

生理学实验指导

医学院机能学实验室

实验 1 生理学综合实验基本操作训练

实验目的

学习哺育动物手术器械的使用方法

实验器械

兔手术器械(哺乳类手术器械)

- 1). 手术刀 用于切开皮肤和脏器。
- 2). 手术剪刀 弯形剪用于剪毛, 其余同蛙手术器械。
- 3). 镊子 同蛙手术器械。
- 4). 止血钳 用于止血, 分离和牵拉组织。
- 5). 骨钻
- 6). 动脉夹 用于阻断动脉血流。
- 7). 气管插管 用以插入气管, 以保证呼吸道通畅。
- 8). 血管插管 用以插入血管, 供实验使用。

实验步骤:

(一) 术前准备

1、麻醉与固定: 取家兔一只, 称重, 耳缘静脉缓慢注射 1% 戊巴比妥钠 3ml/kg 体重进行麻醉。注射时速度要慢, 并注意观察动物情况。当动物四肢松软, 呼吸变深变慢, 角膜反射迟钝时, 表明动物已被麻醉, 即可停止注射。将动物背位固定于手术台上

2、备皮

(1) 剪毛法 常用于急性实验。用一般弯剪刀将皮肤依次将手术范围内的皮毛剪去。

勿用手提起毛剪之, 以免剪破皮肤。

(2) 拔毛法 适用于大、小白鼠和家兔耳缘静脉, 以及后肢皮下静脉的注射、取血等。

(3) 剃毛法 用于大动物的慢性实验。

3、消毒 常用于慢性实验, 一般用碘伏(或强力碘等)或 75%酒精常规消毒, 但一般碘伏(或强力碘等)的效果较好。

(二) 手术

1. 切开皮肤 先用左手拇指和食指绷紧皮肤, 右手持手术刀切开皮肤, 切口大小以便于手术操作为宜。

2. 分离组织 有钝性和锐性分离两种。钝性分离不易损伤神经和血管等, 常用于分离肌肉包膜、脏器和深筋膜等; 锐性分离要求准确、范围小, 避开神经、血管或其他脏器。

(1) 颈动脉分离术 暴露气管, 分别在颈部左右侧用止血钳拉开肌肉, 于胸头肌与胸舌骨肌之间, 可看到与气管平行的颈总动脉。它与迷走神经、交感神经、减压神经伴行于颈动脉鞘内(注意颈动脉有甲状腺动脉分支)。用玻璃分针小心分离颈动脉鞘, 并分离出颈总动脉 3cm 左右, 在其下面穿两条线, 一线在近心端动脉干上打一虚结, 供固定动脉套管用, 另一线准备在头端结扎颈总动脉。

(2) 迷走神经、交感神经、减压神经分离术 按上法找到颈动脉鞘, 先看清 3 条神经走行后用玻璃分针小心分开颈动脉鞘, 切勿弄破动脉分支。辨认 3 条神经, 迷走神经最粗, 交感神经次之, 减压神经最细, 且常与交感神经紧贴在一起(一般先分离减压神经)。每条神经分离出 2~3cm, 并各穿两条不同色的、生理盐水润湿的丝线以便区分。

(3) 股动脉、股静脉分离术

①固定动物, 在股三角区去毛, 股三角上界为韧带, 外侧为内收长肌, 中部为缝匠肌。

②沿血管走行方向切一个长约 4~5cm 的切口。用止血钳钝性分离肌肉和深筋膜, 暴露神经、动脉、静脉(神经在外, 动脉居中, 静脉在内)。

③分离静脉或动脉, 在下方穿线备用。用温热生理盐水纱布覆盖于手术野。

(4) 膈肌分离术

剑突软骨分离术切开胸骨下端剑突部位的皮肤，并沿腹白线再切开长约 2cm 的切口。细心分离剑突表面的组织，并暴露剑突软骨与骨柄。用金冠剪剪断剑突骨柄。注意：不能剪得过深，以免伤及其下附着的膈肌。此时剑突软骨与胸骨完全分离。提起剑突，可见剑突随膈肌的收缩而自由运动。

(三) 插管技术

1. 气管插管术 气管插管术是哺乳类动物急性实验中常用手术，可保证呼吸通畅；在开胸实验时，气管插管可接人工呼吸机；气管插管也利于乙醚麻醉；与呼吸换能器可压力换能器相连，可观察呼吸运动。

(1) 仰卧位固定动物，颈前区备皮，从甲状软骨以下沿正中中线切开并逐层钝性分离，暴露气管。

(2) 分离并游离气管。在气管下方（食管上方）穿粗线备用。

(3) 在甲状软骨以下 0.5cm 处横向切开气管前壁，再向头端作纵向切口，使切口呈“⊥”形。

(4) 一手提线，另一手插气管套管，结扎固定。

2. 动脉插管术

(1) 用注射器向管道系统注满肝素生理盐水，排尽气泡，检查管道系统有无破裂，动脉套管尖端是否光滑，口径是否合适。

(2) 尽可能靠头侧结扎颈总动脉。用动脉夹尽量靠近心脏侧夹闭颈总动脉。两者之间相距 2~3cm，以备插管。

(3) 用眼科镊子提起颈总动脉，用锐利的眼科剪刀，靠近结扎处朝心脏方向剪一“V”形切口，注意勿剪断颈总动脉。

(4) 生理盐水润湿的动脉插管从切口向心脏方向插入颈总动脉，并保证套管与动脉平行以防刺破动脉壁。插入 1~1.5cm 左右，用线将套管与颈总动脉一起扎紧，以防脱落。

3. 静脉插管术 插管部位：兔在颈外静脉，猫、狗常在股静脉。在已好的静脉上，用线结扎远心端，在结扎处的近心侧的静脉上朝心脏方向剪一“V”形切口，将静脉套管向心脏方向插入静脉，结扎固定即可。

4. 其他插管技术 常因实验目的不同，需进行特殊插管术，如观察尿量需要膀胱插管或输尿管插管，观察某些药物对蛙心的影响时需要蛙心插管，做迷走神经和某些药物对胰液、胆汁分泌的影响时需在胰总管或胆总管插管等。其插管方法与上述基本相同。

实验 2 坐骨神经-腓肠肌标本制作

【实验目的】

学习生理学实验基本的组织分离技术；

学习和掌握制备蛙类坐骨神经-腓肠肌标本的方法；

了解刺激的种类。

【实验原理】

蛙类的一些基本生命活动和生理功能与恒温动物相似，若将蛙的神经-肌肉标本放在任氏液中，其兴奋性在几个小时内可保持不变。若给神经或肌肉一次适宜刺激，可在神经和肌肉上产生一个动作电位，肉眼可看到肌肉收缩和舒张一次，表明神经和肌肉产生了一次兴奋。在生理学实验中常利用蛙的坐骨神经-腓肠肌标本研究神经、肌肉的兴奋、兴奋性；刺激与反应的规律和肌肉收缩的特征等，制备坐骨神经腓肠肌标本是生理学实验的一项基本操作技术。

【实验对象】

蟾蜍或蛙

【实验药品】

任氏液

【仪器与器械】

普通剪刀、手术剪、眼科镊（或尖头无齿镊）、金属探针（解剖针）、玻璃分针、蛙板、蛙钉、细线、培养皿、滴管、锌铜弓。

【实验方法与步骤】

1.破坏脑、脊髓 取蟾蜍一只，用自来水冲洗干净（勿用手搓）。左手握住蟾蜍，使其背部向上，用大拇指或食指使头前俯（以头颅后缘稍稍拱起为宜）。右手持探针由头颅后缘的枕骨大孔处垂直刺入椎管（图 5.1-1）。然后将探针改向前刺入颅腔内，左右搅动探针 2~3 次，捣毁脑组织。如果探针在颅腔内，应有碰及颅底骨的感觉。

再将探针退回至枕骨大孔，使针尖转向尾端，捻动探针使其刺入椎管，捣毁脊髓。此时应注意将脊柱保持平直。针进入椎管的感觉是，进针时有一定的阻力，而且随着进针蟾蜍出现下肢僵直或尿失禁现象。若脑和脊髓破坏完全，蟾蜍下颌呼吸运动消失，四肢完全松软，失去一切反射活动。此时可将探针反向捻动，退出椎管。如蟾蜍仍有反射活动，表示脑和脊髓破坏不彻底，应重新破坏。



图 5.1-1 破坏蟾蜍脑脊髓

2.剪除躯干上部、皮肤及内脏 用左手捏住蟾蜍的脊柱，右手持粗剪刀在前肢腋窝处连同皮肤、腹肌、脊柱一并剪断，然后左手握住蟾蜍的后肢，紧靠脊柱两侧将腹壁及内脏剪去（注意避开坐骨神经），并剪去肛门周围的皮肤，留下脊柱和后肢。

3.剥皮 一只手捏住脊柱的断端（注意不要捏住脊柱两侧的神经），另一只手捏住其皮肤的边缘，向下剥去全部后肢的皮肤（图 5.1-2）。将标本放在干净的任氏液中。将手及使用过的探针、剪刀全部冲洗干净。

