

运动生理学讲义

第一讲 绪论

一、运动生理学概述

(一)运动生理学的研究内容

1. 人体生理学

人体生理学是研究正常人体生命活动规律和人体各器官系统生理功能的科学。

2. 运动生理学

运动生理学是从人体运动的角度研究人体在体育运动的影响下机能活动变化规律的科学,在实验基础上研究人体对急性运动的反应和长期运动训练的适应所引起的机体结构和机能变化的规律。

(二)运动生理学的研究任务

运动生理学的任务是揭示人体在运动过程中身体功能的变化规律,同时又为人体健康水平的提高、身体功能的增强和锻炼训练效果的优化提供生理科学的指导。

(三)运动生理学的研究方法

1. 动物实验法

有时为了深入观察某种特定条件下运动引起的生理变化,可能会使实验对象造成一定的损伤,此时就需要利用动物进行实验观察。例如,从动物身上摘取局部组织、器官进行离体观察等。

2. 人体实验法

(1)运动现场测试法:是在运动现场直接对运动者在运动前、运动中及运动后恢复期的若干生理指标进行测定。

优点:所得结果符合运动现场生理和心理的实际状况。

缺点:运动现场研究环境条件的严格性可能受到一定限制,所得结果容易受运动环境及运动者心理因素等的影响,对实验测定结果及分析的准确性带来一定影响。

(2)实验室测试法:是在实验室条件下进行,让实验对象按照预先设计的实验方案,在实验室采用跑台及自行车功量计等各种实验训练装置进行模拟实验性训练,观察实验性训练对机体各种生理功能的影响。

优点:环境条件可严格控制,实验条件(训练方式、负荷强度、时间等)可准确定量,重复性好,所得结果严格准确。

(四)运动生理学的发展趋势

在系统观点下围绕功能问题展开整合化研究成为运动生理学发展趋势。加强分子水平研究的同时重视整体、器官、组织水平上的研究,尤其是整体水平的综合性研究,实现宏观与微观、形态与机能、基础研究与运动实践、优势与特色相结合的研究,实现在整合性研究中将研究成果高效转化应用

二、生命活动基本特征

(一)新陈代谢

生物体与周围环境进行物质与能量交换中实现自我更新的过程,称为新陈代谢。新陈代谢包括两个方面:同化作用和异化作用。新陈代谢是生命活动的



最基本特征。

(二)兴奋性

生物体对刺激发生反应的能力称为兴奋性。

(三)生殖

生物体生长发育到一定阶段后，能够产生与自己相似的子代个体，这种功能称为生殖。

三、机体内环境与稳态

(一)内环境

细胞外液是细胞生活的直接环境，又称为内环境

(二)稳态

在一定范围内，经过体内复杂的调节机制，维持不断变化的内环境理化性质保持相对动态平衡的状态称为稳态。

四、人体生理功能活动的调节

(一)神经调节

神经调节的基本方式是反射，是人体内最主要的调节机制。反射是指在中枢神经系统参与下，机体对内、外环境刺激产生的应答性反应。实现反射的结构基础是反射弧，反射弧是由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个部分组成。

(二)体液调节

主要是通过人体内分泌细胞分泌的各种激素分泌入血液后，经血液循环运送到全身各处，主要调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等重要基本功能，故称体液调节。

(三)自身调节

当体内环境变化时，器官、组织、细胞可以不依赖于神经或体液调节而产生的某些适应性反应，称自身调节

第二讲 骨骼肌机能

一、细胞生物电活动

(一)刺激和反应

1. 刺激

刺激可依据其性质不同分为物理性刺激（如声、光、电、温度等）、化学性刺激（如酸、碱、药物等）和生物性刺激（如细菌、病毒等）。

2. 反应

反应可分为两种：一种是由相对静止变为活动状态，或活动增强，称为兴奋；另一种是由活动变为相对静止状态，或活动减弱，称为抑制。

机体或细胞受到刺激后所发生的功能活动的变化，称为反应。

3. 刺激引起反应的条件

作为能引起反应的刺激通常要具备以下三个条件，即一定的强度、一定的持续时间和一定的强度变化率。

阈强度的刺激称为阈刺激，小于阈强度的刺激称为阈下刺激，大于阈强度的刺激称为阈上刺激。阈刺激和阈上刺激称为有效刺激。

当刺激的持续时间和强度变率都固定时，引起组织发生反应的最小刺激强度，称为阈强度或阈值。

(二)静息电位



静息电位：静息时细胞膜处于某种极化状态，表现为膜的两侧存在着一个膜内为负膜外为正的电位差，称为静息电位。

(三)动作电位

动作电位：当细胞受到有效刺激时，膜两侧电位的极性即发生暂时迅速的倒转，称为动作电位。

动作电位具有两个特点：①有“全或无”现象。②有绝对不应期。

二、骨骼肌超微结构

(一)肌纤维的微细结构

1. 肌原纤维：呈长纤维状，纵贯于肌纤维全长的结构。
2. 在显微镜下可见每条肌原纤维全长都呈现有规则的明暗交替，分别称明带（I带）和暗带（A带）。
3. 肌小节：两相邻Z线间的一段肌原纤维称为肌小节。它包括中间的暗带和两侧各1/2的明带。

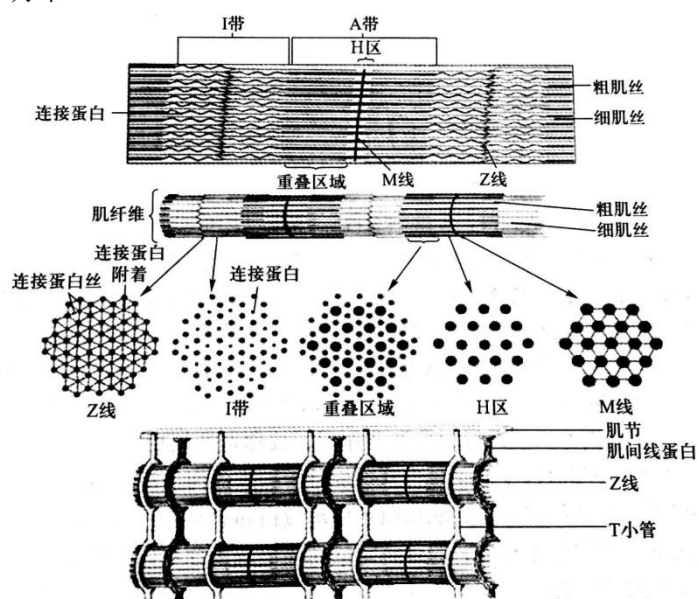


图 2-1 粗、细肌丝空间分布示意图

4. 粗肌丝主要由肌球蛋白分子组成。
5. 细肌丝至少由三种蛋白分子组成。一种称肌动蛋白，占细肌丝蛋白的60%，构成细肌丝的主体。另二种蛋白分别称原肌球蛋白和肌钙蛋白，它们对肌丝滑行起着调节作用，故称调节蛋白。



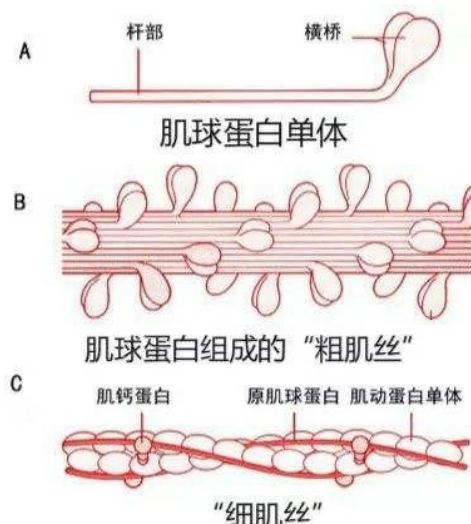


图 2-2 粗、细肌丝蛋白构成示意图

(二)肌管系统

1. 横管系统：走向和肌原纤维相垂直，又称 T 管，由肌膜向细胞内凹入而成，凹入位置与各 Z 线水平，横穿与肌原纤维中肌节之间呈环状环绕每条肌原纤维，同一水平的肌管互相沟通，横管内腔与细胞外液相通，其作用是将肌细胞兴奋时出现在细胞膜上的电位变化传入细胞内。
2. 纵管系统：走向和肌原纤维平行，又称 L 管。纵管包绕每个肌小节的中间部分，在近横管时管腔膨大成终池。
3. 三联管：每一横管和两侧的终池构成所谓三联管结构。

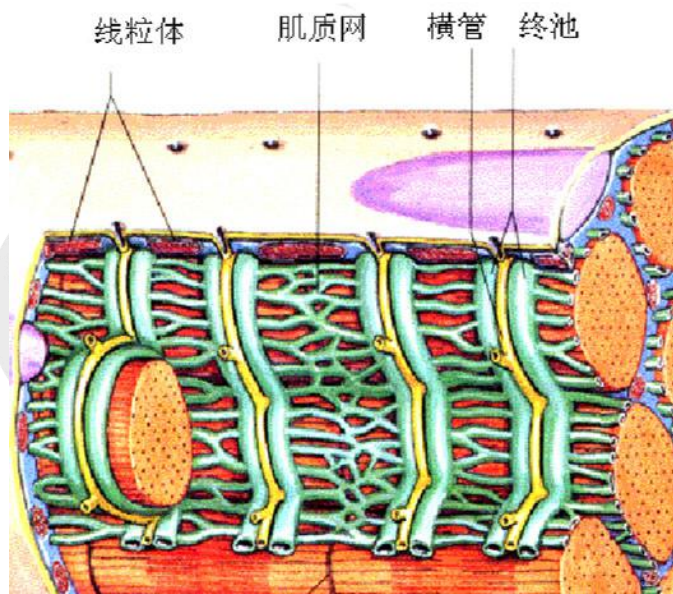


图 2-3 肌管系统结构示意图

三、骨骼肌的兴奋与收缩

(一)兴奋在神经-肌肉接点的传递

兴奋在神经-肌肉接点的传递是通过化学递质乙酰胆碱 (ACh) 和终板膜电位变化来实现的，具体过程如下：①当运动神经元兴奋时，神经冲动沿运动神经纤维传至轴突末梢，并刺激突触前膜。突触前膜去极化使膜上的钙通道开放，使得细胞外液中的 Ca^{2+} 进入突触前膜，触发轴浆中的囊泡向突触前膜的内侧面靠近；



②囊泡与突触前膜融合，其中所含的 ACh 被释放进入突触间隙，随后立即与突触后膜的 ACh 受体结合，引起突触后膜的 Na^+ 和 K^+ 等离子的通透性改变，突触后膜除极化，形成终板电位。终板电位通过局部电流作用，使邻近肌细胞膜去极化而产生动作电位，实现了兴奋由神经传递给肌肉；③由于突触间隙中和终板膜上有大量胆碱酯酶，在其作用下每次冲动从轴突末梢释放的乙酰胆碱，能在约 2ms 的时间内被全部水解而失活，从而维持神经-肌肉接头下次正常的传递功能。

兴奋再神经-肌肉接点的传递具有以下特点：①化学传递。递质为乙酰胆碱。②兴奋传递节律是 1 对 1 的；③单向传递。④时间延搁。⑤高敏感性。

(二)肌肉的兴奋-收缩耦联

兴奋-收缩耦联三个主要步骤：电兴奋通过横管系统传向肌细胞深处；三联管结构处的信息传递；肌浆网中 Ca^{2+} 释放入胞浆以及 Ca^{2+} 由胞浆向肌浆网的再聚积。

横管系统对正常肌细胞的兴奋-收缩耦联是十分必要的。

(三)肌肉的收缩与舒张过程

肌丝滑行理论：第一，当肌细胞兴奋动作电位引起肌浆 Ca^{2+} 的浓度升高时， Ca^{2+} 与细肌丝上肌钙蛋白结合，引起肌钙蛋白分子构型发生变化，这种变化又传递给原肌球蛋白分子，使后者构型亦发生变化。暴露出肌动蛋白上能与横桥结合的位点；第二，横桥与肌动蛋白结合形成肌动球蛋白。在 Mg^{2+} 参与下，ATP 分解释放能量，引起横桥头部向粗肌丝中心方向摆动，牵引细肌丝向粗肌丝中央滑行。第三，当刺激中止后，终池膜对 Ca^{2+} 通透性降低， Ca^{2+} 释放也停止。肌浆膜上的钙泵迅速回收 Ca^{2+} ，钙与肌钙蛋白结合解离，肌钙蛋白恢复到原来构型，继而原肌球蛋白也恢复到原来构型，横桥与肌动蛋白分离，粗、细肌丝退回到原来位置，肌小节变长，肌肉产生舒张。

四、肌肉收缩形式

1. 缩短收缩（又称向心收缩）：指肌肉收缩所产生的张力大于外加的阻力时，肌肉缩短，并牵引骨杠杆做相向运动的一种收缩形式

特点：肌肉收缩所产生的的张力大于外加阻力，肌肉缩短，肌肉做正功。

意义：在人体实践中缩短收缩是人体实现各种加速运动的基础，如前臂弯举、高抬腿跑、挥臂扣球、加速跑、改变身体姿势等。

依据整个关节运动范围肌肉张力与负荷的关系，缩短收缩又有非等动收缩和等动收缩之分。非等动收缩（习惯上称等张收缩）是肌肉克服恒定负荷的一种收缩形式，由于不同关节角度杠杆得益不同和受肌肉收缩长度变化的影响，在整个关节移动范围内肌肉收缩产生的张力和所遇负荷阻力是不等同的，收缩的速度也不相同。

等动收缩是在整个关节范围内肌肉产生的张力能始终与负荷等同，肌肉能以恒定速度或等同的强度收缩。可以通过专门的等动练习器械来实现。

2. 拉长收缩（又称离心收缩）：当肌肉收缩所产生的张力小于外力时，肌肉积极收缩但被拉长，这种收缩形式称为拉长收缩。

特点：肌肉收缩所产生的的张力小于外加阻力，肌肉被拉长，肌肉做负功。

意义：在人体实践中起制动、减速、缓冲、克服重力等作用。例如跑步时支撑腿后蹬前的屈髋、屈膝等。

在运动实践中拉长收缩又往往与缩短收缩联系在一起，形成所谓牵张-缩短环，即肌肉在缩短收缩前先进行拉长收缩，使肌肉被牵拉伸长

3. 等长收缩：当肌肉收缩产生的张力等于外力时，肌肉积极收缩，但长度不



变，这种收缩形式称为等长收缩。

特点：肌肉收缩所产生的的张力等于外加阻力，长度不变，肌肉做功为零。

意义：等长收缩是肌肉静力性工作的基础，在人体运动中对运动环节固定、支持和保持身体某种姿势起重要作用。

五、肌纤维的类型与运动能力

1. 肌纤维的类型与特征

表 2-1 不同类型骨骼肌纤维形态特征

形态特征	I 型（慢肌）	II（快肌）
直径	细	粗
肌浆网	不发达	发达
线粒体	数量多，容积大	数量少，容积小
α 运动神经元	小	大
毛细血管网	较丰富	不太丰富

表 2-2 不同类型骨骼肌纤维生理及代谢特征

生理及代谢特征	I 型（慢肌）	II（快肌）
无氧能力	低	高
有氧能力	高	低
收缩速度	慢	快
收缩力量	小	大
抗疲劳能力	强	弱
代谢特征	有氧代谢为主	无氧代谢为主

2. 肌纤维类型与运动的关系

(1)运动单位募集：指的是运动过程中不同类型运动单位参与活动的次序和程度。

(2)运动员肌纤维类型

参加短时间、剧烈运动的项目，如短跑、举重等项目运动员，肌肉中快肌纤维百分比明显占优势；参加耐力性项目，如马拉松、长跑等项目运动员，肌肉中却是慢肌纤维的百分比占优势；而对有氧能力和无氧能力需求均较高的中跑运动员如自行车项目，其两类肌纤维的分布接近相等。

3. 运动训练对骨骼肌纤维的影响

(1)对骨骼肌纤维类型百分构成的影响

肌纤维的类型特征是由运动神经支配所决定的，运动神经支配是决定肌纤维类型和控制其转变的可能原因。长期系统训练可导致肌肉结构和功能产生适应，使肌纤维百分构成发生改变。

(2)对肌纤维面积的影响

经常进行体育锻炼或系统的运动训练，可使骨骼肌组织壮大，肌肉功能得以改善。肌肉组织壮大的原因与肌纤维增粗、肌原纤维增多，即肥大和肌纤维数量增加，即增生两方面因素有关，但以前者的作用更为明显。不同形式的运动训练可优先造成主要运动肌内部某类型肌纤维的肥大，这种现象称为肌纤维的选择性肥大。

(3)对肌纤维代谢特征的影响

耐力训练可明显地使肌纤维中的线粒体的数目和体积增大，容积密度增加，



从而使线粒体蛋白增加，线粒体中琥珀酸脱氢酶、细胞色素 C 等酶的活性增加，肌纤维中的有氧氧化能力因而提高。而乳酸脱氢酶活性，以短跑运动员为最高，长跑运动员最低。

第三讲 血液与运动

一、血液的组成和功能

(一)血液的组成

1. 血浆

血浆是血液的液体成分，占全血量的 50%~55%，是含有多种溶质的溶液，主要物质有水、电解质、血浆蛋白、血脂和其它一些有机物质。

2. 血细胞

(1)红细胞：成熟的红细胞无细胞核和线粒体，红细胞保持正常双凹圆碟形需消耗能量，但由于成熟的红细胞没有线粒体无法进行有氧代谢，所以糖酵解是其获得能量的唯一途径。我国成年男性的红细胞数量为 $(4.5 \sim 5.5) \times 10^{12}/L$ ，女性为 $(3.5 \sim 5.0) \times 10^{12}/L$ 。红细胞的蛋白质主要是血红蛋白 (Hb)，Hb 浓度是诊断贫血最常用的指标。

(2)白细胞：为无色有核的球形细胞，可分为粒细胞、淋巴细胞和单核细胞。健康成年人安静时，白细胞总数为 $(4.0 \sim 10.0) \times 10^9/L$ 。

(3)血小板：也称为血栓细胞，是具有生物活性的小块胞质。

正常成人外周血液中血小板含量为 $(100 \sim 300) \times 10^9/L$

3. 血液的理化特性

(1)颜色和比重

血液呈红色，颜色的深浅决定于红细胞内的 Hb 含量和 Hb 的含氧量。动脉血含氧多，呈鲜红色，静脉血含氧少，则呈暗红色。

(2)粘滞度

血液粘滞度主要取决于红细胞的数量和血浆蛋白的含量。红细胞比容是决定血液粘滞度的最主要因素，红细胞比容越大，血液粘滞度就越高。

(3)渗透压

在血浆中，促使水分子透过膜移动的力量称为血浆渗透压。

由电解质所形成的渗透压称为晶体渗透压，它 80%来自于 Na^+ 和 Cl^- 。由蛋白质所形成的渗透压称为胶体渗透压。

(4)血浆 pH 值

正常人血浆的 pH 值为 7.35~7.45，人体生命活动所能耐受的最大 pH 值变化范围为 6.9~7.8。

当血浆 pH 值低于 7.35 时为酸中毒，高于 7.45 时为碱中毒。血浆 pH 值低于 6.9 或高于 7.8 时将危及生命。

(二)血液的功能

1. 运输功能

血浆的主要作用是运载血细胞，运输维持人体生命活动所需的物质和体内产生的代谢产物等。红细胞具有运输氧和二氧化碳的功能。

2. 营养功能

正常人的血浆总容量为 3L，其中约含有 200g 蛋白质，它们起着营养贮备的功能。

3. 维持内环境稳态的功能



相对于人体生存的外界环境,细胞外液是细胞生活的直接环境,称为内环境。内环境的相对稳定是机体正常生命活动的必需条件。血液中存在的强有力的缓冲系统调节酸碱平衡, $\text{NaHCO}_3 / \text{H}_2\text{CO}_3$ 的缓冲效率最高。

4. 免疫功能

血浆中含有的免疫球蛋白、补体系统都是血浆蛋白,在免疫功能中发挥重要作用。白细胞能吞噬异物、产生抗体,是机体防御系统的重要组成部分。

5. 凝血和抗凝血作用

血小板、血浆中纤维蛋白原和凝血酶等因子是引起血液凝固的成分。

二、运动对血液成分的影响

(一)运动对循环血量的影响:

运动时,由于储存的血液被动员使循环血量增加。运动员循环血量增加比无训练者大,而且尤以耐力性项目运动员增加更显著。

(二)运动对血细胞的影响

1. 红细胞数量因运动而发生变化,其变化量受运动类型、运动强度和持续时间等因素的影响。一般认为,进行短时间大强度快速运动比进行长时间耐力运动红细胞增加得更加明显。在同样时间的运动中,运动量越大,红细胞增加越多。Hb 是红细胞中重要的含铁蛋白,占红细胞中蛋白质总量的 90%以上。Hb 是决定运动员最大摄氧量的重要因素。运动员在大运动量训练开始时,易出现 Hb 下降的现象。经过一段时间训练后,身体对运动量适应后 Hb 浓度又会回升,这是机能改善和运动能力提高的表现,此时运动员参加比赛,成绩一般较好。由于运动训练引起的 Hb 浓度、红细胞数和/或 HCT 低于正常水平的一种暂时性现象,称为运动性贫血。

2. 安静状态时,运动员外周血液中白细胞总数及其分类计数与非运动员无明显差异。运动后外周血中白细胞增多,主要是中性粒细胞和淋巴细胞,而淋巴细胞中又以 B 淋巴细胞增多为主。运动后白细胞的恢复与运动强度和持续时间有关。运动强度越大,持续时间越长,白细胞的恢复速度越慢。

