



动作与能量代谢视角下的体能

黎涌明

摘要: 体能是一个被广泛使用而尚存争议的概念,动作与能量代谢为认识体能、开展体能训练和测试提供了一个新的视角。在定义上,体能可以进行狭义和广义的区分,二者对应的人群为运动员和所有人,对应的英文概念分别为 strength and conditioning 和 (physical) fitness。体能可以定义为以动作为载体,注重动作的灵活性、稳定性和功能化,在神经系统的支配下和三大供能系统的能量供给下的人体对外做功的能力。体能训练的目的在于提升以动作为载体的能量供应能力,或能量供应下的动作表现能力。动作和能量代谢同样有助于制定和遴选符合项目需求的体能测试。

关键词: 体能;动作;能量代谢;训练;测试

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)05-0001-06

DOI:10.12064/ssr.2022072401

Physical Fitness in the Perspectives of Movement and Energy Metabolism

LI Yongming

(School of Elite Sport, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: Physical fitness is a widely used and controversial concept. Movement and energy metabolism provide a new perspective for understanding physical fitness, undertaking its training and testing. In definition, the physical fitness can be understood in an either broad or narrow sense. Different definitions correspond to either athletes or all human in targeted population, and either strength and conditioning or (physical) fitness in English. Physical fitness can be defined as the output work capacity of human with the carrier of movement, which focuses on the mobility, stability, and functionalization of movement, and is governed by neural system and supported by the three energy systems. The purpose of physical fitness training is developing either the ability of energy supply with the carrier of movement, or the ability of movement performance with the energy supply. Movement and energy metabolism can also be helpful in designing and selecting physical fitness tests with the consideration of sport demand.

Keywords: physical fitness; movement; energy metabolism; training, testing

无论是在健康促进领域,还是竞技体育领域,人体都需要通过身体和心理的参与来完成日常生活、体育训练和比赛中的任务和目标。人体在完成这些任务和目标的过程中所具有或表现出的状态或能力可以对应为健康、体质/体适能、体能^[1]。不同领域的从业人员或研究人员对人体的这种状态或能力有着不同的理解和期望。由于在竞技体育中的重要性和大众对其较高的关注度,体能这一概念被广泛使用。与此同时,研究和实践领域对体能概念的认识尚不统一,对体能的生物学内涵了解不足,在体能的训练和测试过程中容易以偏概全^[2],易受方法多样性的干扰。2014年,笔者团队提出了动作和能量代谢这

一认识人体运动的新的视角^[3],为国内从业人员理性认识体能训练提供了启示^[2]。然而,动作和能量代谢这一视角仍亟待与对体能的既有认识进行深入嫁接,更大程度地为体能训练注入生物学内涵。为此,本文试图从动作和能量代谢的视角来认识体能的定义、训练和测试,旨在推动我国体能训练研究与体能训练实践的科学化^[4]。

1 体能概念的现有认识

不同语境、不同领域和不同人员对体能都有着不同的理解,对体能概念理解上的差异主要源自翻译、约定俗成、立场、历史阶段和认识的片面性。与体

收稿日期:2022-07-24

作者简介:黎涌明,男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:人体运动的动作和能量代谢。E-mail:liyongming@sus.edu.cn。

作者单位:上海体育学院 竞技运动学院,上海 200438。

特

稿

1



能相近的中文概念有素质、体质、体适能,与体能相关的英文概念有 strength and conditioning, fitness, physical fitness。例如,当涉及运动员的身体运动能力时,英语国家多使用 strength and conditioning^[5],欧洲非英语国家倾向于使用 fitness^[6]或 physical fitness^[7],我国在不同历史阶段曾使用过素质、体能。但是,当把 strength and conditioning 翻译成体能时,国内体能所涉及的对象超越了运动员这个群体,所涉及的领域又超越了竞技体育这个领域。即便是 strength and conditioning,在探究其历史起源时可以发现,其是由 National Strength Coach Association 演变成 National Strength and Conditioning Association(缩写均为 NSCA)后出现的,即 strength and conditioning 是由 strength coach(力量教练)演变而成的^[5],可直译为力量与心肺耐力,国内约定俗成翻译成体能。此外,在欧洲非英语国家,尽管在涉及运动员群体时会使用 fitness 或 physical fitness,但 fitness 或 physical fitness 也被用于非运动员群体。在运动促进健康领域,fitness 是一个广泛使用且高度一致的概念,只是在翻译成中文时存在体质、体适能和健身的差异。其中,体质更多出现在学术研究和公共政策领域^[8],体适能主要源自中国香港和中国台湾地区的翻译,其在学术研究^[9]和产业行业中都有使用,健身则更多出现在产业和行业领域^[10]。

