

机械动力学工程应用丛书

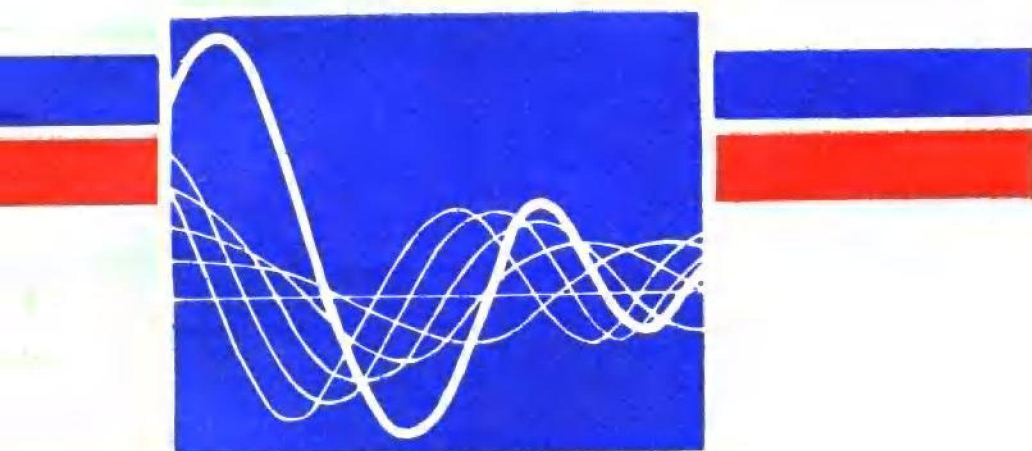


中国振动工程学会

机械动力学会审定

振动病及其防治

郦 明



5.4

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书对振动、噪声造成的振动病的起因、病理、诊断及治疗进行了分析和阐述。并对这种职业病的国内外调查情况作了介绍及综述;对振动病的防治对策,特别是国外的防治经验,用人机学的观点,做了重点剖视。还介绍了振动病的有关国际标准及允许卫生剂量。本书可供有关工厂、研究所的技术、管理及医护人员和职业病工作者参考,也可用作大学生及研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

振动病及其防治/酆明编著. —北京:清华大学出版社,1995

(机械动力学工程应用丛书/机械动力学工程应用丛书编委会编)

ISBN 7-302-01966-5

I. 振… II. 酆… III. 振动病: 职业病-预防(卫生)-研究
IV. R594.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 15261 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内, 邮编 100084)

印刷者: 人民文学印刷厂

发行者: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 850×1168 1/32 印张: 5.75 字数: 150 千字

版 次: 1996 年 3 月 第 1 版 1996 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-01966-5/TB·20

印 数: 0001—1600

定 价: 11.00 元

《机械动力学工程应用丛书》

编辑委员会

主任委员：郦 明

副主任委员：曹金榜

委 员：	于骏一	王奇浩	王启义
	陈克强	陈家骥	金瑞淇
	贺兴书	廖伯瑜	戴德沛

关于《机械动力学工程应用丛书》

当今世界,对机械的高速化、大型化、精密化和自动化的需求与日俱增。这一不可逆转的趋势,使得振动和动态设计日益成为现代科技发展的一个重大领域,特别是近二十年来,电子和计算机技术给动态研究提供了更加广阔的天地和全新的境界。

顺应这一发展形势,一些志同道合者在1981年成立了全国机械动力学研究会(1985年改名为中国振动工程学会机械动力学会)。十年来,这些同行们不但各自苦心钻研,奋力实践,而且作为一个学术性群体,经常聚首,磋切学问,交流成果,特别是为社会主义生产建设服务的成果。

这次本学会主持编写的“机械动力学工程应用丛书”是一部应用性的技术丛书,贯注着将科学技术转化为生产力的强烈意向,力求理论联系实际,深入浅出,简洁实用。丛书共分八册,将在五年内陆续出版。其主要对象是从事生产实际工作的科技人员,也可作为高等工程院校师生的专业参考书。

