

• 神经病学多模态诊疗专题 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.12.004

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250718.1921.004\(2025-07-21\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250718.1921.004(2025-07-21))重复经颅磁刺激联合高压氧治疗对脑瘫患儿
吞咽功能及神经功能的影响^{*}梁 声, 兰柳华[△], 梁天佳, 陈小霞, 韦婉丹

(广西医科大学第二附属医院康复科, 南宁 530007)

[摘要] **目的** 探讨重复经颅磁刺激(rTMS)联合高压氧(HBO)治疗对脑瘫患儿吞咽功能及神经功能的影响。**方法** 选取 2023 年 1 月至 2024 年 11 月于该院就诊的 160 例脑瘫患儿为研究对象,根据随机数字表法分为对照组、rTMS 组、HBO 组和联合组,每组 40 例。对照组给予常规康复治疗,rTMS 组在对照组基础上接受 rTMS 治疗,HBO 组在对照组基础上接受 HBO 治疗,联合组在对照组基础上进行 rTMS 联合 HBO 治疗,4 组治疗周期均为 8 周。比较 4 组治疗前与治疗 4、8 周后吞咽功能[洼田饮水试验(WST)评分、吞咽障碍结局和严重度量表(DOSS)]、粗大运动功能[粗大运动功能评估量表(GMFM-88)]、神经发育水平[Gesell 发育诊断量表(GDS)]及疗效。**结果** 治疗后 4、8 周,4 组 WST 评分较治疗前降低,治疗后 8 周最低,且 rTMS 组、HBO 组、联合组低于对照组,但联合组最低($P<0.05$)。治疗后 4、8 周,4 组 DOSS、GMFM-88、GDS 评分较治疗前升高,治疗后 8 周最高,且 rTMS 组、HBO 组、联合组高于对照组,但联合组最高($P<0.05$)。治疗后 8 周,rTMS 组、HBO 组、联合组吞咽功能、神经功能总有效率均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** rTMS 联合 HBO 治疗脑瘫患儿的疗效较单独 rTMS 或 HBO 治疗更优。

[关键词] 重复经颅磁刺激;高压氧;脑瘫;儿童;吞咽功能;神经功能**[中图分类号]** R742.3**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2025)12-2737-06Effect of repeated transcranial magnetic stimulation combined with hyperbaric
oxygen therapy on swallowing function and nerve function
in children with cerebral palsy^{*}LIANG Sheng, LAN Liuhua[△], LIANG Tianjia, CHEN Xiaoxia, WEI Wandan(Department of Rehabilitation, The Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical
University, Nanning, Guangxi 530007, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of repeated transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with hyperbaric oxygen (HBO) on the swallowing and nerve functions in children with cerebral palsy. **Methods** A total of 160 pediatric patients with cerebral palsy in this hospital from January 2023 to November 2024 were selected as the study subjects and divided into the control group, the rTMS group, the HBO group and the combination group according to the random number table method, 40 cases in each group. The control group was given the conventional rehabilitation treatment. On the basis of the control group, the rTMS group received rTMS treatment, the HBO therapy received HBO treatment, and the combined group conducted rTMS combined HBO treatment, the treatment period for all four groups was 8 weeks. The scores of the swallowing function [water swallowing test (WST) score, deglutition outcome and severity scale (DOSS)], gross motor function [gross motor function measure-88 (GMFM-88)], neurodevelopmental level [Gesell developmental schedules (GDS)] before treatment and in 4, 8 weeks after treatment and the treatment effects were compared among the four groups. **Results** After 4, 8 weeks treatment, the WST scores of the four groups were lower than those before treatment, with the lowest score at 8 weeks after treatment. Moreover, the scores of the rTMS group, the HBO group and the combined group were lower than those of the control group, but the combined group had the lowest score ($P<0.05$). After 4, 8 weeks treatment, the DOSS, GMFM-88 and GDS scores in the four groups was increased compared with before treatment, with the highest score at 8 weeks after treatment. Moreover, the scores of the rTMS group, the HBO group and the combined

^{*} 基金项目:广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z20211614)。[△] 通信作者, E-mail: 710519325@qq.com。

group were higher than those of the control group, but the combined group had the highest score ($P<0.05$). After 8 weeks treatment, the total effective rate of swallowing function and neurological function in the rTMS group, the HBO group and the combination group was higher than that in the control group, the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The effect of rTMS combined with HBO for treating pediatric patients with cerebral palsy is better than single rTMS or HBO treatment.

