



全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材

# 人体运动学

供高职高专康复治疗技术、临床医学、运动学等专业使用

## Renti Yundongxue

李古强 李 渤 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



全国高职高专医药院校康复治疗技术专业  
工学结合“十二五”规划教材

# 人体运动学

供高职高专康复治疗技术、临床医学、运动学等专业使用

**Renti Yundongxue**

- 主 编** 李古强 李 渤  
**副主编** 马少锋 周国庆  
**编 委** (以姓氏笔画为序)  
马少锋 (宝鸡职业技术学院)  
刘婷婷 (盐城卫生职业技术学院)  
李 渤 (聊城职业技术学院)  
李古强 (滨州医学院)  
肖 源 (南京特殊教育职业技术学院)  
周国庆 (武汉民政职业学院)  
高 敏 (盐城卫生职业技术学院)  
黄 澎 (南京医科大学)



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书是全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材。

本书共分为八章,内容主要包括肌肉骨骼系统生物力学基础、关节生物力学、运动生理学、运动生物化学、代偿运动等。根据高职高专学生的认知特点和前期解剖学、生理生化等课程课时较少的现实,本书适当增加了与运动分析相关的解剖学知识,运动生理与运动生化单独成章,这为学生预习、自学本课程的相关知识提供了方便。

本书可供高职高专康复治疗技术、临床医学、运动学等专业使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

人体运动学/李古强,李渤主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.11  
ISBN 978-7-5609-8487-2

I. ①人… II. ①李… ②李… III. ①人体运动-人体学-高等职业教育-教材 IV. ①G804

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 276975 号

人体运动学

李古强 李 渤 主编

策划编辑:罗 伟

责任编辑:叶丽萍

封面设计:范翠璇

责任校对:邹 东

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:龙文装帧

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17

字 数:368千字

版 次:2015年1月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 全国高职高专医药院校康复治疗技术专业 工学结合“十二五”规划教材编委会



**丛书学术顾问**

文历阳 沈彬

**主任委员**

陈健尔

**秘书长**

周菊芝

## 委员 (按姓氏笔画排序)

- |     |              |     |              |
|-----|--------------|-----|--------------|
| 马金  | 辽宁卫生职业技术学院   | 马恒东 | 雅安职业技术学院     |
| 王颖  | 菏泽家政职业学院     | 王左生 | 郑州澍青医学高等专科学校 |
| 王志亮 | 枣庄科技职业学院     | 王丽华 | 铁岭卫生职业学院     |
| 王景明 | 云南新兴职业学院     | 方新  | 北京社会管理职业学院   |
| 左天香 | 安徽中医药高等专科学校  | 石君杰 | 浙江医学高等专科学校   |
| 叶泾翔 | 皖西卫生职业学院     | 付莉  | 郑州铁路职业技术学院   |
| 邢华燕 | 郑州铁路职业技术学院   | 吕美珍 | 山东中医药高等专科学校  |
| 刘洋  | 长春医学高等专科学校   | 刘福昌 | 宝鸡职业技术学院     |
| 许智  | 湖北职业技术学院     | 许晓惠 | 重庆城市管理职业学院   |
| 李琪  | 新余学院         | 杨敏  | 清远职业技术学院     |
| 肖宗苗 | 泉州医学高等专科学校   | 张焯  | 武汉民政职业学院     |
| 张卫华 | 陕西中医学院       | 张日新 | 江苏建康职业学院     |
| 张建忠 | 重庆三峡医药高等专科学校 | 张绍岚 | 盐城卫生职业技术学院   |
| 张晓芳 | 武汉民政职业学院     | 张银萍 | 漯河医学高等专科学校   |
| 张登山 | 邢台医学高等专科学校   | 陈卓颐 | 长沙民政职业技术学院   |
| 范秀英 | 聊城职业技术学院     | 季晓林 | 福建卫生职业技术学院   |
| 金扣干 | 上海欧华职业技术学院   | 周菊芝 | 宁波天一职业技术学院   |
| 胡忠亚 | 安庆医药高等专科学校   | 秦自荣 | 鄂州职业技术学院     |
| 贾柯其 | 顺德职业技术学院     | 高莉萍 | 泰州职业技术学院     |
| 黄澎  | 南京医科大学       | 蒋黎云 | 襄阳职业技术学院     |
| 程兰春 | 南京特殊教育职业技术学院 | 蓝巍  | 金华职业技术学院     |

