

青少年心血管代谢性健康风险与身体活动的剂量效应

关尚一¹, 朱为模²

(1. 广州医科大学 基础学院, 广东 广州 510182;

2. 伊利诺伊大学 运动科学与社区保健系, 美国 伊利诺伊 厄本那 61801)

摘 要: 为阐明中高强度身体活动与青少年肥胖、高血压、血脂异常和代谢综合征之间的剂量效应, 以确定预防青少年心血管代谢性健康风险的中高强度身体活动推荐量。选取 2003—2004、2005—2006 年美国健康营养调查中 3 162 名 6~17 岁的青少年作为研究对象, 测量受试者的身高、体重、腰围、血压、血糖、血脂、膳食摄入情况以及身体活动水平, 采用分数多项式模型分别分析中高强度身体活动时间与心血管代谢性健康风险(肥胖风险、高血压风险、血脂异常风险和代谢综合征风险)之间的关系, 并拟合出它们之间的剂量效应曲线。结果显示: 中高强度身体活动时间与青少年肥胖风险、高血压风险、低高密度脂蛋白风险、高甘油三酯风险和代谢综合征风险之间存在着剂量效应, 这些心血管代谢性健康风险随着每天中高强度身体活动时间的增加而呈曲线下降的趋势。

关键词: 运动医学; 身体活动; 心血管代谢性健康; 剂量效应; 青少年

中图分类号: G804.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2013)06-0120-06

Dose-effect relations between cardiometabolic health risks and physical activities of teenagers

GUAN Shang-yi¹, ZHU Wei-mo²

(1. Foundation School, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510182, China; 2. Sports Science and Community Health Care System, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana IL61801, USA)

Abstract: In order to clarify dose-effect relations between medium and high intensity physical activities and obesity, hypertension, dyslipidemia and metabolic syndrome of teenagers, so as to determine medium and high intensity physical activity doses recommended for preventing cardiometabolic health risks of teenagers, the authors selected 3162 aged 12~17 teenagers in US Health and Nutrition Survey in 200—2004 and 2005—2006 as their research subjects, measured the height, weight, waist circumference, blood pressure, blood sugar, blood fat, food intake and physical activity levels of the testees, used the fractional polynomial model to respectively analyze the relations between medium and high intensity physical activity times and cardiometabolic health risks (obesity risk, hypertension risk, dyslipidemia risk and metabolic syndrome risk), worked out their dose-effect curves by fitting, and revealed the following findings: there were dose-effect relations between medium and high intensity physical activity times and obesity risk, hypertension risk, low and high density lipoprotein risks, high triglyceride risk and metabolic syndrome risk of teenagers; these cardiometabolic health risks tended to decrease in a curvilinear manner as daily medium and high intensity physical activity times increased.

Key words: sports medicine; physical activity; cardiometabolic health; dose effect; teenagers

近年来肥胖、高血压、血脂紊乱、胰岛素抵抗、代谢综合征和糖尿病等心血管危险因素日益增多, 而

这些危险因素与机体的代谢紊乱密不可分, 美国心脏协会和美国糖尿病协会将心血管风险(Cardiovascular

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 广州市教育科学“十二五”规划课题(11A064); 广州医学院博士、留学归国人员基金项目(2011C52)。

