

中国寄宿制学校初一学生膳食营养及贫血状况

魏艳丽, 霍军生, 孙静, 王丽娟, 朴玮, 陈頔, 李瑾

中国疾病预防控制中心营养与健康所, 北京 100050

【摘要】 目的 探讨寄宿制学校学生膳食营养及贫血状况, 为制定有针对性的营养干预措施提供参考。**方法** 采用分层整群抽样法, 首先按经济发展水平将我国分为一类、二类、三类地区, 3 类地区共随机抽取 16 省, 每省抽取 1 个县的初一年级住校生 >100 人的 1 所学校, 每所学校组织至少 100 名住校生参与调查, 共 1 929 名, 进行基本信息、膳食调查与血红蛋白测定。**结果** 学生每天的能量摄入量为 2 151.41 kcal (1 kcal=4.18 kJ), 蛋白质摄入量为 61.27 g, 碳水化合物摄入量为 303.16 g, 脂肪摄入量为 78.10 g, 铁摄入量为 19.79 g, 平均贫血率为 6.30%。除鱼虾贝类外, 不同地区间学生膳食摄入种类差异均有统计学意义 (P 值均 <0.05), 各类地区能量、蛋白质、碳水化合物、脂肪与铁摄入量差异均有统计学意义 (F 值分别为 96.18, 87.02, 232.09, 132.13, 77.04, P 值均 <0.05)。**结论** 寄宿制学校学生的膳食结构有待调整, 贫血状况有待改善。

【关键词】 膳食调查; 营养状况; 贫血; 学生

【中图分类号】 R 153.2 R 556 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2017)05-0663-04

Survey of the dietary nutrition and anemia condition in rural boarding school students/ WEI Yanli, HUO Junsheng, SUN Jing, WANG Lijuan, PIAO Wei, CHEN Di, LI Jin. Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing(100050), China

【Abstract】 Objective To preliminarily survey the dietary nutrition and anemia condition in rural boarding school students. **Methods** A total of 1 929 of first grade students of rural boarding junior high school were selected from 16 provinces, Basic information, dietary investigation and determination of hemoglobin were used on these students. **Results** The overall energy consumption was 2 151.41 kcal, protein intake was 61.27 g, carbohydrate intake was 303.16 g, fat intake was 78.10 g, 19.79 g, iron intake was 19.79 g. Detection rate of anemia was 6.30%. There are differences between the dietary intake and dietary categories in the three regions. **Conclusion** The dietary intake structure and anemia condition in the rural boarding school students needs to be adjusted.

【Key words】 Diet surveys; Nutritional status; Anemia; Students

初中阶段是青少年身体和心理发育的关键阶段, 也是营养知识学习、良好饮食习惯形成的重要时期。学生时期的营养不良对成年后的体格、智力发育及健康状况产生影响, 并可能降低成年后的劳动能力, 增加慢性非传染性疾病的发病风险^[1-2]。调查结果显示, 不论经济相对发达地区还是相对落后地区, 农村学生营养不良发生率都显著高于城市学生^[3]。因此, 2011 年我国政府实施了农村义务教育阶段学生膳食补助政策, 取得显著成效^[4]。铁缺乏是中小学生中常见的微量营养素营养不良, 缺铁性贫血会阻碍人身体、行为和智力的发育, 从而使学习效率降低等^[5-6]。发展中国家铁缺乏的流行主要是由于低吸收率的铁膳食引起的^[7]。为此, 2013 年中国疾病预防控制中心营养与健康所对寄宿制学生的膳食营养状况以及贫血状况进行了研究, 结果报道如下。

1 对象与方法

1.1 对象 采用分层整群抽样方法, 首先按照经济区域^[8]分层 (一类地区年劳均 GDP 为 6 543 元, 如上海、北京、天津、广东、江苏、浙江、福建、辽宁; 二类地区年劳均 GDP 为 2 554 元, 如黑龙江、湖北、吉林、山东、河南、湖南、四川、陕西、内蒙古、山西、云南、江西、河北、重庆; 三类地区年劳均 GDP 为 1 940 元, 如新疆、宁夏、广西、青海、安徽、甘肃、贵州)。2013 年在一类、二类、三类地区中随机抽取共 16 省进行调查。每省抽取 1 个县的初中一年级住校学生人数在 100 人以上的 1 所学校。学校以班级为单位, 组织至少 100 名住校生参与项目。将调查方案与知情同意书告知学生及其监护人, 在充分知情且自愿的情况下, 将签署知情同意书的学生纳入调查对象。本研究方案已经过中国疾病预防控制中心营养与健康所人体实验伦理委员会审核批准。