# 总序

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明,职业教育是提高国家核心竞争力的要素之一。近年来,我国高等职业教育发展迅猛,成为我国高等教育的重要组成部分,与此同时,作为高等职业教育重要组成部分的高等卫生职业教育的发展也取得了巨大成就,为国家输送了大批高素质技能型、应用型医疗卫生人才。截至 2010 年底,我国各类医药卫生类高职高专院校已达 343 所,年招生规模超过 24 万人,在校生 78 万余人。

康复医学现已与保健医学、预防医学、临床医学并列成为现代医学的四大分支之一。现代康复医学在我国发展已有近 30 年历史,是一个年轻但涉及众多专业的医学学科,在我国虽然起步较晚,但发展很快,势头良好,在维护人民群众身体健康、提高生存质量等方面起到了不可替代的作用。据不完全统计,截至 2010 年底,我国开设有康复治疗技术专业的高职高专院校已达 100 所,年招生量近 10 000 人。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确指出,高等职业教育必须“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路”,“把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革”。这是新时期我国职业教育发展具有战略意义的指导意见。高等卫生职业教育既具有职业教育的普遍特性,又具有医学教育的特殊性,许多卫生职业院校在大力推进示范性职业院校建设、精品课程建设,发展和完善“校企合作”的办学模式、“工学结合”的人才培养模式,以及“基于工作过程”的课程模式等方面有所创新和突破。高等卫生职业教育发展的形势使得目前使用的教材与新形势下的教学要求不相适应的矛盾日益突出,加强高职高专医学教材建设成为各院校的迫切要求,新一轮教材建设迫在眉睫。

为了顺应高等卫生职业教育教学改革的新形势和新要求,在认真、细致调研的基础上,在教育部高职高专医学类及相关医学类专业教学指导委员会专家和部分高职高专示范院校领导的指导下,我们组织了全国 42 所高职高专医学院校的近 200 位老师编写了这套以工作过程为导向的全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材。本套教材囊括了康复治疗技术专业的所有学科,由我国开设该专业较早、取得显著教学成果的专业示范性院校引领,多所学校广泛参与,其中有副教授及以上职称的老师占 52%,每门课程的主编、副主编均由来自高职高专院校教学一线的主任或学科带头人组成。教材编写过程中,全体主编和参编人员进行了认真的研讨和细致的分工,在教材编写体例和内容上均有所创新,各主编单位高度重视并有力配合教材编写工作,责任编辑和主审专家严谨和忘我地工作,确保了本套教材的编写质量。

本套教材充分体现新一轮教学计划的特色,强调以就业为导向、以能力为本位、贴近



学生的原则,体现教材的“三基”(基本知识、基本理论、基本实践技能)及“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)要求,着重突出以下编写特点:

- (1) 紧扣新教学计划和教学大纲,科学、规范,具有鲜明的高职高专特色;
- (2) 突出体现“工学结合”的人才培养模式和“基于工作过程”的课程模式;
- (3) 适合高职高专医药院校教学实际,突出针对性、适用性和实用性;
- (4) 以“必需、够用”为原则,简化基础理论,侧重临床实践与应用;
- (5) 紧扣精品课程建设目标,体现教学改革方向;
- (6) 紧密围绕后续课程、职业资格标准和工作岗位要求;
- (7) 教材内容体系整体优化,基础课程体系和实训课程体系都成系统;
- (8) 探索案例式教学方法,倡导主动学习。

这套规划教材作为全国首套工学结合模式的康复治疗技术专业教材,得到了各学校的大力支持与高度关注,它将为高等卫生职业教育康复治疗技术专业的课程体系改革作出应有的贡献。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学活动中发挥积极作用,并得到读者的青睐。我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,不断得到改进、完善和提高。

全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材  
编写委员会

# 前言

高等职业教育最重要的特点是突出对学生实际工作能力的培养,高职康复治疗技术专业培养的是一专多能的高级技能型康复治疗人才,而“人体运动学”就是本专业着重培养学生分析问题能力的一门专业基础课。这种能力的培养,应先从简单具体的运动动作的解剖学知识进行分析,可以采用肌电测试法、体表观察法、功能分析法等对诸如关节的运动形式、原动肌、拮抗肌、固定肌等的确定,肌工作的类型等进行分析,以后可以扩展到对力矩、运动轴、角速度等进行分析,引导学生按照一定的顺序、固定的方法对相关活动进行分解与分析,在初步掌握正常运动分析的基础上,适时引入运动障碍学与代偿运动模式的内容;在初步掌握分析单块肌肉、一个关节的运动基础上,适当进行复杂的日常生活活动和工作活动的分析,指导学生进行全面系统的运动分析,强化对正常运动、异常运动和代偿运动的分析能力,为后续课程的学习、工作能力的提高打下坚实的基础。

