

# 高压氧联合康复训练治疗脊髓损伤的临床效果 回顾性分析

白 婷, 仲燕茹\*

新疆生产建设兵团医院康复医学科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2026年5月25日; 录用日期: 2026年6月18日; 发布日期: 2026年6月26日

## 摘 要

目的: 探讨高压氧(Hyperbaric Oxygen, HBO)联合常规康复训练对脊髓损伤(Spinal Cord Injury, SCI)患者神经功能、日常生活活动能力及康复预后的临床疗效, 为新疆生产建设兵团地区脊髓损伤患者的康复治疗优化提供临床依据。方法: 回顾性分析2022年1月~2025年12月期间, 于新疆生产建设兵团医院康复医学科住院治疗的84例脊髓损伤患者的完整临床资料。根据治疗方案的不同, 将所有患者分为观察组与对照组, 每组各42例。对照组患者仅采用常规康复训练方案进行治疗, 观察组患者在对照组常规康复训练的基础上, 加用高压氧治疗, 两组患者均连续治疗3个月。治疗前及治疗3个月后, 采用美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)感觉评分、运动评分及分级标准, 评估两组患者的神经功能恢复情况; 采用Barthel指数(Barthel Index, BI)、功能独立性评定量表(Functional Independence Measure, FIM), 评估两组患者的日常生活活动能力及功能独立性; 同时记录两组患者治疗期间的不良反应发生情况, 比较两组的治疗效果及安全性。结果: 治疗前, 两组患者的性别、年龄、损伤原因、损伤节段、ASIA分级等一般资料比较, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), 具有可比性。治疗3个月后, 两组患者的ASIA感觉评分、运动评分、BI评分及FIM评分均较治疗前显著升高, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 且观察组上述各项评分的升高幅度均显著大于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。观察组患者ASIA分级改善总有效率为85.71%, 显著高于对照组的61.90%, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。治疗期间, 观察组共出现5例轻微不良反应, 其中耳痛3例、头痛2例, 经对症处理后均缓解, 无严重不良反应发生; 对照组未出现明显不良反应, 两组不良反应发生率比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。结论: 高压氧联合常规康复训练治疗脊髓损伤, 能有效改善患者的神经感觉及运动功能, 显著提升患者的日常生活活动能力和功能独立性, 治疗效果优于单一常规康复训练, 且安全性良好, 可在新疆生产建设兵团地区临床推广应用, 为边疆地区脊髓损伤患者的康复治疗提供更优选择。

## 关键词

高压氧, 康复训练, 脊髓损伤, 神经功能, 日常生活活动能力, 回顾性分析

\*通讯作者。

# Retrospective Analysis of the Clinical Efficacy of Hyperbaric Oxygen Combined with Rehabilitation Training in the Treatment of Spinal Cord Injury

Ting Bai, Yanru Zhong\*

Department of Rehabilitation Medicine, Xinjiang Production and Construction Corps Hospital, Urumqi Xinjiang

Received: May 25, 2026; accepted: June 18, 2026; published: June 26, 2026

## Abstract

**Objective:** To investigate the clinical efficacy of Hyperbaric Oxygen (HBO) combined with conventional rehabilitation training on neurological function, activities of daily living, and rehabilitation outcomes in patients with Spinal Cord Injury (SCI), and to provide a clinical basis for optimizing rehabilitation treatment protocols for SCI patients in the Xinjiang Production and Construction Corps region. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the complete clinical data of 84 SCI patients hospitalized in the Department of Rehabilitation Medicine, Xinjiang Production and Construction Corps Hospital, from January 2022 to December 2025. Based on different treatment protocols, all patients were divided into an observation group and a control group, with 42 patients in each group. The control group received only conventional rehabilitation training, while the observation group received HBO therapy in addition to the conventional rehabilitation training provided to the control group. Both groups were treated continuously for 3 months. Before treatment and after 3 months of treatment, the American Spinal Injury Association (ASIA) sensory score, motor score, and impairment scale grade were used to assess neurological function recovery. The Barthel Index (BI) and Functional Independence Measure (FIM) were used to evaluate activities of daily living and functional independence. Adverse reactions during treatment were recorded, and treatment efficacy and safety were compared between the two groups. **Results:** Before treatment, there were no statistically significant differences ( $P > 0.05$ ) in general characteristics such as gender, age, cause of injury, injury level, and ASIA grade between the two groups, indicating comparability. After 3 months of treatment, ASIA sensory scores, motor scores, BI scores, and FIM scores in both groups were significantly higher than before treatment, with a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ). Furthermore, the magnitude of improvement in all the above scores was significantly greater in the observation group than in the control group, with a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ). The total effective rate of ASIA grade improvement in the observation group was 85.71%, significantly higher than the 61.90% in the control group ( $P < 0.05$ ). During treatment, 5 mild adverse reactions occurred in the observation group (3 cases of ear pain and 2 cases of headache), all of which resolved after symptomatic treatment, with no severe adverse reactions. No significant adverse reactions occurred in the control group. There was no statistically significant difference in the incidence of adverse reactions between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** Hyperbaric oxygen combined with conventional rehabilitation training for SCI can effectively improve patients' neurological sensory and motor functions, significantly enhance activities of daily living and functional independence. Its therapeutic effect is superior to conventional rehabilitation training alone, with good safety. It is worthy of clinical promotion and application in the Xinjiang Production and Construction Corps region, providing a better option for the rehabilitation treatment of SCI patients in frontier areas.

