

·综述·

重复外周磁刺激治疗慢性肌骨疼痛的研究进展*

潘佳欣^{1,2,3} 贾延兵^{2,3,4} 刘晓艳^{2,3,4} 沈 蓁⁵ 管廷凤⁶ 刘 浩^{2,3,4,7}

疼痛是临床常见的症状,国际疼痛学会将其定义为一种与实际或潜在的组织损伤相关的不愉快的感觉和情绪情感体验,或与此相似的经历^[1]。慢性疼痛是指持续存在3个月或以上的疼痛^[2]。世界卫生组织(World Health Organization)在2018年最新国际疾病分类(International Classification of Diseases, ICD-11)中将持续或者反复发作超过3个月的疼痛作为慢性疼痛纳入独立的疾病分类,其中慢性肌骨疼痛(chronic musculoskeletal pain, CMP)分为原发性和继发性两种类型^[2]。此外,根据疼痛部位CMP还可分为骨骼疼痛、关节疼痛、肌肉疼痛、肌腱和韧带疼痛、脊柱源性疼痛及多部位疼痛等。据调查显示,全球有17.1亿人患有CMP,约占人口总数的20%—33%^[3]。较为常见的CMP有腰痛、颈痛、髋关节和膝关节骨关节炎导致的疼痛以及纤维肌痛等^[3]。CMP的发病机制较为复杂,受生理、心理和社会等多种因素的影响,可能的机制主要包括炎症反应、纤维化、神经递质大量释放和神经免疫异常改变、外周敏化和中枢敏化等^[4-5]。机体受到伤害刺激后,会导致组织和全身炎症细胞活性升高和外周疼痛感受器的敏化^[4]。机体的伤害性刺激被A δ 和c纤维感受到后,传至脊髓,再传至丘脑,最终由大脑某一特定区域感知并定位疼痛,造成中枢敏化^[4-5]。有研究表明,疼痛的持续产生也会带来大脑皮层的兴奋性发生改变。研究报道慢性疼痛患者皮质运动兴奋性显著增高,疼痛程度与皮质运动兴奋性正相关^[6]。Salerno等^[7]研究发现,慢性纤维肌痛患者的静息运动阈值(resting motor threshold, rMT)增加,皮质静息期(cortical silent period)缩短,皮质内抑制(intracortical inhibition)和皮质内促进(intracortical facilitation)减少。受到疼痛的影响,患者还会出现身体功能下降、功能活动受限和精神心理健康状态下降^[3],这些使得患者生活质量进一步降低。此外,慢性疼痛患者伴有的运动系统功能障碍和中枢神经系统的适应性变化,这些往往造成患者肌肉无力^[8-9]、运动控制能力差^[10-11]、异常的肌肉激活模式^[12-13]等。

磁刺激是基于电磁感应原理,在线圈下形成脉冲磁场,

磁场穿过皮肤产生局部感应电场,继而产生一系列的生理效应。由于皮肤、脂肪等组织导电性较低,磁场在穿过皮肤的时候,几乎不会刺激疼痛感受器而引起患者不适。重复外周磁刺激(repetitive peripheral magnetic stimulation, rPMS)是将磁刺激作用于外周神经肌肉,来改善功能、缓解疼痛的一种治疗方法。目前,已有将rPMS应用于腰痛、膝关节炎、肌筋膜疼痛综合征等疾患的临床研究^[13-15],显示出rPMS对治疗慢性肌骨疼痛的巨大潜力。本文作者检索了rPMS治疗CMP方面的相关研究,并围绕rPMS治疗慢性肌骨疼痛方面的有关临床效果、作用机制和治疗参数等做一综述。

