

·运动人体科学·

## 体质测试中青少年力量素质评价指标效度的比较

岳建军<sup>1</sup>, 高升<sup>1</sup>, 龚俊丽<sup>1</sup>, 程宙明<sup>2</sup>

(1.安徽师范大学 体育学院, 安徽 芜湖 241000; 2.华东师范大学 青少年健康评价与运动干预教育部重点实验室, 上海 200241)

**摘 要:** 将4种青少年力量素质评价指标与标准测试相比较, 筛选出效度高的评价指标, 为我国青少年力量素质评价提供参考。选取85名非体育专业大学一年级学生, 利用BIODEX等动测力仪、Telemetry2400DTS16通道表面肌电系统等仪器, 测试了学生屈腿硬拉、下肢蹬力、屈臂力量、髋关节伸肌力量、引体向上、握力等指标数据, 进行回归分析。结果发现男生屈腿硬拉与实验室标准测试指标下肢蹬力相关系数达到0.913, 与实验室标准测试指标髋关节伸肌力量相关系数为0.653, 与实验室标准测试指标屈臂力量相关系数为0.724; 女生屈腿硬拉与实验室标准测试指标下肢蹬力相关系数达到0.745, 与实验室标准测试指标髋关节伸肌力量相关系数为0.463, 与实验室标准测试指标屈臂力量相关系数为0.559。结果说明屈腿硬拉可以作为全身肌肉力量素质评价指标。

**关键词:** 运动生物力学; 力量素质; 屈腿硬拉; 青少年; 评价指标效度

**中图分类号:** G804.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2017)06-0138-07

### A comparison of the validity of teenager strength quality evaluation indexes in physical tests

YUE Jian-jun<sup>1</sup>, GAO Sheng<sup>1</sup>, GONG Jun-li<sup>1</sup>, CHENG Zhou-ming<sup>2</sup>

(1.School of Physical Education, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 2.Key Laboratory of Adolescent Health Assessment and Exercise Intervention Ministry of Education Sport and Health Department, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** The author compared 4 types of teenager strength quality evaluation indexes with standard tests, and screened out high validity evaluation indexes, so as to provide reference for Chinese teenager strength quality evaluation. The authors selected 85 freshmen not majoring in physical education, used instruments such as BIODEX ISOINETIC dynamometer and Telemetry2400DTS16 channel surface myoelectricity system to test such index data of the students as flexion leg hard pull, lower limb stamping strength, flexion arm strength, hip joint extensor strength, pull-up and grip strength, carried out a regression analysis, and revealed the following findings: as for the male students' flexion leg hard pull, its coefficient of correlation with lower limb stamping strength as a laboratory standard test index was up to 0.913, its coefficient of correlation with hip joint extensor strength as a laboratory standard test index was 0.653, its coefficient of correlation with flexion arm strength as a laboratory standard test index was 0.724; as for the female students' flexion leg hard pull, its coefficient of correlation with lower limb stamping strength as a laboratory standard test index was up to 0.745, its coefficient of correlation with hip joint extensor strength as a laboratory standard test index was 0.463, its coefficient of correlation with flexion arm strength as a laboratory standard test index was 0.559. The said findings indicate that flexion leg hard pull can be used as a whole

收稿日期: 2017-05-06

基金项目: 国家社科基金项目(16BTY074); 高校优秀青年支持计划重点项目(gxyqZD2016020); 教育部人文社会科学基金项目(13YJC890043); 安徽省重大教学改革研究项目(2014ZDJY025)。

作者简介: 岳建军(1980-), 男, 副教授, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向: 体质健康评价。E-mail: yuejj@mail.ahnu.edu.cn

body muscle strength quality evaluation index.

