# 人体解剖生理学实验——解剖生理学实验要求

来源：网络 作者：落花人独立 更新时间：2024-06-07

*第一篇：人体解剖生理学实验——解剖生理学实验要求生理学实验课的目的与要求一、生理学实验课的重要性从1628年英国医生威廉·哈维(WillianHarvcy)的《心血运动论》一书的问世开始，生理学便成为一门独立的学科。生理学是建立在实验和观...*

**第一篇：人体解剖生理学实验——解剖生理学实验要求**

生理学实验课的目的与要求

一、生理学实验课的重要性

从1628年英国医生威廉·哈维(WillianHarvcy)的《心血运动论》一书的问世开始，生理学便成为一门独立的学科。生理学是建立在实验和观察基础上的学科，生理学实验是生理学理论知识的依据与来源。因此，生理学的创立和发展离不开生理学实验。生理学实验课的重要性在于学习生理学的实验方法及科学的思维方法，有助于提高学生的实验能力、分析能力、创新能力和科学素养。本课程是医学和生命科学专业学生的必修课程。对于其他专业学生，选学生理学实验课，将对个人科学素养的提高十分有益。

二、生理学实验课的目的要求

1．目的

使学生逐步掌握生理学实验的基本方法和基本技术，了解生理学实验设计的基本原则，进而掌握获取生理学知识的技能，提高对实验中各种生理现象的观察、分析能力，以及独立思考和解决问题的能力。同时培养学生的创新意识、科学素养与科研能力。

培养学生科学的思维方法、实事求是的科学态度和严谨的学风。

通过书写实验报告，提高学生分析、归纳问题及文字表达能力，2、要求

提高实验课的教学质量，需要师生共同努力。因此，实验课的要求包括对教师和学生两个方面。

(1)实验前

生理学实验是在具有生命活性的机体上进行的，实验结果易受多方面因素的制约和影响，教师在备课中，明确实验目的要求、统一实验方法步骤、统一实验项目和实验内容，同时要求教师操作熟练。

学生必须认真预习实验指导，了解实验的目的要求、实验设计原理、简要的操作步骤和注意事项，还应复习与本实验有关的理论部分，以提高实验的目的性和主动性，达到进一步巩固有关理论知识的效果。

(2)实验中

教师传授知识要耐心细致，对学生负责。要求学生必须掌握的生理学实验方法和基本操作技术一定要教会，一丝不苟，逐步提高学生的多种能力与综合素质。同时鼓励学生与指导教师自由交换意见，注意引导学生丰富想像力、增强探索与创新意识。

学生应认真听教师讲课，按教师要求进行各项实验操作，仔细观察、认真记录实验中出现的各种生理现象，并对引起生理现象的原因、意义进行分析和思考。

实验用器材、物品要摆放整齐，便于操作。注意保持实验桌面的清洁卫生，随时清除污物。实验桌上不得放置与实验无关的物品。

爱护仪器和实验动物，注意节约实验材料。不经教师许可，不得动用他人或他组的仪器用品，公用物品在使用完后应放回原处，以免影响他人使用。

遵守实验室规则。保持实验室安静，不得大声喧哗，以免影响他人实验。

实验结束前请教师审查实验结果。如有错误，及时补救。未经教师许可，学生不得擅自终止实验或离开实验室。

(3)实验后

学生应将实验用具整理就绪，放回原处。所用手术器械、手术桌和其他手术用品擦洗干净，仪器用干布擦干净。实验用具如有破损或缺少，及时报告指导教师。作好实验室的清洁卫生工作。

按教师要求妥善处理实验动物，不可自行处理。尤其不能将未处死的动物(尤其鼠类)随手丢弃。实验后，关闭水源、电源，经教师允许方可离开实验室。

整理实验记录，按教师要求书写实验报告并及时交给教师批阅。

教师应认真批改实验报告。如发现不合要求的应指明问题，退回重写。

三、实验报告的撰写

书写实验报告是生理学实验课的基本训练之一，师生都应认真对待，以便为日后撰写科研论文打下良好的基础。为了帮助学生写好实验报告，现将其格式和内容要求简述如下：

1．格式

生理学实验报告

姓名

专业

组别

日期

室温

2．内容要求

(1)实验题目

实验题目应与实验报告的内容一致。一次实验课可能完成多个实验，但教师只要求写一两个实验的报告，有的实验要求学生自行命名。这就要求学生独立思考，选择实验题目应与报告内容相符，题目的文字要简而明、概括性强。

(2)目的要求

目的要求应与实验题目密切相关，不写与之无关的内容。文字力求简练。

(3)实验方法

实验方法应按教师的要求写。一般常规实验不必写，而自行设计的实验必须写明实验方法。

(4)实验结果

实验结果是实验报告的重要部分，实验过程中所观察或记录的生理指标，都应如实、正确地在实验结果中剪贴、记述或说明。如果要求用描记图表示，则需要将原始记录进行合理的剪贴、加工，并在图的下方写明图号、图名、图注及必要的文字说明。不得将记录原封不动地附在报告上。如果记录需要用表格形式表示，其两端是开放而不封口的。表号、表名写在表的上方。凡是定量测量资料，均应以正确的单位和数值准确地写在报告上。有些实验结果需要作统计学处理，求出均值、标准差以及显著性检验。为了便于说明和比较，有些实验结果可以列表或绘图表示。

(5)分析讨论

分析讨论是根据所学的理论知识，对实验结果进行科学的分析和解释，并判断实验结果是否与理论相符合。如果出现矛盾，应分析其中的原因。讨论是实验报告的核心部分，必须独立完成。对实验结果进行认真的分析讨论，有助于提高学生分析、思考和文字表达能力。报告不应盲目抄袭书本，要用自己的语言表达(但应注意使用专业术语)。提倡学生根据实验结果提出自己的独到见解与认识，以及需深入探索的课题。

(6)结论

结论是从实验结果和讨论中归纳出来，有高度概括性的结语，也是实验所验证的基本概念、基本原理的简要总结。结论的文字应突出重点、简明扼要。写好结论部分，有助于提高学生归纳、综合问题的能力。

活体解剖技术

生理学实验是以活的动物或人体作为观察对象和实验材料。在动物实验中，活体解剖技术对生理学实验的成败起着至关重要的作用。在实验过程中，学生应着重于学习、掌握这些操作技术，以提高自己的动手能力。

生理学实验方法虽然多种多样，但一般可分为离体实验法和在体实验法两类。离体实验法是将要研究的器官或组织从活的或刚处死的动物体上取出，置于接近正常生理条件的人工环境中，以观察、研究其生理功能。如离体心脏灌流、离体肠段活动及坐骨神经—腓肠肌标本等实验。在体实验法又可分为急性实验和慢性实验两种。急性在体实验法是动物在麻醉或毁坏脑(或脊髓)的状态下，用手术的方法暴露某一器官，便于观察、研究其机能及变化规律。如在体心脏活动的观察、肾脏泌尿机能的研究等。急性实验法只能在一定时间内进行观察研究，而且实验后动物不能存活。慢性实验法是在特定条件下，以完整而清醒的动物为对象的实验方法，可以在较长的时间内，连续地反复观察动物的某一生理机能。此法常需要先在动物体上施行某种无菌外科手术，如胃肠道瘘管术，或在机体的一定部位埋藏电极、切除某一器官等，须待动物恢复健康后方可进行实验。这种实验花费时间较长，动物需要特殊的护理，在基础生理学实验中较少安排。

一、手术器械及其用途

(一)常用手术器械

根据生理学实验的需要，常用手术器械包括手术刀、手术剪、金冠剪、手术镊、眼科剪、蛙类毁髓针、玻璃分针等。

1．手术刀

主要用于切开皮肤或脏器。常用手术刀为刀柄和刀片组合式，也有刀柄和刀片相连的。根据手术的部位与性质，可以选用大小、形状不同的手术刀片。常用的执刀方法有4种：

(1)执弓式

这是一种常用的执刀方法，动作范围广而灵活，用于腹部、颈部或股部的皮肤切口。

(2)执笔式

此法用力轻柔而操作精巧，用于切割短小而精确的切口，如解剖神经、血管，作腹膜小切口等。

(3)握持式

常用于切割范围较广、用力较大的切口，如切开较长的皮肤、截肢等。

(4)反挑式

此法多使用刀口向弯曲面的手术刀片，常用于向上挑开组织，以免损伤深部组织。

2．手术剪

主要用于剪皮肤或肌肉等粗软组织。此外，也可用来分离组织，即利用剪刀的尖端，插入组织间隙，分离无大血管的结缔组织等。手术剪分尖头剪和钝头剪。其尖端还有直、弯之别。生理学实验中常习惯于用弯型手术剪剪毛。另外，还有一种小型手术剪，称眼科剪，主要用于剪血管或神经等柔软组织。眼科剪也有直头与弯头之分。

3、手术镊

主要用于夹持或牵拉切口处的皮肤或肌肉组织。眼科镊用于夹持细软组织。手术镊有圆头、尖头两种，又有直头和弯头、有齿和无齿之别，而且长短不一，大小不等，可根据手术需要选用。通常，有齿镊主要用于夹持较坚韧或较厚的组织，如皮肤、筋膜、肌腱等；无齿镊主要用于夹持较细软的组织，如血管、黏膜等。

4．金冠剪

金冠剪尖端粗短，易于着力，可用于剪开皮肤、内脏、肌肉、骨骼及绳线等。持剪姿势同一般手术剪。

5．毁髓针

专门用来毁坏蛙类脑和脊髓的器械。分为针柄和针部，持针姿势一般采用执笔式。

6．玻璃分针

专用于分离神经与血管的工具。尖端圆滑，直头或弯头，分离时不易损伤神经与血管。玻璃分针尖端容易碰断，使用时要小心，如尖端破碎时会损伤组织，不可再使用。持玻璃分针的姿势同执笔式。

(二)哺乳类动物用手术器械

主要作用是分离组织和止血，不同类型的止血钳又有不同的用途。执止血钳的姿势均与执剪刀的姿势相同。常用止血钳有以下3种：

(1)直止血钳

分长短两种类型，又有有齿和无齿之别。无齿止血钳主要用以夹住浅层出血点，以便止血，也可用于浅部的组织分离。有齿止血钳主要用于强韧组织的止血，提起皮肤等。

(2)弯止血钳

与直型的大同小异，也分长短两种，主要用于深部组织或内脏出血点的止血。

(3)蚊式止血钳(蚊嘴钳)此种止血钳头端细小，又称小止血钳，适用于细嫩组织的止血和分离，不宜钳夹大块或坚硬组织。

2．持针器

主要用于夹持缝针，缝合组织。持针器的头端较短，口内有槽。使用时，用持针器的尖端夹持缝针近尾端1／3处。

3，咬骨钳

主要用于咬切骨组织，如打开颅腔或骨髓腔等。咬骨钳有剪刀式和小蝶式及双关节咬骨钳，前者适用于剪开骨片，后者适用于咬断骨组织。

4．颅骨钻

颅骨钻有多种类型。主要用于开颅时钻孔。

5，缝针

用于缝合各种组织。缝针有圆针和三棱针两种，又有直型和弯型之别，而且其大小不一。圆针多用于缝合软组织，三棱针用于穿皮固定缝合，弯针用于缝合深部组织。主要用于短期阻断动脉血流，如动脉插管时使用。

二、活体解剖技术

1．动物的选择

常用的实验动物有狗、猫、兔、大白鼠、小白鼠、豚鼠、鸽、鸭、蟾蜍或蛙等。无论选用哪种动物，均需健康。一般地说，健康的哺乳动物毛色光泽、两眼明亮、眼和鼻五分泌物、鼻端潮而凉、反应灵活、食欲良好。健康的蛙或蟾蜍则皮肤湿润、喜爱活动，静止时后肢蹲坐、前肢支撑、头部和躯干挺起等。

动物种类的选择需根据实验内容而定，使其解剖和生理特点适合于预定实验的要求。如研究主动脉神经传人冲动的作用时，常选用兔作为实验对象，因为兔的主动脉神经在颈部自成一束，与迷走神经伴行，易于寻找和分离；观察心脏传导组织的电活动时，常选用狗的浦肯野氏纤维及兔的窦房结作为实验材料，因为狗的浦肯野氏纤维在心室内较为粗大，很容易解剖分离。在生理学的研究中，特别是基础理论研究中，合理地选择实验动物，常常是实验成败的关键，但并非越是高等动物越好。在选择实验动物时，应根据实验需要，因地制宜地加以考虑。

2．动物的麻醉

在慢性实验或急性在体实验中，施行手术之前必须将动物麻醉。麻醉可使动物在手术或实验过程中减少疼痛，保持安静，保证实验的顺利进行。麻醉剂的种类繁多，作用原理不尽相凤除了麻痹中枢神经系统以外，还会引起其他生理机能的变化，因此，在应用时需根据动物的种类以及实验或手术的性质慎重加以选择。麻醉必须适度，过深或过浅均会给手术或实验带来不良影响。麻醉的深浅可从呼吸、某些反射的消失、肌肉的紧张程度和瞳孔的大小加以判断。人们常用刺激角膜以观察角膜反射、夹捏后肢股部肌肉等简易方法了解动物的麻醉深度。适度的麻醉状态是呼吸深慢而平稳，角膜反射与运动反应消失，肌肉松弛。

(1)常用麻醉剂的种类及用法

麻醉剂可分为局部麻醉剂和全身麻醉剂两种。局部麻醉剂0．5％～1．0％盐酸普鲁卡因或2％盐酸可卡因用作皮肤或黏膜表面麻醉。在生理学实验中，多采用全身麻醉剂，如挥发性的乙醚，氟烷和非挥发性的巴比妥类、氨基甲酸乙酯等，以下分别加以介绍。

乙醚(ether)是一种呼吸性麻醉剂，适用于各种实验动物。在用乙醚麻醉猫、兔或鼠类时，可将动物放在特制的玻璃钟罩内，同时放人浸有乙醚的脱脂棉，动物在吸人后的15—20 min开始发挥作用。在麻醉狗时，可用特制的麻醉口罩套在动物嘴上，慢慢将乙醚滴在口罩上进行麻醉。

乙醚对呼吸道有刺激黏液分泌的作用，为防止呼吸道堵塞，可用硫酸阿托品皮下或肌肉注射。乙醚麻醉有易于掌握、比较安全和作用时间短等优点，但麻醉后也容易苏醒，需要专人管理麻醉，以防过早苏醒或麻醉过量。

戊巴比妥钠(pentobarbitalsodium)适用于各类实验动物。常配制成5％的水溶液。一般由静脉或腹腔注射。戊巴比妥钠作用开始快，一次给药的麻醉有效时间约2～4 h，不需要特殊护理。如在实验中需要补充注射时，可再由静脉注射1／5剂量，仍可维持l～2 h。麻醉过量时，动物可产生严重的呼吸和循环抑制而导致死亡。

硫喷妥钠(pentothalsodium)为淡黄色粉末，水溶液不稳定，一般需在使用前配制，常用的浓度为：2．5％～5％，静脉注射，不宜作皮下或肌肉注射。静脉注射后作用较快，但苏醒也快，麻醉时间较短，一般约1．5 h。实验过程中可重复注射，以维持麻醉的深度。

氨基甲酸乙酯(ethylcarbamate)又称乌拉坦或脲酯。氨基甲酸乙酯易溶于水，常用浓度为20％～25％，适用于多数动物：狗、猫、兔多用静脉或腹腔注射，鸟类多用肌肉注射，蛙类用皮下淋巴囊注射。

氯醛糖(ehloralose)溶解度较小，常用浓度为1％，使用前须加热促其溶解，但不可煮沸。常采用静脉或腹腔注射，可维持麻醉状态3～4 h。与氨基甲酸乙酯合并常用于电生理实验中。

非挥发性麻醉剂使用简便，维持时间较长，实验中无需专人照管，麻醉深度也较易掌握，因此为大多数实验室采用。其缺点是苏醒缓慢。

(2)麻醉剂的给药途径及方法

静脉注射

腹腔注射 肌肉注射 皮下注射 淋巴囊注射

3．动物的固定

急性在体实验的手术过程中，必须将麻醉动物稳妥地加以固定，以限制动物的活动，保证实验或手术的顺利进行。一般使用各种动物的头夹和固定绑带将动物固定于手术台上，但随手术部位和实验内容的差别，动物的固定方法也不相同。生理学实验中最常使用的动物固定方法有两种：背位(仰卧位)固定法和腹位(俯卧位)固定法，其中关键性的固定部位是头部和四肢。

(1)背位(仰卧位)固定法

将动物的背部直接接触手术台的固定方法。在呼吸、循环，消化及泌尿等实验中均采用此法。各类哺乳动物(兔、狗、猫等)的背位固定法大同小异，现以免为代表加以说明。

头部的固定：头部的固定通常使用头部固定夹，有兔头夹、猫头夹和狗头夹之分。使用时可将相应的头夹固定于手术台前端的直棒上，然后将已麻醉的动将兔头夹的半圆铁圈由背部夹持于动物的颈部，然后将金属加以固定，但不可过分压迫鼻部，以免影响呼吸。部有一直铁棒，其上有一半圆铁圈，均可上下移动，固定时把内，半圆铁圈的下方，再将直铁棒插入上下颌之间，犬齿之后圈下移，适度地压在动物的鼻梁上，若无动物头夹，也可取线绳代替，将线绳压紧动物的上颌，固定于手术台上，方法简便易行，也可达到固定头部的目的。四肢的固定：在头部固定之后，即可固定四肢，四肢用绑带(或四肢夹)固定。先将绑带按图打活结，再套进动物前肢的腕关节和后肢踝关节，将绑带收紧，后肢的绑带可直接拉紧分别扎于手术台两侧的木钩上。除特殊要求外，前肢的固定方法应为：将两前肢平放在胸部的两侧，再把捆绑前肢的两条绑带从动物背部交叉穿过，并压在对侧前肢的前臂上，最后拉紧绑带，固定于手术台两侧的木钩上。这样即将动物稳妥地固定于手术台上。

(2)腹位(俯卧位)固定法

腹位固定是动物的腹部直接接触手术台的固定方法。这种固定法适用进行脑、脊髓的实验。兔、猫头部的固定常用马蹄形头固定器。其方法是在两侧眼眶下部剪去一小块毛皮，暴露颧骨突，用带1 毫米钻头的骨钻打一个孔，将固定器两侧的尖头金属棒紧紧嵌入小孔内，加以固定，再调节固定器中间的金属棒高度，使其尖端紧嵌在两齿缝之间，旋紧螺旋固定之。如果需要头部上仰，可提高固定器前端的垂直铁柱；如需头部下俯，可将该铁柱放低。

动物四肢的固定同前，用绑带缚紧后直接拉紧固定于手术台两侧的木钩上(或直接用手术台两侧的四肢固定夹夹住)，前肢的绑带可不进行交叉。

(3)蛙类固定法

蛙和蟾蜍的固定法也分背位和腹位两种。规范的固定方法是使用蛙腿夹和蛙板，方法较简单。将蛙腿夹套在蛙四肢的腕关节和踝关节处，拉紧四肢插入蛙板上的小孔内即可。如无这些器材，可用大头针将四肢直接钉在木板上。

实验设计

实验目的

进行实验设计，可以引导学生训练科学的思维方法、树立创新意识与钻研精神，培养学生探索未知领域的积极性与主动索取知识的能力；同时，还可以培养学生严谨的科学态度与实事求是的工作作风。

设计要求

实验设计应在教师的指导下完成。考虑到学生应熟悉常用生理仪器的操作和使用方法，并掌握动物实验的一般技术，通常安排在实验课的最后几周进行。

教师可预先提出实验设计要求，介绍本实验室的现有条件，对动物、设备、药品等方面的准备要细致，使学生可以充分利用所需的条件。

学生设计的实验要有创新性。要在原有实验指导的基础上有所创新，通过查阅文献资料，提出解决问题的思路，并对其科学性和可行性进行论证。最后提出实验方案。

实验设计选题应包括以下内容：

设计的科学依据，拟解决的关键问题，采用的方法手段，观察内容和测定指标，预期结果等。建议在教师的指导下，以小组为单位进行开题报告。

一个完整的实验设计如同申请一项科研课题，应包括：

1．课题名称

所设计实验的题目，要具体、明确、清楚。

2．目的与意义

设计的实验要解决什么问题，有何理论或实际意义。

3．基本原理

所设计实验的科学依据。4．动物、器材与药品

所需动物的种类、实验仪器和药品清单。5．进行实验的方法、步骤、观察指标与程序 6，预期结果

验证原理或新的发现。实验设计原则

1．科学公正

科学性是实验设计的核心。所设计的实验必须有充分的理论依据或科学推论，切忌盲目、无任何根据的凭空设想。大胆设想、创新是建立在对已有知识掌握的坚实基础之上的。对实验的数据处理要客观，实事求是，切忌编造、篡改、弄虚作假。发现与预期结果不符的数据要认真分析，去伪存真。

2．条件一致

在实验设计时，要考虑到待测因素本身的条件必须前后一致，尽量避免非受控因素的干扰。如电刺激参数；给药的剂型、剂量；动物的品种、性别、体重；环境温度、湿度等。

3．对照重复

生理实验的目的在于发现某一因素(条件)对机体活动的影响。因此必须有对照进行比较。

对照的基本原则是：除待检测的因素(条件)有所区别外，对照实验与检测实验的其他条件应完全相同。

欲证明待测因素(条件)所引起的反应具有某种客观规律性(非偶然发生)，那么，实验结果必须是可以重复的。只有反复重现的结果才有可信性。真理必须经得起实践的检验。

4．量效关系

如果待测因素(条件)与某种反应之间存在内在联系，则二者之间除因果关系外，还应表现出量效关系。如了解药物的作用时，应注意观察不同药物浓度时的反应；观察电刺激与肌肉收缩的关系时，应测试不同刺激强度、频率时肌肉的收缩反应。

5．测试指标

为了保证实验数据的准确，应对测试仪器进行认真的定标。如电子仪器的放大倍数、零点平衡的调节、标准试剂的配置等。

6.统计处理

对获得的实验原始数据或资料应核实、分类整理，开采取适当的数理统计方法进行处理，找出规律。通过计算机作出统计表或坐标图和直方图。

7．综合论证

科学结论的取得，需考虑多方面的因素。如观测某一神经因素的作用时，不仅用刺激的方法，也可用切断、损毁、拮抗药物及受体阻断剂等方法进行验证。另外，有些生理指标受到时间、温度、湿度、环境等多种因素的影响，因此应考虑机体动态的变化。机体是一个统一的整体，各系统、器官之间存在着相互作用和相互制约的关系，必须用整合的观点去分析实验结果。

[参考选题]

、1、影响心输出量的各种因素

2、温度、体位、呼吸、运动对血压的影响

3、抗利尿激素对水通透性作用的观察

4、去甲肾上腺素对血管紧张性的影响

实验的组织与实施

目的要求

使学生获得独立进行科学研究的初步训练，提高组织实施能力，增强分析问题和解决问题的综合能力，为进一步从事科学研究奠定基础。组织实施步骤

实验准备

实验准备工作，包括动物的选择、药品的配置、仪器的安装与调试等。实验准备应在实验员指导下进行。

实验过程中

实验按计划实施后，应有详细的实验过程记录。记录应及时、完整、精确。要保持记录的原始性和真实性。小组成员要有明确分工及相互合作。在实验过程中一般严格按照实验设计既定方案操作，但也可根据具体情况对实验方案进行修改，直至得到理想的实验结果。

实验完成后

以小组或个人为单位，写出翔实的实验总结报告。报告格式应包括： 题目、作者、指导教师、摘要、关键词、前言、材料与方法、实验结果、讨论、结论与参考文献。实验结果中的数据要附必要的图、表或照片。

评定成绩

在总结报告完成后，还需进行答辩。教师依据实验方案、实验过程、实验报告、答辩表现等综合评定成绩。

**第二篇：《人体解剖生理学》实验教案**

实验

一、人体四大基本组织（3学时）[教学目的要求]

在显微镜下辨认单层柱状上皮、单层扁平上皮、复层扁平上皮、平滑肌、心肌、骨骼肌、软骨组织、骨组织。观察了解四大基本组织的基本结构、分类和特征。[试剂和材料] 显微镜、小肠切片（HE染色）、甲状腺切片（H染色）、气管横切片（H染色）、食管切片(HE染色）、肾切片（HE染色）、疏松结缔组织铺片（经台盼蓝处理HE染色）、致密结缔组织（HE染色）、骨骼肌切片（HE染色）、心肌切片（HE染色）、骨（磨片）、小脑、脊髓、运动神经终板、有髓神经纤维组织切片。

[实验内容] 上皮组织；结缔组织；肌肉组织；神经组织。[实验方法与步骤] 见教材。[实验要求] 1.仔细比较四大基本组织的分布与结构特点。2.实验报告： 1）绘制一份镜下假复层纤毛柱状上皮平面图，并表明组织结构，2）讨论上皮组织的结构特点和组织分布情况。实验二 运动系统、神经系统（3学时）[教学目的要求] 1.了解人体骨骼的形态结构，观察颅骨的组成与结构特征，了解人体骨骼肌的形态结构。2．掌握人体骨骼系统的组成及其重要的骨连接。3．了解神经系统的组成，了解脊髓的显微结构。4.掌握十二对脑神经所处的位置和主要功能。5.了解主要传导路。[器材] 人体肌肉、骨骼大体标本，人体肌肉、骨骼模型标本，骨连接标本、神经系统大体组织标本，大脑、小脑、脑干、脑血管、脊髓、全身神经分布组织标本，大脑、小脑、脑干、脑血管、脊髓、全身神经

分布模型标本，颅神经、颅神经核、全身各传导束模型标本，脊髓、运动神经终板、有髓神经细胞、神经胶质细胞组织片。

[实验内容] 1．脊柱、胸廊、上下肢骨与连接、颅骨 2．头颅肌、躯干肌、上下肢肌等 3.神经系统大体结构观察 4.脑干观察 5.观察脊髓显微结构 6.传导路观察 [实验方法与步骤] 见教材。[实验要求] 1．熟记人体骨骼的构成。2．熟记十二对脑神经及常见传导路。3.实验报告：1）绘制一份左肱骨和左股骨前面观结构图，标明其组织结构。2）讨论脑神经的功能分类、核团位置。实验

三、坐骨神经－腓肠肌标本的制备（3学时）[教学目的要求] 通过制备坐骨神经腓肠标本的过程掌握基本的生理学实验操作技术，制备具有正常兴奋收缩功能的坐骨神经腓肠肌标本。了解骨骼肌收缩过程的三个时期，观察不同刺激频率对骨骼肌收缩的影响，了解强制收缩的机理，观察不同刺激强度对骨骼肌收缩的影响，从而掌握阈刺激、阈上刺激和最大刺激等概念。

[器材、试剂和材料] 蛙板、刺蛙针、蛙钉、玻璃分针数根、锌铜弓、小烧杯、滴管、大头针。蛙类手术器材、万能支架台、微调固定器、张力换能器、刺激电极、培养皿、玻璃分针数根、MedLab生物信号采集处理系统。[实验内容] 见教材。注意事项 1.在制备标本和试验过程中，注意不断滴加任氏液，以防标本干燥而失去生理活性。2

2．操作过程中应避免强力牵拉和手掐神经或夹伤神经和肌肉。3.每次刺激之后让标本有相同的休息时间(0.5～1分钟)，特别是观察刺激频率时。4.实验过程中保持换能器与标本连线的张力不变。为了保证标本机能的活性，注意随时滴加任氏液。[实验要求] 1．每人上交一份具有生理活性的坐骨神经腓肠标本。实验

四、循环系统解剖、人体动脉血压测定及心脏听诊（4学时）[教学目的要求]

1．了解循环系统的结构 2．学习心音听诊方法。

2．掌握心音的成因和特点。3．通过实验了解并掌握人体动脉血压的测量原理及方法，测量出人体肱动脉的收缩压和舒张压。

[器材] 常规解剖器械、、托盘、猪心、心脏模型、人体循环系统模型、听诊器、血压计、秒表等。[实验内容] 见教材。注意事项 1.正确佩戴听诊器，即听诊器的耳器方向应与外耳道方向一致(向前)。2.听诊器的胸件按压不宜过紧或过松，胶管勿与它物磨擦，以免产生杂音影响听诊。3.听诊时，室内应保持安静．如呼吸音影响听诊时，可令受试者屏气，以便听清心音。

4.测血压在听诊过程中，袖带充气或放气不宜过快或过慢。5.测压前嘱受试者休息10分钟。因体力劳动及精神紧张均可影响血压。6.上臂位置应与右心房同高，血压计袖带应缚在肘窝上，听诊器胸件应放在肱动脉搏动位置上。而不应放在袖带底下，按压时不宜过重或过轻。

[实验要求] 1．记录并讨论安静状态和运动状态下心音和血压的变化。2．描述不同听诊区两心音的听诊特点。3．讨论题：运动对血压、心率的影响。实验

五、心脏有效不应期、心脏期前收缩与代偿间歇的测定（4学时）[教学目的要求]

通过在心脏活动不同时期给予刺激，以验证心肌每兴奋一次其兴奋性发生周期性变化，观察心肌 3 不应期、期前收缩和代偿间歇，并分析其机制。[器材] 两栖类动物手术器械、电刺激器、刺激电极、MedLab生物信号采集处理系统、蛙心夹、张力换能器、蛙板等。[试剂和材料] 蛙、任氏液、注射针头、棉球、纱布、生理盐水。[实验内容] 见教材。注意事项 1．破坏蟾蜍脑和脊髓要完全。2．蛙心夹与张力换能器间的连线应有一定的紧张度。3．注意滴加任氏液，以保持蛙心适宜的环境。[实验要求] 1．每组描记一份心脏的正常心搏图，期前收缩和代偿间歇图。2．讨论题：心肌在期前收缩之后为什么会出现代偿间歇?

