

# 儿童青少年高强度间歇训练的可视化分析

李展权<sup>1</sup> 朱琳<sup>2\*</sup> 陈泽恺<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 广州体育学院研究生院, 广东 广州 510500

<sup>2</sup> 广州体育学院运动与健康学院, 广东 广州 510500

**[摘要]** 本研究以 2012-2021 年 Web of Science 核心合集收录有关儿童青少年高强度间歇训练的 327 篇文献为数据源, 通过 CiteSpace 软件进行可视化分析, 以期快速精确定位国际上的研究趋势与研究热点, 为我国今后开展相关研究提供精准指导。研究结果表明, 近十年间儿童青少年 HIIT 研究关注度持续提升, 美国、澳大利亚、英国在该研究领域居核心地位, 以英国的纽卡斯尔大学为首的高产机构是该研究领域的核心力量。研究内容主要围绕“运动能力与健康水平的改善”、“慢性疾病儿童青少年的运动干预治疗”、“心理认知研究”、“体教结合”等方面, 以“运动能力与健康水平的改善”为研究核心热点。在今后的研究中, 我国应借鉴国际的先进理论和实验研究, 为开展儿童青少年 HIIT 的方法、机制等提供理论指导。

**[关键词]** 儿童; 青少年; 高强度间歇训练; CiteSpace; 可视化

DOI: 10.33142/fme.v3i3.6490

中图分类号: G812

文献标识码: A

## Visual Analysis of High Intensity Interval Training for Children and Adolescents

LI Zhanquan<sup>1</sup>, ZHU Lin<sup>2\*</sup>, CHEN Zekai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Guangzhou Sport University, Guangzhou, Guangdong, 510500, China

<sup>2</sup> School of Sports and Health, Guangzhou Sport University, Guangzhou, Guangdong, 510500, China

**Abstract:** This study takes 327 documents about high-intensity intermittent training of children and adolescents collected in the core collection of Web of Science from 2012 to 2021 as the data source, and carries out visual analysis through CiteSpace software, in order to quickly and accurately locate the international research trends and research hotspots, and provide accurate guidance for related research in China in the future. The research results show that in the past decade, the attention of HIIT research on children and adolescents has continued to increase. The United States, Australia and the United Kingdom occupy the core position in this research field, and the high-yield institutions led by the University of Newcastle in the United Kingdom are the core strength in this research field. The research content mainly focuses on the aspects of "improvement of exercise ability and health level", "exercise intervention treatment for children and adolescents with chronic diseases", "psychological cognitive research", "combination of physical education and education", and takes "improvement of exercise ability and health level" as the research core hot spot. In the future research, China should learn from international advanced theoretical and experimental research to provide theoretical guidance for the methods and mechanisms of HIIT for children and adolescents.

**Keywords:** children; adolescents; high intensity interval training; CiteSpace; visualization

### 引言

作为当前最热门的训练方法, 高强度间歇训练 (High Intense Interval Training, HIIT) 的应用与研究受到了学者们的广泛关注。HIIT 在成年人中的应用与研究得到了多方面的支持与开展, 其研究进展要远超儿童青少年<sup>[1-2]</sup>。随着儿童青少年关注度的不断提升, 有关儿童青少年高强度间歇训练的研究热度也节节高升。HIIT 已被证实是一种可提高儿童青少年健康效益、促进身心健康发展的效率训练方法, 且相较于持续性有氧训练, 其更具趣味性、可坚持性的特点对儿童青少年而言更有利于培养长期锻炼的生活习惯, 促进儿童青少年身心健康发展<sup>[2-4]</sup>。

信息可视化技术是近年来在科学计量学、知识计量学领域兴起的一种重要的研究方法和手段。CiteSpace 软件系统在信息可视化方面广受关注和应用, 其绘制的科学图

谱信息量大, 可视效果极佳, 可直观地展现科学知识领域的信息全景, 把握某一科学领域中的关键文献、热点研究和前沿方向<sup>[5-6]</sup>。本文通过 CiteSpace 软件对 Web of Science (WOS) 数据库中的相关文献进行可视化分析, 全面了解儿童青少年 HIIT 的研究现状和发展趋势, 把控当前的热点研究方向, 为促进 HIIT 在儿童青少年中的开展贡献微薄力量。

