

• 科研论著 •

基于随机森林算法探讨血液中营养与代谢相关指标在 1~6 岁儿童肥胖中的相对重要性

李雪峰¹, 刘亚昆¹, 郎 静², 魏守刚³

1. 北京市大兴区妇幼保健院, 北京 102600; 2. 潍坊工程职业学院; 3. 首都医科大学公共卫生学院儿少与妇幼保健专业

摘要: **目的** 探索基于随机森林算法探讨血液中营养与代谢相关指标在婴幼儿及学龄前儿童超重肥胖中的相对重要性, 以期临床评估儿童肥胖和制定营养方案提供参考依据。 **方法** 选取 2021 年 2 月—2022 年 5 月就诊于北京市大兴区妇幼保健院儿童保健部的 1~6 岁儿童作为研究对象, 分为正常组 ($n=400$)、超重组 ($n=200$) 和肥胖组 ($n=200$)。比较三组儿童血液相关指标, 采用多因素 Logistic 回归分析 1~6 岁儿童肥胖的相关因素。通过 SPSS Modeler 得出随机森林的变量相对重要性并进行排序。 **结果** 肥胖组儿童体重和体质指数 (BMI) 显著高于超重组 and 对照组, 超重组儿童体重和 BMI 显著高于对照组 ($P<0.05$); 肥胖组儿童血清 25-(OH)D、维生素 A、高密度脂蛋白胆固醇水平均低于超重组 and 对照组 ($F=63.205, 14.753, 1.604, P<0.05$), 而空腹血糖、瘦素、阿黑皮素原、低密度胆固醇、甘油三酯、胆固醇则显著高于超重组 and 对照组 ($F=79.923, 1.637, 23.177, 46.202, 93.157, 293.033, P<0.05$); 在谷草转氨酶水平上, 超重组儿童高于对照组和肥胖组 ($F=3.919, P=0.020$)。多因素 Logistic 回归结果发现, 肥胖主要与血清维生素 A、维生素 D、瘦素、阿黑皮素原、空腹血糖、高密度脂蛋白胆固醇、低密度胆固醇、甘油三酯、胆固醇密切相关; 采用平均下降 Gini 指数衡量因素进行 100 次循环后发现, 影响肥胖发生的变量中其重要性依次为胆固醇、空腹血糖、瘦素、甘油三酯、低密度胆固醇、阿黑皮素原、高密度脂蛋白胆固醇、血清维生素 D、维生素 A。 **结论** 影响 1~6 岁儿童肥胖的相关因素及其重要性排序, 可作为临床评估儿童肥胖的辅助实验室指标。学校及家长应合理分配宏量营养素摄入, 适当调整儿童膳食结构, 避免儿童肥胖率增长。

关键词: 婴幼儿; 学龄前儿童; 肥胖; 维生素 A; 维生素 D; 随机森林算法

中图分类号: R723.14 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2024)06-0625-06 doi:10.11852/zgetbjzz2023-1337

Relative importance of nutritional and metabolic related indicators in blood for obesity in children aged 1 - 6 years based on random forest algorithm

LI Xuefeng¹, LIU Yakun¹, LANG Jing², WEI Shougang³

1. Beijing Daxing District Maternal and Child Health Hospital, Beijing 102600, China; 2. Weifang Engineering Vocational College; 3. Department of Child, Adolescent and Women's Health, School of Public Health, Capital Medical University

Abstract: **Objective** To explore the relative importance of nutritional and metabolic indicators in blood based on random forest algorithm in overweight and obesity among children aged 1 - 6 years, in order to provide reference for clinical evaluation of childhood obesity and development of nutritional plans. **Methods** Children aged 1-6 years who were admitted to the Children's Healthcare Department of the Daxing District Maternal and Child Health Hospital of Beijing from February 2021 to May 2022 were selected as study subjects, and were divided into normal group ($n=400$), overweight group ($n=200$), and obesity group ($n=200$). Blood related indicators among the three groups were compared, and multivariate Logistic regression analysis was used to explore the related factors of childhood obesity. The variable relative importance of random forest was obtained through SPSS Modeler, and the variables were sorted. **Results** The weight and body mass index (BMI) index of children in the obesity group were significantly higher than those in the overweight group and control group, while the weight and BMI index of children in the overweight group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). Serum levels of vitamin D, vitamin A, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) in the obesity group were significantly lower than those in the overweight group and control group ($F=63.205, 14.753, 1.604, P<0.05$), while fasting blood glucose (FBG), leptin, promelanocortin (POMC), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), triglyceride (TG), serum total cholesterol (TC) levels were significantly higher than those in the overweight group and control group ($F=79.923, 1.637, 23.177, 46.202, 93.157, 293.033, P<0.05$). Children in the overweight group had higher level of

