

·综述·

经颅直流电刺激在孤独症谱系障碍治疗中的应用研究进展*

田 蓉^{1,2} 宋佩清¹ 王春方² 孙长城² 杨 飞^{1,2} 杜金刚^{2,3}

自闭症,又称孤独症谱系障碍、自闭症谱系障碍(autism spectrum disorder, ASD)。在国内,自闭症又被翻译为孤独症,是指表现以社会互动、语言障碍及兴趣行为偏离正常为主要临床特征的一类人群,属于神经发育性障碍。2013年美国颁布的《精神疾病诊断与统计手册-第五版》(the diagnostic and statistical manual of mental disorders-V,DSM-V)取消了儿童自闭症和阿斯伯格综合征的概念,以自闭症谱系障碍替代了除雷特氏症以外的广泛性发育障碍各个类别^[1]。自闭症的发病人群十分庞大,2014年美国疾病预防控制中心最新调查数据显示,美国每68例儿童中就有1例自闭症患者,且男性发病率比女性高3—4倍^[2]。国内目前没有进行全国范围内的统计调查,但2017年《中国自闭症教育康复行业发展状况报告Ⅱ》我国以1%保守估计,13亿人口中,至少有超过1000万的自闭症人群、200万的自闭症儿童,并以每年近20万的速度增长^[3],情形十分严重。

ASD儿童的症状通常出现于婴幼儿时期,年龄越小症状越明显,典型症状为严重的社交障碍、沟通交流障碍、刻板的兴趣行为和情绪异常。目前针对ASD的治疗方法主要包括行为干预疗法、感觉统合疗法等,以上疗法大多从心理学和行为学角度出发,通过纠正ASD儿童的异常行为和改变其心理状态达到治疗目的。非侵入式脑刺激(non-intrusive brain stimulation,NIBS)作为一种稳定的、非侵入式的神经调节技术,在脑卒中、抑郁症、自闭症等疾病治疗中受到广泛关注。其中,经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation,tDCS)因为其刺激较弱,不易引起不良反应而备受关注^[4]。近年来,国内外许多研究者利用tDCS干预ASD患者的前额叶背外侧(dorsolateral prefrontal cortex,DLPFC)或颞叶等处,取得了初步疗效。本文从ASD患者的脑功能异常表现、tDCS干预ASD患者的安全性、有效性及治疗机制等方面进行了文献综述,对tDCS应用于ASD患者临床治疗中尚待解决的问题进行了总结与展望。

1 自闭症患者的脑功能异常表现

目前研究利用神经影像技术探索ASD患者脑功能的异

常,研究较多的与ASD发病相关的脑区有额叶、颞叶、小脑及枕叶、基底神经节等。有研究通过磁共振成像显示高功能ASD患者右侧额下回眶额部发育异常,这可能是导致ASD患者存在认知障碍的原因^[5]。同时ASD患者存在明显的社会交往障碍,这种障碍可能与其无法进行面孔加工有关,曾庆淦等^[6]利用面孔图片研究ASD儿童的视觉诱发电位,发现其面孔加工编码过程存在异常。在进行面孔加工时,颞叶会联合梭状回、杏仁核和额叶部分一起加工,故颞叶的功能障碍可能导致ASD患者无法有效加工面孔,不能参与社会互动。

除ASD相关脑区研究外,还有部分研究探索ASD患者大脑功能激活和连接问题。曾科等^[7]通过分析ASD患者和健康人的静息脑电数据,发现其在大脑的左右前额、左右颞叶之间,以及前额与颞叶、前额与后额之间出现长连接降低,呈现一种失连接综合征。Pillai等^[8]的研究进一步指出,ASD患者在由静息态转变为任务态时,在左侧前额叶、前运动区、右侧顶叶等脑区间的远距离连接显著增强,但正常儿童在这些脑区间的连接却是降低的。Chen^[9]运用功能性磁共振成像技术观察高功能ASD患者在任务状态下的大脑激活状态,发现ASD组在左半球额叶的激活少于对照组,存在低级功能脑区激活增多,而高级功能脑区激活减少的现象,说明ASD患者在不同认知状态的脑功能调节中存在异常,表现出松散的功能连接模式,不能有效地激活与任务相关的脑网络,是可能导致其社交障碍的原因。Karim Ibrahim等^[10]研究显示具有破坏行为的ASD儿童的杏仁核-腹外侧前额叶皮质功能连接的减少,进一步指出ASD儿童情绪失调的大脑机制。