本丛书的编著者都是长期从事振动和动态设计诸领域研究的专家学者,他们愿将毕生琢磨领悟之所得无私地和盘托出,既是学问与信息的传播,也是感情和心血的奉献,以此表达对我国现代机械工业发展的深切期望。

在丛书编写过程中,国内外的一些企业、院校、研究所和清华大学出版社,在资料、人力、财力上给予我们许多帮助,在此致以衷心的感谢和敬意。

中国振动工程学会机械动力学学会

1991.1

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 振动、噪声与振动病.....	1
1.2 人机学与振动病	3
第 2 章 关于劳动生理学的知识	5
2.1 从人机学观点看人的能力	5
2.2 劳动生理学的基本知识	9
第 3 章 振动对人体的影响	20
3.1 振动对人体的侵害.....	20
3.2 全身振动.....	27
3.3 手臂振动.....	44
第 4 章 噪声对人体的影响	46
4.1 噪声的基本概念.....	46
4.2 噪声和听力的测量.....	52
4.3 噪声与听力丧失.....	59
4.4 生活和工作环境的噪声允许值.....	62
4.5 噪声对听觉以外人体机能的影响.....	64
4.6 减少噪声的途径.....	79
第 5 章 局部振动病的调查研究	84
5.1 发生局部振动病的工种及工具.....	84
5.2 我国的局部振动病调查.....	86
5.3 林业工人的局部振动病调查(芬兰、日本、 巴布亚·新几内亚、印尼).....	88
5.4 铁路工人的振动病调查(荷兰).....	92

5.5	飞机工业中的振动病调查(瑞典)	97
5.6	汽车装配工、钣金工振动病调查(瑞典)	97
5.7	建筑业的振动病调查(德国)	100
5.8	局部振动病调查的注意事项	103
第6章	局部振动病的病理探讨	105
6.1	手-臂接触振动对血液循环系统的损害	105
6.2	手-臂接触振动对神经系统的损害	110
6.3	手-臂接触振动对肌肉骨骼系统的损害	114
6.4	局部振动病病理方面的研究	115
第7章	振动病的防治对策	124
7.1	国外的综合防治经验	124
7.2	减少振动的技术措施	128
第8章	局部振动病的诊断及治疗	139
8.1	诊断原则	139
8.2	诊断及分期标准	142
8.3	局部振动病各项指标的检查方法	143
第9章	局部振动病的评价标准及卫生剂量	152
9.1	测量及评价手-臂振动对人的影响指南 [ISO5349(1986)]	152
9.2	固定建筑(房屋、海洋平台等)居民对低频水平 振动的反应[ISO6897(1984)]	160
9.3	日本工人手臂接触振动的允许剂量	164
9.4	欧洲共同体委员会关于安全剂量的建议	166
9.5	摩托车邮递员的接振剂量极限(日本)	167
9.6	振动强度的评价(德国)	169
	参考文献	172

第1章 绪 论

1.1 振动、噪声与振动病

振动和噪声是普遍存在的物理现象。在多数情况下,振动和噪声都是影响机械、车辆、仪器等质量的重要动态性能指标,并且对人的健康产生危害。在世界范围内已将噪声列为公害,在高噪声环境下工作的人们是噪声的直接承受者和受害者。使用手持砂轮、风镐等振动工具或在振动环境中工作,会使人发生局部或全身的病变,一般叫做振动病,振动病已被许多国家,包括中国列为法定的职业病。

噪声是使人厌烦的响度大的声音,在有的情况下,声音响度也许不很大,但却是一些无规则的杂声或尖叫声,使人听了很难受。总之,噪声和使人悦耳的音乐声都是声音,它是由物体振动产生,且在媒质中传播的一种机械波:物体振动,使周围媒质(例如空气)的压强发生周期性的变化,形成压力波,以纵波的形式向各方传播。所以噪声在物理意义上属于振动现象。

长期在噪声环境下生活和工作,人的听觉会过早的退化,而且还会引发失眠、心脏病、神经性疾病等。

在我们的生活和工作环境中,受到振动是不可避免的。坐火车、乘汽车在现代社会是常事,许多生产场合,经常使用振动工具。长时期接触强烈的振动会发生头晕、胃病、头痛、耳鸣、腰背痛、白指、白手及接触振动部位的末梢神经和血管受损等症状。