作者简介: 李雪峰(1983-), 男, 主治医师, 硕士研究生, 主要研究方向为儿童肥胖。

glutamic oxaloacetic transaminase (AST) than control group and obesity group ($F = 3.919, P = 0.020$). Multivariate Logistic regression analysis showed that obesity was mainly related to serum vitamin A, vitamin D, leptin, POMC, FBG, HDL-C, LDL-C, TG, cholesterol. After measuring the average Gini index of factors by 100 cycles, it was found that cholesterol, FBG, leptin, TG, LDL-C, POMC, HDL-C, serum vitamin D, and vitamin A were ranked as important factors affecting the occurrence of obesity. **Conclusions** The relevant factors and ranking of importance influencing childhood obesity among infants and preschool children can be used as auxiliary laboratory indicators for clinical evaluation of childhood obesity. Schools and parents should reasonably distribute micro nutrients intake and adjust the dietary structure of children to avoid an increase in the rate of childhood obesity.

Keywords: infants and young children; preschool children; obesity; vitamin A; vitamin D; random forest algorithm

伴随经济快速发展,高热量食物的过量摄入越来越频繁,由此导致全球肥胖率的上升越来越显著,特别是儿童肥胖的发病率不断升高^[1]。肥胖不仅是一种独立的疾病,还增加了成年后患高血压、2 型糖尿病、脂肪肝等慢性病的风险,严重影响儿童的健康成长^[2]。伴随人工智能的到来,机器学习已广泛应用于疾病预测和预后。随机森林(random forest, RF)是由 Breiman 提出的一种智能化机器学习算法^[3],已经证明其在肥胖预测应用中具有较优的准确率和精确率,可用于肥胖流行特征的分析 and 评估^[4]。鉴于此,本文就 1~6 岁肥胖儿童与正常体重儿童血液中营养与代谢相关指标进行分析,同时采用 Logistic 回归及随机森林算法对单因素分析有统计学意义的自变量指标的相对重要性进行排序,为儿童肥胖的防控策略和措施提供科学依据。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2021 年 2 月—2022 年 5 月就诊于北京市大兴区妇幼保健院儿童保健部的 1~6 岁儿童作为研究对象,依据体质量指数(body mass index, BMI)分为正常组(400 例)、超重组(200 例)和肥胖组(200 例)。纳入标准:1)1~6 岁儿童;2)足月单胎;3)自然分娩或因产程原因及社会因素的剖宫产;4)家长知情同意,自愿参加。排除标准:1)早产儿、低出生体重儿、过期产儿、小于胎龄儿;2)各种慢性疾病、先天性畸形、临近感染、内分泌代谢疾病(如肝病、糖尿病、甲状腺亢进/减退等)、遗传综合征以及影响骨代谢的疾病;3)出生时有窒息史,1min 或 5min 新生儿 Apgar 评分 7 分及以下;4)生后曾住过新生儿重症监护室。本研究获得家长的知情同意,并经过北京市大兴区妇幼保健院伦理委员会审批(2020-009)。

1.2 方法

1.2.1 体格测量 采用河南乐家电子公司生产的 HW-700A 型幼儿智能体检仪对儿童进行身高体重测量。受试者均隔夜禁食 12 h,于次日晨排空大小

便后测身高、体重,计算出 BMI。BMI=体重(kg)/身高²(m²)。

1.2.2 超重、肥胖的诊断标准 建议年龄 ≥ 2 岁的儿童使用 BMI 来诊断。2~5 岁儿童采用“中国 0~18 岁儿童、青少年体质量指数的生长曲线‘标准’^[5]、6 岁儿童采用“《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》”^[6]定义超重和肥胖。年龄 <2 岁的婴幼儿使用“身长的体重”来诊断,根据 WHO 2006 年的儿童生长发育标准,参照同年龄、同性别和同身长正常人群相应体重的平均值,计算标准差分值(或 Z 评分),大于参照人群体重平均值的 2 个标准差(Z 评分 $>+2$)为“超重”,大于参照人群体重平均值的 3 个标准差(Z 评分 $>+3$)为“肥胖”^[7]。

