

# 肌肉力量检测方法在体育应用中的再研究

何建伟<sup>1</sup>, 王晓伟<sup>2</sup>, 曾琳叶<sup>3</sup>, 陈日升<sup>4</sup>

(1.莆田学院 体育系,福建 莆田 351100;2.哈尔滨工业大学 体育部,黑龙江 哈尔滨 150001;

3.温州医学院 体育科学学院,浙江 温州 325000;4.邵阳学院 体育系,湖南 邵阳 422000)

**【摘要】**肌力是指肌肉收缩力量,作为人体运动能力的重要组成部分,其大小、变化规律,对于提高运动员身体健康和创造优异成绩有着重要的作用,并与其他身体素质的协调发展有着密切的联系,如何对其进行准确、合理的检测一直是学者们关注的话题。本文收集、运用相关文献资料,经过整理处理、逻辑分析,对运动员肌肉力量的检测方法进一步研究探讨,从而判断肌肉功能状况,为制订治疗、训练计划和运动员选材等提供理论支持与科学依据。

**【关键词】**等速肌力;峰力矩;峰功率;功疲劳指标

**【中图分类号】**G804.63 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2010)02-0105-04

肌力是肌肉收缩克服或对抗阻力来完成运动的能力,肌力测定是测定受试者主动运动时肌肉或肌群的收缩力量。肌肉力量的检测主要根据其检测目的不同分为一般力量检测和专门力量检测两大类。一般力量检测主要是为了了解机体各主要部分肌肉力量的发展水平。而专门力量检测主要是针对不同项目运动员、神经肌肉系统疾病患者等特殊人群,采用特异良好的检测手段实施的肌肉力量检测。然而,不论是一般力量检测,还是专门力量检测,其实检测内容通常主要包括等长肌力、等张肌力和等速肌力<sup>[1]</sup>。

## 1 不同方法测定肌力的常用指标分析

### 1.1 等长肌力检测 (isometric measurement of strength)

等长肌力是肌肉力量的一种重要表现形式,在竞技运动训练、体育活动和日常生活的许多活动中,如竞技体操的“十字支撑”和“直角支撑”、武术的“站桩”、日常生活中的“静坐”等发挥重要作用,是经常被采用的肌肉力量评价方法和评价指标。

等长肌力的测定通常指的是最大等长肌力,主要包适握力(grip strength)、背力(back strength)、臂力(arm strength)和腿部力量(leg strength)等。通常的测量手段主要有握力计、背力计等,也可以采用自动化和集成化程度较高的专门的肌肉力量长测试系统如等速肌肉测试系统(关节运动速度设定为0)和力传感器(load cell)实施测量。

等长肌力测定过程中一般进行2~3次,取最好成绩。该肌力检测的优点是方便、省力和不需昂贵设备,另外其检测结果与通过其他方法获得的检测结果也是具有很好的一致性。但其缺点是检测结果易受关节角度的影响、检测方法难以标准化。

### 1.2 等张肌力检测 (isotonic measurement of strength)

等张肌力是动态肌力的一种表现形式,由等张收缩得名。严格地讲,人体肌肉对抗阻力收缩时,由于关节角度、收缩速度等因素的变化,在整个运动范围内,肌肉以相同的力量进行收缩是不可能的,即不存在严格意义上的等张收缩与等张肌力。然而,由于习惯,目前人们还使用这一技术语反映动态肌力。

在竞技体育和康复医学的肌肉力量评价中,等张肌力检测通常包适最大等张肌力、肌耐力和肌肉功率检测三种不同类型。

最大等张肌力常用的检测形式包适卧推、蹬腿、屈臂和负重蹬起等,而其大小通常以能够一次成功完成的最大重量,即1次重复重量来表示。检测过程中,不同肌群1-RM测量的其实际重量通常略低于1-RM重量,在成功该负荷的检测后,休息2~3分钟,继续完成新的重量,直至超过1-RM重量。一般情况下,根据所测定肌群的不同,每次增加重量的幅度不要超过1.2kg或1.5kg,以保证检测的精确性。