本书中,将上述噪声和振动所引起的人体疾病,统称为“振动病”。

事实上,人体在维持正常生理机能的过程中,自身就产生了振动现象,例如人的呼吸是频率为 0.3Hz 的振动;人的走路频率相当于 1.2—2.5Hz,脑电波约为 2—200Hz 的频率。人们还常常在生活中用适度的振动来调节机体的不适,例如拍胸来制止和减轻咳嗽;叩腰、叩腿来减轻疼痛等。我国的某些气功中也常用身体某些部位的微振。适量的振动是必不可少的,过量的振动则会致病。

随着人类社会进入工业化阶段,振动和噪声对人的危害愈来愈为严重。早在 1911 年就有报导使用振动工具引起的手指端部苍白、发麻等症状(所谓的雷诺氏现象)。目前据统计在美国有一百万以上使用振动工具(手握风铲,手持砂轮等)的工人,其中有 50% 以上患有局部振动病。我国人口众多,随着工业的发展,振动工具的应用愈来愈广泛,接触振动的人数愈来愈多。据 1979 年底的统计,国有煤矿风钻工有 24 万 5 千人以上,林业系统油锯工有 1 万 5 千人以上。而目前常用振动工具的振动参量,根据哈尔滨医科大学、铁道部劳动卫生研究所、山东省劳动卫生研究所等单位的测试和评价,大多数不符合国际标准——ISO 5349 所规定的指标。据我们调查,我国不少煤矿的井下工人,由于健康原因,30 多岁以后就要调到井上工作,有振动病症状是其中主要因素之一。振动病的研究及防治在我国是有重要意义的。

振动病由振动和噪声所引起。四十年来,特别是最近十多年,我国在振动和噪声的研究方面取得了显著的成就,在一些理论研究和解决生产实际问题上达到了国际水平;有了一批振动和噪声的研究中心;创办了拥有机械动力学、模态分析等十多个专业学会的中国振动工程学会和振动工程学报。振动病的防治已经引起了我国振动学界的重视。振动病防治的最根本途径是降振降噪,我国振动和噪声的研究实绩给这方面奠定了理论上和物质上的基础。

1.2 人机学与振动病

人机学(ergonomics)在我国也有译作“人类工效学”的。原文 ergonomics 是一个人工词语;在古希腊语中 ergos 意为工作, nomos 意为规律。人机学的创始者被认为是美国人 Frederik Winslow Taylor,他在 20 世纪初设计了一套研究工人的操作方法,寻找省时省力、提高效率的途径。后来又有人进一步研究工人的操作动作,对动作进行规范化。人机学这些早期的研究成果,被资本家用来强化工人的劳动,正如我们从电影“摩登时代”中所看到的。这些现象造成某些人对人机学的误解,把人机学看成是资产阶级的东西,使这门本应受到重视的学科,在前苏联和我国没有受到应有的注意和发展。

在第二次世界大战中,各种坦克、舰艇、飞机、火炮、火箭等大量使用,人与武器的关系复杂起来,要充分发挥武器的作用,武器的设计就必须符合士兵的生理、心理方面的特点。为此目的,机械学家、解剖学家、心理学家们一起参与了武器的设计,为人机学的发展积累了丰富的经验,人机学的重要性也逐渐为大家所认识。战后,科学技术迅速发展,出现了许多新兴的学科,如空间科学、电子计算机、机器人等,使人和机的关系出现了一系列新的特点,更为复杂化。发展至今,人机学中的“机”已经不只限于“机器”,而是广泛地指人的工作对象、周围的环境、大气候和小气候、娱乐器具、日常用品等等。

前几年美国宇航中心曾做过一个实验,研究飞机驾驶员的操作特点。他们让飞行员操纵飞行模拟器,从座舱显示器中识别可能发生相撞的飞行物。专家们发现,飞行员们在选择避让动作时,大部分选择左右转弯而不是垂直的偏让。经分析,这是容易理解的,因为人们在地面行走或驾车是二维活动,这些经验给飞机驾驶员

