

生理学实验指导

主 编 田 仁 高平蕊
副主编 林雪霞 胡秀珍
宋丽莉 刘俊英

中国科学技术出版社

图书在版编目((2IP)数据

生理学实验指导／田仁主编·—北京：中国科学技术出版社，2004. 4

ISBN7—5046—3483—8

I. 生… II. 田… III. 生理学—医学院校—教学

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)016306

中国科学技术出版社

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码：100081

*

开本：787 毫米×1092 毫米 1/16 印张：8.25 字数 210 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印数：1—1000 定价：10.00 元

前 言

近年来，随着教学改革的深入，生理学实验课的目的相应拓宽。不单为验证生理学理论，进行三基三严的训练，而且更重要的是培养和提高学生分析问题和解决问题的能力。此外由于实验设备不断更新，对原实验项目进行了改进及调整，鉴于此，经全室同志充分讨论确定自编“生理学实验指导”。

编写项目是根据教学大纲中的生理实验技术及基本技能训练要求，并结合我室历年的实验教学经验及现在所具备的仪器条件而定的。为使学生了解科研的基本过程，开发学生独立思考能力，强化基本功的训练，增了实验设计课。本书所列实验项目适用于我校三年制、五年制高职高专学生使用。因水平有限，会有很多不妥之处，恳请使用者提出宝贵意见。

邢台医学高等专科学校生理教研室

2004年2月18日



第一章	总论	(1)
一、	实验课的目的和要求	(1)
二、	实验指导教师的职责	(1)
三、	实验报告的书写	(1)
四、	常用电生理仪器简介	(2)
五、	常用生理溶液的配制	(4)
六、	常用麻醉药剂量与使用	(5)
第二章	各论	(6)
实验一、	坐骨神经腓肠肌标本制备	(6)
实验二、	刺激与反应	(8)
实验三、	反射弧的分析	(9)
实验四、	神经干的动作电位	(11)
实验五、	神经兴奋传导速度的测定	(14)
实验六、	肌肉的单收缩与强直收缩	(15)
实验七、	荷重、初长与肌肉收缩的关系	(16)
实验八、	红细胞脆性试验	(19)
实验九、	红细胞沉降率测定	(21)
实验十、	血液凝固	(22)
实验十一、	出血与凝血时间的测定	(23)

实验十二、ABO 血型的鉴定·····	(25)
实验十三、蛙心搏动观察与心搏起源分析·····	(26)
实验十四、期前收缩和代偿间歇·····	(29)
实验十五、离体蛙心灌注·····	(30)
实验十六、蛙心电图描记·····	(34)
实验十七、人体心电图的描记·····	(35)
实验十八、人体心音听取·····	(37)
实验十九、人体动脉血压的测量·····	(39)
实验二十、蛙肠系膜微循环观察·····	(41)
实验二十一、哺乳动物血压的调节·····	(43)
实验二十二、肺容量的测定·····	(47)
实验二十三、呼吸运动的调节·····	(49)
实验二十四、胸膜腔负压的观察·····	(52)
实验二十五、消化道平滑肌的生理特性·····	(54)
实验二十六、胃肠道运动的观察·····	(57)
实验二十七、胰液和胆汁的分泌·····	(58)
实验二十八、小白鼠能量代谢的测定·····	(61)
实验二十九、影响尿生成的因素·····	(63)
实验三十、瞳孔对光反射·····	(66)
实验三十一、视力测定·····	(67)
实验三十二、色盲检查·····	(68)
实验三十三、视网膜电图·····	(70)

实验三十四、声波的传导途径·····	(71)
实验三十五、微音器效应·····	(73)
实验三十六、迷路的破坏·····	(74)
实验三十七、脊蛙反射·····	(76)
实验三十八、小脑破坏的观察·····	(78)
实验三十九、兔大脑皮层运动区机能定位·····	(79)
实验四十、去大脑僵直·····	(80)
实验四十一、妊娠试验·····	(81)
附：提问与思考题答案提要·····	(83)

第一章 总 论

一、生理学实验课的目的和要求 目的在于通过实验使学生初步掌握获得生理学知识的基本方法和基本操作技术，培养学生分析问题、解决问题、科学思维的能力和严肃的态度、严格的要求及严密的工作方法，验证和巩固学生所学的某些基本理论。

实验课中应训练学生正确使用基本实验仪器，正规进行操作，并能初步分析和整理实验结果，要求学生严格遵守实验室规则，爱惜实验用品和动物，保持实验室的秩序和整洁；培养学生在科学工作中的积极主动和互助合作精神。

二、实验指导教师的职责 为了使一堂实验课达到预期的目的和要求，除了学生在实验前预习好实验指导、实验中严肃认真地进行操作和仔细地进行观察、实验后认真书写实验报告之外，实验指导教师起着主导作用。具体来说，应做好以下几方面工作：

(一)做好预备实验：为保证实验成功，实验指导教师做好预备实验是很重要的，因为通过预备实验可以检查仪器、试剂的好坏，摸索这一实验在当时条件下可能会出现一些什

么问题，探讨某些正常标准。

(二)做好理论和物资准备：实验指导教师每一堂实验应有教案，重要的内容一定事先书写于黑板上，这样有利教师简明扼要地讲解和学生有条不紊地进行操作。实验用品准备必须充分，某些仪器还应初步调试，以防实验进行中出现这样或那样的问题。

(三)积极指导学生进行实验：每次实验课开始可作简明扼要地讲解，包括本次实验的目的、提问、原理、主要操作及注意事项等，必要时进行示教。教师指导学生进行实验既不能包办代替，也不能撒手不管，主要让学生自己进行操作。发现问题给予指出，让学生自己去解决，解决不了时再给予启发或协助解决。示教实验应给学生讲解主要操作方法和步骤，不能只让学生看到结果了事。实验课结束时应作简短小结，指出本实验成功与失败的原因，主要结果及异常现象的分析等，但结论应留给学生自己下。

(四)认真批改实验报告：无论示教实验或学生自己做的实验，每人每次均应写出实验报告，否则，不能完全达到实验课的目的。实验指导教师对于学生写的实验报告应认真仔细批改，并作为平时考核成绩之一。对于共同性的问题应在下次实验课前给予分析指出。

三、实验报告的写作要求

实验报告的一般格式

班次_____ 学号_____ 姓名_____ 日期_____ 室温_____ 气压_____

实验序号和题目_____

目的要求_____

实验对象_____

方法步骤_____

实验结果_____

讨论分析_____

结论或小结_____

实验报告的书写要求

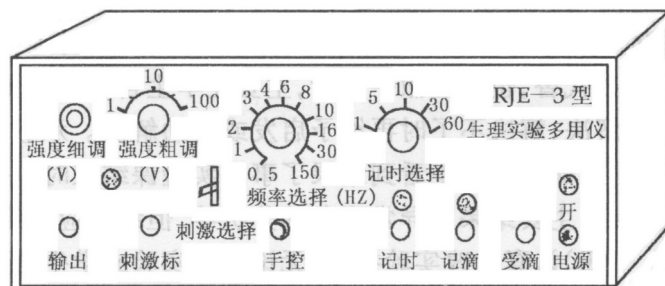
1. 目的要求 用简练、明确的文字阐明本次实验应验证的基本理论和基本技能训练的要求。
2. 实验对象 凡以人体为对象者，应注明姓名、性别、年龄及有关事项；动物实验，应注明动物名称，性别、体重及有关事项。
3. 方法步骤 只需简单提示，不必详细描述。按<实验指导>步骤，此项可略。
4. 实验结果 包括客观地描述实验所见到的现象，记录实验所得到的数据，剪贴或描绘记录曲线。
5. 讨论分析 根据实验结果，运用已知的理论知识进行合乎逻辑的解释。若出现非预期的结果，应分析探讨其可能的原因。
6. 结论或小结 根据实验结果提供的事实依据，通过归纳，推理和判断，对本次实验所验证的理论和训练的基本操作技能作出简明的总结。本实验报告在各项实验下所附讨论题，仅供理论联系实验与复习思考讨论时使用，不要求逐题写在实验报告上。

四、生理学实验常用仪器 生理实验使用的仪器用品较多，这里仅介绍生理实验常用的刺激器、传动装置和记录仪器。

(一)刺激器 观察组织、器官的兴奋性和反应情况，常需施加各种刺激，由于电刺激的强度、变率和持续时间可以精确调控，因此生理实验常用电刺激。

1. 生理实验多用仪，以电子刺激器为主体配以记时器和记滴器。生理实验多用仪型号很多，以国产 RJE—3 型生理实验多用仪(图

(1) 电子刺激器：输出方波脉冲，用作生理实验刺激。可调控电压、波宽、频率，通过相应的



旋钮可随意改变刺激参数。输出插孔处插入刺激电极；指标插孔处插入电磁标用作记录刺激标记。

(2) 记滴器：包括受滴和记滴两个插孔，分别插受滴棒和电磁标，图总—1 RJE—3型生理实验多用仪当体液滴到受滴棒上的两个金属导线使电流接通时，通过电磁标记录体液滴数。

(3) 记时器：用于记录时间。时距可分为 1、5、10、30、60 秒等档次，有“时距”选择旋钮选择适当的时距，通过插入记时插孔的电磁标记录时间。

2. 刺激电极：刺激器输出方波通过刺激电极施加于实验对象。常用的刺激电极有普通电极、保护电极。此外，还有锁定电极，悬挂电极，悬浮式引导电极及单线刺激电极等。

(二) 传动装置 传动装置的作用是将实验对象所发生的活动变化，传送到记录装置，描记或显示各种生理活动变化，以便观察，记录和分析。

1. 杠杆：通过杠杆作用原理，将实验对象的机械活动变化传送到记录装置，描记实验结果。常用的有普通杠杆，通用杠杆等。还有传动肌肉活动的杠杆和刺激电极组合而成的肌动器(肌槽)等。

2. 气鼓：是传动气道压力变化的描记器。

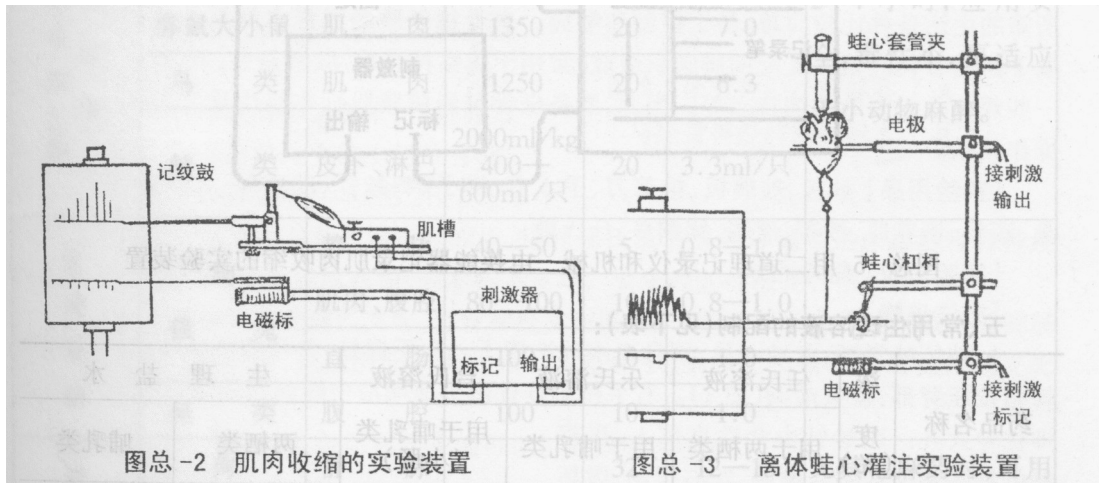
3. 检压计：用于传动液体、气体压力变化的描记。如传动血压变化用的汞检压计，传动胸内压变化用的水检压计。

4. 电磁标：传动记时、记滴和刺激记录标记。

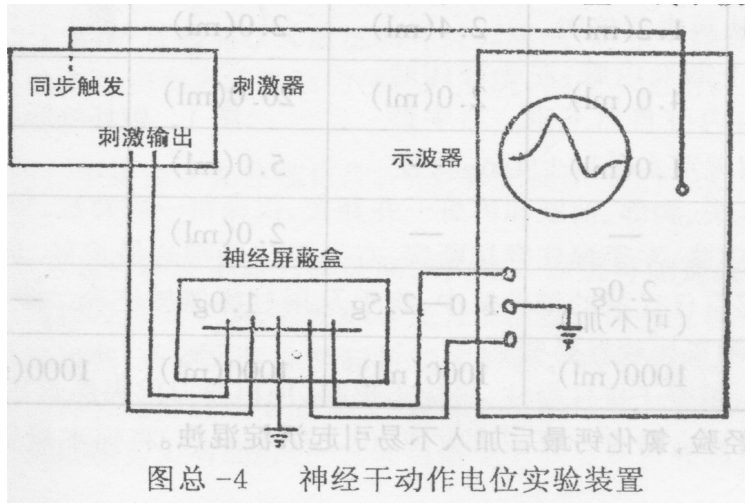
5. 换能器：将实验对象的活动变化转换成电能输入记录装置。换能器有多种，如机械—电换能器(张力换能器)、压力换能器等。

(三) 记录仪器生理 实验常用的记录仪器，有记纹鼓、示波器和记录仪。

1. 记纹鼓：记纹鼓的基本结构包括含动力装置的机座部分和转动的圆鼓部分。按动力的不同，可分为机械动力和电动力两种记纹鼓。此外，还有单记纹鼓和双记纹鼓之分，用于记录伴有机械变化过程的各种生理现象，如骨骼肌与心肌的收缩活动(图总—2、3)、血压波动和呼吸运动等。其转速均可调控。

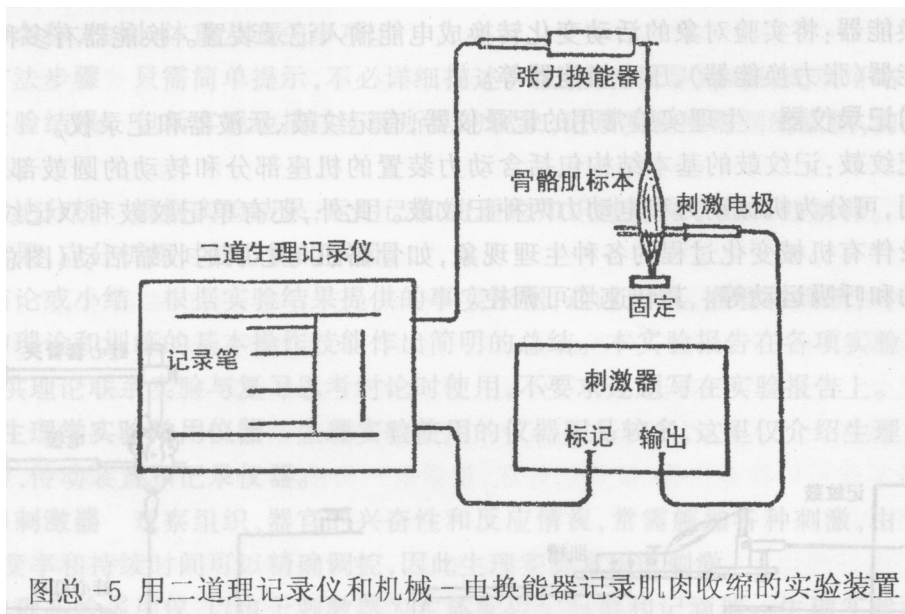


2 示波器：用于观察迅速而微弱的生物电现象，在示波器的荧光屏上显示生物电变化(图总—4)。y 轴表示生物电变化的幅度，x 轴表示生物电变化的时程。并可用摄像装置拍摄生物电变化，以便进行分析。常用的示波器有 SBR—1 型二线示波器等。



图总-4 神经干动作电位实验装置

3. 记录仪：电子记
 录仪可灵敏、精确、同步地记
 录多种生理活动变化，按记录仪结构和描笔的多少分为二道、三道、四道、八道等。例如开封医用
 电子仪器厂生产的二道生理记录仪是适合生理实验的常用记录仪。机体的生物电变化以及血压、
 脉搏、心音、呼吸及肌肉收缩等一些非电生理活动，可通过特定换能器作用转变为电变化后，输
 入记录仪并描记在记录纸上，以便进行分析研究。图总一 5 便是利用二道记录仪和机械—电换能
 器(张力换能器)记录肌肉收缩的实验装置。



图总-5 用二道理记录仪和机械—电换能器记录肌肉收缩的实验装置

五、常用生理溶液的配制(见下表):

药品名称	浓度 (%)	任氏溶液		乐氏溶液	台氏溶液	生理盐水	
		用于两栖类		用于哺乳类	用于哺乳类(小肠)	两栖类	哺乳类
氯化钠 (NaCl)	20	32.5(ml)	45.0(ml)	40.0(ml)	纯 NaCl6.5g	纯 NaCl9.0g	
氯化钾 (KCl)	10	1.4(ml)	4.2(ml)	2.0(ml)			

氯化钙 (CaCl ₂)	10	1. 2(ml)	2. 4(ml)	2. 0(ml)		
碳酸氢钠 (NaHCO ₃)	5	4. 0(ml)	2. 0(ml)	20. 0(ml)		
磷酸二氢钠 (NaH ₂ PO ₄)	1	1. 0(ml)	---	5. 0(ml)		
氯化镁 (MgCl ₂)	5	---	---	2. 0(ml)		
葡萄糖		2. 0g(可不加)	1. 0—2. 5g	1. 0g	---	---
加蒸馏水至		1000(ml)	100G(ml)	1000(ml)	1000(ml)	1000(ml)

根据我们的经验，氯化钙最后加入不易引起沉淀混浊。

六、常用麻醉药剂量与使用(见下表):

麻醉药名	动物	给药途径	给药剂量 ml/kg	常配浓度 %	给药量 ml/kg	维持时间
戊巴比妥钠	狗猫兔	静脉	30	3	1. 0	24小时，中途加1/5量可维持1小时以上，麻醉力强，易抑制，呼吸变慢。
		腹腔、皮下	40—50	3	1. 4—1. 7	
	豚鼠	腹腔	40—50	2	2. 0—2. 5	
	大小鼠	腹腔	45	2	2. 3	
	鸟类	肌肉	50—100	2	2. 5—5. 0	
氨基甲酸乙酯(乌拉坦)	狗	腹腔、静脉	750—1000	25	2. 5—3. 3	2—4小时，应用安全，毒性小，更适应于小动物麻醉。
	猫兔	直肠	1500	30	5. 0	
	豚鼠大小鼠	肌肉	1350	20	7. 0	
	鸟类	肌肉	1250	20	6. 3	
	蛙类	皮下、淋巴	2000ml/kg 400—600ml/只	20	3. 3ml/只	
安密妥钠	狗猫兔	静脉	40—50	5	0. 8—1. 0	4--6小时
		肌肉、腹腔	80—100	10	0. 8—1. 0	
		直肠	100	10	1. 0	
	鼠类	腹腔	100	10	1. 0	
酒精	狗	静脉		32	12—15	无其他麻药时，可用此药代替。
	兔	静脉		30	5. 0	

第二章 各 论

实验一 坐骨神经腓肠肌标本的制备

【目的要求】学习破坏蟾蜍或蛙脑脊髓和制备坐骨神经腓肠肌标本的方法，要求每个同学制备一个完整的坐骨神经腓肠肌标本。

【提问】① 动物实验方法一般可分为几类？② 何谓离体实验、在体实验？

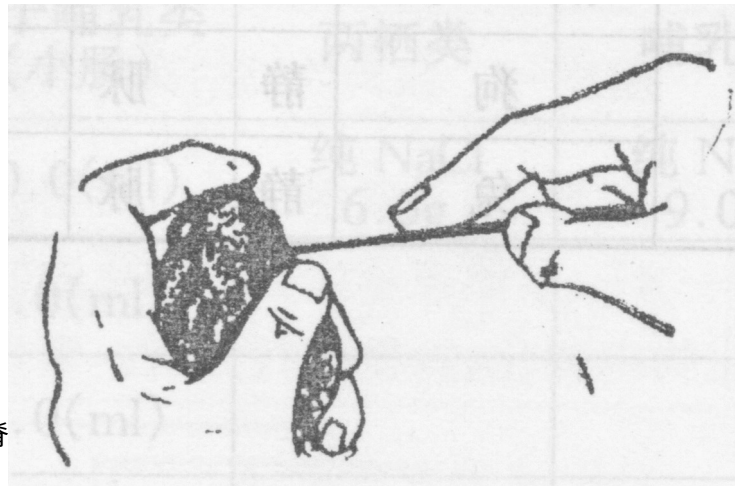
【原理】蟾蜍或蛙的一些基本生命活动和生理功能与温血动物相近似，且其离体组织所需的生活条件比较简单，易于控制和掌握。坐骨神经腓肠肌标本就是从蟾蜍或蛙后肢取下的坐骨神经及其支配的腓肠肌组成，常用于观察神经冲动、兴奋性、兴奋过程、刺激的一些规律及肌肉的收缩特点等。因此，制备坐骨神经腓肠肌标本是生理实验的一项基本操作技术。

【实验用品】蛙板、玻璃板、粗剪刀、手术剪、镊子、刺蛙针、玻璃针、大头针或图钉、瓷盘、滴管、培养皿、纱布、丝线、锌铜弓、任氏液。

【实验对象】蟾蜍或蛙

【方法步骤】

1、破坏脑脊髓：取蛙一只，用自来水冲洗擦干。左手握蛙，并用食指压住其头部前端，拇指按压背部，使头前俯(图 1)。右手持刺蛙针由头前端沿中线向尾端划触，触及凹陷处即枕骨大孔。刺蛙针由此垂直刺入，再将刺蛙针尖端向前刺入颅腔，左右搅动，毁坏脑组织。然后将刺蛙针退出，再由枕骨大孔向后刺入椎管捣毁脊髓。此时如蛙的四肢松软，呼吸消失，表示脑脊髓已完全破坏，否则，应按上法再进行捣毁。

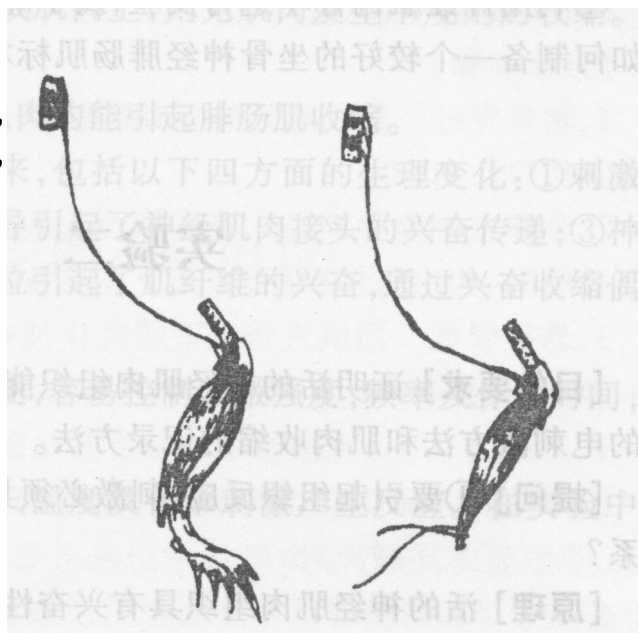


2、剪除躯干上部及内脏：左手握住蛙的脊柱，使蛙头与内脏自然下垂。右手持粗剪刀在蛙髌髌关节水平以上 1cm 处剪断脊柱、髌骨及两后肢。

3、剥除后肢皮肤：左手捏住脊柱断端，右手捏住断端边缘皮肤，向下剥掉全部后肢皮肤，将标本放在盛有任氏液的培养皿中，将手及用过的器械洗净。蟾蜍皮比较难剥，也可在离断躯干前剥皮比较容易些。

4、分离两腿：用镊子挟住脊柱，将标本提起，用粗剪刀剪去髌骨后，沿正中中线将脊柱分为两半，并从耻骨联合中央剪开两侧大腿，使之完全分离，将标本浸于任氏液中。也可先从耻骨联合前面剪开，再沿正中中线小心地由下而上剪开脊柱，这样操作不易剪断坐骨神经。

5、游离坐骨神经：取一腿放于玻璃板上，用玻璃针沿脊柱向下游离坐骨神经，将标本背侧向上放置，在股二头肌与半膜肌之间找出坐骨神经的大腿部分，小心分离，使之完全暴露，并剪去神经干上的所有分支，游离坐骨神经至膝关节处。再将膝关节以上所有肌肉及股骨上端 1/3 剪去，即成坐骨神经小腿标本(图 2A)。



6、分离腓肠肌：用玻璃针或镊子将腓肠肌跟腱分离，并穿线结扎，在结扎处下端剪断跟腱。左手持线提起腓肠肌，用手术剪刀剪去与周围联系的组织，只保留腓

肠肌起始端与骨的联系。

7、游离坐骨神经腓肠肌标本，用粗剪刀将膝关节以下除腓肠肌外全部小腿剪去，留下的即是坐骨神经腓肠肌标本(图 2B)。

(A) (B)

图 2、坐骨神经小腿标本(A)

【观察项目、结果及分析】标本制成后，用任氏液沾湿的锌铜弓刺激坐骨神经，如腓肠肌收缩，表示标本良好。要求经老师检查合格为准。

骨骼肌的收缩活动受神经支配，坐骨神经支配腓肠肌，所以刺激坐骨神经能引起腓肠肌收缩。直接刺激肌肉，也能引起肌肉收缩。在整体中，肌肉的收缩一般是受神经支配的。

【结论】刺激完整的支配肌肉的神经可以引起该肌肉收缩。

【注意事项】

- 1、剪骨骼时只能用粗剪刀，在剥离标本时，不能用金属器械触碰神经干。
- 2、分离肌肉时，注意按肌肉的层次进行，不要乱剪。分离神经时，一定要把周围的结缔组织剥离干净。
- 3、在整个操作过程中，经常滴加任氏液湿润神经和肌肉，防止干燥影响标本活性。
- 4、避免动物的皮肤分泌物和血液等沾污神经和肌肉，但也不能用自来水冲洗，以免影响组织的机能。
- 5、提起标本时，应一手用镊子夹住椎骨片，一手拿住股骨，使神经处于松弛状态。

【异常现象讨论】

- 1、标本制成后，刺激坐骨神经不能引起腓肠肌收缩。原因可能是制作过程中神经干受了过分牵拉、钳夹，污物浸蚀或干燥，致使标本失去了活性。
- 2、剪断脊柱时剪得过低，致使坐骨神经起始端被剪断。这也是同学们在操作过程中多见的异常现象。我们体会在剪除躯干上部及内脏时，可改用剪开腹壁，把内脏往头端翻拉，由腹腔暴露脊柱，再以粗剪刀剪断脊柱，这样可避免剪断坐骨神经起始端。

【思考题】

① 利用神经肌肉标本进行实验，属于那一类实验方法？这类方法的特点和意义如何？② 如何制备一个较好的坐骨神经腓肠肌标本？

实验二 刺激与反应

【目的要求】证明活的神经肌肉组织能接受各种有效刺激产生反应，掌握神经肌肉实验的电刺激方法和肌肉收缩的记录方法。

【提问】① 要引起组织反应，刺激必须具备那些条件？② 刺激阈与组织的兴奋性有何关系？

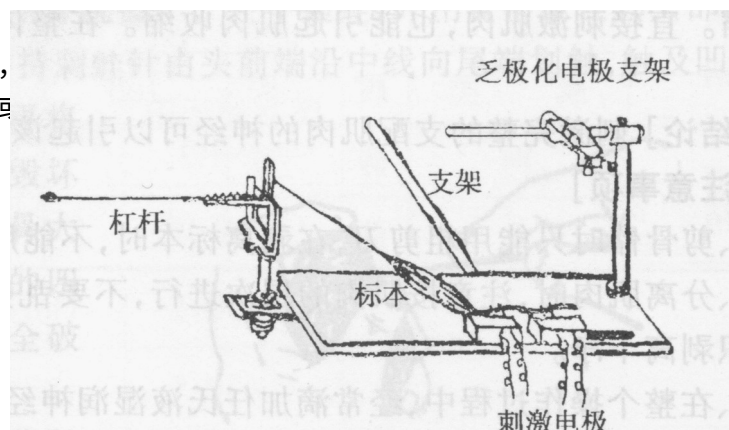
【原理】活的神经肌肉组织具有兴奋性，能接受刺激发生反应，刺激的性质有电的、机械的、温度的、化学的。刺激要引起组织反应，必须具有一定的强度和作用时间。由于电刺激最易控制，对组织的损伤也较少，所以在生理实验中最为常用。

【实验用品】记纹鼓、肌槽、电刺激器或其他电刺激、酒精灯、食盐结晶少许、任氏液、制备坐骨神经腓肠肌标本所用器械。

【实验对象】蟾蜍或蛙

【方法步骤】

- 1、制备坐骨神经腓肠肌标本，
- 2、将记纹纸贴于电动记纹鼓
- 3、将坐骨神经腓肠肌标本安装于肌槽上。安装的方法是首先将股骨固定于肌槽股骨固定孔内，并将固定螺丝拧紧，



然后将腓肠肌一端的线连于肌槽杠杆上，将坐骨神经放于肌槽的电极上(图3)。调节肌槽杠杆上的描笔与记纹鼓呈切线适当接触，使描笔上下移动均能在记纹鼓面描记出曲线。

图3、肌槽(平板式)

【观察项目】

1、脉冲电刺激应用电子刺激器，可调节刺激强度、频率和作用时间。本实验采用单个方波脉冲电刺激，将肌槽电极导线连接于电子刺激器，刺激强度(电压)由弱到强，当达到一定强度时(约0.3—0.6V)，肌肉出现轻微收缩，此时所用的刺激称为阈刺激，这种刺激强度称为阈值。将脉冲电直接刺激肌肉，也可见肌肉发生收缩。

2、机械刺激用镊子尖在靠近标本脊柱处迅速夹一下神经，或直接夹刺肌肉，均可见肌肉发生收缩。

3、温度刺激用加热的金属丝触及神经或肌肉，也可引起肌肉发生收缩。

4、化学刺激用食盐结晶少许，放在神经或肌肉上，则见肌肉发生不规则的收缩。

【结果及分析】

1、电、机械、温度及化学刺激坐骨神经或肌肉均能引起腓肠肌收缩。

2、刺激坐骨神经引起腓肠肌收缩，概括起来，包括以下四方面的生理变化：①刺激引起了坐骨神经的兴奋传导；②坐骨神经兴奋传导引起了神经肌肉接头的兴奋传递；③神经肌肉接头的兴奋传递引起终板电位；④终板电位引起了肌纤维的兴奋，通过兴奋收缩偶联导致了肌肉的收缩。

3、通过本实验可以看出，应用电刺激最方便，容易控制刺激强度，频率及作用时间，且对组织损伤较少，

【结论】活的神经肌肉组织能接受电、机械、温度及化学刺激产生反应。在实验中应用电刺激较好。

【注意事项】

1、由小组分工，二人做标本为主要操作者，一人管记纹鼓，一人管电刺激。

2、当刺激引起肌肉收缩之后，在记纹纸上作好标记，然后将鼓转动5mm，再作下一项观察。

3、每两次刺激之间要让标本休息半分钟，并用任氏液湿润标本。

4、机械、温度及化学刺激时，应从靠近中枢端开始，以后逐次向接近肌肉的神经干上进行。注意比较不同刺激的优缺点。

【异常现象讨论】

1、同样强度的刺激，有时可引起肌肉收缩，有时则不引起肌肉收缩。其原因可能与标本的机能状态有关。

2、使用电子刺激器时，往往发现没有启动刺激开关，即有刺激作用。这时可给电子刺激器另加地线，或将电源插头调换方向。否则，应检查电子刺激器是否有漏电现象。

【思考题】①刺激与反应之间存在什么关系？②刺激坐骨神经为什么能引起腓肠肌收缩？这种收缩属等长收缩，还是等张收缩？为什么？

实验三 反射弧的分析

【目的要求】分析反射弧的组成部分，加深理解反射与反射弧的概念，证明反射弧的完整性与反射活动的关系。

【提问】①什么叫反射？②反射活动的物质基础是什么？

【原理】在中枢神经系统参与下，机体对刺激所产生的规律性反应活动称反射。反射的实现必须有完整的反射弧。由于脊髓是中枢神经系统的低级部位，脊髓反射比较简单，便于观察。所以往

往用脊蛙作为实验对象。

【实验用品】蛙板、刺蛙针、粗剪刀、玻璃针、镊子、铁支架、双凹夹、小烧杯、培养皿、棉线、0.5%与1%硫酸液、滤纸片、药棉等。

【实验对象】蟾蜍或蛙

【方法步骤】

1、制备脊蛙用刺蛙针破坏蛙的脑部，保留脊髓，称为脊蛙。刺蛙针拔出后，以小棉球堵塞伤口止血。

2、分离左侧坐骨神经将蛙俯卧于蛙板上，在左大腿背面作一纵行皮肤切口，用玻璃针分开肌肉，钩出坐骨神经，在其下穿线备用。

3、悬挂脊蛙用肌夹将蛙下颌夹住挂在铁支架上，待蛙四肢松软后再进行实验观察。

【观察项目】

1、用浸湿0.5%硫酸滤纸片贴于右足趾皮肤，观察有无屈腿反射。

2、环绕右大腿切开皮肤，彻底剥去该下肢皮肤，用0.5%硫酸滤纸片贴于该下肢无皮肤区，观察有无屈腿反射。

3、用0.5%硫酸滤纸片贴于左足趾皮肤，观察有无屈腿反射？然后剪断左侧坐骨神经，重复上述操作，观察有无屈腿反射。

4、用1%硫酸滤纸片贴于蛙腹部皮肤，观察蛙有何反射活动？

5、用探针插入脊蛙椎骨，捣毁脊髓，再重复操作4，观察蛙有无反射活动？

【结果及分析】

1、产生右下肢屈腿反射，因为反射弧五个部分完整：刺激皮肤感受器—传入神经—脊髓中枢—传出神经—引起屈肌收缩。

2、无屈腿反射，因皮肤感受器被破坏。

3、先有屈腿反射，因反射弧完整。剪断坐骨神经后，无屈腿反射，因传入与传出神经破坏。

4、右下肢产生屈伸活动，因腹部皮肤感受器完整可以传入，右下肢传出神经与效应器也完整。左下肢无屈伸活动，因其坐骨神经已剪断。

5、捣毁脊髓，破坏了反射中枢，故刺激腹部皮肤，右下肢也无屈伸活动，

【结论】反射弧的任何一部分受损，反射活动即不能出现。

【注意事项】

1、捣毁蛙脑时不能损伤脊髓，以免破坏反射中枢。

2、每次用硫酸刺激，观察结果后，应立即用清水洗净擦干皮肤，以免烧坏感受器。

3、硫酸刺激持续时间只能几秒钟，以免损伤皮肤。

4、用硫酸滤纸片贴于皮肤时，操作要轻，以免产生机械刺激。

【异常现象讨论】

1、硫酸滤纸片贴于无皮肤区，有时产生屈腿反射。其原因可能由于脚趾皮肤未剥干净，或可能肌肉的内部感受器受到了刺激。

2、硫酸滤纸片贴于蛙腹部皮肤，左下肢因坐骨神经被切断，应无屈伸活动，但还有股神经及坐骨神经上段分支，故可产生屈伸活动。仔细观察与右下肢(坐骨神经完整)的活动有所不同。

3、脊蛙制备后，硫酸滤纸片刺激任何部位的皮肤均无屈腿反射。这可能由于脊休克或污物流入椎管对脊髓产生的抑制所致。

【思考题】①反射与反应有何区别？各举例说明之。②反射弧与反射活动的关系如何？

实验四 神经干的动作电位

【目的要求】观察蟾蜍或蛙坐骨神经动作电位的基本波形(包括双相或单向动作电位)初步了解主

要电生理仪器的使用方法。

[提问]① 什么叫生物电现象?② 什么叫静息电位和动作电位?