肌耐力检测一般以一定百分比(通常为70%)的1-RM为负荷重量,然后让受试者重复完成规定的练习,记录练习次数,用以表示肌肉耐力水平。也可以采用常用的俯卧撑、仰卧起坐和单杠引体向上的练习,了解不同部位肌群活动的肌耐力水平。

肌肉功率检测通常是指最大肌肉功率检测,常用的检测方法包括立定跳远、小球掷远等。也可以采用一些简单的机器和设备进行检测,如通过自行车测功仪进行的Wingate无氧功率试验、通过快跑台阶进行的下肢功率试验等。

收稿日期:2010-04-23

作者简介:何建伟(1973-),男,福建莆田人,讲师,北京体育大学在读博士生。研究方向:运动医学与运动营养。

等张肌力检测的优点是方便、省时;不需昂贵设备且测定过程和结果与动态肌肉活动有较好的兼容性。但其不足之处是测量过程中较易造成肌肉损伤;此外,测定结果并不能全部地反映肌肉收缩的张力—时间关系特征和爆发力特征。

### 1.3 等速肌力检测

等速肌力是 1969 年由 Perrinède 等提出并建立的一种关键运动速度恒定而外加负荷阻力顺应性变化的动态概念和动态肌力评价方法。测试是等速肌力测试仪所产生的负荷阻力与肌肉收缩的实际力矩输出相匹配,从而使肌肉在整个关节活动范围内或处于各种不同角度时均能承受相应的最大阻力,产生相应的最大张力和力矩输出,与传统的等长、等张以及常见力量素质现场评价相比,等速肌力检测有效地克服了等长肌力评价存在的“关节角度效应”、肌肉力量现场测试存在的“运动技术效应”等影响肌力评价效度的因素,同时等速肌力测试还可以获得与肌肉做功功率和工作耐力有关的多种数据。因此,等速肌力检测已成为目前体育科学、康复医学和临床医学等学科肌肉力量检测与评价的重要方法,被广泛应用于肌肉功能评价和运动员选材等方面的研究。

#### 1.3.1 慢等速测试

慢等速测试是用等速测力系统以 30~60° /s 关节运动角度进行的动态肌肉力量测试,由于在此慢速运动条件下加载于肢体的负荷阻力较大,因此慢等速肌力测试被用于进行最大动态肌力检测与评价。主要检测指标包括:

**峰力矩:**力矩曲线最高点所代表的力矩值,单位为牛·米(N·m)。每千克体重的峰力矩称峰力矩体重比,此值可供横向比较,有高度特异性及敏感性,是最有价值的动态肌肉力量评价指数之一,对下肢肌肉的评定更有意义。

**屈伸肌力矩比:**此值主要反映主动肌与拮抗肌力平衡情况,肌力平衡明显失调时可影响关节的稳定性,导致关节、肌肉和韧带损伤。屈伸肌力矩比,一般以慢速运动时的峰力矩计算,也可在不同速度及特定角度时计算。此值主要反映主动肌与拮抗肌肌力平衡情况,肌力平衡明显失调时可影响关节的稳定性。导致关节、肌肉和韧带损伤。

**力矩加速能:**是指力矩产生开始 1/8s 内的做功量。用以代表肌肉活动的灵敏度或爆发力,也是最具特异性及敏感性的肌肉功能指标之一。

**峰力矩角度:**峰力矩出现时关节所处的角度,即峰力矩角度,是关节的最佳用力角度。

#### 1.3.2 快等速测试

快等速测试是以 180° /s 以上的关节运动角度进行,对运动员也可采用 240° /s 或 300° /s。由于加载于肢体的运动负荷阻力效小,关节运动速度较快,因此常被用于检测和评价肌肉耐力等动态肌肉功能。