本次共调查学生 1 929 名, 平均年龄为 (13.31±1.05) 岁, 平均身高为 (152.84±8.47) cm, 平均体重为 (44.07±9.32) kg。其中身高、体重在一类、二类、三类地区中, 两两比较差异均有统计学意义 (P 值均 <0.05)。一类地区与二类地区年龄差异无统计学意义 ($P>0.05$), 三类地区与一类、二类地区间年龄差异均

【基金项目】 卫生行业科研专项项目 (201202012)。

【作者简介】 魏艳丽 (1984-), 女, 河北深州人, 在读博士, 主要研究方向为营养与食品卫生学。

【通讯作者】 霍军生, E-mail: jshuo@263.net.cn。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2017.05.007

有统计学意义(P 值均 <0.05)。见表 1。

表 1 不同地区类别学生年龄身高体重比较($\bar{x}\pm s$)

地区类别	性别	人数	年龄/岁	身高/cm	体重/kg
一	男	270	13.44 $\pm$ 1.21	156.50 $\pm$ 8.71	44.39 $\pm$ 11.99
	女	275	13.29 $\pm$ 1.32	153.52 $\pm$ 6.36	44.66 $\pm$ 8.34
二	男	495	13.24 $\pm$ 0.85	149.73 $\pm$ 9.15 *	40.08 $\pm$ 9.58 *
	女	467	13.59 $\pm$ 0.85	150.50 $\pm$ 7.11 *	42.00 $\pm$ 8.88 *
三	男	240	11.86 $\pm$ 1.00 **	147.22 $\pm$ 9.50 **	36.27 $\pm$ 7.65 **
	女	182	12.09 $\pm$ 1.10 **	146.35 $\pm$ 8.95 **	34.59 $\pm$ 7.28 **
合计	男	1 005	13.40 $\pm$ 1.17	153.74 $\pm$ 9.29	44.57 $\pm$ 9.96
	女	924	13.19 $\pm$ 1.22	151.89 $\pm$ 7.39	43.53 $\pm$ 8.56

注:与一类地区同性别比较,* $P<0.05$;与二类地区同性别比较,** $P<0.05$ 。

1.2 调查方法

1.2.1 个人信息 收集学生姓名、性别、出生日期、民族、班级、学籍号码。

1.2.2 膳食调查 采用称重记账法和连续 3 天 24 h 膳食回顾法进行寄宿制学校学生膳食调查。(1)食堂称重记账表:通过项目自行设计的表格对学校食堂连续 3 d 每餐记录所有食物名称、每种食物原料名称、食物编码、原料生重、制作方法、熟重、每份重量,同时记录 3 d 调味品总使用量及 3 d 食堂就餐总人次。(2)在校 3 天 24 h 膳食回顾表:学生每天填写,记录学校食堂三餐及统一加餐摄入食物名称及摄入份数,零食及补充品名称以及摄入量。

膳食调查工作由项目所在县的疾病预防控制中心及学校工作人员经培训后,按项目统一的调查方案开展。食堂信息记录由调查员在食堂每餐制作时完成。学生记录由调查员在学生晚自习时间,组织学生自行填写,及时处理和解决现场工作中问题,保证调查质量。

1.2.3 血红蛋白测定 采用氰化高铁血红蛋白法在 540 nm 处的吸光度(A)值,计算出血红蛋白的含量^[9]。仪器选用 721 型分光光度计(或 722 型、723 型分光光度计)。

1.3 计算方法

1.3.1 膳食计算方法 通过食堂称重记录结果计算每份食物用原料重量,通过学生 24 h 正餐、零食及补充品记录,计算学生 3 d 食物总摄入量;通过调味品使用记录和食堂就餐人数记录计算人均调味品使用量。根据中国食物成分表^[10-11]编制电子食物营养素数据库,计算每人每天营养素的摄入量。参考学生身体活动水平研究结果^[12-14],本研究中的调查对象参照《中国居民膳食营养素参考摄入量(2013 版)》^[15]中的年龄分组进行分层比较,能量需要量标准参考中体力活动相应水平。

