

·综述·

预测运动员腰部及下肢损伤常用功能性测试方法的研究进展*

吴 华¹ 张新定^{1,2} 阮 辉¹

功能性测试方法(functional test)是运用“预康复”的理念,将预防疼痛与伤病的关口前置,以早期发现运动员身体薄弱环节为目标的实用医学方法,同时,通过有针对性地指导康复体能训练,对身体的这些薄弱环节加以改善,促使伤病的发生率大大降低。据文献报道,运动员损伤部位常以腰部及下肢损伤发生率最高^[1],而这些部位的损伤,表现为病因复杂、病程持续时间长、易复发性等特征,有的甚至成毁灭性伤病,运动员及其运动团队为此往往要付出极大的代价。所以,运用功能性测试方法研究腰部及下肢部位损伤的预测与防治,有着非常重要的意义。

传统的伤病预防研究主要集中在流行病学、发病的机制和风险因素控制等领域,他们通过实验室等动训练测试系统、步态分析仪、平衡仪等仪器设备,发展下肢及躯干力量,并探讨其他生物力学指标与腰部及下肢损伤的相关性。由于这些研究需要特殊、昂贵的硬件设备,很难推广与应用。功能性测试方法被认为是“最接近(模拟)某种运动或活动方式”的评价方法或工具,它使用便捷、经济,还可以提供传统评价方式所无法辨别的运动员个体的参训水平,而有些功能性测试方法还具有预测运动员受伤风险能力^[2]。本文通过对相关文献的整理与分析,拟针对预测腰部及下肢损伤的主流功能性测试方法展开深入研究,探讨该领域的研究进展和应用现状,试图为较便捷、准确预测腰部及下肢损伤提供理论依据和实践依据。

1 核心稳定性及功能性测试概念的提出

近些年来,功能性测试方法之所以在运动损伤预防与康复领域获得新的应用,这与人体“核心稳定性”等概念的提出密切相关。以腰部和下肢损伤的研究为例,早期,往往集中于揭示损伤部位的局部解剖结构,生理学和生物力学特征等方面,竞技训练或康复治疗也把重点放在损伤局部。进入20世纪80年代以后,一些欧美学者注意到躯干及其肌群在运动损伤中发生的作用,提出脊柱稳定性的概念(Panjabi^[3],1985年),紧接着在医学康复领域出现了“核心”、“核心稳定性”、“核心力量”等概念,这为功能测试方法的新应用奠定了

理论基础。

1.1 核心稳定性与腰部及下肢损伤的关系

关于核心稳定性和下肢功能的关系,最早由Bouisset在1991年提出。他认为维持姿势的肌肉活动在肢体随意运动之前已经发生,而且Hodges等^[4]采用肌电图描记到人体在下肢运动时,主要的核心肌肉—腹肌和多裂肌的活动,而且认为不论下肢的运动方式,躯干肌活动都发生在下肢运动前,尤其是深层的腹横肌、多裂肌最先激活。Bobbert^[5]采集人体纵跳时髌、膝、踝关节周围肌肉的表面肌电信号,发现膝、踝部运动取决于臀部肌肉的发动。

虽然不是所有的下肢损伤都归咎于核心稳定性不足,但大量研究证实核心肌肉的功能情况会影响从下背部到踝部结构或功能^[6-7]。如Cho^[8]发现慢性腰痛患者站姿时腹横肌收缩速率显著慢于正常人。Devlin^[9]认为复发性的跟腱损伤的防治需要增强核心稳定性及纠正腰椎功能障碍。Leetun等^[7]通过对篮球和田径大学生运动员测试发现髌外展肌和外旋肌力量弱的运动员更容易造成下肢损伤。

1.2 核心稳定性的测评与争议

由于核心稳定性的界定尚未达成一致,且其宽泛的概念涉及力量、耐力、柔韧、运动控制以及功能性等多因素^[10-12],其测量与评价的方法也有多种,多数学者使用测评方法集中在测量核心肌群的等长收缩耐力^[12-14],而较少涉及爆发力等其他因素。从本文角度出发,因爆发力因素更多的只是反映某些竞技能力,与损伤发生相关性较低,而核心区耐力测试与损伤的预测及发生关系虽更为密切,但是静止的、单一运动面的耐力测试不足以量化运动中核心肌群的作用,而动态、多维、能够模拟运动的功能性测试才更为适宜。