**输出功率:**快等速测试通常比慢等速测试可更精确地反映肌肉的输出功率。肌肉的输出功率除了受峰力矩影响外,还受运动幅度及力矩曲线形态的影响。

平均功率能敏感地反映肌肉实际工作能力,是最常用的动态肌肉功能指标之一。

**肌肉耐力:**肌肉耐力等速测试方案较多,常包括以下 2 种:

(1)耐力比测定,例如,以 180° /s 关节运动角速度连续做最大收缩 25 次;计其末 5 次(或 10 次)与首 5 次(或 10 次)做功量之比,称耐力比。

(2)50% 衰减试验:以 180 或 240° /s 速度连续做最大收缩,到有 2~5 次不能达到最初 5 次运动平均峰力矩的 50% 时为止,以完成的运动次数作为肌肉耐力评价的参数。

#### 1.3.3 其他等速向心肌力测试

**力矩曲线分析:**当存在关节病变时,慢等速测试的力矩曲线可发生相应的形态变化,如在运动中发生疼痛,使肌肉收缩反射性抑制,以及关节不稳、关节面不规则等,可使力矩曲线出现切迹、波动、低平、不对称或其他变形;关节活动度受限,可使曲线中断或缩短。

**力量控制精度测验:**完成重复的最大收缩运动若干次,观察力矩曲线的匀称性,可作为运动协调性的评价指标。

**峰功率测试:**进行多次测试,测试速度以 30° /s 的间隔递增,可找出产生最大峰功率的运动速度,此速度与肌肉的肌纤维构成有如一块以慢肌纤维为主的肌肉峰功率常见于 120° /s~150° /s,而一块以快肌纤维为主的肌肉则常见于 210° /s~240° /s。

#### 1.3.4 等速离心肌力测试

等速离心肌力测试是利用有动力的等速测试仪,使关节运动方向与仪器轴运动方向相反,可作肌肉离心收缩功能测试。肌肉的离心收缩力矩值,常较向心力矩值大,其实际意义尚在探索研究之中。

等速肌力测试的主要优点是测试时产生的阻力可随被测试者施加力量的大小而改变,故如果被测试者在受伤、虚弱无力等条件下进行测试,产生

力将随施加力量的减小而减小,从而使测试过程更加安全和有效。此外,等速肌力测试还有重复性好、自动化程度高等优点。等速肌力测试的缺点是测试设备价格昂贵、耗时且需专业人员进行(表1)。

以上肌肉力量的各种静态与动态检测方法虽

然不同,但检测结果彼此信度较高。根据目前运动生理学研究,通常最大等长肌力与最大离心肌力的相关系数介于0.80~0.85之间,最大等长肌力与最大动态向心肌力的相关系数介于0.85~0.90之间(运动员可高达0.90~0.95)。显然,不论以何种方法检测最大肌力,其检测结果均具有一定的代表性。

表1 等速肌力、等张肌力和等长肌力测试的比较

项目	等长肌力测试	等张肌力测试	等速肌力测试
速度	固定	变化,不易控制	任定1~500°/s 恒定
阻力	可变,顺应性阻力	固定	可变,顺应性阻力,与速度有关
运动幅度	无	全幅或半幅	全幅或半幅
测试意义	反映固定角度力距	反映最弱关节点力距值	反映任意关节角度运动力距值

## 2 不同肌力测试系统在体育科研中的应用现状

### 2.1 不同项目运动员的肌力特征研究

国内外学者对不同项目运动员的肌力特征作了大量的相关研究,例如,王海群等对不同项目运动员的躯体肌力做了肌力测试研究<sup>[4]</sup>;吴声光对男子网球选手股四头肌等速向心和离心肌力进行了对比研究<sup>[5]</sup>;张跃等运用Cybex—6000肌力测试系统,对田径、举重、赛艇运动员膝关节伸屈肌等动力量的测试,就三种不同的测试速度下的输出功率、力量水平、力量比例进行了等速测试的对比研究<sup>[6]</sup>。研究表明,不同运动项目对身体各部位肌肉力量及其特征要求不同,主要表现在同一肌群在相同运动速度下相对峰力矩的差异。