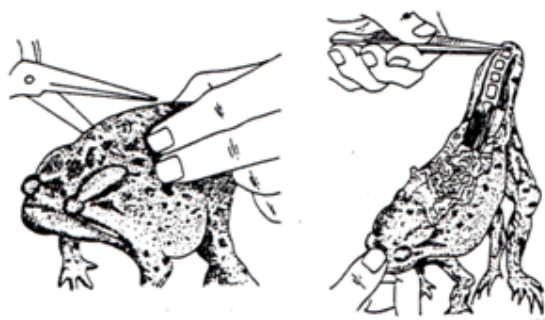
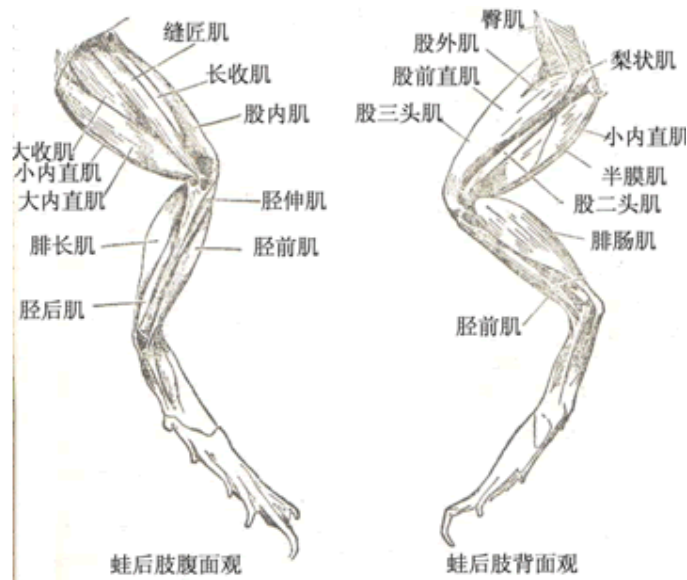


图 5.1-2 剪除躯干及内脏

4.分离两腿 用镊子取出标本，左手捏住脊柱断端，使标本背面朝上，右手用粗剪刀剪去突出的骶骨（也可不进行此步）。然后将脊柱腹侧向上，左手的手指捏住脊柱断端的横突，另一手指将两后肢担起，形成一个平面。此时用粗剪刀沿正中中线将脊柱盆骨分为两半（注意，勿伤坐骨神经）。将一半后肢标本置于盛有任氏液中备用，另一半放在蛙板上进行下列操

作。

5. 辨认蛙后肢的主要肌肉，蛙类的坐骨神经是由第 **7、8、9** 对脊神经从相对应的椎间孔穿出汇合而成，行走于脊柱的两侧，到尾端（肛门处）绕过坐骨联合，到达后肢背侧，行走于梨状肌下的股二头肌和半膜肌之间的坐骨神经沟内，到达膝关节腘窝处有分支进入腓肠肌（图 **5.1-3**）。



6. 游离坐骨神经和腓肠肌 用蛙钉或左手的两个手指将标本绷直、固定。先在腹腔面用玻璃分针沿脊柱游离坐骨神经，然后在标本的背侧于股二头肌与半膜肌的肌肉缝内将坐骨神经与周边的结缔组织分离直到腘窝，但不要伤及神经，其分支待以后用手术剪剪断。同样用玻璃分针将腓肠肌与其下的结缔组织分离并在其跟腱处穿线、结扎。

7. 剪去其它不用的组织 操作从脊柱向小腿方向进行。

(1) 剪去多余的脊柱和肌肉 将后肢标本腹面向上，将坐骨神经连同 **2~3** 节脊椎用粗剪刀从脊柱上剪下来。再将标本背面向上，用镊子轻轻提起脊椎，自上而下剪去支配腓肠肌以外的神经分支，直至腘窝（图 **5.1-4(A)**），并搭放在腓肠肌上。沿膝关节剪去股骨周围的肌肉，并将股骨刮净，用粗剪刀剪去股骨上端的 **1/3**（保留 **2/3**），制成坐骨神经-小腿的标本。

(2) 完成坐骨神经腓肠肌标本 将脊椎和坐骨神经从腓肠肌上取下，提起腓肠肌的结扎线剪断跟腱。用粗剪剪去膝关节以下部位，便制成了坐骨神经-腓肠肌标本（图 **5.1-4(B)**）。

8. 检验标本 用沾有任氏液的锌铜弓触及一下坐骨神经或用镊子夹持坐骨神经中末端，如腓肠肌发生迅速而明显的收缩，说明标本的兴奋性良好。标本浸入盛有任氏液的培养皿中备用。

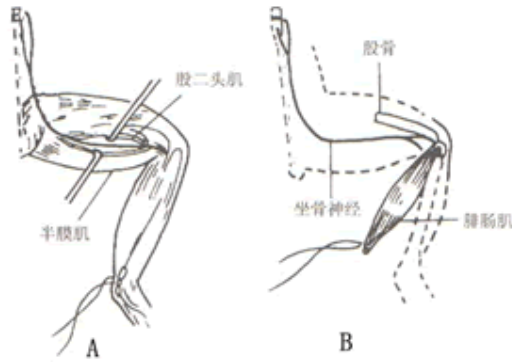


图 5.1-4 分离坐骨神经(A)和坐骨神经腓肠肌标本(B)

【注意事项】

1. 避免蟾蜍体表毒液和血液污染标本，压挤、损伤和用力牵拉标本，不可用金属器械触碰神经干。
2. 在操作过程中，应给神经和肌肉滴加任氏液，防止表面干燥，以免影响标本的兴奋性。
3. 标本制成后须放在任氏液中浸泡数分钟，使标本兴奋性稳定，再开始实验效果会较好。
4. 热玻棒的温度防止过高，以免烫伤标本。

【思考题】

1. 用各种刺激检验标本兴奋性时，为什么要从中枢端开始？

实验 3 蛙坐骨神经双相、单相动作电位与强度法则

【实验目的】

初步熟悉电生理仪器的使用方法，了解蛙类坐骨神经干的单相、双相动作电位的记录方法，并能判别、分析神经干动作电位的基本波形、测量其潜伏期、幅值以及时程，

【实验原理】

神经干动作电位是神经兴奋的客观表现。动作电位一经产生，即可向外周传播，即为神经冲动。神经干兴奋部位的膜外电位负于静息部位，二者之间出现一个电位差；当神经冲动通过后，兴奋处的膜外电位又恢复到静息水平。神经干兴奋过程所发生的这种电位变化称神经干动作电位。

如果将两个引导电极置于正常完整的神经干表面，当神经干的一端兴奋之后，兴奋波会先后通过两个引导电极(r1r1'，图 5.5-1)，可记录到两个相反方向的电位偏转波形，称为双相动作电位。如果两个引导电极之间的神经组织有损伤，兴奋波只能通过一个引导电极，不能传导至第二个引导电极，则只能记录到一个方向的电位偏转波形，称为单向动作电位。

坐骨神经干包括多种类型的神经纤维成分，因此记录到的动作电位是它们电位变化的总和，因此神经干动作电位是一种复合动作电位。由于各类神经纤维的兴奋阈值各不相同，所以记录到的动作电位幅值在一定范围内可随刺激强度的变化而改变，这一点不同于单根神经纤维的动作电位。

动作电位在神经纤维上的传导有一定的速度。不同类型的神经纤维动作电位传导速度各不相同。蛙类坐骨神经干中以 Aα 类纤维为主，传导速度(V)大约为 35~40 m/s。测定神经冲动在神经干上传导的距离(d)与通过这段距离所需的时间(t)，然后根据 $V=d/t$ 可求出神经冲动的传导速度。

在实际测量中,常用两个通道同时记录由两对引导电极记录下的动作电位来计算动作电位传导速度较为精确。先分别测量从刺激伪迹到两个动作电位起始点的时间,设上线为 t_1 ,下线为 t_2 , 求出 $t_2 \sim t_1$ 的时间差值(或可直接测量两个动作电位起点的间隔时间);然后再测量标本屏蔽盒中两对引导电极起始电极之间的距离 d (图 5.5-1 或 5.5-2 中对应的 $r_1 \sim r_2$ 的间距)。则神经冲动的传导速度(V)= $d/(t_2 \sim t_1) \cdot m \cdot s^{-1}$ 。

【实验对象】

蟾蜍或蛙。

【实验药品】

任氏液

【仪器器械】

神经标本屏蔽盒、电子刺激器、示波器或计算机生物信号采集处理系统、普通剪刀、手术剪、眼科镊(或尖头无齿镊)、金属探针(解剖针)、玻璃分针、蛙板(或玻璃板)、蛙钉、细线、培养皿、滴管、双凹夹、培养皿、滤纸片,带电极的接线若干。

【实验方法与步骤】

1.坐骨神经标本的制备

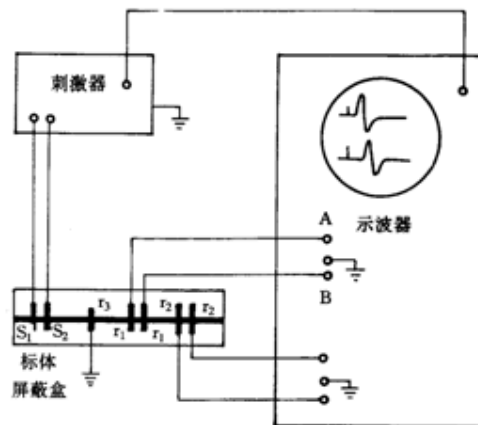
制做方法基本同于坐骨神经-腓肠肌标本的制备(见实验 5.1,实验 5.2),但无需保留股骨和腓肠肌。坐骨神经干要求尽可能长些。在脊椎附近将神经主干结扎,剪断。提起线头剪去神经干的所有分支和结缔组织,到达腘窝后,可继续分离出腓神经或胫神经,在靠近趾部剪断神经。将制备好的神经标本浸泡在任氏液中数分钟,待其兴奋性稳定后开始实验。

2.仪器及标本的连结

(1)用浸有任氏液的棉球擦拭神经标本屏蔽盒上的电极,标本盒内放置一块湿润的滤纸片,以防标本干燥。用滤纸片吸去标本上过多的任氏液,将其平搭在屏蔽盒的刺激电极、接地电极和引导电极上,并且使其近中端置于刺激电极上,远中端置于引导电极上。

