·儿少卫生与妇幼保健·

中高强度运动和超重肥胖对中小学生血压偏高的联合作用

袁同慧，柯思思，王丽茵，赵思琪，郭燕
武汉市疾病预防控制中心（武汉市卫生监督所），湖北 武汉 430024

摘要：目的　探讨中高强度运动和超重肥胖对血压偏高的影响，为科学防控提供依据。**方法**　使用分层随机整群抽样方法，对武汉市中小学生进行调查，采用多因素 logistic 回归模型分析中高强度运动和超重肥胖对血压偏高的独立作用与联合作用，通过相乘模型和相加模型分析二者与血压偏高的交互作用。**结果**　共纳入 21 864 名中小学生，血压偏高检出率 20.91%。联合作用分析显示，非每天中高强度运动且非超重肥胖者、每天中高强度运动且超重肥胖者、非每天中高强度运动且超重肥胖者血压偏高风险较每天中高强度运动且非超重肥胖者依次增高，*OR* 值（95%*CI*）分别为 1.268（1.071，1.501）、2.001（1.596，2.510）、2.710（2.290，3.207）（均 $P<0.05$），且在亚组（女性、小学、非吸烟者及汉族）中仍有统计学意义。交互作用分析提示，非每天中高强度运动和超重肥胖对血压偏高无相乘和相加交互作用。**结论**　中高强度运动和超重肥胖对血压偏高存在联合作用，每天中高强度运动不能全部抵消超重肥胖对血压偏高的风险。

关键词：血压偏高；中高强度运动；超重肥胖；中小学生；联合作用
中图分类号：R179；R544.1　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1003-8507（2026）19-3538-07
DOI：10.20043/j.cnki.MPM.202603061

Joint effects of moderate-to-vigorous exercise and overweight or obesity on elevated blood pressure in primary and secondary school students

YUAN Tong-hui, KE Si-si, WANG Li-yin, ZHAO Si-qi, GUO Yan
Wuhan Center for Disease Control and Prevention (Wuhan Health Supervision Institute), Wuhan, Hubei 430024, China

Abstract: Objective To explore the impact of moderate-to-vigorous exercise (MVE) and overweight/obesity on elevated blood pressure, providing insights for scientific prevention and control strategies. **Methods** A stratified random cluster sampling method was used to survey primary and secondary school students in Wuhan. Multivariable logistic regression analyses were used to estimate the independent and joint associations of MVE and overweight/obesity with elevated blood pressure. Multiplicative and additive interaction terms were introduced to assess the interactions between MVE and overweight/obesity on elevated blood pressure. **Results** A total of 21 864 participants were included in the study, with 20.91% having elevated blood pressure. Joint analysis revealed that compared to participants with daily MVE and not overweight/obese, the risk of elevated blood pressure increased progressively among those who did not engage in daily MVE and were not overweight/obese (*OR*:1.268, 95% *CI*: 1.071-1.501), those who engaged in daily MVE but were overweight/obese (*OR*=2.001, 95% *CI*: 1.596-2.510), and those who did not engage in daily MVE and were overweight/obese (*OR*=2.710, 95% *CI*: 2.290-3.207), all $P<0.05$. The associations remained statistically significant in the subgroups of females, primary school students, non-smokers, and those of Han ethnicity. Interaction analysis indicated that there were no multiplicative or additive interactions between MVE and overweight/obesity in relation to elevated blood pressure. **Conclusion** MVE and overweight/obesity have joint effects on elevated blood pressure. Daily MVE cannot fully offset the risk of elevated blood pressure associated with overweight/obesity.

Keywords: Elevated blood pressure; Moderate-to-vigorous exercise; Overweight or obesity; Primary and secondary school students; Joint effects

高血压是全球总体疾病负担的一个重要因素，在过去 20 年中已导致全球超 1 000 万人死亡，并造成超 2 亿病例的疾病负担[1]。儿童时期较高的血压水平与成年期高血压的早期发病密切相关[2-3]，因此，儿童时期血压偏高的早期筛查和预防至关重要。近年来，我国中小学生血压偏高检出率呈逐年上升趋势，2019 年的检出率增至 13.0%[4]，这进一步凸显了加强中小学生高血压防控的紧迫性。

与此同时，随着经济的快速发展，中小学生超重

基金项目：武汉市科技局基础研究项目（2023020201010205）
作者简介：袁同慧（1994—），女，硕士，主治医师，研究方向：儿童青少年健康与发展
通信作者：郭燕，E-mail:250322883@qq.com

肥胖的问题愈加突出。根据全国学生体质与健康调研数据，中小学生超重肥胖检出率高达 24.2%[5]。既往研究已证明，超重肥胖会增加中小学生高血压的患病率，而运动可降低高血压的患病率[6-9]。然而，现有研究较少探讨超重肥胖与运动的联合作用和交互作用，也不清楚运动是否能抵消超重肥胖对高血压的风险。因此，本研究利用武汉市学生常见病和健康影响因素监测数据，深入探讨中小学生运动和超重肥胖对血压偏高的影响，为中小学生血压偏高的早期防控提供科学依据。

