

普通高等学校运动训练、民族传统体育专业主干系列教材之一  
全国普通高等学校体育教学指导委员会审定

高等学校教材

# 运动人体科学基础

YUNDONG RENTIKEXUE JICHU

乔德才 主编



 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

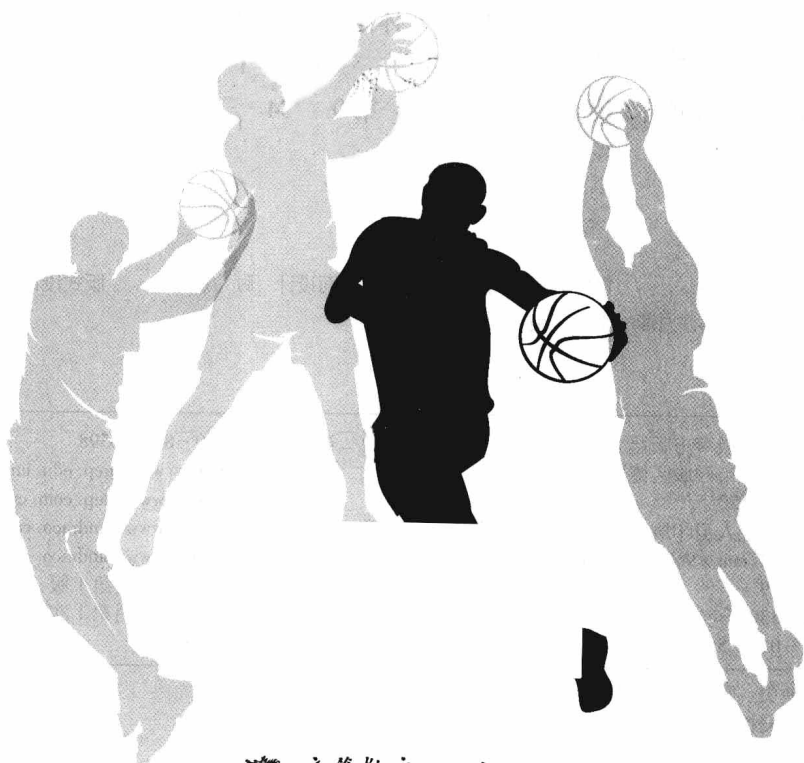
普通高等学校运动训练、民族传统体育专业主干系列教材之一  
全国普通高等学校体育教学指导委员会审定

高等学校教材

# 运动人体科学基础

YUNDONG RENTI KEXUE JICHU

乔德才 主编



 高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本教材共分15章,内容主要包括运动与骨和骨连接、运动与骨骼肌、运动与能量代谢、运动与氧运输系统、运动与神经调控、运动与内分泌和免疫、运动动作分析、身体素质与运动技能的学习、运动过程中人体功能状态的变化、运动与营养补给、常见运动伤病、运动负荷的生物学监控、环境与运动、年龄与运动、性状遗传与运动选材等内容。全书紧扣运动的实际需要,内容丰富、资料新颖、文字简明。本书适合作为普通高等学校运动训练专业和民族传统体育专业本科学生的专业基础课程教材,亦可作为体育学其他专业本科生的参考资料,还可作为体育专业教师、体育工作者以及体育科研人员学习和研究的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

运动人体科学基础/乔德才主编. --北京:高等教育出版社,2012.7

ISBN 978-7-04-035593-2

I. ①运… II. ①乔… III. ①人体运动-人体科学-高等学校-教材 IV. ①G804

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第096334号

策划编辑 傅雪林 责任编辑 胡高峰 封面设计 顾斌 版式设计 余杨  
责任校对 刘丽娟 许月萍 责任印制 刘思涵

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京人卫印刷厂

开本 787mm×960mm 1/16

印张 29

字数 530千字

购书热线 010-58581118

咨询电话: 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landracom.com>

<http://www.landracom.com.cn>

版次 2012年7月第1版

印次 2012年7月第1次印刷

定价 36.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 35593-00

# 前 言

本教材是根据教育部颁布的《全国普通高等学校运动训练、民族传统体育本科专业课程方案》和《普通高等学校体育教育本科专业各类主干课程教学指导纲要》要求编写而成的。在编写过程中根据本专业的特点以及学生的特点，力求从实用性出发，保证教材的可读性，激发学生的学习兴趣，有利于学生在此基础上进一步的学习和深造。

