

脑外伤患者的执行功能与社区融入的相关性分析

代菁¹ 郝克² 肖露³ 刘茂竹³ 肖少华³ 樊巍³

¹湖北省直属机关医院康复医学科/针灸科,武汉 430071; ²河南省工人龙门疗养院康复科,洛阳 471023; ³华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科,武汉 430030
通信作者:樊巍,Email: ot_fanwei@163.com

【摘要】 目的 调查脑外伤患者的执行功能与社区融入的关系,并探寻社区融入的主要影响因素。**方法** 横断面研究脑外伤患者 30 例,记录其性别、年龄、教育年限、昏迷天数、生活状态和移动能力,使用执行功能失常问卷(DEX)与威斯康星卡片分类测验(WCST)评估执行功能,社区融入问卷(CIQ)评估社区融入情况。通过相关性分析和多重线性回归分析一般资料、生活状态、移动能力分级和执行功能与 CIQ 各项得分的相关性和独立影响因素。**结果** CIQ 总分与 WCST-RP 评分($r = -0.47, P < 0.01$)、DEX 评分($r = -0.44, P < 0.01$)、WCST-RPE 评分($r = -0.41, P < 0.05$)呈负相关,与移动能力($r = 0.39, P < 0.05$)呈正相关,与生活状态存在显著相关性($P < 0.05$),执行功能(DEX 评分和 WCST-RP 评分)是社区融入的独立影响因素。CIQ 家庭融入得分与昏迷天数($r = -0.31, P < 0.05$)呈负相关,与生活状态存在显著相关性($P < 0.05$),生活状态和昏迷天数是 CIQ 家庭融入得分的独立影响因素。CIQ 社交融入得分与移动能力呈正相关($r = 0.61, P < 0.01$),与 DEX 评分($r = -0.39, P < 0.05$)、WCST-RP 评分($r = -0.67, P < 0.01$)和 WCST-RPE 评分($r = -0.52, P < 0.01$)呈负相关,WCST-RP 评分和移动能力是 CIQ 社交融入得分的独立影响因素。CIQ 生产活动融入得分与 DEX 评分($r = -0.58, P < 0.01$)、WCST-RP 评分($r = -0.42, P < 0.05$)和 WCST-RPE 评分($r = -0.38, P < 0.05$)呈负相关,执行功能(DEX 评分和 WCST-RP 评分)是 CIQ 生产活动融入得分的独立影响因素。**结论** 执行功能可独立影响社区融入,尤其在社交融入维度,执行功能有着至关重要的作用。

【关键词】 执行功能; 社区融入; 脑外伤

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.10.004

Executive function correlates with community integration after a traumatic brain injury

Dai Jing¹, Hao Ke², Xiao Lu³, Liu Maozhu³, Xiao Shaohu³, Fan Wei³

¹Department of Rehabilitation Medicine/Acupuncture, Directly Affiliated Hospital of the Hubei Provincial Government, Wuhan 430071, China; ²Department of Rehabilitation, Longmen Hospital of Henan Province Laborers, Luoyang 471023, China; ³Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Hospital of Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Corresponding author: Fan Wei, Email: ot_fanwei@163.com

【Abstract】 Objective To explore the relationship between executive functioning and community integration after a traumatic brain injury and to identify the main factors influencing community integration. **Methods** A cross-sectional study of 30 traumatic brain injury survivors was conducted recording their gender, age, years of education, days in coma, living status and mobility. Their executive functioning was assessed using the Disorders of Executive Function Questionnaire (DEX) and the Wisconsin Card Sorting Test (WCST). Their community integration was evaluated using the Community Integration Questionnaire (CIQ). The independent correlations of demographic characteristics, life status, mobility and executive functioning with CIQ score were quantified. **Results** The average total CIQ score was negatively correlated with the average WCST-RP, DEX and WCST-RPE scores, but it was positively correlated with mobility. It was also significantly correlated with life status. DEX scores and WCST-RP scores were significant independent predictors of community integration. The average CIQ family integration score was negatively correlated with days spent in a coma and significantly correlated with living status. The average CIQ social integration score was positively correlated with mobility (and negatively correlated with DEX, WCST-RP and WCST-RPE score. WCST-RP score and mobility were significant independent predictors of CIQ social integration scores. The average CIQ productive activity scores correlated negatively with the DEX, WCST-RP and WCST-RPE scores, and with the DEX and WCST-RP executive function scores. They were significant independent predictors of CIQ produc-

tive activity scores. **Conclusions** Executive functioning can predict community integration, especially its social integration dimension.

