

HBO 联合颈椎后路椎管扩大成形术治疗老年颈椎过伸性脊髓损伤的疗效观察

李 伟 刘 波 周宏明

(临沂市中心医院骨科, 山东 临沂 276400)

摘 要 **目的:**观察 HBO 联合颈椎后路椎管扩大成形术治疗老年颈椎过伸性脊髓损伤的疗效。**方法:**采用前瞻性对照研究,选取我院脊柱外科 2019 年 1 月—2021 年 1 月收治的老年颈椎过伸性脊髓损伤患者 61 例为研究对象,按照随机数字表法,随机分为观察组 31 例,对照组 30 例,对照组患者行颈椎后路椎管扩大成形术,观察组患者行颈椎后路椎管扩大成形术 + HBO 治疗,2 组患者均随访 3 个月,比较 2 组患者术前及末次随访时颈部疼痛视觉评分(Visual analogue scale, VAS 评分)、日本改良 JOA 评分(Japanese Orthopaedic Association, JOA)和 ASIA 神经功能分级评分(American Spinal Injury Association, ASIA),同时观察 2 组患者术后第 1 天、HBO 治疗后第 3 天及末次随访时外周血 IL-6 和 TNF- α 变化。**结果:**与本组治疗前比较,2 组患者 VAS 评分、JOA 评分、ASIA 评分均明显改善,差异有统计学意义($P < 0.01$),且观察组治疗后明显优于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);与本组治疗前比较,2 组患者血清 IL-6、TNF- α 水平均降低,差异有统计学意义($P < 0.01$),且观察组治疗后明显低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**HBO 联合颈椎后路椎管扩大成形术可降低脊髓损伤的炎症反应,促进神经功能恢复,提高患者生存质量,临床效果确切。

关键词 高压氧;脊髓损伤;炎症反应;颈椎管扩大成形术;IL-6;TNF- α

Efficacy of HBO Combined with Posterior Cervical Spinal Canal Expansion in the Treatment of Senile Cervical Hyperextension Spinal Cord Injury

LI Wei, LIU Bo, ZHOU Hongming

(Department of spine surgery, Linyi central hospital, Linyi, Shandong 276400)

Abstract Objective: To observe the effect of HBO combined with posterior cervical spinal canal expansion in the treatment of elderly cervical spinal hyperextension spinal cord injury. **Methods:** A prospective controlled study was used to select 61 elderly patients with cervical hyperextension spinal cord injury who were admitted to our hospital from January 2019 to January 2021 as the research objects. They were randomly divided into experimental and control groups. The control group received cervical spine surgery. Posterior spinal canal enlargement surgery. Patients in the experimental group underwent posterior cervical spinal canal augmentation + HBO treatment. Both groups were followed up for three months. The visual scores of neck pain (Visual analogue scale, VAS score), Japanese modified JOA score (Japanese Orthopaedic Association, JOA) and ASIA neurological function classification score (American Spinal Injury Association, ASIA), and observe the two groups of patients on the first day after surgery and the third day after HBO treatment And changes in peripheral blood IL-6 and TNF- α at the last follow-up. **Results:** Compared with this group before treatment, the VAS score, JOA score, and ASIA score of the two groups were significantly improved, and the difference was statistically significant ($P < 0.01$), and the experimental group was significantly better than the control group after treatment, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Compared with this group before treatment, the serum IL-6 and TNF- α levels of the two groups of patients decreased, the difference was statistically significant ($P < 0.01$), and the experimental group was significantly lower than the control group after treatment, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** HBO combined with posterior cervical spinal canal enlargement can reduce the inflammatory response of spinal cord injury, promote the recovery of extension function, and improve the quality of life of patients, with definite clinical results.

