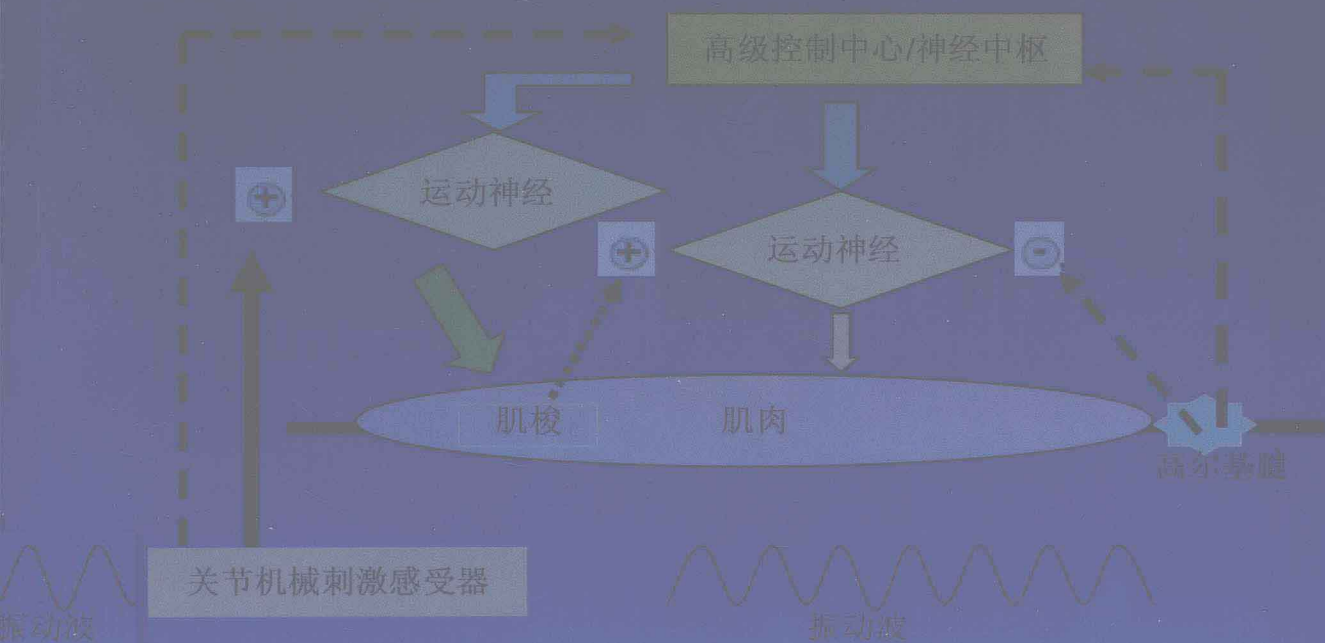


上海市教委科研项目课题立项资助 (06IZ001)
上海市教委第五期重点学科建设项目资助 (J51001)

全身振动训练的理论与实践

QUANSHEN ZHENDONG XUNLIAN DE
LILUN YU SHIJIAN

李玉章 编 著



第二军医大学出版社

Second Military Medical University Press

上海市教委科研项目课题立项资助(061Z001)

上海市教委第五期重点学科建设项目资助(J51001)

全身振动训练的理论与实践

QUANSHEN ZHENDONG XUNLIAN DE LILUN YU SHIJIAN



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

内 容 提 要

振动训练法是一种新兴的非传统的训练方法,是一种让受试者借助于专门设计的振动平台的振动刺激使人体产生适应性反应的外界干预方法。近些年来该方法在国外的众多领域得到广泛的推广和应用,取得了一些积极的治疗和训练效果。

本书共分为 11 章。从对振动训练国内外前期研究成果的文献分析,到运用先进的表面肌电测试、足底压力测试以及关节肌力测试等研究方法,对不同振动模式的振动特性、振动中的肌肉激活特征和协调模式、不同振动产生的足底压力特征、周期性训练之后的关节肌力变化特征等实验研究,逐一展开深入、综合的讨论,以期为振动力量训练方法的创新提供理论依据,为更科学地使用该类仪器提供客观参考。

本书适合体能训练指导者、运动员和科研人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

全身振动训练的理论与实践/李玉章编著. —上海:
第二军医大学出版社,2010.10

ISBN 978-7-5481-0115-4

I. ①全 II. ①李… III. ①运动训练—研究
IV. ①G808.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 180882 号

出 版 人 石进英

责任编辑 王 勇

全身振动训练的理论与实践

李玉章 编著

第二军医大学出版社出版发行

上海市翔殷路 800 号 邮政编码:200433

发行科电话/传真:021-65493093

<http://www.smmup.cn>

全国各地新华书店经销

江苏句容排印厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11.25 彩插:1 页 字数:273 千字

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5481-0115-4/G.074

定价:33.00 元

序 言

振动训练法是一种新兴的非传统的训练方法,近些年来在国外的众多领域得到广泛的推广和应用,取得了一些积极的治疗和训练效果。它是一种让受试者借助于专门设计的振动平台的振动刺激使人体产生适应性反应的外界干预方法。

近年来该方法作为一种提高肌肉力量的训练方法被引进国内,为发展和提高肌肉力量训练水平提供了新的途径。但是,由于对该方法的认识和经验积累不足,在方法运用和规范化使用上尚缺乏理论依据。

本课题研究是在“上海市教育委员会科研项目”的资助下开展的,从对振动训练国内外前期研究成果的文献分析,到运用先进的表面肌电测试、足底压力测试以及关节肌力测试等研究方法,对不同振动模式的振动特性、振动中的肌肉激活特征和协调模式、不同振动产生的足底压力特征、周期性训练之后的关节肌力变化特征等实验研究,逐一展开深入、综合的讨论,以期振动力量训练方法的创新提供理论依据,为更科学地使用该类仪器提供客观参考。

