

基于静息态功能磁共振的 单纯性肥胖青少年大脑局部一致性特征

吴丽虹¹, 邱科¹, 陈桥², 熊瑛¹

1.乐山职业技术学院医学系, 四川 614000; 2.乐山市人民医院

【摘要】 目的 运用静息态功能磁共振成像(rs-fMRI)研究单纯性肥胖青少年患者大脑局部一致性(ReHo)特征,为开展相应干预性研究提供病理生理基础。**方法** 在2017年6月—2018年3月,对在四川省东山市第一中学公开招募的20例13~18岁单纯性肥胖青少年患者和20例健康受试者进行rs-fMRI扫描,使用REST 1.8软件包比较2组患者全脑ReHo差异,并将异常脑区和患者身体质量指数(BMI)做相关性分析。**结果** 与健康受试者相比,单纯性肥胖青少年患者在左侧外侧眶额回、双侧下丘脑、双侧脑岛、右侧海马、左侧杏仁核、右侧腹侧纹状体、右侧前扣带回等脑区ReHo值异常升高;在左侧前额叶背外侧区、双侧额中回、左侧楔前叶、左侧颞下回、双侧后扣带回等脑区ReHo值异常降低。且左侧外侧眶额回、左侧杏仁核、右侧腹侧纹状体和右侧前扣带回ReHo值异常增高和BMI呈正相关,左侧前额叶背外侧区ReHo值异常降低与BMI呈正相关(r 值分别为0.69, 0.58, 0.48, 0.51, 0.55, P 值均 <0.05)。**结论** 单纯性肥胖青少年患者摄食调节、奖赏网络、情绪调节等脑区功能活动存在显著异常,左侧外侧眶额回等脑区的功能活动异常可能是青少年单纯性肥胖的重要中枢病理特征。

【关键词】 肥胖症;磁共振成像;脑;青少年

【中图分类号】 R 723.14 R 445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2018)12-1861-03

Brain regional homogeneity of adolescents with simple obesity: a resting-state fMRI study/WU Lihong, QIU Ke, CHEN Qiao, XIONG Ying. Leshan Vocational & Technical College, Leshan(614000), Sichuan Province, China

【Abstract】 Objective To study the feature of brain regional homogeneity (ReHo) of adolescents with simple obesity by resting-state functional magnetic resonance imaging(rs-fMRI). **Methods** A total of 20 adolescents with simple obesity aged 13–18 years old and 20 healthy controls recruited from Jun. 2017 to Mar. 2018 underwent the rs-fMRI scan. A two-sample t -test was performed with REST 1.8 to test the differences of ReHo between these two groups, and Pearson correlation was used to analyze correlation between abnormal brain regions and body mass index (BMI) in obese adolescents. **Results** A total of 37 participants completed re-fMRI. Compared with healthy controls, simple obese adolescents displayed hyperactive ReHo in following brain areas: left lateral orbitofrontal cortex, bilateral hypothalamus, bilateral insula, right hippocampus, left amygdala, right ventral striatum and right anterior cingulate cortex, and deactivating ReHo in left dorsolateral prefrontal cortex, bilateral middle frontal gyrus, left precuneus, left inferior temporal gyrus and bilateral posterior cingulate gyrus. Meanwhile, the abnormal activation of ReHo in left lateral orbitofrontal cortex, left amygdala, right ventral striatum and right anterior cingulate cortex was positively correlated with BMI; deactivation of ReHo in left dorsolateral prefrontal cortex was negatively correlated with BMI in obese adolescents. **Conclusion** Adolescents with simple obesity exhibit abnormalities in brain areas involved in feeding regulation, reward network, and mental regulation. Functional abnormalities in these areas might be an important central pathological feature of adolescents with simple obesity.