**Key words:** sports biomechanics; strength quality; flexion leg hard pull; teenager; evaluation index validity

众所周知,引体向上是2014年教育部新规定的评价中学和大学男生力量素质的指标之一。然而笔者在进行大学生体质健康测试时发现绝大部分学生完成不了一个标准的引体向上动作,在其它省市进行学生体质健康抽测时也出现同样的现象;于是进一步访谈了相关的教育管理者 and 教师,发现无论老师、学生,还是分管领导似乎非常坦然地接受这个现象,他们普遍认为全国都是这样,没有必要进行专门训练。这些表明引体向上作为评价学生上肢和肩带力量素质的可行性和效能有待改进。从理论研究来讲,范洪彬、孙有平等<sup>[1]</sup>对力量素质测试进行了中外比较和历史回顾,并且利用表面肌电贡献率比较了上肢力量素质指标与年龄、性别的通用性<sup>[2]</sup>,认为修正俯卧撑要比修正引体向上通用性要好,但是并没有将修正俯卧撑测试指标与实验室标准指标进行比较,即没有检验指标的效度。此外,从日常体力活动来讲,除了静坐之外,人的动作模式是多关节多肌肉群共同参与的,显然以还原论为基础的评价理论而形成的全身力量素质“分区而治”

评价方式与人体实际动作模式——多关节多肌肉群共同参与的协同性之间多少有一些不相符合。因此,本研究运用Terry<sup>[3]</sup>体质健康测试效度构建的“金字塔”范式理论为指导,结合肌电与等动测试,注重肌肉内外用力的贡献特征,尝试各个测试动作,对初步数据分析后选定屈腿硬拉作为青少年力量素质评价指标。试图解决目前力量素质评价指标效度问题,尤其是引体向上评价学生上肢肌肉力量素质的效度问题。为相关部门提供一个科学有效的评价手段或指标,为相关理论研究提供一个整体评价思路,丰富青少年力量素质评价理论研究。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

高校非体育专业大学生85名,其中男生45名,女生40名,均为一年级学生,受试对象为无肌肉损伤、伤病等情况,征得本人同意,愿意配合本次实验,各项指标具体情况见表1。

表1 研究对象基本情况( $\bar{x} \pm s$ )

性别	n/人	身高/cm	体质量/kg	年龄/岁	脂肪百分数/%	瘦体重/kg	腰臀比	BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )
男生	45	174.78±3.68	72.05±13.78	19.19±1.27	26.65±2.47	66.65±11.81	0.86±0.03	28.80±6.65
女生	40	158.59±5.24	57.14±8.96	19.90±1.23	27.50±5.57	41.07±4.36	0.77±0.05	22.71±3.40

### 1.2 实验方法

#### 1)测试仪器。

表面肌电:Noraxon公司Telemetry2400DTS 16通道无线遥测表面肌电采集分析系统,采用频率为1000 Hz;

等动测力:美国产BIODEX Medical Systems4等速测力与训练系统;

屈腿硬拉测试:艾德堡外置传感器数显推拉力计HP-5K。

握力测试:科导握力测试仪TZCS-3。

#### 2)肌肉选取。

结合相关文献与专家咨询,下肢肌肉选取腓骨前肌、腓肠肌内侧、股二头肌、半腱肌、股四头肌;躯干肌肉选取竖脊肌、背阔肌、胸大肌、腹直肌下侧;上肢肌肉选取:三角肌后侧、三角肌中侧、三角肌前侧、肱三头肌、肱二头肌、桡侧腕屈肌、尺侧腕屈肌共计16块肌肉(女生胸大肌与背阔肌未选取)。

#### 3)测试步骤。

受试对象分为5组,2周完成实验,间隔半个月

后再次测试,用于检验测试信度水平。测试前1周受试对象在各个仪器上进行0.5 h练习,并且告之测试流程与动作要求。测试前做15 min准备活动,由专门实验人员进行皮肤处理,如去毛发、酒精消毒等,粘贴与固定电极片;调整等动测试仪器动力转轴,促使关节活动轴与仪器动力臂旋转轴心一致;询问受试对象,务必调整到最适合的用力位置,并且进行重力补偿。先进行场地测试,后进行标准指标测试,取3次最好成绩。