本书共分为 11 章。第一至第四章为文献研究,第五至第九章为实验研究,第十章为应用的建议和参考,第十一章为结论与建议。

本课题在实施过程中涉及的领域较多,运用的测试设备多数是较先进的,尚属首次使用,因此难免有不足之处,敬请谅解,欢迎广大读者批评指正。

振动训练研究课题组
2010.5

目 录

第一章 导论	1
第一节 振动训练法的发展简史	1
第二节 振动训练的相关要素	3
第三节 振动训练仪器的种类	9
第二章 全身振动训练的理论基础	14
第一节 振动训练的神经生理学基础	14
第二节 振动训练的物理学基础	17
第三章 全身振动训练在临床上的应用	19
第一节 神经肌肉系统的改善	19
第二节 骨骼组织的改善	22
第三节 代谢系统的影响	23
第四节 感觉系统的影响	25
第四章 全身振动训练在运动训练上的应用	26
第一节 肌肉力量的改善	26
第二节 平衡能力的改善	35
第三节 速度素质的改善	36
第四节 耐力素质的改善	39
第五节 柔韧素质的改善	40
第五章 实验研究之不同形式振动的加速度特征	42
第一节 加速度测试的实验设计	42
第二节 GLOBUS 振动仪的振动加速度特征	44
第三节 Turbo sonic 振动仪的振动加速度特征	45
第四节 SRT 振动仪的振动加速度特征	46
第五节 振动加速度的研究结论及启示	47
第六章 实验研究之不同形式振动的肌肉激活特征	49
第一节 振动测试的实验设计	49
第二节 振动对大腿肌群的神经肌肉激活特征	57
第三节 振动对小腿肌群的神经肌肉激活特征	90



第四节 不同振动条件下下肢肌群间的神经肌肉交互激活特征	108
第七章 实验研究之不同形式振动中的足底压力特征	112
第一节 足底压力测量技术概述	112
第二节 振动中的足底压力特征	115
第八章 振动训练的训练学启示	136
第九章 振动训练的周期性实验研究	144
第一节 周期性振动训练实验设计	144
第二节 下肢肌力特征比较研究	145
第十章 振动训练法应用中的注意事项	150
第一节 禁忌证	150
第二节 负荷安排与工作菜单	150
第十一章 结论与建议	156
参考文献	157
附录一 ZEPTOR 设备的应用与作用	167
附录二 实验现场部分实景图	170
附录三 课题立项以来发表的相关论文	171
后记	172

第一章 导 论

全身振动训练(whole-body vibration training, WBV)作为一种新兴的神经肌肉练习方法,通过改善神经肌肉系统之间的协调性,促进人体屈伸肌群的最大力量、爆发力量、力量耐力、协调性、柔韧性等素质协调地发展。该方法在 20 世纪 90 年代后,在国外的众多领域得到广泛开展,如在竞技体育、整形外科、康复医疗等领域。大多数的振动训练研究都聚焦在振动引起的肌梭激活作用(Gail, et al, 1966; Marsden, et al, 1969; Bongiovanni, et al, 1990)和肌肉力量的提高等方面(Bosco, et al, 1998a; Bosco, et al, 1998b; Bosco, et al, 2000; Torvinen, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002b; Torvinen, et al, 2003; Delecluse, et al, 2003; Roelants, et al, 2004a; Roelants, et al, 2004b; Verschueren, et al, 2004)。

近年来,振动训练在运动训练实践中受到广泛重视。由于肌肉力量是人体产生运动的基础,尤其是相对力量的增长是技术动作完成的重要保证。由生理学原理可知,力量的增长主要有两条途径:其一是增加肌纤维的横断面积,即肌肉体积;其二是提高肌肉间的协调工作能力。然而,当力量增长接近极限时,进一步增加肌肉体积和力量就会变得十分困难(Häkkinen, et al, 1985),即“力量训练平台现象”。因此,保持相关肌肉体积不变,进一步改善神经系统合理动员肌肉的能力,即提高神经肌肉系统的协调控制能力已成为力量训练突破的重要途径。“全身振动仪”的出现为人们探索力量训练方法提供了新的途径。

第一节 振动训练法的发展简史

在 20 世纪 60~70 年代,高频率振动练习作为探讨肌梭活性的研究方法被使用(de Gail, et al, 1966; Marsden, et al, 1969; Desmedt and Godaux, 1978)。文献指出,早在 1960 年便有学者利用一种小型圆桶状的振动器(vibrator)放置于肌腹或肌腱上以诱发身体的强直振动反射(tonic vibration reflex, TVR)。例如 Hagbarth 与 Eklund(1966)对偏瘫患者进行振动刺激,发现振动刺激能激活肌肉的本体感受器,反射性地引起不随意收缩的肌肉产生收缩,电生理学上把这种反射定义为张力性振动反射(tonic vibration reflex, TVR)。利用张力性振动反射增加更多的运动单位(motor units)来进行肌力训练,这可以使更多的肌肉收缩产生最大力量和爆发力,神经的适应功能也是提升肌力训练的途径。Matthews (1966)指出张力性振动反射的现象与传统的牵张反射(stretch reflex)概念相近。

振动的研究最早是使用电磁振动(Desmedt and Godaux, 1978; Marsden, et al, 1969; Jackson and Turner, 2003),随后振动研究转向了通过对动物使用探针和对人类的直接振动或手动振动应用到肌腱或肌腹的研究(Bongiovanni and Hagbarth, 1990; Bongiovanni, et al, 1990; de Gail, et al, 1966; Martin and Park, 1997; McClosky, et al, 1972; Necking, et al, 1996)。然而,振动也同样作为一种职业风险,作为对人类健康有害的现象而被研究