【Key words】 Obesity; Magnetic resonance imaging; Brain; Adolescent

随着经济社会的快速发展,我国学龄期儿童及青少年肥胖检出率已由1985年的0.13%增至2010年的4.95%,超重检出率由1.11%增至9.62%^[1],且近年来肥胖检出率仍在快速上升^[2-4]。肥胖已经成为威胁我国青少年健康成长的重要危险因素^[5]。既往神经影像学研究发现肥胖患者存在明显的脑结构和功能异常^[6],但研究大都采用任务态功能磁共振成像(task functional Magnetic resonance imaging, task-fMRI),对

于静息状态下肥胖症患者,尤其是单纯性肥胖青少年患者脑功能活动特征的研究尚有欠缺。基于此,本研究通过运用静息态功能磁共振成像(resting state-fMRI, rs-fMRI)技术对比单纯性肥胖青少年患者和健康青少年人群在脑功能活动局部一致性(regional homogeneity, ReHo)上的差异,探讨静息状态下青少年单纯性肥胖的中枢病理特征,以期开展相应干预性研究提供病理生理基础。

1 对象与方法

1.1 对象 2017年6月—2018年3月期间在四川省乐山市第一中学公开招募在校中学生。

患者纳入标准:(1)按照2004年中国肥胖问题工

【基金项目】 乐山职业技术学院创新人才科研专项基金(2017_008)。

【作者简介】 吴丽虹(1979—),女,四川乐山人,硕士,副教授,主要研究方向为中医治疗肥胖的机制。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2018.12.028

作组制定的《中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准》^[7]符合肥胖标准者;(2)年龄 13~18 岁,右利手;(3)经体检无其他代谢性病因及严重疾病者;(4)近 1 月未采取运动、节食或药物等减肥措施者;(5)进入研究前未参加其他临床研究者;(6)受试者自愿参加、家长同意并签署知情同意书者。健康对照纳入标准:(1)年龄 13~18 岁,右利手;(2)经体检各项生理指标属正常范围,无器质性或功能性疾病者;(3)进入研究前未参加其他临床研究者;(4)受试者自愿参加、家长同意并签署知情同意书者。排除标准:(1)因服用激素药物等具有明确病因导致肥胖者;(2)合并有其他系统严重疾病者;(3)伴有明显情绪障碍者;(4)伴有明显的头痛、偏头痛、头部手术及外伤史者;(5)伴有体内植入金属等磁共振扫描禁忌症者。

当单组样本量达到 15 例时,神经影像学研究成果具有较高的稳定性和可靠性^[8-9],同时考虑到磁共振扫描过程中由于患者头动等因素导致的数据不可用,本研究分别纳入单纯性肥胖青少年患者 20 例(A 组),健康对照 20 例(B 组),2 组间性别分布差异无统计学意义($\chi^2=0.23, P=0.63$)。

1.2 磁共振数据采集 所有受试者均于饥饿状态下(在标准热量午餐后(500 kcal, 1 kcal=4.18 kJ)禁食 4 h^[10]接受 rs-fMRI 扫描。磁共振数据均由乐山市人民医院影像科同一名经验丰富的技师在同一台西门子 3.0T 磁共振扫描仪采集。嘱被试扫描过程中闭眼,尽量减少身体活动,保持心情平静。具体扫描参数包括(1) T1 像:重复时间(Repeat Time, TR)=2 700 ms,回波时间(Echo Time, TE)=3.39 ms,扫描野(Field Of View, FOV)=256×256 mm²,矩阵=256×256,翻转角=7°,平面分辨率=1 mm²,层厚=1 mm;(2) BOLD-fMRI:采用平面回波成像(echo planar imaging, EPI), TR=2000 ms, TE=30 ms, FOV=240×240 mm²,矩阵=128×128,翻转角=90°,层厚=5 mm,层数=30,扫描时间 6 min,共 180 个时间点。

1.3 磁共振数据处理

1.3.1 数据预处理 在 Matlab 平台上运用 SPM12 (Statistics Parameter Mapping 12.0) 进行数据预处理:(1)将 DICOM 格式转化为 NIFTI 格式;(2)去除前 10 个时间点;(3)时间层校正;(4)头动校正;(5)空间标准化;(6)去线性漂移和带通滤波。

1.3.2 局部一致性分析 使用 REST 1.8 软件包计算每位受试者的全脑 ReHo 值,然后用每个体素 ReHo 值除以全脑 ReHo 均值,完成对 ReHo 值的标准化处理,再对 ReHo 值进行高斯平滑(FWHM=6×6×6 mm)。2 组受试者 ReHo 比较:使用 REST 1.8 软件包进行双样本 *t* 检验,计算单纯性肥胖青少年患者与健康受试者的局部一致性差异脑区,最小激活簇>20 个体素经 FDR 校正。将局部一致性差异脑区与患者 BMI 做皮尔逊相关分析,探讨患者大脑局部一致性异常改变和体质质量指数(BMI)之间的相关性。