根据高校运动训练和民族传统体育专业的培养目标及我国课程开设的特点，运动人体科学内容实际涵盖诸如运动解剖学、运动生理学、运动保健学、运动生物力学、运动生物化学和运动营养学等众多三级学科的知识。该书既打破了按器官系统编排的体系，又突破了按三级学科并列给予介绍的方式，而是将各门课程的主要知识有机地揉为一体，全书分为15章；在内容的取舍与安排上，主要根据专业需要而不纯拘泥于完整知识体系需要，在不削弱运动人体科学基本理论和基础知识的同时，加强应用知识和资料的介绍，使理论紧密联系实际，并根据近年来学科发展成果，对一些内容进行了增补和更新。

本书由乔德才任主编，田振军、汤长发任副主编，参加编写的人员来自全国13所本科体育院校的15位教授，他们多为各自学校运动人体科学领域的学科带头人，长期从事于本科运动人体科学各相关课程的教学和研究工作。编写的章次分别为：绪论乔德才、第1章罗冬梅、第2章娄淑杰、第3章衣雪洁、第4章田振军、第5章乔德才、第6章汤长发、第7章纪仲秋、第8章王竹影、第9章郝选明、第10章张钧、第11章刘晓莉、第12章何玉秀、第13章阎守扶、第14章林华、第15章刘洪珍，侯莉娟做了大量的编务工作。

各编写人员在编写过程中查阅了大量的文献资料，根据“注重实用、理论够用”的编写原则，认真撰写，完成了各自的初稿后，由主编和副主编分别对初稿进行了统稿，最后由乔德才教授对全书进行了修改和定稿。

在本书编写过程中得到了我国老一辈著名专家邓树勋教授的悉心指导和帮助，他多次为本书的构思和编写出谋划策，并撰写了序，在此深表感谢。

本教材虽经数次讨论并几易其稿，但限于我们的业务水平，在体系和内



容上，尚存在不当和错误之处，敬请批评指正，也衷心希望各位同仁和读者赐教。

运动人体科学基础编写组  
2012年2月

# 序

《运动人体科学基础》主编乔德才教授让我为本书写个序，我欣然应允。因为运动人体科学作为一门综合性的新兴学科，这还是第一部体育专业本科生教材。把这门新兴学科介绍给大家，让这门新兴学科在指导科学健身、科学训练和竞赛中发挥更大作用是一件十分有意义的事。

运动人体科学是体育学分支学科，主要包括人体解剖学、运动生理学、运动医学、体育保健学、运动营养学、运动生物化学、运动生物力学、遗传学和免疫学等。它借助体育学、生物学、医学、计算机科学和生物信息学等学科之间的有机交叉，又包含体育学科领域具有自然科学属性的科学知识体系。所以，运动人体科学涉及学科多、基础性强和专业应用特色明显的特点。同时，这些学科知识既是运动训练和科学健身的基础知识，又是教学、训练和健身锻炼的参考与指导。

运动人体科学对健康关系密切，在健康成为新时代主旋律的今天，运动人体科学的相关知识有着重要的价值。身心健康是人类不懈的追求，人人都希望自己拥有健康。但是，健康并不是每个人自然就能得到。英国智者约翰·狄尔曾说：“人人都向往健康。但是，健康并不属于每一个人，健康只投入有健康准备的人怀中。让我们积极做好准备，拥抱健康吧！”在迎接健康的各项准备中，科学的体育锻炼有着其他手段不可替代的作用。而运动人体科学正是研究体育活动过程中人体机能变化规律的科学，它能帮助我们在通过锻炼获取健康的过程中得到科学地指导，如大众健身和健康促进、肥胖及体重控制、体质监测及评价、体适能与运动处方等，以帮助我们科学地走向健康。

