



普通高等教育“十二五”规划教材
能力培养型生物学基础课系列实验教材

人体解剖生理学实验教程

（第三版）

HUMAN ANATOMY
AND PHYSIOLOGY EXPERIMENT

艾洪滨 主编



科学出版社

能力培养型生物学基础课系列实验教材

人体解剖生理学实验教程

(第三版)

艾洪滨 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在第二版使用5年的基础上修订而成。全书共分5部分。第一部分介绍人体解剖生理学实验一般知识。第二部分为基础性实验41个,包括基本组织、生物电、骨骼肌收缩、运动系统、神经系统、感觉器官、内分泌系统、血液、循环系统、呼吸系统、消化系统、泌尿生殖系统等的基本实验。第三部分为综合性实验11个,主要培养学生综合分析问题和解决问题的能力。第四部分为研究性实验13个,主要让学生根据“问题的提出”和“方法提示”去创造性地设计实验,在这个过程中培养学生的创新能力。第五部分为附录。

本书与艾洪滨主编《人体解剖生理学》一书相配套。主要供师范院校生物科学专业人体解剖生理学实验课使用,也可供综合性大学、医学院校、农学院、体育学院及其他高校公共选修实验课使用。

图书在版编目(CIP)数据

人体解剖生理学实验教程/艾洪滨主编.—3版.
—北京:科学出版社,2014.11
能力培育型生物学基础课系列实验教材
ISBN 978-7-03-042209-5

I. ①人… II. ①艾… III. ①人体解剖学—人体生理学—实验—高等学校—教材 IV. ①R324-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第243287号

责任编辑:陈露
责任印制:谭宏宇/封面设计:殷靓

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

南京展望文化发展有限公司排版

北京华正印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年11月第 三 版 开本:787×1092 1/16

2014年11月第十五次印刷 印张:11

字数:249 000

定价:30.00元

能力培养型生物学基础课系列实验教材 第三版编委会

主任委员：安利国

副主任委员：郭善利 徐来祥 孙虎山 黄 勇

委 员：(按姓氏笔画为序)

王洪凯	朱道玉	刘林德	刘顺湖
刘淑娟	安利国	孙虎山	李师鹏
李荣贵	林光哲	姚志刚	徐来祥
郭善利	黄 勇	曹 慧	焦德杰

《人体解剖生理学实验教程》第三版编写人员

主 编：艾洪滨

副主编：崔希云 闵凡信 孙海基 楚德昌

编 者：(按姓氏笔画为序)

万军利	王汉海	王 玢	王 敏
邓振旭	艾洪滨	付 娟	玄红专
孙洪兆	孙海基	李言秋	吴玉厚
何 峰	辛晓林	闵凡信	张红梅
张彬彬	赵振军	祝建平	徐金会
郭淑华	崔希云	楚德昌	

第三版前言

自2010年1月出版了本书的第二版以来,已使用了5年。在编写第三版之前,我征求了使用本书的部分高校教师的意见,认为第二版的内容基本上适合生物科学专业本科的实验教学要求,不必做过大幅度的改动,但也提出了一些很好的修改意见,主要修改内容如下。

实验报告是对整个实验的归纳与总结,对学好、用好课堂理论知识意义重大,鉴于目前一个普遍的现象是学生实验报告的写作不到位,因此对实验报告的写作指导应该加强。基于此,第三版把第一章绪论中有关“实验报告的写作要求”部分不再以小字形式表示,以突出此部分内容的重要性,目的是加强对学生实验报告写作的指导。

第二部分“基础性实验”,做了如下调整:将第二版“细胞的兴奋性与生物电现象”改为“神经和肌肉生理”,设3个实验,分别是“坐骨神经—腓肠肌标本与坐骨神经标本的制备”、“神经干动作电位的记录及传导速度与不应期的测定”、“骨骼肌的单收缩与强直收缩”,并且将该章放到“运动系统”之后。“运动系统”一章仍设2个实验,分别是“人体骨与骨连结的观察”、“人体骨骼肌形态和分布的观察”。将第二版“实验5骨骼肌的观察及骨骼肌的收缩”中“腓肠肌的单收缩与强直收缩记录”和“躯体运动产生过程的观察—以蟾蜍小腿和足的运动为例”两部分内容分别修改成2个独立的实验,一个修改成“骨骼肌的单收缩与强直收缩”,放在“神经和肌肉生理”中。另一个修改成“观察蟾蜍离体小腿和足的运动”,放在“综合性实验”中,以强化学生对肢体各种动作产生原理的理解,即肢体各种动作的产生都是通过以骨为杠杆、以关节为支点、以骨骼肌的舒缩活动为驱动力来完成的。