体能定义的选取影响着体能的内涵和外延。不管选取何种定义,对于“体能是一种身体运动能力”的认识是统一的,不同定义差异主要在于体能所对应的人群。为了寻求不同观点间的共同之处,可以对体能定义进行狭义和广义的区分,即狭义的体能专指运动员的一种身体运动能力,广义的体能对应所有人群的身体运动能力。这样区分后,中文狭义的体能可对应为英文的 strength and conditioning,中文广义的体能可对应为欧洲非英语国家使用的 physical fitness。对于运动与训练科学领域的科学从业人员,以及健康促进与表现提升领域的实践从业人员来说,统一体能的定义能够最大程度地避免交流时的误会。

2 人体运动的动作与能量代谢

人体运动是一个化学能转换为机械能(和热能)的过程,这一过程包括经由能量代谢产生能量和经由动作利用能量 2 个环节^[3]。能量代谢涉及三大供能系统(磷酸原、糖酵解和有氧)和三大宏量营养素(糖、脂肪和蛋白质),动作涉及灵活性、稳定性和功能化,其可按发力部位和发力方式进行不同的划分。三大供能系统的不同参与比例与动作的不同发力部位、发力方式的组合形成了不同的人体运动(图 1)。

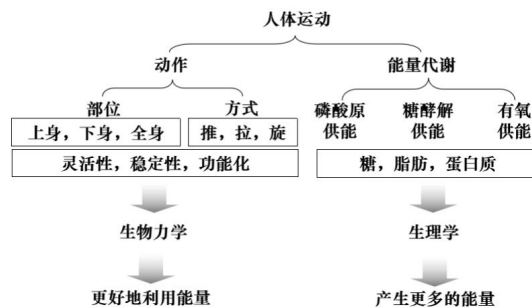


图 1 人体运动的动作与能量代谢^[3]

Figure1 The movement and energy metabolism of human movement^[3]

能量代谢旨在为人的生命活动(如心跳、呼吸、腺体分泌、蛋白质合成等)提供必需的能量,且这个能量的直接来源只能是三磷酸腺苷(ATP)^[11]。安静状态下,人体的 ATP 储量只有约 5 mmol/kg 湿肌(图 2)。这个储量非常少,只够人体进行一次全力发力,安静状态下只够维持短暂的生命活动。事实上,只要生命在延续,人体就在持续消耗 ATP,运动中更是如此。这一过程之所以能够得以进行是因为三大供能系统在源源不断地合成新的 ATP。

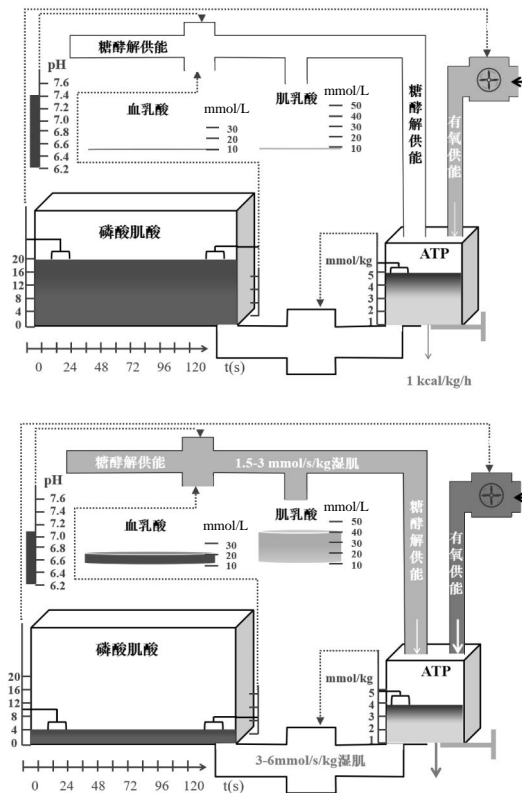


图 2 安静状态(上图)和运动状态(下图)下人体的三大供能系统^[12]

