

·竞赛与训练·

功能性训练与人体功能链的若干训练学问题研究述评

姜宏斌

(安阳工学院 体育教学部, 河南 安阳 455000)

摘要: 分析了对功能性训练的不同理解, 并尝试提出运动训练实践中的人体功能链及其弱链问题, 阐明了现代运动训练创新的生物学理论渊源。人体链结构是机体结构功能作用外部体现的物质基础, 其中功能链是对神经链、肌肉链、内分泌链、关节链与能量链等具体形态链状结构的直观、宏观、形象的描述, 功能性弱链是链结构内部单元环节的相对弱化, 导致机体功能失衡及运动损伤, 应当引起运动医学与运动训练专家、教练员的重视。

关键词: 竞赛与训练; 功能性训练; 功能链; 弱链; 述评

中图分类号: G808 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2013)06-0098-06

A review of researches on several training science issues about functional training and human body function chains

JIANG Hong-bin

(Department of Physical Education, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China)

Abstract: The author analyzed different understandings of functional training, and tried to put forward the issue about human body function chains and their weak chains in the practice of sports training, expatiated on the biological theory origin of modern sports training innovation. The human body's chain structures are the material foundation for the external expression of the body's structural functions, in which function chains are the intuitive, macroscopic, vivid descriptions about shape specific chain structures such as nerve chain, muscle chain, internal secretion chain, joint chain and energy chain etc; the relative weakening of unit links inside the chain structures of functional weak chains will cause body function unbalance and sports injury, should be noticed by sports medicine and sports training experts and coaches.

Key words: competition and training; functional training; function chain; weak chain; review

目前发展人体机能能力的训练方法与手段, 仅限于考虑与该能力高度相关的局部机能系统, 淡化人体机能系统的复杂性、多维性、动态性、链式效应及整体性, 易导致其结构性和功能性失调。长期的排它式训练观念虽提高了运动员的运动成绩和竞技能力, 但机体内部运动弱链固化程度的加剧及其功能链系统失衡时常相伴, 循环往复导致功能系统的平衡与稳态重建陷入被动, 引发运动训练平台、运动损伤乃至运动生命终结。为此, 本研究通过对功能性训练认识的不同观点的梳理与系统地剖析人体的链结构和功能, 以期匡正运动训练实践中的认识论问题。

1 功能性训练的内涵与特征

对人体运动的生物机制研究日益深入, 使得人们对人体运动本质特征的认识逐渐由局部的、单一的、散点式的转变为整体的、系统的、立体式的。因此, 传统训练方法与手段的功能孤立、机械、简单重复等特征引起反思, 机体系统内在的链式作用特征驱使运动训练实践自觉地向功能性转变, 开始注重人体功能的整体性、训练行为的多维性、训练目标下手段的复合性。

1.1 对功能性训练的解读

功能性训练由来已久, 最早可见之于康复医学领域, 近些年盛行于竞技运动与健康体适能理论研究和实践中。功能性训练的“功能”应该作效能或者功效

收稿日期: 2012-12-07

作者简介: 姜宏斌(1976-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向: 体育教育训练学。

理解。机体器官、组织、系统在结构与功能上的障碍、缺失、恢复表现出明显的交互性,功能性的增强与代偿是结构重建或机构协同的结果。从运动训练的视域进行考量,本研究认为把功能或者功能性作为训练的界定词无本质区别,功能性训练更能体现竞技运动训练的认知习惯。功能性训练是以发展机体器官、组织、系统综合效能为目的的各种练习手段与方法的总称。

1)功能性训练即专项化的练习手段。

该观点认为功能性训练就是利用专项化练习发展专项竞技能力,专项本身是最有效的练习,其它一切都是多余。Gambetta^[1]认为功能性训练是为了专门目的进行的训练,越是较少功能性的运动越是孤立的、重复的,功能性训练的目的在于应用各种方法或者手段将训练需要引向竞赛需要。不无道理,运动训练的最终目的就是发展专项竞技能力,取得优异的运动成绩,一切的训练手段与方法都要服务于此目标。但是,任何经过精心设计的练习都会对专项竞技能力的发展有效果,只是作用的大小不同而已。专项化训练手段的效果固然好,但专项化训练手段也并不是在任何条件下(如训练阶段、竞技状态、运动员特点等)都适合采用,一味地排斥其他非专项化训练手段对竞技能力的全面发展也是不利的。因此,如果仅以专项化与否则来区分某一练习是否是功能性训练未免有失偏颇。

