

任务导向性训练治疗发育性协调障碍的研究进展

黄武杰 黄美欢 梁显荣 张伟云 曹建国

深圳市儿童医院康复科,深圳 518030

通信作者:曹建国,Email: caojgsz@126.com

【摘要】 发育性协调障碍(DCD)是严重影响儿童日常活动和学业表现的发育障碍性疾病,且多数儿童的功能障碍会持续到成年后,对个体与家庭造成消极影响。DCD 国际临床实践指南(2019 版)推荐任务导向性训练作为 DCD 儿童的首选干预方式,其中包括了认知导向日常作业表现方法(COOP)、神经运动任务训练(NTT)、运动想象训练。本综述对任务导向性训练的理论依据和特性进行阐述,对多项疗法的作用原理、应用方法和研究现状进行说明,旨在为国内治疗和深入研究 DCD 提供参考思路。

【关键词】 发育性协调障碍; 任务导向性训练; 运动学习; 综述

基金项目:深圳市科创委基础研究面上项目(JCYJ20210324135002006);深圳市高水平医院建设专项经费

Funding: Basic Research General Project of Shenzhen Science and Technology Innovation Commission (JCYJ20210324135002006);Shenzhen High-level Hospital Construction Fund

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.03.021

发育性协调障碍(developmental coordination disorder, DCD)是一种神经发育障碍,以运动协调障碍为主要特征,患病率为 5%~6%^[1]。DCD 儿童的运动协调能力低于同龄儿童的预期水平,粗大运动和手部精细操作能力较为落后^[1]。DCD 对儿童的影响主要表现为系鞋带、穿衣等自理活动表现不佳,骑自行车、跳绳等社交娱乐参与受限,书写能力较差,从而影响儿童的学业表现^[1-3]。由于生活中的运动困难长期存在,DCD 儿童相较于同龄人更容易产生抑郁、自卑的心理问题^[4],进而倾向于减少户外活动或社会交往^[5],导致 DCD 儿童心肺功能下降和肥胖风险增加^[6-7]。所以有关 DCD 致病机制和康复治疗的研究应得到重视^[8]。

现有 DCD 的运动干预措施,按照治疗理念的不同可分为过程导向性训练和任务导向性训练。过程导向性训练认为 DCD 儿童运动协调障碍的原因是潜在的躯体机能缺陷,然而系统评价的结果表明,过程导向性训练对 DCD 儿童的功能障碍改善效果并不显著^[9]。有学者对 DCD 的国际临床实践指南进行了解读,提到任务导向性训练是指南推荐的首选方案^[10-11]。本文就任务导向性训练治疗 DCD 的研究现状作一综述,为国内开展 DCD 儿童的评估和治疗提供理论参考。

任务导向性训练的起效机制

任务导向性训练的重点在于学习特定的运动技能,强调改善导致儿童任务表现不佳的特定问题。运动学习理论认为,有效的目标选择、动作选择、精确的动作执行是习得运动技能的 3 个重要过程,运动表现能力的逐渐成熟意味着运动认知水平和运动控制能力的发展完善^[12]。已有的系统评价分析了大量行为学研究后,发现 DCD 儿童存在广泛的运动学习、运动控制和执行功能缺陷,这可能是导致 DCD 儿童学习新技能缓慢、运动表现水平落后于同龄人的关键所在^[13]。该研究结果也意味着 DCD 的核心障碍除运动执行困难外,还有运动学习问题。