#### 4)场地测试指标。

立定跳远:以起跳线至被测者落地时留下最近的一个点计算垂直距离,被试者跳3次,取最好成绩。立定跳远起跳阶段从蹬地开始到脚尖离地作为肌电数据采集的动作时相。

屈腿硬拉:两脚与肩同宽,蹬踏于推拉力计下端;双手与肩同宽握于推拉力计上端,握把的距离稍高于膝关节,上体保持正直,膝关节与髋关节均屈曲160°,处于最大力矩输出角度<sup>[4]</sup>,用个人最大力量蹬伸提拉,

取3次最好成绩。用节拍器控制节奏,设置时间为5 s(作为肌电数据采集的动作时相),间隔1周重新测试。

右手握力:双脚与肩同宽站立于握力计前,按照仪器操作说明,要求受试者双手下垂置于体侧,掌心向内,上臂稍向外,不超过 $30^{\circ}$ ,尽个人最大力量握住握力计的测力部分,手臂不要左右摆,至显示屏上数值不变动为止,取3次最好成绩(优势手为左手的受试者则换成左手)。

引体向上:男生双手略宽于肩正握于单杠上,身体自然悬垂。停止晃动后,两臂缓缓向上引体,引体时身体不得有附加动作,下颌超过单杠上沿后,再开始缓缓下落,还原至直臂悬垂姿势为完成一次。女生斜身引体向上动作开始姿势为受试者伸直上肢,双手正握杠,上肢、躯干、下肢伸直,脚后跟始终着地支撑,调节杠的高度使整个躯干与地面成 $120^{\circ}$ ;拉杠引体至下颌过横杠后恢复开始姿势为一次<sup>[5]</sup>。用节拍器控制节奏,拉起过程1 s(作为肌电数据采集的动作时相),下巴超过单杠时停留1 s,下落过程1 s。

#### 5) 实验室测试标准指标筛选与测试。

依据 Terry<sup>[3]</sup>体质健康测试效度构建的“金字塔”模式,分为定义阶段、验证阶段和理论测试阶段。定义阶段是对各级概念精确解析,是各级指标体系的来源和基础,由理论领域和操作领域构成。验证阶段在定义阶段基础上,评价场地测试与实验室测试之间的关系。最常用的方法是相关标准效度论证法,即凭借测试项目的标准测试指标,通过大样本场地和实验室测试收集数据,运用多元回归分析计算权重系数( $R^2$ ),以此确定它们之间的效度关系。在此过程中,选取标准测试指标是关键。理论测试阶段是用科学的统计方法对论证阶段理论进行试行测试,将要考虑到更多因素,是理论走向实践的重要一步。本研究所做的工作正是验证阶段,也是指标评价效度关键一个阶段<sup>[6]</sup>,此阶段关键一步就是标准指标筛选。Faigenbaum<sup>[7]</sup>等研究认为,最大力量(1RM)是评价青少年肌肉力量的“黄金”指标。Hall等<sup>[8]</sup>通过等动肌力测试,得出最大力量进而评价髋关节肌肉力量素质与场地指标的效度。Artero<sup>[9]</sup>等用坐位胸推和蹬腿测量上下肢肌肉力量,作为实验室标准测试,进而与场地测试指标进行比较。本研究结合上述研究方法,将屈臂最大力量作为上肢肌肉力量素质

评价标准指标,将髋关节等动测试峰力矩作为核心区肌肉力量素质评价标准指标,下肢蹬腿的最大力量作为下肢肌肉力量素质评价标准指标,具体测试方法如下:

下肢蹬力:正坐于蹬身器械上,上体保持正直靠于与坐面呈 $90^{\circ}$ 的靠背上,双手紧握大腿两侧扶手,双腿从开始屈膝 $60^{\circ}$ <sup>[10]</sup>,水平蹬伸,先试做3次,从中确定一个最大值,间隔30 s逐渐增加质量,每次增加0.5至2.5 kg,至个人无法完成为止,得出个人最大下肢蹬力(kg)。

