

## 基于可穿戴设备的儿童青少年身体活动 干预效果综述

张丹青<sup>1</sup>,孙建刚<sup>1</sup>,刘雪琦<sup>1</sup>,刘 阳<sup>1,2</sup>

(1.上海体育学院 体育教育训练学院,上海 200438; 2.上海市学生体质健康研究中心,上海 200438)

**摘要 目的** 分析可穿戴设备用于儿童青少年身体活动干预的效果,探讨设备类型、佩戴位置、干预时长等因素对结果的影响。**方法** 运用布尔逻辑运算组合检索 Web of Science (WOS)、PubMed、SPORTDiscus、MEDLINE、Google Scholar、中国知网 (CNKI)、万方数据及维普网等数据库收录的2010-01-01—2018-09-30发表的文献,经过删重和筛选最终纳入17篇文献。**结果** 47.06%的研究表明可穿戴设备对儿童青少年的身体活动干预有效,23.53%的研究表明干预无效,29.41%的研究表明干预效果不确定。**结论** 可穿戴设备对身体活动的干预效果仍有待提高,影响干预效果的原因还需深入探讨。

**关键词** 儿童青少年;身体活动;可穿戴设备;干预效果

**中图分类号** G818.3 **文献标志码** A

**文章编号** 1000-5498(2019)05-0041-09

**DOI** 10.16099/j.sus.2019.05.006

**Effectiveness of Wearable Devices on Physical Activity Interventions among Children and Adolescents**// ZHANG Danqing<sup>1</sup>, SUN Jiangan<sup>1</sup>, LIU Xueqi<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>1,2</sup>

**Abstract** This study was designed to analyze the effectiveness of wearable devices on physical activity interventions among children and adolescents and explore the impact of factors such as device type, wearing position, duration of intervention and other factors on the results. **Methods:** By using Boolean logic operation combined the search for documents published in Web of science, PubMed, SPORTDiscus, MEDLINE, Google

**收稿日期:**2018-12-03; **修回日期:**2019-03-28

**基金项目:**上海市地方高校能力建设资助项目(16080503400);上海市哲学社会科学规划教育学一般资助项目(A1904);上海市体育科技“雏鹰计划”资助项目(19C005);上海体育学院体育教育训练学院研究生国际交流及专业能力提升资助项目;上海市人类运动能力开发与保障重点实验室资助项目(11DZ2261100)

**第一作者简介:**张丹青(1994-),女,安徽马鞍山人,上海体育学院硕士研究生;Tel.:(021)65507989,E-mail:danqing0916@126.com

**通信作者简介:**刘阳(1979-),男,河南洛阳人,上海体育学院副教授,博士,博士生导师;Tel.:(021)65507989,E-mail:doeliuyang@hotmail.com

Scholar, CNKI, Wan Fang and VIP during 2010-01-01—2018-09-30, and after deduplication and screening, seventeen articles were finally included. **Results:** 47.06% of the studies showed that wearable devices were effective on physical activity interventions among children and adolescents, and 23.53% of studies showed that interventions were ineffective, and 23.53% of the studies showed that the intervention effects were uncertain. **Conclusions:** the intervention effect of wearable devices on physical activity needs to be improved, and the reasons for affecting the intervention effect need to be further explored.

**Keywords** children and adolescent; physical activity; wearable devices; intervention effectiveness

**Author's address** 1. School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 2. Shanghai Research Center for Physical Fitness and Health of Children and Adolescents, Shanghai 200438, China

随着现代化的发展及生活方式的变迁,全世界人口总体身体活动(由骨骼肌收缩导致能量消耗的活动)水平呈现下降趋势。全世界约有80%的儿童青少年未达到世界卫生组织(WHO)的身体活动推荐量<sup>[1]</sup>。2016年中国身体活动和体质健康调查数据显示,中国儿童青少年每天中高强度身体活动时间较少,超过2/3的学生未达到身体活动推荐量<sup>[2]</sup>。WHO报告指出,身体活动不足已成为全世界第4大死亡风险因素,所造成的全球死亡人数已达到约320万/年(占全球死亡人数的6%)<sup>[3]</sup>。因此,如何提高儿童青少年的身体活动水平已成为健康领域面临的新挑战。

我国于2016年发布了《健康中国2030规划纲要》,旨在全面改善人民健康水平,解决健康的长远问题,其中就有针对青少年体质健康进行干预的“青少年体育活动促进计划”。有研究表明,青少年时期进行足量身体活动的益处可能会延续到成年期,从而增加预期寿命<sup>[4]</sup>。目前,许多身体活动干预方法对不同年龄人群身体活动量的增加都有效益<sup>[5]</sup>,其中对儿童

青少年的身体活动常用的干预方法有互联网、短信及几种方法的综合等,按实施场所不同又可分为学校环境干预、家庭环境干预等<sup>[6]</sup>。在身体活动相关研究领域中,使用最广泛的测量工具为身体活动调查问卷,但该类工具在干预过程中测量的精确性尚有欠缺;相比而言,可穿戴设备(指电子技术或计算机技术被整合至服装和配件中并可舒适地佩戴在身上的设备)<sup>[7]</sup>在测量时更为客观。

2006年《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020)》提出:“加快科技发展,造就新的追赶和跨越。”让人们深刻意识到各领域交叉融合以及科技应用的重要性。随着科技进步和多领域应用的趋势演变,2014年可穿戴设备呈现爆发式发展,不仅设备种类增多,各类产品也很快被大众所熟知<sup>[8]</sup>。可穿戴设备不仅可监控人的体质情况和反馈人的健康水平,而且其中的高科技产品用于对身体活动的干预和测量还可大大提高效率和精确性(如客观提供时长等活动信息)<sup>[9]</sup>。相关研究还发现,可穿戴设备的干预可能会促进人们进行身体活动<sup>[10]</sup>。