为此,我们联合部分高职高专医药院校的专业教师和临床一线的专家学者共同编写了这本《人体运动学》教材。本教材主要内容有肌肉骨骼系统生物力学基础、关节生物力学、运动生理学、运动生物化学、代偿运动等。由于运动控制理论较为复杂抽象,本教材未涉及,教师在讲授时可根据需要自行选择。根据高职高专学生的认知特点和前期解剖学、生理生化等课程课时较少的现实,我们适当增加了与运动分析相关的解剖学知识,运动生理与运动生化单独成章,这为学生预习、自学本课程的相关知识提供了方便。同时,为便于学生理解与教师教学,我们将运动障碍学的内容穿插到各相关章节。

本教材的编写得到所有编委所在单位的大力支持与帮助,在编写过程中参阅了有关专家学者的著作和文献,均以参考文献的方式列于书后,在此我们一并表示衷心感谢!

由于本教材编写内容多,时间紧,编者的能力和水平有限,难免有许多疏漏和不妥之处,敬请专家和同行多提宝贵意见,以使本教材日趋完善。

李古强

# 目 录

## 第一章 总论

- 第一节 人体运动学概述 /1
- 第二节 人体运动学常用概念 /4

## 第二章 运动系统的生物力学特性 /8

- 第一节 骨组织的生物力学性质 /8
- 第二节 关节软骨的生物力学性质 /26
- 第三节 胶原组织的生物力学性质 /37
- 第四节 关节的生物力学性质 /50
- 第五节 肌的生物力学性质 /57
- 第六节 运动系统整体的生物力学性质与特点 /69

## 第三章 运动生理学概论 /76

- 第一节 运动对循环系统的影响 /76
- 第二节 运动对呼吸系统的影响 /82
- 第三节 运动对内分泌系统的影响 /87
- 第四节 运动对消化系统的影响 /91
- 第五节 运动对泌尿系统的影响 /95

## 第四章 运动生物化学概论 /98

- 第一节 物质能量代谢 /98
- 第二节 供能系统与运动 /104
- 第三节 运动能量消耗的规律和特点 /107

## 第五章 上肢运动学 /113

- 第一节 肩关节运动学 /113
- 第二节 肘关节运动学 /122
- 第三节 腕关节的运动学 /128





第四节 指关节运动学 /136

**第六章 下肢运动学 /144**

第一节 骨盆 /144

第二节 髋关节运动学 /146

第三节 膝关节运动学 /159

第四节 踝关节运动学 /173

第五节 足和足弓 /179

**第七章 脊柱运动学 /187**

第一节 概述 /187

第二节 颈部 /202

第三节 胸椎部 /212

第四节 腰部 /216

**第八章 代偿运动 /230**

第一节 概述 /230

第二节 代偿运动 /233

**参考文献 /259**

## 第一节 人体运动学概述

### 一、人体运动学定义

人体运动学(kinesiology)是利用运动学(kinematics)、动力学(kinetics)的概念和方法,结合功能解剖学和神经肌肉生理等方面的知识研究人体运动动作和运动行为的一门学科。

作为康复医学的基础学科之一,人体运动学以人体运动动作和运动行为为研究对象,探讨人体的运动功能及其变化规律,揭示人体运动产生、变化以及重新获得的机理,从而为运动功能的康复提供有效的指导意见。

研究人体运动学,必须区分清楚一些相关概念。

运动学(kinematics)是从几何角度描述和研究物体位置随时间变化规律的一个力学分支。运动学不考虑物体本身的物理性质和施加在物体上的力,仅把物体以质点或刚体这种简化模型为基础,进一步研究弹性体、流体等变形体的运动,包括运动轨迹、位移、速度、加速度以及转动轨迹、角度、角速度、角加速度等运动特征。

动力学(kinetics)是研究作用于物体的力与物体运动关系的力学分支。动力学主要考虑两类问题:通过已知物体的运动研究作用于物体的力;通过已知作用于物体上的力研究物体的运动。