【Key words】 Executive functioning; Community integration; Traumatic brain injury

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.10.004

据统计,全球每年约 170 万人遭受创伤性脑外伤 (traumatic brain injury, TBI)^[1]。认知功能障碍是 TBI 发生后常见的后遗症之一,严重影响患者回归家庭和社会^[2]。执行功能是高级认知功能的一种,被描述为预期后果、形成目标、计划组织、发起和执行活动、认知灵活性以及自我监控和纠正错误的能力^[1-2]。研究发现,TBI 后的执行功能障碍可导致患者无法对各类活动进行预期、规划和执行,导致其生活和社区融入受限^[3]。社区融入作为康复最主要的目标之一,也是考量康复结局的重要指标^[4]。目前,尚鲜有研究探寻执行功能对脑外伤患者社区融入的影响。本研究旨在调查脑外伤患者的执行功能与社区融入的关系,探寻社区融入的主要影响因素。

对象与方法

一、一般资料

入选标准为:①临床确诊为脑外伤,并经头颅 CT 或 MRI 证实;②年龄>18 岁;③简易精神状态量表 (mini-mental state examination, MMSE) 评分>17 分,有一定理解能力能够完成评估测试;④病程>6 个月,且有出院居家经历。

排除标准:存在除脑外伤以外的其它严重影响日常生活活动能力的并发症或疾病。

横断面研究 2018 年 1 月至 2019 年 12 月华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科收治的患者再次康复治疗的脑外伤患者,最终共 30 例脑外伤患者纳入研究,其中男 21 例,女 9 例;平均年龄 (37.89±18.63) 岁;平均受教育年限 (11.85±4.17) 年;平均昏迷天数 (25.34±19.75) d。

二、评估指标和方法

收集所有患者的生活状态,采用改良的移动能力分类量表评估患者的移动能力,采用执行功能失常问卷 (dysexecutive questionnaire, DEX) 和威斯康星卡片分类测验 (Wisconsin card sorting test, WCST) 评估患者的执行功能,采用社区融入问卷 (community integration questionnaire, CIQ) 评估患者的社区融入情况, (独居赋值为 0 分,或非独居赋值为 1 分)。

1. 生活状态:独居赋值为 0 分,或非独居赋值为 1 分。

2. 移动能力分级:改良的移动能力分类量表,评分等级从 I 到 VII,共 7 个等级,等级越高,移动能力越好^[5]。

3. DEX 评分:属于执行功能障碍综合征行为评估工具套件 (behavioral assessment of the dysexecutive syndrome battery)^[6]中的一部分,用于评估执行功能障碍程度。研究证明,DEX 在临床应用中具有良好的信度和效度^[7]。DEX 评分包含 20 项题目,每项分数采用五点 Likert 量表进行评估,分数越高代表执行功能障碍越严重。

4. WCST 评分:要求患者按照形状、数量或颜色对 128 张卡片进行分类,被广泛运用于测试认知功能能力,是目前公认的,可敏感反映执行功能的神经心理学测验,在颅脑损伤患者中具有良好的信度和效度^[8],且结果不受语言和文化背景的影响^[9]。本研究使用持续性应答数 (preservative responses, WCST-RP) 和持续性错误数 (response perseverative errors, WCST-RPE) 作为分析指标,其中 WCST-RP 统计的是受试者明知根据某一属性来分类是错误的,但是还是继续用这一属性来分类的错误个数,是 WCST 所有指标中提示有无脑损害以及是否有额叶局灶性损害的一项较好指标^[10];而 WCST-RPE 是指受试者在分类原则改变后,不能放弃旧的分类原则,固执地继续按原来的分类原则进行分类,它可以反映受试者概念的形成,校正的利用和概念的可塑性等方面的问题^[10]。两项指标可以反映受试者执行功能中的抽象概括和认知转移能力。WCST 评分各项得分分数越高,则执行功能越差。

5. CIQ 评分:该量表包含 15 个评估内容,前 12 项每项 0~2 分,13~15 项综合得分 0~5 分,总分 29 分^[11]。CIQ 评分共包括三个维度,即家庭融入 (home integration)、社交融入 (social integration) 和生产活动 (productive activity),在残疾人中有着良好的信度和效度^[12]。家庭融入是指个体在家庭生活中积极参与到购买食物、做饭和做家务等活动中;社交融入是指个体在家庭生活外参与到购物、休闲活动和拜访朋友等活动中;生产活动融入是指个体白天出行、工作、学习和志愿者活动的情况。CIQ 评分各项分数越高则代表社区融入越好。