图 5.5-1 观察神经干动作电位及测定神经冲动传导速度的装置图。

s_1s_2 :刺激电极; r_1 :接地电极; r_1r_1' 为引导电极,与示波器Y轴上线A、B输入端相连; r_2r_2' 为另一对引导电极,与示波器Y轴下线A、B输入端相连



(2)若使用刺激器、示波器进行实验,则参照图 5.5-1 连接仪器。

刺激器选用连续刺激,频率 $8 \sim 16 \text{ Hz}$,波宽 $0.1 \sim 0.2 \text{ ms}$,强度根据标本兴奋性而定,由小增大(一般可选 $2V$)。示波器灵敏度 $0.1 \sim 0.5 \text{ V/cm}$,扫描速度 $1 \sim 2 \text{ ms/cm}$ 。外触发输入接刺激器的触发输出端。触发选择置于外触发同步。开启电子刺激器时,调节触发电平旋钮,使示波器扫描与刺激输出同步。将扫描线调至荧光屏中间。

(3)若使用计算机生物信号采集处理系统进行实验则参照图 5.5-2 连接仪器。两对记录电极分别连接到 **CH1**、**CH2** 通道,刺激电极连接到刺激输出。打开计算机,启动生物信号采集处理系统,进入“神经干动作电位”模拟实验菜单。

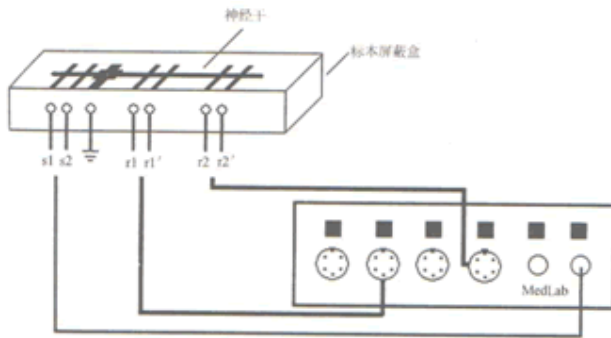


图 5.5-2 观察神经干动作电位及测定神经冲动传导速度的装置图

3. 观测和测定双相动作电位

(1) 调节刺激强度，观察动作电位波形的变化。读出波宽为某一数值时的阈刺激和最大刺激。

(2) 仔细观察双相动作电位的波形(图 5.5-3)。读出最大刺激时双相动作电位上下相的振幅和整个动作电位持续时间数值。

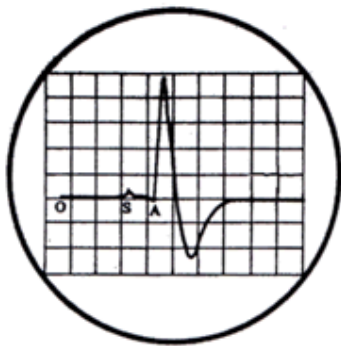


图 5.5-3 双向动作电位

O 触发扫描开始; S 刺激伪迹;

OS 从触发到刺激伪迹间的延迟;

A 动作电位

(3) 将神经干标本放置的方向倒换后，双相动作电位的波形有无变化？

(4) 将两根引导电极 $r1, r1'$ 的位置调换，动作电位波形有和变化？

4. 观察单相动作电位 用镊子将两个引导电极 $r1, r1'$ 之间的神经夹伤，再刺激时呈现的即是单相动作电位。

【注意事项】

1. 各仪器应妥善接地，仪器之间、标本与电极之间应接触良好。

2. 制备标本时，神经纤维应尽可能长一些，将附着于神经干上的结缔组织膜及血管清除干净，但不能损伤神经干。

3. 经常滴加任氏液，保持神经标本湿润，但要用滤纸片吸去神经干上过多的任氏液。

4. 神经干不能与标本盒壁相接触，也不要将神经干两端折迭放置在电极上，以免影响动作电位的波形。

【思考题】

1. 神经干动作电位与刺激强度有何关系？它与神经动作电位的“全或无”特性有矛盾吗？为什么？

2. 引导电极调换位置后，动作电位波形有无变化？为什么？

实验 4 神经冲动传导速度的测定

【目的要求】

用电生理学方法测定蟾蜍或蛙坐骨神经的神经冲动传导速度,进一步学习电生理仪的使用方法。

【基本原理】

神经冲动的传导速度(v)是指动作电位在单位时间(t)内传导的距离(s),可根据神经干上动作电位从一点传导到另一点所需要的时间来计

算: $v = \frac{s}{t} \text{ (m/s)}。$

动作电位在神经干上的传导具有一定的速度,不同类型的神经纤维传导速度各不相同,神经纤维愈粗,传导速度愈快。两栖类的坐骨神经是混合神经,包含多种粗细不等的神经纤维,其直径约为 3—29 μm 。坐骨神经中以 A 类纤维为主,传导速度约为 35—40m/s。

【动物与器材】

蟾蜍或蛙、常用手术器械(手术剪、手术镊、手术刀、金冠剪、眼科剪、眼科镊毁髓针、玻璃解剖针)、蜡盘、蛙板、玻璃板、固定针、锌铜弓、培养皿、滴管、纱布、粗棉线、任氏液、D951 实验系统、屏蔽盒。

【方法与步骤】

1. 制备蟾蜍或蛙的坐骨神经标本。要求神经干尽量分离得长些。
2. 安装并连接好仪器,所不同的是神经屏蔽盒内另装一对引导电极,此引导电极连接示波器下线 A、B 输入端。两对引导电极的距离愈远愈好。各仪器的工作参数参考实验 7 执行。
3. 按实验 1 操作方法在电脑上下线引导出两个双相动作电位。
4. 根据扫描速度,测量从刺激伪迹至两个动作电位起始点之间的时间差(t),此即为神经冲动从第一对引导电极传导到第二对引导电极所需要的时间。
5. 测量神经屏蔽盒内两对电极之间的距离(s)(应测两对电极中第一个电极或第二个电极之间的距离)。
6. 按公式 $v=s/t(\text{m/s})$ 计算神经冲动传导的速度。

【思考题】

1. 为什么实验要求两对引导电极之间的距离愈远愈好?

实验 5 蛙类心室的期外收缩与代偿间歇

【目的要求】

1. 观察心室在收缩活动的不同时期对额外刺激的反应。
2. 了解心肌兴奋性的变化及代偿间歇的发生机理。

【基本原理】

心肌的机能特征之一是具有较长的不应期，绝对不应期几乎占整个收缩期。在心室收缩期给以任何刺激，心室都不发生反应。在心室舒张期给以单个阈上刺激，则产生一次正常节律以外的收缩反应，称为期外收缩。当静脉窦传来的节律性兴奋恰好落在期外收缩的收缩期时，心室不再发生反应，须待静脉窦传来下一次兴奋才能发生收缩反应。因此，在期外收缩之后，就会出现一个较长时间的间歇期，称为代偿间歇。

【动物与器材】

蟾蜍或蛙、常用手术器械、蛙板、蛙心夹、单电极或双电极、D951 系统、及通用杠杆或记录仪及张力换能器、刺激器或多用仪、橡皮泥或电极支架、滴管、任氏液

【方法与步骤】

1. 将蟾蜍双毁髓后，暴露心脏，背位固定于蛙板上。用系线的蛙心夹夹住少许心尖肌肉。蛙心夹上的系线与张力换能器相连。
2. 打开 D951 系统，记录正常心搏曲线作为对照。
3. 选择刚能引起心室发生期外收缩的刺激强度（于心室舒张期调试），分别在心室收缩的收缩期和舒张期给予单个刺激，观察心搏曲线有无变化。
4. 以同等刺激强度，分别在心室舒张的早期、中期和晚期给予单个刺激，观察心搏曲线的变化。

【思考题】

1. 实验结果说明心肌的哪些生理特性？
2. 心肌的不应期较长有何生理意义？

实验 6 蛙心起搏点的观察

实验目的 能暴露蟾蜍或蛙心；通过观察正常蛙心搏动及加温法和结扎法所引起的心率变化，说出心搏顺序及温度对心率的影响，分析蛙心起搏点的部位，验证心自律性的等级性。

实验原理 两栖类动物的心特殊传导系统与哺乳类动物相似，均具有自动节律性，且各部位自律性的高低不等。两栖类动物静脉窦的自律性最高，由它发出兴奋，依次传给心房、心室，故静脉窦为两栖类动物心的正常起搏点。

实验用品 蟾蜍或蛙、蛙类解剖器材一套、蛙心夹、线、烧杯、滴管、任氏液等。

实验步骤

1. 实验准备

(1) 取蟾蜍 1 只，用探针破坏脑和脊髓后呈仰卧位固定在蛙板上。剪开胸骨表面皮肤，沿正中线剪开胸骨，仔细剪开心包膜，暴露心。

(2) 识别左、右心房，房室沟，心室，主动脉球及左、右主动脉干。

(3) 用细镊子在主动脉干下穿一线备用。将连有线的蛙心夹夹住心尖，轻提心并翻向头侧，可见静脉窦以及心房与静脉窦交界处的半月形白线，即窦房沟。

2. 观察项目

(1) 观察心各部位跳动的顺序，并在同一分钟内分别计数静脉窦、心房、心室跳动的次数。

(2) 用盛有 39~40℃ 热水的小离心管先后分别接触心室、心房和静脉窦，分别观察其跳动次数有何变化？

(3) 将主动脉干下的备用线在窦房沟处作结扎，称为斯氏第一结扎，以阻断兴奋在静脉窦与心房之间的传导。观察心房和心室跳动是否停止，静脉窦仍照常跳动否。

(4) 待心房、心室恢复跳动后再在同一分钟内计数静脉窦、心房、心室跳动的次数，并注意观察静脉窦与心房和心室的跳动频率是否一致。

(5) 在房室沟处作斯氏第二结扎后，观察心室跳动是否停止，若已停止，注意观察能否恢复，待恢复后计数它们各自的跳动频率。

注意事项

1. 用蛙心夹夹心尖时，操作要轻，勿将心夹破。

2. 作斯氏第一、二结扎后，要滴任氏液；结扎后若心跳迟迟不恢复，可用玻璃分针轻触心室，以助恢复。

[思考题]

