

# 第一章 絮 论

## 学习目标

1. 培养学生的责任心和使命感，树立为人民服务的职业道德。
2. 掌握有氧运动、无氧运动和开链运动、闭链运动的运动特点。
3. 熟悉人体运动与心肺功能的联系。
4. 了解人体运动与代谢功能的联系。
5. 学会通过运动轴和运动面描述关节的运动。

## 案例分析

患者，男性，25岁。因“右膝关节疼痛、肿胀和活动受限1月”入院。3周前行右膝关节内侧半月板缝合术。查体：扶双拐步行，右膝关节肿胀，右膝关节活动度（ROM） $0^\circ \sim 70^\circ$ ，右膝股四头肌萎缩，以股内侧肌最为显著。为求进一步治疗，转入康复医学科。

### 请问：

1. 开链运动与闭链运动的区别是什么？
2. 患者目前半月板缝合术后3周，右下肢暂免负重，建议患者采取何种运动类型以改善膝关节活动范围，增强股四头肌肌力？

人体运动学研究的是人体活动的运动规律，如人体或人体特定部位的位置、速度和加速度等。在研究人体运动时，还注意人体的生物学特征、生理功能、形态特点和组织性状，并涵盖了解剖学、生物力学和生理学等方面的知识，是多学科之间相互交叉与渗透的学科。在人体运动学中，将力与生物

体运动、生理及病理之间关系的内容称为生物力学，而将对运动中人体和器械运动规律的研究称为运动生物力学。

20世纪，运动学在医学领域得到了广泛的应用，骨、关节和骨骼肌生物力学、人体运动学、运动生理学等医学相关内容融入了运动学范畴。依据人体的功能解剖和运动规律，人们把生物力学运用到康复治疗中，形成了一整套的康复运动学治疗理论和运动治疗方法。本教材所讲的人体运动学，除了人体的功能解剖学、生物力学和运动生物力学的内容之外，还包括运动与心肺功能、运动控制等内容。深入分析人体运动功能及相关生物力学问题，发现运动功能障碍并确定其产生原因，从而制订出具有针对性的康复治疗方案，是从事康复治疗专业人才的必备技能。

## 第一节 专业术语

在学习过程中，为了能够准确描述人体不同部位的位置关系和关节运动方向，采用国际上公认方位术语进行描述，这部分专业术语是每个康复技术专业学生必须掌握的基本概念。

### 一、解剖位与功能位

解剖位是分析和描述人体各结构之间位置关系所采用的体位，即身体直立，两眼平视正前方，双上肢下垂于躯干两侧，双下肢并拢，手掌和足尖向前。功能位是人体运动的始发姿势，与解剖位姿势基本相同，不同的只是掌心贴于身体两侧。

### 二、运动轴与运动面

#### (一) 运动轴

运动轴是描述关节运动时常用的术语，以解剖位为准，设置人体3种相互垂直的轴(图1-1)。垂直轴为上下方向并与地平面垂直的轴；矢状轴为前后方向并与地平面平行的轴；冠状轴又称额状轴，为左右方向并与地平面平行的轴。