Figure2 The human body's three major energy systems in quiet state (upper picture) and in motion state (lower picture)^[12]



三大供能系统合成 ATP 的速率和能力各不相同。供能速率方面,磷酸原系统最大(约 3~6 mmol/s/kg 湿肌),糖酵解系统次之(约 1.5~3.0 mmol/s/kg 湿肌),有氧系统最小(以糖为原料 0.50~0.75 mmol/s/kg 湿肌,以脂肪为原料 0.24~0.40 mmol/s/kg 湿肌)。供能能力则相反,磷酸原系统只有约 20~25 mmol/s/kg 湿肌,糖酵解系统约 50 mmol/s/kg 湿肌,有氧系统则取决于原料(糖和脂肪)^[13]。

安静状态下,人体的能量消耗约为 1 kcal/kg/h (即 1 MET),这一能量消耗量几乎全部经由有氧系统得以供给,人体每公斤体重每分钟需要摄入 3.5 mL 的氧气。需要注意的是,ATP 的首要作用是维持人体的必需类生命活动(如心跳、呼吸)。当 ATP 的生成速率小于消耗速率时,人体内的 ATP 储量就会下降,但人体出于自我保护只会允许 ATP 储量最大下降约 20%。一旦 ATP 储量下降幅度接近 20% 时,人体就会降低 ATP 的消耗速率。在各类生命活动中,人体首先会降低非必需类生命活动(如骨骼肌收缩),以确保必需类生命活动的正常进行。在体育运动中,这经常表现为动作发力和动作速度的下降,以及位移速度的下降,甚至表现为力竭和休克。

人体运动时,经由能量代谢产生的 ATP,被用于粗肌丝和细肌丝搭桥以产生肌丝滑行和肌肉收缩^[14],并使肌肉所附着的骨绕关节产生运动。在此过程中,化学能完成了向机械能的转换。需要注意的是,人体运动过程中不可能只有一块肌肉参与。人体姿态的保持需要多块肌肉的参与,人体主动肌发力的过程需要有拮抗肌和协同肌的参与,人体远端的肌肉发力需要近端的肌肉发力维持稳定,人体运动只存在多肌肉参与的运动。换言之,人体运动是以多肌肉参与的动作为载体的运动。在体育运动中,这个动作载体就是特定的技术。

以动作为载体的人体运动离不开神经系统的支配。尽管每一块肌肉,甚至每一个肌细胞都有对应的神经在支配,但中枢系统支配肌肉的模式并不是“中枢-肌肉”,而是“中枢-动作-肌肉”。即,中枢系统的运动指令是动作指令,而不是肌肉指令。动作指令发出后,与完成该动作相关的肌肉再以特定的协调进行配合。例如,在深蹲时,中枢系统给出的是一个动作的指令,而不是支配股四头肌、臀大肌、竖脊肌等肌肉的肌肉指令。特定动作所涉及的多块肌肉的协调是可以经由重复性练习来掌握和提高的,这对应的就是技能学习。从婴儿学步到更快更高更强,人体多肌肉参与的动作都是建

立在反复练习的基础上,并且“更快更高更强”是以“更团结”(动作涉及的多肌肉协作)为载体和前提的。

人体在完成某一动作任务时是存在一个最优方案或策略的,只是不同个体对应的最优策略可能并不完全相同。当实际完成的动作符合或接近最优策略时,可以说这个动作是合理的,或功能化的;当实际完成的动作不符合或远离最优策略时,可以说这个动作是不合理的,或非功能化的。因此,动作可以分为合理和不合理,功能化和非功能化,甚至是正确和错误。以正确的动作为载体进行运动,人体受伤的风险就较小,动作的效率也更高;以错误的动作为载体进行运动,人体受伤的风险就较大,动作的效率也更低^[15]。