1　对象与方法

1.1　对象　本研究依托于全国学生常见病和健康影响因素监测与干预项目，于 2023 年 3 月在武汉市 13 个行政区采用分层随机整群方法进行抽样，每个行政区内随机抽取 2 所小学、2 所初中、2 所高中、1 所职高，再按照年级分层，每个年级随机抽取至少 2 个班级，确保每个年级至少有 80 名学生参与。纳入标准：(1)参与问卷调查的四年级及以上中小学生（一至三年级学生不参与问卷调查，故不纳入）；(2)完成身高、体重、收缩压、舒张压等关键项目测量的学生。排除标准：中途退出者。共纳入学生 22 926 人，均完成了体格检查和问卷调查，应答率为 100%。剔除学生自报 ID 与生成编码 ID 不一致、ID 重复及关键变量缺失者后，最终纳入 21 864 名中小学生作为研究对象。所有调查学生均签署了知情同意书。研究获得了武汉市疾病预防控制中心伦理委员会审批（WHCDCIRB-K2023032）。

1.2　方法

1.2.1　体格检查　基于全国学生常见病和健康影响因素监测与干预工作方案的要求，按照《学生健康检查技术规范》（GB/T26343—2010）测量学生身高、体重、收缩压、舒张压。身体质量指数（body mass index, BMI）= 体重（kg）/ 身高的二次方（m^2）。

1.2.2　问卷调查　采用全国学生常见病和健康影响因素监测与干预工作方案中《学生健康状况及影响因素调查表》进行调查，内容包括：(1)基本信息，如性别、年龄、民族、班级等；(2)疾病史，如高血压史、心脏病史；(3)生活方式，如吸烟史、饮酒史、饮食（含糖饮料、油炸食品、新鲜蔬菜等）、睡眠时间、视屏时间、静坐时间等。

1.2.3　判断标准　中高强度运动是指让受检者气喘吁吁或者心跳加快的运动，如跑步、篮球、足球、游泳、健身房内跳健身操、搬重物等[10]。问卷调查学生“过去 7 d 内，有几天能做到每天至少 60 min 及以上中高强度运动”，将每周 7 d 均达标定义为“每天中高强度运动”。本研究重点关注运动频率（是否每天中高强度运动）而非强度分级，故将中强度与高强度运动合并为“中高强度运动”一类进行分析。超重和肥胖根据《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》（WS/T 586—2018），采用性别与年龄别 BMI 界值判断超重与肥胖，BMI ≥ 同性别、年龄别“超重”界值点且小于“肥胖”界值点定义为超重，BMI ≥ 同性别、年龄别“肥胖”界值点时为肥胖。考虑到本研究重点关注是否超重肥胖对血压偏高的影响，而非 BMI 异常的等级，因此分析时主要将超重与肥胖合并为“超重肥胖”一类进行分析。血压偏高根据《7 ~ 18 岁儿童青少年血压偏高筛查界值》（WS/T 610—2018）界定，7 ~ 17 岁学生，凡收缩压和（或）舒张压 ≥ 同性别、同年龄、同身高第 95 百分位为血压偏高，18 岁学生参考成人标准，收缩压 ≥ 140 mm Hg 和（或）舒张压 ≥ 90 mm Hg 为血压偏高。

1.3　统计学分析　数据分析采用 R 3.6 软件。年龄等符合正态分布的连续变量用（均数 ± 标准差）描述，睡眠时间等不符合正态分布的数据则用中位数和四分位数间距 $[M(P_{25},P_{75})]$ 描述，分类变量以构成比（%）表示。组间比较分别用 t 检验、Wilcox 秩和检验或 χ^2 检验。采用 logistic 回归模型分析中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的独立作用、联合作用和交互作用。在独立作用分析中，模型 1 不调整协变量，模型 2 调整性别和学段，模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整单因素分析中有意义的变量，模型 4 在模型 3 的基础上将中高强度运动和超重肥胖同时纳入 logistic 回归模型。联合作用分析以“每天中高强度运动且非超重肥胖”为参照，将“非每天中高强度运动且非超重肥胖”“每天中高强度运动且超重肥胖”“非每天中高强度运动且超重肥胖”作为哑变量纳入模型。相乘交互作用通过引入中高强度运动与超重肥胖的乘积项进行检验。相加交互作用则计算相对超额危险度归因（relative excess risk due to interaction,RERI）、归因百分比（attributable percentage,AP）和协同指数（synergy index,SI）。如果 RERI 和 AP 的 95%*CI* 不包含 0 且 SI 的 95%*CI* 不包含 1，则认为存在相加交互作用。此外，也按性别、学段、吸烟史和民族分层进行了亚组分析。联合作用、交互作用和亚组分析调整协变量同模型 3，但亚组分析中协变量作为分组变量时不调整。为进一步探讨中高强度运动频率和不同体重状态与血压偏高的联合作用，还将中高强度运动天数分为每周 0 ~ 2 d、每周 3 ~ 6 d、每天三组，体重状态分为非超重肥胖、超重、肥胖三类，以“每天中高强度运动 + 非超重肥胖”为参照组，调整协变量同模型 3。双侧检验，检验水准 α=0.05。