2)功能性训练是多维的练习方式。

该观点认为功能性训练是利用多样的练习手段发展运动员的竞技能力。美国运动医学学会的教育团队(NASM Education Team)认为,功能就是要求在三维运动方向进行加速、减速、稳定的复合与多维运动,功能性训练是高效地改善个体在3个维度方向上运动能力的练习^[2]。Boyle^[3]认为功能是目的,功能性训练是有目的的训练行为。它是运动员和教练员认定的某种运动项目的专门化训练活动,是普适性运动形式的训练(sports-general training)。他还认为力量房的器械训练很难被认为是功能性训练。三维功能科学认为人体功能是一个复杂的、个体的和任务导向的功能系统,同时也是一个肌肉骨骼、神经系统、心血管系统等功能的综合^[4]。人体功能是被三维整合的运动链,受神经肌肉骨骼系统的控制。其主张功能性训练的策略是利用增加运动(幅度、力量、速度等)、控制性运动来提高人体功能。功能性训练手段的副作用表现在若太多单独使用会限制专项能力提高,要与传统的训练统筹兼顾。

3)功能性训练就是对神经肌肉系统的训练。

学者谈到功能性训练时常强调神经肌肉系统的训练,为功能性力量、平衡能力和协调能力训练等实践提供理论支撑。该观点利于提高机体动力系统的效能

和肌肉链内外协调,对运动技能的学习作用显著。Beckham与Harper^[5]指出功能性训练是专门为提高日常生活能力、娱乐活动、竞技能力而设计的练习。其目的主要针对神经肌肉系统。神经肌肉系统的训练对动力系统内的拮抗、协同、辅助等功能发挥作用明显,对肌肉力量表现、机体平衡能力改善、协调能力提高等有积极意义。Tricoli等^[6]的研究显示,抗阻练习结合举重练习的效果显著的主要原因可能是举重练习需要掌握复杂的举重技术动作,关键是这些技术动作的学习有利于神经肌肉系统的功能性发展和更广泛的机体运动能力提高。这种观点在操作时应注意不同项目间的神经肌肉功能特征具有差异性,像瑞士球练习、平衡板练习、悬吊练习等都要顾及专项的神经肌肉特征。此外,功能性训练不仅要考虑神经肌肉系统的功能性辅助,有些运动项目还需考虑能量代谢系统功能的提高。

当前功能性训练同其它训练观念一样成为一种理论时尚和实践新宠,客观地认识功能性训练的的内涵才能科学指导实践。当前功能性训练的研究主要集中在从事竞技运动的人及老年人群,针对普通人群的功能性研究较少,有待深入研究^[5]。Siff^[7]认为功能性并不是由输入(如专项化的练习手段)所决定,而是由输出(整个练习方案的执行结果即成绩的提高)决定,核心问题是设计的练习要产生功能性的目的和功能性的结果。因此,功能性练习的选择办法是不用把如何专项化或者非专项化的练习界定为功能性的,而是那些在项目、任务及条件下能够提高功能性能力的练习。目前国内学者和教练员对功能性训练的认识不够全面深入,需结合我国训练实践进一步加强理论研究。

1.2 功能性训练的主要特征

功能性训练的目标是追求训练对人体机能发展的整体性与全面性,前提是方法手段的功能性。不仅练习的负荷影响功能性训练方法和手段的功能性效果,而练习动作的方向特征、轨迹特征、时间特征等因素也决定训练的效能。归根结底,功能性训练的主要特征还是由训练手段和方法来表征。

功能性训练的本质要求练习动作具有复合性、多维性、变化性、个体性等特点,其中功能性训练方法和手段的主要特征体现如下:一是多维性。功能性训练的练习动作要考虑人体解剖学和生理机能的三维特征,表现为动作方向上的矢状、额状、垂直相结合;部位的表层肌肉、中间肌肉、深层肌肉共同参与;形态上的大肌群和小肌群协同作用;不同功能作用的主动肌、对抗肌、协同肌有序用力。尽管人体运动表现为某一方向上的运动,一般都有不同维度的骨骼肌肉