(Cardinale, 2003)。例如,由于振动可能对脊椎产生过多的扭矩(Seroussi, et al, 1989),国际劳动安全保障法中规定了一些含有振动风险性工种(钻机工、驾驶员等)的持续工作时间;也有对运动中振动产生消极影响的研究,例如高山滑雪和滑旱冰(Thompson and Belanger, 2002);也有将振动作为一种康复手段进行研究,如今备受重视,例如,治疗患者的后背疼痛和骨质疏松症等(Rittweger, et al, 2002b; Verschueren, et al, 2004)。此外,也有探讨振动对神经系统功能的影响,被运用在物理治疗中,如治疗帕金森症(Parkinson's disease, PD)和前十字韧带损伤(anterior cruciate ligament ruptur, ACL)等都有很好的效果。

全身振动训练起源于冬季滑雪运动,高山滑雪运动员在全身振动的影响下进行训练,经过自身的反射控制适应,获得了大量的有效控制振动的结果。尽管过去有许多在高频率振动下的研究成果,但最近也开始将低频率下的振动作为提高肌肉性能的手段展开研究。例如,拳击选手利用振动来提高手臂的爆发性运动(Bosco, et al, 1999; Issurin and Tenenbaum, 1999)。早期的振动训练(vibration training)主要是用于物理治疗。直到1987年,俄罗斯的体操教练Nasarov与科学家Spivak首先将振动式的刺激(vibration stimulation)和阻力训练结合应用于体操运动员训练(图1-1),结果发现肌力明显增加,于是将这种训练方式称为振动式训练(vibration training)或振动运动(vibration exercises)(Luo, et al, 2005)。

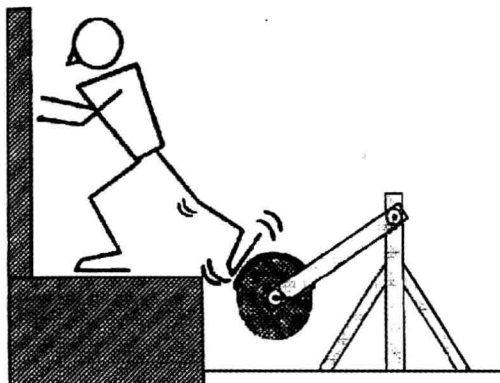


图1-1 Nasarov 教练采用的振动训练方法简图

振动已经作为多年来训练科学研究者关心的话题。随着研究的发展,又出现了全身式振动训练的仪器。全身振动训练是利用振动平台进行力量练习的一种手段。它作为一种在短时期内提高力量和速度的手段使人们产生了浓厚的兴趣。文献中,大多在探讨振动训练对最大力量和爆发力量等的影响,以及对骨骼、内分泌等的长期适应性影响。意大利科学家Bosco在这方面做了相当多的研究。在国内,台湾学者陈全寿教授与相子元教授在1997年时,应用此理念共同研发出陈氏被动反复冲击式肌力增强器(Chen's passive repeatedly plyometric power machine)。2000年上海体育学院的危小焰老师研制了垂直振动训练台,并对体育学院田径、举重项目部分学生进行了周期性训练,取得了理想的效果。

但是,目前有关振动训练的研究结果大多集中在垂直或倾斜振动(vertical movement/tilting)所产生的影响上,尤其以垂直方向居多。由于其产生的规则性正弦振动波与人体内脏器官的自振频率较接近时,容易产生共振,使练习者产生头晕、恶心等不适。同时,依据神

经生理学原理可知,人体神经系统对规则的刺激非常容易适应,产生的后效作用会降低,也不足以达到在长期运动训练过程中的使用要求。由此,德国 Scisens 公司汇集了多位力量训练界的专家,总结了多年的研究和实践经验,于 2004 年成功研制出了 ZEPTORING SRT-Sports/Medical 组合振动训练台,打破了以往单一的正弦波式振动,实现了在 X、Y、Z 三个方向上交互的、任意随机的多维组合振动模式,且处于低频率的振动范围之内。多维振动的目的是通过任意随机的振动方式来提高人体对刺激反应的神经控制能力,达到提高肌肉的激活程度和肌肉间协调性的改善,从而使以前不能被动员的高阈值运动单位得到动员,并提高肌肉收缩中各运动单位的协调工作能力。ZEPTORING 的发展是基于在高水平的竞技体育中的广泛的科学分析。例如,在下落的滑雪比赛中,要不断地颠簸,因此控制振动是非常重要的,大多数的滑雪者都能够高效地控制振动,较好地、尽可能地维持最好的路线和避免速度减小,产生较高的、全面的竞技水平。

一些交叉组合的、纵向的和单一情形的研究已经显示出训练包括机械振动导致的神经肌肉反射样式的改变。为了分析在标准情形下哪种因素对有效控制振动是可靠的,德国法兰克福大学体育科学学院实验室进行了大量的基于机械振动的模拟实验(图 1-2),这些都是基于高山滑雪运动员进入下滑雪道时,在不平坦的地面上可能产生的各种情形的模拟。

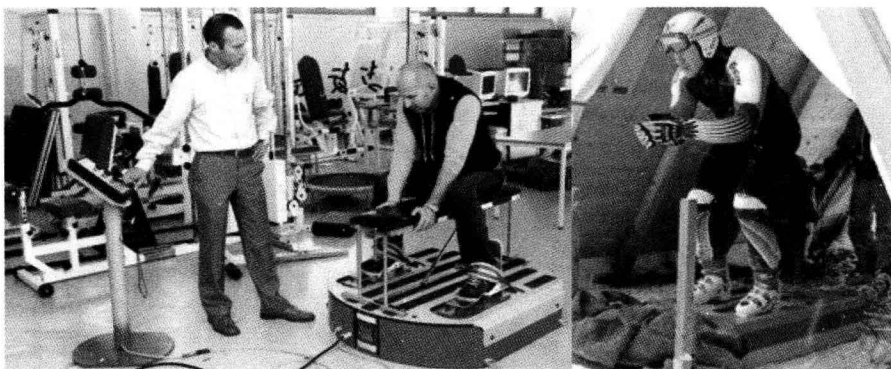


图 1-2 德国法兰克福大学实验室中进行振动训练的实验现场图

第二节 振动训练的相关要素

振动系统的三因素,即振动频率、振幅、持续时间,共同构成了振动方案的多样性,也是引起振动效果不同的主要原因。改变任何一个因素都能够观察到一个不同的振动反应。Luo 等(2005)也指出,振动训练的方法包括振动特性和训练安排;振动特性包括振幅、振动频率和应用方法;训练安排则包括训练类型、训练强度、训练量、持续时间、休息间隔、训练频率等因素。文献研究也指出:神经肌肉系统所承受的振动强度主要由振幅和振动频率决定。因此,本文重点从以下几个方面展开讨论。