除了受基于神经系统的策略影响外,动作的正确与否还与动作的灵活性和稳定性有关。人类完成直立行走的演化后,不同关节的结构根据人类日常活动所需产生了适应,或者根据“优胜劣汰”原则,大自然选择了关节结构能够满足日常活动所需的人类。有些关节需要在人体运动中具备好的灵活性,以流畅地完成较大幅度的动作;有些关节需要在人体运动中具备好的稳定性,为其他关节的运动以及本关节在特定平面内的运动创造一个安全、高效的环境。物理治疗师 Gray Cook 和体能教练 Miachle Boyle 基于多年的从业经历,提出了人体关节灵活性和稳定性交替排列原则。按此原则,人体的踝、髋、胸椎、肩和腕属于灵活性关节(或部位),人体的足、膝、腰、肩胛和肘属于稳定性关节(或部位)(图 3)。

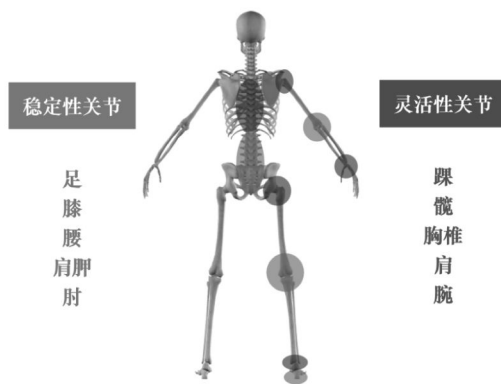


图 3 灵活性关节与稳定性关节

Figure3 The flexible joints and stable joints

需要注意的是,这里的灵活性关节是指这些关节在人体运动时需要更多的“灵活”,但其很容易“不灵活”;这里的稳定性关节是指这些关节在人体运动员需要更多的“稳定”,但其很容易“不稳



定”。例如,髋关节属于灵活性关节,需要具备较好的灵活性,确保较好的关节活动幅度和关节周围肌肉能够更大程度参与发力。但是,髋关节很容易不灵活,髋屈肌(如髂腰肌和股直肌)和髋伸肌(如股二头肌)容易出现柔韧性差的情况。另一个需要注意的是,灵活性和稳定性是指在特定平面内的灵活性和稳定性,某些关节在一个平面内需要更多的稳定,但在另一个平面内需要更多的灵活。同样以髋关节为例,其灵活性是指在矢状面内屈伸的灵活性,但在冠状面的外展/内收和水平面内的内外旋则需要更多的稳定(至少在髋关节屈伸动作中是这样)。

人体关节灵活性和稳定性交替排列原则可作为判断人体运动是否功能化的一个重要参照,即特定动作(包括体育运动中的技术)功能化与否,可根据其所涉及的关节在灵活性和稳定性方面是否符合人体关节灵活性和稳定性交替排列原则。例如,在落跳动作中,如果着地时膝关节内扣(冠状面内不稳定),腰部后弓(矢状面内不稳定),那么此动作就不功能化。

人体关节灵活性和稳定性交替排列原则可以进一步衍生出膝、髋、躯干和肩这几个主要关节/部位在运动中的操作性原则或注意事项。对于膝关节来说,需要确保膝在屈伸时沿足尖方向运动,在足的正上方,且不明显过足尖;对于髋关节来说,需要确保在身体的前屈后伸动作中髋主导发力,而非腰主导发力,确保在落地缓冲和蹲跳动作中髋主导发力,而非膝主导发力;对于躯干来说,需要确保后脑勺、上背和骶部三点一线;对于肩来说,需要确保在上肢拉的动作中肩主导发力,而非肘主导发力。这些注意事项适用于所有人群,与是不是运动员无关,与从事何种体育运动也无关,是降低运动中受伤风险和提髋发力效率的基本要求。

3 动作与能量代谢视角下体能的定义

动作和能量代谢视角下,可以尝试对体能进行定义。首先,体能属于人体的一种身体运动能力,这种能力是人体化学能转化为机械能的能力,具体可量化为人体单位时间内的对外做功,或功率输出。其次,体能是以动作为载体的一种身体运动能力,在运动中需要确保动作的灵活性、稳定性和功能化。最后,体能的发挥或表现需要有能量的供应和神经的支配,三大供能系统在不同强度和时长的运动中参与比例不同。基于以上三点,体能可以定义为以动作为载体,注重动作的灵活性、稳定性和功能化,在神经系统的支配下和三大供能系统的能量供给下的人