1.2.3 实验室检查 实验室检查包括血生化检查(免疫比浊法)、25 羟基维生素 D[25-hydroxy vitamin D, 25(OH)D]水平测量(液相色谱串联质谱法)、血清维生素 A(vitamin A, VA)含量测定(液相色谱串联质谱法)、血液瘦素(leptin)含量测定(放射免疫法)、阿黑皮素原(promelanocortin, POMC)含量测定(酶联免疫吸附法)、空腹血糖(fasting blood Glucose, FBG)测定(葡萄糖酶氧化法)、空腹胰岛素(fasting insulin, FIN)测定(酶联免疫吸附法)、糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)采用全自动糖化血红蛋白分析仪(苏械注准 20192221363,规格:A1C-EXP M11,购自无锡博慧斯生物医药科技有限公司)、C 肽(fasting C-peptide, FCP)水平测定(电化学发光法),使用全自动生化分析仪检测血脂[高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、甘油三酯(triglyceride, TG)、胆固醇(serum total cholesterol, TC)]及肝功能[谷丙转氨酶(glutamic pyruvic transaminase, ALT)、谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transaminase, AST)]。其中,上午 8~10 时抽取静脉血(空腹),生化用血 3mL,血清中 25(OH)D 和血清维生素 A 用血 3mL,血液瘦素和 POMC 用血 3mL。

1.2.4 随机森林算法 随机森林是通过自助法 (bootstrap) 重采样技术, 从原始训练样本集 N 中有放回地重复随机抽取 k 个样本生成新的训练样本集, 然后根据自助样本集生成 k 个分类树组成随机森林, 新数据的分类结果按分类树投票多少形成的分数再定。每棵树具有相同的分布, 分类误差取决于每一棵树的分类能力和他们之间的相关性。采用平均下降基尼 (Gini) 指数计算每个变量对分类树中每个节点观测值的特质性影响, 平均 Gini 值下降越多变量越重要。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 20.0 软件处理和分析数据。计量资料使用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 符合正态分布和方差齐性的资料, 多组比较采用方差分析后采用 LSD 法进行多重比较, 两组比较采用两独立样本 t 检验。非正态或正态分布方差参差不齐的资料, 采用秩和检验等非参数检验的统计学方法。计数资料使用例数 (%) 表示, 采用 χ^2 检验进行比较。采用多因素 Logistic 回归分析婴幼儿及学龄前期肥胖的相关因素。通过 SPSS Modeler 得出随机森林的变量相对重要性并进行排序。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 超重组、肥胖组 and 对照组儿童的基本情况 所有研究对象中, 对照组、超重组和肥胖组儿童年龄、年龄分组、性别、身高差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。肥胖组儿童体重和 BMI 显著高于超重组和对照组; 超重组儿童体重和 BMI 显著高于对照组 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 2 超重组、肥胖组与对照组儿童血液中营养及代谢相关指标比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 2 Comparison of nutritional and metabolic related indicators in the blood samples of children in overweight, obesity, and control groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组 ($n=400$) ^①	超重组 ($n=200$) ^②	肥胖组 ($n=200$) ^③	F 值	P 值	LSD- t 检验
25(OH)D(nmol/L)	89.62±33.23	72.93±24.49	63.06±28.06	63.205	<0.001	①>②, ①>③, ②>③
维生素 A(mg/L)	0.46±0.13	0.43±0.14	0.40±0.12	14.753	<0.001	①>②, ①>③, ②>③
FBG(mmol/L)	5.00±0.66	5.09±0.73	5.81±1.01	79.923	<0.001	①<②, ①<③, ②<③
FIN(pmol/mL)	10.43±3.26	10.30±3.34	10.26±3.29	0.227	0.797	①>②, ①>③, ②>③
FCP(ng/mL)	2.53±0.95	2.52±0.98	2.43±0.99	0.660	0.517	
HbA1c(%)	5.51±0.88	5.49±0.92	5.44±0.89	0.393	0.675	
ALT(U/L)	19.37±6.82	18.7±6.6	18.63±6.52	1.106	0.331	
AST(U/L)	29.53±8.54	31.56±9.05	29.71±8.50	3.919	0.020	①<②, ①<③, ②>③
leptin(μ g/L)	2.04±0.93	2.55±1.19	3.30±1.09	1.637	<0.001	①<②, ①<③, ②<③
POMC(pg/mL)	0.60±0.19	0.64±0.23	0.72±0.23	23.177	<0.001	①<②, ①<③, ②<③
HDL-C(mmol/L)	1.28±0.19	1.21±0.17	1.15±0.15	1.604	<0.001	①>②, ①>③, ②>③
LDL-C(mmol/L)	2.00±0.29	2.09±0.30	2.23±0.27	46.202	<0.001	①<②, ①<③, ②<③
TG(mmol/L)	0.52±0.17	0.61±0.19	0.72±0.18	93.157	<0.001	①<②, ①<③, ②<③
TC(mmol/L)	3.65±0.48	4.26±0.56	4.69±0.62	293.033	<0.001	①<②, ①<③, ②<③

