

根据国家教育委员会重新修订并颁布的《复习考试大纲》编写
专升本（非师范类）入学考试参考丛书

家畜生理学考试 参考书

《家畜生理学考试参考书》编写组

中央广播电视大学出版社

1174555

S852.2

<3>

根据国家教育委员会重新修订并颁布的《复习考试大纲》编写
专升本（非师范类）入学考试参考丛书

家畜生理学考试 参考书

《家畜生理学考试参考书》编写组



22165936

徐州师大图书馆

新到书

书号

1174555

中央广播电视大学出版社

1174555

1174555

1174555

1174555

1174555

1174555

1174555

中央广播电视大学出版社

1174555

(京)新登字 163 号

图书在版编目 (CIP) 数据

家畜生理学考试参考书/《家畜生理学考试参考书》编写组编. - 北京: 中央广播电视大学出版社, 1996.11
(专升本(非师范类)入学考试参考丛书)
ISBN 7-304-01354-0

I. 家… II. 家… III. 家畜-生理学-电视大学-入学考试-自学参考资料 IV. S82.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 23361 号

家畜生理学考试
参考书

《家畜生理学考试参考书》编写组

中央广播电视大学出版社出版

社址: 北京市复兴门内大街 160 号 邮编: 100031

北京印刷二厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 5 千字 119

1996 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 2 次印刷

印数 3001~5000

定价 8.00 元

ISBN 7-304-01354-0/G·231

版板所有, 翻印必纠。本书封面贴有防伪标签, 无标签者不得销售。

电话: 66069791 66057896 (如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

1993 年国家教育委员会制订了《全国各类成人高等学校专科起点本科班招生（非师范类）复习考试大纲（试用本）》。广大考生在使用该大纲进行复习备考时，由于缺少统一的教材而遇到了很大的困难。为了解决这个问题，我们组织了部分编写和审查大纲的教授和专家，遵照大纲的要求编写了这套《专升本（非师范类）入学考试参考丛书》。它的特点是实用性和针对性均较强，可以帮助考生提高他们在入学前的知识和能力水平。

本套丛书共分 30 册，包括政治（公共课）、英语、大学语文、图书馆学、档案学、文学概论、新闻学、政治学概论、行政管理学、高等数学（一）、高等数学（二）、财政金融学、会计学原理、环境保护概论、管理学概论、电子技术基础、电路原理、机械设计基础、结构力学、化工原理、地质学概论、医学基础、植物生理学、中医基础理论、民法、刑法、市场营销学概论、海洋生物学、食品微生物学、家畜生理学。

由于编写时间较短，不当之处还望各学科专家及广大读者提出宝贵的修改意见，待有机会再版时进一步完善。

该丛书经国家教育委员会考试中心审定，并作为推荐用书。

编 者

1996 年 8 月 20 日

目 录

第一章 血液	(1)
一、体液与内环境	(1)
二、血液的组成和特性	(1)
三、血液主要成分的生理功能	(2)
四、血液凝固	(3)
五、血型	(4)
第二章 循环	(6)
一、心脏生理	(6)
二、血管生理	(9)
三、心血管活动的神经调节	(11)
第三章 呼吸	(13)
一、肺通气	(13)
二、气体交换和运输	(17)
三、呼吸运动的调节	(19)
四、禽类呼吸的主要特点	(20)
第四章 消化	(22)
一、消化和消化方式	(22)
二、机械性消化	(22)
三、化学性消化	(27)
四、微生物消化	(32)
五、吸收	(36)
六、胃肠道功能的神经、体液调节	(38)
第五章 泌尿	(40)
一、肾小球的滤过作用	(40)
二、肾小管和集合管的重吸收作用	(42)
三、肾小管和集合管的分泌与排泄作用	(44)
第六章 体温	(46)
一、畜禽的体温	(46)
二、产热	(46)
三、散热	(47)
四、等热范围(代谢稳定区)	(48)
第七章 神经系统	(50)
一、神经元(神经细胞)概念及基本生理特性	(50)
二、神经纤维传导兴奋的特征及传导速度	(52)

三、突触及突触传递	(53)
四、条件反射的建立及其在畜禽生产中的生理意义	(55)
五、神经系统的感觉功能	(56)
六、神经系统对躯体运动的调节功能	(57)
七、神经系统对内脏活动的调节	(58)

第八章 内分泌系统 (60)

一、内分泌	(60)
二、激素	(60)
三、下丘脑和垂体激素	(60)
四、甲状腺激素	(61)
五、调节钙代谢的激素	(62)
六、胰岛激素	(63)
七、肾上腺激素	(64)

第九章 生殖 (66)

一、雄性生殖	(66)
二、雌性生殖	(67)
三、泌乳	(71)
四、鸡的生殖生理特点	(72)