目前,对于儿童青少年身体活动的干预研究及相关综述都较少,均以外文文献为主,且大多集中在对特殊人群(如肥胖、部分慢性疾病等人群)的研究<sup>[11-12]</sup>,其中大部分使用者佩戴可穿戴设备的时间较短,干预效果也存在差异,原因尚不明确。干预中运用最多的设备为计步器和加速计,虽然二者被证明可有效提高儿童青少年的身体活动水平,但研究表明加速计对不同的身体活动强度和久坐行为的识别和区分是有限的,而且其他新型可穿戴设备用于步数等指标的有效监测也存在不足<sup>[13-15]</sup>。因此,对有关可穿戴设备类型、监控指标和干预时长等的选择对干预效果的影响还需继续深入探究。

鉴于可穿戴设备应用于儿童青少年身体活动的系统评价尚存局限性,且干预效果呈现不一致性,本文对不同可穿戴设备干预的效果进行了系统评价,并对可穿戴设备用于正常儿童青少年干预研究的现状进行了补充分析,探讨影响干预效果的相关因素(设备类型、干预时长、监控指标等),从而为后续相关干预研究提供参考。

## 1 研究方法

**1.1 纳入标准** ①包含本文确定的检索词且在2010-01-01—2018-09-30发表的中英文文献。②儿童青少年概念界定与年龄划分:儿童青少年包括儿童期与青少年期,WHO将儿童期确定为5~9岁,青少年期确定为10~19岁<sup>[16]</sup>;本文将儿童青少年的年龄

划分为5~19岁(研究对象的平均年龄在此范围内)。

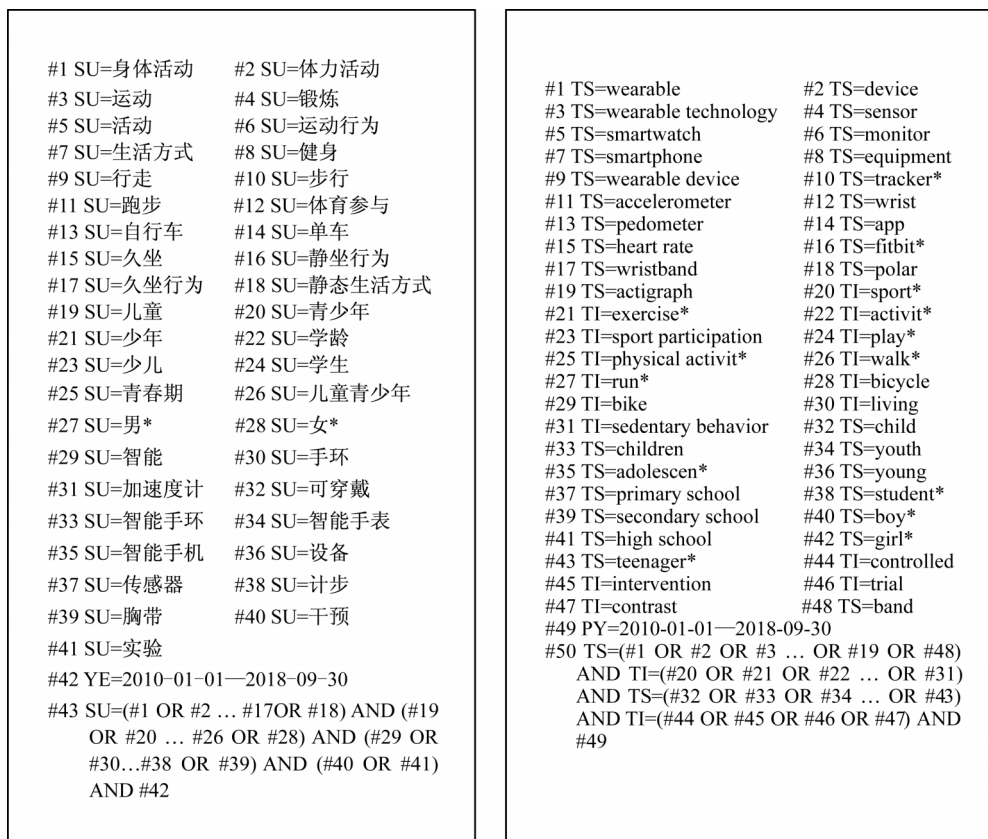
**1.2 排除标准** ①会议论文及摘要,评论及书信,综述类、专利类、方案类文献,未发表的论文,信息不全的论文等;②研究对象年龄或平均年龄未全在本文限定的范围内。

**1.3 信息来源和检索策略** 英文检索词包括:(physical activit\* OR exercise\* OR activit\* OR behavior OR sport\* OR play\* OR sport participation OR walk\* OR run\* OR bicycle OR bike OR sedentary behavior OR living) AND (child OR children OR adolescen\* OR youth OR young OR primary school OR secondary school OR high school OR student\* OR boy\* OR girl\* OR teenager\*) AND (wearable OR device OR wearable technology OR equipment OR wearable technology device OR smartwatch OR smartphone OR sensor OR monitor OR tracker\* OR accelerometer OR wrist OR app OR pedometer OR heart rate OR fitbit\* OR actigraph OR polar OR wristband OR band) AND (intervention OR controlled OR trial OR contrast)。

中文检索词包括:(身体活动 OR 体力活动 OR 运动 OR 锻炼 OR 活动,运动行为 OR 生活方式 OR 健身 OR 行走 OR 步行 OR 跑步 OR 体育参与,自行车 OR 单车 OR 久坐 OR 静坐 OR 静态生活方式) AND (儿童 OR 青少年 OR 少年 OR 学龄 OR 少儿 OR 学生 OR 儿童青少年 OR 青春期 OR 男\* OR 女\*) AND (智能 OR 手环 OR 加速度计 OR 可穿戴 OR 智能手表 OR 智能手机 OR 设备 OR 传感器 OR 计步 OR 胸带) AND (干预 OR 实验)。

