

# 延边小学生血脂体质质量指数与代谢综合征的关系

李医华<sup>1,2</sup>,全振喜<sup>2</sup>,文海燕<sup>2</sup>,方今女<sup>2</sup>

1. 延边大学附属医院,吉林 延吉 133002; 2. 延边大学医学院

**【摘要】目的** 探讨延边地区汉族和朝鲜族小学生血清游离脂肪酸(FFA)与体质质量指数(BMI)对代谢综合征(MS)患病危险的关联性,为早期筛选儿童青少年MS高危人群提供依据。**方法** 分别于2012年7月15—18日和2013年7月16—21日,在吉林省延边朝鲜族自治州选择5所小学,采用整群抽样的方法,共抽取5 747名小学生(汉族3 736名,朝鲜族2 011名)作为研究对象,全部测量身高、体重、腰围和血压,并检测清晨空腹血清三酰甘油、高密度脂蛋白胆固醇、血糖、FFA。**结果** 调整年龄和性别的协方差分析结果显示,汉族学生MS组和正常组FFA平均水平分别为( $22.72\pm2.72$ )和( $21.09\pm2.60$ ) $\mu\text{mol/L}$ ,朝鲜族学生分别为( $23.49\pm1.64$ )和( $21.95\pm1.63$ ) $\mu\text{mol/L}$ ;汉族学生MS组和正常组BMI平均水平分别为( $25.68\pm3.58$ )和( $16.98\pm2.89$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ,朝鲜族学生分别为( $23.11\pm3.63$ )和( $17.86\pm3.05$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ,汉族和朝鲜族学生MS组FFA和BMI平均水平均高于正常组学生( $P$ 值均<0.01),且不同民族学生MS患病水平均随着FFA和BMI水平的增加而增加( $P$ 值均<0.01)。调整了年龄和性别因素后,Logistic回归分析显示,汉族学生FFA水平第四分位数MS患病危险是第一分位数的2.693倍,朝鲜族学生为12.132倍;汉族学生超重组和肥胖组的MS患病危险是正常组的19.646和223.666倍,朝鲜族学生分别为4.860和19.204倍。 $\text{FFA}>P_{75}$ 且BMI超重及肥胖组的汉族( $OR=172.524$ ,95%CI=60.288~493.705)和朝鲜族( $OR=79.188$ ,95%CI=35.728~175.513)学生MS患病危险升高,且均高于单纯 $\text{FFA}>P_{75}$ 组和BMI超重及肥胖组。**结论** 延边地区学生FFA和BMI均与MS患病密切相关,FFA升高合并超重及肥胖学生MS患病危险性较高。FFA水平升高可以预测MS的患病危险,并且对于朝鲜族学生的预测作用强于汉族学生。

**【关键词】** 脂肪酸类;非酯化;人体质量指数;代谢综合征 X;生长和发育;学生

**【中图分类号】** R 179 R 195 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2017)07-1010-05

**Relationship between serum free fatty acid/body mass index and metabolic syndrome among pupils in Yanbian Area/LI Yihua\*, QUAN Zhenxi, WEN Haiyan, FANG Jinnv.\* Affiliated Hospital, Yanbian University, Yanji(133002), Jilin Province, China**