1.3.2 血红蛋白测定 根据中华人民共和国行业标准 WS/T 441-2013^[16]人群贫血筛查方法,全国 16 省调查地区的贫血判定标准根据海拔高度的校正标准及年龄和性别不同而判断:云南省 5~11 岁学生 <123 g/L;12~14 岁 <128 g/L;15 岁及以上,女生 <128 g/L,男生 <138 g/L。贵州、陕西和宁夏 5~11 岁学生 <117 g/L;12~14 岁 <122 g/L;15 岁及以上,女生 <122 g/L,男生 <132 g/L。青海省 5~11 岁学生 <128 g/L;12~14 岁 <133 g/L;15 岁及以上,女生 <133 g/L,男生 <143 g/L。其他省 5~11 岁学生 <115 g/L;12~14 岁 <120 g/L;15 岁及以上,女生 <120 g/L,男生 <130 g/L。

1.4 统计分析 采用 EpiData 3.1 软件进行数据双录入,采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理与分析,分析方法包括描述性分析和 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 膳食摄入情况 不同膳食种类在各类地区摄入差别较大,除鱼虾蟹贝类外,3 类地区间各膳食种类摄入差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。各地区的调查对象谷薯类与畜禽类摄入量均超过中国居民膳食指南(以下简称“指南”)推荐,乳、蛋、鱼虾类等各类食物摄入量均低于指南推荐。见表 2。

表 2 寄宿制学校初一学生食物摄入量不同地区间比较($\bar{x}\pm s$,g)

食物	一类地区 ($n=516$)	二类地区 ($n=872$)	三类地区 ($n=420$)	合计 ($n=1\ 808$)	F 值	P 值
谷类及制品	236.23 $\pm$ 149.18	435.47 $\pm$ 290.57	502.32 $\pm$ 239.48	393.79 $\pm$ 266.30	160.278	0.000
薯类、淀粉及制品	144.42 $\pm$ 340.58	105.21 $\pm$ 122.59	57.09 $\pm$ 74.83	105.31 $\pm$ 206.67	21.145	0.000
豆类及制品	17.51 $\pm$ 46.24	26.80 $\pm$ 30.40	86.30 $\pm$ 41.00	31.49 $\pm$ 43.34	262.088	0.000
蔬菜类及制品	290.51 $\pm$ 170.45	236.74 $\pm$ 185.50	231.98 $\pm$ 165.56	251.06 $\pm$ 178.41	18.225	0.000
水果类及制品	12.25 $\pm$ 34.27	7.95 $\pm$ 36.75	45.68 $\pm$ 55.77	19.28 $\pm$ 44.31	87.566	0.000
畜肉类及制品	57.23 $\pm$ 46.45	66.43 $\pm$ 66.79	34.46 $\pm$ 32.27	56.39 $\pm$ 56.25	48.135	0.000
禽肉类及制品	37.65 $\pm$ 40.45	10.48 $\pm$ 26.70	42.19 $\pm$ 22.41	27.95 $\pm$ 34.79	4.618	0.010
乳类及制品	38.72 $\pm$ 62.03	41.07 $\pm$ 75.05	80.23 $\pm$ 89.90	50.31 $\pm$ 77.63	43.985	0.000
蛋类及制品	14.42 $\pm$ 18.24	25.26 $\pm$ 35.93	17.20 $\pm$ 29.99	20.28 $\pm$ 30.79	23.436	0.000
鱼虾蟹贝类	8.29 $\pm$ 24.60	6.31 $\pm$ 14.33	6.32 $\pm$ 12.46	7.00 $\pm$ 18.34	1.720	0.179
饮料类	43.46 $\pm$ 99.71	140.56 $\pm$ 353.18	20.09 $\pm$ 51.58	81.50 $\pm$ 250.53	37.747	0.000
油脂类	33.50 $\pm$ 24.71	36.60 $\pm$ 19.13	20.80 $\pm$ 2.81	32.05 $\pm$ 19.81	102.118	0.000
精盐	4.31 $\pm$ 3.53	6.00 $\pm$ 3.44	2.11 $\pm$ 1.88	4.61 $\pm$ 3.53	179.584	0.000

