

doi:10.3969/j.issn.1006-9852.2021.07.006

核心肌群训练在退行性腰椎滑脱病人脊柱内镜减压术后快速康复中的临床疗效观察*

荣雪芹^{1△} 罗启鹏² 邹海涛¹ 郑庆玲¹ 赵利涛¹ 林芳轲¹ 刘洪升¹ 马云龙²

(¹ 三亚中心医院(海南省第三人民医院)疼痛脊柱微创中心, 三亚 572000; ² 北京大学第三医院疼痛医学中心, 北京 100191)

摘要 目的: 评估核心肌群训练在退行性腰椎滑脱病人脊柱内镜减压术后快速康复中的临床疗效。**方法:** 回顾性分析 2018 年 4 月至 2020 年 4 月因退行性腰椎滑脱住院并接受脊柱内镜减压术病人的临床数据, 观察组为术后严格执行核心肌群训练医嘱的病人 20 例, 对照组为术后核心肌群训练医嘱依从性差的病人 18 例, 对每组组内治疗前、治疗后 1 周、1 月、3 月和 6 月各时间点以及两组间的数字评分法 (numerical rating scale, NRS) 评分和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI) 评分进行比较。**结果:** 共纳入 38 名病人, 所有病人都成功进行脊柱内镜减压术, 随访过程中未见严重并发症发生。组内术后各时间点 NRS 和 ODI 评分均较术前明显下降 ($P < 0.05$), 且观察组在术后 1 月、3 月、6 月 NRS 和 ODI 评分的改善情况明显优于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 两组间的 NRS 和 ODI 评分差异在术后 6 月时最显著。**结论:** 核心肌群训练可加快退行性腰椎滑脱病人脊柱内镜减压术后的康复, 并且随着术后居家核心肌群训练时间的延长, 该训练对术后康复的效果更显著。**关键词** 退行性腰椎滑脱; 脊柱内镜减压术; 核心肌群训练; 术后康复训练

Clinical efficacy of core muscle exercise for postoperative rehabilitation in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis after lumbar endoscopic decompression *

RONG Xueqin^{1△}, LUO Qipeng², ZOU Haitao¹, ZHENG Qingling¹, ZHAO Litao¹, LIN Fangke¹, LIU Hongsheng¹, MA Yunlong²

(¹ Department of Pain Spinal Minimally Invasive Center, the Third people's Hospital of Hainan Province, Sanya City, Sanya 572000, China; ² Department of Pain Medicine, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

Abstract Objective: To evaluate the clinical efficacy of core muscle exercise for postoperative rehabilitation in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis after lumbar endoscopic decompression. **Methods:** The clinical data in patients who were diagnosed with degenerative lumbar spondylolisthesis and underwent lumbar endoscopic decompression from April 2018 to April 2020 was retrospectively analyzed. The patients in observation group ($n = 20$) have strictly followed the doctor's advice for core muscle exercise after the operation, while the patients in control group ($n = 18$) had poor compliance to the doctor's advice for core muscle exercise. Numerical rating scale (NRS) and Oswestry disability index (ODI) between two groups or within each group at different follow-up points were compared. **Results:** A total of 38 patients were enrolled, All patients successfully underwent lumbar endoscopic decompression, and no serious complications occurred during follow-ups. Postoperative NRS and ODI at each time point in either observation or control group were significantly lower than those before operation ($P < 0.05$). NRS and ODI scores at postoperative 1, 3 and 6 months in the observation group were significantly improved compared with those in control group ($P < 0.05$). The difference in NRS and ODI scores between two groups was most significant at postoperative 6 months. **Conclusion:** Core muscle exercise can speed up the recovery of patients with degenerative lumbar spondylolisthesis after lumbar endoscopic decompression, and long-term adherence to the doctor's advice on core muscle exercise has a more significant effect

* 基金项目: 海南省医药卫生科研项目 (20A200176)

△ 通信作者 荣雪芹 13912048078@163.com

on postoperative rehabilitation.