[原理]根据神经兴奋部位的膜表面对于静止部位来说呈负电性质,当兴奋过后,该处的电位又恢复到静息水平,这种电位变化,可通过阴极射线示波器显示出一定的波形。

[实验用品]SBR-1 型二线示波器、电子刺激器、神经屏蔽标本盒、蛙类解剖器械、小烧杯、培养皿、棉花、丝线、任氏液。

[实验对象]蟾蜍或蛙

[方法步骤]

1、制备腰骶神经丛—坐骨神经—胫腓神经标本,要求全长约 10—12cm。

(1)断脊左手捉住蛙腰,以粗剪一侧尖端,从脊柱中上部横向刺入蛙体,立即剪断脊柱。

(2)去除躯干前部及腹腔内脏用手术剪沿脊柱两侧左、右向下剪开蛙背,游离蛙体前部和大部分腹腔内脏,在耻骨联合处,将腹壁和脏器一并剪去,躯体被分为前后两半,弃去前半和上肢。

(3)剥皮左手捏住蛙体脊柱断端,右手紧捏此断端皮肤,向下剥去蛙皮。

(4)固定和清洗器械将剥皮的蛙体用蛙钉背位固定于蛙板上,然后清洗所有用过的器械。

(5)分离腰骶神经丛—坐骨神经 用眼科剪和玻璃针,小心地清理、分离和暴露腰骶神经丛及其相连的坐骨神经起始部,然后,在左右腰骶神经丛下方各穿一线,尽量在近脊柱上端各作一结扎,在结扎线上部剪断神经丛,提起结扎线,小心地由上至下分离出双侧神经干。

(6)改位固定、剪去尾骨将蛙体翻转,改为腹位固定,然后用镊子提起尾骨尖端,沿尾骨两侧小心向上剪开,分离肌肉等软组织,并横断剪去尾骨,使盆腔内、外相通(注意切勿伤及紧贴在下方的神经干)。

(7)分离下肢神经(两侧同)分左、右进行,以一侧为例,先用玻璃针小心在大腿背侧分离出坐骨神经干,然后在腓窝部稍前方剪开筋膜,剪断半腱肌,再在小腿后部剪断跟腱,提起跟腱,在腓窝部剪去腓肠肌,在腓窝部小心剥开组织,可见白色坐骨神经—胫腓神经。

(8)分离全程神经干 将腰骶神经丛起始端结扎线由腹面穿过去尾骨处转至背面,提起结扎线,从上至下剪断各神经分支直至胫、腓神经末端,并在此穿线结扎,于结扎处剪断神经,即得腰骶神经丛—坐骨神经—胫腓神经干标本,随即浸入任氏液中 15—30 分钟备用。

2、仪器装接、调控与面板显示

(1)装接 见图 4

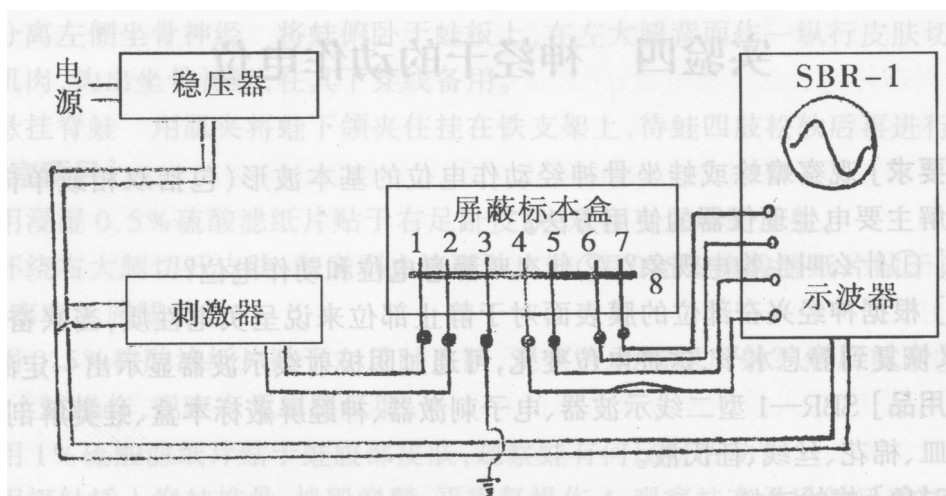


图 4、刺激器,屏蔽标本盒,示波器装接示意图[注:

1、2、3、4、5、6、7、为电极顺序,8为神经干]

(2)调控与面板显不

示波器，通电预热，调节上、下线聚焦，辉度适中，使上、下线粗细和亮度相同，标尺方格清晰可见。灵敏度：0.5—1mv/cm。扫描速度：1ms/cm。移位：X轴移位，控制图形在荧光屏中位，减弱上、下线辉度待用。

刺激器：将刺激器输出端先直接示波器的上线“A”和“地”，开启电源，调节输出强度，频率，测定要求波宽0.1---0.5ms，电压10v以内，频率100，然后拆除对示波器的输入，而将刺激器输出端连至屏蔽标本盒的1、2刺激电极上，应为前正后负。断电待用。

3、标本的装置

(1)用任氏液棉球擦拭标本盒中各电极。

(2)将在任氏液中已浸过的腰骶神经丛—坐骨神经—胫腓神经标本取出后置于电极上，中枢端置于1、2电极上，外周端置于引导电极R1(4, 5)N R2(6, 7)上，电极2与电极4之间设有地线电极。

(3)打开刺激器电源，适当增强原已减弱的示波器辉度，刺激参数采用波宽0.1-0.5mg，频率100，强度从小到大。观察动作电位大小，如波形太小，可适当增加强度。调整波宽，调节示波器触发电平，使之出现一双相动作电位。

【观察项目】

1、观察分析动作电位用不同波宽、强度、频率，刺激神经干，然后获得稳定的动作电位波形。

2、逐步增加刺激强度，使动作电位不再增大为止，观察动作电位，注意以下情况①刺激伪迹到动作电位起始点的时间是多少？②向上的动作电位幅度(mv)和波宽(ms)是多少？③向下的波幅和波宽是多少？

3、将坐骨神经向1、2电极移动，使其末端脱离电极7，使电极7仅接触神经尾端浸有任氏液的丝线，调节下线移位，观察下线波形变化。

【实验结果】正常结果如图5。

【结果分析】

1、神经干受电刺激后，产生一次暂的电位波动(动作电位)，神经动作电是神经兴奋(冲动)产生和传导的客观指

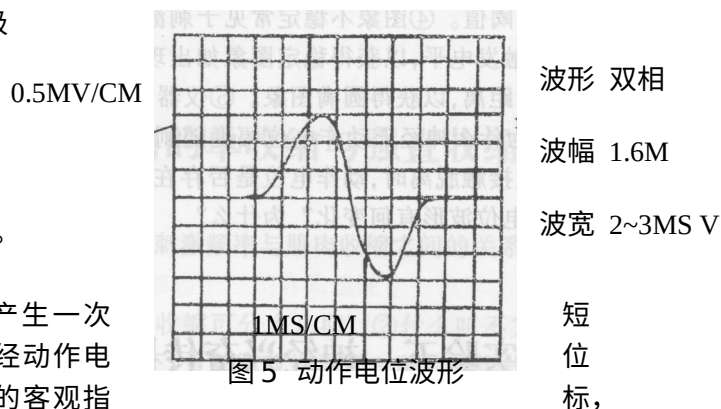
兴奋部位膜的表面对于静止部位来说，呈负电性质，当神经兴奋通过后，该部位电位又恢复到静止时水平。神经兴奋时发生的这种电位变化叫做动作电位。可用以判断神经干有无兴奋性，也可根据引起动作电位所需刺激的大小，来衡量该组织兴奋性的高低。

2、神经处于静息状态时，两电极下无电位差，电位曲线在零电位水平，当神经受刺激而兴奋后，兴奋部位呈负电位随兴奋的传导而扩布，当负电位到达电极4时，而电极仍为正电位，于是产生电位差，形成上升的电位曲线。当负电位推进到电极5时，两极之间的电位又相等，电位曲线波回到零电位水平。当负电位已经通过电极4但电极5仍为负时，于是两电极之间发生第二次电位差，但其方向与第一次相反，故产生下降的电位曲线。当负电位通过电极5时，两电极间电位差又消失，电位曲线又回到零电位。因而出现两次方向相反的电位波动，称双相动作电位。

3、将坐骨神经向1、2电极移动，使其末端脱离电极7时，下线曲线无变化而上线仅出现单相动作电位。因上线引导电极仅保留一个，神经兴奋只在一个电极下引导负电位而出现电位改变。

【注意事项】

1、小心剥制腰骶神经丛—坐骨神经—胫腓神经标本，避免金属碰损和用力牵拉，在除去尾骨和清除组织时，不要过急，勿伤坏下面的双侧神经，神经干分离越长越好。需在任氏液中浸泡最



好 30 分钟。

2、放置神经标本时，神经两端不接触标本盒，不在电极上折迭；

3、刺激神经时，逐步加至适宜强度，免伤标本。

4、刺激电极 1、2 相距应在 0.5cm，一对引导电极相距约 1.4cm 为宜。刺激电极与引导电极之间相距不宜太近，否则，可产生畸形波。

5、细心调节刺激波宽频率和 X 轴扫描速度及触发电平，以便在示波器上获得一个稳定的双相动作电位波形。这是显示稳定图象的关键。

[异常现象讨论]本实验常出现无动作电位图象或图象不稳定，常见原因有：①制备标本时损伤了神经干。②神经标本在任氏液中浸泡时间不够。③刺激强度过大，损坏了神经；过小，未达到阈值。④图象不稳定常见于刺激信号与扫描速度不同步，可调节刺激频率，扫描速度和触发电平，以获得稳定图象如出现动作电位波不典型，可试调刺激电极或引导电极之间的距离，以获得圆满图象。⑤仪器间导线接插部位有接触不良情况。

[思考题]①为什么神经干动作电位幅度随刺激强度增大而增高？②停止电刺激或神经干与引导电极接触脱离时，动作电位是否存在？为什么？③在 4、5 或 6、7 电极之间损伤神经干，动作电位波形有何变化？为什么？

实验五 神经兴奋传导速度的测定

[目的要求]测定蛙坐骨神经的兴奋传导速度。要求了解神经兴奋传导速度的测定方法。

[提问]神经兴奋的传导速度和神经纤维的粗细有何关系？

[原理]兴奋在神经纤维上传导具有一定的速度。固定两根引导电极之间的距离，测定神经干上的动作电位从一点扩布到另一点所需的时间，即可计算出兴奋在神经上的传导速度。

[实验用品]同实验四

[实验对象]蟾蜍或蛙

[方法步骤]

1、按实验四的方法制备神经标本，或使用实验四已制备的标本，神经标本越长越好，在任氏液中已浸泡足够时间。

2、同实验四连接好各种电生理仪器。示波器的灵敏度与扫描速度均如前，引出上、下线双相动作电位，并固定于示波屏上，分辨刺激伪迹与动作电位波形。

3、调节上、下线移位，使上、下线刺激伪迹重叠，根据两个动作电位波形的相应位置(如两上或两下波波峰)的间隔距离和扫描速度，计算出兴奋由电极 5 传至电极 7 所需的时间 t(Sec 为单位)。

4、量出电极 5 至电极 7 之间神经干的长度 S(以 m 为单位)。

根据 $V=s/t$ 计算神经传导速度

[实验结果]电极 5 至 7 之间的距离为 0.55cm.....S。

兴奋由电极 5 传导至 7 的时间为 0.022Sec.....t

$V=0.055m/0.0022S$

$=25m/S$

[结论]神经兴奋传导速度可以测定。

[注意事项]

1、要求神经标本有足够长度，应在 10—12cm 以上。

2、伪迹明显，上、下线伪迹能重叠。

[思考题]收集各组或本组用不同神经干所测得传导速度进行比较有何不同？为什么？

实验六 肌肉的单收缩与强直收缩

【目的要求】观察肌肉收缩形式及刺激频率与肌肉收缩之间的关系，从而了解强直收缩的产生原理及意义。

【提问】① 什么叫单收缩?一个单收缩可分为几期?② 什么叫不完全强直收缩?什么叫完全强直收缩?③ 正常整体情况下，骨骼肌收缩属那一种收缩形式?

【原理】肌肉受到一次刺激后，发生一次收缩反应，叫单收缩。用记纹鼓将单收缩过程记录下来，可得到一次单收缩曲线，依次分为三个时期，即潜伏期，收缩期与舒张期，当给予连续刺激时，若刺激频率较低，每一个新刺激在前一个收缩结束后到来，则引起一连串各自分开的单收缩。如果刺激频率增加，新刺激落在前一个收缩过程中的舒张期，就会出现持续的锯齿状的收缩曲线，称为不完全强直收缩。如果刺激频率再增加，新刺激落在前一个收缩过程中的收缩期，结果出现张力变化和长度缩短完全融合的持续收缩曲线，完全看不到舒张期的形迹，称为完全强直收缩。

【实验用品】记纹鼓、万能支架或铁支架、双凹夹、电子刺激器、肌槽、电磁标、制备坐骨神经腓肠肌标本所用器械药品。

【实验对象】蟾蜍或蛙

【方法步骤】

- 1、制备坐骨神经腓肠肌标本，并将其固定于肌槽内。
- 2、用导线将电子刺激器，电磁标与肌槽电极连接起来(图 6)。

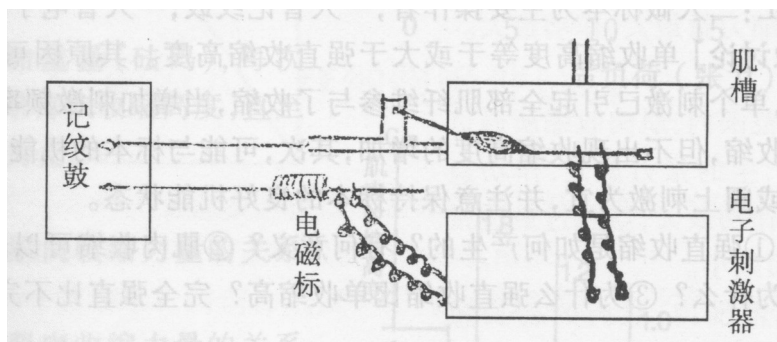


图 6 骨骼肌收缩实验装置示意图

- 3、调节肌槽杠杆呈水平位置，使其末端笔尖与电磁标笔尖在一垂直线上，并接触于记纹纸。
- 4、调节电子刺激器的刺激强度；使单个电刺激的强度能引起肌肉收缩，

【观察项目】

- 1、单收缩：开动快鼓，给予单个电刺激或连续刺激(约每秒一次)，记录出几个单收缩曲线。
- 2、不完全强直收缩：减慢鼓速，增加刺激频率(约每秒四次)，记录出锯齿状的不完全强直收缩曲线。
- 3、完全强直收缩：鼓速同前，逐步增加刺激频率(约每秒八次)，记录出完全强直收缩曲线。

【结果分析】

- 1、给予单个或低频率电刺激，肌肉产生单收缩。因为低频率两个刺激之间的间隔时间大于单收缩时间，即后一个刺激落在前一个收缩过程结束之后，故肌肉产生单收缩。
- 2、增加刺激频率，肌肉产生不完全强直收缩。因为两个刺激之间的间隔时间短于单收缩时间，但大于收缩时间，即后一个刺激落在前一个收缩过程中的舒张期内，故产生不完全强直收缩。
- 3、再增加刺激频率，肌肉产生完全强直收缩。因为两个刺激之间的间隔时间少于收缩期时间，但大于潜伏期时间(实为大于不应期)，即后一个刺激落在前一个收缩过程中的收缩期内，故产生

完全强直收缩。

【结论】肌肉收缩形式依从于刺激频率。在一定范围内，肌肉收缩的高度与刺激频率成正比。肌肉收缩高度：完全强直>不完全强直>单收缩。

【注意事项】

1、肌肉与杠杆的连接松紧要适当，并与记纹鼓呈切面相贴，以使笔尖上下移动都能描绘出曲线。

2、每次刺激后应间隔半分钟，使肌肉得以适当恢复，再进行下一项观察，随时用任氏液湿润神经肌肉标本。

3、描记强直收缩时，刺激时间不宜过长(2—4Sec内)，以免影响标本肌能状态。

4、肌肉杠杆描绘放大率不应太大，否则，到鼓上方画不出曲线。

5、学生分工：二人做标本为主要操作者，一人管记纹鼓；一人管电子刺激器

【异常现象讨论】单收缩高度等于或大于强直收缩高度。其原因可能由于刺激强度已达最大限度，单个刺激已引起全部肌纤维参与了收缩，当增加刺激频率时只能出现不完全或完全强直收缩，但不出现收缩高度的增加，其次，可能与标本的机能状态有关。因此，该实验选择阈或阈上刺激为宜，并注意保持标本的良好机能状态。

【思考题】① 强直收缩是如何产生的?有何意义?② 肌肉收缩可以融合，动作电位是否可以融合?为什么?③ 为什么强直收缩比单收缩高?完全强直比不完全强直收缩高?

实验七 荷重、初长与肌肉收缩的关系

【目的要求】了解肌肉收缩力量(做功)与负荷重量和肌肉初长的关系。掌握本实验的操作方法和步骤。

【提问】① 什么叫初长和最适初长?② 什么叫前负荷和后负荷?

【原理】肌肉收缩力量(做功)与收缩前的初长(前负荷)和收缩后所遇负荷重量(后负荷)有密切关系。在肌肉长度可改变情况下，前负荷能使肌肉伸长，在一定范围内肌肉的初长越长，其收缩力量越大。做功越大，最适初长，收缩力量最大，做功亦最大；当超过最适初长，收缩力量反而减小，做功亦减小。在肌肉长度固定的情况下，肌肉收缩所产生的张力，可随后负荷增加而增加。在一定范围内，肌肉张力增加，做功增加；最适张力，做功最大；当超过最适张力，做功反而减小。

【实验用品】蛙手术器械一套、支架、肌槽、记纹鼓、刺激器、任氏液、砝码、米尺。

【实验对象】蛙或蟾蜍。

【方法步骤】

1、制备坐骨神经腓肠肌标本。

2、将标本装在肌槽上。

3、装好手转鼓(鼓轴顶端螺旋顺时针方向扭动，使

4、连接好刺激装置，固定强度(用引起最大收缩的

【观察项目】

1、后负荷(张力)对肌肉收缩的影响：

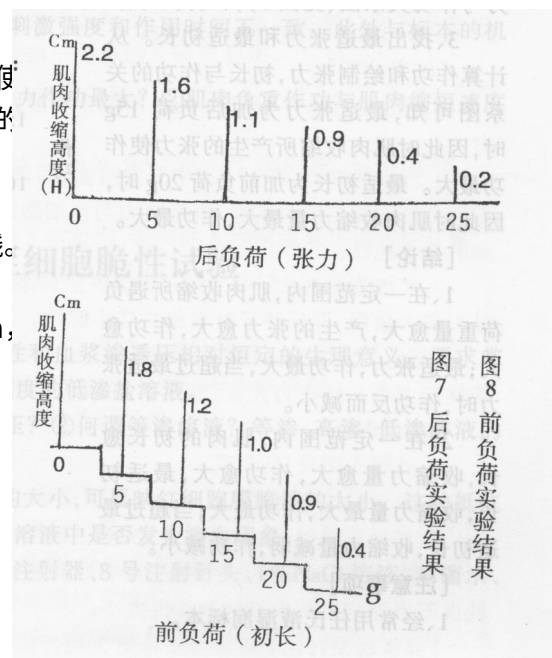
(1)固定肌槽杠杆螺钉，使杠杆保持水平，画基线。

(2)记录不加重量(砝码)时，肌肉收缩高度。

(3)杠杆上加重量(砝码)，每次加 5g，转鼓 1cm，为止。

2、前负荷(初长)对肌肉收缩的影响：

(1)放松肌槽杠杆螺钉，使肌肉初长呈自然状况。



(2)记录不加重量(砝码)时,肌肉收缩高度。

(3)杠杆上加重量(砝码),每次 5g,转鼓 1cm,记录每次收缩高度,直至收缩高度极小时为止。

【实验结果】

1、后负荷与肌肉收缩力量的关系(见图 7)。

2、前负荷与肌肉收缩力量的关系(见图 8)。

【结果分析】

1、根据结果,计算肌肉作功。计算公式: $W(\text{功})=H(\text{收缩高度})\times w(\text{砝码重量})$ 。此公式求得功为放大功,实际功应减去杠杆的放大作用。因 H 为描记笔尖所画高度,重量真正上移高度(h),可用 $h/H=L/l$ 求出。 L 为支点至描记笔尖长度, l 为支点至重量支撑部位长度。计算单位: $w(\text{g}\cdot\text{cm})$ 、 $H(\text{cm})$ 、 $w(\text{g})$ 。

(1)在不同后负荷情况下肌肉所作的功:

后负荷为 0 $W=2.2\times 0=0\text{g}\cdot\text{cm}$

后负荷为 5 $W=1.6\times 5=8\text{g}\cdot\text{cm}$

后负荷为 10 $W=1.1\times 10=11\text{g}\cdot\text{cm}$

后负荷为 15 $W=0.9\times 15=13.5\text{g}\cdot\text{cm}$

后负荷为 20 $W=0.4\times 20=8\text{g}\cdot\text{cm}$

后负荷为 25 $W=0.2\times 25=5\text{g}\cdot\text{cm}$

(2)在不同前负荷情况下肌肉所作的功:

前负荷为 0 $W=2.0\times 0=0\text{g}\cdot\text{cm}$

前负荷为 5 $W=1.8\times 5=9\text{g}\cdot\text{cm}$

前负荷为 10 $W=1.2\times 10=12\text{g}\cdot\text{cm}$

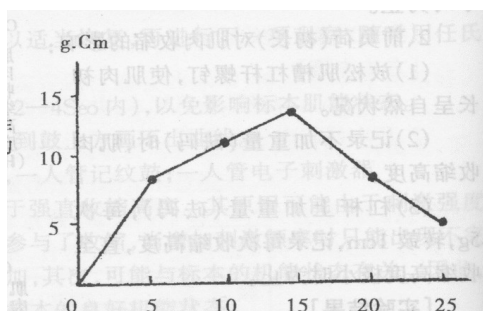
前负荷为 15 $W=1.0\times 15=15\text{g}\cdot\text{cm}$

前负荷为 20 $W=0.9\times 20=18\text{g}\cdot\text{cm}$

前负荷为 25 $W=0.4\times 25=10\text{g}\cdot\text{cm}$

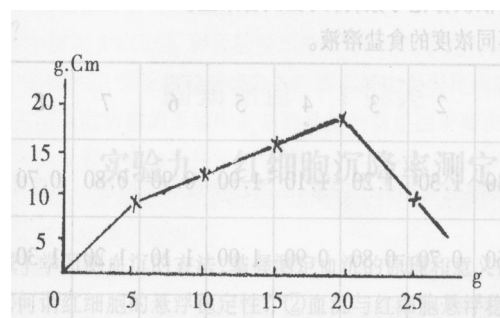
本实验所求得功均为放大功。因按 H 计算。

2、根据所求功,以功为纵坐标,张力(重量代之)和初长(重量代之)为横坐标,绘出张力与作功关系图(见图 9),和初长与作功关系图。(见图 10)



张力 (重量代之)

图 9 张力与作功的关系



初长 (重量代之)

图 10 初长与作功关系图

3、找出最适张力和最适初长。从计算作功和绘制张力,初长与作功的关系图可知,最适张力为加后负荷 15g 时,因此时肌肉收缩所产生的张力使作功最大。最适初长为加前负荷 20g 时,因此时肌肉收缩力量最大,作功最大。

【结论】

1、在一定范围内，肌肉收缩所遇负荷重量愈大，产生的张力愈大，作功愈大；最适张力，作功最大，当超过最适张力时，作功反而减小。

2、在一定范围内，肌肉的初长愈长，收缩力量愈大，作功愈大，最适初长，收缩力量最大，作功最大；当超过最适初长，收缩力量减弱，作功减小。

【注意事项】

- 1、经常用任氏液湿润标本。
- 2、安装标本时，不要用力拉长肌纤维，要保持自然长度，
- 3、每次刺激强度要一致。
- 4、每次刺激后，应休息半分钟到一分钟。
- 5、测H高度时，曲线弧度忽略不计，仅测上下二点垂直高度。

【异常现象讨论】

- 1、刺激坐骨神经无肌肉收缩反应，可能为刺激器有故障或标本无活性，需排除故障或重做标本。
- 2、肌肉收缩高度不呈递减式，可能是刺激强度和作用时间不一致。此外与标本的机能状态可能有关。

【思考题】① 为什么最适初长、最适张力作功最大?② 肌肉负重作功与肌肉缩短速度有何关系?

实验八 红细胞脆性试验

【目的要求】加深理解红细胞渗透脆性和血浆渗透压相对恒定的生理意义。要求掌握渗透压有关理论和较准确的配制不同浓度的低渗盐溶液。

【提问】① 何谓渗透现象?何谓渗透压?② 何谓等渗溶液?等渗、高渗、低渗溶液的划分标准是什么?

【原理】红细胞对低渗盐溶液抵抗力的大小，可反映红细胞膜脆性的大小。这种抵抗力的大小具体表现为在某一浓度的低渗盐溶液中是否发生溶血现象。

【实验用品】试管架、小试管、1-2ml 注射器、8号注射针头、1%NaCl 溶液、蒸馏水、2ml 吸管、75%酒精球、4%碘酒。

【实验对象】人。

【方法步骤】

- 1、取小试管 10 支，依次标记号数，排列在试管架上。
- 2、按照下表配成不同浓度的食盐溶液。

试管号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1%Nacl(ml)	1.4 0	1.3 0	1.2 0	1.1 0	1.0 0	0.9 0	0.8 0	0.7 0	0.6 0	0.5 0
蒸馏水(ml)	0.6 0	0.7 0	0.8 0	0.9 0	1.0 0	1.1 0	1.2 0	1.3 0	1.4 0	1.5 0
Nacl 浓度(%)	0.7 0	0.6 5	0.6 0	0.5 5	0.5 0	0.4 5	0.4 0	0.3 5	0.3 0	0.2 5

3、用灭菌，干燥的注射器，从肘正中静脉取血 1ml，向每试管内注入 1 滴血液，将各试管中盐溶液与血液充分混合，在室温下放置一小时。多余血液注入盛有 3.8%枸橼酸钠溶液 0.1ml 的试管内，加以混合，以备重复实验时用。

4、观察各管混合液的颜色和混浊度的不同。未发生溶血者，红细胞下沉于管底，上液无红色；如部分溶血，则管底有红细胞，上液呈淡红色；如全部溶血，则管底无红细胞，液体全部呈红色。

【观察项目】1—10 管的溶血情况。

【实验结果】正常者：1—5管(0.7—0.5%)不溶血；6—7管(0.45—0.4%)部分溶血；8—10管(0.35—0.25%)完全溶血。

【结果分析】

1、红细胞在0.7—0.5%NaCl溶液中不溶血，说明红细胞对低渗盐溶液有一定的抵抗力。

2、红细胞在0.45%NaCl中开始溶血，即部分溶血，说明对低渗盐溶液最小抵抗力的那部分红细胞已破裂溶血，因抵抗力与红细胞脆性呈反变关系，则此管盐溶液反映了红细胞的脆性。

3、红细胞在0.25—0.35%NaCl中全部溶血，说明红细胞对低渗盐溶液的抵抗力已处于最大极限，即反映了红细胞的最小脆性。

【结论】红细胞在低渗盐溶液中有一定的抵抗力，而此抵抗力的大小则反映了红细胞脆性的大小。抵抗力大者，脆性小；抵抗力小者，脆性大。

【注意事项】

1、试管先编号，切勿乱。

2、吸管勿乱用(1支吸NaCl，1支吸蒸馏水)。

3、加血后摇匀，但不能太重，以免红细胞碰撞发生溶血。

4、除因试管、吸管弄错，致使盐溶液配制不准，影响实验结果外。温度、PH、抗凝剂、抽血不当等均可影响红细胞脆性大小。

【异常现象讨论】结果与正常情况相差较大或结果前后矛盾者，多为实验组织不当，编号混乱所引起。

【思考题】①何谓溶血?完全溶血和部分溶血有何区别?②红细胞表面积与红细胞脆性有何关系?

实验九 红细胞沉降率测定

【目的要求】学习测血沉的方法，掌握测定血沉的原理和意义。

【提问】①何谓红细胞的悬浮稳定性?②血沉与红细胞悬浮稳定性之间有何关系?

【原理】血液经抗凝处理后，置于一垂直的小试管中，由于重力关系，红细胞将逐渐向下沉降。通常以在第一小时末观察血柱上方因红细胞下沉而出现的血浆层的高度(mm数)作为沉降率的指标。

【实验用品】惠氏沉降管、固定架、5ml注射器、8号注射针头、3.8%柠檬酸钠、定时钟、5ml容量瓶。

【实验对象】人。

【方法步骤】实验方法很多，一般经常采用的是惠氏(Westergreen)法。

1、准备一容量为5ml的小瓶盛3.8%柠檬酸钠液0.4ml，然后用消毒的注射器和针头从肘正中静脉抽出血液2ml，准确地将1.6ml血液注入小瓶内，然后反复轻轻颠倒小瓶3—4次，使血液与抗凝剂充分混匀。

2、取干燥的惠氏沉降管一只，从小瓶内吸血至刻度“0”点止，拭去下端口外面的血液，垂直地竖立在固定架的橡皮垫上，管的上端由一弹簧铁片固定起来。

【观察项目】沉降管固定在固定架以后，立即开始计算时间，待一小时末，读取血沉管内血浆层的mm数，即为红细胞沉降率。

【实验结果】惠氏法测定的正常值：成年男性0—15mm/1小时末，成年女性0—20mm/1小时末。

【结果分析】上述数值属惠氏法测定的正常范围，说明此人红细胞悬浮稳定性正常。

【结论】人体红细胞在血浆中具有一定的悬浮稳定性。

【注意事项】

1、本实验血液与抗凝剂的容积规定为4：1，抗凝剂应新鲜配制。

- 2、自采血时起，本实验应在二小时内完毕，否则会影响结果的准确性。
- 3、沉降管不能稍有歪斜，管内不应该有凝血块和气泡。
- 4、小瓶、沉降管、注射器均应清洁干燥。
- 5、若红细胞上端呈斜坡形或尖峰形时，应选择斜坡部分的中间地位计算。
- 6、沉降率与温度有关，此实验测定最好应在室温 22℃左右进行。

【异常现象讨论】温度可影响红细胞沉降率，温度愈高，沉降率加速，在室温 15—25℃的范围内影响较小。除此，本实验一般不会出现异常情况。

【思考题】① 影响血沉的主要因素有哪些？② 将血沉快的人的红细胞加入正常人血浆中血沉也会快吗？为什么？

实验十 血液凝固

【目的要求】观察影响血凝的若干因素，从而理解血凝的机理。了解本实验的基本实验方法。

【提问】① 血液凝固的本质是什么？它与红细胞凝集反应、红细胞叠连有何不同？② 内源性凝血与外源性凝血哪个过程进行得快？为什么？

【实验原理】血浆中可溶性的纤维蛋白原通过一系列生化反应转变为不溶性的纤维蛋白。

【实验用品】试管、试管架、滴管、吸管、草酸血浆、血清、兔脑浸出液[注]、3% NaCl 液、3%CaCl₂ 液、0.9%NaCl 液等。

【实验对象】家兔。

【方法步骤】

- 1、取试管 4 支，标明号数，放置在试管架上，按下表分别在各试管中加入各种物品。
- 2、在最后加入 3%CaCl₂ 液后，立即混匀，并记时间。
- 3、每隔 20 秒钟将试管倾斜，若液面不随着倾斜，则表示已凝固，记录凝固所需时间。

【观察项目】1、2、3、4 各管是否凝固，凝固的速度怎样。

试管编号	1	2	3	4
草酸血浆 ml	0.5	0.5	0.5	
血清 ml				0.5
3%NaCl 液	2 滴			
0.9%NaCl 液	2 滴	2 滴		
兔脑浸出液		2 滴	2 滴	
3%CaCl ₂ 液		2 滴	2 滴	2 滴

【实验结果】第 1 管不凝固，第 2 管凝固(比 3 管慢)；第 3 管凝固并比 2 管快；第 4 管不凝固。

【结果分析】

1、草酸血浆中的 Ca⁺⁺已形成了不溶解的草酸钙，血浆缺乏起作用的 Ca⁺⁺，因而血凝的生化过程不能进行，以致第 1 管不凝固。

2、缺 Ca⁺⁺的草酸血浆中加入 3%CaCl₂，使能起作用的 Ca⁺⁺得到了补充，血凝的生化反应顺利进行，所以第 2 管可以凝固。

3、草酸血浆中加入 3%CaCl₂ 和兔脑浸出液，不但补充了起作用的 Ca⁺⁺，还加入了外源性凝血过程中重要的组织凝血因子。由于外源性凝血过程比内源性凝血过程在血凝的第一步，即凝血酶原激活物的形成中所需要参加的凝血因子要少得多，所以整个血凝过程也就加快，因而第 3 管血凝速度快于第 2 管。

4、纤维蛋白的存在是血凝的根本所在。由于血清中已去除纤维蛋白，尽管加入 CaCl₂ 和兔脑

浸出液都无法使之凝固。

【结论】

- 1、Ca⁺⁺与纤维蛋白是血凝过程中不可缺少的重要因素。
- 2、外源性凝血过程比内源性凝血过程快。

【注意事项】

- 1、试管编号切勿混乱，加人物品时要对号进行，使之准确无误。
- 2、倾斜试管看结果时不能太快，以免影响结果的正确性。

【异常现象讨论】

1、第1管出现凝固。一般情况下很难出现，但如草酸血浆制备不当，尚留有一定的Ca⁺⁺则有可能出现血浆；试管编号搞乱也有可能是原因之一。

2、第2管快于第3管产生凝固或第2、3管都不凝，多为添加试剂错乱所致。

【思考题】①草酸血浆与血清为什么都不凝固？二者不凝固的原因都一样吗？②兔脑浸出液是什么性质的液体？在血凝中起何作用？

【注】兔脑浸出液的制备方法：将兔脑取出，称其重量。剥去血管与脑膜，放入乳钵中研碎。然后，按每g脑组织加10ml生理盐水之比混匀、离心，取其上层清液即可使用(也可用干燥法制成兔脑粉，一般制备一次，可供半年使用)。