第四讲 循环机能与运动

一、心脏生理

(一)心肌的生理特性

1. 兴奋性:心肌工作细胞与骨骼肌细胞一样,也具有对刺激产生兴奋的能力,即兴奋性。

2. 自动节律性:心肌细胞在无外来刺激的情况下,能自动发生节律性兴奋的特性,称为自动节律性,简称为自律性。心脏中由窦房结、房室结、房室束和心室内的浦肯野氏细胞组成的特殊传导系统均具有自动节律性,但不同部位的自动节律性高低不一。通常窦房结的自动节律性最高,是主导整个心脏兴奋的自律组织,故称之为心脏的正常起搏点。

3. 传导性:心肌细胞具有传导兴奋的能力,称为传导性。心房肌的传播速度较快,左右心房几乎同时收缩。而兴奋在房室交界处的传导速度极慢,这种现象称为房室延搁。兴奋通过房-室交界后,传导速度又重新加快,左右心室几乎在同一时间进入收缩状态,形成同步收缩。房室延搁具有重要的生理意义,它使得心房的兴奋不能过快地传到心室,而是等到心房收缩结束即血液完全排入心室之后,心室再开始收缩,有利于心室充分的血液充盈和射血。



4. 收缩性：心肌和骨骼肌同属横纹肌，因此在刺激作用下，也具有收缩的特征，即收缩性。但其收缩性与骨骼肌相比较具有以下几个特点。(1)同步收缩；(2)不发生强直收缩；(3)期前收缩和代偿间歇。

(二)心脏的泵血

1. 心动周期

心脏的一次收缩和舒张构成一个机械活动周期，称为心动周期。若成年人安静时的平均心率为每分钟 75 次，则一个心动周期约为 0.8s。其中心房收缩期约为 0.1s，舒张期约为 0.7s；心室收缩期约 0.3s，舒张期约 0.5s。

2. 心脏泵血功能的评价

(1)心率

心率(HR)是指每分钟心脏跳动的次数。成年人安静时心率在 60~100 次/分之间，平均 75 次/分。

(2)每搏输出量和射血分数

①一侧心室一次心脏搏动所射出的血量，称为每搏输出量，简称搏出量(SV)。

②搏出量占心室舒张末期充盈量的百分比称为射血分数(EF)。

(3)每分输出量和心指数

①一侧心室每分钟所输出的血量，称为每分输出量，简称心输出量(CO)，它等于搏出量与心率的乘积。

②以每平方米体表面积计算的心输出量，称为心指数(CI)。

(4)心力储备

心输出量可以随着机体代谢水平的需要而增加，称为心泵功能储备，简称心力储备。

心力储备包括心率储备和搏出量储备。心率储备是指依靠心率增加而使心输出量增加的能力。人体的最高心率($HR_{max}=220-\text{年龄}$)主要取决于年龄。搏出量储备包括收缩期储备和舒张期储备。通常舒张期储备很少，运动时机体主要通过动员心率储备和收缩期储备而使心输出量大幅增加。

(三)影响心输出量的因素

1. 前负荷

前负荷是指肌肉收缩之前所承受的负荷。心室舒张末期容积相当于心室的前负荷。

2. 后负荷

后负荷是指肌肉开始收缩时才遇到的负荷。对心室而言大动脉压起着后负荷的作用。

3. 心肌收缩能力

心肌收缩能力是指心肌不依赖前、后负荷而改变其力学性能(包括收缩强度和速度)的一种内在特性。这种与心肌初长度无关而是通过改变心肌收缩能力来调节搏出量的机制，又称为等长调节

4. 心率

在一定范围内，心肌收缩能力随心率增加而逐渐增大。通常只有当心率在 120~180 次/分范围时，心输出量才能维持在较高水平。使心输出量处于较高水平的这一心率范围，称为最佳心率范围。

二、血管生理

(一)血管分类



血管按照组织结构可分为动脉、毛细血管和静脉。动脉将血液由心脏送至毛细血管，静脉将毛细血管内的血液送回心脏，毛细血管则是连接动脉和静脉的血管。

依据血管的功能又可血管分为弹性储器血管、分配血管、阻力血管、交换血管、容量血管和短路血管等。

(二) 动脉血压

1. 动脉血压

动脉血管内血液对于单位面积血管壁的侧压力，称为动脉血压。

心室收缩射血时，动脉血压急剧升高，在心室收缩中期达到最大，称收缩压。心室舒张时，动脉血压下降，在心舒末期降至最低，称舒张压。收缩压与舒张压的差值称脉搏压，简称脉压整个心动周期中各瞬间动脉血压的平均值，称为平均动脉压。由于心室收缩期短于舒张期，故平均动脉压更接近舒张压，约等于舒张压与 $1/3$ 脉压之和。我国健康青年人在安静状态下收缩压为 $100 \sim 120$ mmHg，舒张压为 $60 \sim 80$ mmHg。

2. 动脉血压的形成条件

血管内有血液充盈是形成动脉血压的前提条件，如果没有血液充盈，就不会对血管壁造成侧压。心室射血和外周阻力的相互作用是形成动脉血压的两个基本条件。

3. 影响动脉血压的因素

(1) 搏出量：搏出量的改变主要影响收缩压。

(2) 心率：心率的变化主要影响舒张压。

(3) 外周阻力：外周阻力主要影响舒张压。

(4) 大动脉管壁的弹性：大动脉管壁的扩张性和弹性具有缓冲动脉血压波动作用，使收缩压不致太高，舒张压不致太低。

(5) 循环血量：正常情况下，循环血量与血管系统的容量是相适应的，也是相对稳定的。只有在人体失血过多或严重脱水时，循环血量大幅减少，此时，动脉血压迅速降低。

(三) 影响静脉回心血量的因素

1. 体循环平均充盈压 体循环平均充盈压反映了血管的充盈程度，血管系统内充盈量越多，静脉回心血量就越多。

2. 心肌收缩力量 心肌收缩力量越强，射血时心室排空越彻底，剩余血量就越少，舒张期心室内压会降得越低，故对心房和大静脉内血液的抽吸力量就越大，静脉回流量就越多。

3. 体位改变 平卧时全身各处静脉与心脏大致处于同一水平，血液回流受重力影响小，因此回心血量较多。

当身体由卧位突然转为直立位时，可因大量血液淤滞于下肢静脉，导致回心血量大幅减少，引起脑部缺氧而发生头晕甚至晕厥，该现象称为重力性休克。

4. 骨骼肌的挤压作用 肌肉收缩可对肌肉内的静脉血管产生挤压作用，使静脉回流加快。

骨骼肌的运动和静脉瓣膜配合，对静脉回流起了一种“泵”的作用，肌肉这种作用又称“静脉泵”或“肌肉泵”。当肌肉进行节律性舒缩活动时，如跑步，下肢肌肉泵每分钟可挤出数升血液，促进了静脉血液的快速回流，对心脏泵血起到了较好的辅助作用。反之，若在剧烈运动后骤然停止并站立不动，肌肉突然放松会失去“肌肉泵”的作用，会使大量静脉血沉积于下肢的骨骼肌中，导致回心



血量骤减,严重者可出现重力性休克。正常人长时间站立或久坐,将可能出现下肢水肿,这也是由于下肢静脉缺乏肌肉节律性的挤压作用,导致血液淤积下肢的缘故。因此,肌肉泵对促进下肢静脉回流具有十分重要的意义。

5. 呼吸运动 吸气时胸廓扩大,胸内压进一步降低,胸腔内大静脉和右心房扩张,压力下降,有利于外周静脉血回心,呼气时正相反。

人在憋气时,由于胸内压显著升高,静脉回流受阻,常表现出面红耳赤,颈静脉怒张,如果憋气时间过长,会导致心输出量大幅减少,脑供血不足,甚至出现晕厥。可见,呼吸运动对静脉回流也起着“泵”的作用,称为“呼吸泵”。

三、运动训练对心血管活动的影响

(一) 心率、搏出量和心输出量

机体运动时,最为明显的变化是心率加快。研究发现,运动时心率的增加与运动的强度之间呈线性关系,直至达到最大心率

运动时随着心率的大幅度增加,心肌的收缩力量也明显增强。有研究认为,运动强度为最大强度的40%~60%时,心搏量随运动强度的增加而增加,超出此强度范围后,搏出量不再继续增加(平台期)。

由于运动时心率和每搏输出量的显著增加,心输出量可从安静时的 $5\text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 增加到 $25 \sim 30\text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$,运动员甚至可达 $35 \sim 40\text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$,心输出量的增加与运动强度之间呈线性相关。

(二) 动脉血压

运动时平均动脉压升高,但是收缩压和舒张压的增长幅度并不相同。当人体进行全身性耐力运动时,心输出量增加,血液重新分配,大量的骨骼肌的血管平滑肌舒张,内脏血管的平滑肌收缩,总的外周阻力变化不大甚至略有下降,此时,动脉血压的变化主要表现为收缩压升高,舒张压不会显著升高,甚至会略有下降。

(三) 运动训练对心脏结构和功能的影响

1. 运动性心脏肥大与微细结构重塑

由于长期的锻炼或训练而引起的以心腔扩大和心壁增厚为主要标志的心脏肥大,称为运动性心脏肥大。这是运动员心脏的重要特征表现。运动性心脏肥大通常呈中等程度肥大,重量一般不超过500g。运动性心脏肥大具有明显的项目特点,耐力运动员的心脏肥大主要表现为全心扩大,同时伴有左室壁厚度的轻度增加,又称离心性肥大;而力量运动员的心脏肥大则表现为以左室壁增厚为主,而左右心室腔的扩大不明显,又称向心性肥大。

在运动性心脏肥大的同时,心肌细胞内的线粒体、氧化酶、毛细血管、肌浆网、心肌细胞的特殊分泌颗粒及神经支配等微细结构均会发生相适应的变化,即发生了心脏重塑。心脏重塑保证了心肌细胞的氧化代谢能力及神经、体液调节能力与其形态结构的变化相适应,在运动性心脏肥大的同时,其能量代谢及调控能力随之增强,心脏的泵血功能亦显著提高。

2. 运动性心动徐缓

长期进行运动训练(尤其是耐力性训练)可使安静心率明显降低。这种由于运动锻炼或训练,导致安静时心率明显低于正常值的现象,称为运动性心动徐缓。运动性心动徐缓是心脏功能对长期运动训练的良好适应,可将其作为评价运动员训练程度的参考指标。

3. 心脏泵血功能改善

(1)在安静状态下,长期运动训练的人和普通人由于机体的代谢水平相同,心输出量并无太大差异。但普通人的心率快,搏出量较小,而运动员则表现为心动



徐缓，搏出量大；

(2)在定量负荷运动时，有训练者心率的增幅小，而心搏量的增幅大，心输出量的增幅亦较普通人小，表现出心泵功能的节省化现象。

(3)在完成极限负荷运动时，运动员的心泵功能表现出较高的机能储备量。

第五讲 呼吸机能与运动

一、呼吸和肺通气

(一)呼吸

定义：机体与环境之间的气体交换称为呼吸

呼吸全过程包括三个相互联系的环节（图 7-1）：①外呼吸。在肺部实现的外界环境与血液间的气体交换称为外呼吸，外呼吸包括肺通气（肺与外界环境之间的气体交换）和肺换气（肺泡与肺毛细血管血液之间的气体交换）；②气体运输。气体运输是指循环血液将 O_2 从肺运输到组织，又将 CO_2 从组织运输到肺的过程；③内呼吸。组织毛细血管中血液通过组织液与组织细胞间的气体交换称为内呼吸，亦称之为组织换气。

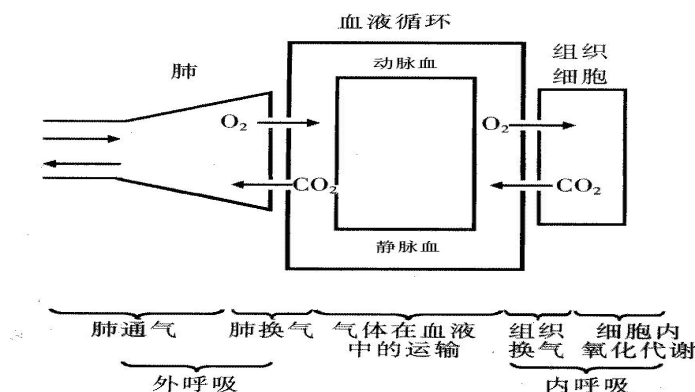


图 5-1 呼吸全过程示意图

(二)肺通气

1 定义：肺通气是指肺与外界环境之间的气体交换。

2. 肺通气的动力学

(1)呼吸形式

人体固有的吸气肌为肋间外肌和膈肌，呼气肌为肋间内肌和腹肌。

膈肌收缩和舒张时腹内压产生变化，腹壁随之起伏，因此以膈肌运动为主的呼吸运动称为腹式呼吸。

肋间外肌收缩（肋骨上提和外展）和舒张时胸壁随之起伏，因此以肋间外肌运动为主的呼吸运动称为胸式呼吸。

(2)胸膜腔内压

胸膜腔是指胸膜壁层和脏层之间的一个密闭腔隙，胸膜腔内压是指胸膜腔内的压力。在正常情况下呼吸时，胸膜腔内的压力总是低于大气压，称为胸内负压。

完成某些技术动作（如挺举时杠铃上提和上挺动作）时，为了使上肢发力获得稳定的支撑需憋气（吸气后关闭声门用力呼气）。憋气时一方面能反射性地引起肌张力的增大，另一方面由于憋气时胸内压呈正压，可能导致静脉血回流困难，心输出量减少，血压下降，致使心肌、脑细胞、视网膜供血不足，容易产生头晕、



恶心、耳鸣及“眼冒金花”等感觉；当憋气结束后会反射性地出现深吸气，使胸内压骤减，滞留于静脉的血液迅速回心，血压骤升。

3. 肺通气功能的评定

(1) 肺容积

肺内气体的容积总量称为肺容积，包括潮气量、补吸气量、补呼气量和余气量（表 5-1）。

表 5-1 肺容积的组成

指 标	定 义	容量 (ml)
潮气量	每次呼吸吸入或呼出的气量	500
补吸气量	吸气后再最大吸气所吸入的气量	1500~2000
补呼气量	呼气后再最大呼气所呼出的气量	900~1200
余气量	最大呼气后残余在肺内的气量	1000~1500

(2) 肺容量

肺容量：肺容积中两项或两项以上的联合气体量，称为肺容量。

肺活量：最大吸气后再做最大呼气，所能呼出的气量称为肺活量。它是潮气量、补吸气量和补呼气量三者之和。

时间肺活量：在最大吸气之后，以最快速度进行最大呼气，记录在一定时间内所能呼出的气量，称时间肺活量。

(3) 肺通气量和肺泡通气量

① 肺通气量

定义：人体每分钟吸入或呼出的气体总量称为肺通气量（VE），其值等于潮气量与每分钟呼吸频率的乘积。

最大随意通气量：在实验条件下，最大限度地做深而快的呼吸，每分钟所能吸入或呼出的气体量，称为最大随意通气量（MVV）或每分最大通气量。

肺泡通气量：是指每分钟吸入肺泡的新鲜空气量。

解剖无效腔：在呼吸过程中，每次吸入的气体中，留在呼吸性细支气管前呼吸道内的气体是不能进行交换的，这一部分空腔称为解剖无效腔。

肺泡通气量 = (潮气量 - 无效腔) × 呼吸频率 (次/分)。

4. 肺通气对运动的反应与适应

(1) 肺通气对运动的反应

运动时代谢旺盛，呼吸加深加快，肺通气量增加。

运动强度较低时，每分通气量的增加主要是潮气量的增加；当运动强度增加到一定程度时则主要依靠呼吸频率的增加。

运动过程中肺通气量的变化特点是，运动开始前，通气量稍有上升；运动开始后，通气量先是突然升高，进而再缓慢升高，随后达到一个平稳水平；运动停止时，也是通气量先骤降，继之缓慢下降，逐渐恢复到运动前水平。

(2) 肺通气对训练的适应

① 每分通气量的适应

有训练者的肺容积各组成部分都比无训练者大，深吸气和补呼气量尤为突出，并使肺活量提高。有训练者的每分通气量与无训练者相比，安静时差别不大，但前者在完成亚极量运动时增加的幅度较小，而完成极量运动时的最大通气量则明显较无训练者为高。

训练有素的耐力运动员在进行递增负荷运动时，肺通气量发生非线性变化的



时间延迟，通气阈增大。

②肺通气效率的提高

长期训练会导致安静时呼吸深度增加，呼吸频率下降。运动时，在相同肺通气量的情况下，运动员的呼吸频率比无训练者要低。

③氧通气当量的下降

每分通气量和每分摄氧量的比值 ($VE/V\dot{O}_2$) 称为氧通气当量。安静时的 $VE/V\dot{O}_2$ 几乎不因训练而改变。在完成相同强度运动时，优秀耐力运动员的 $VE/V\dot{O}_2$ 较非耐力运动员低。

二、肺换气和组织换气

(一)气体交换的原理

肺泡与血液之间以及血液与组织细胞之间 O_2 和 CO_2 的交换，称为气体交换。前者称为肺换气，后者称为组织换气。两种换气都是通过气体扩散的方式来实现。

气体交换的动力是各气体的分压差。所谓分压

是指混合气体中各组成气体所各自具有的压力，可用总压力乘以各组成气体的容积百分比求得。

(二)气体交换的过程

肺泡内 PO_2 高于静脉血 PO_2 ，而 P_{CO_2} 则低于静脉血。因此，当静脉血流经肺泡时 O_2 由肺泡向静脉血扩散， CO_2 则由静脉血向肺泡扩散。经肺换气后 PO_2 升高而 P_{CO_2} 降低，静脉血变成动脉血。动脉血流经组织时，由于组织的 PO_2 低于动脉血 PO_2 ， P_{CO_2} 高于动脉血，因此， O_2 由血液向组织扩散，而 CO_2 则由组织向血液扩散。经组织换气后 PO_2 降低而 P_{CO_2} 升高，动脉血变成静脉血。

三、气体在血液中的运输

(一) O_2 的运输

1. O_2 以物理溶解和化学结合两种形式存在于血液中，其中以化学结合为主，物理溶解为辅。绝大多数 O_2 是以与血红蛋白 (Hb) 结合的形式运载的。Hb 和 O_2 的结合反应快、可逆、不需酶的催化，但受 PO_2 的影响。

Hb 氧容量：在 100ml 血液中，Hb 所能结合的最大 O_2 量，称为 Hb 氧容量。

Hb 氧含量：Hb 实际结合的 O_2 量，称为 Hb 氧含量。

Hb 氧饱和度：Hb 氧含量占 Hb 氧容量的百分比，称为 Hb 氧饱和度。

2. 氧解离曲线

(1) 血液中 PO_2 与 Hb 氧饱和度之间关系的曲线，称为氧解离曲线。该曲线表示在不同 P_{O_2} 条件下 O_2 与 Hb 结合和分离的情况，其形似一条特殊的“S”形曲线，根据曲线的变化趋势和功能意义，可将曲线分为三段进行分析。



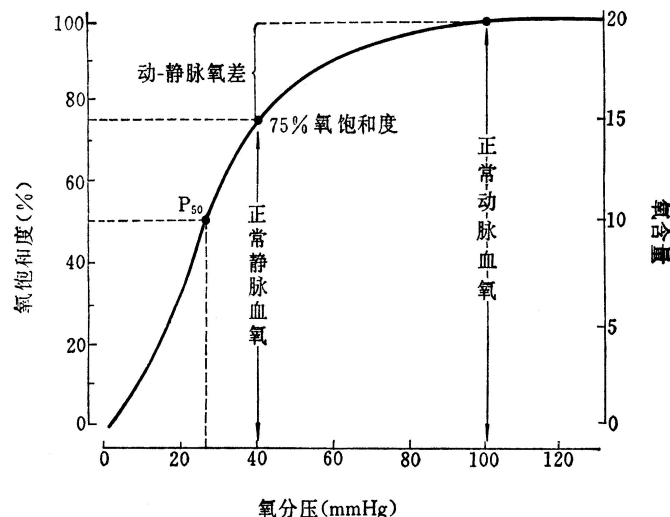


图 5-2 氧解离曲线

①氧解离曲线的右上段：相当于 P_{O_2} 在 60~100mmHg 之间，是反映 Hb 与 O_2 结合的部分。这段曲线的特点是比较平坦，表明 P_{O_2} 在此范围内变化对 Hb 氧饱和度或血液氧含量的影响不大。因此，即使在高原、高空或某些呼吸系统疾病情况下，吸入气或肺泡气 P_{O_2} 只要不低于 60 mmHg, Hb 氧饱和度仍能维持在 90% 以上，血液仍可携带足够量的 O_2 ，不会引起明显的低氧血症，这为机体摄取更多的 O_2 提供了保障。

②氧解离曲线的中段：相当于 P_{O_2} 40~60mmHg 之间，是反映 HbO_2 释放 O_2 的部分。这段曲线的特点是较陡，表明在此范围内 P_{O_2} 下降，便会引起 Hb 氧饱和度相应降低。该段曲线的生理意义再与保证正常状态下组织细胞 O_2 的供应。

③氧解离曲线的左下段 相当于 P_{O_2} 40~15mmHg 之间，是氧解离曲线最陡的部分，表明在此范围内 P_{O_2} 稍有降低，Hb 氧饱和度就会显著下降。如人体剧烈运动时，组织 P_{O_2} 可降至 15mmHg 甚至更低，Hb 氧饱和度可降至更低水平，即 HbO_2

进一步解离出 O_2 ，供组织细胞利用。故该段曲线的生理意义为：当组织细胞需氧量增加时（组织 P_{O_2} 下降至较安静水平更低时），血液可释放出更多的 O_2 。