1 rPMS在CMP中的应用

1.1 慢性腰痛

在慢性肌骨疼痛中,慢性腰痛发生率最高,占成年人慢性疼痛的30%—40%^[16]。国内外研究显示应用不同方案的rPMS结合核心肌群训练对治疗慢性腰痛有较好疗效。Masse-Alarie等^[17]将13例病程超过1年的慢性腰痛患者分为两个组,在腹横肌运动训练之前,分别给予试验组和对照组10min的rPMS和伪刺激。研究人员利用“8”字形线圈,刺激患者腹横肌,磁刺激采用间歇性Theta爆发刺激(intermittent Theta burststimulation, iTBS)模式,持续2s,间歇8s,共1880个脉冲,刺激强度为33%的设备最大输出,而伪刺激仅给予5%的最大输出刺激强度。治疗前后使用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评估疼痛程度,用Quebec腰痛障碍评分量表(Quebec back pain disability scale)和Tampa运动恐惧量表(Tampa scale for kinesiophobia)评估患者功能情况和运动恐惧。试验结果显示,单次的rPMS结合核心肌群的运动训练比单纯运动训练更能够缓解患者背痛的程度,改善患者的功能和运动恐惧情况。随后,Masse-Alarie团队将rPMS结合多裂肌运动训练治疗慢性腰痛^[18],与上述研究不同的是这次rPMS选择应用“8”字形线圈施加频率20Hz的常规重复刺激模式刺激L4—L5水平的多裂肌,每

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.02.024

*基金项目:山东省重大科技创新工程项目(2019TSLH0410);潍坊医学院科研创新计划项目(2023BKQ001);国家重点研发计划(2022YFC3601401)

1 赣南医学院康复学院,江西省赣州市,341000; 2 潍坊医学院康复医学院; 3 潍坊医学院智能康复研究院; 4 潍坊市脑康复与功能重塑重点实验室; 5 潍坊医学院附属医院; 6 潍坊医学院第一附属医院; 7 通讯作者

第一作者简介:潘佳欣,女,硕士研究生; 收稿日期:2023-06-20

刺激序列持续10s,间歇30s,每次共6000个脉冲,刺激强度为35%—40%的设备最大输出。结果显示相较于应用伪刺激的对照组,多次的rPMS结合多裂肌的运动训练对缓解腰痛,改善患者的功能和运动恐惧具有优势,并且作用持久^[18]。同时,经颅磁刺激和肌电图评估结果显示患者的运动皮质兴奋性增高,多裂肌激活时间和程度增加。作者推测这些主要是由于rPMS激活腰部核心肌群,调整了患者异常的姿势模式,从而较好地改善慢性腰痛的患者疼痛程度和功能障碍。在国内,郝淑燕等^[13]将43例患有慢性非特异性腰痛的患者,分为试验组和对照组。每位患者在接受常规理疗的基础上,试验组患者增加核心稳定训练和rPMS,对照组患者增加核心稳定训练和伪刺激。rPMS选用“8”字型线圈刺激患者右侧腹横肌/腹内斜肌,脉冲频率10Hz,刺激2s间歇8s,共1200个脉冲,10min,强度为30%—45%的最大输出。伪刺激选用相同的治疗参数,治疗强度为5%最大输出。每位患者分别在治疗前、治疗4周后进行VAS、ODI以及改良感觉整合平衡测试。结果显示,治疗后两组VAS、ODI评分均显著低于治疗前,但仅试验组在不同体位下重心摆动速度显著改善,且各项指标改善程度试验组均优于对照组。因此,rPMS结合核心稳定训练能够显著改善慢性腰痛患者的临床疗效及复杂环境下的姿势控制能力。另外,研究显示rPMS相较某些常规的方法对治疗慢性腰痛更有优势。Kim等^[19]招募腰部功能障碍指数(韩国版)(Korean Oswestry disability index, KODI)评分大于5分的慢性腰痛的患者,试验组和对照组分别在热疗的基础上应用疼痛部位rPMS和干扰电治疗,4周的治疗结束后试验组的VAS和KODI评分均显著下降,而对照组的疼痛程度及功能情况无显著变化。这提示对于慢性腰痛患者,rPMS可能比干扰电对于缓解疼痛和提高功能更有效。根据以上国内外研究,应用rPMS结合运动训练较单纯的运动训练能更有效的缓解腰背部的疼痛,改善患者的运动控制;而相较于目前临床常用的治疗方法如干扰电治疗,rPMS有可能有更佳的疗效,因此,在临床上具有较好的应用前景。

1.2 肌筋膜疼痛综合征

肌筋膜疼痛综合征(myofascial pain syndrome, MPS)属于临床常见的一类慢性肌骨疼痛,以激痛点的出现为主要特征。患者通常会有局部明显疼痛和牵涉痛,同时疼痛会导致患者产生肌无力和功能障碍^[20]。已有少量的研究显示应用rPMS治疗MPS可取得满意的临床效果^[15,21]。Smania等^[15]将18例病程超过6个月的颈部肌筋膜疼痛综合征的患者随机分为试验组和对照组,两组分别接受为期两周共10次的rPMS和安慰剂治疗。rPMS采用频率20Hz,刺激5s,间歇25s,每次20min共4000个脉冲作用于斜方肌上部的激痛点,治疗强度为患者耐受强度。作为对照的安慰剂治疗则为无