2 tDCS与ASD的治疗

2.1 tDCS的基本原理

tDCS为非侵入式的神经调节技术,通过低强度(0—2mA)的电流来调节大脑皮质的神经活动,刺激电极分为阳极和阴极,一般认为阳极靠近神经细胞胞体或树突时,静息膜电位降低,发生去极化,被刺激部位的皮质神经元兴奋性增强;阴极靠近则静息电位升高,发生超极化,抑制刺激部位神经元的兴奋性^[11]。同时部分研究认为直流电刺激的生理

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.05.023

*基金项目:国家自然科学基金项目(81871469,51877068)

1 天津体育学院社会体育与健康科学学院,300381; 2 天津市人民医院康复医学科,天津市康复医学研究所; 3 通讯作者
第一作者简介:田蓉,女,硕士研究生; 收稿日期:2019-01-17

效应在改变细胞内的分子或离子水平,从而改变突触传递功能,产生类长时程增强/抑制效应^[12]。

2.2 tDCS刺激参数与安全性研究

目前对tDCS的安全刺激参数没有确切规定,一般认为输出电流0—2mA,单次刺激时间少于20min,是相对安全的^[13]。同时有研究^[14]认为推导tDCS安全极限的参数应该是电流密度和总电荷。动物实验表明tDCS电刺激密度不超过14.29mA/cm²,就不会对脑组织产生损害^[15]。美国国立卫生研究院认为,在使用合适的电极和导电膏的条件下,电流密度在25.46A/m²,持续时间<20min均为安全范围^[16]。而在实际临床应用中电流密度远低于该值,一般为0.029—0.080mA/cm²,故有很高的安全性。

针对tDCS在临床应用中出现的不良反应,也有相关文献进行报道,Krishnan C等^[17]对48篇相关文献进行了统计分析,发现在tDCS临床应用中,最常出现的不良反应是皮肤刺麻感,发生率为11.5%,其次是皮肤瘙痒,发生率为5.8%,且这些不良反应都是短暂且不持续的。Lin^[18]利用tDCS干预癫痫患者,脑电图结果显示其癫痫样放电的数目和发作频率明显改善,表明阴极tDCS刺激不会引起癫痫患者症状发作,并有可能起到抗癫痫的作用。针对可能出现的皮肤刺痛问题,目前认为只要从低电流缓慢加到预设电流强度,在结束刺激时再缓慢减小电流强度后去掉电极,就可以有效地避免这种不适感。

此外,也有文献对tDCS在儿童和成年人中参数不同进行探讨。Kilaru等^[19]通过建立计算机模型进行分析发现儿童的脑组织接受的平均电流强度是成人的1.5倍。故建议儿童使用tDCS刺激强度不应超过1.5mA。Moliadze等^[20]采用脑电图和运动诱发电位评价19例儿童1mA和0.5mA tDCS治疗10min产生的不良反应,推测儿童中的0.5mA可能相当于成人1mA的剂量,至于是否真的存在这种天花板效应,还需要更多的研究来验证。以上研究表明,0—2mA,20min内的tDCS是相对安全的,在儿童中应用剂量需要更低。tDCS相对于经颅磁刺激,患者的不良反应少,安全性较高,治疗过程中被试皮肤感觉微弱,被试的依从性更高,故更便于临床应用^[4]。

2.3 tDCS干预ASD的效果与作用机制

鉴于tDCS安全性较高,目前在精神与神经系统疾病治疗中受到广泛关注,对于tDCS在ASD人群中的研究,以下从干预ASD不同症状、不同刺激区域及不同评价方式等方面探究其效果,并结合相关内容讨论其作用机制。