第一章 血 液

血液是一种充满于心血管系统中不透明的流动液体。家畜的血液量，一般说来，约为体重的6%~7%，但存在种间的差异，并受个体生理状态及所处环境条件等因素的影响。血液的液体成分即血浆，约占体重的5%，是体液的重要组成部分，具有重要的生理意义。

一、体液与内环境

体液是畜体内液体的总量，是体内水分和其中溶质的总称，约占体重的60%~70%。体液由存在于细胞内的液体（即细胞内液）和存在于细胞外的液体（即细胞外液）组成。

细胞外液依据其分布的不同有不同的称谓，如，存在于心血管内的血液的液体部分称为血浆；存在于组织细胞间隙的液体称为细胞间液或组织液；存在于淋巴管内的液体称为淋巴液等。

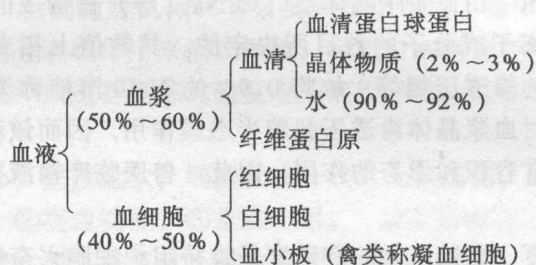
家畜个体所生存的环境通常称为外环境，而体内组织细胞所生存的环境，即细胞间液称为内环境。血浆不但是血细胞生活的环境，也是沟通内、外环境，以实现相互间物质、能量和信息交换的媒介。

外环境中构成对家畜产生刺激作用的各种因素是不断变化的，而内环境则保持相对稳定，即其理化特性（包括温度、渗透压、酸碱度等）保持在一定范围内。只有内环境相对稳定，组织细胞才能保持正常的生命活动，机体各组织器官正常的功能活动才能得以实现，家畜也才能在变化的外环境中生存。

二、血液的组成和特性

（一）血液的组成

血液由液体成分的血浆和悬浮其中的血细胞所组成。血液的组成及各组分所占比例如下所示：



血浆除去纤维蛋白原即成为血清。血细胞中，红细胞数量所占比例最大。经离心被压紧的红细胞在全血中所占容积百分比，称为红细胞压积或红细胞比容，如牛的红细胞比容值为35 (24~46)%。

（二）血液的理化特性

1. 颜色和气味 血液为不透明的红色液体。动脉血，因其血红蛋白氧结合量高，呈鲜红色；静脉血，因其血红蛋白氧结合量低，呈暗红色。血液中因存在有挥发性脂肪酸，故带有腥味。

2. 比重 各种家畜全血的比重约在 1.05~1.06 之间, 其中红细胞的比重最大, 所以经抗凝处理的血液置血沉管中, 其红细胞可向管底缓慢沉降。

3. 渗透压 血浆内容有多种晶体物和胶体物, 因而构成了血浆晶体渗透压和胶体渗透压, 其值以前者为大, 约为 767.5kPa, 占血浆渗透压的 99.5%。

4. 黏滞性 血液的黏滞性主要指流动着的血液, 由于血细胞间、各种分子间以及血液和血管壁之间的摩擦, 使血液流动缓慢, 表现出黏着的特性。全血的黏滞性是水的 4~5 倍; 血液的黏滞性是影响血压的因素之一。

5. 酸碱度 血液呈弱碱性, pH 值一般为 7.35~7.45, 平均 pH 值存在种间差异, 并因动物食性不同而不一样, 如马为 7.40, 牛为 7.50, 猪为 7.47, 鸡为 7.42。静脉血比动脉血的 pH 值稍低。

三、血液主要成分的生理功能

(一) 血浆

血浆的主要成分是血浆蛋白和无机盐, 它们是实现血浆生理功能的主要物质基础。

1. 血浆蛋白的功能 血浆蛋白是多种蛋白质的总称, 主要包括血清蛋白、球蛋白和纤维蛋白原。

(1) 维持血浆胶体渗透压 血浆渗透压是指血浆中溶质分子通过半透膜吸引水的能力的总和。由血浆胶体溶质分子, 主要是血清蛋白等大分子物质, 所形成的渗透压即是血浆胶体渗透压。由于血浆胶体分子量大, 不能透过毛细血管壁, 因而血浆胶体渗透压具有调节血管内外水量平衡, 维持正常血浆和组织液容量的作用。

(2) 实现体液免疫 由淋巴细胞和浆细胞产生的血浆 γ -球蛋白, 几乎全部都是免疫性抗体, 包括 IgG, IgA, IgM 和 IgE。

(3) 参与血凝过程 血浆中含有多种凝血因子, 其中纤维蛋白原是最主要的凝血物质。

(4) 转运激素等物质 除 γ -球蛋白外, 血浆中还有多种球蛋白, 它们能与多种脂类结合, 是脂类运输的载体; 球蛋白也是脂溶性维生素和甲状腺激素在血中的运输工具。