1. 正常情况下，两栖类动物（或哺乳类动物）的心脏起搏点是心脏的哪一部分？它为什么

么能控制潜在起搏点的活动？

2. 斯氏第一结扎后，房室搏动发生什么变化，为什么？
3. 斯氏第二结扎后，房室搏动情况又有何不同，为什么？
4. 如何证明两栖类心脏的起搏点是静脉窦？

实验 7 人体动脉血压的测定及其影响因素

【目的要求】

1. 学习并掌握人体间接测压法的原理和方法。
2. 观察在正常情况下，某些因素对动脉血压的影响。

【基本原理】

测定人体动脉血压最常用的方法是间接测压法，是使用血压计在动脉外加压，根据血管音的变化来测量动脉血压的。通常血液在血管内流动时并没有声音，但如给血管以压力而使血管变窄形成血液涡流时则可发生声音（血管音）。用压脉带在上臂给肱动脉加压，当外加压力超过动脉的收缩压时，动脉血流完全被阻断，此时用听诊器在肱动脉处听不到任何声音。如外加压力低于动脉内的收缩压而高于舒张压时，则心脏收缩时，动脉内有血流通过，舒张时则无，血液断续地通过血管，形成涡流而发出声音。当外加压力等于或小于舒张压时，则血管内的血流连续通过，所发出的音调突然降低或声音消失，故恰好可以完全阻断血流所必须的最小管外压力（即发生第一次声音时）相当于收缩压。在心舒张时有少许血流通过的最大管外压力（即音调突然降低时）相当于舒张压。

【实验器材】

血压计、听诊器。

【方法与步骤】

1. 受试者脱左臂衣袖，静坐 5min。
2. 松开打气球上的螺丝，将压脉带内的空气完全放出，再将螺丝扭紧。
3. 将压脉带裹于左上臂，其下缘应在肘关节上约 3cm 处，松紧应适宜。受试者手掌向上平放于台上，压脉带应与心脏同一水平（图 4-20）。
4. 在肘窝部找到动脉搏动处，左手持听诊器的胸具置于其上。注意：不可用力下压。
5. 听取血管音变化右手持打气球，向压脉带打气加压，此时注意倾听声音变化，在声音消失后再加压 30mmHg，然后扭开打气球之螺丝，缓慢放气（切勿过快），此

时可听到血管音的一系列变化，声音从无到有，由低而高，而后突然变低，最后完全消失。然后扭紧打气球螺丝继续打气加压，反复听取声音变化 2—3 次。

6. 测量动脉血压重复上一操作，同时注意检压计之水银柱和声音变化。在徐徐放气减压时，第一次听到血管音的水银柱高度即代表收缩压。在血管音突然由强变弱时的水银柱高度即代表舒张压，记下测定数值后，将压脉带内的空气放尽，使压力降至零。再重测 1 次后，将测定值填于表 4-4 内。

7. 体位对血压的影响体位改变反映重力对血液的影响发生变化，通过对血压的调节，保持适宜的器官血流量。

(1) 受试者仰卧于实验台上，休息 5min 后测量其血压。

(2) 受试者取立正姿势 15min，其间每隔 5min 测量血压一次，并将测量数值记入表 4-4。

8. 运动对血压的影响让受试者作原地蹲起运动，1min 内完成 30 次，共做 2min。运动后立即坐下，30s 测量血压一次，直至血压恢复正常。表 4-4 人体血压记录表

【注意事项】

1. 测压时室内须保持安静，以利听诊。
2. 戴听诊器时，务使耳具的弯曲方向与外耳道一致，即接耳的弯曲端向前。
3. 压脉带裹绕要松紧适宜，并与心脏同一水平。
4. 重复测压时，须将压脉带内空气放尽，使压力降至零位，而后再加压测量。

【思考题】

1. 根据血压测定的原理，试考虑用触诊法能否测出收缩压，为什么？
2. 体位和呼吸改变后，血压有何变化？为什么？

实验 8 人体心电图的描记

【目的要求】

1. 学习心电图机的使用方法和心电图波形的测量方法。
2. 了解人体正常心电图各波的波形及其生理意义。

【基本原理】

心脏在收缩之前，首先发生电位变化。心电变化由心脏的起搏点——窦房结开始，经特殊传导系统最后到达心室肌，引起肌肉的收缩。心脏犹如一个悬浮于容积导体中的发电机，其综合性电位变化可通过容积导体传播到人体的表面，并为体表电极所接受。经心电图机的放大和记录，成为心电图。心电图可以反映心脏内综合性电位变化的发生、传导和消失过程，但不能说明心脏收缩活动的变化。

【实验器材】

心电图机、诊断床、导电糊、分规、酒精棉球。

【方法与步骤】

1. 受试者安静平卧，全身肌肉松弛
2. 按要求（附 1）将心电图机面板上各控制钮置于适当位置。在心电图机妥善接地后接通电源，预热 5min。
3. 安放电极把准备安放电极的部位先用酒精棉球脱脂，再涂上导电糊，以减小皮肤电阻。电极应安放在肌肉较少的部位，一般两臂应在腕关节上方（屈侧）约 3cm 处，两腿应在小腿下段内踝上方约 3cm 处。然后用绑带将电极扎上，务使电极与皮肤接触严紧，以防干扰与基线飘移。
4. 连接导联线按所用心电图机之规定，正确连接导联线。一般以 5 种不同颜色的导联线插头与身体相应部位的电极连接，上肢：左黄、右红；下肢：左绿、右黑。
5. 调节基线旋动基线调节钮，使基线位于适当位置。
6. 输入标准电压打开输入开关，使热笔预热 10min 后，重复按动 1mV 定标电压按钮，再调节灵敏度（或增益）旋钮，标准方波上升边为 10mm。开动记录开关，记下标准电压曲线。
7. 记录心电图旋动导联选择开关，依次记录 I、II、III 导联的心电图。注意：在变换导联时，必须先将输入开关关上，待变换后再打开。每换一导联，均须观察基线是否平稳及有无干扰。如基线不稳定或有干扰存在，须在调整或排除后再行记录。
8. 记录完毕，应解松电极，洗净擦干，以防腐蚀。
9. 将心电图机面板上的各控制钮转回原处，最后切断电源。
10. 取下记录纸，记下导联、受试者姓名、年龄、性别及实验日期。
11. 根据“附 2”的方法，测量 II 导和 Vs 导联的 P 波、R 波、T 波振幅，P—R、Q—T、R—R 间期，并计算心率。

【思考题】

1. 说明心电图各波的生理意义。如果 P—R 间期延长而超过正常值，说明什么问题？
2. P—R 间期与 Q—T 间期的正常值与心率有什么关系？

实验 9 人的心音听诊

【目的要求】

学习心音听诊的方法，识别第一心音与第二心音。

【基本原理】

心音是由心脏瓣膜关闭和心肌收缩引起的振动所产生的声音。用听诊器在胸壁前听诊，在每一心动周期内可以听到两个心音。第一心音：音调较低（音频为 25—40 次/s）而历时较长（0.12s），声音较响，是由房室瓣关闭和心室肌收缩振动所产生的。由于房室瓣的关闭与心室收缩开始几乎同时发生，因此第一心音是心室收缩的标志，其响度和性质变化，常可反映心室肌收缩强、弱和房室瓣膜的机能状态。第二心音：音调较高（音频为 50 次/s）而历时较短（0.08s），较清脆，主要是由半月瓣关闭产生振动造成的。由于半月瓣关闭与心室舒张开始几乎同时发生。因此第二心音是心室舒张的标志，其响度常可反映动脉压的高低。

【实验器材】听诊器或心音放大器。

【方法与步骤】

1. 受试者安静端坐，胸部裸露。
2. 检查者带好听诊器，注意听诊器的耳具应与外耳道开口方向一致（向前）。以右手的食指、拇指和中指轻持听诊器胸端紧贴于受试者胸部皮肤上，依次由左房室瓣听诊区→主动脉瓣听诊区→肺动脉瓣听诊区→右房室瓣听诊区，仔细听取心音，注意区分两心音。
3. 如难以区分两个心音，可同时用手指触诊心尖搏动或颈动脉脉搏，此时出现的心音即为第一心音。然后再从心音音调高低、历时长短认真鉴别两心音的不同，直至准确识别为止。

【注意事项】

1. 实验室内必须保持安静，以利听诊。
2. 听诊器耳具应与外耳道方向一致。橡皮管不得交叉、扭结，管切勿与它物摩擦，以免发生摩擦音影响听诊。
3. 如呼吸音影响听诊，可令受试者暂停呼吸片刻。

【思考题】

第一心音和第二心音是怎样形成的？它们有何临床意义？

实验 10 消化道平滑肌的生理特性和药物的影响

【实验目的】

学习哺乳类动物离体肠实验方法；观察消化道平滑肌的一般生理特性；观察某些药物对离体肠平滑肌的作用。

【实验原理】

消化道平滑肌具有兴奋性、收缩性等肌组织的一般特性，同时又表现出自身的特点。主要表现为自动节律性缓慢而不规则，兴奋性较低，伸展性大，对某些化学物质、牵拉刺激、温度的改变较为敏感。

