

数字健康干预在哮喘患儿中的应用进展

罗滨鸿¹, 钱敏², 陈玉璞³, 王迎娣¹

(1. 扬州大学 护理学院公共卫生学院, 江苏 扬州, 225001;

2. 扬州大学附属苏北人民医院 入院服务中心, 江苏 扬州, 225001;

3. 扬州大学附属医院 护理部, 江苏 扬州, 225001)

摘要: 哮喘是儿童最常见的慢性呼吸道疾病之一。实施数字健康干预可提升哮喘患儿的自我管理能力和改善哮喘控制效果。本研究就数字健康干预在哮喘患儿中的干预形式, 以及其在健康教育、肺功能监测和化学暴露监测等方面的应用情况进行综述, 旨在阐述哮喘患儿数字健康干预的研究现状, 并为实施此类干预措施提供指导和参考依据。

关键词: 儿童; 哮喘; 数字健康干预; 护理; 肺功能

中图分类号: R 725.6; R 256.12; R 319 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2025)03-144-05 DOI: 10.7619/jcmp.20243922

Application progress of digital health intervention in children with asthma

LUO Binhong¹, QIAN Min², CHEN Yuying³, WANG Yingdi¹

(1. School of Nursing and School of Public Health, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225001;

2. Admission Service Center, Northern Jiangsu People's Hospital Affiliated to Yangzhou

University, Yangzhou, Jiangsu, 225001; 3. Nursing Department, the Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225001)

Abstract: Asthma is one of the most prevalent chronic respiratory diseases in children. The implementation of digital health interventions can enhance self-management abilities in pediatric asthma patients and improve asthma control outcomes. This study summarized the intervention forms of digital health intervention in children with asthma and its application in health education, lung function monitoring and chemical exposure monitoring, aiming to elaborate the current research status of digital health intervention in children with asthma and provide guidance and reference for the implementation of such intervention measures.

Key words: children; asthma; digital health interventions; nursing; lung function

哮喘是常见的慢性呼吸道疾病之一, 其特征为呼吸困难和喘息反复发作, 影响全球大约 7% 的儿童^[1-2]。哮喘反复发作导致的睡眠障碍、缺课及活动受限会增加家庭成员的经济和心理负担^[3]。因此, 对哮喘儿童进行健康干预, 以提升其自我管理能力和改善哮喘控制效果非常重要^[4]。数字健康是指与开发和使用数字技术以改善健康状况的相关知识与实践领域^[5]。数字健康干预是通过数字技术对各种卫生系统需求提供支持, 包括移动健康应用、互联网可穿戴设备和基于互联网的网络应用^[6-7]。随着信息技术和医疗技术的快速发展, 通过严肃游戏、应用程序和可

穿戴设备等进行数字健康干预, 可对哮喘患儿进行个性化指导和实时监测, 进而促进哮喘患儿维持症状控制状态和改善疾病结果^[8-9]。本研究就数字健康干预在哮喘患儿中的干预形式, 以及其在健康教育、肺功能监测和化学暴露监测等方面的应用情况进行综述, 旨在为护理人员对哮喘患儿进行数字健康干预提供借鉴。

1 数字健康干预在哮喘患儿中的干预形式

1.1 严肃游戏

严肃游戏是一种旨在实现特定非娱乐目标的数字游戏, 通过娱乐和互动的方式, 在玩游戏的同时

时提供教育,其可广泛应用于医疗保健、教育、军事等领域^[10]。严肃游戏对于一般健康教育,尤其是哮喘教育而言,是一种非常有效的工具。相较于传统方法,严肃游戏以患者为中心,能够促进儿童积极参与护理过程,并主动学习哮喘相关知识。同时,以肺功能监测为主要目标的严肃游戏还能够鼓励儿童积极参与肺功能的监测^[11]。目前关于严肃游戏的最佳干预时间和频率的研究尚不足。建议未来研究应探讨游戏时间对儿童健康结局的影响,以提升干预措施的科学性和有效性。