2. 血浆盐类的功能 血浆中的无机盐有 10 种以上, 其中最主要的是钠盐。

(1) 维持晶体渗透压 由血浆中晶体质 (如 NaCl 等) 物构成的渗透压, 叫做血浆晶体渗透压。它的大小是由离子或分子的数目所决定的。其数值上相当于 0.9% NaCl 溶液所具有的渗透压, 与血细胞的渗透压相等, 故将 0.9% 的 NaCl 溶液称为等渗溶液, 或称为生理盐溶液。由于血细胞膜对血浆晶体渗透压起着半透膜作用, 因而该渗透压具有调节水分进出血细胞, 维持血细胞正常容积和形态的作用。因此, 兽医临床输液要求使用等渗溶液, 以避免血细胞破裂溶解。

(2) 调节血浆酸碱度 血浆正常的酸碱度是维持组织细胞兴奋性和保持正常活动的必要条件。对血浆酸碱度起稳定作用的是血浆中的缓冲对, 主要是蛋白质和盐类等组成缓冲对, 其中以 $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 这一对最为重要, 只要其在血液中的浓度比值保持 20/1, 血液的酸碱度就能保持相对恒定。

血液结合 CO_2 的能力称为碱储, 由于血浆中的 NaHCO_3 是结合 CO_2 的主要物质, 因此, 也把血浆中含 NaHCO_3 的量叫做碱储。习惯上将碱储表示结合 CO_2 的毫升数/百毫升血液, 马为 64%, 牛为 62%。

(二) 红细胞

1. 形态和数目 哺乳动物的红细胞是无核、双凹圆盘形或椭圆形细胞。禽类则为有核的椭圆形细胞。红细胞是血细胞中数目最多的一种，一般雄性畜禽的红细胞数目较雌性的为多，且因品种、年龄、生理状态等因素而有变化。几种畜禽血中平均红细胞数目分别为：牛 $6.0 \times 10^{12}/L$ ，猪 $7.0 \times 10^{12}/L$ ，鸡 $3.4 \times 10^{12}/L$ 。

2. 红细胞的功能与血红蛋白 红细胞中含有血红蛋白。几种畜禽血红蛋白的正常值分别是牛 110g/L，猪 106g/L，鸡 104.3g/L。

红细胞的主要功能是由血红蛋白来完成的，血红蛋白具有运输 O_2 和 CO_2 以及缓冲血浆酸性和碱性物质的功能。

3. 红细胞的渗透脆性 实验证明，如将红细胞置低渗溶液中，红细胞就会因吸水膨胀而破裂，并释放出血红蛋白，这一现象叫做红细胞的溶解，简称溶血。红细胞在低渗溶液中发生溶血的性能称为渗透脆性，渗透脆性越大，说明红细胞越容易发生破裂。如把红细胞放于不同浓度的低渗 NaCl 溶液中，刚开始溶血的 NaCl 溶液的浓度称为红细胞的最小抵抗，而完全溶血时的 NaCl 溶液浓度称为最大抵抗。任何红细胞对低渗溶液的抵抗力越强，表明其渗透脆性越小，或最大抵抗值越低。

4. 红细胞的悬浮稳定性 红细胞在循环血浆中保持悬浮状态而不易下沉的特性，称为悬浮稳定性。通常将抗凝血液置于血沉管中，单位时间内红细胞下沉的高度表示为红细胞沉降率，简称血沉。

(三) 白细胞

1. 白细胞的分类和数目 与红细胞相比，白细胞是体积较大，数目较少，比重较小的一类有核细胞。按细胞质内有无特殊染色颗粒，可将其分为无颗粒白细胞，包括淋巴细胞和单核细胞，以及有颗粒白细胞，包括嗜中性白细胞、嗜碱性白细胞和嗜酸性白细胞。

白细胞的数目比红细胞的变动范围要大，随动物种类、性别、年龄和生理状态的不同而不一样。一般来说，白细胞中以中性白细胞最多，淋巴细胞较少，嗜酸性和嗜碱性白细胞最少。几种畜禽血液中白细胞总数分别是牛为 $7.62 \times 10^9/L$ ，猪为 $14.66 \times 10^9/L$ ，鸡为 $2.3 \times 10^{10}/L$ 。

2. 白细胞的功能 白细胞对机体具有防御和保护作用。嗜中性白细胞和单核细胞参与非特异性免疫，主要通过吞噬作用来消灭异物；其它白细胞参与特异性免疫，主要通过产生抗体，或释放活性物质，或进行局部细胞反应来消灭异物。