屈臂力量:正坐于健身器械上,上体保持正直靠于与坐面呈 $90^{\circ}$ 的靠背上,双腿自然开立触于地面,双手正握手柄从直臂开始屈臂向胸前拉,至肘关节呈 $90^{\circ}$ 结束。先试做3次次最大屈臂重量,从中确定一个最大值,间隔30 s逐渐增加质量,每次增加0.5至2.5 kg,至个人无法完成为止,得出个人最大屈臂力量(kg)<sup>[11]</sup>。

髋关节伸肌力量:先按照等动仪操作要求,初步固定好仪器位置,受试对象低强度试做3次后再调整位置,低速度可以测出个人最大力量,故将等速测力仪设置角速度为 $60^{\circ}/s$ ,倾其全力屈伸髋关节,求出最大力矩值。

#### 6) 数据收集与统计。

表面肌电仪频率设置为1 500 Hz,放大比例为1 000,运用DTS配套的MyoResearch XP clinical edtion1.07,对照同步视频进行动作阶段时相划分;参照ABC of EMG(美国Noraxon公司)采集每一块肌肉最大自主收缩(MVC),每条肌肉MVC测试5次,每次持续5 s,相邻两次间隔1 min,求出最大振幅(AEMGmax);依据各个肌肉的AEMGmax,对各个动作中各个肌肉的AEMG进行标准化处理,以减少被试者个体间的差异;利用SPSS16.0进行数据相关分析和多元回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各项指标结果

场地测试指标与实验室测试指标数据男女生呈现非常显著性差异( $P < 0.01$ ),屈腿硬拉、下肢蹬力、立定跳远、屈臂力量、髋关节伸肌力量、握力均是男生大于女生,而引体向上个数是女生大于男生,可能因为女生斜向引体向上,动作难度相对较小。各项详细数据参见表2。

表2 受试者各项指标测试结果( $\bar{x} \pm s$ )

性别	屈腿硬拉力/kg	下肢蹬力/kg	立定跳远/m	屈臂力量/kg	髋关节伸肌力矩/Nm	右手握力/kg	引体向上/次
男生	121.53±22.56	184.80±37.68	2.28±0.15	72.10±16.11	223.17±62.10	44.56±4.87	4.65±3.34
女生	61.81±15.12	109.58±33.02	1.64±0.14	39.84±6.91	125.17±35.79	29.87±4.26	9.58±5.43

## 2.2 场地测试指标与实验室标准指标相关性

将实验室测试指标作为因变量, 场地测试指标作为自变量进行回归分析, 数据显示, 除了女生斜身引体向上和握力与髋关节肌肉力量、引体向上和握力与下肢蹬力没有显著性差异外, 其它均呈现显著性差异。将总样本性别区分后进行回归分析, 男女生右手握力与实验室标准测试相关系数分别是 0.765 和 0.605, 也是上肢测试指标中相关性最高的, 但是同时屈腿硬拉

相关性也较高, 分别为 0.724 和 0.559, 表明屈腿硬拉评价学生上肢肌肉力量具有较高的效度。男生下肢蹬力与屈腿硬拉相关系数达到 0.913, 而与引体向上相关系数只有 0.314; 与男生类似, 女生实验室测试指标与场地测试指标相关系数最大与最小也分别是下肢蹬力与屈腿硬拉、引体向上(斜向)。通过加入体质量变量分析发现, 相关系数均有增加的趋势(见表 3)。