完成支撑、协同、平衡等功能作用。因此,功能性训练要发展机体部位的整体功能,必须注意练习手段的多维性,使不同维度的功能单位得到充分的负荷刺激,从而参与运动的结构单元产生同步化的适应。例如在提高核心部位腹部肌肉力量时,不仅要发展矢状方向的腹直肌,还要注意提高其他方向的腹横肌、腹斜肌以及髂腰肌等。功能性训练的多维性本质实际上是训练手段和方法效能的整体性体现,多维的动作方向、动作节奏、实现条件等产生多样化的负荷刺激,以至于机体综合性功能的全面提高。二是链式效应,肌肉骨骼系统作为人体运动的动力源,是完成身体运动的发动机。由于任何体育运动项目都不会是单关节的运动,无论是静止性动作还是动态性动作,都需要多个环节的联动,特别是静止性的动作需要更多的神经肌肉和骨骼系统参与。依据专项运动的动力学特征设计功能性训练的练习动作时,要考虑主动肌、对抗肌、协同肌的链式作用效果,保证机体运动中不同环节肌群的有序用力,实现项目技术动作的完美性和力学表现的优化。这种链式效应不仅仅发生在机体运动的动力系统,而且在神经反射系统、内分泌系统、能力代谢系统等都很普遍,这也是传统的训练手段和方法向功能性训练转变时必须考虑的。三是动态性。大多数体育运动的特点是以机体系统高强度负荷的工作效率为前提,而且以机体内外时空的变化特征区别于其他的人类活动形式。功能性训练的方法和手段多以动态肢体运动为主,无论是全身性还是局部的,因此,需要对人体运动的时空要素进行控制,实现功能性训练的目的。功能性训练是在主动的自我控制下完成的练习,如通过增加或减少动作的速度、幅度、维度来实现运动的难度效应,增大负荷刺激的针对性、全面性、实效性。

2 人体的多维链结构与运动能力特征

新学科新理论的层出不穷和交叉边缘学科备受瞩目,导致运动人体科学领域对机体复杂系统的解构和整合研究与时俱进,尤其针对人体结构与功能链的科学认知逐渐全面及深入。欧美国家运动人体科学研究开展较早、持续时间长且注重实效和实证,其人体链结构理论系统性强,为竞技体育训练理论的丰富和训练手段方法的创新提供了科学依据,如悬吊训练、核心力量训练、振动训练、开闭链运动康复训练等功能性训练方法在实践中得到了广泛的推广和应用。鉴于人体结构与功能作用的科学认知是运动训练学理论创新的关键因素之一,以功能性训练理论引发的训练手段和方法为尝试的契机,多视角探析功能性训练的本质、运行机制及功能结构特征,是今后该领域研究的

热点和难点。

2.1 人体功能链的本质

人体运动的“环节”定义指向具有泛化性和特定性,如单一的骨环节;相对于某一关节运动的整体肢体和节段骨;具备相对运动功能和作用的人体某段肢体、节段和绕关节转动的骨^[8]。20世纪40年代Kabat首次提出人体肌肉链的观点,其初衷是为本体感觉神经肌肉促进术(proprioceptive neuromuscular facilitation即PNF)治疗脊髓灰质炎病提供理论依据^[9]。在实践中依赖神经与肌肉系统的特定功能将功能较弱的肌肉与对应相邻的肌肉链联结,强化视、听、触等多种感官专门训练负荷刺激用于靶肌肉链,激发弱肌肉群神经冲动及肌肉收缩同步与肌肉链的运动形式与时相,进而恢复、强化、重构弱肌肉群的功能作用。当前PNF正逐渐发展成为一种常规运动康复治疗手段。在Kabats的研究基础之上,比利时物理治疗师Struyff-Denys首次提出“肌肉链”的概念以及具有跨时代意义的肌肉链模型^[9]。在分析比较运动康复医学上结构与功能学派的理论观点的基础上,捷克神经生理学家Vladimir Janda提出“chain reaction”概念(即链反应),以及由关节链、神经链与肌肉链3个链结构通过功能依存互补共同构成链反应的观点主张^[10]。我国熊绮华^[11]依据机构学相关理论原理提出:“人体是与机构体系结构及功能相似的生物运动链,运动链的环节即构件是人体所有可活动的关节的节段,每一对相邻联结环节的关节定义为‘运动副’。理论研究中若干刚体用铰链相互联结起来的‘运动链’替代由非刚硬环节依赖关节链联结而成的人体更为直观形象。”综上所述,人体内在的链结构是客观存在的,其中人体功能链的结构和功能存在多元异构现象,引发学术研究术语的多样性。

