

· 综述 ·

脑机接口技术在脑卒中康复中的应用进展

胡永林¹ 陆安民¹ 马颖¹ 董永贵² 肖玉华¹ 宋新建¹¹南通市第二人民医院,南通 226002; ²淮安市第二人民医院,淮安 223002

通信作者:宋新建,Email:44780531@qq.com

【摘要】 脑-机接口(BCI)技术是近年来快速发展的一种新型康复治疗技术。本文系统阐述 BCI 技术的工作流程、原理,归纳其在脑卒中肢体功能障碍、认知障碍、言语障碍等方面的应用情况及发展前景。

【关键词】 脑机接口; 脑卒中; 言语; 认知; 康复

基金项目:南通市市级科技计划项目(MSZ18143、MSZ20097)

Funding: Science and Technology Program of Nantong(MSZ18143、MSZ20097)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.04.018

脑-机接口(brain-computer interface, BCI)技术是近年来快速发展的一种康复治疗方法,其不依赖于大脑、周围神经、肌肉等人体正常传输出通路,而是将获取的大脑生物信号经解码翻译后,转变为特定指令,进而直接控制外部设备^[1-4]。在神经康复医学领域,BCI 不仅可以帮助神经传导功能异常、但肌肉收缩功能正常或部分正常的患者完成特定工作任务,还可通过反馈训练促进大脑功能重塑。此外,在判断意识水平、言语交流等方面,BCI 又为临床研究和诊疗提供了新的思路。鉴于 BCI 技术在神经康复医学领域具有潜在的应用价值,本文就 BCI 技术在脑卒中康复中的临床应用作一综述。

BCI 技术及工作原理

BCI 技术通过提取人脑的生物信号,分析大脑生物信号的特征、特点,并将其转化为计算机可识别的机器语言,作为执行指令输出来控制周围的环境设备^[5]。BCI 技术工作流程,大致可分为信号采集、信号处理、解码翻译、设备控制 4 个部分^[6]。信号采集、处理是将提取的大脑生物信号经过放大、滤波等过程,进行特征提取、分类处理等。解码翻译是 BCI 工作的核心环节,经过处理的信号经解码翻译后形成输出指令,且这种解码翻译手段能够适应大脑及周围环境变化,能及时对输出信号进行调整,再经输出设备将输出指令传出,完成执行动作。此外,BCI 还可通过视觉、听觉、本体感觉等刺激,对大脑活动给予相应的反馈。

信号采集是实现 BCI 技术的关键步骤。信号来源必须是中枢神经系统信号^[1]。根据信号采集的方式,可将 BCI 技术分为植入性与非植入性两类,植入性 BCI 可直接记录大脑电活动,信号衰减弱,时间、空间分辨率高,但此方式需将采集信号的电极植入颅内,手术难度大,存在继发感染和二次颅脑损伤的风险。非植入性 BCI 是通过表面脑电图(electroencephalography, EEG)、功能性近红外光谱(functional near infrared spectroscopy, fNIRS)或功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术采集信号,安全、方便、无创,但表面 EEG 受大脑容积导体效应的影响,空间分辨率低、抗噪能力差、信号衰减明显;fNIRS 和 fMRI 采集信号耗时较长,受场地限制大且费用高。目前 BCI 采集信号倾向于综合运用,譬如表面

EEG 和 fMRI 结合运用,其空间、时间分辨率将显著提高。根据实现的功能及主要作用,BCI 技术可分为辅助性 BCI 和康复性 BCI 两类。前者是指通过计算机解码翻译大脑信号得到的控制信号,对假肢、外骨骼、轮椅等进行控制,实现特定的动作任务;后者则是将执行的动作任务情况以多种形式反馈给患者,促进其大脑功能重塑,提高运动再学习能力。

BCI 技术在脑卒中肢体康复中的应用

脑卒中发病后,急性期患者的脑受损功能区可有部分的自发性恢复,而后遗症期患者脑受损功能区自发性恢复的可能性显著降低,传统的康复治疗方法效果不明显^[7-8],尤其是在上肢运动功能和手功能恢复等方面,只能通过一些特殊的康复治疗手段来促进功能恢复。脑卒中常导致患者运动、平衡、步态等多方面损伤,严重影响患者的日常生活活动。BCI 技术可将采集的大脑信号处理转化为执行指令,并经脊髓、外周神经传递给肢体,同时将转化后的大脑控制信息通过外部设备呈现给患者,通过重复训练来达到控制大脑信号的目的,逐渐形成趋于正常的大脑皮质激活状态^[9]。

