

间歇性 Theta 节律刺激后行镜像疗法对脑卒中患者 上肢运动功能及生活自理能力的影响

连丽萍^{1,2} 赵可晓³ 朱其秀¹ 高呈飞¹

(1 青岛大学附属医院康复医学科, 山东 青岛 266003; 2 威海市立医院康复医学科; 3 青岛大学附属医院病案管理中心)

[摘要] 目的 探讨 Theta 节律刺激(iTBS)后行镜像疗法(MT)对脑卒中患者上肢运动功能及生活自理能力的影响。方法 选取 2020 年 4 月—2021 年 5 月于威海市立医院康复医学科住院的脑卒中患者 45 例,随机分为对照组、iTBS 组和联合组(每组 15 例)。3 组患者均接受常规康复治疗及作业治疗,iTBS 组作业治疗前行 iTBS 刺激,联合组作业治疗前行 iTBS 刺激及 MT。使用 FUGL-MEYER 简易上肢运动功能量表(UL-FMA)和手臂动作调查量表(ARAT)对患者上肢运动功能进行评价,使用改良 Barthel 指数(MBI)对患者日常生活活动能力进行评价,比较 3 组患者治疗前及治疗 4 周后上述各指标结果。结果 3 组患者治疗前 UL-FMA、ARAT、MBI 评分无显著差异($P>0.05$),治疗 4 周后 UL-FMA、ARAT、MBI 评分均较治疗前显著提高($t=4.320\sim 28.441, P<0.05$)。iTBS 组、联合组 UL-FMA、ARAT、MBI 评分治疗前后差值与对照组相比差异有显著性($t=3.307\sim 6.592, P<0.05$),iTBS 组与联合组比较差异有显著性($t=2.248\sim 2.824, P<0.05$)。结论 iTBS 联合 MT 可明显改善脑卒中患者上肢运动功能和自理生活能力,建议在临床推广使用。

[关键词] 经颅磁刺激;θ 节律;镜像运动疗法;卒中;功能恢复

[中图分类号] R493.2 **[文献标志码]** A

EFFECT OF MIRROR THERAPY AFTER INTERMITTENT THETA BURST STIMULATION ON MOTOR FUNCTION OF THE UPPER LIMBS AND SELF-CARE ABILITY OF DAILY LIVING IN PATIENTS WITH STROKE LIAN Liping, ZHAO Kexiao, ZHU Qixiu, GAO Chengfei (Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China)

[ABSTRACT] **Objective** To investigate the effect of mirror therapy (MT) after intermittent Theta burst stimulation (iTBS) on the motor function of the upper limbs and self-care ability of daily living in patients with stroke. **Methods** A total of 45 patients with stroke who were hospitalized in Department of Rehabilitation Medicine, Weihai Municipal Hospital, from April 2020 to May 2021 were randomly divided into control group, iTBS group, and combined group, with 15 patients in each group. All three groups received routine rehabilitation therapy and occupational therapy; the patients in the iTBS group received iTBS before occupational therapy, and those in the combined group received iTBS and MT before occupational therapy. Fugl-Meyer Upper Limb Motor Assessment (UL-FMA) scale and Action Research Arm Test (ARAT) were used to evaluate the motor function of the upper limbs, and modified Barthel index (MBI) was used to evaluate the activities of daily living. The three groups were compared in terms of the above indicators before treatment and after 4 weeks of treatment. **Results** There were no significant differences in UL-FMA, ARAT, and MBI scores between the three groups before treatment ($P>0.05$), and there were significant increases in UL-FMA, ARAT, and MBI scores after 4 weeks of treatment ($t=4.320-28.441, P<0.05$). There were significant differences in the changes in UL-FMA, ARAT, and MBI scores after treatment between the iTBS/combined groups and the control group ($t=3.307-6.592, P<0.05$), and there were also significant differences between the iTBS group and the combined group ($t=2.248-2.824, P<0.05$). **Conclusion** The combination of iTBS and MT can significantly improve the motor function of the upper limbs and the self-care ability of daily living in patients with stroke, and thus it is recommended for clinical application.