上述内容调整后,先做“运动系统”的实验,再做“神经和肌肉生理”的实验,其内容的顺序与其配套的理论课教材(艾洪滨主编《人体解剖生理学》)也就一致起来了。

很明显,由于学时数的限制,本书所列实验不可能全做。之所以比实际教学多设



计了几个实验,主要基于下列考虑:一,有些实验方法可供本科生做毕业论文时参考(例如,欲观察某种因素对红细胞数量、血红蛋白含量、血凝时间、心率、心肌收缩力、动脉血压、胃运动、胃酸分泌等生理指标有何影响,可参考本书介绍的方法进行研究);二,因各学校的教学条件不同,为使用单位选择合适的实验内容,提供选择的余地。

第三部分“综合性实验”,增加了“观察蟾蜍离体小腿和足的运动”实验。

第四部分“研究性实验”,该部分实验主要让学生根据“问题的提出”和“研究方法提示”,利用第二课堂或毕业论文的机会自己去创造性地设计实验,在这个过程中培养学生的创新能力。第三版增加了“不同脊椎动物小肠平滑肌生理特性的比较”,提出这个实验的思路,主要是考虑到生物科学专业学生的特点(学习过脊椎动物学)。

最后的“附录”部分主要介绍动物实验的基本操作技术,人尸体标本的制备、浸制解剖标本的涂色、脑和脊髓厚片染色标本的制作等。

本书充实了编者多年的教学经验和部分科研成果,尤其在实验的基本原理、思考题栏目增添了新的内容,部分实验采用了编者提供的实验结果,这是本书的一大特色。

本书主要供师范院校生物科学专业人体解剖生理学实验课使用,也可供综合性大学、医学院校、农学院校、体育院校及其他高校公共选修实验课使用。

本书第三版编写过程中,鲁东大学万军利,聊城大学吴玉厚,菏泽学院楚德昌,枣庄学院李言秋,山东师大崔希云、王敏、孙海基、何峰、祝建平老师都提出了很好的建议。本书参考了若干文献(目录列于本书最后),我们对提出建议的老师和文献的作者们表示衷心感谢!

科学出版社陈露女士为本书的编辑精心设计、认真负责;山东师范大学生命科学学院生理学研究生张玉玉、曹国红、苗亮、张薇薇、陆长亮、李兆平、徐飞、李春燕、董兴川、王璟等为有关实验数据、实验结果、实验照片的获得,帮助查阅资料、准备实验,付出了辛勤劳动,在此一并致谢!

由于编者水平所限,不妥之处在所难免,诚望使用本教材的师生们给以指正,以便我们今后修改。

艾洪滨

2014年9月于济南,山东师范大学

目 录

第三版前言

第一部分 人体解剖生理学实验一般知识

第一章 绪论	2
第二章 解剖生理学实验常用器械及溶液	9
第一节 常用实验仪器	9
第二节 手术器械	11
第三节 常用生理溶液的成分及配制	15

第二部分 基础性实验

第三章 基本组织	18
实验 1 用显微镜观察四种基本组织	18
第四章 运动系统	22
实验 2 人体骨与骨连结的观察	22
实验 3 人体骨骼肌形态和分布的观察	26
第五章 神经和肌肉生理	29
实验 4 坐骨神经-腓肠肌标本与坐骨神经标本的制备	29
实验 5 神经干动作电位的记录及传导速度与不应期的测定	31
实验 6 骨骼肌的单收缩与强直收缩	33
第六章 神经系统	36
实验 7 脊髓与脊神经的形态结构观察	36
实验 8 反射时的测定、反射弧的分析及搔扒反射的观察	40
实验 9 脑干与脑神经的形态结构观察	42
实验 10 间脑、大脑、小脑的形态结构观察	45
实验 11 小鼠一侧小脑损毁的效应	51
实验 12 大鼠热板-缩爪反应潜伏期的测定	52
第七章 感觉器官	54