2.2 能量与营养素摄入情况 如表 3 所示。各类地区能量、蛋白质、碳水化合物、脂肪与铁摄入差异均有

统计学意义(F 值分别 96.18, 87.02, 232.09, 132.13, 77.04, P 值均 <0.05)。一类地区与二类地区能量摄入量均低于膳食推荐量(RNI),三类地区男女能量摄入量高于膳食推荐量。一类地区蛋白质摄入量低于 RNI 值。各类地区碳水化物摄入量均高于膳食推荐。一类地区女生铁摄入量低于膳食推荐量,其他各人群铁摄入量均能满足膳食推荐量。

表 3 不同类别地区间初一学生能量与营养素摄入量比较($\bar{x}\pm s$)

地区类别	性别	人数	能量/kcal	蛋白质/g	碳水化合物/g	脂肪/g	铁/mg
一类	男	246	2 016.59±945.89 *	55.20±25.03 *	269.64±176.49	57.06±24.94	16.48±9.45
	女	258	1 801.19±773.18 *	47.56±20.06 *	216.48±128.61	52.71±22.98	14.51±7.47 *
二类	男	484	2 100.04±805.28 *	61.45±26.51	287.97±134.99	88.58±52.34	21.08±9.93
	女	457	2 051.13±798.46 *	61.91±26.31	268.10±139.45	97.24±60.31	21.09±9.89
三类	男	215	2 829.90±973.73	77.13±22.73	477.31±177.05	73.37±24.71	23.12±7.53
	女	160	2 488.84±994.65	68.91±22.96	418.90±188.70	64.30±22.44	20.91±9.20

注: * 低于膳食推荐量(RNI /AI); 1 kcal= 4.18 kJ。

2.3 各地区学生贫血率 学生总贫血率为 6.30%。三类地区的女生贫血率在各类地区中最高,为 13.22%;一类地区中男生贫血率最低,为3.10%。见表 4。

表 4 不同类别地区学生贫血检出率比较

地区类别	男生		女生		合计	
	受检人数	贫血人数	受检人数	贫血人数	受检人数	贫血人数
一类	226	7(3.10)	230	8(3.48)	456	15(3.29)
二类	483	32(6.63)	448	29(6.47)	931	61(6.55)
三类	232	20(8.62)	174	23(13.22)	406	43(10.60)
χ^2 值	1.441		11.265		14.823	
P 值	0.487		0.004		0.001	

注:() 内数字为检出率/%。

3 讨论

本研究针对寄宿制学校初中一年级学生进行调查,结果发现,三类地区学生的入学年龄相对一类地区和二类地区较低。在经济相对不发达的地区,由于父母外出工作孩子无人照看或出于“早入学,早成才”等原因会提前送孩子入学^[17]。在身高、体重方面,寄宿制初中一年级学生均达到 2002 年全国营养调查结果^[18],但不能达到城市同年龄组均值。《中国居民营养与慢性病状况报告(2015 年)》指出,与 2002 年相比,居民身高、体重均有所增长,尤其是 6~17 岁儿童青少年身高、体重增幅更为显著。2010 年全国学生体质与健康调研结果也显示,自 2005 年起,我国城乡学生的身高、体重等生长发育指标继续呈现增长趋势;且与 2005 年相比,我国 7~18 岁农村男生及女生身高分别平均增加 1.5 和 1.1 cm,体重分别平均增加 2.0 和 1.1 kg^[19]。

各地区的调查对象谷薯类与畜禽类摄入量均超过指南推荐,且 3 类地区膳食摄入中乳、蛋、鱼虾类等食物摄入量均低于指南推荐,与寄宿制学校在食堂统一就餐有关,食堂统一就餐受食物加工繁简度、采购价格等因素的影响会造成某类食物摄入不足。不同地区中膳食摄入有显著不同点:一类地区谷类摄入相对较低,蛋白质与铁的摄入量低于推荐量;二类地区学生中饮料、食盐摄入高于其他地区;三类地区的各类摄入均能达到膳食推荐量,但是膳食以谷物为主。