【实验对象】

家兔或豚鼠

【实验药品与器材】

台氏液，1: 10 000 (g / ml) 肾上腺素 (adrenaline)，1: 100 000 (g / ml) 乙酰胆碱 (acetylcholine)，1: 10 000 (g / ml) 阿托品 (atropine)，1: 100 (g / ml) 酚妥拉明 (phentolamine)， $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液， $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液，1%氯化钙溶液。计算机生物信号记录分析系统，张力换能器，麦氏浴槽，电热恒温器，加氧球胆，铁支架，双凹夹，温度计，烧杯，培养皿，酒精灯。

【实验方法与步骤】

- 1、安装麦氏浴槽 按图 安装麦氏浴槽。浴槽内盛入 $38\sim 39^{\circ}\text{C}$ 台氏液，将浴槽置入装有 $38\sim 39^{\circ}\text{C}$ 自来水的水浴装置内，其下用酒精灯加热。温度计悬挂在水浴装置内，使台氏液温度始终保持在 $38\sim 39^{\circ}\text{C}$ 。将充满空气的球胆与 L 型通气管相连，通过橡胶管上的螺丝夹，控制气泡呈单个连续逸出，为台氏液供氧。
- 2、离体肠制备（参照第六章第四节哺乳类动物组织标本的制备之一）。
- 3、离体肠标本固定与记录 将长约 $2\sim 3\text{cm}$ 的肠段两端分别用细线结扎，一端固定于通气管的钩上，另一端垂直固定在张力换能器上，适当调节换能器的高度，使标本与换能器的连线松紧度合适，正好悬挂在浴槽中央，避免与浴槽接触而影响实验结果。张力换能器输入端至计算机第三通道或第四通道，打开计算机生物信号记录分析系统，进入“平滑肌特性”实验，调节参数，灵敏度 $1\sim 2\text{mV} / \text{cm}$ ，滤波 10Hz ，描记平滑肌收缩曲线。

【实验项目】

- 1、描记正常曲线 描记离体肠段在 38°C 台氏液中的收缩曲线，注意观察收缩波形、幅度和节律等。收缩曲线基线的高低表示小肠平滑肌紧张性的高低，收缩曲线的幅度大小表示小肠平滑肌收缩活动的强弱。
- 2、温度的改变 将浴槽中台氏液全部换成 25°C 的台氏液，观察小肠平滑肌的收缩活动有何变化，逐步加温至 38°C ，再观察有何反应。
- 3、乙酰胆碱 在麦氏浴槽中加入 1~2 滴 1: 100 000 (g / ml) 乙酰胆碱，观察收缩活动的改变，待作用明显后，从麦氏浴槽侧管放出台氏液，加入预先准备好的 38°C 台氏液，重复冲洗 2~3 次，待肠管恢复正常收缩后，再进行下一步实验。
- 4、肾上腺素 在浴槽中加入 1~2 滴 1: 10 000 (g / ml) 肾上腺素，观察收缩活动的改变，待作用明显后，按上述方法冲洗。
- 5、阿托品 在浴槽中加入 1: 10 000 (g / ml) 阿托品 2~4 滴，2 分钟后再加入 1: 100 000 (g / ml) 乙酰胆碱 1~2 滴，观察肠平滑肌活动有何变化，并与实验项目 3 进行比较。
- 6、酚妥拉明 在浴槽中加入 1% 酚妥拉明 3~4 滴，2 分钟后再加入 1: 10 000 (g / ml) 肾上腺素 1~2 滴，观察肠平滑肌的活动有何变化，并与实验项目 4 进行比较。
- 7、 CaCl_2 在浴槽中加入 1% CaCl_2 1~2 滴，观察肠平滑肌收缩活动的改变。
- 8、 HCl 在浴槽中加入 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 1~2 滴，观察肠平滑肌收缩活动的改变。
- 9、 NaOH 在滴加 HCl 使肠平滑肌活动出现明显变化的基础上，再加 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液 2 滴于麦氏浴槽内，观察肠平滑肌的反应。

【注意事项】

- 1、每次加药前，必须准备好更换用的 38°C 台氏液。
- 2、除实验项目 8 外，每次加药出现效应后，立即先放出含药物的台氏液，并用 38°C 台氏液反复冲洗 2~3 次，待肠平滑肌活动恢复正常后再进行下一项实验。
- 3、注意保持水浴装置的温度为 38°C ，以免影响肠平滑肌的收缩功能以及对药物的反应。
- 4、按上述剂量滴加药物，若效果不明显，可适当补加药物。

【思考题】

- 1、通过该实验，小结保持哺乳动物离体平滑肌正常收缩活动所具备的条件。
- 2、分析以上各项因素影响小肠平滑肌活动的机制。

【参考文献】

- 1、姚泰主编·生理学·第五版·北京：人民卫生出版社，2000，173

【英文专业单词】

肾上腺素 adrenaline

乙酰胆碱 acetylcholine

阿托品 atropine

酚妥拉明 phentolamine

实验 11 消化道运动的观察

【实验目的】

观察胃肠道的各种形式的运动，以及神经和某些药物对胃肠运动的调节。

【实验原理】

消化道平滑肌具有自动节律性，可以形成多种形式的运动，主要有：紧张性收缩、蠕动、分节运动及摆动。在整体情况下，消化道平滑肌的运动受到神经和体液的调节。兔的胃肠运动活跃且运动形式典型，是观察胃肠运动的好材料。

【实验对象】

兔

【实验药品】

台氏液、阿托品注射液、**1:10 000** 肾上腺素、**1: 10 000** 乙酰胆碱。

【仪器与器械】

哺乳类手术器械、纱布、索线、丝线、电刺激器、保护电极。

【实验方法与步骤】

1. 实验的准备

(1) 棒击兔的后脑使其昏迷死。将兔仰卧固定于手术台上，剪去颈部和腹部的被毛。

(2) 按常规行气管插管术。

(3) 从剑突下，沿正中线切开皮肤、打开腹腔，暴露胃肠。

(4) 在膈下食管的下端找出迷走神经的前支，分离后，下穿一条细线备用。以浸有温台氏液的纱布将肠推向右侧，在左侧腹后壁肾上腺的上方找出左侧内脏大神经，下穿一条细线备用。

2、实验项目

(1) 观察相对正常情况下胃肠运动的形式，注意胃肠的蠕动、逆蠕动和紧张性收缩，以及小肠的分节运动等。在幽门与十二指肠的接合部可观察到小肠的摆动。

(2) 用连续电脉冲（波宽 **0.2 ms**、强度 **5 V, 10~20 Hz**）作用于膈下迷走神经 **1~3 min**，

观察胃肠运动的改变，如不明显，可反复刺激几次。

(3)用连续电脉冲（波宽 **0.2 ms**、强度 **10V**，**10~20 Hz**）刺激内脏大神经 **1~5 min**，观察胃肠运动的变化。

(4)耳廓外缘静脉注射肾上腺素(**1:10000**)**0.5 ml**，观察胃肠运动的变化。

(5)将肾上腺素或乙酰胆碱分别滴在小肠上，观察小肠运动有何变化？

(6)耳廓外缘静脉注射阿托品 **0.5 mg**，再刺激膈下迷走神经 **1~3 min**，观察胃肠运动的变化。

[注意事项]

1.胃肠在空气中暴露时间过长时，会导致腹腔温度下降。为了避免胃肠表面干燥，应随时用温台氏液或温生理盐水湿润胃肠，防止降温 and 干燥。

2.实验前 **2~3 h** 将兔喂饱，实验结果较好。

[实验结果]

描述所观察到的现象,并说明产生这些现象的原因。

[思考题]

1.电刺激膈下迷走神经或内脏大神经，胃肠运动有何变化？为什么？

2.胃肠上滴加乙酰胆碱或肾上腺素，胃肠运动有何变化？为什么？

3.正常情况下，食道、胃、小肠和大肠有哪些运动形式？

实验 12 蛙心灌流

【目的要求】

1. 学习离体蛙心灌流法。
2. 观察 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及肾上腺素、乙酰胆碱等对离体心脏活动的影响。

【基本原理】

心肌具有自动节律性收缩活动的特性，可用人工灌流的方法研究心脏活动的规律及其特点，还可通过改变灌流液的成分或加入某些药物来观察其对心脏活动的影响。

【动物与器材】

蟾蜍或蛙、蛙心插管、常用手术器械、蛙心夹、试管夹、张力换能器、铁支架、BL-410 或 D95-1 实验系统、电脑、滴管、培养皿或小烧杯、任氏液、0.65%NaCl 溶液、

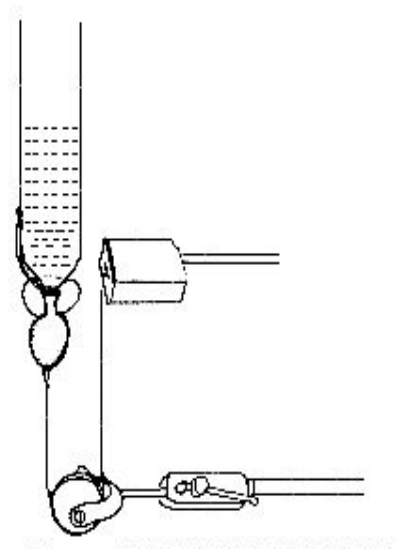
2%CaCl₂溶液、1%KCl溶液、1：100000 肾上腺素溶液、1：1000000 乙酰胆碱溶液、300u/ml 肝素溶液。

