

Terapotik lomber transforaminal epidural steroid enjeksiyonu uygulamasının etkinliğinin değerlendirilmesi

Assessment of the effectiveness of lumbar transforaminal epidural steroid injection for low back pain

Abdulkadir ATIM,¹ Süleyman DENİZ,¹ Oğuz KILIÇKAYA,¹ Mehmet Emin ORHAN,¹
Tarkan PURTULOĞLU,¹ Ercan KURT¹



Özet

Amaç: Transforaminal epidural steroid enjeksiyonu (TFESE) bel ağrısında kullanılan minimal invaziv bir tedavi yöntemidir. Bu çalışmada, konservatif tedavi yöntemleri ya da cerrahi tedaviyle iyileşmeyen bel ağrısı şikayeti olan hastalara uyguladığımız TFESE tedavisinin etkinliğini incelemeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Çalışma, kliniğimizde bel ağrısı nedeniyle TFESE tedavisi uygulanan 37 hastaya (yaşları 24-80 arası) ait kayıtların retrospektif olarak incelenmesi ile gerçekleştirildi. Ağrı şiddeti 3. hafta ve 6. ayda Vizüel Analog Skala (VAS) ile değerlendirildi.

Bulgular: Hastaların yaş ve şikayet süreleri ortanca olarak 50 yıl ve 48 ay bulundu. Hastaların tanılarının %51'inin lomber disk hastalığı (LDH), %38'inin başarısız bel cerrahisi sendromu (BBCS) ve %11'inin de spinal stenoz (SS) olduğu tespit edildi. Üç grupta da işlem öncesi VAS skorları birbirine benzerdi. TFESE tedavisi sonrası LDH ve BBCS tanılı olguların 3. hafta ve 6. ay VAS değerleri, geliş VAS değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu ($p<0.001$, $p=0.001$) ve 3. hafta ile 6. ay VAS değerleri benzerdi ($p>0.05$). Tedavi uygulaması sonrası ağrı düzeyinin %50 ve daha fazla düşmesi başarılı olarak kabul edildiğinde, uyguladığımız tedavi tüm olgularda VAS-0'a göre VAS-3 haftada %84, VAS-6 ayda %78 başarılı bulundu.

Sonuç: TFESE tedavisinin LDH, BBCS ve SS'ye bağlı bel ağrısı olan hastaların çoğunda uzun süren bir ağrısız dönem oluşturması uygulanan işlemin etkinliğini göstermektedir. Minimal invaziv bir yöntem olan TFESE tedavisinin LDH, BBCS ve SS'ye bağlı radikülopatik bel ağrısı olan hastalara uygulanmasıyla başarılı sonuçlara ulaşabileceğimiz kanısındayız.

Anahtar sözcükler: Bel ağrısı; transforaminal epidural steroid enjeksiyonu.

Summary

Objectives: Transforaminal epidural steroid injection (TFESI) is a minimally invasive technique used for low back pain. We aimed to assess the efficiency of TFESI in patients with low back pain who did not respond to conservative or surgical methods.

Methods: This study was a retrospective analysis of the records of 37 patients (range: 24-80 years) who presented to our clinic with low back pain and were treated by TFESI. Outcomes were assessed by Visual Analog Scale (VAS) measured at the 3rd week and 6th month.

Results: Median age of the patients was 50 years, and mean duration of symptoms was 48 months. Diagnosis was lumbar disc herniation (LDH) in 51%, failed back surgery syndrome (FBSS) in 38%, and spinal stenosis (SS) in 11% of the patients. Baseline VAS scores were similar between the three groups. The 3rd week and 6th month VAS scores of LDH and FBSS cases were significantly decreased compared to baseline scores ($p<0.001$, $p=0.001$), and no significant change was observed between the VAS scores at the 3rd week and 6th month ($p>0.05$). If success is defined as 50% or more decrease in VAS scores, the success rate of TFESI was 84% at the 3rd week and 78% at the 6th month.

Conclusion: TFESI significantly reduced the intensity of low back pain in most of the patients with LDH, FBSS or SS; thus, it may be considered as an effective method in the treatment of low back pain.

Key words: Low back pain; transforaminal epidural steroid injection.

