

목 및 가슴신경뿌리병증의 임상적 고찰: 비침습적 중재시술치료

순천향대학 의과대학 신경과학교실¹, 고려대학 의과대학 재활의학교실², 신경과학교실³

노학재¹ · 이상헌² · 김병조³

Clinical Characteristics of Cervical and Thoracic Radiculopathies: Non-Invasive Interventional Therapy

Hakjae Roh, M.D., Ph.D.¹, Sang-Heon Lee, M.D., Ph.D.², Byung-Jo Kim, M.D., Ph.D.³

¹Department of Neurology, Soonchunhyang University Medical Center, Seoul,

²Department of Rehabilitation Medicine, Korea University Medical Center, Seoul,

³Department of Neurology, Korea University Medical Center, Seoul, Korea

Received 6 December 2008; accepted 9 December 2008.

Cervical and thoracic radiculopathies are among the most common causes of neck pain. The most common causes are cervical disc herniation and cervical spondylosis in patients with cervical radiculopathy, and diabetes mellitus and thoracic disc herniation in thoracic radiculopathy. A thorough history, physical examination, and testing that includes electrodiagnostic examination and imaging studies may distinguish radiculopathy from other pain sources. Although various electrodiagnostic examinations may help evaluate radiculopathy, needle electromyography is the most important, sensitive, and specific method. Outcome studies of conservative treatments have shown varying results and have not been well controlled or systematic. When legitimate incapacitating symptoms continue despite conservative treatment attempts, more invasive spinal procedures and intradiscal treatment may be appropriate. Surgery has been shown to have excellent clinical outcomes in patients with disc extrusion and neurological deficits. However, patients with minimal disc herniation have fair or poor surgical outcomes. In addition, conventional open disc surgery entails various inadvertent surgical related risks. Although there has not yet been a non-surgical interventional procedure developed with the therapeutic efficacy of open surgery, conservative procedures can offer substantial benefits, are less invasive, and avoid surgical complications. While more invasive procedures may be appropriate when conservative treatment fails, prospective studies evaluating cervical and thoracic radiculopathies treatment options would help guide practitioners toward optimally cost-effective patient evaluation and care.

Key Words: Cervical radiculopathy, thoracic radiculopathy, non-surgical interventional treatment, disc herniation, percutaneous decompression, epidural steroid injection

서 론

목 혹은 허리의 척추성 통증의 평생 유병률(life-time prevalence)은 65~80%로 알려져 있다.¹⁻³ Lintone 등은 일반 인구에서 목 주위 통증의 유병률이 약 44%라고 보고하였고,³ 그 외의 연구들에서는 목통증의 유병률이 아래

Address for correspondence;

Byung-Jo Kim, MD, PhD

Department of Neurology, Korea University Medical Center,

Korea University College of Medicine

#126-1, Anam-dong 5-ga, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea

Tel: +82-2-920-6619 Fax: +82-2-925-2472

E-mail address: nukbj@korea.ac.kr

Table 1. Differential diagnoses for neck and shoulder pain

Neurological

Cervical myelopathy, Cervical radiculopathy, Thoracic outlet syndrome, diabetic amyotrophy, peripheral neuropathy, peripheral nerve entrapment, brachial plexopathy

Musculoskeletal/Rheumatologic

Shoulder impingement syndrome, rotator cuff tear, adhesive capsulitis, osteoarthritis, shoulder instability, osteoid tumor, polymyalgia rheumatica, polymyositis, reflex sympathetic dystrophy, Pancoast tumor

Other Spine

Cervical degenerative disc disease, spinal tumor

Vascular

Deep vein thrombosis, peripheral vascular disease

허리통증의 유병률과 비슷하거나 오히려 높다고 보고하였다.^{4,5} 목통증의 원인들 중 임상에서 흔히 접하는 것은 목과 가슴 부위의 신경뿌리를 침범하는 목과 가슴신경뿌리병증이다(Table 1). 신경뿌리병증은 종양, 외상에 의한 신경뿌리의 찢김(avulsion), 바이러스성 염증 또는 결합조직질환(connective tissue disease) 등 다양한 원인에 의해 유발될 수 있으나 가장 흔하고 대표적인 원인은 추간판탈출증(disc herniation)이나 척추근음증(spondylosis) 등과 같은 퇴행성 척추 변화에 의한 신경뿌리의 기계적 압박이다.^{6,7} 과거력과 신체검사 그리고 전기진단 및 영상학적검사 등을 통해 신경뿌리병증과 이와 유사한 통증을 나타내는 다른 연조직 병인(soft tissue pathology)의 감별이 필요하다.

특히, 가슴신경뿌리병증(thoracic radiculopathy)은 임상적으로 복강 내 질환과 혼동하기 쉽다. 증후성 가슴추간판탈출증은 전체 증후성 추간판탈출증의 1% 미만으로 발생률이 극히 작기 때문에 진단이 늦어지는 경우가 있을 수 있다. 허리신경뿌리병증(lumbar radiculopathy)과 달리 목과 가슴신경뿌리병증의 자연사(natural history)와 예후 등은 잘 밝혀져 있지 않다. 몇몇의 연구에서는 보존치료(conservative treatment)를 받은 환자의 약 2/3에서 지속적인 통증을 호소한다고 보고하였으나,^{8,9} 영국에서 발표한 다기관 물리치료 임상시험의 결과¹⁰에 따르면 목견인(cervical traction)을 받은 493명 중 92%에서 통증이 완화되었다.

주로 고리판절제술(laminectomy)이나 미세추간판절제술(microdiscectomy)과 같은 수술요법은 심한 추간판 돌출이나 신경학적 결손이 있는 경우 우수한 성적을 내지만, 6 mm 이하의 추간판탈출증은 수술요법에서 만족스럽지 못한 성적을 나타낸다.¹¹ 더욱이 고식적 개방추간판수술

(open disc surgery)은 전신마취에 따른 위험 및 신경손상, 경막외섬유증(epidural fibrosis), 만성 수술 후 통증 증후군(chronic postoperative pain syndrome)과 인접한 척추의 불안정성(spinal instability)의 위험을 수반한다.^{12,13}

본고에서는 목과 가슴신경뿌리병증에 대한 임상적 특징과 치료로서 비수술적 중재요법(nonoperative interventional therapy)의 개념과 술식, 신뢰성 등에 대해 알아보고자 한다.

목 및 가슴신경뿌리병증의 임상적 특징

1. 목신경뿌리병증(cervical radiculopathy)

목신경뿌리병증의 고전적인 증상은 목과 상지의 통증, 저림, 무감각과 궁극적으로 발생하는 위약이다. 신경구멍을 좁히고 신경뿌리를 압박하는 퇴행성 척추질환, 즉 추간판탈출증과 척추근음증이 가장 흔한 원인이다. 한 목신경뿌리병증의 역학조사에 의하면 68.4%에서 척추근음증 혹은 추간판 돌출을 가지고 있었고, 추간판 돌출은 21.9%의 환자에서만 확인되었다.⁶ 하나의 신경뿌리만 침범하는 목홀신경뿌리병증(monoradiculopathy)은 C7이 제일 흔하며 C6, C8, C5의 순서로 그 뒤를 잇는다.

1) 목척추의 기본 해부학

8쌍의 목신경이 척수의 앞과 뒤에서 기원한다. 첫 번째 목신경의 뿌리는 뒷통수뼈(occiput)와 고리뼈(atlas) 사이의 신경구멍(neural foramen)을 통과하고, C8을 제외한 모든 목신경은 신경구멍을 통해 외부로 빠져 나온다. C8 목신경은 C7과 T1 척추뼈몸통(vertebral body) 사이를 통해 외부로 빠져 나온다. C1에서 C4 목신경의 배쪽가지(ventral rami)는 머리와 목의 근육에 신경분포를 하며, C5에서 C8까지는 팔신경얼기(brachial plexus)를 형성하여 상지에 신경분포를 한다.

2) 증상과 징후(symptoms and signs)

고전적인 목신경뿌리병증의 증상은 목부위와 상지의 통증, 저림, 무감각 등이며 중국에는 근위약이 오는 것이다. 신경뿌리병증의 대표적인 증상이라고 할 수 있는 목부위 통증은 채찍질손상과 같은 외상을 포함하여 다양한 원인으로 인한 목척추 구조물들의 병변으로 발생할 수 있기 때문에 임상 증상, 전기생리학적검사 및 영상학적검사를 통해 정확한 원인을 규명할 수 있어야 한다.¹⁴ 신경구멍을 좁히고 신경뿌리를 압박하는 퇴행성 척추질환, 즉 추간판

탈출증과 척추근음증이 목신경뿌리병증의 제일 흔한 원인이다(Table 2). 신경학적 증상으로는 근력의 수기검사(manual muscle testing)상 위약과 피부분절(dermatome)의 분포를 따르는 감각저하 및 저하되거나 소실된 췌침반사(stretch reflex)가 있다. 위팔두갈래근(biceps brachii) 반사는 C5를, 위팔노근(brachioradialis) 반사는 C6을, 위팔세갈래근(triceps) 반사는 C7신경뿌리의 기능을 대변한다. 목을 바깥쪽으로 굽히고 신전시켜 척추에 압박을 가하는 Spurling 수기가 진단에 유용하다.¹⁵ Spurling 수기를 포함한 여러 유사한 수기들은 민감도가 특별히 높지는 않지만, 근전도검사로 진단된 목신경뿌리병증에서의 특이도는 상당히 높다.¹⁶ Wainner 등은 상지긴장검사(upper extremity tension test)가 목신경뿌리병증을 배제하는데에 상당히 유용하다고 보고하였다.¹⁷

2. 가슴신경뿌리병증(thoracic radiculopathy)

가슴신경뿌리병증의 임상 양상은 비특이적이며 가슴, 배 혹은 혈관성의 병인으로 오인하여 진단이 늦어질 가능성이 많다.¹⁸ 환자는 일반적으로 “띠” 형태의 가슴통증을 호소한다. 하지의 통증이 수반될 수 있으나, 위약은 상대적으로 드물다. 탈장과 유사하게 복벽근육의 위약으로 발

생하는 복부 융기(bulging)가 관찰될 수 있다.¹⁹ 중부와 하부 가슴신경뿌리병증의 경우, 분명하지 않고 잘 국소화되지 않는 복부 “내장(visceral)” 통증이 일반적인 증상으로 나타난다.

