

不同类型抗阻训练对男大学生体成分及骨密度的影响比较

李合¹, 随曾辉¹, 侯希贺², 王人卫³, 温鑫菲⁴, 陈千红⁵

1. 上海师范大学体育学院, 上海 200234; 2. 上海体育学院附属竞技体育学校;
3. 上海体育学院运动科学学院; 4. 东华大学体育部; 5. 上海健康医学院康复学院

【摘要】目的 比较不同类型的抗阻训练对男性大学生上肢体成分、最大力量和骨密度的影响效果, 为大学生选取合理的抗阻训练方式提供参考。**方法** 按照自愿原则, 选取上海师范大学 42 名受试者随机分为最大力量组 (maximum-strength group, MS 组) 12 名、快速力量组 (speed-strength group, SS 组) 15 名和力量耐力组 (strength-endurance group, SE 组) 15 名, 进行为期 6 周, 每周 2 次的抗阻训练。实验前后, 采用递增负荷的方法测定受试者最大力量以制定训练方案, 采用双能 X 射线吸收扫描仪进行上肢体成分、骨密度等指标的测量。**结果** 经 6 周持续力量抗阻训练, 上肢最大力量随训练时间提高, SE 组增长更快 [训练前后分别为 (51.00±4.81) (67.20±5.66) (76.87±6.21) kg]; SS 组和 SE 组体脂率下降 [训练前后分别为 (13.50±4.10)%, (12.60±2.80)%; (13.70±3.80)%, (12.70±3.10)%; t 值分别为 2.35, 2.30, P 值均 < 0.05], 上肢瘦体重 (LM) 升高 [训练前后分别为 (5.19±0.59) (5.86±0.61); (5.27±0.72) (6.21±0.59) kg] (t 值分别为 -2.48, -2.94, P 值均 < 0.05), 训练前后 MS 组的体脂率 [(14.0±3.3)%, (13.6±2.3)%] 和上肢 LM [(5.33±0.81) (5.41±0.79) kg] 差异无统计学意义 (t 值分别为 0.31, -0.22, P 值均 > 0.05)。训练后各组受试者上肢骨矿物质含量 (BMC) 和骨密度 (BMD) 均升高, 但仅有 SS 组和 SE 组与训练前比较, 差异有统计学意义 (t 值分别为 -3.07, -2.43, P 值均 < 0.05)。**结论** 对男大学生进行力量耐力抗阻训练更能有效促进肌力增长、提高骨密度和改善上肢体成分。

【关键词】 体成分; 骨密度; 体育和训练; 学生; 男(雄)性

【中图分类号】 G 804.49 G 808 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2019)10-1529-04

An empirical study on the changes of upper limb composition and BMD of male university students by different types of resistance training/LI He*, SUI Zenghui, HOU Xihe, WANG Renwei, WEN Xinfei, CHEN Qianhong.* College of Physical Education, Shanghai Normal University, Shanghai, (200234), China

【Abstract】Objective To compare the effects of different types of strength training on upper limbs' body composition and maximum strength and bone density of male university students, so as to provide a reference for college students to choose reasonable resistance training methods. **Methods** Forty-two male university students were randomly divided into three experimental groups: maximum-strength group, MS ($n=12$); speed-strength group, SS ($n=15$); strength-endurance group, SE ($n=15$). All subjects were subject to resistance training for 6 weeks, twice a week. Incremental load method was used to determine the maximum strength of the subject to develop a training program. Upper limbs' Body Composition and BMD were performed by Dual energy X-ray absorptionmetry. **Results** After the continuous training for 6 weeks, maximum strength of upper limbs increased significantly with training time, SE grows faster [(51.00±4.81) (67.20±5.66) (76.87±6.21) kg]; The body fat percentage of SS group and SE group decreased significantly [(13.50±4.10) (12.60±2.80)%; (13.70±3.80) (12.70±3.10)%] ($t=2.35, 2.30, P<0.05$), while LM of upper limb increased significantly [(5.19±0.59) (5.86±0.61); (5.27±0.72) (6.21±0.59) kg] ($t=-2.48, -2.94, P<0.05$). There was no significant difference in the body fat percentage and LM of upper limb between MS group [(14.0±3.3) (13.6±2.3)%] and SE group [(5.33±0.81) (5.41±0.79) kg] ($t=0.31, -0.22, P>0.05$); BMC and BMD of upper limbs increased in all groups, but the increase of SS group and SE group was statistically significant ($t=-3.07, -2.43, P<0.05$). **Conclusion** Strength endurance resistance training for male college students can effectively promote muscle strength growth, increase bone density and improve upper limb composition.