Keywords degenerative lumbar spondylolisthesis; lumbar endoscopic decompression; core muscle exercise; postoperative rehabilitation training

退行性腰椎滑脱是导致腰腿痛常见的原因之一,尤其是在老年女性中发病高,并随着年龄增加发病率增加,常伴有椎间盘退变、黄韧带肥厚或屈曲、关节突关节增生肥厚、骨赘生成等退行性改变,因而退行性腰椎滑脱可进一步加重椎管或椎间孔的狭窄,常表现为慢性腰痛和受累神经对应下肢的根性疼痛,目前其治疗方式包括保守治疗、介入治疗、微创手术以及开放手术^[1]。对于存在持续腰腿痛、保守治疗无效、神经受累的特征和影像学证据支持,并严重影响日常生活的病人,均应积极手术治疗。但开放手术治疗创伤大、出血多、恢复慢、病人一般状态要求高。近年来脊柱内镜减压术在退行性腰椎滑脱病人中的应用日益广泛,并取得较好的临床疗效^[2-4],而且核心肌群训练在维持脊柱稳定性和减轻脊柱源性疼痛中发挥着一定的作用,也逐渐被人们所认可^[5-8]。虽然术后的康复训练在脊柱内镜手术后病人的恢复中起到十分重要的作用,但在临床上仍然存在以下问题:慢性腰腿痛术后病人对传统的康复训练(小燕飞、五点支撑)的医嘱依从性不高和部分医师对核心肌群训练认可度不够。其原因是多方面的,其中缺乏适合老年人的操作简单、切实可行的训练方法以及缺乏相关的研究证据支持是其重要的原因。因此,十分有必要探索出一种新的适合于老年人的术后康复训练方法。我科前期研究表明提倡的核心肌群训练方法在老年腰椎管狭窄病人术后康复中取得很好的临床疗效^[9],那么针对退行性腰椎滑脱术后病人,该训练方法是否同样安全有效,目前国内外仍缺乏相关报道。因此,本研究的目的是观察核心肌群训练在退行性腰椎滑脱病人脊柱内镜减压术后快速康复中的临床疗效,将一种简单可行的适合于老年人的核心肌群训练方法应用到退行性腰椎滑脱病人的术后康复中,以加快病人的康复。以期通过本研究能为核心肌群训练方法在退行性腰椎滑脱病人中的应用提供依据。

方 法

1. 一般资料

本研究经海南省第三人民医院医学伦理委员会批准(LLKY210109)。通过病案检索方式,回顾性收集所有2018年4月至2020年4月于我院疼痛脊柱微创中心住院,主要诊断为“腰椎滑脱”,行脊柱

内镜下神经根减压治疗的稳定型腰椎滑脱,并符合纳入标准病人的临床资料。

纳入标准:保守治疗超过3个月无效或效果不佳;有神经根性疼痛症状;日常沟通无障碍;CT或MRI提示腰椎滑脱,且椎间孔狭窄。

排除标准:有重度焦虑、抑郁情绪或严重认知障碍;既往腰椎手术史;合并严重的腰椎间盘突出、椎管狭窄、马尾神经明显受压等具有开放手术指征。

收集病人一般临床资料,包括性别、年龄、体重、病程、滑脱 Meyerding 分级、滑脱节段以及术中和术后并发症。观察组为术后严格执行核心肌群训练医嘱的病人20例,对照组为术后核心肌群训练医嘱依从性差的病人18例。一名本科室的主治医师通过门诊、电话或微信途径对病人术后居家核心肌群训练医嘱的依从性进行随访。能严格执行核心肌群训练医嘱每周3天及以上,且在随访时能很好地复述训练动作要领的病人纳入观察组(部分病人提供了训练视频,并通过微信发给随访医师,供评估用)。