运动人体科学又是体育教学、运动训练和竞赛的科学基础；当今的竞技运动既是比赛场上的竞争，也是科学技术的较量。在体育教学和运动训练中，运动人体科学能给我们很多指导和参考，如科学训练的生理生化监测、竞技运动的机能检测和医务监督、运动疲劳的诊断和恢复、保健康复指导、运动营养的补充、运动选材和科学训练、低氧训练的科学应用、运动性疾病的防治、高原训练、运动技术的生物力学诊断和评价等诸多科学问题，需要我们运用运动人体科学知识去研究和解决。

这本书的主要特点是基础性和应用性相结合，更突出应用。当今，运动人体科学的趋势是基础研究与应用研究交融并举。21世纪科学技术的发展使运动人体科学各领域的研究无论从基础和应用上都有迅猛的发展，在被誉为生命科学的21世纪，运动人体科学将致力于发展竞技运动和大众健身理论的研究和应用的指导，推动竞技运动与大众健身事业的发展跨入崭新的时代。这本书在给你运动人体科学丰富的科学知识的同时，还能让你在学习上得到指导和启发。

本书的主编和编者都是我国高校运动人体科学界造诣较深的中年骨干，他（她）们绝大部分都有博士学位。主编是北京师范大学体育与运动学院教授乔德才博士，乔博士师从我国著名神经生理学家周绍慈教授，多年来一直在高校从事运动人体科学的的教学和研究，主编了多部研究生和本科生教材，发表了多篇学术论文，是一位具有较高学术造诣和勤奋敬业的学术骨干和带头人；本书的其他各位编者也都是各高校运动人体科学教授，是高校运动人体科学领域的学术骨干、他（她）们在各自研究领域学术造诣较深，有着从事教学和训练研究的丰富经验，学术成果丰硕。有这样一支优秀的作者队伍的精心编写，相信本书一定能带给读者科学的享受和应用的指导。

我向大家推荐这本书，愿这本书成为你的良师益友，能给你的教学、训练和竞赛工作提供科学指导。

邓树勋

2011年仲夏于华南师范大学

## 编委名单

**主编：**

乔德才（北京师范大学教授）

**副主编：**

田振军（陕西师范大学教授）

汤长发（湖南师范大学教授）

**编委：**（按姓氏笔画排序）

王竹影（南京师范大学教授）

刘晓莉（北京师范大学教授）

刘洪珍（曲阜师范大学教授）

衣雪洁（沈阳体育学院教授）

纪仲秋（北京师范大学教授）

张 钧（扬州大学教授）

何玉秀（河北师范大学教授）

罗冬梅（北京体育大学教授）

林 华（辽宁师范大学教授）

娄淑杰（上海体育学院教授）

郝选明（华南师范大学教授）

阎守扶（首都体育学院教授）

**学术秘书：**

侯莉娟（北京师范大学博士）

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 绪论 .....                 | 1   |
| 第一章 运动与骨和骨连接 .....       | 9   |
| 第二章 运动与骨骼肌 .....         | 41  |
| 第三章 运动与能量代谢 .....        | 101 |
| 第四章 运动与氧运输系统 .....       | 127 |
| 第五章 运动与神经调控 .....        | 169 |
| 第六章 运动与内分泌和免疫 .....      | 201 |
| 第七章 运动动作分析 .....         | 223 |
| 第八章 身体素质与运动技能的学习 .....   | 249 |
| 第九章 运动过程中人体功能状态的变化 ..... | 271 |
| 第十章 运动与营养补给 .....        | 289 |
| 第十一章 常见运动伤病 .....        | 319 |
| 第十二章 运动负荷的生物学监控 .....    | 365 |
| 第十三章 环境与运动 .....         | 389 |
| 第十四章 年龄与运动 .....         | 407 |
| 第十五章 性状遗传与运动选材 .....     | 421 |
| 缩略词表 .....               | 445 |
| 参考文献 .....               | 447 |