**【Abstract】Objective** To understand the relationship between serum free fatty acid / body mass index and metabolic syndrome (MS), and their combination effects on the risk of suffering MS among Han and Korean pupils in Yanbian area, and to provide a reference for screening the high-risk adolescents of MS in the early stage. **Methods** A cluster sampling method was used to select a total of 5 747 elementary school students (2 011 of Korean-Chinese and 3 736 of Han nationality) from 5 primary schools of Yanbian area from 15–18 July, 2012 to 16–21 July, 2013. The data about their height, weight, circumference (WC), SBP and DBP, serum triglyceride (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), glucose (FBG), free fatty acid (FFA) were collected. **Results** After adjustment for sex and age, the covariance analysis showed that the level of FFA in group with MS and in normal group among Han pupils was ( $22.72\pm2.72$ ) and ( $21.09\pm2.60$ )  $\mu\text{mol/L}$ , respectively. and those were ( $23.49\pm1.64$ ) and ( $21.95\pm1.63$ )  $\mu\text{mol/L}$  among Korean pupils, respectively; the levels of BMI in group with MS and in normal group were ( $25.68\pm3.58$ ) and ( $16.98\pm2.89$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$  among Han pupils and those were ( $23.11\pm3.63$ ) and ( $17.86\pm3.05$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$  among Korean pupils, respectively. The levels of FFA and BMI in group with MS were higher than those in normal group ( $P<0.01$ ). The prevalence of MS was progressively higher with the level of FFA and BMI ( $P<0.01$ ) among Han and Korean pupils. The risk of MS in the upper quartile of FFA was 2.693 times as much as that in the lower quartile among Han pupils, and that was 12.132 times among Korean pupils; the risk of MS in overweight and obesity of BMI was 19.646 and 223.666 times as much as that in normal group among Han pupils, and that was 4.860 and 19.204 times among Korean pupils. The risk of MS was obviously increased in group with  $\text{FFA}\geq P_{75}$  combined with overweight and obesity (Han:  $OR=172.524$ , 95%CI=60.288~493.705; Korean:  $OR=79.188$ , 95%CI=35.728~175.513), and that was obviously higher than that in group with  $\text{FFA}\geq P_{75}$  combined with BMI normal and that in group with  $\text{FFA}<P_{75}$  combined with overweight and obesity. **Conclusion** FFA and BMI were closely related to the prevalence of MS among students in Yanbian area, and the risk of MS was obviously increased in group with  $\text{FFA}\geq P_{75}$  combined with overweight and obesity. The risk of MS may be predicted by the high level of FFA, and that seems to be more effective among Korean pupils.

**【Key words】** Fatty acids, nonesterified; Body mass index; Metabolic syndrome X; Growth and development; Students

研究显示,肥胖、高血压、血脂异常及高血糖等多种代谢异常可能在生命早期发生,而且这些诸多代谢异常聚集在个体内形成代谢综合征(MS)<sup>[1-3]</sup>。近年来,随着儿童青少年肥胖患病水平的逐年增长,MS患病率呈逐年上升趋势,儿童青少年的MS逐渐成为影响生命早期健康的公共卫生问题。肥胖是MS的始动因素,肥胖患者通过身体复杂的机制导致MS各代谢

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81160349,81260138);吉林省教育厅基金项目(2013-25)。

【作者简介】 李医华(1980- ),女,黑龙江省人,博士,助理研究员,主要研究方向为儿少心血管病病因学、卫生筹资、卫生费用核算。

【通讯作者】 方今女,E-mail: jnfang@ybu.edu.cn。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2017.07.015

组分异常,且 MS 检出率随着肥胖程度的增加而增加<sup>[4]</sup>。有研究显示,超重及肥胖者的脂肪堆积可导致脂肪组织分泌功能活跃,产生大量的游离脂肪酸(FFA)等脂肪细胞因子,且异常增多的 FFA 具有细胞和组织毒性<sup>[5-6]</sup>。在 MS 的发生和发展中起非常重要的作用<sup>[7-8]</sup>。有研究指出,肥胖患者 FFA 是联接肥胖、胰岛素抵抗、T2DM 以及 MS 其他成分的重要脂肪细胞因子,随着血糖的控制、胰岛素活性恢复、脂肪分解得到抑制,FFA 水平下降<sup>[9]</sup>。本研究旨在探讨小学生 FFA 与 MS 患病危险的关联性以及 FFA 与体质量指数(BMI)对 MS 患病的联合作用,为早期筛选儿童青少年 MS 高危人群提供依据。

## 1 对象与方法

**1.1 对象** 分别于 2012 年 7 月 15—18 日和 2013 年 7 月 16—21 日,在吉林省延边朝鲜族自治州抽取汉族小学 3 所和朝鲜族小学 2 所,采用整群抽样方法抽取被选小学校内 8~12 岁汉族和朝鲜族学生作为调查对象,共纳入资料完整的学 生 5 747 名(汉族学生 3 736 名,朝鲜族学生 2 011 名),其中汉族学生有代谢综合征者和正常者分别为 64(1.71%) 和 3 672(98.29%) 名,朝鲜族学生分别为 139(6.91%) 和 1 872 名(93.09%)。