一、BCI 技术在脑卒中患者上肢及手功能康复中的应用

已有研究初步证实了 BCI 在慢性脑卒中患者上肢功能康复中的临床疗效,及其对脑功能可塑性的影响^[10-11]。一项对亚急性期脑卒中患者的研究显示,BCI 训练可诱发脑电感觉运动频谱改变,患者上肢功能的改善与同侧半球内部连接增强相关^[12]。李明芬等^[13]认为基于 BCI 的电刺激技术对促进脑卒中患者上肢功能恢复具有显著疗效,其治疗机制可能与促进患侧运动相关脑区激活有关。

徐英等^[14]研究发现,运动想象(mental imagery, MI)-BCI-FES 不仅能提高老年脑卒中患者的上肢运动功能,还能显著改善其认知功能,提高生活质量。任海等^[15]用 BCI 康复训练系统和机械手治疗脑卒中患者,发现 BCI 能有效促进脑卒中偏瘫患者上肢功能恢复,并提高其日常生活能力。Remsik 等^[16]对 21 例脑卒中偏瘫患者的上肢运动功能进行研究,其中 9 例患者进行了 9~15 次的 BCI 干预治疗,结果发现有 6 例患者的上肢动作研究测试结果有一定改善,但研究者并未对训练方法进行统一,且评估方法单一,实验中研究者并未对治疗环境加以限制,

干扰因素较多。Cervera 等^[17]的一项 Meta 分析研究也证实,基于 BCI 的神经康复对上肢运动功能的影响显示出中等到较大的效应,较其他常规治疗方法更能改善 FMA-UE 评分,并可提高大脑神经功能可塑性。

二、BCI 技术在脑卒中患者下肢功能康复中的应用

脑卒中后偏瘫可引起肌张力变化,常表现为上肢屈肌张力增高,下肢伸肌张力增高,肢体运动不协调,进而影响平衡和步态,导致患者社会参与能力受限,生活质量严重下降。传统的康复治疗训练有一定的治疗效果,但存在治疗方法单一、枯燥、患者主动参与率低等缺点。近年来,国内外也研制出较多可以改善平衡、步态功能的康复设备,BCI 是其中之一^[18]。2015 年, Taylor 等^[19]对健康人及脑卒中患者进行 BCI 干预,在受试者进行 MI 和踝关节背屈时通过脑电图记录运动相关皮质电位,结果证实 BCI 训练可以影响健康成年人和脑卒中患者下肢的运动皮质兴奋性。Chung 等^[20]对 5 例脑卒中患者进行 EEG-BCI-FES 训练踝背屈,5 d 后所有患者的 Berg 平衡量表评分、步行速度、步频、步长和步幅均有明显提高 ($P < 0.05$)。McCrimmon 等^[21]研究报道,9 例慢性期脑卒中患者,经过 4 周的 EEG-BCI-FES 训练踝背屈后,所有患者的踝背屈角度和下肢 Fugl-Meyer 量表评分显著提高。方文垚等^[22]将 40 例脑卒中患者随机分为观察组和对照组,每组 20 例,两组均接受常规康复训练,其中观察组在常规康复训练基础上进行下肢 BCI 康复治疗,治疗 4 周后,观察组总有效率为 90%,高于对照组的 65% ($P < 0.05$)。观察组 FMA、BI、MMT 评分均高于对照组 ($P < 0.05$),表明 BCI 有助于脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的恢复,可提高其日常生活活动能力。有学者尝试将 fNIRS-BCI 应用于步行训练,为脑卒中患者的步态矫正提供了新的发展思路与空间^[23]。Johnson 等^[24]研究报道,对病程约 1 年的 3 例脑卒中患者进行 3 周的重复经颅磁刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) 和 BCI 联合治疗,结果显示患者运动功能大幅改善,同侧皮质激活,表明联合治疗可下调对侧大脑半球的过度抑制,促进同侧激活,进而提高脑卒中患者的运动功能,该报道为 BCI 技术联合其他治疗手段治疗脑卒中功能障碍提供了一定的可行性和有效性参考依据。Marghi 等^[25]将 BCI 控制的机器人结合镜像治疗用于脑卒中患者的下肢康复,实验结果显示该方法可促进脑卒中患者下肢功能康复。Wang 等^[26]验证了 BCI 在虚拟现实 (virtual reality, VR) 中控制下肢进行 FES 的可能性,2012 年利用 BCI-VR 实现了下肢自定步调行走。此外,天津大学神经工程与康复实验室研究并开发了基于 MI-BCI-FES 系统的“神工”系列康复机器人,目前已参与临床试用,为脑卒中患者带来了新的康复希望^[27]。