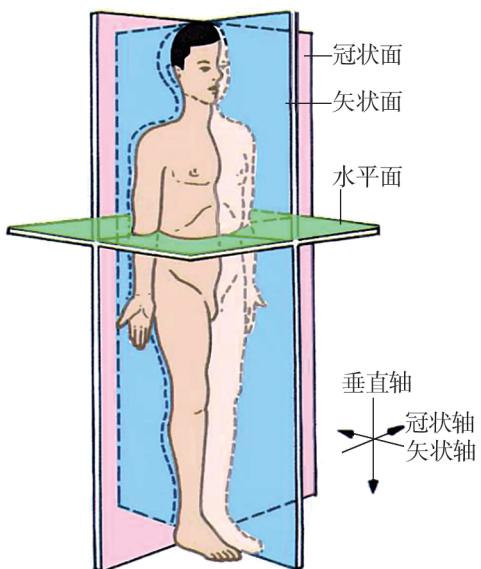


图1-1 解剖位及人体的运动轴与运动面

对于关节运动的描述一般通过关节轴线进行，由于关节结构不同，运动轴可以有一条、两条或多条。根据运动轴的多少，关节运动分为以下三种情况。

**1. 单轴运动** 单轴运动的关节，其骨上任何一点都能沿着一个弧线进行运动。如指间关节、肱尺关节，在解剖位下，只能围绕冠状轴转动行屈伸运动，只有一条运动轴。

**2. 双轴运动** 见于鞍状关节，如腕关节、掌指关节等。在解剖位下，它不仅能够围绕冠状轴做屈伸运动，也可以围绕矢状轴做内收、外展运动，它是在互相垂直的两个运动主轴上运动。在功能性动作中，双轴运动的关节，除沿两个主轴运动外，还有无数的次轴，产生和两个主轴不同方向的运动，属于关节复合运动。例如，在一条次轴上关节可屈曲和内收，其相反方向为伸直和外展。这种复合运动连接起来就产生了圆周运动。任何双轴、三轴运动均可产生圆周运动，但单轴运动则不能。

**3. 三轴运动** 见于球窝关节，有三条运动主轴，如孟肱关节、髋关节等，可以屈伸、内收、外展和旋转。当然除了三个主轴外，还有无数个次轴，这些次轴通过关节中心，产生多种复合运动。因此，三轴关节的运动范围远大于双轴关节。

## (二) 运动面

以解剖位为准，依据三种轴，对人体不同部位均可做出相互垂直的3种切面（图1-1）。①矢状面：是按前后方向将人体分为左、右两部分的纵切面。通过人体正中的矢状面称为正中矢状面，它将人体分为左、右相等的两半。②冠状面：又称额状面，是按左右方向将人体分为前、后两部分的纵切面。③水平面：又称横切面，是按水平方向并与上述两平面相垂直，将人体分为上、下两部分的切面。

# 第二节 运动类型

## 一、有氧运动与无氧运动

根据运动项目所要求的运动强度、时间、速度和体内能源物质氧化供能途径的不同，可将人体的运动分为有氧运动和无氧运动两种类型。

### (一) 有氧运动

有氧运动是人体在氧气充分供应的情况下进行的运动。有氧运动期间的能量主要通过体内能源物质氧化提供，一般健身锻炼或患者康复训练均属于有氧运动。在有氧条件下，人体持续进行某一项运动的能力称为有氧运动能力。有氧运动能力反映了人体有氧代谢能力、心肺功能和适应能力的强弱，是身体素质的基本指标。

1. **运动强度** 以中等、低强度运动为主，能量代谢以有氧代谢为主。

2. **运动形式** 以周期性、节律性运动为主。周期性运动指运动时同样的动作重复进行。有氧运动多为耐力运动，以上肢、下肢和躯干的主要肌群同时参加运动，可提高运动时的摄氧量，以达到增强心肺耐力的目的。

3. **有氧运动的作用** 提高机体心肺功能，调节代谢，改善和提高机体的氧化代谢能力。

4. **有氧运动的项目** 主要有步行、慢跑、上下台阶、骑自行车、爬山、游泳、练太极拳和八段锦等。

5. **有氧运动训练** 通过反复进行的中低强度运动，达到提高心肺功能和机

体运动能力的训练方法，称为有氧训练。将有氧训练的内容和注意事项以“处方”形式写出来，称为运动处方。运动处方包括运动频率、运动强度、运动方式、运动持续时间、运动总量和运动进阶六方面内容。

## (二) 无氧运动

无氧运动是人体在短时间内做高速、剧烈的运动。其特点是快速、持续时间短且爆发力强，但容易疲劳。无氧运动期间的能量来源主要依靠无氧代谢，竞技性体育项目多属于此类运动。