实验 13	眼球的形态结构观察	54
实验 14	视力、视野、盲点的测定及瞳孔对光反射	56
实验 15	耳的形态结构观察及声音的传导途径	60
实验 16	家鸽一侧迷路破坏的效应	62
第八章	内分泌系统	64
实验 17	人和动物重要内分泌腺的形态结构观察	64
实验 18	切除蟾蜍脑下垂体对皮肤颜色的影响	65
实验 19	胰岛素对血糖浓度的影响	67
第九章	血液	69
实验 20	红细胞生理特性的测定	69
实验 21	人 ABO 血型、Rh 血型的鉴定	71
实验 22	家兔红细胞计数	73
实验 23	家兔血红蛋白含量的测定	75
实验 24	血液凝固时间的测定	76
第十章	循环系统	78
实验 25	心脏的形态结构观察	78
实验 26	血管的组织结构及其分布	80
实验 27	蟾蜍心肌的期前收缩与代偿间歇	84
实验 28	蟾蜍离体心脏灌流	86
实验 29	蟾蜍肠系膜微循环的观察	91
实验 30	家兔动脉血压的测定及其影响因素的观察	92
实验 31	人心音听诊及动脉血压的测定	97
实验 32	人体心电图的描记	99
第十一章	呼吸系统	103
实验 33	呼吸器官的形态结构观察	103
实验 34	人肺通气功能的测定	105
实验 35	家兔呼吸运动的记录及其影响因素的观察	107
第十二章	消化系统	109
实验 36	消化系统形态结构的观察	109
实验 37	家兔胃肠运动形式的观察	116
实验 38	离体小肠段平滑肌生理特性的观察	117
第十三章	泌尿生殖系统	122
实验 39	泌尿系统的形态结构观察及猪肾脏的解剖	122
实验 40	影响家兔泌尿功能因素的观察	124
实验 41	生殖系统的形态结构观察	126

第三部分 综合性实验

实验 42	观察蟾蜍离体小腿和足的运动	132
-------	---------------------	-----



实验 43	脊髓背根和腹根的功能	133
实验 44	兔大脑皮层运动区的刺激效应及去大脑僵直	134
实验 45	交互抑制	136
实验 46	家兔减压神经放电	138
实验 47	家兔膈神经放电	139
实验 48	家兔迷走神经放电的记录方法及影响因素的观察	141
实验 49	大鼠胃运动的记录方法及影响因素的观察	143
实验 50	家兔胆汁分泌的调节	145
实验 51	大鼠肌间神经丛撕片的制作与观察	147
实验 52	大鼠水迷宫实验	148

第四部分 研究性实验

实验 53	观察葡萄糖、ATP 对骨骼肌收缩性的影响	152
实验 54	设计实验证明神经末梢是通过释放递质发挥对效应器的作用	152
实验 55	观察某一因素对凝血时间的影响	152
实验 56	观察某一因素对红细胞悬浮稳定性的影响	152
实验 57	观察某一因素对心率、心肌收缩力有何影响	153
实验 58	怎样证明心肌的绝对不应期较骨骼肌的绝对不应期长得多	153
实验 59	观察某一因素对动脉血压有何影响,主要影响收缩压还是舒张压	153
实验 60	比较蟾蜍离体心脏灌流的斯氏插管法和八木氏插管法所获得结果的异同,并分析其原因	153
实验 61	观察某一因素对小肠平滑肌的收缩特性有何影响	154
实验 62	比较小肠平滑肌和子宫平滑肌生理特性的异同	154
实验 63	不同脊椎动物小肠平滑肌生理特性的比较	154
实验 64	设计实验证明针刺足三里穴对胃机能的影响及其神经通路的探索	155
实验 65	证明 20%葡萄糖利尿的原理	155

附录	156
附录 1 动物实验的基本操作技术	156
附录 2 人尸体标本的制备	162
附录 3 浸制解剖标本的涂色	164
附录 4 脑和脊髓厚片染色标本的制作	166

主要参考文献	168
--------------	-----

第一部分

人体解剖生理学实验一般知识

第一章 绪 论

一、人体解剖生理学实验课的目的和要求

有关人体解剖生理的知识几乎完全来自解剖学和生理学实验。因此,做好解剖学和生理学实验对于学好人体解剖生理学知识是至关重要的。

1. 目的

实验课的主要目的是使学生掌握解剖学和生理学的基本实验方法,了解生理学实验设计的基本原理,在此基础上提高自己分析问题和解决问题的能力,培养自己实事求是的科学态度、严谨的学风及创新意识。