### 1 数据来源与研究方法

#### 1.1 数据来源

以 WOS 核心论文集为检索源, 检索策略为 TS=(pediatric OR children OR adolescent OR student OR childhood) AND (high-intensity interval training OR aerobic interval training OR sprint interval training OR HIIT), 检索语言为“English”, 文献类型

为“article”，检索时间跨度为 2012 年-2021 年，检索时间为：2022 年 1 月 19 日。

### 1.2 研究方法

将所获得文献的“全记录与引用的参考文献”以“纯文本”格式导出,应用于 CiteSpace 软件 5.8.R3 版本中,将文献中的年份、国家、作者、机构、关键词等信息进行提取与分析,依次进行国家、作者、机构、关键词分析。时间跨度为 2012—2021 年,时间间隔设置为 1 年,节点阈值为 50,选择寻径剪裁法(PathFinder)、切片网络剪裁法(pruning sliced networks)、合并网络剪裁法(pruning the merged network),将图谱中的复杂网络简化,体现分析重点。

## 2 儿童青少年高强度间歇训练研究的关注度分析

### 2.1 发文量分析

发文量是衡量一个专业领域发展状况的重要指标,而发文量的变化能够直接反映该领域研究的发展动态。由图 1 可知,2012-2021 年间发表相关论文共 327 篇,依据发文量变化情况,有关儿童青少年 HIIT 研究大致可以分为两个阶段。

第一阶段为 2012-2015 年的起步阶段,这一阶段相关文献数量较少,基础理论尚且薄弱,最多有 15 篇,2014 年仅有 9 篇,研究尚未形成规模。2016 年-2021 年为第二阶段,属于快速发展阶段,目前该研究尚且处于这个阶段。该阶段至今发文 274 篇,占总发文量的 83.8%,这表明有关儿童青少年 HIIT 的研究受到肯定与支持,发文量的持续增长表明研究的关注度也在持续攀升。2016-2018 年间发文量出现较大幅度增长,在此期间各国就卫生、体育等与青少年健康相关部门颁布了一系列政策,如美国接连发布《学校健康政策和实践研究的结果》与《美国体育行动计划》,芬兰提出了《对芬兰教育的关键计划改革》等,都强调了儿童青少年的体力活动情况,并对此进行了规划指导。中国方面,相较于 2012-2020 年的零星半点,2021 年是一个突破性的提升,这可能得益于 2018 年发布的《中国儿童青少年身体活动指南》,其中强调了中高强度身体活动对儿童青少年的重要性和必要性<sup>[7]</sup>,在此之前,《青少年体育发展“十三五”规划》、《国务院办公厅关于强化学校体育促进学生身心健康全面发展的意见》等政策的出台突出了以增强青少年体质为根本目标的发展要求,为儿童青少年体质健康发展规划指明了方向,为研究发展进行了铺垫。随着我国政策的引导以及科学创新的推动,我们有理由相信 2021 年的突增并非昙花一现,有关儿童青少年体质健康的研究热度将会持续提升,而 HIIT 作为一项集省时、高效、趣味于一体的训练方案,在儿童青少年中的应用与研究也将得到重点关注,中国将为国际贡献更多更高水平的研究成果,提供更优质合理的“中国方案”。



图 1 儿童青少年 HIIT 发文量

### 2.2 国家机构分析

经国家共现分析得到国家共现网络图谱(图 2),该图谱共有 59 个节点,意味着共有 59 个国家参与儿童青少年高强度间歇训练的研究,节点半径越大意味着发文量越多,中心性高则外周圆环越粗。美国的发文频次(63)与中心性(0.51)均位居首位,与其他国家合作交流最为密切,在该研究领域居核心地位;其次是澳大利亚(41)、英国(34)、西班牙(30)、巴西(26)等,前 10 国家的发文量占总发文量的 71.9%,表明研究成果较为集中,高产国家为该领域研究发展做出重要贡献。中国发文 14 篇,中心性 0.06,在该领域的影响力较为有限,这可能与研究规模形成较晚有关(有 9 篇文献发表于 2021 年)。

