



Ultrasonografi rehberliğinde uygulanan kaudal epidural enjeksiyon sırasında sakral hiatusdaki anatomik farklılıklar ve başarı oranına etkisi

Anatomical differences in sacral hiatus during caudal epidural injection with ultrasonography guidance and its effects on success rate

Erhan GÖKÇEK, Ayhan KAYDU

Özet

Amaç: Bu çalışmada kaudal epidural steroid enjeksiyonu (KESE) işlemi sırasında sakral hiatusun anatomik yapısındaki farklılıkları ultrasonografi (USG) eşliğinde incelemeyi, KESE sırasında ağrı düzeylerini ve başarı oranını değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: USG eşliğinde KESE uygulanan alt lomber bel ağrısı ve siyatik ağrısı olan 255 (148'i erkek, 107'i kadın) hasta çalışmaya dahil edildi. Tüm hastaların USG kılavuzluğunda sonogramları elde edildi. KESE işlemi esnasında hastaların ağrı düzeyleri vizüel analog skala (VAS) ile değerlendirildi ve başarı oranları kaydedildi. Anatomik hesaplamalarda interkornual mesafe, sakral mesafe ve sakrokoksigeal ligament kalınlığı ölçümü yapıldı.

Bulgular: Hastaların demografik verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$). Erkeklerle kadınlar arasında, interkornual mesafe (16.6 mm'ye karşı 15.8; $p=0.004$) ve sakrokoksigeal ligament kalınlığı (4.1 mm'ye karşı 3.7 mm; $p=0.018$) açısından anlamlı bir fark vardı. KESE başarı oranı, VAS değerleri ve sakral mesafe açısından hastalar arasında anlamlı bir fark yoktu ($p>0.05$).

Sonuç: Sakral hiatusun erkek ve kadın hastalar arasında anatomik farklılıklara sahip olduğunu tespit ettik. Mevcut kanıtlara göre USG eşliğinde sakral hiatusun anatomik yapıları doğru bir şekilde gösterildiğinde KESE'nin başarı oranı artmaktadır.

Anahtar sözcükler: Cinsiyet; sacralhiatus; kaudal epidural enjeksiyon; ultrasonografi; yaş.

Summary

Objectives: To investigate the anatomical differences of sacral hiatus, pain levels and success rates during caudal epidural steroid injection (CESE) using ultrasonography.

Methods: In the study, 255 patients (148 male and 107 female) with lower lumbar back pain and sciatica were included. These patients were applied caudal epidural steroid injection by ultrasonography. Sonograms were obtained by ultrasonography (USG) guideline. Patients' pain levels were assessed by the Visual Analogue Scale (VAS) during the CESE procedure performed on USG guided, and success rates were saved. The intercornual distance, sacral distance and sacrococcygeal ligament thickness were measured.

Results: There was no statistically significant difference between the demographic data of the patients ($p>0.05$). There was a significant difference between male and female patients concerning intercornual distance (15.8 versus 16.6 mm; $p=0.004$) and sacrococcygeal ligament thickness (4.1 mm vs. 3.7 mm; $p=0.018$). There was no significant difference between patients about KESE success rate, VAS values and sacral distance ($p>0.05$).

Conclusion: We found that sacral hiatus has anatomical differences between male and female patients. According to current evidence, the success rate of caudal epidural steroid injection increased when the anatomical structures of sacral hiatus are shown correctly in USG guided.

Keywords: Age; caudal epidural injection; ultrasound; sacral hiatus; sex.

Diyarbakır Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabil Dalı, Diyarbakır
Department of Anesthesiology and Reanimation, Diyarbakır State Hospital, Diyarbakır, Turkey

Başvuru tarihi (Submitted) 22.12.2017 Düzeltme sonrası kabul tarihi (Accepted after revision) 23.09.2019 Online yayımlanma tarihi (Available online date) 13.01.2020

İletişim (Correspondence): Dr. Erhan Gökçek, Diyarbakır Selahaddin Eyyübi Devlet Hastanesi, Yenişehir Diyarbakır 21100, Diyarbakır, Turkey.