2.3.1 tDCS治疗ASD患者效果:ASD患者主要表现为言语障碍、社交障碍和刻板行为、情绪变化等,临床研究通常针对以上方面来观察tDCS的治疗效果。目前研究选取的受试者涉及5—11岁不同年龄段的儿童^[23,35],也有针对20—66岁的成年人^[33]。结果显示,tDCS对不同年龄阶段的自闭症患者都存在调控效应。

ASD患者的核心症状之一为言语障碍,目前认为其存在语言异常偏侧化,在功能上表现为左侧半球反应减弱与右侧半球活动增强,结构上存在病理症状及缺陷的部位主要是颞上回及额叶区域^[21]。为探究tDCS对ASD儿童语言障碍的康复疗效,Schneider和Hopp等^[22]选取了10例6—21岁的ASD患者,给予30min,电流强度为2mA的tDCS治疗,阳极放于左侧DLPFC,阴极放于右侧眶上区。双语失语症测试结果显示在进行一次tDCS干预后,ASD患者的语法状况就有了明显进步,但该实验未进行长期跟踪,因此tDCS是否会对ASD儿童的言语功能产生长期效果未知。Kathleen Hupfeld等^[23]观察了tDCS对6—7岁ASD儿童改善效果,研究采用0.4mA微弱电流干预90min,阳极放于左侧DLPFC,阴极放于右侧眶上区,结果显示其可以改善ASD儿童语法使用障碍和运动规划能力。以上研究均使用阳极tDCS干预患者左侧半球DLPFC并取得了较好的语言康复效果,结合阳极tDCS可使被刺激部位神经兴奋性增强,推测该效果的产生与阳极tDCS改善患者语言偏侧化有关。

严重的社交障碍和刻板行为也是ASD的主要临床症状之一,神经心理学认为ASD的这种不恰当的行为与执行功能障碍有关,执行功能障碍可能会导致ASD患者调控自身行为的能力减弱,无法抑制无意识行为,也无法习得新行为,从而受制于自身的刻板行为中。Lazaro Gomez等^[24]探究了tDCS对11岁以下ASD儿童的作用,阴极放于左侧DLPFC,阳极放于右上臂,给予1mA,20min的tDCS,共计20次,治疗前后采用自闭症行为量表、自闭症治疗评估量表进行评价,并进行随访,结果显示ASD儿童的社会交往能力有所提高,且效果能够持续6个月。Amatachaya^[25-26]采用阳极tDCS干预ASD患者左侧DLPFC,结果发现其刻板行为有所改善,此外,D'Urso等^[27]对12例成年ASD患者进行了10次的tDCS干预,同样在执行功能方面显示出了较好的康复效果。说明tDCS确实可以改善ASD患者执行功能障碍,原因与DLPFC这一部位密切相关。DLPFC在参与执行功能过程中,与纹状体、丘脑和皮质结构相结合,形成环路结构,该环路参与执行功能、问题解决、认知功能等^[28]。Amir^[29]和Nelson等^[30]研究证实tDCS干预DLPFC这一部位,可以改善工作记忆和注意力与警觉度,这说明tDCS可以对DLPFC产生神经调控效应,从而改善ASD患者的认知功能。

同时ASD患者的情绪控制存在问题,2015年,李静青^[31]对tDCS干预ASD患者进行了个案研究,干预部位选择负责处理情绪功能的前额叶,阳极放于左侧DLPFC,阴极放于右侧DLPFC,电流强度2mA,时间20min。前后量表数据表明患者在言语沟通,社交障碍,情绪异常等方面均有显著性改善。同时也进一步佐证了Karim Ibrahim的结果,即前额叶区域与ASD儿童情绪失调密切相关。但该研究仅为个案分

析,效果待大样本量的临床研究。目前tDCS在情绪调控方面的研究多用于抑郁症,且现有结果表明tDCS可有效调控抑郁症患者情绪问题^[32],且该效果与tDCS对情绪调节中的认知控制具有调节作用有关。

与ASD相关的脑区还有颞叶等位置。Esse Wilson等^[33]通过利用tDCS干预ASD患者右侧颞顶交界处,结果显示ASD患者社会功能的存在实质性改善,并能维持2个月,说明颞叶与ASD患者社交功能障碍密切相关。