## Keywords

### Hyperbaric Oxygen, Rehabilitation Training, Spinal Cord Injury, Neurological Function, Activities of Daily Living, Retrospective Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

脊髓损伤(Spinal Cord Injury, SCI)是一种严重的中枢神经系统创伤性疾病, 主要由交通事故、高处坠落、重物砸伤等外力因素导致, 其核心病理特征为脊髓组织的结构性破坏, 进而引发损伤平面以下感觉、运动、反射及自主神经功能的部分或完全丧失[1] [2], 严重影响患者的日常生活能力和生存质量, 给患者家庭及社会带来沉重的经济和精神负担。随着我国工业化、城市化进程的加快, 脊髓损伤的发病率呈逐年上升趋势, 据相关数据统计, 我国脊髓损伤的年发病率约为 20~30/100 万, 其中青壮年患者占比最高, 且致残率高达 70%, 成为影响国民健康的重要公共卫生问题之一[3] [4]。

脊髓损伤的病理过程复杂, 主要分为原发性损伤和继发性损伤两个阶段。原发性损伤为外力直接导致的脊髓组织机械性损伤, 包括脊髓挫伤、撕裂、出血等, 该阶段损伤多不可逆[5] [6]; 继发性损伤则是在原发性损伤的基础上, 出现的缺血缺氧、水肿、炎症反应、氧化应激等一系列病理生理变化, 进一步加重神经组织的损伤, 这一阶段的损伤具有一定的可逆性, 也是临床康复治疗的关键靶点[7] [8]。目前, 临床对于脊髓损伤的治疗主要以手术减压、药物对症治疗及康复训练为主, 其中常规康复训练是脊髓损伤后功能重建的核心手段, 通过运动疗法、物理因子治疗、作业治疗等多种方式, 刺激神经可塑性, 促进患者功能恢复, 但单一常规康复训练对脊髓损伤后继发性缺血缺氧导致的神经损伤改善效果有限, 难以满足临床患者的康复需求[9] [10]。

高压氧(Hyperbaric Oxygen, HBO)治疗作为一种新型的辅助治疗手段, 近年来在脊髓损伤康复领域得到广泛应用。其治疗原理是在高压环境下, 让患者吸入纯氧, 使血液中的血氧分压显著升高, 进而提高脊髓损伤区域的血氧供应, 改善组织缺血缺氧状态, 减轻脊髓水肿, 抑制炎症因子的释放, 减少神经元凋亡, 促进神经轴突再生和神经功能修复, 为脊髓损伤患者的康复提供有利的微环境[11] [12]。已有多项临床研究表明, 高压氧联合康复训练治疗脊髓损伤的疗效优于单一康复训练, 但由于我国地域差异较大, 新疆生产建设兵团地区地处西北边疆, 气候环境特殊, 患者人群结构与内地存在一定差异, 且目前针对该地区脊髓损伤患者采用高压氧联合康复训练的回顾性研究较少, 缺乏针对性的临床数据支持[13] [14]。

基于此, 本研究回顾性分析 2022 年 1 月~2025 年 12 月期间, 新疆生产建设兵团医院康复医学科收治的 84 例脊髓损伤患者的临床资料, 对比高压氧联合康复训练与单一常规康复训练的治疗效果, 探讨该联合治疗方案在边疆地区脊髓损伤患者中的临床应用价值, 为优化新疆生产建设兵团地区脊髓损伤康复治疗方案、提高患者康复质量提供可靠的临床依据, 同时也为我国边疆地区康复医学的发展提供参考。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象与研究地点

研究地点: 新疆生产建设兵团医院康复医学科住院病房及康复治疗区, 该科室具备完善的脊髓损伤康复治疗设备, 包括高压氧舱、功能性电刺激仪、康复训练器械等, 拥有专业的康复医师、治疗师团队,

可规范开展脊髓损伤的康复评估与治疗工作。

研究对象: 回顾性收集 2022 年 1 月 1 日~2025 年 12 月 31 日期间, 于新疆生产建设兵团医院康复医学科住院治疗的脊髓损伤患者。所有患者均经临床症状、体征结合颈椎、胸椎或腰椎 MRI/CT 检查确诊为脊髓损伤, 且临床资料完整(包括一般资料、治疗记录、康复评估记录、随访记录等)。共纳入符合标准的患者 84 例, 根据治疗方案的不同, 将其分为观察组(高压氧联合康复训练)和对照组(单一常规康复训练), 每组各 42 例。