BCI 技术应用于脑卒中肢体康复,主要体现在康复训练与功能替代两个方面。在康复训练方面,通过提取脑卒中患者大脑表面 EEG,经解析翻译后,结合 MI、FES、rTMS、VR 等方式,以生物反馈的形式用于日常康复训练,促进患者大脑功能重塑,进而提高患者肢体功能和日常生活活动能力。在功能替代方面,对于康复训练短时间内无法改善的患者,利用 BCI 系统,使用基于大脑表面 EEG 的辅助设备控制平台进行轮椅控制、外骨骼控制等,进而实现手部精细动作、站立、行走等功能的替代^[28-30]。

三、BCI 技术在脑卒中言语康复中的应用

语言是人类重要的交际工具,是人们进行沟通交流的主要表达方式,脑卒中常导致患者言语功能障碍,致使其社会参与能力受限。对于严重的语言交流障碍者而言,BCI 是目前最合适、最有价值的一种技术,其可通过解码患者大脑信息,将其转化为外设控制指令,从而通过外设控制代替患者本身的表达或行动。BCI 拼写器是该领域的应用典型,可辅助言语障碍人群通过视觉或听觉范式实现对外交流与控制^[31-32]。Kaufmann 等^[33]研制了拼写功能的 BCI 系统,其具有自校准和预测文本输入功能,较传统系统更好地适应了用户需求。高上凯等^[34]开发的基于稳态视觉诱发电位的 BCI 系统可帮助患者拨打移动电话,使患者进行通信交流的愿望得以实现。有研究报道,语言 BCI 康复系统有望实现人脑与外界真正意义上的交流^[35-36]。

四、BCI 技术在脑卒中意识障碍康复中的应用

脑卒中、颅脑损伤等脑部疾病常导致患者出现不同程度的意识障碍,严重者甚至出现昏迷、植物状态 (persistent vegetative status, PVS) 等。有学者运用 BCI 技术给患者设置了一个相关任务,从混合听觉序列中数出自己的名字,即将他人的名字作为标准刺激,将自己的名字作为偏差刺激,结果显示 5 例最小意识状态 (minimally consciousness state, MCS) 患者听到自己的名字时,出现了 P300 电位 (P300 是在偏差刺激后 300 ms 左右出现的正波,可分为 P3a 和 P3b 两个成分,经典的 P300 又被称为 P3b),4 例 MCS 患者听到他人的名字时出现了更明显的 P300 电位,其余 5 例 MCS 患者和所有 PVS 患者均未出现任务相关的 P300 电位,表明 MCS 组的意识状态明显优于 PVS 组^[37-38]。Martin 等^[39]对 54 例重型脑损伤患者 (PVS 23 例, MCS 31 例) 进行了 fMRI 检查,并进行运动和空间图像任务检测,发现 5 例创伤性脑损伤患者在执行任务时,相应脑区能产生自主的、可靠的、可重复的血氧生成水平依赖反应,来调节他们的大脑活动,还有 1 例患者在行 fMRI 检查过程中能够利用 BCI 技术回答“是”或“否”的问题。Coyle 等^[40]将 BCI 应用于极低意识状态患者,研究证实了在缺乏其他交流方法的情况下,可学习应用 BCI 用于交流。上述研究表明,BCI 技术既可以作为一种评估手段,用于意识障碍程度的评估,也可以作为一种交流手段,为脑卒中等疾病引起的意识障碍患者架起与外界交流的桥梁。

五、BCI 技术在脑卒中心理康复中的应用

脑卒中发生后,大多数患者的心理不良状态加剧,对康复训练产生消极、回避的心态。目前大多数基于 BCI 技术的康复训练,尤其是 VR 技术,均已加入了与生活及肢体活动相关的虚拟情景视频,可极大地避免患者在康复治疗中产生抵触情绪,提高患者参与治疗的积极性和主动性,从而提高康复效果。