[Key words] repeated transcranial magnetic stimulation; hyperbaric oxygen; cerebral palsy; children; swallowing function; nerve function

脑瘫是一种由早期脑损伤或发育异常引起的非进行性运动障碍,是儿童期最常见的致残原因之一^[1]。目前我国脑瘫患者超过 500 万人,每年新增约 5 万例患者,给家庭和社会带来沉重负担^[2]。脑瘫患儿因中枢神经系统受损,常伴有吞咽障碍,发生率高达 90%,严重影响其生长发育和生活质量^[3-4]。传统的康复治疗虽能改善吞咽反射,但效果不佳,急需更有效的干预手段^[5]。重复经颅磁刺激(repeated transcranial magnetic stimulation, rTMS)和高压氧(hyperbaric oxygen, HBO)是近年来备受关注的神经系统疾病康复手段^[6-7]。rTMS 是一种无创、安全、可重复的脑刺激技术,已被证实可改善卒中患者的运动功能^[8]。HBO 则通过提供高压氧环境,促进脑细胞修复和功能恢复^[9]。研究表明, rTMS 联合 HBO 可改善卒中患者的认知功能和血流动力学指标^[10],但其在脑瘫患儿中的应用效果仍不清楚。因此,本研究旨在探讨 rTMS 联合 HBO 治疗对脑瘫患儿吞咽功能及神

经功能的影响,以期为临床康复治疗提供依据,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2023 年 1 月至 2024 年 11 月于本院就诊的 160 例脑瘫患儿为研究对象。纳入标准:(1)符合脑瘫的相关诊断标准^[11],并经临床表现、神经系统检查确诊;(2)年龄 2~6 岁,洼田饮水试验(water swallowing test, WST)评分 ≥ 2 分;(3)具有一定运动功能。排除标准:(1)合并癫痫状态;(2)有 rTMS 或 HBO 治疗禁忌证;(3)合并严重器官功能障碍;(4)入组前接受相关治疗或手术治疗。根据随机数字表法分为对照组、rTMS 组、HBO 组和联合组,每组 40 例。4 组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。本研究已通过本院医学伦理委员会批准[审批号:2022-KY(007)],患儿监护人均知情同意。

表 1 4 组一般资料比较

项目	对照组($n=40$)	rTMS 组($n=40$)	HBO 组($n=40$)	联合组($n=40$)	χ^2/F	P
男/女(n/n)	23/17	19/21	24/16	18/22	2.607	0.456
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	3.62 $\pm$ 0.39	3.57 $\pm$ 0.38	3.68 $\pm$ 0.40	3.73 $\pm$ 0.42	1.210	0.308
体重($\bar{x}\pm s$,kg)	15.58 $\pm$ 3.32	16.17 $\pm$ 3.61	15.93 $\pm$ 3.47	15.31 $\pm$ 3.25	0.495	0.686
脑瘫类型[$n(\%)$]					1.629	0.950
痉挛型	17(42.50)	19(47.50)	18(45.00)	17(42.50)		
不随意运动型	15(37.50)	14(35.00)	16(40.00)	13(32.50)		
其他	8(20.00)	7(17.50)	6(15.00)	10(25.00)		

1.2 方法

1.2.1 治疗方式

对照组给予常规康复治疗,具体如下,(1)运动疗法:由康复治疗师根据患儿情况制订个性化运动训练计划,包括①粗大运动训练,如翻身、坐、爬、站立、行走训练,小龄患儿采用引导式运动,大龄患儿鼓励主动运动;②精细运动训练,如抓握、捏取、手指协调训练,利用积木、串珠、橡皮泥等玩具和工具提高患儿的手眼协调能力和手部灵活性;③平衡训练,通过平衡板、平衡球等工具对患儿进行静态和动态平衡训练,提高其平衡能力;④抗阻训练,使用弹力带、沙袋等工具增加运动阻力以提高患儿的肌力,每次训练时间为