2 预测腰部及下肢损伤常用功能性测试方法与应用分析

常用功能性测试方法有星形偏移平衡测试、Y形平衡测试、功能动作筛查等,现分别对它们测试原理、方法和使用现状进行剖析。

2.1 星形偏移平衡测试

2.1.1 研究背景及测试原理:Zazulak等^[10-11]认为,身体平衡

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.03.023

*基金项目:2014年度教育部人文社会科学研究项目(14YJC890027)

1 海南师范大学体育学院,海口,571158; 2 通讯作者

作者简介:吴华,女,硕士,副教授; 收稿日期:2014-10-14

和肌肉本体感觉的下降是下肢损伤的风险因素之一,增强这种平衡能力可以减少膝关节受伤的风险^[10],尤其是对女性运动员^[10,19]。机体的平衡能力在理论上分为静态平衡能力和动态平衡能力。静态平衡能力测试(如单足站立平衡测试)可反映静态情况下前庭功能,视觉、躯体感觉等^[20],而动态平衡要求人体在运动中保持躯体的稳定并迅速应对周围不断变化的环境,符合绝大多数运动项目的要求。星形偏移平衡测试(star excursion balance test, SEBT)由Gary在1995年提出,是一种动态平衡能力的测试方法,它要求受试者保持单腿站立姿势,通过测量其对侧腿伸展的远度来反映个体动态平衡能力,该测试项目可挑战受试者的姿势控制、力量、关节活动度和本体感觉的能力。

2.1.2 测试方法:准备4条6—8英尺长的胶带,将它们中心点重叠固定为零点,相邻胶带呈45°角交叉,在平整的硬地贴成星形。8个方向分别定义为正前方(Anterior, A)、前外侧方(Anterolateral, AL)、外侧方(Lateral, L)、后外侧方(Posterolateral, PL)、正后方(Posterior, P)、后内侧方(Posteromedial, PM)、内侧方(Medial, M)、前内侧方(Anteromedial, AM)。受试者在保持躯体平衡的基础上,使支撑腿屈膝,非支撑腿尽可能地向正前方伸展,触及胶带的最远距离后返回到原点。左腿支撑时,按顺时针方向依次完成其他方向测试,右腿支撑时,按逆时针方向依次完成其他方向测试。记录3次非支撑腿伸出的远度,取平均数,两侧测试间隔5min。用测试腿伸出的远度与该侧下肢长度(髁前上棘下缘量至胫骨内踝下端的距离)之间的百分比值作为评价稳定能力的指标。若测试过程中,受试者身体失去平衡,支撑脚有任何移动、转动,以及重心转移到非支撑腿,或非支撑腿未触及胶带,均为无效测试。

2.1.3 应用研究现状:SEBT自1995年提出以来,最初设计用于判断伤病下肢的康复程度的工具,此后发现其还具有较好的损伤预测价值,而被广泛使用在运动队中。搜索Pubmed数据库,有关SEBT的研究文献有121篇,其中,近5年内发表论文或论著有95篇,涉及篮球、足球、棒球等7种体育项目,以集体项目为主,内容涉及信度和效度研究^[15-18],运动员平衡能力^[19]、腰部及下肢损伤的筛查^[20-21]、慢性踝关节不稳的鉴别^[22]、训练和康复;我国学者关于SEBT研究文献9篇,均为2010年后发表的SEBT应用研究,主要为社区中老年女性平衡能力,个别是对武术、游泳运动员^[20]核心稳定训练效果进行评估研究等。

关于SEBT的信度进行研究,Kinzey等^[16]最早认为SEBT 4个方向(AM、AL、PM、PL)的信度在0.67—0.87不等,测试次数为6次可以使信度达0.86以上,提示受试者在测试前应多操练几次。Munro AG等^[15]发现SEBT不同方向的重测信度高,组内相关系数(intraclass correlation coeffi-

cients, ICC)达0.84—0.92;Gribble^[17]对5个评分者的SEBT(选取A、PM和PL)测试结果进行统计发现,评分者间信度极好。为进一步规范SEBT的操作,Gribble还对比了脚型、身高、腿长和关节活动度对偏移距离的影响,发现身高和腿长与测试结果显著相关,所以对群体进行研究时,得出结果时应用个体腿的长度来标准化原始数据。Robinson等^[18]认为对于大多数的方向,在第4次测试时非支撑腿最大偏移距离和支撑腿角度达到稳定,建议简化测试次数从6次降为4次,与Munro^[15]观点相似。