Tel (Phone): +90 - 507 - 445 31 64 **e-posta (e-mail):** gokcekerhan_44@hotmail.com

© 2020 Türk Algoloji Derneği



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Giriş

Kaudal epidural steroid enjeksiyonu (KESE) alt lomber disk herniasyonu veya lomber spinal dar kanal sonucu ortaya çıkan bel ve bacak ağrılarının tedavisinde sıkça kullanılan cerrahi dışı bir tedavi yöntemidir.^[1-3] KESE tekniği sakral hiatus yoluyla epidural kanala steroid enjeksiyonu yapılması işlemidir. Sakral hiatus sakrumun kaudal ucunda yer alan lateralde iki sakral kornu ile sınırlandırılmış üçgen bir açıklıktır. Deri, subkutan yağ ve sakrokoksigeal ligament boşluğun üstünü kaplar. İğne sakrokoksigeal ligamenti geçtikten sonra sakral hiatus'a ulaşır ve sakral hiatus epidural kanal ile komşu bir yapı olduğundan doğrudan epidural aralığa steroid enjekte edilir. Bu nedenle başarılı KESE enjeksiyonu iğnenin epidural kanala doğru yerleştirilmesine bağlıdır. Bununla birlikte sakrumdaki anatomik varyasyonlar enjeksiyon sırasında zorluk çıkarabilir.^[4] Kör teknik ile deneyimli hekimler tarafından bile hastaların %32'sinde hatalı enjeksiyon bildirilmiştir.^[5] Birçok çalışmada başarı oranını artırmak için sakral bölge üzerinde anatomik araştırmalar yapılmıştır.^[6, 7] Yapılan bir çalışmada erişkin kaudal kanal anatomisini incelenmiş ve başarılı bir enjeksiyon için sakral hiatusun üst üçte birinde en iyi şekilde işlemin yapılacağı öngörülmüştür.^[8]

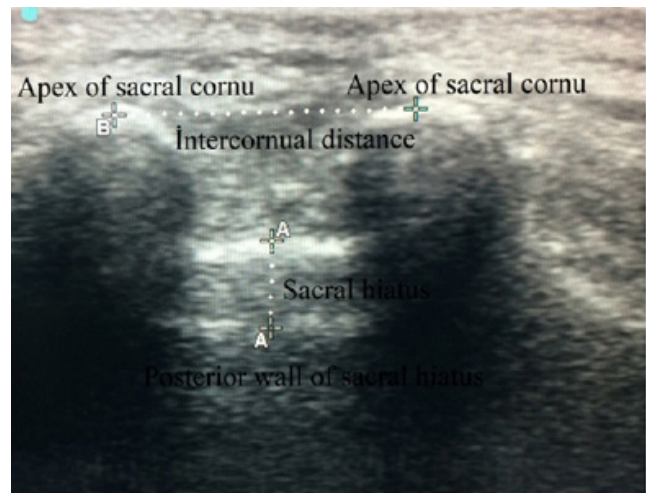
Fluoroskopinin KESE işlemi sırasında iğne yerleşimini doğrulama açısından altın standart olmasına rağmen ultrasonografinin (USG) kas-iskelet sistemi hastalıklarını değerlendirmede kullanımının kolay olması, gerçek zamanlı görüntüler sağlama ve radyasyona maruz bırakmaması nedeniyle kaudal enjeksiyonlarda etkili bir araç olduğu gösterilmiştir.^[9, 10]

Başarılı KESE için farklı cinsiyet ve yaştaki hastalar arasındaki sakral hiatusun anatomik özelliklerini belirlemek çok önemlidir. Bu nedenle, USG kullanarak, sakral hiatusdaki anatomik farklılıkları incelemeyi amaçladık.

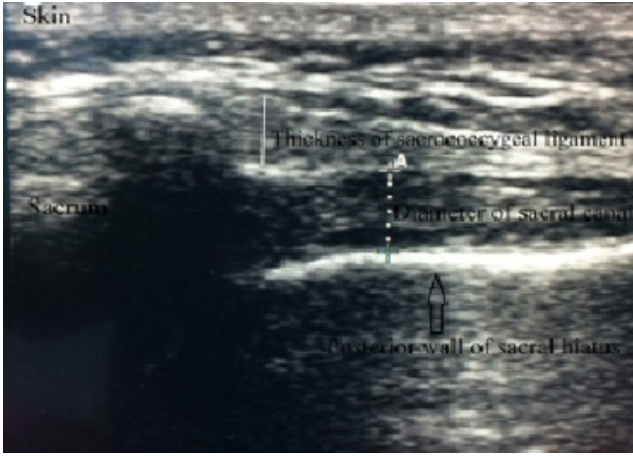
Gereç ve Yöntem

Çalışmaya Ocak 2017-Haziran 2017 tarihleri arasında kronik bel ağrısı nedeniyle USG eşliğinde KESE uygulanan hastalar dahil edildi. Çalışma için onay yerel etik kurulu tarafından sayı: 2017/53 ile verildi. Tüm hastalar için bilgilendirilmiş yazılı onam alındı. Çalışmaya lomber disk hernisi nedeniyle bel ve bacak ağrısı şikayeti olan ve USG eşliğinde KESE uy-