2. 要求

实验前,学生必须认真预习实验指导,除了了解实验的目的要求、实验的设计原理、操作步骤和注意事项外,还应复习与本实验有关的理论内容,以提高自己做实验的主动性,达到进一步巩固有关理论知识的效果。

爱护仪器和实验动物,注意节约实验材料。不得动用他人或他组的实验用品,公共用品在使用完后应放回原处,以免影响他人使用。

实验结束前请指导教师审查实验结果,如有错误及时补救。未经教师许可,学生不得擅自(中)止实验或离开实验室。

实验结束后,学生应将实验用具整理就绪,放回原处。所用金属手术器械(如手术剪、组织镊、止血钳等)洗净后,用干布擦干,涂上液体石蜡油,以免生锈。实验用品如有破损或缺少,及时报告指导教师。

按指导教师要求妥善处理实验动物,不能将未处死的动物随手丢弃。不得将实验废品丢于水池,以免堵塞下水道。实验结束后,关闭水源、电源,确保实验室安全。

二、实验报告的写作要求

书写实验报告是解剖生理学实验课的基本训练之一,师生都应认真对待,为以后撰写科论文打下良好的基础。现将其基本格式和写作要求介绍如下:

解剖学实验报告写作要求

一、实验题目

解剖观察对象 时间: 地点: 天气: 室温:

二、实验目的

三、人员及分工

主刀: 助手: 记录者: 辅助人员:

四、器材及材料

五、解剖观察步骤及结果



1. 整体观察:包括观察对象的形状、颜色、完整程度、重量、标本的新鲜程度,观察对象表面的诸结构及其比邻关系。

2. 解剖观察器官的内部结构。描述的内容包括在什么部位、做何切口、在什么方位可见什么结构(形状、大小、颜色)及其比邻关系。

六、小结

器官的位置、形态和结构。

解剖学实验报告写作范文

一、实验题目

猪肾的形态结构观察 时间:2007-12-8 室温:20℃

二、实验目的

通过对新鲜猪肾的解剖及对肾脏组织切片的显微镜观察,掌握肾脏的形态结构特点。

三、人员及分工

主刀:曾** 助手:刘** 记录:孙**

四、器材及材料

手术刀(1把),组织镊子(2把),解剖盘(1个),光学显微镜(1架),肾脏的组织切片2张(HE染色),从集市上购买的新鲜猪肾。

五、解剖观察步骤及结果

整体观察:猪肾,新鲜、完整。肾的表面包有一层完整的易剥离的膜,称为肾的纤维膜。肾的实质呈红褐色。肾的前后略扁,呈长蚕豆形,其外侧缘钝圆,内侧缘中部凹陷为肾门。肾门处可以看到出入肾脏的管道,这些管道被脂肪组织和疏松结缔组织包裹形成肾蒂。肾蒂的结构中由上至下依次为肾动脉(简称为肾A)、肾静脉(简称为肾V)、输尿管,由前到后依次为肾V、肾A、输尿管,其中肾A的断端管壁呈圆形;肾V的管壁最薄,断面常塌陷;输尿管的管壁较厚,且管腔内表面淡黄色;依据输尿管位于肾的后下方的位置,可知该猪肾是右肾。

1. 解剖过程:

(1)主刀人和助手各用一镊子提起输尿管,并固定肾的位置。

(2)将手术刀伸进输尿管,纵向剖开输尿管,沿输尿管、肾盂,用手术刀向肾的上下两端沿额状位从中间将肾切为前后两半。

2. 剖面观察肾脏的结构:在额状切面上,可看到肾实质以肾锥体底部连线分为外部的皮质和内部的髓质两部分。在皮质中可以观察到呈放射状排列的髓放线和髓放线之间猩红色点状的肾小体。肾髓质由十几个肾锥体和肾锥体之间的肾柱组成。肾锥体呈圆锥形,尖端钝圆伸向肾窦(肾内肾实质围成的空间),称为肾乳头。肾乳头突入漏斗状的肾小盏,3~4个肾小盏汇成肾大盏,最后汇合成肾盂。肾盂向下移行为输尿管。肾动脉在肾盂、肾大盏、肾小盏周围分成叶动脉,在肾皮质与肾髓质间分成弓状动脉,由弓状动脉向肾皮质发出小叶间动脉。由小叶间动脉发出入球小动脉。静脉与其同名动脉伴行分布。