一、振动特性因素

振动特性在本文中主要是指振动台本身的物理参数,即振动频率、振幅、振动加速度。

(一) 振动频率

振动是一种机械摆动,由振动频率(vibration frequency)和振幅所决定。振动频率定义为单位时间的周期数,通常以赫兹(Hz,每秒钟振动的周期数)为单位进行测量。

人体的各个部位对振动具有不同反应,不同频率的振动对人体的影响也存在差异。在同样强度的振动条件下,如果频率刚好与人体固有频率耦合发生共振,对人体的影响就会相当强烈;反之,影响就不会太强烈。对于低频振动来说,不同的频率、强度和持续时间对人体引起危害的程度是不同的,轻则使人感到不舒服、注意力转移、头晕,但振动停止后这些生理影响可以消除。由于人体各部分器官都有自己的固有频率,对人体最有害的振动频率是与人体某些器官的固有频率相吻合的频率(即共振频率)。航空机械振动学中指出:垂直于人体轴线的振动在 $4\sim 8\text{ Hz}$ 的频率上有一个最大的共振峰,称为第一共振峰,主要由于人体胸腔共振产生,它对内脏有最大影响;在 $10\sim 12\text{ Hz}$ 有个小一些的共振峰,称为第二共振峰,主要由腹腔内脏产生,对人的腹腔系统危害最大;当频率为 $20\sim 30\text{ Hz}$ 振动时,能引起“头-颈-肩”系统的共振;当频率为 $60\sim 90\text{ Hz}$ 振动时,能引起眼球共振;当频率为 $100\sim 200\text{ Hz}$ 振动时,能引起“下颚-头盖骨”的共振。国外学者利用肌电图对振动刺激所引起的外周神经冲动进行了研究,从中发现在适宜的振动频率($22\sim 50\text{ Hz}$)下,神经冲动的发放频率加快,同步性增强,肌肉出现共振。另外,德国研究者指出的共振频率与国内文献中的共振略有不同,如图1-3所示。

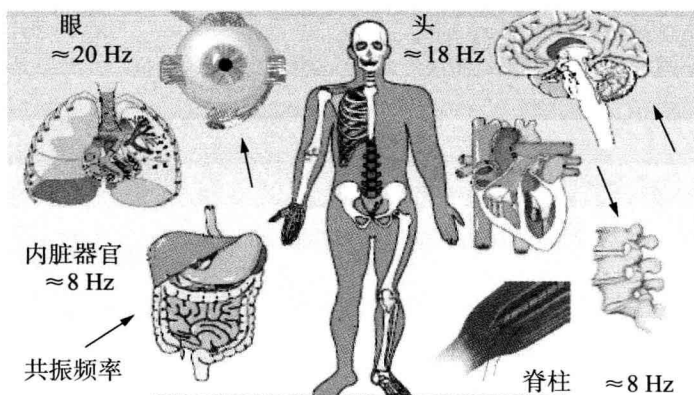


图1-3 人体不同组织的自振频率(Joachim Mester, 2000)

最初的振动练习探讨是基于高频率的研究($60\sim 300\text{ Hz}$, Rittweger, et al, 2001)。例如,一个以 150 Hz 的高频率振动效果的观察发现,2 min的振动刺激产生强直振动反射,但也减少了肌肉的肌电活性和最大自主收缩(Bongiovanni, et al, 1990);在一个成熟的猫的研究中,以 $100\sim 200\text{ Hz}$ 的高振动频率直接应用到后肢三头肌表面,没有显著性的激活反射性收缩和肌梭传入(McClosky, et al, 1972)。另一研究观察到,在低频率($<50\text{ Hz}$)的振动效果和伴随频率的累进增加的强直收缩在 $30\sim 60\text{ s}$ 时达到最大。然而,强直收缩在频率超过 50 Hz 时开始减少(Gail, et al, 1966)。研究人员观察到最大耗氧量的增加(sVO_2)和最高反射反应在 34 Hz 和 30 Hz ,超过或低于这一范围的反应将逐渐减少(Cardinale and Lim, 2003; Rittweger, et al, 2002a)。两个类似的研究比较了全身振动的不同频率。这些观察建议当希望或要求激活肌梭继而发生强直振动反射时

的低频率刺激是最理想的,全身振动练习频率被假定在低频率范围(18~50 Hz)是有效的。

大多数全身振动设备的设计是沿垂直方向的形式进行振荡。频率是振荡的重复次数。一些研究已经利用频率作为增加负荷或强度的方法,即在一个全身振动周期或整个训练周期中逐渐增加振动频率(Delecluse, et al, 2003; Roelants, et al, 2004a; Roelants, et al, 2004b; Torvinen, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002b; Torvinen, et al, 2003; Torvinen, et al, 2002c; Verschueren, et al, 2003)。其他的研究则使用恒定频率贯穿于全身振动训练,如 18 Hz(Rittweger, et al, 2002b)、26 Hz(Bosco, et al, 1998a; Bosco, et al, 1998b; Bosco, et al, 2000; Kerschman, et al, 2001; Rittweger, et al, 2000; Rittweger, et al, 2001; Rittweger, et al, 2003)和 30 Hz(Ruiter, et al, 2003)。虽然大部分专家认为 26 Hz 对全身振动练习是最理想的频率,但是编者认为该结论主要是基于单维振动的结果,而非组合振动的最佳频率,有必要探讨组合振动中的振动频率课题。

