·骨科专栏·

低温等离子髓核消融术微创治疗神经根型颈椎病的效果评价研究

郭红生[1]，高 刚[2]，李青山[1]，贾天阳[1]，张 凯[1]

（1.河北省邯郸市中心医院脊柱外科，河北 邯郸 056001；2.山西医科大学附属人民医院骨科，山西 太原 030012）

［摘要］ **目的** 对比观察经皮低温等离子颈椎髓核消融术（percutaneous coblation nucleoplasty，PCN）与药物及物理治疗方法对神经根型颈椎病的效果，为神经根型颈椎病的优化治疗提供临床依据。**方法** 收集2019年12月—2022年12月河北省邯郸市中心医院脊柱外科收治的神经根型颈椎病患者176例，分为药物组51例、理疗组57例和PCN组68例，药物组应用甘露醇、地塞米松及神经妥乐平静脉滴注；理疗组应用颈椎牵引物理手段进行治疗；PCN组接受PCN治疗。药物组及理疗组的治疗疗程均为14 d，PCN组在“C”形臂透视定位下，行PCN治疗。分别于治疗前和治疗后1 d、2周、3个月、6个月比较3组视觉模拟疼痛评分（visual analogue scale，VAS）评分、颈部失能指数（neck disability index，NDI）、颈痛量表（Northwick Park Neek Pain Questionnaire，NPQ）评分及田中靖久颈椎病症状量表20分法（YT20分法）。治疗后3个月以改良Macnab分级标准评定3组的综合治疗效果。**结果** 3组VAS评分、NDI评分、NPQ指数均呈逐渐降低趋势，YT20评分呈逐渐升高趋势，PCN组VAS评分、NDI评分、NPQ指数低于药物组及理疗组，YT20评分高于药物组及理疗组，组间、时点间、组间·时点间交互作用差异均有统计学意义（$F_{组间}=5.790$、72.607、21.753、21.416，$F_{时点间}=753.315$、2 345.915、2 549.043、755.616，$F_{组间·时点间}=4.276$、133.825、20.694、19.612，均$P<0.05$）。治疗后3个月，PCN组总有效率（92.65%）高于药物组（47.06%）及理疗组（54.39%），差异有统计学意义（$P<0.05$）。**结论** 应用PCN治疗神经根型颈椎病临床效果满意，患者的颈痛、上肢疼痛、麻木症状以及日常工作、生活质量均得到了极大的改善，颈椎功能良好，具有临床推广价值。

［关键词］ 颈椎病；低温等离子髓核消融术；治疗结果 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.04.003

［中图分类号］ R735.7 ［文献标志码］ A ［文章编号］ 1007-3205(2025)04-0386-07

Research on efficacy evaluation of minimally invasive treatment of cervical spondylotic radiculopathy using percutaneous coblation nucleoplasty

GUO Hong-sheng[1], GAO Gang[2], LI Qing-shan[1], JIA Tian-yang[1], ZHANG Kai[1]

(1.*Department of Spinal Surgery, Handan Central Hospital, Hebei Province, Handan* 056001, *China*; 2.*Department of Orthopedics, People's Hospital Affiliated to Shanxi Medical University, Taiyuan* 030012, *China*)

［**Abstract**］ **Objective** To comparatively evaluate the clinical effectiveness of percutaneous coblation nucleoplasty (PCN) versus medication and physical therapy for cervical spondylotic radiculopathy (CSR), so as to provide clinical evidence to optimize treatment strategies. **Methods** A total of 176 patients diagnosed with CSR from December 2019 to December 2022 in Department of Spinal Surgery, Handan Central Hospital, Hebei Province, were retrospectively analyzed and divided into three groups: medication group ($n=51$), physical therapy group ($n=57$), and PCN group ($n=68$). The medication group received intravenous mannitol, dexamethasone, and neurotropin for 14 d, the physical therapy group underwent cervical traction for 14 d, and the PCN group underwent PCN. The course of treatment for medication group and