2. 方法

(1) 脊柱内镜下神经根减压术:病人取侧卧位,腰下垫枕,躯干后正中线与床面平行,根据“双平面法”确定基本穿刺线,随后根据C形臂透视在基本穿刺线上定位相应责任节段的穿刺点。麻醉方式为局部浸润麻醉,麻醉药物配比为2%利多卡因溶液15 ml、0.9%生理盐水20 ml、盐酸罗哌卡因注射液1支(100 mg/10 ml)。常规消毒铺巾,穿刺点逐层浸润麻醉,穿刺针在C形臂透视下穿刺至患侧上关节突腹侧,取出针芯置入导丝,沿着导丝向关节突方向插入逐级扩张器以扩开软组织,沿导丝插入带黄色标记导杆,顺导杆插入偏心调节器及8.5 mm偏心半齿套筒,用锤子敲击套筒手柄,使套筒牢牢卡于关节突上,后取出偏心调节器置入镜下环锯,连接内镜光源和摄像机,打开光源,调节白平衡,将内镜放入工作套管,调节合适的水流量,使用等离子刀头消融局部软组织后可见硬性关节突骨质,镜下顺时针缓慢旋转环锯,当镜下见骨质随环锯旋转方向一起旋转时说明已环除完成,达到扩大椎间孔并行侧隐窝减压的目的。随后取出环锯,环锯内可见环除的部分关节突骨质,再次插入导杆拔出套筒,沿导杆插入7.5 mm普通工作套管,将套筒置入椎管内清除增厚的黄韧带,于硬膜前间隙直视下

取出突出髓核，从头至尾探查行走神经根无受压，水压变动时神经根搏动良好，射频等离子刀头止血，取出脊柱内镜及工作通道，缝合切口。术后卧床 6 h 后，带腰围下地行走。

(2) 核心肌群训练：术后核心肌群训练是一项病人术后居家进行的康复方法，其包括呼吸训练、骨盆稳定训练、腹肌训练，具体训练步骤参考我科既往研究^[9]：①呼吸训练：其中病人自我训练法：老年病人术后 2 h 即可启动呼吸训练，可以在仰卧位、侧卧位下进行。每组 5~10 次，每次持续时间大于 3 s。病人仰卧位，在吸气时最大限度鼓起腹部，在呼气时将自己的肚脐最大限度缩向脊柱，并持续 5 s 左右，每组 5~10 次，每次持续时间大于 3 s。他人辅助下的呼吸训练法：在吸气时他人给予腹部不同部位一定的压力，同时嘱咐病人最大限度鼓起腹部，并维持一定的时间；②骨盆稳定训练：可以对骨盆侧方和前方的稳定系统分别进行训练，术后 4~6 h 即可启动。维持骨盆侧方稳定训练法：病人侧卧位，抬起一侧下肢，屈髋屈膝，并使踝关节、膝关节、髋关节三点一线和脊柱长轴平行，模仿侧卧位下迈步动作，每次维持 5~10 s，每组 10 次，每日 2 组。维持骨盆前方稳定训练法：仰卧位屈膝屈髋分别为 90°角，收缩腹部，每次维持 5~10 s，每组 10 次，每日 2 组；③腹肌训练：初步评估骨盆稳定训练有效后再开始腹直肌训练，大约在术后 3~5 天施行。预备姿势：仰卧位屈膝屈髋 90°；并拢双膝，平静呼吸 2 次。在吸气末开始呼气时向前蹬出并拢的双足，双下肢和床面形成夹角约为 40°~60°；每次维持时间 5~10 s，每组 10 次，每日 2 组。进阶训练：根据个体情况可以延长时间和增加训练次数，双下肢和床面形成夹角约为 30°~40°；每次维持时间 10~15 s，每组 10 次，每日 2 组。出院前主治医师对病人进行核心肌群训练的指导，确保病人能正确地完成核心肌群训练，建议病人出院后长期执行，至少坚持 6 个月至 1 年。

3. 观察指标

采用数字模拟评分法 (numeric rating scale, NRS) 记录病人手术前以及手术后 1 周、1 月、3 月及 6 月的疼痛程度，用 0~10 的数字表示“无痛”到“最痛”的疼痛程度，0 为无痛，10 为无法忍受的剧烈疼痛，数字越大表示疼痛程度越重。采用 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评估病人手术前以及手术后 1 周、1 月、3 月以及 6 月的功能障碍程度，分数越高代表功能障碍程度越重。