运动生物力学(sports biomechanics)利用运动学和动力学的相关知识,研究人体在外界力和内部肌力等作用下的机械运动规律。运动生物力学不讨论神经、肌肉和骨骼系统的内部机制,一般忽略肌肉变形对质量分布的影响,仅把人体节段简化成刚性,从而研究相邻节段之间的相互运动及肌力作用,并以此研究人体的整体运动。

### 二、人体运动学的目的与任务

康复是针对各种原因损伤和疾病所致的功能障碍,采取综合措施,经过训练和再训练,以达到恢复功能、提高生活质量和回归社会的目的。康复医学是运用医学手段促进患者功能恢复的医学应用学科。运动疗法是康复医学最重要的治疗手段之一,是以运



动或者力作为治疗因子,通过改善、代偿和替代的途径,改善和提高功能障碍者的躯体、心理和社会功能的康复治疗方法。熟悉运动产生的机理,能够分析人体运动状态及相关力学问题,发现运动功能障碍并确定其产生原因,制定针对性的运动治疗方案,是从事运动疗法的康复治疗师的重要技能。而所有这些都离不开运动学基础知识。此外,很多患者在进行功能训练或日常生活活动时都需要借助于各种辅助器具才能完成,而辅助器具的制作和选用同样需要结合人体运动学的相关知识。

因此,人体运动学的教学目的即通过组织生物力学、运动解剖、运动控制与运动学习基本理论的讲授,强化学生对正常运动、异常运动和代偿运动以及与运动相关力学问题的分析能力,从而为康复治疗学等其他临床学科打下良好的基础。

### 三、人体运动学的内容

人体运动学主要介绍与人体运动相关的组织生物力学、运动解剖、运动生理和运动生化、运动控制和运动分析以及运动障碍等知识。

**1. 生物力学** 在学生已经掌握了一定的物理学、组织胚胎学等基础知识前提下,直接结合具体的运动,介绍生物力学的基本概念,如力、力矩、速度、角速度、功、重心、杠杆、运动轴、运动平面、开链运动、闭链运动、等长收缩运动、等张收缩运动、等速运动等;此外结合具体的运动进行力的分析和力矩的计算;还包括组织生物力学特性,着重介绍在不同组织的生物力学特性下,对运动或受力的反应。

**2. 运动解剖** 运动解剖是介绍每一个关节和肌肉解剖之后肌肉的收缩方向。着重强调肌肉的起止点,由起止点决定的肌肉收缩方向,起止点连线在不同关节活动角度下与关节中心点的关系,从而在任何运动分析中始终掌握肌肉和韧带对运动的影响。

**3. 运动生理和运动生化** 运动生理是研究运动对人体结构和生理的影响,如运动对心血管系统、呼吸系统、骨骼肌肉系统、神经系统、消化系统、内分泌系统和免疫系统的影响,以及形成和发展运动能力的生理学规律。运动生物化学是从分子水平研究生物体在进行运动时体内发生的化学组分的变化以及物质代谢和能量代谢规律的一门学科。运动生物化学的研究范围涉及:运动与身体化学组成(蛋白质、核酸、糖、脂肪、无机盐和水等)之间的相互适应;运动过程中机体内物质和能量代谢及其调节规律。

**4. 运动控制和运动分析** 运动控制和运动分析是介绍运动产生和重新获得的神经生理学基础,以及人体对运动的控制,是各种神经肌肉促进技术的理论基础,对以后的神经肌肉促进技术有着重要的指导作用。运动分析介绍运动分析的目的、方法和程序,其目的是发现运动障碍的原因,探讨解决运动障碍的方法。

**5. 运动障碍** 在正常运动和运动分析已经打下良好基础之后,运动障碍的内容则相对简单。主要重点是介绍各种原因导致的不同组织的功能障碍,从而使学生了解不同的病理因素可以导致某种组织机能障碍以及对运动产生某种影响,结合运动分析,学生就很容易描述组织技能障碍所导致的异常和代偿运动。