1.4 统计分析 采用 SPSS 20.0 对临床数据进行统计分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)描述,计数资料采用百分率(%)描述。两组受试者年龄、身高、体重、BMI 比较采用双样本 *t* 检验,性别构成比较采用 χ^2 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.5 伦理审查 本试验已获得乐山市人民医院伦理委员会批准,试验过程严格遵守伦理要求及《赫尔辛基宣言》,所有受试者及其家长均自愿参加试验并签署知情同意书。

2 结果

2.1 人口学资料 40 名受试者均顺利完成扫描。A 组 1 例受试者头动过大;B 组 1 例受试者头动过大,1 例受试者 T1 像部分数据缺失,最终纳入 37 例受试者数据进行分析(A 组男 11 名,女 8 名;B 组男 9 名,女 9 名)。2 组受试者在年龄、身高上差异均无统计学意义,在体重和 BMI 上差异有统计学意义(*P* 值均<0.01)。见表 1。

表 1 两组受试者人口学特征比较($\bar{x}\pm s$)

组别	人数	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg·m ⁻²)
病例	19	15.32±1.63	161.12±10.14	73.88±10.18	28.33±1.00
对照	18	14.89±1.64	159.22±7.16	50.28±5.51	19.79±1.07
<i>t</i> 值		0.79	0.65	8.83	25.09
<i>P</i> 值		0.43	0.52	0.00	0.00

2.2 单纯肥胖青少年患者 ReHo 值显著异常脑区 结果显示,与健康受试者相比,单纯性肥胖青少年患者在左侧外侧眶额回、双侧下丘脑、双侧脑岛、右侧海马、左侧杏仁核、右侧腹侧纹状体、右侧前扣带回等脑区 ReHo 值明显升高;在左侧前额叶背外侧区、双侧额中回、左侧楔前叶、左侧颞下回、双侧后扣带回等脑区 ReHo 值明显降低。见表 2。

表 2 单纯性肥胖青少年患者较健康受试者 ReHo 值异常的脑区

脑区	左/右	MNI 坐标			<i>t</i> 值	激活簇 大小
		X	Y	Z		
局部一致性升高						
外侧眶额回	左	-39	34	-13	4.98	52
下丘脑	左	6	6	-6	3.27	41
	右	5	-67	37	3.52	38
脑岛	左	-38	2	9	2.71	21
	右	41	7	-4	3.95	51
海马	右	25	-17	-22	5.84	53
杏仁核	左	-23	0	-18	5.21	68
腹侧纹状体	右	8	14	-5	5.17	44
海马旁回	右	29	-8	-30	2.59	21
丘脑	右	10	-18	5	3.27	22
尾状核	右	13	29	4	4.12	51
前扣带回	右	12	40	3	4.48	71
局部一致性降低						
前额叶背外侧区	左	-30	44	30	-3.80	43
额中回	左	-32	51	29	-3.59	64
	右	36	38	41	-2.95	38
楔前叶	左	-18	-31	74	-3.89	45
颞下回	右	46	-27	-23	-3.01	28
后扣带回	左	-8	-39	34	-4.58	26
	R	9	-50	33	-2.41	31

2.3 单纯肥胖青少年患者 ReHo 值显著异常脑区与 BMI 相关性 结果显示,左侧外侧眶额回、左侧杏仁核、右侧腹侧纹状体和右侧前扣带回 ReHo 值异常增高和 BMI 呈正相关(r 值分别为 0.69, 0.58, 0.48, 0.51, P 值均 <0.05),左侧前额叶背外侧区 ReHo 值异常降低与 BMI 呈正相关($r=0.55, P=0.02$)。

3 讨论

研究认为,外侧眶额回与进食过程中因食物的气、味而产生的愉悦情绪有关^[11]。同时在饥饿状态下,外侧眶额回活动还反映了受试者对于美食的期待和欲求程度^[12]。另有研究表明,眶额皮质与 BMI 关系密切,无论是在正常体重还是超重的受试者中,眶额皮质的激活都表现出和 BMI 的明显关联性^[13]。本次研究同样发现,单纯性肥胖青少年患者与健康受试者相比,左侧外侧眶额回区域出现正激活,表现为 ReHo 值异常升高,表明在饥饿状态下,单纯性肥胖青少年患者对食物的欲求高于正常青少年,且这一区域的 ReHo 值升高和 BMI 呈正相关,和既往研究结果具有一致性。

