

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.01.012

限制能量平衡膳食联合运动干预对肥胖儿童身体成分、脂质代谢及肠道菌群的影响*

骆文倩 叶枫 徐欢欢 王莎莎 吴虹
(浙江大学医学院附属儿童医院儿科 浙江 杭州 315000)

摘要 目的:观察限制能量平衡膳食联合运动干预对肥胖儿童身体成分、脂质代谢及肠道菌群的影响。**方法:**选取2020年4月至2022年10月期间浙江大学医学院附属儿童医院收治的肥胖儿童104例作为研究对象。按照随机数字表法将肥胖儿童分为对照组(n=52,限制能量平衡膳食)和观察组(n=52,限制能量平衡膳食联合运动干预)。对比两组身体成分、脂质代谢及肠道菌群变化情况。**结果:**观察组干预2个月后体重、体质量指数(BMI)、去脂体重、脂肪量、体脂率低于对照组($P<0.05$)。观察组干预2个月后总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)低于对照组;高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)高于对照组($P<0.05$)。观察组干预2个月后肠球菌、大肠杆菌低于对照组;乳杆菌、双歧杆菌高于对照组($P<0.05$)。**结论:**限制能量平衡膳食联合运动干预可有效改善肥胖儿童身体成分,调节脂质代谢及肠道菌群平衡。

关键词:限制能量平衡膳食;运动干预;肥胖;儿童;身体成分;脂质代谢;肠道菌群

中图分类号:R723 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)01-70-04

Effects of Limit Energy Balance Diet Combined with Exercise Intervention on Body Composition, Lipid Metabolism and Intestinal Flora in Obese Children*

LUO Wen-qian, YE Feng, XU Huan-huan, WANG Sha-sha, WU Hong

(Department of Pediatrics, Children's Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, Zhejiang, 315000, China)

ABSTRACT Objective: To observe the effects of limit energy balance diet combined with exercise intervention on body composition, lipid metabolism and intestinal flora in obese children. **Methods:** 104 obese children who were admitted to the Children's Hospital Affiliated to Zhejiang University School of Medicine from April 2020 to October 2022 were selected as study subjects. Obese children were divided into control group (n=52, limit energy balance diet) and observation group (n=52, limit energy balance diet combined with exercise intervention) according to the random number table method. The changes of body composition, lipid metabolism and intestinal flora were compared between two groups. **Results:** 2 months after intervention, the body weight, body mass index (BMI), fat-free weight, fat mass and body fat rate in observation group were lower than those in control group ($P<0.05$). The total cholesterol (TC), triglyceride (TG) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in observation group were lower than those in control group 2 months after intervention. High density lipoprotein cholesterol (HDL-C) was higher than that in control group ($P<0.05$). 2 months after intervention, enterococcus and escherichia coli in observation group were lower than those in control group. Lactobacillus and Bifidobacterium were higher than control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Limit energy balance diet combine with exercise intervention can effectively improve the body composition of obese children, regulate lipid metabolism and intestinal flora balance.

Key words: Limit energy balance diet; Exercise intervention; Obesity; Children; Body composition; Lipid metabolism; Intestinal flora

Chinese Library Classification(CLC): R723 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2024)01-70-04

前言

肥胖症是体内脂肪积聚过多而呈现的一种状态,可导致体质量增加^[1]。随着人们生活水平的提高,加上家长对孩子的溺爱,导致孩子饮食习惯不规律,运动量下降,各方面的原因综合作用最终导致儿童过度肥胖^[2]。肥胖能引发高血压、高脂血症、2型糖尿病、代谢综合征、脂肪肝等一系列疾病的发生发展,不利

于儿童的身心发育^[3]。既往研究证实^[4],在肥胖人群中,其肠道菌群相对于体重正常者紊乱,同时脂质代谢也处于异常状态。限制能量平衡膳食是干预肥胖儿童的常用非药物方法,但由于儿童正处于身体发育期,单纯的限制能量平衡膳食无法满足儿童的成长发育需求,身体没有足够的热量来应付基本生理机能所需要的能量,反而降低干预效果^[5]。运动干预是重要的肥胖及超重人群的常用干预措施,其可促进人体身心健康,有效减轻