¹Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara

¹Department of Anesthesiology and Reanimation, Gülhane Military Medical Faculty, Ankara, Turkey

Başvuru tarihi - 11 Kasım 2009 (Submitted - November 11, 2009) Düzeltme sonrası kabul tarihi - 18 Ağustos 2010 (Accepted after revision - August 18, 2010)

İletişim (Correspondence): Dr. Abdulkadir Atım. GATA Anesteziyoloji Kliniği, Etlik 06018 Ankara, Turkey.

Tel: +90 - 312 - 304 59 11 **e-posta (e-mail):** drkadiratim@yahoo.com

Giriş

Bel ağrısı, genel nüfusun yaklaşık %80'inde yaşam sürecinde en az bir defa görülebilen bir rahatsızlıktır. Bu rahatsızlık en masraflı hastalıklar grubunda yer almakta ve tedavisi için Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda 14 milyar dolar harcanmaktadır.^[1-3] Antienflamatuvar ilaçlar, kas gevşeticiler, opioidler, antidepresan ilaçlar, fizik tedavi uygulamaları ve korse gibi konservatif tedavi yöntemleri ile büyük oranda iyileştiği bilinmektedir.^[2,4-6] Konservatif tedavi yöntemleriyle sonuç alınamayan hastalarda transkutanöz elektiriksel sinir stimülasyonu, akupunktur ve epidural steroid enjeksiyonları alternatif tedavi yöntemleridir.^[2,6] Epidural enjeksiyonların bel ağrılarının tedavisinde ilk olarak kullanımı 1930 yılında Evans tarafından tanımlanmıştır.^[1,7] Transforaminal epidural steroid enjeksiyonu (TFESE), floroskopik rehberlik altında, radikülopatik bel ağrılarında etkili farklı bir tedavi yaklaşımı olarak tarif edilmektedir.^[6,8-12]

Bu çalışmada, konservatif tedavi yöntemleri ya da cerrahi tedaviyle iyileşmeyen bel ağrısı şikayeti olan hastalara uyguladığımız lomber TFESE tedavisinin etkinliğini incelemeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Çalışma, yerel etik kurul onayı alınması sonrası Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Ağrı Ünitesine bel ağrısı nedeniyle başvuran hastalara ait kayıtların retrospektif olarak incelenmesi ile gerçekleştirildi.

Çalışma verileri Ocak 2008 - Mart 2009 arasında 15 aylık dönemde, yaşları 24-80 arasında değişen, bel ağrısı nedeniyle TFESE tedavisi uygulanan 37 hastanın dosya bilgilerinden elde edildi. Hastalara anamnez, fizik muayene ve laboratuvar tetkikleriyle lomber disk hastalığı (LDH), başarısız bel cerrahisi sendromu (BBCS) ve spinal stenoz (SS) tanıları konulmuştu. Bu tanılara göre hastalar üç gruba ayrıldı. Hastaların yaşı, cinsiyeti, bel ağrısı şikayetlerinin süresi ve şiddeti sorgulanmış, şiddeti Vizüel Analog Skala (VAS) ile değerlendirilmişti.

VAS, hastaların hiç ağrının olmadığı "0" ve hissettiği ağrının en şiddetli olduğu noktanın "10" olarak gösterildiği horizontal bir çizginin üzerinde işaretleme yapmaları sonucu oluşturulmaktadır.

Kliniğimizde konvansiyonel tedavi yöntemleri ile iyileşmeyen ve VAS skoru 6 ve üzerinde olan hastalara TFESE uygulanmasına karar verilmektedir. TFESE yapılacak olgulara tedavi detaylı olarak anlatılmakta, aydınlatılmış onamları sözlü ve yazılı olarak alınmaktadır.