依据PRISMA声明<sup>[17-19]</sup>,为确保文献的全面性,本文对Web of Science(WOS)、PubMed、SPORTDiscus、MEDLINE、Google Scholar、中国知网(CNKI)、万方数据和维普网等7个数据库进行文献检索。尽管科研文献检索的基本原理是一致的,但不同文献数据库在具体检索时仍然有着细微的差别(如符号标志不尽相同等),此外,中英文数据库在检索方式上也存在一定的差异。因此,本文将活动类、干预类、设备类和对象类4组检索词运用布尔运算进行组合(按主题或题名)检索。以CNKI和WOS为例,具体的检索式如图1所示。除此之外,根据所检索文献中列出的相关参考文献,进行文献追溯。

**1.4 数据提取** 通过标题对检索结果进行第1轮筛选。如果根据标题无法确定,则对摘要进行排查。接着下载符合标准的论文,对全文进行筛查。对最终纳入的文献进行信息提取,利用Microsoft Excel 2016制



注：“\*”代表可有多个字符。

图 1 CNKI 和 WOS 文献检索流程  
Figure 1 Retrieval flow chart of CNKI and WOS

作数据列表。提取数据包括：①作者、发表时间、国家；②研究对象、年龄、性别、样本量；③设备名称、功能、佩戴位置；④干预方案、干预时间、测量方式、测量指标、干预结果。

**1.5 研究的质量评价和偏倚风险** 参考前人的研究<sup>[20-21]</sup>对纳入本文的文献进行质量评价和风险评估。为了确保文献质量评估的有效性，由 2 位评估员对每篇文献独立给出评价意见，当 2 人之间意见不一致时，由第 3 位评估员进行核对。评价内容总共有 9 项，每项内容的评价结果为“+”（明确含有）或“-”（没有或不确定）。最终，将 9 项中评价为“+”的累加数量作为研究设计质量的评分值。

**1.6 编码与分类** 参照以往对相关研究进行系统分析的方法<sup>[22]</sup>，本文对每一篇纳入系统分析的文献结果进行编码，如该文献报告各指标结果证明可穿戴设备对儿童青少年的身体活动干预有效（正相关），记为“+”；如无效（没有相关），则记为“0”；如不确定（各指标结果不一致或在不同性别中呈现不一致的关系等），则记为“?”。

## 2 研究结果

**2.1 文献筛选** 得出英文文献 2 973 篇（其中：WOS 为 1 634 篇；SPORTDiscus 为 101 篇；PubMed 为 387 篇；MEDLINE 为 121 篇；Google Scholar 为 730 篇），中文文献 2 384 篇（其中：CNKI 为 1 145 篇；万方数据为 1 222 篇；维普网为 17 篇）。将以上所有文献导入 Endnote 软件，并删除各数据库间重复的文献，得到英文文献 2 379 篇和中文文献 2 130 篇。再对文献进行 2 轮筛选：①通过题目和摘要进行筛选，得到英文文献 91 篇和中文文献 16 篇；②通过下载阅读全文进行筛选。最终有 17 篇文献（均为英文文献）符合要求，其内容都是基于可穿戴设备的干预研究。

**2.2 文献的基本特征** 对 17 篇文献的基本特征进行了整理，具体如表 1 所示。

**2.3 纳入研究的数据项目** 纳入的研究中包含不同的设备（追踪器、计步器、加速度计、手环）干预，佩戴位置（腰部、臀部、腕部），实验干预的时长和测量指标（包括基础类的步数，低强度、中高强度身体活动，校外体育活动，久坐等）。



表1 纳入研究的文献基本信息一览

Table 1 The list of basic information of literatures

文献序号	文献作者(发表年份)	第1作者所在国或地区	研究样本量/人	研究对象
1	Duncan 等 <sup>[23]</sup> (2012)	英国	59	健康/超重/肥胖儿童青少年
2	Foote 等 <sup>[24]</sup> (2017)	美国	25	青少年
3	Gaudet 等 <sup>[25]</sup> (2017)	加拿大	46	女性青少年
4	Gu 等 <sup>[26]</sup> (2018)	美国	273	儿童青少年
5	Guthrie 等 <sup>[27]</sup> (2016)	美国	31	青少年
6	Hayes 等 <sup>[28]</sup> (2015)	美国	6	女性健康/肥胖/低体重儿童
7	Ho 等 <sup>[29]</sup> (2013)	英国	892	青少年
8	Hooke 等 <sup>[30]</sup> (2016)	美国	16	急性淋巴细胞白血病儿童青少年患者
9	Isensee 等 <sup>[31]</sup> (2018)	德国	1 020	青少年
10	Jauho 等 <sup>[32]</sup> (2015)	芬兰	276	男性青少年
11	Lee 等 <sup>[33]</sup> (2011)	中国台湾	94	女性青少年
12	Manley 等 <sup>[34]</sup> (2014)	—	116	青少年
13	Mendoza 等 <sup>[35]</sup> (2017)	美国	60	青少年癌症患者
14	Pittman 等 <sup>[36]</sup> (2018)	美国	98	青少年
15	Schoenfelder 等 <sup>[37]</sup> (2017)	美国	11	青少年多动症患者
16	Slootmaker 等 <sup>[38]</sup> (2010)	荷兰	87	青少年
17	Suchert 等 <sup>[39]</sup> (2015)	德国	1 162	青少年

**2.4 研究的质量评估和存在的偏倚风险** 研究的设计质量评分为2~8分(2位评估员评估的一致率为82.3%),中位数为6分,3项评分高于中位数者属于高质量研究,其余14项研究中,6项评分等于中位数,8项评分低于中位数,均属于低质量研究(表2)。

纳入研究的偏倚风险评估结果见表2。9项研究使用随机对照实验设计;所有研究均将干预组和对照组运动前后测得的结果进行比较,参与者的保留率都 $\geq 70\%$ ;6项研究提供了适当样本量的功效计算;4项研究使用了确切有效的测量。