gulanan yaklaşık 255 hasta (148'i erkek, 107'i kadın) dahil edildi. Tüm enjeksiyonlar USG eşliğinde yapıldı. Hastalar poliklinikte değerlendirildi. Yaş, cinsiyet, boy ve kilo değerlerine bakıldı. Lomber disk hernisi nedeniyle cerrahi endikasyonu bulunanlar, lomber MRG'de ekstrüde, sekestre disk görünümü olanlar, lokal anestezi veya steroidlere allerjisi olanlar, girişim yerinde enfeksiyonu olanlar, koagülopatisi olanlar ve gebe hastalar çalışma dışı bırakıldı. Kaudal epidural enjeksiyon için hastalar uygulama odasına alındı. 20 Gauge anjiocut ile damar yolu açılıp %0.9 NaCl izotonik solüsyonu takıldı. Arteriyel kan basıncı, nabız, periferik oksijen saturasyonu (SpO₂) ve elektrokardiogram monitorizasyonu yapıldı. Hasta pron pozisyona getirilip karın altına yastık bırakıldı. Girişim uygulanacak bölge povidon iyot içeren antiseptik solüsyon ile temizlenerek steril şekilde örtüldü ve sakral hiatus belirlenerek lidokain içeren 2 mL'lik 27 gauge dental uçlu (Germany) iğne ile lokal anestezi uygulandı. USG probu steril bir şekilde örtüldü. USG eşliğinde (Sonosite® M-Turbo Bothell WA, USA) önce sakral hiatusun transvers bir görüntüsünü elde etmek için transdüseri sakral kornunun üzerine yerleştirildi. Transvers görüntüde iki cornu arasındaki mesafe (interkornual mesafe) ve sakral kanaldaki kaudal boşluk derinliği (kaudal kanal derinliği) ilk olarak ölçülmüştür (Şekil 1). Daha sonra transducer kaudal kanalın longitudinal görüntüsünü elde etmek için 90 derece döndürüldü ve iki kornu arasına yerleştirildi. Bu görünümde Sakrokoksigeal ligamentin sakral hiatusun proksimal giriş bölgesindeki kalınlığı ölçüldü (Şekil 2). Sonogramlardaki anatomik yapılar kaudal epidural steroid enjeksiyonundan sonra USG makinesinin dijital kaliperi ile ölçülmüştür.



Şekil 1. Sakral hiatusun ultrasonografide transvers görüntüsü.



Şekil 2. Sakral hiatusun ultrasonografide longitudinal görüntüsü.

Bütün hastalara USG eşliğinde longitudinal görüntü ile in plane olarak 5 cm lik 20-gauge Epican® Paed (Braun, Melsungen, Germany) kaudal blok iğnesi kullanılarak uygulandı. Hastalara hazırlanmış olduğumuz %0.5 bupivakain 15 mg, 6 mg betame-tazon (Celestone Chrono- dose®, Schering AG, Berlin, Almanya) %0.9 NaCl ile dilüe edilerek toplam 10 mL'lik bir çözelti yavaşça epidural alana verildi.^[11] Hastalar işlemden sonra postop takip odasına alınarak yarım saat hemodinamik açıdan yakından takip edildiler. Hastaların 15 dakikada bir bromage skalaları takip edildi. Hemodinamisi stabil ve bromage 0 olan hastalar servise alındı. Serviste 24 saat takibi yapılan hastalar şifa ile taburcu edildiler. Hastalar evlerinde herhangi bir komplikasyon açısından telefon ile sorgulandılar.

Hastaların enjeksiyon esnasında ağrı düzeyleri Vizüel Analog Skala (VAS) ile değerlendirildi. VAS, hastaların hiç ağrının olmadığı "0" ve hissettiği ağrının en şiddetli olduğu noktanın "10" olarak gösterildiği yatay bir çizginin üzerinde işaretleme yapmaları sonucu oluşturulmaktadır.