Key words Hyperbaric oxygen; Spinal cord injury; Inflammation; Cervical spinal canal expansion; IL-6; TNF- α

中图分类号:R 681.5 文献标识码:A 文章编号:1673-6567(2023)13-0001-05 DOI 编码:10.13214/j.cnki.cjotadm.2023.13.001

颈椎过伸性脊髓损伤是指在椎管狭窄或颈椎严重退变基础上,头颈部受到突然过伸性暴力,颈椎极

度过伸导致椎管有效容积迅速减小而导致脊髓受压,出现颈部疼痛伴四肢麻木、无力,甚至四肢瘫痪^[1-2]。该类型损伤大多为老年人,本身合并颈椎管狭窄或颈椎间盘突出,且随着年龄逐渐增大机体反应能力下降,在突然受到外力后极易发生该损伤,在损伤发生之后,脊髓的受伤局部除存在机械性压迫外,还将会出现氧化应激、炎症反应、缺血再灌注等一系列继发性损伤,将严重影响脊髓功能恢复。单纯外科手术只能重建脊柱稳定性,扩大椎管,解除脊髓压迫相关因素,但不能有效的阻止脊髓继发性损伤,而高压氧^[3](hyperbaric oxygen, HBO)作为一门广泛应用临床的新兴学科,不仅可以减轻继发性损伤关键环节中的炎症反应、微循环障碍等,还可以从许多方面阻止脊髓损伤后的病理变化。目前关于高压氧治疗老年患者颈椎过伸性脊髓损伤研究较少,本研究采用前瞻性对照研究方式探索 HBO 联合颈椎后路椎管扩大成形术治疗老年颈椎过伸性脊髓损伤的效果及安全性。现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

选取我院脊柱外科 2019 年 1 月—2021 年 1 月收治的颈椎过伸性脊髓损伤患者 61 例为研究对象,按照随机数字表法,随机分为观察组 31 例,对照组 30 例,其中男 40 例,女 21 例;年龄 63—85 岁,平均年龄为(70.5 ± 10.1)岁;骑电动车摔伤 29 例,车祸伤 21 例,酒后跌倒伤 7 例,其他损伤 4 例。所有患者均已知情同意参与研究。本研究经医院医学伦理委员会审核批准。(1)纳入标准:年龄 > 60 岁;颈椎过伸性脊髓损伤并行椎管扩大成形手术者;随访可靠,影像学资料完整者。(2)排除标准:年龄 < 60 岁;不耐受高压氧治疗或高压氧治疗禁忌患者;未行手术治疗患者;随访资料不完善患者。

1.2 方法

1.2.1 影像学检查及其特点

纳入标准的 61 例患者入院后常规行颈椎正侧位、颈椎三维 CT 成像、颈椎 MRI 检查,患者颈椎正侧位及 CT 成像可见明显增生退变表现,椎间隙变窄,且在颈椎 MRI 影像学中可见多节段椎间盘突出并椎管狭窄,脑脊液连续性中断,在 T2 像和压脂像可见脊髓水肿高信号及颈椎椎体前软组织水肿信号。

1.2.2 手术方式及治疗方案

所有患者采用全麻手术。术中使用纤支镜插管,避免常规喉镜全麻插管导致颈椎过度后伸加重脊髓损伤。全麻完成后患者采用俯卧位,前额部置

于颈椎专用头架上,注意保护眼睛。双上肢放置在躯干两侧,宽胶带固定牢固,调整骨科专用手术床角度,使头颈部抬高 15°,并使颈椎保持适度屈曲位置。常规消毒、铺单、贴保护膜,以颈 4 为中心做纵形切口,依次切开皮肤、皮下、筋膜,逐层分离,沿着棘突两侧骨膜下剥离,显露 C₂—C₇ 关节突关节外侧缘,用咬骨钳剪除 C₃—C₇ 棘突 1.5 cm,在症状较重侧选为开门侧,在椎板和侧块交界处用高速磨钻开槽并磨透全层椎板(注意磨钻方向与椎板垂直,避免与地面垂直损伤椎管内静脉丛),在对侧仅磨透单层椎板,用骨膜剥离器将椎板向门轴侧逐个缓慢掀起,同时清除椎板周边的黄韧带,充分显露硬膜囊,直至无明显压迫,静脉丛出血时用明胶海绵条进行压迫,在 C₃—C₇ 开门侧依次安放开门钛板,选用合适长度的固定螺钉将钛板固定在椎板和关节突上,C 臂 X 线机透视见位置可靠后,冲洗切口,安放引流管,逐层缝合。对照组仅行颈椎后路椎管扩大成形术,术后应用消肿、止痛、抗生素预防治疗,观察组除上述手术及药物治疗外,术后第 3 天生命体征稳定后即采用国产中型多人医用高压氧舱治疗,治疗方案:设置压力为 0.25 MPa,戴上面罩吸纯氧 60 分钟,中间吸舱内空气 10 分钟,减压 20 分钟至常压后出舱。1 天 1 次,10 次为 1 疗程,共治疗 5 个疗程。