［收稿日期］2024－08－23

［基金项目］河北省医学科学研究课题计划项目（20220572）

［作者简介］郭红生（1970－），男，河北武安人，河北省邯郸市中心医院副主任医师，医学学士，从事脊柱微创治疗研究。

physical therapy group was 14 d, and PCN group received PCN guided by C-arm fluoroscopy. Visual analogue scale (VAS) score, neck disability index (NDI), Northwick Park Neck Pain Questionnaire (NPQ), and Yasuhisa Tanaka 20 score scale (YT20) scores were recorded before treatment and at 1 d, 2 weeks, 3 months, and 6 months after treatment. The modified Macnab criteria were used to assess overall therapeutic effectiveness at 3 months after treatment. **Results** All the three groups showed significant improvement in VAS, NDI, and NPQ scores (decreasing trends), and YT20 scores (increasing trends) over time. The PCN group exhibited superior outcomes compared with the medication and physical therapy groups, demonstrated by significantly lower VAS, NDI, and NPQ scores and higher YT20 scores. Significant differences were observed in the interaction between groups, time points, and time points between groups ($F_{\text{between groups}}=5.790$, 72.607, 21.753, 21.416; $F_{\text{time points}}=753.315$, 2 345.915, 2 549.043, 755.616; $F_{\text{time points between groups}}=4.276$, 133.825, 20.694, 19.612; all $P<0.05$). At 3 months after treatment, the PCN group achieved a higher overall response rate (92.65%) compared with the medication group (47.06%) and physical therapy group (54.39%), showing significant differences ($P<0.05$). **Conclusion** PCN significantly improves the symptoms of CSR, including neck pain, upper limb pain, numbness, daily work and quality of life, demonstrating substantial clinical effectiveness and promoting better cervical spine function, which is, therefore, worthy of clinical recommendation.

[**Key words**] cervical spondylosis; percutaneous coblation nucleoplasty; treatment outcome

神经根型颈椎病是一种高发性颈椎疾病，多表现为颈肩痛，颈椎活动受限，上肢疼痛或麻木，严重影响生活质量[1]。颈椎间盘退行性改变是各类颈椎病的发病基础，椎间盘是构成脊椎脊髓系统不可分割的一部分，不仅提供对椎间关节天然保护屏障，而且提供软骨终板发育关键营养，以调控其生理功能需要[2-3]。已知椎间盘创伤、退变及感染等因素会对椎间盘再生与修复造成不可逆性损伤，然而传统开放手术及椎间孔镜下微创手术均需要摘除病变的椎间盘，破坏了脊柱的稳定性，术后脊髓损伤等并发症的处理面临诸多医疗社会经济问题。非手术治疗起效慢，无法满足患者快速康复的心理预期。经皮低温等离子颈椎髓核消融术（percutaneous coblation nucleoplasty，PCN）是介于非手术治疗和手术治疗之间的治疗方法，通过将椎间盘病变部位汽化、收缩，减少对周围血管、神经等造成的压迫，达到减轻患者临床症状的目的[4-5]。目前对于PCN与非手术治疗效果的对比研究国内外鲜见报道，在神经根型颈椎病的治疗参考依据不足。因此，本研究对比观察PCN治疗与药物及物理治疗临床效果，为神经根型颈椎病优化治疗提供临床依据。报告如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　收集2019年12月—2022年12月河北省邯郸市中心医院脊柱外科收治的神经根型颈椎病患者共176例，所有患者具备神经根型颈椎病典型症状与体征。随机分为药物组51例、理疗组57例和PCN组68例，分别接受药物治疗、颈椎牵引物理治疗及PCN治疗，3组均完成治疗，无脱落病例。3组性别、年龄、病程比较差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。见表1。

表1　3组一般资料比较

Table 1　Comparison of general data among the three groups

组别	例数	性别(例数)		年龄	病程
		男性	女性	($\bar{x}\pm s$，岁)	($\bar{x}\pm s$，d)
药物组	51	29	22	55.57±7.04	21.63±6.15
理疗组	57	32	25	55.48±4.25	20.33±4.26
PCN组	68	38	30	54.53±7.44	20.10±4.45
χ^2/F 值		0.012		0.493	1.511
P 值		0.994		0.612	0.224

1.2　纳入标准及排除标准　纳入标准：①符合《神经根型颈椎病诊疗规范化的专家共识》诊断标准[6]；②影像学检查证实存在颈椎椎间盘退行性改变；③无明显颈椎不稳；④无脊髓严重受压，无脊髓变性。排除标准：①合并凝血功能不全者；②合并严重心、