2.3 儿童超重肥胖影响因素的多因素 Logistic 回归分析 以儿童超重肥胖为因变量 (是=1, 否=0), 以影响婴幼儿及学龄前儿童肥胖的具有统计学

表 1 超重组、肥胖组与对照组儿童基本情况比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 Comparison of the basic situation of children in the overweight, obesity group and the control group ($\bar{x} \pm s$)

项目	例数	对照组 ($n=400$)	超重组 ($n=200$)	肥胖组 ($n=200$)	F/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	800	3.54±1.48	3.49±1.53	3.68±1.52	0.925 ^a	0.397
年龄分组(例, %)					9.287 ^b	0.319
>1~2	177	89(50.28)	43(24.29)	45(25.43)		
>2~3	148	74(50.00)	48(32.43)	26(17.57)		
>3~4	137	72(52.55)	28(20.45)	37(27.00)		
>4~5	171	85(49.71)	39(22.80)	47(27.49)		
>5~6	167	80(47.90)	42(25.15)	45(26.95)		
性别(例, %)					0.005 ^b	0.998
男	401	201(50.25)	100(50.00)	100(50.00)		
女	399	199(49.75)	100(50.00)	100(50.00)		
身高(cm)	800	99.45±10.84	98.94±11.11	100.64±11.22	1.281 ^a	0.278
体重(kg)	800	15.07±2.96	17.34±3.76	20.09±3.60	152.963 ^a	<0.001
BMI(kg/m ²)	800	15.12±0.43	17.52±0.33	19.76±0.99	4073.095 ^a	<0.001

注: ^a F 值, ^b χ^2 值。体重、BMI 三组比较的事后检验: 肥胖组>超重组>对照组。

2.2 超重组、肥胖组与对照组儿童血液中营养及代谢相关指标比较 比较三组儿童各指标发现, 在 25(OH)D、维生素 A 及 HDL-C 水平上, 肥胖组儿童均低于超重组、对照组, 差异具有统计学意义 ($F=63.205, 14.753, 1.604, P < 0.05$); 在 FBG、leptin、POMC、LDL-C、TG 及 TC 水平上, 肥胖组儿童均高于超重组、对照组, 差异有统计学意义 ($F=79.923, 1.637, 23.177, 46.202, 93.157, 293.033, P < 0.05$); 在 AST 水平上, 超重组儿童高于对照组、肥胖组, 差异存在统计学意义 ($F=3.919, P=0.020$)。三组儿童在 FIN、FCP、HbA1c 和 ALT 含量之间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

意义的单因素为自变量, 采用多因素 Logistic 回归分析结果发现, 超重的发生主要与 25(OH)D、Leptin、POMC、FBG、HDL-C、LDL-C、TG、TC 相关; 而肥胖

的发生主要与维生素 A、25(OH)D、Leptin、POMC、FBG、HDL-C、LDL-C、TG、TC 相关。见表 3。

表 3 儿童超重肥胖影响因素的多因素 Logistic 回归分析

Tab. 3 Multiple Logistic regression analysis of the influencing factors for overweight and obesity in children