作者简介: 关尚一(1981-), 男, 讲师, 博士, 研究方向: 运动与健康。

Risk)改称为心血管代谢性风险(Cardiomatabolic Risk),心血管代谢性风险是指可能会导致2型糖尿病和心血管疾病的各类风险因素的总称^[1]。心血管代谢性疾病是一类渐进性疾病,其发病最早始发于青少年时期^[2]。青少年时期肥胖、高血压、高血脂、高血糖和代谢综合征等疾病可以增加成年后患上这些疾病的风险^[3-5]。身体活动是预防和治疗心血管代谢性疾病的有效手段之一。虽然身体活动对心血管代谢性疾病的改善和预防作用早已被人们所认识,但是目前关于身体活动与青少年肥胖、高血压、血脂异常、代谢综合征等心血管代谢性风险之间剂量效应的研究还存在着许多不足,例如,采用信度较低的主观性测量方法(如身体活动问卷测量、身体活动日志等)、采用的数学统计模型存在着一定的不足,不能有效地阐明身体活动与健康效应之间的关系^[6]。研究身体活动与青少年心血管代谢性健康风险的剂量效应对于确定改善和促进心血管代谢性健康所需要的最佳身体活动量是十分重要的。因此,本研究旨在阐明客观性测量方法测量的身体活动量与青少年肥胖、高血压、血脂异常和代谢综合征之间的剂量效应,以期确定维持和促进青少年心血管代谢性健康所需的身体活动量提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究的样本来源于2003—2004、2005—2006年美国健康营养调查(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES), NHANES是由美国CDC开展的旨在了解美国国民健康和营养状况的大型多阶段的抽样调查项目。本研究样本的抽样根据分层概率抽样原则,先按照规模大小成比例的概率抽样法从美国抽出60个具有代表性的郡(county),然后随机抽取6~17岁的青少年。3162名6~17岁青少年测量了身体活动和人体形态学指标,其中2644名8~17岁青少年测量了身体活动和血压;801名12~17岁青少年测量了身体活动、腰围、血压、血脂和空腹血糖等指标。

1.2 研究指标与方法

1)人口统计资料。本研究中将种族分为非拉丁美裔白人、非拉丁美裔黑人、墨西哥裔、其他拉丁美裔及其他种族等5类;社会经济状况的评价采用贫困-收入比(poverty-income ratio, PIR)。

2)人体形态学指标与血压。指标包括身高、体重、腰围、BMI、血压。

3)膳食调查。膳食摄入情况采用24h饮食回顾法。

4)身体活动。身体活动的测量采用Actigraph 7124活动监测仪。受试者需要连续佩戴7d活动监测仪,

每天从早晨起床后开始至晚上睡觉前,除了游泳、洗澡等可能将仪器弄湿的活动和睡觉外不得取下仪器。活动监测仪原始数据中每个计数(count)代表活动监测仪记录的1min身体活动情况。本研究中只采用有4个或4个以上有效日(至少要含有1个周末日)的数据,每天至少10h佩戴时间(删除了连续20min以上为0计数的时间)才可认为是有效日^[7]。研究证明4d有效的身体活动测量就能很好地反映出受试者的身体活动习惯,其重测信度达到了0.7^[8]。不同的计数可以代表不同的强度,本研究采用的Treuth MS等^[9]制定的标准,对原始数据中每分钟的计数进行身体活动强度分类,分别汇总出每天的中等强度身体活动时间、高强度身体活动时间和中高强度身体活动(Moderate-to-Vigorous Physical Activity, MVPA)时间。身体活动数据均采用SAS 9.2统计软件编程后处理。

5)实验室检测。受试者在口头确认了空腹状况(至少9h)后,通过肘静脉穿刺获取血样。血液标本室温下放置30~60min后,2000r/min离心10min获得血清。血清迅速放入4℃冰箱并在同一天转入-80℃的冰箱进行保存备测。空腹血糖(FBG)测量采用改良的己糖激酶法;总胆固醇(TC)和甘油三酯(TG)检测采用酶法;高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)检测采用肝素/锰沉淀法,低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)采用Friedewald公式计算。

6)青少年心血管代谢性健康风险的诊断标准。本研究将超重和肥胖都归为具有肥胖风险,并根据2000年美国CDC公布的生长曲线图的诊断标准进行界定^[10]。高血压风险根据美国国家高血压教育项目青少年工作组2004年发布的第4次青少年高血压诊断、评估和治疗报告所提出的诊断标准进行界定^[11]。青少年血脂异常风险表现为低HDL-C风险、高LDL-C风险和高TG风险,采用Jolliffe^[12]的诊断标准进行界定。代谢综合征风险采用Cook^[13]的诊断标准进行界定。

7)数据处理与统计分析。所有数据处理和统计学分析采用SAS 9.2和SPSS 17.0统计软件。本研究中的所有统计学分析都是以加权的方法来代表总体人群进行分析。采用36 Fractional Polynomial model(分数多项式模型)分析MVPA与青少年心血管代谢性健康风险之间的剂量效应并拟合出曲线,该模型被认为是当前研究剂量效应的最佳统计模型之一^[14]。当健康风险发生率大于10%时,回归分析中获得的比值比(Odd Ratio, OR)并不能真正表示相对风险度(Relative Risk),因此通过Zhang^[15]的研究公式校正OR以获得风险比(Risk Ratio, RR)。