脑血管疾病；③合并感染性疾病、肿瘤、结核等疾病；④安装心脏起搏器或其他电子器材置入者。

1.3 治疗方法

1.3.1 治疗仪器 应用器材为方润医疗器械科技(上海)有限公司的 ForeMed 360 主机，FS D01(双极低温等离子消融)刀头，直径 0.9 mm，工作长度 1.8 mm。

1.3.2 方法 ①药物组患者接受药物治疗。采用20%甘露醇 250 mL 快速静脉滴注，1 次/d，共 3 d；生理盐水 100 mL＋地塞米松 10 mg 静脉滴注，1 次/d，共 3 d；生理盐水 250 mL＋神经妥乐平 7.2 U 静脉滴注，1 次/d，共治疗 14 d。治疗期间给予颈托固定，嘱患者避免长期低头。②理疗组患者接受颈椎牵引手段进行治疗。均采用坐位颌枕带牵引法，患者全身放松静坐于牵引椅上。牵引重量及牵引角度根据患者性别、年龄、体重、病情酌情调整，牵引时间 20 min/次，1 次/d，共治疗 14 d，牵引间歇期间给予颈托固定。③PCN 组患者接受 PCN 治疗。患者仰卧位，双肩部垫软枕，头颈部稍后伸，常规消毒铺无菌单。调试低温等离子设备，能量设为 1 档。“C”形臂透视定位病变椎间盘间隙，局部浸润麻醉。通常于患者右侧胸锁乳突肌内侧进针穿刺，术者左手食指、中指先触到颈动脉搏动，指尖将食管、气管推过中线。右手持穿刺针从血管鞘与内脏鞘之间隙进行穿刺，于椎间隙正中穿刺进入，自两椎体终板之中央平行进针，针尖到达椎体的后 1/3 处。术者左手固定穿刺套针，拔出针芯，插入低温等离子刀头。按压消融脚踏约 10 s，同时往复旋转刀头 180 °进行消融汽化。随后退针至椎体的中 1/3 及椎体的前 1/3 处，分别进行消融汽化。术后皮肤穿刺口贴敷料，冰块压迫，持续时间为 20 min，预防出血和血肿。佩戴颈托制动 3 周。见图 1。

1.4 观察指标 分别于治疗后 1 d、2 周、3 个月、6 个月进行相关量表评分。颈椎功能采用视觉模拟疼痛评分(visual analogue scale，VAS)评估疼痛程度，量表总分 10 分，分值越大，表明疼痛越重。采用颈部失能指数(neck disability index，NDI) 评估对患者日常生活的影响，总分 50 分，分值越大，表明颈椎功能障碍越严重[7]。采用颈痛量表(Northwick Park Neck Pain Questionnaire，NPQ)百分比评估患者对工作的影响，满分 36 分，百分比＝分值/36×100%，百分比越高，对患者工作影响越大[8]；采用田中靖久颈椎病症状量表 20 分法(YT20 分法)[9]评估患者疼痛及功能恢复情况。采用改良 Macnab 分级标准[10]评定综合治疗效果。优：症状及体征消失，无运动功能受限，恢复正常工作及生活；良：症状及体征基本消失，适应一般工作；可：症状及体征有所改善，仍存在疼痛、麻木症状，无法工作；差：治疗无效，甚至加重。有效率＝(优＋良)例数/总例数×100%。

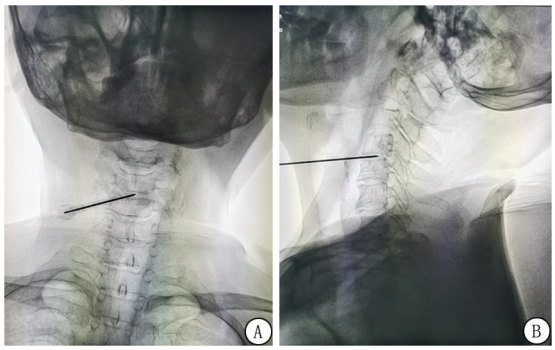


图 1 C4/5 髓核射频消融进针位置

A.正位 X 线片；B.侧位 X 线片

Figure 1 Needle insertion position for radio frequency ablation of C4/5 nucleus pulposus