体对外做功能力。相比于体能的其他定义,动作和能量代谢视角下的定义赋予了体能生物学内涵,明确了这种人体运动能力是人体对外做功的能力,也强调了动作的重要性,为降低体能训练中的损伤风险和提高人体发力的效率做好了理论铺垫。

动作和能量代谢视角下,还可以尝试对不同的体能子能力进行定义。力量、耐力、速度、柔韧、灵敏、协调是6种主要的体能子能力。这种划分某种程度上方便了训练过程中教练员与运动员的交流,也方便了教学活动中教师与学生之间的交流,但却只是一种约定俗成的概念,其生物学内涵相对不足。此外,这几种体能子能力之间的界限模糊,导致出现了力量耐力、耐力力量、速度力量、速度耐力等混合式概念。

力量、耐力、速度描述的都是身体的一种运动能力,只是三者对应的视角不同。力量对应的视角是物理学中的力,最大发力对应为最大力量,快速发力对应为快速力量,重复发力对应为力量耐力;耐力对应的视角是物理学中的时间,其可以根据时间长短分为短时、中时和长时耐力,也可以根据强度高低分为无氧耐力和有氧耐力;速度(speed)对应的视角是物理学中的速度(velocity),如果可以将人体当作质点,则速度对应为位移速度,如果不能将人体当作质点,则速度还包括动作速度。

事实上,任何人体运动都存在发力(完全放松时力值可以为0)、都涉及重复(单次动作发力也涉及ATP的反复分解和合成)、都具有速度(等长收缩时速度为0)。当然,现有约定俗成的理解是,力量侧重于描述发力大、持续时间短、速度可大可小的运动,耐力侧重于描述持续时间长、发力可大可小、速度可大可小的运动,速度侧重于动作或位移快、发力小、持续时间短的运动。然而,人体同样不存在单一肌肉的力量、耐力和速度,人体的力量、耐力和速度都是以动作为载体的,运动中的动作载体都需要具备良好的灵活性、稳定性和功能化。同时,人体的力量、耐力和速度都是人体的化学能转化为机械能的能力,力量对应的能量供应以磷酸原供能或/和糖酵解供能为主;耐力对应的能量供应以有氧供能或糖酵解供能为主;速度对应的能量供应以磷酸原或/和糖酵解供能为主。

因此,动作和能量代谢视角下的力量可以定义为:以动作为载体,注重动作的灵活性、稳定性和功能化,以磷酸原供能或/和糖酵解为主的,发力大、持续时间短的人体对外做功能力。动作和能量代谢视角下的耐力可以定义为:以动作为载体,注重动作



的灵活性、稳定性和功能化,以有氧供能或糖酵解供能为主的,持续时间长的人体对外做功能力。动作和能量代谢视角下的速度可以定义为:以动作为载体,注重动作的灵活性、稳定性和功能化,以磷酸原供能或/和糖酵解供能为主的,动作快或位移快、发力小、持续时间短的人体对外做功能力。

其余3种体能子能力中,柔韧是灵活性的解剖学基础,可以视为动作能力的构成要素;协调可分为肌内协调和肌间协调,二者都是力量的神经生理学基础,后者也是动作模式的神经生理学基础;灵敏是有认知参与的动作快速改变和质心快速改变的能力,可对应为动作速度和位移速度。因此,柔韧、灵敏、协调可以归入力量、耐力、速度。柔韧、灵敏、协调可以综合表现为动作,而力量、耐力、速度都是以动作为载体的,即柔韧、灵敏、协调是力量、耐力、速度的载体。

4 动作与能量代谢视角下体能的训练

动作和能量代谢视角下的定义为体能训练提供了新的思路。既然体能是人体对外做功的能力,那么体能训练的目的就在于提高人体对外做功的能力。既然人体对外做功的过程包括产生能量(能量代谢)和利用能量(动作)2个环节^[9],那么体能训练的类型可以分为能量代谢的训练和动作的训练。既然能量代谢涉及三大供能系统,动作涉及灵活性、稳定性和功能化,那么体能训练在能量代谢方面可以进一步分为磷酸原系统、糖酵解系统和有氧系统的训练,在动作方面可以进一步分为灵活性、稳定性和功能化的训练。