60 min。(2)作业疗法:通过模拟日常生活场景对患儿进行穿衣、吃饭、洗漱、书写等活动能力训练,每次训练时间为 30 min。(3)语言治疗:由语言治疗师根据患儿的语言水平制订个性化的治疗计划,包括发音训练、语言理解训练、语言表达训练、沟通技巧训练等,每次训练时间为 30 min。(4)吞咽功能训练:由专业的吞咽治疗师对患儿进行评估,并根据结果进行针对性训练,包括①口腔感觉刺激,通过不同质地、温度、味道的食物刺激患儿口腔感觉,提高敏感性;②唇舌运动训练,包括唇部闭合、舌头伸缩、舌头侧向运动等;③吞咽反射诱发训练,通过刺激咽后壁诱发吞咽反射;④代偿性吞咽策略训练,教导患儿采用一些代

偿性吞咽策略,如头部前倾、下巴内收等,以减少误吸的风险,每次训练时间为 30 min。

rTMS 组在对照组基础上进行 rTMS 治疗,采用 Magstim Rapid2 经颅磁刺激仪,刺激部位为左侧运动皮层的咽喉部代表区,即以头皮顶点为中心,向前、外侧各 2 cm 处,针对吞咽障碍明显的患儿,对其进行双侧运动皮层刺激,刺激频率根据患儿脑瘫类型设置,刺激强度为 80% 的运动阈值,连续刺激,每次刺激时间为 10 s,间隔 20 s,共 20 min。rTMS 禁忌证如下:(1)颅内金属植入物(如金属支架、金属弹片、人工耳蜗等);(2)安装心脏起搏器或其他植入式电子设备;(3)有癫痫病史或癫痫家族史,特别是未经控制的癫痫;(4)颅内感染或肿瘤;(5)对磁刺激过敏。

HBO 组在对照组基础上进行 HBO 治疗,采用多舱式高压氧舱,患儿进入高压氧舱后,缓慢加压至 2.0 ATA,随后吸入纯氧 30 min,中间休息 10 min,再次吸入纯氧 30 min,最后缓慢减压至常压出舱。HBO 禁忌证如下:(1)未经处理的气胸;(2)纵隔气肿;(3)活动性出血或出血倾向;(4)严重肺气肿或肺大疱;(5)上呼吸道感染或鼻窦炎;(6)青光眼;(7)幽闭恐惧症。

联合组在对照组基础上进行 rTMS 联合 HBO 治疗,rTMS 治疗方案同 rTMS 组,HBO 治疗方案同 HBO 组,并在同一天进行,先进行 rTMS 治疗,间隔 30 min 后进行 HBO 治疗。4 组治疗时间均为每天 1 次,每周 5 次,共 8 周。

1.2.2 观察指标

(1)吞咽功能。采用 WST 和吞咽障碍结局和严重程度量表(dysphagia outcome severity scale,DOSS)评估,WST 为 1~5 级,分别对应 1~5 分,评分越高表示吞咽能力越差,吞咽障碍程度越重^[12];DOSS 为 1~7 级,分别对应 1~7 分^[13],评分越高表示吞咽能力越好,吞咽障碍程度越轻。(2)粗大运动功能。根

据粗大运动功能评估量表(gross motor function measure,GMFM-88)^[14]进行评估,通过对卧位和翻身、坐位、爬行和跪位、站立、行走、跑步和跳跃 5 个维度的 88 个条目进行评分,每个条目为 0~3 分,总分 264 分,分数越高表示该功能越好。(3)神经发育水平。采用 Gesell 发育诊断量表(Gesell developmental schedules,GDS)^[15]进行评估,包括动作能(粗动作、细动作)、应物能、言语能、应人能 4 个方面,以发育商作为相对指标,发育商=发育年龄/实际年龄×100,满分为 100 分,分数越高表示发育水平越好。(4)疗效。①吞咽功能疗效评定标准如下:显效定义为 WST 评分降低≥2 分,DOSS 评分提高≥2 分;有效定义为 WST 评分降低 1 分,DOSS 评分提高 1 分;无效定义为 WST 评分无变化或升高,DOSS 评分无变化或降低;均为治疗 8 周与治疗前比较。②神经功能疗效评定标准如下:显效定义为 GMFM-88 评分与 GDS 评分均提高≥20%;有效定义为 GMFM-88 评分与 GDS 评分均提高 10%~<20%;无效定义为 GMFM-88 评分与 GDS 评分提高<10%。总有效率=(显效+有效)/总例数×100%,均为治疗后 8 周与治疗前比较。