1.5 统计学方法 应用 SPSS 18.0 统计软件分析数据。计量资料比较采用单因素方差分析、LSD-t 检验和重复测量的方差分析；计数资料比较采用 χ^2 检验。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组评分比较 3 组 VAS 评分、NDI 评分、NPQ 指数均呈逐渐降低趋势，YT20 评分呈逐渐升高趋势，PCN 组 VAS 评分、NDI 评分、NPQ 指数低于药物组及理疗组，YT20 评分高于药物组及理疗组，组间、时点间、组间·时点间交互作用差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2～5。

2.2 3 组治疗效果比较 根据 VAS、NDI、NPQ 与 YT20 评分结果发现患者在治疗后 3 个月即出现显著效果，因此，本研究以统计 3 个月为节点统计治疗效果。治疗后 3 个月，PCN 组治疗有效率高于药物组和理疗组，差异有统计学意义($P<0.05$)，见表 6。

2.3 安全性评价 PCN 组与理疗组患者均未发现与治疗相关的不良反应，临床显示患者耐受性良好。PCN 组治疗后即可下地行走，术后 2 h 可正常进食，术后 1 d 佩戴颈托日常生活。此操作快速、微创，对脊柱的干扰小，患者接受度好，符合现代快速康复的治疗理念。药物组患者发生胸闷 1 例、恶心 1 例、心悸 1 例，上述患者症状较轻微，经对症治疗后缓解。

表2　VAS疼痛评分比较

Table 2　Comparison of VAS pain scores

（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	例数	治疗前	治疗后1 d	治疗后2周	治疗后3个月	治疗后6个月
药物组	51	7.20±1.82	5.96±1.36	4.39±1.05	3.14±1.04	3.20±0.99
理疗组	57	7.18±1.60	4.98±1.26	4.12±0.88	2.95±0.78	3.05±0.69
PCN组	68	7.16±1.52	3.93±2.25	3.71±1.88	2.34±1.23	2.15±0.82
组间			F值=5.790	P值=0.004		
时点间			F值=753.315	P值<0.001		
组间·时点间			F值=4.276	P值=0.001		

表3　NPQ颈痛量表比较

Table 3　Comparison of NPQ

（$\bar{x}\pm s$，%）

组别	例数	治疗前	治疗后1 d	治疗后2周	治疗后3个月	治疗后6个月
药物组	51	92.54±7.25	87.58±10.60	49.51±9.52	42.05±8.34	42.97±8.53
理疗组	57	91.23±8.67	87.38±8.69	45.03±9.41	39.91±7.71	37.77±7.07
PCN组	68	92.48±4.29	43.06±14.52	39.37±14.64	27.24±12.46	27.28±12.45
组间			F值=72.607	P值<0.001		
时点间			F值=2 345.915	P值<0.001		
组间·时点间			F值=133.285	P值<0.001		

表4　NDI颈椎功能障碍评分比较

Table 4　Comparison of NDI scores

（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	例数	治疗前	治疗后1 d	治疗后2周	治疗后3个月	治疗后6个月
药物组	51	35.88±4.10	32.49±3.11	19.62±4.09	14.76±2.81	14.03±2.54
理疗组	57	35.89±3.45	31.77±2.82	17.23±3.20	13.53±1.77	13.23±1.76
PCN组	68	36.15±3.23	25.42±5.14	17.38±5.52	10.44±4.71	10.56±4.61
组间			F值=21.753	P值<0.001		
时点间			F值=2 549.043	P值<0.001		
组间·时点间			F值=20.694	P值<0.001		

表5　YT-20量表评分比较

Table 5　Comparison of YT-20 scale scores

（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	例数	治疗前	治疗后1 d	治疗后2周	治疗后3个月	治疗后6个月
药物组	51	11.35±1.74	13.20±1.46	14.75±1.61	15.45±1.33	15.33±1.31
理疗组	57	11.18±1.69	14.75±1.25	15.68±1.24	16.22±1.27	16.14±1.31
PCN组	68	11.04±1.56	15.35±2.07	16.22±1.91	17.70±1.41	17.67±2.03
组间			F值=21.416	P值<0.001		
时点间			F值=775.616	P值<0.001		
组间·时点间			F值=19.612	P值<0.001		