SEBT设计目的是反映人体动态平衡能力,而动态平衡能力与腰部及下肢损伤有关,因此SEBT效度就取决于测试结果与损伤之间的相关性,以及干预后损伤的变化情况。如Butler等^[20]认为,SEBT得分不佳者会增加足球运动员非接触下肢损伤风险,大学足球运动员得分低于89.6%,受伤几率提高3.5倍,建议赛季前应将SEBT作为识别易受伤队员的筛查手段。Plisky^[21]对高中篮球队员进行SEBT测试发现,球员的正前方左、右腿伸展距离差异大于4cm,下肢损伤几率可增加2.5倍,女子球员测试的综合距离不及肢体长度94%,下肢损伤几率会增加6.5倍。屈萍^[23]对优秀蹼泳运动员进行8周的S-E-T悬吊训练为主的核心训练干预,发现相比于传统蹼泳腰腹训练,核心训练组SEBT结果显著提高,传统腰腹训练组SEBT结果未见明显变化。

虽然SEBT测试具有较高的信度和效度,但也存在一定不足,比如测试中伸展脚与地面暂时的接触与实际允许脚传递给地面的压力是难以量化和控制的,而且不少学者认为完整的SEBT需要在8个方向上完成(如每8个方向上4次训练,3次正式测试,双脚测试达到112次)测试过程较为冗长,于是探讨如何简化测试流程,存在的分歧主要是选取的测试方向上:Gribble等^[19]选用的是A、M和P三个方向,发现慢性踝关节不稳和疲劳会破坏人体的动态平衡;Hertel^[22]对有、无患慢性踝关节不稳的人群进行SEBT测试,提出AM、M和PM 3个方向可代替8个方向的测试,尤其PM方向与患慢性踝关节不稳相关度最高。

2.2 Y形平衡测试

为减少测试方向,Plisky等^[24]选取A、PM、PL方向呈Y形,采用Y形平衡测试器(Y Balance Test Kit™)来提高测试SEBT的效率,发现评分者之间的信度较高,ICC为0.85—0.89;而和同一评分者对同一受试者多次评分的信度也非常高,ICC为0.97—1.00。Faigenbaum^[25]对188例1—5年级的小学生进行Y形平衡测试(Y balance test, YBT),发现该测试信度和重测性较好,能很好反映小学生的动态姿势控制能力。但Coughlan等^[26]对20例健康男性大学生分别进行SEBT与YBT测试,结果发现受试者在A方向,SEBT要比YBT远,其他两个方向没有差别,其原因归于姿势控制反馈

机制上的差异。他还提出在运动员、健康人、受伤人群建立的SEBT研究结果不可转换YBT的表现上,也无法确定哪种测试的更为适宜。

本文认为精简SEBT选取方向的差异,可能与研究者考虑到测试人群的年龄、性别、测试状态、下肢损伤特点等因素有关,某些方向的选取还需要更多的研究来证实其信度和效度。

2.3 功能动作筛查法

2.3.1 测试方法:功能动作筛查法(functional movement screen, FMS)是一个用于评价人群动作完成质量的工具,由美国理疗师Gray Cook于2001年首次提出。Gray Cook^[27]根据人类动作发展的特点,通过对于正常人7种典型基本运动

动作模式,即深蹲、过栏架步、前后分腿蹲、肩部灵活性、直膝抬腿、控体俯撑、体旋及3个附加伤病排除动作的观察,揭示成功完成7个基本运动模式所需要的肌肉力量、关节活动度、协调、平衡及本体感觉等,该测试方法可用于评价人体从事运动动作的稳定性、灵活性、对称性,以及是否存在某种代偿动作、动作限制和动作功能不良,从而来预测受试者参与运动的风险。

FMS测试时,要求受试者在安静状态下(无需热身),听取指令匀速完成测试动作,然后依据动作完成质量进行量化评分,每个动作的评分标准为0—3分4个等级^[27]。计分结束后,还需依据分数高低、动作等级进行排序、统计,找到身体的薄弱环节。