1.3 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行数据分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 *t* 检验或方差分析;计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 4 组治疗前后吞咽功能比较

治疗后 4、8 周,4 组 WST 评分较治疗前降低,治疗后 8 周最低,且 rTMS 组、HBO 组、联合组低于对照组,但联合组最低(*P*<0.05)。治疗后 4、8 周,4 组 DOSS 评分较治疗前升高,治疗后 8 周最高,且 rTMS 组、HBO 组、联合组高于对照组,但联合组最高(*P*<0.05),见表 2。

表 2 4 组治疗前后吞咽功能比较($\bar{x} \pm s$,分)

项目	对照组(<i>n</i> =40)	rTMS 组(<i>n</i> =40)	HBO 组(<i>n</i> =40)	联合组(<i>n</i> =40)
WST 评分				
治疗前	4.14±0.45	3.97±0.42	3.95±0.41	4.08±0.43
治疗后 4 周	3.91±0.43 ^a	3.52±0.38 ^{ab}	3.55±0.39 ^{ab}	3.26±0.39 ^{abcd}
治疗后 8 周	3.48±0.38 ^{ad}	3.30±0.36 ^{abd}	3.31±0.37 ^{abd}	2.96±0.34 ^{abcde}
DOSS 评分				
治疗前	3.05±0.33	3.08±0.38	3.13±0.37	3.07±0.34
治疗后 4 周	3.26±0.35 ^a	3.52±0.39 ^{ab}	3.49±0.38 ^{ab}	3.75±0.41 ^{abcd}
治疗后 8 周	3.53±0.41 ^{ad}	3.87±0.44 ^{abd}	3.83±0.43 ^{abd}	4.14±0.48 ^{abcde}

^a:*P*<0.05,与同组治疗前比较;^b:*P*<0.05,与同期对照组比较;^c:*P*<0.05,与同期 rTMS 组比较;^d:*P*<0.05,与同期 HBO 组比较;^e:*P*<0.05,与同组治疗后 4 周比较。

2.2 4 组治疗前后 GMFM-88 评分比较

治疗后 4、8 周,4 组 GMFM-88 评分较治疗前升

高,治疗后 8 周最高,且 rTMS 组、HBO 组、联合组高于对照组,但联合组最高($P<0.05$),见表 3。

2.3 4 组治疗前后 GDS 评分比较

治疗后 4、8 周,4 组 GDS 评分较治疗前升高,治疗后 8 周最高,且 rTMS 组、HBO 组、联合组高于对照组,但联合组最高($P<0.05$),见表 4。

表 3 4 组治疗前后 GMFM-88 评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

项目	对照组($n=40$)	rTMS 组($n=40$)	HBO 组($n=40$)	联合组($n=40$)
治疗前	110.55±12.37	109.86±11.92	111.03±12.45	110.19±12.16
治疗后 4 周	133.48±14.25 ^a	147.26±15.81 ^{ab}	144.53±15.67 ^{ab}	158.14±16.38 ^{abcd}
治疗后 8 周	151.22±16.48 ^{ad}	169.81±17.53 ^{abd}	164.73±17.11 ^{abd}	186.59±19.36 ^{abcde}

^a: $P<0.05$,与同组治疗前比较;^b: $P<0.05$,与同期对照组比较;^c: $P<0.05$,与同期 rTMS 组比较;^d: $P<0.05$,与同期 HBO 组比较;^e: $P<0.05$,与同组治疗后 4 周比较。

表 4 4 组治疗前后 GDS 评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

项目	对照组($n=40$)	rTMS 组($n=40$)	HBO 组($n=40$)	联合组($n=40$)
治疗前	41.81±4.56	41.74±4.82	42.12±4.94	41.95±4.63
治疗后 4 周	44.06±4.71 ^a	48.85±5.13 ^{ab}	47.42±4.95 ^{ab}	51.93±5.26 ^{abcd}
治疗后 8 周	46.28±5.09 ^{ad}	51.47±5.35 ^{abd}	49.78±5.29 ^{abd}	54.81±5.81 ^{abcde}

^a: $P<0.05$,与同组治疗前比较;^b: $P<0.05$,与同期对照组比较;^c: $P<0.05$,与同期 rTMS 组比较;^d: $P<0.05$,与同期 HBO 组比较;^e: $P<0.05$,与同组治疗后 4 周比较。