가슴신경뿌리병증의 두 가지 중요한 원인은 당뇨병과 가슴추간판질환이다. 당뇨병에 의한 통증은 체중감소와 혼하게 동반되나, 일반적으로 그 예후는 좋다.²⁰ 그 외에 척추옆굽음증(scoliosis), 전이암, 대상포진(herpes zoster)에 의한 염증과 결핵 등이 있다(Table 3).²¹⁻²³

가슴추간판탈출증은 매우 드물고 연간 발생빈도는 인구 백만 명당 한 명 꼴이다.²⁴ T1 가슴신경뿌리병증은 C8 목신경뿌리병증과 임상양상이 아주 유사하므로 주의를 기울여야 한다.²⁵ 겨드랑이 부위의 감각저하, 손의 내재근(int-rinsic muscle)에 국한된 위약, Horner증후군 등의 특징으로 감별할 수 있다.²⁶ 가슴추간판탈출증이 가장 빈발하는 부위는 가슴척추의 하부 1/3 지점(T9-T10과 T12-L1 사이)으로 66%를 차지하고, 두 번째로 호발하는 부위는 중부 1/3지점(T5-T6과 T8-T9 사이)으로 28%를 차지하며 가장 적게 침범하는 부위는 상부 1/3지점(T1-T2와 T4-T5 사이)으로 6%를 차지한다.²⁷ 선행원인으로 제일 중요한 것은 퇴행(degeneration)이며 하부가 가장 취약한 이유는 운동성이 제일 크기 때문이다.²⁸ 이러한 퇴행성의 원인에도 불구하고 가슴추간판 질환은 전 척추의 증후성 추간판탈출증 중 0.15~4%만을 차지하며, 모든 추간판 수술에서 차지하는 비율은 2% 미만이다.^{27,29} 남성과 여성에서 발생률의 차이는 없으며 발병연령은 일반적으로 20대와 50대 사이이다.³⁰

Table 2. Etiologies for cervical radiculopathy

Degenerative	Cervical disc herniation, cervical spondylosis
Traumatic	
Infection	Osteomyelitis, epidural or paravertebral abscess, herpes zoster,
Neoplastic	
Amyloidosis	

1) 가슴척추의 기본 해부학

가슴척추(thoracic spine)는 목과 허리척추와 달리 척추

Table 3. Generators of thoracic pain

Spinal	Neurogenic	radiculopathy, postherpetic neuralgia, root avulsion
	Neoplastic	primary (neurogenic & non-neurogenic), metastatic
	Degenerative	spondylosis, spinal stenosis, disc disease/herniated nucleus pulposus
	Metabolic	diabetes, osteoporosis, osteomalacia,
	Infectious	pyogenic, tuberculosis, viral, fungal
	Deformity	kyphoscoliosis, compressive fracture
	Extraspinal	Intrathoracic
Musculoskeletal		myofascial pain syndrome, polymyalgia rheumatica, rib fracture, post-thoracotomy syndrome, costochondritis
Neurogenic		intercostal neuralgia, peripheral polyneuropathy, thoracic outlet syndrome, reflex sympathetic dystrophy/complex regional pain syndrome
Intraabdominal		hepatobiliary, gastrointestinal, retroperitoneal/renal

뒤굽음증(kyphosis) 형태를 이루며 이는 출생 직후에 형성되어 머리를 들고 앉거나 길 수 있고 궁극적으로 일어설 수 있게 한다.³¹ T1의 척추체몸통은 목척추체몸통과 형태학적으로 유사하며, T12는 허리와 유사하다. 가슴척주관(vertebral canal)은 전 척주관을 통해 가장 좁고 둥근 형태를 취하며 척추체몸통과 척수 사이의 가장 좁은 측면 거리는 9.2 mm로, 목척추의 11.3 mm보다 좁다.³² 척수/척주관비(spinal cord/canal ratio)는 가슴척추에서 대략 40%이고 목척추에서는 25%이다.³³ 이는 이론적으로 목척추에 비해 가슴척추가 추간판탈출, 추체골절, 외상 그리고 전이성 종양 등과 같은 공간점유성 병소에 상대적으로 취약하다는 것을 의미한다.

가슴추간판은 목과 허리추간판과 화학적 조성은 동일하나, 높이와 부피는 작다. 외부 돌림섬유(anular fiber)는 일차적으로 굴척추신경(sinovertebral nerve)의 분지에 의해 신경지배를 받으며 내핵(inner nucleus)은 타 추간판과 마찬가지로 신경분포가 없다. 가슴척추신경(thoracic spinal nerve)의 배쪽가지(ventral ramus)는 타 척수신경과 달리 신경얼기(plexus)를 형성하지 않고 직접 갈비뼈 사이로 주행하여 가슴과 복부에 분포하므로 가슴과 배에 띠 형태의 신경뿌리 증상(radicular symptom)을 야기한다.

2) 증상과 징후(symptoms and signs)

침범된 신경뿌리의 분절성 분포(segmental distribution)를 따라 앞가슴, 등 그리고 복부에 나타나는 여러 형태의 통증, 감각이상(paresthesia), 감각장애(dysesthesia), 무해자극통증(allodynia), 감각소실 등이 발생한다. 예를 들면, T1 신경뿌리병증은 팔의 내측 또는 손의 자쪽(ulnar side)으로,²⁶ T4는 젖꼭지 부위로, T6는 검상돌기(xiphoid)로, T10은 배꼽으로 증상이 방사된다. 특히 T1 신경뿌리병증은 C8 신경뿌리병증과 유사한 양상을 보이는데, T1 신경뿌리병증에서는 손의 자쪽에 무감각과 겨드랑이 부위의 감각저하가 관찰된다.

가슴통증 증후군의 원인은 매우 다양하며 척추성(spinal)과 척추외성(extraspinal)으로 대별된다(Table 1). 가슴통증에서 가슴신경뿌리병증과 그 외 다른 병인을 감별하는 것은 매우 중요하다. 환자가 호소하는 통증이 깊게 쑤시는 양상(deep aching pain)이라면 진단이 훨씬 어려워지는데, 이는 협심증이나 소화불량(dyspepsia) 또는 게실 질환(diverticular disease) 등과 같이 가슴이나 복부에 있는 장기의 질환에서 나타나는 통증과 거의 흡사하기 때문이다. 원인을 알 수 없는 비전형적인 가슴 또는 복부 통증 속에 가슴신경뿌리병증이 있을 것이라고 쉽게 예상할

수는 있으나, 제대로 조사된 적은 없다.

가슴신경뿌리병증을 진단하는 데 신체검사(physical examination)는 크게 도움이 되지 않는다. 국소화된 척추 및 척추옆근육(paraspinal muscle)에 압통과 피부분절을 따르는 감각변화가 있을 수 있으나, 항상 그런 것은 아니며, 목과 허리신경뿌리병증과 달리 근육분절 양상(myotomal pattern)을 따르는 근위약을 평가하는 신뢰할 수 있는 검사가 없기 때문이다. 그러나 다른 원인의 감별 및 척수병증(myelopathy)의 평가(assessment)를 위해서라도 신체검사는 필수적이다. 가슴추간판은 일반적으로 뒤-중앙(posterior-central) 방향 또는 뒤-옆(posterior-lateral) 방향으로 탈출되며, 진정한 가쪽 탈출(true lateral herniation)은 드물다.³⁴ 무증상성 가슴추간판탈출증의 발생률은 전체 가슴추간판탈출증의 37% 정도이며, 탈출의 정도는 시간경과에 따라 달라질 수 있다.³⁵

가슴추간판탈출증과 신경뿌리병증의 가장 심각한 증상은 척수병증의 발생이다. 가운데 방향으로 심한 추간판탈출, 석회화된 추간판의 탈출 또는 경막내 탈출에 의한 척수 압박으로 척수병증이 발생한다.^{29,36} 방광기능장애, 보폭이 넓은 실조보행과 바빈스키징후, 발목클로누스 또는 과반사 등의 상위운동원 징후가 나타난다. 가슴추간판탈출증과 척수병증이 동시에 있을 경우 가장 흔한 증상은 경한 하지의 부전마비(paraparesis)이다.³⁷

가슴척추협착증(spinal stenosis)은 그리 흔하지 않은 가슴신경뿌리병증과 척수병증의 한 원인이다. 가슴척추협착증은 가슴척수강의 전후 지름이 10 mm 미만으로 정의한다. 가슴척추협착증이 있을 경우 동시에 허리척추협착증이 높은 빈도로 존재한다.³⁶

3. 진단(diagnosis)

1) 전기진단학적검사

전기진단학적검사에 의해 신경뿌리병증과 목과 어깨에 통증을 유발시킬 수 있는 다른 질환과의 감별이 가능하다.³⁸ 침 근전도검사는 축삭소실성 신경뿌리병증을 알아볼 수 있는 가장 민감하고 특이적인 전기진단학적검사 방법이다.³⁹ 신경손상이 충분히 심각하다면, 침범된 근육에서 비정상 자발전위를 관찰함으로써 축삭소실 여부를 판단할 수 있다.⁴⁰ 침 근전도검사에서는 운동신경의 손상이 축삭소실이 있는 정도로 있어야 비정상 반응이 나타나는 제한점이 있지만, 특정 근육분절에서 비정상 소견을 관찰함으로써 병변이 있는 신경뿌리를 확인할 수 있다. 같은 근육분절 내에서 각기 다른 말초신경 지배를 받는 근육에 대한 검사가 가장 중요한 침근전도검사의 개념이다. 몸쪽과 먼

쪽 근육을 동시에 침범하는 경우, 신경뿌리병증과 말초여러신경병증을 감별해야 한다.