4. 统计学分析

所有原始数据用 Excel 进行数据录入和管理，使用 SPSS 24.0 进行统计分析，计量资料（如年龄、体重、滑脱分级、NRS 评分、ODI 评分）满足正态分布用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示，否则采用中位数（下四分位数，上四分位数）表示，计数资料（如性别、滑脱节段）用 n (%) 表示。两组间计量资料比较，如果数据满足正态分布，使用两组间独立样本 t 检验，若数据不满足正态分布，使用非参数检验 (U 检验)。两组间计数资料比较使用卡方检验。不同时间点的 NRS 和 ODI 评分组内比较采用配对 t 检验，并进行两两比较。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 一般资料比较

共 38 例符合标准的病人纳入研究，所有病人都成功进行脊柱内镜下神经根减压术，均完成至少 6 个月的术后随访，术中及术后随访期内无感染、神经损伤等严重并发症发生，两组病人的一般情况比较差异均无统计学意义（见表 1）。

2. 两组病人术后 NRS 和 ODI 评分比较

两组术后 1 周、1 月、3 月、6 月 NRS 评分均明显低于术前 ($P < 0.05$)；与术后 1 周相比，观察组病人术后 1 月、3 月、6 月 NRS 评分显著下降 ($P < 0.05$)，而对照组病人术后 1 月、3 月、6 月 NRS 评分未显著下降 ($P > 0.05$)；与术后 1 月、3 月相比，观察组病人术后 6 月 NRS 评分仍显著下降，且差异具有统计学意义，而对照组病人术后 6 月 NRS 评分下降差异无统计学意义。

与术前 ODI 评分相比，两组术后 1 周、1 月、3 月、6 月 ODI 评分均显著下降 ($P < 0.05$)，与术后 1 周相比，两组病人术后 1 月、3 月、6 月 ODI 评分显著下降 ($P < 0.05$)。与术后 1 月、3 月相比，观察组病人术后 6 月 ODI 评分显著下降，且差异具有统计学意义，而对照组病人术后 6 月 ODI 评分下降差异无统计学意义。

与对照组相比，观察组病人 NRS 和 ODI 评分在术前、术后 1 周两时间点相比无统计学差异，术后 1 月、3 月、6 月观察组病人 NRS 和 ODI 评分较对照组明显降低，差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)，此外两组间 NRS 和 ODI 评分差异在术后 3 月、6 月逐渐增加，说明核心肌群训练坚持时间的延长，对术后康复的效果更明显。两组各时间点 NRS 和 ODI 评分随访情况见表 2。

讨 论

退行性腰椎滑脱是老年人慢性腰腿痛的重要原因，严重地影响老年人功能状态和日常生活质量，同时给个体和社会带来巨大负担。随着我国逐渐进入老年社会，老年人口不断增加，老年人退行性腰椎滑脱的数量仍将进一步增加，因此退行性腰椎滑脱是老年人需要面对的常见疾病。保守治疗包括药物治疗、理疗、硬膜外激素注射以及康复锻炼等，多数病人可通过保守治疗能获得较好的疗效。而对于保守治疗无效并存在明显神经受累表现的病人，建议手术治疗，手术治疗的目的是对受累神经进行充分的松解，手术方式包括开放手术和微创手术下的神经减压术，但是由于开放手术风险大、恢复慢，而且近年来越来越多研究表明绝大多数稳定型退行性腰椎滑脱病人只行脊柱内镜减压术，不行融合固定手术，这种处理并不影响病人术后脊柱的稳定性^[10]，且取得了较好的临床疗效，甚至对于部分退行性腰椎滑脱病人来说，脊柱内镜减压术比开放手术下减压融合术的效果更好^[11-13]。本研究结果显示脊柱内