1.2 应用程序

应用程序是指在移动设备上运行并执行特定任务的软件程序^[12-13]。随着数字健康干预技术的不断发展,哮喘类应用程序的数量不断增长。研究^[14-15]显示,市场上存在约500款与哮喘管理相关的应用程序,其以低成本且临床有效的方式帮助儿童进行哮喘自我管理。在中国,哮喘儿童的管理主要依赖于微信平台。孙荣等^[16]在家庭护理的基础上,通过微信公众号和微信群对哮喘儿童及其家属进行教育指导,有助于改善患儿出院后的哮喘控制状况和提升家庭护理质量。MAYORAL K等^[17]开发了ARCA应用程序,该应用能够向哮喘儿童发送问卷,并为医护人员提供患儿的实时反馈信息,便于儿科医生对哮喘儿童进行监测和管理。尽管存在大量哮喘管理应用程序,但这些应用在临床环境中的有效性尚未得到充分验证。目前,相关研究多为质性研究和横断面研究,建议未来通过随机对照试验评估这些应用程序用于哮喘儿童管理的有效性和可行性。

1.3 可穿戴设备

可穿戴设备指可直接穿戴于身体各处的便携式设备,其整合各种可感知人体物理生化信息的传感器于一体,在疾病诊断、管理以及健康监测等方面具有重要作用^[18]。可穿戴设备在哮喘患儿中的应用包括化学暴露监测和疾病活动监测,可以监测甲醛、臭氧和挥发性有机化合物等化学物质的暴露情况^[19-20],以及能够实时监测哮喘患儿的呼吸频率、气流声音和活动水平等,并记录这些数据,以便于预测哮喘恶化情况^[21]。MyAirCoach是一个高质量的哮喘自我管理系统,由呼吸音检测器、空气质量检测器、体力活动追踪器、便携式肺量计、一氧化氮测量仪和应用程序组成。使用myAirCoach支持系统可改善患儿的哮喘控制状况和生活质量,减少严重哮喘发作,并且用户

对其满意度较高^[22]。可穿戴设备在国内的应用较少,这可能与经济效益有关。

1.4 交互式网站

交互式网站是指能使上网者与管网者进行交流互动的网站^[23]。通过交互式网站,患儿家长可以与临床团队分享治疗相关的顾虑、目标、哮喘症状、药物依从性及副作用。FIKS A G等^[24]评估了该网站对哮喘患儿的影响,结果显示哮喘患儿的治疗依从性有所提高。MyMediHealth(MMH)是一个基于网站和短信服务的提醒系统,JOHNSON K B等^[25]评估了该系统对哮喘儿童药物依从性和自我效能感的影响。用户可以在该系统中创建并登录账号,输入药物及时间表信息后,MMH系统会根据设定的给药时间自动生成并发送提醒短信,通过短信提醒患儿用药可以改善药物依从性、生活质量和自我效能,但随着时间的推移,部分用户的互动频率可能会降低。为了促进患儿的互动积极性,建议实施奖励措施,并评估交互式网站对哮喘儿童的长期效果,以考察服药依从性、生活质量和自我效能的改善是否能够持续。

1.5 电子监测设备

电子监测设备通常与计量吸入器合用,其能够客观、准确、远程、数字化地记录患儿吸入药物的时间和剂量^[26],且在患儿漏吸药物时,系统可通过发送短信或响起警报来提醒患儿用药。通过数据记录、专业反馈、个性化短信提醒和视听提醒,该设备可以有效提高患儿的药物依从性^[27]。因此,针对哮喘患儿开发更简单、经济的电子监测设备是未来的研究方向。

2 数字健康干预在哮喘患儿中的应用

2.1 健康宣教

数字健康干预能够突破时空限制,促使哮喘儿童及其家属主动学习相关知识,进而提高治疗依从性并降低复发风险^[28-29]。基于严肃游戏、应用程序和交互式网站的健康教育越来越多地应用于哮喘患儿。SARASMITA M A等^[3]基于NEMD理论和SWRES框架,开发了一款用于哮喘教育的严肃游戏。该游戏通过提供挑战和奖励机制,将成长心态融入游戏环节中,其涵盖了多种有趣的的游戏类型,包括冒险、测验、谜题以及促进成长心态的场景,旨在促进哮喘患儿的自我管理,增强其自信心。O'CONNOR A等^[30]设计了一款使用AR技术进行健康教育的应用程序,内容包括一