(二) 振幅

全身振动平台使用振动频率、振幅(vibration amplitude)来改变振动的等级,通常以毫米为单位来计算振幅(Rittweger, et al, 2001)。振幅定义为周期摆动最大与最小值之间差值的一半(图 1-4)。在大多数全身振动中使用的振幅小于 10 mm(Bosco, et al, 1998a; Bosco, et al, 1998b; Rittweger, et al, 2000; Torvinen, et al, 2002a; Cardinale and Lim, 2003)。以恒定频率但振幅不同的振动练习的比较研究结果显示,较大的 sVO_2 增加介于振幅 2.5~7.5 mm(Rittweger, et al, 2002a);也有研究采用的振幅为 6 mm(Rittweger, et al, 2002b; Rittweger, et al, 2001; Rittweger, et al, 2003);还有的研究中采用振幅为 1~8 mm(Bosco, et al, 2000; Kerschman, et al, 2001; Rittweger, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002b; Torvinen, et al, 2002c; Ruiter, et al, 2003; Delecluse, et al, 2003; Torvinen, et al, 2003; Verschueren, et al, 2004; Roelants, et al, 2004a; Roelants, et al, 2004b)。这些研究中在振幅上的差异,主要是基于振幅差异将产生不同的重力负荷的观念。目前的研究也表明,如果要提高振幅对肌肉力量和做功能力的作用,那么,振幅就必须达到足够的范围。由于缺乏有关不同振幅振动的直接研究,当前要限定直接振动方式或间接振动方式最佳的振幅是比较困难的。但是,本研究认为,振幅的设计应该受生理学“肌肉收缩最佳初长度”理论的限制,并非越大越好,应考虑到关节运动引起的肌肉拉长与收缩变化的初长度。

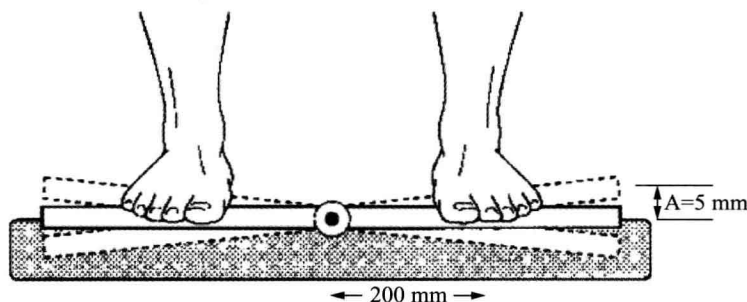


图 1-4 以中心轴为转轴的上下摆动平台及其振幅示意图

(三) 振动加速度

很多研究把加速度或重力负荷作为另一个影响振动的因素(Bosco, et al, 1998a; Bosco, et al, 1998b; Bosco, et al, 2000; Rittweger, et al, 2000; Rittweger, et al, 2001; Kerschman, et al, 2001; Torvinen, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002b; Delecluse, et al, 2003; Roelants, et al, 2004a; Roelants, et al, 2004b; Verschueren, et al, 2004)。重力负荷是由于地心引力而产生的加速度,重力负荷设置是独立的。振动加速度(vibration acceleration)可以通过振幅和频率来进行计算,伴随振幅和振动频率的变化而变化。振动台自身的设计性能不同,其加速度也不相同。由于各设备的可利用振幅范围和振动频率均属可调型,因此一台机器就可产生不同的加速度。在确定什么是最好的振动强度上进行更多的研究是非常必要的,这是因为加速度值的大小可以作为振动强度参数来考虑。

Massey Ferguson 使用一个与 PULSE 连接的三轴向坐垫式加速度计进行全身振动测试。但是,本研究认为:对于振动中的人体受力情况,不能简单地运用物理学公式对振动台的参数进行计算。由于振动过程中人体受到的加速度是变化的,尽管有文献在对其分析过程中运用 g_{rms} 和 g_{pp} 两个参数,即对加速度进行均方根加速度和峰值加速度求解,以表达振动过程中的加速度情况,但对人体各组织而言还存在一个加速度传递率问题。因此,讨论振动加速度问题仅限于振动台的输出值,而不是人体的真实值。

图 1-5 是 Rubin 等(2003)对 15~35 Hz 的振动在人体大腿和髌部传递效果的研究。结果表明:当受试者直立姿势接受 20 Hz 振动时,髌的传递率超过 100%;当频率超过 25 Hz 时髌和脊髓的传递率减少到 80%;无拘束站立时则下降到 60%;屈膝 20°时则只有 30%的传递率;在高于 70°时髌和脊髓处的传递率则出现相位滞后。该研究为探讨人体对振动加速度传递率提供了方法指导。如果不采用该方法固定,仅仅采用皮肤表面粘贴,测试结果是不可信的。笔者在进行本研究的过程中也曾采用加速度计尝试测试振动过程中人体不同部位的加速度值,证明了仅采用粘贴固定的方式所获得的结果是不可信的。由于加速度计本身存在一定的质量、振动中皮肤表面抖动较大等问题,导致在振动过程中加速度计自身产生了较大的摆动振幅,引起过大的加速度伪值出现。

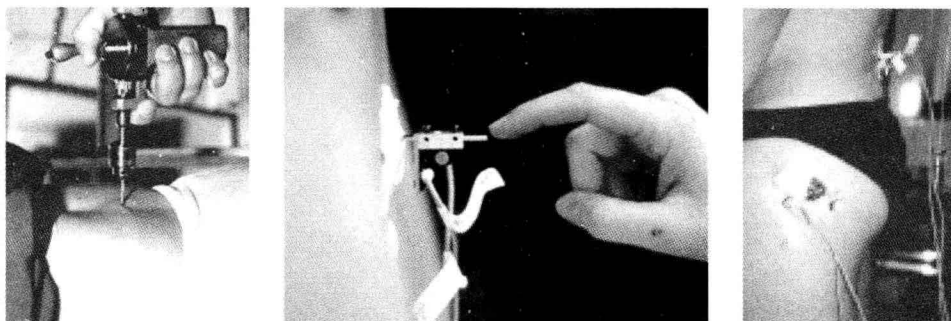


图 1-5 在人体不同部位安装加速度计的图片(Clinton Rubin, et al, 2003)

