酶的提取与鉴定	88
实训三 碱性磷酸酶比活性的测定	90
第六章 糖代谢	93
第一节 糖的概述	93
一、新陈代谢概述	93
二、糖的生理功能	93
第二节 糖的分解	94
一、糖酵解	95
二、糖的有氧氧化	98
三、磷酸戊糖途径	103
第三节 糖异生	106
一、生化历程	106
二、糖异生的重要意义	107
实训一 血糖含量测定 Folin- 吴氏法测定血糖	107
第七章 生物氧化	109
第一节 生物氧化概述	109
一、概述	109
二、生物氧化中的能量问题	109
第二节 呼吸链	111
一、电子传递链	111
二、氧化磷酸化作用	113
第八章 脂类代谢	116
第一节 脂类概述	116
一、脂类化合物的种类	116
二、脂类的分布和生理功能	117
第二节 脂肪的分解代谢	117

一、脂肪的动员	117
二、甘油的代谢	118
三、脂肪酸的氧化分解	118
第三节 脂肪的合成代谢	122
一、3-磷酸甘油的来源	122
二、脂肪酸的生物合成	123
三、三酰甘油的生物合成	126

第九章 泌尿 128

第一节 尿的生成	128
一、肾脏的基本结构和血流特点	128
二、尿液的生成过程	129
第二节 尿的浓缩与稀释	133
一、逆流交换和逆流倍增	133
二、肾髓质高渗梯度的形成	133
三、肾髓质渗透梯度的维持	134
四、尿浓缩与稀释的过程	134
第三节 尿生成的调节	135
一、影响肾小球滤过的因素	136
二、影响肾小管和集合管物质转运的因素	136
实训一 尿的分泌	137

第十章 神经 139

第一节 神经元与突触	139
一、神经元与神经纤维	139
二、突触传递	140
第二节 神经系统的感觉分析机能	145
一、脊髓的感觉传导与分析功能	146
二、丘脑感觉投射系统	146
三、大脑皮层的感觉分析功能	147
第三节 神经系统对躯体运动的调节	148
一、骨骼肌的收缩机制	148
二、脊髓对躯体运动的调节	149
三、低位脑干肌紧张的调节	151
四、小脑与基底神经节对躯体运动的调节	152
五、大脑皮层对躯体运动的调节	152
第四节 神经系统对内脏活动的调节	153
一、脊髓对内脏活动的调节	153
二、低位脑干对内脏活动的调节	153
三、下丘脑对内脏活动的调节	153
四、大脑皮层对内脏活动的调节	154
实训一 反射弧的分析	154

实训二 脊髓反射	155
第十一章 内分泌	157
第一节 下丘脑	157
一、下丘脑促垂体区分泌的激素（因子）种类及作用	157
二、释放激素分泌的调节	158
第二节 脑垂体	158
一、神经垂体	159
二、腺垂体	159
第三节 甲状腺与甲状旁腺	161
一、甲状腺	161
二、甲状腺 C 细胞	163
三、甲状旁腺	164
第四节 肾上腺	164
一、肾上腺皮质激素	165
二、肾上腺髓质激素	167
第五节 胰岛	168
一、胰岛素及其作用	168
二、胰高血糖素的生理作用	169
三、胰岛功能的调节	169
第六节 其他内分泌腺	169
一、松果体	170
二、胸腺	170
三、前列腺	170
实训一 胰岛素、肾上腺素对血糖的影响	171
第十二章 能量代谢与体温	172
第一节 能量代谢	172
一、动物体能量的来源与消耗	172
二、能量代谢的测定方法	172
三、呼吸商	173
四、影响能量代谢的因素	173
五、基础代谢	174
第二节 体温	174
一、体温的生理波动	174
二、体热平衡	174
三、体温调节	176
四、恒温动物对环境的适应	176
第十三章 生殖与泌乳	178
第一节 雄性生殖生理	178
一、睾丸的功能	178

二、附睾的功能·····	180
三、副性腺的功能·····	180
四、精液·····	180
第二节 雌性动物的生殖生理·····	180
一、卵巢的功能·····	181
二、附性器官的功能·····	182
三、发情周期·····	183
四、受精·····	184
五、妊娠·····	184
六、分娩·····	185
第三节 泌乳·····	185
一、乳腺的发育及其调节·····	186
二、乳的分泌及其调节·····	186
第十四章 核酸化学·····	190
第一节 核酸概述·····	190
一、核酸的种类、分布与化学组成·····	190
二、核酸的分子结构·····	192
第二节 核酸的理化性质·····	197
一、核酸的一般性质·····	197
二、核酸的其他性质·····	197
实训一 琼脂糖凝胶电泳分离 DNA·····	199
第十五章 核酸的生物合成·····	201
第一节 DNA 的生物合成——复制·····	201
一、DNA 的复制过程·····	201
二、DNA 的损伤修复·····	205
第二节 RNA 的生物合成——转录·····	206
一、RNA 的生物合成过程·····	207
二、RNA 转录后的加工·····	208
第十六章 蛋白质的生物合成·····	210
第一节 遗传密码·····	210
一、遗传密码表·····	210
二、遗传密码的基本特性·····	211
第二节 蛋白质的生物合成过程·····	211
一、蛋白质合成的分子基础·····	211
二、翻译的过程·····	213
三、蛋白质翻译后的加工修饰及运输·····	215
主要参考文献·····	217