实验十一 出血与凝血时间的测定

一、出血时间测定

【目的要求】学习测定出血时间的方法，了解毛细血管功能及血小板功能是否正常。

【提问】止血与凝血有何区别？

【原理】出血时间是指从针刺使皮肤毛细血管破损后，血液自行流出到自行停止的一段时间。当毛细血管和小血管受损时，受损的血管可立即收缩，局部血流减慢，促使血小板粘着于血管的损伤处，同时血小板释出血管活性物质，使毛细血管发生较广泛和持久的收缩，使出血停止，故测定出血时间可了解毛细血管功能及血小板功能是否正常。

【实验用品】弹簧采血针或柳叶形采血针、吸水纸、75%酒精棉球、电钟或手表。

【实验对象】人。

【方法步骤】

1、以75%酒精棉球消毒耳垂或指端后，用消毒弹簧采血针刺入耳垂2—3mm深，让血自然流出。

2、每隔半分钟用吸水纸吸干流出的血液一次，直至没有血液流出为止。

【观察项目】自血液流出时算起，记录开始出血至止血的时间，或计算吸水纸上的血点数并以2除之，即为出血时。

【实验结果】正常值1—4分钟。

【结果分析】出血时间延长，主要见于血小板减少。血小板功能缺陷或毛细血管功能缺陷等情况。

【注意事项】

- 1、取血位置必须选择血液流畅的部位，切忌在冻疮、水肿或充血处采血。
- 2、刺入皮肤深度要控制，过深过浅均不相宜。
- 3、注意吸水纸勿接触伤口，以免影响结果的准确性。

【异常现象讨论】本实验一般不会出现异常现象。如果出血时间延长要考虑病理情况。

二、凝血时间的测定

【目的要求】学习测定凝血时间的方法。了解凝血过程是否正常。

【提问】血液凝固的过程是怎样的？

【原理】血液与异物表面接触后，使凝血过程启动，参与凝血因子被激活，形成凝血酶，凝血酶使纤维蛋白原转变成纤维蛋白，血液凝固。

【实验用品】弹簧采血针，玻片、电钟、75%酒精棉球。

【实验对象】人。

【方法步骤】

- 1、以75%酒精棉球消毒耳垂或指端后，用消毒弹簧采血针刺入2~3mm深，让血自然流出。
- 2、取血两大滴，分别置于清洁的玻片两端，每隔半分钟用针尖在一滴血中挑血一次，直至针尖能自血滴内挑起纤维血丝为止，即表示开始凝血。另一滴血作为对照，这时也能挑起纤维。

【观察项目】记录开始流血至挑起细纤维血丝的时间为凝血时间。

【实验结果】正常2—8分钟，即能挑起纤维血丝。

【结果分析】从血滴中挑不出纤维血丝到能挑出纤维血丝，说明经过一系列生物化学反应后，血中的纤维蛋白原已变成不溶性稳定的纤维蛋白，因而出现凝血。

【注意事项】

- 1、取血时，切勿挤压过甚，否则组织液混入，会缩短凝血时间。
- 2、挑动血滴时，应横贯血滴直径，但勿过多挑动，否则会变成脱纤维蛋白血液，以致始终不能凝血，一滴作对照很有必要。

【异常现象讨论】凝血因子缺少时可使凝血时间延长。在严重的血小板减少时，也可使凝血时间延长。

【思考题】血小板与止血及凝血有关的生理特性是哪些？

实验十二 ABO 血型的鉴定

【目的要求】加深理解血型分型的依据及其意义；学会一种鉴定血型的方法。

【提问】① 确定AB()血型的依据是什么?怎样确定?②ABO血型相同的人任何情况下都能相互输血吗?试说明原因。

【原理】用已知凝集素(如抗A、抗B)的标准血清，鉴定被检查者红细胞上未知的凝集原(如A凝集原或B凝集原)，红细胞上含何种凝集原即为何种血型。

【实验用品】A型和B型标准血清(或抗血清)、采血用具、玻片、牙签、75%酒精棉球、玻璃铅笔等。

【实验对象】人。

【方法步骤】

1、玻片法

(1)取双凹玻片一块，用玻璃铅笔在两端分别标以A、B字样。

(2)在A侧中央滴A型标准血清一滴，在B侧中央滴B型标准血清一滴。

(3)消毒手指或耳垂后，针刺取血1—2滴于盛有1ml生理盐水之试管混匀，制成红细胞混悬液。分别用二根牙签取混悬液加入A型和B型血清中，并将玻片转动数次后，使其充分混匀，放置10—15分钟观察结果。

2、试管法：取小试管两只，分别标明A、B字样。按玻片清及受检者红细胞悬液各一滴，振荡混合后，立即离心一分钟(1000转/分)。取出试管后，轻轻摇起沉淀物，观察结果。

【观察项目】两种方法都先用肉眼观察是否发生凝集反应。

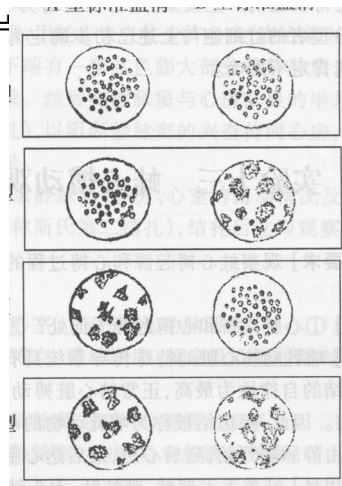
受试者的红细胞

O型

A型

B型

AB型



甲

乙

丙

丁

型标准血

如不能确定，再在低倍镜下观察。

【实验结果】以玻片法为例，
结果如下(图 11)：

【结果分析】

1、甲玻片上红细胞在 A、
B 两种标准血清中都不发生凝
集，说明红细胞上 A、B 两种
凝集原都没有，则血型为 O 型。

图 11 ABO 血型检查结果判定
(甲、乙、丙、丁代表玻片)

2、乙玻璃上红细胞在 A 型标准血清中不凝集，在 B 型标准血清中发生凝集，说明红细胞上含 A 凝集原，则血型为 A 型。

3、丙玻片与乙玻片刚好相反，说明红细胞上含 B 凝集原，则血型为 B 型。

4、丁玻片上红细胞在 A、B 两种标准血清中都发生凝集，说明红细胞上含有 A、B 两种凝集原，
则血型为 AB 型。

【结论】红细胞上的 A、B 凝集原被测知，即可作 ABO 血型鉴定。

【注意事项】

1、实验前对所用 A、B 两种标准血清要经过校准，合格者才能用。[注]

2、加入玻片或试管中的 A、B 两种标准血清切不可混淆错乱。

3、制备红细胞混悬液摇匀时，不可用力摇振，要轻轻将试管来回倒置，以防红细胞破裂溶血。

4、玻片或试管内加入红细胞混悬液时所用牙签要分别专用，不能两者共用。

【异常现象讨论】本实验一般不会出现异常情况，但有时所测血型与某人原来正式鉴定过的血型不相符，其原因一方面可能所采用的标准血清存放时间过长，已失去标准血清的作用，需要用重新校准的新鲜标准血清；其次可能系实验场所或用具不清洁，红细胞悬液及血清有严重污染而产生假凝集。

【思考题】若无标准血清，已知某人血型为 A 型或 B 型，能否用来鉴定他人血型？如何鉴定？

【注】标准血清要求很高，必须从抗体特异性、效价水平、无菌程度、补体灭活情况，去除冷凝集素等多方面严加校准，显然全面的校准，一般教学的生理实验无法完成。但如对其抗体特异性有怀疑，可以从已知 A 型或 B 型人身上取血予以校准。例如用已知 A 型者的红细胞与待校血清产生凝集，则待校血清为 B 型血清，若不凝集则为 A 型血清。如果再将已知 B 型者的红细胞与上述已初步确定为 B 型的血清混合，其结果与上述一样，则此标准血清肯定不准确。

实验十三 蛙心搏动观察与心搏起源分析

【目的要求】观察蛙心搏起源和心搏过程的变化，加深理解心肌的自动节律性和传导性。

【提问】① 心脏兴奋和心搏起源于何处？② 兴奋在心脏内的传导途径如何？

【原理】哺乳动物心脏的特殊传导系统具有自动节律性。但各部分的自律性高低不同，以窦房结的自律性为最高，正常的心脏搏动每次由窦房结发出，传到心房、心室，并依次引起收缩。因此，窦房结被称为哺乳动物的心搏起步点。两栖类动物的心搏起点是静脉窦，心搏由静脉窦开始，随后心房，最后达心室。

【实验用品】蛙类手术器械、刺蛙针、大头针、蛙心夹、线、滴管、任氏液、蛙板。

【实验对象】蟾蜍或蛙。

【方法步骤】

1、暴露蛙心脏：取蟾蜍或蛙一只，用刺蛙针从枕骨大孔垂直刺入，并向上破坏脑，向下破坏脊髓。然后用大头针将蛙仰卧固定在蛙板上。用镊子提起胸骨下端腹部的皮肤，剪一小口、口，然后将剪刀由切口处伸入皮下向左右两侧锁骨外侧方向剪开皮肤，并向头端掀开皮肤，再用镊子提

起胸骨下端的腹肌，并剪一小口，将粗剪刀伸入胸腔内，紧贴胸壁(以免损伤下面的心脏和血管)沿皮肤切口方向剪开胸肋骨及附着的肌肉，剪断左右锁骨，使创口成一个倒三角形“∩”。可见蛙心被心包膜包裹，然后用眼科镊子提起心包，用眼科剪小心地剪开心包，蛙心便暴露出来。

3、观察蛙心脏的外部结构(图 12):

在蛙心腹面可见一个心室，其上方有两个心房，房室之间有凹沟，称房室沟，心室右上方连着动脉干，动脉干根部稍膨大称动脉圆锥。

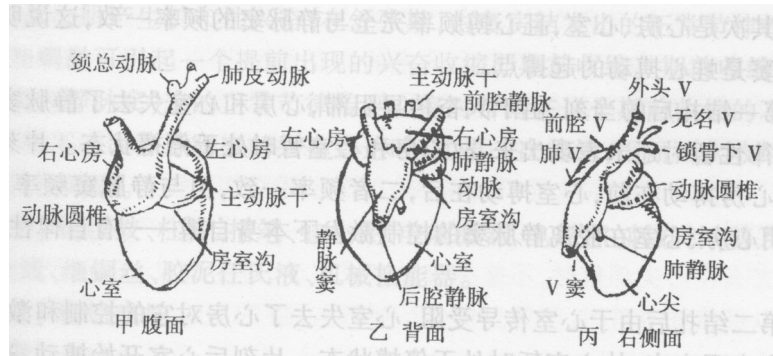


图 12 蛙心解剖图

3、用细镊子在主动脉干下穿一线备用，用蛙心夹夹住少许心尖(在心舒时夹)，并将心尖翻向头端，暴露蛙心背面，可见两心房下端有一紫红色膨大部分称静脉窦，此时观察静脉窦、心房、心室的搏动顺序及频率并记录。然后在静脉窦与心房交界的半月形线(窦房沟)处将备用线作一结扎(称斯氏第一结扎)，以阻断静脉窦的兴奋传向心房，此时观察静脉窦、心房、心室的搏动情况及频率并记录。

4、待心房心室恢复搏动后，观察并记录静脉窦、心房、心室的搏动情况及频率。然后在心房与心室之间(房室沟)再作一结扎(称斯氏第二结扎)，结扎后立即观察并记录静脉窦、心房、心室的搏动情况及频率。

【观察项目】

- 1、观察蛙心结构，识别静脉窦，心房，心室，主动脉干，动脉圆锥。
- 2、观察蛙心正常搏动(结扎前)：心起搏点，搏动顺序，频率及心室收缩时容积和颜色的变化。
- 3、观察斯氏第一结扎后心搏的变化，静脉窦、心房、心室搏动频率。
- 4、观察斯氏第二结扎后心搏的变化，静脉窦、心房、心室的搏动频率。

【实验结果】

1、结扎前，蛙心静脉窦、心房、心室搏动频率均约为 44 次/分，且各部搏动有一定顺序，先静脉窦，其次心房，最后心室。当心室收缩时其容积缩小变白，当心室舒张时，其容积扩大变红。

2、斯氏第一结扎后，心房、心室立即停止搏动，但静脉窦仍然搏动，其频率约为 44 次/分，约经 5—10 分钟后心房、心室又开始搏动，心房搏动在前，心室搏动在后，二者频率约为 16 次/分，比结扎前要慢。

3、斯氏第二结扎后，心室立即停止搏动，但心房仍然搏动，其搏动频率约为 16 次/分。约经 2 分钟后，心室才恢复搏动频率约 3 次/分。

【结果分析】

1、结扎前蛙心各部搏动频率一致，这是由于心内传导系统完整，说明无阻断。心搏由静脉窦开始，其次是心房、心室，且心搏频率完全与静脉窦的频率一致，这说明心搏受静脉窦控制，静脉窦是蛙心搏动的起搏点。

2、斯氏第一结扎后的当刻，由于兴奋传导阻滞，心房和心室失去了静脉窦的控制和激发，本身的自律性暂时还未表现出来，故心房和心室暂时处于停搏状态。片刻后，心房、心室开始搏动，心房搏动在前，心室搏动在后，二者频率一致，但与静脉窦频率不同(少于静脉窦)，这说明心房、

心室在脱离静脉窦的控制激发下本身自搏——有自律性，且自律性低于静脉窦。

3、斯氏第二结扎后由于心室传导受阻，心室失去了心房对它的控制和激发，且本身自律性暂时还未表现出来，故心室暂时处于停搏状态。片刻后心室开始搏动，这说明心室在脱离静脉窦、心房的控制和激发下本身也能起搏，说明心室有自律性。但心室搏动频率很慢，比心房低(大约3次/分)，这说明心室的自律性最低，低于静脉窦和心房。由上还可看出，在斯氏第一结扎后，心房、心室频率一致，均为16次/分。在斯氏第二结扎后心室频率低于心房(约3次/分)，这说明在斯氏第一结扎后心室的搏动失去了窦房结的控制而按照心房搏动的频率而起搏，在斯氏第二结扎后心室的搏动是由本身自律性引起的起搏。

【结论】

1、正常蛙心各部均有自律性，且具有等级性：静脉窦>心房>心室。

2、静脉窦是蛙心搏动的起搏点，蛙心搏动顺序是：静脉窦 → 心房 → 心室。

【注意事项】

1、操作过程中和暴露蛙心时，动作要轻、准，不要损坏血管和内脏，以免出血太多而影响蛙心的机能状态。

2、在暴露的蛙心上常用任氏液湿润，避免干燥，以保持一定内环境。

【异常现象讨论】

1、作斯氏第一与第二结扎后，心房、心室停搏，可能会出现不再起搏，则实验不能继续下去，这可能是蛙太小；或在操作过程中蛙出血过多，蛙心的机能状况低下；或结扎部位不准确之故而导致。

2、结扎后各部分仍按原节律跳，这是因为线结扎不紧之故。

【思考题】① 作斯氏第1、2结扎后，静脉窦、心房、心室的搏动频率为何不一致？② 蛙心静脉窦有何作用？③ 何谓窦性心律？异位心律？

实验十四 期前收缩和代偿间歇

【目的要求】证明心肌兴奋后，兴奋性变化的特点；理解并熟悉心肌兴奋性的特点及其生理意义。

【提问】心肌兴奋后兴奋性变化的特点是什么？有何生理意义？

【原理】心脏每发生一次兴奋后，兴奋性会发生一系列的周期性变化。心脏兴奋性的特点是兴奋后的有效不应期特别长，约相当于整个收缩期。因此，在心肌收缩期中，任何刺激都不能引起心肌产生扩布性兴奋；在舒张期，由窦房结发出的正常节律性兴奋下达之前，给心脏施加刺激可引起一个提前出现的兴奋收缩即期前收缩。期前收缩也有不应期，窦房结(两栖类为静脉窦)来的正常节律传到心室时常落在这个期前收缩的不应期内而失效。心室要等待下一次静脉窦来的兴奋到达时，才再一次收缩，因而两次收缩之间的间歇期延长，形成代偿间歇。

【实验用品】记纹鼓、杠杆、描笔、蛙心夹、电刺激器、电磁标、刺蛙针、剪刀、镊子、双凹夹、铁支架、丝线、细铜丝、胶泥任氏液、机械换能器。

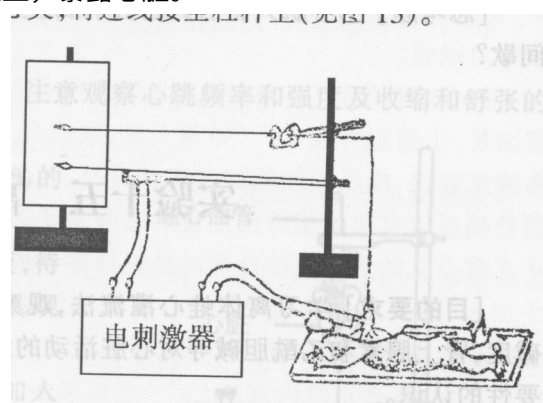
【实验对象】蟾蜍或蛙。

【方法步骤】

1、取蛙一只，破坏脑和脊髓，背位固定于蛙板上，暴露心脏。

2、用连线的蛙心夹，在心舒张期时夹住心尖，

3、电刺激装置(见图13)刺激电极用胶泥固定在蛙板上，使其二极与心室密切接触。也可在刺激电极的两端分别绕以细铜丝，使两铜丝伸展接触心室，以便刺激。



或用单极刺激，将与刺激电极两极相连的铜丝，其一与蛙心夹相连，作为刺激电极，另一为无关电极，放在蛙口腔内或腹部。电磁标的笔尖和心杠杆的笔尖要对直在同一垂直线上。

4、实验装置完毕后，即可开动记纹鼓(慢鼓)，在其上描记心搏动曲线。图 13 期前收缩实验装置

5、调整刺激强度，找出中等强度的单个刺激。

6、本实验亦可用三(或二)道仪进行描记。

【观察项目】

- 1、描记几段正常心搏曲线作为对照。注意观察描记曲线与心脏活动的关系。
- 2、用中等强度的单个刺激，在心脏收缩期刺激心室肌，观察有无期前收缩产生。
- 3、用同等强度的单个刺激，在心舒张期中刺激心室肌，观察有无期前收缩产生。如出现期前收缩，在它的后面是否出现代偿间歇。

【实验结果】

- 1、正常心搏曲线的幅度和间距均匀。
- 2、在心室收缩期中刺激心肌，无期间收缩发生。
- 3、在心室舒张期中给予刺激，则出现期前收缩与代偿间歇现象。

【结果分析】

1、正常心搏动曲线均匀，表示由窦房结(静脉窦)发生的兴奋具有规律的自律性。心脏收缩时曲线向上，心脏舒张时曲线向下。

2、因心室在收缩期中是处于有效不应期，其兴奋性低，所以对任何刺激都不能发生反应。

3、在心室舒张期中，心肌的兴奋性已恢复，能接受有效刺激而发生反应，故出现期前收缩。期前收缩也有不应期，由静脉窦传来的兴奋恰好落在这个不应期内，则不发生反应，必须等静脉窦下次传来兴奋时才发生反应，故出现代偿间歇。

【结论】证明心脏在兴奋时，兴奋性发生了变化，在收缩期内给予刺激不发生反应；在舒张期能接受刺激产生期前收缩，期前收缩之后出现代偿间歇。

【注意事项】

- 1、蛙心夹夹住心尖部位时，不能夹得过多或过少，避免造成心脏活动的障碍或损伤。
- 2、刺激电极接触心脏时，不能过紧，以不妨碍心脏的舒缩活动，又保证电极与心脏接触良好为宜。
- 3、电刺激强度不能太强，以免损伤心肌。

【思考题】① 心肌兴奋后兴奋性有哪些变化?② 为什么期前收缩之后总伴随有代偿间歇?

实验十五 离体蛙心灌流

【目的要求】学习离体蛙心灌流法，观察与掌握不同阳离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{++} 等)、酸碱度，肾上腺素和乙酰胆碱等对心脏活动的影响，从而加深内环境恒定对心脏正常活动重要性的认识。

【提问】影响心肌活动的理化因素有哪些?

【原理】心跳的正常节律性活动，需要有一个合适的理化环境，如果心脏离体后，用人工方法灌注与其离体前的内环境理化因素基本一致的灌流液，使离体后的心脏仍处于一个合适的理化环境中，保证其新陈代谢的顺利进行，则离体后的心脏仍能节律性地自动收缩和舒张，并可维持较长的时间。为了证实理化因素对心脏活动的影响，可通过改变灌流液的成份，观察心脏活动的相应变化。

【实验用品】斯氏蛙心插管、蛙心夹、蛙类手术器械、记纹鼓、杠杆、试管夹、双凹夹、铁支柱、生理多用仪、电磁标、线、烧杯、滴管、任氏液、0.65%NaCl、2%CaCl₂、1%KCl、3%乳酸、2.5%NaHCO₃、1:1000 肾上腺素溶液、1:10000 乙酰胆碱溶液等。

【实验对象】蟾蜍或蛙。

【方法步骤】

1、取蟾蜍一只，破坏脑和脊髓，仰卧固定于蛙板上，用剪刀剪开胸骨表面皮肤和胸骨，剪开心包，暴露心脏。

2、用带有线的蛙心夹在心舒张期夹住心尖，将蛙心夹的线用胶泥固定在蛙板上。

3、在左主动脉下穿两根线，一根线在左主动脉距主动脉球 0.5cm 处结扎(勿把线剪断)，另一根线在左主动脉根部打一松结备用(暂勿扎紧)，然后提起左主动脉上的缚线，用眼科剪在松结前方左主动脉根部剪一小斜口(只剪破前壁，不能剪断)，将盛有少量任氏液的蛙心插管，由此斜口插入主动脉球，然后将插管稍后退，使尖端向动脉球的背部后方及心尖方向于心室收缩期经主动脉瓣插入心室腔内，此时可见管中液面随心搏而上下移动(此为插管插入心室腔的标志)。用滴管吸去插管中的血液，并更换新鲜任氏液。

4、将左主动脉上备用线的松结扎紧插管，并固定于插管的玻璃小钩上。然后在扎线的上端剪断左主动脉，轻轻提起插管和心脏，在心脏的下方绕一线，将右主动脉，左右肺静脉，前后腔静脉一起结扎(切勿损伤静脉窦)，在结扎线下方剪去所有牵连的组织，将心脏摘出。再用任氏液反复冲洗心室内的余血，以防血液凝固，堵塞插管。并保持灌流液面恒定(1~2cm)。

5、将蛙心插管固定于铁支架上，将连在蛙心夹上的线接在杠杆上，然后调节心搏描记笔尖和刺激记号，电磁标笔尖，于同一垂直线上，并使二支笔尖均与记纹鼓切线相接触(见图 14)。

注：有条件的实验室，可用三道仪代替以上的描记装置。

【观察项目】

1、开动慢鼓，描记一段正常的心搏曲线。注意观察心跳频率和强度及收缩和舒张的程度。

2、把蛙心插管内的任氏液全部换成 0.65%的 NaCl 溶液，同时做好给药记号，观察心跳变化。

3、吸出 0.65%的 NaCl 溶液，换以任氏液，待心跳恢复正常后加入 2%CaCl₂ 溶液 2~3 滴，观察心跳变化。

4、吸出含 CaCl₂ 的溶液，换以任氏液，加入 1%KCl 溶液 2~3 滴，观察心跳变化。

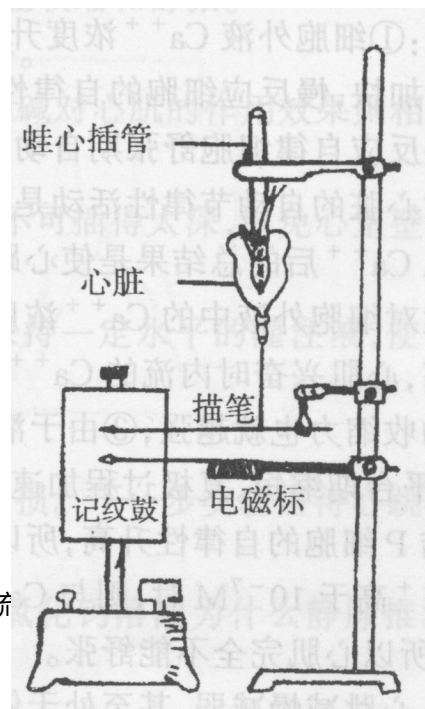
5、吸出含 KCl 的溶液，换以任氏液，加入 1:1000 肾上腺素溶液 2~3 滴，观察心跳变化。

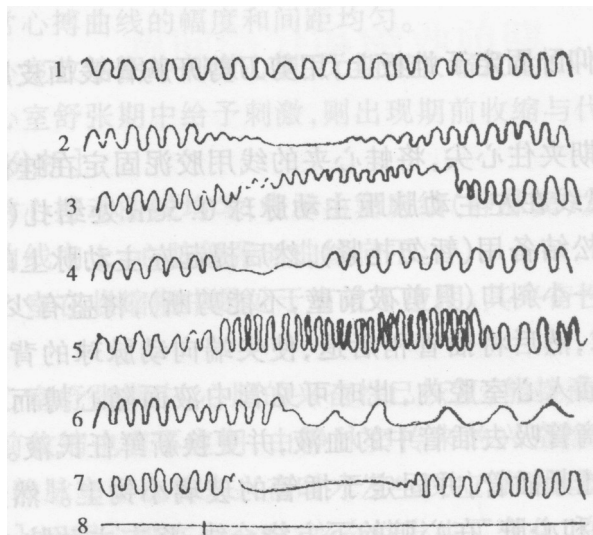
6、吸出含肾上腺素的溶液，换以任氏液，加入 1:10000 乙酰胆碱 1~2 滴，观察心跳变化。

7、吸出含乙酰胆碱的溶液，换以任氏液，加入 3%乳酸溶液 1~2 滴，观察心跳变化。待心跳变化明显时，立即加入 2.5%NaHCO₃ 溶液 1~2 滴，再观察心跳变化。

图 14 斯氏蛙心灌流

【实验结果】见图 15。





- 1 正常心搏曲线
- 2 换为 0.65%NaCl 时的心搏曲线
- 3 加 2%CaCl₂ 两滴时的心搏曲线
- 4 加 1%KCl 两滴时的心搏曲线
- 5 加 1: 1000 肾上腺素两滴时的心搏曲线
- 6 加 1: 1000 乙酰胆碱两滴时的心搏曲线
- 7 先加 3%乳酸两滴后加 25%NaHCO₃ 两滴时的心搏曲线
- 8 刺激标记

图 15 离体蛙心搏动曲线图

【结果分析】

- 1、心跳频率为 40 次/分左右，收缩强度中等，说明心肌具有自动节律性，
- 2、灌流液全部换成 0.65%NaCl 溶液，心跳减弱，最后停止于舒张状态。其原因是灌注液全部换成 0.65%NaCl 溶液后，心肌缺乏理化环境中某些必须的离子，如 Ca⁺⁺和 K⁺等。Ca⁺⁺是心肌细胞兴奋收缩偶联过程中的必须离子，由于 Ca⁺⁺离子缺乏而导致心肌收缩力减弱。
- 3、心跳稍增快(45 次/分)，收缩力明显加强，舒张不完全，最后停止于收缩状态。其原因是：①细胞外 Ca⁺⁺浓度升高，膜内外 Ca⁺⁺浓差增大，慢反应自律细胞 4 期自动除极速度加快，慢反应细胞的自律性升高，虽然 Ca⁺⁺可抑制快反应自律细胞的 Na⁺内流，而使快反应自律细胞舒张期自动除极速度降低，即使快反应自律性细胞自律性降低，但由于正常心脏的自动节律性活动是由自律性最高的窦房结慢反应细胞控制的，所以，灌流液中加入 Ca⁺⁺后的总结果是使心跳频率加快；②由于灌流液中 Ca⁺⁺浓度升高，而心肌的收缩性对细胞外液中 Ca⁺⁺浓度有一定的依赖性，细胞外液中的 Ca⁺⁺浓度在一定范围内越高，心肌兴奋时内流的 Ca⁺⁺量就越多，心肌的兴奋—收缩偶联过程也就越强，因此，心肌的收缩力也就越强；③由于灌流液中 Ca⁺⁺浓度升高时，可使复极化 2 期 Ca⁺⁺内流加速，使平台期缩短，复极过程加速，即心肌的有效不应期和动作电位时间均缩短，加之此时窦房结 P 细胞的自律性升高，所以出现舒张不完全的现象。另一种解释，舒张时，肌浆中的 Ca⁺⁺高于 10⁻⁷M 时，则与 Ca⁺⁺结合的肌钙蛋白不能恢复原来的构型，位阻效应不能恢复，所以心肌完全不能舒张。
- 4、心跳减慢减弱，甚至处于停搏状态。这是由于：①细胞外钾过高则膜内外的钾浓差减小因而 K⁺外流减少，由于静息电位过小，Na⁺通道不能被激活，心肌细胞兴奋性降低甚至消失。②由于静息电位减小，动作电位 0 期除极速度和幅度降低，兴奋传导减慢，产生传导阻滞。③细胞外钾升高，钾和钙在心肌细胞膜上有互相竞争作用，于是在动作电位过程中钙内流减少，兴奋—收缩偶联减弱，收缩性降低。所以高钾会出现心动过缓，传导阻滞，收缩力下降，甚至停搏。
- 5、心跳频率加快(60 次/分左右)，收缩力明显加强。这是由于肾上腺素与心肌细胞膜上的 β₁ 受体结合后，通过细胞内的环一磷酸腺苷的第二信使作用，使细胞膜对 K⁺的通透性下降而对 Ca⁺⁺的通透性增高，一方面使慢反应自律细胞舒张期自动除极加速，自律性升高，心跳频率增快；另一方面，由于 Ca⁺⁺内流加速，心肌的兴奋—收缩偶联过程加强，结果使心肌收缩力加强。
- 6、心跳明显减慢减弱。其原因是：①乙酰胆碱与心肌细胞膜上的 M 型胆碱能受体结合后，使心肌细胞膜对 K⁺的通透性增高，结果是 K⁺外流加速，窦房结 P 细胞舒张期最大电位值增大，呈现超极化状态，由静息电位到达阈电位的距离增大。更重要的是窦房结 P 细胞舒张期自动除极速度由于膜对 K⁺的通透性增高而减慢，因而出现心率减慢现象。②细胞膜对 K⁺的通透性增高，使

心室肌和心房肌动作电位时程(特别是 2 时相和 3 时相)缩短,而 Ca^{++} 主要是在动作电位 2 时相内流到细胞内的,所以, Ca^{++} 内流量减少,心肌的兴奋—收缩偶联过程减弱,故心肌的收缩力减弱。

7、当灌流液中加入 3% 乳酸溶液 2 滴后,心肌收缩力明显减弱,紧接着心搏停止,当加入 2.5% NaHCO_3 溶液 2 滴后,心搏曲线又恢复正常。前者产生的原因是由于灌流液中的 H^+ 浓度升高,而 H^+ 在心肌的兴奋—收缩偶联过程中与 Ca^{++} 有竞争作用, H^+ 浓度增加可以取代心肌中与肌钙蛋白结合的 Ca^{++} ,从而使收缩力减弱甚至不能收缩而停搏。当加入 2.5% NaHCO_3 2 滴后,由于 NaHCO_3 中和了乳酸,溶液中 H^+ 浓度下降,细胞内 H^+ 减少,解除 H^+ 对 Ca^{++} 的竞争作用, Ca^{++} 与肌钙蛋白结合增加,心肌收缩力得到恢复。

[结论]

- 1、离体蛙心在适当的环境中,仍能自动地产生节律性收缩和舒张。
- 2、内外环境相对恒定是维持心脏自律性的必要条件。
- 3、肾上腺素能使心率加快,心肌收缩力加强,乙酰胆碱对心肌的作用效果则相反。

[注意事项]

- 1、于心缩期,半月瓣打开时将插管插入心室。插管不可插得太深,以免心室壁堵塞插管下口。
- 2、插管后立即用任氏液冲洗干净,防止凝血,然后保持一定水平的灌注液,使初长一致。
- 3、摘取心脏时,切勿损伤静脉窦。
- 4、加药滴管专用,效果明显后马上冲洗,以免心肌受损。下一步实验需待心跳恢复正常后才能进行。

[思考题]氯化钾溶液为什么不能给人静脉推注?氯化钙溶液为什么静脉推注时要缓慢?

实验十六 蛙心电图描记

[目的要求]观察心电图来源,理解容积导体概念;观察心电图波形和记录方法。

[提问]心电图记录为什么可在体表记录?

