

Virtual touch tissue imaging quantification in evaluation of rehabilitation effect in children with spastic cerebral palsy

JIANG Wenting¹, YANG Shuping^{1*}, SHEN Haolin¹, ZHU Jia'an², JIANG Haoqing³
(1. Department of Ultrasound, 3. Department of Rehabilitation, Zhangzhou Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Zhangzhou 363000, China; 2. Department of Ultrasound, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of virtual touch tissue imaging quantification (VTIQ) in evaluation of rehabilitation effect of children with spastic cerebral palsy. **Methods** Forty spastic children were randomly divided into 2 groups (each $n=20$). Children treated with rehabilitation training and botulinum toxin A (BTA) injection were assigned into BTA group, while those treated with rehabilitation training, BTA injection and extracorporeal shock wave therapy (ESWT) were assigned into BTA+ESWT group. The modified Ashworth scale (MAS) and shear wave velocity (SWV) using VTIQ were assessed before treatment and 1 week, 4 weeks, 12 weeks and 16 weeks after treatment. **Results** There were total significant differences in MAS scores and SWV before and after treatment in both 2 groups (all $P<0.01$). Compared with those before treatment, MAS score and SWV in BTA group decreased to the lowest 4 weeks after treatment (both $P<0.05$), while MAS score and SWV in BTA+ESWT group significantly decreased 1 week after treatment (both $P<0.05$). With time going after treatment, MAS scores and SWV in both groups increased gradually, but the differences were still statistically significant compared with those before treatment (all $P<0.05$). **Conclusion** VTIQ can objectively and quantitatively evaluate the hardness of spastic muscles, therefore can be used as an effective method for evaluation rehabilitation treatment of children with spastic cerebral palsy.

[Keywords] cerebral palsy; virtual touch tissue imaging quantification; shear wave velocity; ultrasonography

DOI:10.13929/j.1003-3289.201902070

声触诊组织成像量化技术评估痉挛型脑性瘫痪患儿康复疗效

江文婷¹, 杨舒萍^{1*}, 沈浩霖¹, 朱家安², 江浩清³

(1. 福建医科大学附属漳州市医院超声医学科, 3. 康复科, 福建 漳州 363000;

2. 北京大学人民医院超声科, 北京 100044)

[摘要] **目的** 探讨声触诊组织成像量化(VTIQ)评估痉挛型脑性瘫痪(简称脑瘫)患儿康复疗效的价值。**方法** 将 40 例脑瘫患儿随机分成 2 组, 每组 20 例。在康复训练基础上, 对 A 型肉毒杆菌毒素(BTA)组患儿行 BTA 治疗; BTA+体外冲击波治疗(ESWT)组加行 ESWT。于治疗前和治疗后 1、4、12、16 周进行改良 Ashworth 痉挛量表(MAS)评估, 并测量小腿三头肌的剪切波速度(SWV)。**结果** 2 组患儿治疗前后 MAS 评分和 SWV 总体差异均有统计学意义(P 均 <0.01)。与治疗前相比, BTA 组患儿于治疗后 4 周 MAS 评分和 SWV 下降至最低(P 均 <0.05); BTA+ESWT 组患儿于治疗后 1

[基金项目] 中国医师协会超声医师分会科技新星计划(2017004)。

[第一作者] 江文婷(1983—), 女, 福建漳州人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 肌肉骨骼超声诊断。E-mail: 13625926205@163.com

[通信作者] 杨舒萍, 福建医科大学附属漳州市医院超声医学科, 363000。E-mail: 2419981500@qq.com

[收稿日期] 2019-02-19 **[修回日期]** 2019-06-20

周即刻出现 MAS 评分和 SWV 明显下降(P 均 <0.05)。随着治疗后时间延长,2 组患儿 MAS 评分和 SWV 均逐渐升高,但与治疗前相比差异仍有统计学意义(P 均 <0.05)。结论 VTIQ 能够客观、定量反映痉挛肌的硬度变化,可作为评估痉挛型脑瘫患儿康复治疗效果的有效方法。