1.3 观察指标

所有患者入院时及术后 3 个月随访时进行颈部疼痛 VAS 评分、改良 JOA 评分、按照 ASIA 进行神经功能分级评分,同时在患者术后第 1 天、HBO 治疗后第 3 天及末次随访时抽外周血送检,检测 IL-6 和 TNF-α,并做好数据及影像学资料保存。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 21.0 统计软件进行统计分析,计数资料使用百分率(%)表示,组间使用卡方(χ^2)检验;计量资料采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较使用配对 *t* 检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组术前术后颈部疼痛 VAS 评分及改良 JOA 评分比较

2 组患者治疗后 VAS 评分较治疗前明显降低,差异有统计学意义($P < 0.01$),且观察组治疗后 VAS 评分明显低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);患者治疗后改良 JOA 评分较治疗前明显升高,差异有统计学意义($P < 0.01$),且观察组治疗后改良 JOA 评分明显高于对照组,差异有统计学

意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组术前术后颈部疼痛 VAS 评分及改良 JOA 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	VAS 评分		改良 JOA 评分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	31	7.8 ± 1.1	1.8 ± 0.7①②	6.1 ± 0.9	12.1 ± 1.3①②
对照组	30	7.9 ± 1.5	2.9 ± 1.3①	6.8 ± 1.2	9.3 ± 1.0①

注:与本组治疗前比较① $P < 0.01$,与对照组治疗后比

表 2 2 组术前术后感觉运动功能恢复(ASIA 评分)比较($\bar{x} \pm s$,分)

组别	例数	轻触觉评分		针刺觉评分		运动评分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	31	55.11 ± 2.98	96.36 ± 4.23①②	53.20 ± 3.98	97.12 ± 3.81①②	68.12 ± 3.41	82.11 ± 4.12①②
对照组	30	54.32 ± 2.13	85.41 ± 3.11①	55.71 ± 2.11	86.71 ± 2.81①	67.90 ± 4.12	72.68 ± 4.60①

注:与本组治疗前比较① $P < 0.01$,与对照组治疗后比较② $P < 0.05$ 。

2.3 2 组术后及末次随访 IL-6 和 TNF- α 值比较

2 组患者术后第 7 天、末次随访时 IL-6 及 TNF- α 较术前明显降低,差异有统计学意义

表 3 2 组术后及末次随访 IL-6 和 TNF- α 值比较(ug/L)

检测时间	对照组(n=30)		观察组(n=31)	
	IL-6	TNF- α	IL-6	TNF- α
术前	18.65 ± 3.69	25.63 ± 4.12	18.19 ± 4.46	23.45 ± 4.25
术后第 7 天	11.32 ± 3.41①	20.56 ± 5.01①	11.36 ± 3.14①②	18.63 ± 4.20①②
末次随访	10.84 ± 3.61①	18.86 ± 4.36①	7.51 ± 2.96①②	15.24 ± 4.21①②