[KEY WORDS] Transcranial magnetic stimulation; Theta rhythm; Mirror movement therapy; Stroke; Recovery of function

脑卒中的发病率和致死率在脑血管疾病中高居首位,我国发病人数以每年约 240 万速度递增^[1]。偏瘫作为脑卒中遗留的最常见功能障碍,严重影响患者的运动功能和生活质量。大部分偏瘫患者均遗留上肢功能障碍^[2],此为脑卒中患者生活质量下降的主要原因,也属于脑卒中康复研究的重点难点^[3]。

脑卒中中偏瘫患者上肢康复方法种类繁多,包括镜像疗法(MT)、运动想象疗法、强制性运动、重复经颅磁刺激治疗(rTMS)等^[4-6],但单一的疗法存在治疗周期较长或者效果不显著等局限性^[7]。间歇性 Theta 节律刺激(iTBS)是 rTMS 的一种特殊模式,其通过长时程增强效应(LTP)直接兴奋患侧大脑组织^[8],达到改善患侧肢体运动功能的效果。MT 通过视觉反馈使患者产生错觉,从而激活镜像神经系统,重塑神经传导通路,促进患侧肢体的恢复^[9]。

[收稿日期] 2023-02-23; **[修订日期]** 2023-04-07

[基金项目] 山东省自然科学基金青年项目(ZR2021QH062)

[通讯作者] 朱其秀,Email:szjqzxsx@163.com;赵可晓,Email:

jiansuo579@126.com

两者均可使失衡的大脑半球建立新兴平衡以促进运动功能恢复。目前上述两种疗法是否存在协同性尚待研究,本研究探讨 iTBS 刺激后行 MT 对脑卒中患者上肢运动功能恢复和生活自理能力的影响,旨在为临床治疗该病提供新的策略。现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 4 月—2021 年 5 月在威海市立医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫恢复期患者。患者纳入标准:①参照中国缺血性脑卒中、脑出血诊断标准^[10-11],头颅 CT 或 MRI 提示脑梗死或脑出血者;②首次患病,病程为 2 周~6 个月者;③无视力损害、无严重失语,一侧肢体瘫痪,患肢 Brunnstrom 分级 II~IV 期,肌张力改良 Ashworth 分级≤2 级,至少能够维持坐位自动平衡者;④年龄 35~85 岁者。排除标准:①病情反复、恶性进展性高血压、癫痫、进展性卒中、存在继发性脑出血或有明显颅内压升高迹象者;②患有其他重要脏器严重疾病者;③无法配合指导和评估者;④心脏装有起搏器、体内有金属植入物、颅骨缺损或有钛合金修复物者;⑤康复治疗前 2 周内使用溶栓药物者。

本研究最终纳入患者 45 例,将患者随机分为对照组、iTBS 组、联合组 3 组,每组 15 例。3 组患者基线资料比较无显著差异($P>0.05$)。见表 1。

表 1 3 组患者基线资料比较($n=15$)

指标	对照组	iTBS 组	联合组	F/χ^2	P
年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	60.00±11.26	61.60±13.71	60.27±13.23	0.068	0.935
病程 (t/d, $\bar{x}\pm s$)	60.27±11.06	61.80±13.00	60.13±12.63	0.086	0.918
性别[例(χ /%)]				0.207	1.000
男	10(66.7)	10(66.7)	11(73.3)		
女	5(33.3)	5(33.3)	4(26.7)		
卒中类型[例(χ /%)]				1.275	0.649
脑出血	5(33.3)	6(40.0)	8(53.3)		
脑梗死	10(66.7)	9(60.0)	7(46.7)		
脑损伤侧[例(χ /%)]				0.178	1.000
左侧	8(53.3)	7(46.7)	8(53.3)		
右侧	7(46.7)	8(53.3)	7(46.7)		