3. 组织结构观察:取肾的组织切片,置于低倍显微镜下,可见肾皮质内主要由肾小体、肾小管和髓放线内的集合管组成。肾小体是由单层扁平上皮形成的肾小囊和肾小囊包被的毛细血管球组成。肾小囊可分为与血管连接的血管极和与肾小管连接的尿极。在肾小囊的血管极,入球小动脉和出球小动脉之间可见成团的球旁细胞和高柱状的致密斑



构成球旁复合体。单层立方上皮构成肾小管的近曲(立方上皮细胞的游离面有明显的微绒毛形成的刷状缘)和远曲小管。髓祥的细段是由单层扁平上皮构成。集合管由单层立方上皮构成。肾髓质包括肾锥体和肾柱。肾锥体主要由单层立方上皮形成的集合管和管腔较大的乳头管组成。肾柱主要由肾小体和肾小管组成。

根据观察绘制肾冠状切面图及组织切片图(略)。

六、小结

1. 肾脏的结构与泌尿的关系:以肾的额状切面图显示肾脏的结构。

皮质或肾柱内的肾小囊腔中的尿液,经肾小管进入髓放线内的集合管,经集合管汇入肾锥体内的乳头管,经肾乳头注入肾小盏,然后进入肾大盏、肾盂,最后经输尿管进入膀胱。

2. 猪肾与人肾形态结构的比较

(1) 从外观上看,猪的肾脏较人的长而扁。从切面看,猪肾脏的肾皮质较薄,且猪肾的肾大盏较人的宽大。

(2) 从外形和内部结构方面比较,除上述差异外,猪肾的其他结构与人的肾脏相同。

(崔希云)

生理学实验报告写作要求

一、实验题目

二、目的要求

三、实验原理

这三项虽然实验指导上都有,但再简练地书写一遍,促使自己考虑做完实验后是否达到了本次实验所应达到的目的要求。进一步熟悉本次实验的原理,对于巩固所学的理论知识是很重要的。

四、方法与步骤

如果与实验指导上的基本一致,可以省略,或简要描述。如果有些方法、步骤与实验指导上的不一致(可能由实验指导教师根据自己实验室的条件,或自己的经验而做的某些改进、创新等),要尽量写详细一些,以备日后重复该实验。

五、实验结果

这一部分是实验报告的重点内容,实验过程中所观察或记录的生理指标(如肌肉收缩曲线、某种药物对心缩力的影响曲线等),都应如实、正确地在实验结果中剪贴、记述或说明。如果要求用描记图表示,则需要将原始记录进行合理的剪贴、加工,并在图的下方写明图号、图名、图注及必要的文字说明。不得将记录原封不动地附在实验报告上。如果记录需要用表格形式表示,表号、表名写在表的上方。凡是定量测定的资料,均应以正确的单位和数值准确地写在报告上。

六、分析讨论

分析讨论是根据所学的理论知识,对实验结果进行科学的分析和解释,并判断实验结果是否与理论相符合。如果出现矛盾,应分析其中的原因。讨论是生理学实验报告的重要部分,体现了学生运用所学知识分析问题的能力、文字表达能力,必须独立完成。对有些实验结果进行分析讨论,往往还需要查阅一些教科书之外的参考资料(如有关杂志等)。报告不应盲目抄袭书本,要用自己的语言表达(但应使用专业术语)。提倡学生根据实验



结果提出自己的独立见解与认识,以及需深入探索的问题,也可提出一些改进实验的建议。

生理学实验报告写作范文

一、实验题目

蟾蜍离体心脏灌流 时间:2003-7-21 室温:28℃

二、目的要求

1. 学习两栖类动物离体心脏的灌流方法,掌握斯氏(Straub)插管法,了解八木氏插管法。
2. 证明心肌具有自动节律性收缩的生理特性。
3. 观察 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、肾上腺素(Adrenaline, Ad)、乙酰胆碱(ACh)对心脏活动的影响。
4. 理解内环境各种理化因素的相对恒定对于细胞进行正常生命活动的重要意义。