TFESE uygulaması

Hastalara periferik damar yolu açılması sonrası elektrokardiyografi, puls oksimetre ve arteriyel kan basıncı monitörizasyonu uygulanır. Hastalara midazolam 0.02 mg/kg verilerek sedasyon sağlanır. Hastalar pron pozisyona getirilip steril örtülür. Cilt altı ve derin dokulara lokal anestezi olarak lidokain 1 mg/kg dozunda uygulanır. Lokal anestezi sonrası periferik sinir stimülatörü (Plexivygon, Vygon®, France) iğnesi (10-15 cm) uygulama seviyesine C kollu floroskopi cihazı rehberliğinde yönlendirilmektedir. 1.0 mA stimülatör uyarı ile hedef vertebral foramen seviyesine usulüne uygun ulaşılır. Kas kontraksiyonu gözlemlendiğinde akım 0.3 mA'ye kadar düşürülür ve iğne 1 mm geri çekilerek vertebral foramene ulaşıldığı opak maddenin (Omnipaque 300®) sinir köküne ve özellikle anterior epidural alana yayılımı floroskopi ile görülerek ispatlanmaktadır. Daha sonra 40 mg (1 ml) triamsinolon asetonid, 7.5 mg (1.5 ml) bupivakain ve 1 ml serum fizyolojiktan (SF) oluşan karışım hastaya uygulanır. İşlem sonrası hastalar 1 saat komplikasyonlar yönünden takip edilir. Hastaların 3 hafta sonra kontrolünde ağrı düzeyleri VAS skoru ile tekrar değerlendirilerek kaydedilir. Altıncı ay sonunda hastalar tekrar kontrol edilir kontrole gelemeyenlere telefonla ulaşılarak ağrı düzeyleri sorgulanır. Böylece kayıtlarda hastaların geliş (VAS-0), 3. hafta (VAS-3HF) ve 6. ay (VAS-6AY) VAS değerleri bulunur. Biz de çalışmamızda bu kayıtlardan elde edilen verileri kullandık.

İstatistiksel analiz SPSS 11.5 (Chi, II., USA) programı ile yapıldı. Sonuçlar ortanca (minimum - maksimum) ve yüzde olarak verildi. VAS skorları arasındaki fark Bonferroni ile düzeltilmiş Wilcoxon testi ile incelendi. P değerinin <0.05 olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Hasta gruplarındaki başlangıç, 3. hafta ve 6. ay VAS skorları değeri Şekil 1'de özetlenmiştir. Her üç grup-

ta da işlem öncesi VAS skorları birbirine benzerdi ($p>0.05$). LDH ve BBCS tanılı olguların 3. hafta ve 6. ay VAS değerleri, geliş VAS değerlerine göre anlamlı derecede düşüktü ($p<0.001$) ve 3. hafta ile 6. ay VAS değerleri benzerdi ($p>0.05$). Bu bulguların aksine SS tanılı olguların 3. hafta ve 6. ay VAS değerleri ile geliş VAS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede bir fark bulunamadı (Şekil 1, $p=0.066$).

Tedavi uygulaması sonrası ağrı düzeyinin %50 ve daha fazla düşmesi, başarılı olarak kabul edildiğinde, uyguladığımız tedavi tüm olgularda VAS-0'a göre VAS-3HF'de %84, VAS-6AY'da %78 başarılı bulundu. Her bir alt gruptaki 3. hafta ve 6. ay başarı oranları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Hastaların yaş ve şikayet süreleri ortanca değeri 50 yıl ve 48 ay olarak hesaplandı. Kadın olgu sayısı erkek olgu sayısından (24 kadın, 13 erkek) 1.85 kat fazla bulundu. Hastaların tanılarının %51'inin LDH, %38'inin BBCS ve %11'inin de SS olduğu tespit edildi (Tablo 2). Gruplar arasında yaş, cinsiyet ve şikayet süresi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($p>0.05$). İşlem hastaların 32'sine 1 kez, 5'ine ise 2 kez uygulanmıştır.

TFESE tedavisinin uygulama seviyesi L3-4 için 7 (%19), L4-5 için 22 (%59), L5-S1 için de 8 (%22) olarak gözlemlendi.

Tablo 1. Uygulanan tedavinin lomber disk hastalığı (LDH), başarısız bel cerrahisi sendromu (BBCS) ve spinal stenoz (SS) hasta gruplarındaki 3. hafta (VAS-3HF) ve 6. aydaki (VAS-6AY) başarı durumu