镜减压术在稳定型退行性腰椎滑脱病人中临床疗效佳，但退行性腰椎滑脱病人如何选择手术方式，目前仍存在争议^[14]，仍需要进一步研究确定。

脊柱手术后的康复可分为术后早中期（1~3月）和骨愈合后晚期（3~6月）。竖脊肌（多裂肌）、横膈膜、腹肌和骨盆底肌群都是维持腰椎生理曲度的主要肌群。也有学者将脊柱的肌肉分为局部性稳定肌群和整体性稳定肌群，其中局部性稳定肌群包括背固有肌内侧群（多裂肌等）、腹横肌、腹内斜肌、骨盆底肌群和横膈膜，而整体性稳定肌群包括背固有肌外侧肌群（腰方肌等）、腹直肌、腹外斜肌，这些肌群在维持脊柱稳定和运动中起重要的作用，且兼顾整体和局部性稳定肌群的训练对维持脊柱稳定具有协同效应，因此脊柱手术后应该尽早积极的进行肌肉训练^[15]，从而尽快恢复肌肉功能，并维持老年人脊柱的稳定性^[16]。

促进通道内椎间孔韧带等软组织愈合、骨愈合和预防脊柱稳定性下降在脊柱内镜手术后的康复中十分重要，故退变性腰椎滑脱病人术后应该选择不会引起大幅度脊柱动作的姿势体位和训练方法，正

表 1 病人一般资料

Table 1 Demographic data of patients

指标 Variables	对照组 (n = 18) Control group (n = 18)	观察组 (n = 20) Observation group (n = 20)	P
年龄 (岁) Age (years)	61.8 ± 9.2	66.4 ± 14.3	0.24
性别 (男/女) Gender (M/F)	8/10	10/10	0.13
体重 (kg) Weight (kg)	62.7 ± 7.6	65.0 ± 10.8	0.45
疼痛病程 (年) Duration of symptoms (years)	4 (1.5, 5.5)	3.5 (2, 4)	0.16
Meyerding 分级 Meyerding classification	1.4 ± 0.5	1.5 ± 0.4	0.51
滑脱节段 (L ₄₋₅) Segment of spondylolisthesis (L ₄₋₅)	13 (72.2%)	15 (75.0%)	0.71

计量资料用 $\bar{x} \pm SD$ 或者中位数（下四分位数，上四分位数）；计数资料用 n (%) 表示

表 2 各时间点 NRS 和 ODI 评分比较

Table 2 Comparison of NRS score and ODI score at different time

观察指标 Observation index	对照组 (n = 18) Control group (n = 18)	观察组 (n = 20) Observation group (n = 20)	P
NRS 评分 NRS score			
术前 Preoperation	6.9 ± 0.8	7.2 ± 1.2	0.38
术后 1 周 Postoperation 1 week	3.2 ± 1.0 ^a	3.3 ± 0.9 ^a	0.75
术后 1 月 Postoperation 1 month	3.1 ± 0.6 ^a	2.6 ± 0.8 ^{ab}	0.03
术后 3 月 Postoperation 3 months	3.1 ± 0.9 ^a	2.5 ± 0.3 ^{ab}	0.01
术后 6 月 Postoperation 6 months	2.9 ± 0.8 ^a	2.1 ± 0.8 ^{abcd}	0.004
ODI 评分 ODI score			
术前 Preoperation	49.5 ± 8.1	50.2 ± 4.3	0.69
术后 1 周 Postoperation 1 week	40.9 ± 5.8 ^a	42.8 ± 6.6 ^a	0.35
术后 1 月 Postoperation 1 month	35.3 ± 5.6 ^{ab}	31.3 ± 7.1 ^{ab}	0.048
术后 3 月 Postoperation 3 months	34.2 ± 6.5 ^{ab}	29.8 ± 5.5 ^{ab}	0.02
术后 6 月 Postoperation 6 months	32.8 ± 7.7 ^{ab}	26.3 ± 5.2 ^{abcd}	0.005

^aP < 0.05, 与术前相比; ^bP < 0.05, 与术后 1 周相比; ^cP < 0.05, 与术后 1 月相比; ^dP < 0.05, 与术后 3 月相比

^aP < 0.05, compared with preoperation; ^bP < 0.05, compared with postoperation 1 week; ^cP < 0.05, compared with postoperation 1 month; ^dP < 0.05, compared with postoperation 3 months.