【方法与步骤】

1. 离体蛙心的制备。

(1)取一只蟾蜍，双毁髓后固定于蛙板上，暴露心脏。仔细识别心脏周围的大血管。在左主动脉下方穿一线，距动脉圆锥 2-3mm 处结扎。再从左、右两主动脉下方穿一线，打一活结备用。左手提起左主动脉上的结扎线，右手用眼科剪在动脉圆锥前端，沿向心方向剪一斜口，然后将盛有少量任氏液（内加入一滴肝素抗凝）蛙心插管由此开口处插入动脉圆锥。当套管尖端到达动脉圆锥基部时，应将套管稍稍后退，使尖端向动脉圆锥的背部后方及心尖方向推进。经主动脉瓣插入心室腔内（于心室收缩时插入）。不可插得过深，以免心壁堵住套管下口。此时可见套管中液面随心脏搏动而上下移动，用滴管吸去套管中的血液，更换新鲜任氏液，提起备用线，将左、右主动脉连同插入的插管扎紧（不得漏液），再将结线固定在套管的小玻璃钩上。剪断结扎线上方的血管。轻轻提起套管和心脏，在心脏下方绕一线，将左右肺静脉、前后腔静脉一起结扎，注意保留静脉窦与心脏的联系，切勿损伤静脉窦，于结扎线的外侧剪去所有牵连的组织，将心脏离体。用任氏液反复冲洗心室内余血，使灌流液不再有血液。保持套管内液面高度恒定（1.5—2cm），即可进行实验。

2. 将插好离体心脏的插管固定在支架上，用蛙心夹夹住心尖（不可夹得过多，以免漏液）。则将蛙心夹上的系线绕过一个滑轮与张力换能器相连。注意：勿使灌流液滴到换能器上。打开实验系统进行记录。



3. 实验观察

(1) 打开实验系统记录正常心搏曲线。

(2) 向插管内加 2—6 滴 0.65%NaCl 溶液，观察心搏曲线的频率及振幅的变化。当曲线出现明显变化时，立即吸去套管中的灌流液（作好冲洗标记），用新鲜任氏液清洗 2—3 次，待心搏恢复正常。

(3) 向插管内加入 1 滴 2%CaCl₂ 溶液，观察并记录心搏曲线的变化。当出现明显变化时，立即更换任氏液（方法同上），待心搏恢复正常。

(4) 向插管中加 1—2 滴 1%KCl 溶液，记录心搏曲线的变化。当心搏曲线变化时，立即同(2)法更换灌流液，待心搏恢复。

(5) 同(2)法记录插管中加入 1—2 滴 1：100000 肾上腺素溶液后心搏曲线的变化。

(6) 同(2)法记录插管中加入 1—2 滴 1：1000000 乙酰胆碱溶液后心搏的变化。

4. 将心脏搏动变化的情况填入下表

几种离子及药物对离体心脏活动的影响

实验项目		心率(次/30 ^s)	振幅(mm)	基线变化	其它
Na ⁺	对照				
	给药				
Ca ²⁺	对照				
	给药				
K ⁺	对照				
	给药				
肾上腺素	对照				
	给药				
乙酰胆碱	对照				
	给药				

【思考题】

1. 此实验说明心肌有哪些生理特性？
2. 以本实验为例说明内环境相对恒定的重要意义。
3. 各种离子和药物对心搏有何影响，为什么？

实验 13 讨论题

第一部分

- 1、简述从运动神经受到刺激产生兴奋到肌肉收缩的全过程。
- 2、为什么在最适初长度时肌肉收缩效果最好？
- 3、正常人血管内液体为什么会保持流体状态而不凝固？
- 4、说明输血的原则。
- 5、给呼吸衰竭患者吸入纯氧可使呼吸停止，为什么？如何正确给氧？
- 6、增大无效腔后呼吸运动有何变化？说明机理。
- 7、分别说明短时程和长期动脉血压变化调节的机制。
- 8、急性失血（＜全血量 10%）时,人体可出现哪些代偿性反应？
- 9、运动时,冠脉血流量有何变化?说明机制。
- 10、为什么有些人蹲久了突然站起来时会感到头昏、眼花？
- 11、适量献血对人体有害吗？说明理由。
- 12、若没有标准血清，你怎么鉴定血型？

- 13、百米赛跑后，为什么不能突然停止活动？
- 14、健康人登上 4000 米高山时（大气压 470mmHg），动脉血中 PCO₂ 和 PO₂ 有何变化？说明机制

第二部分

- 1、通常情况下和紧急情况下肾血流量是如何调节的？各有何重要生理意义？
- 2、说明营养不良时尿多的机理。
- 3、试述失血性休克时，尿量减少的机制。
- 4、消化期胃液分泌的促进和抑制因素。
- 5、影响肾小管和集合管重吸收和分泌的因素。
- 6、血钙降低时为什么骨骼肌抽搐，心肌收缩力减弱？
- 7、概述影响机体生长的激素及起主要作用。
- 8、胰岛素长期分泌不足为什么引起“三多一少”的症状？
- 9、说明有机磷中毒机理、症状及解救措施。
- 10、血钙水平是如何维持稳定的？概述钙在体内的生理作用。

第二部分综合实验

综合实验一、心血管系统综合实验

心血管活动的神经体液调节及药物的影响

【实验目的】

1. 通过观察神经、体液因素及药物对家兔心血管活动的作用与影响，加深理解动脉血压作为心血管功能活动的综合指标、及其相对恒定的调节原理和重要意义。
2. 学习大动物实验的基本方法和技术。

【实验原理】

动脉血压是心血管功能活动的综合指标。正常心血管的活动在神经、体液因素的调节下保持相对稳定，动脉血压相对恒定。动脉血压的相对恒定对于保持各组织、器官正常的血液供应和物质代谢是极其重要的。通过实验改变神经、体液因素或施加药物，观察动脉血压的变化，间接反映诸因素对心血管功能活动的调节或影响。

神经、体液因素及药物主要通过结合心血管系统的各种受体而发挥作用。 α 受体在皮肤、粘膜及内脏血管上呈优势分布，激动后引起血管收缩； β_1 受体见于心脏，激动后心脏出现“三正效应”； β_2 受体在骨骼肌血管与冠脉上呈优势分布，激动后导致血管扩张。

心脏受交感神经和副交感神经（迷走神经）的双重支配。交感神经兴奋时通过其末梢释放的去甲肾上腺素与心肌细胞膜上的 β_1 受体结合，引起心率加快、心肌收缩力增强，心输出量增加，血压升高。迷走神经兴奋时通过其末梢释放的乙酰胆碱与心肌细胞膜上的 M 受体

结合，引起心率减慢、心房肌收缩力减弱，心输出量减少，血压降低。

绝大多数血管受交感神经支配。交感缩血管神经兴奋时通过其末梢释放的 NE 与血管平滑肌上的 α 受体结合，引起血管收缩、循环外周阻力增大、血压升高。反之，当交感缩血管神经的紧张性降低时，会引起血管舒张、循环外周阻力减小、血压下降。

本实验通过切断、刺激支配心、血管的神经以及给药或体液因素等方法，可直接观察到心率，还可通过观察动脉血压的变化间接了解心、血管活动的变化情况。

【实验对象】家兔，体重 2Kg 左右。

【实验药品与器械】肝素（1000 IU/ml）、1: 10000 肾上腺素、1: 10000 去甲肾上腺素、1: 100000 异丙肾上腺素、生理盐水、1%肝素生理盐水、1%戊巴比妥钠、0.1%普萘洛尔、计算机和生物机能实验系统（水银检压计、心电图机）、血压换能器、刺激器、保护电极、兔手术台和哺乳类手术器械、双凹夹、铁支架、动脉插管、动脉夹、注射器（1ml、2ml、10ml）及针头、手术灯、纱布、丝线等。

【实验方法与步骤】

1. 仪器的准备

(1) 生物机能实验系统的使用（以泰盟 BL-410 为例）：启动计算机，在 windows 桌面双击图标“BL-410 生物机能实验系统”，进入软件主界面。点击菜单“实验项目”，依次选择“循环实验”、“兔动脉血压调节”，即可开始实验。必要时可调整预设参数以达到实验最佳效果。

(2) 压力换能器的准备：打开压力换能器侧面与顶端的三通阀的开关，用注射器从侧面三通阀给换能器的内腔充满肝素生理盐水，然后关闭顶端三通阀。将侧面的三通阀与动脉插管的导管相连接，将压力换能器的导线与计算机记录通道相连接。

2. 麻醉固定 将兔称重后，自耳缘静脉缓慢注入 1%戊巴比妥钠（3ml/kg），待动物麻醉后仰卧固定于兔手术台上，剪去颈部手术野的毛。

3. 手术

(1) 分离血管和神经：沿兔颈部正中中线切开皮肤 6~7 cm，分离皮下组织及肌肉，暴露出气管。在气管的右侧分离出颈总动脉、减压神经、交感神经和迷走神经，左侧分离出颈总动脉，并在动脉和各神经下穿线备用。

(2) 插入动脉插管：先在远心端结扎左侧颈总动脉，再用动脉夹在近心端将其夹闭。用眼科剪将动脉剪开一斜口，将注满肝素生理盐水的插管向心脏方向插入动脉，结扎固定。

为了较长时间观察血压，必须使用抗凝剂。本实验采用耳缘静脉内注射肝素（1 000 IU/kg）。注射后一分钟即可打开并移去动脉夹，此时即可见血液冲入动脉插管，同时在显示器上可见有压力波动图（随时可在水银检压计看到血压数值），可进行记录。

4. 心电引导 将心电引导线与针灸针相连接，然后将针灸针刺入动物各肢体末端并固定，在显示器上可观察到心电图象，作为心率、心律的观察指标。导联线的连接方法：红色—右上肢；黄色—左上肢；蓝色—左下肢；黑—右下肢；白色—接地。

【实验项目】

(1) 正常血压曲线：从正常血压曲线上可见到三级波。一级波即心跳波，是由于心脏的收缩和舒张而引起的血压波动，与心率及其节律一致。二级波即呼吸波，是由于呼吸时肺的扩张和缩小而引起的血压波动，与呼吸周期及其节律一致。一般一个呼吸波中有 3~5 个心跳波。三级波不很明显，有时可清楚看到，其原因不完全清楚，可能是由于血管运动中中枢紧张性活动的周期性变化所致。三级波历时最长，由数个呼吸波组成。