(2)影响氧解离曲线的因素

影响氧解离曲线的主要因素有 PCO_2 、pH、温度、2, 3-二磷酸甘油酸(2, 3-DPG)等。当血液流经 PCO_2 和温度较高、pH 较低的组织时， HbO_2 解离出更多的 O_2 供组织利用，氧解离曲线右移；而当血液流经肺毛细血管时，较低的 PCO_2 和温度，较高的 pH 值促使 Hb 与 O_2 结合，有利于血液的载氧，氧解离曲线左移。运动过程中，肌肉温度升高，且产生大量的 CO_2 和 H^+ ，红细胞中 2, 3-DPG 的生成也增多，这些因素均促使 HbO_2 解离出更多的 O_2 满足肌肉组织的代谢需求，氧解离曲线右移。

(二) CO_2 的运输

血液中物理溶解的 CO_2 仅占 CO_2 总量的 5%，化学结合约占 95%。化学结合主要是以碳酸氢盐（约占 88%）和氨基甲酸 Hb（约占 7%）的形式存在。

四、运动时的合理呼吸

(一)减小呼吸道阻力

在剧烈运动时，为减少呼吸道阻力，人们常采用以口代鼻，或口鼻并用的呼吸。其利有三：①减少肺通气阻力，增加通气；②减少呼吸肌为克服阻力而增加的额外能量消耗，推迟疲劳出现；③暴露满布血管的口腔潮湿面，增加散热途径。



(二)提高肺通气速度和肺泡通气量的方法

提高肺通气量的方法，有增加呼吸频率和增加呼吸深度两种方法。呼吸频率是随着运动强度的增加而增加，并经 2-4 分钟达到稳定状态。而呼吸深度和肺通气量则须经 3-5 分钟才能达到稳定状态。表浅的呼吸只能使肺泡通气量下降，新鲜空气吸入减少，这是由于解剖无效腔的存在。深呼吸能吸入肺泡腔中更多的新鲜空气，使肺泡气中的空气新鲜率提高， PO_2 也随之提高，最终导致 O_2 的扩散量增加。但是过深过慢的呼吸会限制肺通气量进一步提高，并可导致肺换气功能受阻有意识地采取适宜的呼吸频率和较大的呼吸深度是很重要的。运动时（特别是在感到呼吸困难，缺氧严重的情况下），采用节制呼吸频率、在适当增加呼吸深度的同时注重深呼气的呼吸方法，更有助于提高机体的肺泡通气量。

(三)呼吸与技术动作的配合

1. 呼吸形式与技术动作的配合

呼吸的主要形式有胸式呼吸和腹式呼吸。运动时采取任何形式的呼吸，应根据有利于技术动作的运用而又不妨碍正常的呼吸为原则，灵活转换。

2. 呼吸时相与技术动作的配合

通常非周期性运动要特别注意呼吸的时相，应以人体关节运动的解剖学特征与技术动作的结构特点为转移。

3. 呼吸节奏与技术动作的配合

周期性的运动采用富有节奏的、混合型的呼吸将会使运动更加轻松和协调，更有利于创造出好的运动成绩。

第六讲 运动中的能量供应和运动能力

一、人体能量的供给

(一)能量代谢：生物体内物质代谢过程中所伴随的能量储存、释放、转移和利用，称为能量代谢。

人体通过体内储存的糖、脂肪和蛋白质的分解代谢获得所需要的能量

(二)ATP 与 ATP 稳态

ATP 是能量代谢的重要媒介

ATP 由腺嘌呤和核糖构成的腺苷与三个磷酸根基团结合形成（图 2-1），为生命活动提供的化学能一般认为蕴藏于远离腺苷的两个磷酸酯键中，也被称为高能磷酸键（~键）。

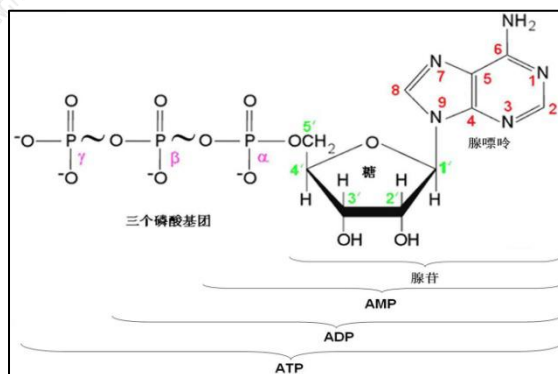


图 6-1 ATP 结构示意图

(三)ATP 的生成过程

1. 磷酸原系统：由于 ATP 和 CP 均含高能磷酸原，因此将这种能量瞬时供应



系统称为磷酸原系统或 ATP-CP 系统。ATP 和 CP 都是贮存在骨骼肌细胞中的高能化合物

特点：无氧代谢，供能最快，含量少，是人体一切高功率运动（如短跑、投掷、跳跃、急停起跳等）的供能基础。

2. 糖酵解系统

糖酵解系统是指糖原或葡萄糖在无氧分解过程中再合成 ATP 的供能系统。由于这一系统供能时要生成乳酸，所以亦称之乳酸能系统。它是机体处于氧供不足时的主要供能系统。

在三大能量物质中，只有糖能够直接在相对缺氧的条件下（不完全氧化）合成 ATP。

特点：供能总量较磷酸原系统多，输出功率次之，不需要氧，产生可导致运动疲劳的物质乳酸。适合 1min 左右运动（如 400m 或 800m 跑、100m 游泳等）。

磷酸原系统和糖酵解系统在代谢过程中都不需要氧的参与，所以这两个供能系统又合称为无氧供能系统。

3. 有氧氧化系统

有氧氧化系统是指糖、脂肪和蛋白质在氧供充足的情况下，彻底氧化成 H_2O 和 CO_2 的过程中，再合成 ATP 的供能系统。该系统供能是机体极大多数细胞主要的能量获取方式。

特点：有氧代谢，供能慢，能源的物质含量大，生成 ATP 多，维持运动时间长，2~3 小时（如马拉松、长距离游泳等），有氧系统的输出率较低。

（四）人体能量代谢的测定

1. 能量代谢测定方法：直接测量法和间接推测法。

食物的热价：把 1g 食物氧化时产生的热量称为食物的热价或卡价。

氧热价：某种食物氧化时消耗 1 升氧所产生的热量，即氧热价。

呼吸商：同一时间内机体 CO_2 的生成量和耗氧量的比值称为呼吸商。

2. 影响能量代谢的因素

（1）肌肉活动

肌肉活动对能量代谢的影响最为显著。

（2）环境温度

当环境温度低于 $20^{\circ}C$ 时，代谢率开始有所增加，在 $10^{\circ}C$ 以下，代谢率显著增加

当环境温度为 $30-45^{\circ}C$ 时，代谢率又会逐渐增加

（3）食物的特殊动力效应

食物能使机体产生“额外”热量的现象称为食物的特殊动力效应

（4）精神和情绪活动

人体处于激动、恐惧和焦虑等紧张状态下，能量代谢率可显著增加。

（5）其他因素

能量代谢还受种族、年龄、性别、身体成分乃至居住的地理环境等因素的影响。许多药物也能影响能量代谢。

3. 基础代谢与基础代谢率

基础代谢：指人体在清晨极端安静状态下，不受精神紧张、肌肉活动、食物和环境温度等因素影响时的能量代谢。

基础代谢率：单位时间内的基础代谢，称为基础代谢率（BMR）通常以每小时每平方米体表面积的热量



二、有氧工作能力的评价与训练

(一) 有氧工作能力相关定义

1. 有氧耐力：是指人体长时间进行有氧工作的能力。
2. 需氧量：是指人体为了维持某种生理活动所需要的氧量。
3. 摄氧量：也称吸氧量或耗氧量，是指机体每分钟能够摄取并利用的氧气的量。
4. 最大摄氧量：是指人体在进行有大量肌肉群参加的长时间剧烈运动中，当心肺功能和肌肉利用氧的能力达到本人的极限水平量，单位时间内所能摄取的氧量称为最大摄氧量。

5. 乳酸阈：在递增负荷运动中，运动强度较小时，血乳酸浓度与安静值相近，随运动强度的增加，乳酸浓度逐渐增加，当运动强度超过某一负荷时乳酸浓度急剧上升的开始点称为乳酸阈。这一点所对应的运动强度即乳酸阈强度。它反映了机体的代谢方式由有氧代谢为主过渡到无氧代谢为主的临界点或转折点。

6. 通气阈：运动时肺通气量突增时的转折点称为通气无氧阈，常简称为通气阈。

7. 乳酸阈和通气阈的实践意义

- (1) 评定有氧耐力
- (2) 制定有氧耐力的训练强度
- (3) 制定康复健身运动处方

(二) 有氧工作能力的生理基础

1. 心脏的泵血功能和肌肉利用氧的能力：包括(1)心肌的泵血功能（最大摄氧量的中央机制）(2)肌肉利用氧的能力（最大摄氧量的外周机制）。

2. 遗传因素
3. 年龄、性别因素
4. 训练的影响。训练可以增加心肌的收缩力和增大心容积。

(三) 有氧工作能力的测试与评价及在实践中的应用价值。

1. 最大摄氧量的评价方法

(1) 直接测定法：采用活动跑台跑或走、脚踏功率自行车进行测试。采用运动时间在 4-9min 的力竭运动。

(2) 间接测定法：用最大摄氧量的相对强度所测值推测最大摄氧量。

2. 实践中的应用价值

(1) 作为评定心肺功能和有氧工作能力的客观指标。最大摄氧量是反映心肺功能的综合指标。发现耐力性项目的运动成绩与最大摄氧量之间具有高度相关的关系。

(2) 作为选材的生理指标。最大摄氧量有较高的遗传度，故可作为选材的生理指标之一。

(3) 作为制定运动强度的依据。将最大摄氧量强度作为 100% 运动强度，然后根据训练计划制定不同百分比强度，使运动负荷更客观更实用，为运动训练服务。

(四) 提高有氧工作能力的训练方法。

1. 持续训练法

持续训练法是指强度较低、持续时间较长且不间断地进行训练方法，主要用于提高心肺功能和发展有氧代谢能力。

2. 乳酸阈强度训练法



个体乳酸阈强度是发展有氧耐力训练的最佳强度。以此强度进行耐力训练能显著提高有氧能力。

③间歇训练法

间歇训练法是指在两次练习之间有适当的间歇,并在间歇期进行强度较低的练习,而不是完全休息。

④高原训练法

在高原训练时,高原缺氧和运动缺氧促使 Hb 和红细胞数量增加。

三、无氧工作能力的评价与训练

(一)无氧工作能力定义

无氧工作能力是指运动中人体通过无氧代谢途径提供能量进行运动的能力。它由两部分组成,即由 ATP-CP 分解供能(非乳酸能)和糖无氧酵解供能(乳酸能)ATP-CP 是无氧功率的物质基础,而乳酸能则是速度耐力的物质基础。

(二)无氧工作能力的生理基础

1. ATP-CP 和 CP 的含量:人体在运动中 ATP 和 CP 的供能能力主要取决于 ATP 和 CP 含量,以及通过 CP 再合成 ATP-的能力。肌肉中的 ATP 和 CP 在 10 秒内就几乎耗竭。

2. 糖原含量及其酵酶活性:糖原含量及其酵解酶活性是糖无氧酵解能力的物质基础,糖无氧酵解供能是指由肌糖原无氧分解为乳酸时释放能量的过程。

3. 代谢过程的调节能力及运动后恢复过程的代谢能力:代谢过程的调节能力包括参与代谢过程的酶活性、神经与激素对代谢的调节、内环境变化使酸碱平衡的调节以及各器官活动的协调等。

4. 最大氧亏积累:在剧烈运动时,需氧量大大超过摄氧量,肌肉能过无氧代谢产生能量造成体内氧的亏欠,称为氧亏。最大氧亏积累是指人体从事极限强度运动时(一般持续运动 2-3 分钟,)完成该项运动的理论需氧量与实际耗氧量之差。

(三)无氧工作能力的测试与评价

1. 反应时:测试反应速度

2. 玛加利亚跑楼梯实验法(非乳酸运动能力测定)

3. 30m 跑测试(非乳酸运动能力测定)

4. 60s 最大负荷测试(无氧耐力测定):评价糖无氧酵解供能系统的能力。

5. Wingate 无氧功率试验:是反映无氧能力较理想的试验,评价爆发力。

(四)提高无氧工作能力的训练方法。

1. 发展 ATP-CP 供能能力的训练

主要采用无氧低乳酸的训练方法,其原则是:(1)最大速度或最大练习时间不超过 10 秒;(2)每次练习的休息间歇时间不短于 30 秒。(3)成组练习后,组间的练习不能短于 3-4 分钟,因为 ATP、CP 的恢复至少需要 3-4 分钟。

2. 提高糖酵解供能能力的训练

(1)最大乳酸训练

机体生成乳酸的最大能力和机体对他的耐受能力直接与运动成绩有关。血乳酸在 12-20mmol/L 是最大无氧代谢训练所敏感的范围。为使运动中产生高浓度的乳酸,练习强度和密度要大,间歇时间要短。

(2)乳酸耐受能力

乳酸耐受能力一般可以通过提高缓冲能力和肌肉中乳酸脱氢酶活性而获得。



因此，在训练中要求血乳酸达到较高水平。一般认为在乳酸耐受能力训练时以血乳酸在 12mmol/L 左右为宜。

第七讲 肌肉力量素质的生理基础与训练

一、力量素质的生理学基础

(一)定义

力量素质指肌肉工作时克服阻力或对抗负荷的能力。

(二)力量素质分类

(1)依据收缩形式分为：静力性力量和动力性力量

(2)依据身体某一部分划分为：绝对力量和相对力量

(3)依据功能表现不同划分为：最大肌肉力量、快速肌肉力量（爆发力）、力量耐力

(三)生理学基础

1. 影响肌肉力量的肌源性因素：

(1)肌肉生理横断面积

肌肉生理横断面积是指垂直横切某块肌肉获得的横断面积，通常以 cm^2 表示。其面积大小决于肌纤维的数量和直径。力量训练可以增大肌肉的生理横断面积（表现出肌肉围度增加），从而提高肌肉力量。因此，肌肉生理横断面积或肌肉体积的大小，是决定肌肉力量的重要生理学因素。

(2)肌纤维类型和运动单位

由于快肌和慢肌两类肌纤维在结构、神经支配及代谢等方面存在显著差异，运动单位可分为快肌运动单位和慢肌运动单位。故两类肌纤维产生的肌肉收缩力也有不同特性。快肌纤维收缩力比慢肌纤维大，但耐久力较差，故容易疲劳。

(3)肌纤维收缩时的初长度

肌力大小与该肌肉收缩前的初始长度有关。在一定范围内，肌肉收缩前的初长度越长，收缩时产生的张力就越大。

其主要生理机制有以下几个方面。

①被活化的横桥数目增多：肌肉收缩时产生张力的大小取决于活化的横桥数目。

②肌肉被拉长通过牵张反射引起肌力增加：肌肉受到外力牵拉而伸长时，肌肉内的肌梭感受器因与肌纤维呈并联关系，使肌肉的收缩力增大。

③肌肉被拉长后具有弹性势能：被拉长的弹性结构会贮存一部分弹性势能，可以缓冲收缩时突然增大的力值变化，对组织起到保护作用，还可以把弹性势能叠加在收缩力上而使肌纤维收缩力增大。

在运动实践中，如跳高、挺举前的下沉动作、扣球前拉长体前肌群的背弓以及投掷前超越器械的最后用力等动作，通过有效拉长肌肉初长度，就可获得更大的收缩力量。此外，如果能有效增加肌肉内的能量储备（特别是 CP 及肌糖原的含量）对肌肉力量的发挥也会产生良好的影响。

(4)关节运动角度：同一块肌肉在关节不同运动角度时产生的力量是不同的。

2. 影响肌肉力量的神经源性因素：

(1)中枢神经系统的兴奋状态：肌纤维参与收缩的程度与中枢神经系统的兴奋状态有关。

(2)运动中枢对肌肉活动的协调和控制能力：不同运动中枢之间协调性的改善，可以明显提高肌肉的收缩力量。



3. 影响肌肉力量的其他因素:

(1)年龄: 10 岁以前, 男女生肌肉力量呈缓慢平稳增长, 性别差异不大。青春期开始,

男生力量增长快于女生。40 岁以后肌肉量开始衰退。

(2)性别: 绝对力量男子高于女子, 相对力量性别差异明显减小。

(3)激素: 睾酮是肌肉生长最直接的刺激因素。生长激素和甲状腺素对力量也有一定

促进作用。

(4)体重: 体重大的人一般绝对力量较大。体重较轻的人可能具有较大的相对力量。

(5)运动训练: 运动训练, 尤其是力量训练是增强肌肉力量的最有效手段。

二、力量素质的训练

(一)肌肉力量的训练原则

1. 超负荷原则

超负荷就是指训练负荷应不断超过已经适应的负荷量。此原则是指要有效提高最大肌力, 肌肉所克服的阻力要足够大, 阻力应接近(至少超过肌肉最大负荷能力 $2/3$ 以上)或达到甚至略超过肌肉所能承受的最大负荷。通常低于最大负荷 80% 的力量练习对提高最大肌力的作用不明显。

2. 渐增负荷原则

此原则是指力量训练过程中, 随着训练水平的提高, 肌肉所克服的阻力也应随之增加, 才能保证最大肌力的持续增长。

3. 专门性原则

专门性原则是指所从事的肌肉力量练习应与相应的运动项目相适应。力量训练的专门性原则包括进行力量练习的身体部位的专门性和练习动作的专门性。

4. 负荷顺序原则

负荷顺序原则是指力量练习过程中应考虑前后练习动作的科学性和合理性。在安排力量训练的顺序时应注意: 第一, 大肌群训练安排在前, 小肌群训练安排在后。因为小肌群较之大肌群更容易疲劳, 若小肌群训练安排在前, 其疲劳后在一定程度上会影响其他肌群的训练; 第二, 多关节肌训练在前, 单关节肌训练在后; 第三, 训练某块肌群时, 大强度练习在前, 小强度练习在后(图 7-1)。

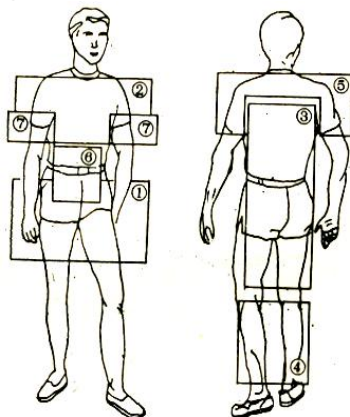


图 7-1 主要肌群的练习顺序

(①腿和髋部 ②胸和上臂 ③背部和大腿后部 ④小腿和踝 ⑤肩带和上臂后面 ⑥腹部 ⑧上臂前面)

5. 有效运动负荷原则



此原则指要使肌肉力量获得稳定提高,应保证有足够大的运动强度和运动时间,以引起肌纤维明显的结构和生理生化改变。

6. 合理训练间隔原则

合理训练间隔原则就是寻求两次训练课之间的适宜间隔时间,使下次力量训练在上次训练出现的超量恢复期内进行,从而使运动训练效果得以积累。训练频度应符合力量增长规律,即下一次力量训练应尽可能安排在前一次训练引起的肌肉力量增长效果的高峰期进行。如果训练频度过大,在前一次训练引起的肌肉疲劳尚未得到充分消除时进行,容易造成疲劳累积以至训练效果下降。

(二)肌肉力量的训练方法

1. 等长练习:指肌肉收缩时长度不变对抗阻力的一种力量训练方法,又称静力训练法。此方法可以使肌肉在原来静止长度时做紧张用力,也可以在缩短一定长度时做紧张用力。其优点是肌肉能承受的运动负荷较大,因此是发展最大肌肉力量的方法。

2. 等张练习:是指肌肉进行收缩时缩短和放松交替进行的力量练习方法,属于动力性训练方法。优点是肌肉运动形式与多数比赛项目的运动特点相一致,此外在增长力量的同时还可以提高神经肌肉的一种协调性,但在力量练习中肌肉力量的变化具有“关节角度效应”。

3. 等速练习:又叫等动练习,是一种利用专门的等速力量练习器进行的肌肉力量训练方法。等速练习事实上是一种可以使肌肉在整个活动过程中“满负荷”工作的力量训练方法,弥补了“关节角度效应”的不足。是发展动态肌肉力量较好的训练方法之一,深受专项训练的重视。

4. 超等长练习:指肌肉在离心收缩之后紧接着进行向心收缩的力量训练,是离心收缩与向心收缩结合的练习方法。训练中常采用的“多级跳、跳深”等练习均属于此方法,目前超等长练习主要用于提高肌肉爆发力训练上。其生理依据是肌肉在离心收缩后紧接着进行向心收缩时,可帮助肌肉的初长度、肌肉的牵张反射、肌肉的弹性回缩力等因素产生更大的力量。

第八讲 肌肉活动的神经调节和运动技能的形成

一、肌肉活动的神经调节

(一)牵张反射及其在姿势调节中的作用。

1. 本体感觉:位于肌肉、肌腱和关节等处的肌梭、腱器官和关节感受器称为本体感受器。

(1)肌梭:是感知骨骼肌的长度、运动方向、运动速度和速度变化率的一种本体感受器。肌梭的功能是将肌肉受牵拉而被动伸展的长度信息编码为神经冲动传入到中枢,一方面产生相应的本体感觉,另一方面反射性地产生和维持肌紧张,并参与对随意运动的精细调节。

(2)腱器官:是长约1mm,直径0.1mm的囊状结构,位于骨骼肌和肌腱的连接部位,与骨骼肌呈串联式排列。腱器官是感知骨骼肌张力变化的一种本体感受器。腱器官的功能是将肌肉主动收缩的信息编码为神经冲动传入到中枢,产生相应的本体感觉。它们对被动牵拉刺激并不敏感。

2. 牵张反射:在脊髓完整的情况下,一块骨骼肌如受到外力牵拉使其伸长时,能反射性地引起受牵扯的同一肌肉收缩,这种反射被称为牵张反射。牵张反射表现为位相性牵张反射紧张性牵张反射两种形式。