作为竞技体育领域学术研究出现频率较高的“动力链”概念,以往研究多集中在对动力链骨骼肌肉的动力学功能描述上,难以全面系统囊括运动条件下的人体链结构的内涵与扩展。依据系统论原理“系统的结构决定系统的功能,不存在没有功能的结构,也不存在没有结构的功能”,功能链也是人体结构和功能长期进化及组合的体系。当前对人体各种链结构的定义和术语称谓呈现多元化,从训练学生理学视域即人体链结构的现象和本质出发,结合相关语义解释,本研究将其称为“功能链”即“为满足人体运动实践需要,提高运动外部表现,由相互关联作用的功能与结构单元组成的机体系统”。功能链是由相关大量子系统构成的复杂超微系统,涵盖肌肉链、内分泌链、骨骼关节链、能量链和神经链等子系统,功能结构相互间无法替代及协同发挥作用。理论上常出现的错误认识体现

在将功能链与其子链概念定位于种属逻辑关系上,其本质特征表现为整体与局部、抽象与直观、共性与特殊的范畴(见表1)。

表1 功能链系统的构成与功能

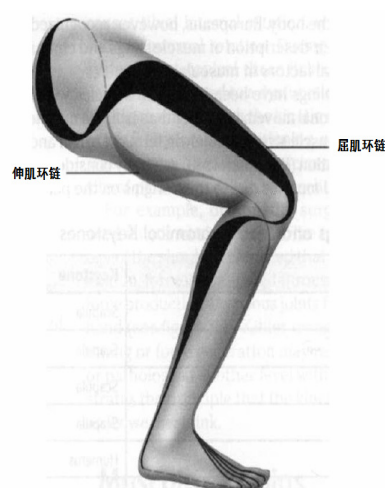
运动链	次级结构	功能
动力链	关节链	维持身体姿态
	肌肉链	肌力产生与传递
神经链	神经肌肉链	运动协调
	植物性神经链	内脏器官运作与机能协调
	运动性神经链	运动器官运作与机能协调
内分泌链	肾上腺链(轴)	内分泌功能实现
	甲状腺链(轴)	内分泌系统协调
	性腺链(轴)	机体应激与适应调节
能量链	磷酸原供能链	高效供能
	糖酵解供能链	高效供能
	有氧化供能链	持续供能与能源物质储备

2.2 人体功能链的结构与功能

1) 动力链。



A 围绕脊柱的肌肉环链



B 下股的屈伸肌环链

图1 人体局部的肌肉链图解^[11]

关节链由相关骨连接有机构成,作用表现为利用神经肌肉系统支配关节的机制持续调控机体姿势和动力。骨盆、脊柱与肩胛骨等共同构成关节链的基础性骨连接,生理结构特征是联结人体的关键骨连接与多肌肉群的共同附着点。在符合运动项目特征及生物力学、生理学和解剖学条件下的人体关节构件,能够疏通躯体和四肢力量的传递,为肌肉发力提供稳定持久的力学支点。传统抗阻式力量训练中的高翻、举重拉铃和挺举是提高及激发人体动力链功能的常用训练方法,尤其针对提高人体动力链系统的做功效率作用显著。Palmitier 等^[12]研究发现:髌、膝与踝等关节构成的下肢的动力链通过协调运动,可以极大地支持肌肉同步收缩形式与外力负荷作用人体的力矩轴向相同,它是动力链训练运动负荷与效应较好的生理和解