注:与同组术前比较① $P < 0.05$;与对照组同一时间点比较② $P < 0.05$ 。

3 讨论

近年来随着交通运输的发展及生活方式的改变,尤其是电动车的广泛应用和我国步入人口老龄化社会,颈椎过伸性脊髓损伤发病率逐年增加,约占颈部损伤的 55%^[3],全球范围内每年新发的脊髓损伤患者约 18 万例,日益成为全球关注性医学难题。老年人在遇到路滑及交通事故时机体反应能力差,容易摔倒,且大多本身合并颈椎病或颈椎管狭窄,所以发生颈椎过伸性脊髓损伤的概率更大。脊髓损伤是中枢神经系统严重创伤性疾病尤其是脊柱骨折脱位的严重并发症之一,这类损伤破坏了脊髓的神经传导通路,导致损伤平面以下感觉、运动部分或完全丧失,伤后患者出现四肢或双下肢瘫痪,大小便功能障碍,基本丧失了劳动及自理能力,致死、致残率高,预后较差,目前尚无有效治疗脊髓损伤的方法,手术、药物、康复锻炼、干细胞移植等治疗各有局限性,没有得到广泛应用,给家庭和社会带来沉重的经济负担。脊髓损伤^[4]分为原发性损伤和继发性损伤,原发性损伤主要是指暴力导致脊髓实质性损伤,轻者为脊髓挫伤,严重者为挫裂伤,甚至断裂,其病理

较② $P < 0.05$ 。

2.2 2 组术前术后感觉运动功能恢复(ASIA 评分)比较

2 组患者治疗后轻触觉、针刺觉、运动评分均明显升高,差异有统计学意义($P < 0.01$),且观察组治疗后明显高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

($P < 0.01$),观察组和对照组术后第 7 天、末次随访时 IL-6 及 TNF- α 相比较,检测值明显低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

为脊髓实质出血和神经细胞变性、坏死及神经纤维部分断裂,目前对于伤后存在脊髓压迫或脊柱不稳等原发性损伤可以采用手术治疗,手术治疗的主要目的是重建脊柱稳定性,解除脊髓压迫,避免脊柱不稳定加重脊髓损伤,但是对于脊髓完全横断损伤临床上尚无有效治疗方案,预后极差。虽然文献报道^[5-6]采用神经干细胞移植等动物实验研究取得了部分成果,表明可以促进脊髓功能恢复,基本原理主要是替代受损神经细胞并使其发挥桥接作用,重建神经通路,但尚未在临床工作中广泛应用。而继发性损伤是指在原发性损伤之后发生的一系列瀑布式生物化学反应^[7],包括炎症反应、缺血再灌注损伤、氧化应激等,如果治疗及时得当,继发性脊髓损伤是可逆的,但如果治疗不当或治疗不及时可演变为不可逆性脊髓损伤,甚至导致脊髓功能进一步丧失,目前国内外大量实验研究都是针对继发性损伤而进行的,应用药物或物理治疗,有效的保留残存的神经功能,避免神经纤维细胞进一步坏死、凋亡是治疗的目的。高压氧是现代医学的一门新兴学科,大量文献表明^[2,8]该治疗可以明显提高脑脊液、脑组织的氧分