在交流合作方面,发达国家更加注重与国家/地区间的交流合作,如英国与美国、澳大利亚、加拿大、德国等 20 个国家均有往来。基于不同的环境背景及研究条件,各国家对该研究领域表现出不同的特点。如美国注重学科交叉融合,研究呈多元化发展,研究涉及青少年运动员运动表现、儿童青少年心理认知、内在机制的探索以及 HIIT 在慢性疾病群体中的应用等;澳大利亚较为注重该领域的应用实施,主要研究方向包括青少年运动员运动表现的提升以及 HIIT 在慢性疾病群体的应用,尤其是 Sawyer 的研究团队,在 HIIT 与囊性纤维化患者中的研究做出重要贡献<sup>[8]</sup>;中国的主要研究方向为 HIIT 对儿童青少年身体机能的改善,尤其是体重异常的儿童青少年,这可能与当下国内儿童青少年超重肥胖发生率日益严峻有关。

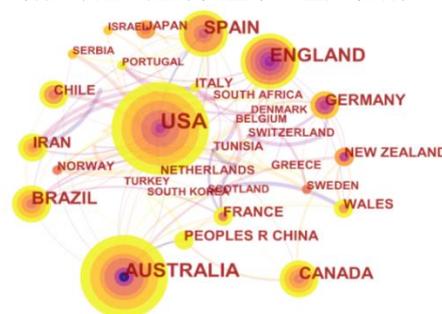


图 2 儿童青少年 HIIT 国家共现网络图谱

### 2.3 机构分析

通过机构共现分析得到机构共现网络图谱(图 3),该图谱共有 257 个节点,意味着有 257 个机构从事儿童青少年高强度间歇训练方面的研究。大部分机构来自于高校,少数来自于医院或其他研究机构。发文频次前 10 的机构如表 2 所示,英国、澳大利亚、美国、新西兰、德国、西班牙的高校构成了儿童青少年 HIIT 研究的中坚力量,共发表文献 52 篇,占总发文量 15.9%。英国的纽卡斯尔大学尽管出现年份较晚(2019 年),但发文最多,这要归功于背后成熟的学术团队,以 Eather 为主导的研究团队为该领域的研究与交流做出重要贡献,主要研究方向为 HIIT 在学校体育中的开展<sup>[9-10]</sup>,与东北大学、澳大利亚天主教大学等高产机构均存在紧密的交流合作。这种现象在高产机构中普遍存在,如德国的维尔茨堡大学,主要研究方向是儿童青少年急性 HIIT 的影响; 维瓦拉公立大学,主要研究方向是 HIIT 与胰岛素抵抗儿童的研究。中国方面,香港浸会大学发文 3 篇,河北师范大学、澳门理工学院、澳门大学等各发文两篇。国内机构较为分散,合作频次较少,起步较晚且存在一定差距,应当重视搭建信息共享平台以加强科研合作和交流。

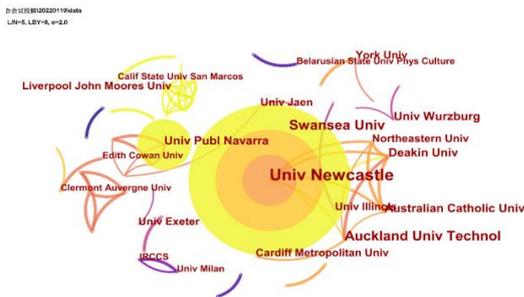


图 3 儿童青少年 HIIT 机构共现网络图谱

### 3 儿童青少年高强度间歇训练研究的主题与热点分析

关键词分析能够高度概括、体现一个领域的研究主题及研究热点。通过对文献中高频关键词进行分析并以可视化图谱的形式呈现,可以高效分析该领域的研究主题。通过分析关键词共现图谱(图 4),关键词频次排序表(表 1)以及关键词聚类标签及各聚类的主要研究方向(表 2),对研究内容进行梳理总结,发现儿童青少年高强度间歇训练研究主要集中在 4 个方面的研究主题内容。

(1) 运动能力与健康水平的改善。相关关键词包括锻炼(Exercise)、运动表现(Performance)、体成分(Body composition)、体适能(Fitness)、力量(Strength)、耐力(Endurance)、强度(Intensity)、新剂量(New dose)等。研究表明,HIIT 对儿童青少年的运动能力、健康水平均有显著性改善<sup>[11-12]</sup>。随着研究深入,研究者致力于探索 HIIT 与其他运动形式之间的异同性,期许制定更加高效、更有针对性的运动方案。如在青少年运动员的研究中,