剖学基础。动力链是人体重要的动力系统,是训练实践活动中发挥核心作用的类链结构,其由肌肉链和关节链构成,对运动项目的技术动作顺利完成、负荷安排、运动效果及训练质量起着重要支持作用。肌肉链是人体运动的发动机,其由肌肉群和肌肉单位构成。Phil Page 等^[10]认为肌肉链由筋膜链、肌肉环带及协同肌构成,其间通过相互作用于神经系统和骨骼。对抗肌、主动肌、单关节肌、协同肌、多关节肌等相关功能肌肉单元共同构成肌肉链。构成肌肉链的肌肉形态,在神经系统的作用下,协同小到肌肉超微结构大到相关肌群的肌丝,共同完成运动项目的单个及复合动作。作为肌肉链存在形式之一的肌肉环带,分散于机体不同部位,通常呈现链状对称分布(见图1)。肌肉链内部功能的提高对肌肉高效率做功、肌肉内外系统协同作用显著,促使机体发挥最大潜力。

剖学基础。

2) 神经链。

人体神经活动基本方式是反射,其生理基础是反射弧-反射的链式结构,包括传入传出神经纤维、运动效应器、神经中枢与感应器,在人体运动中通过神经系统协同相关组织、器官、系统共同完成训练任务及运动动作。Komi^[13]根据接纳反馈信息的类型,将感受器分为本体感受器与内外感受器,内感受器强调精确表述要处理的信息量;外感受器侧重传递来自体外的视听触觉等信息;本体感受器偏向于感觉肢体的运动时空特征信息。当前,本体感受器可训练性的理论与实践得到了业内专家实证研究的验证及认同,其在提高人体的本体感受器能力以及改善肌肉组织收缩能力等方面大显身手,牵伸训练的迅速拓展与应用是该原理理论与实践紧密

结合的经典及典范。竞技体育领域的本体感觉训练,针对不同运动水平及竞技能力的运动员都能不同程度地提高其平衡稳定性、专项力量水平与运动姿势调控等体能能力。鉴于此,在训练实践过程中大力开展神经链的适应性训练是可行的且效果显著的。

3) 内分泌链。

2002年版的全国体育院校《运动生理学》通用教材适时地提出了“内分泌功能轴”概念,内分泌以“一条线”的形式发挥其功能调节作用,称之为“内分泌功能轴”,有别于以往内分泌腺孤立单独的作用机理^[14]。功能轴与内分泌功能轴内部间的作用形式是互补且表现为相互拮抗与协调的特征。其轴内外结构与功能的生理特征相似或接近于前述链式效应本质的描述,不存在概念内涵与功能本质歧义,仅是语义措辞的不同,是国内运动生理学专家对人体链结构特征、概念、结构及功能的客观概括。功能与结构链是实验研究揭示的客观存在,是人体机能系统良性高效运行的物质基础,对其原理的科学认知和合理推广应用,将为运动训练实践过程中体能监控和疲劳恢复增添新的手段和工具。

4) 能量链。

机体运动的能量供应由糖酵解、磷酸原与有氧氧化供能系统构成。研究发现3个供能系统的运行基础是有氧氧化反应,三者之间在整体上以链式作用机理保证其功能的连续性,在此基础上3个能量供能系统才能各自独立发挥其作用方式与特征。本研究以能源物质的还原与氧化为线索的“呼吸链”作为探究分析的着眼点,呼吸链的生理过程及作用是线粒体内膜通过存在其上的多种主与辅酶构成的电子传递链,该过程伴随大量能量的释放和转移,同时激发还原当量中生成的氢传递到氧生成水^[15]。氧是无氧(乳酸供能)与有氧氧化供能的必要条件,如从事大强度长时间的无氧供能运动,ATP的再合成以及乳酸的产生消除都部分需要氧化反应的参与协同。研究发现:若呼吸链在传递电子过程中受阻及不畅通,引发部分电子由呼吸链的底物端渗漏,进而导致电子漏的形成,其渗漏的电子堆积逐渐引发体内线粒体氧自由基增多,积累到一定程度达到临界阈值就会导致细胞凋亡,组织功能受损^[16-17]。从竞技体育训练领域审视,能量链的理论研究与实践应用不仅有效地提高机体运动工作效率,同时将为运动性疲劳的减轻与恢复提供新的手段及方法,也为运动补剂的研发提供新的理论思路和启发。