般哮喘知识、哮喘缓解吸入器及其正确使用步骤等,患者和医护人员对该系统的评价较好,其具有可用性。但目前相关研究多为小样本研究,建议未来研究应进行更大规模、更严格的随机对照试验,以明确评估研究结果的有效性和可靠性。

2.2 肺功能监测

国际指南建议哮喘人群从 5 岁开始自我监测呼气流量峰值(PEF)。每日测量 PEF 可以提高症状感知不良的哮喘儿童药物依从性,并减少哮喘发作。然而,儿科人群使用峰值流量计进行 PEF 监测的依从性较低。通过严肃游戏和应用程序进行肺功能监测能够促进哮喘儿童的积极参与。TikiFlow 是一款基于平板电脑的严肃游戏,带有便携式游戏控制器,可以转换用户的呼吸信号为 PEF 值^[12]。在玩游戏过程中,儿童通过游戏控制器的吹嘴用力呼气,以推动虚拟植物种子。研究^[12]结果表明,在非临床环境中使用游戏控制器进行 PEF 自我监测是可行的。AsthmaTuner 是一种基于网络的自我管理系統,包含医护人员界面和患者界面。该系统通过蓝牙肺活量计实现哮喘症状和肺功能的自我监测,并依据全球哮喘防治倡议(GINA)指南,根据症状控制情况为患者提供治疗建议^[31]。通过严肃游戏和应用程序对患者进行肺功能监测,有助于提高患儿自我监测肺功能的依从性。建议医疗护理人员评估患儿和家属的数字健康素养和社会经济情况,并根据评估结果选择合适的肺功能监测方式。

2.3 化学暴露监测与疾病活动监测

避免接触过敏原、控制环境中的化学暴露是治疗哮喘的重要手段。监测哮喘儿童的日常呼吸音和身体活动,可以辅助预测哮喘恶化,并指导治疗管理^[19]。ROHLMAN D 等^[32]开发了一款腕戴式设备,能够监测臭氧、挥发性有机化合物、温度、湿度及活动水平,其具有成本低、易于使用且数据可靠等优点。VAN DER KAMP M R 等^[33]使用多维可穿戴设备监测哮喘患儿的身体活动、肺功能、药物依从性、缓解药物的使用情况和心电图,研究结果显示,家庭监测设备的数据与医院的哮喘控制评估结果存在相关性,结合生理传感器的测量结果,可在家中有效评估哮喘控制情况。OLETIC D 等^[34]开发了一种低功耗的可穿戴声学传感器,该设备能够有效区分正常呼吸与病理性呼吸模式,有助于持续监测哮喘患者的喘息等症状。哮喘控制问卷可用于监测家庭环境中症状的严重程

度,具有低成本和操作简便的优点。然而,患儿的回忆偏差和症状误解可能会影响问卷结果的准确性。因此,通过客观的方法来监测家庭哮喘患儿的疾病活动非常重要。

2.4 药物依从性监测

哮喘儿童治疗依从性差是哮喘发作和控制不佳的主要原因之一,并已被确认为导致哮喘死亡的风险因素之一^[35]。使用数字监测设备能够客观记录患儿吸入药物的时间和剂量,以便于评估患儿的药物依从性,从而进行干预。DOSER CT 是最早、最经济的电子监测设备之一,与计量吸入器配合使用,可记录 30 d 内所有药物剂量的总和。但该设备采用较旧的技术,无法记录每次启动的时间和数据,无法识别计量倾斜^[36]。Smart-Inhale 被视为药物依从性监测的黄金标准,可客观、准确地记录药物依从性数据。该设备能够收集吸入器启动时间和频率的数据,并支持远程数据下载。但目前 SmartInhale 无法评估儿童是否正确使用吸入器,较新版本的 SmartInhale 支持蓝牙功能,使临床工作人员可以远程监测患儿的药物依从性^[37]。吸入器合规性评估设备(INCA)能够精确地记录吸入器的使用时间和方式。使用吸入器时记录声学数据,并通过专业软件分析音频,可以评估吸入器是否被正确使用以及药物依从性^[26]。使用数字监测设备便于收集哮喘患儿的用药实时数据,可客观评估患儿的药物依从性。哮喘儿童的药物依从性差有多重原因,建议针对个体制订个性化依从性干预措施,并进一步观察电子监测设备与依从性干预措施相结合的效果。

