

## 实验 14 哺乳动物血压的调节

### 【实验目的】

1. 学习哺乳动物急性实验技术以及动脉血压的直接测量方法。
2. 观察神经和体液因素在心血管活动调节中的作用。
3. 观察几种药物对血压的影响。
4. 观察循环血量对血压的影响，了解失血性休克的发生机理及一般急救措施。

### 【实验原理】

动脉血压主要受到心排出量、外周阻力、循环血量以及大动脉管壁弹性等因素的影响。正常情况下人和哺乳动物的血压在一定范围内维持稳定，是神经调节和体液调节的结果。

心脏受交感神经和副交感神经节后纤维的支配，交感神经兴奋使心跳加快加强，心排出量增加，血压增高；副交感神经兴奋则心率减慢，心房收缩力减弱，心排出量减少，血压降低。全身大多数血管受交感缩血管纤维单一支配，当其兴奋时，血管平滑肌收缩，血管口径变小，外周阻力增加，血压升高；当交感缩血管神经紧张性降低时，血管扩张，血压下降。

在体液性调节因素中，主要是肾上腺素（E）和去甲肾上腺素（NE），E对 $\alpha$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 受体都有兴奋作用，作用 $\beta_1$ 受体使心肌收缩力增强，心跳加快，心排出量增加（即强心作用），对血管的作用表现为，部分外周血管收缩（主要是 $\alpha$ 受体，皮肤和内脏血管），部分血管舒张（ $\beta_2$ 受体，骨骼肌血管），全身血流阻力变化不大。NE主要兴奋外周血管上的 $\alpha$ 受体，引起血管收缩，外周阻力增大，舒张压升高，对 $\beta_2$ 受体无兴奋作用，NE对 $\beta_1$ 受体也有较弱的兴奋作用，使心肌收缩力增强，收缩压升高，但其强心作用远较E为弱，其升压作用反射性地引起心跳减慢。

生理状态下，哺乳动物血压的相对稳定主要依赖于压力感受器反射。血压的变化刺激颈动脉窦、主动脉弓压力感受器，感觉冲动分别沿窦神经、主动脉神经（在兔，自成一束称为减压神经，depressor nerve）传向延髓的心血管中枢，通过调整心交感中枢、心迷走中枢和交感缩血管中枢的紧张性，从而改变各自传出神经的传出冲动频率，调节心血管活动，维持血压相对稳定。

在失血时，回心血量相应减少，心缩力量减弱，心排出量减少，血管充盈度下降，血流阻力减小，都可使血压下降。当血液丧失到一定量时，超过机体的调节、代偿能力，血压下降较大，出现失血性休克。

为了连续观察与记录血压的变化，动物血压的测定通常用直接插管法，即将连接血压换能器的动脉套管插入动脉内直接测定血压。为了避免凝血，动脉套管内充以抗凝剂。

### 【实验对象】

家兔。

### 【实验器材与药品】

哺乳动物手术器械和手术台、二道生理记录仪或计算机生物信息采集处理系统、血压换能器、动脉插管、试管夹、双凹夹、铁支柱、动脉夹、三通活塞、电刺激器、保护电极、注射器、有色丝线、纱布、棉球；20%氨基甲酸乙酯、0.5%肝素生理盐水、0.01%肾上腺素、0.01%去甲肾上腺素、石蜡油。

### 【实验方法和步骤】

## 一、实验装置

将血压换能器与二道生理记录仪的血压放大器或计算机生物信息采集处理系统输入端相连，记录仪外接标记与电刺激器的刺激记号和时标相连。用试管夹把血压换能器固定在铁支柱上与动物心脏大致在同一水平上。血压换能器与三通活塞相连。三通活塞的两个接头分别与塑料动脉插管和注射器相连。将动脉插管插入动脉前，先用盛有肝素盐水的注射器与三通活塞相连，旋动三通活塞上的开关，使动脉插管与注射器相通，推动注射器，使动脉插管内充满 0.5% 肝素溶液，关闭三通活塞。然后进行血压定标。