Funch 等<sup>[13]</sup>通过对女子青少年曲棍球运动员研究发现,为期 4 周的运动干预对 HIIT 组(时长 4min,强度为 75%–85%最大心率,间歇 10s)与高强度组(时长 30min,强度为 75%–85%最大心率)的最大摄氧量水平均有显著性提升,相较之下,HIIT 组耗时更短。Farley 等<sup>[14]</sup>通过比较 HIIT 与无氧训练对青少年赛艇运动员的研究发现,HIIT 能显著提升运动员的划桨耐力,而无氧训练则对运动员的划桨冲刺能力有所提升。Buchan 等<sup>[15]</sup>通过对普通青少年进行为期 7 周的 HIIT 干预后发现,HIIT 对青少年运动能力有显著提高,但在代谢方面的变化十分有限。根据不同的发展目的选择合适的训练方法是非常重要的,当前该领域研究更加注重 HIIT 的直接效果,对其内在机制的探索稍显滞后。

(2) 慢性疾病儿童青少年的运动干预治疗,相关关键词包括适应性(Adaptation)、低容量(Low volume)、风险因素(Risk factor)、超重(Overweight)、肥胖(Adiposity)、囊性纤维化(Cystic fibrosis)、胰岛素抵抗(Insulin resistance)等。鉴于 HIIT 强度高、时间短的特点,选用其作为一种预防、控制特殊疾病的手段,安全性、有效性以及适应性等因素需要大量实验数据来验证。研究发现,在体重异常的儿童青少年相中,HIIT 在动脉粥样硬化、炎症因子以及脂质谱变量方面比有氧运动有更积极的影响<sup>[16]</sup>,短期的 HIIT 同样能够有效改善体重异常儿童的代谢灵活性和胰岛素抵抗<sup>[17]</sup>。而在囊性纤维化患者中,Sawyer 等<sup>[8]</sup>表明每周 30min(10min/次,每周 3 次)的 HIIT 可以提高患者运动能力,生活质量、运动自我效能感和幸福感,这将为 HIIT 在囊性纤维化患者中的初步实现提供有力依据。除此外,HIIT 的可行性也在注意缺陷多动障碍儿童青少年、发展协调障碍儿童等身上得到验证<sup>[18-19]</sup>,HIIT 对于身患慢性疾病的儿童青少年而言有可能是一种更有效且更易实现的运动方法。然而目前关于 HIIT 在运动疗法中的运动剂量、间歇时间、持续周期等因素并未得到明确的指导,未来还应该关注运动剂量、性别、青春期等对患病儿童青少年在长期干预中的影响。

(3) 心理认知的研究,相关关键词包括执行功能(Executive function)、心理健康(Mental Health)、学术成就(Academic achievement)、认知表现(Cognitive performance)等。现有研究证实,中高强度的体育活动对大脑、认知和心理健康有积极的刺激作用,然而 HIIT 对于儿童青少年认知、学业成绩及心理健康结果的影响尚不清楚<sup>[20-21]</sup>。Costigan 等<sup>[22]</sup>通过评估两种不同 HIIT 方案对青少年心理健康、执行功能的有效性时发现,HIIT 能使青少年的执行功能获得中度改善,幸福感轻微提升,心理健康方面有明显改善。Tottori 等<sup>[23]</sup>通过对 56 名 8–12 岁儿童进行为期四周的 HIIT 干预后研究发现,除了心肺耐力和肌肉耐力等身体素质的组成部分外,HIIT 对核心执行功能(如工作记忆)也有积极的影响。然而最新的研究则认为<sup>[24]</sup>,长期的 HIIT 干预并不能明显改善儿童青少

年的认知表现或心理健康。在 HIIT 对心理认知影响的研究中，需要更多有关儿童青少年在 HIIT 中的认知变化作为实验依据，以期能够为运动促进脑健康提供理论依据，形成完整的理论体系，促进 HIIT 的临床应用。

