

·运动人体科学·

表面肌电贡献率测试3种姿势仰卧起坐的年龄、性别通用性

孙有平^{1,2}, 范洪彬^{1,2,3}, 季浏^{1,2}

(1.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; 2.华东师范大学 体育与健康学院, 上海 200241; 3.遵义医学院 体育学院, 贵州 遵义 563000)

摘 要: 利用表面肌电贡献率比较了体质测试中3种不同姿势仰卧起坐(双臂胸前交叉、双手放大腿上、双臂体侧)在不同年龄和性别因素上的通用性, 为科学、准确筛选出最优姿势的仰卧起坐提供理论依据。以6~14岁学生270人为测试对象, 测试每个学生全身14块肌肉在完成上述力量素质测试时的肌电值, 并标准化为表面肌电贡献率; 对3种不同姿势的仰卧起坐所有肌肉的肌电贡献率, 分别进行年龄和性别的双因素方差分析和指标间差异的比较。结果可见, 双臂胸前交叉仰卧起坐年龄、性别及其交互作用显著的肌肉分别为1、7、2块, 年龄效应差异显著的年龄组成对数量为男女生共计45对, 性别效应差异显著的肌肉数量为9块, 年龄组为5个; 双手放大腿上仰卧起坐年龄、性别及其交互作用显著的肌肉分别为5、6、5块, 年龄效应差异显著的年龄组成对数量为男女生共计101对, 性别效应差异显著的肌肉数量为11块, 年龄组为13个; 双臂体侧仰卧起坐年龄、性别及其交互作用显著的肌肉分别为2、10、3块, 年龄效应差异显著的年龄组成对数量为男女生共计82对, 性别效应差异显著的肌肉数量为13块, 年龄组为11个。结果说明6~14岁学生完成3种不同姿势仰卧起坐年龄及性别通用性当属双臂胸前交叉的仰卧起坐最高。

关键词: 运动生理学; 表面肌电; 躯干力量; 仰卧起坐; 年龄; 性别

中图分类号: G804.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2017)05-0126-08

Age and gender universality of sit-ups in different postures tested by surface myoelectricity contribution rate

SUN You-ping^{1,2}, FAN Hong-bin^{1,2,3}, JI Liu^{1,2}

(1.Key Laboratory of Adolescent Health Assessment and Exercise Intervention of Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200241, China; 2.School of Physical Education & Health Care, East China Normal University, Shanghai 200241, China; 3.School of Physical Education, Zunyi Medical College, Zunyi 563000, China)

Abstract: By utilizing surface myoelectricity contribution rate, the authors compared the universality of sit-ups in 3 different postures (both arms crossing over the chest, both hands on thighs, both arms at both sides) in fitness testing in terms of age and gender factors, so as to provide a theoretical criterion for screening out sit-ups in the optimal posture in a scientific and accurate way. Basing the test objects on 270 students aged 6-14, the authors tested the myoelectricity values of 14 muscles in the whole body of every student during completing the said strength quality testing, and then standardized them into surface myoelectricity contribution rates, carried out an age and gender factors analysis of variance and a comparison of differences between indexes on the surface myoelectricity contribution rates of all the muscles involved in sit-ups in 3 different postures, and revealed the following findings: the numbers of the age, gender and their interaction significant muscles involved in sit-ups with both arms crossing over

收稿日期: 2016-10-11

基金项目: “青少年健康评价与运动干预教育部重点实验室”建设项目(40500-541235-14203/004); 上海高校创新能力提升计划竞争性引导项目: 青少年 power 工程协同创新中心(44891400)。

作者简介: 孙有平(1959-), 男, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 运动与健康, 专项教学与训练。E-mail: sunyouping@163.com
通讯作者: 季浏教授

the chest are respectively 1, 7 and 2 pieces, the number of pairs in the age effect difference significant age groups are totally 45 pairs of male and female students, the number of gender effect difference significant muscles is 9 pieces, there are 5 age groups; the numbers of the age, gender and their interaction significant muscles involved in sit-ups with both hands on thighs are respectively 5, 6 and 5 pieces, the number of pairs in the age effect difference significant age groups are totally 101 pairs of male and female students, the number of gender effect difference significant muscles is 11 pieces, there are 13 age groups; the numbers of the age, gender and their interaction significant muscles involved in sit-ups with both arms at both sides are respectively 2, 10 and 3 pieces, the number of pairs in the age effect difference significant age groups are totally 82 pairs of male and female students, the number of gender effect difference significant muscles is 13 pieces, there are 11 age groups. The said findings indicate that among sit-ups in 3 different postures (both arms crossing over the chest, both hands on thighs, both arms at both sides) done by students aged 6-14, sit-ups with both arms crossing over the chest has the highest age and gender universality.