* 基金项目:浙江省公益技术研究计划/社会发展项目(LGF21H070004)

作者简介:骆文倩(1990-),女,硕士研究生,研究方向:儿科学,E-mail:18258895278@163.com

(收稿日期:2023-08-17 接受日期:2023-09-12)

体重、减少脂肪面积并改善血脂代谢。本研究观察限制能量平衡膳食联合运动干预对肥胖儿童身体成分、脂质代谢及肠道菌群的影响,旨在为临床肥胖儿童的干预方案提供更多选择。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 4 月至 2022 年 10 月期间浙江大学医学院附属儿童医院收治的肥胖儿童 104 例作为研究对象。本次研究获得浙江大学医学院附属儿童医院伦理学委员会批准进行。纳入标准:(1)肥胖诊断标准参考《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];(2)智商正常,男女不限;(3)体质指数(BMI)≥28 kg/m²者;(4)家属签署知情同意书,接受营养师随访管理;(5)年龄≤14 岁。排除标准:(1)继发性肥胖者;(2)使用影响糖、脂代谢的药物;(3)先天性内分泌、代谢、遗传性疾病;(4)精神疾病者;(5)严重心肝肾功能不全者。按照随机数字表法将肥胖儿童分为对照组(n=52,限制能量平衡膳食)和观察组(n=52,限制能量平衡膳食联合运动干预)。对照组男 30 例,女 22 例,年龄 7~12 岁,平均(10.26±0.84)岁;病程 8~19 月,平均(13.67±1.58)月;BMI 28~37 kg/m²,平均(32.76±3.11) kg/m²。观察组男 31 例,女 21 例,年龄 8~12 岁,平均(10.32±0.79)岁;病程 9~17 月,平均(13.84±1.46)月;BMI 28~36 kg/m²,平均(32.53±2.25)kg/m²。两组一般资料对比未见差异(P>0.05),组间可比。

1.2 方法

两组饮食均选择以低血糖生成指数(GI)、优质蛋白质食物、高膳食纤维为主。对照组:一日总能量以标准体重(身高-105)cm 计算,每日总能量控制在 25~30 kcal/kg 之间。每日能量供比:早、午、晚餐按照配比 25%、50%、25%。观察组在对照组基础上联合运动干预,选择慢跑、跳绳或爬楼梯等方法(根据儿童身体素质 and 运动喜好而定),0.5~1 h/次,1 次/d,逐渐增加

运动频次及时间。两组均干预 2 个月。

1.3 观察指标

(1)身体成分指标:干预前、干预 2 个月后,采用人体成分分析仪[有品医疗电子(中山)有限公司,型号:PICOC-S3]测定两组的身体成分,包括体重、BMI、去脂体重、脂肪量以及体脂率。(2)脂质代谢指标:分别采集两组肥胖儿童干预前、干预 2 个月后的血液标本 6 mL,进行离心处理(2900 r/min 离心 13 min,离心半径 6 cm)获取上清液待检。采用全自动生化分析仪(上海科华实验系统有限公司,型号:卓越 450)检测血清总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平。(3)肠道菌群指标:干预前、干预 2 个月后采集两组肥胖儿童的肠道内容物,分别装入无霉无菌的粪便采集管(5 mL),液氮保存待检。对粪便样本进行洗涤,洗涤后的样本按照脱氧核糖核酸(DNA)提取试剂盒(上海抚生实业有限公司)说明书步骤提取 DNA,置于-20℃冰箱中保存备用。将待测粪便样品中提取的 DNA 分别进行 4 种菌的 16S rDNA 实时荧光定量分析,结果以每克湿便的细菌拷贝数对数(以 10 为底数)表示。

1.4 统计学方法

所有数据应用 SPSS 25.0 软件进行统计处理。计量资料如身体成分、脂质代谢指标等以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料如性别比例等以例(%)表示,采用 χ^2 检验。P<0.05 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 身体成分对比

干预前,两组体重、BMI、去脂体重、脂肪量、体脂率组间对比无差异(P>0.05)。干预 2 个月后,两组体重、BMI、去脂体重、脂肪量、体脂率均下降,且观察组低于对照组(P<0.05)。见表 1。