2　结　果

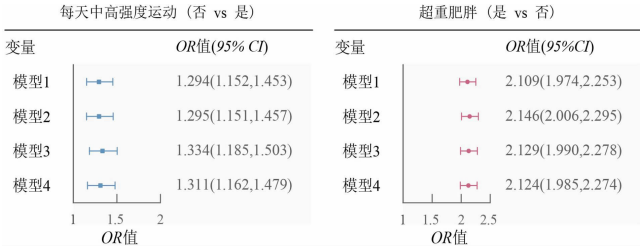
2.1　研究对象的基本情况　共纳入 21 864 名中小学生，平均年龄为（14.38 ± 2.59）岁，其中男生 11 485（52.53%）名。每天中高强度运动者 2 184（9.99%）名，超重肥胖者 8 328（38.09%）名，血压偏高者 4 572（20.91%）名。血压偏高者中，52.41%（2 396/4 572）为超重肥胖者，8.27%（378/4 572）坚持每天中高强度运动。血压偏高与非血压偏高者的年龄、每天视屏时间、每天睡眠时间、性别、学段、民族、地区、吸烟、超重肥胖、每天喝奶、豆制品次数、每天中高强度运动、高血压史的分布差异有统计学意义（均 $P<0.05$）。见表 1。

表 1　研究对象的基本特征[$(\bar{x}\pm s)$, $M(P_{25},P_{75})$, $n(\%)$]

Table 1　Baseline characteristics of the participants [$(\bar{x}\pm s)$, $M(P_{25}, P_{75})$, $n(\%)$]

调查内容	总人数（21 864 例）	正常组（17 292 例）	血压偏高组（4 572 例）	t/χ^2/T 值	P 值
年龄（岁）	14.38 ± 2.59	14.36 ± 2.66	14.48 ± 2.32	−3.182	0.001
每天视屏时间（h）	1（0.08，2）	1（0，2）	1（0.17，2）	38 647 560	0.019
每天睡眠时间（h）	7.5（6.5，9）	7.5（6.5，9）	7.5（6.5，8.5）	40 743 909.5	0.001
每天静坐时间（h）	6.5（2，10）	6.5（2，10）	7（2，10）	38 796 180	0.053
性别				22.319	<0.001
男	11 485	8 941（77.85）	2 544（22.15）		
女	10 379	8 351（80.46）	2 028（19.54）		
学段				128.297	<0.001
小学	6 209	5 145（82.86）	1 064（17.14）		
初中	6 163	4 600（74.64）	1 563（25.36）		
高中	9 492	7 547（79.51）	1 945（20.49）		
民族				3.886	0.049
汉族	21 513	16 999（79.02）	4 514（20.98）		
非汉族	351	293（83.48）	58（16.52）		
地区				266.837	<0.001
远城区	10 892	9 106（83.60）	1 786（16.40）		
中心城区	10 972	8 186（74.61）	2 786（25.39）		
饮酒				2.657	0.103
否	16 878	13 307（78.84）	3 571（21.16）		
是	4 986	3 985（79.92）	1 001（20.08）		
吸烟				7.871	0.005
否	21 478	16 964（78.98）	4 514（21.02）		
是	386	328（84.97）	58（15.03）		
超重肥胖				501.643	<0.001
否	13 536	11 360（83.92）	2 176（16.08）		
是	8 328	5 932（71.23）	2 396（28.77）		
每天喝糖饮料次数（次）				0.702	0.402
≥1	2 291	1 796（78.39）	495（21.61）		
<1	19 573	15 496（79.17）	4 077（20.83）		
每天吃油炸食物次数（次）				1.242	0.265
≥1	1 440	1 156（80.28）	284（19.72）		
<1	20 424	16 136（79.01）	4 288（20.99）		
每天吃新鲜水果次数（次）				1.227	0.268
≥1	12 230	9 639（78.81）	2 591（21.19）		
<1	9 634	7 653（79.44）	1 981（20.56）		
每天吃新鲜蔬菜次数（次）				0.484	0.487
≥1	18 181	14 363（79.00）	3 818（21.00）		
<1	3 683	2 929（79.53）	754（20.47）		
每天吃早餐				3.591	0.058
是	17 531	13 911（79.35）	3 620（20.65）		
否	4 333	3 381（78.03）	952（21.97）		
每天喝奶、豆制品次数（次）				6.25	0.012
≥1	13 372	10 502（78.54）	2 870（21.46）		
<1	8 492	6 790（79.96）	1 702（20.04）		
每天中高强度运动				18.808	<0.001
是	2 184	1 806（82.69）	378（17.31）		
否	19 680	15 486（78.69）	4 194（21.31）		
心脏病史				0	1
是	27	21（77.78）	6（22.22）		
否	21 837	17 271（79.09）	4 566（20.91）		
高血压史				20.625	<0.001
是	50	26（52.00）	24（48.00）		
否	21 814	17 266（79.15）	4 548（20.85）		