**1.2 方法** 调查前对全体被选学生和家长详细说明本次调查的目的、具体内容,要求自愿签署“知情同意书”。全体研究对象均在清晨空腹安静状态下进行体格测量,使用统一的仪器由经过培训并认证合格的体检人员完成。(1)身高、体重和血压的测量严格按照《2005 年全国学生体质健康调研工作手册》<sup>[10]</sup>要求的标准技术方法进行,并计算  $BMI = \text{体重}/\text{身高}^2 (\text{kg}/\text{m}^2)$ 。(2)测量腰围(WC)时,取立位,两侧取肋弓下缘与髂骨嵴之中点水平,腹侧取剑突与脐之中点水平,用皮尺测量周径。(3)用日立-7600-010 全自动生化分析仪准确测定血清三酰甘油(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)及血糖(FBG),其中 TG 和 FBG 采用氧化酶法,HDL-C 采用直接法,试剂分别由上海长征、北京中生及浙江伊利康公司提供。(4)由上海博谷生物科技有限公司测定血清 FFA,采用 ELISA 法<sup>[11]</sup>,测定质控检验合格,批内与批间变异度均小于 5%。根据研究对象 FFA 合并 BMI 状态分为 4 组:1 组为  $FFA < P_{75}$  且 BMI 正常,2 组为  $FFA \geq P_{75}$  且 BMI 正常,3 组为  $FFA < P_{75}$  且 BMI 超重及肥胖,4 组为  $FFA \geq P_{75}$  且 BMI 超重及肥胖。

**1.3 诊断标准** 鉴于目前国内外尚无统一的儿童青少年 MS 诊断标准,依据 Cook 等<sup>[12]</sup> 儿童青少年的 MS 标准结合本地区情况,以下列 5 项指标中具备 3 项及以上定义为 MS:(1)腹型肥胖,腰围(WC)  $\geq$  同年龄同

性别儿童青少年 WC 的  $P_{90}$  界值;(2)高血压,SBP 或 DBP  $\geq$  同年龄同性别儿童青少年血压的  $P_{90}$  界值;(3)低 HDL-C, 血清 HDL-C  $\leq 1.03 \text{ mmol/L}$ ;(4)高 TG, 血清 TG  $\geq 1.24 \text{ mmol/L}$ ;(5)高血糖,FBG  $\geq 5.6 \text{ mmol/L}$ 。BMI 判定标准采用国际生命科学学会中国肥胖工作组(WGOC)制定的“中国学龄儿童超重、肥胖筛查 BMI 值分类标准”<sup>[13]</sup>。

**1.4 统计学方法** 采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示,MS 组与对照组的代谢指标比较采用协方差分析,不同 FFA 水平和 BMI 水平学生代谢指标和 MS 分布特征的比较采用线性回归和  $\chi^2$  趋势检验,不同 FFA 和 BMI 水平 MS 患病危险及其趋势检验采用 Logistic 回归分析,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 不同民族 MS 与正常组学生 FFA 及 BMI 指标比较** 调整年龄和性别的协方差分析结果显示,汉族学生 MS 组 FFA 和 BMI 平均水平分别为  $(22.72 \pm 2.72) \mu\text{mol/L}$  和  $(25.68 \pm 3.58) \text{ kg/m}^2$ , 正常组学生分别为  $(21.09 \pm 2.60) \mu\text{mol/L}$  和  $(16.98 \pm 2.89) \text{ kg/m}^2$ , MS 组学生 FFA 和 BMI 平均水平均高于正常组学生( $P$  值均  $< 0.01$ );朝鲜族学生 MS 组 FFA 和 BMI 平均水平分别为  $(23.49 \pm 1.64) \mu\text{mol/L}$  和  $(23.11 \pm 3.63) \text{ kg/m}^2$ , 正常组学生分别为  $(21.95 \pm 1.63) \mu\text{mol/L}$  和  $(17.86 \pm 3.05) \text{ kg/m}^2$ , MS 组学生 FFA 和 BMI 平均水平均高于正常组学生( $P$  值均  $< 0.01$ )。见表 1。

表 1 不同民族学生 MS 和正常组 FFA 和 BMI 比较( $\bar{x} \pm s$ )

民族	组别	人数	统计值	FFA/( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BMI/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )
汉族	正常	3 672		$21.09 \pm 2.60$	$16.98 \pm 2.89$
	MS	64		$22.72 \pm 2.72$	$25.68 \pm 3.58$
			<i>t</i> 值	24.441	603.168
			<i>P</i> 值	$<0.01$	$<0.01$
朝鲜族	正常	1 872		$21.95 \pm 1.63$	$17.86 \pm 3.05$
	MS	139		$23.49 \pm 1.64$	$23.11 \pm 3.63$
			<i>t</i> 值	113.348	395.906
			<i>P</i> 值	$<0.01$	$<0.01$