1.2 训练方法

在常规药物治疗基础上,所有患者均进行常规康复训练,包括体位的正确摆放、偏瘫肢体综合训练、悬吊训练、上肢综合运动训练、言语训练和相应的物理因子治疗等,每日 1 次。在此基础上,对照组

每日进行以任务为导向的作业治疗;iTBS 组每日先进行 iTBS,然后进行作业治疗;联合组每日先进行 iTBS,然后进行以任务为导向的 MT,最后进行作业治疗。各组患者康复训练的时间均为 45min,每周休息 1 d,总疗程为 4 周。

iTBS 治疗时患者取舒适坐位,使用磁场刺激仪(YRD CCY-I,武汉依瑞德公司)对患侧大脑皮质初级运动区(M1 区)进行刺激,将能诱发患侧拇短展肌运动的区域定为刺激区,并进行标记;对于不能引起患侧拇短展肌运动的患者,初次定位时先对健侧大脑皮质运动区进行刺激,将引起健侧拇短展肌运动的区域进行标记,然后在患侧寻找相对镜像位置,即为“运动热点”^[12],刺激区即为“运动热点”所在区域。对刺激区以 iTBS 模式进行刺激,取 70% 静息运动阈值连续刺激 600 个脉冲,刺激时间共 200 s(每次刺激 2 s,休息 8 s)。MT 在安静治疗室中进行,训练的内容为任务导向训练,动作包括用抹布擦桌子、抓握各种不同形状的物体、拿杯子、翻书、摸麻将、翻扑克牌、将厚毛巾弄皱铺平等^[13]。

1.3 疗效评定

使用 FUGL-MEYER 简易上肢运动功能量表(UL-FMA)和手臂动作调查量表(ARAT)对患者上肢运动功能进行评价^[14-15],使用改良 Barthel 指数(MBI)^[16]对患者日常生活活动能力进行评价,比较 3 组患者治疗前及治疗 4 周后上述各指标结果。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,组内治疗前后比较采用配对样本 t 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组患者治疗前后 UL-FMA 评分及差值比较

治疗前 3 组患者 UL-FMA 评分无显著性差异($P>0.05$),治疗 4 周后 3 组患者 UL-FMA 评分与治疗前相比均显著升高($t=7.920\sim 13.161, P<0.05$)。3 组患者治疗前后 UL-FMA 评分差值差异显著($F=28.794, P<0.01$);与对照组相比,iTBS 组及联合组患者治疗前后 UL-FMA 评分差值差异显著($t=5.467, 6.592, P<0.01$),且联合组差值显著高于 iTBS 组($t=2.493, P<0.05$)。见表 2。

2.2 3 组患者治疗前后 ARAT 评分及其差值比较

治疗前 3 组患者 ARAT 评分无显著差异($P>0.05$),治疗 4 周后 3 组患者 ARAT 评分与治疗前

相比均显著性升高($t=4.320\sim 28.441, P<0.05$)。3 组患者治疗前后 ARA 评分差值差异显著($F=24.602, P<0.05$);与对照组相比, iTBS 组及联合组患者治疗前后 ARAT 评分差值差异均具有显著性($t=5.556, 5.382, P<0.05$), 且联合组差值显著高于 iTBS 组($t=2.824, P<0.05$)。见表 3。

2.3 3 组患者治疗前后 MBI 评分及其差值比较

治疗前 3 组患者 MBI 评分均无显著差异($P>0.05$), 治疗 4 周后 3 组患者 MBI 评分与治疗前相比均显著提高($t=6.517\sim 14.189, P<0.05$)。3 组患者治疗前后 MBI 评分差值差异显著($F=15.072, P<0.05$);与对照组比较, iTBS 组及联合组患者治疗前后 MBI 评分差值差异均有显著性($t=3.307, 5.527, P<0.05$), 且联合组差值显著高于 iTBS 组($t=2.248, P<0.05$)。见表 4。

表 2 3 组患者治疗前后 UL-FMA 评分结果及其差值比较(分, $n=15, \bar{x}\pm s$)