表6　3组治疗有效率比较

Table 6　Comparison of effective rates among the three groups

组别	例数	治疗情况（例数）				有效率
		优	良	可	差	（例数，%）
药物组	51	10	14	15	12	24(47.06)
理疗组	57	14	17	15	11	31(54.39)
PCN组	68	33	30	4	1	63(92.65)*#
χ^2值						34.895
P值						<0.001

*P值<0.05与药物组比较　#P值<0.05与理疗组比较（χ^2检验）

2.4　随访结果　随访经PCN治疗的患者，效果显著。患者颈痛及上肢疼痛、麻木症状均缓解，颈椎功能良好，但短期复查影像较术前无明显变化。为了评价PCN微创治疗神经根型颈椎病的长期治疗效果，本研究采集了患者术后3年的核磁影像结果。结果显示，PCN术后3年，患者颈椎间盘突出较术前显著改善，突出的髓核组织自行修复，且未发现明显颈椎退变加重改变（图2）。

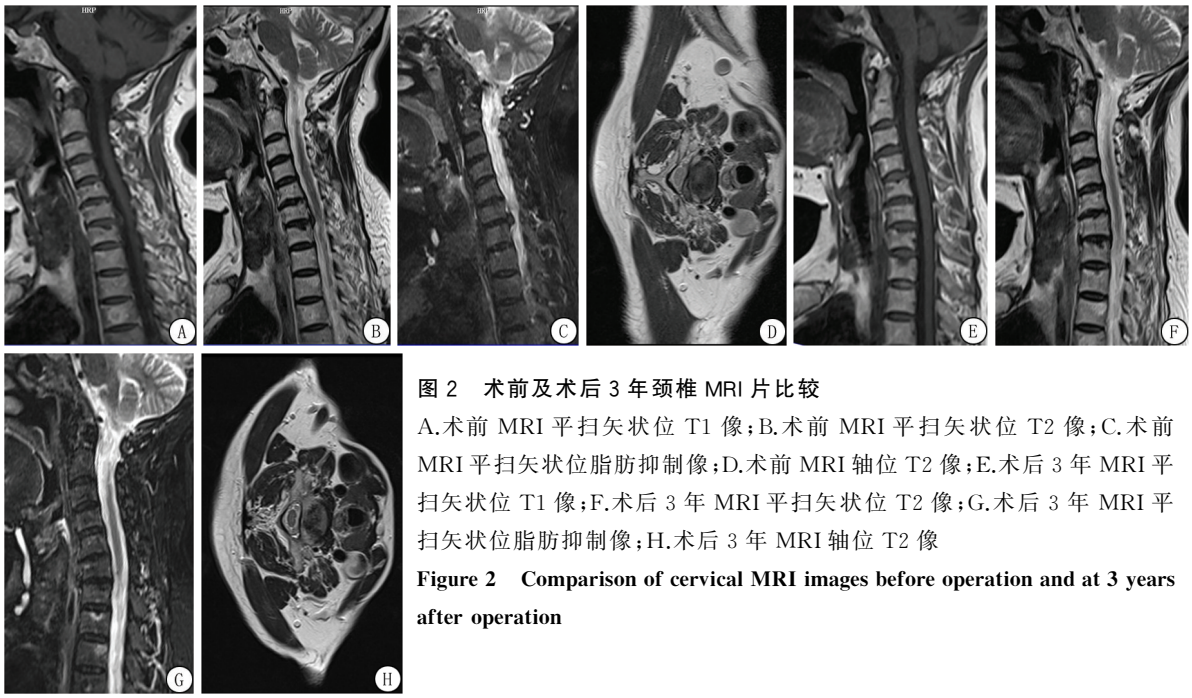


图2 术前及术后3年颈椎MRI片比较

A.术前MRI平扫矢状位T1像；B.术前MRI平扫矢状位T2像；C.术前MRI平扫矢状位脂肪抑制像；D.术前MRI轴位T2像；E.术后3年MRI平扫矢状位T1像；F.术后3年MRI平扫矢状位T2像；G.术后3年MRI平扫矢状位脂肪抑制像；H.术后3年MRI轴位T2像

Figure 2 Comparison of cervical MRI images before operation and at 3 years after operation