(四) 血小板

血小板是体积较小，呈圆盘状，椭圆状或杆状的无核细胞。血小板的主要功能有：①维持血管内皮的完整性；②凝血功能；③止血作用。

禽类血中无血小板，而存在与血小板功能相似的凝血细胞。典型的凝血细胞呈卵圆形，有核，在细胞的一端有一个或多个嗜酸性染色小颗粒，比哺乳动物的血小板大的多，而且数量少。

四、血液凝固

血液流出血管后，很快就由溶胶状态变为凝胶状态，并形成凝块，这一过程叫做血液凝固，简称血凝。血液凝固是一个十分复杂的化学过程，其中唯一可见的，也是最基本的变化是原来溶解在血浆中的纤维蛋白原转变成为不溶性细丝状的纤维蛋白。这些纤维蛋白交织成网，并网罗血细胞形成血凝块。

(一) 血液凝固的三个基本步骤

1. 第一步 存在于血液中的凝血因子在受到血管内皮或组织损伤的刺激后相继被激活,形成凝血酶原激活物。

2. 第二步 存在于血液中的凝血酶原在凝血酶原激活物的作用下, 转变成成为凝血酶。

3. 第三步 溶解于血浆中的纤维蛋白原在凝血酶的作用下, 转变成成为纤维蛋白单体, 并在其它凝血因子催化下, 进一步形成不溶性的纤维蛋白多聚体, 即丝状纤维蛋白。

丝状纤维蛋白交织成网, 并将血细胞网罗其中, 形成血凝块, 阻止出血。

钙离子和血小板因子几乎参与血液凝固的整个过程。

(二) 抗凝的基本原理及方法

在畜牧生产实际或兽医临床诊断中, 常需要采取各种措施保持血液不凝固。凡抑制血液凝固的药物称为抗凝剂。抗凝的方法很多, 但其基本原理或是使某种凝血因子缺失, 或是使某种凝血因子失活。

1. 脱钙 血中加入柠檬酸钠可与 Ca^{2+} 形成可溶性络合物; 加入草酸铵和草酸钾可与 Ca^{2+} 结合形成不溶性草酸钙, 从而使需要 Ca^{2+} 参与的凝血反应不能进行。

2. 抑制凝血因子 使用肝素, 一种含硫黏多糖化合物, 能使凝血因子失活, 这样, 凝血酶原不能转变成成为凝血酶。

3. 去除纤维蛋白

(三) 促凝的基本原理和方法

在实际工作中, 很多时候又需要加速血液凝固。凡能够使血液加速凝固的药物称为促凝剂。促凝的方法很多, 但其基本原理是加速或促进凝血因子合成或活化。

1. 保持血液与粗糙物接触, 以促进凝血因子Ⅻ的激活, 和血小板破裂并释放出血小板因子, 加速凝血反应的进程。如外科手术中使用纱布按压创口止血。

2. 适当增加血液或创面温度, 使酶促反应加快, 而加速凝血过程。如制血清时, 将血样温孵, 可加速血凝块形成回缩而析出血清。

3. 使用维生素 K 可增加凝血因子Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ等的合成, 有加速凝血和止血的作用。因此, 维生素 K 是兽医临床经常使用的止血药剂。

五、血型

区分动物或人类血液类型的依据主要是红细胞膜上凝集原(一种抗原)的抗原特异性。

在一定条件下, 家畜正常时悬浮在血浆中的红细胞集合成团的现象叫做红细胞凝集。凝集的发生是由于不同家畜的红细胞膜上存在有不同的抗原性物质, 统称为凝集原, 而血清中含有相应的特异性抗体, 统称为凝集素。当含有某种凝集原(红细胞膜上)的血液与另一种含有相应凝集素(血浆中)的血液相混时, 便可发生一系列反应, 使红细胞凝集成团, 并导致红细胞破裂溶解(溶血)。

现已确认, 各种家畜红细胞膜上含有多种凝集原, 因而存在多种血型系统。但是天然存在于家畜血浆中的凝集素却很少或浓度很低, 且其免疫效也很低, 故同种家畜之间进行异型血的单次输入较安全, 再次输血时就应该先作交叉配血试验。即将受血者的红细胞与供血者的血清(次侧), 和供血者的红细胞与受血者的血清(主侧)分别加在一起。若主侧出现凝集现象, 则不能输血; 若次侧出现凝集现象, 可少量输血; 若两侧均无凝集现象, 则可输血。

供血者

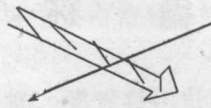
受血者

红细胞

红细胞

(次侧) 血清

血清(主侧)