3 功能性弱链与科学训练

3.1 弱链内涵的辨析

2010年吕中凡^[18]研究发现:从运动生物力学的视

域审视,人体运动是由构成运动链的一个个关节相互作用及传递引发的,其中结构与功能相对薄弱运动链环节及链在生物力学上称之为“弱链”。学术界对生物力学上弱链基本特征的认知是朴素和直观的。从功能链的角度分析,弱链本质上是人体功能链系统范畴内功能相对弱化的结构及功能单元,部分功能的弱化原因是多方面的,推断可能是与其相邻及相对结构功能过度发展(强化),或其结构没有得到相对应的发展及不充分发展(强化)造成的。在竞技体育训练领域中,导致弱链结构缺失和功能减弱的主客观因素是多元化与灰色。鉴于此,科学化运动训练的核心理念来源于对生物力学弱链的客观认识,实践中应该强化其功能与完善其结构。

3.2 功能性弱链的消极表现及副作用

1) 机体功能障碍。

弱链的本质特征是功能弱化和结构异化,是人体功能障碍机制的主要影响因素。例如,运动训练时上肢持续固定前屈,其必然导致髋关节长时间处于屈曲姿态,使其臀部、背部及腿部后侧等肌肉群都呈现长时间牵张反射,于此同时髋关节部位肌肉、腹部肌肉及臀部前肌肉都会相应呈现某种程度的紧张状态,颈部前后肌肉呈现相反方向的收缩状态,引发颈部、腰部、背部等肌肉群的疼痛,其疼痛的原因常常是机体局部生理结构缺失或功能作用失衡所致,以上是髋关节在特定运动姿势控制过程中附带的机体非常态表现,科学合理的运动训练试图通过放松持续紧张的肌肉群或改善弱部位肌肉群的功能性训练来重组稳定平衡的、动静结合的、整体性系统性的功能弱链系统。

2) 作功效率下降。

机体的神经控制系统、关节与肌肉组织、能量功能体系及内分泌激素的释放与调节等是相互依存,功能互补的,任何弱链副作用的引发都不是孤立局部的,其产生的累积及放大效应对相关组织结构和功能的影响是难以预测的。陈小平^[19]研究发现:人体运动大多是多关节多维度多肌群(肌肉)协同作用及参与的全身运动,运动过程中针对不同关节与肌肉的运动如何全面协调和控制起功能作用,形成具有运动专项特征的动力学与运动学规律的肌肉“运动链”系统,为机体核心力量的产生、传递与控制营造理想状态条件,现代训练理论与训练实践过程中不可避免必须面对的棘手问题。当前竞技体育领域专家学者及项目教练员对核心力量与核心稳定性训练的作用认知度增强,部分归结于传统训练观念对人体运动链的结构和功能认识不清或不足,导致对机体上下肢运动起承上启下作用的腰部部位逐步形成肌肉链和关节链的弱链环节,制

约其稳定机体重心、控制身体姿态与运动技术稳定支持功能作用的发挥,部分切断了上下肢力量在机体核心区域力量的的高效传递与控制,继而引发运动伤病与运动技术提高停滞不前,使运动训练工作半途而废或事半功半。鉴于此,针对运动训练成长期即运动技术相对成熟稳定与力量基础牢固的优秀高水平运动员,运动成绩及竞技能力出现“训练平台”即发挥不出其体能现有基础之上所应该具备的竞技水平,科学合理地运用弱链化功能性训练方法是一种高效的训练途径。