Key words: sports physiology; surface myoelectricity; trunk strength; sit-up; age; gender

躯干力量的测量代表着对人体躯干肌肉健康状况的洞察^[1]。因此,在许多国家(地区)建立的体质测试体系中,躯干力量测量都成为必测内容,而在众多的躯干力量测试指标中,仰卧起坐都是不可替代的重要测试内容。但是,各测试体系中仰卧起坐的测试要求并非一致,动作形式存在较大差异,这些差异主要有5种上肢摆放位置:即双手手指交叉抱头、双手罩耳、双臂胸前交叉、双臂体侧、双手放大腿上^[2]。其中,双手手指交叉抱头的仰卧起坐,由于上体起身时手臂发力方向与上体所受阻力效果大体相反,双手产生强力向前拉动头部,而头颈关节相对躯干不够牢固,易对颈部造成潜在危害^[3]已被弃用;双手罩耳仰卧起坐测试过程中起身结束位置超过90°,与约30°~45°的最佳上体运动幅度^[2]不相吻合,且令测试者难以把握判定尺度也被淘汰。所以,有学者建议对其他3种姿势的仰卧起坐(双臂胸前交叉、双手放大腿上、双臂体侧)^[2]进行实验论证,以科学地筛选出评估躯干力量的最优指标。

本研究拟通过表面肌电贡献率,比较不同姿势仰卧起坐指标肌肉贡献率的年龄、性别差异程度,以区别不同指标通用性的大小。为实现躯干力量指标的精选和身体某一部位不同动作的比较提供一种新的思路,也为力量素质测量与评价提供一定的理论依据。

1 测试对象及方法

1.1 测试对象

以上海市闵行区福山实验学校、闵行第三中学的6~14岁小学、初中生为测试对象,以1岁为年龄分组标准,随机选取义务教育全学段(小学至初中)的在校学生。每年龄组选取男、女生各15人,整个研究年龄跨度共计270人。所有测试对象均健康,在实验前家长均签署知情同意书。

1.2 实验设计

对6~14岁学生3种不同姿势仰卧起坐(双臂胸前交叉、双手放大腿上、双臂体侧)等力量素质指标采用双因素测试对象间设计,自变量为年龄(6~14岁,每一岁为一个水平,共9个水平)、性别(男、女2个水平),因变量为各力量素质指标所测试的14块肌肉的表面肌电(aEMG)贡献率。

计算组间因素年龄、性别对每个力量素质指标每块肌肉贡献率所引起的差异,比较不同力量素质指标所有或局部肌肉的差异,进而确定力量素质指标的通用性。

1.3 测试法

1)测试仪器。

实验采用美国Noraxon公司生产的TeleMyo DTS(直接传输系统)的遥感探测多频道无电缆sEMG(surface electromyogram,表面肌电图)系统,两探测电极中心间距2cm,置于肌肉突起处并使两者连线与该肌纤维走向平行,参考电极置于距离记录电极中心2.5cm处,肌电图采样频率为1000Hz,CMRR(共模抑制比)>100dB,总增益为1000,噪声<1μV RMS(方根值)。信号经A/D转换(12bit)后存入计算机。使用TeleMyo DTS系统与分析软件(Noraxon's MyoResearch XPclinical.edition.07)读取原始sEMG信号,计算aEMG作为反映肌肉活动强度的指标。

2)测试步骤。

(1)检测肌肉。

依据运动解剖学知识和相关研究,选取全身优势侧^[4]三角肌中部、肱二头肌、前臂屈肌、肱三头肌、前臂伸肌、胸大肌中部、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、竖脊肌、股直肌、胫骨前肌、股二头外侧肌及腓肠肌外侧14块肌肉,记录完成3种仰卧起坐的肌肉表面肌电值(aEMG)。

(2)测试过程。

测试开始前,实验人员做好测试仪器的安装调试等准备工作,测试对象熟悉实验流程,测试对象进行 10 min 的准备活动后进行身高、体重测量;测试人员安放表面肌电图电极。完毕后 6~14 岁学生按照双臂胸前交叉、双手放大腿上及双臂体侧顺序进行仰卧起坐测试。每个指标均以 3 s/个的速度重复 3 次,3 次测试数据取平均;为避免疲劳,相邻测试指标之间休息 3 min。3 种不同姿势仰卧起坐指标测试方法参照相关文献[5-6]。

3)数理统计。

(1)数据标准化。

在使用表面肌电信号研究神经肌肉功能活动的实践中,由于实验样本的个体差异往往会对实验结果造成较大的影响,进而影响到具体的研究结果。为消除个体间表面肌电特征值的较大差异,在数据分析前通常要对表面肌电特征值测试数据进行标准化处理。