表 1 身体成分对比($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of body composition($\bar{x} \pm s$)

Groups	Time	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)	Fat free mass(kg)	Fat mass(kg)	Body fat percentage(%)
Control group (n=52)	Before intervention	85.89± 8.74	32.76± 3.11	61.33± 7.35	34.35± 3.31	27.29± 2.25
	2 months after intervention	73.91± 7.67	28.54± 2.78	55.31± 8.26	29.34± 2.96	24.31± 2.48
	t	7.429	7.295	3.926	8.136	6.417
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Observation group (n=52)	Before intervention	85.32± 7.65	32.53± 2.25	61.08± 6.87	33.96± 3.43	27.36± 1.92
	2 months after intervention	62.84± 8.49 ^a	25.71± 2.36 ^a	49.98± 6.95 ^a	25.82± 2.42 ^a	21.09± 1.86 ^a
	t	14.185	15.083	8.191	13.983	16.914
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Note: Compare with control group 2 months after intervention, ^aP<0.05.

2.2 脂质代谢指标对比

干预前,两组 LDL-C、TC、TG、HDL-C 组间对比无差异(P>0.05)。干预 2 个月后,两组 HDL-C 升高,且观察组高于对

照组;TC、TG、LDL-C 下降,且观察组低于对照组(P<0.05)。见表 2。

表 2 脂质代谢指标对比($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Comparison of lipid metabolism indexes($\bar{x} \pm s$)

Groups	Time	TC (mmol/L)	TG (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)
Control group (n=52)	Before intervention	6.54± 0.62	2.25± 0.49	3.69± 0.56	1.27± 0.43
	2 months after intervention	4.79± 0.71	1.87± 0.42	2.81± 0.52	1.68± 0.39
	t	13.388	4.246	8.304	-5.093
	P	0.000	0.000	0.000	0.000
Observation group (n=52)	Before intervention	6.68± 0.58	2.29± 0.44	3.66± 0.73	1.29± 0.45
	2 months after intervention	4.08± 0.49 ^a	1.49± 0.38 ^a	2.24± 0.54 ^a	1.86± 0.34 ^a
	t	24.693	9.923	11.277	-7.288
	P	0.000	0.000	0.000	0.000

Note: Compare with control group 2 months after intervention, ^aP<0.05.

2.3 肠道菌群指标对比

干预前,两组双歧杆菌、乳杆菌、大肠杆菌、肠球菌组间对比无差异(P>0.05)。干预 2 个月后,两组双歧杆菌、乳杆菌升

高,且观察组高于对照组;大肠杆菌、肠球菌下降,且观察组低于对照组(P<0.05)。见表 3。

表 3 肠道菌群指标对比(Log10CFU/g, $\bar{x} \pm s$)
Table 3 Comparison of intestinal flora indicators(Log10CFU/g, $\bar{x} \pm s$)

Groups	Time	Lactobacillus	Bacillus bifidus	Enterococcus	Colibacillus
Control group (n=52)	Before intervention	8.57± 1.32	6.83± 1.49	9.31± 1.28	9.26± 0.93
	2 months after intervention	11.53± 2.26	9.10± 1.32	7.72± 1.13	7.58± 0.85
	t	-8.155	-8.472	6.715	9.615
	P	0.000	0.000	0.000	0.000
Observation group (n=52)	Before intervention	8.51± 1.34	6.87± 1.35	9.35± 1.17	9.22± 0.87
	2 months after intervention	13.17± 1.71 ^a	13.64± 1.84 ^a	5.24± 0.96 ^a	5.69± 0.79 ^a
	t	-15.468	-21.392	19.583	21.661
	P	0.000	0.000	0.000	0.000

Note: Compare with control group 2 months after intervention, ^aP<0.05.