如本中心既往采用的术后核心肌群训练方法^[9], 该方法被证明能很好地加快脊柱内镜手术后病人的康复。此外, 由于受到高龄、退行性腰椎滑脱、多合并症、肥胖等因素的影响, 腰椎生理曲度容易减少或消失, 从而使脊柱的稳定度降低, 故在退行性腰椎滑脱病人中强化脊柱稳定性的肌力训练就显得十分的重要。

椎间孔入路内镜下脊柱微创治疗具有对腰椎骨性结构影响较小、可以充分松解粘连神经的特点, 因而愈来愈得到大家的青睐。退变性腰椎滑脱病人的脊柱内镜手术入路一般为腰方肌间隙入路, 术后腰方肌等侧方肌群常处于无力状态, 因此病人术后侧方肌群训练执行困难较大。此外, 由于老龄、体位、个体综合条件的限制, 在术后早中期, 老龄病人术后脊柱后方肌群(多裂肌等)训练也不容易施行, 故推荐病人先行腹横肌、腹内斜肌、横膈膜、腹直肌和腹外斜肌的训练, 此训练由于训练时病人无疼痛, 在临床上容易被病人所接受。综合以上观点, 本研究所提倡的核心肌群训练方法不仅不影响腰椎滑脱术后腰椎的稳定性, 而且病人能够轻易的坚持训练并能加快其术后康复, 在临床上取得了很好的疗效。

本研究结果显示, 脊柱内镜减压术能显著的缓解退行性腰椎滑脱病人的疼痛程度以及改善功能状态, 两组病人 NRS 和 ODI 评分差异在治疗后 6 月时最显著, 说明坚持术后核心肌群训练能加快病人的康复, 并且随着核心肌群训练时间的延长, 病人从中获益更明显, 因此本研究为退行性腰椎滑脱病人术后开展术后康复训练提供一定的理论依据, 同时也为后续相关的研究提供参考。

该研究是一项回顾性观察性队列研究, 存在一定的局限性。首先, 由于回顾性研究本身的局限性, 随访的结局指标可能存在偏倚, 后期可进行前瞻性、随机对照研究以进一步验证核心肌群训练的作用, 并可进一步延长随访时间, 探讨其远期疗效。其次, 未来的研究可通过进一步的摸索适合不同人群的新的肌群训练方法, 从而进一步改善退行性腰椎滑脱病人的预后。最后该研究样本量相对较少, 后期可继续纳入该类病人, 并进一步进行随访观察。

综上所述, 核心肌群训练可加快退行性腰椎滑脱病人脊柱内镜减压术后的康复, 并且随着术后居家核心肌群训练时间的延长, 该训练对术后康复的效果更显著。

参 考 文 献

[1] Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative lumbar spondylolisthesis: Definition, natural history, conserva-