Tablo 2. Ultrasonografik görüntüde elde edilen ölçümler

Parametreler	Ortalama	Erkek n=48	Kadın n=107	p
İnterkornual mesafe (mm)	16.3±2.27	16.6±2.02	15.8±2.42	0.004
Sakral mesafe (mm)	4.47±0.80	4.49±0.75	4.45±0.88	0.68
Sakrokoksigeal ligament kalınlığı (mm)	4.08±0.90	4.15±0.91	3.97±1.04	0.018
KESE başarı oranı	1.02±0.20	1.01±0.11	1.03±0.19	0.21
VAS	8.14±0.79	8.10±0.87	8.20±0.81	0.31

VAS: Vizüel Analog Skala; KESE: Kaudal Epidural Steroid Enjeksiyonu; mm: milimetre.

İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda elde edilen verilerin tüm istatistiksel analizleri SPSS 16.0 (Statistical Package for Social Sciences, Software Inc., Released in 2009, Chicago, USA) programı ile yapıldı. Sonuçlar ortalama ve standard sapma ve yüzde olarak verildi. Demografik verilerin hesaplanmasında Mann-Whitney U testi ve ki-kare testi kullanıldı. Erkekler ve kadınlar arasında USG ölçümlerindeki farklılıkları değerlendirmek için independent t test kullanıldı. Ultrasonografik ölçümler ile cinsiyet arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi ile belirlendi. Sonuçların güven aralığı %95'ti. P değerinin <0.05 olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Bu çalışmada bel ve bacak ağrısı bulunan 255 hasta çalışmaya dahil edildi. Bunların 148'i erkek ve 107'si kadındı. Yaş ortalamaları 42.1-1.32 (18-78 aralığında) idi. Erkek ve kadınlar arasında yaş farkı istatistiksel olarak anlamlı değildi. Ortalama BMİ 23.3 kg/m² (18.3-32.4 kg/m² aralığında) idi (Tablo 1).

Ortalama İnterkornual mesafe erkeklerde (16.6±2.02) kadınlara (15.8±2.42) göre anlamlı derecede daha yüksekti (p=0.004, tablo 2). Erkek ve kadınlar arasında sakral kanalın ortalama çapında anlamlı bir fark yoktu (p=0.68). Sakrokoksigeal ligament kalınlığı

Tablo 1. Demografik parametreler

Parametreler (Ortalama±SS)	Erkek n=148	Kadın n=107
Yaş (yıl)	41.06±13.1	43.7±13.06
Kilo (kg)	77.2±11.1	73.4±12.5
Boy (cm)	1.73±0.06	1.58±0.05

erkeklerde kadınlara göre (4.15 ± 0.91 mm'ye karşı 3.97 ± 1.04 mm; $p=0.018$) anlamlı derecede daha yüksekti. KESE esnasında VAS değerleri kadınlarda daha yüksekti ama istatistiksel olarak anlamsızdı (8.20 ± 0.81 'e karşı 8.10 ± 0.87 ; $p=0.31$). Başarı oranları açısından karşılaştırıldığında KESE işlemi erkeklerde kadınlara göre daha yüksekti ama istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 2).

Çalışmamızda 5 hastada sacral kanal çapı 2 mm'den küçük ölçüldü. Kapalı sakrum hiatus nedeniyle 6 hastada (4 kadın, 2 erkek) KESE başarısız oldu. Kadın hastalarımızda kapalı sakrum hiatusun yüksek olması nedeniyle başarı oranı erkeklerden daha yüksek çıkmıştır ama istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0.21$). Majör komplikasyon (intraosseöz, intravasküler ve intraspinal) gözlemlenmedi, sadece 4 hastada baş ağrısı, bulantı ve kusma gibi minör komplikasyon gözlemlendi.