뒤뿌리신경절(dorsal root ganglion)보다 몸쪽에 위치하는 뒤일차신경가지(dorsal primary rami)가 척추옆근육을 지배하므로 이 근육에서 근전도검사를 함으로써 신경뿌리병증과 신경열기병증을 감별할 수 있으나,⁴¹ 무증상군에서도 비정상 소견으로 판정할 수 있는 자발전위들이 발견될 수 있으므로 검사 결과의 판독에 주의가 필요하다.⁴² 척추옆근육의 심부근육인 multifidus는 홀신경뿌리에 의해 지배 받는 특징을 가지고 있기 때문에 진단에 도움이 될 수 있다.^{43,44} 척추옆근육의 근전도검사는 목신경뿌리병증의 선별검사로 추천되며,⁴⁵ 이상 소견이 있을 경우 신경뿌리병증의 진단을 용이하게 한다. H반사와 F파 그리고 유발전위 등은 신경뿌리병증과 다른 근신경계통의 원인들을 감별하는 데 도움이 된다.⁴⁶

가슴신경뿌리병증의 경우, 늑간신경전도검사가 유용하나 8.1%의 높은 빈도로 기흉의 위험이 보고되고 있기 때문에 자주 하지는 않는다.⁴⁷ 가슴신경뿌리의 침범 여부를 알아보기 위해 조사가 필요한 근육은 척추옆근육, 갈비사이근, 배근육이다. 가슴신경뿌리병증을 진단하기 위한 침근전도검사는 검사 자체가 쉽지 않고, 여러 기술적인 문제에 의한 오진율이 높기 때문에 의심스런 부위의 상하는 물론 좌우로도 광범위하게 검사해야 한다.

당뇨병이 있는 환자는 척추옆근육의 여러 부위에 걸쳐 무증상성의 비정상 자발전위가 관찰될 수 있기 때문에, 특히 더 주의를 기울여 임상 소견을 평가하고 전기진단학적 검사를 하여야 한다. 충분히 이완되지 않은 근육에서 검사한 경우의 불확실한 소견은 최종 진단에서 배제하여야만 하고, 갈비사이근이나 배근육에 근전도검사를 할 때 가슴막이나 복막에 손상을 입힐 수 있으므로 주의해야 한다.

2) 영상학적검사

척수조영술이 신경축 압박(neural axis compression)을 조사하는 가장 좋은 방법이라고는 하나, CT와 MRI만으로도 충분하다. 척수조영술은 MRI가 불가능할 때 고려한다. 증상과 징후가 신경뿌리병증을 시사하고, 통증이 신경뿌리가 압박되어 발생하는 경우 MRI와 CT를 이용하여 정확히 진단할 수 있다. 명백한 신경학적 결손이나 전기진단학적 이상 소견이 없는 경우, 증상과 MRI 소견과의 상관관계는 불명확해진다.

3) 특정 임상 소견들

C7 신경뿌리병증. C7 신경뿌리병증은 다른 신경뿌리병

증에 비해 비교적 손쉽게 감별할 수 있다. 전형적으로 팔꿈치근(anconeus), 세갈래근, 공통손가락편근(extensor digitorum communis), 원옆침근(pronator teres)에서 이상 소견이 관찰된다. 만일 세갈래근이 침범되지 않았다면, 다른 병소 부위나 질환을 반드시 감별해야 한다.⁴⁸ 노쪽손목편근(extensor carpi radialis)은 C7 신경뿌리병증에 잘 침범되지 않으므로 통상적 근전도검사서 제외한다. C7 신경뿌리병증이 의심되는 경우, 노쪽손목굽힘근(flexor carpi radialis)의 H반사가 유용하다. 노쪽손목굽힘근은 상지에서 신뢰성 있게 H반사를 얻을 수 있는 근육이다.⁴⁹ 운동신경전도검사는 그 유용성이 없다.³⁹

C8/T1 신경뿌리병증. T1 신경뿌리의 침범은 드물지만, 임상양상과 전기진단학적검사 결과가 서로 유사하므로 C8 신경뿌리병증과의 감별에 신중해야 한다. 근육분절을 함께 공유하고 있으므로, 근전도검사상의 이상 소견으로 이들을 감별할 수 없다. 그러나 짧은엄지벌림근(abductor pollicis brevis)은 주로 T1에서 신경지배를 받으므로 이들을 감별할 수 있다는 주장도 있다.⁴⁸ C8 신경뿌리의 침범 정도가 심할 경우에는 새끼벌림근(abductor digiti minimi) 또는 첫 번째 등쪽뼈사이근(first dorsal interosseus)에서 시행하는 신경전도검사상 자신경 복합근육활성전위(ulnar compound muscle action potential)의 소실이 관찰될 수 있다. C8 신경뿌리병증에서 중등도에서 중증의 축삭소실은 신경전도검사상 전도속도의 경한 감소를 보여 자신경병증(ulnar neuropathy)으로 오인할 수 있다. 이 경우 인치검사(inching test)와 감각신경전도검사를 통해 감별할 수 있다. C8과 T1 신경뿌리는 폐쇄성 견인(closed traction)에 의한 찢김이 잘 발생하는 부위이다. 따라서 운동신경전도검사서 복합근육활성전위는 관찰되지 않으나, 같은 신경뿌리를 공유하는 감각신경전도검사가 정상일 때 찢김을 포함하는 척수강 내 병소를 반드시 감별해야 한다.

목척추균음증(cervical spondylosis). C3과 C7 사이의 추간판이 흔히 목척추균음증에 영향을 받는다. 이에 의한 신경뿌리병증은 전형적으로 C6과 C7의 양측에 여러 신경뿌리병증(polyradiculopathy)의 증상을 나타낸다. 척수병증(myelopathy)이 동반될 경우, 임상양상은 운동신경원 질환과 혼돈을 일으킬 수 있다. 뇌신경에 지배 받는 근육들에 대한 근전도검사와 목척추의 영상학적검사가 이들의 감별에 도움이 된다.

뿌리 찢김(root avulsion). 외상에 의해 신경뿌리와 신경얼기 모두 신경절 이전과 이후에서 찢김이 발생할 수 있다. 척수조영술이 진단에 도움이 될 수 있으나 해부학적인 이상 소견이 기능적 이상과 반드시 일치하지는 않는다. 신경 손상에 따른 이차적 기능결손(functional deficits)을 조사하기 위해 전기진단학적검사가 유용하다. 피부분절을 따라 완전히 탈신경(denervated)되었으나 감각신경활성전위(sensory nerve action potential)가 정상이라면 신경절 이전에 병소가 있음을 의미한다. 수술중신경자극(intraoperative nerve stimulation)이 가장 확실한 진단 도구이다.

비압박성 신경뿌리병증. 목신경은 거의 침범하지 않는 것으로 알려져 있으나 당뇨에 의한 목신경뿌리병증이 있을 수 있다.⁵⁰ 임상양상은 압박성과 거의 유사하나 자연적으로 회복된다. 전기진단학적검사상 목, 가슴, 허리영치 부위의 신경뿌리, 열기 및 말초신경 등 거의 모든 부위에서 이상이 나타날 수 있다. 다른 형태의 비압박성 신경뿌리병증은 화학약품에 의한 신경뿌리염(chemical radiculitis) 또는 추간판섬유테(annulus fibrosis)의 파열과 이로 인한 추간판 내핵의 신경뿌리막을 통한 파종(diss-emination)에 의한 신경뿌리의 염증 등이 있다.

당뇨병과 가슴 신경뿌리병증. 당뇨병은 신경뿌리, 신경얼기, 몸쪽 및 먼쪽 신경분지 등 말초신경의 어떤 부위라도 침범하여 신경병증을 야기할 수 있다. 전술했다시피, 가슴신경뿌리병증은 원인이 압박성일 가능성은 목 또는 허리신경뿌리병증에 비해 훨씬 적다. 당뇨병은 비압박성 신경뿌리 증상을 나타내는 흔한 원인이다.⁵¹ 당뇨병성 가슴신경뿌리병증의 증상은 추간판성(discogenic) 가슴신경뿌리병증의 증상과 동일하며 가슴척추에서 시작해서 피부분절을 따라 앞가슴 벽과 복부로 방사하는 작열통(burning pain)과 감각이상 등이다. 이는 종종 복부 내 병인의 증상과 유사하므로 불필요한 탐색적(exploratory) 복부수술을 야기할 수 있다. 증상은 한쪽 혹은 양쪽으로 올 수 있고 복근의 위약에 의한 복부 용기가 특징적이다. 대부분 심각한 체중감소가 발생하며 전신 악액질(cachexia)이 올 수 있다. 체중이 증가하면서 신경뿌리성 증상이 소실될 수 있다.⁵² 당뇨병의 흔한 신경계 합병증인 먼쪽 대칭성 감각운동말초신경병증과는 달리 이는 당뇨병의 이환기간과 관계가 없다. 특징적으로 노인에게 나타나고 여성보다는 남성에게서, 그리고 인슐린 비의존성 당뇨병에서 주로 발생한다. 대략 6~18개월에 자연치유(self-limiting)되는 과

정을 밝는다.⁵²

4. 통증의 평가

증상의 정도와 그 증상의 치료에 대한 효과를 판정하기 위해서는 다양한 척도검사가 필요하다. 단순한 증상만이 아니라, 이 질환으로 겪는 다양한 문제들을 모두 평가하기 위해서는 신경뿌리병증에 한정지을 수 있는 특정한 척도(condition-specific questionnaire) 외에도 전신건강상태평가척도, 통증척도 그리고 치료에 대한 환자의 만족도 등을 모두 포함시켜 측정해야 한다.⁵³

환자 스스로 작성하는 자가설문지를 임상에서 흔히 이용하는데, 많은 설문지를 실제 임상에서 사용하고 있기 때문에 증상 정도의 평가에 도움이 되는 설문지를 선택하기 위해서는 내용(content), 구성(construct), 예상(predictive)에 대한 신뢰성과 타당성을 검증해야 하며, 통증의 변화를 얼마나 잘 반영하는가, 환자나 의료진이 사용하기에 어려움은 없는가 등도 고려하여야 한다.