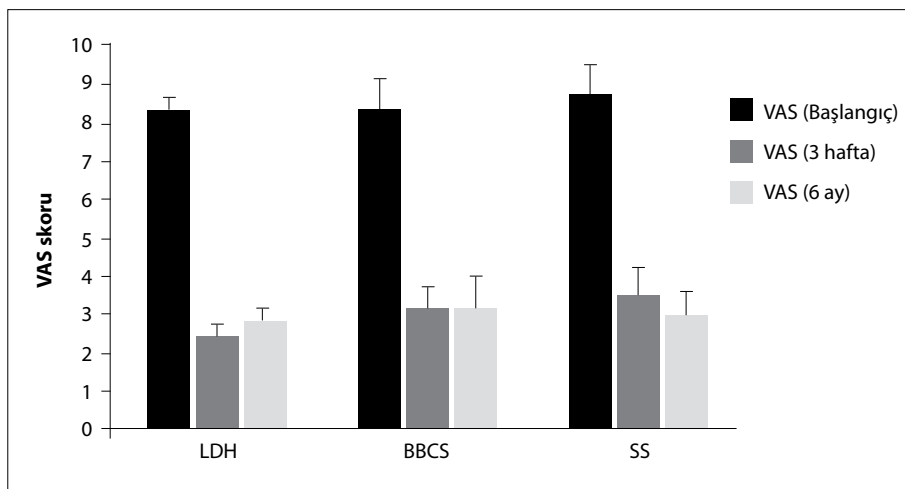
Tanı	Sayı	Başarılı tedavi* (%)	
		VAS-3HF	VAS-6AY
LDH	19	16 (%84)	13 (%68)
BBCS	14	12 (%86)	12 (%86)
SS	4	3 (%75)	4 (%100)
Toplam	37	31 (%84)	29 (%78)

*Ağrının %50 ve daha fazla düşürülmesi başarılı kabul edilmiştir.

Tartışma

Çalışmamızda hastaların 3. hafta ve 6. ay VAS değerleri geliş VAS değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu, 3. hafta ile 6. ay VAS değerleri istatistiksel olarak benzer çıktı. Bu sonuçlar, uygulanan tedavinin kısa dönemde olduğu gibi uzun dönemde de etkinliğini devam ettirdiğini düşündürmektedir.

Abdi ve ark.^[13] lumbar TFESE uygulamasının etkinliğini 6 haftaya kadar iyi 6 haftadan sonra orta derecede yararlı olarak tanımlamaktadır. Etkinlik açısından 6 aya kadar lumbar TFESE uygulaması 4 randomize kontrollü klinik çalışmada etkili,^[14-17] 6 aydan sonra 2 çalışmada etkili,^[15,17] 1 çalışmada etkisiz,^[14] 1 çalışmada ise yetersiz^[16] olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Lomber disk hastalığı (LDH), başarısız bel cerrahisi sendromu (BBCS), spinal stenoz (SS) hastalarında tedavi öncesi (VAS başlangıç), tedaviden 3 hafta (VAS 3 hafta) ve 6 ay (VAS 6 ay) sonra Vizüel Analog Skala (VAS) skorlarının karşılaştırması.

Tablo 2. Olguların demografik özellikleri

Hasta grupları	Sayı	Yaş (yıl)*	Cinsiyet (K/E)	Şikayet süresi (ay)*
LDH	19 (%51)	40 (24-78)	10/9	36 (3-361)
BBCS	14 (%38)	59.5 (38-80)	11/3	48 (4-245)
SS	4 (%11)	66.5 (42-71)	3/1	67 (8-240)
Tüm hastalar	37 (%100)	50 (24-80)	24/13	48 (3-361)

LDH: Lomber disk hastalığı; BBCS: Başarısız bel cerrahisi sendromu; SS: Spinal stenoz.

*Yaş ve şikayet süresi ortanca (min. - maks.) olarak verilmiştir.

Ağrının %50 ve daha fazla düşürülmesi başarılı kabul edilip tüm hasta grupları göz önüne alındığında VAS-0'a göre VAS-3HF'da %84 başarı, VAS-6AY'da %78 başarı elde edilmiştir. Bel ağrısı tedavisi için TFESE'nin başarısızlığı deneyimli ellerde bile %30 kadar yüksek derecede olabildiği bildirilmektedir.^[2,6] Yapılan çalışmalarda LDH olgularında başarı yüksek, BBCS başarı sınırlı düzeyde elde edilmiştir.^[2,18] Çalışmamızda LDH ve BBCS olgularında kısa ve uzun dönem sonuçları yüz güldürücü düzeyde anlamlı çıkmıştır. SS olgularının sonuçları klinik olarak LDH ve BBCS olguları ile benzer olmasına rağmen olgu sayısı yetersizliği nedeniyle istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

TFESE endikasyonları içerisinde LDH, BBCS ve SS çok sıklıkla yer almaktadır.^[2,6,8,9,18,19] Olgularımızın tamamı literatürde belirtilen endikasyon grupları ile benzerdi.