3 讨论

影响儿童肥胖的原因包括遗传、精神压力和不良的生活习惯等,若不及时控制,可导致高血压、糖尿病的发生风险增加^[8]。儿童肥胖的发病机制尚不明确,普遍的研究认为主要是由于遗传、精神压力和不良的生活习惯等诸多原因共同作用导致儿童体内的脂肪细胞的数量及体积发生变化,促使儿童体内释放出大量的游离脂肪酸,使得体内的脂肪酸氧化明显增加,扰乱正常脂质新陈代谢过程,加重肥胖的发生发展^[9]。此外,有报道显示^[10],肠道菌群与肥胖有着密切的关系,正常情况下,肠道菌群可帮助宿主发酵食物中自身不能消化的多糖,帮助他提高吸收能量的能力;病理状态下,肠道菌群紊乱而导致无法正常消耗食物中的多糖,引起多糖堆积而能量过剩,导致肥胖。因此,改善脂质代谢紊乱和调节肠道菌群是目前干预儿童肥胖的新途径。儿童肥胖是慢性疾病,治疗上强调以行为、饮食治疗为主的

综合治疗限制能量平衡膳食可在一定程度上缓解儿童的肥胖趋势^[11]。但也有不少肥胖儿童由于长期限制能量平衡膳食会导致贫血,影响儿童生长发育,一定程度上影响干预效果^[12]。运动干预可大量消耗机体能量,最终实现降低体重的目的^[13]。本研究尝试限制能量平衡膳食联合运动干预用于肥胖儿童,就此展开分析。

本次研究结果显示,限制能量平衡膳食联合运动干预可有效调节肥胖儿童身体成分,控制肥胖。分析原因:限制能量平衡膳食是指通过保持食物中营养成分占比并减少摄食量的一种膳食方案,可保证人体生长发育所需矿物质和维生素的量,而且可合理分配脂肪、蛋白质和碳水化合物的比例,满足机体最低需要的同时可有效控制多余的热量摄入^[14,15]。而联合运动干预能够大量消耗能量,促进脂肪的燃烧;同时运动干预还可拮抗胰岛素的合成分泌,改善糖耐量,促进体脂的分解,从而有利于改善肥胖儿童的身体成分^[16]。肥胖儿童通常会因体内的脂肪

细胞体积肥大,且数量较大,故体内出现脂肪沉积,导致血脂异常^[17]。本次研究结果显示,运动、限制能量平衡膳食联合干预可有效改善肥胖儿童的血脂代谢。分析原因:限制能量平衡膳食可有效控制儿童摄入能量,避免其脂质代谢水平进一步失衡^[18],而运动干预可促进优化血糖、血脂等指标,帮助改善机体代谢^[19]。

肠道菌群是人体内一个巨大的“代谢器官”,可有效维持人体稳态,同时,肠道菌群数量、丰度、种类的变化与多种疾病的发生发展相关^[20]。肠道菌群中双歧杆菌、乳杆菌等属于有益细菌,可促进肠道代谢,并与宿主互利共生维持肠道内环境稳态^[21],而肠球菌、大肠杆菌则属于有害菌,与系统性炎症、肥胖、胰岛素抵抗等病理过程的发生发展密切相关^[22]。多项报道证实^[23,24],肥胖人群肠道菌群的组成存在异常情况,肠道中乳酸菌、双歧杆菌等益生菌的数量明显低于正常人群。本文的研究结果显示,限制能量平衡膳食联合运动干预可有效调节肥胖儿童的肠道菌群。既往研究证实^[25],人体肠道菌群的结构和功能受能量平衡、饮食模式、遗传、抗生素、运动等因素的影响。与本次研究结论有相同之处,提示限制能量平衡膳食联合运动干预有利于改善人体的肠道菌群。既往动物实验认为运动干预可能是通过迷走神经调节和介导下丘脑-垂体-肾上腺轴来影响肠道菌群^[26]。

综上所述,限制能量平衡膳食联合运动干预可有效调节肥胖儿童身体成分,改善脂质代谢及肠道菌群数量。

参考文献(References)