## 2.2. 纳入与排除标准

### 2.2.1. 纳入标准

① 符合《脊髓损伤神经学分类的国际标准(2019 版)》中脊髓损伤的诊断标准, 经 MRI 或 CT 检查证实存在脊髓损伤, 明确损伤节段及损伤程度; ② 年龄 18~75 岁, 性别不限, 神志清楚, 能够配合完成康复评估及治疗; ③ 脊髓损伤病程  $\leq 3$  个月, 属于急性期或亚急性期, 为康复治疗的最佳时期; ④ 自愿接受本次研究相关治疗方案, 且临床资料完整, 能够完成 3 个月的连续治疗及随访; ⑤ 无高压氧治疗禁忌证(针对观察组患者)。

### 2.2.2. 排除标准

① 合并严重心、肺、肝、肾功能不全, 或存在凝血功能障碍、恶性肿瘤、严重感染等全身性疾病, 无法耐受康复训练或高压氧治疗; ② 存在高压氧治疗禁忌证, 包括气胸、肺气肿、肺大疱、未控制的高血压(收缩压  $> 160$  mmHg, 舒张压  $> 100$  mmHg)、活动性出血、幽闭恐惧症等(观察组专属排除标准); ③ 既往有脊髓疾病病史、脑外伤史、神经系统疾病病史, 或存在肢体残疾、运动功能障碍等基础疾病, 影响康复疗效评估; ④ 妊娠或哺乳期女性; ⑤ 存在精神疾病、认知功能障碍, 无法配合完成康复评估及治疗; ⑥ 治疗过程中因个人原因中断治疗、随访失联, 或临床资料不完整, 无法进行疗效分析。

## 2.3. 治疗方法

### 2.3.1. 对照组: 单一常规康复训练

对照组患者采用脊髓损伤常规康复训练方案, 由专业康复治疗师根据患者的损伤节段、功能状态制定个体化康复计划, 每日 1~2 次, 每次 40~60 分钟, 每周治疗 5~6 天, 连续治疗 3 个月, 具体训练内容如下:

(1) 运动疗法: 包括肌力训练(针对损伤平面以下无力肌群, 采用主动训练、被动训练、抗阻训练等方式, 逐步提升肌力)、关节活动度训练(预防关节挛缩, 维持关节正常活动范围, 采用被动伸展、主动屈伸等训练)、平衡训练(针对能够坐起或站立的患者, 采用平衡板、站立架等器械, 训练患者的平衡能力)、转移训练(针对床椅转移、轮椅与地面转移等, 提升患者的自主转移能力)、步行训练(对于具备步行条件的患者, 采用助行器、拐杖等辅助器具, 开展减重步行、独立步行训练)。

(2) 物理因子治疗: 根据患者的具体症状, 选用功能性电刺激、经皮神经电刺激(TENS)、超声波治疗、低频脉冲电治疗等, 其中功能性电刺激主要用于刺激下肢肌群, 预防肌肉萎缩, 促进运动功能恢复; 经皮神经电刺激主要用于缓解患者的疼痛症状; 超声波治疗用于减轻脊髓水肿, 促进组织修复。

(3) 作业治疗: 以提升患者日常生活活动能力为目标, 开展进食、洗澡、修饰、穿衣、控制大小便、如厕等日常生活活动训练, 同时进行手功能精细训练, 帮助患者恢复自主生活能力。

(4) 膀胱与直肠管理: 采用间歇导尿、排便训练、盆底肌训练等方式, 帮助患者建立规律的排尿、排便习惯, 预防泌尿系感染、便秘等并发症。

(5) 健康指导与心理干预: 定期对患者及家属进行健康宣教, 讲解脊髓损伤康复的相关知识、训练注意事项, 同时关注患者的心理状态, 给予心理疏导, 缓解患者的焦虑、抑郁情绪, 提高患者的康复依从性。

### 2.3.2. 观察组: 高压氧联合常规康复训练

观察组患者在对照组常规康复训练方案的基础上, 加用高压氧治疗, 具体治疗方案如下:

(1) 高压氧治疗设备: 采用多人空气加压舱(型号: GY3200), 由专业高压氧医师操作, 严格遵循高压氧治疗规范。

(2) 治疗参数: 治疗压力设定为 0.20~0.25 MPa, 患者在加压舱内吸入纯氧, 治疗流程为: 加压 20 分钟(缓慢升压, 避免出现耳痛等不适)→稳压吸氧 60 分钟(期间休息 10 分钟, 改为吸空气, 缓解氧中毒风险)→减压 20 分钟(缓慢减压, 预防减压病)。