(1)位相性牵张反射(动态牵张反射):又称为腱反射,是由于快速牵拉肌肉



引起，作用是对抗肌肉的拉长，其特点是时程较短和产生较大的肌力，并发生一次位相性收缩。如投掷时的引臂动作、起跳前的屈膝动作都是利用牵拉投掷和跳跃动作的主动肌，刺激其中的肌梭，通过肌梭的传入纤维，把兴奋冲动传到中枢，加强支配该肌的 α 运动神经元的兴奋，使其收缩更加有力。

(2)紧张性牵张反射（静态牵张反射）：又称为肌紧张。是在缓慢持续牵拉肌肉时形成的，主要调节肌肉的紧张度，不表现出明显的动作，对维持躯体姿势非常重要。

(二)状态反射及其在姿势调节中的作用。

1. 状态反射：头部空间位置的改变以及头部与躯干的相对位置发生改变时，将反射性的引起躯干和四肢肌肉紧张性的改变，这种反射称为状态反射。

2. 状态反射的规律是头部后仰引起上下肢及背部伸肌紧张性减弱，屈肌及腹部的紧张相对加强，四肢弯曲，头部侧倾或扭转时，引起同侧上下肢伸肌紧张性加强，异侧上下肢紧张性减弱。体操运动员进行后手翻、后空翻或在平衡木上做动作时，如果头部位置不正，就会使两臂伸肌力量不一致，身体随之失去平衡，常常导致动作的失误或无法完成动作。又如举重时，提杠铃至胸前瞬间头后仰，可借以提高肩背肌群的力量，能更好的完成动作。

二、运动技能的形成

(一)概念和分类

1. 运动技能：是指人们在运动中掌握和有效地完成专门技术动作的能力。它是在大脑皮层主导下按照一定的技术要求完成的肌肉活动。

2. 运动技能分类：

(1)闭锁式运动技能：指在环境相对稳定并可预期的环境下完成的技能。

(2)开放式运动技能：指在环境变化和不可预见的环境中完成的动作。

表 8-1 闭锁式运动技能与开放式运动技能比较

分类	闭锁式运动技能	开放式运动技能
环境因素	稳定 基本不因环境改变而改变 环境化可以预测	不稳定 随外界环境变化而改变 环境变化难以预测
反馈信息	本体感受器	多种感受器
典型动作	太极拳表演、跑步、游泳等	打乒乓球、篮球等

(二)运动技能形成

1. 泛化阶段：发生在学习技术初期。通过教师的讲解和示范以及自己的运动实践，都只能获得一种感性认识，而对运动技能的内在规律并不完全理解。由于人体内外界的刺激通过感受器传到大脑皮质引起大脑皮质细胞强烈兴奋，另外，因为皮质内抑制尚未建立，所以大脑皮质中的兴奋与抑制都成扩散状态，使条件反射建立不稳定，出现泛化现象。表现为动作费力，僵硬不协调，有多余动作。这些现象是大脑皮质细胞兴奋扩散的结果。教学重点是多采用直观教学分解教学等方法，适当降低动作难度遵循循序渐进、由易到难和由简到繁的原则。

2. 分化阶段：发生在不断的学习过程中。外界刺激引起大脑皮质兴奋和抑制过程逐渐集中，分化抑制发展，条件反射建立渐稳定，动力定型初步建立，大脑皮质的活动由泛化进入分化阶段。表现为不协调和多余动作逐渐消失，错误动作逐渐纠正，但动力定型不巩固，遇新异刺激可重新出现多余和错误动作。教学重点是强调错误动作的纠正，让学生重点体会动作细节。



3. 巩固阶段：发生在反复练习之后。运动条件反射系统已建立巩固，大脑皮质兴奋和抑制过程在时间和空间上更加集中、精确。动力定型牢固建立。表现为动作准确、优美，某些环节出现自动化。由于内脏器官活动与动作配合协调，动作完成轻松省力。环境变化时动作结构也不易受破坏。应精益求精，不断完善巩固动作技术。

4. 自动化阶段：就是练习某一套技术动作时，可以在无意识的条件下完成。其特征是对整个动作或者是对动作的某些环节，暂时变为无意识的。动作技能巩固之后，在无意识的条件下完成技术动作。此时大脑皮质有关区域兴奋性可较低，但动作完成仍是在大脑皮质的控制之下，必要时又可转换为有意识活动。动作自动化阶段仍应不断检查动作质量，以防动作变形、变质

第九讲 内分泌功能与运动

一、激素的分类和作用特征

1 激素：是内分泌腺或器官组织的内分泌细胞所分泌，以体液为媒介，在细胞之间递送调节信息的高效能生物活性物质。

2. 激素分类及作用机制

(1)分类：激素按其化学结构可分为含氮激素、类固醇激素以及脂质衍生物。

(2)作用机制：

①含氮激素的作用机制是第二信使学说（图 9-1），其作用过大致分为五步。第一步，激素到达细胞后，与细胞膜表面的受体结合，形成激素-受体复合物。第二步，激素-受体复合物激活了细胞膜上的腺苷酸环化酶。第三步，在腺苷酸环化酶作用下，ATP 分解为 cAMP。第四步，cAMP 激活蛋白激酶。第五步，蛋白激酶再诱导出一系列的继发性、特异性生理反应。

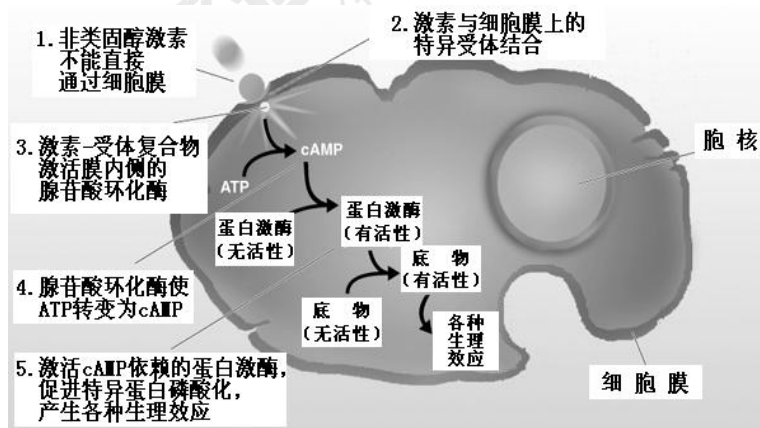


图 9-1 含氮激素的作用机制——第二信使学说

②固醇类激素的作用机制是基因表达学说（图 9-2），其作用过程大致分为四步。第一步，激素到达细胞后，穿过细胞膜进入细胞内部，在细胞内与受体结合构成激素-受体复合体。第二步，激素-受体复合物进入细胞核，与细胞的 DNA 结合，激活某些基因，此过程称作直接基因激活或直接基因活化。第三步，在这个基因活化过程中，在细胞核内合成 mRNA。第四步，mRNA 进入细胞浆，促进蛋白质类物质的合成，并诱发继发性的生理反映。



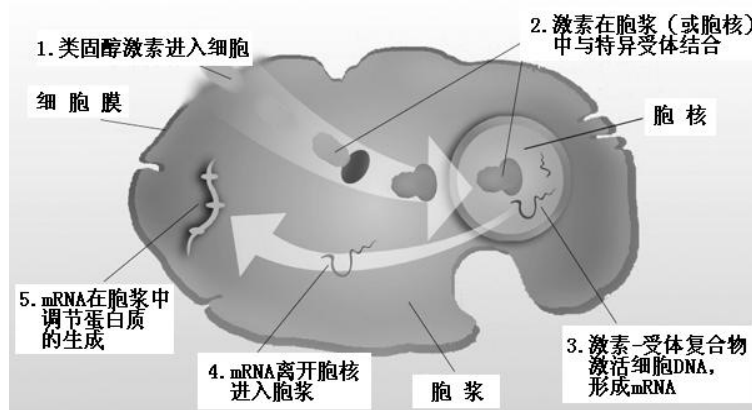


图 9-2 固醇类激素作用机制——基因表达学说

3. 激素作用及特征

(1) 激素对机体整体功能的调节作用：

①整合机体稳态。②调节新陈代谢。③维持生长发育。④调控生殖过程。

(2) 激素作用的一般特征

①信使作用；②高效作用；③特异作用；④相互作用

二、主要内分泌腺的功能

(一) 生长激素 (GH)：脑垂体分泌

GH 是腺垂体中含量最多的一种激素，有促进骨、软骨、肌肉及其他组织细胞的分裂增殖和蛋白质合成的作用，从而使骨骼和肌肉的生长发育加快。若幼儿时期 GH 分泌不足，则患儿生长停滞，身材矮小，称为侏儒症；如果幼年时期 GH 分泌过多，则引起巨人症；如果成年人 GH 分泌过多，则表现为手足粗大、鼻大唇厚，下颌突出及内脏器官增大等现象，称为肢端肥大症。

(二) 甲状腺激素：由甲状腺分泌。

生理作用：促进生长发育、调节新陈代谢、影响器官系统功能。

婴幼儿时期分泌不足导致呆小症。

(三) 肾上腺激素：肾上腺由外层皮质和中央髓质两部分组成，并且分泌不同的激素。

1. 肾上腺皮质激素包括：盐皮质激素、糖皮质激素和性激素。

(1) 糖皮质激素

①参与糖代谢。使肝糖元合成增加；促进糖异生，使血糖升高；可抑制周围组织对葡萄糖的摄取。

②参与蛋白质代谢。促进肝外组织的蛋白质分解，减少合成，为机体修复、酶合成和提供能量所利用。

③参与脂肪代谢。促进脂肪分解和脂肪酸释放入血，促进脂肪分解氧化，节省糖

④在“应激反应”中的作用 当机体突然受到创伤、手术、冷冻、饥饿、疼痛、感染、惊恐和剧烈运动等不同刺激时，均可出现血中 ACTH 浓度的急剧增高和糖皮质激素的大量分泌，塞利 (Selye) 把这种非特异反应称为“应激反应”。

⑤对水盐代谢的作用：保 Na⁺ 排 K⁺

(2) 盐皮质激素：主要为醛固酮，主要作用是促进肾远曲小管、集合管对 Na⁺ 和水的重吸收及 K⁺ 的排泄，是维持机体水盐平衡的重要激素。

2. 肾上腺髓质激素：包括肾上腺素和去甲肾上腺素（比例约为 4:1），极少



量多巴胺和阿片肽。

当机体遭遇紧急情况时，如剧痛、缺氧、脱水、大出血、畏惧及剧烈运动时，交感—肾上腺髓质系统发生的适应性反应称“应急反应”。与肾上腺髓质激素有关。

引起“应激反应”和“应急反应”的刺激是相同的，但反应的途径是不同的，前者是下丘脑-垂体-肾上腺皮质系统活动的增强，后者是交感-肾上腺髓质系统活动的增强。二者相辅相成，共同维持和提高机体的应答和适应能力。

(四)胰岛素：胰岛 B 细胞分泌。

1. 促进组织细胞对葡萄糖的摄取和利用，加速糖原合成，抑制糖异生，降低血糖。

2. 促进脂肪合成、转运，促进三酰甘油储存。

3. 促进蛋白质合成，抑制蛋白质分解。

4. 缺乏导致糖尿病。

(五)胰高血糖素：胰岛 A 细胞分泌。

1. 促进糖原分解和糖异生，升高血糖。

2. 活化脂肪细胞的脂肪酶，促进脂肪分解

3. 促进蛋白质分解，抑制蛋白质合成

4. 增强心肌收缩力

(六)性激素

1. 睾酮：睾丸分泌

(1)促进男性附性器官的发育和副性征的出现

(2)促进体内蛋白质合成

2. 雌激素：卵巢分泌

(1)促进女性附性器官的发育和副性征的出现

(2)雌激素可影响钙磷代谢，刺激成骨细胞的活动，有利于水和钠在体内保留，促进肌肉蛋白质的合成

三、激素对运动的反应与适应

表 9-1 主要激素对运动的反应和适应

激素	运动反应	训练适应
生长激素	升高	安静时无变化，运动时升高较少
糖皮质激素	升高	升高
盐皮质激素	升高	无变化
肾上腺髓质激素	升高	安静时无变化，运动时可有较大升高
胰岛素	下降	安静时无变化，运动时升高较少
胰高血糖素	升高	安静时无变化，运动时升高较少
睾酮	升高	无变化

第十讲 运动过程中人体机能的变化

一、赛前状态和准备活动

(一)赛前状态：人体在参加比赛或训练前，某些器官、系统产生的一系列条件反射性变化称为赛前状态。(赛前状态可出现在比赛前数天、数小时或数分钟)。



1. 赛前状态的生理变化及其机制

(1) 赛前状态的生理变化

赛前状态的生理变化主要有神经系统兴奋性提高, 内脏器官互动增强, 物质代谢加强, 体温升高。

(2) 赛前状态产生的机制

赛前状态产生的机制可以用条件反射机理解释。比赛或训练过程中的场地、器材、观众、音响和对手的表现等信息不断作用于运动员, 并与比赛或运动时肌肉活动的生理变化相结合。久而久之, 这些信息就变成了条件刺激, 只要这些信息一出现, 赛前的生理变化就会表现出来, 因而形成了一种条件反射。由于这些生理变化是在比赛或训练的自然环境下形成的, 所以其生理机理属自然条件反射。

2. 赛前状态的调整

赛前状态依据其生理反应特征和对人体机能影响的程度可分为准备状态型、起赛热症型和起赛冷淡型。

针对不良的赛前状态, 必须进行适当的调整, 为此要做到: (1) 要求运动员不断提高心理素质, 正确对待比赛; (2) 组织运动员多参加比赛, 增加比赛经验; (3) 进行适当形式和强度的准备活动。

(一) 准备活动: 准备活动指在正式训练和比赛前进行的有组织、有目的的专门性身体练习。

1. 准备活动的生理作用

(1) 调整中枢神经系统的兴奋水平。

(2) 增强氧运输系统的机能。

(3) 升高体温。

(4) 降低肌肉的粘滞性。

(5) 增强皮肤血流。

(6) 痕迹效应。

2. 影响准备活动生理效应的因素

准备活动的内容、形式、时间、强度以及与正式训练或比赛的时间间隔是影响准备活动生理效应的重要因素。

准备活动的生理效应不能保持很久, 45min 后基本消失, 故准备活动不能与正式比赛时间相隔时间太长。但若与比赛间隔时间过短, 能量合成速率尚未提高, 也会影响准备活动的效果。

二、进入工作状态与稳定状态

(一) 进入工作状态

1 概念: 在运动初始阶段, 人体各器官系统的机能不可能立刻达到最高水平, 而是有一个逐步提高的过程, 这机能变化阶段称为进入工作状态。

2. 进入工作状态的生理机制

进入工作状态产生主要原因是由于人体内脏器官具有较大的生理惰性。

(1) 内脏器官产生生理惰性的主要原因是由于支配内脏器官的自主神经突触联系较多, 传导速度慢。

(2) 内脏器官活动还受神经-体液调节, 该调节机制较神经调节更为复杂。

3. 影响进入工作状态的因素

进入工作状态所需时间的长短取决于工作强度、工作性质、个人特点、训练水平和当时的机能状态。动作越复杂、活动变换越频繁, 进入工作状态越慢; 训练水平越高, 当时的机能状态越好, 进入工作状态越快。良好的赛前状态和充分



的准备活动有助于机体缩短进入工作状态的时间。

4. “极点”与“第二次呼吸”

(1)极点：在进行强度较大、持续时间较长的剧烈运动中，由于运动开始阶段内脏器官的活动不能满足运动器官的需要，练习者常常产生一些非常难受的生理反应，如呼吸困难、胸闷、头晕、心率剧增、肌肉酸软无力、动作迟缓不协调，甚至产生停止运动的念头等，这种机能状态称为“极点”。

极点产生的原因主要是内脏器官的机能惰性大，摄氧量不能满足肌肉活动的氧需求所致，造成供氧不足，乳酸积累使血液 pH 向酸性偏移。不仅影响了神经肌肉的兴奋性，还反射地引起呼吸、循环系统活动紊乱，这些机能失调的强烈刺激传入大脑皮质，是运动动力定型暂时遭到破坏。

(2)第二次呼吸：“极点”出现后，如果依靠意志力和调整运动节奏继续坚持运动，一些不良的生理反应便会逐渐减轻或消失，此时呼吸变得均匀自如，动作变得轻松有力，运动员能以较好的机能状态继续运动下去，这种状态称为“第二次呼吸”。

第二次呼吸产生的原因是由于运动中内脏器官惰性逐步得到克服，氧供应增加，乳酸得到逐步清除。此外，由于极点出现后运动强度的下降，使运动的每分需氧量减少，这样机体的内环境得到改善，动力定型得到恢复。“第二次呼吸”的出现标志着进入工作状态阶段的结束，机能水平进入一个相对稳定的状态。

(3)影响“极点”和“第二次呼吸”的因素

不同的运动项目、运动强度、训练水平、赛前状态及准备活动等因素均可影响到“极点”和“第二次呼吸”。运动强度越大，持续时间较长的周期性项目中运动者的极点反应较明显。训练水平越低，“极点”出现得越早，反应也越明显，消失的也越迟。减轻“极点”反应的主要措施包括：①良好的赛前状态和充分的准备活动可推迟“极点”的出现和减弱“极点”的反应程度。②继续坚持运动；③适当降低运动强度；④调整呼吸节奏，尤其要注意加大呼吸深度。恰当地克服“极点”反应的措施有助于促进“第二次呼吸”的出现。

(二)稳定状态

进入工作状态阶段结束后，人体的机能活动可在一段时间内保持于较高的机能状态，这一阶段称为稳定状态。稳定状态又可分为真稳定状态和假稳定状态。

1. 真稳定工作状态：在进行强度较小、运动时间较长的运动时，进入工作状态结束后，机体所需要的氧可以得到满足，即吸氧量和需氧量保持动态平衡，这种状态称为真稳定状态。真稳定状态能量供应以有氧代谢供能为主，很少产生乳酸和氧亏，运动持续时间较长。

2. 假稳定状态：当进行强度大、持续时间较长的运动时，进入工作状态结束后，吸氧量已达到并稳定在最大吸氧量水平，但仍不能满足机体对氧的需要。这种状态称为假稳定状态。在假稳定工作状态下，无氧代谢供能占优势，乳酸水平升高，血液 pH 下降，氧亏不断积累，运动不可能持续很长时间。

三、运动性疲劳

(一)概述

1. 运动性疲劳定义：在运动过程中，当机体生理功能不能继续保持在特定水平上进行和/或不能维持预定的运动强度，即称之为运动性疲劳。

2. 运动性疲劳分类：

(1)根据疲劳发生的机理与表现，可分为中枢疲劳、外周疲劳

(2)根据疲劳发生范围可分为局部疲劳、整体疲劳



(3)根据疲劳发生部位可分为骨骼肌疲劳、心血管疲劳及呼吸系统疲劳

(4)根据疲劳与运动项目特点可分为快速疲劳和耐力疲劳

(5)根据疲劳程度可分为轻度疲劳、中度疲劳和重度疲劳

(二)运动性疲劳的产生机制

(1)衰竭学说：认为运动性疲劳是由于体内能源物质的大量消耗所致。

(2)堵塞学说：认为运动性疲劳的产生主要是体内某些代谢产物在肌组织中大量堆积所致。

(3)内环境稳定性失调学说：因血液 pH 下降，机体严重脱水导致血浆渗透压及电解质浓度改变等因素引起。

(4)保护性抑制学说：疲劳是大脑皮质的一种保护性机制。

(5)自由基学说：长时间产生的过多自由基，影响骨骼肌心脏，肝脏和红细胞以及其它脏器的正常功能，使机体整体运动能力下降而产生的。

(6)突变理论：从肌肉疲劳时能量消耗、肌力下降和兴奋性丧失的三维空间关系改变所致。

(三)不同项目运动性疲劳特点

(1)短时间最大强度运动疲劳是因肌细胞代谢变化导致 ATP 转换速率下降。

(2)较大强度，较短时间运动所造成的疲劳往往是由于乳酸堆积所致。

(3)长时间中等强度运动的疲劳往往与肌糖原大量消耗、血糖浓度下降、体温升高脱水和无机盐丢失有关。

四、恢复过程

(一)定义：恢复过程是指人体在健身锻炼、运动训练和竞技比赛过程中及结束后，生理机能逐渐恢复与提高的过程。

(二)恢复过程的一般规律

第一阶段，运动时机体表现为能源消耗大于合成，体内能源物质逐渐减少，各器官系统的机能逐渐下降；第二阶段，运动停止后消耗过程减少，恢复过程占优势，能源物质和各器官系统的机能逐渐恢复到原来水平；第三阶段，运动中消耗的能源物质在运动后一段时间不仅恢复到原来水平，甚至超过原来水平，这种现象称“超量恢复”，保持一段时间后又回到原来水平。

(三)超量恢复实践意义：

①能正确运用超量恢复原理，能使身体锻炼、训练的效果更佳。一般来讲在超量恢复阶段进行下一次锻炼或训练效果最好，运动成绩提高最快。

②在一定生理范围内，可以最大限度提高人体机能和健康水平。

③不同性质的身体运动，可以引起不同营养物质和机能的超量恢复。力量性练习，主要是促使肌肉中蛋白质的超量恢复；速度性练习，主要促使肌肉中磷酸的超量恢复；耐力性练习，主要促使肝糖元的超量恢复，可以提高身体机能的耐久力。