分组	治疗前	治疗 4 周后	治疗前后差值
对照组	25.93±15.18	34.53±18.28	8.60±4.20
iTBS 组	27.00±16.15	46.20±12.79	19.20±5.94
联合组	25.07±11.50	49.93± 7.77	24.87±7.32

表 3 3 组患者治疗前后 ARAT 评分结果及其差值比较(分, $n=15, \bar{x}\pm s$)

分组	治疗前	治疗 4 周后	治疗前后差值
对照组	11.87±8.54	18.67±13.12	6.80±7.00
iTBS 组	11.13±7.49	26.20± 8.91	15.07±2.05
联合组	11.20±7.87	30.00± 8.63	18.80±5.25

表 4 3 组患者治疗前后 MBI 评分结果及其差值比较(分, $n=15, \bar{x}\pm s$)

分组	治疗前	治疗 4 周	差值
对照组	42.00±14.49	54.67±13.82	12.67± 7.53
iTBS 组	41.67±10.29	63.33± 9.76	21.00± 5.73
联合组	40.00± 9.06	68.67± 8.34	28.67±10.08

3 讨 论

据统计,全球约有 55%~75% 脑卒中患者在发病 6 个月后仍遗留上肢运动功能障碍^[17], 严重降低了患者的生活自理能力^[18]。脑卒中疾病的黄金恢复期是发病后 3 个月内, 超过该时间段, 患者的恢复速度明显下降, 可能的机制为患侧大脑长时间处于抑制状态及皮质脊髓束的连续性减少和废用性失用^[17]。然而患者的上肢运动功能在发病后 3~6 个月仍具有恢复潜力, 所以临床应该寻找更佳的治疗

方案使患者上肢运动功能在此期间得到最大恢复。目前, 单一 rTMS 如果不配合相关的运动训练, 对偏瘫患者肢体运动功能的恢复效果有限^[19]。相关研究表明, rTMS 同步运动训练的干预手段对脑卒中上肢运动功能的恢复效果更佳^[20]。单一的 MT 在短时间内对偏瘫患者肢体运动的改善效果并不明显, 其无法直接改变 M1 区皮质活性, 需要较长时间训练才能使相关神经元发生变化^[21]。因此本研究将 iTBS 和 MT 相结合, 先利用 iTBS 刺激患侧 M1 区, 提高患侧大脑运动皮质兴奋性, 再配合任务导向的 MT 增强外周刺激, 从而激活中枢神经元系统, 实现“中枢-外周”循环通路^[22], 加速患侧上肢运动功能恢复。国外研究发现, 发病 6 个月内的患者经 MT 治疗后偏瘫肢体运动功能恢复效果较传统治疗更好^[23-24]。本研究选取发病 6 个月内的脑梗死患者, 进一步研究 iTBS 后行 MT 对脑卒中患者偏瘫上肢运动功能及生活自理能力的改善作用。

本研究结果显示, 3 组患者的 UL-FMA、ARAT 评分均较治疗前显著提高, iTBS 组及联合组评分比对照组改善更加明显, 这表明相比于常规作业治疗, 增加 iTBS 及 iTBS 后 MT 对脑卒中患者上肢运动功能的改善均有积极作用。既往研究表明, 脑卒中后患侧大脑半球皮质兴奋性降低, 健侧大脑半球兴奋性相对增强, 大脑半球之间交互抑制的平衡被破坏, 健侧肢体的过度应用又使健侧皮质兴奋性更强, 加剧了半球间交互抑制失衡^[25]。iTBS 刺激患侧大脑 M1 区, 可以使受累侧残存的大脑皮质兴奋性提高, 功能得以重新组建, 兴奋性平衡重新建立, 从而使患者上肢运动功能得以改善^[26]。