- [1] Mayoral LP, Andrade GM, Mayoral EP, et al. Obesity subtypes, related biomarkers & heterogeneity [J]. *Indian J Med Res*, 2020, 151(1): 11-21.
- [2] Weihrauch-Blüher S, Wiegand S. Risk Factors and Implications of Childhood Obesity[J]. *Curr Obes Rep*, 2018, 7(4): 254-259.
- [3] Brown CL, Halvorson EE, Cohen GM, et al. Addressing Childhood Obesity: Opportunities for Prevention [J]. *Pediatr Clin North Am*, 2015, 62(5): 1241-1261.
- [4] Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment[J]. *Mayo Clin Proc*, 2017, 92(2): 251-265.
- [5] Pereira AR, Oliveira A. Dietary Interventions to Prevent Childhood Obesity: A Literature Review[J]. *Nutrients*, 2021, 13(10): 3447.
- [6] 宋鸽,陈君颖,孙凌宇,等. 运动干预与儿童肥胖的定性循证研究[J]. *中国妇幼健康研究*, 2022, 33(10): 13-25.
- [7] 中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数分类标准[J]. *中华流行病学杂志*, 2004, 25(2): 97-102.
- [8] Littleton SH, Berkowitz RI, Grant SFA. Genetic Determinants of Childhood Obesity[J]. *Mol Diagn Ther*, 2020, 24(6): 653-663.
- [9] Kostovski M, Tasic V, Laban N, et al. Obesity in Childhood and Adolescence, Genetic Factors [J]. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*, 2017, 38(3): 121-133.
- [10] 欧阳凤秀,王旭. 生命早期肠道菌群的影响因素与儿童肥胖[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2016, 36(9): 1378-1382.
- [11] Wang Y, Cai L, Wu Y, et al. What childhood obesity prevention programmes work? A systematic review and meta-analysis [J]. *Obes Rev*, 2015, 16(7): 547-65.
- [12] Liberali R, Kupek E, Assis MAA. Dietary Patterns and Childhood Obesity Risk: A Systematic Review [J]. *Child Obes*, 2020, 16(2): 70-85.
- [13] 朱晓芳,曹亚船. 基于跨理论模型的运动干预应用于肥胖儿童中的效果观察[J]. *中国社会医学杂志*, 2021, 38(3): 316-319.
- [14] 甄诗翰,刘洋,丁宁,等. 国内外儿童肥胖相关膳食调查方法及评价[J]. *中华健康管理学杂志*, 2017, 11(2): 193-197.
- [15] 汤庆娅. 膳食钙对儿童肥胖及其代谢紊乱的影响 [J]. *临床儿科杂志*, 2010, 28(9): 807-809.
- [16] 古丽加娜提·阿布拉克木,王敏因,何艳红,等. 低能量平衡膳食联合有氧运动对单纯性肥胖儿童体脂代谢、胰岛素抵抗及氧化应激反应的影响[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(18): 3459-3462, 3533.
- [17] 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.
- [18] Verduci E, Bronsky J, Embleton N, et al. Role of Dietary Factors, Food Habits, and Lifestyle in Childhood Obesity Development: A Position Paper From the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition Committee on Nutrition [J]. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 2021, 72(5): 769-783.
- [19] Ash T, Agaronov A, Young T, et al. Family-based childhood obesity prevention interventions: a systematic review and quantitative content analysis[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2017, 14(1): 113.
- [20] 高晓琳. 儿童肥胖症与肠道菌群相关性的研究进展 [J]. *中国当代儿科杂志*, 2017, 19(3): 368-370,封3.
- [21] 刘卓群,王宁宁,马亚楠,等. 肠道菌群与儿童肥胖的关系及其机制和治疗研究进展[J]. *中国微生态学杂志*, 2017, 29(12): 1456-1462.
- [22] 王雅倩,颜崇准. 生命早期抗生素暴露与儿童肥胖相关性研究进展[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(1): 78-80.
- [23] 李静,路媛媛,樊超男,等. 学龄前肥胖儿童肠道菌群的变化[J]. *中国儿童保健杂志*, 2015, 23(4): 388-390.
- [24] 武强强,杨慧娣,张学英,等. 肠道菌群影响宿主肥胖的研究进展 [J]. *生物学通报*, 2023, 58(4): 1-7.
- [25] 李佳帅,唐强,朱路文,等. 肠道菌群功能及其与运动的相关性研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(12): 1422-1425.
- [26] 李玉娇,苏坤霞. 高强度耐力运动影响高脂诱导肥胖模型小鼠白色脂肪棕色化相关蛋白的表达[J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(5): 707-713.