输出的超声治疗。研究人员分别在治疗前、后,治疗结束1周及1个月后应用VAS,颈痛与障碍视觉模拟评分量表(neck pain and disability visual analogue scale, NPDVAS),痛觉阈值和关节活动度等指标对患者的疼痛及功能情况进行评估。结果显示相对于对照组,rPMS在改善颈部疼痛和关节活动度方面有较好的即时和延后的治疗效果。另外一项来源于该团队的研究^[21]比较rPMS与TENS(transcutaneous electrical nerve stimulation)治疗MPS的效果。研究将53例上斜方肌MPS的患者随机分为rPMS组,TENS组和安慰剂组。rPMS组和安慰剂组采用与上一研究相同的治疗方案,治疗10次。TENS组则接受10次激痛点部位的经皮电刺激治疗。研究人员采用相同的评估指标分别在治疗前、后以及治疗结束1个月和3个月进行评估。结果显示治疗结束时,rPMS组在NPVDAS、痛觉阈值和颈椎对侧旋转方面有显著改善。这种改善在治疗后1个月和3个月也持续存在。而TENS组除痛觉阈值外,其他指标在治疗结束时也有显著改善,但在治疗结束1个月的随访中,除NPVDAS外,所有结局指标的改善均恢复到非显著水平,而在治疗结束3个月, TENS组在各项指标中均未见显著效果。安慰剂组则在整个研究过程中任何评估指标都没有明显改善。基于这样的研究结果,该研究团队强烈推荐,从中、长期的疗效上看,rPMS可能比TENS更有效地治疗MPS^[21]。本文作者认为,相较于电刺激,磁场穿透力更强,能够无痛无创的穿透皮肤,到达深部的组织结构,从而能起到更好的镇痛效果。另一方面,rPMS通过诱导有节律的肌肉收缩和震动,有利于肌肉放松增加局部肌肉的血液循环,缓解MPS患者持续出现的紧绷带和激痛点^[22-23];而疼痛的缓解有利于功能活动的改善,进一步加速了异常组织的修复^[15,21]。因此,尽管rPMS应用于MPS患者的研究仍然较少,但从理论上以及现有的研究结果来说,rPMS仍不失为临床上治疗MPS的一种潜在的手段。

1.3 膝关节疼痛

Lee等^[14]将20例膝关节炎伴有膝痛的患者随机分为两个组(干预前VAS平均评分试验组5.5分和对照组6分),在热疗、膝关节活动度和肌力训练的基础上,试验组和对照组分别接受每日1次,每周5次,连续4周的rPMS和干扰电治疗。试验组应用圆形线圈平行放置于膝关节表面,采用20Hz的磁刺激脉冲,刺激10min,磁刺激输出强度逐步增加感到舒适的强度为止。结果4周治疗结束后试验组和对照组膝关节炎患者的疼痛和功能均有明显改善,但是在VAS评估结果中试验组治疗效果更明显,而功能指标的改善如5次坐立测试(five times sit to stand test)和安大略麦克马斯特大学骨关节炎指数(Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index)的结果两组无差异。Kouloulas^[24]将30例膝关节挛缩伴有疼痛的患者(25例因外伤,5例因膝关

节炎)随机分为试验组和对照组。试验组应用75Hz磁刺激作用于患者膝关节疼痛的部位10min,共给予每位患者6次治疗。而对照组患者接受等量的超声波治疗。治疗前后,对患者进行VAS、日常生活活动能力和ROM评估。该研究发现治疗后两组患者的所有指标均有改善,特别是关节活动度和疼痛方面,且试验组治疗效果优于对照组。这些研究初步显示相对于其他常规的物理因子治疗,多次的rPMS对于膝关节部位的疼痛有更好的潜在治疗效果。