- tive management, and surgical treatment[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2019, 30(3):299-304.
- [2] Li XF, Jin LY, Lv ZD, *et al*. Efficacy of percutaneous transforaminal endoscopic decompression treatment for degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis in elderly patients[J]. *Exp Ther Med*, 2020, 19(2):1417-1424.
- [3] Cheng XK, Cheng YP, Liu ZY, *et al*. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis in the elderly[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 194:105918.
- [4] Cheng XK, Chen B. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression for geriatric patients with central spinal stenosis and degenerative lumbar spondylolisthesis: A novel surgical technique and clinical outcomes[J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15:1213-1219.
- [5] Akhtar MW, Karimi H, Gilani SA. Effectiveness of core stabilization exercises and routine exercise therapy in management of pain in chronic non-specific low back pain: A randomized controlled clinical trial[J]. *Pak J Med Sci*, 2017, 33(4):1002-1006.
- [6] Javadian Y, Akbari M, Talebi G, *et al*. Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain: A randomized clinical trial[J]. *Caspian J Intern Med*, 2015, 6(2):98-102.
- [7] Dohnert MB, Schwanck Borges C, Steffen Evaldt A, *et al*. Lumbopelvic stabilization exercises and mcKenzie method in low back pain due to disc protrusion: A blind randomized clinical trial Muscles[J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2020, 10(4):740-751.
- [8] 瞿杭波, 张贻春, 赵琦辉, 等. 椎间孔镜下减压治疗老年 I 度腰椎退行性滑脱症的短期临床疗效 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(3):173-176.
- [9] 荣雪芹, 王太忠, 宋文阁, 等. 核心肌群训练在老年腰椎管狭窄症患者内镜治疗术后康复的疗效 [J]. *中华疼痛学杂志*, 2020, 16(4):276-281.
- [10] Minamide A, Yoshida M, Simpson AK, *et al*. Minimally invasive spinal decompression for degenerative lumbar spondylolisthesis and stenosis maintains stability and may avoid the need for fusion[J]. *Bone Joint J*, 2018, 100-B(4):499-506.
- [11] Wang M, Luo XJ, Ye YJ, *et al*. Does concomitant degenerative spondylolisthesis influence the outcome of decompression alone in degenerative lumbar spinal stenosis? a Meta-analysis of comparative studies[J]. *World Neurosurg*, 2019, 123:226-238.
- [12] Aihara T, Toyone T, Murata Y, *et al*. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: A comparative study of 5-year outcomes following decompression with fusion and microendoscopic decompression[J]. *Asian Spine J*, 2018, 12(1):132-139.
- [13] Samuel AM, Moore HG, Cunningham ME. Treatment for degenerative lumbar spondylolisthesis: Current

- concepts and new evidence[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2017, 10(4):521-529.
- [14] Bisson EF, Mummaneni PV, Virk MS, *et al*. Open versus minimally invasive decompression for low-grade spondylolisthesis: Analysis from the quality outcomes database[J]. *J Neurosurg Spine*, 2020, 33: 349-359.
- [15] 李月, 李辉, 奚春阳, 等. 早期肌力定制训练对腰椎间盘突出症患者术后康复效果的影响 [J]. *中国实用护理杂志*, 2019, 35(33):2561-2566.
- [16] Kang KY. Effects of core muscle stability training on the weight distribution and stability of the elderly[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(10):3163-3165.