Tartışma

Çalışmamızda farklı cinsiyet ve yaştaki siyatik ağrılı veya ağrısız alt lomber bel ağrısı şikayeti ile gelen hastaların USG yardımıyla yapılan sakral hiatus ölçümlerinde anatomik yapıda anlamlı farklılıklar bulduk. İnterkornual mesafe (16.6 ± 2.02 mm'ye karşı 15.8 ± 2.42 mm; $p=0.004$) ve sakrokoksigeal ligament kalınlığı (4.15 ± 0.91 mm'ye karşı 3.97 ± 1.04 mm; $p=0.018$) erkeklerde kadınlara göre anlamlı derecede daha yüksekti. Erkek ve kadınlar arasında sakral kanalın ortalama çapı açısından (4.49 ± 0.75 mm'ye karşı 4.45 ± 0.88 mm) erkeklerde daha yüksek ölçülmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0.68$). Erkeklerde daha yüksek olan interkornual mesafe ve nispeten yüksek olan sakral mesafeden dolayı işlem esnasında VAS'nin daha düşük olmasına ve başarı oranının daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Pubmed ve Google Scholar'ı taradığımız zaman bizim çalışmamız erişkin hastalar üzerinde uygulanırken litatürdeki diğer çalışmalar pediatrik hastalar ve erişkin kadavralar üzerinde cinsiyet ayrımı yapmaksızın yapılan anatomik sakral hiatus çalışmaları olduğunu gördük.^[6, 7, 12]

Sakral hiatus kaudal epidural enjeksiyon için çok önemli bir kemik yapısıdır. Başarılı bir KESE için sakral hiatusun anatomisinin doğru tanımlanması gerekir.^[13] Sakral hiatusun anatomik yapısı birçok çalışmada radyolojik ve kadavra ölçümlerine dayanarak ince-

lenmiş ve bu ölçümlerin kılavuzluğun da kaudal enjeksiyonların güvenilirliğini ve başarı oranını artırdığı görülmüştür.^[14] Kaudal epidural blok ilk olarak yer işareti tabanlı kör bir teknik olarak tanıtıldı. Çocuklarda, kör teknik ile başarı oranı %96'nın üzerindedir.^[15, 16] Bununla birlikte, yetişkinlerde deneyimli ellerde bile %68-75 idi.^[17, 18]

Sakral hiatusun apeksindeki ortalama anterior-posterior (AP) çapı 4.6 ± 2 mm'den 6.1 ± 2.1 mm'ye kadar değişmekte^[6, 8, 12, 13, 19-22] ve yaşla birlikte azalmaktadır.^[14, 22] Klinik ortamda, apikalde 3.7 mm'den daha az olan bir sakral hiatus çapı, kör tekniği ile kaudal epidural boşluğa bir iğne yerleştirme zorluğu ile ilişkilendirilmiştir.^[21] İğne girişini yönlendirmek için ultrason kullanıldığında Chen ve ark.^[13] apikal çapında 1.6 mm'den düşük sakral hiatus AP çapındaki hastalarda güçlükle karşılaşıldığını bildirdiler. Benzer bir sonuç ultrason rehberliğinde yapılan bir başka çalışmada da bildirilmiştir. Bu çalışmada, başarısız kaudal epidural iğne girişi olan hastalarda apikalde sakral hiatusun ortalama AP çapı, 1.61 ± 0.1 mm idi ve başarılı iğne girişi olan hastalardakine (4.7 ± 1.7 mm) göre anlamlı olarak daha kısa idi.^[20] Sakral boşluğun apsisindeki kısa AP çapı insizyonları farklı tanımlarla bildirilmiştir. Kuru olmuş sakral kemik kullanan çalışmalarda, sakral AP çapı, olguların %8.77'sinde 3 mm'den daha az ve olguların %1-6.25'inde 2 mm'den daha azdı.^[6, 12] Eninde sonunda, sakrumdaki boşluk tamamen kapalı olup, sakral hiatus yoluyla kaudal epidural boşluğa bir iğne sokmamaktadır. Kuru insan sakral kemiğini inceleyen raporlardan kapalı sakral hiatus insidansı %2-3 idi.^[6, 12]

Bir kadavra çalışmasında da sağ ve sol posteriosüperior iliak çıkıntılar ile hiatusun tepesinin kaudal boşluk ile oluşturduğu üçgenin boyutlarının anatomik yer işaretlerinin temel dayanağı olduğu belirtilmiştir.^[19] Başka bir çalışmada ise 46 Mısırlı kadavrada sakral hiatusunun anatomik yapısının incelemesinde kadınlarda ve erkeklerde 3 mm'den daha küçük olan sakral hiatusda kaudal bloğun başarısız olma ihtimali dikkate alınmalıdır sonucu çıkarılmış.^[23] Bizim çalışmamızda ise USG kullanarak 255 hastanın 253'ünde sakral hiatus anatomisi görülebildi ve bu da USG'nin kemik yapılarda anatomiye değerlendirmede değerli bir araç olduğunu gösterdi. Başarılı olmayan kaudal epidural enjeksiyonlu 6 hastanın 2'sinde sakral hiatus USG görüntüleri ile tanımlanamamıştır ve bu hastalara skopi altında da işlem başarısız olmuştur. Bu