第二章 循 环

家畜的循环系统是由心脏和血管（包括动脉管、毛细血管和静脉管）连接而成的闭锁系统。它包括肺循环和体循环两大部分。心脏是血液循环的动力器官。

一、心脏生理

（一）心肌细胞的生物电

在心脏有规律地收缩和舒张过程中，心肌细胞表现出一系列的电变化。心肌细胞的生物电现象如同神经、骨骼肌细胞生物电现象一样，表现为兴奋时的动作电位和静止时的静息电位。但是，心肌细胞动作电位也有其特点，即：（1）心肌快反应细胞的去极化由 Na^+ 内流产生，去极速度快；慢反应细胞的去极化由 Ca^{2+} 缓慢内流产生去极速度慢。（2）快反应细胞由于心肌细胞极化中期出现 Ca^{2+} 缓慢内流，导致复极化过程较长，复极化电位曲线出现平台，慢反应细胞复极化各期之间分界不清不出现平台。

（二）心肌的生理特性

心肌包括心肌细胞和由心肌细胞分化形成的特殊传导系统。这两部分心肌细胞在其活动过程中，表现出一系列的生理特性，主要有兴奋性、自律性、传导性和收缩性。

1. 兴奋性 心肌细胞有对适宜刺激产生动作电位，表现出反应的能力。心肌兴奋性是最基本的特性，只有具有兴奋性，节律才会产生，传导才可进行，收缩才得以实现。

经实验观察，心肌在一次兴奋后，其兴奋性发生周期性变化。

（1）绝对不应期 心肌细胞在受刺激出现一次兴奋后，从去极化开始到了期前复极化，兴奋性降低为零，此时无论给多大的刺激，也不能使心肌细胞再兴奋，这一段时期称为绝对不应期，也称有效不应期。心肌细胞兴奋性变化的特点是绝对不应期长。

（2）相对不应期 继绝对不应期后到复极化大部分完成的期间，此时用高于阈值的刺激可使心肌细胞产生动作电位。

（3）超常期 在复极化完毕前的一个短时期，此时心肌细胞膜电位水平比静息电位更接近阈电位，因而引起兴奋所需的阈电位也较小，即兴奋性较高。

2. 自律性 离体和脱离神经支配的动物心脏，保持在适当的环境中，在一定的时间内，仍然能够有节律地产生兴奋和收缩，这种特性称为自动节律性。

心肌的自律性来源于心内特殊传导组织中的自律细胞。这类细胞能自动按一定节律发生兴奋，并能传导到其它心肌细胞。心脏的特殊传导组织大部分含有自律细胞，因此又称为自律组织，包括窦房结、房室结、房室交界、房室束和浦肯野氏纤维等。

正常情况下，哺乳类动物心脏组织自律性以窦房结最高，房室交界次之，心室内的传导组织最低。心脏的活动实际受自律性最高的窦房结的控制，窦房结是心脏兴奋和搏动的起源，称为正常起搏点。依从窦房结兴奋节律形成的心脏搏动称为窦性心律。

在窦房结兴奋节律的控制下，心脏其它传导组织的自律性不能表现出来，因而称这些组织为潜在起搏点。当窦房结功能发生障碍时，潜在起搏点可自动兴奋，成为支配部分或全部心脏活动的异位起搏点。异位起搏点兴奋而形成的心脏节律称为异位节律，特点是都比窦房

结兴奋节律低。

3. 传导性 传导性是指心脏起搏点发出的自动兴奋波能传播到全心而引起整个心脏兴奋活动的特性。心脏内兴奋的传导主要由传导系统来实现，心肌纤维本身也有传导兴奋的能力。

各传导组织的传导速度不一样，浦肯野氏纤维为 4m/s ，房室结为 $0.02\sim 0.05\text{m/s}$ 。因房室结是心房兴奋传向心室的唯一通道，兴奋通过这里时，其传导速度减慢，使心房肌的兴奋与心室肌的兴奋之间有一定的时间间隔，心房完成收缩后，心室再开始收缩，这样有利于心房内的血液充盈心室。

4. 收缩性 心肌具有缩短做功的能力称为收缩性。它保证心脏有一定的动力，能将血液压送全身组织。心肌收缩的最大特点是每次兴奋所引起的收缩都明显地分开而形成单收缩。这是由于心肌细胞兴奋性的绝对不应期较长，占据整个收缩期及舒张早期，所以在一次收缩没有完成以前，是不会再次接受刺激而产生兴奋和收缩。这种收缩特性使心肌相对不易疲劳，其收缩和舒张能够有节奏地互相交替，发挥心脏“泵”的作用，推动血液循环。

心脏收缩的又一特点是“全或无”现象，即适宜刺激或者引起心脏一次完全的单收缩，或者根本不引起心脏收缩，且心脏的收缩不会因刺激强度增大而增强。

在某些实验或病理情况下，心肌正处于相对不应期或超常期内，由于实验性给一额外刺激或异位起搏点的兴奋性升高，使心肌受到异位节律兴奋刺激，而在窦房结起搏点兴奋波没有到来之前便产生收缩，这个收缩称为额外收缩，或期前收缩（图 2-1 所示）。