变量	β 值	S_x 值	Wald χ^2 值	P 值	OR 值(95%CI)
超重					
维生素 A	-1.452	0.826	3.093	0.079	0.234(0.046~1.181)
25(OH)D	-0.017	0.004	22.416	<0.001	0.983(0.976~0.990)
Leptin	0.498	0.106	22.044	<0.001	1.645(1.336~2.025)
POMC	1.316	0.528	6.206	0.013	3.729(1.324~10.503)
AST	0.017	0.013	1.924	0.165	1.018(0.993~1.043)
FBG	0.316	0.157	4.068	0.044	1.371(1.009~1.864)
HDL-C	-1.788	0.618	8.377	0.004	0.167(0.05~0.561)
LDL~C	0.976	0.377	6.716	0.010	2.654(1.268~5.551)
TG	2.529	0.634	15.906	<0.001	12.545(3.619~43.481)
TC	2.133	0.226	89.234	<0.001	8.439(5.421~13.136)
肥胖					
维生素 A	-2.961	1.175	6.352	0.012	0.052(0.005~0.518)
25(OH)D	-0.031	0.006	30.698	<0.001	0.970(0.959~0.980)
Leptin	1.122	0.146	59.204	<0.001	3.071(2.308~4.088)
POMC	3.669	0.743	24.392	<0.001	39.226(9.145~168.263)
AST	-0.015	0.018	0.687	0.407	0.986(0.952~1.022)
FBG	1.312	0.204	41.272	<0.001	3.715(2.489~5.544)
HDL-C	-3.304	0.913	13.085	<0.001	0.037(0.006~0.221)
LDL-C	2.508	0.540	21.538	<0.001	12.281(4.258~35.424)
TG	6.757	0.920	53.892	<0.001	860.193(141.613~5 225.020)
TC	3.258	0.308	111.822	<0.001	25.996(14.212~47.552)

2.4 影响超重肥胖发生的随机森林算法 采用平均下降 Gini 指数,得到的各影响因素的排序。进行 100 次循环后发现,影响超重发生的变量中,其重要性排序依次为 TC、Leptin、TG、25(OH)D、LDL-C、HDL-C、POMC 及 FBG;影响肥胖发生的变量中其重要性依次为 TC、FBG、Leptin、TG、LDL-C、POMC、HDL-C、25(OH)D、维生素 A,见图 1。

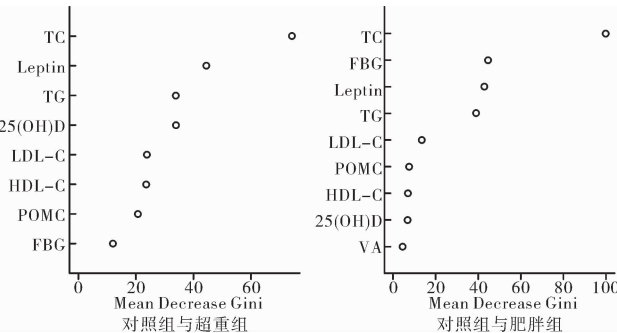


图 1 影响超重肥胖的因素随机森林算法

Fig. 1 Random forest algorithm on the factors affecting the occurrence of overweight and obesity

3 讨论

儿童期肥胖不仅严重威胁正常生长发育,也是成年后发生肥胖、糖尿病和动脉粥样硬化的危险因

素。肥胖逐渐成为严重威胁儿童健康的常见病^[8]。维生素 D、血脂水平、血糖、leptin 等因素与成人和儿童肥胖关联性的研究是公共卫生和儿少保健领域的研究重点,本文以超重、肥胖和正常体重儿童为研究对象,系统性分析血液中维生素、激素、糖代谢、血脂和肝功能指标在儿童肥胖中的影响,排除了单一指标受到其他混杂因素的影响而出现假显著性结果。并采用平均下降 Gini 指数衡量因素的重要性排序,易识别多维因素之间的非线性关系,并为肥胖儿童减重提供营养参考。

3.1 血脂与肥胖 肥胖可能伴随高血脂症,是动脉粥样硬化和冠心病的重要危险因素。高血脂症可加剧儿童动脉粥样硬化进展的病理过程^[9]。身体活动和能量摄入的不平衡是造成肥胖的主要原因。本研究数据发现,肥胖儿童的 LDL-C、TG、TC 较正常儿童升高,TC 为首要影响因素,而 HDL-C 较正常儿童降低。但不同报道结果尚不统一,可能与研究对象遗传背景、研究地域饮食习惯不同等因素有关,该结论与以往研究的结果基本一致^[10-11]。肥胖儿童与健康儿童比较,TG 和 LDL 血浆浓度水平明显增高,说明脂质代谢紊乱不仅发生在肥胖成人,同时见于肥胖儿童。肥胖不仅造成儿童心理、精神和身体伤害,且多并高血脂症,引起高血压、动脉粥样硬化

及脂肪肝^[12-13]。提示科研工作者需要密切关注儿童血脂水平,并积极探索可行的干预措施。通过调整饮食结构来降低肥胖儿童的血脂水平,是针对该肥胖人群的可供选择的干预措施之一。