三、数据分析

采用 SPSS 25.0 版统计学软件进行数据分析,以一般资料、生活状态、移动能力分级和执行功能评估结果为自变量,通过 Pearson 相关性检验对 CIQ 总分及其各维度得分进行单因素分析。相关性强弱以相关系数用 r 表示, $r<0.3$ 为小,在 0.3~0.5 期间为中,>0.5 为

大^[13]。将 $r>0.3$ 的变量纳入回归分析,使用逐步多重线性回归方法分析其独立影响因素^[13]。

结 果

一、30 例患者各项指标评估结果

30 例患者的生活状态评分为 (0.93 ± 0.26) 分,移动能力为 (5.38 ± 2.16) 级,DEX 评分为 (26.72 ± 16.87) 分,WCST-RP 评分为 (28.41 ± 19.36) 分,WCST-RPE (24.53 ± 18.32) 分,CIQ 总分为 (12.63 ± 7.72) 分,CIQ 家庭融入得分 (2.18 ± 2.49) 分,CIQ 社交融入得分 (6.20 ± 3.28) 分,CIQ 生产活动融入得分 (3.47 ± 2.21) 分。

二、影响 CIQ 评分的相关因素分析

Pearson 相关性分析结果显示,CIQ 总分与 WCST-RP 评分($r=-0.47, P<0.01$)、DEX 评分($r=-0.44, P<0.01$)、WCST-RPE 评分($r=-0.41, P<0.05$)和生活状态($r=-0.35, P<0.05$)呈负相关;与移动能力($r=0.39, P<0.05$)呈正相关;CIQ 家庭融入得分与昏迷天数($r=-0.31, P<0.05$)和生活状态($r=-0.47, P<0.01$)呈负相关;CIQ 社交融入得分与移动能力正相关($r=0.61, P<0.01$),与 DEX 评分($r=-0.39, P<0.05$)、WCST-RP 评分($r=-0.67, P<0.01$)、WCST-RPE 评分($r=-0.52, P<0.01$)呈负相关;CIQ 生产活动融入得分与 DEX 评分($r=-0.58, P<0.01$)、WCST-RP 评分($r=-0.42, P<0.05$)和 WCST-RPE 评分($r=-0.38, P<0.05$)呈负相关,详见表 1。

三、潜在因素与 CIQ 评分的多重线性回归

将相关性分析中存在线性相关的因素进行逐步多重线性回归分析,结果显示,DEX 评分和 WCST-RP 评

分是 CIQ 总分的独立影响因素,生活状态是 CIQ 家庭融入得分的独立影响因素,WCST-RP 评分和移动能力是 CIQ 社交融入得分的独立影响因素,DEX 评分和 WCST-RP 评分是 CIQ 生产活动融入得分的独立影响因素,详见表 2。

讨 论

本研究结果显示,脑外伤患者的社区融入能力与执行功能障碍、生活状态呈负相关,与移动能力呈正相关,且执行功能(DEX 评分和 WCST-RP 评分)是社区融入的独立影响因素。

具体来说,在家庭融入方面,家庭融入与生活状态、昏迷天数相关,且生活状态和昏迷天数是家庭融入的独立影响因素。在 CIQ 家庭融入中,主要询问的是谁负责日常家务,购物,理财等。尽管更多的支持环境,尤其是家庭支持可以促进脑损伤患者独立的日常生活活动能力,但在家庭成员对患者更具保护性的亚洲似乎并不成立^[14]。本研究中,患者接受评估时仍在医院接受康复治疗,若患者非独居,往往会被家属视为弱者照料,无论其执行功能是否存在障碍,家属均会帮助患者完成家庭活动内容,导致患者参与度低,家庭融入程度低。因此,在实际操作中,我们需要宣教家属在日常生活中尽量鼓励患者独立完成各项活动,更好地融入家庭生活。昏迷天数在一定程度上可以反映脑损伤的严重程度,影响康复结局^[15]。昏迷时间越长,说明脑损伤越严重,患者的身体功能越低,康复结局也越差。既往的研究也发现,脑外伤患者的脑损伤程度与两年后的社区融入程度密切相关^[16]。