三、实验原理

心脏离体后,仍能进行有节律地自动收缩、舒张,此为心肌的自动节律性。两栖类动物的心脏没有冠状动脉,心肌细胞直接从心腔中的血液中获得营养物质和氧气,因而可用斯氏插管法或八木氏插管法进行离体心脏灌流。灌流液的成分应同动物内环境的成分基本一致,用于两栖类动物心脏的灌流液为任氏液(Ringer's solution)。若始终有任氏液灌流于心腔,离体心脏可长时间地活动,改变灌流液的成分,则可引起心脏活动的改变。

四、方法与步骤(略)

五、实验结果

1. 用任氏液灌流的蟾蜍离体心脏收缩曲线,实际只是心室的收缩曲线(图1)。由图1可见,每一个波代表一次心室收缩(上升支)和舒张(下降支);心室的收缩非常规律,每一次搏动的幅度恒定。这只蟾蜍的心率为50次/min。

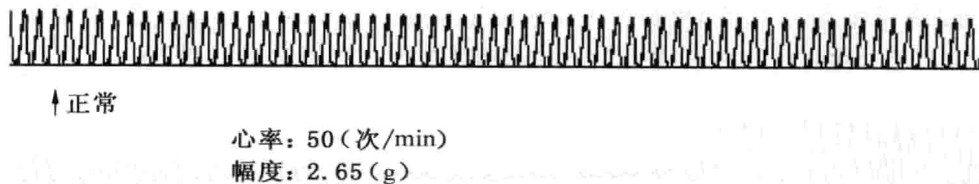


图1 蟾蜍离体心脏收缩曲线

2. 将灌流液更换为0.65% NaCl对心脏收缩活动的影响,心率基本不变,收缩幅度越来越小(图2)。

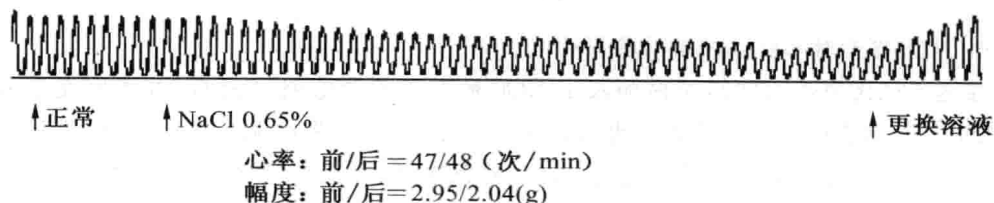


图2 0.65% NaCl对心脏收缩活动的影响



3. 向正常灌流液(任氏液)中加 5% NaCl 对心脏收缩活动的影响, 心率基本不变, 收缩幅度显著减小(图 3)。

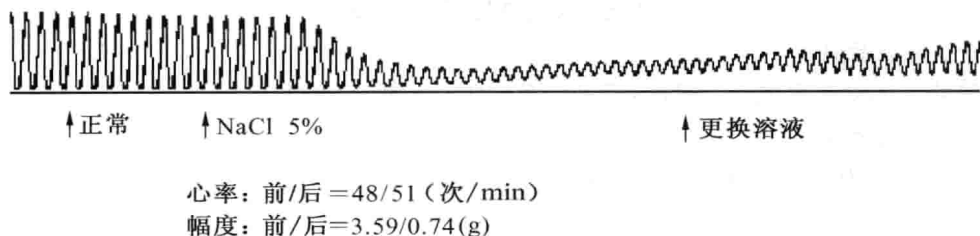


图 3 5% NaCl 对心脏收缩活动的影响

4. Ca^{2+} 对心脏收缩活动的影响

向正常灌流液(任氏液)中加入 2% 的 CaCl_2 溶液 2 滴后, 心搏曲线的基线上移, 但每次搏动的幅度减小, 表明 Ca^{2+} 加强心肌的收缩, 但不利于心肌的舒张(图 4)。如果所加的 Ca^{2+} 增多到一定程度, 心脏搏动可停止在缩短状态, 这种现象称为“钙僵”。