表2 干预研究的质量分析

Table 2 The quality analysis for intervention studies

文献作者	随机性	对照	仅可穿戴设备	运动前后测量	保留率 $\geq 70\%$	数据丢失	效能检验	有效测量	随访	评分	效果
Duncan 等 <sup>[23]</sup>	—	—	—	+	+	+	—	+	+	5	YES
Foote 等 <sup>[24]</sup>	—	—	—	+	+	+	—	—	+	4	NA
Gaudet 等 <sup>[25]</sup>	+	—	+	+	+	+	+	—	—	8	NA
Gu 等 <sup>[26]</sup>	—	+	+	+	+	+	—	—	+	6	YES
Guthrie 等 <sup>[27]</sup>	+	+	—	+	+	+	+	+	+	8	YES
Hayes 等 <sup>[28]</sup>	—	—	+	+	+	+	—	—	—	4	YES
Ho 等 <sup>[29]</sup>	—	+	+	+	+	—	—	—	—	4	+/NA
Hooke 等 <sup>[30]</sup>	—	—	—	+	+	—	—	—	—	2	+/NA
Isensee 等 <sup>[31]</sup>	+	+	—	+	+	—	—	—	+	5	YES
Jauho 等 <sup>[32]</sup>	+	+	+	+	+	—	—	—	+	5	YES
Lee 等 <sup>[33]</sup>	+	+	—	+	+	—	+	—	+	6	YES
Manley 等 <sup>[34]</sup>	+	+	+	+	+	+	—	—	—	6	NA
Mendoza 等 <sup>[35]</sup>	+	+	+	+	+	—	+	+	+	8	NA
Pittman 等 <sup>[36]</sup>	+	+	—	+	+	—	+	+	—	6	+/NA
Schoenfelder 等 <sup>[37]</sup>	—	—	+	+	+	+	—	—	—	3	YES
Slootmaker 等 <sup>[38]</sup>	+	+	+	+	+	—	—	—	+	6	+/NA
Suchert 等 <sup>[39]</sup>	+	+	+	+	+	—	+	—	—	6	+/NA

注:评分中位数为6,“+”表示文中明确包含;“—”表示文中未明确包含或没有;“YES”表示有效;“NA”表示无效;“+/NA”表示不确定。

**2.5 基于可穿戴设备的干预研究结果** 8项研究<sup>[23,26-28,31-33,37]</sup>显示可穿戴设备用于儿童青少年身体活动的干预有效。如Guthrie等<sup>[27]</sup>的研究结果表明,游戏装置Zamzee干预组中高强度身体活动(平均15.26 min/d)比被动对照组高49% ( $P<0.0001$ ),比主动对照组高67% ( $P<0.0001$ );而且Zamzee对中高强度身体活动的影响在6周的研究期间没有减小。其中有2项研究<sup>[28,33]</sup>仅对女性进行干预;1项研究<sup>[32]</sup>仅对男性进行干预。4项研究<sup>[24-25,34-35]</sup>结果显示干预无效。5项研究<sup>[29-30,36,38-39]</sup>显示干预效果不确定,其中有2项研究<sup>[29,38]</sup>的干预结果存在男女性别差异,均显示可穿戴设备对于女性身体活动的干预效果更明显;有1项研究<sup>[30]</sup>显示存在步数增加的趋势,其初始(平均10385步/d)、第1周(平均10362步/d)到第2周(平均10631步/d)的干预效果不确定。

**2.5.1 可穿戴设备类型及佩戴位置** 被纳入分析的17项研究中,有2项<sup>[35,37]</sup>使用2种设备同时干预(都为

Fitbit Flex手环和移动设备的组合),但干预的效果却不同:1项<sup>[37]</sup>显示干预对身体活动增加有效;另1项<sup>[35]</sup>则显示无效。其余15项研究<sup>[23-29,31-36,38-39]</sup>均使用单个可穿戴设备进行干预,其中8项研究<sup>[24-25,27-28,30,32,36,38]</sup>干预设备涉及活动追踪器、Zamzee activity meters、Fitbit、Fitbit One、Polar Active及PAM加速度计等;7项研究<sup>[23,26,29,31,33-34,39]</sup>使用计步器,结果显示有4项<sup>[23,26,31,35]</sup>计步器对身体活动的干预有效,1项<sup>[34]</sup>显示对身体活动无效,2项<sup>[29,39]</sup>显示对身体活动的干预效果不确定。

另外,不同可穿戴设备的精确性和功能不同,佩戴的部位也有差异,由此可能会低估或高估身体活动的水平。被纳入分析的17项研究中,有6项<sup>[24-25,32,35-37]</sup>可穿戴设备佩戴于腕部;10项<sup>[23,26-31,33-34,39]</sup>佩戴于腰部;1项<sup>[38]</sup>佩戴于臀部。有研究表明,可穿戴设备佩戴在臀部时会低估一些活动的能量消耗<sup>[40]</sup>。

**2.5.2 干预时长及监控指标** 17项被纳入分析的研究干预时长、监控指标及相应干预效果如表3所示。

表3 干预及测评信息一览

Table 3 The list of intervention and evaluation information

项目	类别	干预结果					
		有效(+)		无效(0)		不确定(?)	
		n	占比/%	n	占比/%	n	占比/%
测试设备	追踪器	—	—	1	5.88	1	5.88
	加速度计	1	5.88	—	—	1	5.88
	计步器	4	23.53	1	5.88	2	11.76
	手环	2	11.76	1	5.88	—	—
	夹扣	—	—	—	—	1	5.88
	手环+其他	1	5.88	1	5.88	—	—
佩戴位置	腰部	6	35.29	1	5.88	3	17.65
	臀部	—	—	—	—	1	5.88
	腕部	2	11.76	3	17.65	1	5.88
干预时长	2~4周	3	17.65	1	5.88	1	5.88
	6~8周	2	11.76	1	5.88	—	—
	10~12周	2	11.76	2	11.76	2	11.76
	12周以上	1	5.88	—	—	2	11.76
活动意向	主观	1	5.88	—	—	2	11.76
	客观	6	35.29	4	23.53	3	17.65
	主观+客观	1	5.88	—	—	—	—
监控指标	主动上下学	2	6.67	—	—	—	—
	体适能	—	—	2	6.67	1	3.33
	步数	5	16.67	2	6.67	1	3.33
	久坐	1	3.33	2	6.67	1	3.33
	校外体育活动	2	6.67	—	—	—	—
	低强度身体活动	—	—	2	6.67	—	—
	中高强度身体活动	4	23.53	4	23.53	—	—
	加速度计每分钟计数	—	—	—	—	1	3.33