本研究中,在研究不同力量素质测试指标的相关动作时,在一个动作周期内将反映其肌肉运动功能状态的若干肌肉的表面肌电参数值(aEMG)累加后的和为基准,其中某一肌肉的表面肌电参数值(aEMG)与之比较的比值为标准化数据,即总和标准化^[7-8],标准化后的值称为“肌肉贡献率”^[9]。

(2)数据分析。

实验测试计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。采用 SPSS19.0 软件进行统计分析。对 6~14 岁学生肌电 aEMG 标准化值进行年龄(9 个水平)与性别(男女 2 个水平)的双因素方差分析,若交互作用显著,对年龄与性别进行简单效应检验。若性别简单效应显著,将性别简单效应在同年级内进行比较;若年龄简单效应显著则进行多重比较,任意两组间比较使用 Turkey 法。检验显著性标准定为 $\alpha=0.05$,置信区间 95%, $P<0.05$ 表示差异有显著性意义, $P<0.01$ 表示差异有非常显著性意义。

2 结果与讨论

2.1 每种姿势仰卧起坐的肌肉贡献率效应

1)双臂胸前交叉仰卧起坐的肌肉贡献率。

(1)肌肉贡献率的主体间效应。

双臂胸前交叉仰卧起坐不同肌肉表面肌电(aEMG)贡献率进行关于年龄、性别的双因素方差分析,发现年龄对竖脊肌和股直肌影响差异有非常显著统计学意义;性别对前臂屈肌、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、竖脊肌、股直肌及股二头肌影响差异具有非常显著性意义,对肱二头肌影响差异有显著性意义;年龄与性别的交互作用对前臂伸肌与竖脊肌影响差异有显著性意义(见表 1)。

表 1 双臂胸前交叉仰卧起坐肌肉贡献率的主体间效应

肌肉	年龄		性别		年龄×性别	
	F	P	F	P	F	P
三角肌	1.512	0.153	0.350	0.554	0.687	0.703
肱二头肌	0.665	0.722	4.340	0.038	1.214	0.291
前臂屈肌	1.484	0.163	10.987	0.001	0.936	0.488
肱三头肌	1.716	0.095	1.761	0.186	1.832	0.072
前臂伸肌	1.241	0.275	1.792	0.182	2.025	0.044
胸大肌	1.053	0.397	2.600	0.108	0.581	0.793
背阔肌	0.686	0.704	25.242	0.000	0.995	0.440
腹直肌	0.710	0.683	19.407	0.000	0.458	0.884
腹外斜肌	0.472	0.875	19.667	0.000	0.554	0.815
竖脊肌	10.702	0.000	21.759	0.000	2.409	0.016
股直肌	5.106	0.000	7.965	0.005	1.801	0.077
胫骨前肌	1.007	0.431	0.915	0.340	0.331	0.954
股二头肌	1.129	0.344	17.046	0.000	1.382	0.205
腓肠肌	0.543	0.823	0.389	0.533	1.548	0.141

(2)肌肉贡献率交互作用显著肌肉的简单效应。

完成双臂胸前交叉仰卧起坐时交互作用显著肌肉表面肌电(aEMG)贡献率的年龄和性别简单效应进行了分析,结果见表 2、表 3。

表 2 双臂胸前交叉仰卧起坐交互作用显著肌肉贡献率的年龄简单效应

性别	前臂伸肌		竖脊肌	
	F	P	F	P
男	2.289	0.022	2.37	0.018
女	0.978	0.454	10.74	0.000

表 3 双臂胸前交叉仰卧起交互作用显著肌肉贡献率的性别简单效应

年龄/岁	前臂伸肌		竖脊肌	
	F	P	F	P
6	0.05	0.823	0.325	0.569
7	2.907	0.089	0.012	0.913
8	0.088	0.768	3.688	0.056
9	1.336	0.249	4.910	0.028
10	0.013	0.910	0.063	0.802
11	4.567	0.034	3.217	0.074
12	0.756	0.386	1.873	0.172
13	1.946	0.164	19.784	0.000
14	6.329	0.012	7.158	0.008

(3)肌肉贡献率的年龄效应。

双臂胸前交叉仰卧起坐动作表面肌电(aEMG)贡献率的年龄主效应差异达到显著性统计学意义的股直肌进行了多重比较。其统计学差异显著的年龄组共 5 对, 男生组年龄简单效应对前臂伸肌和竖脊肌 2 块肌肉的影响差异有显著性意义; 女生组年龄简单效应则只有竖脊肌 1 块肌肉的影响差异有非常显著性意义。男女在竖脊肌上差异共同具有显著性的意义。对年龄简单效应显著的肌肉进行多重比较, 发现男生前臂伸肌有 8 对、竖脊肌 10 对年龄组的差异有显著或非常显著性意义(共计 18 对); 女生竖脊肌有 22 对年龄组的差异有显著性意义。男女生共计 40 对。