1.4 其他部位疼痛

Pujol等^[25]将30例冈上肌腱损伤、肱骨外上髁炎、尺神经卡压综合征、腕管综合征等慢性局部肌肉骨骼疼痛患者随机分为rPMS组和伪刺激组,rPMS组应用20Hz能引起肌肉收缩但可耐受的脉冲,刺激5s,间歇25s,给予疼痛区域40min的连续磁刺激。单次治疗后伪刺激组的疼痛缓解率为14%,而rPMS组则达59%,且效果能够维持1周。但由于此研究所纳入的受试者具有各种不同的诊断,因此,其结果并不适合推广至某一特定的慢性肌骨疼痛情况。Panathoop等^[26]对rPMS治疗腕管综合征(carpal tunnel syndrome, CTS)的效果进行研究。研究人员将24例经电诊断确诊平均病程为3.5个月的轻度或中度CTS的患者随机分为试验组和对照组,两组患者均接受包括行为管理宣教、手指活动练习和维生素补充等常规治疗,而试验组额外接受持续2周共5次的rPMS治疗。rPMS应用频率为10Hz,刺激1s,间歇5s,持续10min,共1000个脉冲的治疗方案。刺激强度是选用的比阈上刺激高10%的刺激强度。在干预前和2周结束时,对每位患者进行波士顿腕管问卷(Boston carpal tunnel questionnaire)、握力和肌电图检查。结果显示rPMS组在疼痛、功能程度和握力方面均较干预前有显著改善,同时感觉神经动作电位(sensor nerve action potential)振幅显著增加,而对照组的这些指标干预前后差异无显著性意义。尽管这些指标的变化在组间比较并不具有显著性差异,但该研究也显示出rPMS治疗CTS患者的潜在效果。然而,由于以上研究存在样本异质性较高或样本量较小的情况,因此rPMS在其他特异性慢性肌骨疼痛中的确切疗效尚有待进一步的深入研究。

2 rPMS治疗CMP的作用机制

目前,对于rPMS缓解慢性肌骨疼痛的相关研究数量相对有限,其起作用的机制也并不完全清楚,其中可能的机制与rPMS所产生的外周和诱导的中枢的生理效应有关。首先,磁刺激利用一定强度的时变脉冲磁场刺激局部组织,因此在刺激部位产生的电磁场会引发一定的局部效应。这些局部效应主要表现在电磁场会对细胞生长产生一定的影响。一些研究报道了脉冲磁场能够减少促炎细胞因子、增加软骨细胞增殖和细胞外基质生成。这些机制可能是减轻疼

痛,改善功能的原因之一^[27]。一项脉冲磁场对成骨样细胞反应的研究中,Lohmann等^[28]将人MG63成骨样细胞暴露在15Hz的脉冲磁场下培养,并研究磁场对成骨细胞的影响及其机制。磁刺激组在第1、第2和第4天进行每次持续8h的磁场干预。对照组在相同的环境下培养,但是不接受脉冲磁场干预。相比于对照组,应用磁刺激干预后发现细胞增殖减少,同时碱性磷酸酶特异性活性、胶原合成和骨钙素产生增加。此外,磁刺激组前列腺素E2在第1天和第2天显著降低,而转化生长因子- β 升高,而在治疗4天后,这两种物质的水平与对照组相似。该试验结果表明,成骨细胞对脉冲磁场刺激敏感,能够改变局部因子的产生从而影响细胞的活性。另外,磁刺激所产生的局部效应也可能表现为局部血流和软组织特性的改变。Okudera等^[29]采用单臂前后干预研究利用20Hz,120%rMT刺激强度共600脉冲刺激正常人非利手的桡神经,干预前后利用超声剪切波成像系统评估rPMS对受试者的肌肉弹性和刺激侧头静脉的血流的影响。结果显示rPMS能够使肌肉组织硬度明显减小,而局部静脉血流量显著增加,且这些改变至少维持15min以上。因此,研究人员认为将rPMS应用于外周肌肉,诱导节律性的肌肉收缩和舒张能够增加局部血流量,加速炎症因子的代谢,缓解肌肉的持续紧张,打破疼痛和组织的异常化的恶性循环,从而对慢性肌骨疼痛起到较好的治疗效果^[15,21,29-30]。其次,外周磁刺激作用于局部肌肉时,会直接激活感觉运动神经纤维,并通过产生肌肉收缩、振动间接兴奋机械感受器^[22]。而传导这些由rPMS间接或直接兴奋的本体和机械感受器等传入信号的传导速度较快的粗纤维,能够“阻断”传导痛觉的A δ 和c型等细纤维,进而阻止外周的疼痛信号传入大脑,这就是我们通常说的“闸门控制学说(gate control theory)”。