运动学习和运动控制理论认为,运动是个体、任务和环境

在动态相互作用中产生的结果,存在许多的限制因素,从而而影响最终的运动表现^[14]。任务导向性训练的疗效取决于对多个层面限制因素的调控效果。在个体层面,任务导向性训练以儿童为中心,训练内容的选择对于儿童比较重要,帮助儿童理解运动任务,予以言语指导,在准备和执行任务时进行沟通表达,均能在一定程度上提高儿童的驱动力和参与程度,进而提升学习效果^[15]。在任务层面,适时地调整训练参数,如重复次数、持续时间、强度、频率和反馈类型,有助于稳定提升儿童的运动技能水平^[16]。在环境层面,任务导向性训练通过设置多样的干预环境,增加运动适应性,促使儿童在治疗场所之外保持同等的技能水平^[17]。已有的临床研究和系统评价也表明,任务导向性训练对 DCD 儿童的疗效确切^[18]。在 2019 年发表的 DCD 国际临床实践指南中,推荐任务导向性训练作为 DCD 儿童的首选干预方案^[8],其中包含了认知导向日常作业表现方法(cognitive orientation to daily occupational performance, COOP)、神经运动任务训练(neuromotor task training, NTT)、运动想象训练。

COOP 的起效机制和研究现状

COOP 是一项以患病对象为中心的干预手段,强调改善日常生活能力^[19]。COOP 理论认为,在遇到困难时,年龄较小的儿童会通过语言表达的形式,说出阻碍完成目标的问题,继而通过语言指导形成计划,并尝试克服困难,而大龄儿童则会通过内部语言构思问题,然后做出行动,提示自我指导对于儿童解决问题、发展技能非常重要^[15]。在 COOP 中,儿童会学习一种解决问题的总体认知策略,从而激发记忆力、注意力和心理规划能力,完善自我指导,并提高效率^[20]。典型的 COOP 共有 12 周课程,包括前期准备、功能评估、介绍总体认知策略(目标-计划-执行-检查)、技能习得、巩固学习 5 个阶段,治疗师在课程中采用动态表现分析和赋能原则,引导儿童选取最为迫切的活动目标、思考解决运动表现问题的计划、尝试执行多样解决方案、检查并确定最有效的具体策略^[20]。COOP 可以有效地帮助 DCD 儿童学习、维持并

转化策略,从而在课程外独立地克服运动表现问题。

COOP 治疗 DCD 儿童运动表现问题的疗效已得到临床实验的验证。Thornton 等^[21]将 20 例儿童随机分配为 COOP 组和常规活动组,研究采用三维运动分析、儿童运动评估成套工具(movement assessment battery for children-2, MABC-2)、加拿大作业表现量表等评估受试儿童的身体结构与功能、活动和参与层面的变化情况,结果表明 COOP 组儿童在进行上肢功能活动时,对侧上肢的镜像活动减少, MABC-2 的评分增加,加拿大作业表现量表的评分和满意度改善,提示患儿多个层面的功能均得到了改善,而常规活动组干预前后无显著变化。Hyland 等^[22]观察了 COOP 对 DCD 儿童在任务训练过程中自我监控、自我调节的影响,研究结果发现 DCD 儿童在 COOP 治疗师的引导下,自发、高效地应用了动态表现分析,从而识别运动中存在的问题,并尝试分析问题的根源,提示 COOP 有助于认知能力的发展。COOP 课程的重要目标还包括了泛化和迁移能力, Capistra 等^[23]研究发现,积极应用总体认知策略来尝试新任务的儿童,表现出了较好的任务间技能迁移能力,而练习次数少、家长支持欠佳是儿童泛化和迁移能力较差的可能原因。

治疗形式上,除了一对一的个体化课程,小组课形式的 COOP 可以给儿童提供一种协作、安全的环境^[24],给予儿童归属感的同时促进个人的学习与成长,是临床应用的发展方向。训练内容方面,在了解儿童核心需要的基础上应用合适的认知策略,对于引导儿童达成任务目标至关重要。Schwartz 等^[25]观察了 50 例 DCD 儿童在 COOP 课程中的表现,课程设定 3 项任务目标,研究结果发现约半数的技能目标与娱乐活动有关,如跳绳或踢足球。此外,为了促进儿童技能水平的提高,补充任务知识是治疗师使用最为频繁的策略。家长参与是 COOP 的重要组成部分,可以帮助儿童在家庭或户外应用认知策略继续解决遇到的问题,但有研究对家长进行访谈后发现,在参与部分 COOP 课程后,仍然无法有效地在课程之外应用干预原则引导自己的孩子,也无法转换心理角色,即从“直接替儿童完成任务”转换为“引导他们自己完成任务”^[26]。提示仅通过观察课程不足以支持家长在治疗场所外应用 COOP 原则,如何更好地让家长参与 COOP 仍需要进一步研究。