本研究联合组患者 UL-FMA、ARAT 评分改善优于对照组和 iTBS 组患者, 说明 iTBS 后行 MT 治疗对脑卒中后患者上肢运动功能改善影响最明显, 即联合方案治疗效果最佳。分析其可能机制为: ①MT 通过外周视觉反馈激活中枢镜像神经元系统, 使患侧大脑皮质功能得以重塑, 减轻患肢的习得性废用^[27]; ②MT 通过双侧对称活动使大脑运动皮质细胞活动增强^[28], 运动通路得到易化, 更好改善患者肢体运动功能。iTBS 和 MT 均可通过不同的方式提高患侧受损皮质兴奋性, 使交互抑制失衡半球重新回到相对平衡状态, 该状态有利于患者运动功能的恢复。MT 通过外周运动刺激和视觉反馈的联合作用, 激活中枢镜像神经元系统需要相应的时间积累^[28], 在 MT 之前进行 iTBS 能够诱发 LTP, 提高患侧受损皮质兴奋性^[8], 对受创大脑皮质进行

修复,并提前激活患侧上肢靶肌群对应的大脑皮质和镜像神经元系统,缩短 MT 激活镜像神经元系统的时间,提高神经通路的重塑速度^[29]。iTBS 通过对大脑重塑创造了适合运动学习的环境^[26],为 MT 提供“中枢”环境,将任务导向训练加入其中增强外周刺激,可通过双向刺激促进损伤侧上肢的大脑支配区神经网络通路重塑,有利于脑卒中患者上肢功能的改善。

iTBS 组及联合组 MBI 评分较对照组均显著改善,且联合组疗效更佳,说明联合组患者自理生活能力恢复得最好,该结果与患者上肢功能改善呈正相关^[30-31],上肢运动功能的提高进一步促进了患者生活自理能力的恢复。当然,本研究存在一定局限性,如只证明了 iTBS 并 MT 的联合治疗方案对脑卒中病程 6 个月内的患者有效,对后遗症期卒中患者疗效不确定。

综上所述,iTBS 联合 MT 可明显改善脑卒中患者上肢运动功能和自理生活能力,建议在临床推广使用。

伦理批准和知情同意:本研究涉及的所有试验均已通过威海市立医院科学伦理委员会的审核批准(文件号 2023020)。所有试验过程均遵照《赫尔辛基宣言》的条例进行。受试对象或其亲属已经签署知情同意书。

作者声明:连丽萍、朱其秀、赵可晓参与了研究设计;连丽萍、高呈飞参与了论文的写作和修改。所有作者均阅读并同意发表该论文。所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

[1] 兰天,呼日勒特木尔. 脑卒中流行病学现状及遗传学研究进展[J]. 疑难病杂志, 2015,14(9):986-989.

[2] LIN D J, FINKLESTEIN S P, CRAMER S C. New directions in treatments targeting stroke recovery[J]. *Stroke*, 2018,49(12):3107-3114.

[3] APRILE I, GERMANOTTA M, CRUCIANI A, et al. Upper limb robotic rehabilitation after stroke: A multicenter, randomized clinical trial[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2020,44(1):3-14.

[4] FEYS H M, DE WEERDT W J, SELZ B E, et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: A single-blind, randomized, controlled multicenter trial[J]. *Stroke*, 1998, 29(4):785-792.

[5] KIRAC-UNAL Z, GENÇAY-CAN A, KARACA-UMAY E, et al. The effect of task-oriented electromyography-triggered electrical stimulation of the paretic wrist extensors on upper limb motor function early after stroke: A pilot randomized controlled trial[J]. *Int J Rehabil Res*, 2019,42(1):74-81.

[6] MARQUEZ-CHIN C, BAGHER S, ZIVANOVIC V, et al.

Functional electrical stimulation therapy for severe hemiplegia: Randomized control trial revisited[J]. *Can J Occup Ther*, 2017,84(2):87-97.

[7] POLLOCK A, FARMER S E, BRADY M C, et al. Interventions for improving upper limb function after stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014,2014(11):CD010820.