### 2.2 不同运动速度对肌力影响研究

测定肌肉—神经不同性能,一般选取30~60°/s作为慢速测试,反映肌肉最大力量;用60~180°/s作为中速测试,反映测试者肌肉的最大做功能力;用180~360°/s作为快速测试,反映测试者肌肉工作的功率及耐力。

研究结果报道,在等速向心收缩时,峰力矩(肌力)会随运动速度的增加而减小,有学者认为这与肌力测试系统测出的个体运动下的肌力指标与肌纤维的成分有关;肌肉在慢速大强度收缩时,快慢肌纤维均被募集,产生较大肌力;在中速运动中,部分快肌纤维和慢肌纤维同时被募集,产生中等肌力,在快速运动时,只选择性的募集快肌纤维,产生较小肌力。研究结果对运动员科学选材和肌肉力量研究具有十分积极的现实意义。

### 2.3 肌肉不同收缩形式对肌力影响研究

吴毅等运用Cybex—6000等速测试系统对25名健康男青年膝关节屈肌和伸肌进行等速向心,等速

离心肌等长测试,比较了膝关节周围肌肉向心收缩,离心收缩和等长收缩的功能及其相互间的关系,发现在收缩过程中产生肌力大小顺序依次为离心收缩、等长收缩、向心收缩<sup>[6]</sup>,这将在临床康复中作用明显,并为教练员对运动员的科学化训练提供了理论支持。

### 2.4 对运动系统肌肉功能进行评价

用肌力测试仪器对运动系统进行肌肉功能评价,可提供较为准确的肌肉功能定量指标,不仅可建立肌肉功能的正常基础值数据库,而且通过对患有神经、肌肉或骨骼系统运动功能障碍者进行测试参数分析,有助于了解肌肉和神经,对涉及合理的、有针对性的康复训练方案起指导作用。目前临床上研究最多的是膝关节的肌肉功能测试,这可能与膝关节作为负重关节,容易造成损伤,以及膝关节测试时固定较为安全,测试结果可信度较高,力矩曲线较为清晰,容易判断有关,另外,除手部小关节外,四肢其他关节及腰屈伸肌的肌肉功能测试也有一定的报道<sup>[7,8]</sup>。

## 3 不同肌力测试在我国体育科研中应用的趋势和热点

### 3.1 运动选材中的应用

Ropponen等<sup>[9]</sup>利用双胞胎的研究发现,遗传因素对等速抬举肌力的影响达到60%,而环境因素即后天锻炼等因素的影响只占35%,但对等长收缩而言遗传的影响仅是5%,而环境因素达到了61%。这提示等速肌力收缩受遗传因素的影响显著,因此在运动员选材时,对象一般都是少年,如果将等速测试用于这一年龄组并研究其特点,完全可以对运动选材提供理论支持。

### 3.2 在不同运动项目动作中的应用

运动项目不同对身体各部位肌肉力量及其特征

要求不同,主要表现在同一肌群在相同运动速度下相对峰力矩的差异,不同运动速度对各项目运动员肌力的影响程度不同,有些项目要求运动员有较好的最大力量,而有些项目要求有较好的快速力量或力量耐力。因此,等速肌力在各类技击运动员完成各种技击动作的肌力发力特征将会成为研究热点。

### 3.3 肌力测试在评估运动成绩中的应用

有关肌力测试的研究结果,通过国内外对比,国内在运动领域对运动成绩与肌力测试相结合的研究较少,特别是等速测试与运动成绩相结合,目前的报道还较少,这将是今后研究肌力测试的热点趋势。

### 3.4 肌力表现在不同等级运动员的特征差异研究

同一项目不同等级或水平的运动员的肌力表现存在很大的差异,因此对各个项目、级别运动员进行等速肌力测试,可以帮助教练员更好地指导运动训练、制定更加科学的训练计划,从而进一步提高运动成绩。