rPMS的镇痛机制除了引起外周神经肌肉的变化外,还会触发中枢疼痛调节机制。rPMS诱导的皮质效应会迅速激活下行止痛通路和脊髓抑制机制,抑制脊髓中与伤害性刺激相关的神经细胞^[31]。此外,rPMS的中枢镇痛机制还与其诱导的皮层可塑性有关。慢性肌骨疼痛患者,由于疼痛长期持续影响皮层兴奋性异于常人,而rPMS诱导皮层可塑性变化是改善慢性疼痛患者可能的机制。Gallasch等^[32]发现利用25Hz的脉冲磁刺激刺激健康受试者桡侧腕屈肌20min,刺激对侧大脑皮层运动诱发电位大幅增加,且功能磁共振成像显示刺激对侧感觉运动皮层内有短时间的局灶性激活,表现为刺激后感觉运动皮层血氧依赖水平显著增加。Jia等^[33]采用20Hz,刺激2s,间歇8s,共2400脉冲刺激正常人非利手的正中神经10min后,刺激侧拇短展肌的MEP募集曲线的斜率和MEP波幅峰值显著增加,同时伴随着刺激侧上肢的灵活性的提高。rPMS能够调节大脑皮层的兴奋性和提高运动表现的相关研究结果,也为rPMS所诱导中枢效应是治疗CMP的

机制之一提供了循证依据。

3 rPMS 治疗 CMP 的方案

临床上应用 rPMS 方案治疗 CMP 时涉及的参数众多,不一样的治疗参数带来不同的治疗效果,所以选择合适的治疗参数才能为患者提供最好的治疗效果。在应用 rPMS 过程中,磁刺激脉冲是通过线圈施加于治疗部位的。在既往研究中,用于治疗外周肌肉骨骼疼痛的线圈主要有“8”字形线圈和圆形线圈。“8”字形线圈有良好的聚焦性,能够实现某个精确部位如激痛点^[15,21]的密集刺激,但是刺激的深度有限,通常用于刺激疼痛部位或相对表浅的肌肉或神经^[34-35];而圆形线圈刺激范围大而深,常用来刺激如神经根、脊柱周围核心肌群这些更深层的组织^[36]或背部等^[31]大面积的肌肉。另外,也有个别研究应用特殊的异形线圈,如用于治疗 CTS 的赛道型线圈^[26],这需要使用人员根据疼痛部位的结构和外形选择确定。

一般而言,当磁刺激用于刺激大脑即经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation)时,会产生高频兴奋、低频抑

制的效应^[37]。但当将磁刺激应用于外周肢体,目前并没有确切的资料显示 rPMS 会产生与重复经颅磁刺激类似的频率依赖性效应。在现有的研究中,20Hz 以上的频率是最常见的用于治疗慢性肌骨疼痛的刺激频率^[14-15,17-19,25]。rPMS 方案中刺激序列时程和序列间歇也是一个重要的治疗参数,不同的研究团队在这个参数上会有一些差别。回顾已有的研究,除了应用 TBS 中固定的 2s:8s 刺激序列模式之外^[13,17],采用常规重复外周磁刺激方案的研究较多使用 5s 的刺激序列时程^[14-15,17,19,21,25],同时大部分的研究都采用序列时程小于序列间歇的方案^[15,17-18,21,25],这可能是为了避免线圈过热以及患者肌肉长时间的收缩造成疲劳等。但是也有研究使用序列时程大于序列间歇的方案,如 Kim 等人^[14]和 Lee 等^[19]的实验团队使用 5:2 比例来治疗患者膝部和腰背部疼痛点。另一个值得注意的参数是 rPMS 的刺激强度。大多数研究中采用能引起肌肉收缩但不会产生不适的强度输出^[13-15,19,25],但是也有研究选择固定磁刺激强度如 33% 设备最大输出^[17]作为刺激强度。有关于以上研究中所使用的 rPMS 方案的具体参数见表 1。