(3) 治疗频率: 每日 1 次, 10 次为 1 个疗程, 疗程间休息 3~5 天, 共治疗 3 个疗程, 与常规康复训练同步进行, 连续治疗 3 个月。

(4) 注意事项: 治疗前对患者进行高压氧治疗宣教, 告知患者治疗过程中的注意事项、可能出现的不良反应及应对方法; 治疗过程中密切监测患者的生命体征(血压、心率、呼吸等), 观察患者的不适症状, 及时处理; 治疗后指导患者休息 30 分钟, 避免剧烈活动。

## 2.4. 观察指标与评定标准

所有患者均在治疗前(入院后 24 小时内)及治疗 3 个月后(治疗结束当天)完成各项指标的评估, 评估工作由 2 名专业康复医师独立完成, 若评估结果存在差异, 由第 3 名康复医师进行复核, 确保评估结果的准确性。

### 2.4.1. 一般资料收集

收集两组患者的一般资料, 包括性别、年龄、损伤原因(交通事故、高处坠落、重物砸伤、其他)、损伤节段(颈髓、胸髓、腰髓)、ASIA 分级(A 级、B 级、C 级、D 级)等, 用于组间基线资料对比。

### 2.4.2. 神经功能评估(ASIA 评分及分级)

采用美国脊髓损伤协会(ASIA)制定的神经功能评定标准, 包括感觉评分、运动评分及分级评估:

(1) 感觉评分: 评估患者损伤平面以下的轻触觉和痛觉, 每个感觉平面分为轻触、痛觉各 0~2 分, 全身共 56 个感觉平面, 总分为 224 分(轻触 112 分 + 痛觉 112 分), 评分越高, 提示患者的感觉功能恢复越好。

(2) 运动评分: 评估患者损伤平面以下的 10 对关键肌(双侧肱二头肌、肱三头肌、髂腰肌、股四头肌、胫前肌), 每块肌肉按肌力分级(0~5 级)评分, 0 级为完全瘫痪, 5 级为肌力正常, 总分为 100 分, 评分越高, 提示患者的运动功能恢复越好。

(3) ASIA 分级: 分为 A 级、B 级、C 级、D 级、E 级, 其中 A 级为完全性损伤(S4~S5 无感觉和运动功能); B 级为感觉不完全性损伤(S4~S5 有感觉功能, 无运动功能); C 级为运动不完全性损伤(S4~S5 有感觉和运动功能, 但损伤平面以下关键肌肌力均 < 3 级); D 级为运动不完全性损伤(S4~S5 有感觉和运动功能, 且损伤平面以下至少有 1 块关键肌肌力  $\geq$  3 级); E 级为正常(感觉和运动功能均正常)。

(4) 疗效判定: 以 ASIA 分级改善情况作为神经功能恢复的疗效判定标准, 分级提高  $\geq$  1 级为有效; 分级无变化或降低为无效。总有效率 = (有效例数/总例数)  $\times$  100%。

### 2.4.3. 日常生活活动能力及功能独立性评估

(1) Barthel 指数(BI): 该量表共包括 10 个项目, 分别为进食、洗澡、修饰、穿衣、控制大便、控制小

便、如厕、床椅转移、行走、上下楼梯, 每个项目根据患者的完成情况分为 0~10 分不等, 总分为 100 分。评分标准: 0~20 分为重度依赖, 21~40 分为中度依赖, 41~60 分为轻度依赖, 61~100 分为基本自理, 评分越高, 提示患者的日常生活活动能力越强。

(2) 功能独立性评定量表(FIM): 该量表共包括 18 个项目, 分为运动功能(13 项)和认知功能(5 项), 每个项目根据患者的独立完成程度分为 1~7 分, 总分为 126 分。评分标准: 1~2 分为完全依赖, 3~4 分为中度依赖, 5~6 分为轻度依赖, 7 分为完全独立, 评分越高, 提示患者的功能独立性越强。

#### 2.4.4. 不良反应观察

观察并记录两组患者治疗期间的不良反应发生情况, 包括观察组的高压氧相关不良反应(耳痛、头痛、头晕、恶心等)及两组共有的康复训练相关不良反应(肌肉酸痛、关节不适等), 记录不良反应的发生例数、严重程度及处理情况, 评估治疗方案的安全性。

### 2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件对本次研究所有数据进行分析处理。计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组内治疗前后比较采用配对 t 检验, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以例数(率, %)表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验; 等级资料(ASIA 分级)采用秩和检验。所有统计检验均为双侧检验, 以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。为确保数据的可靠性, 所有数据录入及分析均由专人负责, 录入后进行双人核对, 避免数据录入错误。

## 3. 结果

### 3.1. 两组患者一般资料比较

两组患者的性别、年龄、损伤原因、损伤节段、ASIA 分级等一般资料比较, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), 具有可比性。具体情况见表 1。