3 讨 论

神经根型颈椎病是颈椎病中发病率最高的类型，占60%～70%[11]。颈椎间盘退行性改变导致神经根受到炎症刺激及机械性压迫是神经根型颈椎病主要发病机制[12]。正常情况下，椎间盘内组织发育与代谢是在相对封闭的真空空间内完成的，纤维环、髓核及软骨终板彼此之间维持着静态或动态的力学平衡，任何部位出现病变，包括炎症、创伤及肿瘤的侵袭，均会打破这种平衡，产生相应的临床症状。有数据显示，椎间盘源性疼痛与椎间盘压力增高相关[13]，由于局部退变界面的髓核位移，造成椎间盘压力增高，纤维环、髓核及软骨终板之间的力学平衡被打破，造成力学失衡，产生机械压迫，随着压迫力学载荷超过局部疼痛阈值，局部炎症因子表达，会刺激神经根水肿，继而产生相应症状。越来越多的学者达成共识，认为机械压迫、炎症刺激及免疫反应是神经根型颈椎病的主要病理基础，而机械压迫是引发颈椎病退变的关键环节。因此，如何有效地解除机械压迫非常迫切，也是目前解决椎间盘退变的首要治疗目标。机械压迫与椎间盘压力增高密切相关，由于各种诱因，引发椎间盘压力增高，内部力学环境失衡，激活无菌性炎症反应。目前临床上有关围绕椎间盘减压手术尚无金标准，即切除病变椎间盘范围与边界尚无统一技术标准，切除太少，会遗留后期无菌性炎性反应的加重或复发，切除过多，引发局部髓核原有力学界面丢失，就需要椎间融合器(cage)融合进行力学补充。Cage本身作为填充物，作为后天力学装置，其与宿主骨界面真正融合尚存在一定距离，临床上有关其位移、下沉及脱出的报道屡见不鲜，这已成为融合与非融合术技术争议的临床难点[14-15]。

目前针对神经根型颈椎病的非手术治疗，主要包括以非甾体消炎镇痛及神经营养等支持疗法，中后期辅以针灸、按摩及理疗等措施。其中，非甾体消炎镇痛药物在非手术治疗中占比很大，其主要目的在于药物分子经过胃肠道进入体内代谢，从而达到椎间盘病灶区域的时间与空间效应相对漫长，效果常不确定；在带来药物不良反应的同时，无法解除髓核物理压迫引发的症状。而PCN是利用40 ℃低温等离子射频能量对病变髓核组织进行消融，对颈椎的骨性结构本身不造成任何破坏，对后纵韧带、纤维环后部几乎无影响[16-17]。此方法通过间接方式解除髓核压迫，依靠其自身物理治疗方式(瞬间降低椎间盘内压力及离子束对周围组织产生的热能量)，借助能量转换改变局部微环境，减轻炎性因子表达，因此与治疗手段相比较，PCN具有靶向性高、创伤小、安全性高、并发症少，恢复快等优点。

本研究结果显示，PCN组、药物组及理疗组治疗后VAS评分、NDI评分、NPQ指数均呈逐渐降低趋势，YT20评分呈逐渐升高趋势，PCN组VAS评分、NDI评分、NPQ指数低于药物组及理疗组，YT20评分高于药物组及理疗组，组间、时点间、组间·时点间交互作用差异均有统计学意义($P<0.05$)。这与国内研究结果相似[18]，表明PCN治疗神经根型颈椎病较药物治疗及物理治疗，在治疗后

不同时间点评估均具有显著的优势，可明显改善颈肩部疼痛程度、睡眠质量、上肢麻木、日常生活质量。术后1 d时PCN组的各类评分指标数值变化幅度较大，表明PCN治疗神经根型颈椎病临床症状改善早。因PCN为局麻操作，手术中术者可与患者交流，多数患者术中即刻症状缓解，说明PCN治疗具有立竿见影的效果，效果显著。而药物组及理疗组起效慢，多于治疗2周后才缓慢显效。治疗后3个月，药物组、理疗组及PCN组总有效率依次为47.06%、54.39%、92.65%，PCN组总有效率高于药物组、理疗组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。以上研究结果提示，PCN治疗神经根型颈椎病，与药物治疗及物理治疗相比，具备迅速起效且效果显著、快速康复等优势。PCN治疗后3个月颈肩部疼痛、阅读、驾驶、提重物、睡眠、日常工作及生活质量均得到持续改善。抽样随访也发现经PCN治疗后3年，未出现明显颈椎退变加重病例，颈椎间盘突出显著自我修复。由此可见PCN短期效果及长期效果均确切，使患者能更早地回归社会和家庭。这也是此项技术受欢迎的主要因素，具有临床推广价值。