3.2 糖代谢及激素与肥胖 本研究结果揭示肥胖组儿童 FBG 含量显著高于超重组和对照组,且 FBG 在平均下降 Gini 指数衡量因素的重要性排序第二,该结果与谭凤珠等^[14]对石家庄市和刘军廷等^[15]对北京市对学龄儿童肥胖相关危险因素进行的分析结果一致。说明肥胖儿童血糖偏高,表示进食过多,缺乏体力活动。下丘脑是 leptin 作用的关键部位,leptin 参与调节正常的体重及脂肪含量,一旦 leptin 分泌减少或机体对 leptin 敏感性降低,将导致肥胖。leptin 正向调节 POMC 的表达,leptin 升高诱导 POMC 的表达,本研究还观察到,肥胖组儿童的 leptin 水平高于超重组和对照组。说明肥胖儿童体内不存在 leptin 缺陷,提示肥胖儿童体内存在 leptin 抵抗。leptin 无法发挥正常效应,这是导致肥胖的重要因素。

3.3 血清维生素 D 与肥胖 维生素 D 主要以 25(OH)D 的形式存在,通过结合维生素 D 受体调节骨和钙磷的代谢过程,进一步参与钙盐更新和新骨形成,并影响细胞增殖、分化和免疫功能调节^[16]。血清维生素 A 是具有视黄醇生物活性、促进生长、生殖、维持骨骼和视力、维持正常身体代谢、促进血红蛋白生成的化合物^[17]。肥胖儿童的血清维生素 D 多表现出异常^[18]。儿童期血清 25(OH)D 的降低与其出现肥胖密切相关。虽然两者相互关联,但其发病机制和反应机制尚不清楚。维生素 D 缺乏与肥胖相互作用的可能机制包括:低维生素 D 水平影响脂肪细胞的分化和凋亡,引起甲状旁腺素水平增加,促进脂肪细胞钙离子内流、激活脂肪酸合酶。肥胖人群维生素 D 生物利用率低,肝脏脂肪变性、阳光暴露少等原因,影响肥胖者体内维生素 D 的合成^[19]。本研究发现,肥胖组儿童的 25(OH)D、维生素 A 水平显著高于超重组和对照组,该结果与龙国文等^[20]研究结论类似,进一步证实维生素 D 在儿童期生长发育中扮演重要角色,补充维生素 D 和维生素 A 在预防儿童期肥胖中的潜在效用,后期本课题组将对其具体机制进一步探索。目前,肥胖儿童补充维生素 D 的适宜剂量无统一标准,需要结合儿童年龄、肥胖程度、血清 25(OH)D 水平等综合评估。

3.4 年龄与肥胖 本研究结果显示:对照组、超重组和肥胖组儿童年龄、年龄分组差异均无统计学意义。但有研究提到^[21]:纳入 42 037 例入园体检的儿

童,分为 2 岁~、3 岁~、4 岁~、5 岁~、6 岁~五个年龄组,结果显示 2 岁~组、3 岁~组儿童超重和肥胖发生率下降幅度较大,5 岁~组、6 岁~组超重及肥胖发生率高于其他年龄,提示不断加大儿童保健管理下,正确管理儿童体重的观念逐渐被父母执行,而幼儿园中后期应鼓励儿童参加力所能及的劳动,引导儿童学习选择健康食物。本研究三组儿童年龄分组无显著差异,这可能是纳入样本量较少的原因。

3.5 其它 肥胖的发生主要与维生素 A、25(OH)D、Leptin、POMC、FBG、HDL-C、LDL-C、TG、TC 密切相关,且其变量中按照其重要性排序依次 TC、FBG、Leptin、TG、LDL-C、POMC、HDL-C、25(OH)D、维生素 A。TC 在儿童超重和肥胖中均处于首要影响因素,超重、超胖人群 TC 含量比较高,高血压,心血管疾病在肥胖人群中发病比较多,其次为 FBG、Leptin。在排除遗传因素的情况下,应注意遵循医嘱合理膳食加强运动,情况严重者需要在医生的指导下进行治疗。

王劲东等^[22]研究结果发现含糖饮料摄入是我国儿童青少年肥胖的危险因素,应引导家长有意识控制含糖饮料的摄入情况。梁芬等^[23]研究结果指出,儿童青少年脂肪和蛋白质供能比较高,应合理分配宏量营养素摄入,适当调整儿童膳食结构。这说明营养与代谢不平衡是造成儿童肥胖的首要原因。针对早期学龄儿童,还需教师和家长确保充足的膳食纤维、优质蛋白质及适量碳水化合物摄入,并控制脂肪、含糖饮料的过量摄入。此外,儿童超重肥胖是高血压、糖尿病以及心血管疾病等慢性非传染性疾病的危险因素;控制儿童肥胖有助于早期预防这些慢性疾病的发生。