### 3.5 反映运动员肌肉耐力能力的功疲劳指标、耐力

### 比等输出指标运用的相关研究

功疲劳指标(work fatigue)或耐力比(ER):指肌肉重复收缩时耐受疲劳的能力。计算结果一般是取值越小,说明肌肉抗疲劳的能力越强,耐力越好,这将会对竞技运动员的选材提供极其重要的参考作用。

### 4 结语

随着肌肉力量测试技术应用范围的扩大,在以后的应用研究中将会与其他相关学科相结合,等张、等长、等速力量测试技术与运动、康复医学相结合,为正确制定治疗、训练计划和运动员的选材等将起到重要作用;肌力测试与相关的运动治疗方法相结合,使得运动康复领域的医生能够及时准确掌握患者病情,及时调整运动处方,这样既可以使患者得到适当的治疗和康复,同时减少了运动中的风险,达到康复的目的。因此,肌肉力量测试技术与运动生理学、运动生物力学、运动训练等其他相关理论、技术之间相互联系的研究,将成为肌肉力量测试技术今后的发展趋势。

### 注释及参考文献:

[1]Shirido O, Ito T, Kaneda K, et al. Concentric and eccentric strength of trunk muscles: influence of test postures on strength and characteristics with chronic low-back-pain[J]. Arch phys Med Reha-bil, 1995, 76(7): 604-611.  
 [2]虞重干, 郭权. 篮排球运动员下肢3关节肌等速测试的对比研究[J]. 体育与科学, 2000(1): 73-75.  
 [3]张跃. 测力台测试用于肌肉生物力学特征性研究[J]. 体育与科学, 1998(5): 102-106.  
 [4]王海群. 对不同项目运动员躯体肌力的等速测试研究[J]. 体育与科学, 1998, 18(4): 29-30.  
 [5]吴声光. 男性网球选手股四头肌等速向心及离心肌力分析[J]. 中国运动医学杂志, 1994(1): 35-37.  
 [6]吴毅. 膝关节屈肌和伸肌等速向心和等速离心肌等长收缩的研究[J]. 中国运动医学杂志, 1996(3): 55-58.  
 [7]Shirado O, Itoh T, Kaneda K, et al. Concentric and eccentric strength of trunk muscles: influence of test postures on strength and characteristics of patients with chronic low-back pain[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1995, 76: 694-671.  
 [8]占飞, 吴毅, 胡永善, 等. 腰椎间盘突出症患者腰屈伸肌的功能变化[J]. 中国康复医学杂志, 1998(13): 156-158.  
 [9]Ropponen A, Levalahti E, et al. The role of genetics and environment in lifting force and isometric trunk extensor endurance[J]. Phys Ther, 2004, 84(7): 608-621.

## Restudy on the Sport Application of Muscle Strength Detection Methods

HE Jian-wei<sup>1</sup>, WANG Xiao-wei<sup>2</sup>, ZENG Lin-ye<sup>3</sup>, CHEN Ri-sheng<sup>4</sup>

(1. P.E Department, Putian University, Putian, Fujian 351100;

2. PE School of Haerbin Industry University, Harbin, Heilongjian 150001;

3. Department of Sport Science, Wenzhou Medicine College, Wenzhou, Zhejiang 325000;

4. PE School of Shaoyang College, Shaoyang, Hunan 422000)

**Abstract:** Muscle strength as an important component of body is muscles systolic power, which has a rule on improving athletic health and creating best performance following the size, varies regularity and with close related other physical fitness coordinated development. It is always a focus topic to scholars on how to accurately and reasonably detect. The paper collected and applied related literature data to further study by consolidation treatment and logical analysis of muscle strength detection method, then judged muscles function status, offered theoretical support and scientific basis for formulating therapy, training program and athlete selection.

**Key words:** Isokinetic muscle strength; Peak torque; Peak power; Work fatigue