[关键词] 脑性瘫痪;声触诊组织成像量化;剪切波速度;超声检查

[中图分类号] R742; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2019)09-1392-04

小儿脑性瘫痪(简称脑瘫)是出生前至出生后发育时期非进行性脑损伤所致的运动和姿势持续性发育障碍综合征,也是造成小儿肢体残疾的主要疾病^[1],临床以痉挛型脑瘫最多,因小腿三头肌痉挛引起的站立困难、膝过伸、尖足等是其较常见临床表现。既往治疗脑瘫多采用康复训练结合肌松类药物,疗效不满意。近年来,注射 A 型肉毒杆菌毒素(botulinum toxin type A, BTA)及体外冲击波治疗(extracorporeal shock wave therapy, ESWT)在临床的应用逐渐增多,可降低肌张力、缓解肌肉病变^[2]。脑瘫患儿治疗后及时随访评估疗效对临床具有重要价值,但目前可用的客观评价指标较少^[3]。超声弹性成像是评估组织生物学特性的新技术,具有准确、无创、可重复性好的特点。本研究采用声触诊组织成像量化(virtual touch tissue imaging quantification, VTIQ)技术评估脑瘫患儿 BTA 注射及 ESWT 治疗前后痉挛肌硬度的变化,以期评价脑瘫患儿康复治疗的疗效寻找简便、客观的方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 连续收集 2016 年 6 月—2018 年 10 月于我院就诊的 40 例脑瘫患儿,男 27 例,女 13 例,年龄 24~83 个月,平均(42.6±13.9)个月。纳入标准:①年龄 2~7 岁;②符合 2006 年全国小儿脑性瘫痪专题研讨会制定的诊断标准^[1];③患侧小腿三头肌痉挛、肌张力增高;④具有一定步行能力,可独立行走 3~5 步,有尖足;⑤既往未接受 BTA 注射、ESWT 及外科手术。排除标准:①关节固定畸形;②肌肉挛缩;③过敏体质、严重肝肾不全或凝血障碍;④存在神经肌肉接头疾病;⑤存在外周运动神经疾病;⑥癫痫发作。采用随机数字表法将 40 例患儿均分为 BTA 组和 BTA+ESWT 组。BTA 组男 12 例,女 8 例,年龄 25~70 个月,平均(41.9±13.0)个月;体质量 10.3~21.6 kg,平均(15.26±2.98)kg;接受常规康复训练及 BTA 治疗。BTA+ESWT 组男 15 例,女 5 例,年龄 24~83 个月,平均(43.3±15.1)个月;体质量 10.9~27.8 kg,平均(16.37±3.77)kg;接受康复训练、BTA 及 ESWT。本研究方案经福建医科大学附属漳州市

医院伦理委员会批准,获得患儿监护人同意并签署知情同意书。

1.2 治疗方法

1.2.1 常规康复训练 根据患儿具体情况,选择采用作业疗法、运动疗法、针灸、按摩或支具固定等;每次训练 30~40 min,每日 1 次,每周训练 5 天,共持续 4 周。

1.2.2 超声引导下 BTA 治疗 采用 Siemens Helx2000s 彩色多普勒超声诊断仪。嘱患儿俯卧,助手反向牵拉其下肢,于患侧腓肠肌内、外侧头及比目鱼肌各取 1 个点注射 BTA(商品名:保妥适,美国 Allergan 公司生产)稀释液(100 U BTA 溶于 2 ml 生理盐水),每点 40 U BTA。

1.2.3 ESWT 采用 blt6000 冲击波治疗机(英国 BTL 实业有限公司)。嘱患儿俯卧,固定踝关节于背屈位,在患侧腓肠肌和比目鱼肌皮肤表面涂耦合剂,以探头紧贴肌腹后进行冲击,治疗能量为 0.02 mJ/mm²,压力 150 kPa,频率 8 Hz,冲击次数 1 500~2 000 次,每周治疗 1 次,连续治疗 4 周。