**2.2 不同 FFA 水平学生代谢指标及 MS 患病危险变化趋势** 不同 FFA 水平汉族和朝鲜族学生代谢指标分布特征差异有统计学意义,其中汉族学生 BMI,WC,SBP,TG 和朝鲜族学生 BMI,WC,SBP,DBP,TG,FBG 水平均随着 FFA 水平的增加而增加,而汉族学生 HDL-C 水平则随着 FFA 水平的增加而降低。见表 2。不同 FFA 水平汉族和朝鲜族学生 MS 患病率差异有统计学意义( $\chi^2$  值分别为 19.293, 81.392,  $P$  值均  $< 0.01$ ),其中朝鲜族学生 MS 患病率(1.0%, 1.5%, 0.5%, 3.9%)随着 FFA 水平的增加而增加,汉族学生第四分位组 MS 患病率(17.2%)明显高于其他组(0.6%, 3.7%, 3.7%)。

**2.3 不同 BMI 水平汉族和朝鲜族学生代谢指标及 MS**

**患病危险变化趋势** 汉族和朝鲜族学生 FFA, WC, SBP, DBP, TG, FBG 水平均随着 BMI 水平的增加而增加, 而 HDL-C 水平则随着 BMI 水平的增加而降低。见表 3。汉族(0.1%, 2.5%, 20.3%) 和朝鲜族学生(1.8%, 10.4%, 35.1%) MS 患病率均随着 BMI 水平的增加而增加( $\chi^2$  值分别为 574.546, 362.357,  $P$  值均<0.01)。

**2.4 不同 FFA 和 BMI 水平学生 MS 患病危险的 Logistic 回归分析** 调整了年龄和性别因素后, 汉族学生 FFA 水平第 4 分位数 MS 患病危险是第 1 分位数的 2.693 倍( $95\% CI = 1.145 \sim 6.333$ ), 朝鲜族学生为 12.132 倍( $95\% CI = 1.639 \sim 89.796$ ); 汉族学生超重组和肥胖组 MS 患病危险是正常组的 19.646( $95\% CI =$

5.837 ~ 66.122) 和 223.666 倍( $95\% CI = 78.935 \sim 633.766$ ), 朝鲜族学生分别为 4.860( $95\% CI = 2.777 \sim 8.504$ ) 和 19.204 倍( $95\% CI = 11.865 \sim 31.084$ )。

汉族学生 1 组、2 组、3 组和 4 组学生的 MS 患病率分别为 0.2%, 0, 0.6%, 20.9%, 朝鲜族学生分别为 0.6%, 6.7%, 14.8%, 31.7%。调整年龄和性别因素后, 汉族学生 2 组、3 组和 4 组的 MS 患病危险性是 1 组的 0.000, 43.697( $95\% CI = 15.001 \sim 127.286$ ) 和 172.524 倍( $95\% CI = 60.288 \sim 493.705$ ), 朝鲜族学生分别为 12.258( $95\% CI = 5.133 \sim 29.275$ ), 29.769( $95\% CI = 13.237 \sim 66.951$ ) 和 79.188 倍( $95\% CI = 35.728 \sim 175.513$ )。见表 4~5。

表 2 各民族不同 FFA 水平学生身体形态及代谢相关指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

民族	FFA 水平	人数	统计值	BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	WC/cm	SBP/mmHg	DBP/mmHg	TG/(mmol·L <sup>-1</sup> )	HDL-C/(mmol·L <sup>-1</sup> )	FBG/(mmol·L <sup>-1</sup> )
汉族	$\leq P_{25}$	1 256		16.82±2.90	60.84±7.31	98.70±12.59	66.75±10.43	0.90±0.42	1.61±0.31	4.16±0.39
	$>P_{25} \sim P_{50}$	804		17.01±2.87	60.87±6.66	98.91±12.32	66.46±9.88	0.93±0.41	1.63±0.30	4.26±0.94
	$>P_{50} \sim P_{75}$	760		17.16±3.22	61.33±7.49	97.30±12.20	64.54±10.18	1.01±0.42	1.56±0.30	4.18±0.34
	$>P_{75}$	916		17.65±3.43	62.38±8.02	101.96±14.50	67.96±11.02	1.02±0.45	1.58±0.31	4.21±0.41
			<i>F</i> 值	13.209	8.942	20.074	15.238	20.617	6.902	4.932
			<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
			<i>P</i> 趋势值	<0.01	<0.01	0.242	<0.01	0.02	0.02	0.347
朝鲜族	$\leq P_{25}$	173		17.14±2.43	60.12±6.50	105.87±13.01	66.72±9.47	1.02±0.46	1.45±0.29	3.10±0.30
	$>P_{25} \sim P_{50}$	641		17.51±2.95	61.18±7.95	105.55±12.72	66.83±8.71	1.10±0.56	1.47±0.31	3.78±0.23
	$>P_{50} \sim P_{75}$	680		18.12±3.36	62.01±8.88	106.26±13.26	66.86±8.95	1.13±0.49	1.45±0.27	4.49±0.23
	$>P_{75}$	517		19.61±3.69	65.28±9.40	111.04±13.86	70.01±9.89	1.21±0.48	1.42±0.32	5.20±0.34
			<i>F</i> 值	47.770	28.368	19.584	15.349	7.068	3.072	3 848.399
			<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.027	<0.01
			<i>P</i> 趋势值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.160	<0.01