durum bu hastalarda sakral hiatusun anatomik olarak kapalı olduğunu gösterir. Yapılan bir çalışmada 92 hastayı inceleyen ve %4'ünde kapalı sakral hiatus bulan Sekiguchi ve ark. ile karşılaştırıldığında bizim çalışmamızda %0.7'idi.^[6]

Conn A ve ark.^[24] interkornual mesafeyi 16.4 mm sakral kanalı 6.1 mm olarak bulmuşlar. N Senoğlu ve ark.^[12] intercornual mesafeyi 17.47 mm (minimum-maksimum 7-28) sakral hiatus 4.46 mm (minimum-maksimum 1-7) bulmuşlar. Park JH ve ark.^[9] intercornual mesafenin 17 mm (minimum-maksimum 9.6-24) sakral hiatus derinliği 3.5 mm (minimum-maksimum 1-8) ciltten posterior sakral kemik mesafesi 21 mm (minimum-maksimum 10-39) olduğunu ve herhangi bir komplikasyon yaşamadan çocukların %92.3'te başarılı olmuşlar. Bizim çalışmamızda ise ortalama interkornual mesafe 16.3±2.27 mm ve ortalama sakral mesafe 4.47±0.80 mm idi. Diğer çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızın sonuçları ile benzerdi.

Yapılan bazı çalışmalarda interkornual mesafeyi bizim çalışmamıza göre daha düşük bulduk. Bunlardan birincisi Sekiguchi M ve ark'nın^[6] yaptığı çalışma ve bu çalışmada interkornual mesafe 10.2 mm (minimum-maksimum 2.2-18.4) bulunmuş. İkinci olarak da Aggarwal A ve ark.^[19] yaptığı bir çalışmada ise interkornual mesafe 7.9 mm bulunmuş. Bizim çalışmamızdaki interkornual mesafenin daha yüksek çıkmasının sebebinin irksal farklılıktan dolayı olduğunu düşünüyoruz.

Sonuç

USG yardımıyla yapılan sakral hiatus ölçümlerinde anatomik yapıda anlamlı farklılıklar olduğunu bulduk. Mevcut kanıtlara göre USG eşliğinde sakral hiatus'un anatomik yapıları doğru bir şekilde gösterildiğinde kaudal epidural steroid enjeksiyonu'nun başarı oranı artmaktadır. Buna ek olarak sakral hiatus'un ve çevresindeki anatomik yapıların farklı yaş ve cinsiyetteki hastalar arasında farklılıklar olduğunu anlamak KESE'nin güvenilirliğini ve başarısını yükseltmektedir.

Etik Kurul Onayı: Diyarbakır Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 2017/53.

Yazar Katkıları: Fikir; E.G., Tasarım; E.G., A.K.; Denetleme; E.G, A.K., Kaynaklar; E.G., A.K., Malzemeler; E.G., A.K., Veri toplanması ve/veya işlemesi; E.G., Analiz ve/veya yorum; A.K., Literatür taraması E.G., Yazıyı yazan; E.G., A.K., Eleştirel İnceleme; E.G.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Yazar(lar) ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir ilgi çakışması (conflict of interest) yoktur.