# 二、静力性运动与动力性运动

根据骨骼肌运动形式的不同，将人体运动分为静力性运动和动力性运动两类（表 1-1）。

## (一) 静力性运动

静力性运动是维持姿势的基础，指骨骼肌收缩时，不产生明显的关节运动，又称等长运动，见于骨骼肌收缩力与阻力相等时，此时骨骼肌虽消耗能量积极收缩，但未引起关节运动，故骨骼肌未做功。例如，日常生活中的坐、站和蹲等姿势维持均属于静力性运动。

## (二) 动力性运动

动力性运动是人体常见的运动形式，指骨骼肌收缩时产生的关节活动，又称等张运动。即肌肉收缩时肌力大于阻力所产生的加速度运动和小于阻力所产生的减速度运动。动力性运动又分为向心性运动和离心性运动两种。

**1. 向心性运动** 又称向心收缩，指肌肉收缩时肌力大于阻力，肌纤维的长度缩短，肌肉的近、远端附着点相互靠近。如上楼梯时，股四头肌的收缩就属于向心收缩。

**2. 离心性运动** 又称离心收缩，指肌肉收缩时肌力小于阻力，使缩短的肌肉被动延长，肌肉的近、远端附着点相互远离。离心收缩起到减速和抵抗重力的作用。如下楼梯时，股四头肌的延长收缩就属于离心收缩。

**3. 拉长-缩短周期** 指骨骼肌离心性运动和向心性运动相互结合，形成肌肉先拉长再缩短的运动。人体各关节运动时，多数情况下并不是单纯的离心性运动或向心性运动，往往是两种运动的结合，即运动开始时是离心收缩，

肌肉先被拉长，然后再产生向心收缩，肌肉再缩短。例如，上楼梯屈膝时，股四头肌做离心收缩，然后伸膝时做向心收缩，即骨骼肌在先被拉长的基础上，再向心收缩可以产生更大的力量。拉长-缩短周期在提高骨骼肌工作的机械效率上具有重要意义。

### (三) 等速运动

等速运动又称等速收缩，是运动中骨骼肌以恒定的角速度进行最大的收缩，是运动速度恒定而阻力可变的一种运动形式。即在预定角速度的前提下，利用专门的仪器，根据关节活动范围中肌力的大小变化相应地调节所施加的阻力，使瞬间施加的阻力与肌力相等。等速运动要通过专门的仪器来实现，并非骨骼肌的自然收缩形式。

等速肌力训练仪器提供的一种顺应性阻力，使得在等速肌力训练时，骨骼肌在整个活动范围内始终承受最大阻力，从而产生最大肌力，以提高训练效率。

表 1-1 骨骼肌运动形式比较

运动形式		肌纤维长度	肌力与阻力的关系	关节活动	肌做功 (机械功)	
静力性运动		不变	肌力 = 阻力	无	无	
动力性运动	向心性运动	缩短	肌力 > 阻力	明显	有	
	离心性运动	拉长	肌力 < 阻力	明显	有	
	拉长 - 缩短周期	先拉长	肌力 < 或 > 阻力	明显	有	
		后缩短				
等速运动		缩短	肌力达最大	有	有	
			肌力 = 阻力			

## 三、开链运动与闭链运动

人体若干环节借助关节使之按一定顺序衔接起来组成一个复合的链，称为运动链。通常将一侧上肢或下肢视为一条长链，每个关节均为链扣。上肢

由肩带、上臂、肘关节、前臂、腕关节和手形成上肢运动链，下肢由髋关节、大腿、膝关节、小腿、踝关节和足形成下肢运动链。根据运动链末端是否闭合，分为开链运动（OKC）和闭链运动（CKC）（表 1-2）。