## 四、人体运动学与相关学科的关系

人体运动学作为康复治疗技术专业的专业基础课,其目标是为后面的专业课打下良好基础。

**1. 运动学与康复评定** 康复评定里关节活动范围评定、肌力评定、肌张力评定等最重要的基础评定内容均涉及肌肉、关节和骨的运动。人体运动学介绍关节周围不同肌肉收缩所带来的不同方向运动的效应,可以有助于充分理解是因为肌肉收缩力的方向与关节中心点位置之间的变化,以及肌肉收缩的杠杆效应导致了不同的运动。这样,学生才能在学习评定的时候理解为什么要采取标准体位,以及为什么要给予正确的阻力大小及方向。比如只有知道了腰大肌是从  $T_{12} \sim L_5$  椎体及横突等处发出,斜向外下与起自髂窝的髂肌汇合成髂腰肌,从前方跨越髋关节中心,然后止于股骨小转子,这样其力线方向是由外下向内上,才能充分理解其对髋关节的屈曲和外旋作用。学生理解了力线和关节的关系才能明白为什么检查髂腰肌屈髋肌力的标准体位需要有一个股骨外展角度,因为只有这样才能保证其肌肉收缩力线与肢体运动在同一直线上。

**2. 运动学与运动疗法** 运动治疗里很多方法的原理均来自于组织、系统的生物力学原理。比如:根据胶原组织的生物力学特性来理解牵张治疗必须缓慢、持续作用而不可以反复快速牵拉;根据软骨的生物力学特性来理解关节松动和关节牵引的基本原则和目标;根据肌肉运动方式来理解单纯肌力训练多采用开链训练(如脊髓损伤患者卧位训练肱二头肌)而功能性肌力训练多采用闭链训练(如脊髓损伤患者坐位支撑训练),从而了解如何根据不同训练目的合理选择训练方法。因此,人体运动学应该详细介绍这些生物力学原理与运动训练方式的关系,而不是简单地讲授组织的生物力学特点。另外各种神经肌肉促进技术是运动疗法讲授的重点,而其理论基础则是运动学中的运动学习与运动控制理论,比如介绍清楚了 Adams 闭环运动学理论,学生在以后学习 Bobath 技术的时候就很容易明白为什么要反复重复同一个正确运动来加强对运动的正确感知,以及为什么要抑制错误的运动模式。另外,对动作的正确分析也是以后进行诸如站立平衡训练、步行训练的重要基础,只有分析出患者运动的障碍点(比如是肌力不足还是张力过高),才有可能针对性地进行克服障碍点的训练,最终达到完成正确运动的目的。因此,人体运动学应该着重进行运动分析方法的讲授,要求学生能对某个具体运动分析出其原动肌如何产生运动,拮抗肌、固定肌如何适时松弛与收缩来达到固定,关节产生了何种运动等。这样学生就会在学习神经肌肉促进技术时知道何为正确运动模式。

**3. 运动学与作业治疗** 作业治疗对治疗师的创造性思维能力要求很高,治疗师需要通过对作业活动的分析,发现患者完成日常生活活动或者娱乐、工作等活动受限的原因,从而制定个体化的作业计划,再进行相应的训练以达到提高患者日常生活活动能力和社会活动能力的目的。这就要求更高的运动分析能力:不仅仅是分析单块肌肉、一个关节的运动,还要分析复杂的日常生活活动和工作活动。因此,人体运动学应该指导学



生进行系统的运动分析,要求学生能对复杂运动进行分解,并能够区分复杂运动中的始动因素与代偿因素,从而为以后学习作业治疗时能通过合理的设计改善不足和利用代偿打下基础。比如对抓握功能丧失的颈髓损伤患者,如果认识到其腕背伸时因屈指肌张力较高可能产生屈指的运动,就可以利用这种运动设计腕背伸的动作从而恢复抓握功能。学生在运动学教学中理解了这种代偿运动,在作业活动设计中就很容易设计相应的动作或者利用辅助器具帮助患者完成功能。

**4. 运动学与假肢和矫形器** 矫形器的设计同样与运动密不可分。比如通过对步行时下肢闭链运动的分析,让学生理解髋、膝、踝关节角度与步行稳定性的关系,学生在学习矫形器选用时就能更容易理解各种矫形器的选用原则。

## 第二节 人体运动学常用概念

人体运动学利用运动学、动力学和运动生物力学的相关知识研究人体运动,因此,必须熟练掌握并在实际工作中使用上述学科的概念。

### 一、运动学概念

**1. 运动平面** 为了方便描述人体在空间内的运动,通常用三个平面来表示,即矢状面、冠状面(额状面)、水平面(横断面),三个面互相之间呈垂直关系。如描述一个人的前进可以说其在矢状面内运动,描述一个人转身可以说其在水平面内运动。通常情况下,把关节在矢状面内的运动定义为屈伸运动,把关节在冠状面内的运动定义为内收、外展运动,把关节在水平面内的运动定义为旋转运动。