以上研究者均采用量表形式评价治疗效果,量表数据变化不能直观显示tDCS对ASD患者脑功能产生的具体影响,目前有研究者利用电生理手段来观察tDCS干预效果。在国内,李静青^[31]采集ASD患者tDCS干预前后的脑电信息,与正常组脑电进行对比,通过功率谱密度和同步似然性算法分析数据,结果表明tDCS干预后脑电特征更趋于正常:较低频段的功率下降,较高频率的功率上升,干预后通道间的同步似然性显著性增加。蔡二娟^[34]采集了20例ASD患者tDCS干预前后的静息态脑电,结果发现干预后全脑区的小波熵和样本熵上升, δ 、 θ 、 α 和 β 四种节律波的相干性增加,脑区之间的功能连接性增强。在国外,Kang等^[35]用10次经颅直流电干预13例ASD患者,阳极放于左侧DLPFC,阴极放在右上眶,用最大熵比方法分析静息态脑电数据,结果显示受试者脑电图复杂性较对照组有明显增加。以上研究通过电生理数据客观反映了tDCS对ASD患者的神经调控疗效,直观反映了tDCS对大脑功能连接存在调节作用。

综上所述,tDCS对ASD患者的症状和功能存在一定的效果,且效果与选择干预的部位,电极极性,电流强度和刺激时间都密切相关,但仍需要更多研究来探索标准化的刺激参数。也需要更大的样本量来评估tDCS对ASD人群的疗效。

2.3.2 tDCS治疗ASD患者的作用机制探讨:目前,ASD患者发病机制和病因并不明确,tDCS改善ASD患者的作用机制也不完全清楚,但通过以上研究可发现,tDCS可以改善ASD患者的不同症状,该效果的产生与改善ASD患者脑功能异常有关,其具体的作用机制可以从tDCS的生理效应、脑网络及脑功能连接等方面进行探讨。

tDCS作为一种无创的,安全性较高的神经调节技术,不仅具有调节皮质兴奋性及神经可塑性的作用,还能通过调节脑区间功能连接对远距离皮质产生影响^[36],前额叶区作为tDCS干预的首选部位,与其在认知功能中的重要作用密切相关,其中DLPFC负责执行控制、注意及工作记忆等,研究^[37]发现,ASD被试在视觉-空间加工任务时DLPFC区激活减少,视觉-空间加工任务的神经基础是额-顶工作记忆网络,其包括前额叶皮质、运动皮质区、背侧扣带回及后顶叶皮质等区域。该区域的功能是将当前信息进行组织、压缩,为接下来的反应做准备。ASD患者该网络的激活减少使其不能

完成更高级的认知加工任务。大量研究认为tDCS干预DLPFC可以改善认知情况。Tayeb等^[38]选取了42例健康大学生采用tDCS干预DLPFC,随机采用真刺激和伪刺激,电流强度为1.5mA,刺激时长20min,采用任务切换范式发现真刺激组被试认知灵活性增高。李静青^[31]、蔡二娟等^[34]均采用tDCS干预ASD患者DLPFC,结果显示ASD患者前额叶区同步性得到改善,同时中央区-枕叶-顶叶等部位之间相干性值增加,脑功能连接增强。这与Cosmo^[39]和Sotnikova^[40]对tDCS可增强大脑功能连接的论述相一致,以上研究一定程度上提供了一些证据,即在DLPFC区施加tDCS对ASD患者的有效性是通过改善脑功能而实现的。