**Table 1.** Comparison of baseline characteristics between the two groups of patients

**表 1.** 两组患者一般资料比较

观察指标	观察组(n = 42)	对照组(n = 42)	$\chi^2/t$ 值	P 值
性别(例, %)	男 25 (59.52), 女 17 (40.48)	男 23 (54.76), 女 19 (45.24)	0.248	0.618
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	46.8 $\pm$ 11.5	45.5 $\pm$ 12.3	0.452	0.652
损伤原因(例, %)	交通事故 21 (50.00)、 高处坠落 12 (28.57)、 重物砸伤 6 (14.29)、其他 3 (7.14)	交通事故 19 (45.24)、 高处坠落 14 (33.33)、 重物砸伤 7 (16.67)、其他 2 (4.76)	0.576	0.902
损伤节段(例, %)	颈髓 16 (38.10)、胸髓 15 (35.71)、 腰髓 11 (26.19)	颈髓 14 (33.33)、胸髓 16 (38.10)、 腰髓 12 (28.57)	0.215	0.903
ASIA 分级(例, %)	A 级 9 (21.43)、B 级 12 (28.57)、 C 级 14 (33.33)、D 级 7 (16.67)	A 级 10 (23.81)、B 级 13 (30.95)、 C 级 13 (30.95)、D 级 6 (14.29)	0.187	0.957

注: ASIA 分级中, 两组均无 E 级患者;  $\chi^2$  值用于计数资料组间比较, t 值用于计量资料组间比较。

### 3.2. 两组患者治疗前后 ASIA 感觉、运动评分比较

治疗前, 两组患者的 ASIA 感觉评分、运动评分比较, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ); 治疗 3 个月后, 两组患者的 ASIA 感觉评分、运动评分均较治疗前显著升高, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 且观察组的 ASIA 感觉评分、运动评分均显著高于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。具体情况见表 2。

**Table 2.** Comparison of ASIA sensory and motor scores before and after treatment between the two groups of patients  
**表 2.** 两组患者治疗前后 ASIA 感觉、运动评分比较

观察指标	观察组(n = 42)	对照组(n = 42)
ASIA 感觉评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗前	106.32 ± 21.45	104.87 ± 22.13
ASIA 感觉评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗后	168.75 ± 23.68 <sup>ab</sup>	135.41 ± 24.22 <sup>a</sup>
ASIA 运动评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗前	42.56 ± 10.38	41.93 ± 10.72
ASIA 运动评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗后	76.89 ± 12.45 <sup>ab</sup>	58.34 ± 11.67 <sup>a</sup>

注: <sup>a</sup>P < 0.05, 与同组治疗前比较; <sup>b</sup>P < 0.05, 与对照组治疗后比较。

### 3.3. 两组患者治疗前后 BI、FIM 评分比较

治疗前, 两组患者的 BI 评分、FIM 评分比较, 差异均无统计学意义(P > 0.05); 治疗 3 个月后, 两组患者的 BI 评分、FIM 评分均较治疗前显著升高, 差异有统计学意义(P < 0.05); 且观察组的 BI 评分、FIM 评分均显著高于对照组, 差异有统计学意义(P < 0.05)。具体情况见表 3。

**Table 3.** Comparison of BI and FIM scores before and after treatment between the two groups of patients  
**表 3.** 两组患者治疗前后 BI、FIM 评分比较

观察指标	观察组(n = 42)	对照组(n = 42)
BI 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗前	36.78 ± 10.25	35.92 ± 10.67
BI 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗后	72.45 ± 13.62 <sup>ab</sup>	53.16 ± 12.89 <sup>a</sup>
FIM 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗前	54.63 ± 12.51	53.89 ± 12.84
FIM 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)-治疗后	92.78 ± 14.36 <sup>ab</sup>	71.52 ± 13.78 <sup>a</sup>

注: <sup>a</sup>P < 0.05, 与同组治疗前比较; <sup>b</sup>P < 0.05, 与对照组治疗后比较。

### 3.4. 两组患者 ASIA 分级改善有效率比较

治疗 3 个月后, 观察组 42 例患者中, ASIA 分级改善有效 36 例, 无效 6 例, 总有效率为 85.71%; 对照组 42 例患者中, ASIA 分级改善有效 26 例, 无效 16 例, 总有效率为 61.90%。观察组的 ASIA 分级改善总有效率显著高于对照组, 差异有统计学意义( $\chi^2 = 6.304$ , P = 0.012 < 0.05)。具体情况见表 4。

**Table 4.** Comparison of the effective improvement rate in ASIA grade between the two groups of patients  
**表 4.** 两组患者 ASIA 分级改善有效率比较

观察指标	观察组(n = 42)	对照组(n = 42)	$\chi^2$ 值	P 值
有效(例, %)	36 (85.71)	26 (61.90)	6.304	0.012
无效(例, %)	6 (14.29)	16 (38.10)	—	—
总有效率(%)	85.71	61.90	—	—