3．心肌存在不应期的实验依据以及生理意义所在。实验

六、设计性实验可行性论证、开题、答辩会（4学时）[教学目的要求]

为了能充分调动同学的学习主动性、积极性和创造性，并把所学的基础知识应用于实验的选题与自主设计。通过自主和创造性设计一种机能性动物实验，在一定的实验条件和范围内，完成从实验设计到亲自动手操作全过程。在实验过程中，观察实验动物的各种机能与代谢变化，分析和掌握其发生的主要原因和机制，使学到的基础理论知识与实践的感性认识有机地相结合。最终达到提高同学发现问题、分析问题、解决问题的能力和树立严谨的科学作风与创新精神。[实验要求与分组] 1．树立良好的团队和协作精神 在设计性实验中，学生将成为实验课的主角，通过实验仪器与动物的结合、专业的基础知识与实验实践相结合，一定能激发出实验创造性，尤其是提供了所学知识的纵向和横向扩展与创新的舞台。所以，在实验过程中也希望同学们能相互合作、彼此理解、取长补短，形成良好的团队精神，因为一个设计性综合性实验不可能由一、二个同学独立完成。另外，各小组间也要积极开展相互交流与沟通，养成良好的互相配合、相互协作的精神。4

2．实验分组 此次设计性实验共分8个实验小组，每组5人，可以自行组合，也可根据所选的题目进行组合。

3．设计安排大致分为三个阶段：（1）选题和可行性论证阶段： 学生利用课余时间查阅资料进行选题，网络教育平台提供相应的资料和信息。时间安排10月21日至11月5日。各小组完成初步的实验设计报告；11月5日进行设计性实验的可行性论证（开题报告）答辩。（2）实验操作阶段：

实验课安排在11月19日。实验课时间为8学时，上午实验课可作为预实验时间，下午为正式实验时间。动物实验操作应尽可能在2-3小时内完成，其余时间可进行实验的结果初步整理、分析和讨论。（3）结果分析和答辩阶段： 参照“温州大学学报”的格式撰写实验论文，重点应放在对实验结果的整理、归纳、统计和分析。11月26日将完成的实验报告交给指导老师。指导老师修改后完成ppt文件制作，12月31日将举行实验报告的答辩会。实验

七、家兔呼吸运动的调节（4学时）[教学目的要求] 学习呼吸运动的记录方法，观察缺氧、二氧化碳和血中酸性物质增多对呼吸运动的影响。[器材] 哺乳类动物手术器械一套、兔手术台、气管插管、5 ml注射器一只、50 cm长的橡皮管一条、呼吸换能器及MedLab生物信号采集处理系统、刺激器。[试剂和材料] 20％氨基甲酸乙酯溶液、3％乳酸溶液、CO气体、钠石灰、生理盐水、纱布及线等。2[实验内容] 见教材。注意事项 1.手术过程中，应避免伤及主要血管(如：颈总动脉、颈外静脉等)，以防出血． 2.为便于自身对照及互相对照．气管插管的侧管口径应自始至终保持一致． [实验要求] 1.每人或每组一份完整的曲线图。2.分析各项实验结果，缺O及CO增多时对呼吸的影响机制有何不同。22 5

3.讨论题：迷走神经在节律性呼吸运动中起何作用。实验八

脊髓试验---反射弧分析（3学时）[教学目的要求]

通过观察某些脊髓躯体运动反射，了解反射弧的组成，并探讨反射弧的完整性与反射活动的关系，理解完整的反射弧是反射活动的结构基础，学习测定反射时的方法。[器材和试剂] 蛙类解剖手术器械蛙钉、铁支架、蛙板、刺蛙针、玻璃分针数根、任氏液、滤纸片、纱布、蛙板、、培养皿、烧杯、0.5％硫酸及1％硫酸。[实验方法与步骤] 见教材。注意事项 1．捣毁脑组织时不能伤脊髓。如采用去头颅法，可用棉球轻轻放在脊柱断面上，防止血液流入脊椎管，以免破坏脊髓反射中枢。剪颅脑部位应适当，太高则脑组织部分残留，可能会出现自主活动太低则伤及高位脊髓，可能使上肢的反射消失。2．破坏脊髓时应完全，以见到两下肢伸直、肌肉松软为指标。3．浸入硫酸中的部位应仅限于趾尖部位，每次浸入的范围、时间要相同，趾尖不能与培养皿接触 4．每次用硫酸刺激后，应立即用自来水洗去皮肤残存的硫酸，再用纱布擦干，以保护皮肤并防止再次接受刺激时冲淡硫酸溶液。5．剥离脚趾皮肤要干净，以免影响结果。[实验报告] 记录并分析各项实验的结果，并讨论其机理。实验

九、设计性实验预实验（4学时）[教学目的要求] 按照实验设计方案和操作步骤认真进行预实验。在预实验过程中，同学要做好各项实验的原始记录。实验结束后，应及时整理实验结果，发现和分析预实验中存在的问题和需要改进、修改的地方，并向指导老师进行汇报。得到老师的同意之后，在正式实验时加以更正。[器材、试剂和材料]

根据所设计的实验提出实验器材、材料的要求，自行准备实验所需的全部内容，包括试剂的配制。[实验内容] 6 完成设计实验的全部内容，做好各项实验的原始记录。实验结束后，应及时整理实验结果，发现和分析预实验中存在的问题和需要改进、修改的地方，并向指导老师进行汇报。得到老师的同意之后，在正式实验时加以更正。如果指导老师认为预实验已基本达到目的和要求，即实验宣告结束。实验

十、设计性实验正式实验 [教学目的要求] 按照修改的实验设计方案和操作步骤认真进行正式实验，并强化小组成员的协调与配合，力争实验成功。实验过程中，记录好实验的原始数据；实验结束后，及时整理、分析实验结果。[器材、试剂和材料]

根据所设计的实验提出实验器材、材料的要求，自行准备实验所需的全部内容，包括试剂的配制。[实验内容] 按照设计实验方案和操作步骤认真进行正式实验，力求最佳效果。[实验结果讨论分析] 各实验小组对实验数据进行归纳和处理，并简单汇报一下实验的结果。并回答指导老师和其他同学提出的问题。[撰写论文或制作幻灯] 在认真完成实验数据的整理分析后，按照“温州大学学报”的格式进行论文撰写，并根据老师要求的时间及时上交论文和电子版。制作的ppt文件（幻灯）以备答辩用。实验教材（指导书）艾洪滨主编 人体解剖生理学实验教程（第二版）科学出版社 2024年1月 参考用书：

1、沈岳良等主编

现代生理学实验教材 科学出版社 2024年8月

2、辜清等主编 人体组织学与人体解剖学试验 高等教育出版社 2024年2月

3、左明雪主编 人体解剖生理学 高等教育出版社 2024年8月

4、伯树令等主编 人体解剖学彩色图谱 上海科学技术出版社 2024版

5、孙久容等主编 生理学实验 北京大学出版社 2024版 7

设计性实验可行性论证、开题、答辩会 提问提纲

一、家兔胃肠运动形式观察

1、为什么要用37℃温热生理盐水灌入腹腔？有什么作用？

2、如何分辨胃肠运动的变化情况？

3、如何计数、量化、记录胃肠运动情况？

4、小肠运动有几种形式（紧张性收缩、分节运动、蠕动）？如何观察？

5、胃的运动形式有哪几种（袋状往返运动、分节或多袋运动、蠕动）？如何区别？

6、大肠运动有几种形式（紧张性收缩、分节运动、蠕动）？如何观察？

7、乙酰胆碱（副交感N释放胃运动加强）和去甲肾上腺素（交感N释放胃运动减弱）有何功能？

8、副交感N（迷走N、盆N）；交感N（肠系膜N节、腹腔N节）

9、新斯的明（胆碱酯酶的抑制剂）

9、阿托品与胆碱受体结合而抗胆碱 8

**第三篇：人体解剖生理学4**

第四章 人体的基本生理功能

一、填空题、刺激的三、生命的基本特征包括\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_。其中\_\_\_\_\_\_\_\_\_是生命的最基本特征。

要素是\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_。根据\_\_\_\_\_\_\_\_\_把刺激分为阈上刺激、阈刺激和阈下刺激。、反应的表现是\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、Na+是通过\_\_\_\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_\_\_\_进出细胞的。内的。、大分子物质是通过\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_到达细胞、神经细胞静息电位的产生主要与、神经肌肉接头处兴奋传、兴奋-收缩偶联的媒、肌肉收缩力随前负荷、生理功能调节的方、排尿反射、可兴奋组织包括\_\_\_\_\_\_\_离子有关。递的递质是\_\_\_\_\_\_\_\_\_。介是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_离子。的增加而\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_反馈。

二、选择题 确的是： 式有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、关于刺激与反应的叙述、正、组织接受刺激后必然引起反应 B、组织一旦发生反应就出现兴奋活动 C、组织的兴奋反应就是它特殊功能的表现 D、反应必须有中枢神经的参与、机体的内环境是指：、细胞内液、机体活动调B、组织液 C、细胞外液 D、血液 节的最主要方式是：、自身调节 B、神经调节、对调节新陈C、体液调节 D、条件反射调节

代谢和保持机体稳态具有重要意义的调节方式是： A、自身调节 B、神经调节 C、体液调节 D、负反馈调节、关于反馈作用的叙述，错误的是：、是保证调节精确性的重要机制 B、各种调节方式均存在有反馈作用 C、正反馈在机体功能调节中表现较为突出 D、负反馈能使某种生理功能保持相对稳定、在实验中，捣毁脊蛙的脑脊髓以后： 反射、反应都消失 B、反应存在，反射消失 C、反射存在，反应消失 D、反应、反射都存在 于易化扩散的特点是： CO2进出细胞膜是通过： 学本质是： 酸 制 C、饱和性 D、无需膜蛋白帮助 扩散 C、主动转运 D、入胞与胞吐、不属、体内O2和、受体的化、特异性 B、竞争性抑、单纯扩散 B、易化、、脂肪 B、糖类 C、蛋白质 D、核、安静状态下，细胞内K+外流属于：、单纯扩散 B、依靠载体转运的易化扩散 C、、、膜、依靠离子通道转运的易化扩散 D、主动转运 细胞膜两侧Na+、K+分布不均的原因是： 对Na+、K+的通透性不同 B、钠钾泵的作用

依靠载体转运的结果 D、依靠离子通道转运的结果、静息电位从—90mV变化—110mV到称为：、极化 B、超极化 C、去极化 D、复极化、产生动作电位上升相的离子流是：

K+外流 B、CI-内流 C、Na+内流 D、Ca2+内流 需要耗能的生理过程是： 后Na+、K+转运、关于肌丝滑行过程的叙述，错误的是：、细肌丝在粗肌丝之间滑行 B、肌节长度缩短、横桥ATP酶活性迅速增高 D、横桥能与肌钙蛋白迅速结合 决于：

D、时间强度变化率、骨骼肌发生强直收缩主要取

三、名词解释、兴奋、、刺激强度 B、刺激频率 C、刺激时间、静息状态下K+外流 B、动作电位上升相

C、动作电位下降相 D、复极、、性

2、适应性

3、反射

4、反馈作用

5、受体 奋—收缩耦联

11、内环境

12、稳态 题： 静息电位

7、去极化

8、阈电位

9、动作电位

10、兴

四、问答、细胞膜转运物质的形式有几种？K+、、Na+、O2、H2O、葡萄糖、细菌是如何进出细胞的？、什么是静息电位？简述其产生机制。什么是动作电位？简述其产生机制。经-肌肉接头兴奋传递的过程及原理。、试述神、与兴奋在单根神经纤维上的传导相比，兴奋在神经-肌肉接头处的传递有何特点？ 第五章 血液 题

一、填空、血液包括血细胞与\_\_\_\_\_\_\_\_\_两部分、其、血浆的主要成分是\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、中红细胞占全血容积的百分比\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。和\_\_\_\_\_\_\_\_两部分。、血液的pH

值为、血浆渗透压由\_\_\_\_\_\_\_\_\_、正常成年男性红细胞的正常值为\_\_\_\_\_\_\_\_、白细胞正常值为\_\_\_\_\_\_\_\_、血小板\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

6、造血原料主要有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、血小板的功能包括\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_。、血凝三大步是\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、内源性凝血的启动因子是、正、A型血的、红细胞放入、白\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_外源性凝血是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。常成人血量占体重的\_\_\_\_\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_\_型血的病人供少量血。人可以为\_\_\_\_\_\_型血的病人供血，O型血的人可以为0.35%的NaCl中会出现\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_几类。细胞分为\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_、二、选择题、、有关血液的正常参考值，正确的是：

血红蛋白（男）120~160mg/L B、白细胞总数（4.0~10.0）×109/ml D、血液pH值作用的叙述，错误的是： B、维持血浆晶体渗透压 参与血液凝固 的是： 大部分 粒数呈反比 误的是：、血小板数（10~30）、血浆蛋白生理、参与机体防御功能、调节血浆酸碱度 D、、血浆渗透压的下列说明，正确、与0.09%NaCl相当 B、胶体渗透压占、胶体渗透压维持血容量 D、与溶质颗、血红蛋白（Hb）的下列说明，错、正常成年男性Hb量为、120~160mg/L B、Hb有运输O2与CO2的功能 红细胞破坏后，Hb就丧失作用 D、Hb与CO结合后不易分离 力大 小、红细胞在0.45%氯化钠溶液中完全、脆性大，抵抗力小 D、脆性小，抵抗力、促红细胞生成素的作用是促进 溶血，说明红细胞的 A、脆性正常 B、脆性小，抵抗、小肠吸收维生素B12 B、睾丸分泌雄激素、血库释放红细胞 D、骨髓造血 常用的抗凝血物质是： 柠檬酸钠 D、维生素、临床、纤溶酶 B、草酸钙 C、、子宫、甲状腺、肺等手术后易渗血，主要因为这些组织中含有较多的：、纤溶抑制物 B、组织激活物 C、抗凝血酶 D、纤溶酶、外科手术时用温盐水纱布压迫止血是使：、组织释放激活物增多 B、血小板解体、、血浆中抗凝血物质减少 D、凝、血清与血浆的主要区别是前者、白蛋白 B、纤维蛋白原 C、球蛋白 D、、某人血清中无抗A、抗B凝集素，、AB型、、AB型、Rh阳性 加速酶促反应 血因子增多 不含： 纤溶酶原

红细胞膜无Rh抗原，其血型属于： Rh阴性 B、O型、Rh阳性 D、O型、Rh阴性 型血液的：、在急需输血而无同型血液时，O型血可少量输给其他血型的人，是因为O、血清含抗A、抗B凝集素 B、红、血清中无抗A、抗、新生、Rh阴性母亲孕细胞膜含有A、B凝集原 儿溶血性贫血可能发生在： B凝集素 D、红细胞膜无A、B凝集原

育的Rh阴性婴儿 B、Rh阴性母亲孕育的Rh阳性婴儿 C、Rh阳性母亲孕育的Rh阴性婴儿 D、Rh阳性母亲孕育的Rh阳性婴儿 溶液

三、名词解释、血细胞比容

2、红细胞脆性

3、红细胞沉降率

4、等渗、血浆与血清

6、生理止血

7、血液凝固

8、四、问答题：、何谓血浆晶、、血液有哪些生理功能？ 纤维蛋白溶解

体渗透压、胶体渗透压？其生理意义各如何？ 简述血浆蛋白、红细胞、白细胞和血小板的生理功能。何？ \_\_\_\_\_\_\_\_、血液凝固的基本过程如何？ 第六章 循环生理

（一）组

成，主

要、ABO血型的分型依据是什么？血型与输血的关系如

一、填空题 功

能

是、循环系统是由\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、心室肌细胞动作电位与神经细胞的动作电位的主要区别是、心室肌细胞动作电位复极化时程长是由\_\_\_\_\_\_\_离子\_\_\_\_\_\_\_\_\_流引起的。、特殊心肌细胞动作电位的主要特点是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、心肌的生理特性包括\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_。心室肌的生理特性有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。、、使心肌收缩力减弱的离子、心动、衡量心是\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_。期缩短主要以\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_缩短明显。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。功能的指标有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、、第一心音的特点是

二、选择题

1、、心动周期\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。关于心动周期的叙述，错误的是：

长短与心率快慢成反比 B、心房与心室先后收缩、心室的收缩期比舒张期长 D、心房和心室可同时处于舒张状态 变化是：、在射血初期，心腔内压力、房内压＜室内压＜、房内压＞室内压＞动脉压 B、房内压＞室内压＜小于动脉压

动脉压 D、房内压＜室内压＞动脉压、心动周期中，从房室瓣开始关闭到半月半开放之前的时间相当于： 是指： 量、等容收缩期 B、射血、心肌的前负荷期 C、等容舒张期 D、充盈期、射血后心室剩余血量 B、静脉回心血、心室舒张末期充盈量 D、等容舒张期血量、循环血量 B、、有关、、是指每分钟从两、心肌的后负荷是指： 心输出量叙述，错误的是： 动脉血压 C、外周阻力 D、血液粘滞性

心室射出的血量 B、等于搏出量与心率的乘积 安静时心输出量与体表面积成正比 D、能随机体代谢的需要而增加、关于心音的叙述，错误的是：、第3心音在健壮青少、、第1心音标志心室收缩开始 B、第2心音是由于房室瓣关闭而产生

年有时可听到 D、第4心音只在心音图上可见到、心室肌细胞动作电位的主要特点： D、4期膜内电位稳定 去极化过程快 B、复极化过程缓慢 C、形成2期平台、心肌自律性高低取决于： A、0期去极化速度 B、复极化速度 C、4期去极化速度 D、阈电位水平是：

房室束及其分支 最长的时间是： 可降低心肌的 D、收缩性 错误的是：、心脏的正常起搏点、心肌兴奋性的周期变化中、窦房结 B、房室交界 C、浦肯野纤维 D、、有效不应期 B、绝对不应期、血钾浓度降低时，、自律性 B、传导性 C、兴奋性、有关理化因素对心肌特性的影响，C、相对不应期 D、超常期、温度升高时，心率加快 B、pH值降低时，心缩力增强、血K+过高时，心率加快 D、血、心电图上代表兴Ca2+增多时，心缩力增强

奋由窦房结传至心室肌兴奋开始所需的时间是：、P—Q间期 B、PR段 C、Q—T间期 D、ST段、有关心房钠尿肽的叙述，错误的是：

是心房肌细胞产生分泌的一种活性多肽 利钠、利尿、收缩血管、调节血压的作用 与水盐平衡和血容量的调节 房钠尿肽已取得良好的效果

三、名词解释、有、参、、、、应用人工合成心心率

2、心动周期

3、全心舒张期

4、心输出量

心肌前负荷

6、心肌后负荷

7、心音

8、自动节律性、正常起搏点

10、窦性节律

11、有效不应期

12、体表心电图

四、问答题

1、在心脏的泵血过程中，心腔压力、瓣膜开关、血流方向、心室容积的是如何变化的？ 些？各有什么作用？、影响心输出量的因素有哪、正常心脏兴奋传导的顺序如何？有何特点和意义？ 人体解剖生理学学习辅导

（三）（参考答案）第四章 人体的基本生理功能

一、填空题

1、新陈代谢 兴奋性 新陈代谢

2、强度

时间 强度时间变化率 刺激强度

3、兴奋 抑制

4、易化扩散（以“通道”为中介）主动转运

5、入胞作用

6、钾离子

7、乙酰胆碱

8、钙离子

9、增加

10、神经调节、体液调节

11、正反馈

12、神经、肌肉、腺体

二、选择题

1、C

2、C

3、B

4、D

5、C

6、B

7、D

8、A

9、C

10、C

11、B

12、B

13、C

14、D

15、D

16、B

三、名词解释

1、兴奋性是指组织细胞受刺激时产生动作电位的能力。

2、机体在各种环境变化中，做出相应反应以保持自己生存的能力或特性，称为适应性。引起组织反应的最小刺激强度。

3、反射是指在中枢神经系统参与下，机体对刺激作规律性反应。

4、受控部分有信息送回控制部分，纠正与调整控制部分活动的过程，称为反馈。

5、受体指细胞上的特殊蛋白质，能与某些活性物质特异结合产生特定效应。

6、细胞安静时，存在于细胞膜内外两侧的电位差即静息电位。

7、当静息电位的数值向膜内负值减小的方向变化时，叫做去极化。

8、膜上钠离子通道大量开放时的临界膜电位值，称为阈电位。

9、细胞受刺激时，在静息电位基础上发生一次可沿膜传播的膜两侧电位的快速可逆的倒转，称作动作电位。

10、骨骼肌收缩时，总是先在肌细胞上引起一个可传导的动作电位，然后才出现肌细胞的收缩反应。由肌膜的电变化，导致以肌丝滑行为基础的收缩过程，称为兴奋-收缩耦联。

11、细胞外液是细胞直接的生活环境，因此生理学把细胞外液称为机体的内环境。

12、内环境的成分和理化性质在微小的波动中保持相对稳定的状态称为内环境稳态。

四、问答题 1．答：细胞膜转运物质的方式有：单纯扩散、易化扩散、主动转运、出胞入胞。++

K、Na是通过易化扩散（以“通道”为中介）顺差通过细胞膜；通过主动转运逆着电-化学差通过细胞膜的。O是通过单纯扩散出入细胞。2 葡萄糖是通过易化扩散（以“载体”为中介）出入细胞的。细菌是通过入胞作用和出胞作用进出细胞的。水是利用渗透梯度从低渗一侧到高渗侧。2．细胞在静息状态下，膜内外存在的电位差称为静息电位。静息电位产生的机制：在静息状态下，由于膜内外存在着钾离子浓度差且细胞膜对钾离子有较大的通透性，因而一部分钾离子顺着浓度差向膜外扩散，增加了膜外的正电荷，随着钾离子的外流，膜外正电荷逐渐增多，膜内负电荷也逐渐增多，这就限制了钾离子的外流，当扩散力和电场力相等时，钾离子停止外流，膜电位固定，所以静息电位是钾离子外流而形成的电化学平衡电位。3．细胞受刺激，在静息是位基础上发生的一次可沿膜传播的电位波动，称作动作电位。动作电位产生的机制：在静息电位的基础上，可兴奋细胞受到刺激，打开细胞膜上钠离子通道，钠离子从膜外流入膜内，产生去极化，之后钾离子通道打开，钾离子外流，产生复极化到静息状态，这次膜电位的波动，就是动作电位。4．动作电位到达接头前膜，使接头前膜去极化，钙离子内流导致接头小泡靠近接头前膜，通过出胞作用，释放乙酰胆碱到接头间隙，乙酰胆碱扩散到接头后膜与受体结合，打开钠离子通道，钠离子 内流，产生动作电位。5．与兴奋在单根神经纤维上的传导相比，兴奋在神经－肌肉接头处的传递有下列特点： 电－化学－电的方式；单向传递；时间延搁；易受药物或其他环境因素的影响。第五章 血液

一、填空题

1、血浆 40—50%

2、水 蛋白质 无机盐 3、7.35—7.45

4、晶体渗透压 胶体渗透压

12995、（4.5—5.5）×10/L

（4.0—10.0）×10/L（100—300）×10/L

6、铁 氨基酸 维生素

7、促进止血 参与凝血 维持血管内皮完整性（营养和支持作用）

8、凝血酶原激活物的形成 凝血酶形成 纤维蛋白形成

9、Ⅻ Ⅲ 10、8%左右

11、A A B AB

12、溶血

13、中性粒细胞，单核细胞，嗜酸性粒细胞，嗜碱性粒细胞，淋巴细胞

二、选择题

1、D

2、B

3、C

4、A

5、C

6、D

7、C

8、B

9、B

10、B

11、A

12、D

13、B

三、名词解释 1．红细胞在血液中所占的容积百分比，称为红细胞比容。2．一般常用红细胞对低渗溶液的抵抗力的大小表示红细胞膜的易破裂性即红细胞脆性。3．将血液抽出体外加入抗凝剂，置于血沉管中静置，红细胞将以很慢的速度下沉，它在血浆中单位时间沉降的高度，称为红细胞沉降率。4．因为血浆的总渗透压与0.9%NaCl或5%的葡萄糖溶液的渗透压大致相等，故这两种液体被称为等渗溶液，临床上称0.9%NaCl溶液为生理盐水。

2+5．血浆是由抗凝的血液中分离出来的液体，其中含有纤维蛋白原，若向血浆中加入Ca，血浆会发生2+再凝固，因此血浆中不含游离的Ca。2+ 血清是由凝固的血中分离出来的液体，其中已无纤维蛋白原，但含有游离Ca，若向其中再加入

2+Ca，血清也不会再凝固。血液的液体部分，血凝块回缩挤出的淡黄色液体。6．小血管破损后引起的出血在数分钟内自行停止的现象称为生理性止血。7．血液自血管流出后，由流动的液体状态变为不流动的凝胶状态的过程称为血液凝固。8．纤维蛋白在纤溶酶的作用下分解成可溶性的纤维蛋白降解产物即为纤维蛋白溶解（简称纤溶）。

四、问答题

1、血液的的主要生理功能是运输、防御和调节。红细胞运输氧气和二氧化碳；血浆运输营养物质；淋巴细胞、血浆蛋白具有免疫功能，白细胞具有免疫防御功能；血小板蛋白质具有凝血止血作用；血液具有调节酸碱平衡，调节体温，参与体液调节的作用。

2、血浆的渗透压分为晶体渗透压和胶体渗透压，由血浆蛋白产生的渗透压为胶体渗透压，它维持血 管内外水的交换，维持着血浆容量；由无机盐和小分子物质产生的渗透压为晶体渗透压，它维持着细胞内外水的交换，维持着细胞的正常形态和功能。

3、血浆蛋白可分为白蛋白、球蛋白、纤维蛋白原，血浆蛋白形成胶体渗透压，维持酸碱平衡，运输物质，参与免疫，参与血液凝固、纤溶对维持机体功能具有重要作用。红细胞具有运输氧气和二氧化碳、调节酸碱平衡的作用。白细胞具有免疫功能。血小板具有凝血止血、维持血管内皮完整的功能。

4、血液凝固的过程是凝血因子通过一系列的酶促反应，把可溶性的纤维蛋白原变成不溶性的纤维蛋白的过程，血凝过程包括凝血酶原复合物的形成、凝血酶的形成、纤维蛋白的形成三步。正常人血管内血液不发生凝固，原因是血管内皮光滑不能激活第XII因子，血流迅速，凝血因子不易积聚，血液中有抗凝系统。