表 3 实验室标准测试与场地测试回归分析结果<sup>1)</sup>

因变量	自变量	相对体质量未标准化			相对体质量标准化		
		$R^2$	SE	$P$	$R^2$	SE	$P$
男生上肢屈臂力量	屈腿硬拉	0.724	0.130	0.000			
	立定跳远	0.423	11.344	0.000	0.689	6.088	0.000
	引体向上	0.513	24.156	0.000	0.876	0.065	0.000
	右手握力	0.765	0.563	0.000			
男生髋关节伸肌力量	屈腿硬拉	0.653	0.619	0.000			
	立定跳远	0.419	92.399	0.000	0.549	34.485	0.000
	引体向上	0.326	0.432	0.003	0.521	0.087	0.001
	右手握力	0.444	13.564	0.002			
男生下肢蹬伸力量	屈腿硬拉	0.913	0.275	0.000			
	立定跳远	0.829	48.460	0.000	0.876	15.234	0.000
	引体向上	0.314	0.642	0.004	0.487	0.007	0.003
	右手握力	0.403	1.094	0.003			
女生上肢屈臂力量	屈腿硬拉	0.559	0.086	0.000			
	立定跳远	0.329	4.345	0.001	0.440	12.944	0.000
	引体向上	0.363	20.450	0.005	0.775	0.034	0.000
	右手握力	0.607	0.154	0.002			
女生髋关节伸肌力量	屈腿硬拉	0.463	0.517	0.000			
	立定跳远	0.278	106.964	0.001	0.345	57.635	0.001
	引体向上	0.253	0.567	0.006	0.327	0.056	0.000
	右手握力	0.314	9.433	0.062			
女生下肢蹬伸力量	屈腿硬拉	0.745	0.390	0.001			
	立定跳远	0.685	99.226	0.003	0.781	38.019	0.000
	引体向上	0.196	0.550	0.076	0.234	0.008	0.004
	右手握力	0.283	5.342	0.093			

1)根据 Artero、Milliken 等人研究, 将立定跳远与引体向上身体腾空与悬空动作进行了相对体质量标准化处理

## 2.3 场地测试指标肌肉用力贡献

从男生 16 块肌肉、女生 14 块肌肉对立定跳远、引体向上、屈腿硬拉贡献比重来看, 立定跳远起跳阶段各个肌肉用力相对比较均衡, 三角肌前侧占据较大

的比重, 男生超过 20%, 而女生超过 30%。引体向上主要参与肌肉为上肢, 占据较大贡献比重的肌肉是桡侧腕屈肌、肱二头肌与三角肌后侧, 这一比重男女生相同; 不同之处在于男生腹直肌下侧也占据较大比重,