2.5.3 身体活动测评方式 被纳入分析的17项研究中,有3项<sup>[31,38-39]</sup>使用了主观测量(占17.65%);13项<sup>[23-30,32,34-37]</sup>使用了客观测量(占76.47%),其中35.29%的研究显示有效;1项<sup>[33]</sup>同时使用了主观测量和客观测量(占5.88%)。研究表明,可穿戴设备监测结果与传统问卷测评结果的信效度有差距,对身体活动的主观性和客观性监测结果呈现不一致性<sup>[41]</sup>;国际身体活动问卷(international physical activity questionnaire, IPAQ)的信效度较低<sup>[42-43]</sup>,可穿戴设备信效度相比较而言更高<sup>[44-45]</sup>,更有利于测试者掌握确切的身体活动量<sup>[46]</sup>。

### 3 讨论

3.1 证据总结 可穿戴设备用于儿童青少年的干预研究是可行的,且可能会提高干预的有效性,但目前依然存在不一致的研究结果。本次纳入分析的17篇文献并非全是随机对照实验,且有部分随机对照实验为预实验;因此,尽管整体呈现较高的有效性,仍无法得出相当确切的结论。根据当前的研究现状,可以认为可穿戴设备对于儿童青少年身体活动的干预效果整体趋于有效。

可穿戴设备在儿童青少年身体活动的干预研究较少,大多集中在2015—2017年,可能是由于近些年可穿戴设备技术的迅速发展及健康促进领域需求的增加。其中有超过40%的研究来源于美国,而国内仅有1篇文献(来自中国台湾地区)涉及可穿戴设备在身体活动干预方面的应用。就干预对象而言,仅有少量研究包括了儿童群体,这可能与青少年身体活动不足的比例远高于儿童,并且儿童相比于青少年年龄较小,在可穿戴设备干预过程中较难把控有关。但未来儿童与青少年都是值得干预的群体,甚至对儿童进行干预的益处会延续到青少年时期乃至老年时期。

3.1.1 设备类型的影响 市场上可穿戴设备种类繁多,但尚未有一款完美的设备,本次分析则涉及运动手环、活动追踪器、加速度计等常见类型。根据前人的研究<sup>[9,47]</sup>,基于加速度计的设备已被证明在儿童活动监测中具有较高可靠性和有效性;另外,计步器也被评为较好的监测反馈工具。两者相比,计步器可对步数实时记录并显示反馈<sup>[28]</sup>,会达到目标提醒的效果,从而提高参与者的运动意识<sup>[10]</sup>;单纯的加速度计设备虽然不具备实时反馈的功能,但它可对步数、活动强度、频率和时长进行长期监控<sup>[9,48]</sup>。随着科技的发展和技术的进步,大多数可穿戴设备可对步数、活动时长、睡眠和心率等指标进行监测并且可提供实时反馈和提醒,尽显可穿戴设备监测的全面性,其中在

身体活动干预和测量研究领域备受关注的监测工具为手环和智能手机。2015年,Case等<sup>[49]</sup>阐明了绝大部分的可穿戴设备、智能手机应用程序对步数监测比较精确,但有些智能手机应用程序检测到的步数较真实值更高或更低,甚至有些设备报告的步数要比实际值低20%以上。

3.1.2 佩戴位置的影响 就佩戴位置而言,可穿戴设备常佩戴在腰部,其次为腕部。研究表明,基于加速度计的可穿戴设备,其佩戴位置距离重心越近则测量越准确<sup>[9]</sup>。针对依从性较差的儿童青少年,佩戴的舒适性和可接受性更重要<sup>[50]</sup>。相比而言,他们更喜欢佩戴于腕部的设备<sup>[51]</sup>,但还需要考虑佩戴在腕部优势侧和非优势侧可能会对结果产生的影响<sup>[52]</sup>。不同佩戴位置会影响对姿势(坐或站立)和活动类型辨别的精确性<sup>[53]</sup>,从而造成能量消耗等测量误差。

3.1.3 干预时长的影响 可穿戴设备干预时长对研究结果也存在影响。研究表明,长期效果不如短期效果显著<sup>[54]</sup>。一般可穿戴设备的干预时间为3d—1周,已有研究表明儿童青少年双休日久坐时间更长,身体活动更少<sup>[55]</sup>,因此干预周期应包括双休日。对于儿童和青少年而言,1周的干预时间可能不足,因为他们对新事物保持好奇的持久性较差,行为习惯的培养需要较长的时间,较短的干预时间可能会导致效果不明显<sup>[56]</sup>。本次分析显示,干预结果有效率最高的干预时长在2~4周,其次为10~12周。有研究表明“时间×频率=习惯的加强”<sup>[57]</sup>,预计养成健康行为并达到自动化程度需要的时长为66d<sup>[54]</sup>。接受干预者形成自身的新习惯需将外在督促转化为内在动机,整个过程漫长而困难,只有长期且不间断的干预才能确定是否带来确切并有益的改善<sup>[58]</sup>。