2.5 用药提醒

坚持药物治疗是控制慢性呼吸道疾病的关键因素。研究^[38-40]表明,药物依从性 > 75% 可确保症状得到满意控制,但哮喘儿童的药物依从性仅为 49% ~ 71%,这可能导致疾病控制不佳,并增加住院风险。与药物依从性差相关的因素可分为有意因素和无意因素。有意因素包括对疾病认知有限及对治疗效果缺乏信心,这些问题可通过健康教育得以改善;无意因素主要与健忘有关,可通过发送服药提醒来解决^[41]。将电子监测装置连接到吸入器或内置于吸入器中,可在患儿忘记用药时,通过短信或视听功能提醒用药。CHAN A H Y 等^[42]将电子监测设备与吸入器结合使用,该设备能够记录患儿的用药时间和使用次数,并在患儿忘记服药时发出提醒警报。研究显示,使

用带有视听提醒功能的电子监测设备可显著提高哮喘儿童的药物依从性,改善多项哮喘控制指标,减少哮喘发作次数和缓解药物的使用。MORTON R W 等^[43]在研究中将 EMD(电子监测设备)连接到常规吸入器上,并设置了提醒功能,在患儿漏服药物时响起警报,结果表明,使用具有视听提醒功能的电子监测设备能够提高哮喘儿童的药物依从性,改善哮喘控制情况。电子监测设备不仅可以实时记录哮喘儿童的药物使用情况,还可在患儿漏用药物时提供用药提醒,从而在一定程度上促进疾病的控制。

3 启示与建议

数字健康干预在哮喘患儿的管理中展现出显著潜力。基于数字健康的干预措施主要在于提升患者对哮喘的认知,持续监测症状表现,并及时提醒用药。目前,针对儿童的数字健康干预工具相对匮乏;在近 150 种与哮喘相关的应用程序中,仅 5% 专为儿童设计^[30]。研究表明,随着时间的推移,患儿使用数字工具的频率会降低。建议未来研究者在设计针对哮喘患儿的干预工具时,应遵循以患者为中心的原则,简化操作流程,采用图文结合的方式,以增强信息的可读性和吸引力。此外,在开发过程中应系统评估干预措施的有效性,包括用户的参与度、保留率及流失率。为充分发挥数字健康干预的作用,建议依据哮喘患儿及其监护人的数字健康素养和社会经济状况,制订个性化的干预方案。

4 小结

随着数字技术和健康管理的深入融合,数字健康干预被越来越多地应用于哮喘患儿中,包括健康宣教、肺功能监测、化学暴露和疾病活动监测、药物依从性监测和用药提醒等方面。本研究聚焦于哮喘儿童这一特殊群体,综合评估了不同类型的数字健康干预在哮喘患儿中的应用效果,揭示了数字健康在哮喘患儿护理中的潜力。目前相关研究多为小样本研究,未来可针对患儿的家庭经济情况和疾病控制情况制订合适的干预方案,选取合适的干预形式,开展更大规模、更严格的随机对照试验,并评估数字健康干预对哮喘患儿的远期疗效,以明确数字健康干预对哮喘患儿的干预效果。