地区间膳食特点与社会经济发展和公共服务资源分布的不均衡有关。我国经济发达的地区基础设施建设及医疗、交通、信息、教育等公共服务条件均比经济不发达的地区优越。

《中国居民营养与慢性病状况报告(2015 年)》显示,2012 年我国 6 岁及以上居民贫血率为 9.7%,其中 6~11 岁儿童和孕妇贫血率分别为 5.0%和 17.2%。本次调查显示,初中一年级学生贫血率为 6.30%,略高于全国调查结果。而在调查中铁的摄入量只有一类地区女生不能达到膳食推荐量,其他人群均能达到膳食推荐量。微量元素铁的缺乏会导致缺铁性贫血,由于饮食特点的原因,膳食铁的来源中绝大部分都来自植物性食物,因植物性铁吸收率较低^[20-21],加之学生处于生长发育较快的时期,因此贫血率较高。膳食结构不合理、营养不平衡、饮食不科学等问题仍存在,是造成铁缺乏的原因。因此利用寄宿制学生以在学校食堂就餐为主的特点,可通过对学校进行宣教,合理搭配膳食,以及对学校食堂供给铁强化酱油来改善学生营养状况。

4 参考文献

[1] 颜超,武杰,王明霞,等.营养宣教对农村学生膳食营养状况的影响[J].首都体育学院学报,2013(5):470-474,480.
[2] 王梦奎.改善贫困地区儿童营养状况试点报告[M].北京:中国发展出版社,2009:22-23.

在普及健康风险知识危害的同时,扩展预防性保健行为的益处与即时效用的知识宣传,增强大学生戒烟行为的动力。如吸烟不仅会导致恶性慢性疾病,也会造成口腔疾病、慢性咳嗽、皮肤衰老等短期疾病,戒烟可以减少口气、防止口腔疾病等。其次,大学生健康风险行为常具有聚集性,吸烟者容易出现其余健康风险行为(如酗酒、不安全性行为等)现象^[13],可能与健康风险行为者缺乏未来时间洞察力有关,只在乎当下的行为获益,做出冲动和短视的行为^[15]。如果能从提高大学生未来时间洞察力入手,增强行为的时间规划意识,自主抵御健康风险行为。同时普及健康预防行为的阶段性获益,降低行为获益模糊性,提高大学生的主动健康意识,健康教育效果可能更持久。