3.1.4 身体活动指标的选择和设置的影响 本文中身体活动衡量指标的选择呈现不一致性。被选择最多的指标为中高强度身体活动,其次为步数。中高強度身体活动被认为能够反映身体活动水平和评估儿童青少年是否达到身体活动推荐量;步数作为转化为能量消耗以及衡量距离等参数的一项基础身体活动监控指标,通常被用于计算身体活动水平<sup>[59]</sup>,所以使用率也很高。另外有些指标虽然与身体活动有一定相关关系,但并不能强有力地说明干预效果与可穿戴设备用于身体活动监测之间是否存在关联,选择该类指标可能会增加相关计算的难度或导致误差变大。因此,在未来的研究中选择步数等基础类的指标作为衡量参数可能更有利于测评儿童青少年的身体活动水平。重要的是,一些可穿戴设备本身可能存在对身



体活动监测指标的限制性或适用性问题,因此对身体活动监测指标的选择要先于设备的选择。

### 3.2 未来的应用与发展

3.2.1 可穿戴设备功能和监测的突破 可穿戴设备在拥有原来优势的基础上仍需革新。可穿戴设备体积小、功能全面,智能化的改变使得可穿戴设备与其他装置的连接和配对更迅速和方便;可穿戴设备的发展还体现在功能的多样化(睡眠、健康知识等)和监控的个性化等方面。一些可穿戴设备的个性化服务让用户可实现自我的运动量化<sup>[45]</sup>,并得到个人身体活动反馈的系统报告<sup>[60]</sup>。相对于其他监测方法,如双标水法等,可穿戴设备监测法的成本低,数据的收集和导出更方便<sup>[60-61]</sup>。这些贴近生活化的改变,可能会提高参与者的使用黏度,为研究人员和参与者提供更稳健的数据。而Jakicic等<sup>[62]</sup>发现,仅使用可穿戴设备干预效果与其他干预行为(短信提醒、网站访问等)相比,优势并不明显。一些可穿戴设备可提供反馈报告,但使用者连接电脑才可得到,而使用人群不仅是用于干预,更重要的是得到系统的反馈报告<sup>[63]</sup>。

可穿戴设备监控的精准性(尤其是对佩戴位置、运动类型的监测)不足是现存最大的挑战。Storm等<sup>[64]</sup>的研究中提到设备功能增多,精准性反而降低。就像有些设备本身监控的是特定的运动,增加新的监测指标或功能后,反而降低了设备监测的准确性。因此,针对不同项目和运动类型(如游泳、骑自行车、力量训练、久坐和家务等)的监控识别精确度<sup>[48,65-68]</sup>仍需提升,甚至面对监测慢走或步行精准性较高<sup>[69-70]</sup>的现状,研究者需进一步提高设备对不同步行速度的监测精确度。除此之外,部分设备还缺乏测量和评估身体活动指标的标准;数据储备量、电量和涉及的信息安全保护等问题也有待提高。基于原有设备的操作和功能优势,对可穿戴设备进行改良,提高它们监控的精准性和其他性能,对未来健康促进及医疗领域的干预研究都会带来较大的益处。

3.2.2 基于可穿戴设备干预身体活动的趋势 可穿戴设备成为促使人们进行健康行为的因素还需长时间转变。2015年,Patel等<sup>[58]</sup>的研究证实可穿戴设备仅作为影响因素,而并没有从根本上成为驱使人们运动的因素。大多数人使用可穿戴设备的时间较短,最高不超过6个月,原因尚不清晰<sup>[61,71]</sup>。此外,可穿戴设备应用于不同性别之间所呈现的对身体活动干预效果存在差异,其中对女性的干预效果更显著。这可能由于社会对女性依然存在偏见,一定程度的心理偏见反而会激励她们<sup>[28]</sup>,从而影响她们对身体活动的兴

趣<sup>[37]</sup>。性别对干预的具体影响还需继续探究,提高男生的身体活动水平也尤为重要。未来可能更应结合可穿戴设备对不同人群(正常人群、特殊人群、肥胖人群、超重人群以及不同年龄层的对象等)进行随机对照实验甚至长期活动的队列跟踪研究,并综合考虑不同佩戴位置对身体活动监测准确性的差异<sup>[52-53]</sup>,以及干预时长对干预结果的影响等问题,从而更全面有效地收集数据,挖掘各个影响因素,在根本上促进人们的健康。

### 3.3 优势与局限性

本文的优势在于综合了多种可穿戴设备对儿童青少年身体活动的干预研究,并分析了设备类型、干预时长、佩戴位置和指标选取对干预效果的影响。但依然存在局限性:文献收录不全,且纳入文献只有少量随机对照实验,还包括随机对照实验的预实验和非随机对照实验,其中非随机对照实验只用实验前后的效果进行对比,并不能充分说明可穿戴设备的干预效果;实验中还存在可穿戴设备监控、提醒、奖励等方式同时干预的情况,身体活动水平的提高也不能完全说明是可穿戴设备干预的结果。

中国目前使用的大多数可穿戴设备技术均来源于国外,缺少符合中国国情且适合中国儿童青少年身体活动的监测设备和算法。因此,未来需要自主研发出适合中国国民身体活动的计算方程,提高关键核心技术创新能力,把科技发展主动权牢牢握在自己手中,为中国发展提供有力科技保障。对于设备开发者,在开发和完善设备的同时,还需考虑收入较低者对健康促进的需求,尽可能满足大众,从而积累更多我国国民身体活动的大数据。

未来可穿戴设备干预儿童青少年的身体活动,应继续增加高质量的随机对照实验,对设备类型、佩戴位置、干预时长、监测指标等进行选择和控制在,严格制定干预实验的标准,并对更多的对象进行持续跟踪。