3)导致运动伤害。

结构与功能完整的动力链在保证肌肉间合理传递肌肉能量的同时,不同程度地协调相关组织、韧带或肌群的同步、高效、秩序与协同用力。机体某部位运动链环节功能下降,会引发相邻相关组织结构与功能下降,最终导致运动损伤^[20]。Newton等^[21]研究发现,下肢力量的非平衡发展不仅会产生运动损伤及慢性疲劳,而且制约强侧有力的腿(即优势腿)正常发挥其潜在功能的作用。另外,肌肉链内部肌腱与肌肉组织在血管分布、组织特点、神经控制等方面有着质的差别,相对于肌肉组织,肌腱可以承担大强度牵拉负荷、具备弹性势能低、神经末梢突触与毛细血管少的特点,并且对负荷刺激的疲劳敏感性较差。腱-骨接点与肌-腱接点是弱链结构的基本生理功能单元,长期大负荷不科学的超量训练导致受牵拉部位组织结构的形变、炎症、纤维化及钙化等运动急慢性运动损伤的发生,严重或急性甚至引发肌肉链断裂,如跟腱断裂及撕裂。内分泌链、神经链与呼吸链等功能链应该遵循均衡适度的训练与恢复模式。

当前改善运动弱链的理论和实证研究尚待深入,其针对不同专项及部位功能性弱链消极作用的具体操作和解决方法毛麟角。鉴于此,本研究仅针对运动医学与运动训练学领域中的“功能链”与“弱链”的概念、功能及作用进行相关阐述,加之功能链理论处于完善成长期以及本人基础理论储备等的掣肘,分析浅显粗略,但愿能对该领域后续研究有所帮助。

参考文献:

- [1] Vern Gamba. Athletic development:the art & science of functional sports conditioning[M]. luinois: Human Kinetics, 2007.
- [2] NASM Education Team. Webinar: functional training 101[EB/OL]. <http://www.nasm.org>.
- [3] Michael Boyle. Functional training for sports[M]. luinois: Human Kinetics, 2003.
- [4] 3D Functional Science[EB/OL]. <http://www.3dfunctionalscience.com>.
- [5] Susan G B, Michael Harper. Functional training: fad or here to stay?[J]. Acsm's Health & Fitness Journal, 2010, 14(6): 24-30.
- [6] Tricoli V L Lamas, Carnevale R. Short-term effects on lower-body functional power development: Wt'ightlifting VS. Verticaljump training programs[J]. Strength Cond Res, 2005, 19(2): 433-437.
- [7] Mel C S. Functional training revisited[J]. Strength & Conditioning Journal, 2002, 24(5): 42-46.
- [8] 全国体育院校教材委员会. 运动解剖学[M]. 北京:人民体育出版社, 2000: 45-46.
- [9] Phlipp Richter, Eric Hebggen. Trigger points and muscle chains in osteopathy[M]. New York: Thieme Stuttgart, 2008.
- [10] Phil Page, Clare Frank, Robert Lardner. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach[M]. Hanover: Sheridan Books, 2010: 1-42.
- [11] 熊绮华. 机构学在人体运动研究中的应用[J]. 陕西机械学院学报, 1990, 6(2): 82-86.
- [12] Palmitier R A, An K N, Scott S G, et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation[J]. Sports Medicine, 1991, 11(6): 402-413.
- [13] Komi P V. Strength and power in sport (second edition)[M]. London: Blackwell Science Ltd, 2003: 332.
- [14] 全国体育院校教材委员会. 运动生理学[M]. 北京:人民体育出版社, 2002: 203.
- [15] 百度百科. 呼吸链[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/207593>.
- [16] 赵云罡, 徐建兴. 线粒体, 活性氧和细胞凋亡[J]. 生物化学与生物物理进展, 2001, 28(2): 167-171.
- [17] 徐建兴. 呼吸链电子漏在细胞凋亡中的作用[J]. 生物化学与生物物理进展, 2003, 30(4): 655-657.
- [18] 吕中凡. 运动“弱链接”及其训练学应对路径分析[J]. 南京体育学院学报: 社会科学版, 2010, 24(3): 112-115.
- [19] 陈小平. 竞技运动训练实践发展的理论思考[M]. 北京:北京体育大学出版社, 2008: 128-129.
- [20] 大卫·萨罗, 斯科特·瑞沃德. 游泳专项体能训练[M]. 闫琪等, 译. 北京:北京体育大学出版社, 2010: 6.
- [21] Newton R U A, Gerber S, Nimphius J K. et al. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities[J]. Strength Cond Res, 2006, 20(4): 971-977.