**1. 开链运动** 指运动链的末端处于游离状态的运动，此时可任意活动某一关节或同时活动若干关节。开链运动产生的剪切力要大于闭链运动。

**2. 闭链运动** 指运动链的末端处于闭合状态的运动，此时只能进行多关节协调活动，不能做单一关节的活动。例如，蹲起时必须同时活动髋关节、膝关节、踝关节。闭链运动能充分调动关节周围肌肉的协同收缩来提高关节的稳定性。

在康复治疗的不同阶段，选择性应用开链或闭链运动，对于促进组织修复、功能恢复和关节稳定至关重要。

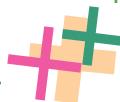
表 1-2 开链运动与闭链运动

开链运动	闭链运动
远端肢体游离在空间中运动	远端肢体闭合，保持固定
单一或若干关节运动	多关节运动
仅运动关节远端的肢体活动	运动关节的近端和远端都有活动
较少出现身体重量作为负重参与运动	多有身体重量作为负重参与活动
阻力在运动肢体远端	阻力同时应用在多个关节
产生的剪切力大	产生的剪切力相对较小
动作简单，易于掌握	动作不易掌握
针对性强，力量性训练	功能性、协调稳定性训练

### ► 励志人物

## 中国运动解剖学的开拓者——缪进昌

缪进昌教授是中国运动解剖学的开拓者和北京体育大学运动解剖专业的奠基人。1954年，他脱掉军装，从一名医学院的毕业生、军医转变为体育学院的教师并负责组建了人体解剖学教研室。当很多人认为运动解剖学没有发展前景的时候，他经受了冷言冷语，毅然挑起重担，亲自制作标本和模型。他在工作中兢兢业业、任劳任怨，在教学方面精益求精。他严谨治学的精神，激励着青年教师从中汲取奋进的力量，继续勇往直前。在四十多年的工作中，他培养了一批运动解剖学专业研究生、本科生，并接待了很多访问学者。1998年他被授予“中国运动解剖学学科发展贡献奖”，1999年被授予“中国运动医学杰出贡献奖”。



## 第三节 运动和心肺功能

心血管系统由心脏和血管组成，主要功能是将营养物质和氧输送到全身各器官、组织和细胞，同时又将组织和细胞的代谢产物（如 $\text{CO}_2$ 、尿素等）输送到肺、肾、皮肤等器官排出体外。呼吸系统的主要功能是在机体与外界之间进行气体交换，即吸入 $\text{O}_2$ 和呼出 $\text{CO}_2$ ，以满足机体代谢需要。心血管系统常与呼吸系统共同活动，并且相互依赖、相互影响，故统称为心肺功能。心肺功能是人体运动功能的基础，通过运动对心肺功能所产生的影响来改善心肺疾病的病理生理过程。运动与心肺功能的相关知识在心肺功能评定、心肺疾病预防和康复治疗中具有重要的指导意义。

## 一、运动对心血管系统的影响

### (一) 运动对心脏的影响

心脏最主要的功能是泵血，单位时间内泵出的血量是评价心功能的指标。健康的心脏对运动的即刻反应是心率加快，导致心排血量增加。长期运动训练不仅可以引起心功能的变化，而且对心脏的形态与结构均可造成影响，表现为心室腔扩大、心室容积增加。心脏的功能与结构随着长期运动会产生适应性变化。

**1. 心率与心排血量的变化** 正常成年人安静状态下的心率平均为75次/min，心排血量为5L/min左右。运动时，心血管系统首先出现的反应是心率加快。随着运动强度的增加，心排血量也相应增加。人在剧烈运动时，心排血量较安静时可增加5~6倍，达25~30L/min。运动时增加的心输出量，心率因素占60%~70%。运动时心率随机体代谢水平的提高而增加，运动时的心率变化与运动强度呈正相关，即运动强度增强，心率也会随之增加。在一定程度上，心率反映了运动强度和机体的代谢水平。心脏对运动的适应是减慢静息心率，长期运动训练者，在安静状态下的心率可低于一般健康人，运动员静息心率可以降低至40~60次/min，这是心脏适应的典型表现，同时也是评价运动训练效果的金标准。长期运动训练后，心率减慢，心肌纤维增粗，心肌收缩力增强，心搏出量与心排血量增加。