1) 통증 자가 평가 설문지

통증의 평가를 위한 설문지에는 extended Aberdeen Spine Pain Scale (eAPS),⁵⁴ Bournemouth Questionnaire (BQ),⁵⁵ Cervical Spine Outcome Questionnaire (CSOQ),⁵⁶ Current Perceived Health 42 Profile (CP-H42),⁵⁷ Problem Elicitation Technique (PET),⁵⁸ Sickness Impact Profile (SIP),⁵⁹ Visual Analog Scale (VAS),⁶⁰ Whiplash Disability Questionnaire (WDQ)⁶¹ 등이 있다. 통증 정도(pain severity) 척도는 통증 정도(pain affect)에 대한 척도와는 분명히 구별되어야 한다. 통증 정도는 단순히 얼마나 심하게 아픈가를 측정하는 것이지만, 통증 정도는 통증에 의해 영향을 받은 정신상태를 반영하는 더 복잡한 측정 척도이다. 따라서 검증된 종합평가 척도 도구의 항목들 중에 속해 있는 통증 정도 평가 항목을 사용할 것을 권장하기도 한다.⁶² 대표적인 예가 SF-36에 포함되어 있는 Bodily pain 척도이다. 이 통증 척도는 강력한 정신측정적 신뢰도와 타당도에 대한 연구들에 의해 검증되어 있다는 점과 정상치가 있다는 장점을 가지고 있다.⁶³ Bodily pain subscale은 두 가지 측정 항목으로 구성되어 있는데, 하나는 6단계의 정도로 측정하는 통증 강도이고, 다른 하나는 다섯 단계로 측정하는 통증에 의한 일상활동의 장애이다.

통증 정도를 측정하는 도구로 가장 널리 사용되어 온 것 중 하나가 VAS이다. 환자가 직접 10 cm 길이의 평행선에 자신의 통증 정도를 표시하는 방법이다. 양쪽 끝은 환자가

경험했던 최고도의 통증과 최저의 통증에 상응하게 표시하고, 이를 검사 전 환자에게 설명해야 한다. 비록 평행선의 양쪽 끝에 대한 의미를 환자에게 설명해야 하지만, 그 사이에 자신의 통증 정도를 표시하는 데는 언어적인 요소가 필요 없게 된다. 이것이 바로, 언어적인 요소를 배제시킴으로써 환자간에 통증 정도를 묘사하는 방법의 다양성에 의한 오차를 감소시킬 수 있다는, VAS의 장점이다. 각 구간간에 통증 정도 차이를 객관화하기 어려운 여타 고정된 구간척도(fixed interval scale) 도구들의 문제를 배제할 수 있다는 것이 또 하나의 장점이다. 그러나 VAS는 환자가 정확히 그 의미를 이해하기 어렵기 때문에, fixed interval scale보다 신뢰도가 떨어질 수 있다는 우려가 있다. Fixed interval scale의 대표적인 것이 numeric rating scale (NRS; 부록 5)이다. 이는 10 cm의 평행선에 1 cm 간격으로 구획을 나누어 환자가 이 숫자들 중 하나를 선택하게 되어 있다. 변형적으로 환자에게 구두상으로 0부터 10까지의 숫자 중 0은 통증이 전혀 없는 상태, 10은 환자가 경험해 봤던 통증 중 가장 최악이었던 상황이라고 고려할 때, 지금 현재 통증이 어느 정도의 수치에 해당되는지 선택하게 할 수도 있다. Downie 등⁶⁴은 통증 척도들의 상관 관계를 조사한 연구에서 총 11개 (0~10)를 선택할 수 있는 NRS가 선택의 자유가 너무 많은 VAS에 비해 측정 오차가 작아서 통증 정도 평가와 나아가서는 통증 치료 반응평가에 더 신뢰도가 높다고 보고하였다.

2) 기능/장애 자가 평가 설문지

목통증과 관련된 기능과 장애를 평가하는 설문지에는 CSOQ, Copenhagen Neck Functional Disability Scale (CNFDS),⁶⁵ Current Perceived Health 42 Profile (CP-H42), Global Assessment of Neck Pain (GANP),⁶⁵ NDI, Neck Pain and Disability Scale (NPDS),⁶⁰ Northwick Park Neck Pain Questionnaire (NPQ),⁵⁸ PET, SIP, VAS, WDQ 등이 있다. 이들 중 NDI가 가장 널리 사용하고 있는 평가 도구로서, 요통에 사용하는 Oswestry Disability Index (ODI)를 경추에 맞게 변형한 것이다.⁶⁶ ODI의 총 10개 항목 중 통증 강도(pain intensity), 개인 위생(personal care), 들어올리기(lifting), 수면(sleeping)의 4항목은 큰 변형이 없으나, 다른 6항목은 경추에 맞게 변형이 되어 있다. 점수 계산은 ODI와 같다. 다양한 연구를 통해 비교적 신뢰도와 타당도가 높게 평가되어 왔지만, 모든 환자에서 적용하기가 어렵다는 문제점이 있다. 예를 들면 노년층에 대한 운전수행능력평가 항목이나 교

육 정도가 낮은 대상군에 대한 독서수행능력의 평가 항목은 도구의 순응도를 낮추는 원인이 된다. 그러나 만약 이 도구를 사용할 때 환자가 답변을 하지 않은 항목이 있다면 답변한 항목들의 총점에 대해서만 평가 점수의 백분율을 얻어 미답변 항목에 의해 장애 정도가 낮게 평가되는 일이 없게 할 수 있다. 예를 들면, 전체 10항목 중 환자가 두 항목에 답변을 하지 않고 나머지 8항목에서 얻은 점수의 합계가 24라면 $24 / 40 \times 100$ 의 방정식에 의해 60%의 장애 백분율 점수를 최종적으로 얻는다.

북미주보다 차를 직접 운전하는 사람들이 많지 않은 유럽인들을 고려하여 개발한 것이 Copenhagen Neck Functional Disability Scale이다.⁶⁷ 15문항에 대해 “네” 혹은 “아니오”로 답변하게 되어 있다. NDI처럼 ODI를 근거로 해서 만든 Northwick Park Neck Pain Questionnaire도 사용할 수 있다.⁶⁸ 그러나, 이들 도구들의 최대 단점은 아직 그 신뢰도와 타당도 면에서 검증을 받지 못했다는 것이다. 그 밖의 CSOQ, PET, CPH42 등은 모두 환자의 정신사회적 안녕(psychosocial well-being)을 다루고 있다. 이 중 PET는 통증 환자에서 흔한 감정적 그리고 사회적 문제를 파악하는 데 도움이 된다.⁵⁸

경추부의 중재시술

목과 가슴의 신경뿌리병증들에 인한 통증은 대부분 보존적으로 치료가 가능하며 수술요법이 절대적으로 필요한 경우는 흔하지 않다. 그러나 물리치료, 운동요법 및 약물치료와 같은 일차적 보존요법만으로 호전이 없으면 수술요법 혹은 중재시술을 고려할 수 있다. 특히 중재시술은 통증조절을 통해 수술요법의 시기를 연기할 수 있으며, 일부 환자에서는 심한 통증이 있다 하더라도 응급 수술의 적응증이 아닌 경우에는 중재시술로 통증을 경감시킨 후 여러 가지 보존적 요법을 실시하면 수술 없이 만족할 만한 증상 개선 효과를 얻을 수도 있어 최근 들어 그 시술 빈도가 급증하고 있다.^{69,70} 그러나, 시술 부위에 난치성 감염이 있거나 조영제, 국소마취제, 스테로이드와 같은 약제에 알러지가 있거나 출혈경향이나 항응고제를 사용하는 경우에는 금기이며, 임신이나 전신감염이 있는 경우에는 시술의 여부에 대해 신중한 판단이 필요하다.

중재시술은 신경뿌리병증성 통증 자체의 조절에 초점을 맞춘 경막외주사요법과 신경뿌리병증 발생의 원인인 추간판 탈출의 조절에 초점을 맞춘 추간판내압감압술로 크게 나누어 볼 수 있다.

1. 경막외주사법(epidural injection)

신경뿌리의 통증은 신경뿌리병증의 가장 흔한 원인인 추간판탈출과 목척추근음증에 의한 기계적 압박과 다양한 병인에 의한 신경뿌리의 화학적 염증반응의 두 요소에 의해 유발되는 것으로 생각하고 있다.⁷¹ 탈출된 추간판에 대한 수술이 신경뿌리에 대한 기계적 압박을 풀어주기 위해 시행된다면, 경막외 주사는 신경뿌리에 대한 화학적 염증반응을 제어하여 신경뿌리의 통증을 줄여주는 역할을 한다. 그런데 탈출된 추간판은 장기간 시간이 지나면 크기가 줄어들며 통증도 자연 소실되는 경향이 있으므로 신경학적 증상이 계속 악화되거나, 목척수 압박에 의한 사지마비의 신경학적 증상이 나타나는 경우가 아니면 시급히 수술하기보다는 환자의 통증을 조절하며 자연경과를 지켜보는 비수술적 접근을 고려해보는 것도 좋은 선택이 될 것이다.

추간판 내의 수핵이 다양한 기계적 손상에 의해 경막 외로 흘러나오면 phospholipase A2가 분비되어 leukorien과 prostaglandin과 같은 이차적인 염증반응 물질들의 작용을 유발하게 되고,⁷¹ 그 밖에 척수신경절로부터 substance P와 CGRP (calcium gene related peptide)같은 신경펩티드를 분비하여 통각신경을 활성화하는 역할을 하게 된다.^{72,73} 이러한 염증반응에 근거하여 항염작용을 가지고 있는 스테로이드를 사용하여 염증반응 경로를 억제하고 동통 수용성 C섬유의 통증전달 과정을 차단하며 신경뿌리로부터 병적인 전기신호를 억제하도록 신경세포막을 안정화 한다.^{74,75} 이 밖에도 신경뿌리 내 혈관들의 염증반응을 차단하는 효과를 통해 염증물질들의 전파를 차단하는 효과를 유도한다.⁷⁶

이와 같이 경막외주사는 신경뿌리의 염증반응을 최소화하여 증상개선 효과를 기대하는 것이지만, 기계적 압박이 있으면 증상 발현의 중간매개를 염증반응이 하기 때문에 수술적 혹은 기타 중재적 시술을 이용한 압박의 해소 이전에 일시적이거나 증상 개선을 위하여 시도해 볼 수도 있다. 그러나 종양, 골절, 감염 등에 의해 신경학적 증상이 발생한 경우는 다른 치료방법이 필요하므로 이를 구별하기 위해 단순촬영 또는 CT나 MRI같은 영상학적 진단이 필요하다.