(4)肌肉贡献率的性别效应。

主体间效应分析发现, 性别主效应有 7 快肌肉, 简单效应有 2 快肌肉差异具有显著性意义(表 1)。性别

简单效应分析发现: 前臂伸肌显著性差异出现在 11、14 岁组, 竖脊肌显著性差异出现在 9、13、14 岁组。共计 5 个年龄组。

2)双手放大腿上仰卧起坐肌肉的贡献率。

(1)肌肉贡献率的主体间效应

双手放大腿上仰卧起坐不同肌肉贡献率进行关于年龄、性别的双因素方差分析, 发现年龄对肱二头肌、前臂伸肌、胸大肌、背阔肌、竖脊肌及股直肌影响差异具有非常显著性意义, 对股二头肌影响差异有显著性意义; 性别对前臂伸肌、胸大肌、背阔肌、腹直肌、竖脊肌、股直肌及股二头肌影响差异具有非常显著性意义, 对肱二头肌影响差异有显著性意义; 年龄与性别的交互作用对前臂屈肌、股直肌及腓肠肌影响差异有非常显著性意义, 对背阔肌及胫骨前肌影响差异有显著性意义(见表 4)。

表 4 6~14 岁学生双手放大腿上仰卧起坐肌肉贡献率的主体间效应

肌肉	年龄		性别		年龄×性别	
	F	P	F	P	F	P
三角肌	1.109	0.358	1.216	0.271	1.364	0.213
肱二头肌	2.723	0.007	5.043	0.026	0.988	0.446
前臂屈肌	0.488	0.865	1.488	0.224	2.652	0.008
肱三头肌	0.339	0.950	1.297	0.256	0.906	0.512
前臂伸肌	4.706	0.000	42.269	0.000	0.946	0.479
胸大肌	9.618	0.000	19.536	0.000	0.793	0.609
背阔肌	2.844	0.005	43.758	0.000	2.348	0.019
腹直肌	0.573	0.800	13.946	0.000	1.493	0.160
腹外斜肌	1.094	0.368	0.138	0.710	1.181	0.311
竖脊肌	8.481	0.000	21.584	0.000	1.555	0.139
股直肌	10.077	0.000	54.079	0.000	5.286	0.000
胫骨前肌	1.873	0.065	2.388	0.124	2.220	0.027
股二头肌	2.136	0.033	12.381	0.001	0.990	0.444
腓肠肌	1.647	0.112	3.516	0.062	3.793	0.000

(2)肌肉贡献率交互作用显著的肌肉简单效应。

双手放大腿上仰卧起坐交互作用显著肌肉贡献率

的年龄和性别简单效应进行了分析, 结果见表 5、表 6。

表 5 双手放大腿上仰卧起坐肌肉贡献率的年龄简单效应

性别	前臂屈肌		背阔肌		股直肌		胫骨前肌		腓肠肌	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
男	1.102	0.362	0.494	0.860	1.083	0.376	1.101	0.363	4.321	0.000
女	2.038	0.043	4.699	0.000	14.280	0.000	2.992	0.003	1.119	0.351

表 6 双手放大腿上仰卧起坐肌肉贡献率的性别简单效应

年龄/岁	前臂屈肌		背阔肌		股直肌		胫骨前肌		腓肠肌	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
6	0.280	0.597	12.838	0.000	2.618	0.107	0.138	0.711	2.702	0.101
7	0.241	0.624	0.375	0.541	0.238	0.626	0.569	0.451	0.880	0.349
8	0.002	0.964	1.906	0.169	2.761	0.098	0.471	0.493	17.769	0.000
9	6.600	0.011	2.406	0.122	0.576	0.448	4.832	0.029	7.501	0.007
10	0.272	0.602	32.43	0.000	0.797	0.373	2.662	0.104	3.081	0.080
11	0.053	0.817	3.169	0.076	11.870	0.001	0.180	0.672	0.105	0.746
12	0.456	0.500	2.203	0.139	26.376	0.000	0.009	0.925	0.331	0.566
13	3.840	0.051	2.565	0.110	50.176	0.000	5.485	0.020	0.721	0.397
14	10.961	0.001	4.652	0.032	0.955	0.329	5.801	0.017	0.771	0.381

(3)肌肉贡献率的年龄效应。

双手放大腿上仰卧起坐动作肌肉年龄主效应差异达到显著性意义的肌肉进行了多重比较。比较发现,肌肉贡献率年龄主效应差异达到显著性意义的5块肌肉中,肱二头肌出现1对、前臂伸肌出现5对、胸大肌出现14对、竖脊肌出现12对、股二头肌出现2对。统计学差异显著的年龄组,共计34对。