5、ABO血型系统是根据细胞膜上有无A、B凝集原分型的，有A凝集原的为A型，有B凝集原的为B型，有A、B凝集原的为AB型，没有凝集原的为O型。血液的分型可以指导输血，为防止凝集反应，输血的原则是：同型输血；输少量的O型血；输血前作交叉配血试验。第六章 循环生理

（一）一、填空题

1、心脏 血管（包括淋巴管）不断把氧气营养物和激素运送到全身并将各器官和组织所产生的CO及其它代谢产物带到排泄器官排出体外

22、有二期平台期 2+

3、Ca内流 4、4期自动去极化

5、兴奋性 自律性 传导性 收缩性 传导性 兴奋 收缩性 +++

6、K Na H

7、舒张期

8、心输出量 射血分数 心脏作功

9、调低 音强 时间长

二、选择题

1、C

2、D

3、A

4、C

5、B

6、A

7、B

8、C

9、C

10、A

11、A

12、B

13、C

14、A

15、B

三、名词解释

1、每分钟心脏跳动的次数称为心率。

2、心脏一次收缩和舒张所构成的机械活动周期，称为心动周期。

3、在一个心动周期中，心房与心室同时舒张的时期。

4、一侧心室每分钟射出的血量，称为每分钟输出量，简称心输出量。

5、心室舒张末期容积。在一定范围内增加前负荷心肌收缩力量增加。

6、通常把心室收缩前心室内的压力称为前负荷。

7、将大动脉压称为后负荷。

8、心音是由心肌收缩和瓣膜关闭时振动所产生的声音。

9、组织和细胞在没有外来刺激的条件下，能够自动地发生节律性兴奋的特性称为自动节律性。

10、由窦房结所控制的心律称为窦性心律。

11、在心肌细胞的一次兴奋过程中，动作电位从0期开始到复极3期电位恢复到-60mV这一段时间称为有效不应期。

12、正常人在每个心动周期中，由窦房结产生的兴奋通过特殊传导组织依次传向心房和心室，动作电位传导的方向、途径、次序和时间都 有一定的规律。这种生物电变化通过心脏周围的导电组织和体液，传到身体表面，使身体表面各部位在每一心动周期中也出现有规律的电位变化。将置于人体表面一定部位的测量电极连接到心电图仪，记录出来的心脏电位变化曲线，就是临床上常规记录的心电图。它反应心脏兴奋的产生，传导和恢复等过程。

四、问答题

1、一个心动周期分为等容收缩期、射血期、等容舒张期、充盈期。在等容收缩期瓣膜关闭、容积不变、压力不断升高、没有血液流动；在射血期房室瓣关闭、半月瓣打开、血液由心室射入动脉、房内压小于室内压、室内压大于动脉压；在等容舒张期，瓣膜关闭、容积不变、压力不断降低、没有血液流动；在充盈期，室内压低于房内压、低于动脉压、房室瓣打开半月瓣关闭、血液由心房流入心室。

2、影响心输出量的因素有：a、心肌前负荷，在一定范围内，增加前负荷心肌收缩力量增加，每搏输出量增加。b、心脏的后负荷，心脏的后负荷越大，推迟半月瓣的开放时间，每搏输出量减少。c、心室肌收缩能力，心肌收缩能力越大，输出量越大。d、心率，在一定范围内增加心率，每分输出量增加。

3、正常心脏兴奋的传导途径是：窦房结→房室交界→房室束及其分支→浦肯野氏纤维→心室肌。其传导特点是，传导速度差别极大，浦肯野氏纤维最快，房室交界最慢，这就保证了心房先兴奋收缩，然后心室兴奋收缩，总是心房收缩在先，心室收缩在后，而且心室肌同步收缩。

**第四篇：人体解剖生理学感想**

《人体解剖生理学》学后感

自小以来，我就是一个好奇心很强的人。对很多事情都很感兴趣，当然也包括我自己。我想知道我是从哪来的，我为什么要吃东西？我为什么要呼吸？我为什么能够走动？我为什么会说话？而许多动物却不会。我们的心脏为什么会不停的跳动？我为什么会看到、闻到东西？我为什么会思考？……我对我自己真的了解的很少，越少越激发我的好奇心。

上大学了，学了生物，《人体解剖生理学》当然引起了我的无限兴趣。

《人体解剖生理学》是研究人体结构和功能的一门学科。通过对它的学习和老师的讲解，我对我自己，对人体有了更深一层的认识。

我们人体结构按其功能可分为运动、消化、呼吸、循环、泌尿、生殖、内分泌和神经等不同系统，每一个系统都有其特定的功能，他们的分工合作使得我们的生命活动得以正常运行。每一个系统又是由若干器官组成，如消化系统包括口腔、食管、胃、肠及各种消化腺等。没一个器官又由几种不同组织组成。

人体的四种基本组织是：上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织。各组织有是由大量细胞和细胞间质组成，因此细胞是构成人体形态结构和功能的基本单位。没想到，把我们拆分起来既然是一堆细胞，这就是生命的神奇！

每个系统都有其特定的功能和基本支撑。运动系统的骨骼和骨骼肌；神经系统的兴奋和传导；循环系统的心脏和血管；呼吸系统的呼吸道和肺；消化系统的消化器官和吸收机制；泌尿系统的肾脏和排尿调节；内分泌系统的下丘脑和甲状腺；生殖系统的受精和受精卵。

虽然对他们的了解不是很深，但也略知一二。毕竟上了一学期的课程。老师在讲课的过程中，并不是照本宣科的讲解，而是加上自己的理解生动形象的阐述，时不时还比较幽默风趣，加点课外知识，这不仅激起我们的学习兴趣，同时使得我们学习和记忆起来都比较轻松。

循环系统中的心脏，我们身体里至关重要的器官，虽然不是很大，但结构却并不简单当时老师为了讲清楚他的结构和功能，用PPT一点点给我们讲述。心脏包括两个心房。两个心室，分左右两半。左心房与左心室、右心房与右心室之间有瓣膜，控制血液的流动。心脏通过心肌的节律性收缩，通过动静脉将血液输送全身，他就像全身的发动，没有了它，人体将停止一切工作。所以我们要保护好自己的心脏。

光通过眼球投射到视网膜上，再由大脑分析，于是我们可以看到这个世界；味道通过刺激舌头上的相关细胞，于是我们可以感受到酸甜苦辣；声音通过耳道、耳蜗、耳蜗神经，于是我们可以感知音乐的色彩。

我们通过大脑可以思考，我们有自己的思维，有自己的感情，有自己的智慧，自然给了我们这样神奇的身体，我们所能做得就是好好珍惜，因为生命只有一次，我们要利用有限的生命创造无限的价值，这样我们的生命才会多姿多彩！

**第五篇：人体解剖生理学教案**

人体解剖生理学教案

敖明章 2024.8

前言

人体解剖生理学是医学科学的分支，分人体解剖学和人体生理学两部分。人体解剖学阐述人体正常器官形态结构、位置毗邻；人体生理学研究机体正常生命活动规律。是学习其它基础医学和临床医学课程的重要基础课。要求学生通过该课程的学习，一方面牢固而熟练的掌握人体解剖生理学的基本内容和基本技能，掌握常用英文解剖学词汇，正确认识各器官、结构的正常位置与形态，人体的正常活动规律，并能正确应用解剖、生理学术语描述之；另一方面培养学生自学能力、观察能力、表达能力以及分析问题和解决问题的能力。

本教案每章节包括三部分，第一部分为教学大纲，包括学时分配、教学目的、教学重难点、教学方法及教具准备。大纲所列内容按教学要求程度的不同，分为“掌握内容”和“了解内容”两级。掌握内容为重点内容，学生必须通过反复学习与思考达到牢固掌握、熟练描述、准确指认和联系实际应用的程度。了解内容则要求学生达到一般的认识和了解。第二部分为教学内容，根据全国规划教材《人体解剖生理学》和教学大纲的要求，重点编写了本课程的基本理论、基本知识、重点和难点内容。重点内容和重要的解剖生理学名词均用黑体字或彩色字标出，以提示学生重点掌握。为适应双语教学，部分重点名词后面附有英文名词。第三部分为思考题，帮助学生巩固所学内容。本教案有助于学生掌握教学内容的重点和难点，同时有助于学生进行预习、复习和自主学习。

绪

论

【学时分配】2学时

【教学目的】掌握生理学研究的三个层次及生理学的实验方法，了解人体解剖生理学的研究对象、任务、发展史及地位。【教学重点】生理学研究的三个层次及生理学的实验方法。【教学难点】无。

【教学方法】多媒体教学；启发、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

一、人体解剖生理学的研究对象

人体解剖学阐述人体正常器官形态结构、位置毗邻的科学，人体生理学（physiology）是一门研究生物体功能活动规律的科学。两者研究对象不同，但有联系。结构是功能的基础，基础是结构的表现形式。

二、人体解剖生理学的任务

人体解剖学包括大体解剖学（借助手术器械解剖尸体的方法观察人体各组织器官的正常结构）、组织学（借助显微镜观察人体各组织的细微结构）、胚胎学（研究人体各组织器官的正常发生）。生理学的任务是研究生物机体的功能，就是整个生物及其各个部分所表现的各种生命现象或生理作用，如呼吸、消化、循环等的产生原理、发生条件及机体内外环境变化对它的影响。疾病的各种临床表现，都是正常功能发生改变的结果。只有掌握了正常的，才能区分和鉴别异常的。所以，生理学是一门重要的基础课，是医学生的一门必修课。

三、现代生理学的奠基人

生理学是一门实验性科学，科学实验是创立和发展生理学的源泉。但它真正成为实验性科学，是从17世纪开始的。17世纪初英国的William Harvey在研究古典医学著作时，发现先辈们对于心脏及血液运动没有一个明晰的概念。于是用动物活体实验的方法，对青蛙、兔、羊、狗等八十余种动物进行了深入研究。在1628年发表了论著《心与血液的运动》（DeMotuCordis），第一次科学的阐明了血液循环的途径和规律，揭开了现代生理学的序幕。恩格斯对Harvey的发现给予了高度的评价“:Harvey由于发现了血液循环而把生理学确立为科学。”

四、生理学研究的三个水平

1.细胞和分子水平的研究：以细胞及构成细胞的分子为研究对象，观察其亚微结构的功能和细胞内生物分子的物理化学变化过程。这方面的知识称为细胞生理学（cell physiology）或普通生理学（general physiology）。

2.器官和系统水平的研究：以器官、系统为研究对象，观察其功能和调节机制。这方面的知识称为器官生理学。

3.整体水平的研究：以完整的机体为研究对象，观察和分析在各种生理条件下不同的器官、系统之间相互联系、相互协调的规律。

以上三个水平的研究是互相联系、互相补充的，对于阐明生物体功能活动的规律都是不可缺少的。

五、生理学研究的方法 一）急性实验法

1．离体实验法

如：蛙心灌流 2．在体实验法

如：将压反射的过程 二）慢性实验法

【思考题】

1．简述人体解剖生理学的研究对象及任务。2.试述生理学的研究可分为哪几个水平？ 3．试述生理学的研究方法。【参考资料】

1.姚泰主编.生理学.第五版.北京：人民卫生出版社，2024 2.姚泰主编.人体生理学.第三版.北京：人民卫生出版社，2024 3.范少光、汤浩、潘伟丰主编.人体生理学（二版）.北京：北京医科大学出版社，2024

第一章 人体基本结构概述

【学时分配】4学时

【教学目的】掌握细胞膜的物质转运功能及上皮组织、骨骼肌组织、神经组织的结构，了解细胞膜的结构、各细胞器的功能、细胞的增殖、结缔组织的结构特点。

【教学重点】细胞膜的物质转运功能及上皮组织、骨骼肌组织、神经组织的结构。【教学难点】骨骼肌组织的结构特点。【教学方法】多媒体教学；启发、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

第一节

细胞

细胞的结构和功能

一）．细胞膜 1．概念：

2．功能：1）屏障作用

2）物质交换功能

3）信息传递功能 3．化学组成及分子结构

1）分子结构：单位膜（内外两层电子致密带，中间电子疏松带）

2）化学组成：1）脂质

磷脂占70%，胆固醇约30%

2）蛋白质

3）糖类

液态相嵌模型（fluid mosaic model）\_\_液态的脂质双分子层为基架,其中镶嵌着具有不同分子结构和不同生理功能的球形蛋白质（图2-2）。4．跨膜物质转运的方式

1）单纯扩散（simple diffusion）

概念：脂溶性物质从高浓度侧向低浓度侧跨膜转运。体内依靠单纯扩散通过细胞膜的物质只有脂溶性气体分子O2和CO2。影响因素：

动力：浓度差

阻力：通透性（permeability）通透性 ：物质通过膜的难易程度 浓度差增大、通透性增高，扩散增大

2）易化扩散（facilitated diffusion）

概念：在膜蛋白的帮助下物质从高浓度侧向低浓度侧跨膜转运

特点： 从高浓度到低浓度

特异性

受调节

分类： 载体（carrier）为中介的易化扩散：

特点：结构特异性高;有饱和现象;有竞争性抑制现象：有饱和现象

通道（channel）为中介的易化扩散：

特点：有一定特异性，但没有载体严格;可以处于开放或关闭状态，其通透性变化快

分类：化学门控通道（chemically-gated channel）电压门控通道（voltage-gated channel）机械门控通道（mechanically-gated channel）

影响因素 离子的易化扩散

3）主动转运（active transport）

概念：通过细胞本身的耗能将物质从低浓度侧向高浓度侧跨膜转运

分类：

原发性主动转运（primary active transport）

钠-钾泵（sodium-potassium pump，钠泵）

继发性主动转运（secondary active transport）

钠-钾泵活动生理意义

胞内低Na，维持细胞体积

胞内高K，酶活性----新陈代谢正常进行

势能储备 钠、钾的易化扩散

继发性主动转运，联合转运（cotransport）同向转运（symport）逆向转运（antiport）

4）入胞（endocytosis）和 出胞（exocytosis）入胞和出胞：大分子、团块，需膜的运动 被动转运、主动转运：小分子 二）细胞质（自学）三)细胞核（自学）二 增殖的细胞（自学）

第二节

基本组织

一 上皮组织 一）一般特点

1．由密集的上皮细胞和少量细胞间质组成

2．细胞形态较为规则，排列整齐。具有极性（游离面和底面）

3．组织内无血管

4．具有保护、分泌、吸收、排泄作用 二．各类上皮组织的结构及功能 1被覆上皮

单层扁平上皮（单层磷状上皮）仅有一层扁平细胞组成

形态特点：表面看细胞不规则形，边缘互相嵌合；垂直切面看：细胞质很薄 功能分类：内皮：心血管淋巴管表面光滑利于血液淋巴流动。

间皮：胸膜腔、腹膜腔、心包腔面能分泌少量浆液，保持表面湿润光滑，利于内脏活动。2单层立方上皮 形态：一层形似立方状上皮细胞组成 分布于：甲状腺、肾小管上皮 功能：分泌和吸收 3单层立方上皮

形态：一层形似立方状上皮细胞组成 分布于：胃肠道、子宫腔面 功能：分泌和吸收 4假复层体纤毛柱状上皮

形态：单层高矮不等、细胞构成、所有细胞基部均在基膜上游离面有纤毛 分布于：呼吸道腔面 功能：保护和分泌功能 5变移上皮（移形上皮）

形态：复层上皮、上皮厚度、细胞层数、细胞形状可变 分布于：排尿管道的腔面 功能：改变组织容积 6复层扁平上皮

形态：十余层细胞构成，仅靠近表面几层细胞为扁平状 分布于：皮肤表面、口腔、食阴道等器官腔面 内能：保护作用 二）腺上皮（自学）三）细胞间的连接（自学）二 结缔组织

一）一般特点：细胞间质含：基质、纤维、组织液 1．细胞种类较多，数量较少，分散而无极性 2．分布广泛，形态多样

3．支持、连接、营养、保护功能 二）各类结缔组织的结构及功能（自学）三 肌组织

一）骨骼肌，随意肌，接受躯体神经支配 1．基本构成成分：骨骼肌纤维

2．形态：细长、圆柱形、有多个椭圆形细胞核位于周边靠细胞膜外肌浆中含丰富的肌原和肌器 3．功能单位：肌小节：1个肌小节＝2·1/2明带+暗带 4．肌管系统：横管，肌膜的凹陷 纵管，肌质网

三联管：一横管与纵管两侧膨大的终池构成 二）心肌（自学）三）平滑肌（自学）四 神经组织

由神经原和神经胶质细胞构成 神经原 结构：1）胞体

细胞质的成分：各种细胞器加丰富的尼士体加发达的高尔基体

功能：合成蛋白质 2）突起

树突：一个或多个

功能：接受刺激将兴奋传给胞体

轴突：只有一个，细长

功能：将神经冲动从胞体传至末梢，释放神经递质 2．种类：感觉神经元

运动神经远

中间神经元 二）神经胶质细胞（自学）三）神经纤维

神经元胞体发出的轴突或长树突及包在外面的胶质细胞构成 分类：1有髓神经纤维

2无髓神经纤维 【思考题】

1.简述细胞膜的基本结构及组成。2.比较细胞膜的物质转运方式。3.试述钠泵的功能及意义。4.简述各种细胞器的功能。

5.说出上皮组织的结构特点及各类上皮组织的分布及功能。6.试述骨骼肌组织的结构特点。7.简述神经元的结构及功能。【参考资料】

1.姚泰主编.生理学.第五版.北京：人民卫生出版社，2024 2.姚泰主编.人体生理学.第三版.北京：人民卫生出版社，2024 3.范少光、汤浩、潘伟丰主编.人体生理学（二版）.北京：北京医科大学出版社，2024

第二章 运动系统

【学时分配】2时 【教学目的】

1.掌握：骨骼的结构特征、骨连接方式、肌肉的特征。

2.熟悉：骨、肌肉的生理功能。

3.了解：骨和肌肉的分布。【教学重点】骨连接 【教学难点】肌肉收缩

【教学方法】多媒体教学；提问、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】 第一节 骨骼

一、骨

成人骨(bone)共有206块，约占体重的20％。每一块骨都有—定的形态结构，并有血管、神经分布，故每块骨都是一个器官。

(一)骨的形态分类

1．长骨 2．短骨 3．扁骨 4．不规则骨(二)骨的构造

骨由骨质、骨膜和骨髓等构成(三)骨的化学成分(四)骨的发生和生长

二、骨连接

〔一)关节的基本结构

每个关节都有关节面、关节囊和关节腔3部分(二)关节的辅助结构(三)关节的运动

三、全身骨的分布概况与特征

全身206块骨按其所在部位可分为颅骨、躯干骨、四肢骨。第二节 骨骼肌

一、骨路肌的一般形态与作用

二、骨骼肌的全身分布概况

三、骨骼肌的特性

四、骨骼肌的肌肉收缩

第三章

神经系统的功能

【学时分配】10时

【教学目的】熟悉神经元和神经胶质细胞的功能，掌握反射活动的一般规律以及神经系统在调节机体功能活动中的作用，理解和掌握本章的基本概念，从而真正理解神经系统在维持稳态、调节机体各器官系统之间的功能平衡中所起的作用。【教学重点】 1.突触的基本结构。

2.反射的概念，反射弧中枢部分兴奋的传布和中枢抑制。

3.丘脑及感觉投射系统，视、听和味觉的代表区，内脏痛的特征与牵涉痛。4.脊休克、屈肌反射与对侧伸肌反射、牵张反射。5.脑干对肌紧张的调节，小脑的功能。6.交感与副交感神经的结构和功能特征。7.脑电的活动，睡眠与觉醒。【教学难点】

1.中枢抑制（特别是突触前抑制）。2.牵张反射。3.α与r－僵直。

4.基底神经节对躯体运动的调节。5.诱发电位产生的机制。

【教学方法】多媒体教学；启发、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

第一节 神经元与神经胶质细胞的一般功能

一、神经元

1.神经元的基本结构与功能

神经元（neuron）即神经细胞，是构成神经系统的结构和功能的基本单位。

（1）基本结构：神经元由胞体和突起两部分组成。突起分为树突和轴突。一个神经元可有一个或多个树突，但一般只有一个轴突。胞体发出轴突的部位常呈圆锥状，称为轴丘。轴突起始的部分称为始段；轴突和感觉神经元的长树突二者统称为轴索，轴索外面包有髓鞘或神经膜，成为神经纤维（nerve fiber）。

神经纤维分为有髓神经纤维和无髓神经纤维。神经纤维的末端称为神经末梢。

（2）主要功能：接受刺激和传递信息。有些神经元除能接受传入信息外，还能分泌激素，将神经信号转变为体液信号。

2.神经纤维的功能与分类

神经纤维的主要功能是传导兴奋。在神经纤维上传导着的兴奋或动作电位称为神经冲动（nerve impulse）。

（1）神经纤维传导兴奋的速度不同类型的神经纤维传导兴奋的速度差别很大，这与以下几方面有密切关系：

①神经纤维的直径：传导速度与神经纤维直径成正比，二者之间的关系大致为：传导速度(m/s≈6×直径(μm)。神经纤维的直径指包括轴索和髓鞘在一起的总直径。

②有无髓鞘及髓鞘的厚度：有髓纤维的兴奋以跳跃式传导，故比无髓纤维传导快。在一定范围内，有髓纤维的髓鞘越厚，传导速度越快；轴索直径与总直径之比例为0.6时，传导速度最快。

③温度：在一定范围内，温度升高传导速度加快。

（2）神经纤维传导兴奋的特征

①完整性：神经纤维只有在其结构和功能都完整时才能传导兴奋。如果神经纤维被切断或被麻醉药作用，均可使兴奋传导受阻。

②绝缘性：一根神经干内含有许多条神经纤维，但每条纤维传导兴奋一般互不干扰，表现为传导的绝缘性。这是因为细胞外液对电流的短路作用，使局部电流主要在一条神经纤维上构成回路。

③双向性：人为刺激神经纤维上任何一点，只要刺激强度足够大，引起的兴奋可沿纤维同时向两端传播，表现为传导的双向性。这是由于局部电流可在刺激点的两侧发生，并继续传向远端。但在整体情况下，由突触的极性所决定，而表现为传导的单向性。

④相对不疲劳性：连续电刺激神经数小时至十几小时，神经纤维仍能保持其传导兴奋的能力，表现为不容易发生疲劳。神经纤维传导的相对不疲劳性是与突触传递比较而言的。突触传递容易发生疲劳。

（3）神经纤维的类型

（1）根据兴奋传导速度将哺乳类动物的周围神经纤维分为A、B、C三类。其中A类纤维又分为α、β、γ、δ四个亚类。

（2）根据纤维直径和来源将神经纤维分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四类。Ⅰ类纤维又包括Ⅰa和Ⅰb两个亚类。两种分类间存在交叉重叠，但又不完全等同。前者主要是对传出纤维的分类，后者主要是对传入纤维的分类。

3.神经纤维的轴浆运输

（1）概念：轴突内借助轴浆（神经元轴突内的胞浆）流动运输物质的现象，称为轴浆运输（axoplasmic transport）。

（2）轴浆运输的特点：

①双向性：从胞体流向轴突末梢为顺向运输，从轴突末梢流向胞体为逆向运输。

②耗能。

③速度不同：顺向轴浆运输又分快速轴浆运输（线粒体、递质囊泡和分泌颗粒等囊泡结构的运输，运输速度约为410mm/d）和慢速轴浆运输（微丝、微管等结构的运输，运输速度约为1~2mm/d）两类。

4.神经的营养性作用：神经对其所支配的组织能发挥两方面作用。①功能性作用：即通过传导神经冲动，释放递质，改变所支配组织的功能活动；②营养性作用（trophic action）：神经末梢经常性释放一些营养性因子，持续地调整被支配组织的代谢活动，影响其结构、生化和生理，神经的这种作用称为营养性作用。神经的营养性功能与神经冲动无关，如持续用局部麻醉药阻断神经冲动的传导，并不能使所支配的肌肉发生代谢改变。

二、神经胶质细胞

1.神经胶质细胞的特征

（1）数量大，分布广：人类神经胶质细胞(neuroglia)约为神经元数量的10～50倍，广泛分布于中枢和周围神经系统。

（2）有突起,但无树突和轴突之分。

（3）细胞之间不形成化学性突触，但普遍存在缝隙连接。

（4）有随细胞外K+浓度而改变的膜电位，但不能产生动作电位。

2.神经胶质细胞的功能

（1）支持作用：星形胶质细胞以其长突起在脑和脊髓内交织成网构成支持神经元的支架。

（2）修复和再生作用：当神经元变性时，小胶质细胞能够转变为巨噬细胞，清除变性的神经组织碎片；再由星形胶质细胞的增生来填充缺损，从而起到修复和再生的作用。

（3）免疫应答作用：星形胶质细胞可作为中枢的抗原呈递细胞，将外来抗原呈递给T淋巴细胞。

（4）物质代谢和营养作用：星形胶质细胞的血管周足终止于毛细血管壁上，其余突起贴附于神经元的胞体与树突上，可对神经元起到运输营养物质和排除代谢产物的作用。此外，星形胶质细胞还能产生神经营养性因子，来维持神经元的生长、发育和生存，并保持其功能的完整性。

（5）绝缘和屏蔽作用：少突胶质细胞可构成神经纤维的髓鞘，防止神经冲动传导时的电流扩散，起一定的绝缘作用。星形神经胶质细胞的血管周足是构成血-脑屏障的重要组成部分。

（6）稳定细胞外的K+浓度：星形胶质细胞通过钠泵的泵K+活动，以维持细胞外合适的K+浓度，有助于神经元活动的正常进行。

（7）参与某些递质及生物活性物质的代谢：摄取和分泌神经递质，有助于维持合适的神经递质浓度。

第二节 神经元的信息传递

一、突触传递

1.经典的突触传递

突触的概念：突触（Synapse）是一个神经元与其它神经元相接触，所形成的特殊结构。起信息传递的作用。

（1）突触的微细结构经典的突触由突触前膜、突触间隙和突触后膜三部分组成。

突触前膜和突触后膜较一般神经元膜稍增厚。在突触前膜内侧的轴浆内，含有线粒体和囊泡，后者称为突触小泡，内含神经递质。不同的突触内所含的小泡不同，突触小泡一般分三种：①小而清亮的小泡，含ACh或氨基酸类递质；②小而具有致密中心的小泡，含儿茶酚胺类递质；③大而具有致密中心的小泡，含神经肽类递质。前两种突触小泡靠近突触前膜的部位，可在突触前膜释放，突触后膜上存在相应的特异性受体或化学门控式通道。第三种突触小泡则均匀分布于突触前末梢内，可从末梢膜的所有部位释放。

（2）突触的分类根据神经元互相接触的部位，通常将经典的突触分为三类。

①轴突-树突式突触；

②轴突-胞体式突触；

③轴突-轴突式突触。

（3）突触传递的过程突触前神经元的兴奋传到神经末梢时，突触前膜去极化，引起前膜上电压门控Ca2+通道开放，Ca2+内流。进入前末梢的Ca2+促使突触小泡内递质经出胞作用释放到突触间隙。递质进入间隙后，经扩散抵达突触后膜，作用于后膜上特异性受体或化学门控通道，引起后膜对某些离子的通透性的改变，使某些带电离子进出后膜，突触后膜发生去极化或超极化，即突触后电位（postsynaptic potential，PSP）。

（4）突触后电位根据突触后膜发生去极化或超极化，可将突触后电位分为兴奋性和抑制性突触后电位两种。

①兴奋性突触后电位：突触后膜在递质作用下发生去极化，使该突触后神经元的兴奋性升高，这种电位变化称为兴奋性突触后电位（excitatory postsynaptic potential，EPSP）。

EPSP的形成机制：突触前膜释放兴奋性递质，作用于突触后膜上的相应受体，使配体门控通道开放，因此后膜对Na+和K+的通透性增大，由于Na+的内流大于K+的外流，故发生净的正离子内流，导致细胞膜的局部去极化。