**2. 心脏的变化** 短暂运动对心脏的形态、结构无明显影响，但长期中等强度运动能够使心脏的形态和结构发生适应性改变，表现为生理性心肌肥厚，又称为心脏重塑，包括心脏形态重构和心肌组织重塑。

(1) 心脏形态重构：由于心脏在长期的耐力运动中承受容量负荷（即前负荷）的刺激，逐渐形成了心脏扩大，扩大的心脏使心室壁承受的张力也随之增加，刺激心肌纤维代谢增强，使心室壁增厚以维持室壁的正常张力。所以，长期耐力运动，可引起心脏扩大伴心室壁和间隔厚度的增加。

(2) 心肌组织重塑：长期运动训练表现为心肌纤维体积增大，肌原纤维数量增多和直径增粗，伴有心肌组织中毛细血管数量和密度的增加。

### (二) 运动对血管的影响

血管是输送血液和进行物质交换的器官，血管具有弹性，主动脉和大动

脉的弹性贮器作用缓冲调节了心动周期中的血压变化，而小动脉和微动脉对器官血流灌注起着决定性作用。长期、系统、科学的运动训练，可引起血管系统产生反应和适应，表现为血管壁细胞新陈代谢增强，动脉管壁的中膜增厚、弹性纤维增多，从而增强血管的运血功能，此外，通过长期运动还可刺激增加组织毛细血管的数量及密度。例如，长期运动训练增加了心肌毛细血管数量，从而使进入心肌的血流量增加。冠心病患者进行长期运动训练后，狭窄部位的冠脉侧支血管形成最为明显。但需要注意的是，适量的运动训练才能促进冠脉毛细血管增生，运动量太大或太小，均不能引起毛细血管的增生反应。

## 二、运动对呼吸系统的影响

### (一) 肺通气的动力和呼吸形式

**1. 肺通气的动力** 肺通气是指肺与外界环境之间进行气体交换的过程。肺通气的动力来自胸廓的节律性呼吸运动。呼吸运动按其深度可分为平静呼吸和用力呼吸，平静呼吸时吸气是主动的，呼气是被动的。用力呼吸时吸气和呼气都是主动的，除膈肌、肋间内肌、肋间外肌参与外，还有斜角肌、胸锁乳突肌和腹壁肌群等辅助呼吸肌也参与呼吸。

**2. 呼吸形式** 包括胸式呼吸、腹式呼吸和混合型呼吸 3 类。其中，在呼吸运动中以肋间肌舒缩为主的呼吸运动称为胸式呼吸，以膈肌舒缩为主的呼吸运动称为腹式呼吸。正常人的呼吸运动通常是混合型的，但在胸部或腹部活动受限时，如肺气肿或肿瘤等，可单独出现一种呼吸形式。

### (二) 呼吸系统对运动的反应

**1. 运动时肺通气和换气功能的变化** 运动时，呼吸加深加快，肺通气增加。潮气量从安静时的 500ml 上升到 2000ml 以上，呼吸频率由 12~18 次 /min 增加到 40~60 次 /min。肺通气从安静时的 6~8L/min 增加到 80~150L/min，较安静时增加了 10~12 倍。中等强度的运动，肺通气量的增加主要是靠呼吸深度的增加，而剧烈运动时呼吸深度和呼吸频率均增加。

肺的换气是通过  $O_2$  和  $CO_2$  交换来实现的。肺泡内气体与血液交换效率取决于呼吸膜的扩散面积、厚度和通透性，以及肺通气量和肺血流量之间的匹

配。通气血流比值反映通气效率，正常人安静时通气血流比值为 0.84，运动时心排血量增加，使肺血流量也增多，因此通气血流比值仍维持在 0.84 左右。但是，剧烈运动会造过度通气，通气血流比值大于 0.84。肺换气功能随着年龄的增加而下降，但经常运动可以延缓肺换气功能的下降。