展望

BCI 技术将大脑生物信号解码翻译后,可直接控制外部设备实现肢体部分功能,也可进行康复反馈训练或表达思想意图,可作为患者与外界交流的一种全新方式。此外,基于 BCI 技术的双向反馈训练可进一步促进大脑功能重塑,给患者康复带来新的希望。目前,我国 BCI 技术应用于认知障碍、言语障碍、运动功能障碍等康复的研究还需深入,仍有许多难题需要考虑和解决:①脑电信号采集的稳定性差、准确性低,干扰因素较多;②大脑生物信号特征的提取、解码和分类目前无统一标

准,亟需规范统一;③BCI 传输效率低,特别是单位时间内的传输量不足会带来信息滞后、响应时间过长等问题,难以满足人们日常生活的需要;④BCI 设备内部结构复杂,保养和维护难度大、耗费高;⑤BCI 及外设设备便携性差,使用操作繁琐,限制其广泛应用;⑥医学与理工学科领域的交流合作少,严重限制了 BCI 技术的开发与研究;⑦BCI 技术应用的安全性和伦理性问题。

虽然目前 BCI 技术仍处于发展阶段,但随着国家对自然科学等学科领域的大力投入,加之计算机科学、神经科学、软件工程学、康复科学等多个学科的发展与合作,相信 BCI 技术将日趋成熟和完善,临床应用也将会越来越广泛。