压,从而改善组织缺氧,减轻组织水肿,是治疗神经系统损伤的重要手段,在国内外广泛应用。李浩^[9]通过研究发现高压氧对脊柱骨折合并脊髓损伤患者临床效果显著,有效促进脊髓功能恢复。由于脊髓为中枢神经,不可再生,且无法像周围神经一样进行神经移植或吻合治疗,对于脊柱骨折脱位导致的脊髓完全横断性损伤,预后极差,我们在临床工作中尚未发现有恢复可能,但是对于不完全性脊髓损伤患者通过手术治疗后神经功能可部分恢复,基于此本研究选取老年颈椎过伸性脊髓损伤患者为研究对象,通过本研究发现术后及时使用高压氧治疗可明显改善患者神经症状。刘敏^[11]等通过动物实验研究显示对于高压氧治疗脊髓损伤越早越好,认为术后 3 小时高压氧治疗可减轻脊髓全横断损伤大鼠脊髓组织水肿,促进后肢运动功能的部分恢复,对脊髓有保护作用。黄怀^[12]等认为在脊髓损伤后 8 小时内行高压氧治疗效果明显,在伤后 1 周再行高压氧治疗效果较差,但我们在临床工作中发现,患者从受伤后完善相关检查,到诊断明确时间间隔远大于此,且在不扩大椎管,脊髓压迫仍然存在的情况下行高压氧治疗效果不佳,对脊髓进行有效减压,重建脊柱稳定性,避免颈椎不稳或压迫导致颈部脊髓 2 次损伤是治疗的基础,且如果患者颈部脊髓损伤节段较高,腹式呼吸为主,咳痰无力,再加上老年患者长期卧床导致坠积性肺炎的发生,在住院治疗过程中就可能出现呼吸无力,肺部感染,甚至呼吸衰竭,故我们结合临床实际,在诊断明确后急诊行椎管扩大成形术,术后早期坐立,减少肺部相关并发症,术后 3 天生命体征平稳后立即行高压氧治疗。本研究结果表明,术后 3 天再进行高压氧治疗对颈椎过伸性脊髓损伤患者神经功能恢复疗效仍然是显著的。观察组 VAS 评分由术前(7.8 ± 1.1)分降到术后(1.8 ± 0.7)分,改良 JOA 评分由术前(6.1 ± 0.9)分升高到术后(12.1 ± 1.3)分,对照组 VAS 评分由术前(7.9 ± 1.5)分降到术后(2.9 ± 1.3)分,改良 JOA 评分由术前(6.8 ± 1.2)分升高到术后(9.3 ± 1.0)分;观察组 ASIA 神经功能运动评分由术前(68.12 ± 3.41)分升高到术后(82.11 ± 4.12)分,对照组 ASIA 神经功能运动评分由术前(67.90 ± 4.12)分升高到术后(72.68 ± 4.60)分。本研究结果表明通过高压氧治疗脊髓损伤患者术后的 VAS 评分、改良 JOA 评分及 ASIA 神经功能评分均得到改善,但观察组较对照组改善明显,表明通过高压氧治疗可以明显促进脊髓损伤患者的脊髓功能。

近几年随着基础研究的深入,大量动物实验研究表明,继发性脊髓损伤病理机制复杂,不是单一因素导致,脊髓损伤后继发性损伤通常要比原发性损伤更加严重,炎症反应会在原发脊髓损伤节段的基础上向上向下蔓延,炎症反应和局部组织缺氧是继发性损伤的重要组成部分^[13-14],其中 IL-6 和 TNF-α 是脊髓损伤后重要的炎性介质,参与脊髓损伤的早期继发性炎症反应,TNF-α 还能够促进其他炎症细胞因子的产生,进而引起连锁反应,使机体产生过度炎症反应。IL-6 是重要的促炎细胞因子,组织未受到损伤时体内的 IL-6 含量较低,当组织受到损伤时 IL-6 含量急剧上升,因此组织中其含量可以作为炎症损伤程度的判断标准。高压氧是一种新型的、无创的物理治疗方法,可以通过提高脑脊液及脊髓组织的氧分压,改善脊髓缺氧状态,加快细胞新陈代谢,纠正微循环障碍,从而减轻炎症反应。有文献报道^[15-19]高压氧可以提高血浆中的氧溶解系数和组织中的扩散速率,改善细胞内外离子含量的不平衡,减轻脊髓内神经纤维细胞水肿,减少炎症因子释放,从而减轻炎症反应。包乾录^[17]等通过回顾性分析脊柱创伤合并脊髓损伤患者的外周血检验结果,认为 TNF-α 表达水平与创伤性脊柱骨折合并脊髓损伤患者脊髓损伤程度有显著相关性,可用于临床早期诊断创伤性脊柱骨折合并脊髓损伤。黄玉琴^[20]等通过大鼠脊髓损伤模型研究发现高压氧可以通过 NF-κB 炎症信号通路被抑制,从而减轻脊髓炎症反应,樊志远^[10]等研究表明 HBO 可以通过调控 PI3K/AKT 通路显著抑制大鼠 SCI 后的炎症反应。本研究中通过检测患者术前、术后及末次随访时外周血内 IL-6 和 TNF-α,发现术前对照组患者外周血 IL-6 和 TNF-α 分别为(18.65 ± 3.69) ug/L、(25.63 ± 4.12) ug/L,观察组患者外周血 IL-6 和 TNF-α 分别为(18.19 ± 4.46) ug/L、(23.45 ± 4.25) ug/L,末次随访时对照组患者外周血 IL-6 和 TNF-α 分别为(10.84 ± 3.61) ug/L、(18.86 ± 4.36) ug/L,观察组患者外周血 IL-6 和 TNF-α 分别为(7.51 ± 2.96) ug/L、(15.24 ± 4.21) ug/L,表明患者术前 IL-6 和 TNF-α 均较正常值明显升高,末次随访时 2 组患者 IL-6 和 TNF-α 检测值较术前降低,但观察组患者 IL-6 和 TNF-α 数值较对照组降低更明显,差异有统计学意义,表明高压氧可以降低脊髓损伤后炎症反应,抑制 IL-6 和 TNF-α 的分泌,减轻脊髓损伤后炎性损伤,从而促进脊髓神经功能恢复。