NTT 的起效机制和研究现状

NTT 以认知神经科学的理论解释运动控制,认为个体在功能性运动任务的准备和执行过程中,中枢神经系统存在着重要的认知和运动控制过程,例如运动任务相关信息的处理、动作计划和启动^[27]。在认知层面,儿童的运动表现欠佳可能是由于注意问题、害怕失败、驱动力不足、对任务的完成步骤不够了解^[16]。在运动控制层面,可能阻碍运动表现的因素包括力量、速度等运动参数调整异常,运动技能模式中各肌肉激活时序紊乱^[16]。因此,NTT 治疗师需要通过评估来明确儿童可能存在的认知或运动控制过程的缺陷,针对缺陷的类型和程度选取特定的任务进行训练。

与 COOP 不同,尽管 NTT 干预过程中也将运动问题的沟通作为训练的一部分,但训练的主体仍然是特定任务。DCD 儿童表现欠佳的运动技能多处于初级阶段,此时儿童对任务执行过程缺乏完整的理解,很少或没有成功完成任务的体验。针对该阶段,允许儿童多次尝试、治疗师的动作示范和及时反馈可以

帮助儿童更快地进阶,而增加任务的要求、在多种环境中进行训练任务是发展儿童运动适应和技能迁移能力的重要方式^[16]。

Niemeijer 等^[27]纳入了 26 例 DCD 儿童进行 NTT 干预,治疗师根据评估拟定训练目标与任务方案,在每次治疗结束后撰写治疗报告。在经过 9 周的干预后,NTT 组的 MABC-2 评分增加,运动表现显著改善,尤其体现在训练内容与评估内容相似时,而等待治疗组的运动表现则无显著变化,提示 NTT 的疗效确切,且 DCD 儿童的协调障碍并不会随时间而自然改善。Ferguson 等^[28]比较了 NTT 疗法和 Wii 训练(任天堂)对 DCD 儿童运动功能影响的差异,研究结果表明 NTT 疗法对运动表现、肌肉力量、心肺功能均有改善作用,而 Wii 训练仅能增强心肺能力。目前 NTT 治疗 DCD 的临床研究较少,在已有的文献报道中,NTT 的评估治疗方案仅为概括性的描述,未来的研究可进一步统计 DCD 儿童在执行运动任务时认知或运动控制的具体缺陷,同时增加训练目标与训练内容的阐述。

运动想象训练的起效机制和研究现状

针对 DCD 潜在病因和致病机制的干预研究相对较少。有研究对弥漫性脑损伤和非典型脑发育的假说进行了报道,但目前被广泛认可的是内部建模缺陷假说^[29](internal model deficit, IMD)。基于 IMD 假说,运动想象训练成为了治疗 DCD 的新兴疗法。

IMD 假说认为,DCD 儿童在运动过程中无法有效地使用预测运动控制^[30]。当人体计划发起一次运动时,大脑运动皮质会生成运动指令,然后通过皮质脊髓通路传导至躯体四肢,从而完成动作,同时该运动指令也会被传送到顶叶和小脑,用于生成动作的内部模型,从而对指令中涉及的躯体感觉进行预测,如肢体运动轨迹、用力程度等^[31]。动作开始执行后,实际的运动感觉会实时反馈,并且与预测的内部模型进行对比,从而快速地进行动作校正。运动学习的初期,预测与实际运动感觉的不匹配可能是由于初始预测模型不够完善,或者受到环境等因素的干扰,但运动学习的过程便是通过反复地匹配预测与实际动作^[31],完善预测模型,从而使得动作的完成更加协调与流畅。DCD 儿童对运动感觉的预测控制能力出现了异常,这可能导致了 DCD 儿童更加依赖较慢的、基于反馈的控制和代偿策略,体现在运动表现上动作费力缓慢、动作笨拙^[30]。基于 IMD 假说,已有的研究发现,DCD 人群表现出心理计时能力障碍^[32]、运动想象准确性受损^[33]、运动想象期间皮质脊髓通路兴奋性降低的现象^[34]。