2.2　中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的独立作用　调整相关协变量后，非每天中高强度运动者血压偏高风险是每天中高强度运动者的 1.311（95%*CI*：1.162～1.479）倍。超重肥胖者血压偏高风险是非超重肥胖者的 2.124（95%*CI*：1.985～2.274）倍，差异均有统计学意义（均 $P<0.001$）。见图 1。



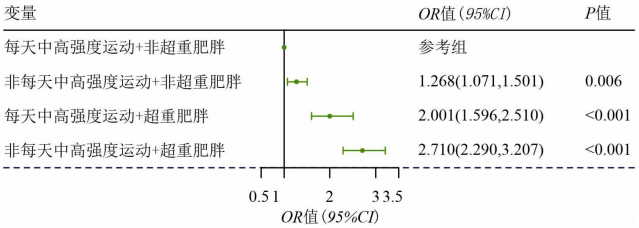
注：模型 1 未调整协变量；模型 2 调整了性别和学段；模型 3 调整了性别、学段、民族、地区、吸烟、每天喝奶、豆制品次数、高血压史、年龄、每天视屏时间和每天睡眠时间；模型 4 在模型 3 的基础上将中高强度运动和超重肥胖同时纳入 logistic 回归模型。

图 1　中高强度运动、超重肥胖与血压偏高的独立作用

Figure 1　Independent effects of MVE and overweight/obesity on elevated blood pressure

2.3　中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的交互作用　调整相关变量后，RERI 为 0.441（95%*CI*：0.013～0.770），AP 为 0.162（95%*CI*：0.013～0.296），SI 为 1.347（95%*CI*：0.985～1.841），乘法效应 *OR* 为 1.068（95%*CI*：0.843～1.353），提示超重肥胖和中高强度运动对血压偏高风险不存在相加和相乘模型下的交互作用。

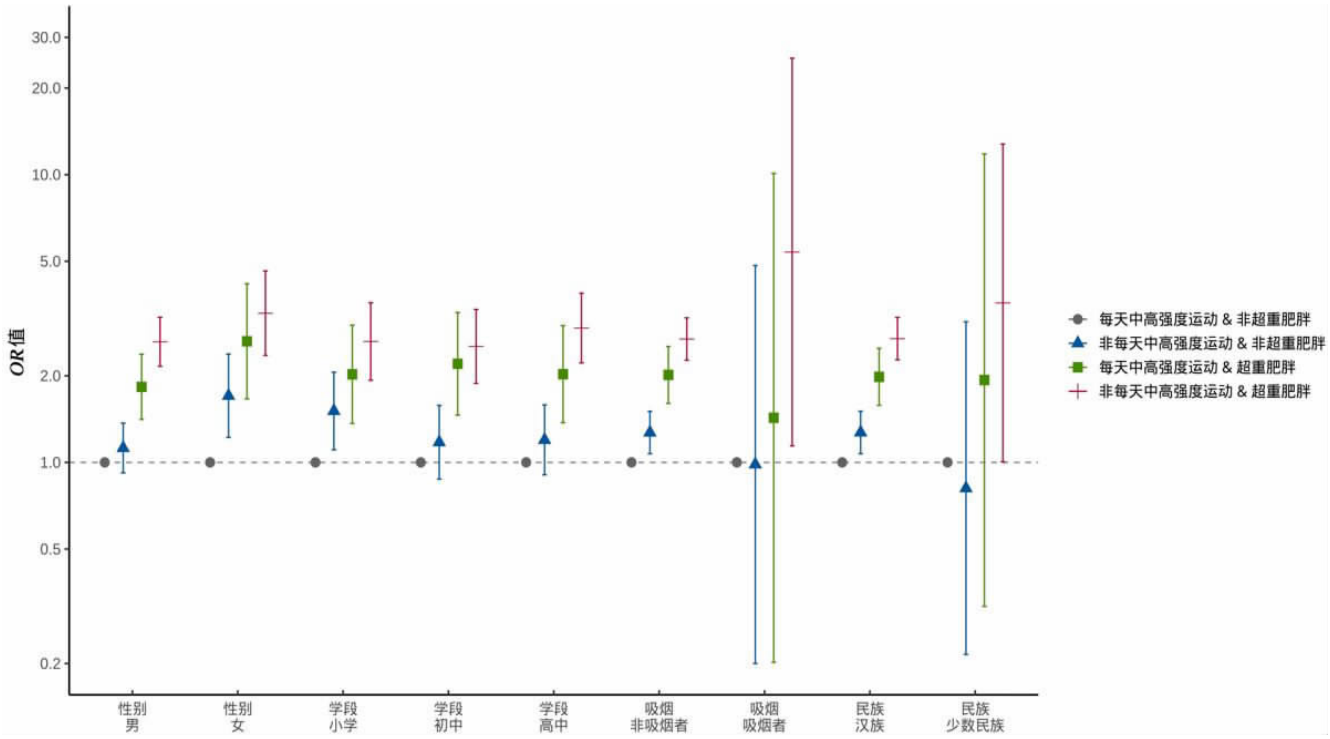
2.4　中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的联合作用　与每天中高强度运动且非超重肥胖者相比，非每天中高强度运动且非超重肥胖者、每天中高强度运动且超重肥胖者、非每天中高强度运动且超重肥胖者的血压偏高风险依次增高，*OR* 值（95%*CI*）分别为 1.268（1.071～1.501）、2.001（1.596～2.510）、2.710（2.290～3.207）（均 $P<0.05$）。见图 2。进一步亚组分析显示，这一趋势在女性、小学、非吸烟者及汉族中仍存在。见图 3。