## 4 结束语

可穿戴设备干预儿童青少年的身体活动已成为重要的方法。相对于传统价格较高和操作分析复杂的身体活动测评工具,价格低廉且应用简单的可穿戴设备在儿童青少年身体活动干预中具有较好的应用性。将近一半的研究显示,可穿戴设备对儿童青少年身体活动干预有效,但仍有少量研究的干预效果呈现不一致性。因此,可穿戴设备对身体活动干预效果的研究仍有待完善,影响干预效果的原因还需深入探讨。此外,该类干预研究还缺乏精确的实施标准,需要后续研究为其提供数据支撑。

## 参考文献

- [1] HALLAL P C, ANDERSEN L B, BULL F C, et al. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects[J]. *The Lancet*, 2012, 380(9838):247-257
- [2] FAN X, CAO Z B. Physical activity among Chinese school-aged children: National prevalence estimates from the 2016 physical activity and fitness in China—The youth study[J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2017, 6(4):388-394
- [3] WHO. NCDs: Physical activity[EB/OL]. [2018-07-11]. <http://www.who.int/ncds/prevention/physical-activity/introduction/en/>
- [4] TELAMA R, YANG X, VIHKARI J, et al. Physical activity from childhood to adulthood: A 21-year tracking study[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2005, 28(3):267-273
- [5] HEATH G W, PARRA D C, SARMIENTO O L, et al. Evidence-based intervention in physical activity: Lessons from around the world[J]. *The Lancet*, 2012, 380(9838):272-281
- [6] 李晶晶, 吴旭龙, 杨森, 等. 青少年身体活动的行为干预研究进展[J]. *中国儿童保健杂志*, 2015, 23(4):377-378,382
- [7] TEHRANI K, ANDREW M. Wearable technology and wearable devices: Everything you need to know[EB/OL]. [2018-07-11]. <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/>
- [8] 肖征荣, 张丽云. 智能穿戴设备技术及其发展趋势[J]. *移动通信*, 2015(5): 9-12
- [9] PLASQUI G, BONOMI A G, WESTERTERP K R. Daily physical activity assessment with accelerometers: New insights and validation studies[J]. *Obesity Reviews*, 2013, 14(6): 451-462
- [10] 胡亚飞. 智能穿戴设备在人群身体活动干预方面的应用及效果[J]. *健康教育与健康促进*, 2017, 12(4):309-312,319
- [11] ELMESMARI R, MARTIN A, REILLY J J, et al. Comparison of accelerometer measured levels of physical activity and sedentary time between obese and non-obese children and adolescents: A systematic review[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2018, 18(1): 106
- [12] ELMESMARI R, REILLY J J, MARTIN A, et al. Accelerometer measured levels of moderate-to-vigorous intensity physical activity and sedentary time in children and adolescents with chronic disease: A systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0179429
- [13] JIMENEZ-PAVON D, KELLY J, REILLY J J. Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review [J]. *International Journal of Pediatric Obesity*, 2010, 5(1): 3-18
- [14] MIGUEL-BERGES M L, REILLY J J, MORENO AZNAR L A, et al. Associations between pedometer-determined physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2018, 28(1): 64-75
- [15] ROMANZINI M, PETROSKI E L, REICHERT F F. Limiaries de acelerômetros para a estimativa da intensidade da atividade física em crianças e adolescentes: Uma revisão sistemática [J]. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2012, 14(1): 101-113
- [16] WHO. Health topics: Adolescent health[EB/OL]. [2018-07-11]. [http://www.who.int/topics/adolescent\\_health/en/](http://www.who.int/topics/adolescent_health/en/)
- [17] LIBERATI A, ALTMAN D G, TETZLAFF J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration[J]. *British Medical Journal*, 2009, 339: b2700
- [18] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement[J]. *Open Medicine*, 2009, 3(3): e123-e130
- [19] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, et al. 系统综述和荟萃分析优先报告的条目:PRISMA声明[J]. *中西医结合学报*, 2009, 7(9): 889-896
- [20] GAO Z, CHEN S. Are field-based exergames useful in preventing childhood obesity? A systematic review[J]. *Obesity Reviews*, 2014, 15(8): 676-691
- [21] ZENG N, POPE Z, LEE J E, et al. A systematic review of active video games on rehabilitative outcomes among older patients[J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2017, 6(1): 33-43
- [22] SALLIS J F, PROCHASKA J J, TAYLOR W C. A review of correlates of physical activity of children and adolescents [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2000, 32(5): 963-975
- [23] DUNCAN M, BIRCH S, WOODFIELD L. Efficacy of an integrated school curriculum pedometer intervention to enhance physical activity and to reduce weight status in children [J]. *European Physical Education Review*, 2012, 18(3): 396-407
- [24] FOOTE S J, WADSWORTH D D, BROCK S, et al. The effect of a wrist worn accelerometer on children's in-school and out-of-school physical activity levels[J]. *Swedish Journal of Scientific Research*, 2017, 33(3): 1-6
- [25] GAUDET J, GALLANT F, BÉLANGER M. A bit of fit: Minimalist intervention in adolescents based on a physical activity tracker[J]. *JMIR mHealth and uHealth*, 2017, 5(7): e92
- [26] GU X, CHEN Y L, JACKSON A W, et al. Impact of a pedometer-based goal-setting intervention on children's motivation, motor competence, and physical activity in physical education[J]. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 2018, 23(1): 54-65
- [27] GUTHRIE N, BRADLYN A, THOMPSON S K, et al. Development of an accelerometer-linked online intervention system to promote physical activity in adolescents[J]. *PLoS One*, 2015, 10(5): e0128639
- [28] HAYES L B, VAN CAMP C M. Increasing physical activity of children during school recess [J]. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 2015, 48(3): 690-695
- [29] HO V, SIMMONS R K, RIDGWAY C L, et al. Is wearing a pedometer associated with higher physical activity among adolescents?[J]. *Preventive Medicine*, 2013, 56(5): 273-277
- [30] HOOKE M C, GILCHRIST L, TANNER L, et al. Use of a fitness tracker to promote physical activity in children with acute lymphoblastic leukemia[J]. *Pediatric Blood & Cancer*, 2016, 63(4): 684-689
- [31] ISENSEE B, SUCHERT V, HANSEN J, et al. Effects of a school-based pedometer intervention in adolescents: 1-year follow-up of a cluster-randomized controlled trial[J]. *Journal of School Health*,