**2. 运动轴** 与运动面对应,运动轴也用于描述运动状态,通常用矢状轴、冠状轴和垂直轴来表示,三个轴也相互垂直。如人体在矢状轴内的前进也可以描述为沿矢状轴运动,人体横向移动可以描述为沿冠状轴运动。

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,运动轴可以有一个、两个或三个。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:如手指的指间关节,标准体位下,它只有围绕冠状轴转动的屈伸运动,只有一个运动轴。单轴运动的关节,其骨上任何一点能沿着一个弧线进行运动。

(2)双轴运动:这种关节为鞍状关节,如腕关节、掌指关节等。标准体位下,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。实际上双轴运动的关节,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。例如,在一次轴上关节可屈曲—内收,其相反方向为伸直—外展。这种复合运动连接起来就产生圆周运动。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:这种关节为球窝关节,有三个运动主轴,如肩肱关节,可以屈伸、内

收、外展以及旋转。当然除了三个主轴外,还有无数次轴,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大大超过双轴关节。三轴关节是人体运动范围最广的关节,近躯干的关节、肩肱关节和髋关节即属此类关节。

**3. 运动链** 运动链是指由多个刚体通过关节相连而组成的复合链。因组成运动链的每一个关节各有其特定的活动度,这样整个运动链就可以有较大的活动范围。如人的上肢由手、前臂和上臂构成一个运动链,分别由腕关节、肘关节和肩关节连接,保证了人的手可以到达躯干周围一定范围内的任意位置,从而满足人取物、操作等各种需要。根据运动链的远端是否开放,运动链可分为开链和闭链。

**4. 关节角度** 关节角度常用于描述身体节段的运动状态。在人体运动的过程中,从运动学角度通常把人体分为多个节段,如躯干、上臂、前臂、手、大腿、小腿、足等,各节段通过关节相连,如肩关节、肘关节、腕关节、髋关节、膝关节、踝关节等。通过描述每个关节在不同运动平面内的角度变化,即可知道运动过程中身体各节段以及人体全身的运动状态。如描述某人从高处跳下的整个过程中肩关节、肘关节、髋关节、膝关节、踝关节等角度变化,即可知道其跳下的动作(图 1-1)。在临床步态分析报告中,也是用整个步行周期中每一个关节角度在各个运动平面内的变化来描述被检查者步态表现的(图 1-2)。

**5. 速度与角速度** 运动学中用身体节段移动的速度和关节变化的角速度描述人体位置的变化速率。如用人体重心或质心移动的速度表示人的运动速度,比如某人的步行速度是  $0.8 \text{ m/s}$ ,或设定某患者肱二头肌等速收缩角速度为  $60^\circ$ 。