경막외주사는 바늘을 삽입할 때 접근하는 방식에 따라 판간(interlaminar)접근법과 척추간공(tranforaminal)접근법으로 나눈다. 두 방법 모두 투시검사장치(fluoroscopy)

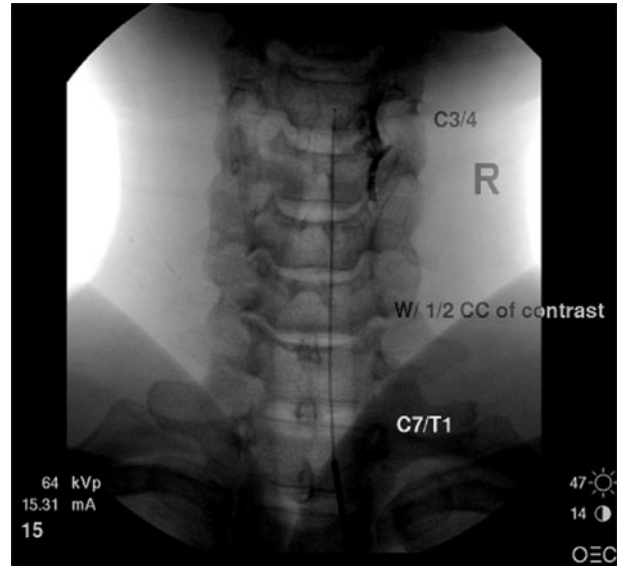


Figure 1. Interlaminar epidural steroid injection via catheter. To decrease a risk of dural puncture, the epidural space is accessed via the C7-T1 space and the epidural catheter is fed through the introducer needle up to the C3-4 level.

없이 해부학적인 표면표지인자들만으로 판단하여 시술하면 주사바늘의 위치가 부정확하게 놓이는 경우가 적지 않으므로 가급적이면 투시검사장치하에 시술하는 것을 권장한다.⁷⁷

판간접근법(interlaminar approach). 환자의 목뒤를 통해 바늘을 삽입하여 뒤쪽 척추의 후궁 사이로 진입하는 방법으로 허리에서 척추천자를 하는 방법과 같은 경로를 통하여 바늘을 삽입하는 형태이다. 최대한 고개를 앞으로 숙여 주사가 진입하는 부위의 판간 공간을 넓게 한다. 주사바늘이 황색인대와 같은 견고한 연부조직을 통과해 경막외공간에 진입하면, 순간적으로 저항압력이 소실됨을 느낄 수 있다. 이후 혈관 내 바늘의 삽입 여부를 확인하기 위해 흡인을 확인하고, 투시검사장치를 이용하여 조영제를 주입해서 조영제가 경막외공간에 적절히 퍼지는 모습을 확인하여 바늘이 정확히 안전한 위치에 놓여있음이 확인되면 국소마취제와 스테로이드를 투입한다. 비교적 안전한 방법이지만, 목척수는 가슴척수보다 굵기 때문에 척수 내로 바늘을 삽입하여 신경학적 결손을 초래할 가능성이 있으므로 주의가 필요하며, 일부 전문가들은 가슴척추를 통하여 긴 관을 삽입한 후 이를 목 쪽으로 올려서 약물을 투입하는 방법을 권하기도 한다(Fig. 1).

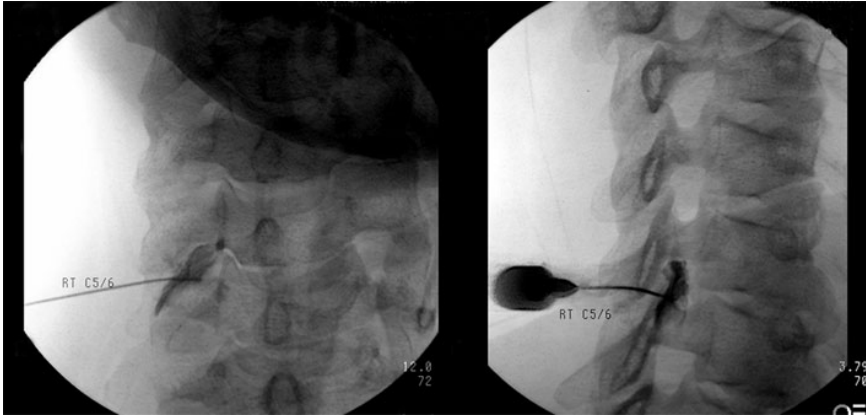


Figure 2. Transforaminal epidural injection at the C5-6 level. AP and lateral view: The pre-injected contrast outlines a single spinal nerve.

추간공접근법(transforaminal approach). 판간접근법에서는 병변 부위와 바늘의 위치 사이에 거리가 있어 약물이 확산되어 전달되어야 하지만, 추간공접근법은 신경뿌리의 병변 부위에 더 근접하게 바늘을 위치시키기 때문에 비교적 치료 효과가 높고, 필요한 약물의 양을 줄여 부작용을 줄일 수 있다는 장점이 있다(Fig. 2). 그러나 추간공 내의 신경뿌리 주변에 뿌리동맥(radicular artery)이 인접하고 있어 혈관 내 약물 주입이 비교적 흔하게 일어날 수 있다는 문제가 있다. 특히 약물 내 결정체가 큰 트리암시놀론(triamcinolone)과 같은 스테로이드가 혈관에 들어가면 전척수동맥(anterior spinal artery)이나 척추동맥(vertebral artery)의 흐름이 차단되어 전척수증후군(anterior cord syndrome)이나 뇌경색 등과 같은 심각한 후유증이 발생할 수도 있다.⁷⁷ 이런 문제점들 때문에 일부에서는 추간공접근법을 금기해야 한다는 주장도 있다. 최근에는 결정체가 없는 Dexamethasone과 같은 스테로이드를 추천하기도 한다.⁷⁸ 다른 부작용으로 척수나 신경뿌리의 손상, 경막외 농양과 혈종 등이 발생할 수 있고, 약물에 의한 경련, 발작, 심폐기능의 부전이 생길 수도 있다.

목척추경막외주사는 주로 신경뿌리병증에 의한 목, 어깨, 상지의 통증을 치료하기 위하여 사용해 왔다.⁷⁹ 안타깝게도 아직까지 위약군을 포함한 이중맹검법을 적용한 연구가 없어서 근거중심의학의 기준에 따라 높은 신뢰성을 가지고 있지는 못하지만, 경험적으로 통증에 대한 효과가 탁월하다는 것은 대부분 인정하고 있다. 그러나 임상연구 결과는 그 정도가 다양하게 보고되고 있다. 한 후향적 연구에서는 약 64%의 증상개선 효과를 보고하였다.⁸⁰ 이들 중 반 이상이 75% 이상의 통증개선 효과를 보았고, 약 25%는 증상이 완전히 호전되었다. 또 다른 연구에서는 통증 정도가 50% 이상 호전된 환자의 비율을 약 75%로 보고

하였다.⁸¹ 235명의 환자를 대상으로 한 연구에서는 약 40%에서 50% 이상 통증이 개선되었고, 이들 중 통증개선 효과가 좋았던 경우는 임상증상과 영상학 및 전기생리학적검사의 결과가 모두 잘 맞아떨어지는 환자들이었다.⁸² 수술요법이 필요할 것으로 판단된 중증 환자 68명을 대상으로 한 연구에서도 평균 약 39개월의 추적기간 이후까지 수술요법의 필요 없이 증상이 만족할 만하게 유지되었다.⁸³ 이들 중 약 76%는 치료 이후 추적기간 동안 전혀 통증을 호소하지 않았다.

가슴신경뿌리병증은 흔하지 않기 때문에 가슴척추경막외주사의 효과를 연구한 보고를 찾기 어렵다. 대부분 개흉술, 심장수술, 암성통증의 조절 및 척수자극술을 위한 마취요법으로 경막외주사를 사용하고 있다. 특히 대상포진, 외상, 및 당뇨병성신경뿌리병증의 통증 조절을 위하여 시술한 경우에 효과가 있다는 보고들이 있는 정도이다.

2. 경피추간판감압술(percutaneous disc decompression; PCD)

신경뿌리병증의 가장 흔한 원인인 추간판탈출증을 직접 조절하는 치료방법이다. 신경뿌리병증의 가장 보편적인 수술요법인 후궁절제술(laminectomy)을 통한 추간판내감압술은 추간판탈출과 좌골신경통과의 연관관계를 규명한 연구를 통하여 그 근거가 확립되었다.⁸⁴

그 후 다양한 수술요법이 개발되었고, 최근 들어 환자에게 위해를 최소화하고 시술 후 회복기간을 단축할 수 있는 최소침습수술이 관심을 끌면서 추간판내감압도 피부의 절개 없이 경피적으로 바늘이나 wand를 추간판 내에 삽입하여 추간판을 제거함으로써 신경뿌리를 압박하는 압력을 감소시키는 최소침습요법이 개발되어 사용되고 있다.⁸⁵ 부드러운 추간판내핵과 이를 둘러싼 섬유테로 이루어진 작

은 폐쇄 공간인 추간판은 약간의 볼륨 증가만으로도 현저한 압력상승이 발생하기 때문에,^{86,87} 비록 작은 양을 추출하더라도 신경뿌리를 압박하고 있는 추간판에 임상적으로 충분한 효과를 얻을 수 있을 것이라는 이론적 배경이 뒷받침된 것이다.

추간판 내 조직을 분해하는 chymopapain^{88,89}을 시작으로, laser를 이용한 기법,⁹⁰ 추간판 조직을 갈아서 추출해내는 기법⁹¹ 등이 소개되었으며, 최근 들어서는 플라즈마 에너지를 이용하여 조직의 분자구조를 변형시켜 기화시키는 Nucleoplasty가 대표적인 기법으로 언급되고 있다.

1) 화학핵소체용해술(chemonucleolysis).