**2. 运动时呼吸的调节** 运动时肺通气量增加主要受神经和体液因素调节，以神经调节为主。

(1) 神经调节：调节呼吸运动的中枢主要分布于大脑皮质、间脑、脑桥、延髓和脊髓等部位。神经调节包括条件反射、大脑皮质运动中枢和本体感受性反射。一般认为开始运动时，肺通气量增加与条件反射有关，是在运动的过程中建立起来的。运动开始后肺通气量持续增加，其一是大脑皮质运动中枢发出神经冲动使肌肉收缩，同时也发出神经冲动到达并兴奋脑干呼吸中枢，增强呼吸运动。其二是运动时肌肉和关节的本体感受器受到刺激，其神经冲动也可以反射性地刺激呼吸引起肺通气增加。

(2) 体液调节：是指血液中的  $O_2$ 、 $CO_2$  和  $H^+$  的改变刺激了化学感受器，引起呼吸增强。中等强度运动时，血液中  $PCO_2$ 、 $PO_2$  和  $H^+$  保持相对恒定，但高强度运动时，血液中  $PCO_2$  和  $H^+$  升高，这些变化通过刺激外周化学感受器和中枢化学感受器，反射性地引起呼吸加深加快。

### (三) 呼吸系统对运动的适应

长期运动训练可使呼吸功能发生适应性改变，主要表现为呼吸肌的肌力和耐力增强，以及组织对氧的利用率提高。运动训练可增强呼吸肌的肌力，有利于提高肺通气功能。规律的运动训练可以增强呼吸肌耐力，以缓解运动中呼吸困难的产生，减轻运动时呼吸肌的疲劳，从而提高运动能力。

## 第四节 运动与代谢功能

物质代谢和能量代谢是维持人体生命活动的基本过程。葡萄糖、脂肪和蛋白质的合成和分解过程构成机体的物质代谢，物质代谢过程伴随着能量释放、转移、储存和利用，称为能量代谢。运动时机体能量消耗明显增加，可达安静时的数倍，运动时补充能量对保持运动能力至关重要。组织细胞能够

直接利用的能量形式是三磷酸腺苷（ATP），人体运动所消耗的ATP主要由三大营养物质氧化分解释放的能量进行补充。因此，康复治疗过程中应根据不同运动类型的物质代谢和能量代谢的特点，科学地制订运动处方，选择适宜的运动负荷，提高患者的运动能力。

## 一、运动与物质代谢

### （一）运动与糖代谢

葡萄糖是机体的主要能源物质，机体60%的能量由葡萄糖提供。短时间运动，其能量绝大部分来自葡萄糖分解代谢，而长时间运动，首先是利用葡萄糖供能，其次才动用脂肪和蛋白质。运动时，骨骼肌对血液中葡萄糖的摄取和利用增加。若是长时间进行低强度运动，骨骼肌摄取的血糖比运动前提高了2~3倍，而长时间（30~60min）进行中等强度运动，骨骼肌摄取的血糖是运动前的7~20倍，导致血糖浓度降低。因此，对于糖尿病患者，长时间中等强度的运动（如健步走、慢跑、游泳）成为其基本治疗方法之一。

### （二）运动与脂肪代谢

脂肪是体内主要的能量储存形式。1g脂肪氧化所释放的热量是葡萄糖或蛋白质产热的两倍多。脂肪在体内储量较大，是长时间运动的主要能源。运动时脂肪分解成甘油和脂肪酸，甘油和脂肪酸进一步被氧化生成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，并释放出能量。长时间中等强度运动（如步行、慢跑和爬山）能够增强脂肪代谢，减少脂肪堆积，降低体重。运动也能够提高脂蛋白脂酶活性，增加甘油三酯分解；还能增加高密度脂蛋白浓度、降低低密度脂蛋白浓度，促进胆固醇从周围组织转运送回肝脏，消除血管壁胆固醇沉积，对防治动脉粥样硬化和心脑血管疾病具有非常重要的作用。