表 1 重复外周磁刺激(rPMS)治疗不同类型慢性肌骨疼痛(CMP)的参数

研究及受试者类型	rPMS 方案参数					
	线圈	频率(Hz)	序列时程(s)/ 序列间歇(s)	刺激时长 (min)	脉冲数	刺激靶点
Pujol 1998,局部肌肉骨骼疼痛	8 字形和圆形	20	5s/25s	40	8000	疼痛点
Smania 2003,肌筋膜疼痛综合征	8 字形和圆形	20	5s/25s	20	4000	激痛点
Smania 2005,肌筋膜疼痛综合征	8 字形和圆形	20	5s/25s	20	4000	激痛点
Masse'-Alarie 2013,慢性腰痛	8 字型	iTBS(3@50Hz 以 5Hz 发放)	2s/8s	10	1880	腰部核心肌
郝淑燕 2015,慢性腰痛	8 字型	10	2s/8s	10	1200	腰部核心肌
Kouloulas 2016,膝关节疼痛	圆形	75	-	10	-	疼痛点
Masse'-Alarie 2017,慢性腰痛	8 字型	20	10s/30s	20	6000	腰部核心肌
Kim 2021,慢性腰痛	圆形	20	5s/2s	10	1400	疼痛点
Lee 2021,膝关节炎	圆形	20	5s/2s	10	1400	疼痛点
Panathoop 2023,腕管综合征	赛道型	10	1s/5s	10	1000	前臂腕部

对于 rPMS 治疗慢性肌骨疼痛的患者,尚缺少足够的循证医学证据支持哪些参数设置是最佳的刺激方案,对于不同 rPMS 刺激方案的效果差异还有待于更进一步深入的研究。但是通过作者综合以上文献中的信息可以得到以下几点关于临床应用 rPMS 参数方面的提示:首先,采用较高的刺激频率对治疗 CMP 相对有效,其中已有的研究方案中以 20Hz 最为常见;其次,在线圈类型的选择上应对线圈的作用深度和广度,以及疼痛的部位进行综合的考虑,来判断适合的线圈种类;最后,rPMS 在外周应用时,通常选用疼痛部位或疼痛点作为刺激靶点。

4 小结

rPMS 是一种新兴的康复治疗技术,具有安全无痛的优势,在临床上有着良好的应用前景。目前的研究发现 rPMS

能够降低 CMP 患者的疼痛程度,改善患者的功能活动。但是现有的研究数量较少,研究质量不佳,其起作用的机制目前尚不完全清楚,可能与 rPMS 所产生的外周和中枢效应有关。此外,rPMS 涉及的参数多种多样,针对不同组合的作用差别以及疗效尚有待进一步研究,尤其是针对不同类型的慢性肌肉骨骼疼痛的最佳刺激方案需要更多大样本量、多中心的随机对照研究来明确。

参考文献

[1] Raja SN, Carr DB, Cohen M, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises[J]. Pain, 2020, 161 (9):1976-1982.

[2] Treede RD, Rief W, Barke A, et al. Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP Classification of Chronic