## 二、麻醉与手术

1. 麻醉：称体重并固定，20%氨基甲酸乙酯（5ml/kg）自耳缘静脉注射，一般宜在兔耳静脉的中远段刺入，不可在近耳根处，否则需再次注射时比较困难。如果针头在静脉内就会看到血管内的血液向前推去，推注药液时阻力很小，注射部位的周围组织也不隆起。注射速度宜慢同时密切观察动物呼吸情况。

2. 手术：麻醉后，使之仰卧于兔台上，用绳把四肢套上并固定于兔台两侧的梯型木板上，用兔头夹固定好，并开亮底部的电灯以便保温，然后进行手术。

（1）气管插管术：沿颈部正中线作长约 5~7cm 的切口，用止血钳分离皮下组织以暴露胸骨舌骨肌，然后再用止血钳于正中线分离肌肉以露出气管，在气管下穿一棉线提起气管（穿棉线时应注意将气管与大血管和神经分开）。然后用手术刀或手术剪将气管作一“⊥”形切口，再将气管插管自切口处向肺方向插入，用棉线扎紧固定以防滑出，气管切口术至此完成。

（2）分离颈部迷走、交感、减压神经和颈总动脉。迷走、交感、减压神经和颈总动脉都在气管两侧的颈动脉鞘内，因此分离前可先用手指接触气管旁的颈部组织，根据动脉搏动来确定颈总动脉的位置，沿此方向容易找到颈总动脉。在颈总动脉旁有束神经与其伴行，这束神经中包含有迷走、交感、减压神经。用左手从颈后皮肤外，把一侧颈部组织向上顶起，小心分离颈动脉鞘，仔细识别 3 条神经，其中迷走神经最粗最白，一般位于外侧，减压神经最细（头发粗细），一般位于内侧，交感神经为浅灰色，粗细与位置介于上述两神经之间。用玻璃分针先分离减压神经和交感神经，然后分离颈总动脉及迷走神经，每条神经分离出 2~3cm，在各条神经下穿一条生理盐水浸泡过的不同颜色的丝线以便区别。颈总动脉下亦穿一条线备用。本实验可分离左侧颈总动脉供插动脉套管用，神经则以分离右侧好。右侧颈总动脉亦要分离，准备提拉（或夹闭）时用。在上述手术过程中必须注意及时止血，小血管破裂出血时，则用止血钳夹住出血点并用丝线结扎止血。

（3）插动脉套管（连三通管）：钝性分离左颈总动脉，靠动物头侧的部分尽可能多分离些，并在其远心端穿线结扎，用动脉夹夹住动脉的近端。在此段血管下穿一条线以备套管插入后结扎用。用眼科剪在尽可能靠远心端处作一斜形切口，约剪开管径的一半，然后把动脉套管经切口向心脏方向插入动脉，用已穿好的丝线扎紧插入动脉的套管尖端部分，并以同一丝线在套管的侧管上缚紧固定，以防套管从插入处滑出。三通管的一侧记录血压，另一侧连接预先含有适量肝素生理盐水的 50ml 注射器，并暂时夹闭导管，以备放血用。

（4）在右侧腹直肌旁作 6cm 长的纵行中腹部切口，钝性分离肌肉，打开腹腔后，找出一段游离度较大的小肠袢，轻轻从腹腔拉出，放在微循环恒温灌流盒内，在显微镜下观察肠系膜微循环。

（5）在耻骨联合上剪毛，作下腹部正中切口，长 5cm。找出膀胱，在膀胱三角区找出双侧输尿管入口，分离双侧输尿管，插入输尿管导管，记录每分钟尿滴数。

（6）股部：在一侧股三角处触摸股动脉的跳动，然后沿其内侧做一切口，稍加分离即可见到股动脉、股静脉与股神经。仿照插颈动脉套管的方法，分离股静脉，并用线把股静脉的远心端结扎，按照插动脉套管的方法，在股静脉的向心端缚一松结，用剪刀在松结下方的静脉上剪一横口，将直套管经切口向心脏方向插入，扎紧松结，将直套管固定在静脉内，插入前，