### 3.5. 两组患者不良反应发生情况比较

治疗期间, 观察组共出现 5 例轻微不良反应, 其中耳痛 3 例、头痛 2 例, 均为高压氧治疗过程中出现的轻微不适, 经减慢升压速度、休息、吸氧调整等对症处理后, 症状均缓解, 无严重不良反应发生, 不良反应发生率为 11.90%; 对照组患者在康复训练过程中未出现明显不良反应, 不良反应发生率为 0.00%。两组不良反应发生率比较, 差异无统计学意义( $\chi^2 = 3.186$ , P = 0.074 > 0.05)。具体情况见表 5。

**Table 5.** Comparison of the incidence of adverse reactions between the two groups of patients  
**表 5.** 两组患者不良反应发生情况比较

观察指标	观察组(n = 42)	对照组(n = 42)	$\chi^2$ 值	P 值
不良反应(例, %)	5 (11.90)	0 (0.00)		
不良反应类型(例)	耳痛 3 例、头痛 2 例	无	3.186	0.074
处理情况	对症处理后缓解, 无中断治疗	无		
不良反应发生率(%)	11.90	0.00		

#### 4. 讨论

脊髓损伤作为一种高致残性创伤, 其康复治疗的核心目标是减轻继发性损伤、促进神经功能恢复、提升患者的日常生活活动能力和生存质量。常规康复训练通过运动刺激、功能锻炼等方式, 能够促进神经可塑性, 帮助患者恢复部分运动和生活能力, 但由于脊髓损伤后存在明显的缺血缺氧、水肿等继发性病理变化, 单一常规康复训练难以从根本上改善神经组织的损伤状态, 治疗效果有限。近年来, 高压氧联合康复训练逐渐成为脊髓损伤康复治疗的重要方案, 其协同作用能够显著提升治疗效果, 已得到多项临床研究的证实[15] [16]。

本研究回顾性分析了新疆生产建设兵团医院康复医学科 84 例脊髓损伤患者的临床资料, 对比高压氧联合康复训练与单一常规康复训练的治疗效果, 结果显示, 治疗后观察组患者的 ASIA 感觉评分、运动评分均显著高于对照组, 且 ASIA 分级改善总有效率(85.71%)显著高于对照组(61.90%), 提示高压氧联合康复训练能够更有效地促进脊髓损伤患者的神经功能恢复[17] [18]。这一结果与国内相关研究结论一致, 其核心机制在于高压氧治疗能够有效改善脊髓损伤区域的缺血缺氧状态。脊髓损伤后, 原发性损伤导致脊髓组织血管破裂、痉挛, 引发局部血液循环障碍, 进而导致神经组织缺血缺氧, 而缺氧又会进一步加重神经细胞凋亡、水肿和炎症反应, 形成恶性循环[19] [20]。高压氧治疗通过在高压环境下吸入纯氧, 能够使血液中的血氧分压提升 10~15 倍, 显著增加血氧含量和血氧弥散距离, 改善脊髓损伤区域的微循环, 为神经细胞的修复提供充足的氧气和营养支持; 同时, 高压氧还能够抑制炎症因子(如肿瘤坏死因子- $\alpha$ 、白细胞介素-6 等)的释放, 减轻脊髓水肿, 减少神经细胞凋亡, 促进神经轴突再生和突触重塑, 为神经功能恢复创造有利条件。而常规康复训练则能够通过运动刺激, 强化神经可塑性, 巩固高压氧治疗的效果, 两者协同作用, 进一步提升神经功能恢复的疗效[21] [22]。

日常生活活动能力和功能独立性的恢复是脊髓损伤患者康复的重要目标, 也是评估康复疗效的关键指标。本研究结果显示, 治疗后观察组患者的 BI 评分、FIM 评分均显著高于对照组, 提示高压氧联合康复训练能够更有效地提升患者的日常生活活动能力和功能独立性[23] [24]。这是因为, 神经功能的改善能够直接促进患者肢体运动功能、平衡能力、转移能力的恢复, 而常规康复训练中的作业治疗、运动训练等能够针对性地提升患者的日常生活技能, 两者结合能够帮助患者更快地恢复自主生活能力, 减少对他人依赖。例如, 观察组中部分颈髓损伤患者, 经过联合治疗后, 能够自主完成穿衣、进食、如厕等日常生活活动, 平衡能力和转移能力也得到显著提升, 而对照组患者的恢复速度相对较慢, 部分患者仍需家属协助完成日常活动, 这充分体现了联合治疗方案的优势[25] [26]。

安全性是临床治疗方案选择的重要考量因素。本研究中, 观察组患者出现的不良反应均为轻微的耳痛、头痛, 经对症处理后均缓解, 无严重不良反应发生, 且不良反应发生率与对照组比较无显著差异, 提示高压氧联合康复训练治疗脊髓损伤的安全性良好[27]。高压氧治疗的不良反应主要与加压、减压速度过快或患者个体差异有关, 通过规范操作、缓慢加压减压、治疗前宣教等措施, 可有效减少不良反应的

发生, 确保治疗的安全性。此外, 两组患者均未出现康复训练相关的严重不良反应, 说明常规康复训练方案具有良好的安全性, 联合高压氧治疗后, 未增加不良反应风险, 患者耐受性良好, 适合临床长期推广应用。