1.3 评定指标 于治疗前及治疗后 1、4、12、16 周分别对 2 组患儿进行评估。

1.3.1 传统评价指标 采用改良 Ashworth 痉挛量表(modified Ashworth scale, MAS)评价小腿三头肌的肌力,分别将肌张力 0 级、1 级、1+级、2 级、3 级及 4 级记为 0 分、1 分、2 分、3 分、4 分及 5 分。记录每块肌肉的评分,取平均值作为结果。

1.3.2 VTIQ 评价指标 采用 Siemens Helx3000s 彩色多普勒超声诊断仪,线阵探头 9L4,频率 10 MHz,配备 VTIQ 软件,选择肌骨检查条件。嘱患儿俯卧,双足自然下垂于检查床外。以常规超声检查小腿三头肌有无异常,排除肌肉损伤者。先使探头长轴与胫腓骨垂直,确定靶肌横断面后,旋转 90°至探头长轴与胫骨平行。启动 VTIQ 模式,分析 VTIQ 的速度及质量模式图。质量模式图中绿色-黄色-红色代表质量由高到低,绿色且分布均匀的区域表示质量最高,当质量模式出现均匀绿色(图 1)时进入速度模式;速度模式图中红色-黄色-绿色-蓝色代表剪切波速度(shear wave velocity, SWV),设定范围为 0.5~10.0 m/s。将 ROI

(大小 1 mm×1 mm)放置于腓肠肌内侧头、腓肠肌外侧头及比目鱼肌的中段肌腹,测量其 SWV,每块肌肉均测量 4 次,取平均值。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用独立样本 *t* 检验比较 2 组患儿年龄、体质量,以重复测量方差分析比较组内治疗前后不同时间点 SWV 和 MAS 评分,简单对比矩阵法比较治疗前与治疗后各时间点数据。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2 组患儿年龄、体质量差异均无统计学意义(*t*=-2.01、-1.72, *P*=0.76、0.31)。

2.1 VTIQ 速度模式图表现 治疗前患儿痉挛肌的 VTIQ 速度模式图以黄绿色为主,部分红色,分布不均匀(图 2A);治疗后显示 VTIQ 速度模式图红色部分消失,黄绿色部分较治疗前减少,蓝色部分较治疗前增多,分布较均匀(图 2B)。

2.2 治疗前后 MAS 评分及 SWV 改变 2 组患儿治疗前后 MAS 评分和 SWV 值总体差异均有统计学意义(*P*均<0.01)。与治疗前相比,BTA 组患儿治疗后 1 周 MAS 评分和 SWV 值出现下降,但差异无统计学意义(*P*均>0.05);治疗后 4 周下降至最低,后逐渐升高,但治疗后 4 周、12 周、16 周 MAS 评分和 SWV 值均低于治疗前(*P*均<0.05)。BTA+ESWT 组患儿治疗后 1 周 MAS 评分和 SWV 值明显下降,与治疗前相比差异均有统计学意义(*P*均<0.05);随着治疗后时间延长(4 周、12 周、16 周),MAS 评分和 SWV 值均逐渐升高,与治疗前相比差异均有统计学意义(*P*均<0.05)。见表 1。

表 1 治疗前后 BTA 组和 BTA+ESWT 组患儿 MAS 评分和 SWV 值比较($\bar{x} \pm s, n=20$)

| 时间 | BTA 组 | | BTA+ESWT 组 | |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| | MAS 评分 | SWV(m/s) | MAS 评分 | SWV(m/s) |
| 治疗前 | 3.25±0.83 | 3.36±0.18 | 3.05±0.75 | 3.47±0.33 |
| 治疗后 1 周 | 3.01±1.01 | 3.28±0.23 | 1.76±0.52* | 2.23±0.21* |
| 治疗后 4 周 | 2.12±0.63* | 2.44±0.30* | 1.88±0.57* | 2.31±0.24* |
| 治疗后 12 周 | 2.34±0.42* | 2.73±0.25* | 2.15±0.51* | 2.56±0.32* |
| 治疗后 16 周 | 2.50±0.55* | 2.98±0.45* | 2.47±0.52* | 2.70±0.26* |
| F 值 | 8.65 | 31.66 | 18.59 | 62.09 |
| P 值 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