Çalışmaya alınan tüm hastalar cerrahi olmayan konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilmeye çalışılmış fakat hastalarda istenilen iyileşme sağlanamamıştı. Bu hastalardan 14'üne konservatif tedavi yöntemlerine ek olarak cerrahi tedavi uygulanmış ancak hastalarda iyileşme kalıcı düzeyde olmamıştı. TFESE, cerrahi öncesi bir tedavi seçeneği olmasının yanı sıra, cerrahi sonrası geçmeyen bel ağrılarında da bir seçenek olarak tercih edilebilmektedir. Bu nedenle hasta gruplarımızdan BBCS hastalarına da TFESE tedavisi uygulanmıştır.

Bel ağrılarının nörojenik nitelik kazanmasında enflamasyonun etken olduğu, enflamatuvar sitokin ve mediyatörlerin varlığı ile gösterilmiştir.^[4,20-22] Kortikosteroidler antiinflamatuvar etkileri nedeniyle bel ağrılı hastalara etkili bir tedavi seçeneği olarak sunulmaktadır. Ayrıca kortikosteroidler zedelenmiş sinir liflerinde ve dorsal kök ganglionlarında ektopik

uyarıları baskılayarak membran stabilizasyonu ve periferik nosiseptör girişin düzenlenmesi etkilerini de göstermektedirler.^[22,23]

Kronik bel ağrılarında epidural steroid enjeksiyonları TFESE dışında kaudal ve interlaminer olarak da uygulanabilmektedir.^[24,25] TFESE ile ağrılı bölgeye direkt olarak perkütan yolla yüksek konsantrasyonda steroid verilerek steroidin selektif etkinliğinin artırıldığına inanılmaktadır.^[2,6,24,25]

Bel ağrısının özellikle 60 yaş civarında görüldüğü ve kadınlarda erkeklerden daha fazla rastlandığı bilinmektedir.^[2,9] Benzer şekilde bizim çalışmamızda da olguların median yaş değeri 50, kadın/erkek oranı 1.85 olarak bulunmuştur.

Botwin ve ark.^[18] çoktan aza L5-S1, L4-5 ve L3-4 TFESE uygulama seviyelerini kullanmışlardır. Bizim çalışmamızdaki sıra çoktan aza L4-5, L3-4, L5-S1 olarak gerçekleşmiştir.

TFESE işlemine bağlı yan etki ve komplikasyon oranı literatürde %7 civarında bildirilmiştir.^[26] Bunlar, artan ağrı, kas spazmı, baş ağrısı, minör kanama, baş dönmesi, bulantı/kusma, ateş, uyusukluk, zorlu işeme, vazovagal tepki, motor güçsüzlük ve uykusuzluktur.^[26,27] Bizim kayıtlarımızda bir hastada vazovagal senkop ve buna bağlı hipotansiyon dışında komplikasyon bilgisi tespit edilmemişti.

Sonuç olarak, LDH, BBCS ve SS'ye bağlı bel ağrısı olan hastalarda TFESE tedavisinin çoğu hastada uzun süren bir ağrısız dönem oluşturması uygulanan tedavinin etkinliğini göstermektedir. Minimal invaziv bir yöntem olan TFESE tedavisinin LDH, BBCS ve SS'ye bağlı radikülopatik bel ağrısı olan hastalarda başarılı sonuçlara ulaşabileceği kanısındayız.