(2) 观察心率及心室收缩强度 从心电图上可准确观察和记数心率。

(3) 用动脉夹夹闭右颈总动脉 15 s，同时观察、记录血压及心率的变化。

(4) 从耳缘静脉注入 1: 10 000 肾上腺素 0.3 ml，观察、记录血压、心率的变化。

(5)从耳缘静脉注射 1 : 10 000 去甲肾上腺素 0.3 ml, 观察、记录血压、心率的变化。

(6)从耳缘静脉注入 1 : 100 000 异丙肾上腺素 0.5 ml/kg, 观察、记录血压、心率的变化。待血压等指标恢复正常后, 注入 0.1%普萘洛尔 0.5 ml/kg, 随即再注入与原来相同剂量的异丙肾上腺素, 并进行同样的观察、记录。

(7)在右侧减压神经中部结扎两条线, 于两结扎线之间剪断神经。用保护电极分别刺激减压神经的中枢端和末梢端, 同时观察、记录血压及心率的变化。

(8)先在手术灯下观察两耳血管网的密度及血管扩张程度, 再结扎右侧交感神经, 并于结扎线的近心端剪断该神经, 稍待片刻后再观察两耳血管网的密度及血管扩张程度的变化。然后用上述电刺激刺激交感神经远心端, 同时观察两耳血管网的密度及血管扩张程度的变化。

(9)用两条线在右侧迷走神经中部结扎, 并于两结扎线之间剪断迷走神经, 用上述电刺激分别刺激近心端和远心端, 观察、记录血压、心率的变化。

【注意事项】

1. 麻醉药注射速度要缓慢, 不能过量。
2. 避免损伤动、静脉, 严防出血。如发现有出血现象, 必须立即止血。
3. 每项实验必须在各观察指标处于正常水平的基础上进行。每项实验后也必须等待各指标完全恢复后, 才能开始下一项实验。

【思考题】

1. 试根据实验结果, 分析迷走神经、减压神经和交感神经各自对动脉血压的作用机制。
2. 肾上腺素和去甲肾上腺素对动脉血压的影响有何不同? 为什么?
3. 夹闭与牵拉颈总动脉引起动脉血压变化的机制是什么?
4. 用实验结果说明正常动脉血压是如何维持相对恒定的。

综合实验二、呼吸综合实验

膈肌放电与胸内负压的观察

【实验目的】

1. 学习描记哺乳动物膈肌放电的方法; 观察某些因素对膈肌电活动的影响。
2. 学习测定胸内负压的方法, 直接观察胸内压在呼吸过程中的周期性变化及影响其变化的因素。
3. 通过制造气胸, 加深对胸内负压生理意义的理解。

【实验原理】

呼吸中枢产生的节律性冲动, 通过膈神经和肋间神经传到膈肌和肋间肌, 使胸廓产生节律性运动。膈肌的电活动能反映呼吸中枢的活动; 膈肌收缩张力的强弱和收缩的频率反映了呼吸运动的深度和频率。呼吸运动能够有节律地进行, 并能适应机体代谢的需要, 有赖于呼吸中枢的调节作用。体内外各种刺激可以作用于中枢或通过不同的感受器反射性地影响呼吸运动, 使肺通气时发生适应性改变。

在平静呼吸时, 胸膜腔内的压力虽随呼气和吸气而升降, 但始终低于大气压, 称为胸内负压。

【实验对象】家兔，体重 2Kg 左右。

【实验药品与器械】 1%戊巴比妥钠、生理盐水、水检压计、铁支架、兔手术台和哺乳类手术器械、气管插管、50cm 长的橡皮管一条、钠石灰瓶一只、球胆一只、CO₂ 气体、计算机和生物机能实验系统、张力换能器、注射器（10ml、20ml）及针头、纱布、丝线等。

【实验方法与步骤】

1. 麻醉固定 将兔称重后，自耳缘静脉缓慢注入 1%戊巴比妥钠（3ml/kg），待动物麻醉后仰卧固定于兔手术台上，剪去颈部和下腹部手术野的毛。

2. 手术

（1）颈部：剪去颈部的兔毛，于颈部正中切开皮肤，切口长约 5~7cm，用止血钳钝性分离皮下软组织，暴露气管。在喉下将气管和食道分开，然后在气管上做一倒“T”形剪口，插入 Y 形气管套管，用棉线结扎固定。在两侧颈总动脉旁分离出迷走神经，在其下方穿线备用，最后用热生理盐水纱布覆盖手术野。

（2）胸腹部手术（膈肌放电的描记法）：胸腹部剪毛，在剑突下方沿腹部正中做一长约 4cm 的切口，用止血钳分离皮下组织，沿腹白线分离两侧腹壁肌以暴露剑突，将剑突表面组织及腹膜剥离，用有镊夹住剑突软骨边缘将其内侧向上翻起，可见其两侧分别附着有一小膈肌条。将引导电极插在膈肌上，但不要扎穿膈肌。

（3）胸内负压的测定：在兔右胸腋前线第四、五肋之间，做一长约 2cm 的皮肤切口。用粗的穿刺针头在肋骨上缘顺肋骨方向斜插入胸膜腔，其深度以水检压计的水柱面下降并随呼吸而升降为止。用胶布将针尾固定于胸部皮肤上，以防针头移位或滑出。

3. 生物机能实验系统的使用（以泰盟 BL-410 为例）：启动计算机，在 windows 桌面双击图标“BL-410 生物机能实验系统”，进入软件主界面。点击菜单“实验项目”，依次选择“肌电”，即可开始实验。必要时可调整预设参数以达到实验最佳效果（膈肌电信号：增益 G，1000；时间常数，0.001s；高频滤波，1Kz）。

【实验项目】

1. 描记正常呼吸运动时膈肌放电的曲线及胸内负压 作为对照。

2. CO₂ 对膈肌放电及胸内负压的影响 将装有 CO₂ 的球胆管口对准气管套管的一侧管开口，并将 CO₂ 球胆管上的螺旋逐渐打开，观察膈肌放电及胸内负压的变化。然后关闭 CO₂ 球胆，观察膈肌放电及胸内负压恢复正常的过程。

3. 缺 O₂ 对膈肌放电及胸内负压的影响 将气管套管的一侧管通过一只钠石灰瓶与盛有一定容量空气的球胆相连，操作者用食指堵塞气管套管的另一侧管，使动物呼吸球胆内的空气。此时，动物呼出的 CO₂ 可被钠石灰吸收，故随着呼吸的进行，球胆内的 O₂ 愈来愈少，观察膈肌放电及胸内负压的变化。然后去掉上述条件，使呼吸恢复正常。

4. 增大无效腔对膈肌放电及胸内负压的影响 用止血钳将气管套管之一侧管夹闭，描记一段膈肌放电。然后在另一侧管连接一长 50cm 的橡皮管，使无效腔增大，观察其对膈肌放电及胸内负压的影响。呼吸发生明显变化后，去掉橡皮管和止血钳，使呼吸恢复正常。

5. 增大气道阻力 夹闭气管插管的一侧管，别一侧止血钳夹住一部分，增大气道阻力，观察膈肌放电及胸内负压又有何变化？

6. 迷走神经在膈肌放电及胸内负压中的作用 描记一段对照膈肌放电的曲线后，先切断一侧迷走神经观察膈肌放电及胸内负压有何变化？再切断另一侧迷走神经，膈肌放电及胸内负压又有何变化？

7. 气胸及其影响 先从上腹部切开，将内脏下推，可观察到膈肌运动，然后沿第七肋骨上缘切开皮肤，用止血钳分离肋间肌，造成 1cm 的贯穿胸创口，使胸膜腔与大气相通而造成气胸。观察肺组织是否萎陷？胸内压是否仍低于大气压并随呼吸而升降？用手术刀扩大创口并剪去 5~6cm 长的一段肋骨，此时胸内压及膈肌放电又有何改变？

【注意事项】

1. 作气管插管时，插管前应注意对气管剪口处进行止血，并将气管内清理干净，再行插管。
2. 用穿刺针时，不要插得过猛过深，以免刺破肺组织和血管，形成气胸或出血过多。
3. 形成气胸后，可迅速封闭漏气的创口，并用注射器抽出胸膜腔内空气，此时胸内压可重新呈现负压。

【思考题】

1. 分析各项实验结果。
2. 平静呼吸时胸内压为什么始终低于大气压？
3. 用长橡皮管增大无效腔时，呼吸运动有何变化？为什么？
4. 在什么情况下，胸内压高于大气压？

综合实验三、泌尿与循环系统的综合实验

【实验目的】

1. 学习膀胱插管术、尿量记录及尿糖鉴定等泌尿实验的方法。
2. 掌握肾血流量的神经、体液调节与全身的血液循环调节相配合的机理。
3. 观察影响尿生成的若干因素，加深理解尿生成的机理。

【实验原理】

尿生成的过程包括肾小球的滤过、肾小管和集合管的重吸收和分泌三个过程。凡能影响上述过程的任何因素，均可影响尿的生成并可引起尿量及尿的性质、成分的改变。尿的生成还有赖于肾血流量的稳定。当机体的动脉血压在一定的范围内波动时，肾脏依靠自身调节使肾血流量保持相对稳定，维持正常的泌尿功能；当机体处在大出血、休克、剧烈运动等紧急情况下，通过肾血流量的神经、体液调节，减少肾血流量，减少尿量，保证心脑等重要脏器的血液供应，使肾血流量与全身的血液循环调节相适应。