2.4 4 组疗效比较

治疗后 8 周,rTMS 组、HBO 组、联合组吞咽功能、神经功能总有效率均高于对照组,差异有统计学意义($\chi^2=9.688、8.782,P=0.021、0.032$),见表 5。

表 5 4 组疗效比较[$n(\%)$]

项目	对照组 ($n=40$)	rTMS 组 ($n=40$)	HBO 组 ($n=40$)	联合组 ($n=40$)
吞咽功能				
显效	7(17.50)	15(37.50)	13(32.50)	23(57.50)
有效	19(47.50)	18(45.00)	19(47.50)	14(35.00)
无效	14(35.00)	7(17.50)	8(20.00)	3(7.50)
总有效	26(65.00)	33(82.50)	32(80.00)	37(92.50)
神经功能				
显效	6(15.00)	13(32.50)	10(25.00)	20(50.00)
有效	18(45.00)	19(47.50)	20(50.00)	15(37.50)
无效	16(40.00)	8(20.00)	10(25.00)	5(12.50)
总有效	24(60.00)	32(80.00)	30(75.00)	35(87.50)

3 讨 论

脑瘫患儿常伴随多方面障碍和继发性问题,导致其在行走、进食、吞咽和言语等方面受到不同程度影响^[16-17]。据报道,每 1 000 个新生儿中有 2~3 例会发生脑瘫,尽管医疗技术的进步提高了脑瘫患儿的生存率,但其带来的社会和经济负担也日益增加^[18-19]。因此,寻找更有效的治疗方法来改善脑瘫患儿的各项功能,具有重要的临床意义和社会价值。

本研究联合组吞咽功能、神经功能总有效率均高于 rTMS 组、HBO 组,且明显高于对照组($P<$

0.05),表明联合治疗效果优于单独治疗,与既往研究^[20-21]结果相似,分析原因考虑 rTMS 通过磁脉冲刺激大脑皮层,调节神经元兴奋性,促进受损神经元的修复和连接,并诱导新的神经通路形成,同时抑制异常神经活动(如痉挛等),进一步改善患儿的运动和认知功能;而 HBO 可以明显提高血氧水平,从而增加脑组织氧供,为脑组织修复和再生提供充足的能量和原料,加速受损神经元的恢复,两者通过协同作用,改善患儿脑组织微环境,促进神经可塑性,最终取得优于单独治疗的效果^[22-23]。张燕等^[24]研究提出,高频 rTMS 联合 HBO 治疗可有效改善卒中后吞咽困难,本研究结果与其相似,治疗后 4、8 周 4 组 WST 评分较治疗前降低,且联合组低于其他 3 组,DOSS 评分较治疗前升高,且联合组高于其他 3 组,表明联合治疗可明显改善脑瘫患儿的吞咽功能。本研究中 rTMS 通过刺激患儿左侧运动皮层咽喉部代表区,增强神经活动,提高神经元活动效率,从而促进吞咽相关肌肉的运动功能恢复和控制能力,同时 HBO 促进肌肉组织的修复和再生,增强吞咽相关肌肉的力量和耐力,两者协同作用加速吞咽功能的恢复^[25-26]。

此外,本研究还发现,治疗后 4、8 周 4 组 GMFM-88 评分、GDS 评分较治疗前均明显升高,且联合组高于其他 3 组,表明 rTMS 联合 HBO 治疗可以改善患儿的粗大运动功能及神经发育水平,这与 rTMS 和 HBO 可以促进大脑皮层的整体功能恢复有关,HBO 改善脑组织氧供并减轻炎症,为 rTMS 诱导神经可塑性创造了良好的微环境,从而增强其对运动皮层及认知、语言等相关脑区的刺激效果^[27-29]。但这与既往研究^[30-31]结果存在差异,如单独 rTMS 或 HBO 治疗也

可以改善脑瘫患儿的某些功能,可能与研究对象、治疗方案、评估方法等方面的差异有关。

综上所述,rTMS 联合 HBO 治疗可有效改善脑瘫患儿的吞咽功能和神经功能,效果优于单独治疗,可以作为脑瘫患儿康复治疗的一种新的选择。但本研究存在样本量较小及治疗时间较短的情况,具有一定局限性,或可影响结论准确性,后续应扩大样本量并延长治疗时间深入研究证实。