参考文献

- [1] PAPI A, BRIGHTLING C, PEDERSEN S E, *et al.* Asthma[J]. *Lancet*, 2018, 391(10122): 783–800.
- [2] YANG C H, LI X Y, LV J J, *et al.* Temporal trends of asthma among children in the western Pacific Region from 1990 to 2045: longitudinal observational study[J]. *JMIR Public Health Surveill*, 2024, 10: e55327.
- [3] SARASMITA M A, LARASANTY L P F, KUO L N, *et al.* A computer-based interactive narrative and a serious game for children with asthma: development and content validity analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(9): e28796.
- [4] FERRANTE G, LICARI A, MARSEGLIA G L, *et al.* Digital health interventions in children with asthma[J]. *Clin Exp Allergy*, 2021, 51(2): 212–220.
- [5] LUPTON D. Health promotion in the digital era: a critical commentary[J]. *Health Promot Int*, 2015, 30(1): 174–183.
- [6] 李佳, 朱蓝玉, 刘言, 等. 基于行为改变轮的慢性病人数字健康干预行为影响因素研究进展[J]. *护理研究*, 2024, 38(6): 1019–1022.
- [7] 郭鸽, 兰美娟, 曾妃, 等. 基于数字健康技术的远程干预在肺移植患者中应用效果的 Meta 分析[J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(11): 1389–1396.
- [8] CHAN A H Y, REDDEL H K, APTER A, *et al.* Adherence monitoring and e-health: how clinicians and researchers can use technology to promote inhaler adherence for asthma[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2013, 1(5): 446–454.
- [9] RAMSEY R R, PLEVINSKY J M, KOLLIN S R, *et al.* Systematic review of digital interventions for pediatric asthma management[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2020, 8(4): 1284–1293.
- [10] CASERMAN P, HOFFMANN K, MÜLLER P, *et al.* Quality criteria for serious games: serious part, game part, and balance[J]. *JMIR Serious Games*, 2020, 8(3): e19037.
- [11] CHELABI K, BALLI F, BRANSI M, *et al.* Validation of a portable game controller to assess peak expiratory flow against conventional spirometry in children: cross-sectional study[J]. *JMIR Serious Games*, 2021, 9(1): e25052.
- [12] PINTO S, CALDEIRA S, MARTINS J C. E-Health in palliative care: review of literature, Google Play and App Store[J]. *Int J Palliat Nurs*, 2017, 23(8): 394–401.
- [13] PERRIG S A C, UEFFING D, OPWIS K, *et al.* Smartphone app aesthetics influence users' experience and performance[J]. *Front Psychol*, 2023, 14: 1113842.
- [14] TINSCHERT P, JAKOB R, BARATA F, *et al.* The potential of mobile apps for improving asthma self-management: a review of publicly available and well-adopted asthma apps[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2017, 5(8): e113.
- [15] 王留义, 忽新刚, 顾建钦, 等. 基于手机端的慢病管理系统对社区支气管哮喘患儿自我管理能力及哮喘控制效果的影响[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2018, 26(4): 86–88.
- [16] 孙荣, 辛丽红. 公众号健康宣教结合家庭护理对支气管哮喘