表1 FMS测试分类及说明

编号	动作名称	测试目的	伤病排除测试
1	深蹲 Deep Squat	评估双侧髋、膝、踝的对称性、灵活性	
2	过栏架步 Hurdle Step	评估非对称跨步模式下,髋、膝、踝的对称性、灵活性、稳定性	
3	前后分腿蹲动作 In-line Lunge	评估髋、躯干灵活性和稳定性,股四头肌弹性,膝、踝稳定性	
4	肩部灵活性 Shoulder Mobility	评估肩关节活动度、肩胛骨灵活性,胸椎的伸展性	搭肩排除测试 Shoulder cleaning Test
5	直膝抬腿 Active Straight Leg Raise	评估骨盆固定时,腘绳肌主动收缩能力、小腿肌肉柔韧性	
6	控体俯撑 Trunk Stability Push Up	评估上肢在对称运动时,躯干在矢状面的稳定性	脊柱伸展排除测试 Spinal Extension Cleaning Test
7	体旋 Rotational Staility	评估上下肢共同运动时,躯干在多平面的稳定性	脊柱屈曲排除测试 Spinal Flexion Cleaning Test

2.3.2 FMS的应用研究:近年来,FMS广泛应用在体能训练和理疗康复领域,如在欧洲、美国多个职业体育联盟、大学体育俱乐部使用,使用对象涉及运动员、消防员、军人和大众健身人群。通过查询Pubmed数据库及中国知网检索出相关文献78篇,其内容主要探讨FMS的信度和效度。多数学者认为,FMS具有较高的信度,但效度上有较多争议,如干预训练是否能改善FMS的得分,FMS得分是否与运动成绩优劣有关等。我国学者多为FMS的理念、方法综述及在不同项目(足球、篮球、皮划艇、射箭、网球等项目)的应用分析。

关于FMS能否预测运动损伤也成为众多学者探讨的热点。如Kiesel^[28]认为运动员差的功能动作模式可能更容易导致损伤,而FMS恰能将运动员的关节活动度、稳定性、平衡缺陷都展示出来。他选取46例职业足球运动员为研究对象进行FMS测试及损伤监控,并运用ROC曲线分析,找到14分的阈值,研究发现赛季前FMS得分≤14分的运动员在赛季中(约4.5个月)发生严重损伤(停训至少3周)的案例要高于得分>14分者,受伤几率高出11倍。Chorba^[29]认同得分≤14分的运动员下肢损伤的风险增加了约4倍,认为FMS可以预测运动员的损伤,另外,Butler^[30]、Lisman^[31]分别得出FMS得

分≤14分的108例消防员、847例男性海军军人更易受伤的结论。

然而,上述的结论也遭到了其他学者的质疑^[32-33],尤其是14分的阈值,他们认为此前的研究是针对小样本和某一目标群体得出,不能代表一般的体育人口,建议进一步的研究需要对其他体育和职业团体进行测试来确定阈值。如Schneiders^[32]对209例18—40岁体育训练者进行研究,提出阈值在15.7。Letafatkar^[33]对100例青年(18—25岁)体育人口进行FMS及损伤监控,发现在常规赛季中,FMS得分<17分,下肢受伤几率要提高4.7倍。

可见,FMS确为方便实用的预测损伤工具,目前学者争论的焦点在阈值及损伤预测效果,这可能与研究对象的数量及特征、从事运动项目特点、体育比赛或训练的强度、损伤的界定等因素有关,而这也正是今后研究的主要方向。

3 发展与展望

功能性测试方法是一类可用于损伤预测的工具。腰部和下肢损伤的风险与机体的“核心稳定性”密切相关,作为涉及核心稳定性的功能性测试方法已得到许多学者和运动队

的重视。然而,SEBT、YBT、FMS也存在一定的局限,主要是受试者测试时都处在某种特定状态,关节、肌肉所承载的负荷或力学特征并不能等同于运动训练,可能无法说明在竞技运动中存在的致伤应力,而且记评时需要具备一定医学知识。因此,基于腰部及下肢损伤的多重因素,作为预测腰部和下肢损伤风险的测试,可能还需多角度考虑,而不单使用某一测试。如何建立适宜的测试方法组合,寻求合理的损伤测试阈值,不断提高功能性测试方法的使用效度都将是未来的研究重点和发展方向。