3 展望

tDCS作为一种新型的脑功能调节技术,可以调节皮质兴奋性和神经重塑,未来有望作为一种重要的脑功能调节手段治疗自闭症患者。针对以上tDCS治疗ASD患者的研究,证明其在ASD患者治疗中具有理论和实践的可行性。但无论是从tDCS刺激参数的选择上,还是从生理机制的探究上,还需要更多的研究来明确。未来可深入研究的还有以下几个方面:①进一步确定tDCS对ASD患者的有效性。目前已有的研究大多是个案报道,大样本量的研究比较少,无法确定在大样本量下tDCS是否对ASD大部分人群都存在调节效应;同时目前研究没有将ASD患者的不同年龄段、不同类型(高功能、低功能)、不同表现症状进行分开研究,不同年龄和类型的ASD患者在情绪、语言、社会交往和刻板行为的症状严重程度都不同,无法证明tDCS对不同类型的ASD患者都存在调节效应,所以有必要对其进行分型研究。②明确适宜的tDCS刺激参数,如:干预部位、刺激强度、持续时间等。因为DLPFC与认知的关系最为密切,故多数研究选用DLPFC这一部位,但在该同一部位,刺激的方式也有很多种,D'Urso等^[27]采用的是阴极刺激,Amatachaya A等^[25]采用的是阳极,但在评价结果中都看到了ASD患者不同症状的改善,这一不同可能与刺激强度有关,也可能与tDCS不同极性有关,具体哪种刺激方式可以达到康复的最佳效果,还需要进行进一步研究。③对于tDCS干预ASD患者生理机制的研究。目前来看,tDCS在ASD患者治疗中初显疗效,但具体机制尚不清楚,还需要借助神经影像技术或脑电技术等进一步研究。

参考文献

- [1] American Psychiatric Association. Autism Spectrum Disorder, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition(DSM- 5) [M].Arlington,VA: American Psychiatric Publishing, 2014.50—59.
- [2] Andrew Z, Luo.Life buddy for autism[J]. North American Journal of Medicine and Health, 2014, 7(3):35—36.