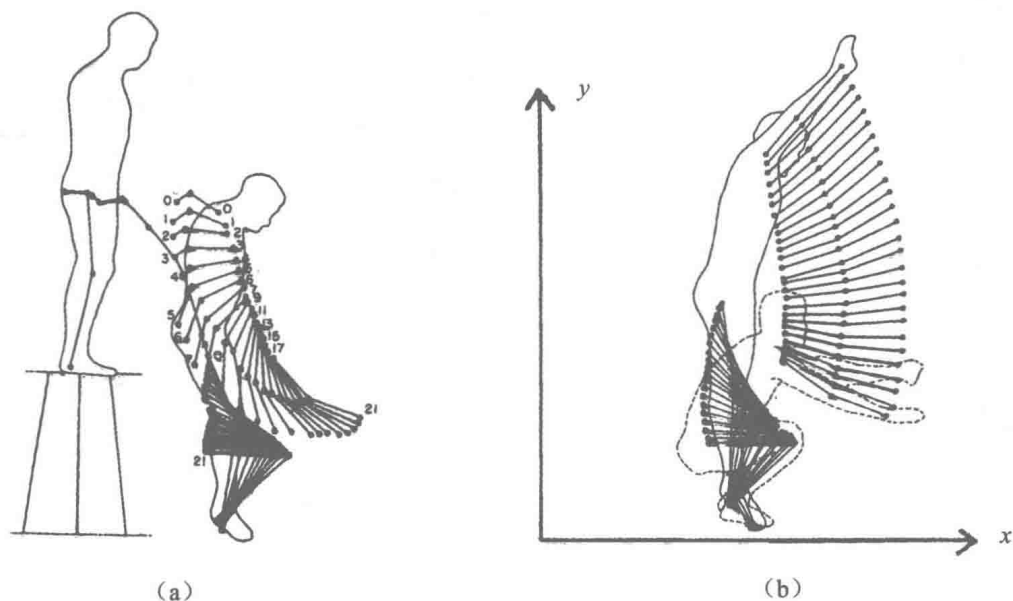


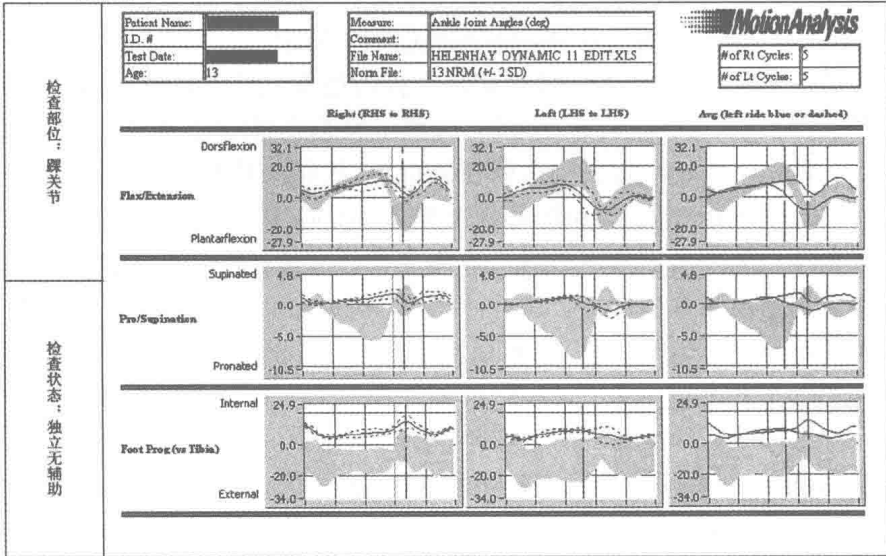
图 1-1 某人从高处跳下



患者姓名: XXX

检查编号: XXX

XXXXX医院临床生物力学实验室  
Clinical Biomechanic Lab of XXXXX



地址: XXXXX 邮编: XXXXXX 电话: XXXXX

图 1-2 临床步态分析报告

上述介绍的运动学基本概念常常用于临床上人体运动状态的记录。如描述某人步行的运动状态,通常会先描述人作为一个整体在何种运动平面内的运动,如在矢状面内的向前移动,运动速度为 0.8 m/s。然后描述运动过程中每一个节段(或每一个关节)的运动状态,如上肢由后向前的摆动可以描述为肩关节围绕冠状轴在矢状面内从后伸 30°到前屈 30°的运动,或者迈步时大腿向前的摆动可以描述为髋关节围绕冠状轴在矢状面内从后伸 15°到前屈 30°的运动。而区分一个小腿三头肌痉挛足下垂患者和一个胫骨前肌无力足下垂患者的步行运动状态,最典型的就是前者在整个步行周期中患侧踝关节始终处在踝关节跖屈 30°位置上,而后者在摆动相踝关节跖屈 30°位置,但是进入支撑相后即因为足压在地上而可以进入中立位。

## 二、动力学概念

1. 力 力(force)是一种作用,它能改变受力物体的静止或运动状态。它无处不在,没有力就没有世界。例如太阳的引力、地球的重力、水的浮力和压力等。人体常受外力和内力这两大类力的影响。

(1)外力:所谓外力是指外界环境作用于人体的力,主要的外力如下。

①重力(gravitational force):地球对其附近物体吸引的力,是人体保持直立姿势及活动时必须克服的负荷。作用于人体运动器官各节段重力占体重的百分比为头部 7%,躯干 43%,单侧大腿 12%,小腿 5%,足 2%,上臂 3%,前臂 2%,手 1%。当人体携

带必要的重物或在运动中使用沙袋、哑铃、重锤等时,这些物体同样受重力的影响并叠加于人体。重力的作用方向垂直向下。

②支撑反作用力:在静止状态下,地面或器械通过支撑点作用于人体的对重力的反作用力,称为静力支撑反作用力。其大小与重力相同,方向相反。人体做加速度运动时所受的支撑反作用力,除上述力外还要加上与加速度运动力大小和方向相反的反作用力,即动力支撑反作用力。