平均达到 7.58%，而女生占据较小的比重。屈腿硬拉动作全身上中下部位均有贡献比重较大的肌肉，依次

为胸大肌、三角肌后侧和腓骨前肌，女生用力贡献比重更加均衡(见图 2、3)。

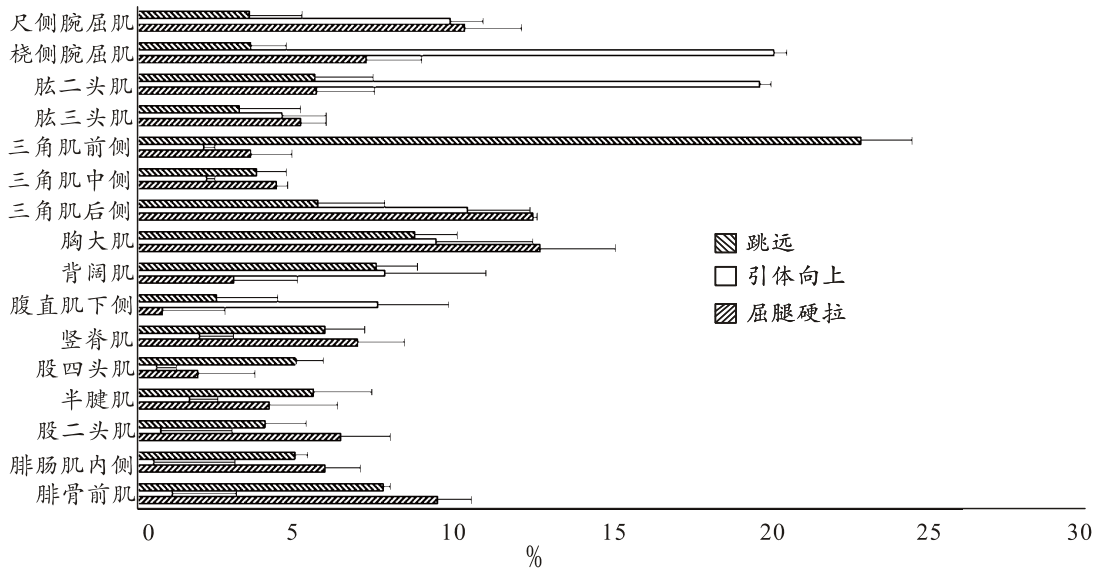


图 1 男生 3 个指标肌肉用力贡献百分数

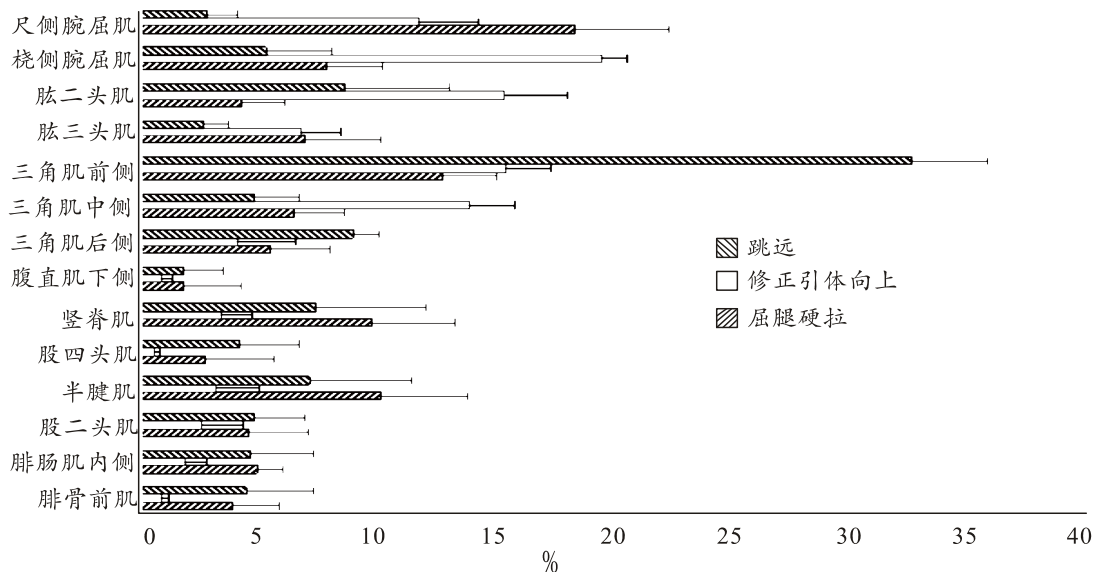


图 2 女生 3 个指标肌肉用力贡献百分数

### 3 讨论

#### 3.1 上肢肌肉力量评价指标

目前评价上肢肌肉力量常用的指标有握力、引体向上、俯卧撑、悬吊等<sup>[12]</sup>，但评价前提条件是测试对象能够完成一次测试动作的最小力量<sup>[10]</sup>。Artero 等<sup>[9]</sup>针对平均年龄 14 岁的儿童青少年，通过上肢等动测试与握力进行相关分析，得到较高相关系数( $R^2=0.77$ )，而引体向上、俯卧撑、悬吊等测量效度相对较低<sup>[13]</sup>。这与本研究结果一致，但是相比之下，屈腿硬拉指标更加优于握力测试指标。各个测试指标完成动作不同，

悬吊、引体向上、俯卧撑需要负载整个身体，因此，考虑到体质量变量，指标效度又会受到影响。与 Artero、Milliken 等<sup>[9, 11]</sup>研究一致，将各个指标测试数据相对体质量取值后，测试效度均有 13%~20%提升，但是仍然没有握力和屈腿硬拉评价上肢肌肉力量效率高。

#### 3.2 下肢肌肉力量评价指标

目前评价下肢肌肉力量常用指标有立定跳远、纵跳、蹲跳、下蹲跳等<sup>[14]</sup>。Milliken 等<sup>[11]</sup>通过对立定跳远、纵跳与标准测试下肢蹬力(1RM)进行相关分析，发现两者均与标准测试具有较高相关性，尤其是立定跳远，