- 2018, 88(10): 717-724
- [32] JAUHO A M, PYKY R, AHOLA R, et al. Effect of wrist-worn activity monitor feedback on physical activity behavior: A randomized controlled trial in Finnish young men[J]. Preventive Medicine Reports, 2015, 2: 628-634
- [33] LEE L L, KUO Y C, FANAW D, et al. The effect of an intervention combining self-efficacy theory and pedometers on promoting physical activity among adolescents [J]. Journal of Clinical Nursing, 2012, 21(7-8): 914-922
- [34] MANLEY D, COWAN P, GRAFF C, et al. Self-efficacy, physical activity, and aerobic fitness in middle school children: Examination of a pedometer intervention program [J]. Journal of Pediatric Nursing, 2014, 29(3): 228-237
- [35] MENDOZA J A, BAKER K S, MORENO M A, et al. A Fitbit and Facebook mHealth intervention for promoting physical activity among adolescent and young adult childhood cancer survivors: A pilot study[J]. Pediatric Blood & Cancer, 2017, 64(12): e26660
- [36] PITTMAN A F. Effect of a school-based activity tracker, companion social website, and text messaging intervention on exercise, fitness, and physical activity self-efficacy of middle school students [J]. The Journal of School Nursing, 2018: 1059840518791223
- [37] SCHOENFELDER E, MORENO M, WILNER M, et al. Piloting a mobile health intervention to increase physical activity for adolescents with ADHD[J]. Preventive Medicine Reports, 2017, 6: 210-213
- [38] SLOOTMAKER S M, CHINAPAW M J M, SEIDELL J C, et al. Accelerometers and Internet for physical activity promotion in youth? Feasibility and effectiveness of a minimal intervention [ISRCTN93896459][J]. Preventive Medicine, 2010, 51(1): 31-36
- [39] SUCHERT V, ISENSEE B, SARGENT J, et al. Prospective effects of pedometer use and class competitions on physical activity in youth: A cluster-randomized controlled trial [J]. Preventive Medicine, 2015, 81: 399-404
- [40] SASAKI J E, HICKEY A, MAVILIA M, et al. Validation of the Fitbit wireless activity tracker for prediction of energy expenditure [J]. Journal of Physical Activity & Health, 2015, 12(2): 149-154
- [41] WÓJCICKI T R, GRIGSBY-TOUSSAINT D, HILLMAN C H, et al. Promoting physical activity in low-active adolescents via Facebook: A pilot randomized controlled trial to test feasibility[J]. JMIR Research Protocols, 2014, 3(4): e56
- [42] HELMERHORST H J, BRAGE S, WARREN J, et al. A systematic review of reliability and objective criterion-related validity of physical activity questionnaires [J]. International Journal of Behavioral Nutrition Physical Activity, 2012, 9: 103
- [43] CRAIG C L, MARSHALL A L, SJOSTROM M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2003, 35(8): 1381-1395
- [44] STRAITON N, ALHARBI M, BAUMAN A, et al. The validity and reliability of consumer-grade activity trackers in older, community-dwelling adults: A systematic review[J]. Maturitas, 2018, 112: 85-93
- [45] EVENSON K R, GOTO M M, FURBERG R D. Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers [J]. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2015, 12: 159
- [46] FREEDSON P, BOWLES H R, TROIANO R, et al. Assessment of physical activity using wearable monitors: Recommendations for monitor calibration and use in the field[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2012, 44(1): 1-4
- [47] RIDGERS N D, SALMON J, RIDLEY K, et al. Agreement between activPAL and ActiGraph for assessing children's sedentary time[J]. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2012, 9: 15
- [48] STRATH S J, KAMINSKY L A, AINSWORTH B E, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: A scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2013, 128(20): 59-79
- [49] CASE M A, BURWICK H A, VOLPP K G, et al. Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data[J]. JAMA, 2015, 313(6): 25-26
- [50] 贺刚, 黄雅君, 王香生. 加速度计在儿童体力活动测量中的应用[J]. 体育科学, 2011, 31(8): 72-77
- [51] SCHAEFER S E, VAN LOAN M, GERMAN J B. A feasibility study of wearable activity monitors for pre-adolescent school-age children[J]. Preventing Chronic Disease, 2014, 11: E85
- [52] 刘阳. 基于加速度计的身体活动测量研究前沿[J]. 北京体育大学学报, 2016, 39(8): 66-73
- [53] WOODMAN J A, CROUTER S E, BASSETT D R, et al. Accuracy of consumer monitors for estimating energy expenditure and activity type[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2017, 49(2): 371-377
- [54] LALLY P, VAN JAARSVELD C H M, POTTS H W W, et al. How are habits formed: Modelling habit formation in the real world [J]. European Journal of Social Psychology, 2010, 40(6): 998-1009
- [55] WAFAS W, AZIZ N N, SHAHRIL M R, et al. Measuring the daily activity of lying down, sitting, standing and stepping of obese children using the ActivPAL (TM) activity monitor[J]. Journal of Tropical Pediatrics, 2017, 63(2): 98-103
- [56] 杨丽珠, 邹晓燕, 刘雯. 儿童心理学课程现代化的探索[J]. 心理发展与教育, 1996(4): 52-55
- [57] GARDNER B, ABRAHAM C, LALLY P, et al. Towards parsimony in habit measurement: Testing the convergent and predictive validity of an automaticity subscale of the Self-Report Habit Index[J]. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2012, 9: 102
- [58] PATEL M S, ASCH D A, VOLPP K G. Wearable devices as facilitators, not drivers, of health behavior change [J]. JAMA, 2015, 313(5): 459-460

(下转第98页)