[原理]心脏在体内处于体液所构成的容积导体中,当心肌兴奋发生除极和复极时,体液作为容积导体可将心电图变化传导到体表,因此,引导电极置于体表不同部位,可以记录心电图变化,即心电图。

[实验用品]SR—54 或 SBD—6 超低频双线示波器、生物电前置放大器、蛙类手术器械、小号鳄鱼夹、注射针头、培养皿、任氏液。

[实验对象]蟾蜍或蛙。

[方法步骤]

- 1、破坏蛙脑脊髓,固定蛙于蛙板上,剪开胸腔和心包,可见节律搏动的蛙心。
- 2、连接和调控仪器

(1)模拟标准 II 导联:将前置放大器的引导输入线记录电极(红色),连接刺入左后肢皮肤的注射针头(朝向心尖),无关电极(黄色)连接刺入右前肢皮肤的针头,接地线(黑色)同法连于右后肢。把引导输入线的另一端连至前置放大器的输入插口,前置放大器的输出线与示波器的输入线的上线或下线(红对红,黑对黑)连接,(如图 16)

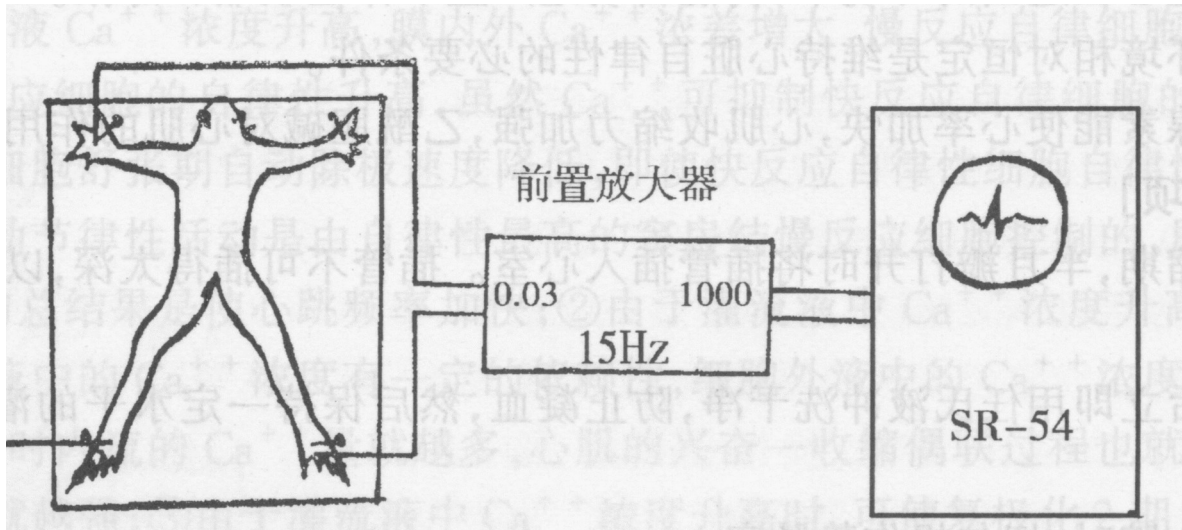


图 16 蛙心电图捕记装置示意图

(2)前置放大器和示波器调控。

前置放大器：采用参数选择输入 0.03，滤波 15Hz，增益 1 千至 2 千。

SR—54 超低频双线示波器：扫描速度 0.5—1s/cm，灵敏度置 1v/cm。

【观察项目】

1、以上各步完成后，开启电源，描记在体蛙心电图形，分辨心房和心室除极波，分辨向上或向下波。

2、用眼科镊或蛙心夹夹起心尖，观察静脉窦，在静脉下方剪断腔静脉及周围组织(注意静脉窦必须完好保留在心脏上)。游离蛙心置于预先盛有任氏液的培养皿内，观察示波器有无心电图形？

3、按原位将心脏放入胸腔中，再观察示波屏上心电图形。

4、将心脏倒置在胸腔内(心尖朝上)，观察心电图形。

5、将心脏移出胸腔，置于盛有任氏液的培养皿内，电极按标准 II 导联通过小鳄鱼夹夹在置有棉花的培养皿边上，观察心电图形。

6、将培养皿内任氏液换为石蜡油，再观察有无心电图？

【实验结果】

1、在体心脏体液容积导体可引出心电图，心电图形上可分辨心房和心室的除极与复极过程。

2、游离蛙心后，示波器上无心电图形，将蛙心放回原位，示波器上又重现波形。

3、将心脏倒置在胸腔内，则波形倒置。

4、离体心脏用任氏液模拟容积导体，可描出心电图变化。

【结果分析】机体的组织、体液或任氏液都可以导电，蛙体可视为一个具有长、宽、厚三度空间的“容积导体”，心脏就处于这个导体的内部，因此当心脏兴奋时，电变化可通过周围导电液体传到体表再通过引导电极输入示波器，除去蛙心后因无心脏产生故不出现波形；因蛙心兴奋起自静脉窦，心尖朝上放时，改变了综合向量的方向，因而波形倒置。

【结论】

1、心脏的生物电变化，可通过导电液体传导。

2、心电图形，可反映出心脏位置。

【注意事项】

1、各种电生理仪器接触应良好。

2、前置放大器内电池电源应充足。

3、接地必须良好，尽量排除干扰。

4、取出心脏切勿伤及静脉窦。

5、如遇低温天寒情况，可先将蟾蜍或蛙浸泳温水中 15 分钟，所用任氏液加热至 30℃左右。

【思考题】游离蛙心置于盛有任氏液的培养皿中，为什么也能引导出心电波形？

实验十七 人体心电图的描记

【目的要求】学习人体心电图描记中的有关线路连接和心电图机表面按钮、开关等的基本作用及使用，辨认正常心电图的主要波形及了解其生理意义。

【提问】何谓心电图？

【原理】心脏在机械收缩之前，心肌先发生兴奋。在其兴奋过程中，可产生微弱的电流(0.000001 安培，2—3mV)自心脏向身体各部传导。由于心电瞬时综合向量不同，电流的方向与身体各部的角度不同，周围组织与心脏的距离不等，以及身体各部电解质含量的差异，使不同的体表部位表现出不同的电位变化。将体表任其两点连以电流计，则可见电流计指针随心脏搏动出现规律的偏转，说明有一可测知的电流通过。利用临床上常用的心电图机，在体表按一定的引导方法把这些电流变化记录下来所得的图形就是心电图。故心电图产生的基础是：①心脏兴奋与恢复过程的电变化。由于兴奋部位与静息部位间存在着电位差，故形成了局部电流，电流的运动则产生了去极波传导出去，既有一定的电力，也有一定的方向。②容积导体。心脏周围的组织和体液都可以导电，故人体是一个“容积导体”，心脏兴奋时，可从体表记录出电变化。

【实验用品】心电图机、生理盐水或导电膏(电极糊)、分规、放大镜。

【实验对象】人。

【方法步骤】

1、接好心电图机的电源线、地线和导联线，打开电源开关，预热 2—3 分钟。

2、受试者静卧检查床上，放松肌肉，在手腕、足跟和胸前安放好引导电极，接上导联线。为了保证引导电极导电良好，可放置引导电极部位涂少许生理盐水(或导电膏)。导联线的连接方法是：红色——右手、黄色——左手、绿色——左足、黑色——右足(接地)、白色——心前导联。四肢引导电极的安放应选肌肉较少部位，一般是腕关节屈侧和踝关节内踝上约 3cm。

3、调节基线：旋动基线调节按钮，使基线位于适当位置。

4、校准标准电压：1mV 标准电压推动描笔向上移动 10mm。

5、依次记录 I、II、III、aVR、aVL、aVF、VI、V2、V3、V4、V5、V6 等导联的心电图。

6、记录完毕后，松解电极擦净，将各控制按钮转回原处，最后切断电源。取下记录纸，标明导联及受试者姓名、性别、年龄及日期。

【观察项目及结果分析】

1、电源线、导联线路的正确连接。

2、心电图描记基线和最高波峰情况，以随时调节描笔基线。

3、选择标准 II 导联记录的波形进行分析：

(1)辨认波形：辨认出 P 波、QRS 波群，T 波和 P—R 间期，Q—T 间期。

(2)测量波幅和时间：用分规测量 P 波，QRS 波群、T 波的时间和电压，并测出 P—R 间期和 Q—T 间期的时间。

(3)测定心率：测量相邻的两个心动周期中的 P 波和 P 波间隔时间或 R 波和 R 波间隔时间，按下列公式计算求出心率：心率= 次/分

(4)分析心率：P 波存在，且 P 波在工、II、V5、V6 导联中直立，aVR 导联中倒置，P—R 间期等于或超过 0.12 秒为窦性心律；在同一描记的心电图中，任何两个最大的 P—R 间期和最小的 P—R 间期相差在 0.12 秒以上称为窦性心律不齐。

【结论】

- 1、体表能描记到心电的变化。
- 2、根据心电图各波产生的原理，心电图应能反映心搏起点、传导机能、房室的肥大和心肌损伤等方面的情况。

【注意事项】

1、心电图描记中，每更换一导联，均须观察基线是否平稳，如基线不稳和有最高波峰超出记录纸，均应调整基线位置。走纸速度应根据心率选用，一般为 25mm/s，心率过快可用 50mm/s。

2、连接线路时，切勿将电源线、导联线和地线等相互搞错。

【异常现象讨论】

1、基线不稳：可通过观测 S—T 段的偏移情况来判定。出现基线不稳应注意受检者有否过度呼吸、肢体运动、电极固定过松和机件预热不足等。如这些因素均可排除，则可考虑交流电干扰和心电图机本身的故障。

2、交流电干扰：通常可出现小的锯齿波(2 个波/1 小格)。这应检查心电图机周围有无强大带电器材、地线接地是否良好、电极板与皮肤有无接触不良及导联线或电路有无离断等。

3、肌肉震颤：受检者肌肉震颤亦可出现不规则小波，有该情况时应注意电极固定是否过紧、室温是否过低、精神是否紧张以及甲状腺机能亢进，神经官能症等。

【思考题】心电图是反映心脏的生物电变化还是心肌收缩力的改变?各主要波段的意义及产生原理如何?

实验十八 人体心音听取

【目的要求】学习心音听诊方法，了解正常心音的特点，掌握心脏瓣膜听诊区位置和初步学会区分第一、第二心音。

【提问】① 何谓心动周期?② 心音是如何产生的?

【原理】心动周期中，心脏内部发生的一系列变化以及血液的流动(或返流)所产生的振动就形成了心音。心音的音响可经胸壁传导，故用听诊器在胸前壁上能听到心音。第一心音相当于收缩期，第二心音相当于心室舒张期。在儿童和青年，有时还可听到第三心音。由于心音的产生位置和传导方向、远近的不同，心脏各瓣膜发生的音响，常在相应的体表部位听的最清楚，这些部位称作瓣膜听诊区。各瓣膜听诊区其实际解剖部位并非完全一致，这主要与心音沿血液流动方向传导有关。

【实验用品】听诊器。

【实验对象】人。

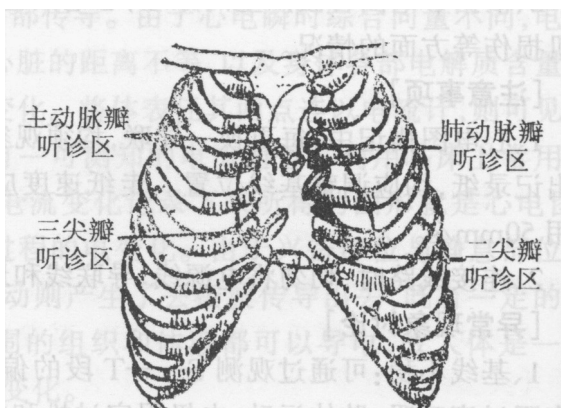
【方法步骤】

1、确定听诊部位：①受试者解开上衣，面向亮处坐好，检查者坐其对面。②肉眼观察(或用手触诊)受试者心尖搏动位置与范围是否正常。③认清心音听诊各瓣膜听诊区(见图 17)：

二尖瓣听诊区：在第五肋间左锁骨中线稍内侧(心尖部)。

三尖瓣听诊区：胸骨右缘第四肋间或胸骨剑突下。

主动脉瓣听诊区：胸骨右缘第二肋间。胸骨左缘第二肋间为主动脉瓣第一听诊区(又称第五点)。



肺动脉瓣听诊区：胸骨左缘第二肋间。

2、听心音：①检查者戴好听诊器，以右手的拇指、食指和中指轻持听诊器头(胸件)，置于上述听诊部位，顺次进行听诊(通常是二尖瓣—主动脉瓣—肺动脉瓣—三尖瓣)，在胸前壁各部位均可听到两个心音。②边听心音边用手指触诊心尖搏动或颈动脉搏动。根据两个心音的音调、持续时间、与心尖搏动的关系等仔细区分第一、第二心音。⑧比较不同听诊部位两心音的强弱情况。

【观察项目】

- 1、心尖搏动的部位及范围。在听诊中观察心尖搏动与第一心音间的时间关系。
- 2、认清各心脏瓣膜听诊区。

【实验结果】在胸前壁上听取了第一心音与第二心音。

【结果分析】

1、第一、二心音的产生：第一心音相当于心室收缩开始，故第一心音应是由心室的收缩；血流急速冲击房室瓣关闭并返折；室内压升高，瓣膜叶片及腱索的紧张和血流自心室冲出撞击主动脉根部等一系列变化所致的振动引起的。第二心音相当于心室舒张开始，是由于主动脉瓣、肺动脉瓣的迅速关闭，动脉内血液返流冲击主动脉和肺动脉壁根部及心室内壁振动产生的。

2、第一、二心音的辨别：

	音调	持续时间	间隔时间	最显部位	与心尖、颈动脉搏动的关系
第一心音	较低	较长(0.10S)	与第二心音间隔较短	心尖	一致
第二心音	较高	较短(0.08S)	与下一周期第一心音间隔较长	心底	搏动之后

【结论】借助听诊器于胸前壁的一定部位能清楚地听到心音。

【注意事项】

- 1、实验中应安静，以免影响听诊效果。
- 2、听诊时，注意听诊器耳件弯曲方面应与外耳道斜度相一致。听诊器连接胶管不得交叉和扭结。操作中应尽量减少胸件与胸壁、连接胶管等的摩擦，以免影响听诊。

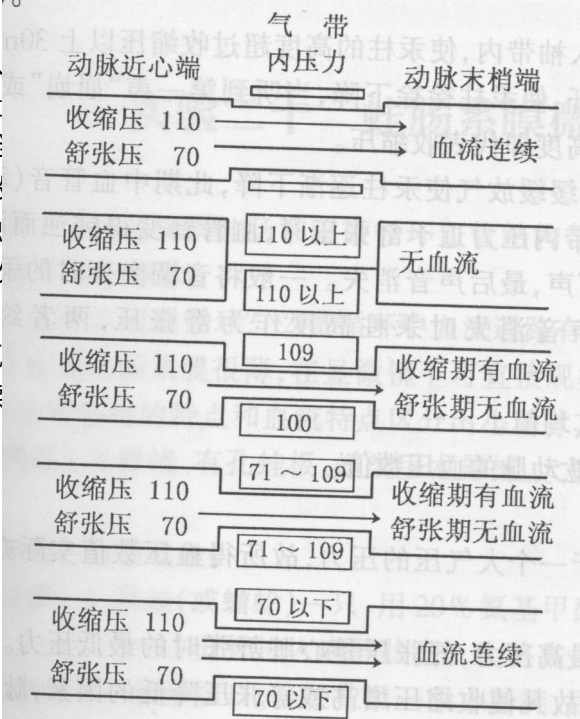
【思考题】根据第一、二心音在心动周期中产生的时期，分析第一、二心音与心动周期中心脏内部变化的关系。

实验十九 人体动脉血压的测量

【目的要求】学习间接测定动脉血压的方法。初步掌握血压计的正确使用和肱动脉血压的测定。

【提问】①。什么叫血压？②形成血压的前提与基本因素是什么？

【原理】的。它是以来进行测量发出声音。压)时，此段声音，也触过(仅在心脏的振动音。如继续放气期都呈连续图 18)。



所必须的压力来测定该动脉内的血压。于受压动脉的远端听取血管音的变化。经过变窄的血管段时则形成涡流，可其压力超过动脉中的最高压力(即收缩压)时，动脉血流开始能通过狭窄的动脉段时产生涡流而形成血管壁音时压力计上所指示的压力为收缩压。动脉内的血流不论在心收缩期和舒张期压力计上所指示的压力即为舒张压(见图 18)。



【实验用品】听诊器、血压计。

【实验对象】人。

【方法步骤】

1、熟悉血压计结构：通常使用的是汞柱血压计，它由检压计、袖带(压脉带、气袖)、气球三部分组成。检压计是一个标有 0—300mmHg(40Kpa)刻度的玻璃管，上端通大气，下端与水银储槽相通。袖带是个外包布套的长方形橡皮囊，借橡皮管分别与检压计的水银储槽及气球相通。气球是一个带有螺丝帽的球状橡皮囊，供充气 and 放气之用。

还有弹簧式(表式)血压计，其结构与汞柱血压计基本相似，仅检压计是由弹簧带动指针来指示所测的血压数值。

近来还有电子血压计，其测压原理和方法与汞柱血压计基本相似。所不同者是用微音代替听诊器检拾血管音，通过换能将血管音变为闪光，再根据闪光指示来定出动脉血压值。第一次出现闪光时的血压表指示值为收缩压，最后一次闪光指示值则为舒张压。

2、测量方法：以肱动脉血压测量为例。

(1)先使受试者安静休息 5—10 分钟，然后取坐位或卧位，手臂必须裸露，轻度弯曲外展，保持完全松弛，衣袖太紧时应脱去上衣。坐位时，须适当抬高前臂使与心脏在同一水平。

(2)缚袖带前应将橡皮带内气体完全压出，然后将袖带缠于肘上约 2—3cm 处，缠绕不宜过紧。如前臂静脉充盈过度，则需抬高手臂使静脉充分回流后再缠袖带。

(3)血压计应放平，测量前汞柱应在“0”位，

(4)测试者戴上听诊器，务使耳塞弯曲方向与外耳道一致。

(5)受试者的肘窝内侧先用手触摸及肱动脉搏动，再将听诊器的胸件置肱动脉搏动处以便听诊。

【观察项目】

1、收缩压：用橡皮球将空气打入袖带内，使汞柱的高度超过收缩压以上 30mmHg。此后，将打气球上的放气活栓稍许打开，使汞柱徐徐下降，当听到第一声“崩崩”或“都都”样动脉音时，血压计上所示水银柱的高度即代表收缩压。

2、舒张压：测得收缩压后，继续缓缓放气使汞柱逐渐下降，此期中血管音(动脉音)的响度和性质有一系列的变化，当袖带内压力近于舒张压时，血管音变得钝浊而沉闷，从原来的“都——都”音变为“突——突”声，最后声音消失。一般将音调突变时的汞柱高度作为舒张压。(但美、日等国则以声音消失时汞柱高度作为舒张压，两者约相差 5—10mmHg)。

连续测定三次，记录结果，取其均值。

【实验结果】测得了正常成人肱动脉的血压数值。

【结果分析】

1、测定血压时的外加压是大于一个大气压的压力，故所得血压数值实际亦是大于一个大气压的数值。

2、收缩压是心脏收缩期中的最高压力，舒张压是心脏舒张时的最低压力。而脉压则反映着收缩压与舒张压间的距离，故凡使收缩压增高或舒张压降低的因素，脉压可增大；反之使收缩压降低或舒张压增高的因素则可使脉压变小。

【结论】人体动脉血压可用间接方法测定。

【注意事项】

- 1、实验中务使室内保持安静，以利听诊。
- 2、检压计“0”位，被检测血压部位与受检者心脏位置三者应基本在同一水平上。
- 3、缠绕袖带时松紧要适宜，并不能让其折叠或扭转。
- 4、测定血压时，首先注意检压计水银是否达“0”位，如有遗漏应增补水银。其次是放气应缓慢。如需重复测定血压时，应先将袖带内气体完全排出，使汞柱复回到“0”位，应让受试者休息10分钟后再测，

【异常现象讨论】

1、左、右、臂的血压可有10mmHg左右的差异，这可能与肌肉的发达程度和动脉的分支情况不同有关。

2、无音带(听诊无音间隙)：于收缩压以下10—30mmHg可有一度出现的动脉音随减压而消失，继续减压又复听到声音，此即为无音带。这多见于高血压患者，常与肢体动脉硬化有关。血压测定时遇此现象，应注意听诊法与触诊法相结合，以便正确测出血压值。

3、袖带的幅宽不同其测得血压值亦有差异，常是袖带幅宽过小者所测血压值偏低，反之幅宽过大者所测得血压值偏高。这可能与袖带对动脉压力作用的分散和集中有关。一般袖带的标准幅宽为较血压测定部位的直径大20%(美国血压测定标准委员会，1951)，故成人上臂用袖带为12—14cm，大腿用的为18cm，4—8岁儿童上臂用的为8—9cm。而世界卫生组织的高血压流行病学委员会规定成人上臂用袖带幅宽至少14cm。

【思考题】根据你实验组几位同学的肱动脉血压值分析脉压变化与收缩压和舒张压的关系。

实验二十 蛙肠系膜微循环观察

【目的要求】通过观察蛙肠系膜微循环血管结构与血流情况以区分微循环内部的小动脉、毛细血管和小静脉。

【提问】① 什么叫微循环?② 微循环中血流通路有哪些?

【原理】蛙类的肠系膜很薄，在显微镜下可直接观察其血液循环。这样在观察中，可根据微循环血管结构的特点和血流特点区分出小动脉，毛细血管和小静脉。

【实验用品】显微镜、有孔蛙板、蛙类手术器械、大头针、20%氨基甲酸乙酯溶液、任氏液等。

【实验对象】蟾蜍或蛙。

【方法步骤】1、取蛙(或蟾蜍)一只，用20%氨基甲酸乙酯进行下淋巴囊注射，剂量是每克体重2克，约10—15分钟进入麻醉状态。2、将蛙固定在蛙板上(背位或腹位均可)，于下腹部旁侧剪开一长形切口，轻轻拉出一段小肠袢，用大头针数枚将肠系膜展开并固定于有孔蛙板上(图19)

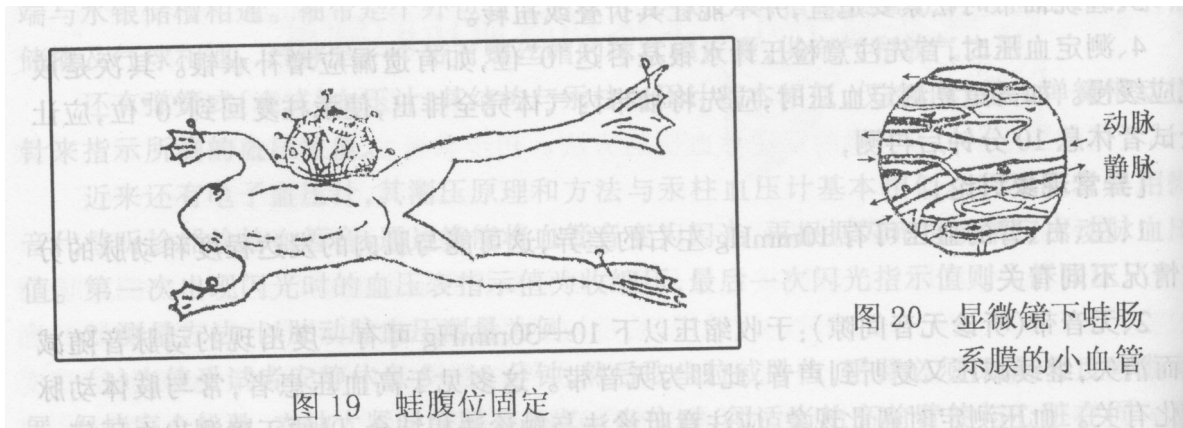


图 19 蛙腹位固定

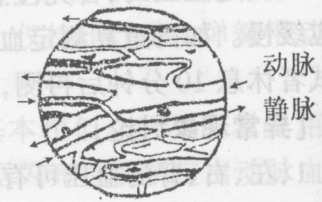


图 20 显微镜下蛙肠系膜的小血管

备以显微镜观察。手术过程中要避免出血。为防止肠系膜干燥，需常以任氏液湿润，但也不宜滴得太多。3、将蛙板置显微镜载物台上，物镜对准展开之肠系膜，在低倍镜下进行观察(图 20)。

【观察项目】在低倍显微镜下观察微循环结构中血管的厚薄、运动的情况和血流的方向、颜色及速度等。

【实验结果】在显微镜下观察到微循环血管结构特点和血流特点(见附表)。

【结果分析】1、根据实验结果附表的内容区分小动脉、毛细血管和小静脉。2、液体的轴流现象大致是这样形成的：(1)液体在管道中稳定流动时，由于内部摩擦力的不同，管中心摩擦力小，流速最快，距离中心越远流速越慢。(2)速度大处压强小，正是由于上述存在的流速梯度，故在血管壁附近的压强最大，管中心的压强最小。这样，在一血管中的任一血细胞则受到一自血管壁垂直指向管轴的附加压力，称伯努利力，在这种力的作用下，形成轴流现象。

显微镜下微循环血管结构特点和血流特点

	动 脉	小动脉	毛细血管	小静脉	静 脉
血管壁	厚，有肌层	薄，有平滑肌纤维	极薄，透明或不见	薄，膜状	有肌层
血管口径	大	小	极小，仅一个血细胞通过	小	大
血流方向	由主干向分枝	由主干向分枝	由小动脉向小静脉	由分枝向主干	由分枝向主干
血液颜色	鲜 红	鲜 红	红黄透亮	暗 红	暗 红
血流速度及特点	快，有轴流有搏动	快，可有轴流有搏动	慢，可见血细胞形态	较慢均匀	快，均匀

【结论】

1、光学显微镜下可观察到活体蛙肠系膜上微循环的基本结构。

2、根据微循环结构的特点和血流情况可区分小动脉、毛细血管和小静脉。

【注意事项】

1、大头针固定肠系膜时，不可拉的太紧，以免撕破血管和阻断血流。应尽量避免出血，如有出血，应尽快擦去。

2、注意正确使用显微镜。

【思考题】显微镜下如何区分小动脉、小静脉和毛细血管？

实验二十一 哺乳动物血压的调节

【目的要求】学习直接测定和记录动脉血压的急性实验方法；观察家兔颈部迷走神经、交感神经对心脏与血管活动的影响；验证心脏与血管活动的神经调节和体液调节；理解血压的概念和血压形成及影响血压的因素。

【提问】影响动脉血压的因素有哪些？

【原理】正常情况下，机体动脉血压是相对恒定的。这种相对恒定性主要靠神经系统的调节，调节动脉血压最基本的反射是颈动脉窦和主动脉弓减压反射；体液性因素也起到一定的作用。当改变内外环境的某些因素时，动脉血压就会发生相应的变化。

本实验用液体传导系统直接测定动脉血压。即由动脉导管、乳胶管及水银检压计相互联通，其内充满抗凝液体，构成液体传导系统。将动脉套管插入动脉内，动脉内的压力及其变化，通过密闭的液体传导系统传递压力，反映在水银检压计上从水银面的上下移动就可记录出血压的波动曲线。

【实验用品】兔手术台、常规手术器械一套、眼科剪、动脉夹、双凹夹、万能支架、保护电极、气管插管、兔动脉导管、水银检压计、注射器、电动双记纹鼓、电刺激器或感应电刺激器、电磁标、记时器、有色丝线、5%枸橼酸钠、生理盐水、20%氨基甲酸乙酯、肝素 300 单位/毫升(如不用肝素抗凝，可用 10%枸橼酸钠与等量的饱和碳酸氢钠混合，抗凝效果也较好)。0.01%肾上腺素、0.01%去甲。肾上腺素、血压换能器、多道仪。

【实验对象】家兔。

【方法步骤】

1、实验装置：水银检压计是一个有刻度标记的“U”形玻璃管，管内装水银。在管的一端水银面上加一浮标。浮标上有伸出管外的铝丝，铝丝上垂直装置笔杆。管的另一端有两个侧管：下侧管通过乳胶管接塑料三通管、再连动脉套管；上侧管供制压时排除管内空气用。当动脉导管插入动脉后，其压力变化使水银面及浮标上下移动，笔尖便在鼓面上记录。

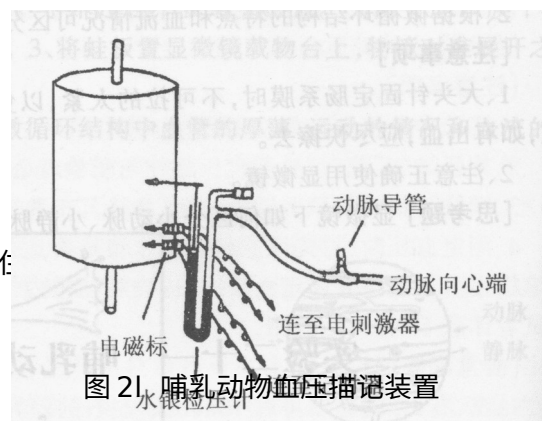
如图 21 安装好水银检压计与两个电磁标，上电磁标连电刺激器，作刺激记号，下电磁标接记时器，作时间记号。注意：①水银检压计之零点应与动物的心脏在同一水平；②水银检压计在零位时，其笔尖应与作刺激记号的电磁标笔尖重叠于一点，这样刺激记号的基线即代表血压的零线。

水银检压计制压法：将水银检压计下侧管与动脉套管之间的塑料三通管侧管连上装满枸橼酸钠溶液注射器。用止血钳先夹住动脉套管一侧的乳胶管，再将枸橼酸钠溶液注入乳胶管内，使管内的气体从水银检压计上侧管全部驱出，然后夹住上侧管。继续向管内推注溶液，使水银面上升至 90--100mmHg 刻度处，立即用另一止血钳夹住检压计一侧的乳胶管。取下前一止血钳，将溶液继续注入管内，使动脉套管内无气泡残留。最后夹住塑料三通管的侧管，取下注射器。

2、手术过程：

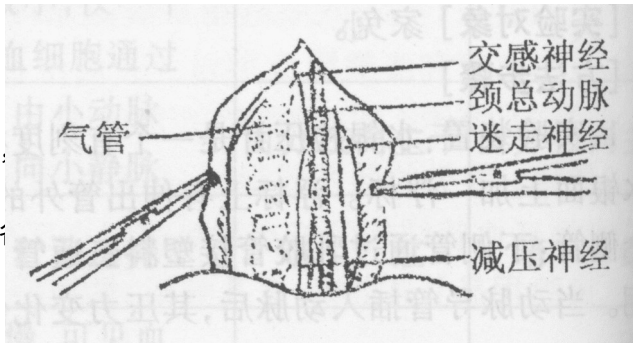
(1)动物麻醉与固定：从家兔耳缘静脉注射 20%氨基甲酸乙酯 1g/Kg 体重进行麻醉。注射时速度要慢，并注意观察动物的情况。当四肢松软，呼吸变深变慢，角膜反射迟钝时，表明已被麻醉，即可停止注射。将动物仰卧固定于兔手术台上，并将兔手术台底面的电灯打开以作保温用，然后将颈部手术野的被毛剪去，即可进行手术。

(2)颈部神经血管分离术：在气管两侧见到与气管平行的神经与颈总动脉被结缔组织膜束在一起，形成血管神经束(这束神经中包含有迷走神经、交感神经及减压神经)位于气管外侧，其腹面



被胸骨舌骨肌和胸骨甲状肌所覆盖。用止血钳分离上述肌肉之间的结缔组织后，用右手轻轻捏住分离的肌肉和皮肤，稍向外翻，即可将血管神经束翻于食指之上。然后用弯头止血钳分离颈总动脉外的结缔组织膜，将动脉分离约4cm，穿线备用。注意：①在分离及穿线时，切勿损伤与其伴行的神经；②在颈总动脉近甲状腺处有甲状腺前动脉，分离时应稍靠下方，以防损伤。用同样方法分离另一侧颈总动脉，穿线备用。

轻轻提起左侧颈总动脉下的线，即可清楚看到三条粗细不同的神经(见图22)。迷走神经最粗，呈白色，一般位于外侧，易于识别。交感神经稍细，略呈灰色，一般位于内侧。减压神经最细，呈白色，一般位于迷走神经和交感神经之间。识别准确后，用玻璃针小心分离其外的结缔组织膜。一般先分离减压神经，然后再分离交感神经和迷走神经。神经由周围组织中分离出2—3cm，在每条神经下穿一根不同颜色的线以便区别。颈总动脉下亦穿一条线备用。本实验可分离左侧颈总动脉以测量血压，神经则分离右侧作刺激用。右侧颈总动脉也要分离好，准备夹闭时用。在上述手术过程中均需注意及时止血。

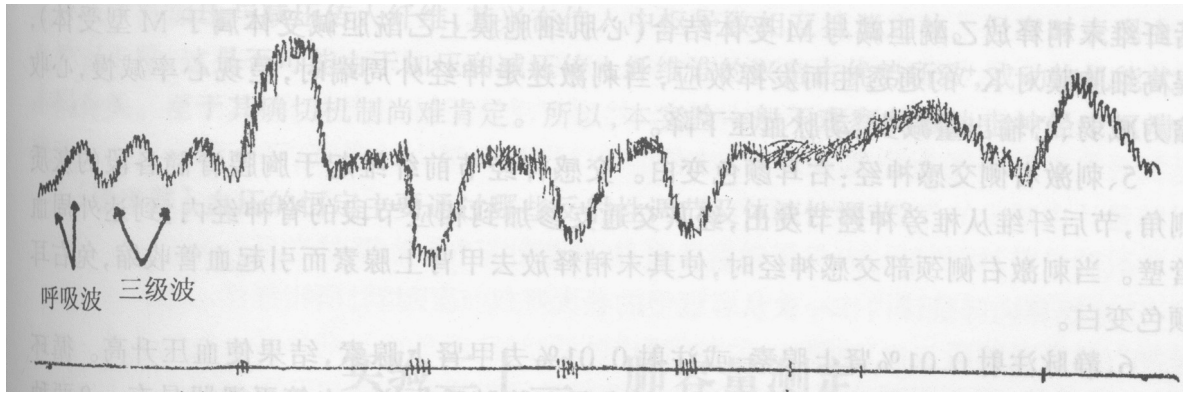


(3)动脉套管插入法：插管前应先检查套管有无破裂，其前端管径粗细是否合适，套管开口处是否光滑，选择合适。在分离出来的左侧颈总动脉的远心端(尽可能靠近头端)，用丝线将动脉结扎。在颈总动脉之近心端(尽可能靠近心端)，用动脉夹将动脉夹住。于两者之间另穿一线，打一活结。在紧靠近结扎处的稍下方用锐利的眼科剪在动脉上做一斜行切口(注意：不可只剪开外膜，也切勿将整个动脉剪断，切口大小约为管径的一半)，将准备好的动脉套管由切口向心脏方向插入动脉管。用备用线将套管尖端固定于动脉管内，并将余线结扎于套管的侧管上(注意：套管应与血管方向一致，且将套管放置稳妥，适当固定，以免扭转)。最后从耳缘静脉注入肝素(1000单位/Kg体重)，以防血凝。肝素注射完毕后一分钟左右方可打开动脉夹，即见有血液自动脉内冲入动脉套管，同时检压计上的笔尖也随之上下移动。调整笔尖与记纹鼓的接触紧密程度，使笔尖既能移动自如，又能在纸面上描出清晰的曲线。

【观察项目】

- 1、描记一段正常的血压曲线。识别一级波(心波)、二级波(呼吸波)与三级波。
- 2、提起右侧颈总动脉的引线，以动脉夹夹闭10—15秒钟，观察记录血压之变化。
- 3、调节电刺激器的输出强度与频率于中等程度，输出端接一保护电极刺激右侧减压神经(不切断)，观察血压的变化。然后进行双结扎，切断。再以同样强度的电流依次刺激减压神经的中枢段和外周段，观察记录血压有何变化。
- 4、剪断右侧迷走神经，用同样强度的电流刺激其外周段，观察记录血压变化。
- 5、先观察比较两耳血管网情况，再结扎右侧颈部交感神经，并于结扎线的外周端剪断该神经，等待片刻后再比较左右两耳血管的扩张程度(以血管网的密度为指标)。然后用上述电流强度刺激已切断的交感神经向中端，观察右耳血管扩张程度的变化。
- 6、耳缘静脉注入0.01%肾上腺素0.5ml，观察记录血压有何变化。恢复后耳缘静脉注入0.01%去甲肾上腺素0.3ml，观察记录血压有何变化。
- 7、股动脉放血与快速输液，分别观察其血压变化。