注：模型调整了性别、学段、民族、地区、吸烟、每天喝奶、豆制品次数、高血压史、年龄、每天视屏时间和每天睡眠时间。

图 2　中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的联合作用

Figure 2　Joint effects of MVE and overweight/obesity on elevated blood pressure



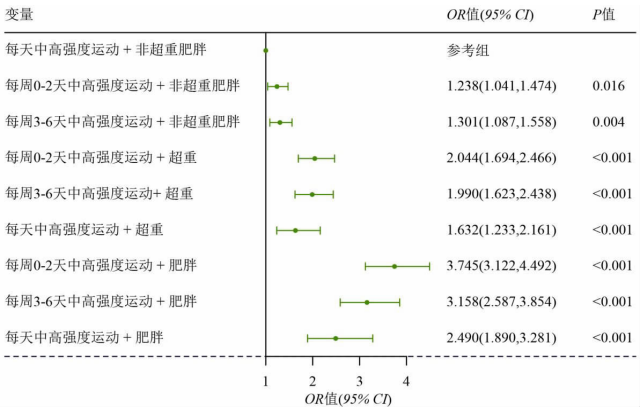
注：模型调整了性别、学段、民族、地区、吸烟、每天喝奶、豆制品次数、高血压史、年龄、每天视屏时间和每天睡眠时间，但作为分组变量时不调整。

图 3　不同亚组中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的联合作用

Figure 3　Joint effects of MVE and overweight/obesity on elevated blood pressure across different subgroups

2.5　中高强度运动频率和不同体重状态与血压偏高的联合作用　进一步分析显示，以每天中高强度运动

+ 非超重肥胖为参照组，在非超重肥胖者中，每周0～2 d 和每周 3～6 d 中高强度运动的 *OR* 值分别为 1.238 和 1.301，均高于参照组。在超重和肥胖者中，随着运动频率增加，*OR* 值呈递减趋势：超重者每周 0～2 d、每周 3～6 d、每天中高强度运动的 *OR* 值分别为 2.044、1.990、1.632；肥胖者相应为 3.745、3.158、2.490。与每周 0～2 d 中高强度运动相比，每周3～6 d 运动可使超重者和肥胖者的风险分别降低2.6%和15.7%，每天运动可分别降低 20.2%和33.5%。在每天中高强度运动者中，超重者（*OR*= 1.632）和肥胖者（*OR*=2.490）的风险高于非超重肥胖者。见图 4。



注：模型调整了性别、学段、民族、地区、吸烟、每天喝奶、豆制品次数、高血压史、年龄、每天视屏时间和每天睡眠时间。

图 4　中高强度运动频率和不同体重状态与血压偏高的联合作用

Figure 4　Joint effects of MVE frequency and weight status on elevated blood pressure

3　讨　论

本研究基于学生常见病和健康影响因素监测与干预项目，探讨了中高强度运动和超重肥胖与血压偏高的关联。研究发现，武汉市中小学生血压偏高检出率为 20.91%，超过全省（20.52%）、全国（13.0%）及全球（4.28%）平均水平[4, 11–12]。这种区域性差异可能与地理位置、人口结构、环境因素以及社会经济状况有关。此外，武汉市作为中国中部的重要城市，快速的城市化进程可能导致中小学生的体力活动减少，从而增加血压偏高的风险。

本研究发现，超重肥胖者血压偏高风险是非超重肥胖者的 2.124 倍，这与多项研究结果一致[13–14]。超重肥胖与血压偏高的关联机制复杂，涉及钠处理受损、交感神经系统过度激活、氧化应激、血液动力学变化、内分泌功能障碍等多个病理生理过程[15]。例如，肥胖引发的胰岛素抵抗和慢性低度炎症可能通过影响血管内皮功能，进一步导致血压升高[16–17]。