表 3 各民族不同营养状况学生身体形态及代谢相关指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

民族	组别	人数	统计值	FFA/( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	WC/cm	SBP/mmHg	DBP/mmHg	TG/(mmol·L <sup>-1</sup> )	HDL-C/(mmol·L <sup>-1</sup> )	FBG/(mmol·L <sup>-1</sup> )
汉族	正常	3 164		20.99±2.62	59.39±5.64	97.06±11.73	65.35±9.93	0.91±0.38	1.63±0.31	4.16±0.58
	超重	316		21.79±2.42	68.96±5.12	107.72±11.32	71.26±9.54	1.11±0.47	1.45±0.25	4.42±0.37
	肥胖	256		21.82±2.43	75.78±7.19	116.03±14.13	75.28±12.16	1.36±0.61	1.39±0.25	4.40±0.31
			<i>F</i> 值	23.897	1 279.362	389.556	152.920	166.637	111.787	50.602
			<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
			<i>P</i> 趋势值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
朝鲜族	正常	1 503		21.80±1.60	58.76±5.45	104.95±12.48	66.33±8.75	1.05±0.41	1.49±0.30	4.27±0.69
	超重	269		22.49±1.72	69.00±5.22	111.37±13.32	70.37±9.13	1.32±0.66	1.38±0.29	4.49±0.77
	肥胖	239		23.21±1.46	78.07±6.73	116.94±13.74	72.87±10.09	1.45±0.68	1.27±0.24	4.50±0.66
			<i>F</i> 值	90.831	1 442.289	107.544	69.053	91.972	61.319	18.661
			<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
			<i>P</i> 趋势值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.160	<0.01

表 4 汉族学生不同 FFA 和 BMI 水平 MS 患病危险分析( $n=3 736$ )

自变量	组别	B 值	标准误	Wald $\chi^2$ 值	P 值	OR 值(OR 值 95%CI)
FFA	$\leq P_{25}$			17.312	<0.01	1
	$>P_{25} \sim P_{50}$	0.989	0.498	3.954	0.047	2.690(1.014~7.132)
	$>P_{50} \sim P_{75}$	-1.167	0.655	3.174	0.075	0.311(0.086~1.124)
	$>P_{75}$	0.991	0.436	5.154	0.023	2.693(1.145~6.333)
BMI	正常组			126.097	<0.01	1
	超重组	2.978	0.619	23.129	<0.01	19.646(5.837~66.122)
	肥胖组	5.410	0.531	103.651	<0.01	223.666(78.935~633.766)
FFA+BMI	1 组			99.339	<0.01	1
	2 组	-14.796	1 463.753	0.000	0.992	0
	3 组	3.777	0.545	47.949	<0.01	43.697(15.001~127.286)
	4 组	5.151	0.536	92.186	<0.01	172.524(60.288~493.705)

表 5 朝鲜族学生不同 FFA 和 BMI 水平 MS 患病危险分析( $n=2011$ )

自变量	组别	B 值	标准误	Wald $\chi^2$ 值	P 值	OR 值(OR 值 95%CI)
FFA	$\leq P_{25}$			44.526	<0.01	1
	$>P_{25} \sim P_{50}$	1.467	1.034	2.012	0.156	4.338(0.571~32.948)
	$>P_{50} \sim P_{75}$	0.948	1.040	0.831	0.362	2.580(0.336~19.793)
	$>P_{75}$	2.496	1.021	5.972	0.015	12.132(1.639~89.796)
BMI	正常组			147.354	<0.01	1
	超重组	1.581	0.285	30.674	<0.01	4.860(2.777~8.504)
	肥胖组	2.955	0.246	144.655	<0.01	19.204(11.865~31.084)
FFA+BMI	1 组			139.649	<0.01	1
	2 组	2.506	0.444	31.838	<0.01	12.258(5.133~29.275)
	3 组	3.393	0.414	67.344	<0.01	29.769(13.237~66.951)
	4 组	4.372	0.406	115.908	<0.01	79.188(35.728~175.513)