②抑制性突触后电位：突触后膜在递质作用下发生超极化，使该突触后神经元的兴奋性下降，这种电位变化称为抑制性突触后电位（inhibitory postsynaptic potential,IPSP）。

IPSP的产生机制：突触前膜释放抑制性递质，作用于突触后膜，使后膜上的配体门控Clˉ通道开放，引起Clˉ内流，从而使突触后膜发生超极化。此外，IPSP的形成还可能与突触后膜K+通道的开放或Na+通道和Ca2+通道的关闭有关。

③慢突触后电位在自主神经节和大脑皮层的神经元中可记录到慢EPSP和慢IPSP，其潜伏期为100~500ms，并可持续数秒钟。一般认为，慢EPSP由膜的K+电导降低所致，而慢IPSP由K+电导增高所致。

（5）突触后神经元的兴奋与抑制突触后神经元常与多个突触前神经末梢构成突触，突触后神经元的胞体起整合作用，突触后膜上电位改变的总趋势取决于同时产生的EPSP和IPSP的代数和。当总趋势为超极化时，突触后神经元表现为抑制；而当突触后膜去极化达阈电位时，即可在轴突的始段爆发动作电位（动作电位不是首先发生在胞体）。轴突的始段先爆发动作电位是因为轴突的始段比较细小，EPSP扩布至该处引起的跨膜电流密度较大，更重要的可能是由于此处膜上电压门控Na+通道的密度较大，而在胞体和树突膜上Na+通道较少。轴突始段爆发的动作电位可沿轴突扩布至末梢；也可逆向传到胞体，以刷新神经元胞体的状态。

（7）突触的可塑性是指突触传递的功能可发生较长时程的增强或减弱。

突触的可塑性的形式：

①强直后增强(posttetanic potentiation)：突触前末梢在接受一短串强直性刺激后，突触后电位发生明显增强的现象。

②习惯化(habituation)：当重复给予较温和的刺激时，突触对刺激的反应逐渐减弱甚至消失。

③敏感化(sensitization)：给予较强的刺激（尤其是伤害性刺激）使突触对刺激的反应性增强，传递效能增强。

④长时程增强(long-term potentiation，LTP)：是突触前神经元受到短时间的快速重复性刺激后，在突触后神经元快速形成的持续时间较长的突触后电位增强。

⑤长时程压抑(long-term depression，LTD)：与LTP相反，指突触传递效率的长时程降低。

突触的可塑性的机制：前三者是因一定的环境刺激，引起突触前膜Ca2+通道的改变，影响了递质释放量所致。长时程增强却是由于突触后（非突触前）神经元细胞内Ca2+的增加，引起后膜AMPA受体功能增强而引起。

2.非定向突触传递（非突触性化学传递）

（1）结构：曲张体(varicosity)是交感肾上腺素能神经元的轴突末梢分支上的串珠状的膨大结构，内含大量的小而致密的突触小泡，小泡内含有高浓度的去甲肾上腺素。当神经冲动传来，曲张体释放出递质，经扩散作用于突触后成分上的受体，使突触后成分发生反应。也称为非突触性化学传递。

（2）特点：①突触前、后成分无一对一关系，且无特化的突触前、后膜结构；②与突触后成分之间的距离远，一般大于20nm；③作用较为弥散；④突触传递时间长，且长短不一；⑤释放的递质能否产生信息传递效应，取决于突触后成分上有无相应受体。

3.电突触传递

（1）结构基础：缝隙连接，即两个神经元紧密接触的部位，膜的电阻很小，冲动可以直接以电传递特性跨越神经元。

（2）特点：无突触前、后膜之分，一般为双向传递；电阻低，信息传递速度快，几乎无潜伏期。

（3）功能：促进神经元同步化活动。

综上所述，信息传递的基本方式有经典的化学性突触传递、电突触传递和非定向突触传递。

二、神经递质和受体

1.神经递质（neurotransmitter）

指由突触前神经元合成并在末梢处释放，能特异性作用于突触后神经元或效应器细胞上的受体，并使突触后神经元或效应器细胞产生一定效应的信息传递物质。

（1）递质的鉴定

①突触前神经元有合成递质的前体和酶系统，并能合成该递质；

②递质储存于突触小泡内，受到适宜刺激时，能从突触前神经元释放出来；

③能与突触后膜上的特异性受体结合并产生一定的生理效应；

④存在使该递质失活的机制；

⑤有特异的受体激动剂和拮抗剂，能分别模拟或阻断该递质的突触传递效应。

（2）调质的概念：神经元合成和释放的，不在神经元间直接起信息传递作用，只对递质信息传递起调节作用的化学物质称为神经调质（neuromodulator）。

（3）递质和调质的分类胆碱类；胺类；氨基酸类；肽类；其他。

（4）递质的共存两种或两种以上的递质（包括调质）共存于一个神经元内称为递质共存（neurotransmitter co-existence）。其意义在于协调某些生理过程。

（5）递质的代谢递质主要在胞质中合成；在突触小泡内储存；经Ca2+依赖性的出胞方式释放；发挥完效应的递质，经酶解、末梢重摄取等途径消除，重摄取是去甲肾上腺素消除的主要方式。

2.受体

（1）受体的概念受体（receptor）是指细胞膜或细胞内能与某些化学物质（如递质、调质、激素等）发生特异性结合并诱发生物效应的特殊生物分子。

受体的激动剂(agonist)：能与受体发生特异性结合并产生生物效应的化学物质。

受体的拮抗剂(antagonist)：只发生特异性结合，但不产生生物效应的化学物质。

二者都称为配体。

受体与配体结合的特性：①特异性；②饱和性；③可逆性。

（2）受体的分类：目前，主要以不同的天然配体进行分类和命名。按递质受体激活的机制可分为：

①离子通道型受体或促离子型受体；

②G-蛋白耦联受体或促代谢型受体。

（3）突触前受体 分布于前膜的受体称为突触前受体。突触前受体激活，多数起负反馈调节突触前递质释放的作用。

（4）受体的调节

①受体的上调当递质分泌不足时，受体的数量将逐渐增加，亲和力也将逐渐升高，称为受体的上调。

②受体的下调当递质分泌过多时，则受体的数量将逐渐减少，亲和力也将逐渐降低，称为受体的下调。

3.主要的递质和受体系统

(1)乙酰胆碱及其受体

胆碱能神经元：以ACh为递质的神经元称为胆碱能神经元。包括：脊髓前角运动神经元、丘脑后部腹侧的特异性感觉投射神经元等，还分布于脑干网状结构上行激动系统的各个环节、纹状体等处。

胆碱能纤维：以ACh为递质的神经纤维称为胆碱能纤维（cholinergic fiber）。包括：

①支配骨骼肌的运动神经纤维

②所有自主神经节前纤维；

③大多数副交感节后纤维（除少数肽能纤维外）；

④少数交感节后纤维，即支配小汗腺引起温热性发汗和支配骨骼肌血管引起防御反应性舒血管效应的纤维。

胆碱能受体：指能与ACh特异性结合的受体。

分类：

毒蕈碱受体(M受体)

烟碱受体（N受体）

分布

大多数副交感节后纤维和

所有自主神经元的突触后膜和

少数交感节后纤维支配的效应器细胞膜上

神经-肌接头的终板膜上

作用

自主神经节后胆碱纤维兴奋的效应

自主神经节后神经元兴奋、骨骼肌收缩 亚型

M1、M2、M3、M4、M

5肌肉型（N2）、神经元型（N1）机制

G-蛋白-第二信使

ACh门控通道 阻断剂

阿托品

筒箭毒碱

（2）去甲肾上腺素和肾上腺素及其受体去甲肾上腺素（norepinephrine,NE）和肾上腺素(epinephrine,E)都属于儿茶酚胺。

去甲肾上腺素能神经元：指在中枢以NE作为递质的神经元。胞体主要位于低位脑干（网状结构、蓝斑）。在外周见于交感神经节内。

肾上腺素能神经元：以肾上腺素为递质的神经元。其胞体主要分布于延髓，在外周，尚未发现以释放肾上腺素为递质的神经纤维。

肾上腺素能纤维：以NE作为递质的神经纤维。多数交感神经的节后纤维为肾上腺素能纤维。

肾上腺素能受体：能与肾上腺素和NE结合的受体。

分类：α受体（亚型：α

1、α2）、β受体（亚型：β

1、β

2、β3）

分布：多数交感节后纤维支配的效应器细胞膜上（α、β受体可同时或单独存在）

作用：兴奋性效应（小肠平滑肌除外）β1受体：兴奋性效应；β2受体：抑制性效应（糖、脂肪代谢↑）机制：G-蛋白-第二信使系统活动G-蛋白-第二信使系统活动

阻断剂：酚妥拉明（主要是α1受体）；β受体—普萘洛尔；育亨宾（α2受体）β1受体—阿提洛尔；β2受体—丁氧胺；

肾上腺素能受体兴奋后的效应与以下因素有关：a.受体的特性。b.配体的特性：NA对α受体的作用较强；肾上腺素对α和β受体的作用都强；异丙肾上腺素主要对β受体有强烈作用。c.器官上两种受体的分布情况。

（3）多巴胺及其受体：多巴胺也属于儿茶酚胺类。主要存在于中枢。包括三个部分：

黑质-纹状体系统；中脑-边缘系统；结节-漏斗系统。脑内多巴胺主要由黑质产生，沿黑质-纹状体投射系统分布，在纹状体储存，其中以尾核含量最多。

多巴胺受体：分D1、D2、D3、D4、D5 5种。

多巴胺系统主要参与对躯体运动、精神情绪活动、垂体内分泌功能以及心血管活动等的调节。

（4）5-羟色胺及其受体：主要存在于中枢。神经元胞体主要集中于低位脑干的中缝核内。投射纤维也包括三部分：

上行部分：胞体位于中缝核上部，纤维投射到纹状体、丘脑、下丘脑、边缘前脑和大脑皮层；

下行部分：胞体位于中缝核下部，纤维投射到脊髓；

支配低位脑干部分：纤维分布在低位脑干内部。

5-羟色胺递质系统作用主要由G-蛋白介导。

5-羟色胺系统主要调节痛觉、情绪反应、睡眠、体温、性行为、垂体内分泌等功能活动。

（5）组胺及其受体：胞体位于下丘脑后部的结节乳头核内，纤维及受体分布广泛。

组胺系统可能于觉醒、性行为、腺垂体激素的分泌、血压、饮水和痛觉等调节有关。

（6）氨基酸类递质及其受体：谷氨酸、天门冬氨酸为兴奋性递质；γ-氨基丁酸、甘氨酸为抑制性递质。

①兴奋性氨基酸：谷氨酸在中枢内分布极为广泛。

谷氨酸受体有两种类型：

促代谢型受体。

促离子型受体。包括：海藻酸受体、AMPA受体（激活引起Na+内流和K+内流）和NMDA受体（激活时还引起Ca2+内流）。

②抑制性氨基酸：

γ-氨基丁酸：在大脑皮层的浅层和小脑皮层的普肯野细胞层含量较高。

受体包括：

促离子型受体（GABAA受体）：为Cl-通道，激活时增加Cl-内流。

促代谢型受体（GABAB受体）：经IP3和DG而增加K+电导。

二者均引起突触后膜超极化而产生抑制效应。

甘氨酸：主要分布在脊髓和脑干，脊髓中润绍细胞释放的抑制性递质就是甘氨酸。其受体也是Cl-通道，可被士的宁阻断。甘氨酸也能与NMDA受体结合，产生兴奋效应。

（7）神经肽及其受体

神经肽（neuropeptide）:指分布于神经系统的起信息传递或调节信息传递作用的肽类物质。包括以下几类。

①速递肽：包括P物质、神经肽A、神经肽K、神经肽A(3-10)、神经肽B等6个成员。均为G-蛋白偶联受体。

P物质的作用：是慢痛传入通路中第一级突触的调质；调节神经内分泌；引起肠平滑肌收缩、血管舒张和血压下降等效应

②阿片肽：阿片肽包括β-内啡肽、脑啡肽、强啡肽三类。脊髓后角的脑啡肽可能于调制痛觉传入有关。阿片肽受体有—μ、κ和δ受体，均为G-蛋白偶联受体，均可降低cAMP水平。

③下丘脑调节肽和神经垂体肽：可存在于不同脑区，具有激素和神经递质的双重功能。

下丘脑调节肽：下丘脑调节腺垂体功能的肽类激素。

室旁核含有催产素和血管升压素的纤维向脑干和脊髓投射，具有调节交感和副交感神经活动的作用，并能抑制痛觉。

④脑肠肽：在胃肠道和脑内双重分布的肽类激素。主要有胆囊收缩素（八肽）、血管活性肠肽、神经降压素、胃泌素释放肽等。

⑤其他

(8)嘌呤类递质及其受体：主要有腺苷和ATP。腺苷是中枢神经系统中的一种抑制性调质。

(9)其他可能的递质：气体分子一氧化氮（NO）和一氧化碳（CO）具有某些神经递质的特征。可激活鸟苷酸环化酶而引起生物效应。

三、反射弧中枢部分的活动规律

反射(reflex)：在中枢神经系统参与下，机体对内、外环境变化所作出的规律性应答。

反射弧的中枢部分通常是指中枢神经系统中调节某一特定生理功能的神经元群。

1.反射活动的中枢控制

（1）反射的基本过程：感受器接受刺激发生兴奋；传入神经将信息传递给中枢；中枢分析处理后经传出神经将指令传至效应器，产生效应。

（2）中枢整合：进行反射活动时，既有初级水平的整合活动，也有较高级水平的整合活动，经多级水平的整合后，反射活动更具有复杂性和适应性。

（3）中枢对效应器的控制方式：中枢的活动除可通过传出神经直接控制效应器外，有时传出神经还能作用于内分泌腺，通过后者释放激素间接影响效应器活动，使内分泌调节成为神经调节的延长部分。

2.中枢神经元的联系方式

（1）单线式联系指一个突触前神经元仅与一个突触后神经元发生突触联系。真正的单线联系很少见，会聚程度较低的突触联系通常可被视为单线式联系。

（2）辐散和聚合式联系

①辐散式联系一个神经元可通过其轴突末梢分支与多个神经元形成突触联系，从而使与之相联系的许多神经元同时兴奋或抑制。该联系方式多见于传入通路。

②聚合式联系指一个神经元可接受来自许多神经元的轴突末梢而建立突触联系，因而有可能使源于不同神经元的兴奋和抑制在同一个神经元上发生整合，导致后者兴奋或抑制。该联系方式多见于传出通路。

（3）连锁式和环式联系：兴奋冲动通过连锁式联系，在空间上扩大作用范围；环状联系是反馈和后发放的结构基础。

4.中枢兴奋传播的特征

（1）单向传播因为神经递质通常由突触前膜释放，作用于突触后膜受体，因而在反射活动中，兴奋只能从突触前末梢传向突触后神经元。

（2）中枢延搁兴奋通过反射中枢时往往较慢，这一现象称为中枢延搁。这是由于兴奋经化学性突触传递时需经历前膜释放递质、递质扩散、作用于后膜受体，以及后膜离子通道开放等多个环节，因而所需时间较长。兴奋通过一个化学性突触约需0.3~0.5ms。

（3）兴奋的总和在反射活动中产生的EPSP需总和才能达到阈电位水平，从而引发动作电位。兴奋的总和包括空间性总和和时间性总和。如果总和未达到阈电位，此时突触后神经元虽未出现兴奋，但使其兴奋性有所提高，即表现为易化。

（4）兴奋节律的改变指传入神经的冲动频率与传出神经的冲动频率不同。这是因为突触后神经元常同时接受多个突触前神经元的信号传递，突触后神经元自身的功能状态不同，并且反射中枢常经过多个中间神经元接替，因此最后传出冲动的节律取决于各种影响因素的综合效应。

（5）后发放：在环式联系中，即使最初的刺激已经停止，传出通路上冲动发放仍能持续一段时间，这种现象称为后发放或后放电(after discharge)。

（6）对内环境变化敏感和易疲劳因为突触间隙与细胞外液相通，因此内环境理化因素的变化，如缺氧、CO2过多、麻醉剂以及某些药物等均可影响突触传递。突触传递相对容易发生疲劳，其原因可能与递质耗竭有关。

5.中枢抑制

中枢抑制可分为突触后抑制（postsynaptic inhibition）和突触前抑制（presynaptic inhibition）两类。

（1）突触后抑制：是由抑制性中间神经元活动引起的。抑制性中间神经元兴奋时，末梢释放抑制性递质，使突触后膜产生IPSP，从而使突触后神经元出现抑制。突触后抑制包括传入侧支性抑制和回返性抑制两种形式。

①传入侧支性抑制：指传入纤维进入中枢后，一方面通过突触联系兴奋某一中枢神经元；另一方面发出侧支兴奋一抑制性中间神经元，再通过后者的活动抑制另一中枢神经元。这种抑制曾被称为交互抑制。

例如：伸肌肌梭的传入纤维进入脊髓后，直接兴奋伸肌运动神经元，同时发出侧支兴奋一个抑制性中间神经元，转而抑制屈肌运动神经元，导致伸肌收缩而屈肌舒张。

意义：能使不同中枢之间的活动得到协调。

②回返性抑制：是指中枢神经元兴奋时，其传出冲动沿轴突外传，同时又经轴突侧支兴奋一个抑制性中间神经元，后者释放抑制性递质，反过来抑制原先发生兴奋的神经元及同一中枢的其他神经元。该抑制属反馈抑制。

例如：脊髓前角运动神经元轴突支配骨骼肌并发动运动，同时其轴突发出侧支兴奋闰绍细胞（中间抑制性神经元），后者回返的轴突释放甘氨酸，抑制原先发动运动的神经元和同类的其他神经元。

意义：使运动神经元的活动及时终止，或使同一中枢内许多神经元的活动同步化。

（2）突触前抑制

概念：通过改变突触前膜的活动，最终使突触后神经元兴奋性降低，从而引起抑制现象。

结构基础：轴突-轴突-胞体突触。

突触前抑制现象：①轴突末梢A兴奋→运动神经元产生EPSP；②轴突末梢B与末梢A构成轴-轴突触，与运动神经元无直接联系，末梢B单独兴奋不引起运动神经元产生反应；③如果末梢B先兴奋，间隔一定时间后兴奋末梢A，则运动神经元产生的EPSP较没有末梢B参与时的EPSP明显减小，产生抑制作用。

机制：末梢B兴奋时，释放GABA作用于末梢A上的GABAA受体，引起末梢A的Cl-电导增加，膜发生去极化，使传到末梢A的动作电位变小，时程缩短，结果使进入末梢A的Ca2+减少，由此而引起末梢A递质释放量减少，最终导致运动神经元的EPSP幅度减小。在某些轴突末梢上还存在GABAB受体，该受体激活时，通过增加第二信使IP3和DG，使膜上K+通道开放，K+外流，使末梢ACa2+的内流量减少，递质释放量减少从而产生抑制效应。

特点：潜伏期长、作用持续时间长，多存在于感觉传入系统中。

意义：控制从外周传入中枢的感觉信息，对感觉传入的调节具有重要的作用。

6.中枢易化

中枢易化可分为突触后易化和突触前易化

（1）突触后易化表现为EPSP的总和。由于突触后膜的去极化，使膜电位靠近阈电位水平，再接受刺激时，就较容易达到阈电位而爆发动作电位。

（2）突触前易化（presynaptic facilitation）：是由相继的神经冲动触发突触前末梢释放递质量增加，从而导致突触后电位幅值加大，使突触后神经元的兴奋性升高。

结构基础也是轴-轴突触。

机制： 末梢B兴奋→末梢A动作电位的时程延长→Ca2+通道开放时间延长→进入末梢A的Ca2+↑→末梢A+释放递质量增多→运动神经元的EPSP增大，即产生突触前易化。

第三节 神经系统的感觉分析功能

一、躯体感觉的中枢分析

躯体感觉包括浅感觉和深感觉两大类。浅感觉又包括触-压觉、温度觉和痛觉；深感觉即为本体感觉，主要包括位置觉和运动觉。

1.传入通路

（1）丘脑前的传入系统

①深感觉传导路径：后索（脊髓部分）-内侧丘系（脑干部分）传入系统——传导本体感觉和精细触压觉。

②浅感觉传导路径：前外侧传入系统。包括：

脊髓丘脑侧束——传导痛温觉。脊髓丘脑前束——传导粗略触-压觉。

传导浅感觉的传入纤维先交叉后上行，而传导深感觉的纤维则先上行后交叉。在脊髓半离断的情况下，出现离断水平以下对侧躯体浅感觉障碍，同侧深感觉障碍。由于痛温觉传入纤维在进入水平的1~2个脊髓阶段内换元，并经前联合交叉到对侧，而粗略触-压觉传入纤维，进入脊髓后分成上行和下行纤维，分别在多个节段内换元再交叉到对侧。所以在脊髓空洞症患者，如果病变较局限，就会出现痛温觉和粗略触-压觉分离的现象。

（2）丘脑的核团

丘脑是除嗅觉以外的各种感觉传入通路的重要中继站，并能对感觉传入进行初步的分析综合。丘脑的核团分为三大类。

①第一类细胞群：接受第二级感觉投射纤维，换元后投射到大脑皮层感觉区，称特异感觉接替核。包括：

后腹核：是躯体感觉的中继站，来自躯体不同部位的投射纤维空间分布有一定的规律，躯干四肢的传入纤维在后外侧腹核，下肢的在最外侧部，头面部的在后内侧腹核。

内侧膝状体：是听觉传导通路的换元站；

外侧膝状体：是视觉传导通路的换元站。

②第二类细胞群：接受来自特异感觉接替核和其它皮层下中枢的纤维，换元后投射到大脑皮层的特定区域，在功能上与各种感觉在丘脑和大脑皮层水平的联系协调有关，也称联络核。

③第三类细胞群：靠近中线髓板内各种结构，主要是髓板内核群，包括中央中核、束旁核、中央外侧核等。这些细胞经过多突触换元接替，弥散地投射到整个大脑皮层。又称非特异投射核。

（3）感觉投射系统

①特异投射系统(specific projection system)

概念：丘脑特异感觉接替核及其投射至大脑皮层的神经通路称为特异投射系统。

特点：呈点对点的投射，投射纤维主要终止于皮层的第四层。

功能：引起特定感觉，并激发大脑皮层发出传出冲动。

②非特异投射系统(non-specific projection system)

概念：丘脑非特异投射核及其投射至大脑皮层的神经通路称为非特异投射系统。

特点：多次换元，弥散性投射，与大脑皮层无点对点的关系，冲动无特异性

功能：维持和改变大脑皮层的兴奋状态。

2.大脑皮层代表区

（1）体表感觉代表区

第一感觉区(somatic sensory area Ⅰ)：位于中央后回。投射规律：

①交叉投射（头面部为双侧）；

②呈倒置安排（头面部是正立的）；

③投射区域大小与感觉分辩精细程度有关。

感觉柱：中央后回皮层的细胞呈纵向柱状排列，从而构成感觉皮层最基本的功能单位，称为感觉柱。同一柱内的神经元对同一感受野的同一类感觉刺激起反应，是一个传入-传出信息整合处理单位。

第二感觉区：在中央前回与脑岛之间。投射特点：双侧、正立、定位性差。切除人脑第二感觉区并不产生显著的感觉障碍。

（2）本体感觉代表区：位于中央前回（运动区）。

3.躯体感觉

感觉的强度取决于：①感觉神经纤维上动作电位的频率；②参与反应的感受器数目。皮肤感觉与感受器的点状分布密切相关。

（1）触-压觉：感受器呈点状分布，四肢、尤其是手指尖较敏感，经内侧丘系与脊丘系两条通路传导，前者为精细感觉，后者为粗略定位。

（2）本体感觉：本体感觉包括位置觉和运动觉。感受器为肌梭（主要）、关节及其周围组织结构，经后索上行，主要进入小脑，有些冲动经内侧丘系和丘脑投射到大脑皮层，对躯体的空间位置、姿势、运动状态和方向进行感觉。

（3）温度觉：

①冷感受器：主要感受低于体温（10~38℃℃）的温度刺激，传入纤维为Ad和C类纤维，适宜刺激是温度差；

②热感受器：主要感受高于体温（30~45℃）的温度刺激，其传入纤维属于C类纤维。

温度感受器也呈点状分布，冷点多于热点，躯干对冷的敏感性高于四肢。感受器对20~40℃的温度可产生适应，高于45℃ 时，热感觉消失，而出现痛觉。

（4）痛觉

①体表痛：指发生在体表某处的痛感。当伤害性刺激作用于皮肤时，可先后出现两种性质不同的痛觉，即快痛（fast pain）和慢痛（slow pain）

快痛

慢痛

时相

受刺激时迅速发生

发生较慢 0.5~1s

撤除刺激后立即消失

持续几秒钟

性质

尖锐而定位清楚的“刺痛”

定位不明确的“烧灼痛”，强烈

传入纤维

Ad类纤维

C类纤维

投射部位

第一、二感觉区

扣带回

②深部痛：指发生在躯体深部，如关节、骨膜、肌腱、韧带和肌肉等处的痛感。一般表现为慢痛。

特点：定位不明确，可伴有恶心、出汗和血压的改变等自主神经反应。

二、内脏感觉的中枢分析

1.传入通路与皮层代表区

（1）传入通路：内脏感觉的传入纤维走行于自主神经干内，包括交感神经和副交感神经，沿脊髓丘脑束和感觉投射系统到达大脑皮层。

（2）皮层代表区：混杂于体表感觉代表区、运动辅助区及边缘系统皮层等。

2.内脏感觉

（1）内脏痛的特点：

①定位不明确；

②发生缓慢，持续时间长；

③对扩张刺激或牵拉刺激敏感，而对切割、烧灼刺激不敏感，有痛觉过敏现象；

④特别能引起不愉快的情绪活动，并伴有恶心、呕吐和心血管及呼吸活动改变。

（2）体腔壁痛：由于体腔壁浆膜受到刺激而产生的疼痛。与躯体痛相类似，也经躯体神经传入。

（3）牵涉痛：某些内脏疾病往往引起远隔的体表部位感觉疼痛或痛觉过敏，这种现象称为牵涉痛（referred pain）。

牵涉痛的机制：

①会聚学说：来自牵涉痛的躯体组织与患病内脏的传入纤维会聚到脊髓同一水平的同一后角神经元，即两者通过共同的通路上传，由于平时疼痛刺激多来源于体表部位，因而大脑皮层将内脏传入误认为体表传入，于是发生牵涉痛。

②易化学说：可能患病内脏的传入冲动提高了临近的躯体感觉神经元的兴奋性，从而对体表传入冲动产生易化作用，使平常不至于引起疼痛的刺激信号变为致痛信号，从而产生痛觉过敏。

三、特殊感觉的中枢分析

1.视觉 来自双眼鼻侧视网膜的视神经纤维交叉而形成视交叉，颞侧的传入纤维不交叉。皮层代表区在枕叶皮层的距状裂上、下缘。

视网膜神经节细胞轴突和外侧膝状体以及视皮层之间具有点对点的投射关系，不同视皮层细胞可产生不同性质的视觉。

2.听觉

听神经传入纤维→脑干的耳蜗神经核换元→对侧上橄榄核（小部分不交叉）→外侧丘系→内侧膝状体→听放射→颞上回、颞横回。低音调组分分布于听皮层的前外侧，高音调组分分布在后内侧。

3.平衡感觉 人体的平衡感觉主要与头部的空间方位有关。这取决于四种传入信息：

①前庭感受器的传入信息；②视觉的提示；③关节囊本体感受器的传入冲动；④皮肤的外感受器的传入冲动。

4.嗅觉和味觉：嗅觉皮层在边缘叶的前底部，两侧嗅皮层不对称；味觉皮层在中央后回底部。

第四节 神经系统对姿势和运动的调节

一、运动传出的最后公路

1.脊髓和脑干的运动神经元

脊髓前角存在α、γ和β运动神经元，脑干的脑神经核（Ⅰ、Ⅱ、Ⅷ对脑神经核除外）内存在脑运动神经元。

（1）α运动神经元和脑运动神经元：接受来自四肢、头面部皮肤、肌肉和关节等处的外周传入信息，也接受从脑干到大脑皮层各级高位中枢的下传信息，产生一定的反射传出冲动，直达所支配的骨骼肌，因此它们是躯体运动反射的最后公路。