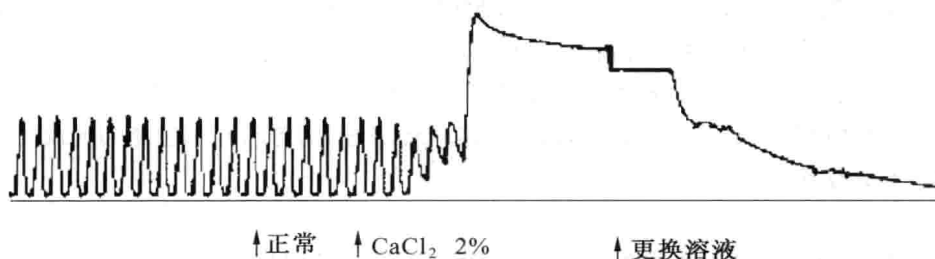


图 4 Ca^{2+} 对心脏收缩活动的影响

5. K^+ 对心脏收缩活动的影响

向正常灌流液(任氏液)中加入 1% 的 KCl 溶液 1 滴后, 心搏幅度减小, 最后成一直线, 而且位于心搏曲线的底部(基线), 表明心脏搏动停止在舒张状态(图 5)。

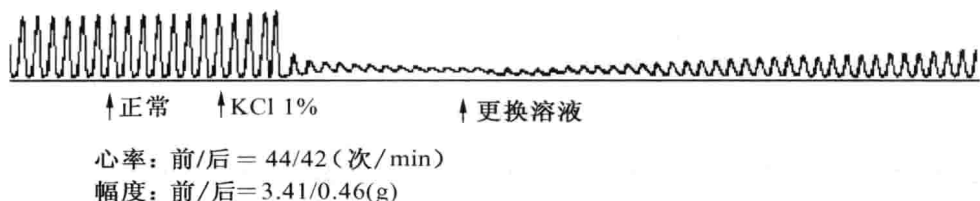


图 5 K^+ 对心脏收缩活动的影响

6. 肾上腺素对心脏收缩活动的影响

在盛有任氏液的心室插管内加入 1/1000 的肾上腺素溶液 2 滴后, 心搏幅度越来越高, 表明肾上腺素增加心肌的收缩力(图 6)。由图 6 可知, 基线没有发生位移, 说明心肌舒张的完全。心搏频率基本没有改变。这一结果表明, 肾上腺素主要增强心肌的收缩力, 对心肌的搏动频率(心率)影响不大(因为本实验用的是斯氏插管法, 灌流液只在心室内, 心率主要决定于静脉窦)。

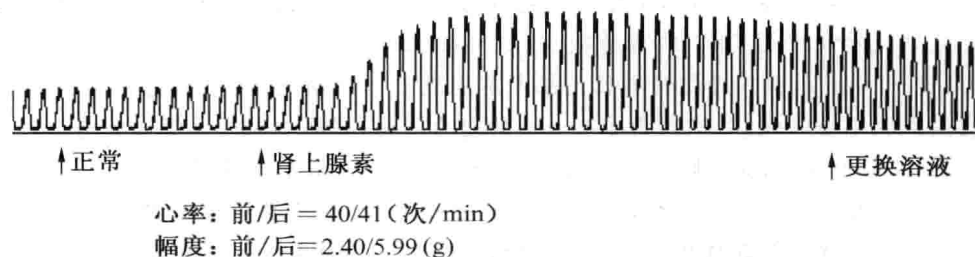


图6 肾上腺素对心脏收缩活动的影响

7. ACh对心脏收缩活动的影响

在盛有任氏液的心室插管内加入1/10 000的ACh溶液2滴后,心搏幅度越来越低,表明收缩力减弱(图7)。波与波之间的距离加大(心舒期延长),表明心率减慢,由51次/min减慢到39次/min。

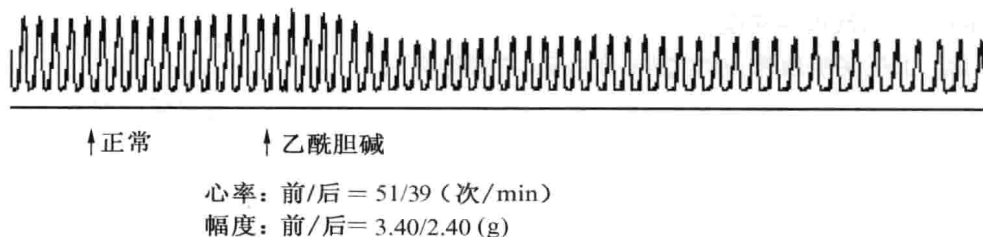


图7 ACh对心脏收缩活动的影响

六、分析讨论

1. 灌流液由正常任氏液更换为0.65%NaCl溶液后,心肌的收缩幅度越来越小,主要是因为灌流液中缺少了 Ca^{2+} 所致。 Ca^{2+} 是心肌收缩所必需的。