2 研究结果及分析

研究对象的基本信息见表 1。

2.1 研究对象各项指标检测结果

表 1 研究对象的各项指标检测结果

检测指标	男		女		合计	
	人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$
年龄/岁	1 598	11.28±3.35	1 564	11.39±3.43	3 162	11.33±3.39
BMI/(kg·m ⁻²)	1 598	20.12±4.89	1 564	20.55±5.22	3 162	20.33±5.06
腰围/cm	430	78.56±13.64	371	78.36±13.17	801	78.47±13.42
SBP/mmHg	1 328	107.28±10.25	1 316	104.74±9.85	2 644	106.03±10.13
DBP/mmHg	1 328	55.88±11.55	1 316	58.08±10.80	2 644	56.96±11.24
c(TC)/(mmol·L ⁻¹)	430	4.07±0.85	371	4.17±0.72	801	4.11±0.79
c(HDL-C)/(mmol·L ⁻¹)	430	1.35±0.32	371	1.45±0.33	801	1.40±0.33
c(LDL-C)/(mmol·L ⁻¹)	430	2.29±0.78	371	2.30±0.60	801	2.29±0.70
c(TG)/(mmol·L ⁻¹)	430	0.94±0.49	371	0.92±0.46	801	0.93±0.48
c(空腹血糖)/(mmol·L ⁻¹)	430	5.15±0.40	371	4.99±0.43	801	5.07±0.42
摄入总能量/(kJ·d ⁻¹)	1 598	9 927.52±4 067.75	1 564	8 034.48±3 027.86	3 162	9 004.30±3 702.64
MVPA/(min·d ⁻¹)	1 598	32.19±20.33	1 564	19.97±15.72	3 162	26.23±19.22
Total_PA/(count·d ⁻¹)	1 598	481 375±183 664	1 564	388 708±161 659	3 162	436 163±179 361
身体活动不足率/(MVPA<30 min·d ⁻¹)	1 598	53.30	1 564	78.10	3 162	65.30
身体活动不足率/(MVPA<60 min·d ⁻¹)	1 598	90.30	1 564	97.80	3 162	93.90
肥胖流行率/%	1 598	32.30	1 564	30.70	3 162	31.50
高血压风险流行率/%	1 328	6.40	1 316	7.30	2 644	6.80
低 HDL-C 风险流行率/%	430	19.10	371	12.30	801	15.40
高 LDL-C 风险流行率/%	430	3.00	371	4.40	801	3.70
高 TG 风险流行率/%	430	4.90	371	5.70	801	5.10
代谢综合征流行率/%	430	2.70	371	2.20	801	2.50

2.2 MVPA 与青少年肥胖风险的剂量效应

青少年肥胖风险随着 MVPA 的增加而呈曲线下降的趋势。每天 15 min MVPA 患肥胖风险的风险率是每天 1 min MVPA 的 0.46，而每天 30、45 和 60 MVPA 对应的风险率分别为 0.2、0.13 和 0.1(见图 1)。

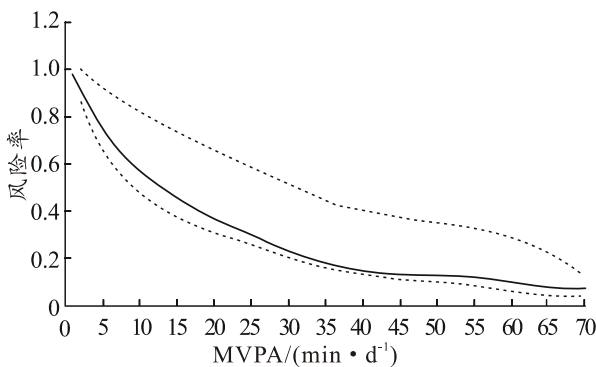


图 1 MVPA 与青少年肥胖风险的剂量效应
(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年肥胖风险的“剂量-效应”曲线，虚线为 95%置信区间)