非每天中高强度运动者血压偏高风险是每天中高强度运动者的 1.311 倍，多项研究结果与此一致。例如，一项关于儿童青少年体力活动与高血压的研究发现，中高强度运动能降低舒张压[18]。此外，多项 meta 分析也支持中高强度运动能降低收缩压和舒张压[8, 19–20]。运动可能通过改善血管内皮功能、降低交感神经活性、促进体重控制以及减少系统性炎症等多种机制发挥降压作用[21]。

本研究尚未发现中高强度运动与超重肥胖对血压偏高存在相乘或相加交互作用，这一阴性结果并非没有意义，反而提示：中高强度运动与超重肥胖对血压的影响可能是通过相对独立的生物学通路实现的，二者既无协同增强效应，也无拮抗削弱效应。从机制上看，超重肥胖通过激活肾素－血管紧张素－醛固酮系统、诱发胰岛素抵抗、促进炎症因子释放等途径升高血压[22]；而中高强度运动则通过改善血管内皮功能、降低交感神经张力、调节自主神经平衡等机制发挥降压作用[8, 18]。这两条通路在血压调节中可能相互平行，而非交互影响。

进一步分析发现，中高强度运动和超重肥胖对血压偏高存在联合作用。在四种组合中，非每天中高强度运动且超重肥胖者的血压偏高风险最高（*OR*= 2.710），而每天中高强度运动且超重肥胖者次之（*OR*=2.001），非每天中高强度运动且非超重肥胖者风险最低（*OR*=1.268）但也高于参照组，呈现明显的风险梯度。亚组分析显示，这一趋势在女性、小学、非吸烟者及汉族中保持一致，表明结果具有良好的稳健性。上述梯度关系提示，超重肥胖是血压偏高的较强危险因素，即使每天进行中高强度运动，也只能部分抵消其风险，而无法完全消除[7, 11, 23]。具体而言，每天中高强度运动可使超重肥胖者的 *OR* 从 2.710 降至 2.001，相对风险降低了约 26%，但仍有近 2 倍的风险。进一步将中高强度运动频率和体重状态分组分析发现，每天中高强度运动可使超重者和肥胖者的血压偏高风险较每周 0～2 d 运动者分别降低约 20%和 34%；在每天运动者中，超重者和肥胖者的血压偏高风险仍高于非超重肥胖者（*OR*=1.632 和 2.490），也均提示每天中高强度运动无法完全消除超重和肥胖的不良影响。在非超重肥胖者中，每周 3～6 d 中高强度运动者的风险略高于每周 0～2 d 运动者，而在超重和肥胖者中，每周 3～6 d 中高强度运动可使血压偏高风险较每周 0～2 d 运动者略有降低（超重者降幅约 2.6%，肥胖者约 15.7%），提示每周 3～6 d 运动降低血压偏高的风险有限，每天中高强度运动获得的保护效果最佳。这一结果具有重要的公共卫生意义，对于超重肥胖的中小学生，单纯鼓励每日运动不足以完

全防控血压偏高，还须采取综合干预措施，如控制体质指数、饮食促进、自我行为监测等[24]。此外，即使在非超重肥胖者中，非每天中高强度运动者的血压偏高风险也显著升高（*OR*=1.268），提示运动对非超重肥胖学生同样具有保护作用。因此，防控中小学生血压偏高不能仅依赖单一措施，需坚持运动与体重管理并重，并辅以饮食、行为等综合干预。

本研究仍存在一些局限性。一方面，作为横断面研究，无法推断因果关系，需开展纵向研究验证。其次，部分变量如生活方式、中高强度运动等来源于问卷，可能存在回忆偏倚。另一方面，未纳入如高血压家族史、高盐、血脂血糖等生化指标，评估可能不够全面。研究亦未深入比较武汉与其他地区在生活方式、饮食结构等方面的差异，未来可开展多中心研究，以便全面地识别影响因素。

综上所述，武汉市中小学生血压偏高检出率较高，每天进行中高强度运动不能全部抵消超重肥胖对血压偏高的不利影响。防控中小学生血压偏高不能仅依赖单一措施，需坚持运动与体重管理并重，并辅以饮食、行为等综合干预。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Zhang H, Zhou XD, Shapiro MD, et al. Global burden of metabolic diseases, 1990 - 2021[J]. Metabolism, 2024, 160: 155999.

[2] Urbina EM, Khoury PR, Bazzano L, et al. Relation of blood pressure in childhood to Self-Reported hypertension in adulthood [J]. Hypertension, 2019, 73(6): 1224-1230.