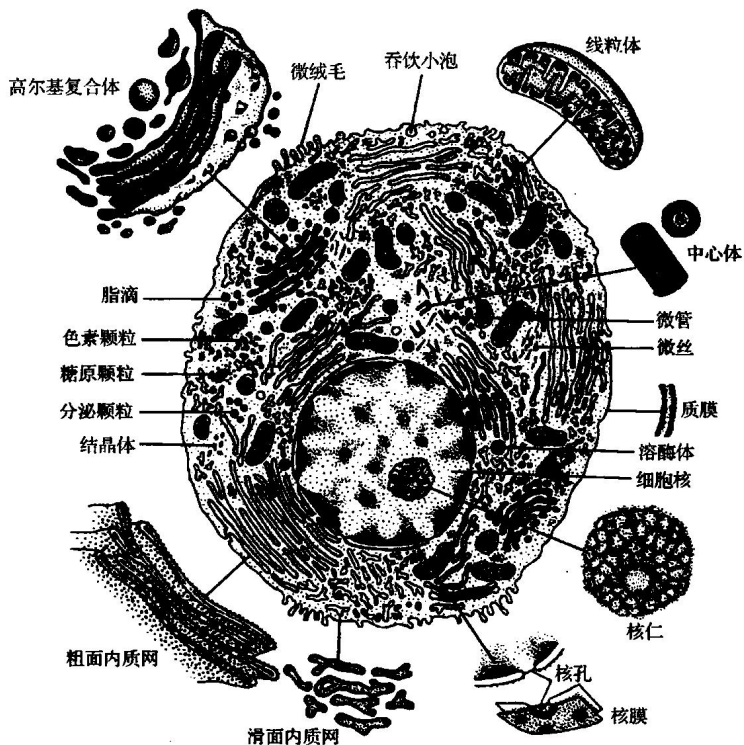


## 一、人体的基本结构组成与功能

从宏观上看人体是由细胞、组织、器官、系统四级结构组成的一个复杂的、统一的有机整体。

### (一) 细胞

细胞是人体形态结构、生理功能和生长发育的基本单位，人体大约由一千多万亿个细胞组成，每个细胞的结构和功能相对独立而又相互依赖。细胞的形态多种多样，有扁平形、立方形、柱形、梭形、球形和星形等。细胞的结构一般可分为细胞膜、细胞质和细胞核三个部分（图绪-1）。



图绪-1 细胞电镜结构

#### 1. 细胞膜

细胞膜是指包被在细胞外表面的一层薄膜，厚度为 5 ~ 10 nm，是由磷脂双层分子组成，在其内外表面有糖脂、糖分子和糖蛋白附着。细胞膜不仅可保持细胞的完整性，还能控制细胞内外物质的出入和感受其周围环境的变化，使细胞产生相应的应答反应，发挥着重要的生理功能。

## 2. 细胞质

细胞质是位于细胞膜和细胞核之间的透明胶状物质，由基质、细胞器和内含物三部分组成。基质为均匀透明的胶状物质，是细胞质的液态部分，亦称之为细胞液。基质中悬浮着细胞器和内含物。