综上所述,亟需探究与儿童肥胖有关的危险因素,合理调整膳食结构,加强儿童的健康教育,培养良好的行为习惯,消除或降低儿童慢性疾病发生的危险因素的暴露。

参考文献

- [1] Caprio S, Santoro N, Weiss R. Childhood obesity and the associated rise in cardiometabolic complications [J]. Nat Metab, 2020, 2 (3): 223-232.
- [2] Weihrauch-Blüher S, Schwarz P, Klusmann JH. Childhood obesity: Increased risk for cardiometabolic disease and cancer in adulthood [J]. Metabolism, 2019, 92(3): 147-152.
- [3] 苏宇腾, 吕世云, 谢文涵, 等. 基于 LASSO 回归与随机森林算法的 2 型糖尿病发病风险因素分析 [J]. 环境卫生学杂志, 2023, 13 (7): 485-495.
Su YT, Lyu SY, Xie WH, et al. Risk factor analysis of type 2 diabetes based on LASSO regression and random forest algorithm [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2023, 13 (7): 485-495. (in Chinese)

- [4] 吕美茹,刘红蕾,贾小芳,等. 机器学习在肥胖预测因素中的应用研究 [C]. 中国营养学会第十五届全国营养科学大会论文汇编, 2022;1.
- [5] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组, 中华医学会儿科学分会儿童保健学组, 中华医学会儿科学分会临床营养学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 中国儿童肥胖诊断评估与管理专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2022, 60(6): 507-515. Chinese Society of Pediatrics, Endocrine Genetics and Metabolism Group, Chinese Society of Pediatrics, Children's Health Group, Clinical Nutrition Group of Chinese Society of Pediatrics, Editorial Committee of Chinese Journal of Pediatrics. Expert consensus on diagnosis, evaluation and management of childhood obesity in China[J]. Chin J Pediatr, 2022, 60(6): 507-515. (in Chinese)
- [6] 李辉, 季成叶, 宗心南, 等. 中国 0~18 岁儿童、青少年体块指数的生长曲线[J]. 中华儿科杂志, 2009, 47(7): 493-498. Li H, Ji CY, Zong XN, et al. Growth curve of body mass index in Chinese children and adolescents aged 0 - 18 years[J]. Chin J Pediatr, 2009, 47(7): 493-498. (in Chinese)
- [7] Regional office for south-East Asia, World Health Organization. The double burden of malnutrition: priority actions on ending childhood obesity[R/OL]. New Delhi: World Health Organization, 2022: 20. [2022-01-01]. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/336266>.
- [8] Suzuki Y, Kido J, Matsumoto S, et al. Associations among amino acid, lipid, and glucose metabolic profiles in childhood obesity[J]. BMC Pediatr, 2019, 19(1): 273.
- [9] Kawasaki Y, Nakano H, Hosoya M, et al. Influence of post-disaster evacuation on childhood obesity and hyperlipidemia[J]. Pediatr Int, 2020, 62(6): 669-676.
- [10] 高阿宁. 儿童肥胖指数与血脂及心率变异性临床研究[J]. 陕西医学杂志, 2019, 48(1): 19-21. Gao AN. Clinical study on obesity index, blood lipid and heart rate variability in children[J]. Shaanxi Medical Journal, 2019, 48(1): 19-21. (in Chinese)
- [11] 俞清, 刘林飞, 张莉, 等. 淮南市学龄前儿童肥胖与血脂关系的探讨[J]. 中国校医, 2008, 22(6): 682-683. Yu Q, Liu LF, Zhang L, et al. Study on the relationship between obesity and blood lipid in preschool children in Huai'an City[J]. Chinese Journal of School Doctor, 2008, 22(6): 682-683. (in Chinese)
- [12] 关旭敏, 吴寿岭, 夏云龙. 高密度脂蛋白胆固醇对动脉粥样硬化性心血管疾病及肿瘤发生风险的影响[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(7): 711-716. Guan XM, Wu SL, Xia YL. Effect of high-density lipoprotein cholesterol on atherosclerotic cardiovascular disease and tumor risk[J]. Chinese Journal of Circulation, 2023, 38(7): 711-716. (in Chinese)