图 1-6 是一些研究者列举的在日常生活中不同活动时产生的振动参数值。图 1-7 描述了振动三因素间的物理学(数学)关系模式,但在实践中加速度的产生是复杂的,用简单的公式值是不准确的,因为它随时都在发生变化。

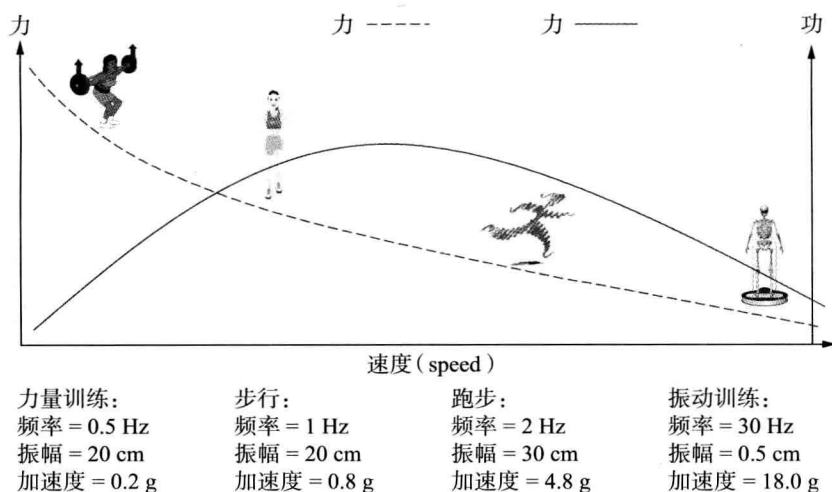


图 1-6 各种运动中的加速度值示意图(Martin Huizing, 2004)

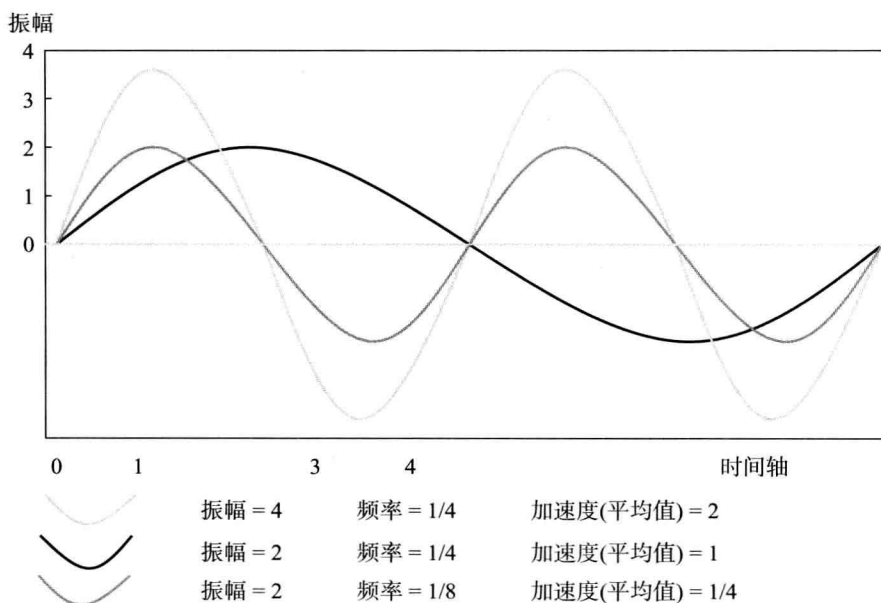


图 1-7 振幅、频率与加速度间的相互关系图

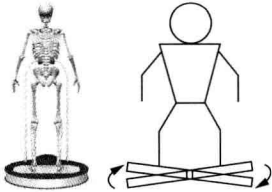
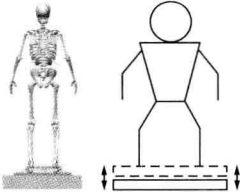
二、训练方案因素

振动训练方案主要指振动类型、振动周期、外加负荷、身体姿势控制等因素。

(一) 振动类型

振动类型(vibration type)是指采用的振动台的振动模式(表 1-1)。就全身振动模式而言,目前大多数文献中使用的是垂直振动或倾斜式垂直振动这两种模式。但随着技术的发展,目前已经开发出了具备多方向振动功能的多维振动台。由于不同振动台的设计对人体产生的振动刺激存在一定的差异,即使是同类垂直振动产品,其性能也可能存在一定差异。因此,应首先了解振动台的基本性能及其对人体各系统组织的作用和效果。

表 1-1 部分倾斜振动和垂直振动的性能参数比较

变量 (参数)			
平台运动方式	倾斜运动	垂直运动	多维振动
频率	5~30 Hz 连续	20、30、40、50、55 Hz	1~12 Hz
振幅	0~13 mm 连续	低档 2 mm, 高档 4 mm	3 mm
时间	10~180 s	10~180 s	5~180 s
身体姿势	站立、手臂撑、坐	站立、手臂撑、坐、躺	单、双脚站立

(二) 振动周期

振动周期(vibration cycle)主要指振动练习中涉及的时间概念参量,如接振时间、间歇时间、振动次数与组数、持续周期等都划入该范畴。接振时间有人称为振动的持续时间,是一个重要的振动成分,像频率一样在文献中出现相当频繁。这些参数共同构成了振动设计中的振动周期安排。