[3] 娄小焕，王明明，席波. 儿童期血压偏高对成年期高血压的影响研究[J]. 中国儿童保健杂志，2019，27(6)：584-587.
Lou XH, Wang MM, Xi B. Effect of childhood high blood pressure on the risk of hypertension in adulthood [J]. Chinese Journal of Child Health Care, 2019, 27(6): 584-587.(In Chinese)

[4] 陈力，张奕，马涛，等. 2010—2019 年中国 7~17 岁汉族儿童青少年正常高值血压和血压偏高的流行趋势[J]. 中华预防医学杂志，2023，57(4)：499-507.
Chen L, Zhang Y, Ma T, et al. Prevalence trend of high normal blood pressure and elevated blood pressure in Chinese Han children and adolescents aged 7-17 years from 2010 to 2019 [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2023, 57(4): 499-507.(In Chinese)

[5] Chen L, Qin Y, Zhang Y, et al. Association of the external environmental exposome and obesity: A comprehensive nationwide study in 2019 among Chinese children and adolescents[J]. Science of the Total Environment, 2024, 927: 172233.

[6] 蒋家诺，杨田，袁雯，等. 内蒙古地区学生超重肥胖与血压偏高及其共病状况的生活方式影响因素分析 [J]. 中国学校卫生，2023，44(9)：1313-1318.
Jiang JN, Yang T, Yuan W, et al. Co-occurrence trend of overweight, obesity and elevated blood pressure and its association with lifestyle factors among students in Inner Mongolia Autonomous Region [J]. Chinese Journal of School Health, 2023, 44 (9): 1313-1318. (In Chinese)

[7] 王转，杜向东，李忻，等. 贵州省中小学生超重肥胖、血压偏高及其共病现状及影响因素分析 [J]. 中国公共卫生，2024，40(10)：1189-1194.
Wang Z, Du XD, Li X, et al. Prevalence and determinants of overweight/obesity, elevated blood pressure, and their comorbidities among primary and secondary school students in Guizhou province: a cross-sectional survey[J]. Chinese Journal of Public Health, 2024, 40 (10): 1189-1194.(In Chinese)

[8] Hassan MA, Zhou WJ, Ye MY, et al. The effectiveness of physical activity interventions on blood pressure in children and adolescents: A systematic review and network meta-analysis [J]. Journal of Sport and Health Science, 2024, 13(5): 699-708.

[9] 李振珲，马冠生. 强化体重管理 防控儿童肥胖[J]. 中国儿童保健杂志，2026，34(1)：1-4, 45.
Li ZH, Ma GS. Enhancing weight management for childhood obesity prevention and control [J]. Chinese Journal of Child Health Care, 2026, 34(1): 1-4, 45.(In Chinese)

[10] 中国儿童青少年身体活动指南制作工作组，张云婷，马生霞，等. 中国儿童青少年身体活动指南[J]. 中国循证儿科杂志，2017，12(6)：401-409.
Zhong Guo Er Tong Qing Shao Nian Shen Ti Huo Dong Zhi Nan Zhi Zuo Gong Zuo Zu，Zhang YT, Ma SX, et al. Chinese children and adolescents physical activity guidelines [J]. Chinese Journal of Evidence Based Pediatrics, 2017, 12(6): 401-409.(In Chinese)

[11] 刘翎，彭飞，向晶晶，等. 健康生态学视角下中小学生超重肥胖与血压偏高共患的影响因素研究[J]. 现代预防医学，2025，52(13)：2395-2400, 2424.
Liu L, Peng F, Xiang JJ, et al. Prevalence and influencing factors of overweight/obesity and elevated blood pressure comorbidity among primary and secondary school students from the perspective of health ecology[J]. Modern Preventive Medicine, 2025, 52(13): 2395-2400, 2424.(In Chinese)

[12] Zhou JL, Shan SY, Wu J, et al. Global prevalence of hypertension among children and adolescents aged 19 years or younger: an updated systematic review and meta-analysis [J]. Lancet Child Adolesc Health, 2026, 10(1): 11-21.

[13] Hardy ST, Sakhuja S, Jaeger BC, et al. Trends in blood pressure and hypertension among US children and adolescents,1999-2018 [J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(4): e213917.

[14] Ye X, Yi Q, Shao J, et al. Trends in prevalence of hypertension and hypertension phenotypes among Chinese children and adolescents over two decades (1991-2015)[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8: 627741.

[15] Jebeile H, Kelly AS, O'Malley G, et al. Obesity in children and adolescents: epidemiology, causes, assessment, and management[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2022, 10(5): 351-365.

[16] Lu XL, Kong XH, Wu H, et al. UBE2M-mediated neddylation of TRIM21 regulates obesity-induced inflammation and metabolic disorders[J]. Cell Metabolism, 2023, 35(8): 1390-1405.e8.