【Key words】 Body composition; Bone density; Physical education and training; Students; Male

规律的抗阻训练可以有效增大肌肉横断面积, 提

高肌肉力量, 并可以通过肌肉对骨牵拉的机械应力刺激^[1]提高骨密度, 是常用的力量素质改善方法。研究发现, 青少年时期的力量素质与糖尿病^[2]、阿尔茨海默病^[3]等的发生均有相关性, 有助于预防或减缓老年人或女性骨矿物质流失^[4], 降低老年人跌倒风险, 减少心血管疾病发生^[5]。

近年来, 男性大学生力量素质呈下降趋势, 用以衡量大学生上肢力量素质的引体向上项目平均成绩从 2000 年的 7.9 个降至 2014 年的 4.8 个^[6], 不合格率

【基金项目】 上海市人类运动能力开发与保障重点实验室 (11DZ2261100); 上海高校青年教师培养资助计划 (ZZJKYX16002); 上海体育学院附属竞技体育学校教育教学课题中内涵建设 (JX2019004)。

【作者简介】 李合 (1986-), 男, 山东东平人, 博士, 讲师, 主要研究方向为运动与健康促进。

【通讯作者】 侯希贺, E-mail: houxihe@126.com。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.10.025

最高达到 95%^[7]。积极引导大学生进行力量训练,对改善大学生体质有积极的帮助^[8]。本研究选取在读非体育类专业大学生,依据肌肉力量的表现类型设计最大力量、快速力量、力量耐力等 3 种类型的抗阻训练方案,比较不同类型抗阻训练对男性大学生上肢成分、最大力量和骨密度的影响效果,为大学生选取合理的力量训练方式提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象 研究对象来自于上海师范大学 2017 和 2018 级非体育专业学生,通过宣讲,按照自愿原则,依据纳入标准、排除标准初步确定 45 名受试者。受试者签署知情同意后,根据肌肉力量的表现形式和特点^[9],将 45 人随机分为最大力量组(maximum-strength group, MS 组)、快速力量组(speed-strength group, SS 组)和力量耐力组(strength-endurance group, SE 组),每组 15 名受试者。依据脱落标准,最终 MS 组有 12 人、SS 组和 SE 组各有 15 人完成实验,3 组受试者平均年龄 $[(20.0\pm 0.4)(20.7\pm 1.0)(20.5\pm 0.5)$ 岁]、身高 $[(174.3\pm 5.4)(172.8\pm 5.1)(173.3\pm 6.3)$ cm]、体重 $[(67.6\pm 8.4)(65.1\pm 8.1)(66.2\pm 9.9)$ kg]等基本信息经单因素方差分析,各组间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。

纳入标准:(1)未从事过专业运动训练;(2)无力量训练经历及基础;(3)身体健康,无残疾及心血管等方面疾病;(4)具有参与力量训练的能力;(5)无吸烟、酗酒等不良生活习惯;(6)体脂率 $\leq 18\%$ 。排除标准:(1)训练过程中发生运动损伤或疾病,无法继续训练;(2)无法按计划完成训练;(3)训练过程中无法坚持,主动退出。

1.2 方法

1.2.1 训练方案的制定 参考徐亮亮等^[10]有关研究结果,为了制定训练强度,所有受试者在实验开始及结束均进行最大力量测试。选取卧推的方法确定受试者最大力量,要求:(1)受试者平卧凳上,手臂伸直握杠铃,两手间距略宽于肩,两脚着地,头颈伸直,叮嘱受试者所有重复动作要保持相同运动速度和关节活动范围,以保持测试的一致性;(2)指导受试者采用小力量进行热身,同时指导掌握卧推的正确方法;(3)热身完成后,受试者休息 2 min 后进行正式测试;(4)根据个人能力,要求工作人员在基础重量上由轻到重增加重量,递增幅度由大到小;(5)每次递增重量前,要求受试者充分休息,直至受试者不能完成重复卧推的动作,记录最后成功举起的 1RM(repetition maximum,最大重复次数)。本研究训练周期为 6 周(2018 年 10 月 8 日至 11 月 19 日),完成第 3 周训练,待受试