(下转 9 页)

治疗第 5 掌骨颈骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019,34(5):541-542.

[9] 龚骏,邱传军,张跃林. 双克氏针顺行髓内固定治疗第 5 掌骨颈骨折的效果观察[J]. 中国当代医药,2018,25(1):73-75.

[10] 熊胜文,谢玉珍,周卓. 双克氏针顺行髓内固定和微型钢板螺钉内固定治疗第 5 掌骨颈骨折的优劣分析[J]. 哈尔滨医药,2018,38(2):135-136.

[11] 孟祥财. 髓内针内固定治疗第 5 掌骨颈骨折疗效分析[J]. 实用手外科杂志,2018,32(4):466-467.

[12] 高斌礼,刘刚,田乐,等. 髓内针内固定治疗第 5 掌骨颈骨折的临床研究[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2014,11(1):50-52.

[13] 蔡灵敏,郭翱,金岩泉,等. 闭合复位加经皮克氏针固定治疗不稳定性第 5 掌骨颈骨折[J]. 实用手外科杂志,2017,31(2):193-195.

[14] 赵喆,刘建全,熊建义,等. 3 种固定方法治疗第 5 掌骨

头颈部骨折的疗效分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018,11(7):527-531.

[15] 明立功,明朝戈,王自方,等. 经皮克氏针横行支撑固定与顺行髓内固定治疗第 5 掌骨颈骨折的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2019,34(3):326-327.

[16] 樊晓磊,王健,赵建新,等. 闭合复位顺行克氏针髓内固定结合转棒技术治疗第 5 掌骨颈骨折[J]. 中华创伤骨科杂志,2020,22(2):170-174.

[17] 刘栋. 不同固定方式治疗不稳定第 5 掌骨颈骨折的疗效比较[J]. 浙江创伤外科,2020,25(6):1139-1141.

[18] 陈刚. 不同固定方案对第 5 掌骨颈骨折患者术后恢复效果的影响比较[J]. 基层医学论坛,2020,24(35):5179-5180.

[19] 方杰,张文龙,谢昌平. 3 种固定方式治疗第 5 掌骨颈骨折的疗效比较[J]. 中华手外科杂志,2019,35(1):8-11.

收稿日期:2021-05-07

(上接 4 页)

综上所述,对于老年颈椎过伸性脊髓损伤患者积极手术治疗,重建脊柱稳定性并解除脊髓压迫后尽早联合高压氧治疗,可以降低脊髓损伤的炎症反应,促进神经功能恢复,提高患者生存质量。

参考文献

[1] Schneider R C, Cherry G, Pantek H. The syndrome of acute central cervical spinal cord injury; with special reference to the mechanisms involved in hyperextension injuries of cervical spine. . 1954, 11(6):546-77.