细胞器是具有一定形态并执行特定功能的细微结构，包括线粒体、内质网、核蛋白体、高尔基复合体、溶酶体和微体等。线粒体在光镜下为颗粒状或细棒状，直径为  $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ ，是细胞内氧化和产能的重要场所；内质网是合成蛋白质和脂类的场所；核糖核蛋白体具有合成蛋白质的功能；高尔基复合体的主要功能是参与细胞的分泌活动；溶酶体可及时消化分解内源性和外源性物质，以维持细胞内正常的代谢活动；微体一般呈圆形或卵圆形，外有界膜包被，内含氧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶等 40 多种酶，其主要功能是消除细胞有害的  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，对有害物质进行解毒；细胞骨架由蛋白质的细丝结构组成，纵横交错地分布在胞质中，形成支撑细胞的复杂的蛋白质网架，细胞骨架除能加强细胞的机械强度、支撑细胞的形状外，还有参与细胞运动、细胞内信号转导、胞内物质转移和染色体分离等功能。此外，细胞膜和细胞核上均有细胞骨架分布，分别称为细胞膜骨架和细胞核骨架。

内含物是指细胞质内除细胞器以外的其他有形成分，包括代谢产物、储存的营养物质和分泌颗粒等。

## 3. 细胞核

人体除成熟的红细胞外，所有的细胞均有细胞核。大多数细胞为单核细胞，但也有双核和多核细胞，细胞核在生命活动中不仅是储存和控制遗传信息的中心，也是生命活动的调节中心。细胞核包括核被膜、核纤层、核基质、染色体和核仁等结构。核被膜包被在细胞核周围，是细胞核与细胞质的界膜，控制着核与质之间的物质流、信息流和能量流。核纤层紧贴内核膜，是由纤维蛋白组成的纤维状网架结构，在细胞核内又与核基质相连。核基质中包含有细胞核内除染色体和核仁之外的无定形的液体部分（称为核浆或核液），还有一个主要由纤维蛋白构成的纤维网架（称为核内骨架），核内骨架不仅提供细胞核的空间支架，还可能与 DNA 复制、基因表达以及核内一系列生命活动存在着密切关系。染色体为细胞内遗传信息的载体，是细胞核内最重要的部分。当卵子受精后，受精卵中的染色体一半来自父亲的精子，另一半来自母亲的卵子，总的染色体为 23 对。核仁，一般细胞中有一个或多个核仁，个别细胞无核仁，核仁的主要功能是合成核糖体 RNA，并装配成核糖体的前体，然后再到细胞质内形成核糖体，此时才能执行其合成蛋白质的功能。



## （二）组织

组织是构成人体各器官的基本成分，由一些形态结构和生理功能相同或相似的细胞和细胞间质结合构成。组成人体的四大基本组织为上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织等。

### 1. 上皮组织

上皮组织覆盖于身体外表面或体内管腔和囊状器官（如胃、肠、血管）的内表面，根据分布和功能的不同，可分为被覆上皮、腺上皮和感觉上皮三大类，其结构特点是细胞排列紧密，细胞间质少，一般无血管，但有丰富的神经末梢，所需的营养物质主要依靠结缔组织中的血管透过基膜供给。上皮组织具有保护、分泌、吸收和感受外界刺激等生理功能。

### 2. 结缔组织

结缔组织根据其形态和功能的不同，可分为疏松结缔组织、致密结缔组织、网状组织、脂肪组织、软骨组织、骨组织、血液和淋巴等。结缔组织的特点是细胞成分少，间质成分多，内有丰富的毛细血管，细胞没有极性，分散于细胞间质中。

### 3. 肌组织

肌组织主要由肌细胞组成，其间有少量的结缔组织、血管和神经分布。根据肌组织存在的部位、结构和功能的不同，可将其分为骨骼肌、心肌和平滑肌三类。由于骨骼肌细胞和心肌细胞在电镜下呈横纹状，故又统称为横纹肌。骨骼肌分布于人体的四肢、躯干、头颈部和食管上段，受中枢神经系统的支配，为随意肌，骨骼肌收缩可使人体产生位移；心肌和平滑肌受自主神经支配，为不随意肌。心肌组织主要由心肌细胞（或称心肌纤维）组成，是心脏搏动的动力来源；平滑肌组织主要由平滑肌细胞构成，广泛分布于血管壁和许多内脏中空性器官的管壁，平滑肌收缩缓慢而持久，可引起内脏和血管的运动。