者完全恢复,按上述步骤重复测试最大力量,以适应肌肉力量的增长,保持最佳刺激负荷。训练过程中,每 3 组为 1 个训练单元,每个训练单元结束后,MS 和 SS 组休息 5 min,SE 组休息 7 min。每周 2 次,每次训练结束休息 2~3 d 后再进行训练。

1.2.2 上肢成分和骨密度的测定 采用美国 GE 公司生产的 Lunar Prodigy 双能 X 射线吸收扫描仪(Dual Energy X-ray Absorptionmetry, DEXA)进行测试。受试者禁食 12 h,于第 2 天上午 8:00—10:00 进入实验室进行测试。测试前,DEXA 扫描仪先进行标准化校准,要求受试者去除佩戴的玉石、金属等饰品。测试时,要求受试者安静保持平躺,自然呼吸,不得移动。受试者身体不同部位的区域定位依据 DEXA 扫描仪自带软件自动定义(上肢、下肢、躯干、腰腹部和腹臀部),扫描仪将精确估算受试者各部位的瘦体重(lean mass, LM)、脂肪质量(fat mass, FM)、骨密度(bone mineral density, BMD)、骨矿物质含量(bone mineral content, BMC)和骨面积等指标。本研究重点关注上肢部位体成分和骨密度,其余部位不做讨论。

1.3 统计分析 采用 SPSS 20.0 对数据进行处理,进行正态性检验后,对于符合正态分布的数据,采用单因素方差分析进行组间比较;采用配对 t 检验进行组内比较;采用单因素重复测量分析上肢最大力量的变化。所有的数据均采用 $(\bar{x}\pm s)$ 表示,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 上肢最大力量的变化 单因素重复测量分析发现,各组训练前、训练中和训练后上肢最大力量差异具有统计学意义,校正后 $F=548.8, P<0.05$, 偏 $\eta^2=0.94$ 。由表 1 可见,训练前各组的上肢最大力量差异无统计学意义($P>0.05$),但训练中、训练后各组的上肢最大力量差异有统计学意义(P 值均 <0.05)。

表 1 不同组别男大学生上肢最大力量各训练阶段比较 $(\bar{x}\pm s, \text{kg})$

组别	人数	训练前	训练中	训练后
MS	12	47.92 \pm 6.84	60.58 \pm 7.15	66.92 \pm 7.19
SS	15	48.27 \pm 2.89	62.33 \pm 4.27	71.33 \pm 6.50
SE	15	51.00 \pm 4.81	67.20 \pm 5.66	76.87 \pm 6.21
F 值		1.66	3.45	7.71
P 值		0.20	0.04	0.00

2.2 上肢成分的变化 力量训练前,各组受试者的体脂率、上肢 LM 和 FM 差异均无统计学意义(F 值分别为 0.27, 0.34, 0.20, P 值均 >0.05)。经过 6 周力量训练后,3 组的体脂率、LM 和 FM 差异均有统计学意义(F 值分别为 3.42, 10.13, 3.99, P 值均 <0.05)。

由表 2 可见,经配对 t 检验,与训练前相比,训练

后 SE 组的体脂率、上肢 FM 均下降,而上肢 LM 升高 (P 值均 <0.05);SS 组的体脂率下降、上肢 LM 升高 (P 值均 <0.05);MS 组的体脂率和上肢 FM 均下降、上肢 LM 升高,但差异均无统计学意义 (P 值均 >0.05)。