- Pain for the International Classification of Diseases (ICD—11) [J]. *Pain*, 2019, 160(1):19—27.
- [3] Cieza A, Causey K, Kamenov K, et al. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet*, 2021, 396(10267):2006—2017.
- [4] Puntillo F, Giglio M, Paladini A, et al. Pathophysiology of musculoskeletal pain: a narrative review[J]. *Ther Adv Musculoskelet Dis*, 2021;13:1759720X21995067.
- [5] Roldán-Jiménez C, Pérez-Cruzado D, Neblett R, et al. Central sensitization in chronic musculoskeletal pain disorders in different populations: a cross-sectional study[J]. *Pain Med*, 2020, 21(11):2958—2963.
- [6] Pelletier R, Higgins J, Bourbonnais D. The relationship of corticospinal excitability with pain, motor performance and disability in subjects with chronic wrist/hand pain[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2017, 34:65—71.
- [7] Salerno A, Thomas E, Olive P, et al. Motor cortical dysfunction disclosed by single and double magnetic stimulation in patients with fibromyalgia[J]. *Clin Neurophysiol*, 2000, 111(6):994—1001.
- [8] Watson NF, Buchwald D, Goldberg J, et al. Neurologic signs and symptoms in fibromyalgia[J]. *Arthritis Rheum*, 2009, 60(9):2839—2844.
- [9] Carroll M, Ellis R, Kohut S, et al. Associations between gluteus medius trigger points with hip passive range of movement and muscle strength in adults with chronic nonspecific low back pain: a cross-sectional study[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2022, 45(9):641—651.
- [10] Bank PJ, van Rooijen DE, Marinus J, et al. Force modulation deficits in complex regional pain syndrome: a potential role for impaired sense of force production[J]. *Eur J Pain*, 2014, 18(7):1013—1023.
- [11] Ghazwan A, Wilson C, Holt CA, et al. Knee osteoarthritis alters peri-articular knee muscle strategies during gait[J]. *PLoS One*, 2022, 17(1):e0262798.
- [12] Saito H, Yokoyama H, Sasaki A, et al. Muscle synergy patterns as altered coordination strategies in individuals with chronic low back pain: a cross-sectional study[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2023, 20(1):69.
- [13] 郝淑燕, 王丛笑, 宋德军, 等. 重复周围磁刺激治疗慢性非特异性腰痛的临床效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21(10):1218—1221.
- [14] Lee DY, Nam SM. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation and exercise on pain, leg muscle strength, and WOMAC index in knee osteoarthritis patients[J]. *Journal of Magnetism*, 2021, 26(3):341—346.
- [15] Smania N, Corato E, Fiaschi A, et al. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome[J]. *J Neurol*, 2005, 252(3):307—314.
- [16] Briggs AM, Woolf AD, Dreinhöfer K, et al. Reducing the global burden of musculoskeletal conditions[J]. *Bull World Health Organ*, 2018, 96(5):366—368.
- [17] Masse-Alarie H, Flamand VH, Moffet H, et al. Peripheral neurostimulation and specific motor training of deep abdominal muscles improve postural motor control in chronic low back pain[J]. *Clin J Pain*, 2013, 29(9):814—823.
- [18] Masse-Alarie H, Beaulieu LD, Preuss R, et al. Repetitive peripheral magnetic neurostimulation of multifidus muscles combined with motor training influences spine motor control and chronic low back pain[J]. *Clin Neurophysiol*, 2017, 128(3):442—453.
- [19] Kim SG, Nam SM. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on pain, disability, and quality of life in chronic low back pain patients[J]. *Journal of Magnetism*, 2021, 26(1), 111—115.
- [20] Shah JP, Thaker N, Heimur J, et al. Myofascial trigger points then and now: ahistorical and scientific perspective [J]. *PM R*, 2015, 7(7):746—761.
- [21] Smania N, Corato E, Fiaschi A, et al. Therapeutic effects of peripheral repetitive magnetic stimulation on myofascial pain syndrome[J]. *Clin Neurophysiol*, 2003, 114(2):350—358.
- [22] Struppler A, Angerer B, Gündisch C, et al. Modulatory effect of repetitive peripheral magnetic stimulation on skeletal muscle tone in healthy subjects: stabilization of the elbow joint[J]. *Exp Brain Res*, 2004, 157(1):59—66.
- [23] Suzuki K, Ito T, Okada Y, et al. Preventive effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on muscle atrophy in the paretic lower limb of acute stroke patients: pilot study[J]. *Prog Rehabil Med*, 2020, 5:20200008.
- [24] Kouloulas EJ. Peripheral application of repetitive pulse magnetic stimulation on joint contracture for mobility restoration: controlled randomized study[J]. *International Journal of Physiotherapy*, 2016, 3(5):569—574.
- [25] Pujol J, Pascual-Leone A, Dolz C, et al. The effect of repetitive magnetic stimulation on localized musculoskeletal pain[J]. *Neuro report*, 1998, 9(8): 1745—1748.
- [26] Panathoop A, Saengsuwan J, Vichiansiri R. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation vs. conventional therapy in the management of carpal tunnel syndrome: a pilot randomized controlled trial[J]. *Peer J*, 2023, 11: e15398.
- [27] Bachl N, Ruoff G, Wessner B, et al. Electromagnetic interventions in musculoskeletal disorders[J]. *Clin Sports Med*. 2008, 27(1):87—105.
- [28] Lohmann CH, Schwartz Z, Liu Y, et al. Pulsed electromagnetic field stimulation of MG63 osteoblast-like cells affects differentiation and local factor production[J]. *J Orthop Res*, 2000, 18(4):637—646.
- [29] Okudera Y, Yoshihiko T, Sato M, et al. The impact of high-frequency magnetic stimulation of peripheral nerves: muscle hardness, venous blood flow, and motor function of upper extremity in healthy subjects[J]. *Biomedical Research*, 2015, 36(2):81—87.
- [30] Yambe T, Inoue A, Sekine K, et al. Effect of the alternative magnetic stimulation on peripheral circulation for regenerative medicine[J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2005, 59(S1):174—176.
- [31] Lim YH, Song JM, Choi EH, et al. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on patients with acute low