运动想象是有意识地回忆、想象与运动相关的躯体感觉,无需伴随明显的运动行为^[35],即个体在心理世界中体验行为的过程,是运动学习的重要组成部分。该过程与内部模型的预测控制类似,神经影像学研究表明运动想象与运动计划、运动执行激活的中枢区域相同^[36]。有研究报道,运动想象能力在儿童时期稳步提高,直至青春期中后期接近成人水平^[37]。提示在反复的动作训练之外,通过运动想象不断地优化特定活动的内部模型,提升预测控制过程的效率,可以改善儿童的运动表现和学习能力。

运动想象训练侧重于提升运动的认知层面,与实际动作练习相结合可以有效地改善 DCD 儿童的运动障碍。Wilson 等^[38]应用的运动想象训练方案包括了视觉想象运动(预测移动物体到达目标的时间),基础运动技能的观察,第一、第三人称视角的想象,运动技能的实际练习。研究结果显示在运动想象训练后,DCD 儿童的 MABC-2 评分得到了显著改善,尤其对于协调

障碍严重程度较高的儿童,改善作用更明显。Adams 等^[39]对比了运动想象训练与 COOP 疗法的疗效差异,通过观看运动技能录像,进行运动想象与实际练习,运动想象组儿童的 MABC-2 评分明显提高,且儿童也能主观感受到自身运动水平的改善。

运动计划,即为了实现目标从多个可能的运动方案中选取特定计划的过程,是内部模型的基础,在研究中常应用把握选择任务来反映运动计划能力的水平。已有的研究发现,DCD 儿童相较于同龄人更倾向于使用效率低下的最小旋转策略完成把握选择任务,并且在应对复杂任务时无法保证动作结束时的状态^[40]。Bhoyroo 等^[41]设计的把握选择任务要求 DCD 儿童抓住 1 个小的八角形表盘,然后按顺时针或逆时针方向转动它,将指针指向指定的颜色。研究结果表明,在任务执行前对 DCD 儿童进行运动想象指导可以提高任务完成度,有助于提高 DCD 儿童的运动计划能力。

动作观察和运动想象是运动学习的重要过程,二者激活的大脑区域重叠度较高,因此动作观察联合运动想象训练(action observation and motor imagery, AOMI)具有更好地提升 DCD 儿童运动学习效果的潜力^[42]。Scott 等^[43]对比了 13 例 DCD 儿童和 12 例正常儿童在 3 种指导情境中模仿日常生活动作的情况,三种情境分别是动作观察后模仿、动作观察后运动想象再模仿、AOMI 后模仿,研究结果表明 AOMI 可显著增强 DCD 儿童动作模仿的效果,与其它两种指导情境的结果比较,差异有统计学意义。此外,AOMI 可以促进内部模型的发展,此过程可以通过特定的眼部运动任务变化来衡量^[44]。Marshall 等^[45]研究报道,DCD 儿童在 AOMI 后进行实际练习,可以缩短视觉运动旋转任务的完成时间,促进手眼协调策略的高效应用。上述研究结果提示,AOMI 不仅可以提升活动与参与层面的能力,还可以改善功能层面的障碍。