(4) 学校体育教学结合，相关关键词包括可行性 (Feasibility)、学校基础 (School-based)、教育 (Education) 等。面对当前儿童青少年身体素质持续下降、体力活动量不足的困境，研究者们也在积极寻找新的突破口。对儿童青少年而言，短时高效的 HIIT 可能比有氧运动更有吸引力且更容易养成锻炼习惯，切实解决当下学生体质下降、体力活动量不足等诸多突出问题。Martinez-Vizcaino 等<sup>[25]</sup>通过对 10 所学校进行整体随机对照试验，评估基于操场游戏的 HIIT 干预的有效性，研究表明干预有效促进儿童身体素质，健康水平较低儿童将获得更大收益，这是首个将 HIIT 原则融入操场游戏的学校干预研究，尽管其仍有需要改进的空间，但不能否认该研究在学校体育教学结合中的重要价值。就国内学校体育教学环境而言，HIIT 的引进能够为其发展注入新活力，有效契合新一轮体育与健康课程改革的需要，帮助学生提高体育训练兴趣，增强体质，全面发展。然而国内关于 HIIT 在学校体育教学中的研究尚受到重视，由于其在教育系统和体育系统中的地位都略显尴尬，在教学实践中的应用研究也十分有限。

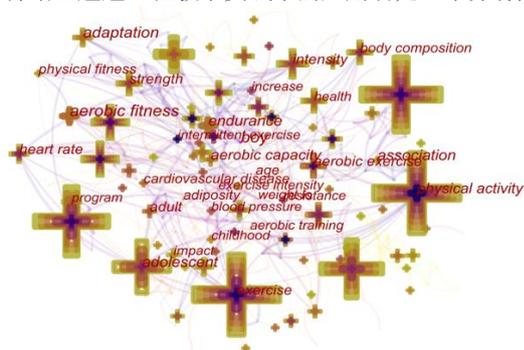


图 4 儿童青少年 HIIT 关键词共现网络图谱

表 1 儿童青少年 HIIT 关键词频次排序表

序号	频次	年份	关键词	序号	频次	年份	关键词
1	93	2012	Exercise	11	21	2012	endurance
2	82	2012	Physical activity	12	20	2013	strength
3	55	2013	Performance	13	20	2012	capacity
4	52	2015	Fitness	14	19	2012	body composition
5	50	2012	Overweight	15	18	2014	interval
6	30	2013	Response	16	15	2015	low volume
7	29	2013	Health	17	15	2017	risk factor
8	28	2013	Intensity	18	15	2015	program
9	28	2012	Meta analysis	19	15	2012	association
10	23	2014	Adaptation	20	14	2017	impact

表 2 儿童青少年 HIIT 关键词聚类标签及各聚类的主要研究方向

聚类名称	大小	同质性	研究主题 (对数似然比/P 值)
#0 高强度间歇训练	35	0.913	高强度间歇训练 (81.37, 1.0E-4); 超重的肥胖男性 (81.37, 1.0E-4); 生理方面 (76.56, 1.0E-4); 能量消耗 (76.56, 1.0E-4); 低氧条件 (71.76, 1.0E-4) 有氧能力 (41.36, 1.0E-4); 肌肉 (41.18, 1.0E-4); 增加运动训练 (41.18, 1.0E-4); 学术成就 (36.11, 1.0E-4); 身体活动大脑健康认知 (36.11, 1.0E-4)
#1 有氧能力	26	0.826	左心室构造 (135.94, 1.0E-4); 青少年短跑运动员 (94.33, 1.0E-4); 身体发育 (94.33, 1.0E-4); 反向运动跳跃能力 (94.33, 1.0E-4); 训练测试 (88.4, 1.0E-4)
#2 左心室构造	26	0.821	1 年高强度运动干预 (63.25, 1.0E-4); 认知表现 (63.25, 1.0E-4); 研究集群 (63.25, 1.0E-4); 心理健康 (63.25, 1.0E-4); 青少年 (63.25, 1.0E-4) GH 反应 (112.96, 1.0E-4); 呼吸肌耐力训练 (112.96, 1.0E-4); 持续回合 (112.96, 1.0E-4); 肥胖青少年 (75.49, 1.0E-4); 胰岛素抵抗 (66.83, 1.0E-4)
#3 1 年高强度运动干预	25	0.829	肥胖的青少年女性 (143.7, 1.0E-4); 中等强度间歇训练 (115.88, 1.0E-4); 中等训练强度 (82.61, 1.0E-4); 肥胖年轻女性 (82.61, 1.0E-4); 脂联素水平 (82.61, 1.0E-4)
#4 GH 反应	22	0.946	高强度训练 (64.16, 1.0E-4); 跨学科咨询 (59.73, 1.0E-4); 紧张型头痛 (59.73, 1.0E-4); 特定的力量训练 (59.73, 1.0E-4)
#5 肥胖的青少年女性	20	0.935	社交行为 (65.2, 1.0E-4); 随机对照研究 (65.2, 1.0E-4); 高强度间歇训练 (65.2, 1.0E-4); 体能训练技能 (65.2, 1.0E-4); 脂肪酸结合蛋白 (63.36, 1.0E-4)
#6 高强度训练	19	0.917	间歇冲刺跑训练 (75.2, 1.0E-4); 运动后的新陈代谢 (75.2, 1.0E-4); 新剂量 (67.64, 1.0E-4); 血细胞比容 (67.64, 1.0E-4); 对照试验 (60.08, 1.0E-4)
#7 社交行为	18	0.929	健康结果 (49.09, 1.0E-4); 高强度间歇训练容量 (49.09, 1.0E-4); 有氧训练反应 (45.99, 1.0E-4); 6 周的短跑间歇训练计划 (42.92, 1.0E-4)
#8 间歇冲刺跑训练	18	0.862	
#9 健康结果	15	0.911	