表 2 不同组别男大学生力量训练前后上肢体成分相关指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	训练前后	统计值	体脂率/%	LM/kg	FM/kg
MS (n=12)	训练前		14.00±3.30	5.33±0.81	1.32±0.57
	训练后		13.60±2.30	5.41±0.79	1.21±0.75
		<i>t</i> 值	0.31	-0.22	0.66
		<i>P</i> 值	0.76	0.83	0.52
SS (n=15)	训练前		13.50±4.10	5.19±0.59	1.22±0.69
	训练后		12.60±2.80	5.86±0.61	1.14±0.49
		<i>t</i> 值	2.35	-2.48	0.90
		<i>P</i> 值	0.03	0.03	0.39
SE (n=15)	训练前		13.70±3.80	5.27±0.72	1.24±0.70
	训练后		12.70±3.10	6.21±0.59	1.09±0.63
		<i>t</i> 值	2.30	-2.94	4.15
		<i>P</i> 值	0.04	0.01	0.00

2.3 上肢骨密度的变化 单因素方差分析发现,抗阻训练前,各组受试者上肢 BMC、骨面积和 BMD 差异均无统计学意义 (F 值分别为 0.87, 0.85, 0.88, P 值均 >0.05)。训练后,各组受试者上肢的 BMC、BMD 均值呈升高、上肢骨面积呈下降趋势,但各组间差异均无统计学意义 (F 值分别为 0.78, 0.77, 0.78, P 值均 >0.05)。由表 3 可见,MS 组的上肢 BMC、骨面积和 BMD 训练前后差异均无统计学意义 (P 值均 >0.05);而 SS 组和 SE 组的上肢 BMC 和 BMD 训练前后差异均有统计学意义 (P 值均 <0.05),骨面积在训练前后差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3 不同组别男大学生力量训练前后上肢骨密度等相关指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	训练前后	统计值	BMC/g	骨面积/cm ²	BMD/ (g·cm ⁻²)
MS (n=12)	训练前		342.20±58.60	397.20±42.20	0.89±0.07
	训练后		351.60±53.10	392.50±41.70	0.90±0.07
		<i>t</i> 值	-1.48	1.17	-1.82
		<i>P</i> 值	0.17	0.27	0.10
SS (n=15)	训练前		351.90±33.40	399.50±34.10	0.88±0.03
	训练后		358.00±36.00	398.80±34.40	0.90±0.03
		<i>t</i> 值	-3.07	5.88	-5.92
		<i>P</i> 值	0.01	0.76	0.00
SE (n=15)	训练前		368.10±45.00	404.20±36.30	0.89±0.07
	训练后		371.00±43.30	402.50±34.90	0.91±0.06
		<i>t</i> 值	-2.43	0.64	-2.89
		<i>P</i> 值	0.03	0.53	0.01

3 讨论

骨矿物质沉积的关键期在青春期中期,该阶段沉积人生约 40%~60%的骨质^[11]。青春期末期即成年早期是维持骨量的第 2 个关键期,持续时间为 2~5 年,此期进行适当的力量训练有助于维持骨峰值^[11]。瑞典等国家研究人员对 16~19 岁青少年连续追踪 24

年,发现与青少年时期肌肉力量最低的人群相比,在不考虑肥胖的情况下,肌肉力量高的人患心血管病的概率降低 38%~43%,心血管疾病早逝的概率降低 20%~35%,自杀概率降低 20%~30%,患精神病和情绪失调的可能性也会降低 65%^[5]。美国运动医学学会在体力活动预防与治疗骨质疏松的立场声明中指出,负重体力活动有利于促进骨骼的健康发育和维持骨矿物质含量,对于非负重骨更加有效^[12]。基于肌肉力量的重要性,美国《2008 体力活动指南》指出每周至少 2 d 以上进行力量训练,且运动强度要达到中等以上^[13];在《健康公民 2020》中也明确建议成年人要加强肌肉力量的活动和有氧体力活动^[14]。我国首部《中国儿童青少年身体活动指南》在参考了 28 个国家相关指南基础上,对我国儿童青少年提出每周至少 3 d 的高强度身体活动和增强肌肉力量、骨骼健康的抗阻活动^[15]。