【实验结果】(见图23)



夹闭右侧 电刺激迷走神经 电刺激 电刺激减压 电刺激减压 静脉注入 静脉注射
 颈总动脉 末梢端 减压神经 神经中枢端 神经末梢端 肾上腺素 去甲肾上腺素

【结果分析】

1、正常血压曲线

(1)心波(一级心波):由心脏舒缩而引起的血压波动,与心率一致。在家兔因心率过快,水银检压计惯性过大,比较难以观察到。

(2)呼吸波(二级波)由呼吸时肺的张缩所引起的血压波动。故与呼吸节律一致。

(3)三级波:有时可以看到,产生原因未完全清楚,有人认为是由血管运动中枢紧张性周期性变化所引起。

2、夹闭右侧颈总动脉:血压升高,心跳加快。当夹闭颈总动脉时,使颈总动脉血流阻断。颈总动脉血压下降,对颈动脉窦压力感受器的刺激减少,因而传入冲动的频率减少,使心迷走中枢活动下降,心交感中枢活动加强,缩血管中枢活动增强。结果使心跳加快加强,心输出量增加,外周血管收缩,血流阻力增加,全身动脉血压升高。

3、电刺激减压神经:血压下降。减压神经是主动脉弓压力感受器的传入纤维在颈部自成一束,称减压神经,在颅底并入迷走神经干投射到脑干心、血管中枢。所以,电刺激未剪断和已剪断的减压神经中枢端时均使血压下降,而刺激已剪断的外周端则无明显反应。

当电刺激减压神经时,相当于压力感受器所受的牵张刺激增强,使之传入脑干。心血管中枢的冲动增加,使心交感中枢的紧张性降低,由心交感神经传到心脏的冲动减少;与此同时,心迷走中枢紧张性增加,由迷走神经传到心脏的冲动增多,导致心率减慢,心收缩力减弱;还使交感缩血管中枢紧张性降低,由交感缩血管中枢传到外周血管的冲动减少,使大多数器官的阻力血管和容量血管管壁平滑肌松弛,以致外周阻力减少。心输出量与外周阻力都减少,动脉血压下降。

4、电刺激迷走神经外周端:血压下降。两侧心迷走神经的节前纤维起源于延髓的心迷走中枢,其传出纤维经及其心枝进入心脏后,与心内神经节细胞发生突触联系,大多数神经细胞位于窦房结和房室交界附近,节后纤维支配窦房结、心房肌、房室交界、房室束及其分支,其末梢释放递质乙酰胆碱(两侧迷走神经对心脏的支配区域不同,右侧迷走神经对窦房结的影响占优势。左侧迷走神经对房室交界组织的作用较明显)。心迷走神经节后纤维末梢释放乙酰胆碱与M受体结合(心肌细胞膜上乙酰胆碱受体属于M型受体),提高细胞膜对K⁺的通透性而发挥效应,当刺激迷走神经外周端时,呈现心率减慢,心收缩力减弱、心输出量减少、动脉血压下降。

5、刺激右侧交感神经:右耳颜色变白。交感神经节前纤维起于胸腰脊髓各段的灰质侧角,节后纤维从椎旁神经节发出,经灰交通支参加到相应节段的脊神经内,到达外周血管壁。当刺激右侧颈部交感神经时,使其末梢释放去甲肾上腺素而引起血管收缩,兔右耳颜色变白。

6、静脉注射0.01%肾上腺素,或注射0.01%去甲肾上腺素,结果使血压升高。循环血液中的肾上腺素和去甲肾上腺素主要是由肾上腺髓质分泌。血管平滑肌具有α、β两种肾上腺素能受体,

α 受体作用使血管平滑肌收缩(主要分布在肾、皮肤、内脏、肌肉的微动脉和皮肤,内脏的小静脉管壁平滑肌细胞膜上);贝塔受体的作用是使血管平滑肌松弛(主要分布在肌肉血管,少量分布在脂肪组织和肠血管平滑肌细胞膜上)。

肾上腺素与去甲肾上腺素对心血管的作用相类似,但有程度上的不同。肾上腺素既能激活 α 受体又能激活 β 受体,去甲肾上腺素主要激活 α 受体,对 β 受体的作用很小,两者都能加强心脏活动,增加心输出量,在这方面肾上腺素大于去甲肾上腺素,就血管来说,去甲肾上腺素对一般血管(除冠状血管),都有收缩作用;但小剂量的肾上腺素可使骨骼肌血管舒张,大剂量才使之收缩;肾上腺素与去甲肾上腺素两者均有升高血压的作用,但前者是通过于心输出量和心率的促进,后者则主要是增加外周阻力而实现的。

7、股静脉放血与快速输液:心血管系统是一个密闭的管道系统,必须有足够的血液充盈,才能产生血压。因此足够的血量是形成血压的前提。若有其它因素不变,当在股静脉放血20—30ml时,因失血而使循环血量减少,血压下降,然后又快速静脉输液,补偿失血量,可见血压逐渐恢复。

[结论]心、血管活动受神经和体液因素的影响。动脉血压是心、血管活动的重要指标。

[注意事项]

- 1、每一项实验后,须待血压基本恢复再进行下一项实验。
- 2、随时注意动脉套管的位置,特别是动物挣扎时,防止套管扭转而阻塞血流或戮穿血管。
- 3、随时注意动物麻醉深度。如实验时间过长,动物麻醉过浅,经常挣扎,可补注少量麻醉剂。
- 4、注意保温。深度麻醉可使外周血管扩张,体温下降,特别是冬季如保温不好,常引起动物死亡。

[异常现象讨论]

1、刺激减压神经血压不下降,其原因可能是:①分离减压神经不准确;②刺激强度不够,③动物反应机能欠佳。

2、注射肾上腺素或去甲肾上腺素血压不上升,其原因可能是:①药物失效;②药物注入耳血管外;③动物反应机能欠佳。

3、在实验中如果观察刺激迷走神经中枢端,大多表现血压无明显变化,这可能由于迷走神经含有加压与减压传人纤维,其兴奋传人中枢导致相互抵消之故。但有时表现血压上升或下降,这是否可能由于加压和减压传人纤维谁的兴奋占优势所致,或动物机能状态不同有关。至于其确切机制尚难肯定。所以,本实验一般不观察刺激迷走神经中枢端的效应。

[思考题]血压的恒定主要通过哪些反射性调节及体液性调节?

实验二十二 肺容量测定

[目的要求]学习肺量计的使用及肺容量的测定方法,理解肺量计测定肺活量的原理;要求每个同学都测出自己的肺活量值。

[提问]何谓潮气量、补吸气量、补呼气量、肺活量?其正常值各为多少?

[原理]肺的主要功能是进行气体交换。为了保证气体交换的正常进行,肺内气体必须与外界气体不断进行交换,因而进出肺的气量随肺容量而改变。利用肺量计可测定进出肺的气量便可知肺容量。

[实验用品]肺量计、鼻夹、75%酒精棉球。

[实验对象]人。

[方法步骤]

1、认识简单肺量计的结构和使用方法,简单肺量计的结构形式有几种,但基本结构主要是由二个对口套装的圆筒构成。外筒口向上,中心有一根与筒差不多高的通气管,垂直于筒底,并外

弯穿筒侧壁与外界相通，并有一活门开关，其末端接橡皮管连吹气口；内筒也称浮筒，直径稍小于外筒，倒装在外筒之内，其顶部中央有链索通过支柱上滑轮记量盘与平衡锤相连(或在平衡锤上带有指针与标尺相对应)。外筒装水后，通过吹气口向筒内吹气，浮筒上浮，筒内增加气体容量可由记量盘(或标尺)和指针读出(见图 24)。

2、测量前先将肺量计外筒内盛好水，水量约为外筒容量的 80%，套上浮筒，打开活门，并将其下沉至外筒底部，调整指针对准记量盘(或标尺)的刻度“0”位，然后关闭活门。

3、用 75%酒精棉球消毒吹气口，然后进行测定。

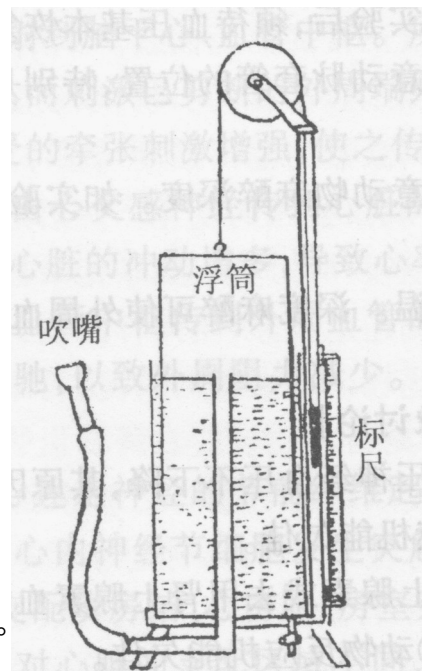
【观察项目】

1、潮气量：受试者在平和吸气之末，用鼻夹夹鼻或捏住鼻子，向肺量计做一次平和呼气，记量盘(或标尺上)指针所指读数即为潮气量。

2、补呼气量：将肺量计指针重新调整到“0”位，受试者在平和呼气之后，捏住鼻子向肺量计作一次最大的呼气，至不能再呼为止，此时指针所指读数即为补呼气量。

3、补吸气量：先将肺量计内气体排出，然后将浮筒上提，使筒内存有 300ml 新鲜空气。受试者在平和吸气之末，捏住鼻子，对准吹气口作最大努力的吸气，至不能再吸为止。此时肺量计内减少的气量即为补吸气量。

4、肺活量：将肺量计内气体完全排出，调整指针至“0”位，受试者尽力吸气至不能再吸时，迅速捏鼻向肺量计内作一次从容缓慢的最大呼气，记下指针所指刻度。次，取最大一次数量作肺活量值。



【实验结果】

观察项目	测得数值 (ml)
潮气量	
补呼气量	
补吸气量	
肺活量	

【结果分析】进出肺的气量随肺容量而变化。肺容量可反映肺通气的一些情况。在生理情况下，受年龄、性别、身材大小、测定体位、呼吸肌的力量、肺与胸廓的顺应性、运动等因素的影响。可将测出的数值与正常值比较是否正常。

【结论】进出肺的气量随肺容量而变化。测定肺容量的变化可了解肺通气的情况。

【注意事项】

- 1、每进行一个测定项目前，按实验调整指针位置。
- 2、排除肺量计内气体时，应打开活门，浮筒下降速度宜慢，否则水会从外筒上溢出。
- 3、受试者变换时，用 75%酒精棉球消毒吹气口，以防微生物互相传播。

【思考题】① 肺活量受哪些因素的影响?其测定有何意义?② 按下列公式计算你的肺活量。并与你所测得的肺活量进行比较，如果不低于 20%均属正常，如不正常请分析原因。男性：肺活量 = 2310 × 体表面积(m²)。女性：肺活量：1800 × 体表面积(m²)。体表面积(m²) = 0. 0016 × 身高(cm) + 0. 0128 × 体重(公斤) - 0. 1529。

实验二十三 呼吸运动的调节

【目的要求】观察并分析 CO_2 过多、缺 O_2 、 H^+ 浓度增加、切断迷走神经等刺激对呼吸运动的影响，学习动物呼吸运动的描记方法。

【提问】① 何谓呼吸运动?描记呼吸运动的方法有几种?② 什么叫肺通气量?肺通气量大小取决哪几方面?

【原理】呼吸运动有节律的进行并能适应机体代谢的需要，主要是通过神经和体液调节的结果 CO_2 和 O_2 等化学因素的改变可作用于呼吸中枢，也可通过化学感受器反射性地影响呼吸运动。肺牵张反射是调节呼吸运动正常节律的机制之一。实验中将插入动物气管的“Y”形管一侧开口端与呼吸描记气鼓相连，吸气时气鼓内气压下降，气鼓膜内陷，杠杆下降，呼气时气鼓内压升高，气鼓薄膜上凸，杠杆上举，从而记录出呼吸曲线。曲线由基线向下为吸气，向上为呼气。

【实验用品】记纹鼓、描记气鼓、电磁标、电刺激器、记时器、兔手术台、哺乳动物手术器械、“Y”形气管插管、10ml 注射器、2ml 注射器、钠石灰气囊、 CO_2 气袋、 N_2 气袋、橡皮管、20%氨基甲酸乙酯、纱布、线等。

【实验对象】兔。

【方法步骤】

1、麻醉：将兔称重，由耳缘静脉注入 20%氨基甲酸乙酯溶液(每公斤 5ml，即 $1\text{g}/\text{Kg}$)麻醉动物。

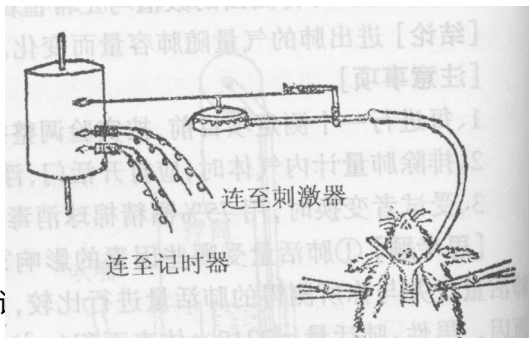
2、固定：麻醉后将兔背位固定于兔手术台上。

3、手术：用粗剪剪去颈部毛，继用手术刀沿兔颈正中切开皮肤 5—7cm，切开皮下组织，钝性分离肌肉，直至气管，用玻璃针在颈动脉旁分离出两侧的迷走神经，并穿线备用。

4、气管切开术：分离肌肉暴露气管后，再分离气管周围结缔组织，游离一小段气管，通过气管后方穿一线，然后在喉下方的气管上作一倒“T”形切口，如有粘液或血液，可用湿纱布拭去。最后夹住切口的一侧，将“Y”形管插入气管，用原先穿好的线将插管和气管扎紧，再把线绕过插管开叉处结扎住，以防插管从气管内滑出。

5、描记：将描记气鼓开口用橡皮管连接“Y”形插管一侧开口，另一开口用短橡皮管连接，调整其口径，并调节气鼓内空气适量，从而使气鼓薄膜波动大小适当。然后使描笔与记纹鼓面成切线接触，其下方装两个电磁标，分别做刺激与时间标记，并使三个描笔尖在一垂直线上(图 25)。开动记纹鼓，描记一段呼吸对照曲线。

图 25 描记



【观察项目】

1、吸入气中 CO_2 浓度增加：用一大试管罩住气管插管开口端和 CO_2 气袋上的橡皮管口，打开 CO_2 气袋螺旋，使一部分 CO_2 进入气管插管内，观察呼吸运动的变化。

2、造成缺 O_2 ：将气管插管开口侧通过一钠石灰瓶与盛有一定容量的气囊相连，使呼出的 CO_2 被钠石灰吸收。随着呼吸的进行，气囊内的 O_2 便越来越少，观察呼吸运动的变化。

如有氮气装入气囊，让实验动物吸入，造成缺 O_2 ，可代替上法。

3、增大无效腔：将气管插管开口端，连接一长约 50cm 的橡皮管，使无效腔增大，观察对呼吸运动的影响。

4、增加血液中 H^+ 浓度：由耳缘静脉注射 3%乳酸溶液 2ml，观察呼吸运动变化。

5、切断迷走神经：先切断一侧，观察呼吸运动的变化，再切断另一侧，对比切断前后的呼吸频率和幅度的变化。

6、刺激迷走神经向中端：以中等强度重复电脉冲刺激一侧迷走神经向中端，观察刺激期间对呼吸运动的影响。

[实验结果]

观察项目	实验结果	分析
(1)吸入气 CO ₂ 浓度增加	呼吸加深加快	
(2)吸入气 O ₂ 浓度降低	呼吸加深加快	
(3)增大无效腔	呼吸加深加快	
(4)血中 H ⁺ 浓度增加	呼吸加深加快	
(5)切断迷走神经	呼吸深而慢吸气延长	
(6)刺激迷走神经向中端	呼吸浅而快	

[结果分析]

1、吸人气 CO₂ 增加，呼吸加深加快：这是因为 CO₂ 是呼吸中枢最有效的生理性刺激物，正常动脉血 CO₂ 张力约 43mmHg，当吸入气 CO₂ 浓度增加时，血中 CO₂ 张力也增加，当大于 43mmHg，通过两条途径兴奋延髓呼吸中枢：主要的一条是刺激延髓腹外侧化学敏感区的 CO₂ 敏感细胞，再通过神经联系使呼吸中枢兴奋加强；另一条是刺激颈动脉体和主动脉体化学感受器，兴奋冲动由窦神经和迷走神经传至延髓呼吸中枢使之兴奋，从而使呼吸加深加快。

2、缺 O₂ 时呼吸加深加快：正常动脉血 O₂ 张力约 100mmHg，当吸人气 O₂ 减少时，血中 O₂ 张力也随之降低，当其下降至 70 或 60mmHg 以下时，主要刺激颈动脉体化学感受器，反射性地兴奋延髓呼吸中枢，从而使呼吸加深加快。

3、增加无效腔时呼吸加深加快：无效腔增大时，造成窒息时呼吸，使肺泡内 O₂ 更新率降低，肺换气减少，使血中 O₂ 张力下降而 CO₂ 张力升高，从而使呼吸加深加快。

4、静脉注射 5% 乳酸溶液后，呼吸加深加快：静脉注射乳酸后，血 H⁺ 浓度增加，使呼吸加强加快，其作用及作用途径与 CO₂ 类似，但 H⁺ 不易透过血—脑脊液屏障，因而对中枢化学感受器的刺激作用较小。

5、切断双侧迷走神经后，呼吸深而慢，吸气延长：迷走神经是肺牵张反射的传人神经，切断后，肺牵张感受器所发放的神经冲动不能传入到中枢，吸气不能及时转化为呼气，而致吸气延长，呼吸深慢。

6、电刺激迷走神经向中端，呼吸浅快：重复电脉冲刺激迷走神经向中端，类似肺牵张刺激加强，传至呼吸中枢的神经冲动增多，抑制吸气中枢的活动，促使吸气迅速转化为呼气，从而使呼吸频率增快，幅度减小。

[结论] 切断双侧迷走神经和刺激迷走神经向中端以及 CO₂ 浓度、缺 O₂、H⁺ 浓度等神经体液因素均可影响呼吸运动。

[注意事项]

- 1、每项观察项目前后须有正常呼吸曲线作为对照。
- 2、气管插管时需注意止血，以防血液阻塞呼吸道或气管插管，造成窒息而动物死亡。
- 3、调整“Y”形插管开口侧橡皮管口径及气鼓内空气适量，能较准确清晰的反映吸气与呼气的变化。

[异常现象讨论]

1、吸入气 CO₂ 增多时，有的动物呼吸加强不明显，反而呼吸运动减弱，甚至呼吸停止。这可

能是因为呼吸中枢功能异常或是吸入 CO_2 过多, 对呼吸中枢产生麻痹作用之故。

2、刺激迷走神经向中端, 可使呼吸暂停于呼气状态, 亦可出现呼吸慢而浅的现象。前者可能是因为重复电刺激类似肺泡处于扩张状态, 肺牵张传人冲动增多, 抑制吸气中枢的活动, 使呼吸停止于呼气, 后者可能是因为呼吸暂停, 血 PO_2 减少, CO_2 升高, 对呼吸中枢的刺激作用加强, 与重复电刺激抑制吸气中枢的作用相抗衡, 当前者作用大于后者时产生吸气, 由于重复电刺激的原因, 使吸气幅度减小, 因而呼吸慢而浅。

【思考题】① 调节呼吸运动的体液因素常有哪些?各因素的作用及作用原理如何?② 如何证明肺牵张反射对呼吸运动的调节作用?

实验二十四 胸膜腔负压的观察

[目的要求]通过直接观察动物胸内压及其随呼吸运动变化的规律, 以加强理解胸内负压概念及其作用, 并学习记录胸内负压的方法。

[提问]① 何谓胸内压?本实验怎样记录胸内压?② 胸内压是如何形成的?

[原理]胸膜腔内压力, 正常情况下低于大气压, 称胸内负压。以一胸内插管或粗注射针头与水检压计通过橡皮管相连接, 刺入胸腔, 通过水检压计及其上面的浮标, 可观察与记录胸膜腔内压的变化。

[实验用品]兔手术台、记纹鼓、胸内插管或粗注射针头、水检压计、橡皮管、哺乳动物手术器械一套、10ml 注射器、水封瓶、20%的氨基甲酸乙酯溶液、纱布、胶布、线等。

[实验对象]兔。

[方法步骤]

1、麻醉固定同呼吸运动调节实验。

2、手术: 将右侧胸部及上胸部毛剪干净, 于腋前线第四、五肋间沿肋骨切开皮肤 2—3cm 左右。剪去颈部的毛, 沿颈正中中线切开皮肤, 分离气管, 并插入气管插管。在上腹部沿腹白线剪开约 2cm 口, 以备通过膈肌观察肺的张缩情况。

3、将胸内插管(或粗注射针头)通过橡皮管与“U”型水检压计相连, 检压计内水中可稍加红墨水, 以利观察液面波动。调整检压计内液面与刻度“O”位高度一致, “o”刻度与胸膜腔处同一水平。水检压计内浮标描笔与记纹鼓成切线接触, 以便记录。

4、用胸内插管或 16 号注射针头, 沿右侧胸部腋前线第四、五肋间沿肋骨上缘垂直刺入, 深度以水检压计浮标随呼吸明显波动为准, 固定插管或针头, 开动记纹鼓描记实验前曲线。再进行如下观察。

[观察项目]

1、正常胸内压观察: 观察胸内压数值以及随呼吸周期变化的情况。

2、增大无效腔使呼吸运动加强时, 对胸内压的影响: 将气管插管开口端一侧连接一橡皮管, 然后堵塞另一侧, 使无效腔增大, 观察其对胸内压的影响。

3、造成胸壁贯通伤观察对胸膜腔内压的影响: 沿第七肋骨旁, 切开胸壁皮肤, 分离第七肋骨, 剪去自腋后线到肋软骨处的肋骨, 造成胸腔贯通伤, 使胸膜腔与大气直接相通, 造成气胸。

[实验结果]

1、胸内插管刺入胸膜腔内, 可见水检压计内水柱向连接胸侧升高(为负压); 吸气时负压增大, 呼气时负压减小。

2、增大无效腔, 胸膜腔负压随呼吸波动而增大。

3、造成胸壁贯通伤, 胸内负压消失。同时由上腹部切口透过膈肌可以看到肺组织萎陷。

[结果分析]

1、呼气末期或吸气末期, 胸壁与肺都处于静止状态, 无气体进出于肺, 此时肺内压为一个大气压, 通过肺作用于胸膜腔, 胸膜腔内也应该等于一个大气压, 然而由于肺扩张后产生的回缩力,

此回缩力的方向恰与大气压通过肺作用于胸膜腔的力量方向相反。因此抵消了一部分作用于胸膜腔的压力，即：胸内压=大气压-肺回缩力。若以一个大气压为零位标准，大于大气压的数值为正，小于大气压的数值为负，即：胸内压=-肺回缩力。由此可见，胸内负压是由肺的回缩力所造成。当吸气时，肺扩张，肺回缩力增加，胸膜腔负压增大，而呼气时，肺缩小，肺回缩力减小，胸膜腔负压降低。

2、增大无效腔，呼吸运动加强加快，肺扩大与回缩均比正常情况下增加，以增加肺泡通气量，满足机体组织的需要。为此，胸内负压随呼吸加深加快而在吸气时负压更增大，呼气时负压更减小。

3、当造成胸壁贯通伤时，胸膜腔与大气相通，故负压消失。

[结论]胸内压始终低于大气压，故为负压。吸气时负压增大，呼气时负压减小。气胸时负压消失。

[注意事项]

1、若用 16 号针头切忌刺入心脏，并注意在肋骨上缘垂直刺入，以免损伤血管和神经，勿用力过猛以免刺破肺脏。

2、如为胸内插管，插入胸膜腔后，应立即旋转 90 度，旋紧固定螺丝。

[异常现象讨论]若水柱波动停止，可能血液堵塞胸内插管，应排除后再刺入又可见水柱出现波动。

[思考题]① 胸内负压有何意义?② 何谓气胸?气胸对人体有何危害?

实验二十五 消化道平滑肌生理特性

[目的要求]观察哺乳动物平滑肌的一般生理特性，理解影响平滑肌一般生理特性的因素。

[提问]胃肠平滑肌有哪些生理特性?

[原理]消化道平滑肌由于组织结构特征而具有如下生理特性：①兴奋性较低，收缩缓慢；②富有伸展性；③紧张性；④自动节律性；⑤对化学、温度和机械牵张刺激较敏感。本实验是采取一般哺乳动物的离体小肠将其浸泡在具有适宜的酸碱度、渗透压及一定比例的各种离子浓度的溶液中(如台氏液)，可见该段小肠能作有节律的舒缩活动，若改变温度施以机械刺激及分别加入有关化学物质时，则小肠的舒缩活动也将发生相应的改变。

[实验用品]手术器械、动物手术台、麦氏浴槽(或电动恒温平滑肌槽)橡皮管及夹、双凹夹、记纹鼓、万能杠杆、电磁标、铁支架、球胆螺丝皮管夹、温度计、酒精灯、三角铁架、石棉网、培养皿、丝线、描笔、滴管、烧杯、火柴、台氏液、肾上腺素(1: 1 万)、乙酰胆碱(1: 10 万)、 1mol/L NaOH 、 1mol/L HCl 等。

[实验对象]兔或大鼠。

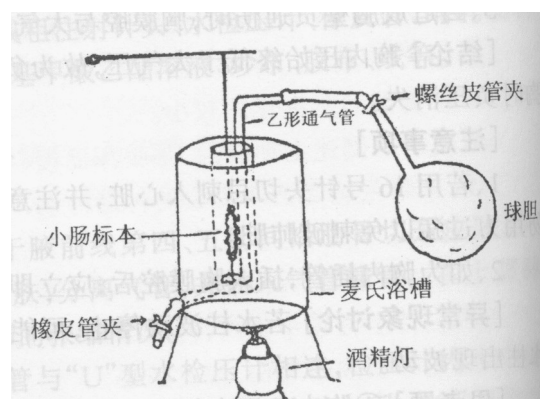
[方法步骤]

1、用锤子敲击兔或大鼠头部致使昏迷，沿正中中线剖开腹壁，用线将十二指肠附近的肠系膜血管结扎，从十二指肠起始处一次性取出 20—30cm 长的小肠。取出之前，此肠段两端均用线作双结扎，然后在双结扎中间剪断肠管，肠段取出后，剪成 3—4cm 长之小段，置于温台氏液之培养皿内轻轻漂洗，反复换洗数次，当肠腔内容物基本洗净后，另用 35℃左右的台氏液浸泡保存备用(此时可见小肠开始蠕动。)

2、装好麦氏浴槽及记纹鼓描记装置(如图 26)。

浴槽内盛室温台氏液，将充满氧气的球胆经由橡皮管连至麦氏浴槽乙形通气管上，橡皮管用螺丝皮管夹夹紧。

3、将一小段肠管的两端用丝线结扎，迅速将小肠一端的结扎线结于乙形通气管的弯头上，另一端留较长的线结于描记杠杆上。打开螺丝皮管夹，使气泡一个一个地。



不断地通至内池，以供应氧气。并在麦氏浴槽下放酒精灯备用。

4、将作刺激记号的电磁标装好，并将其笔尖与描记杠杆的笔置于同一垂直线上。

5、用 500ml 大烧杯加温台氏液至 58°C 备用(或用电动恒温箱加温台氏液)。

图 26 麦氏浴槽及记纹鼓描记装置

[观察项目]

1、观察肠段在室温台氏液中的蠕动情况，同时，记录其收缩曲线。

2、用酒精灯加热，使台氏液温度逐渐升至 38~40°C。记录其收缩曲线，观察肠段活动的情况及收缩曲线的变化。并用电磁标记下开始加温的时间。

3、待台氏液温度稳定于 38°C 时，加肾上腺素(1: 1 万)1~2 滴于浴槽中，观察肠段活动有何改变(基线及收缩曲线的变化)。用电磁标记下滴加药物的时间。作用明显后，迅速更换新鲜 38°C 台氏液(从浴槽底部之橡皮管放出原有台氏液，从浴槽管口加入新鲜台氏液，如此反复更换 3~4 次)。

4、待肠段恢复正常活动后，加乙酰胆碱(1: 10 万)1~2 滴，观察基线及收缩曲线有何变化。效应一经出现，迅即用上述方法更换台氏液。

5、同法，用 1mol/L NaOH 溶液 1~2 滴及 1mol/L HCl 溶液 1~2 滴分别加入浴槽，观察肠段活动的情况。同样记录肠段收缩曲线的变化。

注：本实验如果用电动恒温平滑肌槽可省去酒精灯。

[实验结果]描记之曲线。

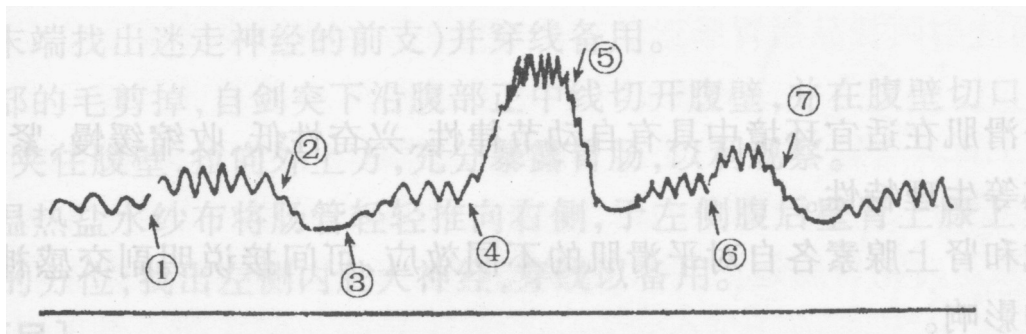


图 27 实验结果模拟曲线

1. 加入 38~40°C 台氏液
2. 加入 1: 1 万 Adr
3. 换 38~40°C 台氏液
4. 加入 1: 10 万 Ach
5. 换 38~40°C 台氏液
6. 加入 1mol/L NaOH
7. 加入 1mol/L HCl

说明：曲线升支表示收缩，降支表示舒张。

曲线的幅度：表示小肠收缩的强弱。

曲线的基线：表示小肠紧张性的高低，基线上移表示肌紧张增强，基线下移表示肌紧张减弱。

曲线的密度：表示小肠运动的频率。

[结果分析]

1、肠管放入室温台氏液中，肠管表现缓慢而有节律的收缩。这是基于平滑肌细胞所具有的结构特点。平滑肌质膜不内凹形成横管系统(T系)，但它内凹形成许多小泡或腔隙，使细胞面积增加 70% 以上，从发生学来看，T 系的出现失去了自动去极化的能力，而平滑肌没有 T 系，似乎与平滑肌具有自律性有关。平滑肌的肌质网(SR)极不发达，SR 膜上 ATP 酶蛋白含量极少，SR 集聚

Ca⁺⁺的能力很弱，肌收缩后不易宽息。且平滑肌的粗肌丝长度比骨骼肌粗肌丝长，其ATP酶活性低；对底质的亲和力和低，热力学稳定性很高，横桥运动很慢，这造成收缩缓慢和节约能量。

2、换38—40℃台氏液，肠肌收缩加强，基线上移，可能温度升高，适宜温度提高了酶的活性，致使代谢活动增强使肠肌收缩加强。

3、加肾上腺素后，基线下移，曲线变平，表示肠肌收缩受抑制，这是因为肾上腺素与肠壁平滑肌细胞膜上β受体结合，膜对Ca⁺⁺的通透性降低，Ca⁺⁺内流减少，故肠肌活动减弱。

4、加乙酰胆碱后基线明显上移，曲线密度增加，表示肌肉收缩加强加快。其机制目前认为是乙酰胆碱与肠平滑肌细胞膜M受体结合，细胞膜去极化(Ca⁺⁺内流)产生动作电位，细胞内Ca⁺⁺浓度增高，触发肌纤——肌凝蛋白——ATP系统，使肌肉收缩加强。乙酰胆碱还可使正在自动地活动的平滑肌的活动频率增加，可改善细胞间的兴奋传递，使各肌细胞的收缩更加同步，这也造成收缩力量增强。

5、加1mol/L NaOH时收缩加强，可能是由于PH值的改变，H⁺浓度下降，使肌钙蛋白与Ca⁺⁺的结合增多，触发肌纤——肌凝蛋白——ATP系统的结果。

6、加1mol/L HCl时肠肌活动趋于恢复正常。这是由于酸碱中和，使溶液的酸碱度恢复至适宜程度之故。若H⁺浓度过高，可和Ca⁺⁺竞争肌钙蛋白而导致平滑肌的收缩力减弱。

[结论]

1、消化道平滑肌在适宜环境中具有自动节律性、兴奋性低、收缩缓慢、紧张性、对温度及化学物质敏感等生理特性。

2、乙酰胆碱和肾上腺素各自对平滑肌的不同效应，可间接说明副交感神经和交感神经对小肠运动的影响。

[注意事项]

1、离体肠段不宜过分牵拉，结扎肠段于乙形管上时，丝线应尽可能扎在肠的末端部位，肠段与乙形管不宜贴近(间距约1—2cm)，以免影响实验效果。

2、每次换洗的台氏液均应保持在38—39℃之间。过低效应不明显，超过40℃又将使肠肌组织产生变性和死亡。

3、在实验步骤中，一旦效应出现，应即换去台氏液，否则，离体小肠在过强过久的化学刺激下不易恢复正常活动。一定要使肠段恢复正常活动后，再作下一项目的实验。

4、实验过程中应随时给离体小肠以氧气，但供氧不宜过急过大，以免冲击肠段摆动。

5、酒精灯加温时，不要正对盛标本的内池，以免损坏标本。

[异常现象讨论]

1、不出现结果。产生的原因可能有：①平滑肌紧张性不高。②台氏液的配制不合标准(配药不精确，或临用时忘了加葡萄糖)。③标准装置不妥。

2、出现相反结果：①加错了药物或对前一步实验的药物未冲洗干净。②与当时平滑肌的机能状态有关。

[思考题]在本实验中你遇到了哪些与正常结果不符之处?为什么?

实验二十六 胃肠道运动的观察

[目的要求]直接观察在体胃和小肠的运动形式以及神经和体液因素对消化道运动的影响。

[提问]①小肠运动的基本形式有哪些?②支配胃肠运动的神经因素有哪些?