参考文献

- [1] DEVOL C R,SHRIVASTAV S R,LANDRUM V M, et al. Effects of spinal stimulation and short-burst treadmill training on gait biomechanics in children with cerebral palsy[J]. *Gait Posture*,2025,118(1):25-32.
- [2] 中华医学会儿科学分会康复学组,中国康复医学会物理治疗专委会. 儿童脑性瘫痪经颅磁刺激治疗专家共识[J]. *中华实用儿科临床杂志*,2022,37(5):333-337.
- [3] IBRAHIM A F,ELSEBAHY S Y,ALDHAHI M I, et al. Influence of oromotor functions on motor development and feeding outcomes in children with cerebral palsy [J]. *Ann Med*, 2025,57(1):2479587.
- [4] HASSANEIN S M A,SALEH H A,BASSIO-UNY S E, et al. Effect of oropharyngeal dysphagia and quality of life in children with cerebral palsy[J]. *QJM*,2024,117(2):175.
- [5] WANG N,LIU N,LIU S, et al. Effects of non-immersive virtual reality intervention on children with spastic cerebral palsy:a meta-analysis and systematic review[J]. *Am J Phys Med Rehabil*,2023,102(12):1130-1138.
- [6] SUN Y Y,WANG L,PENG J L, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function and language ability in cerebral palsy:a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Pediatr*,2023,11(1):835472.
- [7] HARCH P G,RHODES S. Acute and chronic central nervous system oxidative stress/toxicity during hyperbaric oxygen treatment of subacute and chronic neurological conditions [J]. *Front Neurol*,2024,15(1):1341562.
- [8] VELDEMA J,GHARABAGHI A. Non-invasive brain stimulation for improving gait, balance, and lower limbs motor function in stroke[J]. *J Neuroeng Rehabil*,2022,19(1):84.
- [9] BIN-ALAMER O,ABOU-AL-SHAAR H,EF-RATI S, et al. Hyperbaric oxygen therapy as a neuromodulatory technique;a review of the recent evidence[J]. *Front Neurol*,2024,15(1):1450134.
- [10] 齐飞,苏延玲,张慧. 高压氧联合重复经颅磁刺激治疗脑梗死后认知功能障碍患者的疗效及对血流动力学的影响[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*,2021,28(3):383-388.
- [11] 中国康复医学会儿童康复专业委员会,中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会,中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会,等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第二章:脑性瘫痪高危儿的评定与干预[J]. *中华实用儿科临床杂志*,2022,37(13):974-982.
- [12] 骆华,张丽曼,杜美茹,等. “启闭利咽”针刺法配合导尿管球囊扩张术治疗脑梗死环咽肌失弛缓症所致吞咽障碍疗效观察[J]. *现代中西医结合杂志*,2020,29(29):3231-3235.
- [13] KAMARUNAS E,MULHEREN R,WONG S M, et al. The feasibility of home-based treatment using vibratory stimulation in chronic severe dysphagia[J]. *Am J Speech Lang Pathol*, 2022,31(6):2539-2556.
- [14] RYU J S,SUH J H. Optimal frequency of physical therapy in young children with cerebral palsy:a retrospective pilot study[J]. *Dev Neurorehabil*,2023,26(1):37-43.
- [15] GE D,WEI H,WANG Y, et al. Effectiveness of caregiver-mediated intervention: a pilot study for children with neurodevelopmental disorders [J]. *Prim Health Care Res Dev*,2022,23(1):e63.
- [16] PLOTAS P,PAPADOPOULOS A,APOSTOLLELLI E M, et al. Effects of hippotherapy on motor function of children with cerebral palsy: a systematic review study[J]. *Ital J Pediatr*, 2024,50(1):188.
- [17] CAI X,QIN Y,LIU C, et al. High-calorie, whole protein/peptide nutritional formulations for children with cerebral palsy: a retrospective clinical study[J]. *Am J Transl Res*,2024,16(7):3171-3181.
- [18] 申亚丽,屈福祥,王成举,等. 基于婴儿运动表现测试的脑瘫患儿早期运动表现特点分析[J]. *陆军军医大学学报*,2024,46(6):515-521.
- [19] NAAZ F,NAYAK B P,PANIGRAHI S, et al. Psychosocial and economic burden on families of children with cerebral palsy: a correlation with locomotor severity[J]. *Cureus*, 2025,17

(1):e76794.