Kaynaklar

- Cassidy JD, Carroll LJ, Côté P. The Saskatchewan health and back pain survey. The prevalence of low back pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998;23(17):1860-7.
- Rosenberg SK, Grabinsky A, Kooser C, Boswell MV. Effectiveness of transforaminal epidural steroid injections in low back pain: a one year experience. *Pain Physician* 2002;5(3):266-70.
- Guo HR, Tanaka S, Halperin WE, Cameron LL. Back pain prevalence in US industry and estimates of lost workdays. *Am J Public Health* 1999;89(7):1029-35.
- Saal JA, Saal JS. Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy. An outcome study. *Spine (Phila Pa 1976)* 1989;14(4):431-7.
- Saal JS, Saal JA, Yurth EF. Nonoperative management of herniated cervical intervertebral disc with radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21(16):1877-83.
- Manchikanti L. Transforaminal lumbar epidural steroid injections. *Pain Physician* 2000;3(4):374-98.
- Evans W. Intracanal epidural injection in the treatment of sciatica. *Lancet* 1930;2:1225-9.
- Lee JW, Kim SH, Lee IS, Choi JA, Choi JY, Hong SH, et al. Therapeutic effect and outcome predictors of sciatica treated using transforaminal epidural steroid injection. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187(6):1427-31.
- Lee JW, Kim SH, Choi JY, Yeom JS, Kim KJ, Chung SK, et al. Transforaminal epidural steroid injection for lumbosacral radiculopathy: preganglionic versus conventional approach. *Korean J Radiol* 2006;7(2):139-44.
- Vad VB, Bhat AL, Lutz GE, Cammisa F. Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy: a prospective randomized study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(1):11-6.
- Gajraj NM. Selective nerve root blocks for low back pain and radiculopathy. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29(3):243-56.
- Sitzman BT. Epidural injections. In: Fenton DS, Czervionke LF, editors. *Image-guided spine intervention*. Philadelphia: Saunders; 2003. p. 99-126.
- Abdi S, Datta S, Trescot AM, Schultz DM, Adlaka R, Atluri SL, Smith HS, Manchikanti L. Epidural steroids in the management of chronic spinal pain: a systematic review. *Pain Physician* 2007;10:185-212.
- Karppinen J, Ohinmaa A, Malmivaara A, Kurunlahti M, Kylönen E, Pienimäki T, et al. Cost effectiveness of periradicular infiltration for sciatica: subgroup analysis of a randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26(23):2587-95.
- Riew KD, Park JB, Cho YS, Gilula L, Patel A, Lenke LG, et al. Nerve root blocks in the treatment of lumbar radicular pain. A minimum five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(8):1722-5.
- Jeong HS, Lee JW, Kim SH, Myung JS, Kim JH, Kang HS. Effectiveness of transforaminal epidural steroid injection by using a preganglionic approach: a prospective randomized controlled study. *Radiology* 2007;245(2):584-90.
- Vad VB, Bhat AL, Lutz GE, Cammisa F. Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy: a prospective randomized study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(1):11-6.
- Botwin KP, Gruber RD, Bouchlas CG, Torres-Ramos FM, Sanelli JT, Freeman ED, et al. Fluoroscopically guided lumbar transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar stenosis: an outcome study. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81(12):898-905.
- Ackerman WE 3rd, Ahmad M. The efficacy of lumbar epidural steroid injections in patients with lumbar disc herniations. *Anesth Analg* 2007;104(5):1217-22.
- Franson RC, Saal JS, Saal JA. Human disc phospholipase A2 is inflammatory. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992;17(6 Suppl):S129-32.
- Kang JD, Georgescu HI, McIntyre-Larkin L, Stefanovic-Racic M, Evans CH. Herniated cervical intervertebral discs spontaneously produce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin-6, and prostaglandin E2. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20(22):2373-8.
- Ergin A. Epidural steroid injections and low back pain. *Agri* 2005;17(1):23-7.
- Devor M, Govrin-Lippmann R, Raber P. Corticosteroids suppress ectopic neural discharge originating in experimental neuromas. *Pain* 1985;22(2):127-37.
- Buenaventura RM, Datta S, Abdi S, Smith HS. Systematic review of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Pain Physician* 2009;12(1):233-51.
- Manchikanti L, Datta S, Gupta S, Munglani R, Bryce DA, Ward SP, et al. A critical review of the American Pain Society clinical practice guidelines for interventional techniques: part 2. Therapeutic interventions. *Pain Physician* 2010;13(4):E215-64.
- Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, Damron KS, McManus CD. Evaluation of lumbar transforaminal epidural injections with needle placement and contrast flow patterns: a prospective, descriptive report. *Pain Physician* 2004;7(2):217-23.
- Glaser SE, Shah RV. Root cause analysis of paraplegia following transforaminal epidural steroid injections: the 'unsafe' triangle. *Pain Physician* 2010;13(3):237-44.