[原理]胃肠运动的机能靠平滑肌的舒缩活动来完成，在完整机体内它们是受神经体液因素调节的。凡能影响胃肠平滑肌活动的因素，均能改变胃肠运动的形式。

[实验用品]手术器械、兔手术台、电刺激器、保护电极、纱布、烧杯、滴管、注射器、洛氏液、25%氨基甲酸乙酯溶液、1:10万乙酰胆碱、1:1万肾上腺素、阿托品注射液、新斯的明注射液、生理盐水。

[实验对象]兔。

[方法步骤]

1、将兔用 25%氨基甲酸乙酯溶液耳缘静脉麻醉后，背位固定于手术台上，剪掉颈部的毛，沿颈部正中中线切开皮肤，分离出气管，插入气管插管，找出一侧迷走神经(或从膈肌下方食管的末端找出迷走神经的前支)并穿线备用。

2、将腹部的毛剪掉，自剑突下沿腹部正中中线切开腹壁，并在腹壁切口两侧边缘正中部位，用止血钳夹住腹壁，拉向外上方，充分暴露胃肠，以利观察。

3、手持温热盐水纱布将肠管轻轻推向右侧，于左侧腹后壁肾上腺上方或与肾上腺静脉成 45°角的方位，找出左侧内脏大神经，穿线以备用。

[观察项目]

1、观察在正常情况下的胃肠运动形式，主要观察小肠的蠕动摆动和分节运动。

2、结扎并剪断颈部迷走神经，用中等强度连续电刺激其离中端，观察胃肠运动的改变(或用同等强度的连续电刺激膈下迷走神经，观察胃肠运动的改变)。

3、用连续电刺激左侧内脏大神经，观察胃肠运动的改变。

4、在胃和一段肠管上滴加乙酰胆碱(1: 10 万)5~10 滴。观察胃肠运动的改变。

5、在胃和一段肠管上滴加肾上腺素(1: 1 万)5~10 滴，观察胃肠运动的改变。

6、由耳缘静脉注射新斯的明 0. 2~0. 3ml，观察胃肠运动的改变。

7、在新斯的明作用的基础上，由耳缘静脉注射阿托品 0. 5ml，观察胃肠运动的改变。

[实验结果]

1、在正常情况下，可观察到胃的蠕动运动和小肠的蠕动，分节运动和摆动运动。有时还可观察到逆蠕动和蠕动冲。

2、刺激迷走神经胃肠蠕动加强加快。

3、刺激左侧内脏大神经时，胃肠蠕动减弱减慢。

4、滴乙酰胆碱后可见胃肠蠕动加快加强。

5、滴肾上腺素后可见胃肠蠕动减慢减弱。

6、注射新斯的明后胃肠运动加强加快。

7、在新斯的明作用的基础上，再用阿托品后，胃肠运动即减弱减慢。

[结果分析]

1、消化道的运动是由消化道肌肉的活动来完成的。胃肠壁的肌肉属平滑肌，它们既具有肌肉组织的共同特性，又表现有各自的特点。在正常情况下，整体内的胃肠运动是胃肠壁平滑肌本身由电位波动，神经反射和体液因素共同作用的结果。

2、迷走神经兴奋时使胃肠运动加强加快，是通过其末梢释放乙酰胆碱起作用的。其机制目前认为是：神经末梢释放的乙酰胆碱与胃肠壁平滑肌细胞膜 M 受体结合，细胞膜去极化 (Ca⁺⁺内流) 产生动作电位，细胞内 Ca⁺⁺浓度增高，触发肌纤——肌凝蛋白——ATP 系统，使肌肉收缩加强。乙酰胆碱还能使正在自动地活动的平滑肌的活动频率增加，可改善细胞间的兴奋传递，使各肌细胞的收缩更加同步，因而收缩力量增强。

3、内脏大神经属交感神经，交感神经兴奋时，其末梢释放去甲肾上腺素。此去甲肾上腺素与胃肠壁平滑肌细胞膜上阿而发受体结合，膜对 Ca⁺⁺的通透性降低，Ca⁺⁺内流减少，致使胃肠蠕动减弱减慢。

4、注射新斯的明后，因该药为抗胆碱酯酶药，可使肌体内乙酰胆碱聚集，故产生乙酰胆碱效应，使胃肠运动加快加强。

5、阿托品为抗胆碱药，它可占有胃肠壁平滑肌细胞膜上之胆碱能受体，使乙酰胆碱不能发挥作用，因而注射阿托品后胃肠运动减弱减慢。

[结论]

1、正常情况下胃具有蠕动运动，小肠具有蠕动、摆动和分节运动等运动形式。在整体内这些运动形式均受神经、体液因素的调节。

2、迷走神经兴奋时则胃肠运动加强；而交感神经兴奋时则胃肠运动减弱。

[注意事项]

1、找内脏大神经时先找肾上腺，充分暴露位置，但操作要轻巧，避免出血而影响视线。

2、观察胃肠运动最好是刺激膈下迷走神经。膈下迷走神经位置很浅(在浆膜下)，将胃向下拉一点即可找到。3、因兔子处于麻醉状态，正常情况下的胃肠运动形式不一定能完全看到。

4、为避免胃肠暴露时间过长，使腹腔脏器温度下降影响胃肠运动以及造成表面干燥，应随时用温热生理盐水湿润胃肠。

5、实验前注意给动物喂食。

[思考题]① 怎样观察胃肠紧张性的强弱，刺激交感神经、迷走神经时对胃肠运动各产生什么效应?② 胃与小肠几种主要运动形式各有何生理意义?

实验二十七 胰液和胆汁分泌

[目的要求]观察胰液和胆汁分泌的调节机制，学习胰液和胆汁分泌的引导方法。

[提问]刺激迷走神经影响胰液分泌量增加的主要成份是什么?本次实验中，如何证实胰液和胆汁分泌是受神经和体液调节的?

[原理]胰液和胆汁的分泌受神经和体液因素的控制。刺激支配胰腺的交感神经，由于血流量的变化和胰管的收缩，可以影响胰液的分泌量。刺激迷走神经，一方面直接作用于肝细胞，使胆汁分泌增加，另一方面使胃泌素释放，间接使肝细胞和胰腺的分泌量增加。

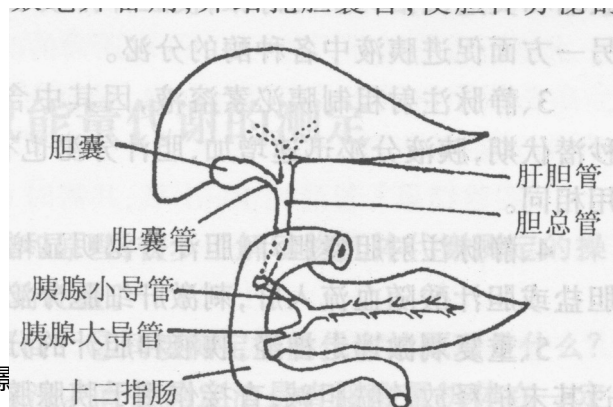
稀盐酸、蒸馏水和蛋白胨等刺激十二指肠粘膜，可以产生胰泌素和胆囊收缩素—促胰酶素。前者作用于胰腺小导管的上皮细胞，使其分泌大量的水分和碳酸氢盐。后者能促进胆囊收缩和胰液中各种酶的分泌。

[实验用品]哺乳动物手术器械一套、记纹鼓、电刺激器、保护电极、记滴器、电磁标、胰管插管、玻璃分针、注射器、橡皮管、弹簧夹、3%戊巴比妥钠溶液、0.5%盐酸溶液、粗制胰泌素[注]、胆囊胆汁。

[实验对象]狗。

[方法步骤]

1、以3%戊巴比妥钠溶液30mg/kg体重静脉注射，动物麻醉后仰卧固定于手术台上，沿剑突下正中中线切开腹壁约10cm长，暴露腹腔，翻出胃胆，双结扎肝胃韧带，结间剪断。将肝向上翻起，先用注射器将胆囊内胆汁抽出数毫升备用，并结扎胆囊管，使胆汁分泌的增减不受胆囊舒缩的影响。



2、从十二指肠末端寻出胰尾，沿胰尾向上将附有十二指肠的胰腺组织用温盐水纱布轻轻剥离，约在剥离2—3cm处看到一白色小管从胰腺穿入十二指肠，此即胰液管(图28)。如果与周围血管混淆，尚需将邻近小血管结扎切断方能看到。待胰液管认准后，在其下方穿一丝线，于胰液管管口靠近十二指肠处开一小孔，插入注满生理盐水的插管，并结扎固定。

3、在十二指肠上端的背面，可见肝圆韧带，手指触摸有索状感，用玻璃分针轻轻分离周围组织，此时即可见一黄绿色较粗的胆总管穿入十二指肠，此乃胆总管(用注射器沿十二指肠根部的胆总管插入，可抽出少量黄色透明液体)。用线把近十二指肠根部结扎，这样还可以把副胰管结扎，减少分流，提高胰液分泌效果。在总胆管上方距十二指肠1cm处剪一小口，插入胆管插管，用线扎紧固定，连接记录系统，借记滴器与电磁标描记在转动的记纹鼓或其它记录装置上。胰液也

可用同样方法记录。

4、于十二指肠末端用一粗线扎紧，隔绝上下肠腔。分离一侧股静脉，其下穿线供注射药物用。

[观察项目]

1、观察正常状态下胰液和胆汁的分泌。

2、向十二指肠腔缓慢注入 37°C 的 0.5% 盐酸溶液 50ml，观察胰液和胆汁分泌有无增加？潜伏期多长？连续记录 3 分钟。

3、由股静脉注射粗制胰泌素 5—10ml，血压有何变化？经过 30—60 秒潜伏期，胰液、胆汁分泌是否增加？观察到分泌稳定时停止。

4、静脉注射胆囊胆汁 1ml (用生理盐水稀释 10 倍)，观察胆汁、胰液分泌如何？

5、于横膈下食道旁分离出左侧迷走神经，用重复电刺激迷走神经，待胰液分泌开始后，继续刺激数次，观察其效果。

6、注射 1% 硫酸阿托品 1ml。重作步骤 2、3、5，观察与第一次实验结果有何异同。

[结果分析]

1、正常情况下，胆汁分泌持续不断，胰液分泌甚少或无。其原因：①肝细胞分泌胆汁呈持续性，但在非消化期间，胆汁多贮存于胆囊内。本实验由于胆囊管已被结扎，故肝胆汁不再进入胆囊而顺胆管插管持续流出。②因为食物是刺激胰液分泌的自然因素。在非消化期间，由于这一自然刺激因素不复存在，故胰液几乎不分泌或分泌甚微。

2、向十二指肠注入 0.5% HCl 后，胰液和胆汁的分泌增加：①盐酸刺激十二指肠粘膜产生促胰液素，它一方面作用于胰腺小导管的上皮细胞，使其分泌大量的水分和碳酸氢盐，故使胰液分泌增加，另一方面作用于肝细胞，引起胆汁分泌量和 HCO_3^- 含量增加。②盐酸刺激十二指肠粘膜产生胆囊收缩素—促胰酶素。它一方面兴奋胆囊，引起胆囊强烈收缩和奥迪氏括约肌的舒张，使胆汁排放增加 (本实验因胆囊管已结扎，该部不起作用)。另一方面促进胰液中各种酶的分泌。

3、静脉注射粗制胰泌素溶液，因其中含有舒血管成分，能导致血压下降。经 30~60 秒潜伏期，胰液分泌迅速增加，胆汁分泌也有增加，其机理与第二步分析中促胰液素的作用相同。

4、静脉注射胆囊胆汁，胆汁分泌明显增加，胰液分泌不受影响，产生机理是胆汁中的胆盐或胆汁酸随血流入肝，刺激肝细胞分泌胆汁。

5、重复刺激迷走神经，胰液和胆汁的分泌增加：产生机理是刺激迷走神经，一方面通过其末梢释放乙酰胆碱，直接作用于胰腺腺体和肝细胞，使胰液和肝胆汁的分泌量增加。另一方面迷走神经兴奋能引起胃泌素释放，间接引起胰液和肝胆汁的分泌。

6、静脉注射 1% 硫酸阿托品，重作步骤 2、3，与第一次实验结果相同。重作步骤 5，则胰液和胆汁分泌减少。产生机理是硫酸阿托品可与 M 型受体结合而引起阻断乙酰胆碱的作用。在重作步骤 2、3 实验中，由于胰液、胆汁的分泌是受促胰液素等体液因素的影响，阻断神经无作用，所以与第一次实验结果相同。重作步骤 5，由于硫酸阿托品与 M 受体结合而阻断乙酰胆碱的作用，因而胰液和胆汁的分泌量减少。

[结论]

1、在非消化期，胰液分泌极少或不分泌，胆汁则持续分泌。

2、盐酸作用十二指肠粘膜产生的体液因素可促进胰、胆分泌。

3、促胰液素是促进胰液、胆汁分泌的体液因素，胆汁有利胆化石作用。

4、迷走神经是胰液、胆汁分泌的传出神经。

[注意事项]

1、分离胰液管时要细心，尽量减少周围血管出血，以免插管困难和血凝块堵塞插管。

2、注射粗制胰泌素时速度宜慢，以免血压急剧下降。

[异常现象讨论]

实验中不见胰液分泌。可能是：①盐酸浓度不够或十二指肠下端未扎紧，以致 HCl 流入空肠。

②粗制胰泌素的 PH 过高或过低，或保管不当，酶活性下降。③胰液导管没有插入胰液管或胰液导管被血凝块、气泡栓塞、需重插。

[思考题]十二指肠内注入盐酸能引起胰、胆分泌。静脉注射盐酸也能引起胰、胆分泌吗?为什么?

[注]粗制胰泌素溶液的制法，在急性实验刚死的动物身上，从十二指肠首端开始向下共截出两尺小肠，将肠腔冲洗干净，纵向剪开，平铺木板上。用解剖刀刮下全部粘膜放入研钵同细碎玻璃约 5g 共研之，并添加 10—15ml 0.5% HCl 将得到的稀浆倒入瓷杯中，再注入 0.5% HCl 100—150ml，煮沸 10~15 分钟，然后用 10~20% NaOH 趁热中和，玻璃棒搅拌均匀，检查对石蕊试纸的反映，待至中性时，用滤纸趁热过滤。往往过滤时间很长。过滤后需再检查其反应；为急性动物实验用的胰泌素可以调至弱酸性。胰泌素应保存于低温下，避免其活性迅速下降。

也可将本实验观察项目 2 中注入的 0.5% HCl 溶液抽出 15—20ml 作为粗制胰液素溶液备用。

实验二十八 小白鼠能量代谢的测定

[目的要求]了解间接测定能量代谢的方法和原理；初步了解动物气体代谢测定的操作方法，根据所测出的耗氧量，推算出总的能量消耗量。

[提问]① 何谓食物的卡价?氧热价?呼吸商?② 间接测定能量代谢的原理是什么?

[原理]能量代谢测定有直接和间接两种方法。直接测定法是直接测量机体在一定时间内所散放的热量。间接测定法是根据能量代谢与气体代谢之间具有严格的依从关系，即各种食物氧化时所释放的能量与耗氧量有一定的关系。所以通过测定一定时间的耗氧量，即可间接地推算出能量代谢率。

测定气体代谢的方法有闭合式和开放式两种，本实验是采用闭合式，即让被试者在一个充满氧气的密闭容器内呼吸，呼出的 CO₂ 与水蒸气即被钠石灰吸收。因此，可以直接观察并记录一定时间内的氧耗量，并从氧耗量推算出能量代谢的数值。

[实验用品]水检压计、广口瓶及橡皮塞、玻璃管、橡皮管及夹、铁支架、钠石灰(用纱布袋盛装)、凡士林、液体石蜡、注射器。

[实验对象]小白鼠。

[方法步骤]

1、按图(图 29)将广口瓶、水检压计等物品串连起来，并将盛钠石灰的袋子缚在瓶内的玻管上。
2、将小白鼠放入广口瓶内，塞紧瓶塞，并用凡士林或蜡封口，以防瓶塞漏气。将甲、乙两夹打开，等待数分钟使小白鼠适应新环境。

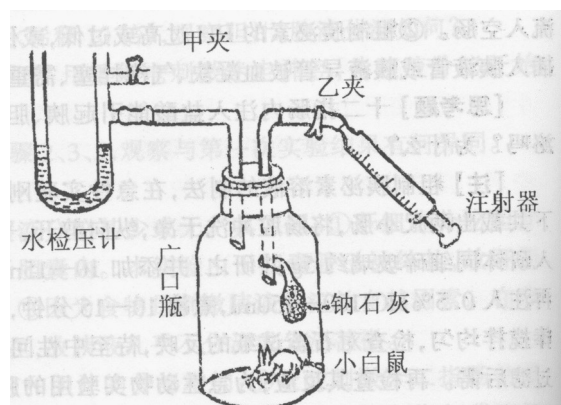
3、将注射器涂抹少许液体石蜡，反复抽送数次，使液体石蜡在注射器内形成均匀的薄层，防止气体逸出。

4、夹闭甲胶管并将装有 10ml 氧气之注射器按(图 29)与乙胶管联接起来。

5、松开乙夹将吸有 10 余 ml 氧气的注射器筒芯向前推进约 2—3ml，同时计时。此时可见水检压计与大气相通侧的水柱液面上升。由于小白鼠代谢消耗 O₂，其所产生的 CO₂ 又被广口瓶内的钠石灰吸收，故广口瓶内气体减少。水柱液面因而回降。待水柱两侧液面相平时，再将注射器筒芯向前推进

2—3ml。以此类推，直至推完 10ml 为止，待水检压计两侧水柱液面达到同一水平时记下时间。

从夹闭胶管，注射器筒芯向前推进开始至推完 10ml 气体，检压计两侧液面恢复在同一水平



所需时间即为消耗 10ml 氧所需的时间(将此步骤重复二次, 取其平均值)。

6、设小白鼠所食为混合食物, 呼吸商为 0.82, 每消耗一升氧所产生的热量为 4.825 千卡, 计算其能量代谢。

[实验结果]若消耗 10ml 氧, 共需时 6 分钟(视鼠大小不同而定)。

则 10ml.....6 分钟耗氧量

10×10=100ml=0.1(升).....1 小时耗氧量

查表得知, 每升 O₂ 在呼吸商为 0.82 时, 其产热量为 4.825 千卡, 那么

4.825×0.1=0.4825(升).....每小时产热量

0.4825×24=11.58(千卡).....每日产热量。

[结论]通过测定单位时间内的耗氧量, 间接推算出机体的能量代谢情况。

[注意事项]

1、在将小动物放入瓶内之前, 要预先检查管道系统是否漏气。方法是夹闭甲管夹后, 用注射器推进一定量气体, 使水柱一侧的液面上升, 然后夹闭乙夹使管道系统密闭, 停置 5~10 分钟, 如升高一侧的液面未能下降, 则表示没有漏气现象。

2、小动物放入瓶内后, 瓶口封闭必须严密。

3、待动物比较安定时才开始实验。

4、钠石灰必须新鲜干燥。

5、检压计灌水时, 可滴加少许红墨水, 使成红色, 以利观察。

[思考题]测量基础代谢时需要注意哪些事项?为什么?

实验二十九 影响尿生成的因素

[目的要求]通过尿量的观察, 分析某些因素对尿生成的影响及其机理。验证肾小管的排泄作用。了解尿液的引流方法。

[提问]① 尿生成的过程包括哪几个环节?② 影响肾小球滤过的因素有哪些?其中哪些最主要?为什么?

[原理]尿的生成过程包括肾小球的滤过, 肾小管与集合管的重呼吸、分泌及排泄。肾小球滤过率的大小主要决定于有效滤过压的大小; 肾小管重吸收率的大小则决定于肾小管的重吸收能力和肾小管内溶质的浓度。任何影响肾小球的滤过和肾小管重吸收能力的因素, 均可影响尿的生成而改变尿量。

[实验用品]狗或兔手术台、电动记纹鼓、哺乳类动物手术器械、记滴器、电刺激器、动脉血压描记装置、膀胱插管、细塑料管、注射器、培养皿、酒精灯、小试管、试管夹、烧杯、三角架铁丝网、铁支架、双凹夹、纱布、丝线、静脉输液装置、生理盐水、25%氨基甲酸乙酯或 3%戊巴比妥钠、7%柠檬酸钠、20%葡萄糖溶液、1:1 万去甲肾上腺素、垂体后叶素、速尿、0.6%酚红溶液、10%NaOH 溶液、班氏试剂。

[实验对象]家兔。

[方法步骤]

1、动物麻醉、固定、颈部分离颈总动脉及迷走神经、分离股动脉均见实验二十一哺乳动物血压调节。

2、引流尿液: 方法可选用输尿管插管法或膀胱插管法: ① 输尿管插管法: 自耻骨联合向上沿腹正中中线作一长约 5cm 切口, 切开腹壁, 并将膀胱向上翻转, 暴露膀胱三角, 仔细辨认输尿管,

然后将输尿管与周围组织轻轻分离，避免出血。再用线将输尿管近膀胱端结扎，在结扎之上部剪一斜口，把充满生理盐水的细塑料管向肾脏方向插入输尿管内，用线结扎固定，并与记滴器相连。

②膀胱插管法：在耻骨联合前方，沿腹正中线作一长约2~3cm的切口。沿腹白线切开腹壁，将膀胱移出体外。在膀胱颈部下方穿一线并结扎。在膀胱顶部用连续缝线做一个荷包缝合，在缝线中心作一小切口，插入膀胱插管，收紧缝线以关闭膀胱切口。膀胱插管通过橡皮管与记滴器相连。

3、于左侧颈总动脉插入动脉套管(方法见实验二十一动脉血压调节)。

手术和实验装置安装完毕后，开动记纹鼓记录动脉血压和尿液滴数，依次进行下列项目实验。实验描记装置如图21。

[观察项目]

1、调试好记录装置，记录一段正常血压曲线和尿滴数作对照。
2、静脉注射生理盐水15ml/kg体重，观察和记录血压和尿滴数的变化。
3、剪断迷走神经，用保护电极以中等强度的电刺激，反复多次的刺激右侧迷走神经外周端(近心端)，使血压下降到50mmHg左右，观察尿量的变化。

4、静脉注射1:1万去甲肾上腺素0.5ml，观察血压和尿量的变化。

5、静脉注射垂体后叶素2单位，观察血压和尿量的变化。

6、取尿液2ml进行尿糖定性试验

[注]静脉注射20%葡萄糖溶液20ml，观察血压和尿量的变化，在尿量明显增多时，再取尿液2ml作尿糖定性试验，观察结果。

7、静脉注射0.6%酚红溶液1—2ml，使尿液滴入盛有10%NaOH溶液的培养皿中。若尿中有酚红排出，当遇到NaOH则呈现红色，计算从注射酚红起到尿中排出酚红所需要的时间。

8、静脉注射速尿5mg/kg体重，观察尿量的变化。

9、从右侧股动脉插入塑料管放血，当血压迅速下降至50mmHg左右，观察尿量的变化，然后立即补充生理盐水，观察血压与尿量的变化。

[实验结果]

1、静脉注射生理盐水后，一般血压略有增高，尿量明显增加。

2、刺激迷走神经外周端，血压明显下降，尿量减少。

3、静脉注射1:1万去甲肾上腺素后，血压明显增加，尿量先减少随后约3分钟左右尿量亦有增加。

4、静脉注射垂体后叶素2单位后，血压上升，尿量显著减少。

5、注射葡萄糖前尿糖定性试验为阴性(兰绿色)。静脉注射葡萄糖后可见血压无明显波动，而尿量显著增加，尿糖定性试验为阳性(黄色或砖红色)。

6、静脉注射0.6%酚红溶液1~2ml，约经3分钟左右自尿中排出。

7、静脉注射速尿后，尿量明显增加。

8、从股动脉放血使血压下降至50mmHg左右时，尿量显著减少或无尿，补充生理盐水后，血压略回升，尿量亦有增加。

[结果分析]

1、静脉注射生理盐水使血压升高尿量增加，其原因是：①使血浆胶体渗透压降低，有效滤过压增加，从而增加肾小球滤过率；②血容量增加，刺激容量感受器，冲动沿迷走神经的传入纤维进入中枢，抑制下丘脑——垂体后叶系统分泌释放抗利尿素，使肾小管和集合管对水分的重吸收减少；③由于Na⁺连续主动运转和水连续渗入细胞间管，故细胞间管静水压升高，“紧密连接”打开，Na⁺、水回漏至肾小管腔，使尿量增加；④血容量增加，静脉回流量增加，心输出量增多，动脉血压增加，使肾小球滤过率稍增多而尿量亦有增加。

2、刺激迷走神经外周端，使心率减慢，心肌收缩力减弱，心输出量减少，使动脉血压下降，当下降至50mmHg左右，超过肾脏血流自身调节范围时，肾小球毛细血管血压降低，有效滤过

压下降，导致尿量减少。

3、静脉注射去甲肾上腺素时，由于去甲肾上腺素使周围血管强烈收缩，外周阻力明显增加，心脏收缩加强，心输出量增多，故血压升高。亦由于去甲肾上腺素有强烈的缩血管作用，可使肾血管强烈收缩，肾血流减少，肾小球滤过率降低，肾排尿量减少，有时注射去甲肾上腺素后，首先尿量减少，随后约3分钟左右尿量亦有增加，可能是由于出入球小动脉对去甲肾上腺素敏感性不同，出球小动脉对去甲肾上腺素敏感性大，入球小动脉敏感性小，而造成肾小球有效滤过压增加，肾小球滤过率增多，故尿量增加。

4、静脉注射垂体后叶素，由于垂体后叶素中的抗利尿激素能使毛细血管和小动脉收缩，因此血压稍有升高。抗利尿激素能与肾脏远曲小管和集合管上皮细胞膜上的受体结合，激活了膜内腺苷酸环化酶，使细胞内cAMP增加，通过cAMP的一系列作用，增加了管腔对水的通透性，从而促进水的重吸收，故尿量减少。

5、注射葡萄糖前所测定的尿糖定性试验为阴性。是由于肾小球的滤过和肾小管的重吸收功能均正常，正常肾小球滤过的葡萄糖分子100%在近球小管重吸收，所以，尿糖定性为阴性反应，注射高渗葡萄糖后，血糖浓度超过了肾糖阈，肾小管内糖浓度升高，小管液渗透压增高，妨碍肾小管对水的重吸收，而使尿量增多。肾小管内糖浓度升高，超过了肾脏重吸收的能力，部分葡萄糖分子随尿排出，故尿糖定性为阳性反应。

6、静脉注射酚红后，大部分和血浆蛋白相合，而只有小部分(约20~25%)处于游离状态，才能够从肾小球滤过。(据酚红排出过程的研究说明酚红主要是肾小管排泄出来的)。

7、静脉注射速尿后，由近曲小管分泌进入小管后，作用于髓袢升支粗段的小管腔面，抑制髓袢升支粗段对氯的主动重吸收，间接地抑制了对Na⁺的重吸收，以致使髓质高渗状态下降，尿的浓缩程度下降，尿排出增加。同时Na⁺重吸收减少，远曲小管中Na⁺增加，Na⁺—K⁺交换亦随之增加，尿中K⁺的排出量增加，在Cl⁻ Na⁺大量排出的同时，水也大量排出，因此排尿量增加。

8、股动脉放血后，使全身动脉血压下降，已超过肾血流量自身调节范围，肾皮质血流量减少，肾小球毛细血管血压下降，有效滤过压亦下降，因此尿生成减少。当迅速补充生理盐水后，使血压在短时期内，由于血量补充而回升，所以又有尿的生成。

[结论]

- 1、凡影响肾小球滤过作用及肾小管、集合管重吸收作用的各种因素均能影响尿的生成。
- 2、肾脏的泌尿活动受神经——体液因素调节。
- 3、从酚红排泄实验，可说明肾脏有排泄的机能。

[注意事项]

- 1、静脉注射生理盐水时速度宜快，且小心勿注入空气，造成气栓。
- 2、实验前给动物多喂食物(主要增加菜叶等)。
- 3、腹部手术切口不宜太大，手术操作应轻柔，避免造成损伤性无尿。
- 4、分离输尿管时细心轻柔，防止出血造成阻塞，插管方向应与输尿管方向一致，勿使其扭结。
- 5、刺激迷走神经或注射去甲。肾上腺素时，应从血压下降或上升时期观察尿量的变化。
- 6、每项实验前都要记录血压和尿量作为对照。
- 7、为了利于总结实验结果和说明问题，四支描笔必须在同一垂直线上。

[异常现象讨论]

1、刺激迷走神经离中(外周)端，在实验中有时亦可遇到尿液无明显减少或不减少。可能的原因是：①动物情况不好，血压过低；②迷走神经对心脏抑制作用不明显，因为血压下降不明显，尿滴减少也不明显；③由于操作过程中的问题，如迷走神经分离时损伤、神经分离后太干燥、电极与神经接触不佳、刺激电流过大、烧坏神经、刺激电流过小或根本无电流输出、以致无作用等等。

2、静脉注射去甲肾上腺素后，血压先升高，然后回至正常水平以下。可能由于处于收缩状态的静脉在停药后迅速扩张，使周围循环中血液淤积，有效循环血量减少所致。

3、静脉注射垂体后叶素后，有时见到血压升高不明显或不升高。可能由于静脉注射的垂体后叶素剂量太小或药物失效，以致升压效应弱。同时在基础血压较高时，血压增加对比不明显。

4、实验中有时偶然碰到无尿现象。可能由于：①塑料管插在肌层与粘膜层之间，而未进入输尿管，②输尿管扭转或出血，堵塞了塑料管腔，③塑料管口扎得太紧，④麻醉过深，手术过程中粗暴，疼痛刺激反射性引起抗利尿素的释放。

[注]：①尿糖定性试验：试管内盛尿液 2ml，再加班氏试剂 2 滴，在酒精灯上加热煮沸。加热时注意振荡试管，防止试液煮沸时溢出管外，冷却后观察尿液和沉淀的颜色。如溶液的颜色由兰绿色转至黄色或砖红色，表示尿糖定性试验阳性。②班氏试剂配制方法取柠檬酸钠 85g，无水碳酸钠 50g，一并溶于 400ml 温蒸馏水中，另以硫酸铜 8.5g，溶于 50ml 蒸馏水，缓缓加入上一溶液中并搅匀。如果配好后不清澈可过滤，过滤后储于一硬质玻璃瓶中备用。

[思考题]通过实验观察，说明机体是如何调节泌尿活动的？

实验三十 瞳孔对光反射

[目的要求]了解瞳孔对光反射的意义，掌握瞳孔对光反射的测定方法。

[提问]①何谓瞳孔对光反射？②瞳孔对光反射有何生理及临床意义？

[原理]瞳孔对光反射是由于视网膜感光细胞感受光线刺激后，通过中脑而产生的一种反射。当光刺激一侧视网膜，冲动沿视神经传至双侧视束。由视束分出的部分纤维将冲动传至上丘与间脑交界处(顶盖前区)的对光反射中枢，并由此中枢再发出纤维将冲动传至中脑两侧的动眼神经付交感核，再由此核发出纤维传至睫状神经节组成睫状短神经支配双侧瞳孔括约肌，引起双侧瞳孔缩小。当停止照射时双侧瞳孔则扩大，其反射弧的上行路与光反射的上行路相一致，而下行路则经由发源于胸髓睫状体中枢的交感神经，沿交感干入颈交感神经节，换元后发出节后纤维(睫状神经)达瞳孔辐射状肌。该肌收缩则瞳孔开大。

[实验用品]手电筒。

[实验对象]人。

[方法步骤及观察项目]

1、受试者在半暗处，先观察受试者两眼瞳孔之大小，以后用手电筒照射受试者一眼，即可见受照眼的瞳孔缩小，停止照射时瞳孔又将放大。

2、用手沿鼻梁将两眼视野分开，再用电筒照射一侧眼睛，观察另一侧瞳孔亦缩小，停止照明时瞳孔又开大。

[实验结果]当光线照射正常人的一侧眼睛时可引起双侧瞳孔缩小；停止照明时，双侧瞳孔开大。

[结果分析]根据瞳孔对光反射弧分析，光照一侧眼睛引起双侧瞳孔缩小的原因是由于视神经传人通路中有大部分纤维经视交叉后形成视束，每侧视束均含有来自双眼的传人纤维，视束向大脑皮层传导的通路中发出纤维与中脑联系，单眼受光刺激后其冲动可传至双侧的动眼神经核，使动眼神经付交感纤维兴奋而出现双侧瞳孔缩小。停止照射时则由于胸髓的睫状体中枢发出的交感神经兴奋，冲动传至扩瞳肌而致瞳孔开大。

[结论]增加入眼光亮时瞳孔缩小，减少入眼光亮时瞳孔扩大。

[注意事项]检查时嘱受试者向 5m 以外远处注视，不可注视灯光，否则可引起辐辏反应，影响检查结果。

瞳孔大小可参考下列数值：正常瞳孔的平均值径在 2—3mm 之间。小于 2mm—小瞳孔。大于 3mm—中等瞳孔。大于 5mm—瞳孔扩大。

[思考题]①为什么光线照射一侧眼睛，同侧瞳孔缩小，对侧瞳孔也缩小？②光照患者左眼引起双眼瞳孔缩小，而照射右眼时，双侧瞳孔都不缩小。病灶必然在：A 左顶盖前区。B 右外侧膝状体，C 右动眼神经，D 右视神经。E 右顶盖前区。

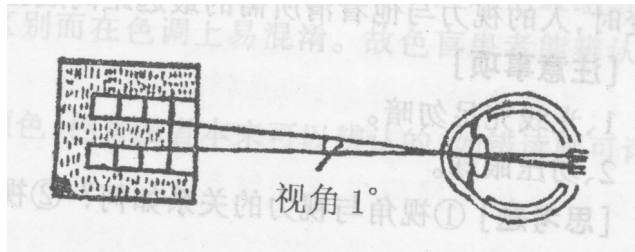
实验三十一 视力测定

[目的要求]学习测定视力的原理并掌握测定视力的方法。

[提问]① 什么叫视力(视敏度)?② 什么叫视角?