- 儿童认知能力、社会行为能力和父母心理状态的影响[J]. 中国社会医学杂志, 2020, 37(5): 522-525.
- [17] MAYORAL K, GARIN O, CABALLERO-RABASCO M A, *et al.* Smartphone App for monitoring Asthma in children and adolescents[J]. *Qual Life Res*, 2021, 30(11): 3127-3144.
- [18] 蒋维芃, 金鑫, 陈翠翠, 等. 可穿戴设备在呼吸系统疾病中的应用现状与展望[J]. 中国临床医学, 2021, 28(6): 919-924.
- [19] FUNG A G, RAJAPAKSE M Y, MCCARTNEY M M, *et al.* Wearable environmental monitor to quantify personal ambient volatile organic compound exposures[J]. *ACS Sens*, 2019, 4(5): 1358-1364.
- [20] LI B C, DONG Q, SCOTT DOWNEN R, *et al.* A wearable IoT aldehyde sensor for pediatric asthma research and management[J]. *Sens Actuators B Chem*, 2019, 287: 584-594.
- [21] TAYLOR L, DING X R, CLIFTON D, *et al.* Wearable vital signs monitoring for patients with asthma: a review[J]. *IEEE Sens J*, 2020, 23(3): 1734-1751.
- [22] KHUSIAL R J, HONKOOP P J, USMANI O, *et al.* Effectiveness of myAirCoach: a mHealth self-management system in asthma[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2020, 8(6): 1972-1979. e8.
- [23] 隋飞. 利用交互式网站提高大学生网络思想政治教育效果的思考[J]. 教育与职业, 2008(32): 78-79.
- [24] FIKS A G, DURIVAGE N, MAYNE S L, *et al.* Adoption of a portal for the primary care management of pediatric asthma: a mixed-methods implementation study[J]. *J Med Internet Res*, 2016, 18(6): e172.
- [25] JOHNSON K B, PATTERSON B L, HO Y X, *et al.* The feasibility of text reminders to improve medication adherence in adolescents with asthma[J]. *J Am Med Inform Assoc*, 2016, 23(3): 449-455.
- [26] SULAIMAN I, SEHEULT J, MACHALE E, *et al.* Irregular and ineffective: a quantitative observational study of the time and technique of inhaler use[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2016, 4(5): 900-909. e2.
- [27] CHEN J D, XU J, ZHAO L B, *et al.* The effect of electronic monitoring combined with weekly feedback and reminders on adherence to inhaled corticosteroids in infants and younger children with asthma: a randomized controlled trial[J]. *Allergy Asthma Clin Immunol*, 2020, 16: 68.
- [28] 程君, 徐小玲, 陈秋敏, 等. 基于信息平台的个性化出院计划方案对支气管哮喘患儿的干预效果[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(11): 94-97, 102.
- [29] 仇叶, 杨小倩, 曹亚船, 等. 儿童咳嗽变异性哮喘规律治疗后停药1年内复发的影响因素及预测模型构建[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(24): 42-47.
- [30] O'CONNOR A, TAI A, BRINN M, *et al.* Co-design of an augmented reality asthma inhaler educational intervention for children: development and usability study[J]. *JMIR Pediatr Parent*, 2023, 6: e40219.
- [31] LJUNGBERG H, CARLEBORG A, GERBER H, *et al.* Clinical effect on uncontrolled asthma using a novel digital auto-
- managed self-management solution: a physician-blinded randomised controlled crossover trial[J]. *Eur Respir J*, 2019, 54(5): 1900983.
- [32] ROHLMAN D, DIXON H M, KINCL L, *et al.* Development of an environmental health tool linking chemical exposures, physical location and lung function[J]. *BMC Public Health*, 2019, 19(1): 854.
- [33] VAN DER KAMP M R, KLAVER E C, THIO B J, *et al.* WEARCON: wearable home monitoring in children with asthma reveals a strong association with hospital based assessment of asthma control[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2020, 20(1): 192.
- [34] OLETIC D, ARSENALI B, BILAS V. Low-power wearable respiratory sound sensing[J]. *Sensors*, 2014, 14(4): 6535-6566.
- [35] 张玉莹, 段红梅, 陈翔宇, 等. 哮喘患儿治疗依从性影响因素及护理对策的研究进展[J]. 中华现代护理杂志, 2020, 26(31): 4424-4428.
- [36] SIMMONS M S, NIDES M A, KLEERUP E C, *et al.* Validation of the Doser, a new device for monitoring metered-dose inhaler use[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 1998, 102(3): 409-413.
- [37] JOCHMANN A, ARTUSIO L, JAMALZADEH A, *et al.* Electronic monitoring of adherence to inhaled corticosteroids: an essential tool in identifying severe asthma in children[J]. *Eur Respir J*, 2017, 50(6): 1700910.
- [38] FERRANTE G, VITALE G, LICARI A, *et al.* Social robots and therapeutic adherence: a new challenge in pediatric asthma[J]. *Paediatr Respir Rev*, 2021, 40: 46-51.
- [39] DESAGER K, VERMEULEN F, BODART E. Adherence to asthma treatment in childhood and adolescence-a narrative literature review[J]. *Acta Clin Belg*, 2018, 73(5): 348-355.
- [40] MONTEIRO C, MARICOTO T, PRAZERES F, *et al.* Determining factors associated with inhaled therapy adherence on asthma and COPD: a systematic review and meta-analysis of the global literature[J]. *Respir Med*, 2022, 191: 106724.
- [41] VASBINDER E C, GOOSSENS L M A, RUTTEN-VAN MÖLKEN M P M H, *et al.* E-Monitoring of Asthma Therapy to Improve Compliance in children (e-MATIC): a randomised controlled trial[J]. *Eur Respir J*, 2016, 48(3): 758-767.
- [42] CHAN A H Y, STEWART A W, HARRISON J, *et al.* The effect of an electronic monitoring device with audiovisual reminder function on adherence to inhaled corticosteroids and school attendance in children with asthma: a randomised controlled trial[J]. *Lancet Respir Med*, 2015, 3(3): 210-219.
- [43] MORTON R W, ELPHICK H E, RIGBY A S, *et al.* STAR: a randomised controlled trial of electronic adherence monitoring with reminder alarms and feedback to improve clinical outcomes for children with asthma[J]. *Thorax*, 2017, 72(4): 347-354.