### （三）运动与蛋白质代谢

蛋白质是构成细胞的主要成分，其主要功能是实现组织细胞的自我更新，或用于合成激素、酶等生物活性物质，不作为主要的供能物质。运动时，蛋白质可提供部分能量，主要通过蛋白质分解为氨基酸，氨基酸经过糖异生途径转化为葡萄糖。这种形式可以减少乳酸生成，延缓疲劳。此外，运动通过促进甲状腺激素、生长激素、胰岛素和肾上腺激素释放，促进运动后骨骼肌内蛋白质合成。

## 二、运动与能量代谢

磷酸原系统、糖酵解系统和有氧代谢系统是体内三大供能系统，彼此相互补充。磷酸原系统包含三磷酸腺苷（ATP）和磷酸肌酸（CP）。运动时体内能量供应是一个连续的过程，以保证 ATP 的消耗和再生成保持平衡。安静和低强度运动时，能量供应主要以有氧代谢为主，随着运动强度增加，能量供应逐渐转入以无氧代谢为主。运动强度越大，机体无氧代谢供能比例就越大。一般来说，运动锻炼可以改善和提高各系统的供能能力。

### （一）糖酵解系统

葡萄糖经无氧代谢生成乳酸，并释放出能量，使二磷酸腺苷（ADP）磷酸化成 ATP，这一供能系统称为糖酵解系统。在无氧运动时，细胞处于缺氧状态，葡萄糖经无氧酵解能快速补充 ATP。虽然糖酵解提供的能量较少，1mol 葡萄糖无氧代谢后仅生成 2~3mol ATP，但能量释放快，一般能持续 1~2min，可为高强度运动提供短时能量供应，也是高强度运动初期主要的能量来源。然而，无氧条件生成的乳酸会造成骨骼肌中乳酸堆积，引起肌肉酸痛与疲劳。

### （二）有氧代谢系统

在氧气充足的情况下，葡萄糖、脂肪和蛋白质通过有氧氧化生成  $H_2O$  和  $CO_2$ ，并释放出能量使 ADP 磷酸化成 ATP，这一供能系统称为有氧代谢系统。有氧氧化是人体获得能量的主要方式。在长时间运动中，早期葡萄糖被用于供能，随着运动时间延长，脂肪成为合成 ATP 的主要能量来源。1mol 葡萄糖经有氧代谢生成 38mol ATP，而 1mol 脂肪经有氧代谢生成 22mol ATP。因此，葡萄糖供能优于脂肪。蛋白质仅在某些特殊情况下（如长期不能进食或体力极度消耗时）才参与供能。

### （三）磷酸原系统

ATP 是细胞唯一能直接利用的能量形式。运动时，ATP 水解生成 ADP 和磷酸，同时释放出能量供机体利用。ATP 在骨骼肌中储量很少，当 ATP 被消耗时，磷酸肌酸（CP）迅速分解，把高能磷酸键转移给 ADP，ADP 磷酸化成为 ATP，及时补充 ATP。ATP 和 CP 供能的优点是：供能速度极快，不需要氧

气，也不产生乳酸。缺点是：细胞内储量少，供能时间短。做高强度剧烈运动时，骨骼肌内储存的 ATP 和 CP 供能仅维持 6~8 秒。但可以通过糖酵解和有氧代谢系统合成 ATP，及时补充细胞内的 ATP。

### 三、不同类型运动代谢的特点

#### (一) 极量运动与亚极量运动

进行极量和亚极量运动时（如短跑），首先动用磷酸原供能系统，人体每千克肌肉中 ATP 和 CP 含量在 15~25mg，一般在 10 秒内耗竭。如果运动继续，则启动糖酵解供能系统，供能一般不超过两分钟。