在测定振动训练的效果时,振动持续的时间也是一个必须考虑的因素,而且振动持续时间的的影响必须和神经肌肉性能测试的时间一起进行分析(Luo, et al, 2005)。许多研究观察了急性或短期的振动反应,总体振动处理由 3~10 min 的振动暴露组成(Bosco, et al, 1998b; Bosco, et al, 2000; Kerschman, et al, 2001; Rittweger, et al, 2001; Rittweger, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002a; Torvinen, et al, 2002c; Cardinale and Lim, 2003)。另外的一些研究观察了受试者在振动平台上站立或进行练习直到力竭时产生的全身振动效果(Rittweger, et al, 2000; Rittweger, et al, 2003)。还有许多研究将振动作为一种长期训练的方法。例如,有一项研究采用连续 10 d 的每天全身振动训练程序,并发现产生了积极的训练效果(Bosco, et al, 1998a)。也有的训练程序的持续范围为 3~8 个月,平均每周使用 2~5 次振动刺激,并且每个周期使用了多种振动暴露时间(Ruiter, et al, 2003; Delecluse, et al, 2003; Rittweger, et al, 2002b; Roelants, et al, 2004a; Roelants, et al, 2004b; Torvinen, et al, 2002b; Torvinen, et al, 2003; Verschueren, et al, 2004)。在许多振动练习应用的研究中,持续时间不尽相同,每组训练时间从 5 s 到 30 min 不等;并且训练的组数也大相径庭,从一组训练组成一个训练周期到几组训练构成一个训练周期等。这些训练安排可以表明,研究者的目的在于研究振动是否对疲劳产生影响。

(三) 额外负荷

在振动训练期间,研究者均采用等长练习或与动力性练习相结合,而这些练习的强度大多处于亚极限收缩到极限收缩之间。康复性练习设计多采用自身体重的等长练习,而探讨振动激活训练效果的多采用附加额外重量的方式完成,但仍以轻负荷为主。

(四) 身体姿势

振动训练中不同的身体姿势(body posture)导致神经肌肉系统对下肢的动作控制不同,

其振动刺激所产生的神经肌肉功能状态也不尽相同。例如,双脚与单脚、直立与半蹲、自身体重与附加负荷等等(图 1-8,图 1-9)。Roelants 等(2006)对不同屈膝角度振动练习中下肢的肌肉反应进行了研究,其结果表明,在 WBV 练习中股直肌能达到 12.6%~82.4% MVC_{EMG} 值。因此,不同练习中,身体姿势的控制不同,一定会影响练习效果。

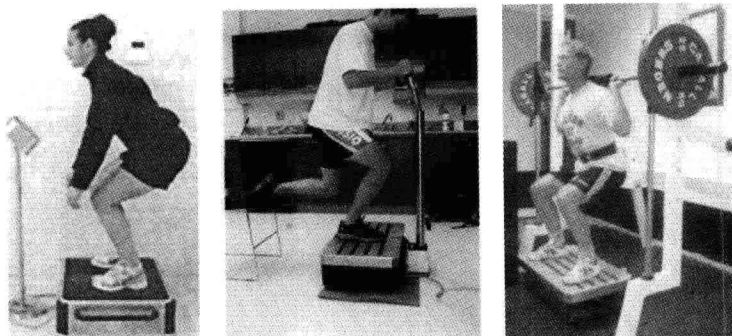


图 1-8 全身振动训练中几种常用的练习姿势

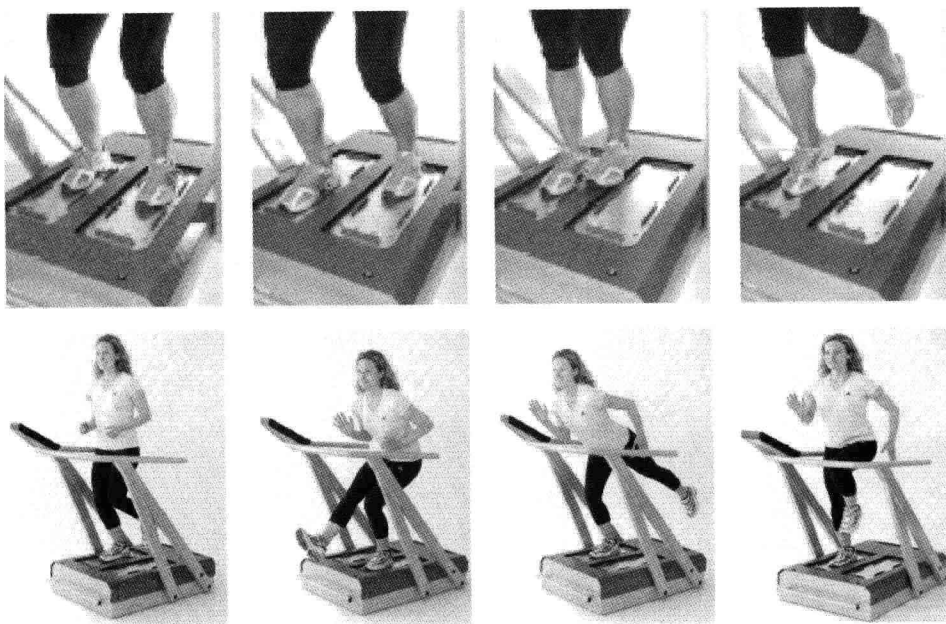


图 1-9 SRT 振动训练推荐的高水平练习者可选用的姿势

第三节 振动训练仪器的种类

一、振动的概念及分类

振动是一种运动,是表征运动特性的某个量时大时小的一种运动。我国很早就开始研究了振动规律。早在公元 132 年,东汉的张衡就设计制造了地动仪。据《后汉书张衡列传》记载,地动仪可以测定什么方向发生地震。

振动广泛地存在于各种物质的运动中。各种物质的振动现象是不同的,但是具有基本的振动规律。按照振动规律的性质和振动的波形,振动可以分为确定性振动(规则振动)和不确定性振动(不规则振动)两大类。