- [20] FAN T, WEI H, DAI J, et al. Repeated transcranial magnetic stimulation combined with action observation training in children with spastic cerebral palsy[J]. J Vis Exp, 2024, 210(1):39185889.
- [21] 李萌, 徐红强, 王锐, 等. 高压氧联合经颅磁刺激治疗一氧化碳中毒迟发性脑病的疗效观察[J]. 工业卫生与职业病, 2024, 50(5):447-451.
- [22] ZHANG Y, ZHONG M, PENG T, et al. Non-invasive brain stimulation for upper extremity dysfunction in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis[J]. Transl Pediatr, 2025, 14(2):262-285.
- [23] WANG B Q, HE M, WANG Y, et al. Hyperbaric oxygen ameliorates neuronal injury and neurological function recovery in rats with intracerebral hemorrhage by silencing microRNA-204-5p-targeted chloride channel protein 3 [J]. J Physiol Pharmacol, 2023, 74(3):347-354.
- [24] 张燕, 杜程程, 白亮亭, 等. 高压氧联合高频重复经颅磁刺激治疗脑卒中后吞咽障碍 47 例疗效观察[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2025, 32(1):1-5.
- [25] MUFTI A, GULATI S, KOCHHAR K P, et al. Novel therapeutic strategies of non-invasive brain stimulation and nanomedicine in pediatric cerebral palsy patients[J]. Neurol India, 2024, 72(2):248-257.
- [26] SUEN N H, PYO C H, PARK H K, et al. The efficacy of hyperbaric oxygen therapy for skin perfusion following peripheral tissue injury due to usage of inotropes and vasopressors: a case report[J]. Clin Exp Emerg Med, 2024, 11(4):387-391.
- [27] 陈冬艳, 齐金芳, 王利勇, 等. 高频重复经颅磁刺激联合高压氧对颅脑损伤后昏迷患者预后、意识障碍程度及血清 AQP-1 水平的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(10):1086-1090.
- [28] ROSENSTOCK T, SCHNEIDER H, NEYMEYER M L, et al. Analysis of bihemispheric language function in pediatric neurosurgical patients using repetitive navigated transcranial magnetic stimulation[J]. J Neurosurg Pediatr, 2024, 34(1):19-29.
- [29] YANG Y, CHANG Y Q, XU N, et al. Effect of scalp acupuncture combined with low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on brain function of pediatric patients with spastic cerebral palsy [J]. JRRAS, 2023, 16(3):100605.
- [30] HE Y, ZHANG Q, MA T T, et al. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation-assisted training on lower limb motor function in children with hemiplegic cerebral palsy [J]. BMC Pediatr, 2024, 24(1):136.
- [31] KHALIL M E, ABDEL GHAFAR M A, ABDELRAOUF O R, et al. Long-term effect of hyperbaric oxygen therapy on gait and functional balance skills in cerebral palsy children-a randomized clinical trial[J]. Children, 2023, 10(2):394.

(收稿日期:2025-02-20 修回日期:2025-07-11)

(编辑:袁皓伟)

(上接第 2736 页)

- [21] 李友, 唐林峰, 杜伟伟, 等. 皮瓣联合掌长肌腱折叠单排三点式固定治疗指背侧创面伴锤状指畸形的临床效果观察[J/CD]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2024, 19(6):485-490.
- [22] 朱美红, 包红静, 陈林林, 等. 基于镜像神经元理论的手-脑感知及手-脑运动训练对脑卒中后上肢功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2024, 46(10):887-892.
- [23] 陈超, 张旭, 王斌, 等. 带双侧指掌侧固有神经背侧支的指背皮瓣修复手指掌侧软组织缺损[J]. 中华显微外科杂志, 2021, 44(5):483-486.
- [24] 石定, 刘宗义, 荣向科, 等. 拇指桡背侧皮神经营养血管皮瓣修复指背软组织缺损[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2024, 39(9):1001-1003.
- [25] ZHANG Y, ZHOU J, QIN J. Clinical effects of homodigital dorsal branch of the proper digital artery flap on repairing soft tissue defects of fingers[J]. J Plast Surg Hand Surg, 2023, 58:18-23.

(收稿日期:2025-02-15 修回日期:2025-07-19)

(编辑:袁皓伟)