- back pain: a pilot study[J]. Ann Rehabil Med, 2018, 42(2):229—238.
- [32] Gallasch E, Christova M, Kunz A, et al. Modulation of sensorimotor cortex by repetitive peripheral magnetic stimulation[J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9:407.
- [33] Jia Y, Liu X, Wei J, et al. Modulation of the corticomotor excitability by repetitive peripheral magnetic stimulation on the median nerve in healthy subjects[J]. Front Neural Circuits, 2021, 15:616084.
- [34] Struppler A, Havel P, Müller-Barna P. Facilitation of skilled finger movements by repetitive peripheral magnetic stimulation (RPMS): A new approach in central paresis[J]. Neurorehabilitation, 2003, 18(1):69—82.
- [35] Struppler A, Binkofski F, Angerer B, et al. A fronto-parietal network is mediating improvement of motor function related to repetitive peripheral magnetic stimulation: A PET-H2O15 study[J]. Neuroimage, 2007, 36 (S2): T174—T186.
- [36] Krause P, Edrich T, Straube A. Lumbar repetitive magnetic stimulation reduces spastic tone increase of the lower limbs[J]. Spinal Cord, 2004, 42(2):67—72.
- [37] Jiang W, Wu Z, Wen L, et al. The Efficacy of high- or low-frequency transcranial magnetic stimulation in Alzheimer's disease patients with behavioral and psychological symptoms of dementia[J]. Adv Ther, 2022, 39(1):286—295.

·综述·

ICU患者早期康复评估工具的临床应用进展*

刘明月¹ 方芳^{1,2} 杨富¹

随着危重症康复医学的迅猛发展,重症监护室(intensive care unit, ICU)早期康复越来越受到人们的重视,研究表明^[1],早期康复能够预防和减少ICU获得性衰弱(intensive care unit acquired weakness, ICU-AW)、谵妄(delirium)、下肢深静脉血栓形成(deep venous thrombosis, DVT)等带来的相关损害,且在ICU的应用具有可行性、有效性与安全性^[2-3]。目前较多研究认为^[4-5],早期康复的起始时间应以病情相对稳定后尽早开展,故而在康复开始前对患者进行标准化的测量、评估与记录是早期康复至关重要的一步。通过评估提供针对性的康复干预,评价康复效果,把握康复进程,促进康复的临床实践,促使患者早日回归家庭。目前,国外对于ICU早期康复评估工具的研究较多,且多为契合ICU早期康复理念的特异性评估,而我国尚处于初步阶段,还未有统一的高质量评估工具的相关研究。本文就近年来ICU早期康复评估工具进行综述,以期开展相关研究提供参考。

1 早期康复评估工具的研究现状

康复评估基于《国际功能、残疾和健康分类》(international classification of functioning, disability and health, ICF)理念,聚焦于人体结构与功能、活动能力及参与能力,以患者为

中心,关注其身心状况,不断挖掘每一位患者的康复潜能。ICF是WHO于2001年颁布的用以描述健康及相关状况的理论框架和分类体系,其康复周期管理包括:“功能障碍诊断→评估→确立康复目标→评估与目标相关的功能障碍程度→制定方案→干预→再评价”^[6]。其中康复评估、评价贯穿始终。基于ICF^[7],ICU康复评估内容可包括肌肉质量、肌肉力量和身体功能,根据评估内容研发出具有针对性的评估工具。

肌肉质量是一种被动的非意志性结果测量,可以量化肌肉形态。测评工具包括超声、生物电阻抗频谱、人体测量学等。研究表明肌肉质量的测评可较为客观、准确地判断出患者的肌肉流失率^[8],但是由于其专科性较强,使用成本相对较高,不适用于医务人员日常操作。

肌肉力量是一种动态测量,可以提供患者损伤程度更详细的信息。测评工具包括握力、医学研究委员会评分(the Medical Research Council, MRC)、徒手肌力测试等,肌肉力量的测评^[8]可较为直观的显示出患者康复功能的改善,但不能转化为对功能能力的理解,如坐在床边保持姿势的能力,故不能指导康复方案的调整,且力量的测量多用于清醒的患者,在ICU中的应用存在一定局限。

身体功能是在早期康复中最常使用也最受关注的结局

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.02.025

*基金项目:上海市加强公共卫生体系建设三年行动计划(2020-2022年)(GWV-5)

1 上海市第一人民医院护理部,上海市,200080; 2 通讯作者

第一作者简介:刘明月,女,护师; 收稿日期:2021-12-24