其中,灵活性和稳定性的训练可参照人体灵活性和稳定性关节交替排列原则,提高灵活性关节的灵活性,提高稳定性关节的稳定性;功能化的训练可在参照人体灵活性和稳定性关节交替排列原则的同时,结合特定任务或体育运动中的技术进行练习,旨在建立和优化损伤风险小、能量利用效率高的一种动作模式;磷酸原系统的训练以发展肌肉横断面、增加肌肉量的力量训练和<6~8 s的重复性冲刺训练为主;糖酵解系统的训练以高强度间歇训练为主;有氧系统的训练以低强度有氧训练为主,有氧水平偏低和训练量少的人群(如青少年运动员)可适当增加高强度间歇训练的比重^[15]。

不同体育项目在动作与能量代谢方面的特征存在差异。周期性(速度和耐力)项目的动作特征相对简单,其训练的重点是以动作为载体的能量代谢训练,以及对单一动作技术的优化训练。非周期类项目

(如集体球类、持拍类、格斗类和艺术类项目)的动作特征更为复杂,其训练的重点是单一动作的重复性练习(即技术训练)、多个动作的非随机练习(即技术或战术训练)、多个动作的随机性练习(即技术或战术训练),能量代谢的训练大都是以专项技术和战术为载体进行的。

从动作和能量代谢的视角看,运动员的所有训练都可以视为体能训练。但在训练实践中,在体能房进行的训练和非体能房进行的跨项训练(cross training)才被视为体能训练,以专项技术或战术为载体进行的训练(如足球的小场地比赛,马拉松的跑步)大都不被视为体能训练,这造成了体能训练和技战术训练的割裂,更造成了人体运动动作和能量代谢特征的割裂。这种割裂容易导致对周期类项目专项训练(即专项中的能量代谢训练)中动作的忽视,或导致对非周期类项目技战术训练(即专项中的动作训练)中能量代谢的忽视。

5 动作与能量代谢视角下体能的测试

对体能的测试是制定训练计划、评价训练效果,以及运动员选材的重要依据^[16]。根据动作和能量代谢视角下体能的定义,体能的测试可以分为动作和能量代谢两类。动作测试的目的可以分为评估灵活性、稳定性和功能化,测试动作也可分为上身、下身和全身性动作;能量测试的目的可以分为评估磷酸原、糖酵解和有氧系统供能能力。

现有的众多体能测试可以在动作与能量代谢视角下进行审视。例如,卧推最大力量测试评估的是以卧推为载体的磷酸原供能能力;反向纵跳测试评估的是以纵跳为载体的磷酸原供能能力;6 s Wattbike全力骑行测试评估的是以自行车骑行为载体的磷酸原供能能力;自行车 Wingate 无氧测试评估的是以自行车骑行为载体的无氧供能能力;跑步最大摄氧量测试评估的是以直线跑为载体的有氧供能能力;YoYo 跑测试评估的是以往返跑为载体的有氧供能能力;505 灵敏测试评估的是以磷酸原供能为主的,身体快速加速、减速和变向的能力;坐位体前屈测试评估的主要是身体屈髋的灵活性(对能量供应几乎无要求);功能动作筛查评估的是人体完成深蹲、栏架跨、直线蹲、仰卧直膝抬腿、肩部灵活、俯卧撑和体旋7个动作的灵活性、稳定性和功能化(对能量供应几乎无要求)。尽管评估体能的理想指标是功率输出,但是现有条件下还不能实现对所有运动方式的功率输出进行量化,或者不能够确保功率量化的准确性,人们只能选用一些替代指标,例如时间(如纵



跳的腾空时间)、位移(如 12 min 跑的完成距离)、重量(如最大卧推的重量)、速度(如乳酸阈对应的划船速度)。相比之下,功率自行车和自行车功率计的研发为自行车这一运动方式体能测试的科学化奠定了重要基础。