图 1 MVPA 与青少年肥胖风险的剂量效应

2.3 MVPA 与青少年高血压风险的剂量效应

青少年患高血压风险随着每天 MVPA 的增加而呈

曲线下降的趋势。每天 15 min MVPA 患高血压的风险比是每天 1 min MVPA 的 0.65，而每天 30、45 和 60 MVPA 对应的风险比分别为 0.49、0.42 和 0.37(见图 2)。

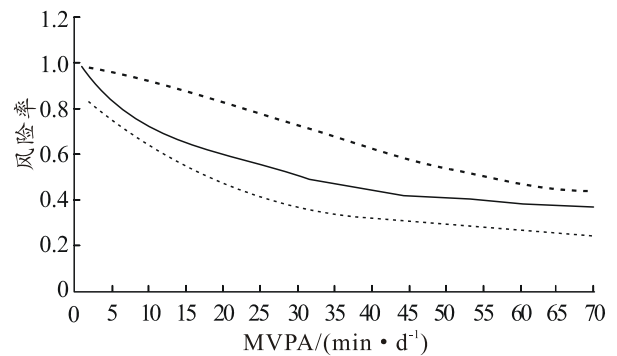


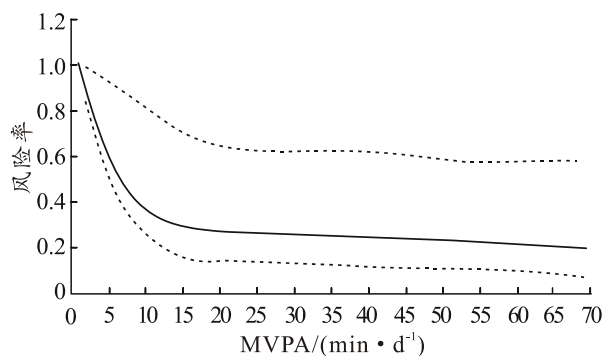
图 2 MVPA 与青少年高血压风险的剂量效应
(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年高血压风险的“剂量-效应”曲线，虚线为 95%置信区间)

图 2 MVPA 与青少年高血压风险的剂量效应

2.4 MVPA 与青少年血脂异常风险的剂量效应

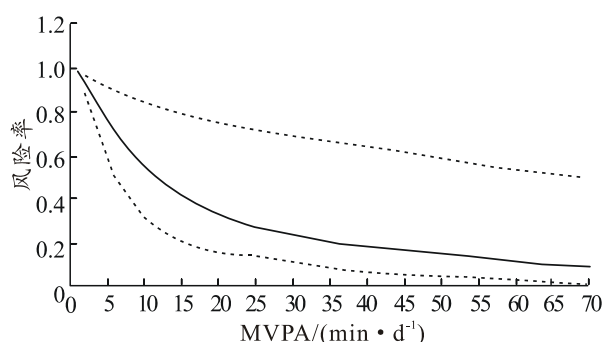
MVPA 与青少年低 HDL-C 风险、高 TG 风险之间存在着剂量效应，青少年低 HDL-C 风险、高 TG 风险随着每天 MVPA 的增加而呈曲线下降的趋势(见图 3、图 4)。每天 15 min MVPA 患低 HDL-C 风险的风险比

是每天 1 min MVPA 的 0.3, 而每天 30、45 和 60 MVPA 对应的风险比分别为 0.25、0.24 和 0.22。每天 15 min MVPA 患高 TG 风险的风险比是每天 1 min MVPA 的 0.42, 而每天 30、45 和 60 MVPA 对应的风险比分别为 0.23、0.17 和 0.11。而 MVPA 与青少年高 LDL-C 风险不存在关系(图 5)。



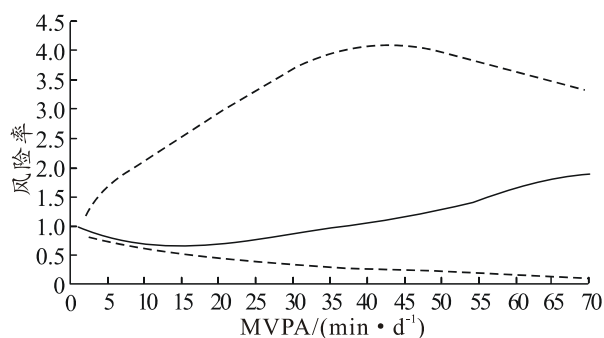
(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年低 HDL-C 风险的“剂量-效应”曲线, 虚线为 95%置信区间)