[8] LENZ M, PLATSCHEK S, PRIESEMANN V, et al. Repetitive magnetic stimulation induces plasticity of excitatory post-synapses on proximal dendrites of cultured mouse CA1 pyramidal neurons[J]. *Brain Struct Funct*, 2015,220(6):3323-3337.

[9] HORTOBÁGYI T, RICHARDSON S P, LOMAREV M, et al. Interhemispheric plasticity in humans[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011,43(7):1188-1199.

[10] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组,彭斌,等. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018,51(9):666-682.

[11] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. *中华神经科杂志*, 2019,52(12):994-1005.

[12] JUNG S H, SHIN J E, JEONG Y S, et al. Changes in motor cortical excitability induced by high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of different stimulation durations[J]. *Clin Neurophysiol*, 2008,119(1):71-79.

[13] PÉREZ-CRUZADO D, MERCHÁN-BAEZA J A, GONZÁLEZ-SÁNCHEZ M, et al. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors[J]. *Aust Occup Ther J*, 2017,64(2):91-112.

[14] GLADSTONE D J, DANELLS C J, BLACK S E. The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: A critical review of its measurement properties[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2002,16(3):232-240.

[15] CROARKIN E, DANOFF J, BARNES C. Evidence-based rating of upper-extremity motor function tests used for people following a stroke[J]. *Phys Ther*, 2004,84(1):62-74.

[16] SHAH S, VANCLAY F, COOPER B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation[J]. *J Clin Epidemiol*, 1989,42(8):703-709.

[17] 张秋梅,高春华. 运动视觉反馈训练对脑卒中偏瘫患者上肢功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014,36(4):278-280

[18] 孟丽君,高正玉,陈玮,等. 脑卒中患者运动功能恢复预测的研究进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022,44(3):269-272.

[19] TYČ F, BOYADJIAN A. Plasticity of motor cortex induced by coordination and training[J]. *Clin Neurophysiol*, 2011,122(1):153-162.

[20] MASSIE C L, TRACY B L, PAXTON R J, et al. Repeated sessions of functional repetitive transcranial magnetic stimulation increases motor cortex excitability and motor control in survivors of stroke[J]. *Neuro Rehabilitation*, 2013,33(2):185-193.

[21] FRITZSCH C, WANG J, DOS SANTOS L F, et al. Different

effects of the mirror illusion on motor and somatosensory processing[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2014, 32(2):269-280.

- [22] 贾杰. “中枢-外周-中枢”闭环康复:脑卒中后手功能康复新理念[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(11):1180-1182.
- [23] SAMUELKAMALESHKUMAR S, REETHAJANETSUREKA S, PAULJEBARAJ P, et al. Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: A pilot randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(11):2000-2005.
- [24] PARK J Y, CHANG M, KIM K M, et al. The effect of mirror therapy on upper-extremity function and activities of daily living in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(6):1681-1683.
- [25] GREFKES C, FINK G R. Reorganization of cerebral networks after stroke: New insights from neuroimaging with connectivity approaches[J]. *Brain*, 2011, 134(Pt 5):1264-1276.
- [26] VOLZ L J, REHME A K, MICHELY J, et al. Shaping early reorganization of neural networks promotes motor function after stroke[J]. *Cereb Cortex*, 2016, 26(6):2882-2894.
- [27] MADHOUN H Y, TAN B T, FENG Y L, et al. Task-based mirror therapy enhances the upper limb motor function in su-

bacute stroke patients: A randomized control trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56(3):265-271.

- [28] GONZALEZ-SANTOS J, SOTO-CAMARA R, RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ P, et al. Effects of home-based mirror therapy and cognitive therapeutic exercise on the improvement of the upper extremity functions in patients with severe hemiparesis after a stroke: A protocol for a pilot randomised clinical trial[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(9):e035768.
- [29] 杨剑, 孟殿怀, 邵中洋, 等. 高频经颅磁刺激联合镜像治疗对男性脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(2):91-95.
- [30] BRANCO J P, OLIVEIRA S, PÁSCOA PINHEIRO J, et al. Assessing upper limb function: Transcultural adaptation and validation of the Portuguese version of the Stroke Upper Limb Capacity Scale[J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2017, 9:15.
- [31] FUJITA T, SATO A, TOGASHI Y, et al. Identification of the affected lower limb and unaffected side motor functions as determinants of activities of daily living performance in stroke patients using partial correlation analysis[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(7):2217-2220.