### 4. 神经组织

神经组织由神经细胞（又称为神经元）和神经胶质细胞组成。遍布全身各器官组织，调节机体各系统的活动，以适应内外环境的变化。神经元由胞体和突起两部分组成。胞体部分内有胞核分布，突起部分分为轴突和树突两部分，分别具有传导神经冲动和接受信息的功能。

## （三）器官和系统

几种结构与功能不同的组织结合在一起，并构成具有一定形态结构和生理功能的器官。人体主要的器官有心、肺、胃、胰、肝、肾等；若干个功能相似或相近的器官组合在一起，形成具有某些特定功能的系统，包括运动系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、脉管系统、神经系统、内分泌系统、免疫系统

和生殖系统等，最后由这九大系统构成一个复杂而又协调统一的人体。

本书就是在器官、系统研究水平上，以运动为主线，分章阐述主要器官和系统的基本结构、正常的功能活动及其对急性和慢性运动（训练）的反应与适应规律。

## 二、运动人体科学的内涵和任务

### （一）运动人体科学的内涵

运动人体科学是体育科学中一门综合性、基础性体育学科，它借助生物学和医学的相关知识来研究机体在运动过程中的形态结构与功能变化规律，揭示其发生的机制，并为体适能和运动成绩的提高、体质的增强提供必要的方法和手段。由于它是一门综合性基础学科，因此，从学科构成角度看主要涵盖有运动解剖学、运动生理学、运动生物化学、体育保健学、运动生物力学和运动营养学等三级学科，这些学科都直接或间接地依赖于自然科学中的生理学、物理学、化学和数学等母学科。

### （二）运动人体科学的任务

人体是一个有机整体。体育训练和健身锻炼涉及的运动技术与方法的科学性和有效性，需要从机体的形态结构、功能、力学特征、伤病预防和膳食营养补充等全方位进行研究和评价。同时运动解剖学、运动生理学、运动生物化学、体育保健学、运动生物力学和运动营养各学科之间存在着必然联系，本教材正是从整体的、宏观的角度介绍运动人体科学的基本知识、基本理论与方法技能。

运动人体科学的基本知识、基本理论和方法技能，在全民健身和竞技体育中有着十分重要的作用。运动人体科学的理论和方法可为促进人体健康、增强体质、防治疾病及运动康复等提供必要的生物学基础知识及实践技能，也可为运动员选材、体育动作技术分析、机能评定与训练监控、延缓运动性疲劳与促进恢复和合理营养等方面提供必需的科学依据和方法。

运动人体科学的任务主要体现在：第一，揭示运动人体的机能活动变化本质。运动人体科学是从不同层面揭示人体在急性运动和慢性运动中，体内各种代谢和调节的特点和规律，探讨人体组成与代谢能力对运动的适应性反应，阐明长期的、系统的运动对于改善人体健康水平、提高竞技能力的机制。第二，评定和监控运动人体的机能状态和水平。在体育实践中，应用运动人体科学理论和各种指标，作为监控运动负荷、合理掌握运动强度和运动量、了解疲劳与机能恢复程度、评定训练和锻炼效果的有效手段和工具，从而科学地指导体育锻炼和运动训练。

### 三、学习运动人体科学的方法

人体是一个复杂而动态变化的有机整体，体内的物质处于不断的变化之中。因此，在学习过程中，首先，要注重理解和掌握运动人体科学的基本原理和方法，要有严谨的态度、严密的思维、丰富的想象，投入大量的时间，多问几个为什么。其次，要加强实验环节。运动人体科学是一门实验与实践性学科，一切科学的理论都是来源于实验或实践。因此，通过认真的实验或实践操作，一方面可以巩固和验证所学的理论知识；另一方面，通过自己亲自操作，不仅可以掌握基本技能，提高动手能力，而且还可以培养学生的思考、观察和创新能力。第三，要紧紧密结合运动实际。在掌握运动人体科学基本知识和基本理论的基础上，要紧紧密结合大众健身和竞技体育的实际，学会有针对性地分析和解决运动实践中的问题，就会更深刻地发掘这门课程的实用价值。