参考文献

- [1] Murphy DF, Connolly DA, Beynnon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature[J]. Br J Sports Med, 2003, 37(1):13—29.
- [2] Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, et al. Lower extremity functional tests and risk of injury in division iii collegiate athletes[J]. Int J Sports Phys Ther, 2013, 8(3):216—227.
- [3] Pope MH, Panjabi M. Biomechanical definitions of spinal instability[J]. Spine, 1985, 10(3):255—256.
- [4] Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb[J]. Phys Ther, 1997, 77(2):142—144.
- [5] Bobbert MF, van Zandwijk JP. Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping[J]. Med Sci Sports Exerc, 1999, 31(2):303—310.
- [6] Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, et al. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2005, 13(5):316—325.
- [7] Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, et al. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes[J]. Med Sci Sports Exerc, 2004, 36(6):926—934.
- [8] Cho SH, Kim KH, Baek IH, et al. Comparison of contraction rates of abdominal muscles of chronic low back pain patients in different postures[J]. J Phys Ther Sci, 2013, 25(8):907—909.
- [9] Devlin L. Recurrent posterior thigh symptoms detrimental to performance in rugby union: predisposing factors[J]. Sports Med, 2000, 29(4):273—287.
- [10] Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, et al. The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study[J]. Am J Sports Med, 2007, 35(3):368—373.
- [11] McGuine TA, Greene JJ, Best T, et al. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players[J]. Clin J Sport Med, 2000, 10(4):239—244.
- [12] Andy Waldhelm, Li Li. Endurance tests are the most reliable core stability related measurements[J]. J Sport Health Sci, 2012, 1(2):121—128.
- [13] Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, et al. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2005, 13(5):316—325.
- [14] Tong TK, Wu S, Nie J. Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function[J]. Phys Ther Sport, 2014, 15(1):58—63.
- [15] Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of the star excursion balance test[J]. Phys Ther Sport, 2010, 11(4):128—132.
- [16] Kinzey SJ, Armstrong CW. The reliability of the star-excision test in assessing dynamic balance[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1998, 27(5):356—360.
- [17] Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, et al. Interrater reliability of the star excursion balance test[J]. J Athl Train, 2013, 48(5):621—626.
- [18] Robinson RH, Gribble PA. Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(2):364—370.
- [19] Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, et al. The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control[J]. J Athl Train, 2004, 39(4):321—329.
- [20] Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, et al. Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study[J]. Sports Health, 2013, 5(5):417—422.
- [21] Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, et al. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2006, 36(12):911—919.
- [22] Hertel J, Braham RA, Hale SA, et al. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2006, 36(3):131—137.
- [23] 屈萍. 星形偏移平衡测试在评价优秀蹦床运动员核心训练效果中的应用[J]. 武汉体育学院学报, 2011, 45(9):74—78.
- [24] Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test[J]. N Am J Sports Phys Ther, 2009, 4(2):92—99.
- [25] Faigenbaum AD, Myer GD, Fernandez IP, et al. Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades[J]. Int J Sports Phys Ther, 2014, 9(2):140—148.
- [26] Coughlan GF, Fullam K, Delahunty E, et al. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test[J]. J Athl Train, 2012, 47(4):366—371.
- [27] Gray Cook. 动作—功能动作训练体系[M]. 张英波, 梁林, 赵洪波, 译. 北京: 北京体育大学出版社, 2010. 56—241.
- [28] Kiesel K, Plisky PJ, Voight ML. Can Serious Injury in Professional Football be Predicted by a Preseason Functional Movement Screen[J]? N Am J Sports Phys Ther, 2007, 2(3):147—158.
- [29] Chorba RS, Chorba DJ, Bouillon LE, et al. Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes[J]. N Am J Sports Phys Ther, 2010, 5(2):47—54.
- [30] Butler RJ, Contreras M, Burton LC, et al. Modifiable risk factors predict injuries in firefighters during training academies[J]. Work, 2013, 46(1):11—17.
- [31] Lisman P, O'Connor FG, Deuster PA, et al. Functional movement screen and aerobic fitness predict injuries in military training[J]. Med Sci Sports Exerc, 2013, 45(4):636—643.
- [32] Schneiders AG, Davidsson A, Hörman E, et al. Functional movement screen normative values in a young, active population[J]. Int J Sports Phys Ther, 2011, 6(2):75—82.
- [33] Letafatkar A, Hadadnezhad M, Shojaedin S, et al. Relationship between functional movement screening score and history of injury[J]. Int J Sports Phys Ther, 2014, 9(1):21—27.