动作和能量代谢是体能测试需要同时考虑的 2 个因素,二者不同的组合会产生不同的评估结果。例如,卧拉是反映上肢拉能力的一个测试动作,1 次最大发力评估的是以卧拉为载体的磷酸原供能能力,但 40%最大力量的 240 次重复拉评估的却是以卧拉为载体的有氧供能能力(有氧供能百分比 > 80%)^[17];最大摄氧量测试是评估有氧供能能力的一个方法,但采用不同的运动方式(即不同的动作载体)会得到不同的最大摄氧量^[18],大部分情况下跑步得到的值要大于自行车骑行、手摇,以及众多专项运动方式。即使都采用跑步这一运动方式,相同平均速度下场地往返跑对应的代谢反应要大于直线跑^[19];即使都为场地往返跑,不同跑步方式(如前进跑、后退跑和侧向跑)的代谢反应也存在差异^[20]。

因此,在制定或选取体能测试方法时,必须要考虑任务特异性或专项特征。对于动作和能量代谢特征相对简单的体育项目,体能测试的制定或选取相对容易。例如,对于周期性耐力项目,主要的体能测试有最大摄氧量、无氧阈和经济性^[21]。但是,对于动作和能量代谢特征相对复杂的体育项目,体能测试的制定或选取就更有难度,例如,对于集体球类项目,体能测试需要涉及最大力量、爆发力、短距离冲刺速度、灵敏、最大摄氧量等能力的测试。对于三大供能系统都有较大程度参与的周期性项目,需要针对三大供能系统分别制定或选取能量代谢测试方法,例如,赛艇项目会选取 10 s、30 s 和 30 min 的测功仪划行来分别评估磷酸原、磷酸原 + 糖酵解、有氧供能系统。对于有多个关键发力环节的体育项目,需要针对每个环节分别制定或选取动作测试方法,例如,赛艇项目会根据蹬腿、倒体、拉桨 3 个关键发力环节来选取蹲起、硬拉、卧拉 3 个动作来评估最大力量。

6 小结

体能是一个被广泛使用而尚存争议的概念,动作和能量代谢为认识体能和体能训练提供了一个新的视角。如果将体能视为人体身体的运动能力,那么体能可以理解为以动作为载体的人体对外做功能力。强调以动作为载体是降低体能训练的损伤风险和提升体能训练效益的重要前提,强调对外做功是制定体能训练计划和优化体能训练负荷的重要依据。

现有纷繁多样的体能测试可以从动作和能量代谢的视角下进行审视,教练员和科研人员可以基于动作和能量代谢遴选更符合项目需要的体能测试方法。

参考文献:

- [1] 汪军,周越,孙君志,等. 质疑与思考:运动生理学研究的十个问题[J]. 成都体育学院学报, 2021, 47(1): 118-124.
- [2] 黎涌明. 对体能训练认识的理性回归[J]. 中国体育教练员, 2017, 25(2): 18-21.
- [3] 黎涌明,纪晓楠,资薇. 人体运动的本质[J]. 体育科学, 2014, 34(2): 11-17.
- [4] HP. 体能训练亟待科学化[EB/OL]. (2021-06-23)[2022-07-23]. <https://mp.weixin.qq.com/s/B3Hew3Si4nVxmfpVFUBa2A>.
- [5] SHURLEY J P, TODD J S, TODD T C. The science of strength: Reflections on the national strength and conditioning association and the emergence of research-based strength and conditioning[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2017, 31(2): 517-530.
- [6] GRGIC J, LAZINICA B, PEDISIC Z. Test-retest reliability of the 30-15 Intermittent Fitness Test: A systematic review[J]. Journal of Sport and Health Science, 2021, 10(4): 413-418.
- [7] MANCHA-TRIGUEROD, GARCÍA-RUBIO J, CALLEJA-GONZÁLEZ J, et al. Physical fitness in basketball players: A systematic review[J]. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2019, 59(9): 1513-1525.
- [8] 江崇民,张一民. 中国体质研究的进程与发展趋势[J]. 体育科学, 2008, 28(9): 25-32, 88.
- [9] 方慧,全明辉,周悦,等. 儿童体力活动变化趋势特征及其对体能影响的追踪研究[J]. 体育科学, 2018, 38(6): 44-52.
- [10] 黎涌明,韩甲,刘阳,等. 2018 年中国健身趋势: 针对国内健身行业从业人员的网络问卷调查[J]. 上海体育学院学报, 2018, 42(1): 41-46.
- [11] MCARDLE W, F KATCH, V. KATCH. Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance[M]. London: [s.n.], 2010.
- [12] MADER A, H HECK, W HOLLMANN. A Computer Simulation Model of Energy Output in Relation to Metabolic Rate and Internal Environment[M]. Champaign: Human Kinetics, 1983: 263-279.
- [13] GREENHAFF P L, E HULTMANN, R. C HARRIS. Carbohydrate Metabolism[M]. Basel: Karger, 2004: 109-151.
- [14] SQUIRE J M. Muscle contraction: Sliding filament history, sarcomere dynamics and the two Huxleys[J]. Global