的操作选择带来了一定的倾向性。这个有趣的发现给飞机设计(即要求有更好的转向性能)以及对驾驶员的训练都提供了很有用的资料。

工程人机学是人机学的最重要分支。它的主要任务是在设计和安排生产和工作条件(包括工作场所、生产工具、工作环境、生产过程时)时如何最大限度地做到:在合理负荷下充分发挥人的能力,做到既不使人过负荷,又不低负荷;保证生产者和工作者的生理和心理健康;尽量提高工作和生产系统的效益和生产率。

前面一节谈到振动病的产生是由于生产工具、工作环境的振动和噪声对人体生理和心理上的影响,因此研究振动病的机理、诊断及防治就要运用人机学的知识和根据人机学的观点。

人机学是一门边缘交叉学科,除了工程科学之外,它牵涉到许多生命科学,如生物学、人体测量学、生理学、神经病学、心理学、医学等等。

根据人机学的观点,在“人”和“机”的关系上,人是主要方面,“机”的设计要以人为中心。不是像过去传统的机器设计中,要人去适应机器。最早人类制作生产工具是作为自身器官的延伸,人是生产工具的创造者。现在,人机学的观点只不过是回归到人类制作工具的本意。人类经历了漫长的生产发展过程,从奴隶社会、封建社会和资本主义社会进入社会主义社会,人的价值重新得到了肯定。实际上,许多有识之士不但大声疾呼,而且运用人机学的观点解决了许多实际问题。在许多高科技领域,例如宇航、核电站、计算机集成制造系统,由于忽视人的因素而造成的事故甚至灾难已经屡见不鲜。

我们在以下的章节中,将试图运用人机学的观点和知识,来阐释振动和噪声引起的疾病问题。

第2章 关于劳动生理学的知识

“劳动者是最重要和最宝贵的生产要素”，对这句话有些人也许并不完全赞同，但是至少可以这样说：劳动者，即劳动的人，关于他的知识的重要性至少不亚于关于生产技术的重要性。

劳动生理学是生理学的一个特殊分支，它研究的问题是：在相应的劳动工作条件下，人体的器官功能会有什么变化？人受负载的限度为多少？和它相关的学科有：医学——关于人体健康及疾病的科学，研究疾病的原因、作用、预防及治疗；生理学——关于人体生物过程的科学，这些过程可以是化学的（物能变换、内分泌）和物理的（感觉、血液循环）；病理学——研究疾病机理的科学；职业医学——与职业病、劳动工伤、公共卫生、职业毒害有关的医学。

2.1 从人机学观点看人的能力

2.1.1 人的能力与劳动

人机学的观点之一是工作和劳动的内容和负荷要与人相适应、相匹配。根据劳动科学的定义，劳动是指一个人为了自己或别人的需要所进行的全部活动。人机学要考虑的是为了达到一个规定的劳动和工作任务所需要的体力和脑力消耗。根据工作和劳动内容的不同，人体承受负荷和产生疲劳的部位也会不一样，例如锯木、挖沟等重劳动，人体的很多肌肉群以及血液循环都会受到影响，疲劳产生在全身；在打字机上打字则只有局部肌肉受负荷，局部肌肉疲劳。

人的工作和劳动能力根据各人的体质、性别、年龄、教育程度、思维能力等而有差异;并且由于其它许多可变因素而加强或削弱。这些可变因素,包括训练和练习、工作节奏、保健、兴趣、责任心等,这些是可以通过人机学的方法而加以改变的。人的能力虽有一个最高限度,并因人而异,人机学的作用则是要使这个能力得到充分地、有效地、愉快地、健康地发挥。

人的工作和劳动能力有最高限度,且和持久时间有关。例如动态肌肉运动(骑自行车),对一般男子可以达到 4.4kW,但持久时间不能超过 10s;0.7kW 可以保持几分钟;超过 8h,则只能发出 0.2kW 的能力。