[17] 陶益锋，范晖. 儿童期体质量指数累积效应与血压累积负担的关联[J]. 中国学校卫生，2026，47(1)：90-93, 99.
Tao YF, Fan H. Association between cumulative effect of body mass

index in childhood and cumulative burden of blood pressure [J]. Chinese Journal of School Health, 2026, 47 (1): 90–93, 99. (In Chinese)

[18] Chen JY, Wang YY, Li WX, et al. Physical activity and eating behaviors patterns associated with high blood pressure among Chinese children and adolescents [J]. BMC Public Health, 2023, 23 (1): 1516.

[19] Saco–Ledo G, Valenzuela PL, Ruiz–Hurtado G, et al. Exercise reduces ambulatory blood pressure in patients with hypertension: a systematic review and Meta–Analysis of randomized controlled trials [J]. Journal of the American Heart Association, 2020, 9(24): e18487.

[20] Jabbarzadeh GB, Zeraattalab–Motlagh S, Jayedi A, et al. Effects of aerobic exercise on blood pressure in patients with hypertension:a systematic review and dose–response meta–analysis of randomized trials[J]. Hypertension Research, 2024, 47(2): 385–398.

[21] Yin AW, Yuan RS, Xiao QQ, et al.Exercise–derived peptide protects against pathological cardiac remodeling [J]. eBioMedicine, 2022, 82: 104164.

[22] Parvanova A, Reseghetti E, Abbate M, et al. Mechanisms and treatment of obesity–related hypertension–Part 1: Mechanisms [J]. Clinical Kidney Journal, 2024, 17(1): sfad282.

[23] 王凯,徐百超,王朝昕,等. 组合运动干预对肥胖女青少年身体成分、心血管风险因素及心肺适能影响的研究[J]. 中国全科医学,2024,27(9):1109–1117.
Wang K, Xu BC, Wang CX, et al. Effects of combined motion intervention on body composition,cardiovascular risk factors and cardiopulmonary fitness of obese female adolescents [J]. Chinese General Practice, 2024, 27(9): 1109–1117.(In Chinese)

[24] Guo PF, Zhou YQ, Zhu YN. Effects of a school–based lifestyle intervention on ideal cardiovascular health in Chinese children and adolescents: a National, multicentre, cluster–randomised controlled trial [J]. The Lancet Global Health, 2023, 11: S14.ed controlled trial. [J]. Lancet. Glob health, 2023,11 Suppl 1:S14.

收稿日期:2026–03–06

(上接第 3498 页)

[20] Huang C, Xiao W, Zhao J, et al. Gut microbiome dysbiosis promotes gallstone formation via bile acid metabolic disorder: a multiomics study[J]. FASEB Journal, 2026, 40(6): e71656.

[21] 白烨. 胆石症病因网络的系统流行病学研究[D]. 重庆:重庆医科大学,2023.
Bai Y. Systematic epidemiological study on the etiological network of gallstone disease [D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2023.(In Chinese)

[22] Ndumele CE, Neeland IJ, Tuttle KR, et al.A synopsis of the evidence for the science and clinical management of Cardiovascular–Kidney–Metabolic (CKM) syndrome: a scientific statement from the American heart association[J]. Circulation, 2023, 148(20): 1636–1664.

[23] Reamy BV, Viera AJ. Cardiovascular disease prevention: pharmacologic prevention[J]. FP Essentials, 2022, 520: 20–25.

[24] 王方豫,高月明,邓振领,等. 心血管–肾脏–代谢综合征的提出及意义[J]. 中国血液净化,2024,23(5):368–371.
Wang FY, Gao YM, Deng ZL, et al. The proposal and significance of cardiovascular–kidney–metabolic syndrome [J]. Chinese Journal of Blood Purification, 2024, 23(5): 368–371.(In Chinese)

收稿日期:2026–01–20

(上接第 3531 页)

Cognitive Function among the Elderly in China: A Cross–Sectional Study[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(2): 231.

[25] Sapolsky RM, Krey LC, Mcewen BS. The neuroendocrinology of stress and aging: the glucocorticoid cascade hypothesis[J]. Endocrine Reviews, 1986, 7(3): 284–301.

[26] Klengel T, Mehta D, Anacker C, et al. Allele–specific FKBP5 DNA demethylation mediates gene–childhood trauma interactions [J]. Nature Neuroscience, 2013, 16(1): 33–41.

[27] Schmaal L, Veltman DJ, van Erp TGM, et al. Subcortical brain alterations in major depressive disorder: findings from the ENIGMA Major Depressive Disorder working group [J]. Molecular Psychiatry, 2016, 21(6): 806–812.

[28] 张紫薇,花语蒙,刘爱萍. 中国中老年人群抑郁症状、缺血性心血管疾病 10 年风险对心血管疾病的联合影响[J]. 北京大学学报(医学版),2023,55(3):465–470.
Zhang ZW, Hua YM, Liu AP. Joint association of depression symptoms and 10–year risk of ischemic cardiovascular disease with the cardiovascular disease in middle–aged and elderly People in China[J]. Journal of Peking University(Health Sciences), 2023, 55(3): 465–470.(In Chinese)

收稿日期:2026–03–15