当加入体质量变量后效度会更高。Artero 等<sup>[9]</sup>将立定跳远、纵跳、蹲跳、下蹲跳与膝关节等动峰力矩和功率进行相关分析,发现立定跳远与膝关节等动峰力矩和功率相关系数最高,尤其是相对体质量取值后的相关系数,于是得出立定跳远可以评价儿童青少年下肢肌肉力量,男女生均可以采用。Jorge 等<sup>[15]</sup>测试 6~12 岁儿童的立定跳远、纵跳、蹲跳、下蹲跳与下肢蹬力(1RM),研究发现各个指标均有较高信度,立定跳远与下肢蹬力(1RM)相关性最高( $R^2=0.70$ ),证明了 Milliken 等<sup>[11]</sup>的研究。本研究中立定跳远与下肢蹬力也具有较高的相关性,而且相对体质量取值后,均有一些提高,与前人研究一致,但是屈腿硬拉与下肢蹬力相关性更高,尤其是男生。与立定跳远相比,屈腿硬拉与下肢蹬力相关性更高的原因可能在于屈腿硬拉需要股四头肌为主的肌肉慢慢收缩达到最大力量,与下肢蹬力用力方式相似,而立定跳远需要股四头肌为主的肌肉瞬间爆发出较大的力量。

### 3.3 核心区肌肉力量评价指标

评价青少年核心区肌肉(躯干肌肉)力量素质常用指标为仰卧起坐,美国也用俯卧背伸指标评价躯干后背肌肉收缩能力。相关研究表明无论全仰卧起坐还是半仰卧起坐,与腹肌等长收缩相关系数都较低;再加上仰卧起坐计数方式与动作要领各个国家都不一致,因此针对仰卧起坐或者其它测试指标与标准测试指标相关性的研究相对较少,所以核心区肌肉力量素质评价存在较大的修正空间。而本研究中,男女生屈腿硬拉与等动测试伸髋峰力矩具有较高的相关性,可以为评价核心区肌肉力量提供一个新方法。

### 3.4 屈腿硬拉评价全身肌肉力量

与国民体质测试中的背肌力测试指标稍微不同<sup>[6]</sup>,屈腿硬拉动作要求下肢弯曲,便于全身下肢力量的发挥。先前“分区而治”评价方式的理论依据是人体解剖几何形体块划分<sup>[1]</sup>;为了便于了解和掌握人体结构,将人体划分为头、躯干、上下肢。如果按此逻辑,还缺少头颈部肌肉评价指标,而且肌肉力量又分最大力量、肌肉耐力、快速力量,如果再结合每一个部位进行评价构建,现实中是很难操作的。事实上各国青少年力量素质评价指标体系并没有完全按照上下肢和躯干进行建构,至少各个年龄段没有如此完备的指标体系。当然,“分区而治”方式也有合理方面,因为理论研究方法需要进行分解细化,而实践操作场面需要坚持整体论思路;犹如柔韧素质评价,虽然从定义层面讲,它是关节肌肉肌腱活动幅度的控制能力,涉及多个关节,但是实践中很多国家就构建了一个坐位体前屈指标。从图 2、3 也可以看出,不管是立定跳远,还