### 3 讨论

多数学者普遍认为, 肥胖作为 MS 的主要始发因素, 可诱导身体胰岛素抵抗(IR)的发生, 继而诱导糖代谢异常、高血压、血脂紊乱等症状的聚集出现<sup>[14]</sup>。肥胖作为 MS 的重要组分与 MS 密切相关<sup>[15~16]</sup>。Cook 等<sup>[10]</sup>发现, 肥胖儿童 MS 发病率达 28.7%, 正常儿童者为 0.1%。上海地区最近的一项研究采用国内外不同 MS 诊断标准研究 MS 在肥胖儿童中的检出率<sup>[17]</sup>, 结果显示, 肥胖儿童 MS 患病率为 19.2%~58.1%, 提示肥胖儿童 MS 患病率较高。本次研究显示, 该地区学生 MS 患病水平随着 BMI 水平的增加而增加; 调整年龄和性别因素后, 汉族学生超重组和肥胖组的 MS 患病危险是正常组的 19.646 和 223.666 倍, 朝鲜族学生分别为 4.860 和 19.204 倍。表明延边地区学生 BMI 水平升高可提高 MS 患病危险, 与上述研究结果一致。

FFA 是人体重要的能源物质之一, 正常人血清中的 FFA 含量很少, 而且 FFA 在调节糖、脂代谢和胰岛素敏感性等方面发挥重要作用<sup>[18]</sup>。但当人体血清中的 FFA 水平异常升高时, 会产生明显的脂肪细胞和组织毒性, 且导致多种脂毒性相关反应, 即 FFA 通过内质网应激、氧化应激、炎症等脂毒性反应, 影响身体的胰岛素信号转导, 引起 IR<sup>[19]</sup>, 继而诱导糖代谢异常、高血压、血脂紊乱等症状的聚集出现<sup>[14]</sup>。MS 的发病机制一直存在争议, 目前相对主流的观点认为, IR 是 MS 重要的病理生理基础<sup>[20]</sup>。结果显示, MS 组 FFA 水平明显高于正常人群组<sup>[21]</sup>, MS 及其组分的患病率随着 FFA 水平的升高呈明显升高趋势<sup>[22]</sup>。有结果显示, MS 各组分重度异常组和轻度异常组血清 FFA 浓度是 MS 各组分正常组的 2.65 和 2.10 倍, 提示血清 FFA 可以间接反映 MS 患病危险<sup>[23]</sup>。本次研究显示, 延边地区学生 MS 组 FFA 平均水平高于正常组学生, 而且 MS 患病率均随着 FFA 水平的增加而增加, 调整了年龄和性别因素后, 汉族学生 FFA 水平第四分位组 MS 患病危险是第一分位组的 2.693 倍, 朝鲜族学生为 12.132 倍, 与上述研究结果一致。

有结果显示, 肥胖是导致 FFA 异常的重要原因, 而肥胖患者血清 FFA 异常升高可能诱发、促进及导致代谢紊乱的发生<sup>[6]</sup>。由于 MS 在儿童青少年中发

生<sup>[24]</sup>, 且肥胖者 FFA 升高对 MS 患病危险的影响也可能存在于生命早期。本研究通过分析研究对象 FFA 合并 BMI 状态与 MS 患病危险的关系, 结果显示, FFA  $>P_{75}$  且 BMI 超重及肥胖组的汉族和朝鲜族学生 MS 患病危险升高, 且均高于单纯 FFA  $>P_{75}$  组和 BMI 超重及肥胖组。提示 FFA 升高合并超重及肥胖较单纯 FFA 升高或 BMI 超重及肥胖能升高 MS 患病危险性。有研究显示, 肥胖诱导的 IR 可能通过 FFA 异常升高导致的脂毒性过程被介导, FFA 可能是连接肥胖、IR、糖代谢异常、高血压、血脂紊乱等 MS 各组分的中心枢纽<sup>[25]</sup>; FFA 含量随着 BMI 指数的增高而出现上升趋势, 且随着细胞和组织脂毒性程度的加重而进一步加重<sup>[26]</sup>。另有研究显示, MS 患者 FFA 浓度显著高于单纯肥胖组和正常体重组, 超重及肥胖患者 FFA 升高更容易导致各种代谢紊乱, 促进代谢性疾病的发生<sup>[6]</sup>。多数研究结果表明, 超重及肥胖组 FFA 水平显著高于正常体重组, 且与 IR 呈正相关<sup>[5, 27]</sup>。本次研究表明, FFA 升高合并超重及肥胖学生升高 MS 患病危险性, 与上述研究结果一致。至于 FFA 与 BMI 对 MS 患病的联合作用, 目前尚未查找可比较的相似研究结果, 且有待于通过前瞻性队列研究进一步证实。