- [3] 五彩鹿儿童行为矫正中心.中国自闭症教育康复行业发展状况报告Ⅱ[M].北京:北京师范大学出版社,2017.
- [4] 邹建鹏,毕鸿雁,彭伟.非侵入性脑刺激技术在神经系统疾病康复中的应用[J].中华全科医学,2017,15(11):1948—1951.
- [5] 王慧,李雪,刘靖,等.6—18岁高功能孤独症患者脑灰质异常的磁共振成像研究[J].中国心理卫生杂志,2017,31(10):775—780.
- [6] 曾庆淦,罗一峰,黄添容,等.高功能自闭症儿童面孔加工的ERP研究[J].现代生物医学进展,2014,14(12):2278—2281.
- [7] 曾科,欧阳高翔,王静,等.自闭症患者的脑功能连接分析[C].中国生物医学工程联合学术年会议文集.2015:1—4.
- [8] Pillai AS, McAuliffe D, Lakshmanan BM, et al. Altered task-related modulation of long-range connectivity in children with autism[J]. Autism Research, 2017,11(2):245—257.
- [9] Chen H, Nomi JS, Uddin LQ, et al. Intrinsic functional connectivity variance and state-specific under-connectivity in autism[J]. Human Brain Mapping, 2017,38(11):5740—5755.
- [10] Ibrahim K, Eilbott JA, Ventola P, et al. Reduced amygdala-prefrontal functional connectivity in children with autism spectrum disorder and co-occurring disruptive behavior[J]. Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging, 2019.
- [11] 朱明预,余凤琼,张骏.经颅直流电刺激的研究进展[J].中国神经精神疾病杂志,2017,43(6):382—384.
- [12] 王春雷,常永丽,韩玲娜.重复经颅直流电刺激对帕金森病模型大鼠抑郁行为的改善作用及其机制[J].吉林大学学报(医学版),2018,44(4):693—697.
- [13] 甄巧霞,刘爱贤,郝淑燕.经颅直流电刺激结合认知训练治疗单侧空间忽略的临床研究[J].中国康复医学杂志,2018(7):855—857.
- [14] Zhao H, Qiao L, Fan D, et al. Modulation of brain activity with noninvasive transcranial direct current stimulation (tDCS): clinical applications and safety concerns[J]. Frontiers in Psychology, 2017, 8:1—17.
- [15] Liebetanz D, Koch R, Mayenfels S, et al. Safety limits of cathodal transcranial direct current stimulation in rats[J]. Clin Neurophysiol, 2009, 120(6):1161—1167.
- [16] Bikson M, Datta A, Elwassif M. Establishing safety limits for transcranial direct current stimulation[J]. Clin Neurophysiol, 2009, 120(6):1033—1034.
- [17] Krishnan C, Santos L, Peterson MD, et al. Safety of noninvasive brain stimulation in children and adolescents[J]. Brain Stimul, 2015, 8(1):76—87.
- [18] Lung-Chang L, Chen-Sen O, Ching-Tai C, et al. Cumulative effect of transcranial direct current stimulation in patients with partial refractory epilepsy and its association with phase lag index-A preliminary study[J]. Epilepsy & Behavior, 2018, 84:142—147.
- [19] Kilaru KS, Preet M, Woods AJ, et al. Dosage considerations for transcranial direct current stimulation in children: a computational modeling study[J]. PloS One, 2013, 8(9):e76112.
- [20] Moliadze V, Andreas S, Lyzhko E, et al. Ten minutes of 1mA transcranial direct current stimulation was well tolerated by children and adolescents: Self-reports and resting state EEG analysis[J]. Brain Research Bulletin, 2015, 119: 25—33.
- [21] 朱晓倩,宋耀武,毕鸿燕.自闭症患者大脑语言功能的异常偏侧化研究进展[J].生物化学与生物物理进展,2014,41(8):749—754.
- [22] Schneider HD, Hopp JP. The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism[J]. Clin Linguist Phon, 2011, 25(6):640—654.
- [23] Hupfeld, Kathleen & Ketcham, Caroline. Behavioral effects of transcranial direct current stimulation on motor and language planning in minimally verbal children with autism spectrum disorder (ASD): feasibility, limitations and future directions[J]. Journal of Childhood & Developmental Disorders, 2016, 2(3):21—32.
- [24] Gómez L, Vidal B, Maragoto C, et al. Non-invasive brain stimulation for children with autism spectrum disorders: a short-term outcome study[J]. Behavioral Sciences, 2017, 7(4):63—75.
- [25] Amatachaya A, Jensen MP, Patjanasoonorn N, et al. The short-term effects of transcranial direct current stimulation on electroencephalography in children with autism: a randomized crossover controlled trial[J]. Behavioural Neurology, 2015, 56(3):918—924.
- [26] Amatachaya A, Auvichayapat N, Patjanasoonorn N, et al. Effect of anodal transcranial direct current stimulation on autism: a randomized double-blind crossover trial[J]. Behavioural Neurology, 2014, 25(7):1730—1737.
- [27] D'Urso G, Bruzzese D, Ferrucci R, et al. Transcranial direct current stimulation for hyperactivity and noncompliance in autistic disorder[J]. The World Journal of Biological Psychiatry, 2015, 16(5):1—6.
- [28] Yuncheng Z, Daoliang Y, Weidong J, et al. The relationship between neurocircuitry dysfunctions and attention deficit hyperactivity disorder: a review[J]. BioMed Research International, 2016, 2016:1—7.
- [29] Javadi AH, Walsh V. Transcranial direct current stimulation (tDCS) of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates declarative memory[J]. Brain Stimulation, 2015, 5(3):231—241.
- [30] Nelson JT, Mckinley RA, Golob EJ, et al. Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation(tDCS)[J]. NeuroImage, 2014, 85(3):909—917.
- [31] 李静青.自闭症儿童的脑电分析与干预研究[D].河北:燕山大学,2015.