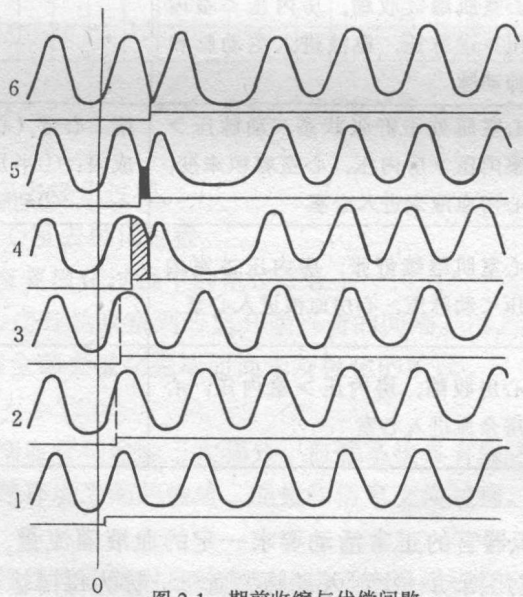


图 2-1 期前收缩与代偿间歇

（每条曲线下的电磁标记号指示给予电刺激的时间，由线 1~3，刺激落在有效不应期内，不引起反应；曲线 4~6，刺激落在相对不应期内，引起期前收缩与代偿间歇）

期前收缩之后，窦性节律兴奋波传来时，恰遇心肌处于绝对不应期中，须待下一次兴奋传来时，心肌才会收缩，因而其间隙期中脱漏一次搏动，出现较长的舒张期，这个间歇称为代偿间歇。

(三) 心动周期

1. 心动周期与心率 心动周期是指心脏每收缩、舒张一次所占的时间。一个心动周期一般包括心房收缩期、心室收缩期和间歇期。各种动物心动周期的长短不一，以猪为例大约 0.8s，据此算出，1min 大约有 75 个心动周期，即心脏每分钟搏动 75 次。这种单位时间（一般以每分钟为单位）内心动周期数，或心搏次数称为心率。一般成年马的心率为 35~40 次/min，牛为 45~50 次/min，猪为 60~80 次/min，鸡为 350~370 次/min，可见动物越大，心率越慢；动物越小，心率越快。此外，动物的心率还受生理状态、年龄、性别以及环境变化的影响。

2. 心动周期与心内压力和容积等的变化 心脏作为一个动力泵，不断地把低压的静脉血液转变成成为高压的动脉血流，推动血液沿着一定的方向流动。在心脏搏动的过程中，心内容积和压力、瓣膜启闭以及心音等发生着规律性的变化（见表 2-1）。

表 2-1 心动周期与心内容积和压力等的变化

变 化 期	房室瓣	半月瓣	容积和压力	心音及形成心音的主要原因
等容积收缩期	关闭	关闭	心室肌收缩，室内压逐渐增加， 主动脉压 > 室内压 > 房内压，心 室容积未变化，未射血	第一心音（心缩音） 成因：①心室肌收缩 ②房室瓣关闭，引起振动
射血期	关闭	开放	心室肌继续收缩，房内压 < 室内 压 > 动脉压，血液进入主动脉和 肺动脉	
等容积舒张期	关闭	关闭	心室肌处于舒张状态，动脉压 > 室内压 > 房内压，心室容积未变， 心房血液未进入心室	第二心音（心舒音） 成因：①半月瓣闭合 ②动脉内涡流撞击
充盈期	开放	关闭	心室肌继续舒张，房内压 > 室内 压 < 动脉压，心房血液进入心室	
房缩期	开放	关闭	心房收缩，房内压 > 室内压，心 房余血进入心室	

3. 心输出量 动物组织器官的正常活动要求一定的血液灌流量，后者又决定于心脏输出血液的量。心脏一侧心室每搏动一次射入动脉的血量，称为每搏输出量。通常左右两心室的输出量大致相等。不同动物，或即便同一种动物而生理状态不同，其每搏输出量亦不一样。

心脏一侧心室（一般以左心室计算）每分钟输出的血量称为每分输出量。简称心输出量。因此

$$\text{心输出量} = \text{每搏输出量} \times \text{心率}$$

如果其它条件不变，当静脉回流增加时，心脏容积逐渐增大，同时心脏收缩力增强，心

输出量增加，直至心脏每次收缩时的输出量与每次舒张时的回流量取得新的平衡为止，即心脏舒张期内回心血量越多，输出血量越大。

(四) 心电图 (ECG)

心脏是一个电性很强的器官，而心脏周围的组织和体液都具有导电性，是一个容积导体，因此，心肌细胞的动作电位和电流变化的总和可以传导并反映到体表，体表任何两点间存在电位差。用导线联结的记录电极，放置在体表的一定部位，通过心电图机即可得到心脏活动的综合性电位变化图，即心电图。典型的心电图如图 2-2 所示，其各波波段解释如下。