男生组年龄简单效应对腓肠肌的影响差异具有非常显著性意义;女生组年龄简单效应则对前臂屈肌、背阔肌、股直肌及胫骨前肌影响差异有显著性意义。多重比较发现,年龄简单效应相关肌肉差异显著的年龄组为男生腓肠肌17对;女生前臂屈肌8对、背阔肌12、股直肌21、胫骨前肌9对(女生合计50对)。男女生共计67对。

(4)肌肉贡献率的性别效应。

主体间效应分析发现,性别主效应有6快肌肉,简单效应有5快肌肉差异具有统计学意义(见表4)。性

别简单效应分析发现,交互作用显著的5块肌肉中,显著性差异出现的年龄组为:前臂屈肌在9、14岁组,背阔肌在6、10、14岁组,股直肌在11、12、13岁组,胫骨前肌在9、13、14岁组,腓肠肌在8、9岁组,共计13个年龄组。

3)双手体侧仰卧起坐的肌肉贡献率。

(1)肌肉贡献率的主体间效应。

双手体侧仰卧起坐不同肌肉贡献率进行关于年龄、性别的双因素方差分析,发现年龄对前臂屈肌、前臂伸肌、胸大肌及竖脊肌影响差异具有非常显著性意义;对腓肠肌影响差异有显著性意义;性别对三角肌、肱二头肌、前臂屈肌、前臂伸肌、胸大肌、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、竖脊肌、股直肌及股二头肌影响差异具有非常显著性意义,对胫骨前肌及腓肠肌影响差异有显著性意义;年龄与性别的交互作用对前臂屈肌、肱三头肌及腓肠肌影响差异有非常显著性意义(见表7)。

表7 6~14岁学生双手体侧仰卧起坐肌肉贡献率的主体间效应

肌肉	年龄		性别		年龄*性别	
	F	P	F	P	F	P
三角肌	0.736	0.659	6.916	0.009	1.570	0.134
肱二头肌	1.079	0.378	17.907	0.000	0.672	0.716
前臂屈肌	4.435	0.000	13.547	0.000	2.664	0.008
肱三头肌	1.210	0.294	0.094	0.759	0.691	0.700
前臂伸肌	5.637	0.000	19.417	0.000	2.051	0.041
胸大肌	16.881	0.000	11.242	0.001	1.404	0.195
背阔肌	1.275	0.257	26.139	0.000	0.407	0.916
腹直肌	1.282	0.253	8.415	0.004	1.877	0.064
腹外斜肌	1.472	0.168	7.427	0.007	0.635	0.748
竖脊肌	6.248	0.000	11.561	0.001	1.435	0.182
股直肌	1.450	0.176	7.216	0.008	1.263	0.264
胫骨前肌	1.238	0.277	5.666	0.018	1.360	0.215
股二头肌	2.330	0.060	11.847	0.001	1.563	0.136
腓肠肌	2.127	0.034	4.845	0.029	4.310	0.000

(2)肌肉贡献率交互作用显著的肌肉简单效应。

年龄和性别简单效应进行了分析,结果见表8、表9。

双手体侧仰卧起坐交互作用显著肌肉贡献率的年

表8 双手体侧仰卧起坐肌肉贡献率的年龄简单效应

性别	前臂屈肌		前臂伸肌		腓肠肌	
	F	P	F	P	F	P
男	0.938	0.485	3.443	0.001	3.276	0.001
女	6.161	0.000	4.245	0.000	3.161	0.002

表9 双手体侧仰卧起坐肌肉贡献率的性别简单效应

年龄/岁	前臂屈肌		前臂伸肌		腓肠肌	
	F	P	F	P	F	P
6	4.062	0.045	4.500	0.035	3.358	0.068
7	0.116	0.734	5.684	0.018	0.021	0.884
8	0.880	0.349	0.407	0.524	8.102	0.005
9	1.799	0.181	3.946	0.048	11.219	0.001
10	0.028	0.867	5.707	0.018	14.544	0.000
11	6.548	0.011	0.001	0.974	0.677	0.411
12	2.030	0.155	0.451	0.502	0.001	0.971
13	2.143	0.144	0.228	0.633	0.717	0.398
14	17.255	0.000	14.905	0.000	0.686	0.408

(3)肌肉贡献率的年龄效应。

双手体侧仰卧起坐肌肉贡献率的年龄主效应差异达到显著性意义的肌肉贡献率多重比较,发现胸大肌有20对、竖脊肌6对差异显著的年龄组,共计26对。

男生组年龄简单效应对腓肠肌影响具有非常显著性统计学意义;女生前臂屈肌及腓肠肌年龄简单效应差异有非常显著的意义。多重比较发现,年龄简单效应相关肌肉差异显著的年龄组为男生前臂伸肌11对,肌腓肠肌11对;女生为前臂伸肌14对,腓肠肌7对,前臂屈肌13对,共计56对。