[原理]能看清楚文字或图形所需

要的最小视角是确定人视力的依据。临床规定,当视角为一分角时,能分辨两个可视点或看清细微形象的视力为正常视力。视力表就是根据视角的原理制成的常用的国际标准视力表有 12 行字。当我们远离视力表 5 米观看第 10 行字时,该行字的每一笔划两边发出的光线在眼球恰好形成一分视角。



因此,在距离 5 米处能辨认第 10 行字即认为是正常视力,并规定视力为 1.0,若某人需距表 2.5 米处才能辨认第 10 行字(此时在眼球形成的视角大于一分角),则其视力低于正常,根据公式

$$\frac{\text{受试者视力}}{\text{正常视力}} = \frac{\text{受试者辨认该字的最远距离}}{\text{正常视力辨认该字的最远距离}}$$

定其视力为 2.5/5,即 0.5。视力表中最上一行字是正常眼睛在 50 米距离能够辨认的(在此距离,由该字每一笔划发出的光线在眼球形成一分视角);若某人需在 5 米距离始可辨认,按上式其视力为 0.1。表上每行字左边的数字即依上式推算求得,表示在 5 米距离处能辨认该行字的视力。

[实验用品]视力表(5 米远用的),指示棍,遮眼板,米尺。

[实验对象]人。

[方法步骤及观察项目]

1、将视力表挂在光线均匀而充足处,使受试者站立或坐在距离表 5 米远的地方。

2、受试者自己用遮眼板遮住一眼,用另一眼看视力表,按实验者的指点说出表上的字或图形,由表上端的大字或图形开始向下试,直至试到受试者能够辨认的最小的字行为止,依照表旁边所注的数字来确定视力为几。若受试者对最上一行字也不能辨认清楚,则须令受试者向前移动,直至能辨清最上一行字为止,测量受试者与视力表的距离,再按上述公式推算出视力。

3、用同样的方法检查另一眼的视力。

[实验结果]正常眼用视力表直接测出或通过公式计算出受试者的视力不低于 1.0。

[结果分析]距视力表 5 米处测得受试者的视力为 1.0,是因为受试者在此距离由该行字每一笔划两边发出的光线在眼球形成一分视角。一分视角下观察物体上的两点,在视网膜上形成的映象约等于 $2-5u$,此大小相当于一个视锥细胞的直径。一分视角下正常人能分别看到两点的基本条件是两个兴奋着的感光细胞之间至少被一个未兴奋或兴奋较弱的细胞分开。所以受试者在距离 5 米处能精确的明辨细微的两点,即达到了上述条件,故属于正常视力。有的人视力可达 1.5 或更大这不仅取决于中央凹处视锥细胞的直径要小于 $2-5u$,也取决于视觉中枢的分析能力。

当距离不变时,人的视力与他所能看清的最小的字或图形的大小成反比;当字的大小不变时,人的视力与他看清所需的最远距离成正比。

[注意事项]

1、光线充足勿暗。

2、勿压眼球。

[思考题]① 视角与视力的关系如何?② 视力表设计的原理。

实验三十二 色盲检查

[目的要求]检查两眼对颜色的辨别能力;了解用色盲检查图检查色盲的原理并掌握其方法。

[提问]① 色觉障碍有哪些类型?产生的原因如何?② 色盲的检查有什么重要意义?

[原理]人眼的视网膜有很强的辨色能力,至少能辨别 180 多种颜色,辨色能力发生障碍时称为色盲。色盲包括全色盲及部分色盲,前者极少见,常见者为部分色盲(如红绿色盲)。检查色盲的方法有多种,常用的有比色法与色盲检查图法。前者为受检查者在各种颜色的绒线束中检出与标准色相类似线束,以判断其辨色能力。色盲检查图是选择色盲患者容易混淆的颜色斑点,拼成数字(或图形),令受检者辨认,从而判断其辨色能力。

[实验用品]色盲检查图。

[实验对象]人。

[方法步骤]

1、将色盲检查图放在明亮而均匀的自然光下,主试者按需要(不一定按顺序)翻开图本,令受检者用单眼(遮住一只眼睛)阅读,并随时做好记录。

2、按上法再检查另一眼。

3、查看色盲检查图中说明,评定检查结果。

[实验结果]

1、正常:能正确而迅速辨认所有色盲检查图。

2、色盲:能正确辨认示教图,但对其他图不能读或异读。

3、伪色盲:错读示教图。

[结果分析]

1、正常人能辨认色盲检查图。这是因为正常人有辨色能力,能根据色调来辨认不同的颜色,而色盲检查图中的数字(或图形)是由同色斑点拼成的,它与背景上的色斑在色调上有区别。故正常人能正确辨认。

2、色盲:①不能读。因为这种图是选用色盲患者容易混淆的颜色斑点制成的。组成数字的色斑与背景上的色斑的色调不同而明亮度相同。色盲患者不能根据色调来辨别颜色,故不能读出。②异读。由于在异读图中有两种数字(或图形)。一种是由同色斑点组成的。这种斑点与背景上的斑点色调不同而明亮度相同。由于正常人根据色调来区别颜色,而色盲患者则根据明亮度来辨别颜色。所以这种图形,正常人能读出而色盲患者不能读出。另一种数字暗藏在上述数字之中,它是由明亮度相同而色调不同的色斑组成的。这种斑点与背景上的斑点在明亮度上有区别而在色调上易混淆。故色盲患者能辨认,而正常人不辨。

3、伪色盲错读示教图。示教图中的颜色,色盲患者本来可以辨认的,如错读则可评定为伪色盲。

[结论]

1、正常人眼有辨认颜色的能力。

2、色盲是辨色能力障碍的一种表现。

3、正常人根据色调来辨别颜色,色盲患者则根据明亮度来辨别颜色。

[注意事项]

1、光线:最好是明亮而均匀的自然光,但不要在日光直接照射下检查,也不宜在灯光下检查,以免影响检查结果。

2、距离:色盲检查图离受检者眼睛以 50cm 左右为好。

3、速度:读图速度愈快愈好。一般 3 秒钟左右可得答案,最长不超过 10 秒钟。速度太慢则影响检查结果,以致对色弱者不易检出。

[思考题]① 三原色学说是怎样解释人眼的色觉机能的?② 何谓异读?为什么会出现异读?③ 红绿色盲患者为什么有时表现出惊人的辨色力?这种辨色力与正常人比较有何缺陷?

实验三十三 视网膜电图

【目的要求】学习视网膜电图的记录方法和观察视网膜电图的波形。

【提问】视网膜电图包括哪几个波？

【原理】光作用于视网膜，使光感受器兴奋，产生一系列电位变化，把这些变化记录下来便是视网膜电图。视网膜电图可通过角膜电极或将针形电极插入眼球玻璃体内引导获得。

【实验用品】SBR—I 双线示波器、前置放大器、光刺激器和手电筒、针灸针、止血钳、镊子、手术剪、注射器(20rr-1)、针头、20—25%乌拉坦。

【实验对象】家兔。

【方法步骤】

1、麻醉动物：用 25%乌拉坦 4ml/Kg 体重由耳缘静脉注入。

2、安装电极：剪去待观察眼的上下眼睑使眼裂尽量开大，用焊有导线的针灸针作引导电极，沿瞳孔正中插入眼玻璃体，参考电极插入额顶部皮下，接地电极置于前肢皮下。将上述三个电极经输入线连至前置放大器，再经前置放大器输出至示波器，直接显示出波形。

3、调整仪器：前置放大将输入选择 0. 1—0. 3Sec 滤波 15—60Hz，增益 500—2000，示波器灵敏度 1V/cm。

【观察项目】

1、每隔 3—5 分钟，启动光刺激器对准该眼瞳孔给予闪光刺激，每次持续 1—2 秒钟，观察所获视网膜电图的波形特征(图 31)。

2、改变光刺激强度，观察视网膜电图振幅的变化。

【实验结果】当给视网膜以光刺激时，示波器荧光屏上可记录出一种相对缓慢而且波形复杂的电位变化，称视网膜电图。

【结果分析】视网膜电图是由 a、b、c、等波组成。这几个波形是视网膜各种成份产生的电位总和。a 波反映感光细胞电变化的总和；b 波的波幅最大，可能主要反映双极细胞电位变化的总和；c 波反映色素上皮细胞电变化的总和，c 波与产生视觉的神经活动无直接关系 b 波最易记录出来，它与神经节的活动密切相关，通常可作为反映视网膜的指标。

【结论】光刺激可以引起视网膜产生电变化。

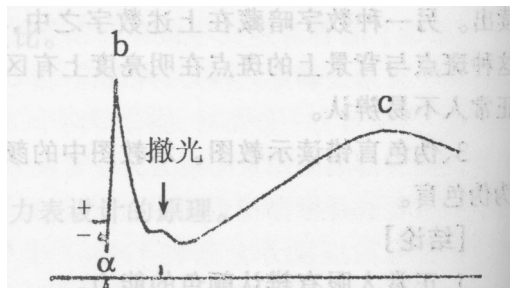
【注意事项】

1、连续给予多次闪光刺激后，b 波可能减少，此时应使闪光时间间隔延长，b 波又可以恢复。

2、如动物眨眼，影响观察，这时可加深麻醉，环境应较暗。

3、b 波发生时，角膜电位为正，视网膜电位为负。

【思考题】视网膜电图是否仅由感光细胞兴奋产生？为什么？



下线表示给光和撤光时间，↓表示撤光

图 31 视网膜电图波形

实验三十四 声波的传导途径

【目的要求】证明和比较声波传入内耳的两条途径，分析听力障碍原因和掌握鉴别耳聋性质的方法。

【提问】① 声波传入内耳有几条途径？它们的具体途径是什么？② 怎样区别传音性耳聋和感音性耳聋？

【原理】声波传入内耳的途径可分为空气传导与骨传导两种。在正常情况下，气导的功效大于骨导；在患传音性耳聋时，则病耳的骨导大于气导。若患感音性耳聋，则气导与骨导均有不同程

度的降低。用此原理鉴别耳聋的性质。

【实验用品】音叉、棉球、橡皮锤，胶管。

【实验对象】人。

【方法步骤】

1、比较同侧气导与骨导(任内氏实验): ①将正在振鸣的音叉端置于受试者一侧颞骨乳突上,令受试者注意听取音叉的响声。当听到声音逐渐减弱直至消失后,立即将音叉枝移到距外耳道口约1cm处,问受试者是否听到声音?②用棉球塞住同侧耳孔,再将振鸣的音叉置于距外耳道口约1cm处,当听不到音响时,立即将音叉柄移至于同侧颞骨乳突上,问受试者是否听到声音?

2、比较两耳骨传导(魏伯氏实验)①将正在振鸣的音叉柄端置于受试者额正中发际处,问受试者两耳听到的音响有无差别?②用棉球塞住受试者一侧耳孔,重复上项操作,问受试者音响偏于何侧?③棉球取出后,将胶管一端塞入受试者耳孔,他端入另一受试者耳孔,再重复上述操作,问另一受试者是否通过胶管听到音响?

【实验结果】

检查方法	步骤	结果	说明	判断
任氏实验	①	听到	气导>骨导	正常
		听不到	骨导>气导	传音性耳聋
	②	听到	骨导>气导等	模拟传音聋
魏氏实验	①	无差别	两侧音响相等	正常
		偏于一侧		较响侧传音聋 或对侧感音聋
	②	偏于塞侧		模拟传音聋
	③	听到	振动可由内耳 经中耳传出	

【结果分析】

1、正常人气导时间比骨导时间长,临床上称为任氏实验阳性(+)。因为气导通过鼓膜、听小骨、卵圆窗的放大作用,可使传入中耳的声压增强约三十倍。患传音性耳聋时则结果恰恰相反,气导时间比骨导时间短。这是因为声波的气导途径障碍,声波、听小骨、耳蜗淋巴振动由外耳道经中耳传入内耳受阻。

2、用棉球塞住一侧耳孔,用意是模拟传音性耳聋,此时骨导时间比气导长,临床上称任氏实验阴性(-)。原因与传音性耳聋同。

3、比较两侧骨传导。正常人两耳音响强度无差别,这是因为音叉柄两耳的距离相等,经颅骨传入两侧内耳的振动强度相等。同时两耳气导途径正常,振动内耳经中耳传出的强度也相等,故两耳感受到的声音强度无差别。假如受试者有传音性耳聋,则音响偏于患侧。这是因为振动经颅骨传入内耳这一途径无障碍,使传入两侧内耳的振动强度相等,而内耳的音波振动经中耳及外耳道传出在患侧受阻,使该侧动振消失较对侧减少的缘故。如为感音性耳聋,则音响偏于健侧,这是因为患耳不能感受音波振动,只有健耳能够听到音响的缘故。

4、用棉球塞耳,音响偏于塞侧,这是模拟传音性耳聋,解释与传音性耳聋相同。

5、通过胶管听到音响,说明骨传导时,振动既可经颅传至内耳,也可由内耳经中耳及外耳道传出而消失。在项操作结果可以用来解释传音性耳聋时骨导时间为什么比气导时间长?为什么

音响偏于健侧。

【结论】

- 1、音波传入内耳有气导与骨导两条途径。
- 2、正常人气导时间比骨导时间长。
- 3、传音性耳聋时患侧气导时间比骨导时间短，且音响偏于患侧。
- 4、音波振动可由内耳经中耳及外耳道传出而消失。

【注意事项】

1、音叉频率以 265 次/秒和 512 次/秒最适宜。低于 256 则骨导时能引起振动感，影响测听结果；高于 512 则振动能量不易通过叉柄传导。

2、扣击音叉时不要用力过猛，切忌在桌面上或其他坚硬物体上敲打，以免损坏音叉。

3、测气导时应使音叉枝的振动方向正对外耳道口。距外耳道口 1cm，并注意叉枝勿触及耳廓及头发。

4、室内应保持安静。

5、棉球要塞紧。

6、音叉位置要放准。

【异常现象讨论】塞耳的结果有时不明显甚至得出相反的结果。主要原因是棉球塞得过紧。没有起到模拟传音性耳聋的作用。其次是音叉柄放在乳突上的部位不准确，对实验结果也有一定影响。

【思考题】① 为什么正常人的气导时间比骨导时间长？传音性耳聋时为何气导时间比骨导时间短？② 为什么传音性耳聋时音响偏于患侧，而感音性耳聋时音响偏于健侧？③ 某人魏氏实验音响偏于左耳，你如何进一步诊断他的哪一侧耳有病？是传音性耳聋还是感音性耳聋？

实验三十五 微音器效应

【目的要求】学习微音器电位的引导方法，观察微音器效应。

【提问】① 何谓耳蜗微音器电位？

② 耳蜗微音器电位有什么特点？

【原理】微音器效应是声波作用于耳蜗感受器时，所引起的一种电变化，又称微音器电位。如将这种电变化经过放大后输入监听器可听到与刺激声波相同的声音。微音器效应可通过将电极放在园窗上引导获得。

【实验用品】SBR—I 双线示波器，前置放大器、监听器、放大镜、银丝引导电极、中号缝衣针、小鳄鱼夹、小钢锤，常用手术器械，25%氨基甲酸乙酯，注射器(20ml)，小骨钻。

【实验对象】豚鼠。

【方法步骤】

1、仪器准备 c 将前置放大器输入端经导线与引导电极，无关电极相连，其输出端通过导线与示波器相连，示波器的 y 轴输出接监听器。接通示波器电源使仪器预热。

2、动物准备：①麻醉动物取体重约 300—400g 幼龄豚鼠一只(因年幼豚鼠耳蜗位置较浅)，用 25%乌拉坦±g/kg 作腹腔注射。②安装电极待动物麻醉后，沿耳廓根部的后缘切开皮肤，分离组织，剔净肌肉，暴露外耳道口后方的颞骨乳突部(及时止血)。在乳突上用探针钻一小孔(法意此处骨质较薄)，并用止血钳逐渐扩大骨孔至 3—4mm，借放大镜；经骨孔向前方深部窥视，在相当于外耳口内侧的深部，可见自下向上凸起的耳蜗底转的后上部分及底转上方的园窗。园窗口朝向外上方，其前后径约为 0.8mm。将豚鼠侧卧，使其头部咀嚼端稍向下垂，以便于电极插入，先在枕骨上垂直插入一中号缝衣针，深度控制在 2—3mm，然后将银丝引导电极(注)经骨孔向前深部插入，使电极球形端与园窗膜接触，再将引导电极尾端靠至缝衣针，用微型鳄鱼夹夹住，以固定电极。注意勿将园窗膜触破，以免外淋巴液流出如有园窗膜破损微音器效应则明显减少，实验时程缩短。无关电极可夹在伤口皮下组织上，动物接地。调节前置放大器输入选择 0.1--0.3Sec，滤

波 15—60Hz，增益 500--2000。

【观察项目】

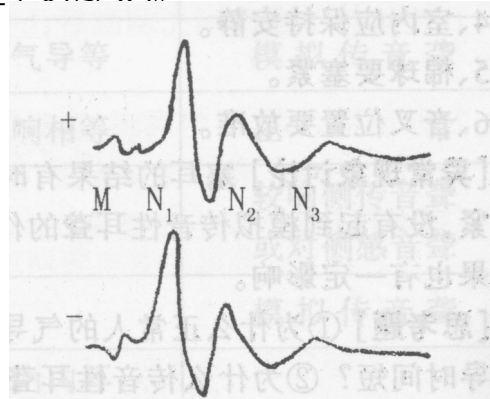
1、用刺激器输出方波(波宽 0.2—0.5msec，强度 6—10V)直接输入另一监听器，发出的声音代替超短声刺激，把监听器对准豚鼠插电极侧外耳道，从示波器上观察短声刺激引起的微音器电位及耳蜗神经动作电位。微音器电位(M)先出现，几乎无潜伏期，极性可倒转，然后连续出现两三个听神经总合电位(即 N₁N₂N₃)极性不变(图 32)。

2、除去上述刺激，直接对动物外耳道说话或唱歌时，从监听器中可以听到同样的话音和歌声。

【实验结果】

1、超短声刺激在示波器荧屏上可观察到微音器电位及耳蜗神经动作电位。

2、对准豚鼠外耳道说话或唱歌时，示波器荧光屏上可见到与声音同步的电位变化，从监听器中可听到同样的话音和歌声。



【结果分析】耳蜗的感音作用与内耳生物电现象密切相关。内耳生物电电位可概括为三类：一种是没有声音刺激时从内耳导出的直流电位，也叫静息电位；第二种是声音刺激传到内耳时导出的感受器电位，也称微音器电位；第三种是由感受器电位所激发的耳蜗神经动作电位。

【结论】内耳接受声音刺激后，产生与声波时相，频率相一致的耳蜗微音器电位。

【注意事项】

- 1、用小骨钻在乳突上钻孔时，不可用力过猛，以免损伤耳蜗。
- 2、在操作过程中要及时止血。

【思考题】耳蜗微音器电位和耳蜗神经动作电位有何区别？

【注】银丝引导电极的制作：取细银丝(直径 0.3—0.5mm)一小段，将一端熔成球形，外套适当粗细的塑料管经绝缘处理后，则可用作引导电极。

实验三十六 迷路的破坏

【目的要求】观察迷路在维持姿势平衡和运动协调中的重要作用。

【提问】① 前庭椭圆囊与球囊的主要作用如何？② 半规管壶腹有何主要功能？

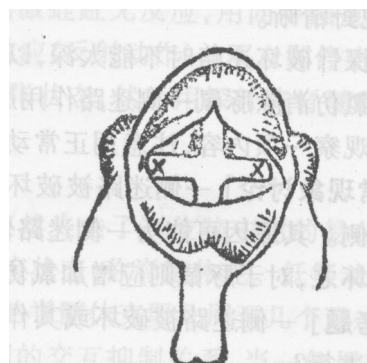
【原理】内耳迷路中的前庭与半规管分别为静止和运动时的姿势感觉装置，它们能感受加速和减速的直线运动和旋转运动，以及头部与整个躯体位置的改变，通过前庭神经传人，反射性影响肌紧张，从而调节机体的姿势平衡及运动协调。如果迷路受到破坏或发生故障，机体在静止和运动时便失去正常的姿势和运动。

【实验用品】手术刀、镊子、探针、蛙板、手术剪、棉线、滴管、烧杯、棉球、纱布、醚、氯仿等。

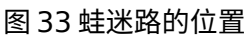
【实验对象】蛙和豚鼠。

【方法步骤】

1、蛙一侧迷路的破坏：先用乙醚将蛙麻醉，仰卧固定于蛙板上，下颌穿线，拉开蛙嘴。然后用手术刀沿颅底骨(眼球后方)切开粘膜，找出一侧蝶骨软骨部，用镊子小心分离骨膜，可见其下方一米粒大的小白点，即蛙的迷路(图 33)。最后用探针刺入小白点约 2mm 深，以破坏迷路，半小时后观察结果。



2、豚鼠一侧迷路作用的消除：取一豚鼠，

使之侧卧，提起一侧耳廓，用滴管吸取氯仿， 图 33 蛙迷路的位置
滴入两滴，让氯仿流入外耳道深处，这样可消除半规管感受器的作用，10--5 分钟后观察结果。
当结果出现后，再用氯仿以同法取消豚鼠另一侧迷路的作用，观察其姿势又有何变化？

【观察项目】

1、蛙的侧迷路破坏后，观察其静止时体位有何变化？比较损伤侧与健侧的肌紧张有何区别？向前爬行或跳跃时，是否呈直线运动？放入水中游泳时，其方向如何？

2、豚鼠一侧迷路作用消除后，观察其头部与躯干的位置有何变化？如果握住豚鼠的后肢将它举起来，有何现象发生？放手让豚鼠运动时，方向有无异常？两侧迷路作用消除后，又有何变化？

【实验结果】

1、蛙一侧迷路破坏后，静止时其头歪向损伤侧；损伤侧伸肌紧张性降低(呈屈曲状态)，向前爬行或跳跃时不呈直线运动，而歪向损伤侧前进；放入水中游泳时，则向损伤侧旋转运动。

2、豚鼠一侧迷路作用消除后，其头部偏向迷路作用消失的那一侧，如果试图将动物的头转正，则感到其颈部肌肉呈现明显的抵抗；如握住豚鼠后肢将它举起来，则其头与躯干皆弯向迷路作用消失的那一侧，运动时则可见动物以横轴为中心的回转运动；当另一侧迷路作用也消失后，豚鼠头部表现下垂，活动时头抬不起来，行走迟钝，但无回转运动。

【结果分析】正常情况下，前庭器管接受刺激传入中脑，一方面兴奋脑干易化区，主要加强伸肌紧张性，这是去大脑僵直的原因之一；另一方面传人大脑皮质，产生位置觉。总的效应以维持身体平衡与协调运动。当一侧迷路被破坏或作用消除后，损伤侧伸肌紧张性降低，而屈肌紧张性相对亢进，故安静时头与躯干歪向损伤侧；运动时损伤侧呈屈曲状态，对侧活动自如，故动物向损伤侧呈旋转运动，不能呈直线运动。当豚鼠两侧迷路作用消失后，伸肌紧张性降低，故头部表现下垂，但无回转运动。

【结论】一侧迷路受损或作用消失，蛙及豚鼠的姿势不能维持平衡，运动不协调。

【注意事项】

1、乙醚麻醉蛙时不能太深，切开颅底粘膜尽量避免出血，如有出血则用棉球压迫止血，以利视野清晰。

2、用探针破坏迷路时不能太深，以免损伤中枢神经。

3、用氯仿消除豚鼠一侧迷路作用时，不能滴入太多，以免引起过强症状。

4、每观察一项内容，注意用正常动物作对照，以利更清晰的显示其效果。

【异常现象讨论】一侧迷路被破坏或作用消失后，动物头部歪向健侧，爬行或跳跃时也歪向健侧。其原因可能为一侧迷路作用未受破坏，反而产生了刺激效应。对于蟾蜍则可重新破坏之，对于豚鼠则应增加氯仿滴入量或延长观察时间。

【思考题】一侧迷路被破坏或其作用消失后，为什么动物的头部位置有改变，运动不能呈直线进行？

实验三十七 脊蛙反射

【目的要求】通过观察脊蛙反射，了解反射中枢兴奋传导的基本特征。

【提问】反射中枢兴奋传导的基本特征有哪些？

【原理】去脑的蛙称脊蛙，仍可进行一些简单的反射活动，称脊蛙反射，脊蛙的脊髓机能活动虽然不能代表完整蛙的脊髓机能活动，但这些反射能一般性的反映出中枢机能活动的特征。

【实验用品】蛙解剖器械一套、肌夹、铁支架、双凹夹、1%和 2%硫酸溶液、培养皿、烧杯、跑表或节拍器、电刺激装置、棉球等。

【实验对象】蟾蜍或蛙

【方法步骤。观察项目和实验结果】

1、脊蛙制备与脊髓休克：将大剪刀插入蛙口，在蛙头部两鼓膜后缘水平剪断头部(保留下颌)，

即制成脊蛙。立即观察脊蛙有无肌紧张，用针或其他刺激作用于脊蛙皮肤有无反应。结果可见无肌紧张，对刺激也无反应(脊髓休克发生)。经过数分钟，脊蛙对刺激有了反应(脊髓休克恢复)。此后，将脊蛙的下颌用肌夹夹住(或用线穿过下颌)悬挂在铁支架上。

2、屈肌，伸肌反射：将浸以2%硫酸溶液的滤纸片贴在左脚趾，则左腿屈曲而右腿伸直，如贴在右脚趾上，则右腿屈曲，而左腿伸直，此谓对侧伸肌反射。

3、屈肌反射时的测定：将悬挂着的蛙足趾浸入1%硫酸溶液中，立即用跑表或节拍器计算自蛙足趾浸入溶液起，至蛙腿开始缩回止所需时间即为屈肌反射时。重复2—3次，求其平均值(注意每次刺激足趾面积要一致，并不要与皿壁接触，每做一次要用水冲洗足趾后擦干)。

4、反射作用的抑制：以电刺激脊蛙一侧下肢皮肤，则此侧下肢屈曲，对侧下肢伸直。此时，立即用上法测定伸直下肢的屈肌反射时，可见反射时比前项实验时延长。

5、兴奋的扩散：用镊子轻夹一侧蛙趾，仅受刺激侧肢体活动，刺激加强则对侧腿也活动，刺激进一步加强则上，下肢及全身均出现活动。

6、总和与后作用：先以单个阈下电刺激强度刺激蛙趾无反应，用同等强度的连续刺激，结果蛙趾出现了运动反应。刺激停止后，运动效应(反射动作)并不立即停止。

7、维持肌紧张的中枢：观察脊蛙四肢肌肉的紧张状态，然后用探针将脊髓破坏，则可见肌紧张消失(未破坏脊髓时有一定的肌紧张)。

【结果分析】

1、脊髓休克：是由于刚横断脊髓的脊蛙，脊髓突然失去了高位脑中枢的易化作用，导致脊髓本身的机能暂时丧失，对任何刺激处于无反应状态，称脊髓休克。低等动物(如蛙)的脊髓休克只需几分钟就可恢复，而高等动物及人的脊髓休克要几周至几个月才能恢复。

2、对侧伸肌反射的发生源于中枢兴奋与抑制间的交互抑制关系，当一侧屈肌中枢兴奋时，不但引起同侧伸肌中枢抑制，产生该肢屈曲的动作，还有侧肢到对侧，使对侧伸肌中枢兴奋，屈肌中枢抑制，导致对侧肢体伸直，以维持肌体平衡。

3、屈肌反射时的测定是以刺激足趾开始到该肢开始发生屈曲现象这整个反射过程所需全部时间的客观指标。整个时间可分为三部分：①感受器发生兴奋及冲动沿传入神经纤维传导所需的时间；②兴奋在中枢部分传播所需的时间；③冲动沿传出神经纤维向效应器传导所需的时间及效应器的潜伏期。其中兴奋在中枢传播的距离虽不及外周部分长，但因经过的突触较外周多，故传播所需时间较长，称“中枢延搁”，可见反射时越长，说明该反射在中经过的突触越多，反射也就越复杂。

4、反射作用的抑制：电刺激蛙一侧下肢皮肤，引起对侧伸肌反射，此时在受电刺激侧中枢内形成一个强的兴奋灶，导致其他中枢抑制，此即“同时性负诱导”，在此状况下，即刺激伸直下肢，传入冲动落在受抑制的屈肌中枢，故该肢的屈肌反射时延长。

5、兴奋扩散的机理：是因中枢内神经元之间的辐射状联系，使一个中枢的兴奋可引起其它协同中枢的兴奋，导致兴奋的扩散(抑制也能扩散)。扩散范围大小与刺激强度成正变关系。

6、总和现象的出现是因为不能引起反射的单个阈下刺激，在感受器兴奋后所产生的动作电位传到中枢后引起突触末梢的递质释放量不足以使突触后神经元兴奋，但同等强度的阈下刺激重复作用于感受器，此时引致神经产生一连串动作电位传到中枢，可使中枢内突触末梢的递质释放量增多，产生的兴奋性突触后电位在时间上总和起来并达到阈电位水平，从而触发突触后神经元的动作电位，经传出神经纤维传出，导致反射效应出现。这也称为“继时性总和”。

7、刺激停止后，反射动作并不立即停止，这就是后作用。它产生的原因一方面是中枢内神经元的环状联系方式；另一方面，在效应器发生反应时，效应器本身的感受器(如肌梭)又受到刺激而发放冲动到中枢，维持或纠正原先的反射活动。

【结论】肌紧张的基本中枢在脊髓。脊髓是牵张反射等反射活动的基本反射中枢，在其中枢内存在着兴奋在中枢传递的某些特征。

【注意事项】

- 1、每次刺激足趾面积要一致且不要与皿壁接触。
- 2、每做一次要用水冲洗足趾并擦干。

【异常现象讨论】有时可见到在各种刺激作用于脊蛙时，引起的反应不明显，这可能是气候，季节的影响，使蛙处于休眠状态(如深秋季节)，或其他因素使蛙的机能低下。

【思考题】脊髓休克的出现和恢复说明什么问题？

实验三十八 小脑破坏的观察

【目的要求】观察小白鼠在损伤一侧小脑后对肌紧张和身体平衡的影响。

【提问】小脑在调节躯体运动中有何作用？

【原理】小脑为调节肌紧张，维持平衡的重要器官、当小脑受损就会出现肌紧张失调，不能维持平衡的现象。

【实验用品】手术刀、止血钳、镊子、剪刀、直针、线、棉花及乙醚。

【实验对象】小白鼠。

【方法步骤】

- 1、将小白鼠用乙醚棉球进行浅麻醉，剪去头颈部毛。
- 2、沿头部正中中线切开头皮，用止血钳止血；用刀片轻刮骨膜，暴露枕骨结节下缘颅骨，从透明的颅骨可见小脑的位置。
- 3、用直针自枕骨结节中线旁侧水平垂直进针，刺入薄的颅骨片，进针约 3mm，并搅动针柄，即破坏了一侧小脑。
- 4、将直针取出，用棉球止血。

【观察项目】放开小白鼠，待麻醉作用消失后，观察其行走时步态情况及肌紧张有无变化。

【实验结果】小白鼠步态不稳，损伤侧肌紧张降低，表现为该侧肌体不能支撑，并见其向损伤侧旋转或翻滚。

【结果分析】小脑的功能是调节肌紧张，维持身体平衡及协调随意运动。正常情况下小脑前叶对肌紧张的易化作用占优势，损伤一侧表现为肌紧张力降低。又因为小脑属锥体外系，其发出纤维先交叉入对侧红核，而红核发出的红核脊髓束又先交叉后下行，故损伤一侧小脑表现为同侧肌张力下降，并向同侧旋转或翻滚。

【结论】损伤小脑，出现肌张力改变，身体平衡失调及运动共济失调等综合症状。

【注意事项】

- 1、破坏小脑所用直针以 9 号注射针头为宜。
- 2、为确保破坏部位准确，应垂直进针，深度不超过 3mm。

实验三十九 兔大脑皮层运动区机能定位

【目的要求】学习皮层机能定位的实验方法。观察电刺激兔皮层运动区不同部位所引起的躯体运动的效应。

【提问】什么叫皮层机能定位？皮层运动区有何特点？

【原理】大脑皮层与躯体运动密切相关，大脑皮层的不同部位具有不同机能，刺激动物大脑皮层一定部位能引起特定肌肉或肌群的收缩。

【实验用品】哺乳动物手术用具、乙醚或氨基甲酸乙酯、骨钻、咬骨钳、骨蜡、电刺激装置等。

【实验对象】家兔。

【方法步骤】

- 1、用氨基甲酸乙酯静脉注射，每公斤体重 1g，或用乙醚麻醉兔，切开颈部，插气管导管并结扎两侧颈总动脉，将 Y 形气管插管的一边用橡皮管接到麻醉瓶上进行麻醉。

- 2、将兔俯卧，四肢固定于兔手术台。
- 3、暴露大脑皮层：剪去头部的毛，在头顶部正中切开皮肤，剥离肌肉暴露颅骨，用钻在颅骨上开一圆洞，然后用骨钻扩大，如有骨出血可用骨蜡止血。注意不能损伤硬脑膜血管。
- 4、用小镊子夹起硬脑膜，用剪刀剪去，暴露脑组织。手术完毕后，将动物绳索放松。

【观察项目】

1、用重复(或单个)电刺激一侧大脑皮层找出各代表区，观察对刺激引起的下颌、前后肢、颈部等部位的骨骼肌运动。

2、在另一侧大脑皮层重复上述实验。

【结果及分析】

1、电刺激一侧大脑皮层 I 区(图 34)：动物出现双侧竖须和轻微咀嚼动作。这是因为颜面肌和下颌运动肌的运动是受双侧皮层运动区的支配。

I 区：颜面肌及下颌运动区。

II 区：前肢及后肢运动区。

III 区：下颌运动区。

IV 区：颈部运动区。

VI 区：前肢运动区。

2、电刺激一侧大脑皮层 II 区：动物对侧前后肢运动。因为大脑皮层运动区对躯体运动的调节是交叉进行的，即一侧皮层运动区支配另一侧躯体运动。

3、电刺激一侧大脑皮层 III 区：动物产生咀嚼动作，咀嚼动作更为明显。咀嚼刺激区分布较广，除刺激 I 区外，刺激 II 区更为明显，说明支配家兔的下颌运动的皮层运动区主要集中在 II 区。刺激一侧皮层 III 区出现整个下颌运动是因为下颌运动肌肉的支配是双侧性的。

4、电刺激一侧大脑皮层 IV 区：动物头部偏向对侧。证明颈部肌肉的运动是受对侧皮层的控制。

5、电刺激一侧大脑皮层 VI 区：动物对侧前肢上抬和摆动。证明前肢骨骼肌的运动受对侧皮层的支配。支配前肢运动的皮层主要集中在 VI 区。

【结论】躯体运动受大脑皮层的控制。皮层运动区对躯体运动的调节是交叉性的。但对头面部肌肉的支配多数是双侧性的。

【注意事项】

- 1、动物麻醉不宜过深。一般说来，麻醉越浅，反应越易出现。
- 2、开颅手术过程中防止出血过多。
- 3、刺激电流强度不宜过大，以免烧毁脑组织。

【异常现象讨论】

本实验过程中某些效应不易出现，同时皮层定位不精确等异常结果的可能原因有：①动物麻醉过深，手术过程中损伤性大，止血困难，严重影响实验效果。②电极缺乏绝缘层，两根电极之间距离大，刺激涉及范围宽，电极刺入深度不易掌握，因而影响皮层各代表区定位的精确度。

【注】骨蜡的配制方法：

材料：凡士林 165g，蜂蜡 335g，松香粉 100g。

配制步骤：取凡士林和蜂蜡放在蒸发皿内加热，等完全熔化后，加松香粉末，用玻璃棒慢慢搅拌，待松香完全熔化后即停止加热，冷却后成为粘性的半固体骨蜡。

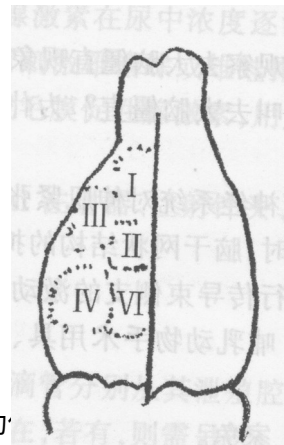


图 34 兔皮层之刺激

内随刺激时间延长，刺激 II 区更为明显，说明支配家兔的下颌运动的皮层运动区主要集中在 II 区。

实验四十 去大脑僵直

【目的要求】观察去大脑僵直现象，了解高位中枢对肌紧张的影响。

【提问】什么叫去大脑僵直?为什么中脑在上、下丘之间切断脑干,动物会出现僵直现象?