会聚到运动神经元的各种冲动的作用：①引发随意运动；②调节姿势，为运动提供合适而又稳定的基础；③协调肌群间的活动，使运动得以平稳和精确地进行。

（2）γ运动神经元：支配梭内肌，调节肌梭对牵张刺激的敏感性。其兴奋性较高，常持续高频放电。

（3）β运动神经元：对梭内肌、梭外肌都有支配。

脊髓运动神经元释放的神经递质都是乙酰胆碱。

2.运动单位 一个脊髓α运动神经元或脑干运动神经元及其所支配的全部肌纤维所构成的一个功能单位，称为运动单位。运动单位的大小有很大差别。

小运动单位：利于做精细运动，如眼外肌运动神经元，只支配6~12根肌纤维。

大运动单位：利于产生巨大的肌张力，如四肢肌肉的运动神经元，支配数目可达2024根肌纤维。

不同运动单位的肌纤维是交叉分布的，有利于产生均匀的肌张力

二、姿势的中枢调节

1.脊髓的调节功能

（1）脊休克

①概念：指人和动物在脊髓与高位中枢之间离断后反射活动能力暂时丧失而进入无反应状态的现象称为脊休克(spinal shock)。

②主要表现：横断面以下脊髓所支配的躯体和内脏的反射活动均减退以至消失，如骨骼肌的紧张性降低甚至消失，外周血管扩张，血压下降，发汗反射消失，粪、尿潴留。特点：以脊髓为基本中枢的反射活动暂时丧失，知觉和随意运动永久丧失。

③产生原因：脊休克的产生是由于离断的脊髓突然失去了高位中枢的调节，主要是失去从大脑皮层到低位脑干的下行纤维对脊髓的控制作用。不是由于损伤刺激引起的。

④恢复：简单、原始的反射先恢复，如屈肌反射、腱反射；复杂的反射后恢复，如对侧伸肌反射、搔爬反射。内脏反射活动部分恢复。

脊休克的产生和恢复，说明脊髓可以完成某些简单的反射活动，但正常时它们是在高位中枢的控制下进行活动的。高位中枢对脊髓反射既有易化作用的一方面，也有抑制作用的一方面。

（2）脊髓对姿势的调节：中枢神经系统通过调节骨骼肌的紧张度或产生相应的运动，以保持或改正身体在空间的姿势，这种反射活动称为姿势反射(postural reflex)。在脊髓水平完成的姿势反射有对侧伸肌反射、牵张反射、节间反射等。

①对侧伸肌反射：脊动物肢体的皮肤受到伤害性刺激时，受刺激一侧的肢体伸肌弛缓、屈肌收缩，肢体曲屈，称为屈肌反射(flexor reflex)。屈肌反射具有保护性意义，但不属于姿势反射。当肢体皮肤受到较强的伤害性刺激时，在同侧肢体屈曲的同时，对侧肢体出现伸直的反射活动，称为对侧伸肌反射。其意义在于支持体重，保持身体平衡。

②牵张反射（stretch reflex）

概念：是指骨骼肌受到外力牵拉时引起受牵拉的同一肌肉收缩的反射活动。

类型见下表：

腱反射（tendon reflex）

肌紧张（muscle tonus）

定义

快速牵拉肌腱时发生的牵张反射

缓慢持续牵拉肌腱时发生的牵张反射

突触接替 单突触反射

多突触反射

特点

同步收缩，有明显动作

交替收缩，无明显动作

反应

迅速

持久缓慢

机制：

反射弧：感受器：肌梭是感受肌肉长度变化或牵拉刺激的本体感受器。肌梭与梭外肌呈并联关系，与梭内肌呈串联关系。梭外肌收缩时肌梭受牵拉刺激减少，梭内肌收缩成分收缩时，肌梭受牵拉刺激，敏感性增加。梭内肌纤维分两类：核袋纤维和核链纤维。传入神经：Ⅰa类、Ⅱ类纤维。中枢与传出神经：脊髓前角a运动神经元，发出a传出纤维支配梭外肌；γ运动神经元发出的γ传出纤维支配梭内肌。效应器：受牵拉肌肉的梭外肌。

反射过程：牵拉肌肉→肌梭内螺旋形末梢变形→Ⅰa类纤维传入冲动增加→支配同一肌肉的α运动神经元兴奋→α纤维传出→梭外肌收缩。γ运动神经元兴奋不能引起整块肌肉缩短，但可使梭内肌收缩以增加肌梭的敏感性，并引起Ⅰa类传入纤维放电，导致肌肉收缩。

牵张反射是最简单的姿势反射，肌紧张是维持站立姿势最基本的反射，是姿势反射的基础。

腱器官引起的反射：腱器官分布于肌腱胶原纤维之间，可感受肌肉张力的变化。其传入冲动经Ⅰb类纤维传入，对α运动神经元起抑制作用。

③节间反射：是指脊髓一个阶段神经元发出的轴突与邻近阶段的神经元发生联系，通过上下节段之间神经元的协同活动所进行的一种反射活动，如搔爬反射。

2.脑干对肌紧张和姿势的调节

（1）脑干对肌紧张的调节

①抑制区：抑制肌紧张和肌运动的区域。位于延髓网状结构腹内侧部分。

②易化区：加强肌紧张和肌运动的区域。位于延髓网状结构背外侧部分、脑桥被盖、中脑中央灰质及被盖，还有下丘脑和丘脑中线核群等部位。

抑制区和易化区是通过调节脊髓α、γ运动神经元的活动，实现对肌紧张的调节。在肌紧张平衡调节中，易化区略占优势。

③脑干外调节肌紧张的区域：抑制区包括大脑皮层运动区、纹状体和小脑前叶蚓部等。易化区包括小脑前叶两侧部和前庭核等。这些区域的功能可能是通过脑干网状结构内的抑制区和易化区来完成的。

④去大脑僵直：在中脑上、下丘之间切断脑干后，动物出现抗重力肌（伸肌）的肌紧张亢进，表现为四肢伸直，坚硬如柱，头尾昂起，脊柱挺硬，这一现象称为去大脑僵直(decerebrate rigidity)。去大脑僵直是一种增强的牵张反射。

产生机制：在中脑上、下丘之间切断脑干后，由于切断了大脑皮层和纹状体等部位与网状结构的功能联系，造成易化区活动明显占优势，而出现去大脑僵直现象。

类型：

α僵直：是由于高位中枢的下行性作用直接或间接通过脊髓中间神经元提高α运动神经元的活动而出现的僵直； γ僵直：是高位中枢的下行性作用首先提高γ运动神经元的活动，使肌梭的传入冲动增多，转而增强α运动神经元的活动而出现的僵直。

⑤去皮层僵直：人类皮层与皮层下失去联系时，可出现明显的下肢伸肌僵直及上肢的半屈曲状态。出现去大脑僵直往往提示病变已严重侵犯脑干，是预后不良的信号。

（2）脑干对姿势的调节

由脑干整合而完成的姿势反射有状态反射、翻正反射、直线和旋转加速度反射等。

①状态反射：头部在空间的位置发生改变以及头部与躯干的相对位置改变时，都可反射性地改变躯体肌肉的紧张性，这一反射称状态反射(attitudinal reflex)。包括：

迷路紧张反射：内耳迷路的椭圆囊和球囊的传入冲动对躯体伸肌紧张性的调节反射。反射中枢是前庭核。

颈紧张反射：颈部扭曲时颈部脊椎关节韧带和肌肉本体感受器的传入冲动引起的四肢肌肉紧张性反射。反射中枢在颈部脊髓。当头向一侧扭转时，下颏所指一侧的伸肌紧张性加强；头后仰时，则前肢伸肌紧张性加强，后肢伸肌紧张性降低；头 前俯时，结果相反。

②翻正反射：动物被推倒后可翻正过来，恢复正常姿势的反射。

三、躯体运动的中枢调节

1.大脑皮层的运动调节功能

（1）大脑皮层运动区

主要运动区：中央前回和运动前区。功能特征：①交叉支配；②功能定位精细，功能代表区大小与运动精细复杂程度有关；③呈倒置安排。

其他运动区：包括运动辅助区、第一、第二感觉区等。

（2）运动传导系统及其功能

①皮层脊髓束：是由皮层发出，经内囊、脑干下行到脊髓前角运动神经元的传导束。包括：

皮层脊髓侧束：种系发生较新。约占皮层脊髓束纤维的80%。纤维经延髓锥体交叉，在脊髓外侧索下行，纵贯脊髓全长。其纤维终止于脊髓前角外侧的运动神经元，控制四肢远端的肌肉与精细的、技巧的运动有关。损伤后可出现巴宾斯基征阳性。

皮层脊髓前束：种系发生古老。约占皮层脊髓束纤维的20%。一般只到胸部。经白质前联合交叉，在脊髓同侧前索下行，终止于对侧脊髓前角外侧的运动神经元控制躯干和四肢近端的肌肉，主要是屈肌。与姿势的维持和粗大的运动动作有关。

②皮层脑干束：由皮层发出，经内囊到达脑干内各脑神经运动神经元的传导束。

③其他下行通路：包括顶盖脊髓束、网状脊髓束和前庭脊髓束等，参与近端肌肉有关的粗大运动和姿势的调节；红核脊髓束参与四肢远端肌肉有关的精细运动的调节。

2.基底神经节的运动调节功能

基底神经节是皮层下一些核团的总称。包括纹状体、丘脑底核和黑质。纹状体又包括尾核、壳核和苍白球。尾核、壳核称为新纹状体，苍白球称为旧纹状体。黑质可分为致密部和网状部两部分。

（1）新纹状体的功能结构和细胞

中型多棘神经元（medium spiny neuron,MSN）是纹状体内主要的信息整合和传出神经元。外源性传入纤维（来自大脑皮层的谷氨酸能纤维和来自黑质致密部的多巴胺能纤维）主要终止于其树突远端；内源性传入纤维（来自新纹状体内GABA和ACh中间神经元的纤维）主要终止于其胞体和树突的近端。MSN的轴突构成新纹状体的传出投射，以GABA为神经递质。MSN的作用是整合来自皮肤和黑质的传入信息，并将传出信息输送到苍白球和黑质。

（2）直接通路和间接通路

直接通路：大脑皮层→新纹状体→苍白球内侧部→丘脑前腹核和外侧腹核→大脑皮层运动前区和前额叶。大脑皮层对新纹状体起兴奋作用，新纹状体可抑制苍白球内侧部，而苍白球内侧部又抑制丘脑。因此当新纹状体活动增加时，丘脑和大脑皮层的活动增加，这种现象称为去抑制。

间接通路：在直接通路中的新纹状体与苍白球内侧部之间插入苍白球外侧部和丘脑底核两个中间接替过程的通路。该通路可部分抵消直接通路对大脑皮层的兴奋作用。

（3）与基底神经节损害有关的疾病基底神经节的损害主要表现为肌紧张异常和动作过分增减，临床上主要有两类疾病。

①肌紧张过强而运动过少性疾病：典型代表是帕金森病。又称震颤麻痹（paralysis agitans）。

主要表现：肌紧张增高，肌肉僵直，随意运动减少，常伴有静止性震颤。

发病原因：双侧中脑黑质病变，多巴胺能神经元变性受损，引起直接通路活动减弱而间接通路活动增强，于是运动皮层活动减少。

②肌紧张过强而运动过少性疾病：代表病是亨廷顿病（舞蹈病）和手足徐动症。

主要表现：不自主的上肢和头部的舞蹈样动作、伴肌紧张低下。

发病原因：双侧新纹状体病变，新纹状体内GABA能神经元变性或遗传性缺损，引起间接通路活动减弱而直接通路活动增强，于是运动皮层活动增强，导致运动过多症状的出现。

（4）基底神经节的功能：可能参与运动的设计和程序编制，将抽象的设计转换为随意运动。

3.小脑的运动调节功能

根据小脑的传入、传出纤维联系，可将小脑分为前庭小脑、脊髓小脑和皮层小脑三个功能部分。

（1）前庭小脑（vestibulocerebellum）：主要由绒球小结叶构成。

功能：控制躯体的平衡和眼球的运动。切除猫的绒球小结叶后，可出现位置性眼震颤。

反射途径；前庭器官（直接或经前庭核）→绒球小结叶→前庭核→脊髓前角运动神经元→肌肉。

（2）脊髓小脑（spinocerebellum）：由小脑蚓部和半球中间部组成。

功能：调节正在进行过程中的运动，协助大脑皮层对随意运动进行适时的控制。脊髓小脑受损时，出现意向性震颤。

此外，小脑还有调节肌紧张的功能。小脑前叶蚓部起抑制肌紧张作用；小脑前叶两侧部和半球中间部则起易化肌紧张作用。在进化过程中，小脑易化肌紧张的作用逐渐增强。

小脑性共济失调：小脑损伤后出现的动作性协调障碍。

（3）皮层小脑(corticocerebellum)：是指半球外侧部，不直接接受外周感觉的传入，主要与大脑皮层感觉区、运动区和联络区构成回路。

功能：在精巧运动学习中，参与随意运动的设计和程序的编制。

第五节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节

一、自主神经系统的功能

自主神经系统也称内脏神经系统，其功能主要在于调节心肌、平滑肌和腺体等内脏活动。分交感神经(sympathetic nerve)和副交感神经(parasympathetic nerve)两部分。

1.自主神经的结构特征

2.功能特征

（1）紧张性支配。

（2）双重支配，相互拮抗（唾液分泌例外）。

（3）作用与效应器的功能状态有关。

（4）有不同的活动范围和生理意义：

①交感神经系统：活动具广泛性，但对不同的刺激表现为不同的整合形式，在紧急情况下占优势。生理意义在于动员机体潜能以适应环境的急变。

②副交感神经系统：活动较局限，安静时活动占优势。生理意义在于保护机体、休整恢复、积蓄能量以及加强排泄和生殖功能，使机体保持安静时的生命活动。

二、内脏活动的中枢调节

1.脊髓对内脏活动的调节 脊髓是内脏反射活动的初级中枢，其调节功能不完善。

2.低位脑干对内脏活动的调节 延髓可初步完成许多生命现象的反射调节，故称延髓为生命中枢。

3.下丘脑对内脏活动的调节 下丘脑被认为是较高级的内脏活动调节中枢，具有调节体温、摄食行为、水平衡、内分泌、情绪反应、生物节律等生理活动的功能。

（1）体温调节：视前区-下丘脑前部存在温度敏感神经元，既能感受温度变化，也能整合传入的温度信息，使体温保持相对稳定。

（2）水平衡调节：下丘脑通过调节水的摄入与排出，来维持机体水的平衡。①下丘脑能调节饮水行为；②视上核、室旁核合成和释放血管升压素，实现对肾排水量的调节；③下丘脑前部存在渗透压感受器，能按血液的渗透压调节血管升压素的分泌。

（3）对腺垂体和神经垂体激素分泌的调节：①下丘脑神经分泌小细胞能合成下丘脑调节肽，调节腺垂体激素的分泌；②下丘脑的监察细胞能感受血中一些激素浓度的变化，反馈调节下丘脑调节肽的分泌；③视上核、室旁核神经分泌大细胞能合成血管升压素和催产素。

（4）生物节律控制：

①生物节律：机体的许多活动能按一定的时间顺序发生周期性的变化，称为生物节律（biorhythm）。

②生物节律的控制中心：下丘脑视交叉上核。

（5）其他功能：下丘脑能产生某些行为的欲望，能调节相应的本能行为。还参与睡眠、情绪及情绪生理反应等。

4.大脑皮层对内脏活动的调节

（1）边缘叶和边缘系统边缘系统对内脏活动的调节作用复杂而多变。

（2）新皮层刺激新皮层除能引起躯体运动外，也能引致内脏活动的改变。

三、本能行为和情绪的神经调节

本能行为(instinctual behavior)：是指动物在进化过程中形成并遗传固定下来的，对个体和种族生存具有重要意义的行为。如摄食、饮水和性行为等。

情绪：是指人类和动物对客观环境刺激所表达的一种特殊的心理体验和某种固定形式的躯体行为表现。

本能行为和情绪主要受下丘脑和边缘系统的调节。

1.本能行为的调节

（1）摄食行为 摄食行为是动物动物维持个体生存的基本活动。下丘脑外侧区存在摄食中枢，腹内侧核存在饱中枢，二者的神经元活动具有相互制约关系；边缘前脑中的杏仁核、隔区可易化饱中枢并抑制摄食中枢的活动。

（2）饮水行为饮水行为是通过渴觉而引起的。引起渴觉的主要因素是血浆晶体渗透压升高和细胞外液量明显减少。前者经下丘脑前部的脑渗透压感受器而起作用；后者通过肾素-血管紧张素系统介导，血管紧张素Ⅱ可刺激间脑的室周器引起渴觉。

（3）性行为 性行为是动物维持种系生存的基本活动。神经系统中的许多部位参与对性行为的调节。

2.情绪的调节

（1）恐惧和发怒恐惧和发怒是本能的防御反应(defense reaction)，该反应也称为格斗-逃跑反应(fight–flight resporse)。防御反应区主要位于下丘脑腹内侧区。动物在间脑水平以上切除大脑可出现假怒。刺激下丘脑外侧区→攻击行为；背侧区→逃避行为。

（2）愉快和痛苦愉快是一种积极的情绪，通常由那些能够满足机体需要的刺激所引起；痛苦是一种消极的情绪，一般是由伤害机体和精神的刺激或因需求得不到满足而产生的。

①奖赏系统：能够引起自我满足和愉快的脑区。腹侧被盖区-伏隔核多巴胺能通路与之有关；

②惩罚系统：能使动物感到嫌恶和痛苦的脑区。主要在下丘脑后部的外侧部分、中脑背侧、内嗅皮层等部位。

3.情绪生理反应

情绪生理反应(emotional reaction)：在情绪活动中伴随发生的一系列生理变化。它主要由自主神经系统和内分泌系统活动的改变而引起。

（1）自主神经的情绪生理反应多表现为交感神经系统活动的相对亢进。

（2）内分泌系统的情绪生理反应涉及的激素种类很多。如促肾上腺皮质激素、糖皮质激素、肾上腺素、去甲肾上腺素、甲状腺激素、生长素、催乳素以及性激素等。

第六节 觉醒、睡眠与脑电活动

一、脑电活动

大脑皮层的电活动有自发脑电活动和皮层诱发电位两种形式。

1.脑电图

在无明显刺激的情况下，大脑皮层经常性自发地产生的节律性电位变化，称为自发脑电活动。在头皮表面记录到的自发脑电活动称为脑电图（electroencephalogram，EEG）。直接在皮层表面引导的电位变化，称为皮层电图（electrocorticogram，ECG）。

（1）脑电图的波形 按频率快慢将脑电图分为四种波形：β波、α波、θ波、δ波。这四种波形分别对应四种精神状 态：β波——新皮层紧张活动状态；α波——清醒、安静、闭眼；θ波——困倦；δ波——睡眠、极度疲劳或麻醉状态。

a波阻断：a波在清醒、安静并闭眼时出现，睁开眼睛或接受其他刺激时，a波立即消失而呈现快波，这一现象称为a波阻断。当再次安静闭目时，则a波又重现。

（2）脑电图形成的机制

皮层表面的电位变化是由大量神经元同步活动发生的突触后电位经总和后形成的。此外，皮层与丘脑非特异投射系统之间的交互作用，一定同步节律的丘脑非特异投射系统的活动，促进了皮层电活动的同步化。

2.皮层诱发电位

（1）概念：感觉传入系统或脑的某一部位受刺激时，在皮层上某一局限区域引出的形式较为固定的电位变化，称为皮层诱发电位(evoked cortical potential)。

（2）波形：

①主反应：出现在一定潜伏期后先正后负的电位变化，在大脑皮层有特定的投射区域，与刺激有锁时关系；

②次反应：主反应之后的扩散性续发反应，在大脑皮层无中心区，与刺激无锁时关系。

③后发放：在主反应和次反应之后的一系列正相周期性电位波动。

二、觉醒与睡眠

1.觉醒状态的维持与脑干网状结构上行激动系统的作用有关，上行激动系统主要通过非特异感觉投射系统而到达大脑皮层。

（1）行为觉醒：表现为对新异刺激有探究行为。与黑质多巴胺能系统功能有关。

（2）脑电觉醒：不一定有探究行为，但脑电呈去同步化快波。与蓝斑上部NE能系统的紧张性作用和脑干网状结构胆碱能系统的位相性调制作用有关。

2.睡眠的时相

睡眠可分慢波睡眠和异相睡眠两个时相。睡眠过程中两个时相互相交替，从两个时相中均可醒来，但在觉醒状态下只能进入慢波睡眠。

（1）慢波睡眠根据脑电波的特点，可将人的慢波睡眠分为四期。

①入睡期(Ⅰ期）：其特征是α波逐渐减少，呈现若干θ波，脑电波趋于平坦。

②浅睡期(Ⅱ期)：在θ波的背景上呈现睡眠梭形波和若干κ-复合波。

③中度睡眠期(Ⅲ期)：高幅δ波占20~50%。

④深度睡眠期(Ⅳ期)：呈现连续的高幅δ波,数量超过50%。

（2）异相睡眠

第七节 脑的高级功能

一、学习与记忆

学习：人和动物依赖于经验来改变自身行为以适应环境的神经活动过程。

记忆：将学习到的信息储存和“读出”的神经活动过程。

1.学习的形式

（1）非联合型学习(nonassociative learning)：不需要在刺激和反应之间形成某种明确的联系。包括习惯化和敏感化。

（2）联合型学习(associative learning)：是在时间上很接近的两个事件重复地发生，最后在脑内逐渐形成联系，如条件反射的建立和消退。经典条件反射和操作式条件反射即属于这种类型的学习。

①非条件反射和条件反射：非条件反射是生来就有、数量有限、比较固定和形式低级的反射活动。是人和高等动物在长期的种系发展中形成的，对个体和种系的生存具有重要意义；条件反射是通过后天学习和训练而形成的高级的反射活动。是在个体生活过程中，按照所处的生活条件，在非条件反射的基础上不断建立起来的，其数量无限，可以建立，也可消退。

②条件反射的建立和消退：条件反射是由无关刺激与非条件刺激在时间上的结合而建立起来的，该过程称为强化(reinforcement)。条件反射建立后，如反复应用条件刺激而不给予非条件刺激强化，条件反射就会减弱，最后完全不出现，这称为条件反射的消退。

2.人的条件反射和两种信号系统学说

①第一信号系统(first signal system)：现实具体的信号称为第一信号。对第一信号发生反应的大脑皮层功能系统即为第一信号系统。是人和动物所共有的。

②第二信号系统(second signal system)：相应的语词称为第二信号。对第二信号发生反应的大脑皮层功能系统称为第二信号系统。为人类所特有，是人类区别于动物的主要特征。

3.记忆的形式

（1）根据记忆的储存和回忆方式分类可分为陈述性记忆和非陈述性记忆两类。

（2）以记忆保留时间的长短分类可分为短时程记忆、中时程记忆和长时程记忆三类。

4.人类的记忆过程

人类的记忆过程可以细分为四个阶段：

（1）感觉性记忆：由感觉系统获得信息后，首先在脑的感觉区内储存的阶段。历时短暂，不超过1秒钟。

（2）第一级记忆：由感觉性记忆信息经加工处理（口头表达和非口头表达）转移而来。保留时间平均几秒钟。

（3）第二级记忆：通过反复学习运用，信息在第一级记忆中循环而转入。第二级记忆是大而持久的储存系统，可持续数分钟至数年不等。由于先前或后来的信息干扰导致遗忘。

（4）第三级记忆：常年累月运用的信息则不易遗忘，转入第三级记忆。

前两个阶段相当于短时程记忆，后两个阶段相当于长时程记忆

5.遗忘(loss of memory)

是指部分或完全失去回忆和再认的能力。遗忘是一种正常的生理现象。

（1）原因：①条件刺激久不予强化引起消退抑制；②后来信息的干扰。

（2）记忆缺失：疾病情况下发生的遗忘，也称为遗忘症(amnesia)。分两类。

①顺行性遗忘：表现为不能保留新近获得的信息。机制：信息不能从第一级记忆转入第二级记忆。多见于慢性酒精中毒。

②逆行性遗忘：表现为不能回忆脑功能障碍发生之前一段时间内的经历，多见于脑震荡。机制：第二级记忆发生紊乱，而第三级记忆未受影响。

6.学习和记忆的机制

（1）学习和记忆在脑的功能定位 与记忆功能密切相关的脑内结构有：大脑皮层联络区、海马及其临近结构、丘脑和脑干网状结构等。

海马回路：与近期记忆有关。海马→穹隆→下丘脑乳头体→丘脑前核→扣带回→海马。

（2）神经生理学机制

①感觉记忆：与神经元活动的后作用有关，即刺激停止后，活动仍能继续一段时间。

②第一级记忆：神经元间的环路联系的连续活动所致。

③习惯化、敏感化以及长时程增强：是突触传递功能发生可塑性改变的结果。

（3）神经生化机制

①脑内蛋白质合成可能是第二级记忆的机制。

②中枢神经递质也与学习记忆活动有关。ACh、儿茶酚胺、GABA、血管升压素可增强记忆。催产素、脑啡肽等可使记忆减退。

（4）神经解剖学机制第三级记忆可能与新的突触联系建立有关。

二、语言和其他认知功能

1.优势半球和皮层功能的互补性专门化

人类两侧大脑半球的功能是不对等的。人脑的高级功能向一侧半球集中的现象，称一侧优势(laterality of cerebral dominance)。这种一侧优势现象仅见于人类。

①左侧皮层在语言活动功能上占优势，故称为优势半球(dominant hemisphere)。

②右侧皮层在非语词性认知功能上占优势，如对空间的辨认、深度知觉、触-压觉认识、图象视觉认识、音乐欣赏分辨等。右侧皮层不同部位损伤可分别表现为穿衣失用症、面容失认症、失算症等。

③两侧皮层功能优势是相对的。对不同认知功能具有互补性专门化现象。

2.两侧大脑皮层功能的相关人类两侧大脑皮层的功能也是相关的，两半球之间的连合纤维对完成双侧的运动、一般感觉和视觉的协调起重要作用。

3.大脑皮层的语言功能

与语言有关的脑区位于大脑侧裂附近。人类左侧大脑皮层一定区域的损伤将引起特殊的语言活动功能障碍：

（1）流畅失语症（fluent aphasia）：颞上回后端的Wernicke区受损（一种是话语中充满杂乱语和自创词，不能理解别人说话或书写的含义；另一种是对部分词不能很好组织或想不起来）。

（2）运动失语症（Motor aphasia）：中央前回底部前方的Br℃a区受损（能看懂文字、听懂谈话，发音器官正常但不会说话）。

（3）失写症（agraphia）：额中回后部接近中央前回手部代表区受损（能听懂谈话、看懂文字、能讲话，手部运动正常但不会书写）。

（4）感觉失语症（Sensory phasia）：颞上回后部损伤（能讲话、书写、看懂文字，听力正常但听不懂谈话的含义）。

（5）失读症（alexia）：角回受损（看不懂文字含义，其他语言功能均健全）。【思考题】

1.试比较兴奋性突触和抑制性突触传递原理的异同？

2.神经胶质细胞有什么生理功能？如何理解它们在对神经细胞保护中所起的作用？

3.简述脊休克及其产生机制。脊休克的产生和恢复说明了什么？

4.如何理解中枢抑制的生理作用与临床意义？

5.试根据神经递质与受体的有关知识，制定帕金森氏病的治疗计划？

6.自主神经系统有哪些结构和功能特征？

7.试述睡眠时相及其生理意义。

8.条件反射和非条件反射有哪些主要区别？

9.学习神经系统后，对你最大的帮助或启迪是什么？ 【参考资料】

1.姚泰主编.生理学.第五版.北京：人民卫生出版社，2024

2.姚泰主编.人体生理学.第三版.北京：人民卫生出版社，2024

3.范少光、汤浩、潘伟丰主编.人体生理学（二版）.北京：北京医科大学出版社，2024

4．贺石林，李俊成、秦晓群主编.临床生理学.北京：科学出版社，2024

5.路长林主编.神经肽基础与临床.上海:第二军医大学出版社,2024

6.许绍芬主编.神经生物学.第二版,上海:上海医科大学出版社,1990

7.Cordo P,Haraaud S.Movement Control.Cambridge Univ Press,1994

8.Guyton AC.Textbook of Medical Physiology, 10th edition, Philadelphia, Saunders , 2024