Hakem değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Kaynaklar

1. Karppinen J, Ohinmaa A, Malmivaara A, Kurunlahti M, Kyllönen 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.
2. Riew KD, Yin Y, Gilula L, Bridwell KH, Lenke LG, Laurysen C, et al. The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind study. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82(11):1589-93. [CrossRef]
3. 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. [CrossRef]
4. White AH, Derby R, Wynne G. Epidural injections for the diagnosis and treatment of low-back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1980;5(1):78-86. [CrossRef]
5. Price CM, Rogers PD, Prosser AS, Arden NK. Comparison of the caudal and lumbar approaches to the epidural space. *Ann Rheum Dis* 2000;59(11):879-82. [CrossRef]
6. Sekiguchi M, Yabuki S, Satoh K, Kikuchi S. An anatomic study of the sacral hiatus: a basis for successful caudal epidural block. *Clin J Pain* 2004;20(1):51-4. [CrossRef]
7. Aggarwal A, Kaur H, Batra YK, Aggarwal AK, Rajeev S, Sahni D. Anatomic consideration of caudal epidural space: A cadaver study. *Clin Anat* 2009;22(6):730-7. [CrossRef]
8. Crighton IM, Barry BP, Hobbs GJ. A study of the anatomy of the caudal space using magnetic resonance imaging. *Br J Anaesth* 1997;78(4):391-5. [CrossRef]
9. Park JH, Koo BN, Kim JY, Cho JE, Kim WO, Kil HK. Determination of the optimal angle for needle insertion during caudal block in children using ultrasound imaging. *Anaesthesia* 2006;61(10):946-9. [CrossRef]
10. Chen CP, Tang SF, Hsu TC, Tsai WC, Liu HP, Chen MJ, et al. Ultrasound guidance in caudal epidural needle placement. *Anesthesiology* 2004;101(1):181-4. [CrossRef]
11. Manchikanti L, Singh V, Cash KA, Pampati V, Damron KS, Boswell MV. Effect of fluoroscopically guided caudal epidural steroid or local anesthetic injections in the treatment of lumbar disc herniation and radiculitis: a randomized, controlled, double blind trial with a two-year follow-up. *Pain Physician* 2012;15(4):273-86.
12. Senoglu N, Senoglu M, Oksuz H, Gumusalan Y, Yuksel KZ, Zencirci B, et al. Landmarks of the sacral hiatus for caudal epidural block: An anatomical study. *Br J Anaesth* 2005;95(5):692-5. [CrossRef]
13. Chen CP, Wong AM, Hsu CC, Tsai WC, Chang CN, Lin SC, et al. Ultrasound as a screening tool for proceeding with caudal epidural injections. *Arch Phys Med Rehabil*

- 2010;91(3):358–63. [\[CrossRef\]](#)
14. MacChi V, Porzionato A, Morra A, Stecco C, De Caro R. Radiologic anatomy of the sacral canal. *Acta Neurochir* 2011;108:5–8. [\[CrossRef\]](#)
 15. Dalens B, Hasnaoui A. Caudal anesthesia in pediatric surgery: success rate and adverse effects in 750 consecutive patients. *Anesth Analg* 1989;68(2):83–9. [\[CrossRef\]](#)
 16. Orme RM, Berg SJ. The ‘swoosh’ test--an evaluation of a modified ‘whoosh’ test in children. *Br J Anaesth* 2003;90(1):62–5. [\[CrossRef\]](#)
 17. Renfrew DL, Moore TE, Kathol MH, el-Khoury GY, Lemke JH, Walker CW. Correct placement of epidural steroid injections: Fluoroscopic guidance and contrast administration. *AJNR Am J Neuroradiol* 1991;12(5):1003–7.
 18. Stitz MY, Sommer HM. Accuracy of blind versus fluoroscopically guided caudal epidural injection. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24(13):1371–6. [\[CrossRef\]](#)
 19. Aggarwal A, Aggarwal A, Harjeet, Sahni D. Morphometry of sacral hiatus and its clinical relevance in caudal epidural block. *Surg Radiol Anat* 2009;31(10):793–800.
 20. Nikooseresht M, Hashemi M, Mohajerani SA, Shahandeh F, Agah M. Ultrasound as a screening tool for performing caudal epidural injections. *Iran J Radiol* 2014;11(2):e13262.
 21. Kim YH, Park HJ, Cho S, Moon DE. Assessment of factors affecting the difficulty of caudal epidural injections in adults using ultrasound. *Pain Res Manag* 2014;19(5):275–9.
 22. Park GY, Kwon DR, Cho HK. Anatomic differences in the sacral hiatus during caudal epidural injection using ultrasound guidance. *J Ultrasound Med* 2015;34(12):2143–8.
 23. Mustafa MS, Mahmoud OM, El Raouf HH, Atef HM. Morphometric study of sacral hiatus in adult human Egyptian sacra: Their significance in caudal epidural anesthesia. *Saudi J Anaesth* 2012;6(4):350–7. [\[CrossRef\]](#)
 24. Conn A, Buenaventura RM, Datta S, Abdi S, Diwan S. Systematic review of caudal epidural injections in the management of chronic low back pain. *Pain Physician* 2009;12(1):109–35.