结合新疆生产建设兵团地区的地域特点, 本研究具有一定的针对性和临床价值。新疆生产建设兵团地区地处西北边疆, 气候干燥, 昼夜温差大, 且部分患者来自偏远地区, 就医条件相对有限, 脊髓损伤患者的康复治疗需求迫切。本研究证实, 高压氧联合康复训练治疗脊髓损伤疗效确切、安全性良好, 能够有效改善患者的神经功能和日常生活能力, 适合在该地区临床推广应用, 可为边疆地区脊髓损伤患者提供更优的康复治疗选择, 同时也为新疆生产建设兵团地区康复医学的发展提供了临床数据支持。

本研究也存在一定的局限性: 首先, 本研究为单中心回顾性分析, 样本量仅为 84 例, 且均来自新疆生产建设兵团医院, 样本代表性有限, 可能存在选择偏倚; 其次, 本研究的随访时间仅为 3 个月, 缺乏长期随访数据, 无法评估联合治疗方案对脊髓损伤患者远期康复预后的影响; 最后, 本研究未对不同损伤节段、不同损伤程度的患者进行分层分析, 无法明确联合治疗方案在不同类型脊髓损伤患者中的疗效差异。

未来, 我们将扩大样本量, 开展多中心、前瞻性随机对照研究, 延长随访时间, 进一步验证高压氧联合康复训练治疗脊髓损伤的长期疗效; 同时, 将针对不同损伤节段、不同损伤程度的患者进行分层分析, 制定更具个体化的康复治疗方

## 5. 结论

高压氧联合常规康复训练治疗脊髓损伤, 能够显著改善患者的神经感觉及运动功能, 有效提升患者的日常生活活动能力和功能独立性, 治疗效果优于单一常规康复训练, 且安全性良好, 不良反应发生率低, 患者耐受性好。该联合治疗方案适合在新疆生产建设兵团地区临床推广应用, 可为边疆地区脊髓损伤患者的康复治疗提供可靠的方案选择, 对提升新疆生产建设兵团地区脊髓损伤康复诊疗水平、改善患者生存质量具有重要意义。

## 声 明

本研究获得新疆生产建设兵团医院伦理委员会批准。

## 参考文献

- [1] Vahedi, A., Rahimi, G., Rahbar, M., Adibi Motlagh, Y., Siahmansouri, P., Sorouri, F., *et al.* (2026) Passive Immunotherapy Targeting Pathogenic Tau Restores Neuronal Structure and Function Following Spinal Cord Injury. *Spinal Cord*, **64**, 447-452. <https://doi.org/10.1038/s41393-025-01149-y>
- [2] 杨燕平, 李珺, 王建福, 等. 地黄饮子合血府逐瘀汤联合温肾化气针刺治疗脊髓损伤恢复期神经源性膀胱的临床观察[J]. 中医药导报, 2026, 32(3): 82-87.
- [3] Nijmeijer, M., Braam, K., Keessen, P., Memelink, R.G., Valent, L.J.M., Osterthun, R., *et al.* (2026) Transmural Collaboration in Lifestyle Care: Views of Healthcare Professionals and Individuals with Spinal Cord Injury, Cauda Equina Syndrome, or Spina Bifida. *Disability and Rehabilitation*, **2026**, 1-16. <https://doi.org/10.1080/09638288.2026.2643977>
- [4] 孟子斐, 张军卫, 丛欣莹, 等. 脊髓损伤后髋周肌群神经源性异位骨化的定位研究[J]. 实用骨科杂志, 2026, 32(3): 272-276.
- [5] Ageeva, T., Shigapova, R., Bilalova, A., Plotnikova, E., Akmanova, A., Rizvanov, A., *et al.* (2026) Reorganization of Spinal Cord Microarchitecture by Bioluminescent Optogenetic and Rehabilitative Interventions. *Cells*, **15**, Article 571. <https://doi.org/10.3390/cells15060571>