参 考 文 献

- [1] Shih JJ, Krusienski DJ, Wolpaw JR. Brain-computer interfaces in medicine[J]. Mayo Clin Proc, 2012, 87(3): 268-279. DOI: 10.1016/j.mayocp.2011.12.008.
- [2] Daly JJ, Huggins JE. Brain-computer interface: current and emerging rehabilitation applications[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(3): S79-S87. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.08.008.
- [3] Ietswaart M, Johnston M, Dijkerman HC, et al. Mental practice with motor imagery in stroke recovery: randomized controlled trial of efficacy[J]. Brain, 2011, 134(5): 1373-1386. DOI: 10.1093/brain/awr077.
- [4] Huggins JE, Guger C, Ziat M, et al. Workshops of the sixth international brain-computer interface meeting: braincomputer interfaces past, present, and future[J]. Brain Comput Interfaces, 2017, 4(1-2): 3-36. DOI: 10.1080/2326263X.2016.1275488.
- [5] Cramer SC, Sur M, Dobkin BH, et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications[J]. Brain, 2011, 134(6): 1591-1609. DOI: 10.1093/brain/awr039.
- [6] Lazarou I, Nikolopoulos S, Petrantonakis PC, et al. EEG-based brain-computer interfaces for communication and rehabilitation of people with motor impairment: a novel approach of the 21st century[J]. Front Hum Neurosci, 2018, 12(12): 14. DOI: 10.3389/fnhum.2018.00014.
- [7] Pichiorri F, Morone G, Petti M, et al. Brain-computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery[J]. Ann Neurol, 2015, 77(5): 851-865. DOI: 10.1002/ana.24390.
- [8] Caria A, Weber C, Brötz D, et al. Chronic stroke recovery after combined BCI training and physiotherapy: a case report[J]. Psychophysiology, 2011, 48(4): 578-582. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2010.01117.x.
- [9] Ethier C, Oby ER, Bauman MJ, et al. Restoration of grasp following paralysis through brain-controlled stimulation of muscles[J]. Nature, 2012, 485(7398): 368-371. DOI: 10.1038/nature10987.
- [10] Ramos-Murguialday A, Broetz D, Rea M, et al. Brain-machine interface in chronic stroke rehabilitation: a controlled study[J]. Ann Neurol, 2013, 74(1): 100-108. DOI: 10.1002/ana.23879.
- [11] Bundy DT, Souders L, Baranyai K, et al. Contralesional brain-computer interface control of a powered exoskeleton for motor recovery in chronic stroke survivors[J]. Stroke, 2017, 48(7): 1908-1915. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.016304.
- [12] Pichiorri F, Morone G, Petti M, et al. Brain-computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery[J]. Ann Neurol, 2015, 77(5): 851-865. DOI: 10.1002/ana.24390.
- [13] 李明芬, 贾杰, 吴毅, 等. 基于脑机接口电刺激在脑卒中患者上肢康复中的应用研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2016, 38(6): 409-413. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.06.003.
- [14] 徐英, 吉艳云, 贾杰, 等. 脑-计算机接口结合功能性电刺激训练对老年脑卒中患者上肢功能和认知的疗效观察[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20(9): 988-990. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2018.09.023.
- [15] 任海, 谢志明. 脑机接口技术在脑卒中偏瘫患者上肢运动功能康复治疗中的疗效观察[J]. 中国实用医药, 2020, 15(10): 181-183. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2020.10.081.
- [16] Remsik AB, Dodd K, Williams JL, et al. Behavioral outcomes following brain - computer interface intervention for upper extremity rehabilitation in stroke: a randomized controlled trial[J]. Front Neurosci, 2018, 12: 752. DOI: 10.3389/fnins.2018.00752.
- [17] Cervera MA, Soekadar SR, Ushiba J, et al. Brain-computer interfaces for post-stroke motor rehabilitation: a meta-analysis[J]. Ann Clin Transl Neurol, 2018, 5(5): 651-663. DOI: 10.1002/acn3.544.
- [18] 李龙飞, 曹飞帆, 张鑫, 等. 脑控主被动协同刺激下肢康复训练系统研究与开发[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2019, 40(1): 130-133. DOI: 10.7652/jdyxb201901025.
- [19] Taylor D, Niazi IK, Signal N, et al. A brain computer interface (BCI) intervention to increase corticomotor excitability in the lower limb in people with stroke[J]. Physiotherapy, 2015, 101: e1495. DOI: 10.1016/j.physio.2015.03.1473.
- [20] Chung E, Park S, Jang Y, et al. Effects of brain-computer interface-based functional electrical stimulation on balance and gait function in patients with stroke: preliminary results[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(2): 513-516. DOI: 10.1589/jpts.27.513.
- [21] McCrimmon CM, King CE, Wang PT, et al. Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12(1): 57. DOI: 10.1186/s12984-015-0050-4.
- [22] 方文垚, 刘昊, 杨柳, 等. 脑机接口技术在脑卒中偏瘫患者下肢运动功能康复治疗中的应用[J]. 山东医药, 2018, 58(10): 66-68. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2018.10.020.
- [23] Rea M, Rana M, Lugato N, et al. Lower limb movement preparation in chronic stroke: a pilot study toward an fNIRS-BCI for gait rehabilitation[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2014, 28(6): 564-575. DOI: 10.1177/1545968313520410.
- [24] Johnson NN, Carey J, Edelman BJ, et al. Combined rTMS and virtual reality brain-computer interface training for motor recovery after stroke[J]. J Neural Eng, 2018, 15(1): 016009. DOI: 10.1088/1741-2552/aa8ce3.
- [25] Marghi YM, Farjadian AB, Yen S, et al. EEG-guided robotic mirror therapy system for lower limb rehabilitation[J]. Ann Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2017, 2017: 1917-1921. DOI: 10.1109/embc.2017.8037223.
- [26] Wang PT, King CE, Chui LA, et al. Self-paced brain-computer interface control of ambulation in a virtual reality environment[J]. J Neural Eng, 2012, 9(5): 056016. DOI: 10.1088/1741-2560/9/5/056016.
- [27] 明东, 安兴伟, 王仲朋, 等. 脑机接口技术的神经康复与新型应用[J]. 科技导报, 2018, 36(12): 31-37. DOI: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.12.005.
- [28] Kaufmann T, Herweg A, Kübler A. Toward brain-computer interface based wheelchair control utilizing tactually-evoked event-related poten-