人的体力和脑力还呈现出一定的波动。如图 2-1 所示,在一天之内,在午前 9 时,人的生理体力达到最高点,午后 2 时降到一个低谷,午后 7 时左右又上升到一个峰值,夜间 3 时为最低点。这个一般规律对安排生产和工作计划及劳动班次很有用处。人的能力在一周之内(图 2-2)和一年之内(图 2-3)也呈现出波动(这三张人的能力波动图是根据 O. Lac 的研究,他主要调查统计了欧美人的能力波动。我国人民的体质和生活习惯以及气候等环境条件有所不同,所以波动规律,特别是一周和一年的波动会与之有区别)。

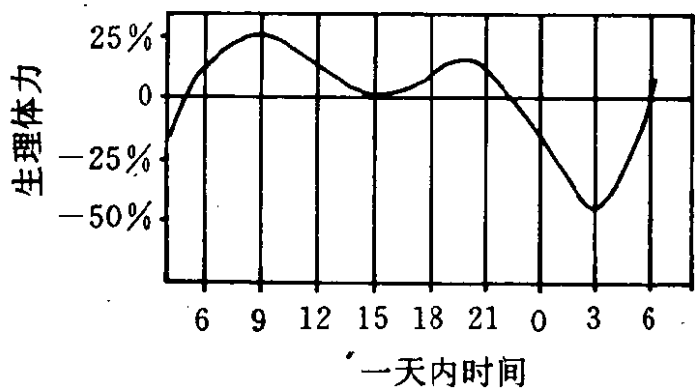


图 2-1 一天内人的生理体力的波动

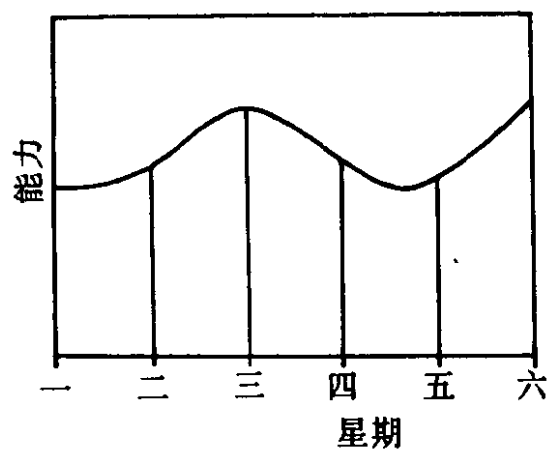


图 2-2 一周内人的能力的波动

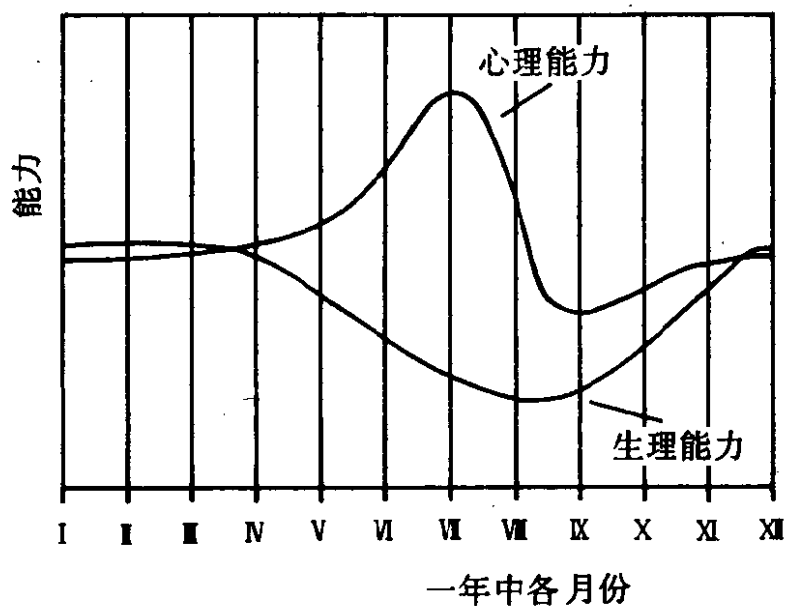


图 2-3 一年内人的能力之波动

经过合理的锻练,人的工作能力在质量和程度上都会得到提高。

人的工作和劳动能力还受到疲劳程度(全身疲劳或某一器官疲劳)和工作单调的影响。疲劳程度随着负荷和其作用时间按指数

上升,又可以随着休息按指数下降。所以可以通过合理安排劳动和休息来获得能力的充分发挥。在体力劳动中,如果经过一段时间的休息,心跳还没有恢复到正常值,则要调整劳动的强度或延长休息时间。工作单调和疲劳相似,也会降低人的工作和劳动能力,包括其体力和脑力,但和疲劳不同的是,可以通过改变工作任务及内容来减轻对工作劳动能力的影响。