PCN较传统激光射频消融术的优势是在低温状态下进行，最大限度的降低了热辐射。而传统激光射频消融术会对软骨终板产生热灼伤，继而加重局部无菌性炎症反应[19]。此外，等离子束激发射频的能量对病变周围髓核、纤维环及软骨终板不会产生不良损伤。笔者分析，PCN可能的作用机制是，其在椎间盘组织内，通过射频方式对病变髓核汽化，一方面，不破坏其他健康组织完整性及不会产生不良损伤，另一方面，使椎间盘组织内瞬间降压，减少组织内压力，周围环境的pH值产生变化，从而削弱白细胞介素6，基质金属蛋白酶1，肿瘤坏死因子α等炎症因子的表达，达到减轻神经根水肿及椎间盘源性疼痛目的。另外PCN与传统开放手术不同，目前颈椎前路颈椎间盘切除椎间融合术由于手术效果确切，并发症少等特点，仍是治疗神经根型颈椎病的标准术式。但是颈椎前路钢板的使用存在很多弊端，增加患者术后邻近节段退变及吞咽困难等并发症[20-21]。减压与重建是目前针对于脊柱退变类疾患手术效果的核心问题[22]，而PCN其本身不需要重建，不会带来破坏脊柱稳定性的潜在风险，也不会产生重建手术引发邻近节段退变等并发症。PCN属于微创手术与物理治疗方式的理想组合。近年来，快速康复治疗理念在关节外科及运动医学领域受到广泛重视，并逐步在脊柱外科受到关注。PCN本身保留了原有的脊柱力学稳定性，微创、低风险、快速康复的优势，使患者很容易接受[23]。近年来，有学者将生活质量健康生活简表、抑郁自评量表及匹兹堡睡眠指数等纳入颈椎病诊疗评估的重要参考[24]，这也是本研究今后需要完善的地方。

综上所述，总结出PCN具有以下技术优势：①通过物理方式来获得间接减压；②减压通过某种能量转换方式，改变局部化学环境，减轻或消除无菌性炎症反应；③保留原有力学单位，不破坏脊柱稳定性；④容易接受快速康复治疗；⑤安全、起效快、远期效果确切。PCN具有非手术治疗及传统脊柱开放式手术无法比拟的优势，其本身也存在一定的技术瓶颈，无法治疗脊柱力学结构发生破坏的疾患，例如创伤、结核及肿瘤等脊柱疾病。尽管PCN在我国已陆续开展，其适应证选择及手术操作标准尚存在某些争议，这需要多中心、大样本、随机前瞻性研究深入验证。此外，围绕有关椎间盘再生的新型治疗方式多集中在干细胞移植、基因靶向治疗等化学模式的机制研究[25]，有关PCN干预椎间盘再生的物理方式的机制研究很少，涉及其如何将能量转化为化学模式的机制尚需组织病理与分子生物学方面的探索，这也许是今后深化其研究的探索方向。

[参考文献]

[1] Huo LY, Yang XX, Feng TX, et al. Management of cervical spondylotic radiculopathy: a systematic review[J]. Global Spine J, 2022, 12(8): 1912-1924.

[2] Munir S, Rade M, Määttä JH, et al. Intervertebral disc biology: genetic basis of disc degeneration[J]. Curr Mol Biol Rep, 2018, 4(4): 143-150.

[3] Määttä JH, Rade M, Freidin MB, et al. Strong association between vertebral endplate defect and modic change in the general polulation[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 16630-16636.

[4] Yang B, Xie J, Yin B, et al. Treatment of cervical disc herniation through percutaneous minially invasive techniques[J]. Eur Spine J, 2014, 23(2): 382-388.