表 1 相关性分析结果

CIQ 评分	性别	年龄	教育年限	昏迷天数	生活状态	移动能力	DEX	WCST-RP	WCST-RPE
家庭融入得分	-	-	-	-0.31 ^a	-0.47 ^b	-	-	-	-
社交融入得分	-	-	-	-	-	0.61 ^a	-0.39 ^a	-0.67 ^b	-0.52 ^b
生产活动融入得分	-	-	-	-	-	-	-0.58 ^b	-0.42 ^a	-0.38 ^a
总分	-	-	-	-	-0.35 ^a	0.39 ^a	-0.44 ^b	-0.47 ^b	-0.41 ^a

注:表中仅取 $r>0.3$ 的结果展示,^a $P<0.01$,^b $P<0.05$; - 为无显著相关性

表 2 多重线性回归结果

因变量	自变量	偏回归系数	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	95%CI	决定系数
CIQ 总分	WCST-RP	-0.53	-3.68	0.001	-0.38 ~ -0.14	$R^2=0.48$
	DEX	-0.38	-2.61	0.015	-0.25 ~ -0.03	调整后 $R^2=0.44$
CIQ 家庭融入得分	生活状态	-0.70	-5.98	0.000	-0.63 ~ -0.28	$R^2=0.68$
	昏迷天数	-0.32	-2.70	0.012	-0.49 ~ -0.17	调整后 $R^2=0.65$
CIQ 社交融入得分	WCST-RP	-0.54	-3.63	0.001	-0.12 ~ -0.03	$R^2=0.46$
	移动能力	0.35	2.37	0.027	0.05 ~ 0.62	Adjusted $R^2=0.42$
CIQ 生产活动融入得分	DEX	-0.73	-3.84	0.000	-0.22 ~ -0.08	$R^2=0.49$
	WCST-RP	-0.39	-4.42	0.000	-14.25 ~ -3.71	Adjusted $R^2=0.45$

注:95% CI 为 95%置信区间(95% confidence interval); R^2 为决定系数

本研究中,在社交融入层面,执行功能障碍(DEX 评分,WCST-RP 评分和 WCST-RPE 评分)与 CIQ 社交融入得分呈负相,移动能力与 CIQ 社交融入得分呈正相关,且 WCST-RP 和移动能力是 CIQ 社交融入得分的独立影响因素。在 CIQ 问卷中,社交融入维度的 5 个问题里有 3 个需要计划并完成复杂的活动,且与外出相关,包括外出购物、室外娱乐活动(如看电影、聚餐、打麻将)、探望朋友等。这些活动往往需要良好的执行功能,具备提前组织计划,预期结果,执行计划并灵活解决突发问题的能力^[17]。另外 2 个问题评估受试者维系的人际关系的能力,该能力同样需要良好的执行功能为基础。因此,执行功能越好,患者的社交表现就越好。另一方面,移动能力低的患者外出的困难越大,导致外出社交能力受限,所以移动能力越好,社交融入程度越高。

在生产活动融入方面,移动能力与 CIQ 生产呈正相关,执行功能障碍(DEX 评分、WCST-RP 评分和 WCST-RPE 评分)与 CIQ 生产呈负相关,且执行功能(DEX 评分和 WCST-RP)评分是 CIQ 生产的独立影响因素。CIQ 生产评估受试者近期参与生产性活动或训练的情况。由于本研究纳入的均为在院患者且病程不长,绝大多数患者的 CIQ 生产得分来自于康复训练。康复训练时间和频次与患者的康复意愿密切相关。执行功能较好的患者往往能预期积极康复锻炼的结果,执行制定的康复计划,总结并纠正训练错误^[18],从而取得较好的训练效果,得到更高的 CIQ 生产分数。

执行功能是高级认知功能,包括问题解决、概念转化、自我管理认知技巧。研究证明,一般的筛查往往不能清晰地发现认知功能障碍^[19]。本研究也发现,部分患者的 MMSE 评分得分较高,但执行功能却较差,社区融入不佳。因此,简单的认知功能筛查不能有效地对脑外伤患者的康复结局进行预测,而执行功能作为社区融入的独立影响因素,可更直接预测康复预后,对临床实践有较大意义。