第四章

感觉器官

【学时分配】课外自学2学时

【教学目的】掌握感受器的一般生理特性，视觉器官和听觉器官。

【教学重点】掌握感受器的一般生理特性，眼的调节，视网膜的结构和感光换能功能；鼓膜和中耳听骨链的增压效应；耳蜗的结构，基底膜的震动和柯蒂氏器的换能作用；行波学说；微音器电位与听神经动作电位。【教学难点】视锥细胞和视杆细胞的感光换能。【教学方法】多媒体教学；提问、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

第一节 感受器的一般生理特征

一、感受器、感觉器官的定义和分类

感受器（receptor）：是指分布在体表或各种组织内部的专门感受机体内、外环境变化的结构或装置。

感觉器官（sense organ）：是由一些结构和功能上都高度分化的感受细胞和它们的附属结构组成。一般把感受视、听、嗅、味和平衡觉的感觉器官（眼、耳、嗅上皮、味蕾、前庭）称为特殊感觉器官。感受器可根据其分布部位、适宜刺激的性质等分类。如感受器存在于体表称为外感受器，如皮肤的触、压、温度感受器（接触感受器）和视、听、嗅觉感受器（距离感受器）；存在于心脏、肌肉、关节、脑内等机体内部的感受器称为内感受器。根据感受器所能接受的刺激性质，又可分为机械感受器、伤害性感受器、化学感受器、光感受器和温度感受器等。

二、感受器的一般生理特性

1．感受器的适宜刺激（adequate stimulus）：不同感受器通常只对某种特定形式的能量变化最为敏感，感受阈值最低，将这种特定形式的刺激称为该感受器的适宜刺激。

每种感受器都有其一定的感觉阈值（时间、强度）。有的还有面积阈值。人能分辨同种刺激的两个刺激强度的最小差异称为感觉辨别阈。

2．感受器的换能作用（sensory transduction）：每种感受器都可看做是一种特殊的生物换能器，其功能是把作用于它们的那种特定形式的剌激能量转换为神经信号，再进一步转换成以电能形式表现的传入神经纤维上的动作电位，这种转换称为感受器的换能作用。

感受器电位（receptor potential）：当刺激作用于感受器时，在引起传入神经发生动作电位之前，首先在感受器或感觉神经末梢出现一过渡性的电位变化，称为感受器电位或发生器电位（generator potential）。感受器电位不是动作电位，是一种过渡性慢电位，其大小在一定范围内与刺激强度成比例，不具有“全或无”的性质，可以总和，并以电紧张的形式在细胞膜上作短距离扩布。感受器电位可以是去极化或超极化局部电位，可通过其幅度、持续时间和波动方向的改变真实的反映刺激信号携带的信息。但感受器电位的产生并不意味着感受器功能的完成，只有当这些过渡性电变化使该感受器的传入神经纤维发生去极化并产生“全或无”式的动作电位序列时，才标志该感受器或感觉器官作用的完成。

3．感受器的编码作用（sensory coding）：感受器在将剌激经换能作用转变为神经动作电位时，不仅仅是发生了能量形式的转换，而且把刺激所包含的环境变化的信息，也转移到了动作电位的序列之中，这就是所谓的感受器编码作用。感受类型的识别，是由特定的感受器对特定性质刺激的感受和特定途径上的传入冲动所到达的特定中枢部位共同完成的，而不是由于动作电位的波形、波幅或排列特性的不同。在同一感觉系统或感觉类型的范围内，不同强度的剌激可引起不同程度的感觉，刺激强度既可以通过每一条传入纤维上脉冲频率来反映，又可通过参与电信号传输的神经纤维数目来反映，从而发挥其编码作用。

4．感受器的适应现象（adaptation of receptor）：当某一恒定强度的刺激作用于感受器时，虽然刺激仍持续作用，但其感觉传入神经纤维上的动作电位频率随刺激作用时间的延长而下降，这一现象称为感受器的适应现象。

适应现象分为快适应和慢适应。如触觉和嗅觉感受器属于快适应，其意义在于很快适应环境，有利于接受新的刺激；肌梭、颈动脉窦压力感受器等属于慢适应感受器，有利于机体对姿势、血压等进行持久检测和调节。所以，适应是所有感受器 的一个功能特点，只是其程度有所不同。适应不是疲劳，因为感受器发生适应后，若增加刺激强度，又可引起其传入冲动增多。

第二节 眼的视觉功能

眼作为视觉的感受器官，主要由折光系统和感光系统所构成。折光系统和感光系统分别完成折光成像和感光换能作用。折光系统包括角膜、房水、晶状体、玻璃体等眼的附属结构，其中晶状体的曲度可进行调节。感光系统主要包括视网膜和视神经，视网膜上的视锥细胞和视杆细胞是真正起作用的感光细胞。

外界物体发出的光（380~760nm的电磁波），经过眼的折光系统，在视网膜上成像，视网膜的感光细胞感受光的刺激，将光能转变成视神经纤维上的动作电位，传入视觉中枢，产生视觉。

一、眼的折光系统及其调节

1．眼的折光系统的光学特征

眼的折光系统是一个复杂的光学系统。正常成人眼处于安静状态而不进行调节时，光线经过折光系统折射后，恰好成像在视网膜的位置。折光系统是由折射率不同的光学介质和曲率半径不同的折射面组成，光学介质包括角膜、房水、晶状体和玻璃体。由于空气与角膜折射率之差在眼的折光系统中最大，因此进入眼内的光线，在角膜处折射最强。曲率半径不同的折射面是指角膜前表面和后表面，晶状体前表面和后表面。曲率半径越大的折射面，折光能力越小；反之，折光能力越大。晶状体的曲率半径可以随机体的需要而改变，因此，晶状体在眼的折光系统中起着重要作用。

2．眼内光的折射与简化眼

简化眼：假定眼球由均匀媒质构成，折光率与水相同（为1.333）；设定眼球由一个前后径为20mm的单球面折光体组成，折光界面只有一个，即角膜表面；角膜表面的曲率半径定为5mm，该球面的中心即为节点（在角膜前表面的后方5mm处），通过该点的光线不折射。节点至视网膜的距离为15mm。这个模型和一个正常而不进行调节的人眼成像情况相同，平行光线正好能聚焦在视网膜上。

简化眼（reduced eye）是根据眼的实际光学特性设计的一种简单的等效光学模型。利用简化眼可大致计算出不同远近的物体在视网膜上成像的大小，计算公式如下：

物像的大小：实物的大小 ＝ 像到节点的距离：实物到节点的距离

3．眼的调节

正常眼睛在看6米以外远处物体时，由于远处物体发出的光线近似平行，眼无需进行调节，光线经折射后恰好能聚焦在视网膜上。随着物体移近，物体发出的光线会愈来愈辐散，需经过眼的调节（accommodation）作用来加强其折光能力，使近处辐散的光线仍可在视网膜上形成清晰的物像。

视近物时，眼的调节主要包括以下三个方面：

（1）晶状体的调节：视近物时眼的调节主要是通过晶状体变凸，特别是前表面变凸更为明显，使折光能力增强。这是神经反射性调节的过程：视网膜上模糊物像→视区皮层→中脑的正中核→动眼神经副交感核团→睫状神经→睫状肌的环行肌收缩→悬韧带松驰→晶状体因其自身弹性而变凸（前突更明显）→折光力增大，使辐散光线聚焦在视网膜上。

晶状体的调节能力是有限的，特别是随着年龄的增长，晶状体自身的弹性下降，调节能力降低。其弹性大小或最大调节能力可用近点来表示。

近点（near point）：通常通过使眼作充分的调节后，所能看清眼前物体的最近距离或限度称为近点。随年龄增加，眼的调节能力降低，人眼的近点会增大。10岁儿童的近点约为8.3cm左右，50岁的人一般为40cm左右，60岁的老人可达80cm。

远点（far point of vision）：通常把眼处于静息状态下，能形成清晰视觉的眼前物体的最远距离之点称为远点。正常眼的远点理论上应为无限远。

（2）瞳孔缩小：当视近物时，除发生晶状体曲度增加外，还伴随瞳孔的缩小，这一反射称为瞳孔调节反射或瞳孔近反射。其意义是减少进入眼内的光线量和减少折光系统的球面像差和色像差，使视网膜上形成的物像更加清晰。该反射是通过动眼神经中的副交感神经纤维兴奋引起瞳孔括约肌收缩，使瞳孔缩小。

瞳孔近反射是视近物时引起的瞳孔缩小的反射，属于视调节反射；而瞳孔对光反射（pupillary light reflex）是眼的一种 重要的适应功能，指瞳孔的大小随光线的强弱而反射性改变，弱光下瞳孔散大，强光下瞳孔缩小。其意义在于调节进入眼内的光线量，使视网膜不致因光亮过强而受到损害；也使弱光下仍能产生清晰的视觉。该反射的效应是双侧性的（互感性对光反射），反射中枢在中脑。

（3）双眼会聚：是指当双眼凝视一个向眼前移近的物体时，发生双眼内直肌反射性收缩使两眼球内收及视轴向鼻侧集拢的现象，称为眼球会聚或辐辏反射。这种反射性活动可以使双眼看近物时，物像将位于两眼视网膜的相称位置上，避免复视而产生单一的清晰视觉。

4．眼的折光能力和调节能力异常

正视眼：是指正常眼的折光系统无需进行调节就可使平行光线聚焦在视网膜上，因而可以看清远物；眼经过调节后，只要物体离眼的距离不小于近点，也能在视网膜形成清晰的像。

非正视眼：由于眼的折光能力异常，或眼球的形态异常，使平行光线不能在安静未调节的视网膜上成像，称为非正视眼。包括近视、远视和散光眼。

老视：有些人虽然眼静息时的折光能力正常，但由于年龄的增长，晶状体弹性减弱，看近物时调节能力减弱，使近点增大，称为老视。需戴凸透镜予以矫正。

（1）近视（myopia）：是由于眼球前后径过长或折光力过强，看远处物体时平行光线成像在视网膜之前，因而产生视物模糊。需戴凹透镜纠正。近视眼看近物时，眼不需调节或只作较小程度的调节即可，故近视眼的近点小于正视眼。

（2）远视（hyperopia）：由于眼球前后径过短，远物的平行光线聚焦在视网膜之后，引起视觉模糊。看近物时，需作更大程度的调节才能看清物体，由于晶状体的调节是有限度的，因此远视眼的近点大于正视眼。远视眼看远物和看近物时都需要进行调节，故易发生调节性疲劳。需配戴凸透镜予以矫正。

（3）散光：多数由于角膜不呈正球面所致，使进入眼内的光线不能全部聚焦在视网膜上，部分聚焦在视网膜前面，部分聚焦在后面。引起物像变形和视物不清。需配戴柱面形透镜予以矫正。

二、视网膜的结构和两种感光换能系统

1．视网膜的结构特点

主要的细胞层次划分（由外→内）：

（1）色素上皮层：色素上皮细胞

（2）感光细胞层：视杆细胞、视锥细胞

（3）双极细胞层：双极细胞

（4）神经节细胞层：节细胞

2．视网膜的两种感光换能系统

视网膜上存在两种直接感受光刺激的光感受器细胞——视锥细胞和视杆细胞。

（1）视锥细胞（cones）：在中央凹处分布密集，周边部分布较少。在中央凹处，存在着视锥细胞、双极细胞、神经节细胞，形成1：1的“单线”联系方式。这种联系方式使中央凹处对光的感受有高度的分辨能力，因此中央凹处视敏度最高。视锥细胞承担昼光觉（故称昼光觉系统或视锥系统），对光敏感度较低，只有在强光条件下才能被激活，并具有能分辨颜色的色觉功能，主要在白天或较明亮的环境中起作用。

（2）视杆细胞（rods）：在中央凹处未见分布，在中央凹旁6mm处分布最多。与双极细胞、神经节细胞的联系方式普遍存在会聚现象。这使得其精细分辨能力差，视敏度低。但这种会聚联系却是刺激得以总和的结构基础，因此对光的敏感度高 ,可察觉出单个光亮子的刺激。视杆细胞主要感受弱光刺激（故称晚光觉系统或视杆系统），在弱光下只能看到物体的粗略轮廓，无色觉功能。

两类感光细胞的异同：

视杆细胞

视锥细胞

分布

视网膜周边多，中央凹处无

视网膜中心部多

外段形状

杆状

锥状

视觉

晚光觉（对光敏感度高）

昼光觉

色觉

无

有

视色素

视紫红质

视锥色素（3种）

会聚现象

多

少（单线联系）

空间分辨能力 弱

强

三、视杆细胞的感光换能机制

视网膜的感光细胞中存在感光色素。当受到光刺激时,首先发生光化学反应，它是把光能转换成电信号的物质基础。

1．视紫红质的光化学反应及其代谢

视杆细胞中的感光色素称为视紫红质（rhodopsin），它是由视蛋白和视黄醛（retinene, 11-顺视黄醛）二者所构成的一种色素蛋白。视紫红质的光化学反应是可逆的。在光照下视紫红质迅速分解为视蛋白和视黄醛（由11-顺型视黄醛变为全反型视黄醛），由于视黄醛的分子构型改变，导致视蛋白分子构型的变化，诱发视杆细胞产生感受器电位。

以上过程是可逆的。在暗处，视紫红质又重新合成。首先是全反型视黄醛变成11-顺视黄醛（这是一个耗能的酶促反应），11-顺型视黄醛再与视蛋白结合，重新合成视紫红质。

视紫红质在分解和合成的过程中，有一部分视黄醛被消耗，必须靠血液中维生素A补充。如果维生素A缺乏，将影响人在暗处的视力，引起夜盲症（nyctalopia）。

2．视杆细胞感受器电位

感光细胞的外段是进行光-电转换的关键部位。视杆细胞的外段较视锥细胞的外段长，内有整齐重叠成层的特殊超微结构——视盘，其囊膜结构类似细胞膜，膜上镶嵌的蛋白质多为视紫红质，视杆细胞所含的视紫红质几乎全部集中在视盘膜中。

视杆细胞的静息电位比一般细胞小得多，只有―30～―40mV，由Na+通道开放、Na+内流形成，称为暗电流（dark current）；视杆细胞得感受器电位与视锥细胞的感受器电位一样，表现为一种超极化型的慢电位，而其他类型的感受器电位一般都表现为膜的暂时去极化。产生机制：光照使视杆细胞中视紫红质构象改变，可激活视盘膜上的一种G蛋白（传递蛋白），进而激活磷酸二脂酶，导致外段胞浆中和外段膜上的cGMP均大量分解，视杆细胞外段膜上的Na+通道开放也减少，Na+通透性降低，因此出现外段膜超极化即超极化感受器电位。

四、视锥细胞的换能和颜色视觉

正常的视网膜视锥细胞，可以分辨波长在380～760nm之间的约150种不同的颜色。一种颜色不仅可以由某一固定波长的光线所引起，而且还可以由不同比例的红光、绿光和蓝光三种原色混合而形成，这就是所谓的三原色学说。

视网膜上存在三种视锥细胞分别对红、绿、蓝光最敏感。三种视锥细胞分别含有特异的感光色素，由视蛋白和视黄醛组成。三类视锥色素中的视黄醛相同，并且与视紫红质中的视黄醛相同，不同点在于各含有特异的视蛋白。

视锥细胞外段在受到光照时，也发生超极化型感受器电位，机制与视杆细胞相似。

色盲：是一种色觉障碍，可分为全色盲和部分色盲，即对全部颜色或某些颜色缺乏分辨能力，其中最常见的是红绿色盲。色盲绝大多数是由遗传因素引起的。

色弱：有些色觉异常的产生并非由于缺乏某种视锥细胞，而只是由于视锥细胞的反应能力较弱，使患者对某种颜色的识别能力较正常人稍差，这种色觉异常称为色弱，常由后天因素引起。

五、视网膜信息处理

当受到光刺激时，由视杆和视锥细胞产生的超极化电位信号，在视网膜内经过复杂而有序的细胞网络传递，最后由神经节细胞发出的神经纤维以动作电位的形式传向中枢。

视网膜的神经通路中，只有神经节细胞和少数无长突细胞具有产生动作电位的能力；双极细胞、水平细胞同两种感光细胞一样，没有产生动作电位的能力，但可以产生超极化型慢电位，并以电紧张扩布的方式传递，当到达神经节细胞时，神经节细胞对这些信号进行总和，使节细胞的静息膜电位去极化达阈电位水平，才能产生动作电位，作为视网膜的最后信号传向视觉中枢。虽然视网膜已将视网膜像作了处理，但中枢才是最复杂的信息处理和加工部位。

六、与视觉有关的其他现象

1.视力或称视敏度（visual acuity），是指眼睛对物体形态的精细辨别能力，以能够识别两点的最小距离为衡量标准，用人所能看清的最小视网膜像的大小来表示，相当于一个视锥细胞的大小，一般为4~5微米。

2．暗适应与明适应

（1）暗适应（dark adaptation）：是指人从亮处突然进入暗室，最初几乎看不清任何物体，经过一定时间后，逐渐恢复了在暗处的视力。

暗适应过程分两个阶段：第一阶段约7分钟，视觉的初步恢复主要与视锥细胞中感光色素合成增加有关；第二阶段主要与视杆细胞中视紫红质合成增加有关。

由于暗适应的过程与视细胞中感光色素的再合成有关，所以维生素A缺乏的人暗适应延长，甚至会出现夜盲症。

（2）明适应（light adaptation）：是指人从暗处来到强光下，最初感到强光耀眼，不能视物，稍待片刻，才能恢复视觉。

明适应过程中，强光下所产生的耀眼光感，主要是由于视杆细胞中积蓄的大量视紫红质在强光下迅速分解所致。当较多的视紫红质分解后，对光较不敏感的视锥细胞色素才能在亮光环境中感光。所以明适应中视觉的恢复较快，约需一分钟。

3．视野（visual field）

单眼固定地注视前方一点不动，这时该眼所能看到的范围称为视野。

不同颜色的视野范围大小顺序如下：白色＞黄蓝色＞红色＞绿色。

视野的大小一方面与与各类感光细胞在视网膜中的分布范围有关，另一方面也与面部的结构有关。所以，一般人颞侧和下方视野较大，鼻侧与上方视野较小。

利用视野计可测出盲点（blind spot）的位置。在中央凹鼻侧约3mm的视神经乳头处（直径约1.5mm），因无感光细胞，因此没有视觉感受，该部位称为生理盲点。

4．视后像和融合现象

注视一个光源或较明亮的物体，闭眼后感觉到一个光斑，形状与其相似，这种主观的视觉后效应称为视后像。持续几秒到几分钟。重复的闪光刺激达到一定频率，可引起主观的连续光感，此现象称为融合（fusion phenomenon）。因闪光间歇时间比视后像时间短。

能引起闪光融合的最低频率为临界融合频率（critical fusion frequency）。大小与光的强度、中枢疲劳程度有关；还受闪光颜色、视角大小、受试者年龄及某些药物的影响。

5．双眼视觉和立体视觉

双眼视觉（bin℃ular vision）是指双眼都在面部前方，两眼视野有很大一部重叠。

双眼视物时，正常时只能产生一个物的感觉，这是因为物体成像于两眼视网膜的相称点上。同时，双眼视觉还可以弥补单眼视觉中的盲区缺陷，扩大视野，并可防止单眼视物时造成的平面感从而产生立体感。

第三节 耳的听觉功能

耳是听觉的外周感受器，主要由外耳、中耳和内耳的耳蜗组成。

一、人耳的听阈和听域

人耳的适宜刺激是频率为20~20,000Hz、强度范围为0.0002~1,000dyn/cm2的声波振动，其中最敏感的频率是1,000~3,000Hz。声源振动引起空气产生疏密波，通过耳的传音系统的传递，引起内耳淋巴的振动，从而使耳蜗螺旋器的毛细胞兴奋，将声能转变成神经冲动，经听神经将神经冲动传入大脑皮质的听觉代表区，产生听觉。

听阈（hearing threshold）：对于每一种频率的声波来说，刚能引起听觉的最小强度称为听阈。

最大可听阈（maximal auditory threshold）：当声波的强度在听阈以上继续增加时，听觉的感受也相应增强，但当强度增加到某一限度时，它引起的将不单是听觉，同时还会引起鼓膜的疼痛感觉，该限度称为最大可听阈。

人耳的听阈随着声音的频率而变化，而且每一种振动频率都有它自己的听阈和最大可听阈。

听域（audible area）：指听域图中表示不同振动频率的听阈曲线和它们的最大可听阈曲线之间所包含的面积。

二、外耳和中耳的功能

外耳和中耳组成了耳的传音系统。

1．外耳的功能

外耳由耳廓和外耳道组成。耳廓有采音作用，还可帮助判断声源的方向。外耳道是声波传导的通路，有传音和共鸣腔作用。

2．中耳的功能

中耳由鼓膜、听骨链、鼓室和咽鼓管等结构组成，其主要功能是将空气中的声波振动能量高效地传递到内耳淋巴液，其中鼓膜和听骨链的作用尤为重要。

鼓膜具有较好的频率响应和较小的失真度，能与声波振动同始同终。

听骨链由锤骨、砧骨和镫骨3块听小骨依次连接，构成一个固定角度的杠杆。锤骨柄为长臂，砧骨长突为短臂。声波振动压强与听骨链杠杆两臂长度之比（1.3：1）以及鼓膜、卵圆窗振动面积之比（17.2：1）有关。因此，经过听骨链的传递，声波从鼓膜到卵圆窗总增压效应为22.4倍（1.3×17.2＝22.4）。所以，鼓膜-听骨链-内耳卵圆窗之间的联系具有增压效应，使声波的振幅减少，压强增大22.4倍。它们构成了声音由外耳传向耳蜗的最有效通路。

咽鼓管是连接鼓室与鼻咽部之间的通道，主要作用是维持鼓膜两侧气压的平衡，从而调节中耳内压力使鼓膜处于正常状态，进而保持听骨链正常的增压作用。

3．声波传入内耳的途径

（1）气传导（air conduction）：主要指声波经外耳道引起鼓膜振动，再经3块听小骨和卵圆窗膜传入内耳；同时，鼓膜振动也可以引起鼓室内空气的振动，再经圆窗将振动传入内耳。正常听觉的产生主要通过气传导来实现。

传音途径：鼓膜→听骨链→卵圆窗→前庭阶外淋巴→蜗管中的内淋巴→基底膜振动→毛细胞微音器电位→听神经动作电位→颞叶皮层。

在听小骨病变、损坏时的主要传音途径：鼓膜→中耳鼓室→圆窗→鼓阶中外淋巴→基底膜振动。

（2）骨传导（bone conduction）：声波可以直接经颅骨和耳蜗骨壁传入内耳，使耳蜗内淋巴振动而产生听觉。

这一途径在正常时作用不大。但在鼓膜或中耳病变时（传音性耳聋），气传导明显受损，而骨传导却不受影响，甚至相对增强；当在耳蜗病变时（感音性耳聋），气传导和骨传导将同时受损。

三、内耳（耳蜗）的功能

内耳迷路可分为两部分：耳蜗和前庭器官。耳蜗能感受声音，与听觉有关；前庭器官与平衡觉有关。

1．耳蜗的结构要点

前庭膜和基底膜将耳蜗的管道分为三个腔：

前庭阶（外淋巴）：接卵圆窗膜；

鼓阶（外淋巴）：接圆窗膜；

蜗管（内淋巴）：为盲管。

基底膜上有声音感受器——螺旋器（柯蒂器）：

内毛细胞：在蜗管近蜗轴侧呈一纵行排列

外毛细胞：靠蜗管外侧纵向排列3～5行

支持细胞：

2．基底膜的振动和行波理论

人的基底膜长度约30mm，靠近耳蜗底部较窄，朝向顶部方向逐渐加宽，而且基底膜上的螺旋器的高度和重量也随基底膜的增宽而增大。这些因素决定了基底膜愈靠近底部，共振频率愈高；愈靠近顶部，共振频率愈低。

当声波经卵圆窗传入内耳后，内淋巴的振动引起基底膜的振动，基底膜的振动以行波（travelling wave）的方式进行，即内淋巴的振动首先在靠近卵圆窗处引起基底膜的振动，此振动再以行波的形式沿基底膜向耳蜗的顶部方向传播。高频率声音主要引起卵圆窗附近基底膜振动，而低频率声音在靠基底膜的顶部出现最大振幅。既然每一种振动频率在基底膜上都有一

个特定的行波传播范围和最大振幅区，那么与该区域有关的毛细胞和听神经纤维就会受到最大刺激，这样，来自基底膜不同区域的传入神经冲动传到听觉中枢的不同部位，就可引起不同的音调感觉，这也是耳蜗对声音频率初步分析的基本原理。

在耳蜗的感音换能作用中，基底膜的振动是个关键因素。基底膜振动时，盖膜与基底膜各自沿不同的轴上、下移行运动，使听毛受到一个剪切力（shearing force）的作用而弯曲，引起毛细胞兴奋，并将机械能转变为生物电。

3．耳蜗的生物电现象

耳蜗具有感音换能作用。可将声波的机械能转变为听神经纤维上的神经冲动，再传至大脑皮层听中枢而产生听觉。

耳蜗生物电可总结为以下几种：

（1）毛细胞静息电位：是指螺旋器中的毛细胞在未受到刺激时，存在于膜内、外的电位差，毛细胞膜内电位为－70～－80mV左右。

（2）内淋巴电位：在耳蜗未受到刺激时，以鼓阶外淋巴为参考零电位，与内淋巴之间存在的电位差为+80mV左右，称之为内淋巴电位（endolymphatic potential），又称耳蜗内电位（endocochlear potential）。

毛细胞顶端的浸浴液为内淋巴，该处毛细胞内电位为－80mV；因此，毛细胞顶端膜内、外电位差可达160mV左右，而毛细胞其他部分的胞内、外电位差约为80mV。

（3）微音器电位（microphonic potential）：是在耳蜗受到声音刺激时，在耳蜗及其附近结构记录到的一种具有交流性质的特殊电变化。微音器电位实际上是多个毛细胞在接受声音刺激时所产生的感受器电位的复合表现，而且感受器电位变化的方向与静纤毛（stereocilia）受力的方向有关：当静纤毛向动纤毛（kinocilium）方向弯曲时，出现去极化式的电位；当静纤毛背离动纤毛弯曲时，则出现超极化式的电位。因而使微音器电位的频率和幅度与作用于耳蜗的声波振动完全一致，使其能真实地反映耳蜗基底膜瞬间的振动情况。

微音器电位的特点：它无真正的阈值；潜伏期极短，小于0.1ms；没有不应期；在一定范围内，微音器电位的振幅随声压的增大而增大；对缺氧和深麻醉相对不敏感；而且不易产生疲劳和适应现象。

四、听神经动作电位

听神经动作电位，是耳蜗对声音刺激所产生的一系列反应中最后出现的电变化，是耳蜗对声音刺激进行换能和编码的总结果。

1．听神经复合动作电位：当把引导电极放在内耳卵圆窗附近，给予一个短声刺激时，可记录到在微音器电位之后出现听神经的复合动作电位。复合动作电位反应起源于基底膜不同部位的多条神经纤维的放电，在一定声音刺激强度范围内，动作电位的振幅随声音刺激强度增大而增大。