최초의 경피적 추간판치료기법이다. 파파야라는 식물에서 추출한 chymopapain을 추간판 내로 주입해서 proteoglycan을 가수분해함으로써 추간판내핵을 용해시키는 기법이다.⁹² 특히 영상학적검사 소견과 환자 증상이 일치하고 추간판탈출에 의한 신경뿌리의 압박 외에 다른 원인이 없는 경우 통증 완화에 탁월한 효과가 있다. 처음 소개된 이후 약 20년간 임상에서 많은 시도를 통해 위약군보다 증상개선 효과가 있음이 증명되었으나,⁹³⁻⁹⁵ 아나필락시스, 횡단성척수염, 척추종판 손상 및 출혈 등과 같이 chymopapain의 단백질항원에 대한 면역반응과 신경독성 현상에 의한 것으로 설명되는 드물지만 치명적인 부작용이 보고되면서 사용이 금지되었다.^{92,96} 그 후 알레르기 반응이 적게 발생하는 새로운 chymopapain들이 개발되었지만,⁹⁷ 아직까지 동물실험에 그 사용이 제한되어 있고, 임상에서 사용하기에는 충분한 연구가 아직 덜 된 상황이다. 한편, 목척추신경뿌리병증에는 제조업자들이 chymopapain의 사용을 제한하는 사항이어서, 더더욱 그 치료 효과에 대한 연구 결과나 경험이 부족한 상황이다.⁹⁵ 비록 안전성에 문제가 있지만, 적절한 적응증의 환자에게 사용할 때 가장 경제적이고 효과적인 치료법으로 인식하고 있다.⁹⁸ 그러나, 감압 효과뿐만 아니라 정상적인 추간판 내 조직까지 분해함으로써 퇴행화 반응을 촉진할 수 있기 때문에 향후 만성적인 추간판질환을 더 유발할 수도 있다는 부정적인 의견도 제시되고 있다.⁹⁹

2) 경피적추간판핵제거술(percutaneous nucleotomy)

추간판 내로 삽입한 관을 통해 수기적으로 핵을 제거하는 방법으로 1975년에 Hijikata 등이 개발한 이후 지속적인 장비의 개선과 효능 및 안정성에 대한 임상연구 결과가 발표되어 왔다.⁹¹ 목추간판탈출증에 대한 연구 보고는 허리추간판탈출증에 비해 극히 드물며, 그나마 연구 대상도

20명 이내가 대부분이다. 대부분 증상개선 효과는 만족스러운 것으로 보고되고 있으나,^{100,101} 근거중심의학 기준에 맞추어 볼 때 높은 신뢰를 줄 만한 연구 결과는 아직까지 없으며, 높은 합병증 발생률과 기술적인 어려움 그리고 굵은 삽입관을 사용해야만 한다는 등의 다양한 단점으로 인하여 권장되지 않고 있다.¹⁰²

3) 레이저추간판절제술(intradiscal laser discectomy)

레이저 에너지를 이용하여 추간판 조직의 일부를 기화하여 증발시켜서 추간판 내 감압 효과를 유발하는 기법이다. 1980년 대에 개발된 이후 다양한 레이저 유형의 효과와 안전성에 대하여 연구해왔다.^{103,104} 흔히 사용하는 레이저는 potassium-titanyl-phosphate (KTP), neo-dymium:yttrium-aluminumgarnet (Nd:YAG) 그리고 holmium:YAG (Ho:YAG)이다. 레이저 유형은 내시경을 통한 에너지 전달 능력, 조직에 흡수 및 파괴 능력, 열 발생과 전파 효율성 등을 고려하여 선택한다. 비록 고열에 의한 원하지 않던 조직의 손상을 초래하는 일이 발생할 수 있지만,¹⁰⁵ 술기의 숙달도에 따라 줄일 수 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁰⁶ 효능면에서 다양한 결과가 보고되었으나, 대부분 목추간판탈출증에 대한 효능이 증상 개선의 관점에서 만족할 만한 것으로 보고되었다.¹⁰⁷ 탁월한 시야 확보를 위해 개선된 내시경과 원하는 부위에 더 선택적으로 정밀한 사용이 가능한 레이저 장비의 개발이 이루어진다면 추간판탈출증의 중재시술 분야에 획기적인 발전을 이룰 것으로 기대되는 기법이다. 그러나 현재는 시술비용이 비싸고, 열 조절에 실패할 경우 신경 및 척추에 심각한 손상을 초래할 수 있어 권장되지 않고 있다.

4) 추간판핵성형술(nucleoplasty, Fig. 3)

2001년에 미국 FDA의 승인을 받은 후 사용 빈도가 증가하고 있다. 기존 추간판내감압술의 개념을 바탕으로 개발된 이 기법은 가장 큰 장점이 직접적인 열에너지 대신 생리식염수를 주입하면서 시술할 때 주변 정상조직에 열에 의한 손상이 아주 미미하다는 점이다. 저자들의 실험 결과에 의하면 wand를 인간사체 추간판의 중앙부에 삽입한 후 생리식염수를 주입하며 시술하였을 때 주변 구조물들의 온도 상승이 5 mm 거리의 신경뿌리와 주변 혈관들에서 약 10℃ 정도였다. 이는 정상조직 손상을 일으킬만한 온도 상승이 아니므로 기존의 기법에 비해 비교적 안전하다는 것을 보여준다. 시술 부위와 주변 조직 소견에 대한 연구에서도 인접 조직의 손상이 임상적으로 의미 있는 수준은 아니었다.¹⁰⁸ 신경뿌리병증의 증상 개선의 주요 기전인 추간

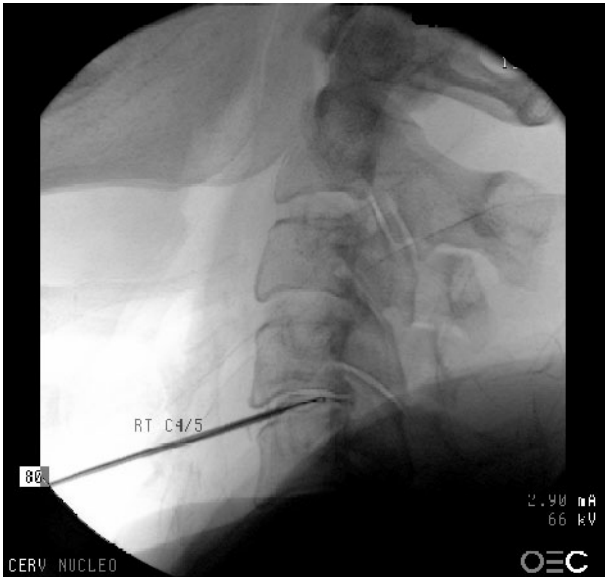


Figure 3. Cervical nucleoplasty. The cervical nucleoplasty wand tip is placed into the center of disc between C4 and C5 vertebral bodies through an introducer needle inserted from anterolateral surface of neck.

판내감압 효과는 인간사체를 이용한 연구 결과를 볼 때 분명한 시술의 적응증을 제시해 주는데, 이 연구의 내용에서 보면 추간판내핵이 부드러운 젤리상태의 정상적인 물리적 특성을 유지하고 있는 경우에는 미세량의 추간판중심부의 조직제거만으로도 신경뿌리에 전달되는 압박이 충분히 감소할 정도의 감압 효과가 있었지만, 추간판이 퇴화하여 내핵이 대부분 경화된 경우에는 중심부의 조직 제거만으로는 충분한 감압 효과가 신경뿌리까지 전달되지 않았다.¹⁰⁹ 이는 중증의 퇴행성 추간판 병변이 있는 환자에서는 신경뿌리병증의 증상개선 효과를 기대하기 어렵다는 것이다.

증상개선 효과에 대한 임상연구 결과는 이 기법을 이용한 시술이 시작된 지 얼마 되지 않아 충분한 보고가 없다. 가장 최근에 발표된 목척추간판탈출증 환자 126명을 대상으로 한 연구에서 Nucleoplasty의 효과는 시술 후 1년까지 시술 전에 비해 의미 있는 통증 감소를 보였다.¹¹⁰ 현재까지 유일한 대조군 연구로 생각되는, 70명의 환자를 두 그룹으로 나누어 50명은 시술을 하고 20명은 보조요법을 한 후 추적 관찰한 연구에서도 약 80%에서 탁월한 증상개선 효과가 있었다.¹¹¹ 그러나 대조군을 이용한 연구가 극히 드물기 때문에 이 시술이 자연 경과에 의한 호전보다 더 월등한 치료 효과를 가진다고 말하기 어려울 것 같다.

비록 비교적 안전한 시술이라고는 하나, wand를 잘못 삽입하여 혈관이나 신경에 직접적으로 영향을 주는 경우 심각한 후유증을 초래할 수 있으며, 많은 양의 조직을 제거할 경우 추간판이 주저앉아 주변 신경뿌리에 이차적인 압박을 초래하는 문제를 낳을 수도 있다. 한편, 비록 적절한 양의 조직을 제거하여 증상개선에 탁월한 효과를 보았다고 할지라도, 향후 추간판 퇴행화를 촉진하여 만성적인 퇴행성추간판질환을 유발할 가능성도 있기 때문에 시술 전 문진과 이학적검사 및 영상학적검사 결과들을 놓고 좀 더 신중하게 적절한 적응대상인지를 판단할 필요가 있다. 무엇보다도 높은 장비 가격으로 인하여 시술이 국내에서는 여의치 못하다는 단점이 있다.