- [13] 马涛, 霍家康, 吴立娟, 等. 超重肥胖对 PM_{2.5} 短期暴露与青少年血压偏高关联的修饰效应[J]. 中国学校卫生, 2022, 43(2): 296-299. Ma T, Huo JK, Wu LJ, et al. The modifying effect of overweight and obesity on the association between short-term exposure to PM_{2.5} and high blood pressure in adolescents[J]. Chinese School Health, 2022, 43(2): 296-299. (in Chinese)
- [14] 谭凤珠, 董会敏, 冯桂华, 等. 石家庄市学龄儿童超重、肥胖与血压、血脂和血糖的关系[J]. 中华流行病学杂志, 2005, 26(8): 592-595. Tan FZ, Dong HM, Feng GH, et al. Relationship between overweight and obesity and blood pressure, blood lipid and blood glucose in school-age children in Shijiazhuang[J]. Chin J Epidemiol, 2005, 26(8): 592-595. (in Chinese)
- [15] 刘军廷, 赵小元, 程红, 等. 北京市学龄儿童肥胖类型与心血管危险因素的相关性研究[J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(1): 3-8. Liu JT, Zhao XY, Cheng H, et al. Association between obesity types and cardiovascular risk factors in school-age children in Beijing[J]. Chin J Epidemiol, 2014, 35(1): 3-8. (in Chinese)
- [16] Liang X, He Y, Chen M, et al. The association of lecithin retinol acyltransferase and the 25 (OH) D receptor with pediatric overweight and obesity[J]. Eur J Clin Nutr, 2019, 73(12): 1626-1629.
- [17] 袁玉肖, 黄楠楠, 曹祎明, 等. 败血症新生儿血清维生素 A、维生素 D、维生素 E 水平变化及意义[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(2): 238-241. Yuan YX, Huang NN, Cao YM, et al. Changes and significance of serum vitamin A, vitamin D and vitamin E levels in neonates with sepsis[J]. Chinese Journal of Clinical, 2021, 49(2): 238-241. (in Chinese)
- [18] Reyman M, Verrijn Stuart AA, van Summeren M, et al. Vitamin D deficiency in childhood obesity is associated with high levels of circulating inflammatory mediators, and low insulin sensitivity[J]. Int J Obes (Lond), 2014, 38(1): 46-52.
- [19] 赖善榕, 黄峥, 苏玲, 等. 福建省不同日照暴露人群维生素 D 营养状况及影响因素分析[J]. 营养学报, 2017, 39(1): 31-36. Lai SR, Huang Z, Su L, et al. Analysis of vitamin D nutritional status and influencing factors among people exposed to different sunlight in Fujian Province[J]. Journal of Nutrition, 2017, 39(1): 31-36. (in Chinese)
- [20] 龙国文, 黄雪梅, 邓映霞, 等. 儿童肥胖与血清脂联素、瘦素、C 反应蛋白相关性研究[J]. 中国医师杂志, 2006, 8(4): 465-468. Long GW, Huang XM, Deng YX, et al. Study on the correlation between obesity and serum adiponectin, leptin and C-trans protein in children[J]. Journal of Chinese Physician, 2006, 8(4): 465-468. (in Chinese)
- [21] 鲍玲, 任军爽, 王蕊. 2013—2018 年北京市大兴区学龄前期儿童超重及肥胖状况趋势分析[J]. 实用预防医学, 2020, 27(4): 476-478. Bao L, Ren JS, Wang R. Trend analysis of overweight and obesity among pre-school children in Daxing District, Beijing, 2013-2018[J]. Pract Prev Med, 2020, 27(4): 476-478. (in Chinese)
- [22] 王劲东, 孙宇, 宋玮琦, 等. 1997-2011 年中国 7~17 岁儿童青少年含糖饮料摄入与中心性肥胖关系[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(5): 534-540. Wang JD, Sun Y, Song WQ, et al. Study on the relationship between sugar-sweetened beverage intake and central obesity in children and adolescents aged 7-17 years from 1997 to 2011 in China[J]. Chin J Dis Control Prev, 2021, 25(5): 534-540. (in Chinese)
- [23] 梁芬, 南颖, 宋玮琦, 等. 中国 7~17 岁儿童青少年宏量营养素摄入与中心性肥胖的关系[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(5): 515-520, 546. Liang F, Nan Y, Song WQ, et al. Study on the association between macronutrients intake and abdominal obesity in Chinese children and adolescents aged 7-17 years[J]. Chin J Dis Control Prev, 2021, 25(5): 515-520, 546. (in Chinese)