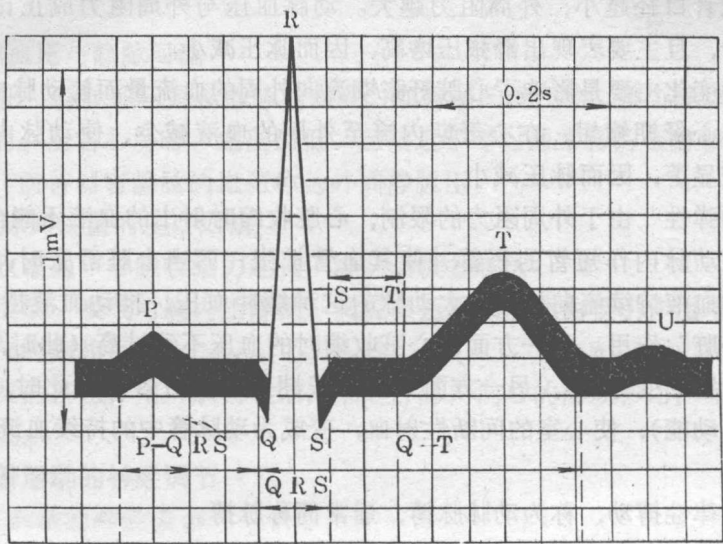


图 2-2 典型心电图的模式图

- P 波：反映左右心房去极化过程。
- QRS 波：反映左右心室去极化过程。
- T 波：反映左右心室复极化过程中的电位变化。
- P—Q 间期：反映心房开始兴奋到心室开始兴奋的间隔。
- S—T 段：反映心室全部去极化完毕而尚未复极化的阶段。

二、血管生理

血管包括动脉、毛细血管和静脉三大部分。血管系统具有输送、分配、贮存及调节血流的功能，参与实现机体与环境之间的物质、能量和信息交换过程。

(一) 动脉

动脉系统的主要功能是将心脏射出的血液输送到全身组织器官，在这个过程中，伴随着动脉管内的压力变化和动脉管壁的弹性搏动。

1. 动脉血压

(1) 动脉血压的概念 血压是指血管内血液对于血管壁的侧压力。它是由心室肌收缩射血和血液流向外周血管所遇的阻力相互作用形成的。

动脉血压在一个心动周期中呈现出周期性的变化。在心脏收缩的中期，动脉血压达最大值，称为收缩压；而在心脏舒张末期，动脉血压的最小值，称为舒张压。收缩压与舒张压之

差,称为脉搏压(脉压)。一个心动周期中动脉血压的平均值称为平均动脉压。不同动物的动脉血压值不一样,几种畜禽收缩压/舒张压分别是牛 19.33/12.00,猪 17.33/12.00,鸡 20.00/16.00,单位为 kPa。

(2) 影响血压的主要因素

每搏输出量 每搏输出量越大,射入主动脉的血量越多,动脉血压越高,且主要表现出收缩压升高,因而脉压增大。

外周阻力 外周阻力是构成血流阻力的各种因素的总称。其中主要因素是小动脉和微动脉血管的口径。血管口径越小,外周阻力越大。动脉血压与外周阻力成正比。外周阻力增大,动脉血压上升,且主要表现出舒张压增高,因而脉压减小。

心率 心率的变化主要是影响了心脏舒张期流向外周的血流量而使动脉血压变化。主要表现为心率增加,心舒期缩短,在心舒期内流至外周的血液减少,使动脉内存留的血量增多,舒张压升高较显著,因而脉压减小。

大动脉管壁的弹性 由于外周阻力的限制,心脏收缩时射出的血液不能全部立即流到外周,部分血液在大动脉内作短暂的积蓄并使其血管扩张;而当心脏舒张时,扩张的管壁回缩,使大动脉中的血液持续流向外周。大动脉的这种缓冲血压,推动血液持续流动的作用,即所谓的“外周心脏”作用。它一方面使心脏收缩时的血压不致过高(此时,一部分血流动能转变为大动脉管壁形变势能),另一方面又使舒张期血压不致过低(此时,大动脉管壁形变势能转变为血流动能),使心室的间断性射血,变成为动脉管中的持续血流。

2. 动脉脉搏

动脉血管的规律性搏动,称为动脉脉搏,通常简称脉搏。

每个心动周期中,心室内压力的周期性变化导致动脉内压力的周期性波动,使主动脉搏管相应地发生扩张与回缩的弹性搏动,且这种搏动以弹性压力波的形式沿着动脉管壁传播,直至动脉末端,其传播的速度远较血流速度为快。因此,动脉脉搏可在外周浅表动脉,如颌外动脉、股动脉、尾动脉或家禽的翅动脉上摸到,也可用脉搏描记仪记录到脉搏波形图,即脉搏图。