本研究在评估执行功能时选择了 DEX 评分与 WCST 评分进行互补。DEX 评分的问卷形式其结果较为主观,但内容包括抑制、意向性行为、思想与行为不一致、思想与行为障碍和社交行为调节等五个层面,更注重生活功能;而 WCST 评分不受患者主观影响,结果可提示额叶局灶性损害,较 DEX 评分更客观,但不能直接反映执行功能的临床表现。因此,两者结合可更好地反映患者的执行功能受损情况。

本研究的不足之处在于,受时间和临床条件限制,样本量略显不足。因实现随访条件受限,纳入患者的病程普遍在 6 个月至 1 年,时间相对较短,且仍在继续接受康复治疗,其康复结局仍有提高的可能,故其真实

的社区融入情况可能优于本研究结果。另外,病程 6 个月至 1 年的脑外伤患者通常受到家属的照顾,放大了生活状态(是否独居)对结果的影响,因此在出院之后更长的时间段中,生活状态对社区融入的影响可能降低。尽管影响脑外伤患者恢复的因素多种多样,但研究指出,通常在康复训练 10 周后,受顶棚效应的影响,功能恢复的速度开始下降^[20]。因此,本研究入选病例均为病程>6 个月、有居家经历、且 2 次入院的脑外伤患者,其通常躯体功能变化较慢,结局相对稳定,有一定代表性,结果也有较大意义。未来还需大样本、长时间的社区随访研究进一步验证执行功能对脑外伤患者后期社区回归的影响。

综上所述,执行功能可独立影响社区融入,执行功能越好的脑外伤患者社区融入程度越好,尤其在社交维度,执行功能有着至关重要的作用。临床工作中,可对脑外伤患者早期进行执行功能评估,有助于康复治疗计划的制定和开展。

参 考 文 献

- [1] Faul M, Coronado V. Epidemiology of traumatic brain injury[J]. *Handb Clin Neurol*, 2015, 127: 3-13 DOI: 10.1016/B978-0-444-52892-6.00001-5.
- [2] McInnes K, Friesen CL, MacKenzie DE, et al. Mild traumatic brain injury (mTBI) and chronic cognitive impairment: a scoping review[J]. *PLoS one*, 2017, 12(4): e0174847. DOI: 10.1371/journal.pone.0174847.
- [3] Kornblith E, Abrams G, Chen AJ, et al. Impact of baseline neurocognitive functioning on outcomes following rehabilitation of executive function training for veterans with history of traumatic brain injury[J]. *Appl Neuropsychol Adult*, 2020, 27(2): 108-120. DOI: 10.1080/23279095.2018.1490738.
- [4] Sander AM, Clark A, Pappadis MR. What is community integration anyway?: defining meaning following traumatic brain injury[J]. *J Head Trauma Rehabil*, 2010, 25(2): 121-127. DOI: 10.1097/HTR.0b013e3181ed1635.
- [5] Jaglal S, Lakhani Z, Schatzker J. Reliability, validity, and responsiveness of the lower extremity measure for patients with a hip fracture. *J Bone Joint Surg Am*, 2000, 82(7): 955-962. DOI: 10.2106/00004623-200007000-00007.
- [6] Rozenblatt S. Behavioral assessment of the dysexecutive syndrome[M]. New York: Springer, 2011: 377-379.
- [7] Shaw S, Oei TPS, Sawang S. Psychometric validation of the dysexecutive questionnaire (DEX)[J]. *Psychol Assess*, 2015, 27(1): 138-147. DOI: 10.1037/a0038195.
- [8] Wiegner S, Donders J. Performance on the Wisconsin card sorting test after traumatic brain injury[J]. *Assessment*, 1999, 6(2): 179-187. DOI: 10.1177/107319119900600205.
- [9] Kopp B, Lange F, Steinke A. The reliability of the Wisconsin card sorting test in clinical practice[J]. *Assessment*, 2021, 28(1): 248-263. DOI: 10.1177/1073191119866257.
- [10] 杭荣华, 许亚军, 谢海烽, 等. 威斯康星卡片分类测验用于颅脑损