本研究发现的另外 2 个 ReHo 值异常升高的脑区,左侧杏仁核和右侧腹侧纹状体,均是奖赏环路中的重要脑区,参与了进食过程中愉悦感的产生和对美食的渴望^[14]。Small 等^[15]的研究还表明,纹状体激活和受试者进食动机的增加密切相关。同时,杏仁核、腹侧纹状体以及尾状核还被认为是酒精及药物成瘾的重要生物标记物^[16],梅维^[17]在一项海洛因依赖的研究中指出,海洛因成瘾的受试者在腹侧纹状体、尾状核、前扣带回、海马、丘脑、脑岛等脑区的低频振幅存在异常,而以上异常的区域和本次研究存在大量的重合。因此认为由于奖赏环路相关脑区的活动异常,单纯性肥胖青少年患者在进食过程表现出较正常青少年更高的对食物的渴望和满足感,进而导致进食量的增加,引发肥胖,而这一过程和药物成瘾的中枢病理改变在一定程度上具有相似性。

本次研究还发现,单纯性肥胖青少年患者左侧前额叶背外侧区的 ReHo 值异常降低和肥胖程度紧密相关。前额叶背外侧区是参与食欲控制、食物渴望和执行功能相关的关键脑区,同时还参与对奖赏环路的调节和对冲动行为的抑制^[18]。Willeumier 等^[19]的研究表明,前额叶皮层功能下降和执行功能受损是健康成年人 BMI 升高的危险因素之一。而 Montenegro 等^[20]还发现对前额叶背外侧区进行经颅电刺激,可以有效降低超重成年人的食欲。本研究同样发现单纯性肥胖青少年在前额叶背外侧区表现出的 ReHo 值异常降低,表明该区域脑功能活动的减弱在青少年肥胖中也同样扮演了重要的角色。

研究还发现,单纯性肥胖青少年患者在右侧前扣

带回区域的 ReHo 值升高和 BMI 存在正相关。前扣带回是边缘系统的重要组成部分,一般认为其和内脏感觉运动、疼痛及情绪调节相关。大量关于抑郁和焦虑的神经影像学研究都对该区域的异常进行了报道,认为该区域的功能活动下降和焦虑抑郁等情绪障碍具有特异性联系^[21-23]。张兆成^[24]调查结果显示,超重及肥胖的初中生焦虑抑郁发生率明显高于健康同龄人,Anderson 等^[25]研究也发现,社交焦虑和青少年的饮食失调及肥胖的发生具有密切关联。因此推测,单纯性肥胖青少年在右侧前扣带回区域表现出来的异常可能和该群体普遍存在的焦虑抑郁情绪相关。

综上所述,本研究运用 rs-fMRI 对比了单纯性肥胖青少年患者和健康同龄人群大脑局部一致性的差异,发现其在摄食调节、奖赏环路、情绪调节等脑区功能活动存在显著异常,且左侧外侧眶额回等区域的功能活动异常和患者肥胖程度相关。以上区域活动异常可能是青少年单纯性肥胖的重要中枢病理特征。