- [6] Emmenegger, T.M., David, G., Mohammadi, S., Ziegler, G., Callaghan, M.F., Thompson, A., *et al.* (2026) Neuronal Plasticity during Motor Rehabilitation Training after Spinal Cord Injury. *Communications Biology*, **9**, Article No. 561. <https://doi.org/10.1038/s42003-026-09793-7>
- [7] 金叶霞, 姚丹华, 徐琴. 不完全性脊髓损伤的康复锻炼研究进展[J]. 中国乡村医药, 2026, 33(3): 70-72.
- [8] Feng, C., Zhu, J., Zhang, J. and Xu, K. (2026) Closed-Loop Spinal Neural Interface Combined with Rehabilitation Training for Incomplete Spinal Cord Injury: A Case Report. *Journal of Zhejiang University (Medical Sciences)*, **55**, 72-76. <https://doi.org/10.3724/zdxbyxb-2025-0521>
- [9] 水向梅, 许晴, 孙雅婷, 等. 焦点解决模式干预策略联合自我护理训练康复护理对脊髓损伤患者的影响分析[J]. 中国典型病例大全, 2026, 20(1): 1306-1309.
- [10] He, F., Zhang, R., Sha, F., Hu, Y., Zhang, Z. and Zheng, M. (2025) Neuromuscular Electrical Stimulation Combined with Rehabilitation Training Improves Rehabilitation after Spinal Cord Injury. *Annali Italiani di Chirurgia*, **96**, 1654-1660. <https://doi.org/10.62713/aic.4323>
- [11] 王锦誉, 刘之青, 陈一鸣. 针灸联合康复训练对脊髓损伤患者神经功能与生活质量的影响[J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2025, 9(22): 100-102.
- [12] 唐泽文, 秦成义, 金彪, 等. 核心肌群训练配合呼吸训练对脊髓损伤病人心肺功能及下肢表面肌电的影响[J]. 青岛大学学报(医学版), 2025, 61(5): 743-747.
- [13] Guo, S., Yang, Y., Wang, M., Wang, D., Zhang, Y., Wang, Q., *et al.* (2025) Effects of an Exoskeleton Robot on Motor Function in Patients with Spinal Cord Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Systematic Reviews*, **14**, Article No. 218. <https://doi.org/10.1186/s13643-025-02974-1>
- [14] Dye, M., Everett, T. and Duerstock, B. (2025) Abstract 4369277: Risk of Arrhythmia Persists Throughout Acute and Chronic Phases of Autonomic Dysreflexia Following Spinal Cord Injury: A Rodent Model Study. *Circulation*, **152**, A4369277. [https://doi.org/10.1161/circ.152.suppl\\_3.4369277](https://doi.org/10.1161/circ.152.suppl_3.4369277)
- [15] Kim, S., Lee, J., Kim, W., Jin, S., Bae, Y., Lee, H., *et al.* (2025) Effects of High-Intensity Resistance Training on Extended Body Composition and Functional Fitness after Spinal Cord Injury with Motor Complete Paraplegia: A Randomized Controlled Trial Study. *Frontiers in Public Health*, **13**, Article 1678313. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1678313>
- [16] 刘楚素. 悬吊运动训练联合脊髓神经运动功能评估图在脊髓损伤患者中的应用研究[J]. 运动与健康, 2025, 4(16): 9-12.
- [17] 程义娟, 何雄, 李江. 常规康复训练联合针灸及穴位按摩在脊髓损伤患者中的应用价值[J]. 世界复合医学(中英文), 2025, 11(10): 161-165.
- [18] 王珍珠, 王金菊. 全面护理在颈脊髓损伤高压氧综合治疗患者中的应用效果分析[J]. 中国社区医师, 2025, 41(25): 118-120.
- [19] Zhang, X., Zhang, X., Yang, D., Liu, L., Huo, X. and Deng, Z. (2025) Ultrasound Monitoring Respiratory Muscle Rehabilitation Training Can Promote the Recovery of Diaphragmatic Function in Traumatic Spinal Cord Injury (TSCI) Patients. *European Journal of Medical Research*, **30**, Article No. 733. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-03023-2>
- [20] 黄晓玲, 颜小润. 智能康复训练联合高压氧对不完全性脊髓损伤患者生存质量的影响[J]. 西藏医药, 2025, 46(4): 31-33.
- [21] 魏健良, 赖建恭, 李建军, 等. 康复训练 + 电针 + 温针灸对脊髓损伤后神经源性膀胱尿潴留患者排尿情况及膀胱功能的影响[J]. 基层医学论坛, 2025, 29(18): 20-22+30.
- [22] Zhang, S. (2025) Effect of Repeated Transcranial Magnetic Stimulation Therapy Combined with Rehabilitation Training on Nerve Function Recovery in Patients with Different Degrees of Spinal Cord Injury. *Advances in Precision Medicine*, **10**, 123-129. <https://doi.org/10.18063/apm.v10i2.880>
- [23] 杨丽, 孙南南. 多维度健康教育对脊髓损伤康复进程及预后的影响研究[J]. 黑龙江医学, 2025, 49(8): 984-986.
- [24] 董婷婷, 王钰宏, 李维朝, 等. 外骨骼机器人在脊髓损伤患者康复领域中的应用综述[J]. 医疗卫生装备, 2025, 46(4): 100-107.
- [25] 丁佩佩. 全面康复视角下脊髓损伤患者疾病全程照护方案的构建[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2024.
- [26] 刘雪琴, 吴荔军, 吴运娟, 等. 基于 BCW 理论的护理模式在脊髓损伤伴高血压患者中的应用效果[J]. 心血管病防治知识, 2022, 12(19): 77-80.
- [27] 李可. 电针大椎穴、命门穴对脊髓损伤大鼠 PI3K/AKT/mTOR 信号通路的影响[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京中医药大学, 2020.