- 伤者认知功能障碍鉴定[J]. 法医学杂志, 2011, 27(5):346-349. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5619.2011.05.008.
- [11] Willer B, Ottenbacher KJ, Coad ML. The community integration questionnaire. A comparative examination[J]. Am J Phys Med Rehabil, 1994, 73(2):103-111. DOI: 10.1097/00002060-199404000-00006.
- [12] 刘青, 马永旭, 杨丽. 社区融入问卷中文版在残疾人中的信效度检验[J]. 解放军预防医学杂志, 2017, 35(3):255-259.
- [13] Pallant J. SPSS survival manual: a step-by-step guide to data analysis with SPSS[M]. New York: Open University Press, 2010.
- [14] Colantonio A, Ratcliff G, Chase S, et al. Long term outcomes after moderate to severe traumatic brain injury[J]. Disabil Rehabil, 2004, 26(5):253-261. DOI:10.1080/09638280310001639722.
- [15] Iaccarino M A, Bhatnagar S, Zafonte R. Rehabilitation after traumatic brain injury[J]. Handb Clin Neurol, 2015, 127:411-422. DOI: 10.1016/B978-0-444-52892-6.00026-X.
- [16] Sandhaug M, Andelic N, Langhammer B, et al. Community integration 2 years after moderate and severe traumatic brain injury[J]. Brain Inj., 2015, 29(7-8):915-920. DOI: 10.3109/02699052.2015.1022880.
- [17] Cornelis E, Gorus E, van Schelvergem N, et al. The relationship between basic, instrumental, and advanced activities of daily living and executive functioning in geriatric patients with neurocognitive disorders[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2019, 34(6):889-899. DOI: 10.1002/gps.5087.
- [18] Dang B, Chen W, He W, et al. Rehabilitation treatment and progress of traumatic brain injury dysfunction[J]. Neural Plast, 2017, 2017:1582182. DOI: 10.1155/2017/1582182.
- [19] Nys GM, van Zandvoort MJ, de Kort PL, et al. Restrictions of the mini-mental state examination in acute stroke[J]. Arch Clin Neuropsychol, 2005, 20(5):623-629. DOI: 10.1016/j.acn.2005.04.001.
- [20] Hart T, Kozłowski AJ, Whyte J, et al. Functional recovery after severe traumatic brain injury: an individual growth curve approach[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 95(11):2103-2110. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.07.001.

(修回日期:2021-09-10)

(本文编辑:阮仕衡)

· 外刊文献题录 ·

再生康复医学近期文献题录(二)

- [1] Liu Z, Wang R, Lin H, et al. Lens regeneration in humans: using regenerative potential for tissue repairing[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(22):1544.
- [2] Cervino G, Oteri G, D'Amico C, et al. Molecular features and tissue engineering techniques applied to regenerative surgery: an overview of recent data[J]. Minerva Dent Oral Sci, 2021, 70(3):119-127.
- [3] Vasilyev VS, Korchazhkina NB, Mikhailova AA, et al. Modern technologies of regenerative rehabilitation in the treatment of patients with abnormal scars[J]. Khirurgiia (Mosk), 2021, (6. Vyp. 2):7-14.
- [4] Rodas G, Soler-Rich R, Rius-Tarruella J, et al. Effect of autologous expanded bone marrow mesenchymal stem cells or leukocyte-poor platelet-rich plasma in chronic patellar tendinopathy (with Gap >3 mm): preliminary outcomes after 6 months of a double-blind, randomized, prospective study[J]. Am J Sports Med, 2021, 49(6):1492-1504.
- [5] Leek CC, Soulas JM, Sullivan AL, et al. Using tools in mechanobiology to repair tendons[J]. Curr Tissue Microenviron Rep, 2020, 1(2):31-40.
- [6] Grijalvo S, Díaz DD. Graphene-based hybrid materials as promising scaffolds for peripheral nerve regeneration[J]. Neurochem Int, 2021, 147:105005.
- [7] Zhu Y, Jin Z, Fang J, et al. Platelet-rich plasma combined with low-dose ultrashort wave therapy accelerates peripheral nerve regeneration[J]. Tissue Eng Part A, 2020, 26(3-4):178-192.
- [8] Veith A, Li X, Modi H, et al. Optimized design of a hyperflexible sieve electrode to enhance neurovascular regeneration for a peripheral neural interface[J]. Biomaterials, 2021, 275:120924.
- [9] Ruehle MA, Eastburn EA, Labelle SA, et al. Extracellular matrix compression temporally regulates microvascular angiogenesis[J]. Sci Adv, 2020, 6(34):6351.
- [10] Tai W, Xu XM, Zhang CL. Regeneration through in vivo cell fate reprogramming for neural repair[J]. Front Cell Neurosci, 2020, 14:107.
- [11] Greising SM, Wang VM. Cross-talk with skeletal muscle and its nexus with regenerative rehabilitation[J]. Connect Tissue Res, 2021, 62(1):1-3.