肌肉力量根据其表现形式和特点,通常分为最大肌肉力量、快速肌肉力量和力量耐力 3 种类型^[9]。3 种肌肉力量在克服外界阻力、肌肉收缩速度及肌纤维的募集类型等方面均不同。肌肉横断面积与肌肉力量之间存在正相关,非病理性肌肉横断面积越大,肌肉力量越大,肌肉发育的数量和质量越好,越有利于运动成绩和运动能力的发展^[16]。研究发现,小强度的抗阻训练 (<40%RM) 也能够刺激肌原纤维蛋白的合成,促进肌肉肥大和增强肌肉力量^[16]。本研究发现随着抗阻训练时间的持续,各组上肢最大力量均呈增长趋势。且 6 周训练结束后,力量耐力抗阻训练组的上肢最大力量高于其余 2 种类型的抗阻训练,表明力量耐力的抗阻训练对促进肌力增长具有明显优势。

抗阻训练可以有效改善体成分,通过激活参与调节肌原纤维蛋白合成的代谢信号蛋白,加快肌原纤维的合成^[16],提高肌肉横断面积,增加瘦体重占比,从而使基础代谢提高,成为运动减肥和塑性健身的主要方法。Liberato 等^[17]对 35 名 18~25 岁的澳大利亚男性测量发现,瘦体重与肌肉含量、骨矿物质含量及骨密度均呈正相关。Crabtree 等^[18]研究认为瘦体重含量是预测全身骨量最有效的因子。本研究经过 6 周力量训练后,MS 组的体脂率和上肢 FM 高于其他 2 种类型的抗阻训练,上肢 LM 低于 SE 组。与抗阻训练前相比,训练后 SE 组的体脂率、上肢 FM 均下降,而上肢 LM 升高;SS 组的体脂率下降、上肢 LM 升高,而上肢 FM 降低差异无统计学意义;MS 组的体脂率、上肢 LM 和上肢 FM 差异均无统计学意义。综合来看,力量耐力抗阻训练相比于另外 2 种训练模式,可以更有效降低体脂率、增加瘦体重,促进肌肉横断面积肥大,进而影响肌肉力量和骨密度。

根据 Frost 创立的机械负荷理论^[1], 在外界机械应力刺激下, 肌肉不断收缩牵拉刺激骨组织, 促进骨小梁重建等变化, 重建的结果是提高骨骼弹性、韧性及骨密度, 使骨骼更加有效地适应外界机械力的刺激^[19]。成年人在经过力量训练后股骨截面的皮质骨也出现扩大优势, 部分人骨小梁与骨密度增加涨幅较为明显^[20]。陈岚岚^[21]研究发现, 经常规律运动的大学生瘦体重、骨密度高于无规律运动的大学生, 表明规律运动可以有效改善大学生体成分, 促进瘦体重的增加和骨密度的提高。本研究经过 6 周抗阻训练后, 各组受试者的上肢 BMC, BMD, 上肢骨面积差异均无统计学意义, 但各组受试者上肢的 BMC, BMD 升高, 而上肢骨面积呈下降趋势。经比较发现, SS 组和 SE 组男大学生的上肢 BMC、骨面积和 BMD 的差异有统计学意义, 表明不同类型的抗阻训练均能有效促进骨矿物质的吸收, 提高骨密度, 而速度力量和耐力力量 2 种抗阻训练的效果较最大力量抗阻训练更好。葛男等^[22]发现 12 周篮球运动训练可以有效提高男性大学生桡骨、尺骨的骨密度。本研究 6 周时间虽然短, 但抗阻训练的强度远高于篮球运动对上肢的强度刺激。高强度的运动可以在短期内改善骨健康, 提高骨密度^[23]。高强度抗阻力运动通过肌肉牵拉收缩对骨产生强大的刺激, 骨骼在受到该刺激后产生适应性改变, 促进成骨细胞的活性增强, 使得骨形成大于骨吸收, 骨矿物质不断积累, 最终骨量和骨密度均增加。本研究选取对象为 2017 和 2018 级非体育专业大学生, 年龄在 21 岁以内, 基本处于青春期末期, 该阶段身体各系统发育基本成熟, 骨量也处于缓慢增长期, 但在抗阻训练刺激下, 骨密度增加, 表明该阶段适宜的负荷刺激仍可以促进骨密度提高。