第一节 血液的理化特性和功能

【学习目标】

了解血细胞的形态、数量、生成与破坏；理解和掌握血细胞的特性与功能。

【常用术语】

血浆 (plasma) 与血清 (serum), 血细胞比容 (hematocrit, Hct), 红细胞压积 (packed cell volume, PCV), 血红蛋白 (hemoglobin, Hb), 红细胞沉降率 (erythrocyte sedimentation rate, ESR), 渗透脆性 (osmotic fragility) 与溶血 (hemolysis)。

【概述】

血液是动物机体的重要组成部分, 循环流动于心血管系统中, 主要实现营养物质运输、信息传递、免疫保护、酸碱平衡调节等机能。血量与血液成分的相对恒定是生命活动正常进行的基本条件, 体内各器官组织的变化, 也往往反映到血液中, 因此, 了解血液生理具有重要意义。

血量是指动物循环系统内所含血液的总量。在较高等动物, 由于血液处于闭锁的心血管系统中, 血量的变化及其调节对全身各部分的功能影响极大。动物静息时, 全身大部分血量在心血管系统中不停流动, 这部分血量称为循环血量。另有小部分血量滞留在肝、脾、肺、腹腔静脉、皮下静脉丛等处, 流动缓慢, 称为储备血量。

各种脊椎动物的血量因体型大小而异, 但就其血量与自身体重之比来看, 差别并不明显。成年畜禽的血量是体重的 5%~9%, 即每千克体重有 50~90ml 血液, 幼年时血量常可达到体重的 10% 以上。各种原因引起的血管破裂都可导致出血, 如果失血量较少, 不超过总血量的 10%, 则通过身体的自我调节, 可以很快恢复; 如果失血量较大, 达总血量的 20% 时, 则出现脉搏加快、血压下降等症状; 如果在短时间内丧失的血液达全身血液的 30% 或更多, 就可能危及生命。

一、血液的组成和理化特性

(一) 血液的组成

正常血液是红色黏稠的液体, 由液体部分的血浆和悬浮于血浆里的有形成分即血细胞组成 (图 1-1)。

把加有抗凝剂的血液置于离心管中离心沉淀后, 血液明显分为三层, 上层淡黄色或无色的液体为血浆, 底层暗红色沉淀物为红细胞, 红细胞层表面的灰白色薄层为白细胞和血小板。将 100ml 抗凝血置于比容管中, 经 3000r/min 的转速离心 30min, 压紧的血细胞在全血中所占的容积百分比称为血细胞比容。在血细胞中, 由于白细胞和血小板所占容积微小, 可忽略不计, 通常把血细胞比容称为红细胞比容, 或称为红细胞压积。当血浆量或红细胞数量发生改变时, 都可使红细胞压积发生改变。临床上通过测定红细胞比



图 1-1 血液的组成 (柳巨雄和杨焕民, 2010)

容有助于诊断疾病, 如机体脱水、贫血和红细胞增多症等。健康动物的血细胞比容值见表 1-1。离体血液如不予以抗凝处理, 很快就会凝成血块, 随血块逐渐紧缩所析出的淡黄色清亮液体, 即为血清。

表 1-1 畜禽血细胞比容 (%)

动物种类	血细胞比容	动物种类	血细胞比容
马	35 (24~44)	猫	37 (24~45)
牛	35 (24~46)	兔	41.5 (33~50)
绵羊	38 (24~50)	鼠	46 (39~53)
山羊	28 (19~38)	鸡	30.6 (24~43.3)
猪	42 (32~50)	鸭	14.8 (9~21)
犬	45 (37~55)		

(二) 血液的理化特性

1. 血液的颜色、气味 血液为不透明的红色液体, 其颜色与红细胞内血红蛋白的含氧量有关。在体循环中, 动脉血含氧量高, 血液呈鲜红色, 而静脉血中含氧量较低, 血液呈暗红色。当机体缺氧时, 常可使血液的颜色变暗, 使皮肤和黏膜呈现“发绀”的表现。

血液中因含有氯化钠和挥发性脂肪酸等物质而稍带咸味和血腥味。

2. 密度 动物全血的相对密度一般为 1.050~1.060, 其中红细胞的相对密度最大, 白细胞次之, 血浆最小。全血密度的大小取决于所含血细胞的数量和血浆蛋白的浓度。

3. 黏滞性 液体流动时, 由于内部分子之间相互摩擦而产生阻力, 导致流动缓慢和黏着的特性, 称为黏滞性。全血的黏滞性主要取决于所含红细胞数目的多少和血浆蛋白的浓度。红细胞数目越多, 血浆蛋白浓度越高, 血液黏滞性就越大。通常是在体外测定血液或血浆与水相比的相对黏滞性, 血液的相对黏滞性为 4~5, 血浆为 1.5~2.5。

4. 血浆渗透压 哺乳动物血浆渗透压约为 771.0kPa, 由血浆晶体渗透压和胶体渗透压两部分构成。其中血浆晶体渗透压约占血浆总渗透压的 99.5%, 即约为 767.5kPa, 主要是由溶解于其中的晶体物质 (主要是电解质) 形成。因为晶体物质中绝大部分不易透过细胞膜, 所以晶体渗透压对于保持细胞内外的水平衡极为重要。例如, 当血浆晶体渗透压升高或降低时, 则引起红细胞中水分渗出增多或渗入红细胞内水分增多, 导致红细