小结

综上所述,大量研究通过客观的运动表现测评、行为特征分析、家长和儿童的感受等方面,证实任务导向性训练可以改善 DCD 儿童的运动协调问题。然而,由于现有临床研究的样本量较小、且部分研究缺少严格的随机对照,使得任务导向性训练疗效的证据等级偏低^[46]。COOP、NTT 和运动想象训练的应用机制和特点不同,今后的研究可在扩大样本量的基础上,严格遵循随机对照试验的规范,进一步比较不同任务导向性训练之间的疗效差异。另一方面,现有文献中干预方案的内容、训练强度等要素报道缺失,今后的研究可参考 TIDieR(template for intervention description and replication)报告清单,更为详细地罗列干预措施,不仅有利于重现研究结果、提高研究报告的完整性,还能确保干预措施能够在临床环境中得到适当实施^[46]。

已有研究中的 DCD 儿童年龄范围多为 5~12 岁,因此无法明确任务导向性训练对于其他年龄段 DCD 病患的有效性。此外,DCD 儿童常合并注意力缺陷多动障碍、学习障碍或孤独症谱系障碍等,提示 DCD 群体中可能存在着不同的亚型,这可能会导致患儿对任务导向性训练的治疗反应有所差异。针对 DCD 亚型的功能障碍设计或增加训练细节可能是任务导向性训练发展的参考方向,值得进一步探讨。

参考文献

[1] 靳梅,刘静,耿文锦,等.脑干听觉诱发电位联合闪光视觉诱发电位

对高危儿发育性协调障碍的诊断价值[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(11):1026-1028. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.017.

- [2] Magalhães LC, Cardoso AA, Missiuna C. Activities and participation in children with developmental coordination disorder: a systematic review[J]. Res Dev Disabil, 2011,32(4):1309-1316. DOI: 10.1016/j.ridd.2011.01.029.
- [3] Van der Linde BW, van Netten JJ, Otten B, et al. Activities of daily living in children with developmental coordination disorder: performance, learning, and participation[J]. Phys Ther 2015,95(11):1496-1506. DOI:10.1111/jcpp.13001.
- [4] Omer S, Jijon AM, Leonard HC. Research review: internalising symptoms in developmental coordination disorder: a systematic review and meta-analysis[J]. J Child Psychol Psychiatry, 2019,60(6):606-621. DOI:10.1111/jcpp.13001.
- [5] Batey CA, Missiuna CA, Timmons BW, et al. Self-efficacy toward physical activity and the physical activity behavior of children with and without developmental coordination disorder[J]. Hum Mov Sci, 2014, 36:258-271. DOI:10.1016/j.humov.2013.10.003.
- [6] Farhat F, Masmoudi K, Cairney J, et al. Assessment of cardiorespiratory and neuromotor fitness in children with developmental coordination disorder[J]. Res Dev Disabil, 2014, 35(12):3554-3561. DOI: 10.1016/j.ridd.2014.08.028.
- [7] Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review[J]. Obes Rev, 2014,15(5):408-423. DOI:10.1111/obr.12137.
- [8] Blank R, Barnett A L, Cairney J, et al. International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder [J]. Dev Med Child Neurol, 2019,61(3):242-285. DOI:10.1111/dmcn.14132.
- [9] Smits-Engelsman B, Blank R, Kaay A, et al. Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis[J]. Dev Med Child Neurol, 2013,55(3):229-237. DOI:10.1111/dmcn.12008.
- [10] 吕臻,黄美欢,康贝贝,等.美国物理治疗学会发育性协调障碍的物理治疗管理循证实践指南(2020版)解读[J].中华实用儿科临床杂志,2021,36(22):6. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20210603-00633.
- [11] 黄美欢,郭岚敏,曹建国,等.欧洲儿童残疾学会发育性协调障碍国际临床实践指南(2019版)解读[J].中华实用儿科临床杂志,2021,36(14):8. DOI:10.3760/cma.j.cn101070-20210201-01838.
- [12] Krakauer JW, Hadjiosif AM, Xu J, et al. Motor learning[J]. Compr Physiol, 2019,9(2):613-663. DOI:10.1002/cphy.c170043.
- [13] Wilson PH, Smits Engelsman B, Caeyenberghs K, et al. Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research [J]. Dev Med Child Neurol,2017,59(11):1117-1129. DOI:10.1111/dmcn.13530.
- [14] Salvi JD, Rauch SL, Baker JT. Behavior as physiology: how dynamical-systems theory could advance psychiatry[J]. Am J Psychiatry, 2021,178(9):791-792. DOI:10.1176/appi.ajp.2020.20081151.
- [15] Missiuna C, Mandich AD, Polatajko HJ, et al. Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) part I-theoretical foundations[J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2001,20(2-3):69-81.
- [16] Schoemaker MM, Niemeijer AS, Reyniers K, et al. Effectiveness of neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a pilot study[J]. Neural Plast, 2003,10(1-2):155-163. DOI: 10.1155/NP.2003.155.
- [17] Levin MF, Demers M. Motor learning in neurological rehabilitation