注: * :与治疗前比较, *P*<0.05

3 讨论

对于接受康复治疗的痉挛型脑瘫患儿,分析其运动功能可以评定治疗效果,指导医师制定更加合理的康复方案。目前临床多通过 MAS 评分、10 米步行测试、粗大运动功能评定量表等进行评估,简便易行,应用广泛,但易受主观因素的影响,不能客观地量化评价肌张力^[4]。表面肌电图评估的敏感度虽然高于量表,但易受干扰,且为有创检查,患儿接受度不高。MRI 耗时且费用高,不适合作为常规检查及随访。超声检查时间短、费用低、患儿及家属接受度高,可获得肌肉回声及厚度、肌纤维走行方向及长度等信息,在康复领域中的应用日益广泛。

超声弹性成像是将生物力学与超声相结合的一种新技术^[5],可提供组织的机械信息;根据成像原理,可分为压迫性弹性成像、剪切波弹性成像及声脉冲辐射力成像。VTIQ 技术无需手动加压,也不依赖心率、呼吸等作为激励源,主观依赖性小,可重复性高,指标更加客观^[6],对于鉴别诊断甲状腺和乳腺良恶性肿瘤^[7]以及肝硬化、肝脏纤维化均有较高价值^[8]。近年来,VTIQ 技术亦用于评价肌肉、肌腱以及相关疾病,以显示相关结构的硬度变化情况^[9]。

既往痉挛肌生物力学的研究^[10]结果显示,痉挛肌

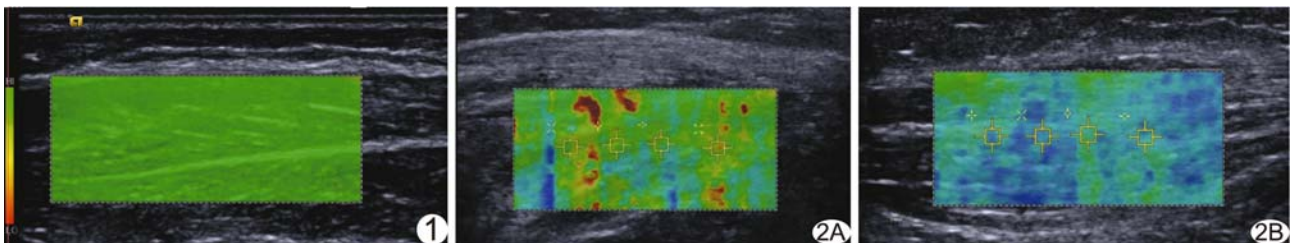


图 1 腓肠肌内侧头长轴切面,VTIQ 质量模式图为均匀绿色,提示图像质量合格 图 2 患儿男,45 个月,治疗前后痉挛肌的 VTIQ 速度模式图 A. 治疗前 VTIQ 速度模式图以黄绿为主,部分红色,分布不均匀; B. 治疗后 VTIQ 速度模式图红色部分消失,黄色部分较治疗前减少,蓝色部分较治疗前增多,分布较均匀

硬度较正常肌肉增加,且随着症状改善,其硬度降低。肌肉痉挛时,肌球蛋白重链(myosin heavy chain, MyHC)向快型(Ⅱ型)转换增多,肌纤维收缩,肌肉硬度增大;随着肌肉痉挛改善,MyHC 各型之间相互转换,MyHC-Ⅰ亚型比例增加,肌肉硬度随之下降^[11]。本研究显示,治疗后 MAS 评分及 SWV 值均下降,提示治疗后肌肉痉挛状态改善,肌张力和硬度下降,与既往研究结果相符。