[5] deRooij J, Harhangi B, Aukes H, et al. The effect of percutaneous nucleoplasty va anterior discectomy in patients with cervical radicular pain due to a single-level contained soft-tissue herniation: a randominzed controlled trial[J]. Pain Physician, 2020, 23(6): 553-564.

[6] 神经根型颈椎病诊疗规范化研究专家组. 神经根型颈椎病诊疗规范化的专家共识[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(11): 812-814.

[7] Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ, et al. Neck disability index, short form-36 physical component summary, and pain scales for neck and arm pain: the minimum clinically important difference and substantial clinical benefit after cervical spine fusion[J]. Spine J, 2010, 10(6): 469-474.

[8] Leak AM, Cooper J, Dyer S, et al. The Northwick Park Neck

Pain Questionnaire, devised to measure neck pain and disability[J]. Br J Rheumatol,1994,33(5):469-474.

[9] Riley LH Jr,Robinson RA,Johnson KA,et al. The results of anterior interbody fusion of the cervical spine. Review of ninety-three consecutive cases[J]. J Neurosurg,1969,30(2):127-133.

[10] 项廷淼,殷世武,卞路,等.低温等离子髓核成形术联合盘内臭氧注射治疗神经根型颈椎病的临床对照研究[J].介入放射学杂志,2023,32(4):385-388.

[11] Hu J,Chen F,Qiu G,et al. Jingshu Keli for treating cervical spondylotic radiculopathy:the first multicenter,randomized,controlled clinical trial[J]. J Orthop Translat,2020,27:44-56.

[12] Theodore N. degenerative cervical spondylosis[J]. N Engl J Med,2020,383(2):159-168.

[13] Teki F, Taktak R, Kandil K, et al. How osmoviscoelastic coupling affects recovery of cyclically compressed intervertebral disc[J]. Spine,2020,45(21):E1376-E1385.

[14] Rickert M,Fennema P,Wehner D,et al. Postoperative cage migration and subsidence following TLIF surgery is not associated with bony fusion[J]. Sci Rep,2023,13(1):12597.

[15] Hsiao PH, Lin ET, Chen HT, et al. Complete intradural interbody cage migration in lumbar spine surgery: a case report and literature review[J]. Medicina (Kaunas),2023,59(5):956.

[16] 柴庆国,李春根,柳根哲,等.PCN 治疗颈椎间盘突出症临床研究[J].中国中医骨伤科杂志,2023,31(5):54-59.

[17] 向忠,陈志武,何秀波.超声引导下经皮颈椎间盘穿刺低温等离子射频消融术治疗颈椎病的疗效观察[J].中国骨与关节损伤杂志,2022,37(9):925-927.

[18] 李春根,江泽辉,李鹏洋,等.PCN 治疗神经根型颈椎病的中期临床疗效观察[J].中国微创外科杂志,2017,17(5):402-406.

[19] Bonaldi G, Baruzzi F, Facchinetti A, et al. Plasma radiofrequency-based diskectomy for treatment of cervical herniated nucleus pulposus:feasibility,safety,and preliminary clinical results[J]. AJNR Am J Neuroradiol,2006,27(10):2104-2111.

[20] 张俊友,轩安武,阮狄克.颈椎前路融合术后邻近节段退变的危险因素研究进展[J].中国骨伤,2022,35(11):1104-1108.

[21] Tsalimas G,Ecangelopoulos DS,Bwnetos IS,et al. Dysphagia as a postoperative complication of anterior cervical discectomy and fusion[J]. Cureus,2022,14(7):e26888.

[22] Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, et al. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis:a review[J]. JAMA,2022,327(17):1688-1699.

[23] Kim KH, Kim DH, Kim P. Efficacy of nucleoplasty for radiculopathy caused by foraminal cervical disc herniation:clinical results of case series and technical note[J]. Pain Physician,2022,5(7):1087-1094.

[24] 刘艳伟,孟爱霞,于瑞杰,等.星状神经节阻滞联合度洛西汀治疗交感神经型颈椎病的临床观察[J].中国疼痛医学杂志,2022,28(11):834-838.

[25] Samanta A, Lufkin T, Kraus P. Intervertebral disc degeneration-current therapeutic options and challenges[J]. Front Public Health,2023,11:1156749.

(本文编辑:赵丽洁)