(4)肌肉贡献率的性别效应。

主体间效应分析发现,性别主效应有10块肌肉,简单效应有3块肌肉差异具有显著性意义(表7)。性别简单效应分析发现,在交互作用显著的3块肌肉中,显著性差异出现的年龄组为:前臂屈肌在6、11、14岁组,前臂伸肌在6、7、9、10、14岁组,腓肠肌在8、9、10岁组,共计11个年龄组次。

2.2 不同姿势仰卧起坐肌肉贡献率效应比较

3种不同姿势(双臂胸前交叉、双手放大腿上、双臂体侧)的仰卧起坐肌肉贡献率差异进行比较,以区分三者的通用性。

1)肌肉贡献率差异显著肌肉数量的比较。

在每个躯干力量素质指标中,由年龄及性别共同引起的统计学差异显著的肌肉数量可能不同。双因素分析发现,在所测试的相同14块肌肉中(见表1、表4、表7),3种不同姿势的仰卧起坐肌肉贡献率在年龄、性别及两者交互作用上,均存在一定数量的显著性差异的肌肉。

双臂胸前交叉仰卧起坐差异显著的肌肉,在三者效应上的数量分别为2、8、2块,双手放大腿上为7、8、5块,双臂体侧为5、13、2块。根据交互作用显著优先考虑的原则^[9],排除交互作用与主效应同时显著的重复统计,双臂胸前交叉仰卧起坐的差异显著肌肉数量为1、7、2块,双手放大腿上仰卧起坐为5、6、5块,双臂体侧仰卧起坐为2、10、3块。

整体来看,双臂胸前交叉仰卧起坐年龄主效应差异显著的肌肉为1块,双臂体侧为2块,双手放大腿上为5块,说明双臂胸前交叉仰卧起坐年龄主效应差异程度最小。

性别主效应差异程度最大者为双臂体侧,双臂胸前交叉次之,双手放大腿上最小,但后两者整体差异不大。

交互作用效应双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最小,双臂体侧与双手放大腿上差异程度依次增大。

就年龄、性别、交互作用3种效应分别排名来看,

每个指标都有其不同的差异侧重点,不过同在年龄及交互作用差异程度最小者只有双臂胸前交叉仰卧起坐,且其性别效应差异程度亦较小。从每个指标3种效应差异显著的肌肉出现累计频次来看,双臂胸前交叉仰卧起坐为10次、双手放大腿上为16次、双臂体侧为15次,仍为双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最小。

从腹部肌肉来看,全身测试的14块肌肉中,参与完成仰卧起坐动作的主要肌肉包括腹直肌、腹外斜肌^[11-12]。

经主体间效应分析,双臂胸前交叉仰卧起坐性别主效应差异显著的肌肉有腹直肌与腹外斜肌;2块腹部肌肉全部包括(见表1)。双手放大腿上仰卧起坐性别主效应差异显著的肌肉有腹直肌1块腹部肌肉(见表4)。双臂体侧仰卧起坐性别主效应差异显著的肌肉为腹直肌、腹外斜肌2块腹部肌肉(表7)。从腹部差异显著肌肉累计频次考察,3种仰卧起坐分别为2、1、2次,双手放大腿上仰卧起坐最少且3种仰卧起坐的差异均存在于性别因素。所以,身体腹部差异的比较结果以双手放大腿上最小。

综上所述,由主体间效应所引起的差异显著的全身和腹部肌肉数量的多少,全身肌肉比较差异程度由高到低排列顺序为:双手放大腿上、双臂体侧、双臂胸前交叉仰卧起坐;腹部肌肉比较差异程度由高到低为:双臂胸前交叉、双臂体侧、双手放大腿上仰卧起坐;三者通用性大小暂不确定。

2)肌肉贡献率年龄效应的比较。

在每个躯干力量素质指标中,由年龄因素所引起的显著统计学差异最终可通过年龄对的数量体现出来。

对交互作用显著的肌肉进行简单效应分析,发现双臂胸前交叉仰卧起坐在其差异显著的2块肌肉中,男生有2块肌肉、女生有1块肌肉存在年龄简单效应显著,男女生同在竖脊肌出现年龄简单效应显著(见表2);双手放大腿上仰卧起坐5块年龄简单效应显著的肌肉中,男生有1块肌肉、女生有4块肌肉存在年龄简单效应显著,男女生无共同年龄简单效应显著的肌肉(见表5);双臂体侧仰卧起坐在其差异显著的3块肌肉中,女生全部存在年龄简单效应显著,男生2块(见表8)。