#### 4 总结与展望

HIIT 作为当下较为新颖的一种训练方法，已然被证实有利于儿童青少年身体素质、健康水平的发展，缓解儿童青少年运动量不足、身体素质不断下降的局面，引起了

广泛关注。本文利用 Citespace 软件,以近十年 WOS 有关儿童青少年 HIIT 的文献文数据源进行知识图谱可视化分析,多角度分析国际上对该领域的关注度,全面认识该领域的主要研究方向,为把控儿童青少年 HIIT 的研究热点及研究趋势贡献参考依据。

从研究关注度上看,儿童青少年 HIIT 发文量总体上呈上升趋势,随着对儿童青少年关注度的持续上升以及 HIIT 作用机制的逐步完善,该领域也将步入深化发展阶段。国家层面上,美国、澳大利亚、英国对该领域关注度最高,较为重视合作交流以促进学科发展;机构层面上,以纽卡斯尔大学为首的多个英国机构占据核心地位,高产机构间得频繁交流使得成熟研究团队的形成。从研究主题内容上看,主要以“运动能力与健康水平的改善”为主线,包括“慢性疾病儿童青少年的运动干预治疗”、“心理认知的研究”、“学校体育教学的结合”多个方面的内容。HIIT 未来应进一步观察其在儿童青少年中长期锻炼效应,以及在特殊人群中的安全应用,探索 HIIT 在学校体育教学中应用与推广的可行方案。