4 参考文献

- [1] 马军,蔡锡河,王海俊,等.1985—2010 年中国学生超重与肥胖流行趋势[J].中华预防医学杂志,2012,46(9):776-780.
- [2] 刘建秀,舒美,于庶洋,等.北京市五年级小学生超重肥胖状况及影响因素分析[J].中国学校卫生,2018,39(6):884-887.
- [3] 孙楷城,章荣华,朱志宏,等.义乌市儿童青少年营养状况调查[J].预防医学,2018,30(6):609-611.
- [4] 杨招庚,董彦会,王西婕,等.中国 2014 年 7~18 岁中小学生腹型肥胖流行现状[J].中国学校卫生,2018,39(6):810-813.
- [5] BASS R, ENELI I. Severe childhood obesity: an under-recognised and growing health problem[J]. Postgrad Med J, 2015, 91(1081): 639-645.
- [6] PATRIARCA L, MAGEROWSKI G, ALONSO-ALONSO M. Functional neuroimaging in obesity[J]. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes, 2017, 24(3): 260-265.
- [7] 中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(2): 10-15.
- [8] DESMOND J E, GLOVER G H. Estimating sample size in functional MRI (fMRI) neuroimaging studies: statistical power analyses[J]. J Neurosci Methods, 2002, 118(2): 115-128.
- [9] HAYASAKA S, PEIFFER A M, HUGENSCHMIDT C E, et al. Power and sample size calculation for neuroimaging studies by non-central random field theory[J]. Neuroimage, 2007, 37(3): 721-730.
- [10] AVERY J A, POWELL J N, BRESLIN F J, et al. Obesity is associated with altered mid-insula functional connectivity to limbic regions underlying appetitive responses to foods[J]. J Psychopharmacol, 2017, 31(11): 1475-1484.
- [11] O'DOHERTY J P, DEICHMANN R, CRITCHLEY H D, et al. Neural responses during anticipation of a primary taste reward[J]. Neuron, 2002, 33(5): 815-826.
- [12] GOLDSTONE A P, PRECHTL C G, SCHOLTZ S, et al. Ghrelin mimics fasting to enhance human hedonic, orbitofrontal cortex, and hippocampal responses to food[J]. Am J Clin Nutr, 2014, 99(6): 1319-1330.

(下转第 1866 页)

对视力的影响较为复杂,显现了多方面的作用,值得进一步研究。

肥胖是引起高血压的重要原因,高血压是引起重度视力不良的重要原因^[16]。但本次分析结果并没有显示出肥胖→高血压→重度视力不良的传递,提示肥胖独立影响高血压和重度视力不良,肥胖组的高血压高于非肥胖组 7.20 百分点,肥胖组重度视力不良检出率反而低于非肥胖组 7.22 百分点。高血压是否单独形成对视力的损害、肥胖是否单独形成对视力的保护作用,还有待进一步的研究。

肥胖学生乳龋和恒龋检出率均较非肥胖组低,与其他学者的研究结论一致^[17]。肥胖学生爱吃甜食,龋患率应高于非肥胖组,本次分析研究没有得出类似的结论。肥胖通过怎样的途径对牙齿起到了保护作用,还有待进一步的研究。

本次研究还提示,重度视力不良已经占到了很高的比例,重度视力不良率远超轻、中度视力不良的总和,半数以上视力不良在中小学阶段就已经发展成了重度视力不良。

4 参考文献

[1] 国家卫生健康委员会.全国健康城市评价指标体系(2018 版)政策解读[J].医学信息学杂志,2018,39(4):94.
[2] 戴晓青,陈潮,崔天伟,等.超重/肥胖中小学生的肺功能特点分析[J].大家健康(学术版),2016,10(12):20.
[3] 母昌奎,张艳,刘晓强,等.我国儿童青少年高血压流行病学及影响因素研究进展[J].中华高血压杂志,2018,26(1):20-24.
[4] 周潇潇.台州市初中生肥胖流行状况及影响因素研究[D].杭州:浙江大学,2017.
[5] 范晖,闫坤坤,米杰.中国 3~17 岁儿童血压简化标准的研制[J].