多重比较发现,双臂胸前交叉仰卧起坐在男生年龄简单效应显著的2块肌肉中出现18对年龄对差异显著,女生年龄简单效应显著的1块肌肉出现22对年龄组的显著差异,共计40对年龄组;双手放大腿上仰卧起坐在其年龄简单效应显著的肌肉中,男生1块肌肉共出现17对年龄组,女生4块肌肉出现50对年龄组,共计67对年龄组;双臂体侧仰卧起坐在其年龄简单效应显著的肌肉中,男生2块肌肉共出现22对年龄组,

女生3块肌肉出现34对年龄组,共计56对年龄组。

3个指标中,双手放大腿上仰卧起坐年龄简单效应在男女生差异显著的年龄组对数量上明显最多,且其肌肉数量相对较多,差异重心则偏向于女生;双臂体侧仰卧起坐年龄简单效应的年龄组对数量次之,差异重心同样偏向于女生;双臂胸前交叉仰卧起坐年龄简单效应的年龄组对数量最少,且差异显著肌肉数量亦最少,男女性别差异不大。故全身比较的结果为双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最小。

从腹部肌肉来看,3种仰卧起坐均不含腹部肌肉,故3者年龄简单效应腹部比较结果可完全依照全身比较的结果。

对年龄主效应显著的肌肉进行多重比较,双臂胸前交叉仰卧起坐差异显著的1块肌肉共出现5对差异显著的年龄组;双手放大腿上仰卧起坐差异显著的5块肌肉共出现34对差异显著的年龄组;双臂体侧仰卧起坐差异显著的2块肌肉共出现26对差异显著的年龄组。可见,双手放大腿上仰卧起坐年龄主效应在年龄对的显著差异数量上占有优势,双臂体侧仰卧起坐次之,双臂胸前交叉仰卧起坐最少。从腹部来看,三者均无年龄主效应差异显著肌肉,其比较结果遵从全身肌肉比较结果,所以,双臂胸前交叉仰卧起坐差异最小。

综合年龄简单效应及年龄主效应,整体上双臂胸前交叉仰卧起坐差异显著的肌肉为前臂伸肌、竖脊肌及股直肌,男女生共计3块肌肉45对差异显著的年龄组;双手放大腿上仰卧起坐差异显著的肌肉为前臂伸肌、肱二头肌、前臂屈肌、胸大肌、背阔肌、竖脊肌、股直肌、胫骨前肌、股二头肌及腓肠肌,男女生共计10块肌肉101对差异显著的年龄组;双臂体侧仰卧起坐差异显著的肌肉为胸大肌、前臂屈肌、前臂伸肌、竖脊肌及腓肠肌,男女共计5块肌肉82对差异显著的年龄组。所以差异程度由高到低排列为双手放大腿上仰卧起坐、双臂体侧仰卧起坐、双臂胸前交叉仰卧起坐。从腹部考虑,3种仰卧起坐均无差异显著腹部肌肉,所以三者的年龄效应差异比较仍可以亦全身年龄效应的差异程度为准。

所以,无论从身体整体或局部考察,年龄效应造成的差异程度由高到低排列为双手放大腿上、双臂体侧、双臂胸前交叉仰卧起坐。故双臂胸前交叉仰卧起坐的年龄通用性最好。

3)肌肉贡献率性别效应的比较。

在每个躯干力量素质指标中,由性别因素所引起的显著统计学差异可同时考虑肌肉数量及年龄组的数量。

对交互作用显著的肌肉进行性别简单效应分析,

双臂胸前交叉仰卧起坐有前臂伸肌、竖脊肌2块肌肉共出现5个差异显著的年龄组次;双手放大腿上仰卧起坐有前臂屈肌、背阔肌、股直肌、胫骨前肌、腓肠肌5块肌肉出现13个差异显著的年龄组次;双臂体侧仰卧起坐有前臂屈肌、前臂伸肌、腓肠肌3块肌肉出现11个差异显著的年龄组次。整体来看,由性别简单效应引起的差异显著的肌肉数量上,可知双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最低,双臂体侧仰卧起坐、与双手放大腿上仰卧起坐差异程度依次增大;由性别简单效应引起的显著差异的年龄组上,可知双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最低,双臂体侧仰卧起坐及双手放大腿上仰卧起坐依次增大。从腹部来看,3个指标均无腹部肌肉,故比较结果仍可遵照上述全身比较结果。