2．单一听神经纤维动作电位：是一种“全或无”式的反应，单一听神经纤维在安静时有自发放电，放电频率从数周到100周/s；在受到声音刺激时放电增加。单一听神经纤维对某一特定频率的纯音只需很小的刺激强度便可发生兴奋，这个频率称为特征频率（characteristic frequency）或最佳频率。随着声音强度增加，能引起单一听神经纤维放电的频率范围增大。每一条纤维最佳反应频率的高低，决定于该纤维末梢在基底膜上的分布位置，而这一位置正好是该频率的声音所引起的最大振幅行波的所在位置。所以，当某一频率的声音强度较弱时，神经信息由少数对该频率最敏感的神经纤维向中枢传递；当这一频率的声音强度增大时，能引起更多的纤维兴奋，由这些神经冲动共同向中枢传递该声音的频率及强度的信息。

第四节 前庭器官的平衡感觉功能

前庭器官在内耳迷路中，与听觉无关，是位置感受器，感受细胞都称为毛细胞，传入神经为前庭神经。内耳迷路中的三个半规管、椭圆囊和球囊合称前庭器官，它们能够检测人体自身运动状态和头部在空间的位置，以维持身体的平衡。

一、前庭器官的感受装置和适宜刺激

前庭器官的感受细胞即毛细胞有类似的结构和功能。毛细胞的顶端有动纤毛和静纤毛，细胞的底部有感觉神经末梢分布。各类毛细胞的适宜刺激是与纤毛的生长面呈平行的机械力的作用。

毛细胞感受外界刺激的一般规律：纤毛处于自然位置时，静息电位约为－80mV，同时感觉神经末梢上有一定频率的持续放电。当外力使静纤毛向动纤毛一侧偏转时，膜电位减小（去极化），达一定阈值（－60mV）时，支配毛细胞的传入神经冲动发放频率增加，表现兴奋效应；相反，当外力使动纤毛向静纤毛一侧弯曲时，则膜电位增大（超级化），同时传入神

经冲动频率减少，表现为抑制效应。

1．椭圆囊和球囊的功能

椭圆囊、球囊感受直线变速运动和头部的空间位置。椭圆囊和球囊的感受细胞毛细胞位于囊斑上。毛细胞顶部有纤毛，纤毛的游离端伸入位砂膜中。位砂膜是一种胶质板，内含位砂（otoliths），位砂由蛋白质和碳酸钙组成。毛细胞底部有感觉神经末梢分布。当人体向某一方向做加速或减速运动时，位砂膜与毛细胞的相对位置发生改变，由于位砂膜的比重大于内淋巴，因此，位砂膜就向一个方向牵拉毛细胞的纤毛，产生了对毛细胞的刺激，引起传入神经纤维发放的神经冲动增加。一方面引起相应感觉，同时引起反射性的肌张力改变以保持身体的平衡。

由于椭圆囊毛细胞的纵轴与地平面垂直，因此，对水平方向的直线运动反应敏感。而球囊毛细胞的纵轴与地面平行，所以对上、下垂直方向的直线运动反应敏感。

2．半规管壶腹嵴的功能

两侧内耳各有三个相互垂直的半规管（前、后、外半规管），其感受细胞毛细胞位于壶腹嵴。壶腹嵴的毛细胞对刺激的反应与囊斑毛细胞相似，静毛朝向动毛一侧弯曲时引起兴奋，背离动毛弯曲时产生抑制。

壶腹嵴的适宜剌激是身体的旋转，即角加速度运动。当人直立时，沿水平方向旋转，主要剌激水平的外半规管。另外两对垂直的前、后半规管可以接受和它们所处平面方向相一致的旋转变速运动的刺激。

（1）前庭反应

（2）前庭的姿势调节反射,意义为维持机体的一定姿势和保持身体平衡。

（3）前庭自主神经反应:前庭器官受到过强刺激时，或在前庭器官功能过敏时，会引起自主神经反应。主要表现为：心率加快、血压下降、出汗、恶心、呕吐、眩晕、皮肤苍白等一系列症状。晕车、晕船和航空病，就是由于前庭器官受刺激而导致自主神经功能失调所引起的。

（4）眼震颤:人体旋转时可出现眼球不随意的颤动，称为眼震颤（nystagmus）。主要是由于半规管受刺激所引起。当两侧水平半规管受刺激时，引起水平方向的眼震颤；前、后半规管受剌激时，引起垂直方向的眼震颤。

第五节 嗅觉、味觉和皮肤感受器的功能

一、嗅觉感受器和嗅觉的一般性质

嗅觉感受器是嗅细胞，主要位于上鼻道及鼻中隔后上部的嗅上皮中。嗅细胞是双极细胞。其顶端有纤毛，底端是由无髓纤维组成的嗅丝，各条嗅丝穿过筛板后进入嗅球。嗅细胞的适宜刺激是气体中的化学性刺激，当有气味的空气进入鼻腔深部时，可使嗅细胞受到剌激而兴奋（去极化型感受器电位），再以电紧张方式触发轴突膜产生动作电位，沿轴突传向嗅球，进而传向嗅觉中枢引起嗅觉。嗅觉的七种基本气味：樟脑味、麝香味、花草味、乙醚味、薄荷味、辛辣味和腐腥味。每个嗅细胞只对一种或两种特殊的气味起反应，而且嗅球中不同部位的细胞也只对某种特殊的气味起反应。嗅觉的明显特征是适应性较快。产生适应的原因，不是感受器的反应性减弱，而是与中枢抑制有关。另外，不同动物的嗅觉敏感程度差异也很大。

二、味觉感受器和味觉的一般性质

味觉感受器是味蕾，感受细胞的顶端有纤毛，是味觉的表面感受器。当受到某些水溶性化学刺激时，可引起感受器兴奋。人的味觉由四种基本味觉组成，即：酸、甜、苦、咸。舌尖部对甜味、软腭和舌根部对苦味、舌两侧前部对咸味、舌两侧对酸味较敏感。人和动物对苦味的敏感程度高于其他味道。当苦味强烈时，可引起呕吐或停止进食，这是一种人体重要的保护性反应。四种基本味觉的换能或跨膜信号的转换机制并不完全一样。咸和酸的刺激通过特殊化学门控通道换能，甜味的引起要通过受体、G-蛋白和第二信使系统换能，苦味则由于物质结构不同而通过上述两种形式换能。

三、皮肤感觉感受器的功能

皮肤的感觉主要有四种：触压觉、冷觉、温觉和痛觉

1．触压觉：是指当皮肤受到触、压等机械刺激时所引起的感觉。触觉和压觉感受器可以是游离神经末梢（如角膜）、毛囊感受器或带有附属结构的环层小体（Pacinian小体）、Meissner小体、Ruffini小体和Merkel盘等。当感受器的适宜刺激即机械刺激引起感觉神经末梢变形时，导致机械门控式钠离子通道开放和钠离子内流，而产生感受器电位，再使神经纤维膜去极化达阈电位时，就产生动作电位，最后传入皮层特定感觉区域而产生触、压觉。

2．温度感觉：分冷觉和热觉，分别由冷、热感受器的兴奋所引起。

3．痛觉：痛觉是由可能损伤或已造成皮肤损伤的各种性质的刺激作用于游离神经末梢而引起，常伴有强烈的情绪反应。

【思考题】

1．近视眼与远视眼看远物时在调节上有何不同?

2．简述视网膜两种感光细胞的分布及其功能特征。

3．何谓视觉的三原色学说？决定这一理论的结构基础主要是什么?

4．何谓行波理论？决定这一理论的结构基础主要是什么?

5．前庭器官感受器的结构特点和适宜刺激是什么？

6．耳是如何对声音进行初步分析的？ 【参考资料】

1.姚泰主编.生理学.第五版.北京：人民卫生出版社，2024

2.姚泰主编.人体生理学.第三版.北京：人民卫生出版社，2024

3.范少光、汤浩、潘伟丰主编.人体生理学（二版）.北京：北京医科大学出版社，2024

4． 贺石林，李俊成、秦晓群主编.临床生理学.北京：科学出版社，2024

5.Guyton AC.Textbook of Medical Physiology, 10th edition, Philadelphia, Saunders , 2024

6.Ganong WF.Review of medical physiology(20th)1999

第五章

血液

【学时分配】6时 【教学目的】

1.掌握：血液的理化特性及生理意义,生理止血过程,血型分型依据。

2.熟悉：血细胞的生理功能。

3.了解：血细胞生成的调节。【教学重点】生理止血 【教学难点】凝血；血型

【教学方法】多媒体教学；提问、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

第一节

血液的组成和理化性质

一、血液的基本组成

1.血液：是一种由血浆和血细胞组成的流体组织，在心血管系统内循环流动，起着运输物资的作用。

2.血液有血浆和悬浮于其中的血细胞组成。

（1）血浆

①基本成份为晶体物资溶液，包括水和溶解于其中的多种电解质、小分子有机化合物和一些气体。

②血浆蛋白：正常成年人血浆蛋白含量为65—85g/l。

a．白蛋白(A):40～48g/l分子量最小，量最多

b．球蛋白(G):15～30g/l分子量较大，量较少

c．纤维蛋白原分子量最大，量最少

（2）血细胞：血细胞可分为红细胞、白细胞和血小板。

取一定量的血液与抗凝剂混匀后，置刻度管中，以每分钟3000转的离心速度离心30分钟，使血细胞下沉压紧而分层。

①上层：浅黄色血浆

②中层：白色不透明白细胞和血小板

③下层：深红色红细胞

（3）血细胞比容（hemat℃rit）：细胞在血中所占的容积百分比。

正常人的血细胞比容值为：

成年男性：40%～50%；成年女性：37%～48%；新生儿约为55%

二、血量：全身血液的总量。

1.循环血量：全身大部分血液在心血管系统中快速循环流动。

２.储存血量：小部分血液滞留在肝肺腹腔静脉及皮下静脉丛内，流动很慢。

正常人的血液总量约占体重的7%～8%，相当于每公斤体重有70～80ml。一次失血不超过全血量10%对生命活动无明显影响，超过20%则有严重影响。

三、血浆的理化特征

1.比重：全血的比重为1.050～1.060；血浆的比重约为1.025～1.030；红细胞的比重约为1.090～1.092

2.粘滞性：血液的相对粘度为4～5；血浆的相对粘度为1.6～2.4

3.血浆渗透压

（1）概念：渗透压指的是溶质分子通过半透膜的一种吸水力量，其大小取决于溶质颗粒数目的多少，而与溶质的分子量、半径等特性无关。由于血浆中晶体溶质数目远远大于胶体溶质数目，所以血浆渗透压主要由晶体渗透压构成。血浆胶体渗透压主要由蛋白质分子构成，其中，血浆白蛋白分子量较小，数目较多（白蛋白>球蛋白>纤维蛋白原），决定血浆胶体渗

透压的大小。

①胶体渗透压：由蛋白质形成的渗透压称为胶体渗透压。血浆中虽含有多量的蛋白质，但蛋白质分子量大，分子数量少，所产生的渗透压小。组织液的胶体渗透压低于血浆的胶体渗透压。在血浆蛋白中，白蛋白分子量小，其分子数量远多于球蛋白，故血浆胶体渗透压主要来源于白蛋白。

②晶体渗透压：由晶体物质所形成的渗透压称为晶体渗透压，80%来自Na+和Cl–。血浆的渗透压主要来自于溶解于其中的晶体物质。

（2）渗透压的作用：

晶体渗透压——维持细胞内外水平衡

胶体渗透压——维持血管内外水平衡

原因：晶体物质不能自由通过细胞膜（见第二章），而可以自由通过有孔的毛细血管，因此，晶体渗透压仅决定细胞膜两侧水份的转移；而蛋白质等大分子胶体物质不能通过毛细血管，决定血管内外两侧水的平衡。

（3）注意点：

①临床上常用的等渗等张溶液有：0.9%NaCl溶液，5%葡萄糖溶液。

②血浆蛋白含量变化会影响组织液的量，而不会影响细胞内液的量，细胞外液晶体物质浓度的变化则会影响细胞内液量。

4.血浆的pH 值

正常人血浆的pH值为7.35--7.45。血浆的pH值主要取决于血浆中主要的缓冲对，即NaHCO3/H2CO3。

第二节

血细胞生理

一、血细胞生成的部位和一般过程

二、红细胞生理

1.红细胞的数量和形态

（1）红细胞的数量：我国成年男性(4.5～5.5)×1012/L；我国成年女性(3.5～5.0)×1012/L；新生儿6.0×1012/L

成年男性Hb浓度约为120～160g/L；成年女性Hb浓度约为110～150g/L

贫血：若血液中红细胞数量和血红蛋白浓度低于正常，称为贫血。

（2）红细胞的形态：正常RBC成双凹碟形，直径约7～8mm，无细胞核，中间薄，周边厚。

2.红细胞的生理特征和功能：

（1）红细胞的生理特征

①RBC的可塑变形性：正常红细胞在外力作用下具有变形的能力。红细胞的这种特性称为可塑变形性(piastic deformation)。RBC在全身血管中循环运行，常要挤过口径比它小的毛细血管和血窦孔隙，这时RBC常需要变形，在通过后又会恢复原状。

a.表面积与体积的比值愈大，变形能力愈大，故双凹圆碟形RBC的变形能力远大于异常情况下可能出现的球形RBC。

b.RBC的粘度愈大，变形能力愈小，Hb变性或浓度过高时，可使RBC的粘度增加。

c.RBC膜的弹性降低或粘度升高，也可使RBC变形能力降低。

②RBC的悬浮稳定性：(suspension stability):将装有抗凝血的血沉管垂直静置，红细胞由于比重大与血浆，将因重力下沉，但正常时下沉缓慢，红细胞能稳定的悬浮于血浆中的特性，称为红细胞的悬浮稳定性。通常用红细胞的第一小时末下沉的距离表示RBC沉降的速度，称为红细胞沉降率（erythrocyte sedimentation rate)简称血沉。（ESR）产生原因：RBC在血浆中具有悬浮稳定性，是由于RBC与血浆的摩擦阻碍RBC下沉。红细胞叠连：是多个RBC彼此能较快的以凹面相贴，形成RBC叠连；叠连以后，其表面积和容积比值减小，与血浆的摩擦力减小，于是血沉加快。叠连形成的快慢主要取决于血浆的性质，而不是RBC本身。一般血浆中纤维蛋白原、球蛋白及胆固醇的含量增高时，可加速红细胞叠连和沉降；血浆中白蛋白、卵磷脂的含量增多时则可抑制叠连发生，使沉降率减慢。

③红细胞的渗透脆性(osmotic fragility)：是指红细胞在低渗溶液中发生膨胀破裂的特性。简称脆性。渗透脆性越大，细胞膜抗破裂的能力越低。

生理情况下，衰老红细胞脆性高，初成熟的红细胞脆性低。有些疾病可影响红细胞的脆性。故测定红细胞的渗透脆性有助于一些疾病的诊断。

（2）红细胞的功能：主要功能是运输O2和CO2。此外，红细胞含有多种缓冲对，对血液中的酸、碱物质有一定的缓冲作用。

3.红细胞生成的调节

（1）红细胞生成原料和辅助物质：

① 原料：珠蛋白和铁。

② 促成熟因子：维生素B12、叶酸。

③ 调节因子，促红细胞生成素和雄激素加速红细胞生成。爆式促进激活物促进早期祖细胞的增殖。

（2）红细胞生成某些阶段的特点：

①髓系多潜能干细胞：有很强的自我复制和多向分化的潜能。

②定向祖细胞：定向分化且自我复制能力低。

③成熟红细胞：无细胞核和线粒体，细胞能量来源于无氧酵解和磷酸戊糖途径。

4.红细胞的破坏

三、白细胞生理

1.白细胞的数量和分类

（1）WBC的数量：正常成人(4.0—10.0)×109／L

（2）WBC的分类：

① 粒细胞：中性粒细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞。

② 单核细胞

③ 淋巴细胞

2.白细胞的生理特性和功能

3.白细胞的生成和调节

4.白细胞的破坏

四、血小板生理

1.血小板的数量和功能

（1）正常成人血小板的数量为(100～300)×109/L

（2）血小板的生理作用:

① 维护血管壁完整性的功能。

② 促进血管内皮细胞、平滑肌细胞及成纤维细胞的增殖，有利于受损血管的恢复。

③ 激活的血小板在生理止血过程中起重要作用。

2．血小板的生理特性

（1）粘附:血小板与非血小板表面的粘着。

（2）释放：血小板受到刺激后，将储存在致密体、α-颗粒或溶酶体内的许多物质排出的现象。

（3）聚集：血小板与血小板之间的相互粘着的现象。

①第一聚集时相和第二聚集时相

②生理致聚剂与病理致聚剂

⑷收缩：血小板具有收缩的能力。

⑸吸附：血小板表面可吸附血浆中多种凝血因子。

3．血小板的生成和调节

⒋血小板的破坏

第三节

生理性止血

生理性止血：正常情况下，小血管破损后引起的出血在几分钟内就可以自行停止。

出血时间（bleedingtime）:临床上常用小针刺破耳垂或指尖使血液自然流出，测定出血延续的时间。

一、生理性止血的基本过程

包括血管收缩、血小板血栓形成和血液凝固三个过程。

1.血管收缩

⒉血小板止血栓形成 ⒊血液凝固

二、血液凝固

血液凝固：血液由流动的液体状态变成不流动的凝胶状态的现象称为血液凝固。这一过程所需时间称为凝血时间。

本质：多种凝血因子参与的酶促生化反应（有限水解反应）。

⒈凝血因子(blood clotting factor)：血液与组织中直接参与血凝的物质。包括因子Ⅰ－XIII、前激肽释放酶、高分子激肽原等。

（1）Ⅳ因子是钙离子。

（2）除钙离子外，其余的凝血因子都是蛋白质。

（3）血中具有酶活性的凝血因子都以酶原的形式存在。

（4）除Ⅲ因子外，其它因子均存在于新鲜血浆中，多数在肝脏中合成，其中因子Ⅱ、Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ的生成需要维生素K的参与。

2.凝血的过程：凝血是由凝血因子按一定顺序相继激活而生成的凝血酶最终使纤维蛋白原变为纤维蛋白的过程。包括：凝血酶原酶复合物（凝血酶原激活复合物）的形成、凝血酶原的激活和纤维蛋白的生成。

（1）凝血酶原酶复合物的形成：凝血酶原酶复合物可通过内源性凝血途径和外源性凝血途径生成。

①内源性凝血：指参与凝血的因子全部来自血液，通常由血液和带有负电荷的异物表面接触而启动。

②外源性凝血：由来自血管外组织释放的因子Ⅲ（组织因子，TF）暴露于血液而启动的凝血过程。

（2）凝血酶原的激活和纤维蛋白的生成

（3）体内生理性凝血机制：外源性凝血途径在体内生理性凝血反应的启动中起关键性作用。组织因子是生理性凝血反应过程的启动物。内源性凝血对凝血反应开始后的维持和巩固起非常重要的作用。

⒊血液凝固的控制

（1）血管内皮的抗凝作用

（2）纤维蛋白的吸附、血流的释放及单核巨噬细胞的吞噬作用

（3）生理性抗凝物质

①丝氨酸蛋白酶抑制物：抗凝血酶Ⅲ

②蛋白质C系统：蛋白质C

③组织因子途径抑制物（TFPI）

④肝素：肝素主要是通过增强抗凝血酶Ⅲ的活性而发挥间接的抗凝作用。此外，肝素还可刺激血管内皮细胞释放TFPI来抑制凝血过程

三、止血栓的溶解

纤溶系统主要包括纤维蛋白溶解酶原、纤溶酶、纤溶酶原激活物与纤溶抑制物。

纤溶的基本过程分为两个阶段：纤溶酶原的激活与纤维蛋白的降解。

1.纤溶酶原的激活

2.纤维蛋白与纤维蛋白原的降解

3.纤溶抑制物

第四节

血型与输血原则

一、血型与红细胞凝集

1.血型（bloodgroup）：通常指红细胞膜上特异抗原的类型。

2.红细胞凝集（agglutination）：血型不同的两个人的血滴放在玻片上混合，其中的红细胞可凝集成簇。其本质是抗原-抗体反应。

二、红细胞血型

1.ABO血型系统

（1）ABO血型的分型 根据红细胞膜上是否存在凝集原Ａ与Ｂ而将血液分为四种血型--－A型、B型、AB型、O型。不同人的血清中含有不同的凝集素，但不含对抗自身红细胞凝集原的凝集素。ABO血型系统还有亚型。

（2）ABO血型系统的抗原：ABO血型系统各种抗原的特异性决定于红细胞膜上的糖蛋白或糖脂上所含的糖链。

（3）ABO血型系统的抗体：血型抗体有天然抗体和免疫性抗体两种。ABO血型系统存在天然抗体，主要为IgM，不能通过胎盘。免疫性抗体属于IgG抗体，可以通过胎盘。

（4）ABO血型的遗传：ABO血型系统中控制A、B、H凝集原形成的基因位于９号染色体的等位基因上。三个基因可组成六组基因型；血型的表现型仅有四种。

（5）ABO血型的鉴定

2.Rh血型系统

（1）Rh血型的发现与分布

（2）Rh血型系统的抗原与分型 已发现40多种Rh抗原，与临床关系密切的是D、E、C、c、e5种，D抗原的抗原性最强。因此通常将红细胞上含有D抗原称为Rh阳性，反之阴性。

（3）Rh血型的特点及其临床意义

①Rh血型抗原只存在于红细胞上。ABH抗原不仅存在于红细胞上，也存在于淋巴细胞、血小板和大多数上皮细胞和内皮细胞的膜上。大多数人为Rh阳性血。

②从出生几个月后人血清中一直存在ABO系统天然抗体，不存在Rh的天然抗体，抗体需经免疫应答反应产生，即Rh阴性者初次接受Rh阳性血液的输入，或Rh阴性的母亲怀有Rh阳性的胎儿时，由于少量抗原进入母体，使母体产生Rh抗体（主要为IgG，可以通过胎盘）。

③ABO系统的抗体一般是完全抗体IgM,而Rh系统的抗体主要是不完全抗体IgG。

④Rh阴性的母亲第二次妊娠时（第一胎为阳性时）可使Rh阳性胎儿发生严重溶血。

三、输血的原则

1.首先必须鉴定血型，保证供血者与受血者的ABO血型相合；育龄期妇女和需反复输血的病人，还必须使Rh血型相合。

2.输血前必须进行交叉配血试验：把供血者的红细胞与受血者的血清加在一起，称为交互配血的主侧；再把受血者的红细胞与供血者的血清作配血试验，称为交叉配血的次侧。交叉配血试验结果判断：

（1）两侧均无凝集反应，可以输血

（2）主侧凝集，不管次侧是否凝集，绝对不能输血

（3）主侧不凝集，次侧凝集，可少量、缓慢输血，并需密切观察受血者的情况。【思考题】

1.血液有哪些生理功能？

2.试述红细胞的生理作用、生成原料及生成调节。

3.试述生理止血的过程。

4.试比较内源性和外源性凝血系统。

5.试述输血的基本原则。【参考资料】

1.姚泰主编.生理学.第五版.北京：人民卫生出版社，2024

2.姚泰主编.人体生理学.第三版.北京：人民卫生出版社，2024

3.范少光、汤浩、潘伟丰主编.人体生理学（二版）.北京：北京医科大学出版社，2024

4．贺石林，李俊成、秦晓群主编.临床生理学.北京：科学出版社，2024

5、Review of Medical physiology

5.Guyton AC.Textbook of Medical Physiology, 10th edition, Philadelphia, Saunders , 2024

第六章

血液循环

【学时分配】10时 【教学目的】

1.掌握心脏的功能及实现其功能的原理。

2.掌握动脉血压形成及影响因素。

3.掌握微循环，组织液的生成及影响因素。

4.掌握心血管活动、动脉血压以及冠脉流量的调节。

【教学重点】

1.心肌细胞动作电位的特点和产生机制。

2.心肌细胞电生理特性及其影响因素。

3.心脏泵血机制及过程。

4.心脏泵血功能评价的基本指标。

5.影响心脏泵血功能的因素。

6.动脉血压的正常值、形成及其影响因素。中心静脉压的概念及其意义。

7.微循环的组成、调节及意义。

8.组织液的生成及影响因素。

9.心血管活动的调节。

【教学难点】

1.心肌细胞动作电位的产生机制。

2.影响心肌细胞电生理特性的因素。

3.心脏泵血功能调节机制。

4.微循环的调节。

5.心血管中枢。

【教学方法】多媒体教学；提问、讨论式教学。【教具准备】多媒体电脑、多媒体课件。【授课内容】

第一节

心脏的泵血功能

一、心动周期

1．概念：心脏一次收缩和舒张构成一个机械活动周期称为心动周期（cardiac cycle）。由于心室在心脏泵血活动中起主要作用，所以心动周期通常是指心室的活动周期。

2．心率与心动周期的关系：心动周期时程的长短与心率有关。心率加快，心动周期缩短，收缩期（systole）和舒张期（diastole）都缩短，但舒张期缩短的比例较大，心肌工作的时间相对延长，而休息时间缩短。这样将不利于心室充盈；不利于心室休息和供血，故心率过快对心脏不利，也将影响心脏的泵血功能。

二、心脏泵血过程

1．心房的初级泵血功能：在心室舒张末期，心房开始收缩，作为下一个心动周期的开始。心房收缩，心房内压升高，进一步将血液挤入心室。心房收缩期间泵入心室的血量约占整个心动周期中心室总回流量的２５％。心房收缩的意义：①增加心室的容积和压力——利于心室射血；②降低心房压力——利于静脉血回流。

2．心室的射血和充盈过程

（1）心室收缩期（以左心室为例）：

①等容收缩期(period of isovolumic contraction)：心室开始收缩时，室内压迅速上升，当室内压超过房内压时，房室瓣关闭，而此时主动脉瓣亦处于关闭状态，故心室处于压力不断增加的等容封闭状态。

等容收缩期的特点：a．心室第一次密闭；b．室内压升高最快；c．心室容积最大，保持不变。

②快速射血期（period of rapid ejection)：当室内压超过主动脉压时，主动脉瓣开放，进入射血期。在射血期的前1/3左右时间内，心室压力上升超过主动脉压，推动半月瓣开放，血液被迅速射入主动脉，射出的血量很大，占心搏出量的７０％，称为快速射血期。

③减慢射血期（period of slow ejection）：心室收缩力量和室内压开始下降，射血速度减慢，称为减慢射血期。此时室内压虽已略低于主动脉压，但因心室内的血液有较大的动能，仍能继续流向动脉。

心室射血期的特点：a．由于心室收缩引起室内压提高，使射血得以完成；b．心室容积由最大至最小；c．射血速度由快至慢。

（2）心室舒张期

①等容舒张期（period of isovolumic relaxation)：心室开始舒张，室内压迅速下降，使半月瓣关闭；此时室内压仍高于房内压，故房室瓣仍关闭。由于主动脉瓣和房室瓣都处于关闭状态，故心室处于压力不断下降的等容封闭状态。该期是室内压下降最快的时期。等容舒张期的特点：a．心室第二次密闭；b．室内压下降最快；c．心室容积最小，保持不变。

②快速充盈期（period of rapid filling）：当心室继续舒张至室内压低于房内压时，房室瓣开放，进入心室充盈期。在充盈初期，由于心室继续强烈舒张，使室内压更低于房内压甚至造成负压，使心房和大静脉内的血液因心室的“抽吸作用”而快速充盈心室，称为快速充盈期。

③减慢充盈期(period of reduced filling)：随着心室内充盈的血量增多，心室与心房、大静脉之间的压力差减小，血液流入心室的速度变慢，称之为减慢充盈期。在减慢充盈期的后半段时间（相当于心室舒张的后三分之一期间），由于下一心动周期心房的收缩，又“挤入”额外的血液到心室，此时又进入下一心动周期。心室充盈期的特点：a．由于心室舒张引起室内压下降低于房内压，使充盈得以实现；b．心室容积由最小至最大；c．充盈速度由快至慢。

（3）心动周期的特点：

①血液在相应腔室之间流动的主要动力是压力梯度，心室的收缩和舒张是产生压力梯度的根本原因。

②瓣膜的单向开放对于室内压力的变化起重要作用。

③一个心动周期中，右心室内压变化的幅度（８～２４mmHg）比左心室（８０～１３０mmHg）小得多，因为肺动脉压力仅为主动脉的1/6。

④左、右心室的搏出血量相等。

⑤心动周期中，左心室内压最低的时期是等容舒张期末，最高的时期是快速射血期。因为主动脉压高于左心房内压，所以心室从血液充盈到射血的过程，是其内压从低于左心房内压到超过主动脉压的过程（变化幅度大），因此心室从充盈到射血这段时间内压力是不断升高的；而从减慢射血期至心室等容舒张过程中左心室内压是逐渐降低的，至等容舒张期末达最低。