③摩擦力:人体或肢体在地面或器械上滑动时所受到的摩擦阻力。其大小因人体或肢体重量及地面或器械表面质地而异,其方向与运动方向相反。

④流体作用力:人体在流体中运动时所承受的流体阻力,称流体作用力。其大小与运动速度、流体密度成正比,故在水中运动所受到的阻力较空气中大。但因流体的浮力抵消了大部分重力,故人在水中运动比较省力。

⑤器械的相关阻力:肢体推动运动器械进行锻炼时,除要克服器械重力外,还需要克服器械的惯性力、摩擦力或弹力所产生的阻力,其大小与肢体推力相等,方向相反。

各种外力经常被用来作为运动训练的负荷,这种负荷要求肢体运动的方向和力量与之相适应,从而选择投入工作的肌群及其收缩强度,这是肌力训练的方法学基础。

(2)内力:所谓内力是指人体内部各组织器官间相互作用的力,主要的内力如下。

①肌肉收缩时产生的力:这种力通过肌肉在骨上的附着点,根据力偶(force couple)、力矩(forgue)、分力、合力等力学规律和杠杆原理产生相应的运动和(或)维持人体姿势。

②各组织器官间的被动阻力:当一肢体做屈曲或伸展运动时,其相反方向的组织包括皮肤、皮下组织、肌肉、筋膜、韧带、关节囊等均受到牵拉,由于组织内存在各种张力或黏滞性可以产生各种阻力,其中最重要的是拮抗肌的张力,此时必须做相应松弛,否则可以明显限制肢体活动。

③各内脏器官的摩擦力:例如胃肠蠕动肠袢间的摩擦力(尽管很小),心脏跳动时与肺、纵隔和胸廓间的摩擦力等。

④内脏器官和固定装置间的阻力:如胃肠蠕动与腹膜、肠系膜、大血管间的阻力,食管蠕动与纵隔间的阻力等。

⑤血液、淋巴液在管道内流动时产生的流体阻力,在分流时产生的湍流等。

各种内力总是相互适应,以维持最佳活动,同时也不断和外力相抗衡以适应人体生活的需要。例如为克服重力对血液流动的影响,有时需要肌肉收缩来帮助血流循环。

2. 杠杆 人体肌肉收缩产生的运动效果,受身体节段杠杆效率的影响,因而人的运动均遵循杠杆原理。各种复杂的运动均可以分解为一系列的杠杆运动。

(黄澎)



# 第二章

## 运动系统的生物力学特性

### 学习目标

**掌握:**骨、关节、肌的结构和分类;骨、关节软骨、肌肉、肌腱、韧带的生物力学性质;肌的运动形式;肌的功能状态指标;环节与运动链;骨杠杆。

**熟悉:**骨和肌的功能适应性;制动对骨、肌、关节、关节软骨、胶原组织的影响;关节的灵活性与稳定性;肌的协同。

**了解:**骨和关节软骨的成分;软骨损伤和修复;影响胶原组织力学特性的因素;肌腱、韧带损伤和修复;肌的功能。

### 第一节 骨组织的生物力学性质

#### 一、骨的分类、成分和结构

##### (一)骨的分类

成人的骨有 206 块,按其所在的部位可以分成颅骨、躯干骨和四肢骨三部分(表2-1)。

表 2-1 人体骨骼

名称(总数)	骨名称与数目
颅骨(29)	脑颅骨(8):额骨(1)、顶骨(2)、颞骨(2)、枕骨(1)、筛骨(1)、蝶骨(1)
	面颅骨(15):成对的为上颌骨、颧骨、颞骨、鼻骨、泪骨、下鼻甲 不成对的为下颌骨、梨骨、舌骨
	听小骨(6):锤骨(2)、砧骨(2)、镫骨(2)
躯干骨(51)	椎骨(26):颈椎(7)、胸椎(12)、腰椎(5)、骶骨(1)、尾骨(1)
	肋骨(24)
	胸骨(1)
四肢骨(126)	上肢骨(64):肩胛骨(2)、锁骨(2)、肱骨(2)、尺骨(2)、桡骨(2)、腕骨(16)、掌骨(10)、指骨(28)
	下肢骨(62):髌骨(2)、股骨(2)、髌骨(2)、胫骨(2)、腓骨(2)、跗骨(14)、跖骨(10)、趾骨(28)