本研究中,BTA 组患儿在治疗后 4 周才出现 MAS 评分及 SWV 值下降,随后逐渐升高,表明 BTA 在治疗后 4 周效果最明显,12 周后效果开始下降。BTA 为肉毒杆菌在繁殖过程中产生的一种细菌外毒素,作用于胆碱能运动神经末梢,抑制突触前膜乙酰胆碱的释放,可有效阻断神经递质的传播,降低肌张力、缓解肌痉挛^[12]。但 BTA 的作用是可逆的^[13],随着其降解及失活,神经介质恢复释放,新的轴突再生,形成新的神经肌肉接头传递神经冲动,这个周期约为 12 周,本研究结果与之相吻合。

BTA+ESWT 组患儿接受 BTA 及 ESWT 后 1 周 MAS 评分及 SWV 值均明显下降,表明 ESWT 对于肌痉挛的治疗效果更快;BTA 的作用在治疗后 4 周达到峰值,此时 MAS 评分及 SWV 值开始升高,表明 4 周后的 ESWT 疗效并未得到体现,这与冲击波的特点相关。ESWT 是单脉冲声波,利用能量转换及传递原理,使不同密度组织之间产生能量梯度差及扭转力而形成空化效应,从而产生生物学效应改善痉挛,具有压强高、作用快、周期短的特点,可对肌腱纤维变性及慢性肌张力增高产生一定影响^[14]。

综上所述,通过测量 SWV 值,VTIQ 可定量评价痉挛型脑瘫患儿康复治疗前后痉挛肌硬度的变化,为评估疗效提供帮助。

[参考文献]

- [1] 陈秀洁,李树春.小儿脑性瘫痪的定义、分型和诊断条件.中华物理医学与康复杂志,2007,29(5):309.
- [2] Tao W, Yan D, Li JH, et al. Gait improvement by low-dose botulinum toxin A injection treatment of the lower limbs in subacute stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 2015,27(3):759-762.
- [3] Van Campenhout A, Bar-On L, Desloovere K, et al. Motor endplate-targeted botulinum toxin injections of the gracilis muscle in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2015,57(5):476-483.
- [4] Nott MT, Barden HL, Baguley IJ. Goal attainment following upper-limb botulinum toxin-A injections: Are we facilitating achievement of client-centred goals? *J Rehabil Med*, 2014,46(9):864-868.
- [5] Porta F, Damjanov N, Galluccio F, et al. Ultrasound elastography is a reproducible and feasible tool for the evaluation of the patellar tendon in healthy subjects. *Int J Rheum Dis*, 2014,17(7):762-766.
- [6] 陈伟文,何燕妮,李素淑,等.声触诊组织成像量化技术评估正常人群网上肌腱弹性变化.中国医学影像技术,2018,34(10):1549-1553.
- [7] Evans A, Whelehan P, Thomson K, et al. Invasive breast cancer: Relationship between shear-wave elastographic findings and histologic prognostic factors. *Radiology*, 2012,263(3):673-677.
- [8] 郭燕荣,董常峰,林浩铭,等.声辐射力脉冲弹性成像技术评估大鼠非酒精性脂肪肝及肝纤维.中国医学影像技术,2017,33(9):1315-1320.
- [9] Lee SS, Gaebler-Spira D, Zhang LQ, et al. Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2016,31:20-28.
- [10] Fridén J, Lieber RL. Spastic muscle cells are shorter and stiffer than normal cells. *Muscle Nerve*, 2003,27(2):157-164.
- [11] 李东颖,任文君.肌球蛋白结构和功能变化与运动的影响.中国组织工程研究与临床康复,2007,11(32):6458-6464.
- [12] Karp BI, Alter K. Botulinum toxin treatment of blepharospasm, orofacial dystonia, and hemifacial spasm. *Semin Neurol*, 2016,36(1):84-91.
- [13] Boulle K, Almeida AT. Addressing recent concerns in comparative studies of botulinum toxin type A. *J Cosmet Laser Ther*, 2010,12(5):246-248.
- [14] Santamato A, Micello MF, Panza F, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of poststroke plantar-flexor muscles spasticity: A prospective open-label study. *Top Stroke Rehabil*, 2014,21:S17-S24.