- tials[J]. J Neuroeng Rehabil, 2014, 11(1): 7. DOI: 10.1186/1743-0003-11-7.
- [29] Elnady AM, Zhang X, Xiao ZG, et al. A single-session preliminary evaluation of an affordable BCI-controlled arm exoskeleton and motor-proprioception platform[J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9(9): 168. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00168.
- [30] 高诺, 翟文文, 鲁加兴, 等. 基于稳态视觉诱发电位脑机接口的智能轮椅系统研究[J]. 生物医学工程研究, 2018, 37(1): 6-10. DOI: 10.19529/j.cnki.1672-6278.2018.01.02.
- [31] Xu M, Chen L, Zhang L, et al. A visual parallel-BCI speller based on the time-frequency coding strategy [J]. J Neural Eng, 2014, 11(2): 026014. DOI: 10.1088/1741-2560/11/2/026014.
- [32] Simon N, Käthner I, Ruf CA, et al. An auditory multiclass brain-computer interface with natural stimuli: usability evaluation with healthy participants and a motor impaired end user[J]. Front Human Neurosci, 2015, 8(8): 1039-1039. DOI: 10.3389/fnhum.2014.01039.
- [33] Kaufmann T, Völker S, Gunesch L, et al. Spelling is just a click away—a user-centered brain-computer interface including auto-calibration and predictive text entry [J]. Front Neurosci, 2012, 6(6): 72. DOI: 10.3389/fnins.2012.00072.
- [34] 高上凯. 无创高通速率的实时脑-机接口系统[J]. 中国基础科学, 2007, 9(3): 27-28. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2412.2007.03.009.
- [35] 杨晓芳, 江铭虎. 基于汉语音位发音想象的脑机接口研究[J]. 中文信息学报, 2014, 28(5): 13-23. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0077.2014.05.002.
- [36] 郭苗苗, 齐志光, 王磊, 等. 语言脑机接口康复系统中的参数优化研究[J]. 信号处理, 2018, 34(8): 974-983. DOI: 10.16798/j.issn.1003-0530.2018.08.010.
- [37] Derakhshan I. Voluntary brain processing in disorders of consciousness [J]. Neurology, 2009, 73(20): 1712-1713. DOI: 10.1212/wnl.0b013e3181bd68bc.
- [38] Pfurtscheller G, Graimann B, Huggins JE, et al. Spatiotemporal patterns of beta desynchronization and gamma synchronization in corticographic data during self-paced movement [J]. Clin Neurophysiol, 2003, 114(7): 1226-1236. DOI: 10.1016/S1388-2457(03)00067-1.
- [39] Monti MM, Vanhaudenhuyse A, Coleman MR, et al. Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness [J]. N Engl J Med, 2010, 362(7): 579-589. DOI: 10.1056/NEJMoa0905370.
- [40] Coyle D, Stow J, McCreddie K, et al. Sensorimotor modulation assessment and brain-computer interface training in disorders of consciousness [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(3): S62-S70. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.08.024.

(修回日期: 2022-02-25)

(本文编辑: 凌 琛)

· 外刊撷英 ·

Does extracorporeal shock wave therapy decrease spasticity of ankle plantar flexor muscles in patients with stroke: a randomized controlled trial

Objective To evaluate the effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy on ankle flexor spasticity in stroke survivors and to reveal changes in the fibroelastic components of muscle.

Design Randomized controlled trial.

Setting Inpatient neuro-rehabilitation clinic of a university hospital.

Participants Stroke patients with ankle flexor spasticity.

Interventions Patients were randomized to three groups; radial extracorporeal shock wave therapy, sham, or control. Active and sham therapy were administered two sessions/week for two weeks. All patients received conventional rehabilitation.

Main measures The primary outcome was Modified Ashworth Scale. Secondary outcomes were the Tardieu Scale and elastic properties of plantar flexor muscles assessed by elastography (strain index). All assessments were performed before, immediately after the treatment, and four weeks later at follow-up.

Results Fifty-one participants were enrolled (active therapy $n=17$, sham $n=17$, control $n=17$). Modified Ashworth scores showed a significant decrease in the active therapy group (from 2.47 ± 0.72 to 1.41 ± 0.62) compared to sham (from 2.19 ± 1.05 to 2.06 ± 1.12) and control (from 2.06 ± 0.85 to 2.00 ± 0.73) groups immediately after the treatment ($P < 0.001$). Tardieu results were also in concordance ($P < 0.001$), however this effect was not preserved at follow-up. Elastic properties of the ankle flexors were improved in all groups at both assessments after the therapy showing significant decreases in strain index ($P < 0.001$). However, there was no difference among the groups in terms of improvement in elastography.

Conclusion Radial extracorporeal shock wave therapy has short-term anti-spastic effects on ankle flexor muscles when used as an adjunct to conventional rehabilitation.

Keywords ESWT; Stroke; ankle; elastography; spasticity.

【摘自: Aslan SY, Kutlay S, Atman ED, et al. Does extracorporeal shock wave therapy decrease spasticity of ankle plantar flexor muscles in patients with stroke: a randomized controlled trial. Clin Rehabil, 2021, 35(10): 1442-1453. DOI: 10.1177/02692155211011320. Epub 2021 4 28.】