【实验对象】家兔，体重 2Kg 左右。

【实验药品与器械】肝素（1000 IU/ml）、1:10000 去甲肾上腺素、生理盐水、垂体后叶素、速尿、20%葡萄糖注射液、1%肝素生理盐水、尿糖定性试纸、1%戊巴比妥钠、水银检压计、刺激器、保护电极、兔手术台和哺乳类手术器械、动脉插管、动脉夹、膀胱插管、注射器（1ml、2ml、5ml、10ml、20ml）及针头、头皮针、输液装置、手术灯、纱布、丝线等。

【实验方法与步骤】

1. 麻醉固定 将兔称重后，自耳缘静脉缓慢注 1%戊巴比妥钠（3ml/kg），待动物麻醉后仰卧固定于兔手术台上，剪去颈部和下腹部手术野的毛。

2. 手术

（1）颈总动脉插管 在颈部正中切开皮肤 6~7 厘米，分离皮下组织及肌肉，暴露出气管。在气管的两边分别分离出左颈总动脉和右迷走神经，在其下穿线备用。按颈动脉插管方法将充满肝素生理盐水的动脉插管插入左颈总动脉，用于观察动脉血压的变化。手术完毕后用温的生理盐水纱布覆盖创面。

（2）膀胱插管 在下腹部正中线脐下方作一长约 3~4 厘米的皮肤切口，其下端直达耻骨联合。分离皮下组织并沿腹白线切开腹壁。将膀胱翻出腹外，辨认清楚输尿管，并向肾侧仔细地分离两侧输尿管 2~3 厘米，在其下方穿一条线，将膀胱上翻用线结扎膀胱颈部（即尿道内口）以阻断它同尿道的通路；然后在膀胱顶部选血管较少处，做一环形的荷包缝合，

缝合线两端要足够长，暂不结扎；在荷包缝合的中央剪一纵行小切口，插入膀胱插管，然后用荷包缝合线将切口边缘固定于膀胱插管的橡胶上。动物所产生的尿液经膀胱插管流出后直接观察。手术完毕用温热的生理盐水纱布覆盖腹部创口。

【实验项目】

- (1) 耳缘静脉快速注射 37°C 生理盐水 20ml，观察血压和尿量的变化。
- (2) 结扎并剪断右侧迷走神经，用中等强度的电流刺激其外周段 20~30 秒，使血压维持在 40~50mmHg，观察尿量的变化。
- (3) 先用尿糖试纸进行尿糖定性实验作为对照，然后自耳缘静脉注射 20%葡萄糖溶液 10ml，观察血压和尿量的变化，在尿量变化最明显时，再用尿糖试纸作尿糖定性实验。
- (4) 自耳缘静脉注射 1:10, 000 去甲肾上腺素 0.5ml，观察血压和尿量的变化。
- (5) 自耳缘静脉注射速尿 0.5ml/kg，观察血压和尿量的变化。
- (6) 自耳缘静脉注射垂体后叶素 4 单位，观察血压和尿量的变化。
- (7) 在动物的一侧大腿的股三角区，切开皮肤，分离出一侧股动脉，并插入硬塑料管进行放血，使血压降至 40~50mmHg，观察尿量的变化。然后再迅速补充生理盐水，观察血压和尿量的变化。

【注意事项】

1. 实验前应给兔子多喂青菜，或在麻醉后立即给动物进行适量的输液，以增加其基础尿流量。
2. 避免损伤动、静脉，严防出血。如发现有出血现象，必须立即止血。
3. 实验中需多次静脉注射，应注意保护兔的耳缘静脉。注射时，先从末梢端开始，逐渐向耳根端移近；或选用小儿头皮针刺入耳缘静脉，用胶布固定，用生理盐水维持使形成一静脉通路以便于多次注射使用。
4. 每项实验必须在各观察指标处于正常水平的基础上进行。每项实验后也必须等待各指标完全恢复后，才能开始下一项实验。

【思考题】

1. 试分析产生上述各实验结果的机理。
2. 血压的高低与尿量之间有什么关系？为什么？

综合实验四、呼吸与动脉血压综合实验

【实验目的】

1. 学习描记哺乳动物呼吸运动的方法；观察某些因素对呼吸运动的影响。
2. 掌握颈动脉体和主动脉体化学感受性反射对呼吸和心血管活动的调节。

【实验原理】

呼吸运动能够有节律地进行，并能适应机体代谢的需要，有赖于呼吸中枢的调节作用。体内各种刺激可以作用于中枢或通过不同的感受器反射性地影响呼吸运动，使肺通气时发生适应性改变。

当血液中某些化学成分发生变化时，如缺氧、 CO_2 分压过高、 H^+ 浓度过高等，可以刺激颈动脉体和主动脉体化学感受器，反射性引起呼吸加深加快；在动物保持自然呼吸的情况下，化学感受器刺激引起的呼吸加深加快，可间接引起心率加快，心输出量增加，外周阻力增大，血压升高。

【实验对象】家兔，体重 2Kg 左右。

【实验药品与器械】1%戊巴比妥钠、生理盐水、1%肝素生理盐水、肝素（1000 IU/ml）、0.1%普萘洛尔、0.3%乳酸、2.5%尼可刹米、兔手术台和哺乳类手术器械、气管插管、保护

电极、动脉插管、动脉夹、钠石灰瓶一只、球胆一只、CO₂ 气体、计算机和生物机能实验系统、张力换能器、压力换能器、滑轮、双凹夹、铁支架、注射器（1ml、2ml、10ml）及针头、纱布、丝线等。

【实验方法与步骤】

1. 仪器的准备

(1) 生物机能实验系统的使用（以泰盟 BL-410 为例）：启动计算机，在 windows 桌面双击图标“BL-410 生物机能实验系统”，进入软件主界面。点击菜单“实验项目”，依次选择“呼吸实验”、“兔动脉血压调节”，即可开始实验。必要时可调整预设参数以达到实验最佳效果。

(2) 换能器的准备：1) 压力换能器 打开压力换能器侧面与顶端的三通阀的开关，用注射器从侧面三通阀给换能器的内腔充满肝素生理盐水，然后关闭顶端三通阀。将侧面的三通阀与动脉插管的导管相连接，将压力换能器的导线与计算机记录通道相连接。2) 张力换能器 直接连接即可。

2. 麻醉固定 将兔称重后，自耳缘静脉缓慢注入 1%戊巴比妥钠（3ml/kg），待动物麻醉后仰卧固定于兔手术台上，剪去颈部和下腹部手术野的毛。

3. 手术

(1) 颈部：①剪去颈部的兔毛，于颈部正中切开皮肤，切口长约 5~7cm，用止血钳钝性分离皮下软组织，暴露气管。在喉下将气管和食道分开，然后在气管上做一倒“T”形剪口，插入 Y 形气管套管，用棉线结扎固定。②在气管的右侧分离出迷走神经，左侧分离出颈总动脉和迷走神经，并在动脉和各神经下穿线备用。③插入动脉插管：先在远心端结扎左侧颈总动脉，再用动脉夹在近心端将其夹闭。用眼科剪将动脉剪开一斜口，将注满肝素生理盐水的插管向心脏方向插入动脉，结扎固定。

(2) 胸腹部手术（膈肌运动描记法）：胸腹部剪毛，在剑突下方沿腹白线做一长 4cm 的切口，将剑突表面组织剥离，用有齿镊夹住剑突软骨的边缘，将其提起，可看到剑突内侧面附着的膈肌条。用眼科镊将膈肌条与剑突分离一段，于膈肌条的远端穿一长线将其结扎。剪断剑突软骨使之完全游离。经剪修使肌条结扎处的远端附有一小片剑突软骨。然后将结扎线绕过一小滑轮与张力换能器相连，由生物机能实验系统描记呼吸运动曲线。

为了较长时间观察血压，必须使用抗凝剂。本实验采用耳缘静脉内注射肝素（1 000 IU/kg）。注射后一分钟左右即可打开并移去动脉夹，此时即可见血液冲入动脉插管，同时在显示器上可见有压力波动图（随即可在水银检压计看到血压数值），可进行记录。

【实验项目】

1. 描记正常血压和呼吸运动曲线 作为对照。

2. CO₂ 对呼吸运动及血压的影响 将装有 CO₂ 的球胆管口对准气管套管的一侧管开口，并将 CO₂ 球胆管上的螺旋逐渐打开，观察呼吸运动和血压的变化。随即从耳缘静脉注入 2.5% 尼可刹米 0.6~0.7 ml/100g，观察、记录血压与呼吸的变化。

3. 缺 O₂ 对呼吸运动及血压的影响 将气管套管的一侧管通过一只钠石灰瓶与盛有一定容量空气的球胆相连，操作者用食指堵塞气管套管的另一侧管，使动物呼吸球胆内的空气。此时，动物呼出的 CO₂ 可被钠石灰吸收，故随着呼吸的进行，球胆内的 O₂ 愈来愈少，观察呼吸运动及血压的变化。然后去掉上述条件，使呼吸恢复正常。

4. 从耳缘静脉注入 3%乳酸 1~3ml，观察、记录血压与呼吸的变化。

5. 迷走神经在呼吸运动与血压中的作用 描记一段对照呼吸运动与血压的曲线后，用两条线在右侧迷走神经中部结扎，并于两结扎线之间剪断迷走神经，观察呼吸运动与血压有何变化？再用电刺激分别刺激近心端和远心端，观察血压与呼吸的有何变化？再切断另一侧迷走神经，呼吸运动与血压又有何变化？

【注意事项】

1. 麻醉药注射速度要缓慢，不能过量。
2. 作气管插管时，插管前应注意对气管剪口处进行止血，并将气管内清理干净，再行插管。

【思考题】

1. 分析各项实验结果。
2. 试根据实验结果，分析迷走神经对动脉血压和呼吸的作用机制。