4.5 塑造独特球场文化,打造足球文化新地标

《中国足球改革发展总体方案》明确提出了全社会形成健康的足球文化的远期目标,说明足球文化培育是一个长期且必要的任务^[7]。特别是专业足球场在赛后缺乏大型赛事的前提下,通过设计规划,塑造独特的球场文化、营造良好的足球消费场景是促进球场赛后可持续运营的新思路。一是,应将专业足球场打造为足球文化新地标,凸显其独特文化价值。例如,在球场外观设计中,可以融入当地文化特色,将球场塑造为城市文化的重要代表。除此之外,还可以通过多样化的灯光设计,利用球场外立面灯光颜色的变化与赛事、节假日或日常运营需求相匹配,发挥展示球队文化和城市形象的功能,凸显球场的人文价值。二是,球场可通过文化赋能将其打造成为球迷朝圣地,从而集聚球场人气,增强观众对球场的黏性。例如,设计以足球为主题的特色商业街区,打造球迷消费聚集地,凸显球场的差异化定位。

参考文献:

- [1] 贾丽欣,李慧民.基于全寿命周期的体育建筑可持续发展研究[J].山西建筑,2014,40(25):1-3.
- [2] 百度百科.TOD模式.[EB/OL].[2022-03-01].<https://baike.baidu.com/item/TOD模式/4078352>.
- [3] 陈元欣,王健.我国大型体育场馆赛后运营现状、制约因素与对策[J].上海体育学院学报,2010,34(5):17-21,63.
- [4] 李晓欣.专业足球场建筑设计研究[D].上海:同济大学,2007.
- [5] 任利敏.复合功能体育建筑建设与运营[J].河海大学学报(自然科学版),2021,49(5):487-488.
- [6] 陈元欣,王健.我国大型体育场馆赛后运营现状、制约因素与对策[J].上海体育学院学报,2010,34(5):17-21,63.
- [7] 国务院办公厅.国务院办公厅关于印发中国足球改革发展总体方案的通知[EB/OL].[2022-03-01].http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-03/16/content_9537.htm.

(责任编辑:晏慧)

(上接第6页)

- Cardiology Science & Practice, 2016, 2016(2): e201611.
- [15] 黎涌明.高强度间歇训练对不同训练人群的应用效果[J].体育科学,2015,35(8):59-75,96.
 - [16] GORE C J. Physiological Tests for Elite Athletes[M]. Champaign: Human Kinetics, 2000.
 - [17] 黎涌明,李博,王欣欣.男子赛艇240次卧拉练习的能量代谢特征[J].上海体育学院学报,2018,42(6):104-108,118.
 - [18] ASTRAND P O, SALTIN B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity[J]. Journal of Applied Physiology, 1961, 16:977-981.
 - [19] ZAMPARO P, ZADRO I, LAZZER S, et al. Energetics of shuttle runs: The effects of distance and change of

direction[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2014, 9(6):1033-1039.

- [20] GAO C, WANG X, ZHANG G, et al. Comparison of physiological and perceptual responses to 5-m forward, forward-backward, and lateral shuttle running[J]. Front Physiol, 2021, 12:780699.
- [21] JOYNER M J, COYLE E F. Endurance exercise performance: The physiology of champions[J]. The Journal of Physiology, 2008, 586(1):35-44.

(责任编辑:刘畅)