(四)机体能源贮备的恢复特点

1. 磷酸原的恢复很快，在剧烈运动后被消耗的磷酸原在 20~30s 内合成一半，2~3min 基本恢复。

2. 影响肌糖原恢复速率有两个主要因素，一是糖原耗竭情况；二是膳食类型。耐力性运动时强度越大，持续时间越长，糖原消耗越多，需要的恢复时间就越长。

3. 在肌肉工作中氧合肌红蛋白能迅速解离释放氧被利用，在运动后数秒钟即可恢复。

4. 乳酸在运动后的恢复期可被继续氧化分解利用或用于合成肝糖原



五、促进人体机能恢复的措施

(一)活动性措施

整理活动：整理活动是指在运动之后所做的一些加速机体功能恢复的较轻松的身体练习。整理活动作用如下：

1. 使肌肉血流量增加，促进氧的补充，加速乳酸的消除与再利用。
2. 使肌肉初步放松，减少肌肉延迟性酸痛。
3. 促进静脉回流和心房的充盈，避免重力性休克。

(二)营养性措施

1. 糖类、脂肪、蛋白质三大营养物质的补充
2. 维生素与矿物质的补充

(三)睡眠

在睡眠状态下，人体内代谢以同化作用为主，异化作用减弱，从而使人的精力和体力均得到恢复。静卧可减少身体的能量消耗，也可加速身体机能的恢复。

(四)物理性措施

在大强度和大运动量训练之后，常采用按摩、理疗、吸氧、针灸、气功等医学物理手段加速机体恢复。



运动解剖学答案

【答案】

◇A1 型题

1. C 2. C 3. C 4. D 5. E 6. D

◇B1 型题

1. A 2. B 3. C 4. E 5. C 6. D 7. A 8. B 9. B 10. A 11. E 12. C 13. E
14. C 15. B 16. A

◇X 型题

1. ABCDE 2. ABCD 3. CD 4. AB 5. ABCDE 6. ABCDE

◇名词解释

- 按照人体的功能系统描述各器官位置及形态结构的科学称系统解剖学。
- 由形态、功能相似的细胞通过细胞间质构成的结构称为组织。
- 不同的组织按一定的规律构成具有一定形态并能实现一定生理功能的结构称器官。
- 若干器官组合起来共同完成某种特定的生理功能的结构整体称为系统。
- 人体解剖学姿势亦称标准姿势，指身体直立，面向前，双眼平视正前方，上肢自然下垂于躯干两侧，下肢并拢，手掌和足尖向前，这是描述人体结构器官位置方位的前提。
- 经过人体正中中线将人体分为左右对称两半的矢状面称为正中矢状切面。

◇简答题

- 从研究角度，人体解剖学包括大体解剖学和微体解剖学。大体解剖学，又称巨视解剖学，是通过肉眼观察的方法以描述人体的形态结构，主要包括系统解剖学和局部解剖学；而微体解剖学，也称微视解剖学，主要以显微镜等为手段观察人体的细微结构，包括细胞学、组织学和胚胎学。从应用角度，大体解剖学又有许多分支学科，如外科解剖学、表面解剖学、X线解剖学、临床解剖学、运动解剖学，等等。
- 首先必须重视实习以加深印象，并学会运用图谱并联系活体以把形态学活，这样就能正确、全面地理解认识人体的形态结构；其次必须注意运用联系思维来分析归纳以理解其形态特征及其重要性，改变死读书本、硬记名词的方法。要注意以下问题：①理解形态与功能的相互关系②理解动态发展的观点③理解局部与整体统一的观点④注意理论联系实际。
- 确定方法：①在描述器官或结构距颅或足的相对远近关系时，运用上和下的方位术语。按照解剖学姿势，近颅者为上，近足者为下。在四肢，上又称为近侧，即距肢体根部较近；下又称为远侧，指距肢体根部较远。②在描述器官或结构距身体前面或后面的相对远近时，运用前与后的方位术语。距身体腹侧面近者为前或腹侧，而距人体背侧面近者为后或背侧。③在描述人体各局部或器官、结构与人体正中矢状面相对距离远近时，运用内侧和外侧的方位术语。上肢的尺侧与桡侧，及下肢的胫侧与腓侧分别与内侧和外侧相对应。④在描述空腔器官相互位置关系时，使用内和外的方位术语。近内腔者为内，远离内腔者为外。⑤在描述器官或结构距体表相对距离关系时，运用浅和深的方位术语。距皮肤近者为浅，远离皮肤而距人体内部中心近者为深。



◇A1 型题

1. A2. A3. C4. E5. C6. E7. D8. C9. E10. E11. D12. C13. C14. B15. C16. E17. D18. C19. A20. A21. B22. D23. C24. A25. D26. A27. A28. A29. C30. D31. D32. E33. C34. D35. C36. D37. D38. A39. D40. E41. B42. D43. B44. E45. B46. B47. A48. E49. C50. D51. D52. D53. C54. D55. C56. B57. A58. B59. E60. B61. D62. E63. D64. B65. B66. C67. D68. C69. A70. D71. D72. C73. E74. B75. D76. E77. E78. C79. C80. A81. A82. B83. D84. C85. B86. D87. E88. E89. D90. C91. B92. B93. C94. B95. A96. A97. C98. B99. B100. B101. E102. B103. D104. A105. C106. C107. E108. C109. B110. A111. B112. C113. B114. C115. B116. E117. C118. E119. D120. D121. B122. B123. D124. C125. E126. E127. B128. D129. B130. E131. B

◇B1 型题

1. B2. C3. D4. D5. A6. D7. C8. D9. A10. B11. D12. B13. A14. E15. B16. C17. E18. D19. A20. D21. B22. D23. D24. B25. E26. D27. C28. A29. D30. A31. C32. A33. D34. E35. D36. C37. A38. B39. A40. E41. B42. E43. D44. B45. C46. E47. D

◇X 型题

1. ABCE 2. ABC 3. BCD 4. ABD 5. CD 6. BC 7. ABCD 8. ABE 9. ABD 10. ACDE 11. BD 12. BCD 13. ACDE 14. ABC 15. ABCDE 16. DE 17. BCDE 18. ABC 19. BC 20. ABC 21. ABC 22. AB 23. ABCE 24. ACD 25. BCD 26. ABC 27. ABDE 28. ABCD 29. ACE 30. BCD 31. BD 32. ABD 33. ABCD 34. AB

◇名词解释

1. 额状轴即由左向右与地平面平行，与身体的长轴和矢状轴皆垂直的轴。
2. 正中矢状面即按冠状轴方向，将人体分为左右相等两部的纵切面。
3. 距离肢体根部较近者为近侧。
4. 骨性标志即在体表看得见或摸的着的骨的突起和凹陷称骨性标志。
5. 干骺端即骨干与骺相邻的部分。
6. 长骨的两端膨大称骺。
7. 凡具有两端(膨大称骺)、一体(称骨干)、中空管状(管腔称髓腔)结构的骨是长骨，分布于四肢，主要适于运动。
8. 骨髓位于骨髓腔和骨松质的间隙内，分红骨髓和黄骨髓两种。
9. 韧带连于相邻两骨或一个骨的两结构之间的致密纤维结缔组织束称韧带，多位于关节周围。
10. 骨与骨之间借纤维结缔组织、软骨、骨或滑膜关节相连称骨连结。
11. 第8~10对肋骨的前端借肋软骨连于上位肋软骨形成肋弓。
12. 胸骨柄和胸骨体连结处，形成微向前凸的角称胸骨角，侧方连结第二肋。
13. 颈静脉切迹为胸骨柄上端呈微凹形的结构。
14. 胸廓上口由胸骨上缘，第1肋和第1胸椎围成的口称胸廓上口，是胸腔和颈部的通道。
15. 椎间孔即两相邻椎骨的上、下切迹围成的孔。
16. 骶管由骶椎的椎孔连接而成，纵贯骶骨全长，上端与椎管续连，下端终于骶管裂孔。
17. 骶管裂孔是骶管下端的开口，它是第四、第五骶椎椎弓缺如形成的，裂孔两侧有骶角。
18. 椎间盘即连结相邻两个椎体之间的纤维软骨盘，由周围部的纤维环和中央部的髓核构成。
19. 新生儿颅骨有许多骨尚未发育完全，骨与骨之间的间隙很大，这些部位的间隙被结缔组织膜所封闭称颅囟。



20. 翼点在颅的侧面，顶、额、蝶、颞四骨的汇合处，此处骨质薄弱，内有脑膜中动脉前支通过。
21. 颅盖骨内、外板之间的骨松质称板障。
22. 鼻旁窦在鼻腔周围，并借管、孔、裂与鼻腔相交通的腔，有上颌窦、额窦、蝶窦和筛窦(前、中、后群)。
23. 坐骨大孔即骶结节韧带和骶棘韧带与坐骨大切迹围成的孔。
24. 坐骨小孔即骶结节韧带和骶棘韧带与坐骨小切迹围成的孔。
25. 骨盆由骶骨、尾骨和两侧髌骨相联结而成的骨环，骨盆以界限分为大骨盆和小骨盆两部。
26. 耻骨联合位于小骨盆前上部，由两侧耻骨联合面借耻骨间盘相联结构成。
27. 界线由骶岬、弓状线、耻骨梳及耻骨联合上缘围成的环行线。
28. 足骨借关节、韧带紧密相连，在纵、横两个方向上形成凸向上方的弓形称足弓。

◇简答题

1. 骨的物理特性主要取决于其化学成分，骨质的化学成分主要由有机质和无机质组成。有机质主要是骨胶原纤维束和黏多糖等，赋予骨的弹性和韧带；无机质主要是碱性磷酸钙为主的钙盐类，使骨挺硬坚实。成年人的骨有机质与无机质的比例约为3:7，使骨既有弹性又很坚硬。幼儿骨有机质和无机质约各占有一半，故弹性大硬度小，柔软易变形；老年人的骨，无机质所占比例更大，故脆性大易发生骨折。

2. 关节的基本结构是指每一个关节必须具备的结构，包括：①关节面：指相关节骨的相对面或接触面，每个关节至少包括两个关节面。在活体，骨的关节面上都覆盖有一层关节软骨，光滑而有弹性，可减少运动时的摩擦，还可缓冲震荡。②关节囊：由结缔组织构成，附着在关节面的周缘及邻近的骨面上，分内、外两层：外层为纤维层，由致密结缔组织构成；内层为滑膜层，由疏松结缔组织构成，紧贴纤维层的内面，并附着于关节软骨的边缘。滑膜能分泌少量滑液，可润滑关节软骨，并对其有一定的营养作用。③关节腔：为由关节囊滑膜层和关节软骨围成的密闭的腔，腔内为负压，仅有少量滑液。

关节的辅助结构包括有韧带、关节唇、关节盘、滑膜襞和滑膜囊。①韧带：由致密结缔组织构成，连于两骨之间，位于关节囊外的，称囊外韧带，可以是关节囊纤维层的局部增厚，也可独立于关节囊外；位于关节囊内的(表面有滑膜包裹)，称囊内韧带。韧带的存在可增加关节的稳固性。②关节唇：为附着在关节窝周缘的纤维软骨环，使关节窝加深，以增加关节的稳固性。③关节盘：为位于两关节面之间的纤维软骨板，周缘附着于关节囊，将关节腔分为两部分，可使关节面更适合，并使关节运动多样化。④滑膜襞和滑膜囊：滑膜层向关节腔内突出形成的皱襞为滑膜襞，襞内常含脂肪组织，可充填关节腔内的空隙，使关节更为稳固；滑膜囊为滑膜层经纤维层的薄弱处向外伸出的突起，呈囊袋状，内含滑液，位于肌腱与骨面之间，可减少运动时两者间的摩擦。

3. 关节的运动形式基本上围绕三个相互垂直的轴运动，围绕冠状轴的运动为屈、伸；围绕矢状轴上的运动为内收、外展；围绕垂直轴上的运动为旋外、旋内；以关节轴心远端做圆周运动，整个骨的运动轨迹可描绘成一圆锥形，称环转运动，是屈、外展、伸、内收的依次连续运动。

4. 躯干骨的骨性标志主要有：第7颈椎棘突、颈静脉切迹、胸骨角、剑突、肋弓、骶骨的岬和骶角。颅骨的骨性标志主要有：枕外隆凸、乳突、颧弓、下颌角、眶上缘、眶上切迹、眶下缘、眉弓、额结节、顶结节。上肢骨的重要骨性标志有：锁骨、肩胛冈、肩峰、喙突、肱骨内外上髁、尺骨茎突、桡骨茎突、尺骨鹰嘴等。下肢骨的重要骨性标志有：髌嵴、髌前上棘、髌后上棘、坐骨结节、耻骨结节、股骨大转子、股骨内上髁、股骨外上髁、髌骨、腓骨头、胫骨粗隆、胫骨前缘、内踝、外踝、跟骨结节等。

5. 胸骨角的两侧平对第2肋，肩胛下角平对第7肋或第7肋间隙，它



们可作为计数肋骨序数的重要标志。第7颈椎棘突特长，末端不分叉，活体易于触及，作为计数椎骨序数的重要标志。两侧髂嵴最高点的连线，约平第3与第4腰椎棘突之间，作为计数椎骨序数的标志。

6. 颈椎：椎体小而椎孔较大，横突上有横突孔，第二至第六颈椎棘突短而末端分叉，关节突的关节面近似水平位。第一颈椎无椎体和棘突，呈环形，故称为寰椎，其前弓后面有齿突凹。第二颈椎椎体上有齿突，又称为枢椎。第七颈椎棘突长，称隆椎，可作为椎骨计数标志。胸椎：有椎体肋凹和横突肋凹，棘突较长并伸向后下方，呈叠瓦状，关节突的关节面呈冠状位。腰椎：椎体较大，棘突呈方形板状，几乎水平伸向后方，关节突关节面呈矢状位。

7. 相邻椎骨间借椎间盘、韧带和关节相连结。①椎间盘：位于相邻两个椎体之间，是椎体间最主要的连结。它包括中央的髓核和周围的纤维环两部分。②韧带：可分长韧带和短韧带两部分。长韧带有前纵韧带和后纵韧带，分别位于椎体和椎间盘的前后面；棘上韧带是连结于各棘突尖端的纵行韧带，此韧带向上至颈部扩展成项韧带，附着于枕骨。短韧带有连结相邻椎弓板之间的黄韧带；连结相邻棘突间的棘间韧带；连结相邻横突间的横突间韧带。③关节突关节：是相邻椎骨的上下关节突构成的关节，属平面关节。

8. 椎间孔是由相邻两个椎骨之间上位椎骨的椎骨下切迹和下位椎骨的椎骨上切迹及其间的连结韧带构成，其中有脊神经及血管通行。

9. 脊柱由24块椎骨、1块骶骨和1块尾骨借椎间盘、韧带和关节紧密连结而成。脊柱从侧面观察，有颈、胸、腰、骶四个生理性弯曲。其中颈曲和腰曲凸向前，胸曲和骶曲凸向后。脊柱可作屈、伸、侧屈、旋转和环转运动。

10. 胸廓由12个胸椎、12对肋、胸骨及其他它们之间的连结组成。胸廓具有支持、保护和参与呼吸运动的功能。

11. 硬膜外麻醉时，穿刺针头进入硬膜外腔需经过皮肤、浅筋膜、棘上韧带、棘间韧带和黄韧带等结构。

12. 上肢骨包括上肢带骨和自由上肢骨两部分。上肢带骨有锁骨和肩胛骨；自由上肢骨有肱骨、桡骨、尺骨、腕骨(手舟骨、月骨、三角骨、豌豆骨、大多角骨、小多角骨、头状骨、钩骨)、掌骨(5块)、指骨(14块)。下肢骨包括下肢带骨和自由下肢骨两部分。下肢带骨有髌骨；自由下肢骨有股骨、髌骨、胫骨、腓骨、跗骨(距骨、跟骨、骰骨、三块楔骨、足舟骨)、跖骨(5块)、趾骨(14块)。躯干骨包括椎骨、肋和胸骨3部分。成人的椎骨包括7块颈椎，12块胸椎，5块腰椎，1块骶骨(由5块骶椎愈合而成)，1块尾骨(由4~5块尾椎愈合而成)。肋共有12对，胸骨1块。

13. 肩关节由肱骨的肱骨头与肩胛骨的关节盂构成。肱骨头大，关节盂浅小，关节盂周缘有孟唇附着，可加深关节窝。关节囊薄而松弛，其上部、前部和后部都有肌腱加强，有保护肩关节和防止脱位的作用，关节囊内有肱二头肌腱的长头腱通过，但关节囊的下方缺少韧带和肌腱加强，是肩关节的薄弱处，故肩关节脱位时，肱骨头往往向关节囊的前下方滑脱。

肩关节是人体运动最灵活的关节，属于球窝关节，可作三轴性运动。即冠状轴上的屈伸运动，矢状轴上的内收、外展运动，垂直轴上的旋内、旋外运动。此外，还可作环转运动。

14. 肘关节是由肱骨下端与尺、桡骨上端构成的复关节，包括三个关节：①肱尺关节：由肱骨滑车和尺骨滑车切迹构成；②肱桡关节：由肱骨小头和桡骨上端关节凹组成；③桡尺近侧关节：由桡骨环状关节面和尺骨的桡切迹构成。三个关节共同包裹在一个关节囊内。关节囊的前后壁薄而松弛，两侧壁厚而紧张，并有韧带加强，分别形成桡侧副韧带和尺侧副韧带。此外，在桡骨环状关节面周围还有桡骨环状韧带。肱尺关节属滑车关节，



可在冠状轴上作屈和伸运动。肱桡关节形态上虽属球窝关节，但因受肱尺关节的限制，只能作屈、伸和旋前、旋后运动。桡尺近侧关节属于车轴关节，只能作旋转运动。

15. 前臂骨间连结包括：①前臂骨间膜：连结于尺骨和桡骨的骨间缘之间；②桡尺近侧关节：由桡骨的环状关节面和尺骨的桡切迹构成；③桡尺远侧关节：由尺骨头的环状关节面作关节头，与桡骨的尺切迹共同构成。桡尺近侧和远侧关节，为一个联合车轴关节，其运动是通过桡骨头和尺骨头的中心连线作旋前和旋后运动。运动时，桡骨头在原位旋转，桡骨下端携带手围绕尺骨头旋转。桡骨旋转到尺骨前方的运动称旋前，此时，桡骨与尺骨交叉，手背朝前；反之，桡骨转回到尺骨外侧，两骨并列(解剖学位置)，手背向后的运动，称旋后。

16. 桡腕关节(又名腕关节)是典型的椭圆关节，由桡骨的腕关节面和尺骨头下方的关节盘作成的关节窝，与手舟骨、月骨和三角骨所组成的关节头共同构成。桡腕关节可作屈、伸、收、展和环转运动。

17. 骨盆由左右髋骨、骶骨、尾骨以及骨连结构成。骨盆由界线分为大骨盆和小骨盆。界线是由骶岬向两侧，经弓状线、耻骨梳、耻骨结节至耻骨联合上缘构成的环形线。界线以上较宽大的为大骨盆，界线以下为小骨盆。小骨盆有上下两口。骨盆上口由界线围成；骨盆下口由尾骨尖、骶结节韧带、坐骨结节、坐骨支、耻骨下支和耻骨联合下缘围成。上下口之间的腔称骨盆腔，容纳盆腔脏器。女性盆腔是胎儿娩出的必经之路。

骨盆的性别差异：在人类的全身骨骼中，性别差异以骨盆最为显著。女性骨盆的特点主要与妊娠和分娩功能有关，这种差别，约在 10 岁以后，才逐渐显著。男女性骨盆的主要差别如下：女性骨盆外形短而宽，上口近于圆形较宽大，小骨盆腔呈筒状，骨盆下口的耻骨下角也较大(90°~100°)，这些特征与分娩功能有关。

18. 答：髋关节由股骨头和髌臼构成，髌臼周缘附有髌臼唇，加深关节窝，股骨头几乎全部纳入髌臼内。关节囊坚韧而厚，股骨颈除后面的外侧部外，都包在关节囊内。关节囊周围有韧带加强，其中位于囊前壁的髌股韧带最为强大。关节囊内有股骨头韧带，连于股骨头凹与髌臼之间，内有营养股骨头的血管通过。髋关节是典型的杵臼关节，可作多轴运动，可作屈伸、内收、外展、旋内、旋外和环转运动。

19. 膝关节由股骨下端、胫骨上端和髌骨构成。关节囊宽阔松弛，周围有韧带加强，其中位于前壁的髌韧带尤为强大，两侧分别有胫侧副韧带和腓侧副韧带，后壁有腓斜韧带。关节囊内有前、后交叉韧带，它们牢固地连结股骨和胫骨，前交叉韧带可限制胫骨向前移位，后交叉韧带可限制胫骨向后移位。位于股骨与胫骨关节面之间，分别有内、外侧半月板。内侧半月板较大，呈“C”形，外侧半月板较小，近似“O”形。两半月板内缘较薄而游离，外缘较厚连于关节囊。半月板可使两关节面更为适合，以增强关节的稳固性，并在运动时起缓冲作用。膝关节属于屈戌关节，主要作屈、伸运动，在半屈膝时，还可作轻度的旋转运动。

20. 踝关节由胫、腓骨的下端与距骨滑车构成。关节囊前后壁薄而松弛，两侧有副韧带加强。内侧为内侧韧带(又名三角韧带)较坚韧，外侧韧带为三个独立的韧带，均较薄弱。踝关节属屈戌关节，能作背屈(伸)和跖屈(屈)的运动。

21. 脑颅骨有 8 块：额骨、枕骨、蝶骨和筛骨各一块，颞骨和顶骨各一对，它们共同围成颅腔。面颅骨共有 15 块：其中成对的有上颌骨、腭骨、颧骨、鼻骨、泪骨和下鼻甲，共 12 块；不成对的 3 块，即犁骨、下颌骨和舌骨。