결론

목신경뿌리병증은 비교적 임상에서 흔히 접할 수 있는 질환이고 임상 소견도 비교적 잘 알려져 있음에도 불구하고, 비특이적이며 급성기와 만성기 사이에 차이를 보일 수 있는 증상들 때문에 진단시기가 늦어지거나 다른 질환으로 오진하는 경우가 드물지 않다. 신경뿌리병증을 일으키는 다양한 원인들과 각 신경뿌리의 해부학적 구조에 대한 지식이 바탕이 된 발현 가능한 임상증상 및 징후들에 대해 숙지하고 있는 것이 진단율을 높이는 유일한 수단이라고 생각한다. 최근 들어 영상학적 진단 기법이 발달하여 신경뿌리병증의 원인 감별이 더욱 용이해졌지만, 검사의 민감도가 높아진 것에 비해 특이도가 낮아 과다한 진단으로 오히려 필요없는 치료를 받게 되는 경우도 있을 수 있다. 따라서 침단 검사 소견에만 의존할 것이 아니라, 임상증상과 징후 및 검사 소견들을 잘 접목하여 환자의 임상증상을 가장 잘 설명할 수 있는 검사 소견들을 선별 고려하여 진단하는 것이 높은 치료 효과를 유도할 수 있는 길이라고 생각한다. 다양한 술기와 의료장비의 발전은 신경뿌리병증의 주요 원인들을 치료하는 데 획기적인 발전을 이루게 하였다. 특히 미세침습중재시술법의 도입으로 많은 환자들을 수술 없이 치료하여 회복기간을 단축하고, 수술과 연관된 후유증의 발생을 줄이게 되었다. 과거 수술에만 주로 의존하던 신경뿌리병증의 치료에 더 다양한 치료 수단이 생겼다는 점은 고무적인 부분이라 할 수 있지만, 이 역시 적절한 적응증의 고려 없이 시술된다면 오히려 수술시기를 놓쳐 더 큰 문제점을 낳을 수 있으므로 주의가 필요할 것이다.

REFERENCES

1. Cote P, Cassidy JD, Carroll L. The Saskatchewan Health and Back Pain Survey. The prevalence of neck pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine* 1998;23:1689-1698.
2. Bovim G, Schrader H, Sand T. Neck pain in the general population. *Spine* 1994;19:1307-1309.
3. Linton SJ, Hallden K. Can we screen for problematic back pain? A screening questionnaire for predicting outcome in acute and subacute back pain. *Clin J Pain* 1998;14:209-215.
4. Ylinen J, Ruuska J. Clinical use of neck isometric strength measurement in rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75:465-469.
5. Hellsing AL, Bryngelsson IL. Predictors of musculoskeletal pain in men: A twenty-year follow-up from examination at enlistment. *Spine* 2000;25:3080-3086.
6. Radhakrishnan K, Litchy WJ, O'Fallon WM, Kurland LT. Epidemiology of cervical radiculopathy. A population-based study from Rochester, Minnesota, 1976 through 1990. *Brain* 1994;117(Pt 2):325-335.
7. Kelsey JL. Epidemiology of radiculopathies. *Adv Neurol* 1978;19:385-398.
8. Lees F, Turner JW. Natural History and Prognosis of Cervical Spondylosis. *Br Med J* 1963;2:1607-1610.
9. Dillin W, Booth R, Cuckler J, Balderston R, Simeone F, Rothman R. Cervical radiculopathy. A review. *Spine* 1986;11: 988-991.
10. Pain in the neck and arm: a multicentre trial of the effects of physiotherapy, arranged by the British Association of Physical Medicine. *Br Med J* 1966;1:253-258.
11. Carragee EJ, Kim DH. A prospective analysis of magnetic resonance imaging findings in patients with sciatica and lumbar disc herniation. Correlation of outcomes with disc fragment and canal morphology. *Spine* 1997;22:1650-1660.
12. Maroon JC, Quigley MR, Gleason PL. Is there a future for percutaneous intradiscal therapy? *Clin Neurosurg* 1996;43: 239-251.
13. Onik G, Mooney V, Maroon JC, et al. Automated percutaneous discectomy: a prospective multi-institutional study. *Neurosurgery* 1990;26:228-232; discussion 232-223.
14. Chen Y, Derby R, Kim BJ. Epidemiology of disc, root, joint pain in Whiplash. In: Slipman CW, Derby R, Simeone FA, Mayer TG. *Interventional Spine: an algorithmic approach*: Elsevier. 2007;607-612.
15. Spurling RG, Segerberg LH. Lateral intervertebral disk lesions in the lower cervical region. *J Am Med Assoc* 1953; 151:354-359.
16. Tong HC, Haig AJ, Yamakawa K. The Spurling test and cervical radiculopathy. *Spine* 2002;27:156-159.
17. Wainner RS, Fritz JM, Irrgang JJ, Boninger ML, Delitto A, Allison S. Reliability and diagnostic accuracy of the clinical examination and patient self-report measures for cervical radiculopathy. *Spine* 2003;28:52-62.
18. Blumenkopf B. Thoracic intervertebral disc herniations: diagnostic value of magnetic resonance imaging. *Neurosurgery* 1988;23:36-40.
19. Streib EW, Sun SF, Paustian FF, Gallagher TF, Shipp JC, Ecklund RE. Diabetic thoracic radiculopathy: electrodiagnostic study. *Muscle Nerve* 1986;9:548-553.
20. Kikta DG, Breuer AC, Wilbourn AJ. Thoracic root pain in diabetes: the spectrum of clinical and electromyographic findings. *Ann Neurol* 1982;11:80-85.
21. Liveson JA. Thoracic radiculopathy related to collapsed thoracic vertebral bodies. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1984;47:404-406.
22. Marinacci AA, Courville CB. Radicular syndromes simulating intra-abdominal surgical conditions. *Am Surg* 1962;28: 59-63.
23. Kim BJ, Park MH, Koh SB, Park MK, Park KW, Lee DH. Polyradiculomyelitis associated with clinically diagnosed tuberculous meningitis. *Eur Neurol* 2001;46:156-157.
24. Russell T. Thoracic intervertebral disc protrusion: experience of 67 cases and review of the literature. *Br J Neurosurg* 1989;3:153-160.
25. Levin KH. Neurologic manifestations of compressive radiculopathy of the first thoracic root. *Neurology* 1999;53:1149-1151.
26. Morgan H, Abood C. Disc herniation at T1-2. Report of four cases and literature review. *J Neurosurg* 1998;88:148-150.
27. Arce CA, Dohrmann GJ. Thoracic disc herniation. Improved diagnosis with computed tomographic scanning and a review of the literature. *Surg Neurol* 1985;23:356-361.
28. McInerney J, Ball PA. The pathophysiology of thoracic disc disease. *Neurosurg Focus* 2000;9:e1.
29. Alvarez O, Roque CT, Pampati M. Multilevel thoracic disk herniations: CT and MR studies. *J Comput Assist Tomogr* 1988;12:649-652.
30. Brown CW, Deffer PA, Jr., Akmakjian J, Donaldson DH, Brugman JL. The natural history of thoracic disc herniation. *Spine* 1992;17:S97-102.
31. Parke WW, Schiff DC. The applied anatomy of the intervertebral disc. *Orthop Clin North Am* 1971;2:309-324.
32. DePalma AF, Rothman RH, Levitt RL, Hammond NL, 3rd. The natural history of severe cervical disc degeneration. *Acta Orthop Scand* 1972;43:392-396.
33. Maiman DJ, Pintar FA. Anatomy and clinical biomechanics of the thoracic spine. *Clin Neurosurg* 1992;38:296-324.
34. Stillerman CB, Chen TC, Couldwell WT, Zhang W, Weiss MH. Experience in the surgical management of 82 symptomatic herniated thoracic discs and review of the literature. *J Neurosurg* 1998;88:623-633.
35. Wood KB, Blair JM, Aepple DM, Schendel MJ, Garvey TA, Gundry CR, et al. The natural history of asymptomatic thoracic disc herniations. *Spine* 1997;22:525-529; discussion 529-530.
36. Epstein NE, Syrquin MS, Epstein JA, Decker RE. Intradural disc herniations in the cervical, thoracic, and lumbar spine: report of three cases and review of the literature. *J Spinal*