由于动脉管壁的搏动源于心室舒缩的周期性变化,因而动脉脉搏频率与心率一致,脉搏幅度、速度、硬度等特性亦可反映整个循环系统的功能状态。

(二) 微循环及其物质交换

1. 微循环的概念及基本功能 微循环是指微动脉和微静脉之间的血液循环。它包括三类通路。

(1) 直捷通路 血液从微动脉经过后微动脉、通血毛细血管而进入微静脉。其主要功能是使一部分血液能迅速通过微循环而进入微静脉,以加快血液回流。

(2) 动—静脉短路 血液从微动脉经过动—静脉吻合支直接进入微静脉。多见于四肢末梢,皮肤的微循环中,具有调节体温的作用。

(3) 迂回通路(又称营养通路) 血液从微动脉经过后微动脉、毛细血管前括约肌和真毛细血管,然后汇集到微静脉。真毛细血管管壁薄,数量多,表面积大,互相连通形成网络,穿插在组织细胞之间,且血流缓慢,是血液和组织液之间进行物质交换、实现微循环基本功能的场所。

2. 组织液的生成与回流 组织液是血浆中的水分及可溶性小分子物质滤过微动脉端的

毛细血管壁而形成的，与组织细胞实现物质交换后再经微静脉端毛细血管被重吸收到血液中。在此过程中，滤过力和重吸收力之差称为有效滤过压，数值上，有效滤过压 = (毛细血管血压 + 组织液胶体渗透压) - (血浆胶体渗透压 + 组织液静水压)。

在毛细血管动脉端，有效滤过压为正值（即压力由血管内指向血管外），血浆滤出出毛细血管而生成组织液；在毛细血管的静脉端，有效滤过压为负值（即压力由血管外指向血管内），大部分的组织液回流入毛细血管内，少部分进入毛细淋巴管内。正常情况下，毛细血管滤过和再吸收反复进行，组织液不断更新，使血浆与组织细胞之间连续不断的物质交换得以实现。

（三）静脉血压与静脉回流

1. 静脉血压 静脉血压是指静脉内血流对血管壁的侧压力。整个静脉系统内，血压是以向心方向递减的，至右心房时，血压最低，已接近于零。通常将右心房和胸腔大静脉血压称为中心静脉压，而各器官静脉的血压称为外周静脉压。

2. 影响静脉回流的主要因素

（1）心肌收缩力 心肌收缩力越强，静脉回流量越大。

（2）呼吸运动 吸气时胸内压降低，胸腔负压对大静脉的吸引作用增强，使静脉血液回流量增加；呼气时则相反。

（3）骨骼肌的挤压作用 肌肉收缩，加之静脉内向心的瓣膜作用，可挤压肌内或肌间静脉血液加快回流。

三、心血管活动的神经调节

（一）心脏活动的神经调节

1. 迷走神经对心脏活动的抑制作用 心迷走神经的节前神经元位于延髓的疑核和迷走背核区域，构成心迷走中枢，或称心抑制中枢。节后神经元的轴突（节后纤维）支配窦房结、心房肌、房室交界、房室束及其分支。

节后纤维末梢释放乙酰胆碱，与 M-受体结合，使心肌细胞膜对 K^+ 离子的通透性增加， K^+ 外流增多，使细胞处于超极化状态，因而表现出心跳减慢，心肌收缩力变弱等效应。

2. 交感神经对心脏活动的兴奋作用 心交感神经节前神经元位于 1~5 节胸椎段脊髓灰质外侧柱内，节后神经元的轴突（节后纤维）进入心脏，支配窦房结、房室交界、房室束、心房肌和心室肌。

节后纤维末梢释放去甲肾上腺素，与 β -受体结合，使心肌细胞膜对 Ca^{2+} 离子的通透性增加， Ca^{2+} 内流增加， K^+ 外流减小，因而表现出心肌收缩力增强，心率加快等效应。

（二）血管运动的神经调节

支配血管平滑肌的神经纤维，称为血管运动神经纤维。绝大部分的交感神经纤维，都有收缩血管的作用，故一般称为交感缩血管神经纤维。其节前神经元位于脊髓胸段和前腰段灰质外侧柱内。其节后纤维末梢释放去甲肾上腺素，与 α -受体结合，引起血管平滑肌收缩。正常情况下，血管的收缩与舒张，取决于交感缩血管神经纤维的紧张度，紧张度高，血管收缩；紧张度低，血管舒张。

体内多数血管只受交感缩血管神经纤维的单一支配。但有部分血管除有交感缩血管神经纤维分布外，还有舒血管神经纤维分布。

1. 交感舒血管神经纤维 分布在骨骼肌血管平滑肌中。在动物剧烈活动时，其末梢释