对3个指标的性别主效应的差异进行比较,双臂胸前交叉仰卧起坐在前臂屈肌、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、股直肌、股二头肌及肱二头肌7块肌肉上存在显著性差异(表1);双手放大腿上仰卧起坐在前臂伸肌、胸大肌、腹直肌、竖脊肌、股二头肌及肱二头肌6块肌肉上存在显著差异(表4);双臂体侧仰卧起坐在肱二头肌、胸大肌、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、竖脊肌、股二头肌、三角肌、股直肌及胫骨前肌10块肌肉上存在显著性差异(表7)。整体来看,双手放大腿上仰卧起坐性别主效应差异肌肉数量最少,双臂体侧仰卧起坐性别主效应差异肌肉数量最多;从腹部来看,双手放大腿上仰卧起坐在3个仰卧起坐动作由于只有腹直肌而表现差异程度最低。

综合性别简单效应与性别主效应差异显著的全身肌肉数量,双臂胸前交叉仰卧起坐为9块肌肉;双手放大腿上仰卧起坐为11块肌肉;双臂体侧仰卧起坐为13块肌肉;双臂胸前交叉仰卧起坐差异显著的肌肉数量最少。从腹部来看,本研究所列2块腹肌中,双手放大腿上仰卧起坐差异显著肌肉无腹外斜肌,其余两者含有全部。

所以,综合考察全身与腹部差异显著肌肉数量,全身比较结果为双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最小;腹部比较结果为双手放大腿上仰卧起坐差异程度最小。

为了进一步明确性别的效应,再从性别简单效应的年龄组差异数量进行探讨。3种不同姿势的仰卧起坐3个指标全身性别简单效应差异显著的年龄组次分别为5、13、11,可见双臂胸前交叉仰卧起坐最小,故其差异程度最低。因3个指标腹部均未含有腹部肌肉,其年龄简单效应差异比较结果以全身性别简单效应比较结果为准。故性别简单效应差异以双臂胸前交叉仰卧起坐最小。

综合比较之下, 由性别效应所引起的肌肉贡献率差异中, 双臂胸前交叉仰卧起坐差异程度最小, 故其性别通用性最高。

3 结论与建议

6~14岁学生完成3种姿势的仰卧起坐(双臂胸前交叉、双手放大腿上、双臂体侧)时, 由年龄、性别综合效应所引起的全身和腹部差异显著肌肉的数量, 尚不确定指标整体通用性大小; 由年龄效应所引起的全身和腹部肌肉贡献率差异程度, 指标年龄通用性最大者为双臂胸前交叉仰卧起坐; 由性别效应所引起的全身及腹部肌肉贡献率差异程度, 可知3个指标当属双臂胸前交叉仰卧起坐通用性最高。故双臂胸前交叉仰卧起坐年龄、性别通用性最高。

鉴于躯干力量对人体健康的重要意义, 以及双臂胸前交叉仰卧起坐在各项躯干力量指标肌电测试中体现的年龄、性别通用性, 建议将双臂胸前交叉仰卧起坐指标列入各年龄段的男、女学生体质健康测试指标体系中。

参考文献:

- [1] ANDREJ K, NEJC S. Assessment of isometric trunk strength-The relevance of body position and relationship between planes of movement[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2014, 13: 365-370.
- [2] 范洪彬, 孙有平, 季浏. 体质测评中仰卧起坐测试规格的国际比较[J]. *北京体育大学学报*, 2016(4): 60-71.
- [3] 刘新宁, 戚俊娣, 潘之清. 传统仰卧起坐造成椎颈损伤的研究[C]//中国康复医学会颈椎病专业委员会第12次学术年会论文集, 2010: 109-114.
- [4] BRIAN M C, MATT R K, AMY L M, et al. An evaluation of upper-body muscle activation during coupled and uncoupled instability resistance training[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(7): 1833-1838.
- [5] LINDA S P, ROSS A, DEBORAH R, et al. ACSM'S guidelines for exercise testing and prescription[M]. (ninth edition). Philadelphia: American College of Sports Medicine, 2014: 100.
- [6] PRESIDENT'S CHALLENGE PROGRAM. The adult fitness testbooklet[EB/OL]. <https://www.adultfitnessstest.org/resources/testbooklet.pdf>, 2014-07-03.
- [7] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 35.
- [8] 骆世明, 彭少麟. 农业生态系统分析[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996: 530-532.
- [9] IRA M FIEBERT, NEIL I SPIELHOLZ, E BROOKS APPLGATE et al. Comparison of EMG activity of medial and lateral hamstrings during isometric contractions at various cuff weight loads[J]. *The Knee*, 2001(8): 145-150.
- [10] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 3-65.
- [11] 中国体育科学学会运动医学学会. 中国运动解剖学学术会议论文汇编[C]. 1984: 119-121.
- [12] 袁艳. 负重振动力量训练的神经肌肉适应特征及其机制研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2013: 38.