- Disord* 1990;3:396-403.
37. Vanichkachorn JS, Vaccaro AR. Thoracic disk disease: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2000;8:159-169.
 38. Manifold SG, McCann PD. Cervical radiculitis and shoulder disorders. *Clin Orthop Relat Res* 1999;105-113.
 39. Levin KH. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected radiculopathy. *Neurol Clin* 2002;20:397-421, vi.
 40. Wilbourn AJ, Aminoff MJ. AAEE minimonograph #32: the electrophysiologic examination in patients with radiculopathies. *Muscle Nerve* 1988;11:1099-1114.
 41. Aminoff MJ. Electrophysiological evaluation of root and spinal cord disease. *Semin Neurol* 2002;22:197-204.
 42. Date ES, Kim BJ, Yoon JS, Park BK. Cervical paraspinal spontaneous activity in asymptomatic subjects. *Muscle Nerve* 2006;34:361-364.
 43. Gough JG, Koepke GH. Electromyographic determination of motor root levels in erector spinae muscles. *Arch Phys Med Rehabil* 1966;47:9-11.
 44. Kim BJ, Date ES, Derby R, Lee SH, Seo KS, Oh KJ, et al. Electromyographic technique for lumbar multifidus examination: comparison of previous techniques used to localize the multifidus. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:1325-1329.
 45. Dillingham TR, Lauder TD, Andary M, Kumar S, Pezzin LE, Stephens RT, et al. Identification of cervical radiculopathies: optimizing the electromyographic screen. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80:84-91.
 46. Date ES, Kim BJ. Cervical and Thoracic Radiculopathies. In: Kimura J. *Peripheral Nerve Diseases: Handbook of clinical Neurophysiology*. Amsterdam: Elsevier. 2006;601-612.
 47. Johnson ER, Powell J, Caldwell J, Crane C. Intercostal nerve conduction and posterior rhizotomy in the diagnosis and treatment of thoracic radiculopathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1974;37:330-332.
 48. Levin KH, Maggiano HJ, Wilbourn AJ. Cervical radiculopathies: comparison of surgical and EMG localization of single-root lesions. *Neurology* 1996;46:1022-1025.
 49. Jabre JF. Surface recording of the H-reflex of the flexor carpi radialis. *Muscle Nerve* 1981;4:435-438.
 50. Katz JS, Saperstein DS, Wolfe G, et al. Cervicobrachial involvement in diabetic radiculoplexopathy. *Muscle Nerve* 2001;24:794-798.
 51. Bastron JA, Thomas JE. Diabetic polyradiculopathy: clinical and electromyographic findings in 105 patients. *Mayo Clin Proc* 1981;56:725-732.
 52. Chaudhuri KR, Wren DR, Werring D, Watkins PJ. Unilateral abdominal muscle herniation with pain: a distinctive variant of diabetic radiculopathy. *Diabet Med* 1997;14:803-807.
 53. Kim BJ. Clinical Scales for Radiculopathy. *J Kor Neurol Assoc* 2005;23:78-87.
 54. Williams NH, Wilkinson C, Russell IT. Extending the Aberdeen Back Pain Scale to include the whole spine: a set of outcome measures for the neck, upper and lower back. *Pain* 2001;94:261-274.
 55. Hurst H, Bolton J. Assessing the clinical significance of change scores recorded on subjective outcome measures. *J Manipulative Physiol Ther* 2004;27:26-35.
 56. BenDebba M, Heller J, Ducker TB, Eisinger JM. Cervical spine outcomes questionnaire: its development and psychometric properties. *Spine* 2002;27:2116-2123; discussion 2124.
 57. Chiu TT, Lam TH, Hedley AJ. Psychometric properties of a generic health measure in patients with neck pain. *Clin Rehabil* 2005;19:505-513.
 58. Hoving JL, O'Leary EF, Niere KR, Green S, Buchbinder R. Validity of the neck disability index, Northwick Park neck pain questionnaire, and problem elicitation technique for measuring disability associated with whiplash-associated disorders. *Pain* 2003;102:273-281.
 59. Olson SL, O'Connor DP, Birmingham G, Broman P, Herrera L. Tender point sensitivity, range of motion, and perceived disability in subjects with neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:13-20.
 60. Ylinen J, Takala EP, Kautiainen H, Nykanen M, Hakkinen A, Pohjolainen T, et al. Association of neck pain, disability and neck pain during maximal effort with neck muscle strength and range of movement in women with chronic non-specific neck pain. *Eur J Pain* 2004;8:473-478.
 61. Pinfold M, Niere KR, O'Leary EF, Hoving JL, Green S, Buchbinder R. Validity and internal consistency of a whiplash-specific disability measure. *Spine* 2004;29:263-268.
 62. Bombardier C. Outcome assessments in the evaluation of treatment of spinal disorders: summary and general recommendations. *Spine* 2000;25:3100-3103.
 63. Ware JE, Jr. SF-36 health survey update. *Spine* 2000;25:3130-3139.
 64. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA. Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis* 1978;37:378-381.
 65. Fejer R, Jordan A, Hartvigsen J. Categorising the severity of neck pain: establishment of cut-points for use in clinical and epidemiological research. *Pain* 2005;119:176-182.
 66. Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther* 1991;14:409-415.
 67. Jordan A, Manniche C, Mosdal C, Hindsberger C. The Copenhagen Neck Functional Disability Scale: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther* 1998;21:520-527.
 68. Leak AM, Cooper J, Dyer S, Williams KA, Turner-Stokes L, Frank AO. The Northwick Park Neck Pain Questionnaire, devised to measure neck pain and disability. *Br J Rheumatol* 1994;33:469-474.
 69. Chen Y, Derby R, Kim BJ, Lee SH. Epidural Steroid Injections: Past, Present and Future. *SpineLine* 2003;4:9-19.
 70. Derby R, Chen Y, Lee SH, Seo KS, Kim BJ. Non-surgical interventional treatment of cervical and thoracic radiculopathies. *Pain Physician* 2004;7:389-394.
 71. Franson RC, Saal JS, Saal JA. Human disc phospholipase A2 is inflammatory. *Spine* 1992;17:S129-132.

72. Badalamente MA, Dee R, Ghillani R, Chien PF, Daniels K. Mechanical stimulation of dorsal root ganglia induces increased production of substance P: a mechanism for pain following nerve root compromise? *Spine* 1987;12:552-555.
73. Chatani K, Kawakami M, Weinstein JN, Meller ST, Gebhart GF. Characterization of thermal hyperalgesia, c-fos expression, and alterations in neuropeptides after mechanical irritation of the dorsal root ganglion. *Spine* 1995;20:277-289; discussion 290.
74. Johansson A, Hao J, Sjolund B. Local corticosteroid application blocks transmission in normal nociceptive C-fibres. *Acta Anaesthesiol Scand* 1990;34:335-338.
75. Claman HN. Corticosteroids and lymphoid cells. *N Engl J Med* 1972;287:388-397.
76. Byrod G, Otani K, Brisby H, Rydevik B, Olmarker K. Methylprednisolone reduces the early vascular permeability increase in spinal nerve roots induced by epidural nucleus pulposus application. *J Orthop Res* 2000;18:983-987.
77. Derby R, Lee SH, Kim BJ, Chen Y, Seo KS. Complications following cervical epidural steroid injections by expert interventionalists in 2003. *Pain Physician* 2004;7:445-449.
78. Derby R, Lee SH, Date ES, Lee JH, Lee CH. Size and aggregation of corticosteroids used for epidural injections. *Pain Med* 2008;9:227-234.
79. Woodard J, Herring S, Windsor R, Dreyer S, Lester J, Lagattut F. Epidural procedures in spine pain and management. In: *Physiatric Procedures in Clinical Practice*. Lennard, T. ed. Philadelphia: Hanky and Belfus, 1995.
80. Rowlingson JC, Kirschenbaum LP. Epidural analgesic techniques in the management of cervical pain. *Anesth Analg* 1986;65:938-942.
81. Shulman M. Treatment of neck pain with cervical epidural steroid injection. *Regional Anesth* 1986;11:92.
82. Ferrante FM, Wilson SP, Iacobo C, Orav EJ, Rocco AG, Lipson S. Clinical classification as a predictor of therapeutic outcome after cervical epidural steroid injection. *Spine* 1993; 18:730-736.
83. Bush K, Hillier S. Outcome of cervical radiculopathy treated with periradicular/epidural corticosteroid injections: a prospective study with independent clinical review. *Eur Spine J* 1996;5:319-325.
84. Mixer W, Barr J. Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *NEJM* 1934;211:210-215.
85. Chen Y, Derby R, Lee SH. Percutaneous disc decompression in the management of chronic low back pain. *Orthop Clin North Am* 2004;35:17-23.
86. Case RB, Choy DS, Altman P. Intervertebral disc pressure as a function of fluid volume infused. *J Clin Laser Med Surg* 1985;13:143-147.
87. Lee SH, Derby R, Chen Y, Seo KS, Kim MJ. In vitro measurement of pressure in intervertebral discs and annulus fibrosus with and without annular tears during discography. *Spine J* 2004;4:614-618.
88. Smith L. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus in humans. *JAMA* 1964:137-140.
89. Smith L, Garvin PJ, Gesler RM, Jennings RB. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus. *Nature* 1963;198:1311-1312.
90. Ascher PW. Application of the laser in neurosurgery. *Lasers Surg Med* 1986;2:91-97.
91. Hijikata S. Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. *Clin Orthop* 1989:9-23.
92. Brown MD. Update on chemonucleolysis. *Spine* 1996;21: 62S-68S.
93. Hoogland T, Scheckenbach C. Low-dose chemonucleolysis combined with percutaneous nucleotomy in herniated cervical disks. *J Spinal Disord* 1995;8:228-232.
94. Gomez-Castresana F, Vazquez Herrero C, Baltes Horche JL, Rodriguez-Navia IM. Cervical chymopapain nucleolysis: MR imaging assessment of chymopapain efficacy. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7:1-16.
95. Krause D, Grafe JL, Maithor D, Tongio J. Cervical Chymopapain Chemonucleolysis. *Semin Musculoskelet Radiol* 1997;1:207-214.
96. Agre K, Wilson RR, Brim M, McDermott DJ. Chymodiactin postmarketing surveillance. Demographic and adverse experience data in 29,075 patients. *Spine* 1984;9:479-485.
97. Olmarker K, Stromberg J, Blomquist J, et al. Chondroitinase ABC (pharmaceutical grade) for chemonucleolysis. Functional and structural evaluation after local application on intraspinal nerve structures and blood vessels [see comments]. *Spine* 1996;21:1952-1956.
98. Wittenberg RH, Opper S, Rubenthaler FA, Steffen R. Five-year results from chemonucleolysis with chymopapain or collagenase: a prospective randomized study. *Spine* 2001;26: 1835-1841.
99. Mitra R, Wedemeyer M, Cheng I. Chymopapain: a shot from the past. *Pain Pract* 2008;8:331-332.
100. Bonaldi G, Belloni G, Prosetti D, Moschini L. Percutaneous discectomy using Onik's method: 3 years' experience. *Neuroradiology* 1991;33:516-519.
101. Kotilainen E. Percutaneous nucleotomy in the treatment of cervical disc herniation: report of three cases and review. *Minim Invasive Neurosurg* 1999;42:152-155.
102. Maroon JC. Current concepts in minimally invasive discectomy. *Neurosurgery* 2002;51:S137-145.
103. Choy DS, Case RB, Fielding W, Hughes J, Liebler W, Ascher P. Percutaneous laser nucleolysis of lumbar disks. *N Engl J Med* 1987;317:771-772.
104. Quigley MR. Percutaneous laser discectomy. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7:37-42.
105. Turgut M, Onol B, Kilinik K, Tahta K. Extensive damage to the end-plates as a complication of laser discectomy. An experimental study using an animal model. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139:404-409; discussion 409-410.
106. Ohnmeiss DD, Guyer RD, Hochschuler SH. Laser disc decompression. The importance of proper patient selection. *Spine* 1994;19:2054-2058; discussion 2059.

107. Siebert W. Percutaneous laser discectomy of cervical discs: preliminary clinical results. *J Clin Laser Med Surg* 1995;13: 205-207.
108. Chen YC, Lee SH, Saenz Y, Lehman NL. Histologic findings of disc, end plate and neural elements after coblation of nucleus pulposus: an experimental nucleoplasty study. *Spine J* 2003;3:466-470.
109. Chen YC, Lee SH, Chen D. Intradiscal pressure study of percutaneous disc decompression with nucleoplasty in human cadavers. *Spine* 2003;28:661-665.
110. Li J, Yan DL, Zhang ZH. Percutaneous cervical nucleoplasty in the treatment of cervical disc herniation. *Eur Spine J* 2008; 17:1664-9.
111. Nardi PV, Cabezas D, Cesaroni A. Percutaneous cervical nucleoplasty using coblation technology. Clinical results in fifty consecutive cases. *Acta Neurochir Suppl* 2005;92:73-78.