(本文编辑 范睿心 厉建强)

(上接第 119 页)

- [7] IRTAN S, HERVIEUX E, BOUTROUX H, et al. Preoperative 3D reconstruction images for paediatric tumours: Advantages and drawbacks[J]. *Pediatr Blood Cancer*, 2021, 68(1):e28670.
- [8] POLAT A, KUMRULAR R K. A realistic breast phantom proposal for 3D image reconstruction in digital breast tomosynthesis [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2022, 21:15330338221104567.
- [9] CHEN J, WAN Z C, ZHANG J C, et al. Medical image segmentation and reconstruction of prostate tumor based on 3D AlexNet[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 200:105878.
- [10] YIN Z Y, LU X, COHEN COHEN S, et al. A new method for quantification and 3D visualization of brain tumor adhesion using slip interface imaging in patients with meningiomas[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(8):5554-5564.
- [11] CHEN H, HE Y C, JIA W D. Precise hepatectomy in the intelligent digital era[J]. *Int J Biol Sci*, 2020, 16(3):365-373.
- [12] SHEN G, WU L L, ZHAO J, et al. Imaging and pathology study of the chemotherapy regression area of hepatoblastoma—A prospective single-center study[J]. *Fetal Pediatr Pathol*, 2020, 39(4):307-316.
- [13] YANG S Z, ZENG J P, CAI S W, et al. Precision in liver surgery[J]. *Semin Liver Dis*, 2013, 33(3):189-203.
- [14] 方驰华, 张鹏, 刘允怡, 等. 肝胆外科从数字虚拟人、三维可视化到数字智能化发展的现状[J]. *中华外科杂志*, 2020, 58(1):17-21.
- [15] 赵鹏翔, 邢雪. 三维重建技术在肝癌切除术中应用价值的 Meta

分析[J]. *中国现代普通外科进展*, 2019, 22(4):284-90, 95.

- [16] 袁晓军. 婴儿恶性实体肿瘤的流行病学及预后相关因素[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(3):178-183.
- [17] 施诚仁. 小儿实体肿瘤外科治疗的要点[J]. *临床外科杂志*, 2005, 13(5):270-1.
- [18] CHAUSSY Y, VIEILLE L, LACROIX E, et al. 3D reconstruction of Wilms' tumor and kidneys in children: Variability, usefulness and constraints[J]. *J Pediatr Urol*, 2020, 16(6):830.e1-830830.e8.
- [19] GRAY R, GOUGOUTAS A, NGUYEN V, et al. Use of three-dimensional, CAD/CAM-assisted, virtual surgical simulation and planning in the pediatric craniofacial population[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2017, 97:163-169.
- [20] AIMAR A, PALERMO A, INNOCENTI B. The role of 3D printing in medical applications: A state of the art [J]. *J Healthc Eng*, 2019, 2019:5340616.
- [21] KURENOV S N, IONITA C, SAMMONS D, et al. Three-dimensional printing to facilitate anatomic study, device development, simulation, and planning in thoracic surgery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(4):973-979.e1.
- [22] GILLASPIE E A, MATSUMOTO J S, MORRIS N E, et al. From 3-dimensional printing to 5-dimensional printing: Enhancing thoracic surgical planning and resection of complex tumors[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5):1958-1962.
- [23] XIU W L, LIU J, LI T, et al. Application value of computer-assisted surgery system in pediatric hepatic hemangioma[J]. *Pediatr Surg Int*, 2021, 37(11):1575-1583.

(本文编辑 范睿心 厉建强)