2.1.2 人的能力与年龄

人们对人的老化过程至今还不确切了解,但是各种器官都会老化,这一点是肯定的。

男子体力在 25 岁左右达到最高峰,以后缓慢下降,65 岁以后下降速度略微加快;女子体力最高峰在 22 岁左右。

随着年龄增长,人的各种感觉器官的能力也发生变化。最明显的是听觉的退化,特别是对高频率声音的敏感减弱,还有视觉调节机能的显著降低。触觉机能也趋向减弱。

除了感觉器官发生退化之外,人的抽象能力,短期记忆,肌肉力,对抽象符号的学习能力,觉察速度以及信息处理的速度,反应能力(特别在复杂情况下的反应能力),脑子的灵活性等随着年龄老化也会减弱。

但是,也有许多能力是随着年龄进入中老年而增加的,例如工作及劳动经验,判断力,谈话能力,协调能力与持久性,独立性与设想的实现能力,与别人共同工作的能力,体力和脑力活动的熟练程度,责任感及可靠性,安排及设计工作中的准确性,完成较不复杂的任务的准确程度等等。

2.1.3 人的能力与性别

在工作和劳动的分工及安排上,男子与女子的最重要区别在于女子的体力较小。图 2-4 所示为肌肉力与性别及年龄的关系。

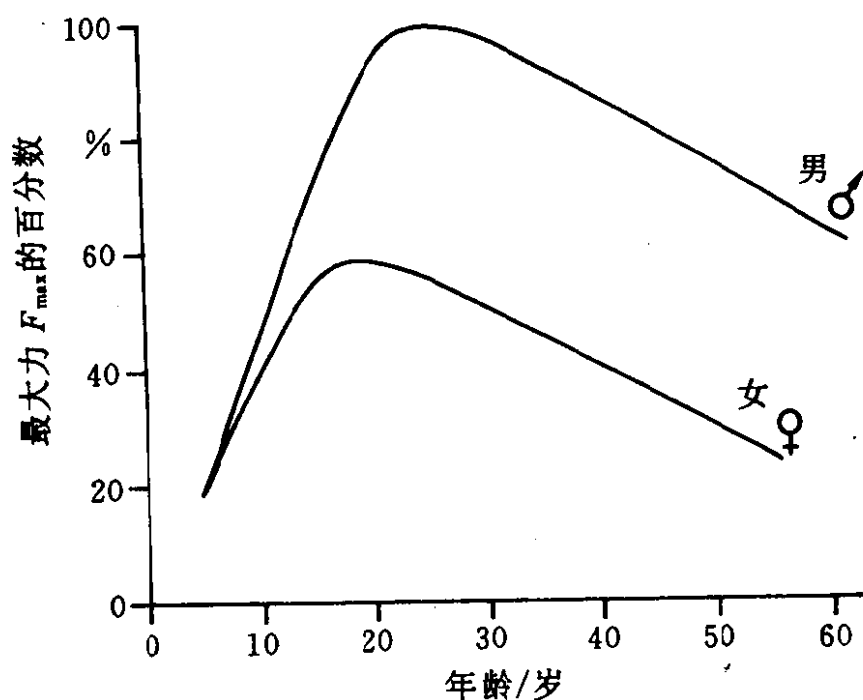


图 2-4 肌肉力与性别及年龄的关系

一般人认为女子的手及手指比较灵巧,而实际研究说明并不如此,但如果经过训练,女子手指的灵巧性提高得较快。也有人断言,妇女对工作单调性不那么敏感,但许多科学研究都未能证明这一点。同样,对于“信息工作”,也没有能够证实男子和女子在这方面的能力有什么本质上的差别。例外的是,女子对颜色的错误视觉可能性比男子小。