图 3 MVPA 与青少年低 HDL-C 风险的剂量效应



(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年高 TG 风险的“剂量-效应”曲线, 虚线为 95%置信区间)

图 4 MVPA 与青少年高 TG 风险的剂量效应



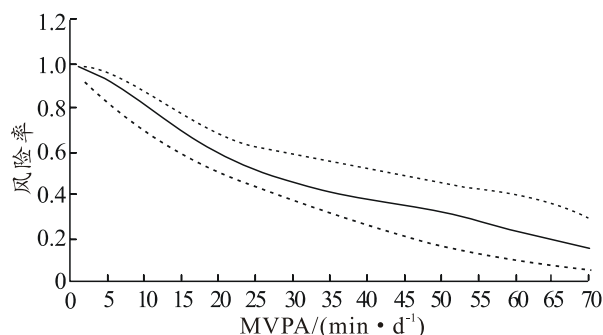
(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年高 LDL-C 风险的“剂量-效应”曲线, 虚线为 95%置信区间)

图 5 MVPA 与青少年高 LDL-C 风险的剂量效应

2.5 MVPA 与青少年代谢综合征风险的剂量效应

青少年代谢综合征风险随着每天 MVPA 的增加而

呈曲线下降的趋势。每天 15 min MVPA 患代谢综合征风险的风险比是每天 1 min MVPA 的 0.68, 而每天 30、45 和 60 MVPA 对应的风险比分别为 0.45、0.34 和 0.23(见图 6)。



(实线代表经过年龄、性别、种族、能量摄入和 PIR 校正后 MVPA 与青少年代谢综合征风险的“剂量-效应”曲线, 虚线为 95%置信区间)

图 6 MVPA 与青少年代谢综合征风险的剂量效应

3 讨论

大量研究发现规律的身体活动对于降低心血管代谢性疾病的发病率具有显著的成效和意义^[18]。规律的身体活动作为前瞻性、预防性的健康促进行为, 已经被许多国家和地区列为国家健康指标的首要目标。身体活动与健康的关系越来越受到重视, 世界各国也纷纷制定大众健康指南和身体活动推荐量, 从而确保青少年参加足够的身体活动以促进其健康。但是当前关于青少年身体活动量推荐量的实证研究仍然十分薄弱, 需要进一步的研究^[16-18]。

ACSM 于 1988 年制定出首个青少年身体活动指南, 该指南要求青少年每天至少参加 20~30 min 大强度身体活动^[19]。由于当时缺少关于青少年身体活动与健康的研究证据, 该身体活动指南是根据成年人的研究证据制定的, 因此存在着一定的不足。自该指南建立以来, 随着青少年身体活动与健康关系研究证据的增多, 青少年身体活动推荐量也发生了巨大的改变。英国健康教育机构率先于 1998 年提出青少年每天要参加 60 min MVPA^[20]。随后, 许多国家和组织也提出了青少年每天 60 min 的身体活动推荐量^[21-25]。2005 年, 美国 CDC 完成了第一个针对身体活动与青少年健康关系的全面性综述^[26], 为每天至少 60 min MVPA 推荐量提供了一定的依据。虽然该研究对 300 项研究进行了详细分析和综述, 但是仍认为青少年身体活动与健康之间的剂量效应还有待于进一步研究。另外, 2007 年的加拿大身体活动指南和 2008 年的美国身体活动指南所进行的全面性的综述也指出青少年身体活动与健康之间的剂量效应目前还不是很清楚, 有待于进一