中华高血压杂志,2017,25(5):436-440.
[6] 季成叶,王芳芳,陶芳标,等.儿童少年常见疾病现代儿童少年卫生学[M].2 版.北京:人民卫生出版社,2010.
[7] 曾婕,卢旭,陈剑宇,等.四川省汉族中小学生对超重肥胖现状及影响因素[J].中国学校卫生,2017,38(9):1299-1302.
[8] 王翎懿,王宏,田尧,等.重庆市中小学生对超重肥胖现状及其饮食行为因素分析[J].中国学校卫生,2016,37(2):194-196.
[9] 吴淋果,余毅震.湖北 7~18 岁学生超重、肥胖流行特征及影响因素[J].中国公共卫生,2017,33(4):569-572.
[10] 王磊.安徽省中小学生对超重与肥胖流行现状及其分布特征//中华预防医学会儿少卫生分会,中国教育学会体育与卫生分会,中国健康促进与教育协会.中华预防医学会儿少卫生分会第九届学术交流会、中国教育学会体育与卫生分会第一届学校卫生学术交流会、中国健康促进与教育协会学校分会第三届学术交流论文集[C].北京,2011:8.
[11] 陈潮,崔天伟,齐茵琳,等.超重/肥胖中小学生的生生化指标、人体测量指标及肺功能特点分析[J].中国儿童保健杂志,2016,24(10):1090-1092.
[12] 郭仰峰,邓煜盛,谈蔚清,等.广州市中小学生对 2014 年肥胖类型与血压水平的关系[J].中国学校卫生,2017,38(8):1198-1201.
[13] 姚华,江艳,徐晓璐,等.体质指数对脑血管血流动力学影响分析[J].中国公共卫生,2017,33(8):1232-1235.
[14] 湛丁艳,周丽,王赟.深圳市儿童青少年视力与体质指数关系研究[J].中国学校卫生,2015,36(3):387-389.
[15] 彭志斌,戴学伟.景德镇市中小学生对视力与体质指数关系研究[J].江西医药,2017,52(8):822-824.
[16] 江先明,谭倩,王丹阳,等.不同程度视力不良患者脉络膜厚度相关影响因素分析[J].中山大学学报(医学科学版),2018,39(5):759-765.
[17] 郝为贤,曹艳平,张晨婷,等.2016 年上海市朱泾镇中小学生对龋齿患病情况以及对生长发育的影响[J].职业与健康,2018,34(1):111-114.

收稿日期:2018-06-14;修回日期:2018-11-09

(上接第 1863 页)

[13] MELASCH J, RULLMANN M, HILBERT A, et al. The central nervous norepinephrine network links a diminished sense of emotional well-being to an increased body weight [J]. Int J Obes (Lond), 2016, 40(5):779-787.
[14] DOORNWEERD S, DE GEUS E J, BARKHOF F, et al. Brain reward responses to food stimuli among female monozygotic twins discordant for BMI [J]. Brain Imag Behav, 2018, 12(3):718-727.
[15] SMALL D M, ZATORRE R J, DAGHER A, et al. Changes in brain activity related to eating chocolate; from pleasure to aversion [J]. Brain, 2001, 124(Pt 9):1720-1733.
[16] GILPIN N W, HERMAN M A, ROBERTO M. The central amygdala as an integrative hub for anxiety and alcohol use disorders [J]. Biol Psychiatry, 2015, 77(10):859-869.
[17] 梅维.海洛因成瘾者脑功能连接异常的功能磁共振研究[D].汕头:汕头大学,2011.
[18] GLUCK M E, VISWANATH P, STINSON E J. Obesity, Appetite, and the Prefrontal Cortex [J]. Curr Obes Rep, 2017, 6(4):380-388.
[19] WILLEUMIER K C, TAYLOR D V, AMEN D G. Elevated BMI is associated with decreased blood flow in the prefrontal cortex using SPECT imaging in healthy adults [J]. Obesity (Silver Spring), 2011, 19(5):1095-1097.

[20] MONTENEGRO R A, OKANO A H, CUNHA F A, et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults [J]. Appetite, 2012, 58(1):333-338.
[21] DUVAL E R, HALE L R, LIBERSON I, et al. Anterior cingulate cortex involvement in subclinical social anxiety [J]. Psychiatry Res, 2013, 214(3):459-461.
[22] LICHENSTEIN S D, VERSTYNNEN T, FORBES E E. Adolescent brain development and depression; a case for the importance of connectivity of the anterior cingulate cortex [J]. Neurosci Biobehav Rev, 2016, 11(70):271-287.
[23] DAVEY C G, HARRISON B J, YUCEL M, et al. Regionally specific alterations in functional connectivity of the anterior cingulate cortex in major depressive disorder [J]. Psychol Med, 2012, 42(10):2071-2081.
[24] 张兆成.徐州市初中生肥胖、体力活动现状及其与心理健康关联性研究[D].合肥:安徽医科大学,2012.
[25] ANDERSON L M, WONG N, LANCIERS S, et al. The relative importance of social anxiety facets on disordered eating in pediatric obesity [J]. Eat Weight Disord, 2018, 6:1-10.

收稿日期:2018-08-06;修回日期:2018-11-06