本次研究结果表明, 朝鲜族学生单纯 FFA 水平升高可以预测 MS 的患病危险, 而汉族学生单纯 FFA 水平升高对 MS 患病危险不产生影响。有研究显示, FFA 相关基因叉头框 C2(FOXC2) 具有基因位点多态性, 其位点的变异存在种族异质性和个体易感性, 且该基因多态性与 FFA 水平升高和 MS 患病均相关<sup>[28]</sup>。至于延边地区学生 FFA 升高对 MS 患病危险预测作用的种族差异是否与其相关遗传易感基因的分布差异有关, 有待于今后进行研究。

综上所述, FFA 和 BMI 均对延边地区学生 MS 患病有影响, 且 FFA 水平升高对朝鲜族学生 MS 患病危险的预测作用强于汉族学生。FFA 和 BMI 对 MS 患病危险存在明显的联合作用, 应将超重及肥胖且 FFA 水平升高学生视为 MS 高危人群, 建议对该人群进行早期筛选和采取干预措施, 以便生命早期预防和控制 MS 及其相关代谢异常。

## 4 参考文献

- [1] 于冬梅,赵丽云,朴建华,等.8省市儿童青少年代谢综合征流行现况及其主要影响因素[J].中国健康教育,2012,28(6):431-437.
- [2] 马军.儿童代谢综合征研究进展[J].中国儿童保健杂志,2013,21(5):452-455.
- [3] 王文鹏,张美仙,席波.儿童青少年代谢综合征流行趋势及特征[J].山西医药杂志,2012,41(7):722-724.
- [4] 余仁强,周勤,马路一.儿童肥胖与心血管疾病危险因素的关系研究进展[J].新乡医学院学报,2016,33(1):78-80.
- [5] 李红艳,田文华,曲彦慧,等.超重及肥胖者血浆游离脂肪酸与胰岛素抵抗的关系[J].中国临床保健杂志,2007,10(4):361-363.
- [6] 刘凤华,胡琼,王洁.肥胖患者血清游离脂肪酸与代谢紊乱关系的研究[J].中国卫生检验杂志,2015,25(20):3478-3480.
- [7] 杨姗姗,胡秀芬,温宇.脂毒性-炎症反应与胰岛素抵抗的关系研究进展[J].生理科学进展,2011,4(2):112-117.
- [8] 张宏波,万琪琪,梁华,等.脂肪组织与胰岛素抵抗[J].中国细胞生物学学报,2010,32(3):471-477.
- [9] CALAY E S, HOTAMISLIGIL G S. Turning off the inflammatory, but not the metabolic, flames [J]. Nat Med, 2013, 19(3): 265-267.
- [10] 中国学生体质与健康研究组.2005年中国学生体质与健康调研报告[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [11] 陈刚,夏艳萍,俞茂华,等.老年代谢综合征血清游离脂肪酸/氧化低密度脂蛋白水平变化的相关分析[J].华南国防医学杂志,2009,23(3):45-48.
- [12] COOK S, WEITZMAN M, AUINGER P, et al. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994 [J]. Arch Pediatr Adolesc Med, 2003, 157(8): 821-827.
- [13] 中国肥胖问题工作组.中国学龄儿童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):97-102.
- [14] NIELSEN T R, GAMBOG M, FONVIG C E, et al. Changes in lipidaemia during chronic care treatment of childhood obesity [J]. Child Obes, 2012, 8(6): 533-554.
- [15] 易清,聂伟明,陈锦国,等.广东省东莞市超重及肥胖青少年代谢综合症与糖调节异常的研究[J].中华预防医学杂志,2009,43
- (上接第 1009 页)
- [5] AIELLO A E, MURRAY G F, PEREZ V, et al. Mask use, hand hygiene, and seasonal influenza-like illness among young adults: a randomized intervention trial [J]. J Infect Dis, 2010, 201(4): 491-498.
- [6] 王群,史慧静,张博林,等.上海农民工子弟小学高年级学生防病知信行及影响因素分析[J].中国学校卫生,2014,35(9):1318-1320.
- [7] LEE A, CHENG F F, YUEN H, et al. How would school step up public health measure to control spread of SARS [J]. J Epi Comm Health, 2003, 57(12): 945-949.
- [8] 曹正高,曹全德.西峡县中小学生卫生知识和卫生行为调查[J].河南预防医学杂志,2012,23(5):364-365.
- [9] 郭欣,刘亨辉,赵海.北京市小学生传染病防治知识行为调查[J].中国学校卫生,2014,35(1):11-13.