直套管内应预先装满生理盐水，并将橡皮管与灌注瓶或滴定管相连。

### 三、观察项目

1. 观察并记录正常血压、心搏曲线、尿滴数和肠系膜微循环  
血压曲线有时可以看到三级波（图 14-1）。

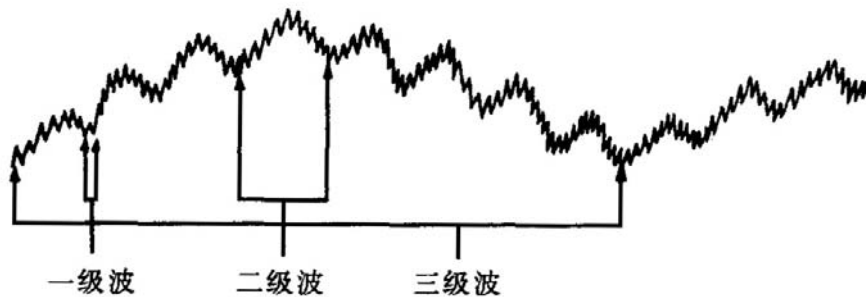


图 14-1 兔颈总动脉血压曲线

一级波（心搏波）：乃由于心室舒缩所引起的血压波动，心缩时上升，心舒时下降。频率与心率一致。但由于记录系统有较大的惯性，波动幅度不能真实的反映出收缩压与舒张压的高度。

二级波（呼吸波）：乃由于呼吸运动引起的血压波动，吸气时上升，呼气时下降。

三级波：不常出现，可能是由于血管运动中枢紧张性的周期性变化所致。

2. 牵拉颈总动脉：手持右颈总动脉远心端上的牵拉线向上牵拉 5 秒，观察动脉血压变化。注意同时做出刺激标记。
3. 夹闭颈总动脉：动脉夹夹闭右颈总动脉 5~10 秒，并按上法同时做出刺激标记，观察心搏与血压有何变化？
4. 刺激减压神经：将左侧减压神经结扎、剪断，以中等强度电流连续刺激其中枢端，观察心搏与血压有何变化？
5. 剪断和刺激交感神经对兔耳血管网的影响：首先观察左耳血管网的数目和充血情况，然后结扎左交感神经，并在结扎线的尾侧剪断该神经，等待片刻后观察左耳血管网的情况。然后用中等强度的电刺激左交感神经的头侧端（外侧端）观察左耳血管网的变化情况。撤除刺激后，稍待片刻，再观察血管网的数目和充血情况。
6. 刺激迷走神经：结扎迷走神经，于结扎线头侧将神经剪断，然后用中等强度电流刺激其离中端，观察血压与心率的变化。
7. 静脉注射肾上腺素和去甲肾上腺素：先后分别由耳缘静脉注入 0.01% 肾上腺素和 0.01% 去甲肾上腺素 0.2~0.3ml，分别观察血压与心率变化。
8. 失血的影响：打开颈总动脉插管与注射器相连的侧管，使血液从颈总动脉流入注射器，一直到血压下降 40mmHg（5.33kPa）时即停止放血，观察血压、尿滴数和肠系膜微循环有何变化。
9. 输液的作用：把注射器内的血液回输入动脉，并自股静脉输入适量的生理盐水，观察血压、尿滴数和肠系膜微循环是否恢复。

### 【注意事项】

1. 分工明确，各司专职，专职者必须掌握好有关的技术方法，保证实验顺利进行。

2. 用兔进行实验，最易使动物发生死亡的原因为：麻醉剂注射过快或过量；颈部手术时误伤动脉分支或动脉插管滑脱或破裂，造成失血。应特别注意这两点。
3. 各导管和注射器要肝素化，并注意各管的通畅，随时缓慢推注，以防凝血。
4. 每观察一项后，必须等血压基本恢复正常水平时，再进行下一项观察。
5. 每次注射药物后，应立即用另一注射器注射生理盐水 0.5ml，以防残留在血管内的药物影响下一药物的效应。
6. 在整个实验中，经常注意动物状况及动脉插管处的情况，发现漏血或导管内被凝血块阻塞时，应及时处理。

#### 【思考题】

1. 解释本次试验各项结果，并说明与正常血压的维持和调节有何关系？
2. 在减压反射活动中，减压神经和迷走神经的作用有何不同？
3. 刺激完整的减压神经，血压如果不出现变化，可能的原因是什么？
4. 从血压形成的机理，解释失血性休克的发生及表现。

(李嘉 段玉斌)