3．心动周期中心房内压的变化

心房内压可用腔静脉脉搏表示，心房内压力曲线的变化表现为三个正波（a、c、v波）和两个负波（x、y波），各波的意义：a波：心房收缩，房内压↑。c波：心室收缩，室内压↑，房室瓣凸向心房，使房内压↑。v波：等容舒张期末，心房中积存较多血液，使房内压↑。X降波：心室射血，体积减小，心底、房室瓣下移，房内压↓。y降波：心室充盈，心房中血液流入心室，房内压↓。

4．心房、心室舒缩和瓣膜在心脏泵血活动中的作用

（1）心房-心室压力差：是心室充盈的动力；主要靠心室的舒张形成；决定房室瓣的开与关。

（2）心室-动脉压力差：是心室射血的动力；主要靠心室的收缩形成；决定动脉瓣的开与关。

（3）房室瓣：关闭：等容收缩期初； 开启：快速充盈期初（等容舒张期末）。

（4）半月瓣：关闭：等容舒张期初；开启：快速射血期初（等容收缩期末）。

三、心音

1．心音的概念：在胸壁的一定部位用听诊器听到的一些随心动周期而规律变化的声音，主要由心脏瓣膜关闭和血流撞击心室壁引起的振动所产生。

2．心音听诊的意义：判断瓣膜的功能状态、心律、心率。

3．心音的成分：主要由第一心音和第二心音。

（1）第一心音与第二心音的异同：

第一心音

第二心音

出现时间（标志）：心缩期（心室收缩开始）

心舒早期（心室舒张开始）`

心音特点：

音调低，历时较长

音调高，历时较短

听诊部位：

心尖区

主动脉瓣、肺动脉瓣听诊区

意义：

反映心室收缩力量

反映动脉压的高低

（2）第一心音和第二心音形成机制：

①第一心音发生在心缩期，标志着心室收缩的开始。是心室收缩期各种机械振动形成的，这一时期包括从房室瓣关闭到半月瓣关闭之前。第一心音是由房室瓣关闭、心室收缩使血流冲击房室瓣引起心室振动及心室射出的血液撞击动脉壁而引起的振动混合而成。

②第二心音是心室舒张早期各种机械振动形成的，主要是由于半月瓣迅速关闭，血流冲击大动脉根部引起的振动以及心室内壁振动而形成的。

（3）第三心音和第四心音： 第三心音发生在快速充盈期末，是一种低频率低振幅的心音，其形成可能与心室部分充盈后血流速度突然改变而造成的心室壁和瓣膜的振动。在儿童及年轻人可听到第三心音。第四心音又称心房音（atrial sound），是心房收缩使血液进入心室而引起的振动，老年人可出现。当第三心音、第四心音出现在成人时多为病理现象。

四、心泵功能的评定

1．每搏输出量和射血分数

（1）每搏输出量（stroke volume）：一侧心室每次收缩所输出的血量，称为每搏输出量。人体安静状态下约为60~80ml。

（2）射血分数（ejection fraction）：每搏输出量与心室舒张末期容积之百分比称为射血分数。人体安静时的射血分数约为55%~65%。射血分数与心肌的收缩能力有关，心肌收缩能力越强，则每搏输出量越多，射血分数也越大。

2．每分输出量与心指数

（1）每分输出量又称心输出量（cardiac output）：每分钟由一侧心室输出的血量。即：每分输出量＝每搏输出量×心率。正常成人安静状态下约为5~6L。

（2）心指数（cardiac index）：安静和空腹时，以单位体表面积（m2）计算的心输出量。正常成人的心指数约为3.0~3.5L/(min·m2)。

3．心脏作功量：每搏功指心室每次收缩所作的功。心脏收缩将血液射入动脉时，由心脏作功释放的能量转化为血液的动能（约5%）和压强能（心脏将静脉血管内较低的血压变成动脉血管内较高的血压所消耗的能量），以驱动血液循环流动。

五、影响心输出量的因素

由于心输出量是搏出量和心率的乘积，因此凡影响到搏出量或心率的因素都将影响心输出量。

1．前负荷对搏出量的影响

（1）Starling机制——心泵功能的自身调节：前负荷即心室肌收缩前所承受的负荷，也就是心室舒张末期的容积，与静脉回心血量有关。前负荷的变化可调节心搏出量，使搏出量随静脉回心血量的变化而变化（“心的定律”），即在生理范围内，心脏能将回流的血液全部搏出。这种调节方式是由心肌细胞初长度改变引起的心肌细胞收缩强度的改变，以适应静脉回流的变化，故又称异长调节或starling机制。

（2）心功能曲线各段的特点及意义：①左室充盈压在12～15mmHg（最适前负荷）范围内。特点：左侧为升支，右侧较平坦。意义：维持心室射血量与经常变化的回心血量相平衡。左心室的正常工作点是充盈压为5～6mmHg时，位于曲线的升支，离最适初长尚有距离，因此有较大的初长储备，能在回心血量增加时相应增加搏出量。②左室充盈压在15～20mmHg范围内。特点：曲线平坦。意义：即使心室充盈压超过最适前负荷，心脏射血仍在高水平。③左室充盈压＞20mmHg时：特点：曲线平坦或轻度下倾，无明显降支（与骨骼肌不同）。意义：心室充盈压过高时，心室射血量也不会明显减少。

综上所述，当前负荷（回心血量）在比较大的范围内变化时，心室肌的收缩强度会随之发生改变，使搏出量可相应地随

之变化。正常心室功能曲线（长度-张力曲线）不出现降支的原因是心肌细胞间质中含大量劲度较大的胶原纤维，使其伸展性较小所致。心室功能曲线反映搏功和心室舒张末期压力（或初长度）的关系，而心肌的初长度决定于前负荷和心肌的特性。心肌达最适初长度（2.0～2.2μm）之前，静息张力较小，初长度随前负荷变化，但心肌超过最适初长度后，静息张力较大，阻止其继续被拉长，初长度不再与前负荷是平行关系。表现为心肌的伸展性较小，心室功能曲线不出现降支。

（3）影响心室前负荷的因素：①心室余血量：与心肌收缩力有关。②心室充盈量：包括 a．充盈期的长短：与心率有关；b．静脉回流速度：与体位、静脉-心房压差有关；c．心房收缩：可增加充盈25%。

2．心肌收缩能力的改变对搏出量的调节：

（1）心肌收缩能力（cardiac contractility）：心肌不依赖于前、后负荷而能改变其力学活动（包括收缩速度和强度）的内在特性。由于这种调节与心肌初长度无关，因而这种调节每搏输出量的方式称为等长自身调节。

（2）等长调节的作用：当心肌收缩能力增强时，心功能曲线左上移位；当心肌收缩能力减弱时，心功能曲线右下移位。

（3）影响心肌收缩能力的因素： 横桥被活化的数目；横桥ATP酶的活性；横桥循环中各步骤的速率；兴奋时胞浆中的Ca2+浓度（依赖外源性的Ca2+）；肌钙蛋白对Ca2+的亲和力（钙增敏剂：茶碱）。心肌收缩能力受多种因素影响，主要是由影响兴奋-收缩耦联的因素起作用，其中活化横桥数和肌凝蛋白ATP酶活性是控制心肌收缩力的重要因素。另外，神经、体液因素起一定调节作用，儿茶酚胺、强心药、Ca2+等加强心肌收缩力；乙酰胆碱、缺氧、酸中毒，心衰等降低心肌收缩力。

3．后负荷对搏出量的影响：

（1）后负荷：心室射血时遇到的阻力（大动脉血压）。

（2）影响过程：后负荷增加时，心室射血所遇阻力增大，使心室等容收缩期延长，射血期延迟，心肌将能量较多消耗在提高室内压上，而用于肌纤维缩短的能量相对减少，使射血期缩短，射血速度减慢，每搏输出量减少，余血量增加。但随后将通过异长和等长调节机制，恢复并维持适当的心输出量。

（3）可调节范围： 血压＜160 mmHg。（当血压＞160 mmHg时，心输出量随之降低。）

4．心率对心泵功能的影响：

（1）心率在40～180次/min范围内变化时，每分输出量与心率成正比；

（2）心率超过180次/min时，由于快速充盈期缩短导致搏出量明显减少，心率的加快不能抵消搏出量的减少，所以心输出量随心率增加而降低；

（3）心率低于40次/min时，心室充盈量不再随心室充盈期的延长而增加（心室舒张末期容量达最大程度），使搏出量的增加不能抵消心率的减慢，也使心输量减少。

六、心泵功能的储备

心力储备（cardiac reserve）：心输出量随机体代谢的需要而增加的能力。

最大输出量：心脏每分钟能射出的最大血量（25～30L/min，运动员可达35L/min）。

心力储备的大小取决于两个方面：

1．心率储备：心率最大变化时可比静息时加快2～2.5倍（心率由75次/min增加至180次/min），使心输出量增加2～2.5倍。

2．每搏搏出量储备：①舒张期储备：心室舒张末期容量从145 ml增加至160ml，增加充盈15ml；②收缩期储备：心室收缩末期余血量从75 ml减少至20ml，增加射血55～60ml。

第二节

心脏的生物电现象及节律性兴奋的产生和传导

心肌细胞的分类

1．工作细胞（working cardiac cell）：心房肌、心室肌细胞，为快反应细胞（fast response cell），具有兴奋性（excitability）、传导性（conductivity）、收缩性（contractivity）、无自律性（autorhythmicity）。

2．特殊传导系统：具有兴奋性、传导性、自律性（除结区），但无收缩性。

特殊传导系统包括：

（1）窦房结、房室交界（房结区、结区、结希区）——慢反应细胞（slow response cell）。其中，房室交界的结区细胞无自律性，传导速度最慢，是形成房-室延搁的原因。

（2）房室束、左右束支、浦肯野氏纤维——快反应细胞。

3．区分快反应细胞和慢反应细胞的关键：动作电位0期形成的机制。

快反应细胞的0期去极化速度快，由快钠通道开放、Na+内流形成；慢反应细胞的0期去极化速度慢，由慢钙通道开放、Ca2+内流形成。

一、心肌细胞的动作电位和兴奋性

1．心室肌细胞的静息电位和动作电位

（1）静息电位：约-90mV

（2）动作电位：分除极和复极两个过程：除级过程（0期）膜内电位由-90mV→+20mV～+30mV（反极化），耗时1～2ms。复极过程（1、2、3、4期）慢而复杂，历时200～300ms。

①1期（快速复极初期）膜内电位由+20mV→0mV，耗时约10ms。

②2期（平台期）膜内电位稳定在0mV左右，耗时约100～150ms。

③3期（快速复极末期）膜内电位由0mV→-90mV，耗时约100～150ms。

④静息期（4期）膜内电位稳定在-90mV。

2．形成机制

内向电流：正离子由膜外向膜内流动或负离子由膜内向膜外流动，使膜除极。

外向电流：正离子由膜内向膜外流动或负离子由膜外向膜内流动，使膜复极或超级化。

（1）心室肌细胞静息电位的形成：K+外流达到的电-化学平衡电位。

（2）动作电位：分5个时期，复极化的离子流多而复杂，持续时间较长。

①0期Na+内流（快Na+通道，即INa通道）接近Na+的电-化平衡电位。

②1期K+外流（瞬时性外向钾流通道，即Ito）导致快速复极。

③2期内向离子流（Ca2+、Na+内流，即慢钙通道）与外向离子流（K+外流，即IK1）处于平衡状态。平台期是心室肌细胞动作电位持续时间较长的主要原因，也是心肌细胞区别于神经细胞和骨骼肌细胞动作电位的主要特征。平台期与心肌的兴奋收缩-耦连、心室肌不应期长、不会产生强直收缩有关，也常是神经递质和化学因素调节及药物治疗作用的环节。

④3期慢钙通道失活关闭，内向离子流消失，膜对K+的通透性增加，出现K+外流（再生性IK）。

⑤4期膜的离子转运机制加强，排出细胞内的Na+和Ca2+，摄回细胞外的K+，使细胞内外各离子的浓度梯度得以恢复。包括Na+-K+泵的转运（3：2）和Ca2+-Na+交换（1：3）。

（3）心室肌细胞与窦房结起搏细胞跨膜电位的不同点：

心室肌细胞

窦房结细胞

静息电位/最大舒张电位 值静息电位值-90mV

最大舒张电位-60～-65mV

阈电位

-70mV

-40mV

0期去极化速度

迅速

缓慢

0期结束时膜电位值

+20～+30mV

0mV左右

去极幅度

大（120mV）

小（70mV）

4期膜电位

稳定

不稳定，可自动去极化

膜电位分期

分0、1、2、3、4期

分0、3、4期，无平台期

（4）心室肌与快反应自律细胞膜电位的不同点：心室肌细胞膜电位的4期稳定；快反应自律细胞的4期不稳定，呈缓慢自动去极化，4期由逐渐衰减的K+外流（IK）和逐渐增强的Na+内流（If）形成。

3．影响兴奋性的因素 ：由于心肌细胞兴奋性的高低可用刺激阈值来衡量。阈强度或阈值是指细胞膜从静息电位去极化

到达阈电位所需的最小刺激强度。因此影响兴奋性的因素有：

（1）静息电位的水平：静息电位绝对值增大时（如血钾降低），与阈电位的差距加大，引起兴奋所需的刺激阈值增加，则兴奋性降低；反之，静息电位绝对值减小时，兴奋性增高。

（2）阈电位水平：阈电位上移时（如血钙升高），与静息电位的差距加大，兴奋性降低；阈电位下移，兴奋性增高。

（3）Na+通道的状态：钠通道有备用、激活、失活三种状态。正常静息状态的膜电位水平使其处于备用状态，当钠通道被激活开放引起钠离子内流和膜的去极化后，很快进入失活状态而关闭，钠离子内流停止。此时的钠通道不能被再次激活开放，只有当膜电位逐渐恢复后，钠通道才能逐渐恢复到备用状态而再次被激活。钠通道的激活、失活和复活到备用状态都是电压依赖性的，又是时间依赖性的。另外，血钾浓度也是影响心肌兴奋性的重要因素。当血钾逐渐升高时，心肌的兴奋性会出现先升高后降低的现象。血中K+轻度或中度增高时，细胞膜内外的K+浓度梯度减小，静息电位绝对值减小，距阈电位接近，兴奋性增高；当血中K+显著增高，静息电位绝对值过度减小时，Na+通道失活，兴奋性则完全丧失。因此，血中K+逐步增高时，心肌兴奋性先升高后降低。

4．兴奋性的周期性变化与收缩的关系

（1）一次兴奋过程中心肌兴奋性的周期变化：心肌细胞产生一次动作电位后，兴奋性依次发生以下周期性的变化：有效不应期、相对不应期、超常期。其中，最显著的特点是有效不应期较长，相当于心肌机械变化的整个收缩期和舒张早期，因此心肌不会出现强直收缩。

①有效不应期（effective refractory period, ERP）：从0期去极→复极3期达-60mV。包括: 绝对不应期（absolute refractory period, ARP）：从0期去极→复极3期达-55mV；局部反应期：从-55mV→-60mV

②相对不应期（relative refractory period, RRP）：从-60mV→-80mV

③超常期（supranormal period, SNP）：从-80mV→-90mV

心肌兴奋性的周期变化与钠通道的状态有关，而钠通道的状态又与膜电位的变化有关。所以，随着心肌细胞动作电位过程中膜电位的变化，兴奋性的变化呈现周期性。有效不应期内，钠通道完全失活（绝对不应期）或仅有少量钠通道刚开始复活（局部反应期），此时心肌的兴奋性完全丧失（绝对不应期）或极低（局部反应期），所以，即使给予强刺激心肌细胞也不会产生反应（绝对不应期）或仅产生局部兴奋（局部反应期）。因此在有效不应期内，任何刺激都不能使心肌细胞再次产生动作电位和机械收缩。相对不应期内，大部分钠通道已经逐渐复活，但开放能力未达到正常状态，兴奋性有所恢复但仍低于正常，须用阈上刺激才可引起新的动作电位。超常期内，钠通道已经基本复活，而且膜电位靠近阈电位，使其兴奋性高于正常，因而用阈下刺激即可引起细胞兴奋。在相对不应期和超常期内，由于部分钠通道仍处于失活状态而不能开放，所以此时引起的动作电位与正常动作电位不同，其0期去极化的速度和幅度都小于正常，兴奋传导的速度也较慢。

（2）兴奋的周期性变化与心肌收缩活动的关系：

①不发生强直收缩：心肌细胞有数百毫秒的有效不应期（相当于整个收缩期和舒张早期），此期内的任何刺激都不能使心肌产生新的兴奋和收缩，因而不会发生强直收缩，总是保持收缩与舒张交替的节律性活动，以实现其泵血功能。

②期前收缩和代偿间隙：心室肌在有效不应期终结之后，受到人工的或潜在起搏点的异常刺激，可在正常节律之前发生一次兴奋和收缩，称为期前兴奋和期前（期外）收缩。由于期前兴奋也有自己的不应期，当紧接在期前收缩后的一次窦房结的兴奋传到心室时，常常正好落在期前兴奋的有效不应期内而失效，因此在期前收缩之后，往往出现较长的心室舒张期，这称为代偿间隙。

二、心肌的自动节律性

心肌能自动地、按一定节律发生兴奋的能力，称为自动节律性。心肌的自律性来源于特殊传导系统的自律细胞，其中窦房结细胞的自律性最高，称为起搏细胞，是正常的起搏点。潜在起搏点的自律性由高到低的顺序依次为：房室交界区、房室束、浦肯野氏纤维。

1．自律细胞的跨膜电位及其形成机制

自律细胞分快反应自律细胞和慢反应自律细胞，自律细胞的共同特点是4期的膜电位不稳定，可发生4期自动去极化。

（1）窦房结细胞的动作电位及其形成机制

①动作电位的特点： a．由0、3、4期组成；b．最大复极电位-60～-65mV；c．阈电位-40mV；d．动作电位幅值小，约70mV，超射小；e．4期自动去极化速度快于浦肯野细胞。

②动作电位的形成机制：0期：Ca2+内流（ICa-L）

3期：K+外流（IK）

4期：三种起搏离子流（pacemaker current）参与，一种外向电流、两种内向电流：

a．逐渐衰减的K+外流（IK），有时间依从性；b．进行性增强的Na+内流（If），较弱；c．后半期被激活的Ca2+内流（ICa-T）。

两种Ca2+通道的比较:

T（transient）型Ca2+通道（ICa-T）： 阈电位-50～-60mV；形成慢反应细胞的4期；可被镍阻断，不被钙通道阻断剂阻滞;不受儿茶酚胺的控制。

L（long lasting）型Ca2+通道（ICa-L）： 阈电位-40mV；形成慢反应细胞的0期和快反应细胞的2期；可被钙通道阻断剂Mn2+、异搏定（verapamil）阻滞；受儿茶酚胺的控制。

INa与IK的区别： INa

IK

开放

0期

4期

激活

去极达-70mV

复极达-60mV，复极达－100mV时充分激活

失活

0期去极达0mV

4期除极达-50mV

阻断剂

TTX

铯（Cs）

（2）浦肯野细胞的动作电位：

①动作电位的特点：a．0、1、2、3期与心室肌相似，但时程长（约400毫秒）；b．最大复极电位-90mV，阈电位-70mV；c．4期不稳定，可自动除极化，达阈电位后自动兴奋，产生动作电位。

②4期形成机制：a．逐渐衰减的IK（背景电流）；b．逐渐增强的If（为主）

2．心肌传导系统各部位的自律性及影响自律性的因素

（1）起搏点(pacemaker)：

正常起搏点（窦性心律）： 窦房结（90～100次/分）

潜在起搏点（异位心律）： 房室交界（40～60次/分）；浦肯野纤维（15～40次/分）

（2）窦房结控制潜在起搏点的方式：

①抢先占领(preoccuppation)：潜在起搏点的4期自动去极化尚未达阈电位时，已受到窦房结发出并传播来的兴奋所激动而产生动作电位，其自身的自动兴奋便不可能表现出来。

②超速驱动压抑(overdrive suppression)：潜在起搏点在窦房结较高频率的节律长期驱动下，自身处于超速驱动的状态，而自律活动被压抑的效应。表现为一旦窦房结的驱动作用中断，潜在起搏点需要经过一定时间才能从被压抑的状态恢复过来，再表现出本身的自动节律。

（3）影响自律性的因素：①4期去极化的速度；②最大舒张电位的水平；③阈电位水平。

三、心肌的传导性和兴奋在心脏的传导

1．心肌细胞的传导性：心肌细胞之间通过闰盘连接，整块心肌相当于一个机能上的合胞体，动作电位以局部电流的方式在细胞间传导。

2．兴奋在心脏内的传导过程和特点：

（1）传导的顺序：窦房结（P细胞）→心房肌、结间束（优势传导通路）→房室交界（房室结区）→房室束（希氏束）、左右束支→浦肯野纤维→心室

（2）传导的特点：①窦房结为心脏的正常起搏点。其中P细胞是起搏细胞，过渡细胞的作用是将P细胞的兴奋向周围传播。②优势传导路由排列方向一致、结构整齐的心房肌纤维构成，传导速度快于心房肌，分前、中、后结间束。其中前结间束传导速度最快（1米/秒），连接左、右心房，可使左右心房几乎同时收缩。③房室交界处传导速度慢（0.02～0.05米/秒），形成房-室延搁（0.1秒），以保证心房、心室的顺序活动和心室有足够的血液充盈。④心房内和心室内的兴奋以局部电流的

方式传播，传导速度快，从而保证心房或心室同步活动，有利于实现泵血功能。

（3）影响心肌传导性的因素：

结构因素： ①心肌细胞的直径；②细胞间缝隙连接的数量。

生理因素： ①动作电位0期除极速度和幅度；②邻近未兴奋部位膜的兴奋性。

四、心肌细胞与骨骼肌细胞收缩性的区别

心肌

骨骼肌

1．耦联机制和T管上Ca2+通道开放→Ca2+内流

T管上特殊Ca2+通道的变构

钙离子来源：→激活终末池Ca2+通道开放→终末池Ca2+通道开放

（对细胞外Ca2+有依赖性）

（不依赖细胞外的Ca2+）

2．不应期

长（＞200ms）

短（1～2ms）

不发生强直收缩易

发生强直收缩

3．收缩强度 同步收缩，“全或无”式 力量强取决于参加收缩的肌纤维的数目

4．收缩的引起起搏点兴奋下传

运动神经传来兴奋

五、体表心电图

心电图（electrocardiogram，ECG）——将心电图机的测量电极置于体表的一定部位，所记录到的心电变化的波形。

心电图各主要波段的意义： P波：左右两心房的去极化。QRS：左右两心室的去极化。T波：两心室复极化。U波：浦肯野纤维网的复极化。PR间期：从P波的起点到QRS波的起点。表示从心房开始兴奋到心室开始兴奋的时间。Q-T间期：从QRS波开始到T波结束。表示心室肌开始除极到复极完成的总时间。S-T段：从QRS波结束到T波开始。表示心室各部分都处于去极化状态。

第三节

血管生理

一、各类血管的功能特点

1．弹性贮器血管（windkessel vessels）——大动脉，包括主动脉、肺动脉主干及其发出的最大分支。作用：（第二心脏作用）①变间断的心脏射血为持续的血液流动；②缓冲动脉血压不致于大起大落（缓冲收缩压、维持舒张压、减小脉压差）。

2．分配血管——从弹性贮器血管以后到分支为小动脉前的动脉管道。作用：将血液输送至各器官组织。

3．毛细血管前阻力血管（precapillary resistance vessels）——小动脉和微动脉。作用：构成主要的外周阻力，维持动脉血压。通过动脉壁平滑肌的舒缩活动使局部血管的口径和血流阻力发生明显的变化，从而改变所在器官、组织的血流量。

4．毛细血管前括约肌（precapillary sphincter）——真毛细血管起始部环绕的平滑肌。作用：控制其后的毛细血管的关闭和开放，以决定某一时间内毛细血管的开放数量。

5．交换血管——真毛细血管。作用：是血管内血液和血管外组织液进行物质交换的场所。

6．毛细血管后阻力血管（postcapillary resistance vessels）——微静脉。作用：通过舒缩改变毛细血管前阻力和毛细血管后阻力的比值，从而改变毛细血管血压，影响体液在血管内和组织间隙的分配情况。

7．容量血管（capacitance vessels）——静脉。作用：容纳全身循环血量的60～70%，起血液贮存库作用。

8．短路血管——动-静脉吻合支。

二、血流量、血流阻力和血压

1．血流量和血流速度

血流量（blood flow）——单位时间内流过血管某一截面的血量。也称容积速度。

血流速度——血液中的一个质点在血管内移动的线速度。

层流（laminar flow）——液体中每个质点的流动方向都与血管的长轴相平行；且血管轴心处的流速最快，越靠近管壁，流速越慢。

湍流（turbulence）——血流速度加快到一定程度时，血流中各个质点的流动方向不一致，产生旋涡。关于湍流的形成条件，Reynolds提出一个经验公式：

2．血流阻力

血流阻力——血液在血管内流动时所遇到的阻力。血流阻力与血管的长度和血液粘滞度（biood viscosity）呈正比，与血管半径的4次方呈反比。

血液粘滞度的影响因素有：

（1）红细胞比容。

（2）血流的切率（shear rate）

（3）血管口径

（4）温度

3．血压（blood pressure）

（1）血压——血管内的血液对于单位面积血管壁的侧压力，即压强。

（2）血压的形成

①循环系统平均充盈压（mean circulatory filling pressure）：当心脏停搏，血流停止时，循环系统中各处的压力相等，取得平衡，约7mmHg（0.93kPa）。

②心脏射血：

射血期：血液获得动能（推动血液流动）和势能（对血管壁形成侧压而使血管壁扩张）；心舒期：势能转化为动能。

三、动脉血压和动脉脉搏

1．动脉血压（arterial blood pressure）

（1）形成：

①足够的血量充盈（循环系统平均充盈压）

②心脏射血（搏出量70ml,1/3流向外周，2/3贮存在大动脉中）

③外周阻力（小动脉、微动脉）

④大动脉壁的弹性贮器作用(第二心脏作用)

（2）正常值：一般所说的动脉血压指主动脉压，通常用在上臂测得的肱动脉压代表。

收缩压（systolic pressure）：心室收缩中期所达到的动脉血压的最高值（100～120mmHg）。

舒张压（diastolicn pressure）：心室舒张末期所达到的动脉血压的最低值（60～80mmHg）。

脉压（pulse pressure）＝收缩压－舒张压

平均动脉压（mean arterial pressure）：一个心动周期中每一瞬间的动脉血压平均值

平均动脉压＝舒张压+1/3脉压＝1/3收缩压+2/3舒张压

（3）动脉血压的变化特点：

①各段动脉血压不同：由主动脉到外周动脉，血压由高到低；外周动脉压波动幅度增大，脉压增大； 外周动脉的平均动脉压低于主动脉平均动脉压。

②血压降落幅度与该血管的血流阻力大小呈正比。

③微动脉的血流阻力最大，血压降落也最为明显。

（4）影响动脉血压的因素：动脉血压形成的前提条件是循环系统平均充盈压（循环血量与血管容量的关系）；决定动脉血压的因素有：心输出量（每搏输出量，心率）和外周阻力（小动脉、微动脉口径，血液粘滞度）；同时，大动脉壁的弹性对动脉血压起缓冲作用。因此，影响动脉血压的因素有：

①每搏输出量：主要影响收缩压。（收缩压的高低主要反映每搏输出量的大小）

②心率：主要影响舒张压。

③外周阻力：主要影响舒张压（影响舒张压的最重要因素）。（舒张压的高低主要反映外周阻力的大小）

本文档由站牛网zhann.net收集整理，更多优质范文文档请移步zhann.net站内查找