步的研究^[16-17]。

当前身体活动与心血管代谢性健康之间的剂量效应关系的研究也还存在着许多的不足。例如,通过调查问卷的方式获得身体活动量和强度的相关信息^[27],研究已经表明通过调查问卷所测得的青少年身体活动往往要高于其实际的水平^[28],过度估计的身体活动量可能会掩盖了身体活动与健康之间的真正关系。通过不精确的数理统计方法分析身体活动与健康之间的关系,有些研究将身体活动变量通过百分位数的方法处理成分类变量,然后将各个分类变量进行比较,各分类里所包含的身体活动量范围较大,因而不能较好地阐明身体活动量与健康之间的剂量效应^[6];有些研究采用传统的线性模型将身体活动变量作为连续变量处理,得出的结果表示为身体活动每增加 1 个单位,健康效应就下降或上升多少,由于身体活动与健康效应之间是非线性关系,低身体活动水平下增加 1 个单位的身体活动所带来的健康效应和高身体活动水平下增加 1 个单位的身体活动所带来的健康效应是完全不同的^[6]。因此本研究采用了客观性测量方法对身体活动进行测量,并采用 Fractional Polynomial Model 将身体活动作为连续变量进行分析,得出身体活动与青少年心血管代谢健康风险之间的最佳模型,从而拟合出剂量效应曲线,能更好地阐述身体活动与青少年心血管代谢健康风险之间的剂量效应。

本研究是首次采用具有美国全国代表性的大样本、客观性测量方法和有效的数学模型对身体活动量与青少年肥胖、高血压、血脂异常和代谢综合征的剂量效应进行了研究。本研究结果显示,每天进行 60 min MVPA 的青少年患肥胖、高血压、低 HDL-C 风险、高 TG 风险和代谢综合征的风险比分别为 0.1、0.37、0.22、0.11、0.23,这表明每天 60 min MVPA 能有效地降低青少年患心血管代谢性疾病的风险。本研究从一定程度上为当前青少年每天至少 60 min MVPA 的推荐量提供了依据。但是本研究也发现只有 34.7% 美国青少年(男生为 46.7%,女生为 21.9%)达到每天至少 30 min MVPA 的标准,仅有 6.1% 美国青少年(男生为 9.7%,女生为 2.2%)达到每天至少 60 min MVPA 的标准,这说明当前美国青少年身体活动不足的情况十分严峻。另外,本研究还发现每天 30 min MVPA 就能将青少年患肥胖、高血压、低 HDL-C 风险、高 TG 风险和代谢综合征的风险比控制在 0.5 以下,尤其对于肥胖、高 TG 风险的效果最为明显,并且从剂量效应曲线可以看出,30 min MVPA 至 60 min MVPA 之间的曲线变化较平缓。因此,在制定预防和干预心血管代谢性健康风险的身体活动推荐量时,有必要在确定最佳推荐量

(optimal amounts)——每天 60 min MVPA 的同时,还确定最低推荐量(minimal amounts)——每天 30 min MVPA。每天 60 min MVPA 对于多数身体活动不足的青少年而言似乎过高,一开始就设置此目标很可能打击了这部分青少年参与身体活动锻炼的积极性,而设置每天 30 min MVPA 既能较好地控制心血管代谢性健康风险又能充分调动身体活动不足的青少年参与身体活动的积极性。因此,在当前青少年身体活动严重不足的情况下,我们应该充分认识到只要“动起来”就能带来一定的健康效应,鼓励青少年尽可能地进行身体活动,循序渐进,从开始的最低推荐量逐渐慢慢过渡到最佳推荐量,从而有效地控制心血管代谢性健康风险,获得尽可能多的健康效应。

虽然本研究阐明了美国青少年身体活动与心血管代谢性健康之间的关系,但是美国与中国之间的地域、经济、文化差异很大,研究结果是否能用于指导中国青少年的运动健身还有待进一步研究。因此在将来的研究中有必要对中国青少年身体活动与健康之间的关系进行深入的研究,以期提出中国青少年身体活动推荐量,从而促进中国青少年身体活动,增进健康。

参考文献:

- [1] Brunzell J D, Davidson M, Furberg C D, et al. Lipoprotein management in patients with cardiometabolic risk: consensus statement from the American Diabetes Association and the American College of Cardiology Foundation[J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(4): 811-822.
- [2] Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) Research Group. Natural history of aortic and coronary atherosclerotic lesions in youth. Findings from the PDAY Study[J]. *Arterioscler Thromb*, 1993, 13(9): 1291-1298.
- [3] Bao W, Srinivasan S R, Valdez R, et al. Longitudinal changes in cardiovascular risk from childhood to young adulthood in offspring of parents with coronary artery disease: the Bogalusa Heart Study[J]. *JAMA*, 1997, 278(21): 1749-1754.
- [4] Eisenmann J C, Welk G J, Wickel E E, et al. Stability of variables associated with the metabolic syndrome from adolescence to adulthood: the Aerobics Center Longitudinal Study[J]. *Am J Hum Biol*, 2004, 16(6): 690-696.
- [5] Katzmarzyk P T, Janssen I. The economic costs associated with physical inactivity and obesity in Canada: an update [J]. *Can J Appl Physiol*, 2004, 29(1): 90-115.
- [6] 关尚一. 美国儿童青少年适宜体力活动推荐量的

- 研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [7] Masse L C, Fuemmeler B F, Anderson C B, et al. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2005, 37(11 Suppl): S544-554.
- [8] Trost S G, Pate R R, Freedson P S, et al. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed?[J]. *Sci Sports Exerc*, 2000, 32(2): 426-431.
- [9] Treuth M S, Schmitz K, Catellier D J, et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36(7): 1259-1266.
- [10] Kuczumarski R J, Ogden C L, Guo S S, et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development[J]. *Vital Health Stat 11*, 2002, (246): 1-190.
- [11] National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents[J]. *Pediatrics*, 2004, 114(Suppl 2): 555-576.
- [12] Jolliffe C J, Janssen I. Distribution of lipoproteins by age and gender in adolescents[J]. *Circulation*, 2006, 114(10): 1056-1062.
- [13] Cook S, Auinger P, Li C, et al. Metabolic syndrome rates in United States adolescents, from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2002[J]. *J Pediatr*, 2008, 152(2): 165-170.
- [14] Bagnardi V, Zamboni A, Quatto P, et al. Flexible meta-regression functions for modeling aggregate dose-response data, with an application to alcohol and mortality[J]. *Am J Epidemiol*, 2004, 159(11): 1077-1086.
- [15] Zhang J, Yu K F. What's the relative risk? A method of correcting the odds ratio in cohort studies of common outcomes[J]. *JAMA*, 1998, 280(19): 1690-1691.
- [16] 2008 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical activity guidelines advisory committee report, 2008[Z]. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, 2008.
- [17] Janssen I. Physical activity guidelines for children and youth[J]. *Can J Public Health*, 2007, 98(Suppl 2): S109-121.
- [18] Twisk J W. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review[J]. *Sports Med*, 2001, 31(8): 617-627.
- [19] American College of Sports Medicine. Opinion Statement on physical fitness in children and youth[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1988, 20: 422-423.
- [20] Biddle S, Sallis J, Cavill N. Young and active? young people and health-enhancing physical activity: evidence and implications[Z]. London: Health Education Authority, 1998.
- [21] Department of Health and Aging. National physical activity guidelines for australians[Z]. Canberra, 1999.
- [22] U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Department of Agriculture. Dietary guidelines for Americans, 2005. In 6th ed[Z]. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2005.
- [23] Council on Sports Medicine, Fitness Council on School Health. Active Healthy Living: prevention of childhood obesity through increased physical activity[J]. *Pediatrics*, 2007, 117(5): 1834-1842.
- [24] 中共中央国务院. 中共中央国务院关于加强青少年体育增强青少年体质的意见[Z]. 2007.
- [25] U.S. Department of Health and Human Services. 2008 Physical activity guidelines for American[Z]. Washington DC: U.S. Department of Health and Human Services, 2008.
- [26] Strong W B, Malina R M, Blimkie C J, et al. Evidence based physical activity for school-age youth[J]. *J Pediatr*, 2005, 146(6): 732-737.
- [27] Raitakari O T, Taimela S, Porkka K V, et al. Associations between physical activity and risk factors for coronary heart disease: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1997, 29(8): 1055-1061.
- [28] Adamo K B, Prince S A, Tricco A C, et al. A comparison of indirect versus direct measures for assessing physical activity in the pediatric population: a systematic review[J]. *Int J Pediatr Obes*, 2009, 4(1): 2-27.