人体各器官形态结构与功能的学习，要注重观察。如观察教材版图、实验标本，把观察到的形态特点与自身各器官的位置、形态特征结合起来，这样的理论与实践的有机结合会大大提高学习效果。在生活或运动过程中，为了能正确地描述人体姿势或各器官的结构和位置，需要有一些统一的标准和术语，以便互相交流，避免误解，这一点在体育训练和健身锻炼的动作设计分析时尤其重要。人体标准解剖姿势是指：身体直立，两眼向前平视，两足并拢，足尖向前，上肢下垂于躯干两侧，掌心向前。

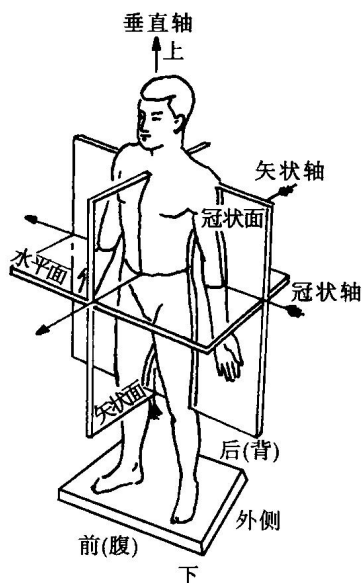
描述任何人体姿势或结构，均应以此为标准，即便是被观察的人体（包括标本或模型）是俯卧的、仰卧的或倒置的，仍应将其复位到此标准姿势后进行描述。

方位术语是指描述人体结构相对位置关系或运动中人体各部的空间位置关系的术语。主要包括：上和下，是描述器官或结构离颅顶或足底的相对远近关系的术语，近颅者为上，近足者为下；前和后，是指离身体前面、后面的相对远近的名词；内和外，是指人体某结构在空腔器官相互位置关系的术语，近内腔者为内，远离内腔者为外；内侧和外侧，是指人体某结构离人体正中矢状面相对远近的术语；近侧和远侧，是指肢体近躯干的部分，称为近侧（或近端），远离躯干的部分，称为远侧；尺侧和桡侧，是特指前臂的结构，尺骨为前臂的内侧，桡侧为前臂的外侧；胫侧和腓侧，是特指小腿的结构，胫侧为小腿的内侧，腓骨为小腿的外侧；浅和深，是描述与皮肤表面相对距离远近关系的术语，离皮肤近者为浅，离皮肤远者为深。

人体有三个互相垂直的基本轴，描述人体或环节运动时一般都以围绕这三个轴进行转动（图绪-2）。垂直轴呈上下方向，并与地平面相垂直的轴。矢状

轴呈前后方向，并与垂直轴呈垂直相交。冠状轴（或称额状轴）呈左右方向，并与前二轴相互垂直。

人体有三个互相垂直的基本切面，在观察人体器官结构时，往往做这三种切面进行展示；在分析人体环节围绕运动轴运动时，其运动轨迹也在这三种基本面内进行描述（图绪-2）。矢状面是沿前后方向，将人体纵切为左右两部分的切面。若沿正中中线把人体分为左右对称的两部分的切面称正中矢状面，简称正中面。冠状面（或称额状面）是沿左右方向，将人体纵切为前后两部分的切面。水平切面与地平面平行，将人体横切为上、下两部分的切面，由于沿人体长轴横切的切面，故也称人体横切面。另外，在描述器官切面，又有纵切面和横切面之分。与其器官长轴平行的切面，称为纵切面，如与其器官长轴垂直的切面称为横切面。



图绪-2 人体标准解剖姿势、基本轴和基本切面

(北京师范大学 乔德才)