【原理】中枢神经系统对伸肌紧张性具有易化作用和抑制作用。在动物的中脑上、下丘之间横断脑干时,脑干网状结构的抑制区失去了高位中枢的始动作用而活动降低,而易化区还可接受上行传导束侧支的激动,故引致动物伸肌的紧张作用加强。

【实验用品】哺乳动物手术用具、骨钻、咬骨钳、气管插管、骨蜡、线、棉花、纱布、温生理盐水、乙醚。

【实验对象】家兔。

【方法步骤】

1、动物麻醉及开颅法同大脑皮层机能定位。

2、用手术刀去大脑,暴露四叠体,取头部水平位,用手术刀于上、下丘之间垂直切断(注意切断水平不能偏低)。

3、脑干切断后,将大脑取出,用温盐水棉花团填塞手术部位,缝好头皮,动物松绑侧卧于手术台上。然后除去麻醉,使动物苏醒,进行观察。

【观察项目】观察实验动物的姿势及全身肌肉紧张情况。

【实验结果及分析】在中脑四叠体(上、下丘)之间切断脑干,约十分钟左右,动物出现四肢伸直,坚硬如柱,脊柱后挺,头尾昂起等以伸肌紧张性亢进的表现。

中枢神经系统对伸肌的紧张性有易化作用和抑制作用。若在动物的上、下丘之间横断脑干,因横断后,大脑皮层抑制区和尾状核到达脑干网状结构抑制区的道路被切断,脑干网状结构抑制区失去了高位中枢的始动作用而活动减弱,而易化区的活动没有受到这种切断的影响,这就使得网状结构下行易化作用因失去了抑制作用的相对抗而占优势,导致伸肌紧张性亢进的现象。

【结论】中枢神经系统对肌紧张具有调节作用。去大脑僵直的主要表现是伸肌反射亢进。

【注意事项】

1、在手术过程中,避免损伤矢状窦、横窦以防大出血。

2、横断上、下丘时,应看准部位,切断水平不能过低。

【思考题】肌紧张是怎样产生的?脑干网状结构下行系统对肌紧张是怎样进行调节的?

实验四十一 妊娠试验

【目的要求】了解妊娠试验的原理,学习一种诊断早期妊娠的简单试验方法。

【提问】胎盘能分泌哪些激素?在妊娠过程中起何作用?

【原理】妇女妊娠后,胎盘分泌的绒毛膜促性腺激素在尿中浓度逐渐升高,至60天左右达到高峰,以后逐步减少。绒毛膜促性腺激素可刺激雄蟾蜍或雄蛙排精。因此,利用雄蛙或雄蟾蜍排精作用为指标,测定孕妇尿液中的绒毛膜促性腺激素,用为诊断早期妊娠的检验方法。

【实验用品】滴管、载玻片、盖玻片、显微镜、5ml注射器、注射针头、早期(怀孕二左右、孕妇尿、生理盐水。

【实验对象】雄青蛙或雄蟾蜍。

【方法步骤】

1、选两只体重在30g以上的雄蛙或雄蟾蜍,用滴管分别从其泄殖腔内吸出少量液体,滴在两块载玻片上,在显微镜下观察证实无精子存在,若有,则需另选。

2、其中一只以生理盐水2—5ml注入背部淋巴囊作对照,另一只则注射等量的孕妇尿。

3、待1—2小时后,分别从泄殖器腔吸出液体,在显微镜下检查。

【观察项目】

1、用低倍镜分别观察注射孕妇尿和生理盐水的雄蛙或雄蟾蜍泄殖腔液体中是否有精子存在。

2、用高倍镜观察精子的形态。

【实验结果】有精子者为阳性;无精子者为阴性。

【结果分析】绒毛膜促性腺激素是由胎盘合体滋养层分泌的一种糖蛋白，它可进入母血，由母体尿中排出，并能刺激雄蛙或雄蟾蜍排精，故出现阳性反应。

【结论】60 天左右的孕妇尿能刺激雄蛙或雄蟾蜍排精。

【注意事项】

- 1、取液体用的滴管管口应光滑，以免损伤组织。
- 2、泄殖腔内有原生动物，观察时应与精子区别。
- 3、如果泄殖腔内的液体量很少，可用滴管先注入少量任氏液，然后再吸出。
- 4、作青蛙或蟾蜍背部淋巴囊注射时，针头应从后肢刺入，否则尿液将从针眼流出。
- 5、判定雄蛙或雄蟾蜍最简单的方法是用拇指及食指将它的腹侧一压，如系雄的，通常要叫一声，雌的就不会叫。另外，雄蛙或雄蟾蜍下颌外两侧有鼓起的鸣囊，雌的没有。

【异常现象讨论】

- 1、阳性反应一般均能见到较多的精子，不少于 10%低倍视野；有少数情况每个视野均能见到，但少于 10%低倍视野为可疑，应重作实验。
- 2、青蛙或蟾蜍注射尿液数小时死去，可能由于蟾蜍或青蛙养育日久而致本身过于体弱或尿液偏碱或含有不洁之物，故需采用强健活泼的雄青蛙或雄蟾蜍及清洁、中性或偏酸的尿液作实验。

【思考题】妊娠期胎盘分泌绒毛膜促性腺素有何生理意义？

提问与思考题答案提要

实验一

【提问】① 急性实验与慢性实验两类。② 离体实验是将研究的器官或组织移到体外，在人工条件下进行实验观察。在体实验是对被研究的器官或组织保留在动物体内进行实验观察。

【思考题】① 急性离体实验。特点是易于控制条件，观察较为方便，排除了其他组织器官的干扰。因此，对研究分析某一器官或组织的功能活动具有重要价值。② 要按步骤认真进行操作，要把神经干周围的结缔组织分离干净，要经常用任氏液湿润标本，不要用金属器械夹触标本，不要牵拉坐骨神经，不要让蛙的皮肤分泌物、血液等沾污标本。

实验二

【提问】① 一定的刺激强度和一定的作用时间。② 刺激阈愈小，组织兴奋性愈高；刺激阈愈大，组织兴奋性愈低。

【思考题】① 总的来讲，刺激是原因，反应是结果。刺激是外因，组织的兴奋性是内因，刺激必须作用于有兴奋性的组织才能引起反应。刺激必须达到一定的作用时间。② 通过神经兴奋传导，神经肌肉接头传递，终板电位，肌肉兴奋收缩偶联，导致肌肉收缩。这种收缩属等张收缩，因为肌肉能自由缩短，其张力变化不大。

实验三

【提问】① 在中枢神经系统参与下，机体对刺激所产生的规律性的反应活动。② 是反射弧，由五个部分组成：感受器、传入神经、中枢、传出神经、效应器。

【思考题】① 刺激皮肤引起屈腿活动属反射，刺激肌肉引起该肌肉收缩属反应。反射必须通过完整的反射弧，反应则不一定通过反射弧。② 反射弧的完整是实现反射活动的物质基础。

实验四

【提问】① 生物细胞活动时伴有的电现象。② 安静时，细胞膜内、外之间存在的电位差为静息电位。细胞兴奋时，细胞膜内、外发生一次扩布性电位变化称为动作电位。

【思考题】① 神经于是由若干阈值不同的神经纤维组成的神经束，神经干上的动作电位是单一细胞上的动作电位，而是若干神经纤维上动作电位的复合，所以随着刺激强度的增加神经干中被兴奋的神经纤维数目也增加，致使复合的动作电位的幅度也增加。

② 不存在，停止刺激，神经不产生动作电位。神经干与引导电极脱离接触，不能引导示波器。

③出现单相动作电位波。因仅在一个电极下引导负电位到达和离开时的电位改变，过损伤处时，动作电位被中断，在另一极不发生电位改变。

实验五

【提问】神经纤维粗细与神经传导速度有关，粗快细慢。

【思考题】传导速度不同，可能与神经干大小粗细有关，但还可能与神经干所处环境(温度等)有关。

实验六

【提问】①当肌肉受到一个阈强度刺激时，发生一次收缩反应，叫单收缩。一个单收缩可分为三个时期，即潜伏期、收缩期与舒张期。②当给予肌肉连续刺激时，后一个收缩发生在前一个收缩过程中的收缩期内，其张力变化与长度缩短完全融合，叫完全强直收缩。③一般都属强直收缩。若后一收缩发生在前一个收缩过程舒张期内叫不完全强直收缩。

【思考题】①由于骨骼肌的收缩几乎发生在动作电位全部完成以后，连续刺激很难落入动作电位有效不应期，所以刺激频率增加，后一个刺激落在前一收缩过程中的缩短期，能使各自收缩的张力变化和长度缩短完全融合而心肌则不易产生强直收缩。强直收缩的力量大，持续时间延长，保证人体正常进行各种劳动和运动。②动作电位不能融合，由于锋电位处于绝对不应期。③因为二个刺激落在兴奋性较强的时期(即超常期)内，以及兴奋性较低的神经纤维或肌纤维由于连续刺激产生了时间总和，导致兴奋，参与收缩。

实验七

【提问】①初长为肌纤维收缩前的长度。最适初长即能产生最大收缩力量的肌纤维收缩前的长度。②前负荷是肌纤维收缩前所遇阻力负荷，它能使肌纤维初长改变。后负荷是肌纤维收缩开始后所遇阻力负荷。

【思考题】①最适初长时，横桥与细肌丝重叠的数目最多，最适张力时，肌纤维的机能状态为最佳，所以作功最大。②肌肉负重愈大，肌肉缩短速度愈小，当负重达最大时，肌肉缩短速度为零，作功也为零。肌肉负重愈小，肌肉缩短速度愈快，当负重为零时，肌肉缩短速度最快，但此时肌肉作功亦为零。

实验八

【提问】①水分子通过半透膜向另一侧溶液扩散的现象称为渗透，溶液所具有的吸引水分子透过半透膜的力量，则称为渗透压。②与血浆渗透压相等或相近的溶液，称等渗溶液。以血浆总的渗透压为标准划分，与血浆渗透压相等为等渗溶液，高于者为高渗溶液，低于者为低渗溶液。

【思考题】①各种原因引起红细胞破裂，血红蛋白释放，即称溶血或红细胞溶解。开始溶血，为部分红细胞破坏和溶解，在容器中上层出现透明红色，下层为混浊红色。完全溶血说明所有红细胞完全溶解，液体完全变成透明红色。②正常红细胞呈双凹圆盘形，表面积/积的比值大，体积增加的潜力也大，而且可塑性强，变成球形，体积增加，表面积/体积比减少，则脆性增加。

实验九

【提问】①红细胞在血浆中具有不易下沉而悬浮于血浆中的特性叫悬浮稳定性。②血沉与悬浮稳定性呈反变关系。即：悬浮稳定性 \propto 1/血沉。

【思考题】①血沉快慢与红细胞叠连有关。红细胞叠连的因素主要存在于血浆中。如纤维蛋白原、球蛋白等增加时，易形成叠连故血沉加速，而清蛋白、卵磷脂增多时，则相反，可使血沉减慢。如风湿病、活动性结核等疾病均能影响血浆的有关成分而影响血沉。②血沉正常，因为影响血沉的主要因素在血浆而不在血球。

实验十

【提问】①血凝的本质是一种复杂的生物化学反应。它与红细胞凝集、红细胞叠连是不同的，因为红细胞凝集是一种免疫化学反应，红细胞叠连是红细胞的暂时聚合，是一种物理现象，一经振荡，即可散开。②外源性凝血过程快，因为在凝血酶原激活物的形成这一重要步骤中，外源性

凝血过程参与的凝血因子少，反应的时间短。

【思考题】① 草酸血浆和血清分别缺乏血凝过程中重要的Ca²⁺和纤维蛋白，所以都不凝固。二者不凝的原因是不一样的，因二者缺乏的凝血因子是不相同的。②兔脑浸出液是一种组织凝血活素，在血凝中起触发加速的作用。

实验十一

【提问】止血是指血管破损出血得到制止；凝血是指在血管内或血管外血液凝固成块。这两个过程，既有区别又有联系。后者在血管破裂或不破裂情况下均可产生。

【思考题】血小板具有粘着、聚集、释放反应、收缩等生理特性。这些生理特性在止血凝血过程都有重要作用。

实验十二

【提问】① 确定ABO血型的依据是看红细胞上含何种凝集原，含A凝集原者为A型，含B凝集原者为B型，A、B两种凝集原都含者为AB型，A、B凝集原两者都不含者为O型。②ABO血型相同者，并非任何情况都能相互输血，其原因是血型系统很复杂，目前尚有没有搞清的血型系统，即使ABO血型系统也还存在有亚型，再加上要避免血型鉴定技术上的差错，所以血型相同在没有进行交叉配血时输血是不妥当的。

【思考题】在已知某人的血型为A型或B型时，可用来鉴定他人血型。鉴定方法如下：分别抽已知血型者和待鉴定者血适量，离心得二种血清和红细胞，现以已知者为A型举例说明。如待测者红细胞与已知A型者血清发生凝集，待测者血清与A型红细胞也发生凝集则为B型；如待测者红细胞与A型血清发生凝集，而待测者血清却不与A型红细胞凝集则为AB型；如待测者红细胞不与A型血清发生凝集而待测者血清与A型红细胞发生凝集则为O型；如果待测者红细胞、血清与A型血清、红细胞都分别不凝集则为A型。

实验十三

【提问】① 蛙心搏动起源于静脉窦，人体心搏动起源于窦房结。②兴奋在心内传导顺序是：窦房结—结间束—房室交界—房室束—左右束支—浦肯野氏纤维—心室肌

心房肌

【思考题】①A：兴奋传导阻滞。斯氏第一结扎后，心房失去了静脉窦的激发和控制。斯氏第二结扎后，心室失去了心房的激发和控制。静脉窦 心房 心室。B：静脉窦、心房、心室各有自律性，在传导阻滞的情况下，按各自的自律性起搏。C：静脉窦、心房、心室三者的自律性高低不一，静脉窦>心房>心室。②蛙心静脉窦相当于哺乳动物的窦房结，是心搏正常的起搏点。③按照窦房结的节律形成的心搏为窦性心律。由窦房结以外的自律组织，自动地发生兴奋而引起部分或整个心脏活动称异位心律。

实验十四

【提问】有效不应期长，约相当于心脏的整个收缩期，此期心肌的兴奋性很低。其生理意义是使心肌不会产生完全强直收缩，有利于心脏的充盈和射血。

【思考题】① 绝对不应期和有效不应期、相对不应期、超常期。②因期前收缩也有自己的有效不应期，当紧接在期前收缩之后的一次窦性兴奋传至心室肌时，常正好是落在期前收缩的有效不应期内而失效，必须再等下一次窦性兴奋传来时才发生反应，故总伴随有代偿间歇。

实验十五

【提问】影响心肌活动的理化因素主要有：温度、PH值、K⁺、Na⁺、Ca²⁺等。

【思考题】因为血中K⁺浓度很快增高，可使人发生心动过缓，传导阻滞和收缩减弱，严重时可使心搏停止于舒张状态。因血中Ca²⁺浓度增高过快，使心肌收缩力过于加强，舒张不完全会影响心舒期的充盈，导致射血反而减少，病人感觉不适，严重时甚至带来不良后果。

实验十六

【提问】心脏所处机体是一个容积导体，所以引导电极置于体表可以记录出心电变化。

【思考题】任氏液含有无机盐离子，能够导电，盛任氏液的器皿也成了容积导体，加之心脏的自律性，所以通过引导电极也能记录出心电波形。

实验十七

【提问】心电图(ECG)是利用心电图机于人体表面记录出来的心脏的去极化和复极化过程所形成的电位变化曲线。

【思考题】心电图反映心脏兴奋的产生、传导和恢复过程中的生物电变化，而和心脏的机械收缩活动无直接关系，一般不能反映心肌收缩力的改变。P波代表心房兴奋。是由左右心房去极化时的电位变化形成的。P—R间期代表兴奋由心房传播到心室所需的时间。QRS波群代表心室由静息状态进入兴奋，心室表面各部位先后发生的电位差。Q波是室间隔去极波；R波由左右心室壁去极化而形成；S波则是由心底部和室间隔部去极化而产生的。ST段代表全心室处于兴奋状态，心室各部位间无电位差。T波代表心室兴奋后的恢复过程。是由心脏有的区域复极化而有的区域尚未复极化而出现的电位差所形成。Q—T间期代表心室肌去极化和复极化过程的总时间。U波可能反映的是激后电位。

实验十八

【提问】①心房或心室每收缩、舒张一次为一个心动周期。②心音是由心脏瓣膜的开闭和心肌的收缩舒张以及血液流动所产生的振动形成的。

【思考题】第一、二心音分别产生于心缩期和心舒期、心肌收缩、房室瓣关闭和血流返折、动脉瓣开放、血流冲击主动脉根等处振动与第一心音密切相关，心肌舒张、动脉瓣关闭和血流返折、房室瓣开放和血液流人心室等处振动与第二心音密切相关。

实验十九

【提问】①血压就是血管内血液对血管壁的侧压力。②形成血压的前提是足够的血液量充盈血管，其基本因素是心输出量(动力)外周阻力和大动脉弹性回缩力。

【思考题】通过分析对照，很可能具有这样的关系：舒张压相同，其收缩压高者，脉压值大，收缩压相同，舒张压低者脉压增大，相反则脉压值小。

实验二十

【提问】①微循环是指微动脉与微静脉间微血管中的血液循环。是血液循环系统与组织细胞直接接触的部位。②微循环中血流通路有迂回通路(又称营养通道)、直捷通路及动静脉短路(又称营养通道)。

【思考题】首先观察血管壁的厚薄，血管口径的大小；然后观察血流的方向，血液的颜色和血流速度及其特点以进行区分。

实验二十一

【提问】形成动脉血压的基本因素是心输出量和外周阻力。所以，凡能影响心输出量与外周阻力的各种因素都能影响血压，如每搏输出量、心率、外周阻力、大动脉管壁的弹性以及循环血量与血管容量。

【思考题】反射性神经调节主要有①颈动脉窦与主动脉弓压力感受器反射。②颈动脉体与主动脉体化学感受器反射。体液性调节主要有肾上腺素、去甲肾上腺素及血管紧张素。

实验二十二

【提问】潮气量是指平静呼吸时，每次吸入或呼出的气量。正常成年人约为400至500ml，补吸气量是指平静吸气之后，再尽力吸气所能增加吸入的气量。正常成年人约为1500至1800ml；补呼气量是指平静呼气之末，再尽力呼气所能增加呼出的气量，正常成年人约为900—1200ml；肺活量是指在最大吸气后作尽力呼气所能呼出的气量。正常成年人平均值男性约为3.47升，女性2.44升。

【思考题】①肺活量受性别、年龄、身材大小、呼吸肌强弱和肺与胸廓的弹性等因素影响。肺活

量测定可有助于了解肺通气功能，它是肺功能的重要指标之一。②先根据体表面积计算公式求出体表面积(m²)；再根据肺活量计算公式求出肺活量。将公式求得的肺活量值与所测得的肺活量值相比较，如不低于20%均属于正常。如果不正常，原因可从影响肺活量诸因素中寻找。

实验二十三

【提问】①呼吸运动——指胸廓有节律的扩大和缩小。描记呼吸运动的方法一般有：通过胸廓运动描记法；通过膈肌运动描记法；通过肺内压描记法；通过胸内压描记法。②肺通气量——指单位时间内进出肺的气体总量。其多少主要决定于每次呼吸的幅度及每分钟呼吸的次数。

【思考题】①调节呼吸运动的体液因素通常有：CO₂、O₂、H⁺浓度等。作用及作用原理见结果分析(1)(2)(4)项。②肺牵张反射可在切断迷走神经后呼吸变深而慢，吸气延长，刺激迷走神经向中端后呼吸变浅快而证明。还可向肺内注入空气或抽吸肺内气体，使肺泡维持扩张状态或萎陷状态，观察呼吸运动的变化而证明之。

实验二十四

【提问】①胸内压：指胸膜腔内的压力。将一针头插入潜在的胸膜腔内，连一适当的水检压计以测定胸内压。②在呼吸过程中，肺总是处于一定的扩张状态，因此也就总有一定的回缩力。这种回缩力与大气压通过肺泡作用于胸膜腔的力方向相反，因而抵消了一部分大气压，使胸膜腔承受的压力小于大气压，从而形成胸膜腔负压。即：胸内压=大气压-肺回缩力。

【思考题】①胸内负压能保持肺一定程度的扩张状态，使肺能随胸廓的扩张而扩张，随胸廓的缩小而缩小，因而是维持正常呼吸运动的必要条件之一。同时，胸内负压可减低心房、腔静脉及胸导管的压力，以利于心房充盈和静脉血与淋巴液的回流。②当胸壁外伤或肺组织因病变破裂，使胸膜腔密闭性遭到破坏，致使气体进入胸膜腔，称为气胸。气胸对人体的危害决定于气体的多少，是否发生在两侧以及创口开放与否等情况。一侧气胸时，患侧肺塌陷，通气机能降低。进入胸膜腔的气体愈多，肺塌陷程度愈大；甚至可使纵隔向健侧移位，导致健侧肺容量减少。若开放性气胸发生于两侧，可因呼吸运动停止而死亡。

实验二十五

【提问】胃肠平滑肌的特性有：①兴奋性较低，收缩缓慢；②富有伸展性；③紧张性；④自动节律性；⑤对化学、温度和机械牵张刺激较为敏感。

【思考题】见实验二十五异常现象讨论

实验二十六

【提问】①小肠运动的基本形式有：紧张性收缩、蠕动，分节运动等。②支配胃肠运动的神经有交感神经、副交感神经及壁内神经丛。

【思考题】①胃肠紧张性增强时，平滑肌张力增加，收缩力量增强，表现蠕动加快加强，食糜在管腔中推进加速。而紧张性减弱时则相反，迷走神经兴奋时使胃肠运动加快加强。交感神经兴奋时使胃肠运动减弱减慢。不过，交感和副交感神经的作用并不是一成不变的，它们的作用可随器官机能状态的不同而改变。在完整机体内二者互相协调、配合。从而使胃肠运动能适应机体的需要。②容受性舒张有利于贮存食物；紧张性收缩可使消化道管腔内经常保持一定的基础压力，并有助于保持胃、肠的一定的位置和形态，在消化期间有利于食物与消化液的混合与推进；蠕动有利于食物的消化和推进；分节运动有利于消化、吸收，还可促进肠壁内血液和淋巴的回流。

实验二十七

【提问】刺激迷走神经，可使胰液中水和碳酸氢盐含量很少，酶的含量却很丰富。本次实验我们通过刺激迷走神经及向十二指肠腔注入37℃的0.5%盐酸溶液，静脉注入胃泌素等引起胰、胆分泌的改变来证实胰、胆分泌是受神经和体液调节的。

【思考题】向十二指肠腔注入盐酸能引起肠粘膜释放促胰液素，由它引起胰、胆分泌的增加。静脉注射盐酸，由于不能引起十二指肠粘膜释放促胰液素，故不能引起胰、胆分泌的改变。

实验二十八

【提问】① 食物的卡价—1克营养物质燃烧时所释放的热量。氧热价—某种营养物质氧化时，消耗1升氧所产生的热量。呼吸商—机体的二氧化碳产生量与同一时间内氧耗量的比值。②间接测定能量代谢的原理是测定机体在一定时间内的氧耗量和二氧化碳产生量，然后结合呼吸商值和氧的热价，间接计算出这一段时间内机体的能量代谢量。

【思考题】测定基础代谢需注意：①要在清晨未进食前测定，即食后12—14小时，以排除食物的特殊动力作用的影响。②测定前要静卧半小时以上，测定时平卧，使全身肌肉松弛，以排除肌肉活动的影响。③消除焦虑、烦恼、恐惧等情绪，以排除精神紧张的影响。④室温要保持18—25℃之间，以排除环境温度的影响。

实验二十九

【提问】①尿的生成包括肾小球的滤过；肾小管、集合管的重吸收；肾小管、集合管的分泌与排泄三大过程。②A：肾小球有效滤过压=肾小球毛细血管血压—(血浆胶体渗透压+囊内压)。在三个因素中，一般生理情况下后二者很少改变。所以，肾小球滤过率的大小主要决定于肾小球毛细血管血压。B：肾小球滤过膜的通透性大小；C：滤过面积：取决于开放的肾小球毛细血管的数量；D：肾血流量。

【思考题】机体是通过改变肾小球滤过率及肾小管重吸收能力来调节肾脏泌尿活动的。两者中又以对肾小管重吸收能力的影响效应较大。如神经调节，主要以调节滤过量为主。刺激迷走神经近心端引起尿量改变，就是这种调节。去甲肾上腺素、垂体后叶素对尿量的改变。证明了中枢神经系统还可以通过对内分泌调节肾血管口径及肾小管上皮细胞的重吸收能力，影响泌尿活动，即神经体液调节。

实验三十

【提问】①当人眼光线增强时，瞳孔立即缩小，反之，光线减弱时瞳孔又立即放大，这一反射称为瞳孔对光反射。②生理意义：瞳孔大小直接调节进入眼内光线的多少。强光时瞳孔缩小，避免视网膜遭受强光的刺激而损伤。弱光时，瞳孔扩大，增加进入眼球的光亮，以保证视网膜对弱光的适应能力，有助于在暗光下分辨物体。瞳孔缩小还能减少角膜、晶状体等屈光中间质的球面象差和色象差，减少来自周围不规则光线的干扰，进一步保证物象在视网膜上的清晰性。换言之，瞳孔缩小在使光线通过瞳孔时能保持在视轴范围以内，这样能不致影响成像的清晰度。这也是针孔镜片所以能提高视力的原理。临床意义：临床上常把瞳孔对光反射作为判断中枢神经系统病变部位，全身麻醉深浅度和病人严重程度的重要指标。如在吗啡使用过量以及有机磷农药中毒等情况下可引起明显的瞳孔缩小；在麻醉中毒情况下发生瞳孔扩大和对光反射消失，则是最早出现的临床危急征象。

【思考题】①见结果分析。②D、右视神经。

实验三十一

【提问】①眼睛能识别两个发光点最小距离的能力或者说能分辨物体细微形象的能力。②物体上两点光线射入眼球在节点前交叉所成的夹角。

【思考题】①总的来说，视角越大，视力越小，视角越小，视力越大，即：视力 $\propto 1/\text{视角}$ 。②同样大小的物体，距眼越远，视角越小；物体大小不同，固定距离，则物体越小，视角越小。由此可见：视角= (距离—般规定为5米)，视力表就是根据视角的原理制成的。

实验三十二

【提问】①色觉障碍包括色盲与色弱，前者指辨色能力丧失，后者指辨色能力降低。亦有人认为色盲包括色弱，色弱是轻度的色盲。色盲的产生多与遗传有关，而色弱多与营养及健康状况有关。②色盲检查具有十分重要的意义。凡从事交通运输、美术、医学、化学等工作者必须具有正常的色觉。因此，色盲检查已作为体检中的常规项目。

【思考题】①三原色学说认为，在视网膜上有感受三种原色(红、绿、蓝)的视锥细胞，各种颜色

的光刺激引起三种视锥细胞按相应比例进行光化学反应，其结果是按相应比例将神经冲动传入大脑皮质的视区，引起各种色觉。②正常人与色盲患者读同几张色盲检查图可以得到两种截然不同的结果，叫异读。产生异读的原因见结果分析 2。③红绿色盲有时表现惊人的辨色力。这是他们从生活经验中体验出来。他们不能根据颜色的色调来辨别颜色。但是，可以根据颜色(如红、绿)的不同饱和度与明亮度来加以区别。事实上他们对于颜色的饱和度与明亮度的敏感性有时比正常人还要强。但是这种病人在太阳光下或雾里(照明度改变)就不能象正常人那样辨别红绿颜色了，特别是在颜色混合测定器检查下，马上显露其色盲的本质。

实验三十三

【提问】视网膜电图是由 a 波、b 波、及 c 波组成，这几个波是视网膜各种成份产生的电位总和。

【思考题】不是，因光照射视网膜时，感光细胞外段的感光色素发生光化学反应的同时，也发生电位变化，继感光细胞兴奋之后，双极细胞和神经节细胞的兴奋，也伴有电变化，其他如水平细胞、无足细胞的兴奋也都伴有电变化。因此视网膜电图是视网膜各种成份产生的电位总和。

实验三十四

【提问】① 有两条途径：A、空气传导 声波—外耳道—鼓膜—听小骨—前庭窗—内耳

鼓室 圆窗

B、骨传导音源直接振动—颅骨—耳蜗骨壁—内耳。②感音性耳聋为感受器、传入纤维或中枢损坏造成的听觉障碍(如耳蜗神经病)、气导与骨导均不同程度的降低。传音性耳聋由于音波传入内耳的途径障碍(如中耳炎)，而感音结构本身正常，病耳的骨导大于气导。

【思考题】① 正常气导时间比骨导时间长，是通过鼓膜、听小骨、卵园窗的放大作用，可使传入中耳的声压增强。而传音性耳聋时，气导比骨导短，是因由气导障碍，放大作用减弱或消失所致。②见结果分析 3。③音响偏于左耳，既可能是左耳传音性聋，也可能是右耳感音性聋。进一步做任氏实验，如左耳骨导时间比气导时间长，则可判断为左耳传音性耳聋。如左耳气导时间比骨导时间长，则表示左耳正常或患感音性耳聋。而魏氏实验音响偏于左耳，可以排除感音性聋。综合两项实验结果可以断定左耳正常，病变必在右耳，且为感音性耳聋。

实验三十五

【提问】① 耳蜗微音器电位是耳蜗接受刺激后，就象微音器一样，把声波振动的机械能转换为电能，耳蜗的这种电变化叫做耳蜗微音器电位。②耳蜗微音器电位的特点是它的波形、频率同刺激的声波相符合，所以又称耳蜗微音器效应。该种电位属感受器电位，潜伏期短，没有不应期，在神经性耳聋或听神经退化后仍然存在。

【思考题】耳蜗微音器电位是声音刺激传到内耳时所导出的感受器电位，耳蜗神经动作电位是由感受器电位所激发。它是耳蜗神经纤维兴奋后所产生的动作电位的复合，在一定程度上，电位的大小能表示被兴奋的神经纤维的数目，当声音的位相改变时，耳蜗微音器电位的位相亦随之改变，但耳蜗神经动作电位的位相并不改变。综上所述，声音刺激传到耳蜗后，在耳蜗中产生了耳蜗微音器电位，耳蜗微音器电位又激发耳蜗神经产生动作电位，后者以冲动的形式传到大脑皮层听觉中枢，引起听觉。

实验三十六

【提问】① 接受直线运动的加速与减速刺激，引起姿势反射，以保持身体平衡，并产生直线变速感觉。②接受旋转运动的加速与减速刺激，引起姿势反射，以保持身体平衡，并产生旋转变速感觉。

【思考题】因损伤侧不能产生前庭传入冲动，伸肌紧张性降低，健侧活动自如，故动物歪向损伤侧前进或旋转运动不能呈直线进行。

实验三十七

【提问】反射中枢兴奋传导的基本特征有：单向传布、中枢延搁、总和、后放、易疲劳、对内环境变化和某些药物的作用很敏感等。

【思考题】脊髓休克的出现说明正常时脊髓的机能受高级脑中枢的控制和影响。脊髓休克的恢复说明在脊髓本身能完成一些简单的反射活动。

实验三十八

【提问】小脑是运动的重要调节中枢。主要机能是维持身体平衡，调节肌紧张和协调随意运动。这些机能是由小脑的不同部位完成的。①小脑前叶(即旧小脑)：主要机能是参与肌紧张的调节，其对肌紧张调节具有抑制和易化的双重作用。②小脑后叶(即新小脑)：主要机能是协调大脑皮层所控制的随意运动。③绒球小结叶(即古小脑)：与维持身体平衡有关。

实验三十九

【提问】躯体运动受大脑皮层控制，刺激皮层某部位可引起一定部位的肌肉产生收缩活动，出现躯体运动，称皮层机能定位。控制躯体运动的皮层区称运动区。主要在中央前回。运动区的特点：①对躯体运动的支配具有交叉性(但头面部肌肉的支配多数是双侧性的)。②具有精细的机能定位，即一定的皮层区域支配一定部位肌肉，并呈倒立分布。③身体不同部位在皮层的代表区的大小和运动的精细复杂程度有关。④刺激引起的肌肉运动主要为少数个别的肌肉运动，不出现肌群的协调作用。⑤有一定的代偿机能。

实验四十

【提问】在动物中脑上、下丘之间横断，使脊髓仅与延髓和脑桥相连，动物立即出现全身肌紧张明显增强，表现为四肢伸直，头尾昂起，脊柱挺硬的伸肌过度紧张的状态，称为去大脑僵直。其原因是脑干网状结构抑制区失去高位中枢的始动作用而活动降低，而易化区还接受上行传导束侧支的激动；此外，小脑后叶和前庭核与易化区和脊髓的联系完好无损，而易化系统的作用由于失去抑制系统的对抗而占优势，同时由于地心引力，使伸肌的紧张性在正常情况下就高于屈肌，因而导致伸肌反射亢进为主的现象。

【思考题】肌紧张产生原因有二：①重力作用牵拉骨骼肌，刺激肌梭内感受器反射性地引起梭外肌纤维发生收缩产生一定张力；②伽马运动神经元在高位中枢兴奋性影响下，会有少量冲动到达梭内纤维发生收缩，反射性产生一定肌张力，脑干网状结构对肌紧张的调节途径主要有：小脑前叶外侧部、前庭核、上行传导束组成的脑干网状结构易化区通过网一脊束易化牵张反射使肌紧张增强。大脑皮质抑制区、小脑前叶中间部、尾状核通过始动作用于脑干网状结构抑制区再经网一脊束抑制牵张反射，使肌紧张减弱。

实验四十一

【提问】胎盘分泌的激素主要有绒毛膜促性腺激素，孕激素和雌激素。绒毛膜促性腺激素，促使黄体继续生长，形成妊娠黄体。孕激素和雌激素，维持妊娠，提高子宫肌对催产素的敏感性，刺激乳腺腺泡的发育。

【思考题】绒毛膜促性腺激素能代替黄体生成素，促黄体继续生长，形成妊娠黄体，并使雌激素或孕激素由卵巢合成顺利地过渡到由胎盘合成。同时在妊娠早期，绒毛膜促性腺激素已出现于血和尿中，故可测定尿中绒毛膜促性腺激素作为诊断妊娠的一个指标。