- [10] NANDRUP-BUS I. Mandatory hand washing in elementary schools reduces absenteeism due to infectious illness among pupils: a pilot intervention study [J]. Am J Infect Contr, 2009, 37(10): 820-826.
- [11] 陆建华.小学生手卫生行为调查与教育干预效果研究[J].中国现
- (6):495-500.
- [16] THOMPSON J L, HERMAN C J, ALLEN P, et al. Associations between body mass index, cardiorespiratory fitness, metabolic syndrome, and impaired fasting glucose in young, urban native American women [J]. Metab Syndr Relat Disord, 2007, 5(1): 45-54.
- [17] 方启宇,万燕萍,汪佳璐,等.不同代谢综合征定义在肥胖儿童中应用比较[J].中华流行病学杂志,2009,30(12):1297-1301.
- [18] NIEDERWANGER A, CIARDI C, TATARCYK T, et al. Postprandial lipemia induces pancreatic  $\alpha$  cell dysfunction characteristic of type 2 diabetes: studies in healthy subjects, mouse pancreatic islets, and cultured pancreatic  $\alpha$  cells [J]. Am J Clin Nutr, 2014, 100 (5): 1222-1231.
- [19] 曹荟哲,哈小琴,李雪雁,等.游离脂肪酸致胰岛素抵抗的分子机制[J].解放军医学杂志,2017,42(1):81-85.
- [20] 戴晓岚.代谢综合征的研究新进展[J].中国慢性病预防与控制,2011,19(4):432-434.
- [21] 陈效琴,任静.游离脂肪酸、胰岛素抵抗与代谢综合征相关因素的关系[J].检验医学,2006,31(7):553-558.
- [22] 王迪,刘亚军,黄慧妍,等.青年游离脂肪酸水平与代谢综合征的相关性研究[J].河北医学,2016,38(6):876-878.
- [23] 黎慧清,陈璐璐,王保平,等.游离脂肪酸在 IDF 代谢综合征标准分组患者中的变化[J].中国现代医学杂志,2011,21(10):1202-1205,1208.
- [24] KIESS W, BLUHER S, KAPELLEN T, et al. Metabolic syndrome in children and adolescents: prevalence, public health issue, and time for initiative [J]. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2009, 49(3): 268-271.
- [25] BODEN G. Obesity and free fatty acids [J]. Endocrinol Metab Clin North Am, 2008, 37 (3): 635-646.
- [26] 李义龙,张延,王萌.肥胖人群的血清游离脂肪酸水平调查[J].中国实验诊断学,2008,12(5):652-654.
- [27] 陈效琴,俞安清,张博林,等.肥胖及腹型肥胖人群的血清游离脂肪酸水平与胰岛素抵抗的关系研究[J].检验医学与临床,2015,12(19):2917-2921.
- [28] 杨磊磊.叉头框 C2-512C>T 基因多态性和游离脂肪酸与代谢综合征的研究[D].天津:天津医科大学,2007.

收稿日期:2017-02-12;修回日期:2017-04-15

- 代医生,2012,50(35):114-115.
- [12] 范新芬.健康教育在学校传染病预防中的应用[J].世界最新医学信息文摘,2016,16(24):219-220.
- [13] BONNESEN C T, PLAUBORG R, DENBAK AM, et al. Process evaluation of a multi-component intervention to reduce infectious diseases and improve hygiene and well-being among school children: the hi five study [J]. Health Educ Res, 2015, 30(3): 497-512.
- [14] 马军.学校卫生在新型公共卫生体系建设中的作用[J].中国学校卫生,2015,36(5):641-645.
- [15] 上海启动“医教结合”国家教育体制改革试点项目[J].现代特殊教育,2011(7):86.
- [16] 毛群安.健康教育应与医疗卫生服务有机结合[J].中国健康教育,2013,29(3):195-196.
- [17] 徐建光.推进“医教结合”工作 提升学生健康水平[J].健康教育与健康促进,2011(2):81-82.

收稿日期:2017-01-16;修回日期:2017-04-01