- [32] 王威, 江伟锋, 项洁. 经颅直流电刺激治疗抑郁症疗效的Meta分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(9):689—694.
- [33] Esse WJ, Quinn DK, Wilson JK, et al. Transcranial direct current stimulation to the right temporoparietal junction for social functioning in autism spectrum disorder: a case report[J]. Journal of Ect, 2018, 34(1):e10—e13.
- [34] 蔡二娟. 孤独症儿童脑电分析与经颅直流电刺激干预研究[D]. 河北:燕山大学, 2018.
- [35] Kang J, Cai E, Han J, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) can modulate EEG complexity of children with autism spectrum disorder[J]. Frontiers in Neuroscience, 2018, 12:e201.
- [36] 李雪姣, 邹枝玲. 经颅直流电刺激技术在物质依赖治疗中的应用[J]. 心理科学进展, 2016, 24(9):1398—1408.
- [37] Chantiluke K, Barrett N, Giampietro V, et al. Disorder dissociated effects of fluoxetine on brain function of working memory in attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorder[J]. Psychological Medicine, 2015, 45(6):1195—1205.
- [38] Tayeb Y, Lavidor M. Enhancing switching abilities: Improving practice effect by stimulating the dorsolateral prefrontal cortex[J]. Neuroscience, 2016, 313:92—98.
- [39] Camila C, Fontes BA, de Araujo AN, et al. A randomized, double-blind, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation in attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. PLoS One, 2015, 10(8):e0135371.
- [40] Sotnikova A, Soff C, Tagliazucchi E, et al. Transcranial direct current stimulation modulates neuronal networks in attention deficit hyperactivity disorder[J]. Brain Topography, 2017, 30(5):656—672.

· 综述 ·

超声成像技术在脑性瘫痪儿童腓肠肌评估中的临床应用进展

冯川琳¹ 黄 真^{1,2}

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫,是由发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致,常伴有感觉、知觉、认知、交流和行为障碍,以及癫痫和继发性肌肉、骨骼问题^[1—2, 39—40]。根据其临床特点,可分为以下6型:痉挛型偏瘫、痉挛型双瘫、痉挛型四肢瘫、不随意运动型、共济失调型和混合型^[3]。痉挛型(包括痉挛型偏瘫、双瘫、四肢瘫)最为常见,其主要临床表现为肌张力升高、关节活动范围受限、运动发育迟缓,并可伴有力弱和活动耐力下降。临床常用的一种降肌张力治疗方法是痉挛肌肉毒素注射。

近五年来,使用超声成像技术对脑瘫患儿注射肉毒毒素后的肌肉进行评估的研究逐渐增多。它是一种实时、无创的影像学检查工具^[41],相较于CT和MRI检查,它具有易于操作、相对廉价、检查中可实时调整等优点,针对儿童检查时无需镇静,易于配合。超声成像技术在检测肌肉形态和结构时常用的参数包括肌肉体积、厚度、横截面积、肌束长度、肌腱长度和羽状角。既往有研究提示肌肉厚度、横截面积和体积可以用来预测被检测肌肉的肌力水平^[5],三者被认为与功能性活动能力高低存在显著的正相关性^[6—10]。其中肌肉厚度测

量方便^[13],并可以预测肌肉体积^[11—12],而肌肉体积被认为与肌力间存在正相关,因此肌肉厚度常被作为推算肌肉体积和反映肌力的常用指标。因此,越来越多的研究者选择超声成像技术来研究脑瘫患儿的肌肉形态和结构^[14]。

腓肠肌是痉挛型脑瘫中最常受累的肌肉之一,其内侧头位置表浅、结构清晰、易于观察,深受研究者的青睐。本文通过查阅国内外已发表的文献,对脑瘫患儿腓肠肌内侧头的超声影像学特征以及肉毒毒素注射和康复训练对腓肠肌内侧头结构的影响进行综述,以为今后的研究提供参考。

1 脑瘫患儿腓肠肌内侧头的超声影像学特征

1.1 生长速度

正常儿童的肌肉生长速度与身高相匹配,在不同的生长阶段,其肌肉的生长特征不同。0—6岁正常儿童腓肠肌内侧头的肌束长度、羽状角、肌肉厚度和体积随年龄逐渐增加^[15];6至12岁期间,羽状角基本不变,肌肉的生长主要为纵向长度的增加^[16];进入青少年时期,羽状角每年增加0.5度,肌肉以增粗为主要特点^[17]。但脑瘫患儿的肌肉生长特征与正常

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.05.024

1 北京大学第一医院康复医学科,北京市,100034; 2 通讯作者
第一作者简介:冯川琳,女,博士研究生; 收稿日期:2019-01-28