2. 向灌流液(任氏液)中加几滴5%NaCl后,收缩幅度明显减小。因为此时细胞外液(灌流液)中的 Na^+ 浓度升高, Na^+ 内流增多,减少了 Ca^{2+} 的内流(Na^+ 的内流与 Ca^{2+} 的内流有相互拮抗的作用),导致心肌的收缩力减弱。

3. 加2% CaCl_2 2滴后,心缩力逐渐增加,舒张不完全,趋向停止在收缩状态。这是由于心肌的终池不如骨骼肌的发达,贮存的 Ca^{2+} 较少,心肌收缩过程中需要的 Ca^{2+} 较大程度地依赖细胞外液提供的 Ca^{2+} 。本实验灌流液中 Ca^{2+} 浓度升高,通过横小管膜上钙离子通道进入肌质的 Ca^{2+} 增多,与肌钙蛋白结合的 Ca^{2+} 就增多,致使收缩加强;而在舒张时,横桥与细肌丝不易解离,因而舒张不完全(可以理解成肌小节处于某种程度的缩短状态),如果灌流液中 Ca^{2+} 浓度再高,就会形成钙僵,就是因为心肌细胞质内的 Ca^{2+} 太多,超过了终池膜上的钙离子泵的转运能力,不能及时清除肌质内的 Ca^{2+} ,致使肌钙蛋白总是有 Ca^{2+} 结合,横桥与细肌丝不能解离,肌小节根本不能舒张,所以处于一种持续的收缩状态,即钙僵。

4. 加1%KCl1滴后,心缩力变弱,趋于停止在舒张状态,如果加的 K^+ 太多,心脏会立即停止在舒张状态。对这一问题的解释,一般认为是由于细胞外液 K^+ 浓度升高,膜内外 K^+ 浓度差减小,导致静息电位的绝对值减小,如由-90mV降到-70mV,在这种情况下,即使产生动作电位,动作电位的幅度也降低,如由120mV降到100mV,当动作电位



沿横管膜传导到二联体结构时,由于动作电位的幅度低,导致终膜池释放 Ca^{2+} 的量减少,或者导致细胞外液中的 Ca^{2+} 内流量减少,这样心肌的收缩力便减弱。如果静息电位太小,如只有 -10 mV ,膜内外这种电位差根本不能激活 Na^{+} 通道,也就不能产生动作电位,心肌自然也就不会收缩,心室内由于有血液的重力作用,因此心肌处于舒张状态。

5. 加入 $1/1000$ 的肾上腺素 2 滴后,心缩力增加,心率基本无改变。这是因为肾上腺素和心肌细胞膜上的 β 受体结合,通过 cAMP 使膜对 K^{+} 通透性降低而对 Ca^{2+} 的通透增高,结果使兴奋-收缩耦联作用加强,导致心缩力增加。蟾蜍离体心脏灌流,本实验用的是斯氏插管法,即灌流液只在心室中进出,因此只影响到心室肌细胞的功能,不影响静脉窦,故而对心率无影响。

6. 加入 $1/10\ 000$ 的 ACh 2 滴后,心缩力变弱,心率减慢。这是因为 ACh 和心肌细胞膜上的胆碱能 M 受体结合,使心肌细胞膜对 K^{+} 通透性增大,而使 Ca^{2+} 内流减少,兴奋-收缩耦联作用减弱,故心缩力减弱。又由于膜对 K^{+} 通透性增大, K^{+} 外流增多,最大复极电位加大,呈超极化状态,到达阈电位的时程延长,兴奋性降低,对静脉窦传来的有些兴奋可能不起反应,故心率变慢。

(注:上述实验结果由祝建平、孙海基、艾洪滨提供。)

(艾洪滨 祝建平)