基金项目:广东省社科基金一般项目“胰岛素抵抗肥胖青少年生物预警与运动健康促进模型构建”(项目编号:GD21CTY01)。

#### [参考文献]

- [1]刘瑞东,曹春梅,刘建秀,等.高强度间歇训练的应用及其适应机制[J].体育科学,2017(7):73-82.
- [2]刘建秀,方雯,王帝之,等.高强度间歇训练促进儿童青少年健康:现状·机制·可行性[J].体育科学,2019,39(8):61-72.
- [3]Crisp N A, Fournier P A, Licari M K, et al. Adding sprints to continuous exercise at the intensity that maximises fat oxidation: implications for acute energy balance and enjoyment[J]. *Metabolism*, 2012, 61(9):1280-1288.
- [4]Pl ysic L, Knezevic O M, Sovtic A, et al. Effects of high-intensity interval training and nutrition advice on cardiometabolic markers and aerobic fitness in adolescent girls with obesity[J]. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2020, 45(3):294-300.
- [5]陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [6]刘付娴,朱琳,廖晶.基于科学知识图谱的超重或肥胖青少年运动的可视化分析[J].哈尔滨体育学院学报,2021(5):82-88.
- [7]张云婷,马生霞,陈畅,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.
- [8]Awyer A, Cavalheri V, Jenkins S, et al. Effects of high intensity interval training on exercise capacity in people with cystic fibrosis: study protocol for a randomised controlled trial[J]. *Bmc Sports Science Medicine and Rehabilitation*, 2018(19):8.
- [9]Leahy A, Eather N, Smith J, et al. School-based physical activity intervention for older adolescents: rationale and study protocol for the Burn 2 Learn cluster randomised controlled trial [J]. *Bmj Open*, 2019, 9(5):14.
- [10]Kennedy S G, Leahy A, Smith J, et al. Process Evaluation of a School-Based High-Intensity Interval Training Program for Older Adolescents: The Burn 2 Learn Cluster Randomised Controlled Trial[J]. *Children-Basel*, 2020, 7(12):22.
- [11]Martin-Smith R, Buchan D S, Baker J S, et al. Sprint Interval Training and the School Curriculum: Benefits Upon Cardiorespiratory Fitness, Physical Activity Profiles, and Cardiometabolic Risk Profiles of Healthy Adolescents[J]. *Pediatric Exercise Science*, 2019, 31(3):296-305.
- [12]Larsen M N, Nielsen C M, Orntoft C, et al. Fitness Effects of 10-Month Frequent Low-Volume Ball Game Training or Interval Running for 8-10-Year-Old School Children[J]. *Biomed Research International*, 2017(2):719-752.
- [13]Funch L T, Linda E, True L, et al. Four Weeks of Off-Season Training Improves Peak Oxygen Consumption in Female Field Hockey Players[J]. *Sports*, 2017, 5(4):12.
- [14]Farley O R L, Secomb J L, Parsonage J R, et al. Five Weeks of Sprint and High-Intensity Interval Training Improves Paddling Performance in Adolescent Surfers[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, 30(9):2446-2452.
- [15]Buchan D S, Ollis S, Young J D, et al. High intensity interval running enhances measures of physical fitness but not metabolic measures of cardiovascular disease risk in healthy adolescents [J]. *BMC Public Health*, 2013(13):498.
- [16]Paahoo A, Tadibi V, Behpoor N. Effectiveness of Continuous Aerobic Versus High-Intensity Interval Training on Atherosclerotic and Inflammatory Markers in Boys With Overweight/Obesity[J]. *Pediatric Exercise Science*, 2021, 33(3):132-138.

- [17]Chu L, Morrison K M, Riddell M C, et al. Effect of 7 days of exercise on exogenous carbohydrate oxidation and insulin resistance in children with obesity[J]. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2018, 43(7):677-683.
- [18]Farhat F, Masmoudi K, Hsairi I, et al. The effects of 8 weeks of motor skill training on cardiorespiratory fitness and endurance performance in children with developmental coordination disorder[J]. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2015, 40(12):1269-1278.
- [19]Soori R, Goodarzvand F, Akbarnejad A, et al. The effect of high-intensity interval training on clinical and laboratory parameters of adolescents with attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Science & Sports*, 2020, 35(4):207-215.
- [20]Chen S R, Tseng C L, Kuo S Y, et al. Effects of a physical activity intervention on autonomic and executive functions in obese young adolescents: A randomized controlled trial[J]. *Health Psychol*, 2016, 35(10):1120-1125.
- [21]Kucab M, Bellissimo N, Prusky C, et al. Effects of a high-intensity interval training session and chocolate milk on appetite and cognitive performance in youth aged 9-13 years[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2021, 75(1):172-179.
- [22]Costigan S A, Eather N, Plotnikoff R C, et al. High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016, 48(10):1985-1993.
- [23]Tottori N, Morita N, Ueta K, et al. Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(21):11.
- [24]Wassenaar T M, Wheatley C M, Beale N, et al. The effect of a one-year vigorous physical activity intervention on fitness, cognitive performance and mental health in young adolescents: the Fit to Study cluster randomised controlled trial[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2021, 18(1):15.
- [25]Martinez-Vizcaino V, Soriano-Cano A, Garrido-Miguel M, et al. The effectiveness of a high-intensity interval games intervention in schoolchildren: A cluster-randomized trial[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2021(17).

作者简介：李展权（1998-）男，汉族，广东汕头人，硕士研究生，广州体育学院，研究方向：青少年健康促进；  
通讯作者：朱琳（1975-）女，汉族，黑龙江佳木斯人，博士，教授，博士生导师，广州体育学院，研究方向：体质与健康，青少年健康促进；陈泽恺（1993-）男，汉族，广东湛江人，硕士研究生，广州体育学院，研究方向：青少年健康促进。