[2] 刘波,张玉娜,陈波,等. 无骨折脱位型颈椎间盘撕裂的诊断及治疗策略[J]. 中国伤残医学,2020,28(17):1-3.

[3] 陈晓明,张志强. 高压氧治疗缺血性脑血管病机制的研究进展[J]. 中国康复医学杂志,2008,23(8):766-768.

[4] Facchinello Y. The use of classification tree analysis to assess the influence of surgical timing on neurological recovery following severe cervical traumatic spinal cord injury [J]. Spinal Cord, 2018, 11(3):278-279.

[5] 董源基,喻志源,谢敏杰,等. 脊髓损伤和炎症[J]. 神经损伤与功能重建,2018,13(03):142-145.

[6] Chen S, Zhang W, Wang JM, et al. Differentiation of isolated human umbilical cord mesenchymal stem cells into neural stem cells [J]. Int J Ophthalmol, 2016, 9(1):41-47.

[7] ScholtesF, BrookG, MartinD. Spinal cord injury and its treatment: current management and experimental perspectives[J]. Adv Tech Stand Neurosurg, 2012, 38: 29-56.

[8] YangJ,LiuX,ZhouY,et al. Hyperbaric oxygen alleviates experimental (spinal cord) injury by downregulating HMGB1/NF-κB expression [J]. Spine, 2013, 38(26):1641-1648.

[9] 李浩. 高压氧综合治疗脊柱骨折合并脊髓损伤的疗效观察[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2019,26(6):612-614.

[10] 樊远志,吴耀持. 高压氧调控 PI3K/AKT 通路对大鼠脊髓损伤后炎症反应机制的实验研究[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2017,24(5):352-355,389.

[11] 刘敏,伍贤平,童敏. 超早期高压氧治疗对脊髓全横断大鼠脊髓水肿及后肢运动功能的影响[J]. 南方医科大学学报,2009,29(10):2014-2017.

[12] 黄怀,陈辉强,古菁,等. 不同时间窗高压氧治疗对脊髓损伤患者疗效的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2010(06):435-438.

[13] Scholtes F, Brook G, Martin D. Spinal cord injury and its treatment; current management and experimental perspectives[J]. Adv Tech Stand Neurosurg, 2012, 38: 29-56.

[14] 王波,方以群,张存海. 高压氧对大鼠脊髓损伤后局部炎症因子的影响[J]. 中国应用生理学杂志,2012,28(5):388-389.

[15] LipsitzL A, Mukai S, Hamner J, et al. Dynamic regulation of middle cerebral artery blood flow velocity in aging and hypertension [J]. Stroke, 2000, 31(8):1897-1903.

[16] 王国忠,杨晶,苏庆军,等. 高压氧对脊髓损伤患者术后早期血清肿瘤坏死因子-α及白细胞介素-6水平的影响[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2012,19(02):102-104.

[17] 包乾录,王力军,杨豪. 外周血 miR-124 和 TNF-α 水平检测对创伤性脊柱骨折合并脊髓损伤的诊断价值[J]. 中国实用医刊,2020,47(11):54-57.

[18] 申沧海,冯永健,宋彦澄,等. 围术期高压氧治疗对脊髓型颈椎病术后脊髓功能影响的 DTI 研究[J]. 中华物理医学与康复杂志,2019,41(11):833-837.

[19] 冯娟娟,尚小平,张志强. 高压氧对脊髓损伤患者神经功能及抑郁、焦虑情绪的疗效[J]. 中华物理医学与康复杂志,2017,39(10):760-763.

[20] 黄玉琴,李萌,张晓菁,等. HBO 联合 BMSCs 移植减轻脊髓损伤大鼠炎症反应与 NF-κB 炎症信号通路有关[J]. 中华神经医学杂志,2017,16(8):777-784.

收稿日期:2022-10-22