• 国际译文 •

不同丘脑神经环路分别调控组织损伤和抑郁样状态引起的机械痛敏

丘脑是疼痛传导通路中重要的脑区之一，疼痛的上行传导与下行调控通路中均有丘脑参与调节。组织损伤和负面情绪（如抑郁）都能引起痛觉敏化，但是否由不同的丘脑环路调控尚不清楚。目的：探讨丘脑调控组织损伤引起的痛敏和抑郁情绪产生痛敏的机制。方法：（1）动物模型：注射完全弗氏佐剂 (CFA) 建立小鼠慢性炎症痛模型或通过保留性神经损伤 (SNI) 建立小鼠神经病理性疼痛模型；采用慢性束缚应激 (CRS) 或慢性不可预测应激 (CUS) 诱导小鼠出现抑郁样行为的同时引起痛敏；（2）行为学实验：采用 von Frey hair 纤维丝检测机械痛敏；采用社交行为、悬尾实验和强迫游泳检测抑郁样情绪；（3）记录神经元兴奋性实验：在体电生理（多通道记录神经元放电）、在体钙成像（光纤钙成像记录神经元钙离子浓度实时变化）和离体电生理（脑片膜片钳记录 EPSC 和 IPSC）；（4）操控神经元兴奋性实验：通过注射光遗传病毒 AAV-DIO-eNpHR-EYFP 和化学遗传病毒 AAV-DIO-hM4Di-mCherry 抑制神经元；注射光遗传病毒 AAV-DIO-ChR2-mCherry 和化学遗传病毒 AAV-DIO-hM3Dq-mCherry 激活神经元；（5）丘脑-皮层神经环路操控：在 CaMK2-Cre 转基因鼠中，分别在背侧丘脑子核团（丘脑后核 PO 和丘脑束旁核 PF）注射逆行跨突触病毒以确定下游脑区；分别在已确定下游脑区中（初级感觉皮层后肢区 S1HL 和前扣带皮层 ACC）注射 AAV-DIO-TVA-GFP 和 AAV-DIO-RVG 辅助病毒，表达 21 天后再联合 RV-EvnA-DsRed 病毒以实现细胞类型特异性逆行跨突触示踪。结果：（1）背侧丘脑不同子核团调控不同类型的疼痛。在组织损伤（CFA 或 SNI）导致的疼痛模型鼠中，丘脑的 PO 谷氨酸能神经元（即 PO^{Glu} ）兴奋性增加。免疫荧光结果提示 c-Fos 主要表达在 PO^{Glu} 上，而非 PF^{Glu} ；在体电生理和光纤钙成像结果表明 PO^{Glu} 兴奋性增强；当注射 GABA_A 受体激动剂 MUS 抑制 PO 神经元活性后能明显缓解机械疼痛；（2）在抑郁样状态（CRS 或 CUS）诱导的痛敏模型鼠中，PF 神经元（即 PF^{Glu} ）兴奋性下降，而 PO^{Glu} 神经元兴奋性几乎不变；当注射抗抑郁药 paroxetine 能够有效缓解痛敏，但对组织损伤引起的疼痛无效；（3） $PO^{Glu} \rightarrow S1HL^{Glu}$ 神经环路特异性调控组织损伤下的疼痛。为了进一步揭示背侧丘脑子核团（PO 和 PF）的神经环路，分别向 CaMK2-Cre 小鼠的 PO 及 PF 区域注射逆行示踪病毒，结果发现 PO^{Glu} 神经元投射到下游的 S1HL、未定带、丘脑腹后核、岛叶皮层，而 PF^{Glu} 神经元投射到下游的 ACC、次级躯体感觉皮层、未定带、乳头上核。进一步在 S1HL 区注射逆行示踪病毒，发现 PO^{Glu} 神经元（而非 PF 区）与其存在单突触连接。在疼痛模型小鼠中 $S1HL^{Glu}$ 神经元兴奋性增加，通过光遗传和化学遗传学抑制 PO^{Glu} 后可抑制 $S1HL^{Glu}$ 神经元兴奋，同时缓解疼痛；（4） $PF^{Glu} \rightarrow ACC^{GABA \rightarrow Glu}$ 特异性调控抑郁状态下的疼痛。类似地，通过病毒示踪发现 PF^{Glu} 能够投射到 ACC^{Glu} 和 ACC^{GABA} 能神经元，但更偏向于 GABA 能神经元。而 ACC 存在局部微环路，即 GABA 能神经元调控 Glu 能神经元，即形成了 $PF^{Glu} \rightarrow ACC^{GABA \rightarrow Glu}$ 神经环路。在 CRS 或 CUS 小鼠中， ACC^{Glu} 活性增加，放电活动增加，而 ACC^{GABA} 放电活动降低。当用化学遗传学激活 PF^{Glu} 后， ACC^{GABA} 兴奋性增加， ACC^{Glu} 兴奋性降低，同时缓解抑郁和疼痛。光遗传特异性激活 $PF^{Glu} \rightarrow ACC^{GABA \rightarrow Glu}$ 神经环路，能够缓解应激引起的疼痛，但没有缓解抑郁样行为。综上所述，本文揭示了不同的丘脑-皮层神经环路调控不同类型的疼痛，为在临床上实现精准治疗疼痛提供了新的策略。

(Zhu X, Tang HD, Dong WY, *et al*. Distinct thalamocortical circuits underlie allodynia induced by tissue injury and by depression-like states. *Nat Neurosci*, 2021, 24(4):542-553. 北京大学神经科学研究所, 王佳昕译 刘风雨校)