(1) 确定性振动:是指某个量的瞬时值可以用确定的数学表达式来描述的一种振动。振动的波形具有确定的形状。确定性振动中最典型的代表例子是简谐振动。简谐振动可以用一个正弦或余弦函数来描述。

(2) 不确定性振动:又称随机振动,是指某个量的瞬时值不能用确定的数字表达式来描述的一种振动。不确定性振动的波形没有确定的形状。对于随机振动只能用概率统计的方法来研究它的规律性。

二、振动训练的概念与分类

振动训练是一种利用机械振动引起肌肉振荡的训练方法,是最初的肌腱振动产生强直振动反射(tonic vibration reflex, TVR)的修正形式。TVR是来自肌腱和肌肉非常有限的局部刺激的反射收缩结果(Bongiovanni, et al, 1990)。1987年,俄罗斯的体操教练员 Nasarov 与科学家 Spivak 首次将振动式的刺激和阻力训练结合应用到体操运动员(图 1-10),结果发现可明显增加肌力和关节活动范围;后来将这种训练方式称为振动训练或振动练习。依据实施方法的不同,将其划分为直接刺激法和间接刺激法。

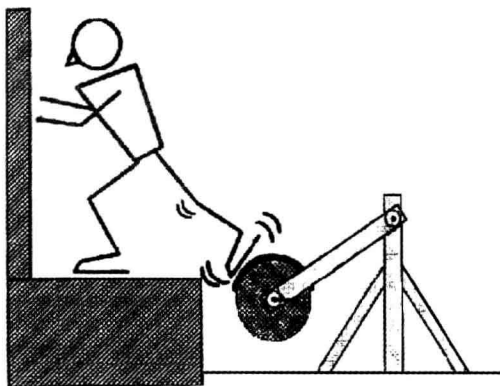


图 1-10 Nasarov 使用的专门振动装置($f=23\text{ Hz}$)

(1) 直接刺激法:在实施时,将振动器直接放置在肌腹或肌腱的位置上,而振动器的固定方式则是透过手握或橡皮带的固定(图 1-11)。早在 20 世纪 60 年代,便有学者利用一种小型圆桶状的振动器放置于肌腹或肌腱上以诱发身体的张力性振动反射。该类直接振动刺激的设备一般振动频率都较高,有 60 Hz、80 Hz、120 Hz、200 Hz 等,但振幅设计都非常小,一般不超过 3 mm,甚至有的使用 0.3 mm。

(2) 间接刺激法:将振动器放置在欲训练肌群的远程,振动刺激经由身体的传递而到达拟训练的肌群上。例如,站在一个上下振动的平台上做半蹲动作,引起股四头肌的性能改变,这种全身式的振动训练对股四头肌来说就是一种间接训练。这种可训练下肢的全身振动训练是借助于一种放置于地面上可供双脚或单脚站立的训练器,通过专门激振器的振动,使振动台产生的冲击性刺激波经传递到达拟训练肌群上,从而提高主动肌的激活程度并增



图 1-11 用于直接振动刺激股二头肌的小型振动器和手握式振动器(Galileo 100™)

加了高阈值运动单位,引起参与运动单位以高强度激活,产生最大的张力,达到训练效果。运动员的下肢直接接受振动刺激,比较符合大多数运动项目的动作技术特点和发力要求,如走、跑、跳等都主要来源于下肢肌肉的收缩发力。

目前的各种振动训练器多属此类。例如,Nemes Bosco system(意大利)、Power Plate(美国)、Galileo-900/2000(德国)、SRT-ZEPTORING(德国)等等(图 1-12)。在国内,台湾陈全寿与相子元在 1997 年时,曾利用类似的概念共同研发出一套可进行上下单维振动的“陈氏被动反复冲击式肌力增强器”。还有类似产品,用于物理治疗的螺旋状旋转的振动机,如银貂系列。上海体育学院危小焰(2000)也自行研制开发了一款垂直方向、频率和振幅相对固定的振动训练台。目前,国内市场上出现的类似的仿制品也很多,如亦福康、舒瑞特甩脂机等(利用了振动仪器的功能之一,抓住消费者的心理用于宣传减肥、健身等功能而称呼的)。笔者预言,未来持续研究发展的各种专门性振动训练器材将会不断涌现。

但是,这些产品中,目前只有德国的 SRT-ZEPTORING 产品可以实现上下、左右、前后的多方向组合随机振动(多维振动),其他产品均为或垂直上下或以中间轴为转轴的上下摆动式的单维振动(规则正弦波振动)产品。

在此特别介绍一下 SRT-ZEPTORING-Sports 多维组合振动平台的一些独特性能,为更清楚地了解其性能提供参考。

ZEPTOR 震荡训练仪是法兰克福 Johann Wolfgang Goethe 大学的一个体育科学研究所为了解决提高高水平运动员的运动成绩而研制开发的。研究人员发现,在运动过程中,人体不必要的摆动是影响运动员成绩的一个很重要的因素。如何减少人体的自身摆动?为了解决这个问题,他们研制了 ZEPTOR 震荡训练仪,该设备使运动员经过训练后可以保持自己在运动过程中的相对稳定,从而提高运动成绩。ZEPTOR 震荡训练仪采用可调的震动频率,有选择地对人体大小肌群进行刺激,通过震荡训练,使运动员有更高的保持平衡的能力,对提高运动成绩有非常大的作用。

(1) 频率范围: 频率范围在 1.0~12.0 Hz,这个振动频率范围是在人体直立,肌肉处于最大紧张状态的振动方式下得出的,其他设备的振动频率在 25~70 Hz 范围内,明显超出这个范围,这可能会导致损伤的发生。

(2) 不是正弦波: ZEPTOR 能产生混合波并使机体迅速产生的刺激发生相互作用,这是 ZEPTOR 仪器的特征,所有其他品牌的设备或仪器都是以产生正弦波为基础。

(3) 三维的运动: 除了水平和垂直方向的运动,还可以在与身体一侧略微倾斜的一面运