22. 新生儿颅由于脑和感觉器官发育较快，而咀嚼功能尚未发达，因此脑颅大于面颅，其比例为 8:1(成人为 4:1)。新生儿的颅骨尚未发育完全，骨与骨之间的间隙较大，在颅顶各骨之间的间隙由结缔组织膜充填，称为颅囟。最大的囟位于矢状缝的前端，呈菱形，称为前囟(额囟)，生后 1~2 岁时闭合。在矢状缝与人字缝相交处有三角形的



后囟(枕囟)，生后不久就闭合。

23. 骨性鼻腔外侧壁有上、中、下鼻甲以及与之相对应的上、中、下鼻道。其中上、中鼻甲为筛骨部分，下鼻甲为独立的下鼻甲骨构成；上鼻道有筛窦后群的开口，中鼻道有额窦、上额窦及筛窦前、中群的开口，下鼻道有鼻泪管的开口。

24. 颅前窝：筛板上有筛孔(有嗅神经通过)。颅中窝：视神经管有视神经和眼动脉通过；眶上裂有动脉神经、滑车神经、展神经、眼神经和眼上静脉通过；破裂孔有颈内动脉通过；圆孔有上颌神经通过；卵圆孔有下颌神经通过；棘孔有脑膜中动脉通过。颅后窝：枕骨大孔(有脊髓和脑移行处)；舌下神经管(有舌下神经通过)；内耳门(有前庭神经、面神经和迷路血管通过)；颈静脉孔(有颈内静脉、舌咽神经、迷走神经和副神经通过)。

25. 通过视神经管和眶上裂与颅中窝相交通；通过眶下裂与颞下窝和翼腭窝相交通；通过眶下管、眶下孔与面部相交通；通过鼻泪管与鼻腔的下鼻道相交通。

26. 颞下颌关节又名下颌关节，由下颌骨的下颌头与颞骨的下颌窝和关节结节构成。关节囊前后松弛，外侧有韧带加强，关节腔内有关节盘，将关节腔分为上、下两部。左、右侧下颌关节必须同时运动，所以它们是联合关节。下颌关节可作上提、下降、向前、向后以及侧方运动。

◇A1 型题

1. E 2. E 3. E 4. C 5. C 6. B 7. A 8. E 9. B 10. C
11. A 12. D 13. D 14. C 15. D 16. B 17. A 18. C 19. E 20. B 21. E 22. E
23. A 24. E 25. A 26. D 27. E 28. C 29. A 30. B 31. D 32. C 33. D 34. E
35. C 36. B 37. C 38. E 39. C 40. A 41. B 42. A 43. C 44. E 45. A 46. B
47. C 48. D 49. C 50. B 51. A 52. A 53. B 54. D 55. D 56. A 57. B 58. D
59. C 60. E 61. E 62. A 63. C 64. D 65. A 66. C 67. E 68. A 69. A 70. B
71. C 72. D 73. B 74. B 75. E 76. B 77. E 78. B

◇B1 型题

1. C 2. A 3. B 4. D 5. E 6. E 7. A 8. D 9. C 10. B 11. B 12. A 13. E
14. D 15. C 16. B 17. C 18. D 19. A 20. E 21. C 22. B 23. A 24. E 25. E
26. A 27. D 28. B 29. C 30. E

◇X 型题

1. ABC 2. ABC 3. ABCE 4. BD 5. ABD 6. AE 7. ABCDE 8. ABCDE 9. ABD 10. BDE
11. ABCD 12. ABCD 13. ACE 14. BCD 15. AC 16. ABDE 17. BCD
18. BCD 19. ABCD 20. ABD 21. AC 22. AC

◇名词解释

1. 腱膜是指扁肌的肌腱，扁宽呈膜状，由致密结缔组织构成，质地坚韧，无收缩功能。筋膜是指广泛存在的结缔组织结构，遍布全身，外观多样，可分为浅筋膜和深筋膜两种：浅筋膜为一层厚度不同的疏松结缔组织，内含皮神经、血管、淋巴管和脂肪，还有皮肤和乳腺等；深筋膜又称固有筋膜，位于浅筋膜深面，遍布全身且相互连续，主要由胶原纤维构成包被体壁、四肢肌和血管等，形成肌间隔、筋膜鞘、支持带和血管神经鞘等。

2. 肌通常借两端的肌腱附着在两块或两块以上的骨面上，中间跨过一个或多个关节，肌收



缩时使两骨彼此靠近而产生运动，其中必定有一骨的位置相对固定，而另一骨相对地移动，肌在固定骨上的附着点称起点，在移动骨上的附着点称止点。通常把接近身体正中面或四肢部靠近侧端的附着点作为起点或定点，把另一端则看做止点或动点。肌的定点和动点在一定条件下可以互换。

3. 肌间隔由深筋膜构成，多位于四肢。深筋膜深入四肢各肌群之间，附着于骨，形成肌群间的隔断。深筋膜和肌间隔将肌或肌群分隔包绕，以利于它们单独运动。

4. 斜角肌间隙位于颈根部，由前斜角肌、中斜角肌和第1肋围成，间隙中有锁骨下动脉和臂丛通过。

5. 腹股沟韧带为腹外斜肌腱膜的下缘卷曲增厚并连于髂前上棘与耻骨结节之间的腱性结构，构成腹股沟管的下壁。该韧带常作为腹部与股部前面的分界。

6. 腹股沟镰由腹内斜肌下部的腱膜和腹横肌腱膜的下部共同融合而成，又称联合腱。止于耻骨梳的内侧端，构成腹股沟管后壁的内侧部。

7. 腹直肌鞘后层在脐下4~5cm处以下缺如，其凹向下的游离下缘称弓状线，又名半环线，此线以下腹直肌后面直接与腹横筋膜直接相贴。

8. 白线位于腹前壁正中线上，由两侧腹直肌鞘的纤维互相交织而成，上方起自剑突，下方止于耻骨联合，上宽下窄，坚韧而少血管。

9. 梨状肌上孔位于臀部，由于梨状肌起于骶骨的前面，水平向外经坐骨大孔至臀部，将坐骨大孔分为两部分，其中梨状肌上缘以上的裂隙为梨状肌上孔，孔中有臀上神经、血管通过。梨状肌下孔位于梨状肌下缘以下，孔内由外向内依次有：坐骨神经，股后皮神经，臀下神经及动、静脉，阴部内动、静脉和阴部神经。

10. 膈的周围部是肌腹，中央部分为腱膜叫中心腱，该部有下腔静脉穿经的腔静脉裂孔。

11. 腱划是由分隔腹直肌的3~4条横行的结缔组织构成。

◇简答题

1. 骨骼肌根据其形态可分为长肌、短肌、阔肌和轮匝肌。其中：长肌肌纤维长且与肌的长轴平行，收缩时可产生大幅度的运动，多分布与四肢。短肌肌纤维短小，收缩时产生的运动幅度小，多分布于躯干的深层。阔肌形状扁宽，除运动外，还参与体壁的构成，多位于躯干的浅层。轮匝肌肌纤维呈环形，多位于一些孔、裂的周围，收缩时可关闭孔裂。

2. 肌的辅助装置包括有浅筋膜、深筋膜、滑膜囊、腱鞘等。浅筋膜位于皮下，包裹全身，由疏松结缔组织构成，内含脂肪组织，浅血管、皮神经和浅淋巴管。浅筋膜有保护深部结构的作用。深筋膜位于浅筋膜的深方，由致密结缔组织构成，不仅包被全身，还深入肌和肌群之间。在四肢，深筋膜插入肌群间并附着于骨，形成肌间隔。深筋膜和肌间隔分割包绕肌或肌群，使它们可单独运动。深筋膜还包裹血管神经束，形成血管神经鞘，具有一定的保护作用。在深筋膜的不同层次间常形成筋膜间隙，疏松、易分离，常常成为感染的扩散途径。

滑液囊为扁平的结缔组织小囊，内含少量滑液，多位于肌腱与骨面之间，可在运动时减少两者之间的摩擦。滑液囊可单独存在或与关节腔交通。腱鞘是包裹在一些长肌腱表面的鞘管，多位于活动较大的部位，由纤维层(腱纤维鞘)和滑膜层(腱滑膜鞘)两部分构成。纤维层在外，由增厚的深筋膜附着于骨面构成，呈管状，对肌腱起约束作用。滑膜层位于纤维层内，呈双层套筒状，外层紧贴纤维层的内面，称为壁层；内层包裹在肌腱的表面，



又称脏层，两层互相移行，形成一密闭的滑膜腔，内含滑液，在肌腱运动时可减少其与骨面的摩擦。腱滑膜鞘脏、壁两层的移行处形成腱系膜，有营养腱的血管出入。

3. 参加咀嚼运动的肌主要有咬肌、颞肌、翼内肌和翼外肌。其中咬肌、颞肌、翼内肌都可上提下颌骨(闭口)，两侧翼外肌收缩可使下颌骨前伸，颞肌后部纤维收缩可拉下颌骨向后，一侧翼外肌收缩，可使下颌骨向对侧侧方运动。此外颊肌也有协助咀嚼的作用。

4. 面肌包括有额肌、眼轮匝肌和口周围肌。额肌即枕额肌，收缩时可提眉并使额部皮肤出现横皱纹。眼轮匝肌收缩时可闭合眼裂。口周围肌包括口轮匝肌和许多辐射状肌，口轮匝肌收缩时可闭合口裂，辐射状肌收缩可提上唇或降下唇，及向各方牵拉口角。

5. 胸锁乳突肌位于颈侧部，起自胸骨柄和锁骨内侧端，止于颞骨乳突。一侧肌收缩可使头倾向同侧，脸转向对侧；两侧肌同时收缩可使头后仰。

6. 斜方肌位于项部和背上部的浅层，起自枕外隆凸至第12胸椎棘突的背部中线处，止于锁骨外侧段、肩峰和肩胛冈。上部肌束收缩可使肩胛骨上提，下部肌束收缩可使肩胛骨下降，中部或全部肌束收缩可使两侧肩胛骨向脊柱靠近。

7. 胸大肌位于胸前壁的上部，起于锁骨内侧半、胸骨和上部肋软骨，止于肱骨大结节下部。收缩时可使肩关节内收、旋内和前屈。当上肢固定时，还可引体向上，并可提肋助吸气。

8. 呼吸肌主要包括有肋间外肌、肋间内肌和膈。其中肋间外肌可提肋助吸气，肋间内肌可降肋助呼气。膈是最重要的呼吸肌，收缩时膈穹窿下降，增大胸腔容积助吸气；松弛时膈穹窿上升，恢复原位，胸腔容积减小可助呼气。

9. 膈位于胸腹腔之间，成为胸腔的底和腹腔的顶。膈的肌束起自剑突后面，下6对肋骨和肋软骨以及腰椎，全部肌束均止于中央的中心腱。膈上有三个裂孔：①主动脉裂孔紧贴脊柱的前方，有主动脉和胸导管通过；②食管裂孔位于主动脉裂孔的左前方，有食管和迷走神经通过；③腔静脉裂孔位于食管裂孔的右前方，有下腔静脉通过。

10. 腹直肌鞘由腹外侧壁的三层阔肌的腱膜构成，分前、后两层：前层由腹外斜肌腱膜与腹内斜肌腱膜的前层构成；后层由腹内斜肌腱膜后层与腹横肌腱膜构成，前、后两层向内，在腹正中线处愈合，构成鞘状结构，包裹腹直肌。在脐下4~

5cm

处以下，鞘的后层全部转至腹直肌的前方，后层缺如。后层下部的游离缘被称为弓状线或半环线，此线以下腹直肌直接与腹横筋膜相贴。

11. ①腹前壁肌：主要是一块腹直肌，它位于腹前壁正中线的两侧，有3~4个腱划，肌表面被腹直肌鞘包裹。②腹外侧壁肌：包括有腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌。腹外斜肌位于腹外侧壁的浅层，肌纤维由外上方斜向内下方，大部分移行为腱膜。腱膜向内参与腹直肌鞘前层的组成，下缘卷曲增厚，连于髂前上棘和耻骨结节间形成腹股沟韧带，此韧带内侧端部分腱纤维转向后下，形成陷窝韧带。在耻骨结节外上方，腱膜形成一裂孔，称为腹股沟管皮下环。腹内斜肌位于腹外斜肌深方，大部分纤维由外下方行向内上方并移行为腱膜，在腹直肌外缘腱膜分为两层，分别参与腹直肌鞘前、后层的构成。腹横肌位于腹内斜肌的深方，肌纤维横行向内，移行为腱膜，参与腹直肌鞘后层的组成。腹内斜肌腱膜的下内侧部与腹横肌腱膜的下部会合，共同形成腹股沟镰，又称联合腱。腹内斜肌及腹横肌的下缘少量肌纤维包绕精索入阴囊，形成提睾肌。

12. 腹股沟管位于腹股沟韧带内侧半的上方，为腹前壁下部肌和腱膜之间的一潜在性裂隙，全长4~5cm

。管有四个壁和两个口：上壁为腹内斜肌和腹横肌的弓状下缘；下壁为



腹股沟韧带；前壁是腹外斜肌腱膜；后壁则为腹横筋膜和腹股沟镰；内口又称腹股沟管腹环或深环，为腹横筋膜向外的突口，约在腹股沟韧带中点上方

1.5cm 处；外口称腹股沟管皮下环或浅环，为腹外斜肌腱膜的裂孔，位于耻骨结节的外上方。

13. 三角肌位于肩部，起于锁骨外侧段、肩峰和肩胛冈，止于肱骨的三角肌粗隆。三角肌的主要作用是使肩关节外展，其中前部纤维收缩还可使肩关节前屈和旋内，后部纤维收缩可使肩关节后伸和旋外。

14. 肱二头肌位于臂肌前群的浅层，起端有两个头，长头起自肩胛骨关节盂的上方，短头起自肩胛骨的喙突，两头合并成肌腹，经肘关节前方下行，止于桡骨粗隆。收缩时可屈肘关节和肩关节，当前臂旋前时，可使其旋后。

15. 肱三头肌属于臂肌的后群，位于肱骨的后面。起端有三个头，长头起自肩胛骨关节盂的下方，外侧头、内侧头均起自肱骨的背面，三头会合成肌腹，经肘关节的后方，止于尺骨鹰嘴。收缩时可伸肘关节和肩关节。

16. 运动肩关节的肌

①屈：胸大肌、三角肌前部肌束、肱二头肌、喙肱肌。②伸：背阔肌、三角肌后部肌束、大圆肌和肱三头肌长头。③外展：三角肌、冈上肌。④内收：胸大肌、背阔肌、大圆肌和肱三头肌长头。⑤旋内：肩胛下肌、胸大肌、背阔肌、大圆肌和三角肌前部肌束。⑥旋外：冈下肌、小圆肌和三角肌后部肌束。

17. 使肘关节运动和前臂旋前、旋后的肌

①屈：肱二头肌、肱肌、肱桡肌。②伸：主要是肱三头肌。③旋前：旋前圆肌、旋前方肌。④旋后：旋后肌和肱二头肌。

18. 髂腰肌包括髂肌和腰大肌两部分，分别起自髂窝和腰椎，两部分会合后，向下经腹股沟韧带的深方、髋关节前方，止于股骨小转子，收缩时可使髋关节屈和旋外，下肢固定时，还可使躯干和骨盆前屈。

19. 臀大肌位于臀部浅层，起自髂骨翼的外面和骶骨的背面，经髋关节的后方，止于股骨的臀肌粗隆，收缩时可使髋关节后伸和旋外。

20. 运动髋关节的肌

①屈：髂腰肌、阔筋膜张肌、缝匠肌、股直肌。②伸：臀大肌、股二头肌、半腱肌、半膜肌。③外展：臀中肌、臀小肌。④内收：长收肌、短收肌、大收肌、耻骨肌、股薄肌。⑤旋内：臀中肌和臀小肌(前部肌束)。⑥旋外：髂腰肌、臀大肌、臀中肌和臀小肌(后部肌束)、梨状肌、股内侧肌群。

22. 小腿三头肌位于小腿的后面，包括浅层的腓肠肌和深层的比目鱼肌。腓肠肌以两个头分别起自股骨的内、外侧髁，比目鱼肌起自胫、腓骨上端的后面，三头会合后，移行为跟腱，止于跟骨结节。收缩时可使踝关节跖屈，腓肠肌还可屈膝关节。

23. 运动膝关节的肌

①屈：股二头肌、半腱肌、半膜肌、缝匠肌和腓肠肌。②伸：股四头肌。③旋外：股二头肌。④旋内：半腱肌、半膜肌。



◇A 型题

1. E 2. D 3. E 4. E 5. C 6. D 7. B 8. D 9. A 10. B
 11. E 12. E 13. A 14. D 15. C 16. A 17. E 18. E 19. B 20. A

◇B 型题

1. A 2. B 3. C 4. B 5. C 6. D 7. A 8. B 9. C 10. B 11. D
 12. D 13. A 14. D 15. E

- ◇X 型题 1. ABC 2. ABCD 3. CE 4. CE 5. ABCDE 6. AC 7. BCDE 8. ABDE 9. ABCDE
 10. BCE

◇名词解释

1. 临床上常把鼻、咽、喉 3 部分称上呼吸道。
2. 鼻中隔为鼻腔内侧壁，由筛骨垂直板、犁骨、鼻中隔软骨及被覆的黏膜构成。
3. 弹性圆锥为圆锥形的弹性纤维膜，下缘附着于环状软骨弓上缘，上缘游离，张于甲状软骨前角后面和杓状软骨声带突之间，称声韧带，是发声的主要结构。
4. 声带由声襞及其覆盖的声韧带和声带肌构成。
5. 喉腔中位于前庭裂平面和声门裂平面之间的部分称喉中间腔。
6. 气管向下至胸骨角平面分为左、右主支气管，分叉处称气管杈。
7. 气管杈内面有一向上突的半月形纵嵴，称气管隆嵴，是支气管镜检查的定位标志。
8. 肺的内侧面（纵隔面）中部凹陷，称肺门，是主支气管、肺动脉、肺静脉、淋巴管及神经等出入肺的部位。
9. 出入肺门的主支气管、肺动脉、肺静脉、淋巴管及神经等结构，由结缔组织包绕形成肺根。
10. 左、右主支气管在肺门处分为肺叶支气管，肺叶支气管入肺叶再分为肺段支气管，肺段支气管再反复分支，呈树枝状，称支气管树。
11. 每一肺段支气管及其分支和所属的肺组织称为支气管肺段，简称肺段。
12. 胸膜是衬覆于胸壁内面和肺表面的一层浆膜，薄而光滑，可分脏、壁两层。
13. 胸腔由胸廓和膈围成，向上经胸廓上口与颈部连通，向下借膈与腹腔分隔。
14. 胸膜顶又称颈胸膜，指壁胸膜中突出于胸廓上口平面以上，呈穹窿状覆盖肺尖上方的部分。胸膜顶伸向颈根部，高出锁骨内侧 1/3 上方 2~3cm。
15. 肋膈隐窝位于肋胸膜与膈胸膜相互移行处，呈半环形，是胸膜腔的最低部位，胸膜腔积液时首先积存于此。

◇简答题

1. 呼吸系统由呼吸道和肺两部分组成。呼吸道是输送气体的管道，包括鼻、咽、喉、气管及各级支气管。肺是进行气体交换的器官，主要由肺内各级支气管和肺泡等构成。呼吸系统的功能主要是进行气体交换，即从外界吸入氧，呼出二氧化碳，鼻还有嗅觉功能，喉还有发音的功能。
2. 鼻腔黏膜可分为嗅区和呼吸区两部分。嗅区位于上鼻甲内侧面以及与其相对的鼻中隔部，活体呈苍白色或淡黄色，黏膜内有感受嗅觉刺激的嗅细胞。呼吸区为鼻腔黏膜除嗅区以外的部分，正常情况下呈红色，黏膜内具有丰富的血管、黏液腺和纤毛，对吸入的空气有加温、湿润以及净化作用。



3. 喉位于颈前部中份，前方为皮肤、筋膜和舌骨下肌群，后为咽，两侧是颈部大血管、神经和甲状腺侧叶，向上开口于咽的喉部，向下与气管相续。成年人的喉介于第3~6颈椎之间，女性和小儿者稍高。喉借韧带和肌肉连于舌骨和胸骨，可随吞咽和发音而上下移动。

4. 喉腔上经喉口与喉咽相通，下通气管。喉口朝向后上方，由会厌上缘、杓状会厌襞和杓间切迹围成。在喉腔内面侧壁上有上、下两对黏膜皱襞突入喉腔，上方一对称前庭襞，两者之间的裂隙称前庭裂；下方一对称声襞，其较前庭襞更突向喉腔，位于两侧声襞之间的裂隙称声门裂。声门裂是喉腔中最狭窄的部位。声带由声襞及其覆盖的声韧带和声带肌构成。

喉腔借前庭襞和声襞分为3部分：①喉前庭介于喉口至前庭裂平面之间。②喉中间腔位于前庭裂平面和声门裂平面之间，其向两侧延伸至前庭襞和声襞之间的梭形隐窝称喉室。③声门下腔为声门裂平面向下至环状软骨下缘的部分，此区黏膜下组织较为疏松，炎症时易水肿。婴幼儿喉腔较窄小，水肿时容易引起喉阻塞，导致呼吸困难。

5. 左主支气管较长较细，走向较为水平，右主支气管较短较粗，走向较为垂直。临床上支气管异物以右侧者多见。

6. 肺位于胸腔内，膈的上方，左右两肺分居纵隔两侧。肺形似圆锥形，有一尖一底，两面和三缘。肺尖圆钝，经胸廓上口突至颈根部，高出锁骨内侧1/3上方2~3cm

。肺底与膈相对，又称膈面，稍向上凹。外侧面（肋面）面积较大而圆凸，紧贴肋与肋间肌；内侧面（纵隔面）与纵隔相对。纵隔面中部凹陷，称肺门，是主支气管、肺动脉、肺静脉、淋巴管及神经等出入肺的部位。出入肺门的结构，由结缔组织包绕，称肺根。肺的前缘锐利，右肺前缘近于垂直，左肺前缘下份有心切迹，切迹下方的突起称左肺小舌。肺的下缘也较锐利，其位置可随呼吸上下移动。肺的后缘圆钝，与脊柱相贴。左肺借斜裂分为上、下两叶；右肺除斜裂外还有右肺水平裂，因此右肺分为上、中、下3叶。