4 参考文献

- [1] 吴明证,孙晓玲,刘友山.青少年吸烟行为的内隐社会认知研究[J].心理研究,2012,5(1):49-55.
- [2] 张海燕,张美芬.应用健康信念模式提高健康教育效果[J].护理研究,2001,15(6):311-312.
- [3] WHO. WHO report on the global tobacco epidemic [R]. Geneva: WHO, 2008:1-329.
- [4] 李玲,陈秋霖,贾瑞雪,等.我国的吸烟模式和烟草使用的疾病负担研究[J].中国卫生经济,2008,27(1):26-30.
- [5] 齐小秋,王宇.中国慢性病报告[R].中华人民共和国卫生部疾病预防控制中心,2006:5.
- [6] 严万森,李纾,隋南.成瘾人群的决策障碍:研究范式与神经机制[J].心理科学进展,2011,19(5):652-663.
- [7] WITTMANN M, PAULUS M P. Decision making, impulsivity and time perception[J]. Trends Cogn Sci, 2008, 12(1):7-12.
- [8] HALL P A, FONG G T. The effects of a brief time perspective intervention for increasing physical activity among young adults[J]. Psychol Health, 2003, 18(18):685-706.
- [9] 郑保义.世界卫生组织关于吸烟行为调查的基本原则[J].中国健康教育,1992,8(5):2-6.
- [10] 刘明星.心理压力、应对策略、健康信念与吸烟行为的关系研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2013.
- [11] 宋其争.大学生未来时间洞察力的理论和实证研究[D].重庆:西南大学,2004.
- [12] 季成叶,陈天娇,宋逸,等.中国城市大中学生吸烟现状分析[J].中国学校卫生,2009,30(2):109-115.
- [13] 郭帅军,余小鸣,张蕊,等.大学生吸烟、饮酒等健康危险行为的聚集现象分析[J].北京大学学报(医学版),2013,45(3):382-386.
- [14] 林梦,高冬,郭红霞.我国大学生吸烟研究进展[J].中国健康教育,2012,28(10):856-858.
- [15] HALL P A, FONG G T. Temporal self-regulation theory: a model for individual health behavior[J]. Health Psychol Rev, 2007, 1(1):6-52.
- [16] 何嘉梅,黄希庭.时间贴现的分段性[J].心理学报,2010,42(4):474-484.
- [17] 陶安琪,刘金平,冯廷勇.时间洞察力对跨期选择偏好的预测[J].心理科学,2015,38(2):279-283.
- [18] HALL P A, FONG G T, MENG G. Time perspective as a determinant of smoking cessation in four countries: direct and mediated effects from the international tobacco control (ITC) 4-Country Surveys[J]. Addict Behav, 2014, 39(7):1183-1190.
- [19] LAGHI F, LIGA F, BAUMGARTNER E, et al. Time perspective and psychosocial positive functioning among Italian adolescents who binge eat and drink[J]. J Adolesc, 2012, 35(5):1277-1284.
- [20] ARNETT J J. The myth of peer influence in adolescent smoking initiation[J]. Health Edu Behav, 2007, 34(4):594-607.
- 收稿日期:2017-01-02;修回日期:2017-02-02
-
- (上接第 665 页)
- [3] 孙静,霍军生,王波,等.应用铁强化酱油控制贫血效果观察[J].卫生研究,2008,37(3):333-334.
- [4] 马冠生,张倩,李艳平,等.我国农村寄宿制学校学生食物消费现状[J].中国学校卫生,2010,31(9):1033-1034.
- [5] MCCANN, JOYCE C, AMESBRUCE N. An overview of evidence for a causal relation between iron deficiency during development and deficits in cognitive or behavioral function [J]. Am J Clin Nutr, 2007, 85(4):931-945.
- [6] CLARK S F. Iron deficiency anemia diagnosis and management[J]. Curr Opin Gastroenterol, 2009, 25(2):122-128.
- [7] CHARLTON R W, BOTHWELL T H. Iron absorption[J]. Ann Rev Med, 1983, 34(1):55, 68.
- [8] 王雅芳.中国地区经济差异原因分析:以全要素生产率视角[D].太原:山西财经大学,2008.
- [9] 赵显峰,荫士安.测定血红蛋白含量的两种方法比较[J].卫生研究,2003,32(5):495-497.
- [10] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2009:35-88.
- [11] 杨月欣.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2005:21-51.
- [12] 李红娟,李新,王艳,等.北京市某初中一~二年级学生在校身体活动水平定量评估[J].卫生研究,2013,42(4):589-595.
- [13] 周热娜,傅华,李洋,等.上海市某两所中学初中生体力活动环境影响因素分析[J].复旦学报(医学版),2013,40(2):193-198, 203.
- [14] 王娟,王家骥,王心旺.广州市中学生参加体育活动现状及其与健康危险行为的关系研究[J].中国全科医学,2008,11(20):1889-1891.
- [15] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量:2013版[M].北京:中国科学出版社,2015:55-196.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.人群贫血筛查方法 WS/T 441-2013[S].2013-04-01.
- [17] 张灿林,吴海容.如何解决农村学童入学年龄偏低的问题[J].基础教育研究,2009(6):6-7.
- [18] 杨晓光,翟凤英.中国居民营养与健康状况调查报告之三[M].北京:人民卫生出版社,2002:5-67.
- [19] 廖文科,马冠生,胡晓琪,等.我国农村寄宿制学校学生膳食营养状况[J].中国学校卫生,2010,31(9):1025-1026.
- [20] 朴玮,孙静,王丽娟,等.中国经济较发达地区农村寄宿制初中新生膳食状况[J].中国学校卫生,2016,37(6):842-846.
- [21] 雷激,黄承钰.食物铁生物利用率评价方法现状[J].西华大学学报(自然科学版),2010,29(2):205-208.
- 收稿日期:2016-10-11;修回日期:2017-01-19