4 参考文献

- [1] FROST H M. Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal[J]. *Anatom Rec*, 1987, 219(1): 1-9.
- [2] 袁剑, 赵延欣. 上肢力量训练对脑卒中患者上肢及手指功能恢复和卒中后抑郁的影响[J]. *中国临床医学*, 2018, 25(2): 262-265.
- [3] CELIS-MORALES C A, PETERMANN F, HUI L, et al. Associations between diabetes and both cardiovascular disease and all-cause mortality are modified by grip strength: evidence from UK biobank, a prospective population-based cohort study[J]. *Diab Care*, 2017, 40(12): 1710-1718.
- [4] GARUFFI M, COSTA J L, HERNANDEZ S S, et al. Effects of resistance training on the performance of activities of daily living in patients with Alzheimer's disease[J]. *Geriat Gerontol Int*, 2013, 13(2): 322-328.
- [5] ORTEGA F B, SILVENTOINEN K, TYNELIUS P, et al. Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants[J]. *BMJ*, 2012, 345(6): e7279.
- [6] 刘骞. 大学生体质测试中引体向上的现状与分析: 以四川农业大学为例[J]. *湖北体育科技*, 2018, 37(4): 370-373.
- [7] 杨文轩. 课程改革背景下学校体育改革与发展研究[J]. *体育学刊*, 2018, 25(5): 1-4.
- [8] 黄丽任, 李俏丽, 黄彬彬, 等. 广西在校男大学生体能测试成绩与身体肌肉参数的相关性[J]. *中国学校卫生*, 2018, 39(2): 248-251.
- [9] 邓树勋, 王健, 乔德才. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015: 217-218.
- [10] 徐亮亮, 刘欣, 李合, 等. 渐进力量训练对上肢肌力、体成分及围度的影响[J]. *体育科学*, 2015, 35(10): 25-29, 36.
- [11] 李红娟, 王正珍, 严翔. 体力活动与骨健康[J]. *北京体育大学学报*, 2012, 35(8): 37-42.
- [12] KOHRT W M, BLOOMFIELD S A, LITTLE K D, et al. American college of sports medicine position stand: physical activity and bone health[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36(11): 1985-1996.
- [13] SERVICES D O H A H. Physical activity guidelines advisory committee report, 2008. to the secretary of health and human services. part a: executive summary[J]. *Nutr Rev*, 2009, 67(2): 114-120.
- [14] 彭国强, 舒盛芳. 美国运动健康促进服务体系及其对健康中国的启示[J]. *体育与科学*, 2016, 37(5): 112-120.
- [15] 张云婷, 马生霞, 陈畅, 等. 中国儿童青少年身体活动指南[J]. *中国循证儿科杂志*, 2017, 12(6): 401-409.
- [16] AGUIAR A F, BUZZACHERA C F, PEREIRA R M, et al. A single set of exhaustive exercise before resistance training improves muscular performance in young men[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2015, 115(7): 1589-1599.
- [17] LIBERATO S C, MAPLE-BROWN L, BRESSAN J. Association between bone mineralization, body composition, and cardiorespiratory fitness level in young Australian men[J]. *J Clin Dens*, 2015, 18(2): 187-191.
- [18] CRABTREE N J, KIBIRIGE M S, FORDHAM J N, et al. The relationship between lean body mass and bone mineral content in paediatric health and disease[J]. *Bone*, 2004, 35(4): 965-972.
- [19] HUGHES J M, PETTIT M A. Biological underpinnings of Frost's mechanostat thresholds: the important role of osteocytes[J]. *J Musculosk Neur Int*, 2010, 10(2): 128-135.
- [20] 盛炯, 王兴. 国际上运动对人体骨骼影响的知识基础及研究热点[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 43(6): 176-183.
- [21] 陈岚岚. 规律运动对青年大学生身体成分与骨密度的影响[J]. *浙江体育科学*, 2009, 31(6): 106-109.
- [22] 葛男, 宋相勳, 宋信颖, 等. 12 周篮球运动训练对肥胖男大学生身体成分和骨骼密度影响的研究[J]. *曲阜师范大学学报(自然科学版)*, 2014, 40(3): 92-97.
- [23] 张玲莉, 闫晓, 邹军. 运动训练与骨生长代谢的研究进展[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2013, 19(7): 761-765.

收稿日期: 2019-07-02; 修回日期: 2019-08-01