7. 胸腔由胸廓和膈围成，向上经胸廓上口与颈部连通，向下借膈与腹腔分隔。胸腔内容可分为左、右两侧的胸膜腔和肺以及中间的纵隔。胸膜腔是脏胸膜与壁胸膜在肺根处相互延续形成的浆腔隙。胸膜腔左、右各一，互不相通，腔内呈负压，有少量浆液，具有润滑作用，有利于呼吸。由于胸膜腔内呈负压，因而脏、壁胸膜互相贴附在一起，故胸膜腔实际上是两个潜在的腔隙。

8. 胸膜是衬覆于胸壁内面和肺表面的一层浆膜，薄而光滑，可分脏、壁两层。脏胸膜被覆于肺的表面，又称胸膜脏层，与肺紧贴不易分离，并伸入肺叶间裂内。壁胸膜贴附于胸壁内面、膈上面和纵隔两侧，又称胸膜壁层。依据壁胸膜贴附部位的不同又可分为相互移行行的4部分：肋胸膜、膈胸膜、纵隔胸膜、胸膜顶。

9. 胸膜下界是肋胸膜和膈胸膜之间的返折线。右侧起自第六胸肋关节后方，左侧起自第六肋软骨后方，两侧均行向外下方，在锁骨中线与第8肋相交，在腋中线与第10肋相交，在肩胛线与第11肋相交，终止于第12胸椎棘突高度。肺下界较胸膜下界高约两个肋的距离，即在锁骨中线与第6肋相交，在腋中线与第8肋相交，在肩胛线与10肋相交，在脊柱旁终于第10胸椎棘突平面。

10. 纵隔是左、右纵隔胸膜之间所有器官、结构和结缔组织的总称。其前界为胸骨，后界为脊柱胸段，两侧界为纵隔胸膜，向上达胸廓上口，向下至膈。通常以胸骨角至第4胸椎体下缘将纵隔分为上纵隔和下纵隔。下纵隔再以心包为界分为前纵隔、中纵隔和后纵隔3部分。



◇A1 型题

1. E 2. E 3. D 4. B 5. B 6. B 7. B 8. B 9. D 10. D 11. B 12. B 13. A
 14. B 15. A 16. B 17. D 18. C 19. A 20. C 21. C 22. B 23. D 24. C 25. A
 26. D 27. B 28. A 29. C 30. D 31. D

◇B1 型题

1. B 2. E 3. A 4. C 5. A 6. E 7. D 8. C 9. B 10. A

◇X 型题

1. CD 2. ABC 3. ACD 4. ACD 5. ABDE 6. ABC 7. CDE 8. ABC
 9. BC 10. ABCE 11. ABC 12. BCDE 13. ABC 14. ACDE 15. CE 16. BCE
 17. ACD 18. BCDE 19. ABCD 20. BDE 21. BCE 22. ABDE 23. ABCD

◇名词解释 1. 引血出心的血管称动脉。

2. 引血回心的血管称静脉。

3. 心有节律地舒缩，将血液射入动脉。血液最后经毛细血管分布至全身各部组织，在此与细胞和组织进行气体和物质交换后，再经静脉返回心脏。如此循环不止称为血液循环。

4. 节制带（隔缘肉柱）在右心室连接室间隔和前乳头肌基部的肌束。其内有右束支的纤维通过。

5. 在肺动脉干分为左右肺动脉的分叉部偏左侧，有一连主动脉弓的短的结缔组织索，即称为动脉韧带。是胚胎时期动脉导管闭锁形成的。

6. 浆膜性心包脏层将升主动脉和肺动脉干共同包绕，使其后方与左房前壁和上腔静脉之间留一间隙称心包横窦。

7. 在左心房后壁与后部心包壁层之间留有腔隙，其两侧界为左肺静脉、右肺静脉和下腔静脉，称心包斜窦。

8. 体循环含氧量高的动脉血自左心室流入主动脉，再沿各级分支达全身各部毛细血管，在此进行物质交换后，缺氧的静脉血经各级静脉，最后由冠状窦、上腔静脉、下腔静脉流回右心室，此循环途径称为体循环。

9. 肺循环静脉血自右心室进入肺动脉，经肺动脉各级分支，进行气体交换后，含氧丰富的动脉血经肺静脉流回左心房。此循环途径称为肺循环。

10. 颈动脉窦是颈总动脉末端和颈内动脉起始处的膨大部分，壁内有压力感受器。

11. 掌浅弓由尺动脉末端和桡动脉的掌浅支吻合而成，位于掌腱膜深面，弓的最凸部分不超过第2掌横纹，由弓发出分支营养第2~5指。

12. 掌深弓由桡动脉末端和尺动脉的掌深支组成，位于屈指肌腱深面，由弓发出分支营养第2~5指。

13. 颈动脉小球位于颈内、外动脉分叉处的后方，为椭圆形小体，属化学感受器，能感受血液中二氧化碳浓度的变化。

◇简答题

1. 右心室以室上嵴为界分为流出道（肺动脉圆锥），出口为肺动脉口和流入道（其余部分），入口为右房室口。

2. 右心房主要结构有：一耳（右心耳），一肌（梳状肌），一嵴（界嵴），一窝（卵圆窝）和四个口（冠状窦口、上腔静脉口、下腔静脉口和右房室口）。

3. 右心室主要结构有：一嵴（室上嵴），一锥（动脉圆锥），一索（腱索），二口（右房室口和肺动脉口），二瓣（三尖瓣、肺动脉瓣），三肌（乳头肌、肉柱和隔缘肉柱）。

4. 窦房结位于上腔静脉口前面附近，界沟上端心外膜下。房室结位于房间隔下部右侧，冠状窦口的前上方心内膜下。



5. 心的静脉血由冠状窦、心前静脉和心最小静脉回心。冠状窦的主要属支有心大静脉、心中静脉和心小静脉。

6. 主动脉可分为升主动脉、主动脉弓和降主动脉。升主动脉分支有左、右冠状动脉。降主动脉又分为胸主动脉和腹主动脉。

7. 化学感受器感受血中氧和二氧化碳浓度的变化，存在于主动脉弓凹侧下方的主动脉小球和颈内、颈外动脉分叉处后方的颈动脉小球；压力感受器感受血压的变化，存在于主动脉弓壁内和颈总动脉末端或颈内动脉起始处的膨大部分血管壁内的颈动脉窦。

8. 腹主动脉的壁支主要有膈下动脉和腰动脉。成对的脏支包括肾上腺中动脉、肾动脉和睾丸动脉（卵巢动脉）；不成对的脏支有腹腔干、肠系膜上动脉和肠系膜下动脉。

9. 出入心底的大血管有上腔静脉、下腔静脉、肺动脉干、主动脉、4条肺静脉。

10. 左心室腔内可见二尖瓣、腱索、乳头肌、肉柱、左房室口、主动脉前庭和主动脉瓣。

11. 心传导系包括窦房结、房室结、结间束、房室束、左、右束支和蒲氏纤维。

12. 颈外动脉的主要分支有甲状腺上动脉、舌动脉、面动脉、上颌动脉和颞浅动脉等。

13. 甲状腺的血管有甲状腺上、下动脉，甲状腺上、中、下静脉。

14. 腹主动脉的脏支（一级分支）包括腹腔干、肠系膜上动脉、肠系膜下动脉、肾动脉、睾丸动脉（卵巢动脉）、肾上腺中动脉。

15. 胃的动脉包括胃左动脉、胃右动脉、胃网膜右动脉、胃网膜左动脉和胃短动脉。

16. 肠系膜上动脉的分支空肠动脉、回肠动脉、回结肠动脉、右结肠动脉和中结肠动脉。

17. 结肠的动脉分布回结肠动脉、右结肠动脉、中结肠动脉、左结肠动脉和乙状结肠动脉。

◇A1 型题

1. D 2. B 3. C 4. D 5. B 6. A 7. C 8. D 9. A 10. A 11. C 12. B 13. B
14. A 15. A 16. C 17. C 18. D 19. B 20. A 21. C

◇B1 型题

1. A 2. B 3. C 4. D 5. C 6. B 7. A 8. C 9. D 10. A

◇X 型题

1. BCD 2. ACD 3. BDE 4. BC 5. BCD 6. ABCDE 7. BCDE 8. ABDE 9. BDE 10. BE
11. ACE 12. BCE 13. ACE 14. BCD 15. CE 16. ACDE 17. ABCDE 18. ACD 19. ACE

◇名词解释

1. 静脉角：由颈内静脉和锁骨下静脉汇合处形成的夹角称静脉角，位



于胸锁关节的后方。

2. 乳糜池：是胸导管的起始端，在第一腰椎水平由左、右腰干和肠干汇合而成。

3. 卵圆窝：右心房内，房间隔中下部的卵圆形凹陷，称卵圆窝，是胚胎时期卵圆孔闭合后的遗迹，此处薄弱，是房间隔缺损的好发部位。

4. 脾切迹：脾上缘的 2~3 个凹陷称脾切迹，是触诊时辨认脾的标志。

◇简答题

1. 动脉是引血出心的血管，起于心室，血流速度较快，内压高，管腔细，管壁厚，弹性强；静脉是引血回心的血管，起于毛细血管，血流速度较慢，内压低，管腔粗，管壁薄，弹性弱。

2. 体循环包括上、下腔静脉系（含肝门静脉系）和心静脉系。 3. 上腔静脉由左、右头臂静脉合成，其属支有左、右头臂静脉和奇静脉。

4. 头臂静脉由同侧颈内静脉和锁骨下静脉在胸锁关节后方汇合而成，其属支有：颈内静脉、锁骨下静脉、椎静脉、胸廓内静脉和甲状腺下静脉等。

5. 颈内静脉在颈静脉孔处起于乙状窦，除收受乙状窦的静脉血外，还有面静脉，下颌后静脉，舌静脉和甲状腺上、中静脉等属支。

6. 下腔静脉由左、右髂总静脉合成，其属支有左、右髂总静脉，膈下静脉，腰静脉，右侧睾丸静脉（卵巢静脉），肾静脉，右肾上腺静脉和肝静脉。

7. 肝门静脉由肠系膜上静脉与脾静脉在胰头后方汇合而成。其介于两端毛细血管网之间，无静脉瓣，收集腹腔内不成对脏器（肝脏除外）的静脉血，血液营养物质丰富。

8. 肝门静脉的主要属支有：肠系膜上、下静脉，胃左、右静脉，脾静脉，胆囊静脉和附脐静脉。

9. 上腔静脉收集头、颈、上肢、胸壁和部分胸腔脏器的静脉血。

10. 面静脉的特点是无静脉瓣。①面静脉——内眦静脉——眼上静脉——海绵窦；②面静脉——面深静脉——翼静脉丛——导血管——海绵窦。

11. 肝门静脉与上、下腔静脉系之间主要通过食管静脉丛，直肠静脉丛，脐周静脉网形成吻合。

12. 全身的淋巴干共九条：左、右颈干，左、右锁骨下干，左、右支气管纵隔干，左、右腰干和肠干。

13. 胸导管收集左侧上半身，整个下半身的淋巴，右淋巴导管收集右侧上半身的淋巴。

14. 胸导管起始于第 1 腰椎前方，由左、右腰干和肠干汇合而成，起始部常膨大称为乳糜池，经膈的主动脉裂孔入胸腔。



◇A1 型题

1. C 2. B 3. E 4. A 5. B 6. C 7. B 8. E 9. B 10. E 11. C 12. B 13. A
14. D 15. E 16. A 17. C 18. D 19. C 20. D 21. B 22. E 23. B 24. B 25. B

◇B1 型题

1. B 2. D 3. A 4. C 5. C 6. A 7. E 8. D 9. D 10. A 11. B 12. C 13. B 14. E 15. C
16. D 17. A

◇X 型题

1. ACE 2. BCDE 3. ABCD 4. ABD 5. CD 6. BC 7. ACD 8. ACDE 9. ABD 10. ABCE
11. ABD 12. ABCD 13. ACDE 14. BCD 15. ABC 16. ABCD 17. ABCE 18. AC 19. ABDE
20. ABCD

◇名词解释

1. 内脏包括消化、呼吸、泌尿和生殖 4 大系统，组成这 4 个系统的器官大部分位于胸、腹、盆腔内，并借孔、道直接或间接与外界相通，内脏的主要功能是进行物质代谢和繁衍后代。

2. 锁骨中线为胸部的标志线，是通过锁骨中点而作的垂线。在男性，此线大致与通过乳头而作的垂线，乳头线相当。

3. 肩胛线为胸部的标志线，是通过肩胛骨下角作的垂线。

4. 咽峡由腭帆后缘、左右腭舌弓及舌根（*由腭垂、腭帆游离缘、两侧的腭舌弓、腭咽弓及舌根）共同围成的狭窄处称咽峡，为口腔通咽的孔口，也是口腔和咽的分界处。

5. 在鼻咽，位于咽鼓管圆枕后上方（*咽鼓管圆枕后方与咽后壁之间）的凹陷称咽隐窝，为鼻咽癌的好发部位。

6. 在喉咽，喉口两侧各有一深凹（*喉的两侧和甲状软骨内面之间，黏膜下陷形成的隐窝），称梨状隐窝，为异物易嵌顿滞留的部位。

7. 在胃的幽门，胃黏膜覆盖幽门括约肌，形成的环形皱襞称幽门瓣，有延缓胃内容物排空和防止肠内容物逆流至胃的作用。

8. 在回盲口，由回肠末端突入盲肠而形成的上、下两个半月形的瓣称回盲瓣，有阻止小肠内容物过快流入大肠和防止盲肠内容物逆流到回肠的作用。

9. 在肛管内面，由肛瓣与肛柱下端（*由肛柱下端下肛瓣基部）连成的锯齿状环形线称齿状线，此线以上为黏膜，以下为皮肤。

10. 在肝的脏面有近似“H”形的沟，其中的横沟称肝门，是肝固有动脉左、右支，肝门静脉左、右支、肝左、右管、神经和淋巴管出入肝的部位。

11. 出入肝门的结构，即肝固有动脉左、右支、肝门静脉左、右支、肝左、右管、神经和淋巴管等被结缔组织包绕，称肝蒂。

12. 十二指肠降部后内侧壁上有十二指肠纵襞，纵襞下端的突起称十二指肠大乳头，是胆总管和胰管的共同开口处。

13. 胆总管最后斜穿十二指肠降部后内侧壁，在此与胰管汇合，形成略膨大的肝胰壶腹，开口于十二指肠大乳头。在肝胰壶腹周围有肝胰壶腹括约肌包绕，胆总管和胰管的末段也各有括约肌包绕。胆汁和胰液由此经开口进入十二指肠。

◇简答题

1. 按构造可将内脏器官分为中空性器官和实质性器官 2 大类。例如食管、胃、膀胱为中空性器官；肝、胰、肺为实质性器官。

2. 胸部标志线单条的有前正中线、后正中线；成对的有胸骨线、胸骨



旁线、锁骨中线、腋前线、腋中线、腋后线、肩胛线。

3. 将腹部分为三部九区的标志线是上、下横线和左、右垂线（或纵线）。上横线是通过两侧肋弓最低点（或两侧第 10 肋最低点）的连线；下横线为通过两侧髂结节作的连线；左、右垂线（或纵线）为通过左、右腹股沟中点作的垂线。

4. 牙按形态和功能可分切牙、尖牙和磨牙 3 类。其中，恒牙有前磨牙和磨牙，乳牙无前磨牙。

临床上，用牙式标示牙的位置，常以被检查者的方位为准，以“+”记号划分上、下颌和左、右半共 4 个区。以罗马数码 I～V 依次标示：乳中切牙、乳侧切牙、乳尖牙、第 1 乳磨牙、第 2 乳磨牙。以阿拉伯数码 1～8 依次标示：中切牙、侧切牙、尖牙、第 1 前磨牙、第 2 前磨牙、第 1 磨牙、第 2 磨牙、第 3 磨牙。

5. 牙周组织包括牙周膜、牙槽骨和牙龈 3 部分。

6. 咽位于第 1～6 颈椎前方，上固定于颅底，向下至第 6 颈椎体下缘平面续于食管。咽腔以软腭和会厌上缘为界自上而下分为：①鼻咽，是在颅底与软腭平面之间的咽腔；②口咽，是软腭至会厌上缘平面之间的咽腔；③喉咽，是会厌上缘至第 6 颈椎体下缘平面（*环状软骨下缘平面）之间的咽腔。

7. 咽各部的重要结构：鼻咽有咽鼓管咽口、咽鼓管圆枕、咽隐窝、咽扁桃体和咽鼓管扁桃体。口咽有扁桃体窝及窝内的腭扁桃体（*还有舌会厌正中襞、会厌谷）。喉咽有梨状隐窝。咽各部的交通关系是：鼻咽向前经鼻后孔通鼻腔、向两侧以咽鼓管咽口、咽鼓管通中耳的鼓室；口咽向前经咽峡通口腔；喉咽向前经喉口通喉腔，向下与食管相续。

8. 胃在中等度充盈时，大部分位于左季肋区，小部分位于腹上区，贲门位于第 11 胸椎体左侧，幽门在第 1 腰椎体右侧。胃可分为 4 部：①贲门部，是位于贲门周围的部分；②胃底，是贲门平面向左上方凸出的部分；③胃体是胃的中间部；④幽门部为胃体下界与幽门之间的部分，此部又可分为左侧份较扩大的幽门窦和右侧份呈管状的幽门管。

9. 直肠位于小骨盆腔后部、骶、尾骨的前方。其上端在第 3 骶椎平面与乙状结肠相接。向下穿盆膈移行于肛管。直肠上端管径较细，向下肠腔显著扩大，直肠下部为直肠壶腹。在直肠内面有 3 个直肠横襞，由黏膜和环行肌构成。其中，上直肠横襞位于直肠左壁，距肛门约

11cm。中直肠横襞位于直肠右前壁，距肛门约 7cm

。下直肠横襞多在直肠左壁或缺如。3 个横襞以中间一个位置最恒定、最大而明显。

10. 肛管内面的结构有：①肛柱，为 6～8 条纵行的黏膜皱襞，柱内有动、静脉及纵行肌；②肛瓣，为半月形的黏膜皱襞，连于相邻肛柱下端之间；③肛窦，为肛瓣和相邻肛柱下端围成的小隐窝；④齿状线，是肛柱下端与肛瓣基部连成的锯齿状环形线，此线以上为黏膜，以下为皮肤；⑤肛梳，在齿状线下方，宽约

1cm 的光滑微隆凸的环形带；⑥白线，活体肛门上方 1～1.5cm

处皮肤上浅蓝色的环形线，其位置相当于肛门内、外括约肌之间。

11. 肝大部分位于右季肋区和腹上区，小部分位于左季肋区，被胸廓掩盖，仅在腹上区左、右肋弓间露出，直接接触腹前壁。肝的膈面被镰状韧带分为较大的右叶和较小的左叶。脏面借“H”形的沟分为右叶、左叶、横沟前方的方叶和横沟后方的尾状叶。

12. 胆囊位于肝脏面的胆囊窝内，其上面借结缔组织与肝相连，下面游离并有腹膜覆盖而固定。胆囊可分 4 部：①胆囊底，为其前端钝圆的部分；②胆囊体，为其中间部；③胆囊颈，为其后端狭细的部分；④胆囊管，为胆囊颈向后下移行的管，长 3～

4cm，此部的黏膜形成螺旋状皱襞，称螺旋襞，胆结石常嵌顿于此。胆囊为贮存和浓缩胆汁的器官，还有调节胆道压力的作用。



13. 肝外胆道包括胆囊和输胆管道，后者又包括肝左管、肝右管、肝总管、胆总管等部（*肝外胆道包括肝左管、肝右管、肝总管、胆囊管、胆囊和胆总管等部）。

14. 平时，肝胰壶腹括约肌保持收缩状态，胆囊舒张，肝分泌的胆汁经肝左、右管、肝总管、胆囊管入胆囊贮存和浓缩。进食后，由于食物和消化液的刺激，反射性地引起胆囊收缩，肝胰壶腹括约肌舒张，胆囊内贮存和浓缩的胆汁经胆囊管、胆总管、肝胰壶腹、十二指肠大乳头进入十二指肠，参与消化食物。

◇A1 型题 1. B 2. B 3. C 4. D 5. C 6. A

◇B1 型题 1. B 2. A 3. D 4. E 5. E 6. D 7. A 8. C

◇X 型题 1. AE 2. ACD 3. ABD

◇名词解释 1. 肾区：竖脊肌的外侧缘与第 12 肋下缘所形成的夹角部位，是肾门在腰背部的体表投影区。此区称为肾区。

2. 膀胱三角：在膀胱底部的内面，位于两输尿管口与尿道内口之间的黏膜区；此区粘膜和肌层连接紧密，黏膜光滑无皱襞是膀胱疾病的好发部位，称膀胱三角。

3. 肾门：肾内侧缘中部的凹陷部位，是血管神经出入肾的部位，称肾门。

4. 肾窦：肾门向肾实质内凹陷形成的腔隙，称为肾窦；内有疏松结缔组织填充并含有血管神经、淋巴管、肾大盏、肾小盏和肾盂结构。

5. 肾蒂：出入肾门的神经血管淋巴管和肾盂等结构，被结缔组织包裹在一起，称肾蒂。

6. 肾盂：连接在肾大盏和输尿管之间的膜性结构，称肾盂；是导尿道的组成部分。

◇简答题

1. 肾冠状切面上肉眼可见结构：肾的浅层，呈红褐色为肾皮质。肾皮质的深部色淡，为肾髓质；内有多数肾锥体，肾锥体的基底朝向皮质，尖端圆钝，朝向肾窦，并突入到肾小盏内，为肾乳头。肾锥体之间，填充有皮质延伸的结构，为肾柱。在肾门和肾窦内含有肾的血管神经和淋巴，大部分被膜性结构所掩盖，膜包裹肾乳头的称肾小盏。2~3 个肾小盏合成一个肾大盏，肾大盏再汇合成一个前后扁平的漏斗状的肾盂出肾门。