- [J]. Disabil Rehabil, 2021, 43 (24): 3445-3453. DOI: 10.1080/09638288.2020.1752317.
- [18] Miyahara M, Hillier SL, Pridham L, et al. Task-oriented interventions for children with developmental co-ordination disorder[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017,7(7):CD10914. DOI:10.1002/14651858.CD010914.pub2.
- [19] Mandich A, Polatajko HJ. Enabling occupation in children: the cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) approach [M]. Canadian;Canadian association of occupational therapists, 2004.
- [20] Polatajko HJ, Mandich AD, Missiuna C, et al. Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) part III-the protocol in brief [J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2001,20(2-3):107-123.
- [21] Thornton A, Licari M, Reid S, et al. Cognitive orientation to (daily) occupational performance intervention leads to improvements in impairments, activity and participation in children with developmental coordination disorder[J]. Disabil Rehabil, 2016,38(10): 979-986.DOI: 10.3109/09638288.2015.1070298.
- [22] Hyland M, Polatajko HJ. Enabling children with developmental coordination disorder to self-regulate through the use of dynamic performance analysis: evidence from the CO-OP approach [J]. Hum Mov Sci, 2012,31(4):987-998.DOI:10.1016/j.humov.2011.09.003.
- [23] Capistran J, Martini R. Exploring inter-task transfer following a CO-OP approach with four children with DCD: a single subject multiple baseline design[J]. Hum Mov Sci, 2016,49:277-290.DOI:10.1016/j.humov.2016.07.004.
- [24] Anderson L, Wilson J, Carmichael K. Implementing the cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) approach in a group format with children living with motor coordination difficulties [J]. Aust Occup Ther J, 2018, 65 (4): 295-305. DOI: 10.1111/1440-1630.12479.
- [25] Schwartz SP, Northrup SR, Izadi-Najafabadi S, et al. CO-OP for children with DCD: goals addressed and strategies used[J]. Can J Occup Ther, 2020,87(4):278-286. DOI:10.1177/0008417420941980.
- [26] Martini R, Capistran J, Centauro J, et al. Parents' experience with the CO-OP approach: a consolidation of three qualitative investigations [J]. Can J Occup Ther, 2021, 88 (1): 12-25. DOI: 10.1177/0008417420968680.
- [27] Niemeijer AS, Smits Engelsman BC, Schoemaker MM. Neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a controlled trial[J]. Dev Med Child Neurol, 2007,49(6):406-411. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.00406.x.
- [28] Ferguson GD, Jelsma D, Jelsma J, et al. The efficacy of two task-orientated interventions for children with developmental coordination disorder: neuromotor task training and nintendo Wii fit training[J]. Res Dev Disabil, 2013,34(9):2449-2461. DOI:10.1016/j.ridd.2013.05.007.
- [29] Adams IL, Lust JM, Wilson PH, et al. Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model? —A systematic review[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2014,47:225-244.DOI:10.1016/j.neubiorev.2014.08.011.
- [30] Wilson PH, Ruddock S, Smits Engelsman B, et al. Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta - analysis of recent research[J]. Dev Med Child Neurol, 2013,55(3): 217-228.DOI:10.1111/j.1469-8749.2012.04436.x.
- [31] Kim S, Jackson GM, Dyke K, et al. Impaired forward model updating in young adults with Tourette syndrome [J]. Brain, 2019, 142 (1): 209-219.DOI:10.1093/brain/awy306.