#### (二) 递增负荷的力竭运动

运动初期，运动强度小，能耗速度低，主要是葡萄糖有氧代谢供能即可满足运动需求。随着运动负荷逐渐增加，有氧代谢供能不能满足运动需求时，就逐渐转入无氧代谢供能（即磷酸原系统和糖酵解系统），直至力竭。

#### (三) 中等强度运动

整个运动过程机体供氧充足，运动初期以葡萄糖氧化供能为主，后期逐渐过渡到脂肪氧化供能。源于脂肪氧化耗氧量大、产热慢及肌糖原消耗的缘故。

#### (四) 低强度运动

运动时机体氧气供应充足，骨骼肌能量消耗少，肌细胞主要以葡萄糖和脂肪酸有氧代谢供能。



#### 知识拓展

##### 运动与感觉

运动与感觉是两个不同的概念，但正确的感觉输入是人体运动的前提和保证，躯体感觉、视觉及前庭觉与人体运动密切相关。完全性躯体感觉缺失患者往往难以完成视线以外的活动，如从口袋里面拿钥匙。

当正常人体大脑皮层发起功能性活动任务指令时，动作开始执行，本体感觉通过感知身体的运动和位置并不断反馈给中枢神经系统，从而

不断调整运动输出指令，使得功能性活动平稳、准确的完成。在精细运动中，手指握力的大小随物品重量、物品表面粗糙程度及摩擦力的变化而变化，这种变化依赖于物品接触手掌面皮肤感受器（浅感觉）传输感觉信号至中枢神经系统而实现。因此，我们需要平衡感觉和运动之间的关系，康复训练中常常将感觉功能与运动功能的再教育训练有机地结合起来，从而使患者的康复治疗更加有效。

## 思考与练习

### 一、单项选择题

1. 关于运动轴与运动面描述错误的是（ ）。
  - A. 矢状轴为前后方向并与地平面平行的轴
  - B. 冠状面为前后方向将人体分为左、右两部分的纵切面
  - C. 垂直轴为上下方向并与地平面垂直的轴
  - D. 不同的关节结构，运动轴数量不同
  - E. 通过人体正中的矢状面称为正中矢状面
2. 关于有氧运动叙述中错误的是（ ）。
  - A. 有氧运动期间的能量主要通过体内能源物质氧化提供
  - B. 有氧运动耐力反映了人体的有氧代谢能力和心肺功能
  - C. 有氧运动运动强度以中等、低强度运动为主
  - D. 有氧运动运动形式以周期性、节律性运动为主
  - E. 患者康复训练不属于有氧运动
3. 关于运动类型描述正确的是（ ）。
  - A. 静力性运动是维持姿势的基础
  - B. 人体常见的运动形式是静力性运动
  - C. 离心性收缩类似骨骼肌舒张
  - D. 等速运动是骨骼肌的一种自然收缩模式
  - E. 向心性运动指肌肉收缩时阻力大于肌力，肌纤维的长度延长
4. 属于闭链运动的是（ ）。

- A. 跑步
  - B. 投篮
  - C. 踢足球
  - D. 静蹲
  - E. 上楼梯
5. 关于运动与心肺功能关系错误的是（ ）。
- A. 运动时，心血管系统首先出现的反应是心率加快
  - B. 长期运动可以使心肌得以重塑
  - C. 规律的运动训练可以增强呼吸肌耐力
  - D. 短暂运动对心脏的形态、结构无明显影响
  - E. 长期运动可以使得心率加快
6. 关于运动与代谢功能影响错误的是（ ）。
- A. 葡萄糖、脂肪和蛋白质是人体三大能源物质
  - B. 组织细胞能够直接利用的能量形式是二磷酸腺苷
  - C. 脂肪是长时间运动的主要能源物质
  - D. 磷酸原系统、糖酵解系统和有氧代谢系统是体内三大供能系统
  - E. 极量和亚极量运动时，首先动用磷酸原供能系统

## 二、简答题

1. 列举十种开链运动项目。
2. 阐述有氧运动对人体的益处。

( 姚军军 )