2.2 劳动生理学的基本知识

如果没有劳动生理学的基本知识,就不可能设计出很好的工作和劳动系统。劳动生理学是生理学的一个分支,它着重于人与工作劳动场所之间的交互关系,运用生理学各领域的知识使人机关系处于最佳状态。

与人的工作劳动能力有关的生理系统有运动系统(骨骼-韧带系统),运力系统(肌肉),持久系统(心脏-血液循环系统)及神经系统。

2.2.1 运动系统(骨骼-韧带系统)

骨骼-韧带系统一方面决定了人的身材大小及手臂和腿的活动空间,另一方面也决定了人的运动自由度。运动自由度主要取决于各种关节:

(1) 很微小的运动——骨关节缝,软骨,颅骨;

(2) 单自由度运动——肘关节、手指关节等枢纽关节,圆盘关节(在一平面上回转);

(3) 两自由度运动——卵形及鞍形关节,例如腕关节,能够上下伸屈,也能向两侧运动;

(4) 三自由度运动——球关节,如肩关节、髋关节。

2.2.2 运力系统(肌肉系统)

肌肉总量约占人体重的40%。根据显微组织形态,肌肉分为:

(1) 横纹肌(骨骼肌);

(2) 平滑肌(内脏及血管肌);

(3) 心肌。

从人机学的观点,只对横纹肌有兴趣,因为只有这种肌肉可以随意加以控制,人的身体姿势也由这种肌肉保持。

肌肉由非常多的极细纤维组成,肌肉纤维通过结缔组织聚集成肌肉组、肌肉簇及肌肉束。许多肌肉束组成肌肉。

根据肌肉的外形和肌纤维排列的方向,横纹肌可以分为三角形、棱形、带形、羽毛形、锯齿形等。每一条肌肉有两个骨附着点,即肌头(起端)和肌尾(止端)。根据起端的多少有二头肌、三头肌、四头肌等。大多数肌肉的一端或两端有像韧带一样的圆形肌腱或扁

平的腱膜。肌肉中有许多血管,它有弹性和收缩性,而肌腱和腱膜则几乎没有血管,也没有弹性和收缩性。

人的一切动作都是靠肌肉的运动来完成的,而肌肉之所以能运动,在于它能够随人的意志而收缩。当肌肉收缩时,不仅产生所要做的动作,同时也产生热能,这是人体内生热的主要来源之一。

肌肉收缩时,每一条肌纤维都变粗、变短而紧张。肌肉收缩的结果是其起端和止端之间的距离缩短,从而使构成关节的骨的位置有所改变。例如当人用力弯曲肘时,上臂前面会有一块肌肉隆起,这是肱二头肌在收缩,该肌的起端(位于肩前肩胛骨上)和止端(在桡骨的上端)就接近起来,产生了肘关节的弯曲。靠肌肉收缩来实现人要做的动作,也称为肌肉的动态工作。此外,肌肉还能实现所谓的肌肉静态工作,使人体保持某种不动姿态,例如举重,运动员挺举并保持一段时间,这时肌肉也会产生紧张。再有,通过肌肉的紧张和松弛,人体会产生一种像泵一样的机能,以支持心脏血液循环系统。

2.2.3 持久系统(心脏-血液循环系统)

血液循环系统在人的生理上起着十分重要的作用。循环系统有由动脉、毛细血管和静脉组成的血管运输网。含有充足的氧气和养料的血液从心脏排出,通过动脉到达全身各个器官和组织,进入毛细血管网,血液中的氧气和各种养料(葡萄糖、盐类和水分等)渗出毛细血管的薄管壁供给周围的组织细胞,再把组织新陈代谢所产生的二氧化碳和废料通过静脉带回到心脏。

对于正常人,每日血液细胞的破坏大约等于新血液细胞的生成,因此血液成分维持在相当稳定的水平。生成和破坏间的平衡,主要是由神经系统和体液系统来调节维持。血液的含氧量也有调节作用。