2. 输尿管主要有三处狭窄分别位于输尿管的起始处，过小骨盆上口与髂血管的交叉处和穿膀胱壁处。输尿管的结石易嵌顿在狭窄部位，也是输尿管疾病的好发部位。

3. 肾的被膜有三层，由内向外依次为纤维囊、脂肪囊和肾筋膜。纤维囊为坚韧的致密结缔组织和少量的弹性纤维构成的薄膜，包裹于肾实质的表面，正常情况下与肾实质连接疏松，易于剥离。脂肪囊是位于肾纤维囊外周的脂肪组织，在肾的边缘部和下端较为丰富。肾筋膜是最外层的膜性结构，包被于肾和肾上腺的周围，它发出的结缔组织小梁穿过脂肪囊与纤维囊相连，为肾的主要固定结构。在肾的下端和内侧前后筋膜是敞开的彼此不愈合。



◇A1 型题

1. B 2. B 3. D 4. D 5. C 6. B 7. C 8. D 9. A 10. E 11. C 12. D 13. B

14. A

◇B1 型题

1. C 2. B 3. C 4. E 5. D 6. E 7. B 8. C 9. C 10. D 11. A 12. D 13. E

14. E

15. A 16. C 17. E 8. D

◇X 型题

1. BDE 2. ABDE 3. ABC 4. ABCDE 5. AD 6. ACE 7. ABCD 8. ABCE

◇名词解释

1. 内分泌腺是指结构上独立存在，肉眼可见的内分泌器官，如甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、垂体、松果体和胸腺。
2. 内分泌组织是指一些分散存在于其他组织、器官之内具有内分泌功能的细胞团或细胞，如胰腺内的胰岛、睾丸内的间质细胞、卵巢内的卵泡和黄体等。

◇简答题

1. 甲状腺位于颈前部，侧叶贴于喉和气管上段的侧面，上端达甲状软骨中部，下端可达第五或第六气管软骨高度；峡位于第 2~4 气管软骨的前面。由于甲状腺直接与喉及气管等结构相连接，因而甲状腺过度肿大时可压迫喉和气管而发生呼吸困难。

2. 甲状腺外观呈“H”形，由左右两个侧叶和中间的甲状腺峡组成。甲状腺表面有两层被膜，内层为纤维囊，称甲状腺真被膜（囊）；外层称甲状腺假被膜（囊），由颈深筋膜中的气管前筋膜形成。两层筋膜囊间有甲状旁腺、血管网等。假被膜形成韧带连于环状软骨和气管软骨上。因此吞咽时甲状腺可随喉上下移动。

3. 肾上腺位于腹膜后间隙内，附于肾上腺的内上方，与肾共同包在肾筋膜和脂肪囊内。左侧肾上腺近似半月形，右侧呈三角形，左侧比右侧稍大。

4. 垂体位于颅中窝蝶骨体上面的垂体窝内，上端借漏斗与下丘脑相连，前上方与视交叉相邻。垂体可分为前方的腺垂体和后方的神经垂体两部分。腺垂体由许多腺细胞组成，包括远侧部、中间部和结节部，可分泌多种激素，能促进机体的生长发育，并影响其他内分泌腺（如甲状腺、肾上腺和性腺等）的功能活动；神经垂体由下丘脑延伸发育而来，与中间部相贴，由神经部、漏斗部和正中隆起组成，神经垂体无分泌功能，可贮存和释放由下丘脑的神经内分泌细胞产生的抗利尿激素和催产素，其功能是使血压升高、尿量减少和子宫平滑肌收缩。



◇A1 型题

1. D 2. A 3. D 4. A 5. E 6. B 7. A 8. B 9. C 10. C 11. A 12. A 13. B
14. C 15. A 16. C 17. B 18. B 19. A 20. C 21. C 22. E 23. B 24. C 25. B
26. E 27. A 28. D 29. B 30. C 31. C 32. D 33. D

◇B1 型题

1. E 2. B 3. D 4. D 5. B 6. C 7. C 8. A 9. D 10. B 11. C 12. B 13. E
14. B 15. C 16. E 17. A 18. B 19. D 20. E 21. C 22. A 23. D 24. A 25. C
26. C 27. B 28. D 29. B 30. C 31. E

◇X 型题

1. ABD 2. ABD 3. BDE 4. ABCDE 5. ACD 6. ABCD 7. CDE 8. AB 9. ABCE
10. ABDE 11. ABD 12. ABD 13. ABCDE 14. CD 15. ABDE 16. ACE 17. ACE ◇

名词解释

1. 感受器是指能接受机体内、外环境各种不同的刺激并转为神经冲动的结构，分为一般感受器和特殊感受器。
2. 眼房为角膜与晶状体、睫状体之间的腔隙，被虹膜分隔成前房和后房。
3. 眼球前房的边缘部，虹膜与角膜构成的夹角，称虹膜角膜角。
4. 在巩膜与角膜交界处的深部有一环形小管，称巩膜静脉窦，是房水回流的途径。
5. 房水为充满于眼房内无色透明的液体，具有屈光、营养角膜、晶状体和维持眼内压的作用。
6. 在视神经盘颞侧约 3.5mm 处有一黄色小区，称黄斑，其中部略凹陷称中央凹，是感光 and 辨色最敏锐处。
7. 视网膜后部稍偏鼻侧处，由视神经纤维汇集成白色圆盘状的隆起，称视神经盘。此处无视细胞，无感光功能，故称为生理盲点。
8. 眼球的内容物包括房水、晶状体和玻璃体。这些结构和角膜一样都是无血管、无色透明，具有屈光作用，故又称为眼球的屈光系统。
9. 当睑裂闭合时，各部分结膜共同围成的囊状腔隙，称结膜囊。
10. 活体检查时，鼓膜脐的前下方有一三角形反光区，称光锥。
11. 鼓室内，锤骨、砧骨和镫骨借关节相联结，构成听骨链，可将鼓膜振动的压强放大，传入耳内。
12. 内耳位于颞骨岩部内，结构复杂，故又称迷路，分骨迷路与膜迷路。

◇简答题

1. 房水由睫状体产生后，由眼球后房经瞳孔入眼球前房，然后经虹膜角膜角渗入巩膜静脉窦，最后入眼静脉。房水有屈光、营养角膜和晶大状体、维持眼内压等功能。
2. 光线→角膜→前房房水→瞳孔→后房房水→晶状体→玻璃体→刺激感光细胞→双极细胞→节细胞→视神经→中枢。
3. 视近物时，睫状肌收缩，睫状突向前内移位，靠近晶状体，睫状小带松弛，晶状体依靠本身弹性变厚，表面曲度加大，折光力增强，使近处物体在视网膜上成像。
4. 鼓室为颞骨岩壁内的含气小腔。上壁以鼓室盖与颅中窝相隔，下壁为颈静脉壁，与颈内静脉起始部相邻。前壁为颈动脉壁，有咽鼓管鼓室口。后壁为乳突壁，上部有乳突窦的开口。外侧壁为鼓膜壁。内侧壁称迷路壁，后部有前庭窗与蜗窗。



5. 咽鼓管是连通鼓室与鼻咽部之间的管道。其作用是使鼓室内气压与外界气压相平衡，以保持鼓膜的正常形态。小儿咽鼓管短而平直，因而咽部感染易经咽鼓管蔓延至鼓室，形成中耳炎。

6. 虹膜内有两种不同方向排列的平滑肌。环绕瞳孔周围排列的称瞳孔括约肌，受副交感神经支配；由瞳孔向周围呈辐射状排列的称瞳孔开大肌，受交感受神经支配。当眼视近物或在强光下时，瞳孔缩小。反之，瞳孔开大。

7. 泪腺分泌泪液→结膜上穹→结膜囊→泪点→泪囊→鼻泪管→下鼻道前部。

8. 声波→耳廓→外耳道→鼓膜→听骨链→前庭窗→前庭阶外淋巴（→蜗管内淋巴→基底膜→螺旋器）→鼓阶外淋巴→蜗窗 9.

膜迷路分为膜半规管、球囊、椭圆囊和蜗管四部分，含有特殊感受器。膜半规管内有壶腹嵴，是位觉感受器，能感受旋转变速运动的刺激。球囊和椭圆囊内有球囊斑和椭圆囊斑，亦是位觉感受器，能感受直线变速运动的刺激和头部的位觉。蜗管内有螺旋器，为听觉感受器，能感受声波的振动并区别不同的音调。

10. 运动眼球的肌肉有 6 条：上直肌（上内）、下直肌（下内）、内直肌（内侧）、外直肌（外侧）、上斜肌（下外）、下斜肌（上外）。



◇A1 型题

1. A 2. E 3. D 4. C 5. C 6. B 7. C 8. C 9. C 10. A 11. C 12. B 13. D
14. A 15. E 16. B 17. D 18. C 19. C 20. B 21. E 22. C 23. D 24. E 25. B
26. D 27. C 28. E 29. D 30. C 31. D 32. A 33. C

◇B1 型题

1. A 2. D 3. B 4. B 5. C 6. D 7. E 8. A 9. E 10. B 11. C 12. C 13. D
14. B 15. A 16. B 17. E 18. A 19. D 20. C

◇X 型题

1. AB 2. BC 3. ACDE 4. BDE 5. ABCE 6. ACD 7. ABCE 8. ABCE 9. ACDE 10. ABCD
11. BC 12. BCD 13. AC 14. CDE 15. ABCD 16. ABCD 17. ABCD ◇名词解释

1. 睾丸鞘膜的脏、壁两层在睾丸后缘处互相移行，构成一个密闭的腔隙，称鞘膜腔，内有少量浆液。

2. 从腹股沟管深环到睾丸上端处，有一柔软的圆索状结构，称精索。由输精管、睾丸动脉、蔓状静脉丛，神经、淋巴管和鞘韧带等外包被膜而构成。

3. 输卵管峡为紧接输卵管子宫部，位于子宫壁外面的一段，管径较为狭窄，是输卵管结扎的常用部位。

4. 输卵管漏斗周缘有许多指状突起，叫输卵管伞，是手术时识别输卵管的标志。

5. 阴道的上端呈穹窿状环抱着子宫颈阴道部，两者之间形成的形状间隙，称阴道穹，以阴道穹后部最深。

6. 腹膜是衬于腹、盆壁内面和覆盖在腹、盆腔脏器表面的一层浆膜。其衬于腹、盆壁内面的称壁腹膜；覆盖在腹、盆腔脏器表面的称脏腹膜。

7. 腹膜腔指脏腹膜和壁腹膜相互移行围成的腔隙。

◇简答题

1. 男性生殖器包括内、外生殖器两部分。内生殖器包括：①生殖腺—睾丸；②输精管道—附睾、输精管、射精管和男性尿道；③附属腺—精囊、前列腺和尿道球腺。外生殖器包括：阴茎和阴囊。

2. 女性生殖器包括内、外生殖器两部分。内生殖器包括：①生殖腺—卵巢；②输送管道—输卵管、子宫、阴道；③附属腺—前庭大腺。女性外生殖器即女阴，由阴阜、大阴唇、小阴唇、阴道前庭、阴蒂和前庭球等组成。

3. 精曲小管上皮产生精子→精曲小管→精直小管→睾丸网→睾丸输出小管→附睾→输精管→射精管→尿道→体外。

4. 男性患者插入导尿管时，依次经过的狭窄是尿道外口、膜部和尿道内口，其中尿道外口最狭窄；弯曲分别是耻骨前弯和耻骨下弯。

5. 输卵管全长由外向内可分为四部分，即输卵管漏斗、输卵管壶腹（是卵细胞受精的部位）、输卵管峡（是输卵管结扎术的常选部位）和子宫部。

6. 子宫呈前后稍扁的倒置梨形，长约 8cm，宽约 4cm，厚约 2cm，可分子宫底、子宫颈和子宫体三部分。子宫颈又分为子宫颈阴道部和子宫颈阴道上部；子宫位于盆腔的中央，在膀胱与直肠之间，呈前倾前屈位；子宫的固定装置有：①子宫阔韧带：可限制子宫向两侧移动；②子宫圆韧带：维持子宫的前倾位置；③子宫主韧带：固定子宫颈，防止子宫向下脱垂；④骶子宫韧带：维持子宫的前屈状态，并与子宫圆韧带共同维持子宫的前倾前屈位。



◇A1 型题

1. B 2. B 3. C 4. D 5. C 6. B 7. E 8. E 9. A 10. E 11. A 12. A 13. D
14. C 15. D 16. B 17. D 18. D 19. A 20. C 21. B 22. A 23. B 24. A 25. C
26. A 27. C 28. C 29. B 30. E 31. E 32. E 33. A 34. C 35. E

◇B1 型题

1. B 2. C 3. A 4. D 5. E 6. B 7. D 8. C 9. A 10. E 11. A 12. D 13. B
14. C 15. D 16. A 17. B 18. C 19. A 20. C 21. B 22. A 23. B 24. C 25. A
26. B 27. C 28. A 29. C 30. B 31. A 32. C 33. B 34. D 35. E 36. B 37. C
38. D 39. A

◇X 型题

1. ACD 2. BC 3. ABE 4. ABC 5. ABCD 6. ABCD 7. BC 8. BCE 9. ABCD 10. BCD
11. ACD 12. AC 13. BCD 14. AD 15. BD 16. ACE 17. AD 18. ADE 19. BCD 20. ABCE
21. AB 22. ABD 23. ACE 24. BC 25. ACDE 26. AC 27. ABCE 28. ABC 29. BCDE
30. BE 31. AD

◇名词解释

1. 在中枢神经系统内，神经元的胞体和树突集聚的部位，色泽灰暗，称灰质。
2. 在中枢神经系统内，神经纤维集聚的部位，色泽白亮，称白质。
3. 在中枢神经系统内，神经元的胞体聚集成成的灰色团块状结构称神经核。
4. 在周围神经系统内，神经元细胞体聚集成成的灰色团块状结构称神经节。
5. 在中枢神经系统内，由灰质和白质混杂而成的部位，即神经纤维交织成网，灰质团块散在其中，称网状结构。
6. 内囊位于背侧丘脑、尾状核和豆状核之间的上、下行纤维束组成，分为内囊前肢、内囊膝和内囊后肢 3 部分，管理躯体对侧的感觉和运动等功能。
7. 纹状体由豆状核与尾状核组成。在种系发生上，尾状核与壳合称新纹状体，苍白球称旧纹状体。纹状体具有调节躯体运动的重要作用。
8. 脊髓蛛网膜与软脊膜间较宽阔的间隙称蛛网膜下隙，内含清亮的脑脊液。
9. 硬脊膜与椎管内面骨膜之间的狭窄腔隙称硬膜外隙，内含疏松结缔组织、脂肪、淋巴管和静脉丛等；有脊神经根穿过此隙。
10. 大脑动脉环位于脑底的下方，蝶鞍上方，由两侧大脑前动脉起始端、两侧颈内动脉末端与两侧大脑后动脉借前、后交通动脉彼此吻合形成，又称 Willis 环，该环围绕在视交叉、灰结节和乳头体周围，此环使两侧颈内动脉系与椎-基底动脉系相交通。
11. 白交通支主要由具有髓鞘的节前纤维组成，因髓鞘反光发亮，呈白色。
12. 灰交通支由椎旁节细胞发出的节后纤维组成，多无髓鞘，故颜色灰暗。
13. 在周围神经系统中神经纤维聚集成粗细不等的神经纤维束称神经。

◇简答题：

1. 脑脊液的产生部位：各脑室脉络丛产生脑脊液。循环途径：左室间孔



中脑水管 正中孔 侧脑室 第三脑室
第四脑室 右 蛛网膜下隙 蛛网膜粒 上矢状窦
外侧孔

颈内静脉

2. 内囊是位于背侧丘脑、尾状核与豆状核之间的上、下行纤维。在水平切面上，内囊呈“><”形，分内囊前肢、内囊膝和内囊后肢 3 部分。内囊前肢位于豆状核与尾状核之间；主要有额桥束和丘脑前辐射（丘脑皮质束）。内囊后肢位于豆状核与背侧丘脑之间，主要有皮质脊髓束、丘脑中央辐射和丘脑后辐射（丘脑皮质束）以及视辐射（传导视觉冲动）和听辐射（传导听觉冲动）等通过；前、后肢相交处称内囊膝，有皮质核束通过。

内囊是大脑皮质与下级中枢联系的“交通要道”，当内囊损伤广泛时，患者会出现对侧半身的感觉障碍（丘脑中央辐射受损），对侧偏瘫（皮质脊髓束、皮质核束损伤）和偏盲（视辐射损伤）的“三偏”综合征。

3. 舌的感觉神经有 V、VII、IX、X。舌前 2/3：一般感觉由三叉神经-下颌神经-舌神经传导，味觉由面神经的鼓索传导。舌后 1/3：一般感觉和味觉由舌咽神经舌支传导。舌肌的运动由舌下神经支配。

4. 腰椎穿刺临床上常在腰 3~4 或腰 4~5 椎之间作腰椎穿刺。腰椎穿刺时，穿刺针由表及里需经过皮肤、皮下组织、棘上韧带、棘间韧带、黄韧带、硬膜外隙、硬脊膜、蛛网膜，到达蛛网膜下隙进行抽取脑脊液。

5. 营养脑的动脉血管主要有颈内动脉和椎动脉。①颈内动脉起自颈总动脉，主要分支有大脑前动脉和大脑中动脉，主要供大脑半球的前 2/3 和部分间脑。②椎动脉起自锁骨下动脉，在延髓脑桥沟处左、右椎动脉合成 1 条基底动脉，主要有大脑后动脉等多条分支，供应大脑半球后 1/3，部分间脑以及脑干和小脑。

6. 胸骨角平面由第 2 胸神经前支分布，乳头平面由第 4 胸神经前支分布，剑突平面、肋弓平面和脐平面则分别由第 6、8、10 胸神经前支分布。腹股沟区由第 12 胸神经前支分布。

7. 眼球的一般感觉由三叉神经-眼神经-鼻睫神经传导，视觉由视神经传导。眼球运动：滑车神经支配上斜肌，展神经支配外直肌，其余由动眼神经支配。睫状肌和瞳孔括约肌由动眼神经的副交感纤维经睫状神经节换元，节后纤维支配；瞳孔开大肌由颈交感神经节的节后纤维支配。

8. 坐骨神经是全身最大的神经，经梨状肌下孔出盆腔，于臀大肌深面，经坐骨结节和大转子连线的中点、大腿肌后群内下行至腘窝上方，分为胫神经和腓总神经。坐骨神经的本干分支分布于髋关节和大腿肌后群。

9. 与中脑相连的脑神经有动眼神经和滑车神经。与脑桥相连的脑神经有三叉神经、展神经、面神经和前庭蜗神经。与延髓相连的脑神经由舌咽神经、迷走神经、副神经和舌下神经。

10. 脑的动脉主要来自颈内动脉和椎动脉。以顶枕沟为界，颈内动脉供应大脑半球前 2/3 和部分间脑，椎动脉供应大脑半球后 1/3、间脑后部、小脑和脑干。脊髓的动脉来源于椎动脉和节段性动脉。椎动脉发出 1 条脊髓前动脉和两条脊髓后动脉，脊髓前动脉沿前正中裂下降；脊髓后动脉沿后外侧沟下降，在颈段中部合成 1 条下行。节段性动脉是由颈升动脉、肋间后动脉和腰动脉发出的脊髓支，进入椎管后与脊髓前、后动脉吻合，共同营养脊髓。

大脑动脉环位于脑底的下方，蝶鞍上方，由两侧大脑前动脉起始端、两侧颈内动脉末端和两侧大脑后动脉借前、后交通动脉彼此吻合形成，该环围绕在视交叉、灰



结节和乳头体周围，此环使两侧颈内动脉系与椎-基底动脉系相交通。通过大脑动脉环的调节，可使血流重新分布和代偿，维持脑的血液供应。

11. 交感神经和副交感神经的区别 比较 交 感 神 经 副 交 感 神 经

低级中枢部位	脊髓胸 1~腰 3 节段灰质侧角 脑干内脏运动核、 脊髓骶副交感核
周围神经节	椎旁节和椎前节 器官旁节和器官内节
节前、节后纤维	节前纤维短、节后纤维长 节前纤维长、节后纤维短
分布范围	分布范围广泛，全身血管和内脏平滑肌、心肌、腺体、 竖毛肌、瞳孔开大肌等
	分布范围不如交感神经广，大部分的血管、汗腺、立毛肌和肾上腺髓质均无副交感神经支配

12. 与手的运动和感觉有关的神经有正中神经、尺神经和桡神经。正中神经在手区分布于第 1、2 蚓状肌和鱼际

(拇收肌除外)，掌心、桡侧 3 个半手指掌面及其中节和远节指背的皮肤。桡神经分 4~5 支指背神经分布于手背桡侧半和桡侧 3 个半手指近节背面皮肤。尺神经手背支分布于手背尺侧半和尺侧两个半指背皮肤。手掌支分布于小指、环指及中指尺侧半背面皮肤。浅支分布于小鱼际、小指和环指尺侧半掌面皮肤。深支分布于小鱼际、拇收肌、骨间掌侧肌、骨间背侧肌及第 3、4 蚓状肌。