是引体向上、屈腿硬拉,均是全身上下肌肉共同用力的结果,尤其是立定跳远,上体肌肉男女生平均贡献都各占 1/2,特别是三角肌贡献比重,这一点与成年人相比,儿童青少年有过之而无不及<sup>[17]</sup>。事实上,力量素质指标是评价肌肉力量能力与水平,为日常体力活动提供支撑与保障,而日常体力活动很少单独使用上肢或者下肢进行活动的。正是基于此,全身多关节多肌肉群评价更加受到重视。近年来相关研究开始探索单一指标评价青少年全身肌肉力量素质就是一个例证。Artero 等<sup>[9]</sup>通过对青少年(平均年龄 14.4 岁)握力、立定跳远、蹲跳、下蹲跳等上下肢肌肉力量与实验室等动测试相关分析,推荐用握力与立定跳远评价全身肌肉力量。随后 Victor Keihan 等<sup>[18]</sup>通过 10~17 岁青少年立定跳远、仰卧起坐、纵跳等测试得出,握力与其都高度相关,可以将握力作为青少年力量评价指标。上下肢肌肉力量本身存在一定相关性为从整体论视角构建青少年力量素质评价指标提供依据。本研究综合了信效度以及灵敏度测试手段,认为屈腿硬拉可以作为青少年力量肌肉评价指标,而且只需要将国民体质测试中背力计的链条稍微调整,就可以适合在学生体质健康测试中广泛推广与使用。

### 参考文献:

- [1] 范洪彬,孙有平,季浏. 体质测试中力量素质评价指标与测试方法的国际比较与启示[J]. 体育科学, 2015, 35(1): 80-87.
- [2] 范洪彬,孙有平,季浏. 基于表面肌电贡献率的上肢不同力量素质指标年龄、性别通用性研究[J]. 中国体育科技, 2016, 52(05): 83-97.
- [3] TETTY M W, ZHU W M. Measurement theory and practice in kinesiology[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006: 34.
- [4] 弗拉基米尔·M·扎齐奥尔斯基. 力量训练的科学与实践[M]. 金季春,译. 北京:北京体育大学出版社, 2011, 5: 44.
- [5] HOBAYAN K, PATTERSON D, SHERMAN C, et al. Validity of alternative fitnessgram upper body tests of muscular strength and endurance among seventh and eighth grade males and females[J]. Physical Educator, 2014, 71(4): 594.
- [6] 岳建军,阎智力,季浏,等. 美国青少年体质健康评价体系及其启示[J]. 体育文化导刊, 2013(7): 35-39.
- [7] FAIGENBAUK A D, MILLIKEN L A, LOUD R L, et al. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children[J]. Res Q Exerc Sport, 2002, 73:

416-424.

- [8] HALL G, HETZLER R K. Relationship of timed sit-up tests to isokinetic abdominal strength[J]. *R Q Exerc Sport*, 1992, 63: 80-84.
- [9] ARTERO E G, ESPANA R V, CASTRO P J, et al. Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2012, 52(3): 263-272.
- [10] VAARA J P, KYROLAINEN H. Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition[J]. *J Strength Cond Res*, 2012, 26(8): 2078-2086.
- [11] MILLIKEN L A, FAIGENBAUM A D, LOUD R L R, et al. Correlates of upper and lower body muscular strength in children[J]. *J Strength Cond Res*, 2008, 22(4): 1339-1346.
- [12] BIANCO A, JEMNI M, THOMAS E, et al. A systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents-The ASSO Project [J]. *Int J Occup Med Environ Health*, 2015, 28(3): 445-478.
- [13] CASTRO P J, ORTEGA F B, ARTERO E G, et al. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness [J]. *J Strength Cond Res*, 2010, 24(7): 1810-1817.
- [14] BIANCO A, JEMNI M, THOMAS E, et al. A systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents-The ASSO Project[J]. *Int J Occup Med Environ Health*, 2015, 28(3): 445-478.
- [15] JORGE R F, JONATAN R R, DANIEL D C, et al. Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children[J]. *J Strength Cond Res*, 2015, 29(8): 2277-2285.
- [16] 郭青龙, 李卫东. 人体解剖生理学[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2009: 21.
- [17] GERODINMOS V, ZAFERRIDIS A, PERKOS S, et al. The contribution of stretch-shortening cycle and arm-swing to vertical jumping performance in children, adolescents, and adult basketball players[J]. *Pediatr Exerc Sci*, 2008, 20(4): 379-389.
- [18] MATSUDO V K R, MATSUDO S M, REZENDE L F M, et al. Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents[J]. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2015, 17(1): 01-10.