- [32] Barhoun P, Fuelscher I, Kothe EJ, et al. Motor imagery in children with DCD: a systematic and meta-analytic review of hand-rotation task performance[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2019,99:282-297.DOI:10.1016/j.neubiorev.2019.02.002.
- [33] Fuchs CT, Caçola P. Differences in accuracy and vividness of motor imagery in children with and without developmental coordination disorder[J]. Hum Mov Sci, 2018,60:234-241. DOI:10.1016/j.humov.2018.06.015.
- [34] Hyde C, Fuelscher I, Williams J, et al. Corticospinal excitability during motor imagery is reduced in young adults with developmental coordination disorder[J]. Res Dev Disabil, 2018,72:214-224.DOI: 10.1016/j.ridd.2017.11.009.
- [35] Paravlic A H, Slimani M, Tod D, et al. Effects and dose-response relationships of motor imagery practice on strength development in healthy adult populations: a systematic review and meta-analysis[J]. Sports Med, 2018, 48 (5): 1165-1187. DOI: 10.1007/s40279-018-0874-8.
- [36] Hardwick RM, Caspers S, Eickhoff SB, et al. Neural correlates of action: comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution [J]. Neurosci Biobehav Rev, 2018,94:31-44.DOI:10.1016/j.neubiorev.2018.08.003.
- [37] Spruijt S, van der Kamp J, Steenbergen B. Current insights in the development of children's motor imagery ability [J]. Front Psychol, 2015,6:787. DOI: 10.3389/fpsyg. 2015. 00787.
- [38] Wilson PH, Adams IL, Caeyenberghs K, et al. Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: a replication study[J]. Res Dev Disabil, 2016,57:54-62.DOI:10.1016/j.ridd.2016.06.014.
- [39] Adams IL, Smits-Engelsman B, Lust JM, et al. Feasibility of motor imagery training for children with developmental coordination disorder—a pilot study[J]. Front Psychol, 2017,8:1271.DOI: 10.3389/fpsyg. 2017.01271.
- [40] Bhoyroo R, Hands B, Wilmut K, et al. Investigating motor planning in children with DCD: Evidence from simple and complex grip-selection tasks[J]. Hum Mov Sci, 2018, 61: 42-51. DOI: 10.1016/j.humov. 2018.07.006.
- [41] Bhoyroo R, Hands B, Wilmut K, et al. Motor planning with and without motor imagery in children with developmental coordination disorder [J]. Acta psychologica, 2019,199:102902. DOI:10.1016/j.actpsy. 2019.102902.
- [42] Scott MW, Wood G, Holmes PS, et al. Combined action observation and motor imagery: an intervention to combat the neural and behavioural deficits associated with developmental coordination disorder[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2021,127: 638-646. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2021.05.015.
- [43] Scott MW, Emerson JR, Dixon J, et al. Motor imagery during action observation enhances automatic imitation in children with and without developmental coordination disorder[J]. J Exp Child Psychol, 2019, 183:242-260.DOI: 10.1016/j.jecp.2019.03.001.
- [44] Marshall B, Wright DJ, Holmes PS, et al. Combining action observation and motor imagery improves eye-hand coordination during novel visuomotor task performance[J]. J Mot Behav,2020,52(3):333-341. DOI: 10.1080/00222895.2019.1626337.
- [45] Marshall B, Wright DJ, Holmes PS, et al. Combined action observation and motor imagery facilitates visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder[J]. Res Dev Disabil, 2020, 98:103570.DOI:10.1016/j.ridd.2019.103570.
- [46] Galea MP. Is task-oriented training effective for children with developmental coordination disorder? A Cochrane review summary with commentary[J]. Dev Med Child Neurol, 2020,62(2):160-162. DOI:10.1111/dmcn.14432.